

Geologische Abhandlungen Hessen

Band 87

(Bis Band 73: Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung)

---

**Erläuterungen zu den Übersichtskarten 1:300 000 der  
Grundwasserergiebigkeit, der Grundwasserbeschaffenheit  
und der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers  
von Hessen \***

Von

GISBERT DIEDERICH, ALFRED FINKENWIRTH, BERNWARD HÖLTING,  
EBERHARD KAUFMANN, DIETRICH RAMBOW, HANS-JÜRGEN SCHARPFF,  
WITIGO STENGEL-RUTKOWSKI und KLAUS WIEGAND

Wiesbaden

Mit 2 Abbildungen, 3 Tabellen und 3 Karten

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

Wiesbaden 1985

\* Bearbeitet vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung als Beitrag zum Generalplan Wasserversorgung Hessen  
(Bearbeiter: Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden)

Geol. Abh. Hessen	87	51 S.	2 Abb.	3 Tab.	3 Kt.	Wiesbaden 1985
-------------------	----	-------	--------	--------	-------	----------------

ISSN 0341 — 4043

## Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

- 1: JOHANNSEN, A.: Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgung am Ostrand des Rheinischen Gebirges im Raume von Marburg-Frankenberg-Borken. 1950. 87 S., 8 Abb., 10 Taf., vergriffen.
- 2: SCHÖNHALS, E.: Die Böden Hessens und ihre Nutzung. Mit einer bodenkundlichen Übersichtskarte 1:300 000. 1954. 288 S., 25 Abb., 60 Tab., 15 Taf., vergriffen.
- 3: KUBELLA, K.: Zum tektonischen Werdegang des südlichen Taunus. 1951. 81 S., 14 Abb., 2 Taf., DM 5,-.
- 4: GÖRGES, J.: Die Lamellibranchiaten und Gastropoden des oberoligozänen Meeressandes von Kassel. 1952. 134 S., 3 Taf., DM 7,50.
- 5: SOLLE, G.: Die Spiriferen der Gruppe *arduennensis-intermedius* im Rheinischen Devon. 1953. 156 S., 45 Abb., 7 Tab., 18 Taf., DM 20,-.
- 6: SIMON, K.: Schrittweises Kernern und Messen bodenphysikalischer Kennwerte des ungestörten Untergrundes. 1953. 63 S., 19 Abb., 3 Taf., DM 7,-.
- 7: KEGEL, W.: Das Paläozoikum der Lindener Mark bei Gießen. 1953. 55 S., 3 Abb., 3 Taf., DM 6,-.
- 8: MATTHES, S.: Die Para-Gneise im mittleren kristallinen Vor-Spessart und ihre Metamorphose. 1954. 86 S., 36 Abb., 8 Tab., DM 12,50.
- 9: RABIEN, A.: Zur Taxionomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostracoden. 1954. 268 S., 7 Abb., 4 Tab., 5 Taf., DM 17,-.
- 10: SCHUBART, W.: Zur Stratigraphie, Tektonik und den Lagerstätten der Witzenhäuser Grauwacke. 1955. 67 S., 8 Abb., 4 Taf., DM 8,-.
- 11: STREMMER, H. E.: Bodenentstehung und Mineralbildung im Neckarschwemmlern der Rheinebene. 1955. 79 S., 35 Abb., 28 Tab., 3 Taf., DM 7,-.
- 12: v. STETTEN, O.: Vergleichende bodenkundliche und pflanzensoziologische Untersuchungen von Grünlandflächen im Hohen Vogelsberg (Hessen). 1955. 67 S., 4 Abb., 2 Tab., 1 Taf., DM 5,50.
- 13: SCHENK, E.: Die Mechanik der periglazialen Strukturböden. 1955. 92 S., 21 Abb., 13 Tab., 10 Taf., DM 12,-.
- 14: ENGELS, B.: Zur Tektonik und Stratigraphie des Unterdevons zwischen Loreley und Lorchhausen am Rhein (Rheinisches Schiefergebirge). 1955. 96 S., 31 Abb., 2 Tab., 15 Diagr., 5 Taf., DM 12,60.
- 15: WIEGEL, E.: Sedimentation und Tektonik im Westteil der Galgenberg-Mulde (Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). 1956. 156 S., 41 Abb., 7 Tab., 7 Taf., DM 18,60.
- 16: RABIEN, A.: Zur Stratigraphie und Fazies des Ober-Devons in der Waldecker Hauptmulde. 1956. 83 S., 2 Abb., 2 Tab., 3 Taf., DM 7,-.
- 17: SOLLE, G.: Die Watt-Fauna der unteren Klerfer Schichten von Greimerath (Unterdevon, Südost-Eifel). Zugleich ein Beitrag zur unterdevonischen Mollusken-Fauna. 1956. 47 S., 7 Abb., 6 Taf., DM 5,-.
- 18: BEDERKE, E., u. a.: Beiträge zur Geologie des Vorspessarts. 1957. 167 S., 65 Abb., 18 Tab., DM 13,-.
- 19: BISCHOFF, G.: Die Conodonten-Stratigraphie des reno-herzynischen Unterkarbons mit Berücksichtigung der *Wocklumeria*-Stufe und der Devon/Karbon-Grenze. 1957. 64 S., 1 Abb., 2 Tab., 6 Taf., DM 8,-.
- 20: PILGER, A. & SCHMIDT, W.: Die Mullion-Strukturen in der Nord-Eifel. 1957. 53 S., 42 Abb., 1 Tab., 8 Taf., DM 9,80.
- 21: LEHMANN, W. M.: Die Asterozoen in den Dachschiefern des rheinischen Unterdevons. 1957. 160 S., 31 Abb., 55 Taf., DM 30,-.
- 22: BISCHOFF, G. & ZIEGLER, W.: Die Conodontenchronologie des Mitteldevons und des tiefsten Oberdevons. 1957. 136 S., 16 Abb., 5 Tab., 21 Taf., DM 20,-.
- 23: ZÜBELEIN, H. K.: Kritische Bemerkungen zur Stratigraphie der Subalpinen Molasse Oberbayerns. 1957. 91 S., 2 Abb., DM 8,-.
- 24: GUNZERT, G.: Die einheitliche Gliederung des deutschen Buntsandsteins in der südlichen Beckenfazies. 1958. 61 S., 14 Abb., 7 Tab., DM 14,-.
- 25: PAULY, E.: Das Devon der südwestlichen Lahnmulde und ihrer Randgebiete. 1958. 138 S., 41 Abb., 6 Taf., DM 20,-.
- 26: SPERLING, H.: Geologische Neuaufnahme des östlichen Teiles des Blattes Schaumburg. 1958. 72 S., 14 Abb., 5 Tab., 10 Taf., DM 10,-.
- 27: JUX, U. & PFLUG, H. D.: Alter und Entstehung der Triasablagerungen und ihrer Erzkvorkommen am Rheinischen Schiefergebirge, neue Wirbeltierreste und das Chirotheriumproblem. 1958. 50 S., 11 Abb., 3 Taf., DM 5,60.
- 28: SCHMIDT, H.: Die Cornberger Fährten im Rahmen der Vierfüßler-Entwicklung. 1959. 137 S., 57 Abb., 9 Taf., DM 15,-.

Geologische Abhandlungen Hessen

Band 87

(Bis Band 73: Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung)

---

**Erläuterungen zu den Übersichtskarten 1:300 000 der  
Grundwasserergiebigkeit, der Grundwasserbeschaffenheit  
und der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers  
von Hessen \***

Von

GISBERT DIEDERICH, ALFRED FINKENWIRTH, BERNWARD HÖLTING,  
EBERHARD KAUFMANN, DIETRICH RAMBOW, HANS-JÜRGEN SCHARPFF,  
WITIGO STENGEL-RUTKOWSKI und KLAUS WIEGAND

Wiesbaden

Mit 2 Abbildungen, 3 Tabellen und 3 Karten

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

Wiesbaden 1985

\* Bearbeitet vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung als Beitrag zum Generalplan Wasserversorgung Hessen  
(Bearbeiter: Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden)

Geol. Abh. Hessen	87	51 S.	2 Abb.	3 Tab.	3 Kt.	Wiesbaden 1985
-------------------	----	-------	--------	--------	-------	----------------

ISSN 0341 — 4043

## Schriftleitung

Dr. JOE-DIETRICH THEWS, ALBERT KARSCHNY  
Hessisches Landesamt für Bodenforschung  
Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

© Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1985  
Printed in Germany

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Übersetzung, Nachdruck, Vervielfältigung auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen — auch auszugsweise — nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission from the publisher.

Satz und Druck: Hof- und Waisenhaus-Buchdruckerei GmbH, Kassel

**Kurzfassung:** In Anlehnung an die von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, unter Mitwirkung der Geologischen Landesämter für die Bundesrepublik Deutschland erarbeiteten Übersichtskarten i. M. 1:1 Mio. der Ergiebigkeit, der Qualität und der Verschmutzungsempfindlichkeit der Grundwasservorkommen werden gleichartige Karten i. M. 1:300 000 für das Land Hessen vorgelegt. Die kleinermaßstäblichen Übersichtskarten erwiesen sich für landesbezogene Großplanungen und damit verbundene raumordnerische Fragestellungen als nicht ausreichend. Die neuen, im für das Land Hessen üblichen Übersichtsmaßstab erstellten Karten sollen helfen, die für eine Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser unverzichtbaren Grundwasserressourcen des Landesgebietes bereits im Vorfeld landesplanerischer Vorhaben von Zielkonflikten mit anderen flächenbeanspruchenden Nutzungen freizuhalten.

**Abstract:** In accordance with general maps (scale 1:1 000 000) on the topics of specific yield, quality and risk of contamination of groundwater resources in the Federal Republic of Germany compiled by the Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources) under cooperation of the Geological Surveys of the Federal States similar maps on a scale of 1:300 000 are presented for the State of Hesse. The above mentioned small-scale maps proved not to be sufficient for problems of area planning and site selection in the State of Hesse. The new maps drafted in a scale normally used for general maps of the State are intended to protect groundwater resources which are important for public drinking water supply in an early stage of area planning, especially in regards of conflicts with other goals of land use.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	7
2	Angewandte Darstellungs-Methoden .....	9
2.1	Übersichtskarte der Grundwasserergiebigkeit .....	9
2.2	Übersichtskarte der Grundwasserbeschaffenheit .....	10
2.3	Übersichtskarte der Verschmutzungsempfindlichkeit .....	11
3	Die hydrogeologischen Großeinheiten .....	12
3.1	Nordhessisches Buntsandstein-Gebiet .....	13
3.1.1	Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit .....	13
3.1.1.1	Nordhessisches Buntsandstein-Gebiet westlich der Niederhessischen Senke ...	14
3.1.1.2	Nordhessisches Buntsandstein-Gebiet östlich der Niederhessischen Senke ...	17
3.1.2	Grundwasserbeschaffenheit .....	18
3.1.3	Verschmutzungsempfindlichkeit .....	19
3.2	Niederhessische Senke und Röt-Muschelkalk-Gebiet nördlich des Kasseler Grabens .....	19
3.2.1	Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit .....	19
3.2.1.1	Niederhessische Senke .....	19
3.2.1.2	Röt-Muschelkalk-Gebiet nördlich des Kasseler Grabens .....	20
3.2.2	Grundwasserbeschaffenheit .....	21
3.2.3	Verschmutzungsempfindlichkeit .....	21
3.3	Rheinisches Schiefergebirge .....	21
3.3.1	Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit .....	21
3.3.2	Grundwasserbeschaffenheit .....	23
3.3.3	Verschmutzungsempfindlichkeit .....	24

3.4 Basalt des Vogelsberges und Westerwaldes .....	25
3.4.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit .....	25
3.4.1.1 Vogelsberg .....	25
3.4.1.2 Westerwald .....	27
3.4.2 Grundwasserbeschaffenheit .....	28
3.4.2.1 Vogelsberg .....	28
3.4.2.2 Westerwald .....	28
3.4.3 Verschmutzungsempfindlichkeit .....	28
3.4.3.1 Vogelsberg .....	28
3.4.3.2 Westerwald .....	28
3.5 Osthessisches Buntsandstein-Gebiet .....	28
3.5.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit .....	28
3.5.2 Grundwasserbeschaffenheit .....	32
3.5.3 Verschmutzungsempfindlichkeit .....	33
3.6 Tertiär- und Quartärsedimente des Untermain-Gebietes und Rheingaus .....	35
3.6.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit .....	35
3.6.2 Grundwasserbeschaffenheit .....	36
3.6.3 Verschmutzungsempfindlichkeit .....	37
3.7 Kristallin und Rotliegendes in Spessart und Odenwald .....	38
3.7.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit .....	38
3.7.2 Grundwasserbeschaffenheit .....	39
3.7.3 Verschmutzungsempfindlichkeit .....	39
3.8 Quartär des Oberrheingrabens .....	39
3.8.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit .....	39
3.8.2 Grundwasserbeschaffenheit .....	41
3.8.3 Verschmutzungsempfindlichkeit .....	42
3.9 Buntsandstein des Odenwaldes .....	42
3.9.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit .....	42
3.9.2 Grundwasserbeschaffenheit .....	44
3.9.3 Verschmutzungsempfindlichkeit .....	44

4 Grundwasser-Überschußgebiete in Hessen .....	44
4.1 Reinhardswald .....	46
4.2 Meißner-Vorland .....	46
4.3 Burgwald .....	46
4.4 Ohm-Gebiet .....	47
4.5 Schwalm-Antreff-Gebiet .....	47
4.6 Rhön-Vorland östlich der Fulda .....	48
4.7 Schlüchterner Becken .....	48
4.8 Jossa-Gebiet .....	49
4.9 Buntsandstein-Odenwald .....	49
5 Schriftenverzeichnis .....	50

## 1 Einleitung

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, hat im Auftrag des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau erstmals für raumordnerische Abstimmungen bei länderübergreifenden Planungen ein Kartenwerk i. M. 1:1 Mio. über die Grundwasservorkommen in der Bundesrepublik Deutschland mit Einzelkarten zu den Themeninhalten Ergiebigkeit, Qualität (= Beschaffenheit) und Verschmutzungsempfindlichkeit der Grundwasservorkommen nebst Erläuterungen unter Beteiligung der jeweiligen Geologischen Landesämter / Landesämter für Bodenforschung (GLÄ/LfB) erarbeitet und veröffentlicht (Schr.-R. BM Raumord., Bauw., Städtebau 06.043/1980; VIERHUFF, WAGNER & AUST 1981).

1: 1000 000

Nahezu zur gleichen Zeit, nämlich in der 2. Hälfte des Jahres 1979, kam in Hessen die Forderung nach entsprechenden Themenkarten, jedoch in einem größeren Maßstab, auf. Die aufgrund des Landesplanungsgesetzes und der vorgeschriebenen Umweltverträglichkeitsprüfungen abzusehenden Interessenskollisionen zwischen unterschiedlichen Flächeninanspruchnahmen (Vorrangflächen für Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, oberflächennahe Lagerstätten, regionaler Grünzug, Naturpark, Naturschutzgebiet usw.) erforderten eine erste kartenmäßige Konzeption der hydrogeologischen Voraussetzungen für diese an die einzelnen naturwissenschaftlichen Spezialrichtungen gestellten Fachaussagen. Daher war es vordringlich (vorrangig auch für den vorgesehenen Sonderplan Wasserversorgung Hessen, der von der Hessischen Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden, bearbeitet wird, dessen Herausgabe sich jedoch verzögert), erste Übersichtskarten im für das Land Hessen üblichen geowissenschaftlichen Maßstab 1:300 000 für die von der BGR zuvor bundesweit bearbeiteten hydrogeologischen Themeninhalte zu erstellen.

1: 300 000

Das Hessische Landesamt für Bodenforschung legt diese Übersichtskarten der Grundwasserergiebigkeit, der Grundwasserbeschaffenheit und der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers 1:300 000 hiermit vor. Es ist selbstverständlich, daß das zuvor schon angesprochene, in Bearbeitung befindliche großmaßstäbliche Kartenwerk (ohne Themenkarte Grundwasserbeschaffenheit) eine längere Bearbeitungszeit beansprucht. Ein mit hydrogeologischen und damit zusammenhängenden umweltrelevanten Fragen vertrauter Fachmann wird aber auch unter Beachtung der in Kap. 2 gegebenen Hinweise und des Übersichtsmaßstabs dieses Kartenwerks erste Problemfragen einer Lösung näherführen können. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß das in Bearbeitung befindliche vorg. großmaßstäbliche Kartenwerk eine Auftragsbearbeitung des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung ist und vom Hessischen Landesamt für Ernährung, Landwirtschaft und Landentwicklung, Kassel — Abteilung Landentwicklung, Wiesbaden —, herausgegeben wird. 13 Blätter i. M. 1:50 000, die vor allem den Schiefergebirgsanteil des Landes Hessen erfassen, sollen noch in diesem Jahre als erste Teillieferung der „Standortkarte von Hessen — Hydrogeologische Karte —“ im Rahmen der Agrarstrukturellen Vorplanung veröffentlicht werden.

1: 50 000

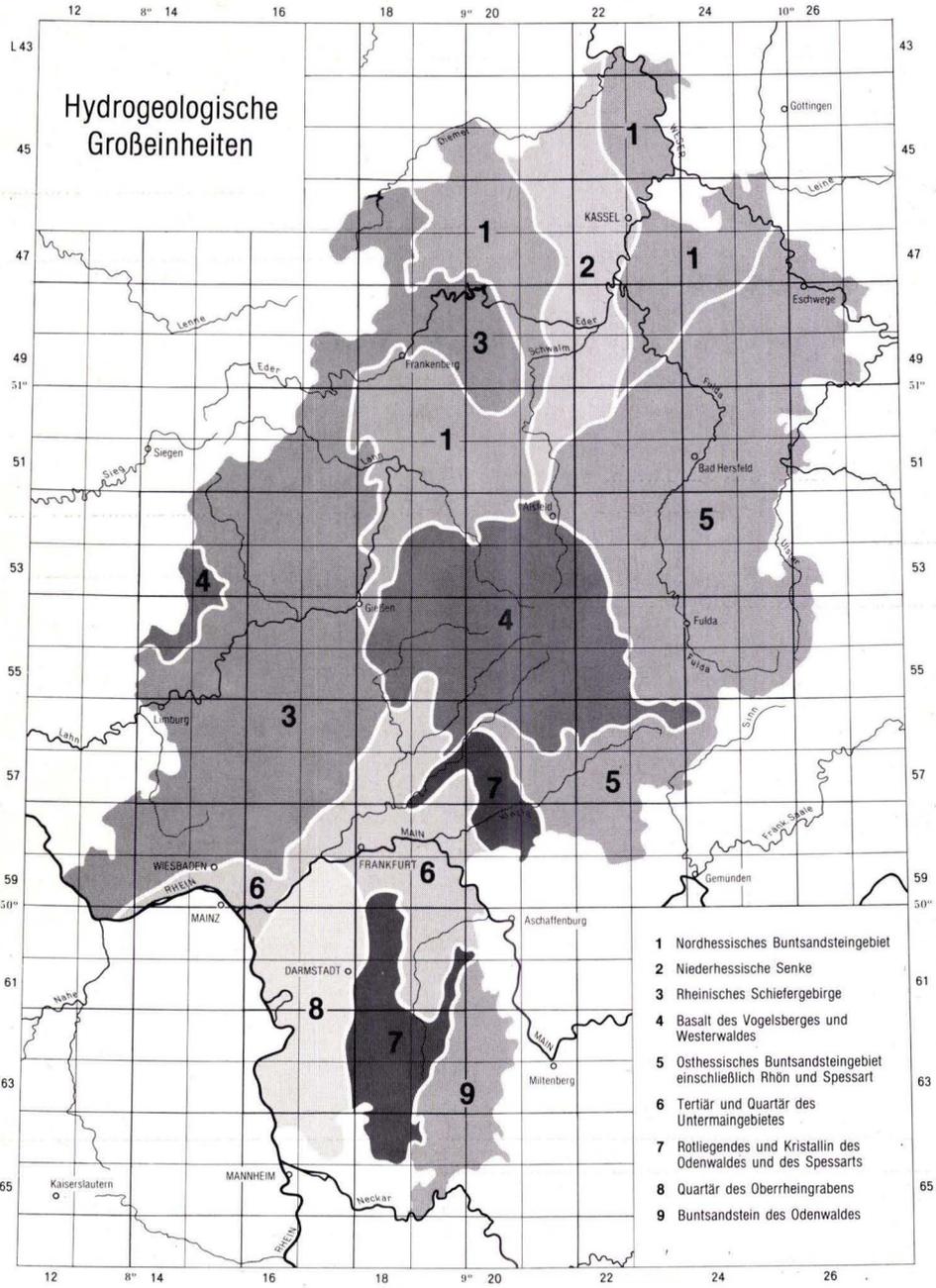


Abb. 1

## 2 Angewandte Darstellungs-Methoden

Außer von der Niederschlagshöhe wird das Grundwasserdargebot wie auch seine Beschaffenheit (Qualität) vor allem von den hydrogeologischen Eigenschaften des Gesteinsuntergrundes bestimmt. Das Land Hessen weist jedoch einen sehr wechselnden Untergrundaufbau und deshalb in den einzelnen Landesteilen ebenfalls vom Dargebot her stark unterschiedliche Grundwasservorkommen auf.

Neben geologisch alten kristallinen Gesteinen, die wenig Grundwasser enthalten, kommen ebenso großräumig geologisch junge, grundwasserreiche Lockergesteinsablagerungen vor. Eine Beschreibung der Grundwasservorkommen nach dem geologischen Alter der grundwasserleitenden Gesteine oder der Höhe ihres Grundwasserdargebots wäre aber wegen der fleckhaften Verteilung der Einzelvorkommen unzusammenhängend und kaum verständlich. Deswegen wird im folgenden die Landesfläche in neun hydrogeologische Großeinheiten aufgeteilt (Abb. 1). Diese werden einschließlich ihrer im Gesteinsaufbau und ihrer Grundwasserführung teilweise abweichenden Untereinheiten nacheinander von N nach S beschrieben.

Entsprechend den bei überörtlichen Planungsvorhaben wichtigen Fragestellungen nach Menge, Qualität und Gefährdung betroffener Grundwasservorkommen wurde für jeden Bewertungsmaßstab eine gesonderte Übersichtskarte entworfen. Die Einzeldarstellung der Themenkarten gestattete eine größere Wiedergabegenauigkeit und bessere Lesbarkeit der Karten. So können z. B. bei der Auswahl von Standorten für großtechnische Anlagen, Siedlungs- oder Entwicklungsvorhaben, Verkehrswegeplanungen u. ä. erste Vorentscheidungen anhand dieser Karten getroffen werden. Dabei sind jedoch die Grundkonzeptionen, die der Erstellung der Einzelkarten zugrunde lagen, zu beachten! Sie werden nachfolgend in gesonderten Abschnitten für die

Übersichtskarte der Grundwasserergiebigkeit (Karte 1)

Übersichtskarte der Grundwasserbeschaffenheit (Karte 2)

Übersichtskarte der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers (Karte 3)

aufgeführt. Anschließend wird die gemäß Abb. 1 in hydrogeologische Großeinheiten unterteilte Landesfläche jeweils nach diesen drei Bewertungsmaßstäben beschrieben, d. h., da zwischen den Parametern Ergiebigkeit, Beschaffenheit und Verschmutzungsempfindlichkeit gegenseitige Verknüpfungen und Abhängigkeiten bestehen, daß jede hydrogeologische Großeinheit als einheitliches, geschlossenes Ganzes zu sehen ist.

### 2.1 Übersichtskarte der Grundwasserergiebigkeit

Als Bewertungsgröße bei der Kartendarstellung wird nicht das Grundwasserdargebot einer Flächeneinheit, sondern, da die Grundwassergewinnung in der heutigen Zeit nahezu ausschließlich durch Bohrbrunnen erfolgt, die mittlere Leistung einer Bohrung im örtlichen Hauptgrundwasserleiter verwendet. Dabei wird unterstellt, daß die Wassergewinnungsanlage unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten niedergebracht und betrieben wird, ohne Festlegung auf einen einheitlichen Bohrdurchmesser, eine bestimmte Bohrtiefe, Ausbau oder Absenkung des Ruhewasserspiegels. Eine Berücksichtigung dieser für örtliche Erschließungen durchaus wichtigen Angaben übersteigt nämlich die Aussagekraft einer Übersichtskarte.

Hinweise zu hydrogeologischen Eigenheiten werden, soweit sie flächenhaft Bedeutung erlangen, im zugehörigen Erläuterungsteil gegeben. Dennoch ist bei örtlichen Erschließungsvorhaben in jedem Falle die Beratung durch einen erfahrenen Hydrogeologen unerlässlich.

Das aus den neun hydrogeologischen Großeinheiten insgesamt unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten gewinnbare Grundwasserdargebot beläuft sich nach den in den Kurzerläuterungen gemachten Angaben (s. Abschn. 3.1 — 3.9) auf gut 1 Mrd.  $\text{m}^3/\text{a}$ . Damit ergibt sich bei dieser differenzierteren Betrachtung von weniger und besser ergebigen Teilgebieten, jedoch bezogen auf die gesamte Landesfläche, ein nahezu gleichartiger Wert, wie er schon von DIEDERICH & HÖLTING (1980) mit 1,2 Mrd.  $\text{m}^3/\text{a}$  aus Dargebotsbetrachtungen größerer Landesteile für die Gesamtfläche des Landes Hessen ermittelt wurde. Die Übereinstimmung des Gesamtdargebots wäre sicher noch besser, wenn nicht bei den hydrogeologischen Großeinheiten, insbesondere im Bereich N- und E-Hessens, auf Dargebotsangaben in Wasserwirtschaftlichen Rahmen- oder Sonderplänen zurückgegriffen werden müßte. Die in Rahmen- oder Sonderplänen enthaltenen Zahlenangaben stellen nämlich zumeist das bereits unter wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten geminderte nutzbare Grundwasserdargebot dar, liegen also unter dem hydrogeologisch wirtschaftlich gewinnbaren Grundwasserdargebot, das von der jährlichen Grundwasserneubildungshöhe und dem jeweils prozentualen gewinnbaren Anteil in den betreffenden Grundwasserleitern ausgeht. Die Vorratsberechnungen von DIEDERICH & HÖLTING (1980) der insgesamt im Untergrund Hessens gespeicherten (stationärer Grundwasservorrat) und der jährlich gewinnbaren Grundwassermenge (dynamischer Grundwasservorrat) werden damit bestätigt.

Für Hessen kann der nutzbare Anteil der mittleren langjährigen Grundwasserneubildungsmenge mit 1,1 — 1,2 Mrd.  $\text{m}^3/\text{a}$  als weitgehend abgesichert gelten. Die Grundwasserbeschaffenheit, insbesondere die Anforderungen an Trinkwasser gemäß geltender Normen (Trinkwasser-Verordnung vom Januar 1975, EG-Richtlinie vom Mai 1980), wurde dabei nicht berücksichtigt.

## 2.2 Übersichtskarte der Grundwasserbeschaffenheit

Eine kartographische Wiedergabe der Grundwasserbeschaffenheit kann nach mehreren Methoden vorgenommen werden (Grundwassertypen, Gesamtlösungsinhalt, mehrere Einzelkonzentrationen usw.). Für die einzelnen Verfahren steht jedoch flächendeckend meist keine ausreichende Anzahl auswertbarer Analysen zur Verfügung. Als wichtigster kennzeichnender Parameter sowohl für Wasserversorgungsunternehmen als auch für Verbraucher erweist sich immer noch die Gesamthärte; denn hohe Gesamthärten bringen unangenehme Auswirkungen durch Inkrustationen im Rohrnetz, in Heißwasser- und Haushaltsgeräten sowie durch hohen Seifen- und Waschmittelverbrauch und Geschmacksbeeinträchtigung von Getränken. Da die Gesamthärte schon immer in nahezu allen Analysen, auch Teilanalysen, mitbestimmt wurde, liegt hierüber auch eine gute Informationsdichte vor.

Für die Übersichtskarte der Grundwasserbeschaffenheit wurde daher die Gesamthärte in den von KLUT-OLSZEWSKI (1945) gegebenen Abstufungen verwendet. Zu betonen ist, daß die Kartendarstellung die Härte des örtlichen Hauptgrundwasserleiters in Anlehnung an die Karte 1 „Ergiebigkeit“ wiedergibt. Gegenüber der „Übersichtskarte der Grundwasserbeschaffenheit

in Hessen 1:300000" (THEWS et al. 1966), die die Gesamthärte des oberflächennahen Grundwasserstockwerkes zeigt, ergeben sich dadurch einige Abweichungen.

Zusätzlich sind einige weitere, die Nutzung der Grundwässer beeinflussende chemische Merkmale angegeben.

Bei örtlichen und regionalen Vergleichen zeigt sich, daß auf landwirtschaftlich genutzten Flächen im Vergleich zu ungedüngten Waldgebieten die Chlorid- und Nitratgehalte sowie die Gesamthärten der Grundwässer angestiegen sind. Bei den Sulfatgehalten ist dies nur vereinzelt erkennbar. Als Ursache der Beschaffenheitsveränderung ist die landwirtschaftliche Düngung zu sehen. Zur langfristigen Sicherung einer einwandfreien Trinkwasserqualität ist in Zukunft eine streng an die Bodenerfordernisse angepaßte und zeitlich begrenzte Düngerausbringung erforderlich.

Weitere Beeinträchtigungen der Grundwasserbeschaffenheit machen sich im Bereich und im Unterstrom größerer Siedlungsflächen bemerkbar. Sie sind aber flächenhaft auf der vorliegenden Übersichtskarte meist nicht mehr darstellbar. Andere im regional-örtlichen Bereich bedeutsame Einflüsse von Mülldeponien u. ä. sind im Übersichtsmaßstab 1:300000 allenfalls Punktquellen und daher hier ohne Bedeutung, weil räumlich nicht weit wirksam.

Die Vorkommen der Mineral- und Thermalwässer sind zwar in der Übersichtskarte angegeben, doch werden deren Genese, Verbreitung oder Wanderwege, die besonderen Gesetzmäßigkeiten unterliegen, hier nicht abgehandelt.

### 2.3 Übersichtskarte der Verschmutzungsempfindlichkeit

Eine Karte der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers gewinnt in einem dicht-besiedelten Industrieland wie der Bundesrepublik Deutschland, in der bei der gesamtwirtschaftlichen Weiterentwicklung häufig sich gegenseitig beeinflussende oder ausschließende Nutzungsansprüche auftauchen, zunehmend an Bedeutung. Da für die öffentliche Wasserversorgung genutzte Grundwasservorkommen vor Verunreinigungen geschützt werden sollen, müssen je nach der örtlichen Verschmutzungsempfindlichkeit bestimmte Handlungen oder Maßnahmen kritisch bewertet oder untersagt werden. Zur vorausschauenden Abstimmung großräumiger Planungen wurde daher die Übersichtskarte der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers im Lande Hessen entworfen.

Bei der Benutzung der Karte ist zu beachten, daß der Parameter Verschmutzungsempfindlichkeit ein Sammelbegriff ist. Seine Bewertung hängt in starkem Maße ab von der Mächtigkeit und Ausbildung der grundwasserüberdeckenden Schichten, ihrer Durchlässigkeit, der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters, der Höhe der Grundwasserneubildung, der mikrobiellen Aktivität, der Sorptionskapazität u. ä. Da die Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers bei sonst gleichen Untergrundverhältnissen für die Vielzahl der möglichen Verschmutzungsstoffe unterschiedlich ist, weil deren Wasserlöslichkeit, Aufnahmefähigkeit als Düng- oder Spurenstoff durch die Pflanzenwurzeln, biologische Abbaubarkeit oder chemische Umwandlung im Boden oder Grundwasser starken Schwankungen unterliegt, müßte sie eigentlich für jede (Schad-)Stoffgruppe gesondert definiert werden. Dieses ist jedoch vom Arbeitsaufwand her nicht möglich. Immerhin aber nimmt das Maß der Verschmutzungsemp-

findlichkeit für alle Stoffe mit zunehmender Deckschichtenmächtigkeit und abnehmender Durchlässigkeit ab.

Die auf der Übersichtskarte ausgehaltenen vier Stufen der Verschmutzungsempfindlichkeit müssen unter Beachtung dieser Gesichtspunkte je nach der Gefährlichkeit des Einzelstoffs gegebenenfalls relativiert werden, lassen aber dennoch das Gefährdungspotential für das Grundwasser an den einzelnen Standorten erkennen und erlauben die Einstufung eines geplanten Vorhabens als be- oder unbedenklich.

Bewertet wurden nur die großflächig anstehenden Gesteinseinheiten. Örtliche Besonderheiten, wie Lößlehmüberdeckung, tonige Verwitterungsdecken usw., die für Einzelstandorte zu einer anderen Beurteilung führen, konnten auf der Übersichtskarte nicht berücksichtigt werden.

Auch die in den Regionalen Raumordnungsplänen (RROPs) ausgewiesenen und zu beachtenden Vorranggebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten bzw. für oberflächennahe Lagerstätten und deren Nutzungskollisionen mit den Vorranggebieten Wasserwirtschaft blieben auf den Übersichtskarten unberücksichtigt. Zwar ist bei einer parallel gehenden Nutzung eines Teilgebietes sowohl für die Wassergewinnung als auch für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten die Verschmutzungsempfindlichkeit für den jeweiligen Nutzungsgrad ein wichtiges Entscheidungskriterium, die Frage der Zulassung oder Untersagung muß jedoch unter Abwägung der jeweiligen örtlichen Gegebenheiten entschieden werden.

Grundsätzlich ist bei der Übersichtskarte der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers die Flächenbeanspruchung für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten bzw. deren Vorranggebiete der wichtigste Zielkonflikt. Eine Übernahme dieser Vorranggebiete aus den RROPs wurde wegen deren laufender Fortschreibung nicht vorgenommen. In allen hydrogeologischen Groseinheiten bestehen jedoch Interessenkonflikte zwischen der Wassergewinnung und dem Lagerstättenabbau. Im einzelnen wird auf die RROPs verwiesen, da auf jeden Einzelfall hier nicht eingegangen werden konnte.

Andere Nutzungskollisionen, die mit einer Verschmutzungsgefährdung des Grundwassers einhergehen, wie Mülldeponien, Klärwerke, Mastviehhaltung usw., sind weniger flächenbeanspruchend, vor allem aber weniger standortgebunden, so daß sich fast immer ein Interessenausgleich erreichen läßt.

### 3 Die hydrogeologischen Groseinheiten

Für die regionale Beschreibung der hessischen Grundwasservorkommen wurde die Landesfläche in neun hydrogeologische Groseinheiten untergliedert. Da die Grundwasserführung der Gesteine i. d. R. mit zunehmendem geologischem Alter abnimmt, wäre eigentlich zumindest jede geologische Formation — bei größeren gesteinspetrographischen Unterschieden während dieser Zeit mit zusätzlichen Untereinheiten — als selbständige hydrogeologische Groseinheit anzusehen gewesen. Die sich daraus ergebende verwirrende Vielfalt kleiner und kleinster Teilflächen hätte jedoch die Anwendung einer solchen Karte sehr behindert. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, war daher eine so weit wie mögliche Zusammenfassung nach hydrogeologischen Gesichtspunkten geboten.

So wurden z. B. die Kalksteine des Muschelkalkes und Zechsteins, die als Karstgrundwasserleiter durchaus eigene hydrogeologische Einheiten bilden, wegen ihrer nur fleckenhaften oder kleinflächigen Vorkommen den ihnen dargebotsmäßig vergleichbaren Groseinheiten des Buntsandsteins zugerechnet. In gleicher Weise geschah dies für das am S-Rand des Taunus gelegene Rotliegendevorkommen von Langenhain, das sich hydrogeologisch kaum vom Schiefergebirge unterscheidet und daher dort mit einbezogen wurde.

Die Grenzen der hydrogeologischen Groseinheiten entsprechen markanten geologischen Grenzen (stratigraphische Verbreitung, Grabenbrüche u. ä.). Zur besseren regionalen Orientierung wurde auf der Abb. 1 das Gitternetz der Blatteinteilung der TK 25 übernommen.

### 3.1 Nordhessisches Buntsandstein-Gebiet (einschließlich Zechstein am Schiefergebirgsrand)

#### 3.1.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit

35,7 % (7523 km<sup>2</sup>) des Landes Hessen werden oberflächennah von Schichten des Buntsandsteins eingenommen, 16,3 % (3435 km<sup>2</sup>) entfallen auf N-Hessen. Das Verbreitungsgebiet des Buntsandsteins schließt östlich an das Rheinische Schiefergebirge an und erstreckt sich bis an die östliche Landesgrenze, unterbrochen durch die Niederhessische Senke, in der die Gesteine des Buntsandsteins durch tertiäre Sedimente verdeckt sind (s. u. 3.3.2). Im Übergang vom Schiefergebirge zum Buntsandstein-Vorland liegen in einem unterschiedlich breiten (1 — 10 km) Streifen, meist in Schollen aufgegliedert, Schichten des Zechsteins (Perm), der jüngsten Abteilung des Erdaltertums (Paläozoikum).

Der Buntsandstein ist aus einander abwechselnden Folgen von Sandsteinen und Ton-/Schluffsteinen aufgebaut, deren meist rötliche Farben für diese Schichten namengebend waren. Die Dreiteilung in Unteren, Mittleren und Oberen Buntsandstein ist auf unterschiedliche Anteile von Sandstein und Ton-/Schluffstein zurückzuführen. Im Unteren Buntsandstein herrschen Schluffsteine und feinkörnige Sandsteine vor, im Mittleren mehr mittel- bis grobkörnige, wenn auch untergeordnet mit schluffigeren Lagen wechselnde Sandsteine. Das Bindemittel der Sand- und Schluffsteine ist kieselig oder tonig, weniger carbonatisch, besteht also aus wenig wasserlöslichen mineralischen Anteilen. Der Obere Buntsandstein, der Röt, ist ganz überwiegend aus Ton-/Schluffsteinen aufgebaut. Er ist also ein Grundwasserhemmer oder ein Grundwassernichtleiter. In N-Hessen schaltet sich besonders im Oberen Buntsandstein (Röt), örtlich fein verteilt auch im Unteren Buntsandstein, Anhydrit (Gips) ein. Die Mächtigkeiten des Buntsandsteins nehmen in Hessen von S nach N und von W nach E in Richtung auf den Kasseler Raum zu. Erreichen sie in S-Hessen (Spessart) etwa 500 m, werden in N-Hessen bei Kassel und im Reinhardswald 1000 m und mehr festgestellt. Mit den Mächtigkeitsschwankungen des Buntsandsteins gehen erhebliche, hydrogeologisch bedeutungsvolle, aber die einzelnen Schichtglieder des Buntsandsteins in unterschiedlichem Maße erfassende fazielle Änderungen einher. Während im S und am Schiefergebirgsrand im Mittleren Buntsandstein eine ganz überwiegend sandige Fazies ausgebildet ist, nimmt nach N generell der Ton-/Schluffsteinanteil zu (HÖTLING 1979).

Die schmalen Schollen von Zechstein (Perm) am Schiefergebirgsrand bestehen im nördlichen Teil (etwa nördlich des Kellerwaldes) aus (häufig verkarsteten) Carbonat- und Anhydrit-

gesteinen mit zwischengelagerten Schluffsteinen, im südlichen aus meist grobkörnigen bis konglomeratischen Sandsteinen. Jeweils nach E tauchen die Zechsteinsfolgen unter die Buntsandsteinschichten ab, was für die Wassererschließung im Gebiet Korbach — Arolsen von wesentlicher Bedeutung ist. Die Mächtigkeit des aus Kalken, Dolomiten, Tonsteinen, Gips- und Anhydritsteinen aufgebauten Zechsteins beträgt im Gebiet von Korbach — Arolsen 100 — 160 m.

Die Schichtlagerung des Buntsandsteins ist im Vergleich zu der des Schiefergebirges ruhig. Kennzeichnend sind allgemein mehr oder weniger große Schollen, die mehr oder weniger gegeneinander verstellt sind. Das treppenförmige Einsinken der Großschollen vom Schiefergebirgsrand bei Korbach zur Niederhessischen Senke ist von außerordentlicher hydrogeologischer Bedeutung, da hierdurch unterschiedlich alte und unterschiedlich durchlässige Schichtglieder des Buntsandsteins in das von Wassererschließungen genutzte Niveau gelangen. Geohydraulisch von Bedeutung sind darüber hinaus die Kluft-(Trennfugen-)Zonen, welche die einzelnen Buntsandsteinschollen trennen und auf denen die Grundwasserbewegung weitgehend erfolgt. Die Porendurchlässigkeit der Sandsteine ist allgemein nur gering und für die Grundwasserbewegung insgesamt von untergeordneter Bedeutung. Die weit durchhaltenden Störungszonen zwischen den Buntsandsteinschollen wirken häufig als Grundwasserdräne für mehrere unterirdische Einzugsgebiete. Hier sind vor allem das Wohra-Tal nördlich Kirchhain und das Nemphe-Tal südlich Frankenberg zu nennen. Bei beiden bietet die überwiegend sandige Ausbildung des Mittleren Buntsandsteins günstige petrographische Voraussetzungen. Aber auch andere Täler üben geohydraulisch dieselbe Funktion aus und sind deshalb bevorzugte Grundwassererschließungsgebiete.

In den carbonatischen und anhydritischen Anteilen des Zechsteins erfolgt die Grundwasserbewegung auch auf Klüften, jedoch sind diese durch die Wasserlöslichkeit der Gesteine im Laufe geologischer Zeiten örtlich erheblich ausgeweitet (verkarstet). Diese Gesteinsfolgen haben deshalb meist ein erhebliches Hohlraumvolumen und stellen örtlich sehr ergiebige Grundwasserleiter dar. Im Gebiet um und nördlich Korbach, wo sie unter die Buntsandsteinschichten abtauchen, können daher in größerer Tiefe erhebliche Grundwassermengen erschlossen werden (HÖLTING 1978).

Bei langjährigen Niederschlagsmitteln in den nordhessischen Buntsandstein-Gebieten von 600 — 700 mm betragen die unterirdischen Abflußspenden in Schichten des Unteren Buntsandsteins max.  $2,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (rund 80 mm), in solchen des Mittleren Buntsandsteins etwa  $2 — 4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (rd. 63 — 125 mm) (ENGEL & HÖLTING 1970), in solchen des Oberen Buntsandsteins wesentlich weniger; Messungen liegen hier kaum vor, die Abflüsse dürften unter  $0,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (ca. 16 mm) bleiben. — In den verkarsteten Zechstein-Schollen bei Korbach wurden Grundwasserneubildungsraten von rd.  $6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (189 mm) ermittelt.

### 3.1.1.1 Nordhessisches Buntsandstein-Gebiet westlich der Niederhessischen Senke

Die Buntsandstein-Gebiete stellen wegen der vielfach recht guten Zerklüftung ausgezeichnete Grundwasserneubildungs- und -vorratsgebiete dar. Insbesondere ist hier die Frankenger Bucht zu nennen, in der das nutzbare Grundwasserdargebot rd.  $1140 \text{ l/s}$  (rd. 36 Mio.  $\text{m}^3/\text{a}$  oder  $98\,500 \text{ m}^3/\text{d}$ ) beträgt (Tab. 1), von denen im wesentlichen nur das Wasserwerk Wohratal

des Zweckverbandes Mittelhessische Wasserwerke größere Mengen fördert, nämlich rd. 350 l/s (oder 11 Mio. m<sup>3</sup>/a). Größere Grundwasservorräte sind bisher jedoch noch ungenutzt, insbesondere im Burgwald, wo rd. 370 l/s (oder 11,7 Mio. m<sup>3</sup>/a) zu fördern sind, ohne daß durch Wassergewinnungen bei den vorliegenden Grundwasserflurabständen von mehreren Zehnermetern über weite Flächen Umwelt(Vegetations-)schäden möglich sind; nur in einigen schmalen Talabschnitten (z. B. „Franzosenwiesen“) sind bei Grundwasserabsenkungen örtlich Änderungen der Ökologie nicht auszuschließen.

Im Buntsandstein-Gebiet des oberen Klein-(Gleen-)Tales im Abschnitt Kirtorf/Lehrbach sowie des Ohm-Tales bei Homberg (Ohm) sind weitere 150 l/s (4,7 Mio. m<sup>3</sup>/a) gewinnbar, die aber wohl dem örtlichen Bedarf vorbehalten bleiben müssen. Ein größeres Vorratsgebiet stellen auch die Buntsandsteinflächen zwischen Schiefergebirge und der Fritzlar-Naumburg-Wolfhagener Grabenzone im nordwestlichen Landesteil dar, wo (einschließlich der schmalen Zechsteinschollen am Schiefergebirgsrand) 930 l/s (29,3 Mio. m<sup>3</sup>/a; s. Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen) gewinnbar sind (Tab. 1), örtlich aber mit qualitativen Einschränkungen. Allerdings wird die Erschließung des noch nicht genutzten Grundwassers im Buntsandstein insofern aufwendiger, als geohydraulisch so günstige Positionen wie in der Frankenger Bucht wegen der hier im ganzen geringeren Trennfugendurchlässigkeit und der ungünstigeren petrographischen Gegebenheiten fehlen. Wasserwerke bzw. deren Brunnen werden daher leistungsschwächer als an den günstigen Standorten der Frankenger Bucht sein.

Aufgrund der Verkarstung sind durchweg hohe Wassererschließungen in den Zechsteinschollen am Schiefergebirgsrand nördlich des Kellerwaldes möglich. Insbesondere sind hier folgende Teilgebiete, die in den obengenannten 930 l/s enthalten sind, zu nennen:

- Ense-Scholle südwestlich Korbach; nutzbare Grundwasserneubildung 108 l/s (3,6 Mio. m<sup>3</sup>/a), wovon jedoch aus geohygienischen Gründen derzeit nur rd. Zweidrittel gewinnbar sind; die in dieser Scholle gespeicherten Grundwasservorräte betragen  $3,6 \cdot 10^7 \text{ m}^3$  (HÖLTING 1978);

Tab. 1. Nutzbares Grundwasserdargebot im Nordhessischen Buntsandsteingebiet (überwiegend nach Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen)

Teilgebiet	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Grundwasserneubildung (nutzbarer Anteil)		Nutzbares Dargebot	
		[l/s · km <sup>2</sup> ]	[mm]	[l/s]	[Mio. m <sup>3</sup> /a]
Frankenger Bucht	555	2,05	65	1140	36
Gebiet westlich des Naumburger Grabens	690	1,34	43	930*	29,3
Naumburger Graben	140	1,4	44	195*	6,1
Scholle von Kirchberg—Istha	100	1,6	50	165	5,2
Reinhardswald	~400	1,725	55	690	22
Übriges Gebiet östlich der Niederhess. Senke	rd. 86	1,5	47	129	4,1

\* Teilweise qualitative oder geohygienische Einschränkungen

- Twiste-Gebiet nördlich und östlich Korbach, nutzbare Grundwasserneubildung 114 l/s (3,6 Mio. m<sup>3</sup>/a);
- Meininghausener Scholle (Zechstein- unter Buntsandsteinschichten) 162 l/s (5,1 Mio. m<sup>3</sup>/a);
- Vasbecker Scholle in der Umgebung von Diemelsee-Vasbeck (z. T. Zechstein- unter Buntsandsteinschichten) 110 l/s (3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a).

Die wirtschaftliche Gewinnbarkeit von Grundwasser hängt im wesentlichen davon ab, wie große Einzugsgebiete sich Brunnen aufgrund der regional  $\pm$  weit aushaltenden Trennfugendurchlässigkeiten tributär machen können. In einigen Teilflächen des Buntsandstein-Verbreitungsgebietes, nämlich in den schon erwähnten weit durchhaltenden Störungszonen, sind solche Voraussetzungen besonders günstig. Zu nennen ist hier die Umgebung des Amöneburger Beckens, wo die Brunnen der Wasserwerke des Zweckverbandes Mittelhessische Wasserwerke Brunnenleistungen von 30 — 150 l/s erreichen und das Gebiet Haarhausen (Borken und Neuental) unmittelbar westlich der Niederhessischen Tertiärsenke (Brunnenleistungen bis 30 l/s). Günstige Erschließungen sind auch im Nemphe-Tal bei Frankenberg denkbar. In den übrigen Gebieten des Buntsandsteins stellen sich nicht so hohe Ergiebigkeiten ein. Im Verbreitungsgebiet der Schichten des Unteren Buntsandsteins bleiben die Brunnenleistungen weithin unter 5 l/s, nur gelegentlich stellen sich etwas höhere Leistungen ein, während in den Gebieten des Mittleren Buntsandsteins, abgesehen von den bereits genannten besonders günstigen Teilflächen der Frankenger Bucht, mit Brunnergiebigkeiten von 5 — 15 l/s, im Gebiet von Kirchberg-Istha auch darüber, zu rechnen ist. Höhere Ergiebigkeiten sind schließlich von Brunnen in den verkarsteten Zechstein-Schollen mit Leistungen bis 50 l/s, örtlich sogar mehr, bekannt.

Konkurrierende Interessen bei der Wassererschließung gehen regional insbesondere von Mineral-(Heil-)Wassergewinnungen aus, so z. B. in Bad Wildungen, wo ein Heilquellenschutzgebiet rechtskräftig festgesetzt wurde. Ferner sind Vorranggebiete für oberflächennahe Lagerstätten zu nennen, nämlich Kies-Sand-Gewinnungen in den Tälern von Lahn, Eder und Diemel, Abbaue carbonatischer Gesteine und von Gipslagern in den Zechstein-Folgen. Wegen des nur geringen Reinigungsvermögens dieser Gesteinsfolgen wirken sich die konträren Interessen von Grundwasserschutz und mineralischer Rohstoffgewinnung ziemlich weitflächig in diesen Schichten aus.

Innerhalb der hydrogeologischen Großeinheit 1 liegt auch die Fritzlar-Naumburg-Wolfhagener Grabenzone. Es ist dies eine 1 — 5 km breite, NNW—SSE streichende tektonische Grabenzone, in der Gesteine des Oberen Buntsandsteins (Röt) und des Muschelkalkes, untergeordnet auch des Keupers und des Lias, in die überwiegend aus Mittlerem Buntsandstein bestehende Umgebung eingebrochen sind. Verwurfbeträge von 100 — 500 m sind hierbei häufig. Innerhalb dieser Grabenzone liegen mehrere aus Mittlerem Buntsandstein aufgebaute Hochschollen, z. B. nördlich Wolfhagen der Ehringer Horst und nördlich Naumburg der Mondschein-Horst.

Im Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen wird für die dort als B3 ausgeschiedene Einheit eine nutzbare Grundwassermenge von 195 l/s angegeben (Tab. 1). Hierbei sind allerdings Muschelkalkgebiete miteinfaßt, bei denen einer Nutzung erhebliche qualitative bzw. auch hy-

gienische Bedenken entgegenstehen. Darüber hinaus sind hier teilweise die aus höherem Mittlerem Buntsandstein aufgebauten westlichen Grabenränder (Staffelschollen) mit eingerechnet.

Ein für die Wassererschließung überörtlich wichtiges Gebiet ist die Scholle von Kirchberg — Isthä, die südlich des Kasseler Grabens und östlich der Fritzlar-Naumburg-Wolfhagener Grabenzone liegt. Sie ist in den für die Wassererschließung in Betracht kommenden Tiefen überwiegend aus höherem Mittlerem Buntsandstein (Hardeggen- und Solling-Folge) aufgebaut. Diese Folgen sind hier sehr sandsteinreich, daher meist gut geklüftet und infolgedessen gut durchlässig. Brunnenleistungen (Grundwasserentnahme pro Brunnen) bis zu 40 l/s sind möglich. Im Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen (Einheit B 6) ist die nutzbare Grundwassermenge mit 70 l/s angegeben. Diese Abschätzung ist sicher sehr vorsichtig, in einem späteren Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung (Gutachten über die im Gebiet Emstal, Kreis Kassel, und Umgebung, Scholle von Kirchberg — Isthä, erschließbaren Grundwassermengen, vom 22. 1. 1975) werden 165 l/s genannt (Tab. 1). Einen Teil der gewinnbaren Menge nutzt das Wasserwerk Haarhausen des Gruppenwasserwerkes Fritzlar-Homberg, einen anderen mehrere Gemeinden (Emstal, Habichtswald, Schauenburg und Stadt Wolfhagen).

### 3.1.1.2 Nordhessisches Buntsandstein-Gebiet östlich der Niederrhessischen Senke

In der hier gegebenen Abgrenzung der hydrogeologischen Großeinheiten gehören zur Großeinheit 1 östlich der Niederrhessischen Senke insbesondere der Reinhardswald und der Kaufunger Wald (i. w. S.). Als Reinhardswald wird hier das ganze aus Mittlerem Buntsandstein aufgebaute Gebiet zwischen der Weser im N und E, der Fulda im SE und der etwa im Tal der Esse und Diemel verlaufenden Linie, an der im W der Mittlere Buntsandstein unter den Oberen Buntsandstein (Röt) abtaucht, verstanden. Einbezogen werden muß hier zusätzlich der hessische Anteil des Bramwaldes (östlich der Weser gelegen).

Der Reinhardswald kann als eine in sich zerbrochene, von E nach W geneigte Scholle aus Mittlerem Buntsandstein verstanden werden. Im Wesertal treten die ältesten Schichten (Volpriehausen-Folge) zutage. Da die höheren Folgen des Mittleren Buntsandsteins (Hardeggen- und Solling-Folge) sandsteinreich sind, verspricht der W-Teil des Reinhardswaldes generell die besseren Erschließungsergebnisse. Hier sind Grundwasserentnahmen bis zu 50 l/s pro Brunnen möglich. Der Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen (Fläche B 1) gibt für den Reinhardswald eine nutzbare Grundwassermenge von 690 l/s (etwa 60 000 m<sup>3</sup>/d bzw. 22 Mio. m<sup>3</sup>/a) an (Tab. 1).

Das Buntsandstein-Gebiet östlich und südöstlich Kassel (Niestetal, Kaufunger Wald, Gebiet um Melsungen) ist in den Tiefen, die für eine Grundwassererschließung in Betracht kommen, von unterschiedlichen Gliedern des Mittleren Buntsandsteins aufgebaut. Während im Kasseler Gebiet, in Kaufungen und im unteren Niestetal, wo überwiegend Solling- und Hardeggen-Folge verbreitet sind, Brunnenleistungen bis 30 l/s häufig sind, Spitzenbrunnen auch über 50 l/s liefern, geht die Entnahmemöglichkeit nach S und E, wo überwiegend tiefere Folgen des Mittleren Buntsandsteins anstehen, bis auf 10 l/s im Mittel zurück.

Im Gebiet Helsa — Hessisch Lichtenau fällt ein größeres (ca. 25 km<sup>2</sup>) Buntsandstein-Gebiet für die Trinkwassererschließung aus, da das Grundwasser dort durch organische Schadstoffe verunreinigt ist.

### 3.1.2 Grundwasserbeschaffenheit

Die Grundwässer aus den carbonatischen Zechsteinschichten am Schiefergebirgsrand nördlich des Kellerwaldes sind durchweg hart mit Gesamthärten von 20 — 22° d. In anhydritreicheren Folgen sind auch übergroße Härten (bis 60° d) festgestellt worden, doch wird bei Wassergewinnungen der Zulauf aus solchen Schichten durch entsprechende Brunnenausbauten verhindert. Unter den Anionen herrschen in diesen Grundwässern im allgemeinen Hydrogencarbonate gegenüber Sulfaten und Chloriden vor, die geringsten Anteile haben die Chloride. Bei den Kationen sind insbesondere Calcium und Magnesium vertreten, während Natrium (und Kalium) nur unter besonderen Bedingungen (Ionenaustauschwässer) höhere Anteile erreicht. Besonders in der Umgebung von Korbach selbst sind Grundwässer aus dem Zechstein sauerstoffarm (reduziert), ohne daß dafür bisher eine plausible Erklärung gefunden wurde. Die Konzentrationen der Grundwässer aus diesen Schichten erreichen örtlich die von Mineralwässern ( $\geq 1000$  mg/kg). Durchweg lösungsärmer sind die Wässer in den Zechsteinfolgen am Rande des Schiefergebirges südlich des Kellerwaldes. Chemisch handelt es sich ausschließlich um Erdalkalihydrogencarbonatwässer mit normalem Sauerstoffgehalt, hier örtlich mit erhöhten anthropogenen Nitratgehalten.

Die Beschaffenheit der Wässer aus dem Buntsandstein ist uneinheitlich. Wie Tab. 2 von Mittelwerten aus zahlreichen Analysen zeigt, sind die Grundwässer aus Schichten des Mittleren Buntsandsteins wegen der Armut an wasserlöslichem Bindemittel der Sandsteine relativ am weichsten, die des Oberen Buntsandsteins (Röt) am härtesten (HÖLTING 1979).

Die Wässer sind in der Regel, abgesehen von lokalen, meist durch anmoorige Bildungen bedingten speziellen Entwicklungen, durchweg sauerstoffreich, also nicht reduziert. Kennzeichnend besonders für die weichen Wässer aus Schichten des Mittleren Buntsandsteins ist ihre durch Kohlensäuregehalte verursachte Aggressivität, d. h. Wässer des Mittleren Buntsandsteins stehen in der Regel nicht im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht. Bei den Kationen herrschen die Erdalkalien, insbesondere Calcium vor. Nicht selten kommt es aber durch Ionenaustauschprozesse auch zu Natriumhydrogencarbonatgehalten.

Tab. 2. Analysenwerte der Buntsandstein-Grundwässer

	Gesamt- Härte [°d]	Carbonat- [°d]	Chlorid- [mg/l]	Sulfat- [mg/l]	Hydrogencarbonat- Gehalte [mg/l]	Nitrat- [mg/l]	Zahl der Analysen
Oberer Buntsandstein	19,8	14,5	11	83	316	9	29
Mittlerer Buntsandstein	5,7	3,6	17	24	78	15	142
Unterer Buntsandstein	10,2	7,7	17	31	168	11	66

Mineralwässer aus Schichten des Buntsandsteins sind nicht bekannt. Soweit solche Vorkommen im Verbreitungsgebiet des Buntsandsteins liegen, handelt es sich um aus der Tiefe, also aus Schichten im Liegenden des Buntsandsteins aufsteigende Mineralwässer, insbesondere aus Zuwanderungen aus den salinarreichen Zechstein-Folgen im östlichen Landesteil. Dazu gehören naturgemäß auch die kohlen säurereichen Mineralquellen, wie z. B. Volkmarshen, deren Kohlensäure mehr oder weniger senkrecht aus größerer Tiefe aufsteigt.

### 3.1.3 Verschmutzungsempfindlichkeit

Die verkarsteten Zechstein-Schollen am Schiefergebirgsrand nördlich des Kellerwaldes haben durchweg nur ein sehr geringes Reinigungsvermögen und sind deshalb sehr empfindlich gegen Verschmutzungen. Etwas weniger gefährdet sind die Zechsteinschollen südlich des Kellerwaldes, da sie flächenhaft von grundwasserfreien Zechstein-Sandsteinen überlagert werden.

In den Schichten des Buntsandsteins liegen die Grundwasseroberflächen meist mehrere Zehnermeter unter Gelände. Hier sind also verhältnismäßig mächtige sandig-schluffige, allerdings geklüftete Deckschichten über den grundwasserleitenden Buntsandstein-Folgen verbreitet vorhanden, welche das Grundwasser teilweise vor Verunreinigungen schützen. Nur in weit durchhaltenden, gut durchlässigen Störungszonen, die durch Täler ziehen und in denen die Grundwasserflurabstände häufig nur einige Meter betragen, ist mit einer mittleren Verschmutzungsempfindlichkeit zu rechnen. Das trifft insbesondere für das Wohra-Tal und das Tal des „Roten Wassers“ westlich Kirchhain zu und für Gebiete, in denen die meist sehr gut geklüfteten Sandsteine der Solling-Folge zu Tage anstehen.

## 3.2 Niederhessische Senke und Röt-Muschelkalk-Gebiet nördlich des Kasseler Grabens

### 3.2.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit

#### 3.2.1.1 Niederhessische Senke

Zwischen Alsfeld im S und Kassel im N erstreckt sich die bis zu 18 km breite Niederhessische Senke.

Geologisch handelt es sich um einen Senkungsraum, in dem oberflächennah meist tertiäre Sedimente oder tertiäre Basalte anstehen. Die teilweise über 100 m mächtigen tertiären Sedimente bestehen aus Tonen, Schluffen, Sanden, Mergeln und Braunkohlen. Sie sind meist schlechte Grundwasserleiter (unzureichende Durchlässigkeit) und daher für größere Wassererschließungen ungeeignet. Eine Ausnahme ist das Gebiet Frielendorf, wo im tieferen Tertiär (Unteroligozän) kiesige Sande mit hoher Durchlässigkeit ausgebildet sind, die artesisches Wasser führen. Hier sind einzelne Brunnen mit möglichen Entnahmemengen bis zu 30 l/s möglich. Die Basalte liegen meist über dem Niveau der Vorflut und sind daher, zumal ihre Ausdehnung meist zu gering ist, für größere Wassererschließungen ungeeignet.

Der Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen enthält als Abb. A 6 eine Karte der Höhenlage der Tertiärbasis in der Niederhessischen Senke. Diese Karte gibt in großen Zügen auch noch den heutigen Wissensstand wieder, in Einzelheiten wären Verbesserungen möglich. Sie zeigt die Gliederung dieses Senkungsraumes und stellt auch, soweit bekannt, dar, daß die tertiären Sedimente zwar überwiegend Gesteinen des Oberen Buntsandsteins (Röt) aufliegen, daß aber im S (etwa ab Frielendorf) und im E teilweise unter den tertiären Sedimenten unter Ausfall des Röts direkt Sandsteine des Mittleren Buntsandsteins lagern. Unabhängig davon, ob der Mittlere Buntsandstein unmittelbar unter dem Tertiär liegt oder aber noch Röt dazwischen geschaltet ist, kann mittels tiefer Brunnen Wasser aus dem Mittleren Buntsandstein (meist der Solling-Folge) gewonnen werden. Brunnenergiebigkeiten bis zu 30 l/s sind dort möglich.

Geohydrochemisch bestehen jedoch gewisse Einschränkungen, da das Wasser meist sehr hart ist. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, daß hier nur eine sehr geringe, im einzelnen nicht bestimmbare Grundwasserneubildung stattfindet. Daher sind die aus dem Mittleren Buntsandstein entnommenen Wassermengen in den Randgebieten bilanzmäßig zu berücksichtigen. Auch kann es durch langfristige Entnahmen zu einer Zunahme der Wasserinhaltsstoffe (Aufhärtung) kommen (RAMBOW 1977).

### 3.2.1.2 Röt-Muschelkalk-Gebiet nördlich des Kasseler Grabens

Zwischen der N-Fortsetzung der Fritzlar-Naumburg-Wolfhagener Grabenzone, dem Volkarsener Graben, im W und dem Reinhardswald im E liegt ein (ca. 500 km<sup>2</sup>, im Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen als Röt-Muschelkalk-Gebiet von Breuna — Calden bezeichnet) ausgedehntes Röt-Muschelkalk-Gebiet. Dieses wird in etwa W — E-Richtung von der etwa 2 km breiten Warburger Störungszone in zwei Teilschollen, die Zierenberger Scholle im S und die nach Nordrhein-Westfalen hinüberreichende Nethe-Scholle im N, gegliedert.

Der bis 240 m mächtige Muschelkalk ist dort, wo er unter Vorflutniveau liegt, meist ein guter Grundwasserleiter. Er wird gegliedert in den überwiegend aus plattigen bis dünnplattigen Kalk- und Mergelsteinen aufgebauten, etwa 120 m mächtigen Unteren Muschelkalk, den teilweise Gips enthaltenden, im übrigen überwiegend tonig-mergeligen Mittleren Muschelkalk (etwa um 60 m) und den etwa 60 m mächtigen Oberen Muschelkalk, der neben plattigen in erheblichem Maße auch bankige Kalke führt. Der Muschelkalk kann, von Klüften ausgehend, verkarsten, was in unterschiedlichem Maße der Fall sein wird. Insgesamt ist er aber als Karstgrundwasserleiter einzustufen, es muß daher mit großen Fließgeschwindigkeiten und entsprechend geringem Reinigungsvermögen gerechnet werden (hohe Verschmutzungsempfindlichkeit). Insofern bestehen erhebliche Vorbehalte gegen größere Wassererschließungen im Muschelkalk.

Der nutzbare Anteil der Grundwasserneubildung kann mit 0,76 l/s · km<sup>2</sup> (24 mm) angesetzt werden. Das gesamte nutzbare Grundwasserdargebot beträgt ca. 380 l/s bzw. 12 Mio. m<sup>3</sup>/a, wobei jedoch teilweise qualitative oder geohygienische Einschränkungen in Kauf genommen werden müssen.

Unter dem Muschelkalk liegt der hier 200 — 240 m mächtige Obere Buntsandstein (Röt), der überwiegend aus Ton-/Schluffsteinen besteht und in erheblichem Maße Gips führt, und zwar meist nicht in Form von mächtigeren Lagen, sondern fein verteilt im Gestein und auf

Klüften. Der Obere Buntsandstein ist nur sehr gering durchlässig und daher als Grundwasserhemmer bis Grundwassernichtleiter einzustufen. Meist wird deshalb in den unter dem Oberen Buntsandstein liegenden Sandsteinen der Solling-Folge des Mittleren Buntsandsteins gespanntes Wasser angetroffen. Die Sandsteine der Solling-Folge haben eine hohe Durchlässigkeit und sind daher gute Grundwasserleiter. Doch ist das Wasser mit Ausnahme schmaler Randzonen hoch mineralisiert (RAMBOW 1977). Überregionale Wassererschließungen in diesem Gebiet können daher nicht empfohlen werden, im Gegenteil, es besteht die Tendenz, aus den Nachbargebieten Trinkwasser in dieses Gebiet einzuspeisen.

Für überörtliche Wasserversorgung nutzbare Grundwasserdarangebote stehen nicht zur Verfügung bzw. müssen vom Dargebot der Nachbargebiete abgezogen werden. Lokale Erschließungen für kleinere Versorgungsanlagen sind jedoch möglich.

### 3.2.2 Grundwasserbeschaffenheit

Die Grundwasserbeschaffenheit ist bis auf die Wässer im Gebiet um Frielendorf, die weniger hart sind (8 — 12 ° dGH), überwiegend ziemlich hart bis hart, teilweise sogar für die öffentliche Wasserversorgung ungeeignet.

### 3.2.3 Verschmutzungsempfindlichkeit

Die Verschmutzungsempfindlichkeit der Grundwasservorkommen in der Niederhessischen Senke ist aufgrund der meist mächtigen, undurchlässigen, aber gut reinigenden Tertiärüberdeckung sehr gering. Gleiches gilt bei auflagerndem Röt. Im verkarsteten Mergelkalk nördlich des Kasseler Grabens ist die Verschmutzungsempfindlichkeit dagegen sehr groß, da Verunreinigungen nicht abgebaut werden und sich weit ausbreiten können.

## 3.3 Rheinisches Schiefergebirge

### 3.3.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit

Diese hydrogeologische Großeinheit schließt den Taunus, das Lahn-Dill-Gebiet, Teile des Westerwaldes, den Kellerwald und das Waldecker Upland ein. Im NW schließt sie an das Siegerland und das Sauerland Nordrhein-Westfalens an.

Der hessische Anteil des Rheinischen Schiefergebirges erreicht mit dem Großen Feldberg (878 m über NN) und im Waldecker Upland (700 — 800 m über NN) Höhen, die ihn als Mittelgebirge deutlich gegenüber Senken im E und S herausheben. Das Gebirge weist ein lebhaftes Relief auf; zahlreiche kleine und kleinste Tälchen zerschneiden die Oberfläche in eine sehr wechselhafte, anmutige Landschaft. Wichtigste Vorfluter sind die Lahn im S und die Diemel im N mit ihren Nebenflüssen. Der Untergrund besteht aus gefalteten und geschieferten Gesteinen, unter denen im Taunus und im Grenzgebiet zum westfälischen Rothaargebirge echte

Schiefer vorherrschen. Im Lahn-Dill-Bergland kommen zusätzlich und in größerer Verbreitung Kalksteine und Vulkanite (Keratophyr, Diabas, Schalstein) hinzu, Vulkanite untergeordnet auch im nördlichen Grenzgebiet (bei Adorf) und im Kellerwald. Innerhalb der klastischen geschieferten Gesteine spielt der Kieselsäure- und Sandgehalt bei der Entstehung von Klüften (Trennfugen) sowie bei der tektonischen Mobilität eine Rolle. Kieselschiefer, Tonschiefer, sandige Flaserschiefer, Grauwacken, Sandsteine und Quarzite können kleinräumig durchaus unterschiedlich auf Faltungsvorgänge reagiert haben. Von Bedeutung sind auch oft mit Quarz ausgefüllte Querklüfte (NW streichend), die die NE verlaufenden Faltenzüge steil durchsetzen (Quarzgänge).

Die Gesteine des Rheinischen Schiefergebirges sind von den Metamorphiten des Vordevons im S (Vortaunus) bis zu den Grauwacken / Tonsteinschiefer-Folgen im N (Waldecker Upland) nur schlecht durchlässige Kluftgrundwasserleiter. Taunus, Lahn-Dill-Bergland, Kellerwald und Waldecker Upland sind deshalb Grundwassermangelgebiete. Ausnahmen machen die oft stark verkarsteten und zu Höhlenbildungen neigenden Massenkalk des Mitteldevons um Limburg, Braunfels, Wetzlar und Adorf (nördlich Korbach) sowie Gebiete intensiver Zerkleinerung des alten Gebirgsrumpfes durch junge Dehnungsbrüche im Einflußbereich benachbarter Senken (STENGEL-RUTKOWSKI 1979). Hierzu sind die Idsteiner Senke, der Goldene Grund, das Limburger Becken und das Lahntal bei Biedenkopf sowie zwischen Gießen und Limburg mit begleitenden Flächen zu rechnen. Die jungen Dehnungsbrüche verlaufen etwa N—S, E—W und als Wiederaufleben der alten Querklüftung NW. An sie sind Grundwasservorkommen etwas höherer Ergiebigkeit als sonst im Rheinischen Schiefergebirge gebunden (STENGEL-RUTKOWSKI 1967).

Da das Rheinische Schiefergebirge ein Erosionsgebiet ist — nur wenige kleine Flächen als intramontane Senken akkumulieren Abtragungsmaterial —, spielen Porengrundwasserleiter keine besondere Rolle.

Die starke morphologische Aufgliederung des Gebirges führt dazu, daß die wenigen Grundwasservorkommen eng begrenzt sind. In der Regel sind die Grenzen der oberirdischen und unterirdischen Einzugsgebiete identisch. Nur im Einflußbereich von Karstgerinnen und jungen Dehnungsbrüchen können die unterirdischen Einzugsgebiete wesentlich größer als die oberirdischen Einzugsgebiete sein.

Große Teile des hessischen Anteils am Rheinischen Schiefergebirge werden heute aus anderen hydrogeologischen Großeinheiten überörtlich versorgt. Am Taunussüdrand werden verhältnismäßig große Grundwassermengen durch mehrere Kilometer lange Stollen aus dem Taunusquarzit der Hauptkammzone (z. B. Wiesbaden, Bad Homburg) gewonnen. Im Lahngebiet zwischen Gießen und Limburg und um Dillenburg spielen Karstgrundwasser aus dem Massenkalk und in den oft sehr großen Grubengebäuden stillgelegter Bergwerke, insbesondere des Roteisensteinbergbaues, sich sammelndes Kluftgrundwasser eine wichtige Rolle. Das Waldecker Upland muß mangels eigener ergiebiger Grundwasservorkommen aus dem Schiefergebirgsvorland (Ense-Scholle bei Korbach) versorgt werden.

Auf hydrogeologische Untereinheiten des Schiefergebirges, die sich aber nicht eindeutig gegeneinander abgrenzen lassen, bezogen, ergeben sich die in Tab. 3 angeführten nutzbaren Grundwasserdargebote (grobe Schätzung aufgrund von Erfahrungen):

Tab. 3. Grundwasserdargebot im Rheinischen Schiefergebirge

Teilgebiet	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Grundwasserneubildung (nutzbarer Anteil)		Nutzbares Dargebot	
		[l/s · km <sup>2</sup> ]	[mm]	[l/s]	[Mio. m <sup>3</sup> /a]
1. Vortaunus	1210	0,5–6 i.M. 1,2	16–189 38	1450	45,7
2. Hochtaunus					
3. Hintertaunus					
4. Lahn-Dill-Gebiet	2740	0,5–4 i.M. 1	16–126 41	3560	112,3
5. Waldecker Upland					
6. Kellerwald	1280	0,3–2 i.M. 1	9 32	1280	40,4

Das Grundwasser des Rheinischen Schiefergebirges steht im Nutzungskonflikt anderer Interessen, z. B.

- Gewinnung von Mineral- und Heilwasser, Schutz derartiger Vorkommen (z. B. Gebiete im Westtaunus, um Selters/Ts., im Löhnberger Becken, entlang des Taunus-Süd-Randes);
- Vorranggebiete für oberflächennahe Lagerstätten (z. B. Quarzit im Taunushauptkamm, Kalkstein der Massenkalkvorkommen, Diabas- und Basaltvorkommen, Grauwacken, Basalt, Quarzkies, Waschkies, Ton).

Wegen der sehr geringen Durchlässigkeit weiter Teile des Rheinischen Schiefergebirges können an manchen Stellen Abfalldeponien angelegt werden, ohne daß ein nachteiliger Einfluß auf nutzbare Grundwasserdarangebote zu besorgen ist. In verstärktem Maße ist hier freilich der Schutz des oberirdischen Abflusses zu beachten.

### 3.3.2 Grundwasserbeschaffenheit

Sehr weiche Wässer finden sich nur in den Hochlagen des Taunushauptkammes und des Rothaargebirges. Mit Annäherung an das Lahntal als Hauptvorfluter nimmt die Härte des Grundwassers zu, wobei in den Schieferfolgen des Westtaunus und den Schiefer-Sandsteinfolgen des Osttaunus weiche Wässer, in weiten Teilen des Lahn-Dillgebietes mittelharte bis etwas harte Wässer vorherrschen. Harte Grundwässer finden sich nur in den Karstsystemen des mitteldevonischen Massenkalkes um Limburg und Wetzlar.

Abweichend greift eine Zone härterer Wässer (als in den benachbarten Höhegebieten) mit dem Limburger Becken und der Idsteiner Senke von NW aus dem Raum Limburg in den Taunus hinein. Hier führt kalkhaltiger Löß vor allem zu einer Aufhärtung des Grundwassers. Weichere Wässer als in der Umgebung zeigen Grundwasservorkommen entlang von Wasserscheiden im Lahn-Dill-Bergland, wie z. B. der Hörre oder im Bereich des Hirzenhainer und Bottenhorner Plateaus.

In reinen Schiefergebieten, aber auch in Schiefer/Sandstein- und Schiefer/Grauwacke-Gebieten ist ein Defizit an gelöstem freiem Sauerstoff im Grundwasser verbreitet. Die Folge sind Eisen- und Manganengehalte im Grundwasser, die nur durch Aufbereitung beseitigt werden

können. Sie kommen vor allem im Taunus sowie am SE-Abfall des Rothaargebirges, aber auch in anderen Gebieten des Schiefergebirges vor. Typisch für diese Wässer ist auch ihre Fähigkeit, die mikrobielle Reduktion der Nitrate bis zum freien Stickstoff zu begünstigen. Mineralwässer kommen als mehr oder weniger warme Na-Cl-Wässer am gesamten Taunus-Südrand vor (Assmannshausen, Geisenheim, Kiedrich, Eltville, Wiesbaden, Bad Soden, Bad Homburg, Bad Nauheim); auch Schlangenbad gehört trotz eines extrem niedrigen Lösungsinhaltes hierzu. Na-Cl-Wässer migrieren entlang einer großen Zerrfuge auch in das Schiefergebirge hinein und beliefern die Vorkommen von Selters/Ts., Löhnberg und Dillenburg-Eibach (STENGEL-RUTKOWSKI 1967). Parallele Vorkommen markieren auch das Salzbödetal und das obere Lahntal bei Dautphe bis Biedenkopf.

Zwar schon vor (östlich) dem Schiefergebirgsrand, aber aus dem Schiefergebirge stammend, liegen die Mineralwasservorkommen von Wetter, Frankenberg/Eder und auch Bergheim/Eder. Es handelt sich um Natriumsulfat-Mineralwässer mit erhöhten Chloridgehalten. Die Sulfatgehalte gehen auf Oxidation von Sulfiden in den Tonschiefern zurück, Natrium auf Lösungen aus dem Nebengestein.

Von hohem therapeutischem Wert sind die Mineral-(Heil-)Wasservorkommen von Bad Wildungen. Dort errechnet sich die mittlere, durch täglichen rd. 640 m<sup>3</sup> Wasser ausgeschüttete Salzfracht (Kochsalz) zu 100 kg (36,5 Tonnen pro Jahr). Das Salz wird vermutlich hier in Bad Wildungen durch in größerer Tiefe aus den Salzlagerstätten Osthessens einsickernde Grundwässer herbeigeführt.

Gasförmige Kohlensäure dringt im Westtaunus (Bad Schwalbach — Aarbergen — Rückershausen), bei Selters/Ts., um Limburg und Löhnberg an die Oberfläche.

### 3.3.3 Verschmutzungsempfindlichkeit

Die Grundwasservorkommen des Rheinischen Schiefergebirges sind grundsätzlich empfindlich gegen Verschmutzung und Belastung mit schädlichen Stoffen, weil in diesem vornehmlichen Erosionsgebiet kaum Deckschichten über den sich zur Oberfläche öffnenden, oft schon in geringer Tiefe sich keilförmig schließenden offenen Klüften ausgebildet sind. Die örtlich noch vorhandene oberflächliche Verlehmung der Klüfte ist kein zuverlässiger Schutz.

Günstigere Bedingungen herrschen in den Akkumulationsgebieten der intramontanen Senken (Idsteiner Senke, Limburger Becken, Usinger Becken) und in den größeren Flußtätern. Hier sind einerseits weniger durchlässige (nicht undurchlässige) Deckschichten vorhanden, andererseits auch höhere Grundwasserstockwerke entwickelt (z. B. Porengrundwasserleiter der Terrassenkiese des Lahntales), die das tiefere Kluftgrundwasser (nicht immer zuverlässig) schützen.

Die günstigsten Verhältnisse herrschen dort, wo der paläozoische Kluft- und Karstgrundwasserleiter durch auflagerndes toniges Tertiär und zudem noch mächtige quartäre Deckschichten überdeckt wird, wie in Teilen des Limburger Beckens und rund um den basaltischen Hochwesterwald.

Starke Verunreinigungsgefährdung ist vor allem entlang der großen Täler von Lahn und Dill und einiger Seitentäler zu erwarten (Akkumulation von eisenschaffender und eisenverarbeitender Industrien).

### 3.4 Basalt des Vogelsberges und Westerwaldes

Geschlossene Basaltgebiete mit einer Gesteinsmächtigkeit, die auch für überörtliche Versorgungen ausreichende Grundwasserdarangebote enthalten, liegen in Hessen nur im Vogelsberg und Westerwald vor.

#### 3.4.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit

##### 3.4.1.1 Vogelsberg

Der Vogelsberg bildet ein kuppenartiges Gebirgsmassiv, dessen höchste Erhebung der exzentrisch im Hohen Vogelsberg (Oberwald) gelegene Taufstein (744 m über NN) ist. Die Ränder des Gebirges liegen zwischen 200 m über NN im W und 400 m über NN im E. Das Massiv wird untergliedert durch zahlreiche stufenförmig angelegte Verebnungsflächen und ein radialstrahlig verlaufendes Talsystem, das zum Rhein und zur Weser hin entwässert.

Der Untergrund wird von einer Folge von vulkanischen Gesteinen tertiären Alters (Miozän) aufgebaut. Das zusammenhängende Vulkan-Gebiet umfaßt eine Fläche von rd. 2100 km<sup>2</sup>. Die Gesteinsserie besteht im wesentlichen aus Basalten und Basaltvarietäten, die meist deckenartig übereinanderlagern. Sie werden örtlich von Förderkanälen, wie Basaltgängen und -stielen, durchschlagen. Der Basaltfolge schalten sich Tuffe und Verlehmungszonen ein; letztere sind sowohl durch oberflächige Verwitterung (fossile Böden) als auch durch autohydrothermale Zersetzung von Basalt- und Tuffmaterial entstanden. Die Vulkanite werden besonders am W- bis N-Rand des Vogelsberges von pleistozänem Lößlehm überlagert. In den Tälern finden sich gewöhnlich kiesige und lehmige Ablagerungen pleistozänen-holozänen Alters, in den Hanglagen Basaltschutt und Verwitterungslehm als Deckschichten. Unter der Basaltserie können tertiäre Tone und Sande, mesozoische oder paläozoische Gesteine anstehen. Diese Gesteine streichen am Vogelsbergtrand an der Oberfläche aus.

Die Unterkante der Basaltfolge ist stufenförmig vom Rande zum Zentrum des Vogelsberges hin eingesenkt. Dieser Abbruch erfolgt vermutlich hauptsächlich an tangential streichenden Störungen. Flexurartige Verbiegungen sind örtlich nicht ausgeschlossen. Eine gleichmäßige Ausbildung dieser Senkungsstruktur wird durch Hochschollen gestört.

In den Basalten fließt das Grundwasser nahezu ausschließlich auf Trennfugen, die beim Abkühlungsprozeß der Laven (Plattung, Säulung) und durch die nachfolgende tektonische Beanspruchung entstanden sind. Die Wasserwegsamkeit ist abhängig von Kluftdichte und Kluftweite. Es kommen im Vogelsberg sowohl kluftarme, meist mächtige und massige Basaltströme und -gänge als auch gut geklüftete, überwiegend geringermächtige Basaltlagen vor. In ausgeprägten tektonischen Störungszonen, wie z. B. in der nördlichen Verlängerung der östlichen Randstörung des Horloff-Grabens am W-Rand des Vogelsberges, sind Klüfte mit einer Klaffweite von mehreren Dezimetern beobachtet worden. Im Mittel liegt der durchflußwirksame Hohlraumgehalt schätzungsweise bei 1 % (WIEGAND 1979). In den Tuffen und Verlehmungszonen sind die Klüfte infolge der Inkompetenz des Materials im allgemeinen mehr oder weniger geschlossen, so daß diese Schichten nur schlecht wasserdurchlässig sind.

Durch zwischengelagerte, schlecht wasserdurchlässige Schichten wird die Basaltfolge in Grundwasserstockwerke mit verschiedenem hydrostatischem Druck untergliedert. Die einzel-

nen Stockwerke stehen über tiefgreifende Störungen und Basaltdurchbrüche mehr oder weniger in hydraulischer Verbindung miteinander. Über dem einheitlich grundwassererfüllten Gebirgskörper sind in den höheren Lagen in der Regel schwebende Grundwasserstockwerke entwickelt. Aus ihnen kann über Störungen und Basaltdurchbrüche Grundwasser in tiefere Stockwerke versickern.

Die unter der Vulkanitserie liegenden Schichten sind meistens schlecht wasserdurchlässig und bilden eine Trennschicht zwischen dem Grundwasser im Basalt und dem Grundwasser mit einem höheren Lösungsgehalt in den Gesteinen des tieferen Untergrundes. Örtlich wird jedoch auch ein Aufstieg von Mineralwasser bis in den Basalt beobachtet (z. B. südwestlich von Nidda).

Die Hauptmenge des sich im Vogelsberg neubildenden Grundwassers versickert bis in die tiefer gelegenen, zusammenhängenden Grundwasserstockwerke. Infolge der tektonisch bedingten Verringerung der Basaltmächtigkeiten in den Randgebieten werden die Durchflußquerschnitte vermindert. Dadurch wird der unterirdische Abfluß des Grundwassers, der zu den Rändern hin erfolgt, gehemmt und tritt in z. T. sehr ergiebigen Quellen aus (Schüttungen zwischen 50 und 300 l/s) (WIEGAND 1979). Örtlich speist aber auch Grundwasser im Bereich der tektonischen Randabbrüche aus dem Basalt in die unterlagernden Gesteine ein und fließt in diesen weiter.

Nach im Jahre 1962 durchgeführten Trockenwetterabflußmessungen errechnet sich für das zusammenhängende Basalt-Gebiet eine Abflußspende von  $3,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (110 mm) (MATTHES 1970). Dieser Trockenwetterabfluß stellt einen unteren Grenzwert für die Grundwasserneubildung im Vogelsberg dar. Aufgrund von Auswertungen der Niedrigwasserabflüsse aus Jahresreihen nach der Methode MoMNQ (WUNDT 1958) wurde z. B. für das Nidda-Niederschlagsgebiet ein mittlerer jährlicher Grundwasserabfluß von  $5,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (174 mm) ermittelt (Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Nidda 1968). Für andere Einzugsgebiete ergaben sich ähnliche Werte. Nach bisherigen Betriebserfahrungen der Wasserwerke entspricht dieser Wert eher der für den Vogelsberg zu veranschlagenden Grundwasserneubildung. Unter Berücksichtigung der Niederschlagsverteilung (1200 mm/a im Hohen Vogelsberg und 600 mm/a am Westrand) sowie der hydrogeologischen Verhältnisse ist jedoch anzunehmen, daß die Grundwasserneubildungsrate im Hohen Vogelsberg größer und am Rande des Vogelsberges kleiner als  $5,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (174 mm) ist (WIEGAND 1979).

Bei Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebotes müssen über das Basalt-Gebiet hinaus noch einige Randgebiete, soweit sie Grundwasserzuflüsse aus dem Basalt-Gebiet erhalten, mit berücksichtigt werden (z. B. das Buntsandstein-Gebiet am Südrand des Vogelsberges). Für das sich unter diesem Gesichtspunkt ergebende Gesamtgebiet von rd. 2590 km<sup>2</sup> wurde ein Niedrigwasserabfluß von rd. 8,5 m<sup>3</sup>/s gemessen. Dies entspricht einer minimalen Grundwasserneubildung von rd. 270 Mio. m<sup>3</sup>/a. Nach den bisherigen Betriebserfahrungen können hiervon 75 %, nämlich rd. 200 Mio. m<sup>3</sup>/a als nutzbar angesehen werden.

Aufgrund der hydrogeologischen und meteorologischen Verhältnisse fällt der höchste Anteil dieses Grundwasserdargebotes im zentralen Bereich des Vogelsberges an. So wurde im zentralen Vogelsberg mit einer Fläche von rd. 1360 km<sup>2</sup> ein Niedrigwasserabfluß von rd. 5,9 m<sup>3</sup>/s gemessen, was einer minimalen Grundwasserneubildung von rd. 186 Mio. m<sup>3</sup>/a entspricht. Das nutzbare Grundwasserdargebot beträgt hier rd. 140 Mio. m<sup>3</sup>/a.

Die Brunnenergiebigkeiten bilden im Vogelsberg in Abhängigkeit von der wechselnden Kluftdichte und Kluftweite sowie je nach Ansatz einer Bohrung in einem schwebenden oder tiefer gelegenen Grundwasserstockwerk ein breites Spektrum von trockenen Bohrungen bis zu sehr leistungsstarken Brunnen mit Förderleistungen von  $> 50 \text{ l/s}$  bei wirtschaftlich vertretbaren Absenkungen. Extreme Brunnenergiebigkeiten bis zu  $700 \text{ l/s}$  treten örtlich beschränkt am Westrand des Vogelsberges auf. Insgesamt betrachtet sind die Brunnenergiebigkeiten im zentralen Teil des Vogelsberges am besten, während sie zu den Rändern hin abnehmen. Im Hohen Vogelsberg sind zu große Bohrtiefen erforderlich, um ergiebigere Brunnen in Hauptgrundwasserstockwerken zu bauen. Außerdem dürfte die Wasserwegsamkeit in diesen Teufen stark vermindert sein.

#### 3.4.1.2 Westerwald

Der basaltische Westerwald und die nicht überall vorhandenen Sedimente im tieferen Teil des Tertiärs umfassen rd.  $172 \text{ km}^2$  hessisches Gebiet und bilden eine Hochfläche mit schwachem Relief um  $550 - 650 \text{ m}$  über NN. Die Niederschlagshöhe ist verhältnismäßig groß (im Mittel  $> 1000 \text{ mm}$ ). Da die Basalte gute Grundwasserleiter darstellen und im Wechsel mit Basaltuffen im wesentlichen als Decken vorkommen, bestehen ideale Bedingungen für die Grundwasserneubildung. Sie beträgt mindestens  $4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  ( $126 \text{ mm}$ ), ist aber wahrscheinlich erheblich höher ( $5 - 6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  oder  $158 - 189 \text{ mm}$ ).

Da die Sohle des basaltischen Grundwasserleiters von  $500 \text{ m}$  über NN im NW (Lahn-Dill-Kreis) auf rd.  $280 \text{ m}$  über NN (Kreis Limburg-Weilburg) fällt, die Westerwaldhochfläche aber nicht im gleichen Maß abfällt, ist zu folgern, daß

- a) die Mächtigkeit des basaltischen Tertiärs von E nach W von etwa  $60 \text{ m}$  auf  $200 - 250 \text{ m}$  zunimmt,
- b) der Grundwasserabfluß des Hochwesterwaldes nach W und SW, d. h. zur Nister (Land Rheinland Pfalz) und zum Elbbachtal hin gerichtet ist.

Geht man von der Grundwasserneubildung von  $4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  ( $126 \text{ mm}$ ) aus, so stehen, ohne den Grundwasservorrat anzugreifen, rd.  $680 \text{ l/s}$  Grundwasser zur Verfügung. Das nutzbare Dargebot dürfte  $50\%$  davon =  $340 \text{ l/s}$  (knapp  $11 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$ ) betragen, kann aber auch aufgrund von Grundwasseranreicherung durch oberirdische Gewässer noch etwas höher sein.

Der WBV Wasserwerke Dillkreis-Süd nutzt einen größeren Anteil des Dargebotes bereits für die öffentliche Wasserversorgung (überörtliche Versorgung). Brunnen haben Ergiebigkeiten von einigen  $\text{l/s}$  am Rand, mehr als  $100 \text{ l/s}$  im Zentrum des basaltischen Westerwaldes (STENDEL-RUTKOWSKI 1980).

Eine größere Bedeutung haben am NE-Rand des Westerwaldes die Stollen ehemaliger Braunkohlengruben im Liegenden des Basaltes, soweit sie zu Trinkwassergewinnungsanlagen ausgebaut worden sind.

### 3.4.2 Grundwasserbeschaffenheit

#### 3.4.2.1 Vogelsberg

Die Basaltwässer des Vogelsberges sind vom Typ eines sehr weichen bis weichen Alkali-hydrogencarbonatwassers nach der Härteskala von KLUT-OLSZEWSKI (1945) mit Gesamthärten zwischen 1 und 8°d. Die Alkalien stammen im wesentlichen aus den Vulkaniten. Weit verbreitet sind auch vorwiegend weiche bis mittelharte Erdalkalihydrogencarbonatwässer mit Gesamthärten zwischen 4 und 12°d. Diese Wässer entstehen wahrscheinlich durch Ionenaustauschvorgänge aus Alkali-hydrogencarbonatwässern und durch Vermischung von Alkali-hydrogencarbonatwässern mit Erdalkalihydrogencarbonatwässern in Gebieten, in denen der Basalt von Löß bedeckt ist. Am SW-Rand des Vogelsberges kommt es dabei zu einem Härteanstieg bis ca. 20°d. Nicht hydrogencarbonatische Anteile sind in der Regel anthropogen.

#### 3.4.2.2 Westerwald

Für die Wässer des basaltischen Westerwaldes gilt dasselbe. Erhöhte Eisen- und Sulfatgehalte können in den Wässern auftreten, die Kontakt mit den Braunkohlen im Liegenden der basaltischen Folge hatten.

### 3.4.3 Verschmutzungsempfindlichkeit

#### 3.4.3.1 Vogelsberg

Infolge der Überlagerung der Basalte mit Lößlehm und Verwitterungslehmen in den Hanglagen sowie mit Schwemmlernen in den Tälern kann in der Regel von einer mittleren Verschmutzungsempfindlichkeit der Grundwasservorkommen ausgegangen werden. Im Hohen Vogelsberg wird die Verschmutzungsempfindlichkeit der Hauptgrundwasserstockwerke aufgrund der Überlagerung durch zahlreiche schwebende Grundwasserstockwerke wesentlich vermindert.

#### 3.4.3.2 Westerwald

Im Durchschnitt kann eine mittlere Verschmutzungsempfindlichkeit angenommen werden, da auf der Westerwaldhochfläche fast überall eine Decke von Lehm und Deckschutt erhalten ist. Eine hohe Verschmutzungsempfindlichkeit muß für den NE-Rand der Basaltdecken über den als Trinkwassergewinnungsanlagen genutzten ehemaligen Braunkohlengruben gelten.

## 3.5 Ostthessisches Buntsandstein-Gebiet

### 3.5.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit

Diese hydrogeologische Großeinheit reicht vom W-Rand des Buntsandsteinspessarts über das mittlere Kinziggebiet, Schlüchterner Becken, Vorderrhön und Hohe Rhön, Fulda-Bergland einschließlich Knüll sowie Richelsdorfer Gebirge, Ringgau und Sontraer Hügelland

bis zum unteren Werra-Tal. Hauptgrundwasserleiter in diesem Gebiet sind die sandig entwickelten Schichtenanteile des Unteren (Gelnhausen- und Salmünster-Folge) und Mittleren Buntsandsteins (Volpriehausen-, Detfurth-, Hardegsen- und Solling-Folge), die zwar entlang der E-Grenze Hessens auf den Erhebungen von Spessart-, Rhön- und Eichsfeldschwelle in ihrer Fazies und Gesamtmächtigkeit (Unterer Buntsandstein ca. 220—250 m, Mittlerer Buntsandstein ca. 210 m), damit auch in ihrer hydrogeologischen Wertigkeit, recht gleichbleibend ausgebildet sind, nach W und NW in Richtung auf die Hessische Senke und zum sogen. Kasseler „Loch“ hin jedoch zunehmend Tonsteineinlagerungen aufweisen. Die Buntsandsteinstufen werden dadurch zwar mächtiger (zwischen Bad Hersfeld und Knüll Unterer Buntsandstein ca. 350 m, Mittlerer Buntsandstein 250—300 m), jedoch verbessert sich nicht die hydraulische Leitfähigkeit dieser Folgen.

Außer den kluftgrundwasserleitenden Sandsteinen des Buntsandsteins erreichen noch Kalksteine mit Kluft- und Karstgrundwasser regional eine gewisse Bedeutung, und zwar Kalksteinschichten des Muschelkalks im NW-Teil des Schlüchterner Beckens, in der N-Rhön (Eiterfelder Mulde) und im Ringgau (TOUSSAINT 1979) sowie solche des Zechsteins im Richelsdorfer Gebirge und an der unteren Werra.

Die Basaltvorkommen des Landrückens (N-Teil Schlüchterner Becken), der Hohen Rhön, des Knülls sowie des Meißners sind nach Mächtigkeit und Ausdehnung für größere Erschließungsmaßnahmen ungeeignet; örtliche Kleingewinnungsanlagen, vorwiegend als Quelfassungen, sind jedoch möglich.

In den Tälern der größeren Vorfluter, wie Kinzig, Fulda, Haune, Ulster und Werra, sind örtlich sandig-kiesige Pleistozänablagerungen bis 10 m und darüber entwickelt, deren Nutzung bei entsprechendem Brunnenausbau die Ergiebigkeiten örtlich deutlich erhöhen. Über diese generell gültigen Gegebenheiten hinaus sind einige örtlich wichtige hydrogeologische Besonderheiten zu erwähnen.

Im Spessart ist am W-Rand eine bis ca. 10 km breite Zone wegen zu geringer Mächtigkeit der Buntsandsteinschichten nur für Kleinerschließungen geeignet, zumal in den unterlagernden Zechsteingesteinen bereits Mineralwasser angetroffen wird. Nach N und E besteht jedoch ein Schichtfallen, so daß dort auch für Tiefbohrungen ausreichende Mächtigkeiten der grundwasserleitenden Sandsteine ( $\geq 200$  m) vorliegen. Wasserwerke für die Stadt Gelnhausen wurden im Gründau- und Gettenbach-Tal sowie für den Wasserverband Kinzig im Bracht-Tal angelegt. Im Mittellauf der Kinzig verhindert der zu beachtende Heilquellenschutz für die Bäder Bad Orb und Bad Soden-Salmünster weitgehend größere Gewinnungsmaßnahmen. Südöstlich des Spessart-Hauptkammes ist jedoch im Jossa-Gebiet ein größeres, bislang ungenutztes Grundwasserdargebot vorhanden (s. 4.8).

Durch die Röt-Überdeckung in der Einmuldung des Schlüchterner Beckens ist das Grundwasser in den unterlagernden Sandsteinen gespannt. Die artesisch auslaufenden Bohrungen haben gute Ergiebigkeiten, doch sind die Zusammenhänge des Grundwasserhaushalts noch weitgehend ungeklärt. Im tieferen Untergrund fließen möglicherweise Ablaugungssolen aus dem Salzhangbereich des Salzvorkommens von Neuhof-Ellers nach SW kinzigabwärts.

Bei Niederschlagshöhen von 700—1000 mm/a, der guten Wasserwegsamkeit der Sandsteinschichten sowie günstigen Durchlässigkeit ihrer sandigen Verwitterungsbildungen sind überdurchschnittliche Grundwasserneubildungsraten im Buntsandsteinspessart zu erwarten.

Niedrigwasserabflußmessungen ergaben an vielen Vorflutern Grundwasserspenden von  $> 51/s \cdot km^2$  ( $> 158$  mm). Unter Berücksichtigung der am W-Rande des Spessarts höher liegenden Grundwassersohlschicht und der daher vermehrten Grundwassereinspeisung in die Vorfluter sowie der durch die Rötüberdeckung im Schlüchterner Becken nur geringen Grundwasserneubildungshöhe kann für das ca.  $839 km^2$  umfassende Trias-Gebiet des Spessarts im Einzugsgebiet der Kinzig eine mittlere Grundwasserneubildung von mind.  $4 l/s \cdot km^2$  (126 mm) angesetzt werden. Unter Ausschluß von rd.  $70 km^2$  als Heilquellenschutzgebiet für die Bäder Bad Soden-Salmünster und Bad Orb errechnet sich das mittlere Grundwasserdargebot zu mind.  $3076 l/s \cong 97,3$  Mio.  $m^3/a$ . Davon dürfte etwa die Hälfte unter wirtschaftlichem Aufwand gewinnbar sein, also mind.  $48$  Mio.  $m^3/a$ . Hinzu kommt südlich der Wasserscheide der Kinzig ein im Jossa-Gebiet gewinnbares Grundwasserdargebot von ca.  $300 - 450 l/s$ , mind. aber  $10$  Mio.  $m^3/a$ .

Bei Erschließungsmaßnahmen ist zu beachten, daß vor allem im Kinzig-Gebiet im tieferen Untergrund (Zechstein- und Rotliegendeschichten) Mineralwässer vorkommen, wie sie z. B. von Bad Orb, Bad Soden-Salmünster und Biebergemünd-Roßbach bekannt sind. Für die Wassergewinnung gelten daher mit zunehmender Tiefe Einschränkungen, da größere Wasserentnahmen das hydrologische Gleichgewicht der geschützten Heilquellen stören und Mineralwässer in die von Süßwasser erfüllten Stockwerke aufsteigen lassen könnten.

Der Spessart ist auf lange Sicht ein Grundwasser-Überschußgebiet, das zur Zusatzversorgung des Rhein-Main-Ballungsraumes genutzt werden könnte (s. 4.8).

Im Buntsandstein-Gebiet der Hohen Rhön, Vorderrhön und des oberen Fulda-Gebietes herrschen ähnliche hydrogeologische Verhältnisse wie im Spessart. Erschließungsaussichten und Brunnenleistungen sind weitgehend vergleichbar, lediglich in der Großenlöderer und Fulda-Weyherer Grabenzone sind sie aufgrund der schluffig-tonigen Gesteinsfolge schlecht. Die kaum durchlässige Grabenfüllung staut aber auch auf der SW-Seite des Großenlöderer Grabens den von SW vom Vogelsberg her kommenden Grundwasserabfluß und auf der NE-Seite des Fuldaer Grabens den Grundwasserabfluß von der Rhön her. In beiden hydrogeologisch begünstigten Positionen stehen Wasserwerke der Stadt Fulda und Nachbargemeinden (SW-Seite: „Vogelsbergwasserwerk“, NE-Seite: Kreisbrunnen Künzell und Industriebrunnen).

Im Gebiet zwischen der Fulda und der Hessischen Tertiärsenke (hydrogeologische Großeinheit 2) ist in der W-Hälfte die Ergiebigkeit von Bohrbrunnen wegen zunehmender Toneinschaltungen in der Sandsteinfolge (Tiefenrinne des Buntsandsteintroges) geringer. Das Karstgrundwasser in den Muschelkalkschichten der Nordrhön ist zwar ergiebig, geohygienisch jedoch stärker gefährdet.

Im Untergrund des oberen Fulda-Gebietes zirkulieren ebenfalls Salzablaugungsolen des Salzvorkommens von Neuhoef-Ellers. Im Rhönvorland, insbesondere im Bereich des Weyherer Grabens, sind einige Kohlensäureaufstiege (Säuerlinge) bekannt.

Das nutzbare Dargebot von Kluftgrundwasser im Mittleren Buntsandstein wird weitgehend durch Brunnen gewonnen. So wird ein Großteil des von der Rhön abfließenden Grundwassers, soweit es nicht durch die beiden Wasserverbände Gruppenwasserwerk „Florenberg“ (Künzell) und „Vorderrhön“ (Dipperz) gefördert wird, von der Fuldaer Industrie entnommen. Die Erschließungsaussichten im Mittleren Buntsandstein der Rhön selbst sind nur gering (rd.  $5 l/s$  / Brunnen), weil hier für Wassergewinnungen nur die tieferen Teile mit höherem An-

teil an Tonsteinen als Grundwasserleiter mit größerem Einzugsgebiet in Frage kommen. Es wird damit gerechnet, daß in der näheren Umgebung von Fulda nur noch etwa 50 — 70 l/s (= 1,6 — 2,2 Mio. m<sup>3</sup>/a) erschlossen werden können.

Weiter nördlich im Gebiet um Hünfeld sieht es ebenfalls wenig günstig aus, wo nur westlich der Haune ein begrenztes Dargebot besteht, das durch das Wasserwerk „Praforst“ und benachbarte Brunnen im wesentlichen ausgeschöpft wird. Östlich im Gebiet der Eiterfelder Mulde werden die Grundwassererschließungen vor allem in den Kalksteinen des Muschelkalkes durch hohe Härten, insbesondere Sulfathärten eingeschränkt. Die noch gewinnbaren Grundwassermengen werden auf 20 — 30 l/s (0,6 — 1,0 Mio. m<sup>3</sup>/a) geschätzt.

Die Buntsandsteinschichten des mittleren Fulda-Berglandes zwischen Nordrhön und Richelsdorfer Gebirge sowie des östlich anschließenden Werra-Kalireviere enthalten mehr Toneinschaltungen und sind daher, mit Ausnahme kluffreicherer Auflockerungszonen an Grabenrändern, am Salzhang sowie im Bereich von Subrosionssenken, weniger ergiebig. Auch im Knüll stellten sich weniger günstige Ergebnisse vornehmlich in den Randbereichen ein.

Für dieses Gebiet relativ ergiebige Grundwasservorkommen südlich von Rotenburg a. d. Fulda und westlich von Bebra sind bereits weitestgehend durch diese beiden Städte erschlossen worden. Zwischen Bad Hersfeld und Bebra sind auf der westlichen Fuldaseite und in dem von W zukommenden Rohrbach-Tal noch ungenutzte, z. T. aber bereits durch Bohrungen explorierte Grundwasservorkommen vorhanden. Das gleiche gilt für das Geisbach-Tal westlich von Bad Hersfeld und den Bereich des Kirchheimer Grabens, wo noch größere Grundwasservorräte für den Raum Bad Hersfeld und eine evtl. notwendig werdende Ersatzwasserbeschaffung für den Ostteil des Kreises Hersfeld-Rotenburg vorhanden sind.

Das Buntsandstein-Gebiet zwischen Fulda bzw. Haune und Werra ist bereits weitgehend ausgeschöpft. Außerdem besteht im Salzhangbereich und an den Rändern größerer Subrosionssenken bei intensiver Zerbrechung des Buntsandstein-Deckgebirges die Gefahr, daß aus dem Zechstein aufsteigende, stärker mineralisierte tiefe Grundwässer angetroffen werden. Einige Grundwasserreserven sind auch noch im Fuldataal südlich von Bad Hersfeld anzunehmen.

Im nördlichen Teil der Kuppenrhön ließe sich der Mittlere Buntsandstein zwar unter Rötüberdeckung durch Tiefbrunnen erschließen, die bisher vorliegenden Erfahrungen haben aber gezeigt, daß die Grundwässer des Mittleren Buntsandsteins durch überharte Zuflüsse aus der gipsführenden Röt-Folge für die Trinkwasserversorgung nicht nutzbar sind.

Im N des Kreises Hersfeld-Rotenburg sind die Erschließungsaussichten im Buntsandstein durch den heterogenen geologischen Aufbau genau wie im Werra-Meißner-Kreis sehr beschränkt. Wie die Ergiebigkeitskarte erkennen läßt, bleiben nur relativ kleine Buntsandsteinareale zwischen den aus verschiedenen geologischen Formationen aufgebauten Komplexen für die Erschließung übrig. Eine weitere Einengung der Erschließungsmöglichkeiten erfolgt dadurch, daß überharte Wässer aus Zechsteinvorkommen oder aus von Röt/Muschelkalk bzw. Keuper aufgebauten Gebieten in den angrenzenden Mittleren Buntsandstein infiltrieren.

Die carbonatischen Gesteine des Zechsteins des Richelsdorfer Gebirges sind sehr grundwasserreich, doch ist eine Verwendung aufgrund der übergroßen Härten und der starken geohygienischen Gefährdung der Karstgrundwasserleiter nicht möglich. Das etwas weiter im E gelegene große Muschelkalkplateau des Ringgaus bildet dagegen z. Zt. noch eine wesentliche

Stütze zur Wasserversorgung dieser Region. Nahezu die gesamte Großscholle wird über die Quellen von Breitau entwässert, deren Wasser der überörtlichen Versorgung dient (TOUSSAINT 1979). Wegen der potentiellen Gefährdung dieses Grundwasservorkommens und der qualitativen Beschaffenheit sind für die Zukunft Ersatzlösungen geplant.

Im Raum Eschwege sind aufsteigende, stärker mineralisierte Tiefenwässer aus dem Zechstein angetroffen worden, so daß aus diesem Grunde die an und für sich günstigen Brunnenleistungen gedrosselt werden mußten. Ein ergiebiges Buntsandstein-Grundwasservorkommen ist im unteren Wehre- bzw. Sontra-Tal und im Hosbach-Tal erbohrt worden. Das hier erschlossene Wasser dient der Versorgung der Städte Sontra und Eschwege.

Im südlichen Meißner-Vorland werden noch einige Grundwasserreserven vermutet, wenn auch die bisher ausgeführten Versuchsbohrungen keine besonders hohen Leistungen erbracht haben.

Gute Brunnenleistungen sind in Buntsandstein-Hochschollen innerhalb des Hessisch Lichtenau — Altmorschener Grabens bei Walburg, Laudenbach und Großalmerode erzielt worden. Da diese Brunnen aber Wässer aus den angrenzenden Grabenbereichen mit Muschelkalk und Keuper beziehen, mußte die Grundwasserförderung aus qualitativen Gründen limitiert werden.

Im Raum Bad Sooden-Allendorf ist nur auf der östlichen Werra-Seite ein kleines Areal vorhanden, in dem Brunnen mit ausreichender Leistung stehen. Der gesamte Schiefergebirgsanteil des Unterwerrasattels und die Zechsteinumrahmung entfallen für eine wirtschaftliche Grundwassererschließung.

Umfangreiche Explorationsmaßnahmen der Stadt Witzenhausen haben begrenzte Grundwasservorräte zwischen Witzenhausen und der Landesgrenze im Buntsandstein erschlossen. Die Muschelkalkvorkommen an der unteren Werra und innerhalb des Leinetalgrabens scheiden dagegen für die Erschließung qualitativ einwandfreien Grundwassers aus.

### 3.5.2 Grundwasserbeschaffenheit

Das Grundwasser in den sandig entwickelten Buntsandsteinschichten des Spessarts ist sehr weich bis weich, da lösungsfähige Mineralien kaum vorhanden sind, und enthält meist aggressive Kohlensäure. Lediglich in den höheren Folgen des Mittleren Buntsandsteins (Hardegsen- und Solling-Folge) ist lagen- oder nesterweise etwas carbonatisches Bindemittel enthalten, so daß aus diesen Schichten weiche oder etwas härtere Wässer gewonnen werden. Gleiches ist bei gebietsweise vorhandener Lößbedeckung oder in einem Saum rings um Flächen möglich, die von Schichten des Muschelkalks überdeckt werden. Wegen bestehender Unsicherheiten in der Verbreitung dieser etwas härteren Grundwässer sind sie in der Übersichtskarte nicht dargestellt.

Wo Oberer Buntsandstein (tonige Röttschichten) und Muschelkalk über den Sandsteinen des Mittleren Buntsandsteins wie im oberen Kinziggebiet (Schlüchterner Becken) vorkommen, ist ein Grundwasserstockwerk mit weicherem Wasser im Mittleren und Unteren Buntsandstein unter einem solchen mit härterem Wasser in den Röt- und Muschelkalkschichten vorhanden.

Sehr weiche Grundwässer treten auch im Gebiet der Hochrhön, in den Buntsandsteinschichten des Staatsforstes Fulda Süd (Giesel) und im Bereich der Schwelle zwischen Fuldaer

und Hersfelder Becken auf. Ansonsten herrschen im Kreis Fulda-Hünfeld weiche Grundwässer vor. Höhere Härten treten nördlich des Nüste-Tales in der Umrandung der Eiterfelder Mulde auf, in der selbst harte, örtlich auch sehr harte Wässer (Sulfathärte) vorkommen. Bei Rasdorf-Grüsselbach wurden bis 948 mg/l Sulfat, bei Tann im Ulster-Tal sogar 1380 mg/l Sulfat im Grundwasser nachgewiesen.

Höhere Härten (Carbonathärten) treten auch im Bereich der Grabenzonen (Rhöngraben, Weyherer Graben, Fuldaer und Großenlüderer Graben) auf.

Chloridisch-sulfatische Wässer kommen im unteren Fliede-Tal bis zum Fulda-Tal bei Fulda vor, ebenso bei Bad Salzschlirf. Schließlich ist auf die Kohlensäuerlinge um Lütter/Weyhers (Gemeinden Eichenzell und Ebersburg) hinzuweisen.

Sehr weiche Wässer kommen im osthessischen Buntsandstein nördlich der Rhön praktisch nicht vor. Auch weiche Wässer sind auf den südlichen Teil Osthessens beschränkt und treten im Kreis Hersfeld-Rotenburg nur untergeordnet im Bereich des Haune-Tals und östlich von Bad Hersfeld auf. Der weitaus überwiegende Teil des im Buntsandstein angetroffenen Grundwassers ist mittelhart bis ziemlich hart.

In Salzhangbereichen des Werra-Tales im Gebiet Heringen und im Gebiet Eschwege sind die Buntsandsteinwässer durch Beimischung aufsteigender tiefer Grundwässer als sehr hart zu bezeichnen. Gebiete, in denen mit dem Aufstieg versalzenen tiefen Grundwassers mit mehr als 250 mg/l Chlorid gerechnet werden muß, liegen zwischen Fulda und Neuhoof, zwischen Bad Hersfeld bzw. Bebra und der Grenze zur DDR sowie im Raum Eschwege und Witzenhausen.

Die Härten der Muschelkalkwässer in den tektonischen Grabenzonen und im Ringgau liegen meist zwischen 18 und 24 °d, während die Wässer der aus Zechstein aufgebauten Gebiete des Richelsdorfer Gebirges und des Fulda-Tales im Gebiet Rotenburg sehr hart sind. Das gleiche gilt für die Zechsteinumrahmung des Unterwerrasattels.

In Gebieten, in denen in der Röt-Folge Gipslager vorkommen, wie in der nördlichen Kuppenrhön und im Raum Eschwege, weist das Grundwasser im unterlagernden Mittleren Buntsandstein sehr hohe Sulfatgehalte und dadurch bedingte große Gesamthärten auf, die es für die Trinkwasserversorgung unbrauchbar machen. Diese harten Wässer infiltrieren auch lateral in den Mittleren Buntsandstein und bilden z. B. eine ausgedehnte Aureole von härteren Wässern um die nördliche Kuppenrhön (HÖLTING & THEWS 1964).

Sehr weiche bis weiche Wässer zirkulieren in dem Deckenbasalt des Hohen Meißners, sofern sie nicht — bei Störung der natürlichen Abflußverhältnisse durch den Bergbau — mit der unterlagernden Braunkohle in Berührung kommen.

Gebietsweise, so im Fulda-Tal nördlich und südlich von Bad Hersfeld, gibt sich der Untere Buntsandstein aufgrund seiner carbonatischen Einlagerungen durch gegenüber dem Mittleren Buntsandstein höhere Gesamthärten zu erkennen.

### 3.5.3 Verschmutzungsempfindlichkeit

Im Spessart ist die Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers trotz der recht guten Durchlässigkeit der Sandsteinschichten wegen der meist beträchtlichen Grundwasserflurabstände — außer in und am Rande der vorflutenden Bäche und Flüsse — und der Reinigungs-

kraft der Schutt- und z. T. Lößlehmbedeckung allgemein als mittel anzusehen. Im Bereich des Schlüchterner Beckens mit mächtiger toniger Rötüberdeckung ist die Verschmutzungsgefährdung des Grundwassers gering. Lediglich das oberflächennah in den verkarsteten Muschelkalkschichten entwickelte Grundwasserstockwerk ist akut gefährdet. Ebenso sind alle Ausstriche carbonatischer Gesteine im Bereich der Rhön, der Grabenzonen im Gebiet um Fulda und der Eiterfelder Mulde stark gefährdet, während in den Beckenlandschaften unter Rötbedeckung eine nur geringe Verschmutzungsgefahr besteht. Verhältnismäßig leicht zu verunreinigen sind auch die Grundwässer in den Buntsandstein-Hochschollen südwestlich und nördlich des Fuldaer Beckens, wo die grundwasserführenden Klüfte von nur dünnen Lößlehm- und Sandüberdeckungen geschützt werden.

Im E und NE des Hessischen Buntsandsteinberglandes kann vorwiegend von einer geringen Verschmutzungsempfindlichkeit in Buntsandstein-Gebieten ausgegangen werden, da dort meist der ton- und schluffsteinreichere Untere Buntsandstein bzw. der unter wenig durchlässigen Wechselfolgen liegende Basissandstein des Mittleren Buntsandsteins Hauptgrundwasserleiter mit geringer Ergiebigkeit ist. Dagegen sind die Verbreitungsgebiete des hauptsächlich carbonatisch und sulfatisch entwickelten Zechsteins um das Baumbacher Hoch, im Richelsdorfer Gebirge und in der Umrahmung des Werra-Grauwackengebirges als sehr verschmutzungsempfindlich zu bezeichnen. Der Zechstein ist meist stark verkarstet, die überlagernden Deckschichten sind geringmächtig oder fehlen völlig. Lediglich die Kerne der tektonischen Hochzonen aus Grauwacken im Werra-Sattel und Rotliegend-Gesteinen im Richelsdorfer Gebirge sind — auch wegen der geringen Grundwasserergiebigkeit — wenig verschmutzungsempfindlich.

Ähnliches wie für die Zechstein-Gebiete gilt auch für den Muschelkalk des Ringgaus, der Gräben von Sontra und Netra, den Hessisch Lichtenau — Altmorschener Graben und seine nördlich des Werra-Grauwackengebirges zum Leinetal-Graben ziehende Verlängerung. Auch hier liegen stark verschmutzungsgefährdete verkarstete Grundwasserleiter unter nur geringmächtigen Deckschichten. Lediglich in zentralen Teilbereichen der Gräben, wo der Karstgrundwasserleiter Muschelkalk von kaum durchlässigen Gesteinen des Keupers überlagert wird, ist die Verschmutzungsempfindlichkeit gering.

In den Randbereichen des Hessisch Lichtenau — Altmorschener Grabens und westlich davon sowie nördlich des Werra-Grauwackengebirges wurden die Buntsandstein-Gebiete aufgrund der größeren Ergiebigkeit in den dort produktiven Schichtfolgen des Mittleren Buntsandsteins als mittel verschmutzungsempfindlich eingestuft.

Dem Hohen Meißner wurde aufgrund der hohen Schüttungen der Grundwassergewinnungsanlagen, die den Basalt entwässern, eine große Verschmutzungsempfindlichkeit zugeordnet.

### 3.6 Tertiär- und Quartärsedimente des Untermain-Gebietes und Rheingaus

#### 3.6.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit

Die Tertiärsedimente erreichen in dem zwischen den altpaläozoischen Hochgebieten des Rheinischen Schiefergebirges (Taunus) im NW und Odenwald — Spessarts im SE gelegenen Senkungsraum des Untermaingebietes bis zu 200 m Mächtigkeit. Die Absenkung und damit die Sedimentmächtigkeit war in Fortsetzung des Oberrheingrabens, nämlich nördlich des Mains bis in die südliche Wetterau hinein, am größten; im östlichen Teilgebiet, der Hanau-Seligenstädter Senke, und im westlichen, dem Rheingau (Teil des Mainzer Beckens), werden dagegen nur bis zu 150 m erreicht. Das auflagernde Quartär ist sonst allgemein geringmächtig (einige Meter); lediglich im Kern der Hanau-Seligenstädter Senke finden sich bis zu 30 m mächtige sandig-kiesige Pleistozänablagerungen. Bis zu 20 m mächtige Sande und Kiese der jüngsten Main- und Rheinterrassen überlagern die tertiären Schichten am Untermain und im Rheingau.

Die älteren Tertiärablagerungen (Oligozän und Miozän) bestehen überwiegend aus Mergeln, Schluffen und Tonen oder tonigen Feinsanden. Sie enthalten kaum Grundwasser und sind für größere Wassererschließungen ungeeignet. Außerdem bilden sie weiträumig die Trennschicht zwischen dem hochmineralisierten tiefen Grundwasser und dem Süßwasser in den jüngeren tertiären Schichten.

Nur vereinzelt enthalten die genannten Tertiärschichten eingeschaltete Sand- oder Kieslagen, Sandstein- oder Kalkbänke. Um Frankfurt am Main und bei Hanau kommen z. T. bereits zersetzte Basaltlagen vor (Untermaintrapp). Örtlich können diese Vorkommen als begrenzte Grundwasserleiter für kleinere Versorgungen interessant sein. Beispielsweise nutzen die Orte Bad Soden a. Ts., Nieder-Höchstadt, Niederhofheim und Schwalbach Kluft- bzw. Karstgrundwasser aus miozänen Kalksteinen. Ebenso erfolgen beträchtliche kommunale und industrielle Entnahmen aus den Kluft- und Karstgrundwasservorkommen der Tertiärschollen am Rhein bei Wiesbaden sowie südlich des Mains von Frankfurt am Main über Offenbach am Main bis Mülheim am Main. Auch die sandig-kiesige Randfazies des marinen Tertiärs, die Vilbeler Sande (Wende Oligozän/Miozän), vor dem Schiefergebirgshorst wie auch die jüngeren pliozänen Sande und Kiese, die vor allem am Taunussüdrand eine größere Mächtigkeit erreichen (z. B. im Hattersheimer Graben), bilden örtlich ergiebige Porengrundwasserleiter, in denen zahlreiche Gewinnungsanlagen stehen (Bad Vilbel, Oberursel, Hofheim a. Ts., Kriftel, Weilbach, Industriebrunnen und Wasserwerke der Stadt Frankfurt am Main, Hattersheim und z. T. Praunheim sowie die tieferen Brunnen der Wasserwerke im Stadtwald: Oberforsthaus, Goldstein, Schwanheim und Hinkelstein) (UDLUFT et al. 1957).

Im Verbreitungsgebiet des Tertiärs der Wetterau, insbesondere in ihrem nördlichen Teil, aber auch im Rheingau sind dagegen aufgrund der schluffig-tonigen Gesteinsausbildung Grundwassererschließungen kaum möglich. Zusätzlich wird die Nutzung des Grundwasserdargebots durch die zahlreichen Mineralwasservorkommen (Heilquellenschutz) stark erschwert.

Im Tertiärgebiet (Mainzer Becken 221 km<sup>2</sup>, Fortsetzung des Oberrheingrabens nördlich des Mains und Wetterau 680 km<sup>2</sup>, hochligendes Tertiär bei Frankfurt am Main 247 km<sup>2</sup>) fallen im langjährigen Mittel je nach Lee- oder Luvlage zu den randlichen Berg- und Hügellandschaften

22681

Stadtplan

L 5316 F-Nost  
L 5314 Wiesbad

L 5316 Frankfurt  
Wst

L 5316 Frankfurt

L 5318 Friedberg

Niederschläge von 550 — 700 mm/a. Die langfristige mittlere Grundwasserneubildung beträgt je nach oberflächennaher Gesteinsdurchlässigkeit  $0,5 - 2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (16 — 63 mm), auf den sandigen Pliozänflächen bis  $4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (126 mm). Das unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten gewinnbare Grundwasserdargebot ist auf 20 — 25 Mio.  $\text{m}^3/\text{a}$  anzusetzen.

Das verfügbare Grundwasserdargebot wird bereits weitestgehend genutzt; allenfalls örtliche kleinere Zusatzerschließungen sind noch möglich. Fremdbezug für den Ballungsraum Untermain ist seit langem erforderlich (Städte Frankfurt am Main, Offenbach am Main und Wiesbaden) und zeigt weiterhin steigende Tendenz.

Die pleistozänen sandig-kiesigen Ablagerungen im zentralen Teil der Hanau-Seligenstädter Senke zwischen Großkrotzenburg — Heusenstamm — Münster — Großostheim sind sehr gute Porengrundwasserleiter und enthalten nur kleinere, unbedeutende Tonlinsen. Der Sporn der Senke südlich Münster, die Reinheimer Bucht, und das Gebiet Hanau — Steinheim bieten durch tonig-schluffige Beimengungen der Sedimente etwas ungünstigere Voraussetzungen.

Im Niederterrassenbereich von Main und Rhein sind die Neubildungsmöglichkeiten sehr gut, doch werden die Gewinnungsmöglichkeiten durch den engen hydraulischen Kontakt mit dem Vorfluter, im Rheingau auch durch die Bebauung der Terrassenablagerungen, beeinträchtigt (Abfluß in den Vorfluter bzw. bei Absenkung Zufluß von dort mit einhergehender Qualitätsverschlechterung).

Die Ergänzung des Grundwasservorrats erfolgt vor allem aus den Niederschlägen, daneben auch aus oberirdischen Gewässern und aus Übertritt von Porengrundwasser aus den tertiären Sedimenten oder Kluftgrundwasser aus dem Paläozoikum (Rüdesheim).

Der Niederterrassenbereich von Rhein und Main kann aus den vorgenannten Gründen für weitere Versorgungsüberlegungen außer Betracht bleiben.

In der  $443 \text{ km}^2$  großen Hanau-Seligenstädter Senke fallen im langjährigen Mittel Niederschläge von 600 — 700 mm/a. Die Grundwasserneubildung dürfte je nach Gesteinsausbildung  $4,5 - 7 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (142 — 221 mm) betragen und ist im Mittel mit ca.  $5,7 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (180 mm) anzusetzen. Der größte Teil ist gewinnbar; das nutzbare Grundwasserdargebot beträgt ca. 70 Mio.  $\text{m}^3/\text{a}$ .

Das verfügbare Dargebot wird weitgehend genutzt, insbesondere zur Versorgung im Untermaingebiet (Stadt und Landkreis Offenbach) und im Rheingau (Oestrich-Winkel, Geisenheim). Zusatzerschließungen sind örtlich noch möglich. Bedarfssteigerungen können langfristig über künstliche Grundwasseranreicherung gedeckt werden; erste Vorhaben befinden sich in der Planung.

### 3.6.2 Grundwasserbeschaffenheit

Das Grundwasser im Tertiärgebiet ist meist etwas hart bis hart. Störende Eisen- und Manganhalte treten insbesondere in fossilen, verlandeten Flußläufen, in Schichten mit Braunkohleneinlagerungen (Wetterau) und in den tieferen Grundwasserstockwerken auf.

In der Hanau-Seligenstädter Senke ist das Grundwasser der pleistozänen Sande und Kiese im zentralen Teil, westlich der Linie Hausen — Zellhausen — Ober-Roden, sehr weich bis weich. Östlich dieser Linie bis zum Main-Tal und in der Gersprenzniederung ist es meist mit-

15918 Fost  
WB  
15918 DA-087

telhart, im Bereich der Altläufe des Mains zwischen Klein-Auheim und Seligenstadt und nördlich des Mains sowie in der Reinheimer Bucht südlich Semd dagegen ziemlich hart bis hart.

Im tieferen Untergrund wohl des gesamten Tertiär-Gebietes zirkulieren Mineralwässer. In der Wetterau und Fortsetzung des Oberrheingrabens nördlich des Mains treten sie auf bei Ober-Hörgern, Münzenberg, Trais-Horloff, Berstadt, Echzell, Wisselsheim, Schwalheim, Staden, Nieder-Rosbach, Nieder-Wöllstadt, Burgholzhausen, Groß-Karben, Bad Vilbel, Frankfurt am Main -Nied und -Sossenheim. Weitere Vorkommen sind an Taunusrandstörungen gebunden, wie z. B. bei Steinfurth, Fauerbach v. d. H., Bad Nauheim, Bad Homburg v. d. H., Kronberg-Kronthal, Bad Soden a. Ts., Weilbach, Wiesbaden, Eltville, Kiedrich, Geisenheim und Assmannshausen. Die Grindbrunnenwässer in den tertiären Gesteinen um Frankfurt am Main dürften neben geringer Mineralwasserbeimengung aus der Tiefe eine weitgehende Überprägung in den tertiären Schichten erfahren haben. Auch die Thermalwässer am Taunussüdrand (Wiesbaden, Kiedrich, Bad Soden a. Ts., Assmannshausen) stellen eine Sonderform — Mischung normalen Mineralwassers mit im Taunus versinkenden, im Gesteinsuntergrund aufgeheizten Süßwassers — dar. Die Kohlensäure wird als Restprodukt eines in größerer Tiefe entgasenden Magmenkörpers oder durch thermische Zersetzung carbonathaltiger Gesteine im Erdmantel freigesetzt und steigt an entsprechend tief reichenden Störungen an die Erdoberfläche, wie viele, sehr stark kohlensäurehaltige Wässer (Säuerlinge) belegen (Bad Nauheim, Staden, Nieder-Rosbach, Karben, Bad Vilbel usw.).

### 3.6.3 Verschmutzungsempfindlichkeit

Die Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers im Tertiär-Gebiet ist bei der vielfach feinkörnig-schluffig-tonigen Gesteinsausbildung überwiegend nur mäßig bis gering, örtlich auch sehr gering (auf der Karte nicht dargestellt). Lediglich in kleineren Arealen mit stärker sandigen Gesteinen, wie z. B. einer Taunusrandfazies bei Burgholzhausen — Rodheim — Rosbach, ist die Verschmutzungsempfindlichkeit höher.

In den gut durchlässigen quartären Ablagerungen ist die Beeinträchtigungsgefahr für das Grundwasser größer. So ist für die Rheingauer Rheinterrasse eine hohe, für die mit mächtigeren pleistozänen Sanden und Kiesen erfüllte Hanau-Seligenstädter Senke eine mittlere Verschmutzungsempfindlichkeit gegeben. Eine Ausnahme macht nur deren S-Spitze, die Reinheimer Bucht mit ihrer mehrere Meter mächtigen Lößüberdeckung, die einen zusätzlichen Schutz gegen Grundwasserverunreinigungen bietet.

Im Gebiet südlich Mülheim/Main stehen in Oberflächennähe verkarstete Tertiärkalksteine an, was zu einer großen Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers führt.

Der Niederterrassenbereich von Main und Rhein hat zwar häufig eine schützende Auenlehmüberdeckung, die örtlich Grundwasserbeeinträchtigungen stark mindert, doch resultiert allgemein aus den im vorfluternahen Bereich geringen Grundwasserflurabständen eine mittlere Verschmutzungsempfindlichkeit.

### 3.7 Kristallin und Rotliegendes in Spessart und Odenwald

#### 3.7.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit

Das kristalline Grundgebirge, das in Spessart (rd. 24 km<sup>2</sup>) und Odenwald (rd. 653 km<sup>2</sup>) zutage tritt, wird von metamorphen und magmatischen Gesteinen gebildet. Die metamorphen Gesteine (Ortho-, Paragneise und Glimmerschiefer des Spessarts, weniger im Odenwald) sind aufgrund ihres hohen Metamorphosegrades, der zu Mineralneubildungen und zur Verheilung bestehender tektonischer Trennfugen führte, genauso wie die kluftarmen magmatischen Gesteine (Granit, Granodiorit, Diorit und Gabbro des Odenwaldes) insgesamt nur schlecht wasserwegsam (UDLUFT et al. 1957). Kluftweite und -dichte nehmen zur Tiefe hin rasch ab und sind ab ca. 50 m u. Gel. bedeutungslos, außer auf kluftreicheren Störungszonen, wo offene Klüfte tiefer hinabreichen.

Im Odenwald sind große Teile des kristallinen Grundgebirges, vor allem die Verbreitungsgebiete von Granodiorit, Diorit und Paragneis, mit einer mehrere Meter mächtigen (meist 10–15 m, örtlich bis 30 m!) Grusschicht bedeckt. Sie entstand durch Verwitterungseinwirkungen in geologischen Zeiträumen und besitzt ein schwammartiges, durchlässiges Gefüge. Das in ihr gespeicherte Porengrundwasser speist viele Quellen im kristallinen Odenwald und verbessert häufig die Ergebnisse von Brunnenbohrungen.

Über dem Kristallin und dessen Verbreitungsgebiet nördlich vorgelagert stehen die Ablagerungen des Rotliegenden in Odenwald (= Sprendlinger Horst mit 234 km<sup>2</sup>) und Spessart (= östliche Wetterau mit 339 km<sup>2</sup>) an. \* Sie bestehen aus Konglomeraten, Arkosesandsteinen, Tonsteinen, untergeordnet Kalksteinen und basischen Eruptivgesteinen (Melaphyr, Porphyrit). Der untere Teil der Schichtenfolge ist grobklastischer ausgebildet als der obere, in dem die Tonsteine überwiegen. Zwischen beide sedimentäre Abfolgen sind die Eruptiva eingeschaltet. Alle Gesteine des Rotliegenden sind Kluftgrundwasserleiter. Da die Sedimentgesteine jedoch viel toniges Bindemittel enthalten, wurden die bei der tektonischen Beanspruchung entstandenen Klüfte häufig wieder durch toniges Material verschmiert. Die Wasserwegsamkeit und der nutzbare Hohlraumgehalt der Rotliegendgesteine sind daher im allgemeinen gering. Dies gilt auch für die Gebiete, in denen das Rotliegende von jüngeren, tertiären und quartären, porengrundwasserführenden Sedimenten bedeckt ist, wie nördlich Sprendlingen in der Neu-Isenburger Quersenke und im Hügelland der Wetterau. Etwas ergiebiger erwiesen sich nur grobklastische Sedimente und auch lokale Melaphyrvorkommen südlich Darmstadt (auf der Karte 1 nicht dargestellt) sowie die Randfazies am Spessart südlich der Kinzig sowie nördlich davon der Bereich des Gründau-Tales.

Die langjährigen mittleren Niederschlagshöhen erreichen im Kristallin des Odenwaldes 700–1100 mm/a, im Spessart 700–1000 mm/a; für die Rotliegendvorkommen beider Gebiete liegen sie zwischen 550 und 700 mm/a. Die Grundwasserneubildung ist im Odenwald-Kristallin je nach Grusauflage mit 1 bis gut 3 l/s · km<sup>2</sup> (32–95 mm) anzusetzen, für den Spessart mit nur 1 l/s · km<sup>2</sup> (32 mm). Für das Rotliegende dürfte sie im Odenwald 1,5 l/s · km<sup>2</sup> (47 mm) und in der östlichen Wetterau ca. 2 l/s · km<sup>2</sup> (63 mm) betragen. Die geringe Wasser-

\* Das kleine Rotliegendvorkommen von Hofheim-Langenhain am S-Rand des Taunus wurde wegen seiner hydrogeologischen Ähnlichkeit zum Schiefergebirge gerechnet.

wegsamkeit wird eine wirtschaftliche Erschließung eines nur kleinen Anteils der Grundwasserneubildungsrate zulassen. Die nutzbaren Dargebote dürften für den Odenwald im Kristallin ca. 10 Mio. m<sup>3</sup>/a betragen, im Rotliegenden ca. 3 Mio. m<sup>3</sup>/a, für den Spessart im Kristallin ca. 0,1 Mio. m<sup>3</sup>/a und im Rotliegenden ca. 8 Mio. m<sup>3</sup>/a. Langfristig ist für diese hydrogeologische Großeinheit Zusatzversorgung aus benachbarten grundwasserreicheren Gebieten — wie teilweise schon vorhanden — unumgänglich.

### 3.7.2 Grundwasserbeschaffenheit

Das Grundwasser der kristallinen Gesteine ist meist weich (4—8°d GH) und enthält aufgrund der wenigen lösungsfähigen Gesteinsbestandteile vielfach freie Kohlensäure. Bei der im Odenwald, vor allem im N-Teil des Kristallingebietes, häufig vorhandenen mehr oder minder starken Lößdecke kann das Grundwasser auch wesentlich härter sein (mittelhart bis hart, bis 24°d GH). Auf der Otzbergspalte bei Pfaffen-Beerfurth treten örtlich stark eisenhaltige Grundwässer auf.

Das Grundwasser in den Rotliegendgebieten ist wegen des verbreiteten geringen Kalkgehaltes in den Gesteinen meist ziemlich hart (12—18°d GH), vereinzelt auch hart.

Im tieferen Untergrund des Wetterauer Rotliegend-Gebietes zirkuliert Mineralwasser. Natürliche Austritte oder erbohrte Mineralwässer sind bekannt von den überwiegend randlich gelegenen Orten Selters, Büdingen, Gelnhausen, Bad Vilbel und Offenbach am Main. Um die Heilquellen nicht zu schädigen und um die Ausbreitung von Salzwässern in das obere, von Süßwasser erfüllte Stockwerk zu verhindern, ist ein ausreichender Abstand zu den Mineralwasseraufstiegsgebieten einzuhalten und nur die Grundwassermenge zu entnehmen, die jährlich im Einzugsgebiet neu gebildet wird.

### 3.7.3 Verschmutzungsempfindlichkeit

In den Kristallingesteinen liegt die Grundwasseroberfläche vielfach mehr als 10 m unter Gelände. Obwohl die Reinigungswirkung im fast feinkornfreien Festgestein schlecht ist, verbessern Hanglehm-, Lößüberdeckung, Grusaufgabe und größerer Grundwasserflurabstand die Verschmutzungsempfindlichkeit doch zumeist auf einen mittleren Wert.

Im Rotliegenden ist die Verschmutzungsempfindlichkeit bei dem hohen Tonanteil allgemein gering.

## 3.8 Quartär des Oberrheingrabens

### 3.8.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit

Diese hydrogeologische Großeinheit ist ein vom Alttertiär bis heute in Absenkung befindlicher Großgraben, der mit bis zu 2500 m mächtigen Lockergesteinen gefüllt ist. Zu dieser Großeinheit gehört der hessische Anteil der Oberrheinebene zwischen Odenwald und Rhein

vom Main an nach S mit Ausnahme der sog. Mainspitze ganz im NW, die als Hochscholle bereits die westliche Grabenschulter bildet.

Orographisch ist im Nordabschnitt des hessischen Oberrheingrabens ein nahezu ebener Westteil mit nur geringem Flurabstand des Grundwassers ( $\pm 2$  m) von einem östlich anschließenden, allmählich ansteigenden Flachland mit großen Grundwasserflurabständen (bis 20 m und mehr) zu unterscheiden. Das westliche Teilgebiet, das sogen. Ried i. e. S., wird von verlandeten Altwässern des Rheins, Neckars und ganz im N auch des Mains durchzogen, das östliche Teilgebiet ist bis zur Grabenrandverwerfung vorwiegend von altpleistozänen Mainsanden und -kiesen, Schuttkegelsedimenten und Ablagerungen der Bergsträßer Pleistozänterrasse bedeckt. Dieses Gebiet ist im N 17 km, bei Darmstadt 6 — 8 km breit und läuft bei Zwingenberg a. d. Bergstraße aus. Von dort bis zur südlichen Landesgrenze liegt vor dem Odenwaldrand das 3 — 4 km breite sogen. Neckarried, ein ebenfalls von verlandeten Altläufen durchzogenes, weitgehend ebenes Schwemmland des Neckars, der im jüngsten Pleistozän und ältesten Holozän dort seinen Lauf nahm. Hieran schließt nach W das sogen. Niederterrassen-Gebiet an, das von pleistozänen sandig-kiesigen Flußablagerungen und von Dünenbildungen eingenommen wird. Diesem wieder vorgelagert ist die ebenflächige und von Altwässern durchzogene Rheinniederung, das o. g. Ried i. e. S.

Der hessische Anteil des Oberrheingrabens umfaßt eine Fläche von 1065 km<sup>2</sup>, wovon jedoch nur gut 1000 km<sup>2</sup> wasserwirtschaftlich nutzbar sind, da im S ein Teilgebiet nach Baden-Württemberg entwässert und im N bei Astheim — Trebur auf einer Fläche von 30 — 35 km<sup>2</sup> versalzenes Grundwasser bis nahe zur Erdoberfläche aufsteigt.

Der Oberrheingraben enthält über den sehr mächtigen, weniger gut durchlässigen tertiären Schichten eine mehrere hundert Meter mächtige sandige bis sandig-kiesige plio-/pleistozäne Lockergesteinsfolge. Vor allem der obere, in den Kaltzeiten des Pleistozäns gebildete sandig-kiesige Teil dieser Ablagerungen ist sehr gut durchlässig und stellt einen ausgezeichneten Porengrundwasserleiter dar. Die Mächtigkeit der pleistozänen Sande und Kiese erreicht im äußersten NE, nördlich der Linie Flörsheim — Mörfelden — Gräfenhausen — Darmstadt-Mitte, i. allg. nur höchstens 30 m, sonst aber durchweg über 100 m und an der südlichen Landesgrenze sogar 250 m. Zum Rhein hin werden die Mächtigkeiten wieder geringer und betragen z. B. auf dem Kühkopf nur ca. 60 m und südlich der Weschnitzmündung ca. 90 m, bei 250 m vor dem Odenwaldrand. Die grundwasserreiche pleistozäne Gesteinsfolge stellt damit eine asymmetrische Muldenfüllung mit einem Verlauf der Muldenachse vor dem Odenwaldrand dar.

In der gut durchlässigen Schichtenfolge sind nur vereinzelt tonige Schichten eingelagert. Sie bilden mehr oder minder große Linsen und trennen örtlich verschiedene Grundwasserstockwerke voneinander, vor allem im S-Teil. Weiträumig bestehen jedoch hydraulische Verbindungen über Verwerfungen und Lücken in den Tonlagen. Auch die unterlagernden Pliozän-Sedimente sind noch vorwiegend sandig entwickelt und gut bis mäßig durchlässig, enthalten aber neben Kies- auch schon stärkere Tonlagen.

Die pleistozänen sandig-kiesigen Lockersedimente haben einen Durchlässigkeitswert  $k_f$  von etwa  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s und einen nutzbaren Hohlraumanteil von 15 — 20 %, d. h. ein Gesteinsvolumen von 5 — 6 m<sup>3</sup> enthält unterhalb des Grundwasserspiegels 1 m<sup>3</sup> Wasser. Bei größeren Grundwasserflurabständen, so vor dem Odenwaldrand und im Entnahmetrichter von Großwasserwerken, bestehen günstige Möglichkeiten zur künstlichen Grundwasseranreicherung.

Das Gefälle der Grundwasseroberfläche liegt bei knapp 1‰ und ist generell nach W zum Hauptvorfluter Rhein hin gerichtet.

Die Grundwasserneubildung setzt sich aus drei Komponenten zusammen: dem versickernden Niederschlagsanteil, natürlichen Bachwasserinfiltrationen sowie unterirdischen Zuflüssen aus dem Odenwald-Randgebirge. Die langjährige Niederschlagshöhe schwankt bei einem Gebietsmittelwert von 660 mm/a zwischen 550 mm/a am Rhein und 750 mm/a am Odenwaldrand; ca. 40 % entfallen auf das Winterhalbjahr. Trotz der nur mäßigen Niederschlagshöhe ist der daraus stammende Neubildungsanteil am bedeutendsten. Aus dem Odenwald treten pro Kilometer Längserstreckung ca. 10–15 l/s Grundwasser über (kaum 10 % der Gesamtneubildungsmenge), und für den gesamten hessischen Oberrheingraben betragen die Zugänge aus versickerndem Bachwasser flächenbezogen ca. 1 l/s · km<sup>2</sup> (rd. 32 mm bzw. < 20 % der Gesamtneubildung). Die langfristige mittlere Grundwasserneubildung schwankt zwischen ca. 5 l/s · km<sup>2</sup> (158 mm) am Rhein und örtlich nahezu 8 l/s · km<sup>2</sup> (252 mm) am Odenwaldrand, der Mittelwert beträgt mind. 6 l/s · km<sup>2</sup> (189 mm), u. U. bis 6,5 l/s · km<sup>2</sup> (205 mm) (SCHMITT 1974, DIEDERICH et al. 1980). Da in dem sehr gut durchlässigen Porengrundwasserleiter der gesamte Neubildungsanteil gewinnbar ist, ergibt sich das langfristig nutzbare Grundwasserdargebot des hessischen Oberrheingrabenanteils zu mind. 190, evtl. 200 Mio. m<sup>3</sup>/a.

Der Oberrheingraben ist ein ausgesprochenes Grundwasser-Überschußgebiet. Neben der örtlichen Versorgung gewinnen Großwasserwerke auch Grundwasser zur Zusatzversorgung der Wassermangelgebiete im Kristallinen Odenwald, des Taunus und des Rhein-Main-Ballungsraumes. Größere zusätzliche Erschließungen sind nicht mehr möglich, dagegen örtlich im kleineren Ausmaß. Durch künstliche Grundwasseranreicherung, die in nahezu gleicher Menge wiedergewonnen werden kann, ergeben sich Möglichkeiten weiterer Dargebotserhöhungen. Im mittleren Hessischen Ried befinden sich die ersten Anlagen hierzu im Bau.

### 3.8.2 Grundwasserbeschaffenheit

Das Grundwasser im Oberrheingraben ist meist mittelhart bis hart (8–24°d GH) und häufig eisenhaltig. In Rheinnähe im Mäanderbereich kommen oberflächennah örtlich auch sehr harte Grundwässer (um 30°d GH) vor. Die Eisengehalte treten besonders in den verlandeten moorigen Altläufen des Neckars und Rheins und im tieferen Untergrund auf. Nur im N ist das Grundwasser in einer Scholle, die von Mönchhof bis Kelsterbach vom S-Rand des Maintales, im S von der Linie Mönchhof – Gundbachmündung in den Schwarzbach – Sprendlingen und im N von der Linie Kelsterbach – Neu-Isenburg umgrenzt wird, weich und eisenfrei.

Mit der Tiefe nimmt auch der Salzgehalt des Grundwassers zu. So liegt z. B. die Salz-/Süßwassergrenze in der Tiefbohrung Worms I etwa 300 m u. Gel., dagegen bei Hähnlein nur ca. 150 m unter Gelände. Wahrscheinlich modifizieren in den tieferen Tertiärschichten nachgewiesene Gas- und Erdöllagerstätten die generell erst 50–100 m tief im Pliozän zu erwartende Salzwasseroberfläche durch lokale Aufdomungen. Im S-Teil kann der Salzgehalt auch von der Ablaugung von Salzlagern herrühren, wie sie z. B. bei Worms in den Schichten des Miozäns erbohrt wurden. Das Salzwasser des tieferen Untergrundes ist ein nahezu reines Natriumchloridwasser mit nur geringem Erdalkaligehalt und charakteristischerweise praktisch ohne Sulfat.

Mineralwässer wurden im Bereich der östlichen Randverwerfung des Oberrheingrabens bei Bensheim und Heppenheim erbohrt und kommen genauso als aufsteigende Tiefenwässer an der westlichen Randverwerfung auf einem größeren Areal zwischen Astheim — Trebur — Geinsheim — Bensheimer Hof in Oberflächennähe vor.

Eine anthropogene Belastung des Grundwassers ist im Unterstrom spät kanalisierter Ortschaften, ehemaliger Rieselfelder westlich Darmstadt (Cl-Gehalte bis 466 mg/l), unterhalb der am Odenwaldabhang gelegenen Weinbaugebiete und unter landwirtschaftlichen Nutzflächen zu verzeichnen. In diesen Bereichen sind z. B. die Chloridgehalte des Grundwassers, die noch Anfang dieses Jahrhunderts < 10 mg/l lagen, auf ein mehrfaches angestiegen.

### 3.8.3 Verschmutzungsempfindlichkeit

Die Verschmutzungsempfindlichkeit gut durchlässiger sandiger Schichten mit vielfach nur geringen Grundwasserflurabständen ist generell hoch. Der überall auch im sandig-kiesigen Grundwasserleiter auftretende, relativ hohe Feinkornanteil (Schluff/Ton) von 10 — 15 % bietet jedoch einen gewissen Schutz und kann bei örtlich mächtigerer Auenlehm-, Lößlehm- bzw. Hanglehmüberdeckung oder bei größeren Grundwasserflurabständen zu einer weiteren Minderung der Verschmutzungsempfindlichkeit führen. Diese häufig jedoch nur örtlich ausgebildeten geringeren Gefährdungsstufen für das Grundwasser ließen sich auf einer Übersichtskarte nicht aushalten. Flächenhaft deutlich weniger gefährdet, insbesondere auch aufgrund der nur unbedeutenden Dargebotsmenge, ist das Grundwasser auf den randlichen Staffelflurabschollen mit hochliegendem Tertiär nördlich Darmstadt.

## 3.9 Buntsandstein des Odenwaldes

### 3.9.1 Geologie, Hydrogeologie und Grundwasserergiebigkeit

Die von Buntsandsteingesteinen bedeckte Fläche des Odenwaldes umfaßt 669 km<sup>2</sup> unter Einschluß des schmalen westlich vorgelagerten und hydrogeologisch nicht eigenständigen Zechsteinbandes sowie der wenigen Muschelkalkschollen im Zentrum des Michelstädter Grabens.

Aufbau, Gesteinsausbildung und Mächtigkeit der Buntsandsteinschichten unterscheiden sich durch den dem Liefergebiet wesentlich nähergelegenen Sedimentationsraum deutlich von denen der ost- und nordhessischen Buntsandstein-Gebiete. Allgemein nimmt in der gesamten Schichtenfolge, auch in der ab dem Spessart nach N zu stockwerkstrennend wirkenden einleitenden Bröckelschiefer-Folge sowie der in gleicher Weise abschließenden Röt-Folge, die Häufigkeit der Tonlagen und der Tonanteil in den Sandsteinen merklich ab sowie die Korngröße der Sandsteine zu.

Bröckelschiefer- und unterer Teil der Röt-Folge verändern sich faziell zu Schluff- bis Feinsandstein, können aber im hessischen Anteil des Buntsandstein-Odenwaldes noch weitgehend als undurchlässig gelten. In den übrigen Buntsandsteinschichten liegt der Anteil der

Ton-/Schluffsteineinschaltungen stets  $< 10 \%$ , und das Bindemittel der Sandsteine ist vorwiegend kieselig.

Im W stehen in einem um 10 km breiten Streifen die bis 250 m mächtigen Schichten des Unteren Buntsandsteins an, nach E folgen die etwas gröberen und festeren, kaum 200 m mächtigen Schichten des Mittleren Buntsandsteins, während die ca. 90 m erreichenden feinkörnig bis schluffig-tonigen Rötschichten nur in Grabeneinbrüchen (Michelstädter Graben) oder als unvollständige Streifen und Kappen auf den Hochflächen im E vorliegen. In den sandigen Schichten des Unteren und Mittleren Buntsandsteins bewegt sich das Wasser hauptsächlich auf Kluft-, Schicht- und Bankungsfugen und nur in einzelnen grobkörnigen bindemittelarmen Lagen untergeordnet auch im Porenraum. Die Sandsteine sind im allgemeinen gut wasserwegsam, zwischengeschaltete Ton-/Schluffsteinlagen und die Feinsand- bis Schluffsteine des Röts sind dagegen nur wenig durchlässig. Die Einschaltung tonsteinreicherer Partien in der Sandsteinfolge bewirkt örtlich eine Unterteilung der Buntsandsteinschichten in mehrere, häufig allerdings nicht scharf getrennte Grundwasserstockwerke. So sind oberhalb des Vorflutniveaus nicht selten schwebende Grundwasserstockwerke entwickelt, die zahlreiche Schichtquellen speisen. Insgesamt aber stellen die sandig entwickelten Schichtenteile des Buntsandsteins einen ausgezeichneten Grundwasserleiter dar, aus dem sich beachtliche Wassermengen gewinnen lassen. Voraussetzung dafür ist jedoch sowohl die Beachtung der stratigraphischen als auch tektonisch-strukturellen Position einer Bohrung.

So ist z. B. beim Ansatz einer Bohrung in einer stratigraphischen Position mit nur noch  $< 50$  m Sandstein unter Vorflutniveau eine Ergiebigkeit von fast  $10 \text{ l/s}$  als Erfolg zu werten. Bei Buntsandsteinmächtigkeiten  $> 100$  m unter Vorflutniveau werden dagegen, namentlich in Störungszonen, Leistungen von oft erheblich  $> 10 \text{ l/s}$  erreicht.

Ausschlaggebend ist zusätzlich die strukturelle Position. Im durch die Begleittektonik bei der Entstehung des Michelstädter Grabens recht gleichmäßig beanspruchten nördlichen Buntsandstein-Odenwald werden die vorgenannten Brunnenleistungen i. d. R. erreicht, nicht aber in dem südlich der Wasserscheide von Beerfelden ab zum Neckar entwässernden, offensichtlich durch Grabenbrüche (= Zerrtektonik) nicht so aufgelockerten und mehr in großflächige, wenig intensiv geklüftete Bruchschollen zerlegten Gebietsanteil.

Unter Beachtung der langfristigen mittleren Niederschläge, die im Odenwald von N nach S von 700 bis auf 1100 mm/a zunehmen, ist die mittlere Grundwasserneubildung in dem weniger ergiebigen W-Teil mit vornehmlich geringer mächtigem Buntsandstein auf fast  $31 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (95 mm) anzusetzen, in dem E-Teil mit mächtiger sandiger Schichtenfolge auch unter Vorflutniveau dagegen auf knapp  $4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  (126 mm). Bei einer möglichen Gewinnung von allerdings nicht einmal der Hälfte der Neubildungsmenge ist das nutzbare Dargebot auf ca. 25 Mio.  $\text{m}^3/\text{a}$  anzusetzen.

Die Eigenversorgung der Gemeinden dieser hydrogeologischen Großeinheit ist auf lange Sicht voll gesichert. Größere Dargebotsmengen stehen zur Fremdversorgung von Grundwassermangelgebieten zur Verfügung, doch wird der Erschließungsaufwand nicht unbeträchtlich sein. Günstige Voraussetzungen sind in den nach N zum Main entwässernden Tälern nahe der Landesgrenze sowie in den von E in den Michelstädter Graben einmündenden Seitenbächen gegeben. Das Heilquellenschutzgebiet von Bad König ist zu beachten. Durch Hochwasserrückhaltebecken und kleinere Stauanlagen in den Bachoberläufen ließe sich das Dargebot noch erhöhen.

### 3.9.2 Grundwasserbeschaffenheit

Das Grundwasser in den sandigen Schichten des Buntsandsteins ist überwiegend weich bis sehr weich, besonders in größeren Waldgebieten, in denen noch keinerlei anthropogene Aufhärtungen eingetreten sind. Die Rötgesteine, deren Ablagerung bei salinarähnlicher Fazies erfolgte, enthalten ein ziemlich hartes bis hartes Grundwasser (um 18°d GH) mit meist deutlich erhöhtem Sulfatgehalt. Das Muschelkalkwasser zeigt eine ähnliche Härte bei allerdings höherer Carbonathärte als das Rötwasser. Im Michelstädter Graben ist unter einem oberen, ziemlich harten Grundwasserstockwerk (Muschelkalk- und Rötschichten) ein tieferes mit weichem Grundwasser in den Sandsteinfolgen des Mittleren und Unteren Buntsandsteins entwickelt.

Nur bei Bad König tritt im hessischen Buntsandstein-Odenwald Mineralwasser zutage. Es sind sogen. Stahlwässer vom Calcium-Kalium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Typ mit erstaunlich hohen Gehalten an Kalium und Mangan sowie freier Kohlensäure bis zu einigen hundert Milligramm. Die Genese ist trotz vielfacher Diskussion und Hypothesen bis heute unsicher.

### 3.9.3 Verschmutzungsempfindlichkeit

Die Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers ist in den feinkörnigen sandigen Schichten des Unteren Buntsandsteins mit häufig auch noch merklichem Tonanteil und größerem Grundwasserflurabstand allgemein als gering anzusehen. Sie erhöht sich in den mehr kieselig gebundenen Sandsteinen des Mittleren Buntsandsteins auf die mittlere Stufe, wofür nach Niederschlägen eintrübende und bakteriell häufiger verunreinigte Quellen Beleg sind. Das obere Grundwasserstockwerk der verkarsteten Muschelkalkgesteine im Michelstädter Graben ist durch Verunreinigung stark gefährdet.

## 4 Grundwasser-Überschußgebiete in Hessen

Die Beurteilung der angeführten Grundwasser-Überschußgebiete erfolgt nach rein hydrogeologischen Gesichtspunkten. Die genannten Überschußgebiete sind daher keinesfalls als wasserwirtschaftliche Planvorhaben anzusehen, für die naturgemäß weitere, z. T. einschränkende Sachargumente zu beachten sind.

Nach dem derzeitigen hydrogeologischen Kenntnisstand sind für größere überregionale Erschließungsmaßnahmen die nachfolgend aufgeführten neun Grundwasser-Überschußgebiete weitestgehend geeignet. Neben diesen Überschußgebieten mit einem bislang ungenutzten Grundwasserdargebot von 100 bis ca. 600 l/s gibt es in Hessen — insbesondere im weniger bevölkerungsreichen Nordhessen — noch eine ganze Anzahl potentieller Gewinnungsgebiete mit einem Grundwasserdargebot bis zu ca. 0,5 Mio. m<sup>3</sup>/a, die zumal für ländliche Versorgungsgebiete eine Bedarfsdeckung bis zum Jahre 2000 gewährleisten. Auf sie wird in Zukunft nicht zu verzichten sein; doch müssen sie den örtlichen und regionalen Eigenentwicklungen des Wasserbedarfs vorbehalten bleiben. Die nachfolgend beschriebenen und auf Abb. 2 wiedergegebenen Überschußgebiete, für die noch Erkundungsmaßnahmen erforderlich sind und im Falle

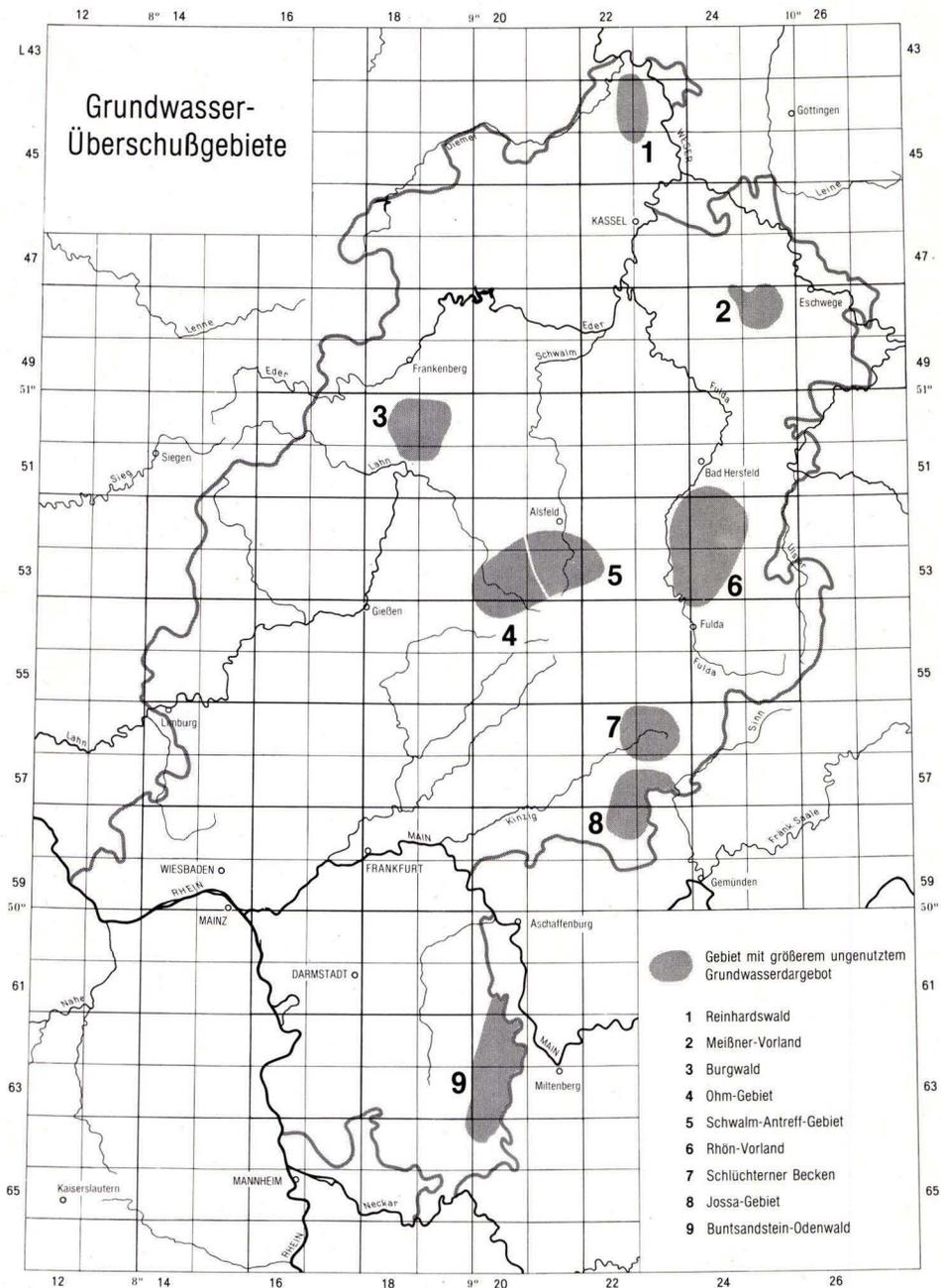


Abb. 2

von Erschließungen mit Schwierigkeiten oder ökologische Bedenken zu rechnen ist, können dagegen über Fernleitungen in allen hessischen Ballungsräumen und Wassermangelgebieten die Bedarfsdeckung bis über das Jahr 2000 hinaus sicherstellen.

#### 4.1 Reinhardswald

In der N-Hälfte des Reinhardswaldes und insbesondere in dessen W-Teil bestehen wegen der überwiegend sandigen Ausbildung der höheren Folgen des Mittleren Buntsandsteins die besten Erschließungsaussichten (s. 3.1.1.2). Ein nutzbares Dargebot von bis zu einigen hundert Litern pro Sekunde (7 — 8 Mio. m<sup>3</sup>/a) ist wahrscheinlich. Zum Nachweis der besten Erschließungsgebiete wären jedoch noch mehrjährige Abflußmessungen an Oberflächengewässern (Schreibpegel) erforderlich. Die Entfernung zu Versorgungszentren führt zu der Beurteilung, daß der Reinhardswald vorläufig als Grundwasser-Reservefläche anzusehen ist.

In den bisherigen Planungen ist langfristig ein erheblicher Anteil des nutzbaren Grundwasserdargebotes für die Versorgung des Raumes Kassel vorgesehen. Die Städtischen Werke AG Kassel führten bereits mehrere Versuchsbohrungen aus.

Von ökologischen Auswirkungen der Grundwasserentnahme sind bei den überwiegend großen Flurabständen der Grundwasseroberfläche allenfalls kleinere Flächen betroffen.

#### 4.2 Meißner-Vorland

Im Buntsandsteingebiet des südlichen Meißner-Vorlandes erscheint ein gewinnbares Dargebot von ca. 100 l/s (3,2 Mio. m<sup>3</sup>/a) möglich. Zum Nachweis sind 5 — 6 Erkundungsbohrungen bis 200 m Tiefe mit Pumpversuchen notwendig. Vorrangige Abnehmer wären wegen der bislang unzureichenden Versorgung die Gebiete um Eschwege und Hessisch Lichtenau.

Obwohl die meisten Biotope wahrscheinlich stark niederschlagsabhängig sind, könnten sich ökologische Bedenken und Vorbehalte für einzelne Bohrpunkte und deren nähere Umgebung ergeben. Nähere Präzisierungen geplanter Grundwasserentnahmestellen und -tiefen sind vorab erforderlich.

#### 4.3 Burgwald

Im Buntsandstein-Gebiet des Burgwaldes zwischen Wetschaft- und Wohra-Tal wird das bislang ungenutzte Grundwasserdargebot auf ca. 350 — 400 l/s (11 — 12,6 Mio. m<sup>3</sup>/a) geschätzt. Ungeklärt ist bislang vor allem das Ausmaß der Gebirgsdurchlässigkeit und die Höhe der jährlichen Grundwasserschwankungen. Hierzu müßten außer den schon gebohrten Versuchsbrunnen und Grundwasserstandsmeßstellen weitere drei Brunnen mit jeweils 2 — 3 Grundwasserstandsmeßstellen bei Teufen zwischen 50 und 150 m gebohrt werden. Abnehmer wären vornehmlich die Gemeinden im nördlichen Teil des Schiefergebirges, besonders der Altkreis Biedenkopf.

Mit Widerstand der bereits bestehenden „Bürgerinitiative zur Rettung des Burgwaldes“ ist zu rechnen.

Aus ökologischen Gründen wird der Burgwald wegen seines geschlossenen Waldgebietes mit eingeschlossenen Feuchtbiotopen — somit als Ganzes von hohem Wert für den Arten- und Biotopschutz — als Grundwassergewinnungsgebiet abgelehnt. Daran dürfte auch eine ins einzelne gehende Analyse des Gebietes aus ökologischer Sicht kaum etwas ändern, da das Burgwald-Gebiet schon jetzt als „umweltempfindlicher Raum“ qualifiziert ist, obwohl nur einzelne Talabschnitte („Franzosenwiesen“) ökologisch möglicherweise durch Grundwasserentnahmen beeinflusst werden.

#### 4.4 Ohm-Gebiet

Im Einzugsgebiet der Ohm liegen die durch die OVAG, Friedberg, erschlossenen Gewinnungsgebiete Merlau, Groß-Eichen, Ober-Ohmen und Groß-Felda. Die Brunnen stehen in Basalten und sind zwischen 60,30 und 115 m tief. Als gewinnbares Dargebot werden bis zu 700 l/s (rd. 22 Mio. m<sup>3</sup>/a) veranschlagt. Durch eine Dauerförderung wird diese prognostizierte Wassermenge noch bestätigt werden müssen. Kurzfristige Pumpversuche sind durchgeführt worden. Ein Beweissicherungsverfahren ist angelaufen. Zur Zeit sind die Förderung und die Anbindung dieser Entnahmegebiete an das überörtliche Versorgungsnetz durch zahlreiche Einsprüche gegen die Wasserentnahme blockiert.

#### 4.5 Schwalm-Antreff-Gebiet

In den Tälern der Schwalm und der Antreff liegen die drei ergiebigen Quellgebiete von Stordorf, Wallenrod und Ober-Breidenbach (letzteres teilweise von der Stadt Alsfeld genutzt). Der basaltische Kluftgrundwasserleiter erreicht hier Mächtigkeiten von 100 — 200 m. Über das tiefere Grundwasserstockwerk bestehen kaum Kenntnisse. Nach vorliegenden, jedoch nicht langfristig gesicherten Abflußmessungen kann für überörtliche Wasserversorgungen mit einem zusätzlich gewinnbaren Dargebot von wenigstens 350 l/s (rd. 11 Mio. m<sup>3</sup>/a) gerechnet werden. Zur Sicherung des gewinnbaren Dargebots sind 3 — 5 Erkundungsbohrungen von 200 m Tiefe mit Pumpversuchen sowie einige Grundwasserstandsmeßstellen erforderlich.

Die Frage des Abnehmergebietes und der Zuleitungszuführung werden zu klären sein. Naheliegend wäre außer der Deckung des örtlichen Bedarfs eine Versorgung des Rhein-Main-Gebietes über die OVAG-Fernleitung. Bei den schon bestehenden Protestbewegungen der Bevölkerung im Vogelsberg-Kreis gegen Grundwassergewinnungsmaßnahmen muß voraussichtlich mit weiterem Widerstand gerechnet werden.

Ökologische Bedenken und Vorbehalte können ohne nähere Präzisierung der Grundwasserentnahmestellen und -tiefen derzeit noch nicht begründet geäußert werden.

#### 4.6 Rhönvorland östlich der Fulda

Im Buntsandstein-Gebiet zwischen Nieder-Aula/Eiterfeld und Fulda wird bislang relativ wenig Grundwasser entnommen. Ein größeres ungenutztes Dargebot ( $500 - 700 \text{ l/s} = 15 - 22 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$ ) wird aufgrund der bekannten Grundwasserneubildungsraten in anderen Buntsandsteingebieten vermutet, jedoch fehlt wegen der unzulänglichen Dichte der Abflußpegel an Oberflächengewässern ein hinreichend gesicherter Nachweis. Vor dem Ansatz von Erkundungsbohrungen müßten 5 — 6 selbstschreibende Abflußpegel an Oberflächengewässern eingerichtet und durch Auswertung von drei- bis fünfjährigen Abflußganglinien besonders grundwasserergiebigste Teilgebiete ermittelt werden. Eine genauere Beurteilung der Erschließungsaussichten kann erst nach mehrjährigen Messungen erfolgen. Als Abnehmer sind der südliche Teil des Kreises Hersfeld-Rotenburg und der Großraum Fulda zu sehen.

Ökologische Bedenken oder Vorbehalte gegen eine Grundwassererschließung dürften weniger ins Gewicht fallen, da ein hoher klimatischer Niederschlags- und Bodenwasserüberschuß besteht und die Grundwasserentnahme deshalb kaum Anlaß zur Befürchtung des Trockenfallens von Hangquellen und Gewässern gibt. Dazu sind allerdings noch Detailuntersuchungen erforderlich.

#### 4.7 Schlüchterner Becken

Im Schlüchterner Raum sind durch die Einmuldung der schluffig-tonigen Gesteine des Oberen Buntsandsteins die grundwasserwegsam Sandsteine des Mittleren Buntsandsteins rd. 100 — 120 m u. Gel. geologisch abgesenkt. Das Grundwasser ist dort gespannt und tritt aus Bohrungen artesisch unter großem Druck und mit hoher Ergiebigkeit aus. Die Grundwasserneubildung ist jedoch im Bereich des Schlüchterner Beckens selbst wegen der dort vorhandenen, rd. 100 m mächtigen, wenig durchlässigen schluffig-tonigen Gesteine sehr gering; sie erfolgt vornehmlich von den Rändern, bevorzugt von NW, vom Vogelsberg, und von SE, vom Spessart, her, da nach NE die Fliede und nach SW die Kinzig vorflutend wirken.

Ein Eingriff in das geohydraulisch empfindliche System eines gespannten Grundwasserleiters ist hydrogeologisch ohne gesicherte Erkenntnisse über die randlichen Grundwasserzuflüsse nicht vertretbar, zumal ein wesentlicher Teil der Grundwasserneubildung dieses Gebietes besser und risikoloser in dem unter Punkt 4.8 behandelten Gebiet gewonnen werden kann. Außerdem erfolgen im tiefen Untergrund des Nordwestteils des Schlüchterner Beckens Salz- wasserabflüsse aus dem Fulda-Kalirevier (Neuhof) in Richtung Bad Soden-Salmünster, Bad Orb, Gelnhausen bis Selters und Bad Salzhausen. Außer örtlichen Neugewinnungen sollte daher eine Großerschließung erst erwogen werden, wenn solche in den Neubildungsgebieten im NW und SE des Schlüchterner Beckens erfolgt sind.

Ökologisch ist das Gebiet durch bereits bestehende Trinkwassergewinnungsanlagen in zahlreichen Tälern hinsichtlich verminderter Niedrigwasserführung der Gewässer z. T. vorbelastet; weitere Entnahmen würden sich mit Sicherheit ökologisch nachteilig auswirken.

#### 4.8 Jossa-Gebiet

Der hessische Buntsandstein-Spessart und vornehmlich das Jossa-Gebiet sind seit mehreren Jahren als mögliche Grundwassergewinnungsgebiete vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung genannt worden. Nach bislang mehr durch Einzel- als durch langjährige Abflußmessungen belegten Werten kann das gewinnbare Dargebot im Jossa-Einzugsgebiet bis zu 450 l/s (14 Mio. m<sup>3</sup>/a) betragen. Die bisherigen Annahmen müssen noch durch mehrjährige Aufzeichnungen an 5 — 6 Schreibpegeln an Oberflächengewässern und durch Quellschüttungsganglinien an einigen Meßquellen bestätigt werden. Erst danach können Erkundungsbohrungen angesetzt werden, da sonst zu erwartenden Einsprüchen des bayerischen Nachbarlandes nicht mit beweiskräftigen Erkenntnissen entgegnet werden kann.

Abnehmer für spätere Erschließungsmengen wäre über die Kinzig-Fernwasserleitung der Rhein-Main-Ballungsraum.

Die möglichen ökologischen Auswirkungen von Grundwasserentnahmen in diesem Gebiet dürften sich auf die Unterhänge bzw. Unterhangquellen und die Talböden beschränken, in diesem Bereich aber durch flankierende Maßnahmen (Überleitungen usw.) weitgehend ausgleichbar sein.

#### 4.9 Buntsandstein-Odenwald

Im Buntsandstein-Odenwald vornehmlich östlich der Mümling stehen mächtige wasserwegsame Sandsteinschichten an, in denen ein größeres ungenutztes Grundwasserdargebot vermutet wird (ca. 600 l/s = 19 Mio. m<sup>3</sup>/a). Außer einigen nur schwer zu korrelierenden Einzelabflußmessungen liegen noch wenige Informationen vor. Vorrangig sind die Installation einiger Schreibpegel an Mümlingzuflüssen, die Aufzeichnung von Quellschüttungsganglinien sowie die Einrichtung einiger Grundwasserstandsmeßstellen zur Erkundung der Grundwasserspiegelschwankungen und der Gebirgsdurchlässigkeiten.

Vor weiteren Maßnahmen wird eine mehrjährige Beobachtungsphase einzuhalten sein, da bisherige Erschließungsbohrungen im Buntsandstein des Odenwaldes wiederholt nicht die erwartete Ergiebigkeit erbrachten. Die Gründe hierfür sind bisher unzulänglich bekannt. Als Abnehmer kämen die Gemeinden des südlichen hessischen Odenwaldes in Betracht, die teilweise unterversorgt sind. Bei einem nachgewiesenen größeren nutzbaren Dargebot ist eine Ableitung in den Raum Darmstadt, Offenbach-Stadt und -Land o. ä. zu erwägen.

In ökologischer Hinsicht wird, abgesehen von punktuellen Auswirkungen auf einzelne, hier allerdings seltene Feuchtbiotope, keine wesentlich nachteilige Beeinflussung des Gebietes zu befürchten sein.

## 5 Schriftenverzeichnis

- BANGERT, V., DIEDERICH, G., & JOACHIM, H., (1979): Der Oberrheingraben zwischen Basel und Frankfurt. — Hydrol. Atlas BRD, Textband: 203—216, 5 Abb.; Boppard (H. Boldt-Verl.).
- DIEDERICH, G., FRINGS, H., HEITEL, H., HEYL, K. E., HOLDERMANN, D., HUPPMANN, O., JOACHIM, H., OLSCHOCK, W.-J., TOUSSAINT, B., VILLINGER, E., VOIGT, H., & WÖRNER, U. (1980): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum — Analyse des Ist-Zustandes. — 71 S., 12 Abb., 10 Tab., 14 Anl.; Stuttgart — Wiesbaden — Mainz.
- & HÖLTING, B. (1980): Grundwasserdargebot in Hessen. — Geol. Jb. Hessen, 108: 197—202, 1 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- ENGEL, F., & HÖLTING, B. (1970): Die geologischen und hydrologischen Verhältnisse und die Erschließung des Grundwassers der Wasserwerke Stadt Allendorf und Wohratal (Ldkrs. Marburg). — Wasser u. Boden, 22 (5): 105—111, 8 Abb.; Hamburg.
- FINKENWIRTH, A. (1970): Hydrogeologische Neuerkenntnisse in Nordhessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 98: 212—233, 1 Abb., 8 Tab., 2 Taf.; Wiesbaden.
- HÖLTING, B. (1969): Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 97: 333—351, 12 Abb.; Wiesbaden.
- (1978): Ergebnisse hydrogeologischer Untersuchungen in der Ense-Scholle südwestlich der Stadt Korbach / Kreis Waldeck-Frankenberg (Hessen). — Geol. Jb. Hessen, 106: 423—432, 2 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- (1979): Die Buntsandsteingebiete des hessischen Berglandes. — Hydrol. Atlas BRD, Textband: 199—203, 3 Abb., 1 Tab.; Boppard (H. Boldt-Verl.).
- & THEWS, J.-D. (1964): Grundwasserbeschaffenheit. — Wasserwirtsch. Rahmenplan Fulda: E 93—95, K 49; Wiesbaden (Hess. Minist. Landwirtschaft. Forsten, Abt. Wasserwirtsch.).
- Klima-Atlas von Hessen (1950): Hrsg.: Deutscher Wetterdienst, 75 Kt., 9 Diagr., 20 S. Erl.; Bad Kissingen.
- KLUT [HARTWIG]-(WOLF) OLSZEWSKI (1945): Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle, seine Beurteilung und Aufbereitung. — 9. Aufl., Hrsg. W. OLSZEWSKI 281 S., 10 Abb.; Berlin (Springer).
- MATTHESS, G. (1964): Niedrigwasserabfluß und Grundwasserneubildung. — Wasserwirtsch. Rahmenplan Fulda: E 84—90, T 66—69, K 47; Wiesbaden (Hess. Minist. Landwirtschaft. Forsten, Abt. Wasserwirtsch.).
- (1967): Die hydrogeologischen Verhältnisse im Gebiet des Sonderplanes Wasserversorgung Rhein-Main. — Sonderplan Wasserversorgung Rhein-Main, Tl. I: 32—49, 1 Tab.; Wiesbaden (Hess. Minist. Landwirtschaft. Forsten).
- (1970): Beziehungen zwischen geologischem Bau und Grundwasserbewegung in Festgesteinen. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., 58, 105 S., 20 Abb., 18 Tab., 4 Taf.; Wiesbaden.
- NÖRING, F. (1968): Hydrogeologische Grundlagen der Wasserversorgung in Hessen. — gwf-Wasser/Abwasser, 109: 633—635; München.
- RAMBOW, D. (1977): Grenzen der Grundwassernutzung in Nordhessen. — Z. dt. geol. Ges., 128: 297—304, 2 Abb.; Hannover.
- Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 15. Juli 1980 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. — Amtsbl. Europäischen Gemeinsch. Nr. L 229: 11—29; Brüssel 30. 8. 1980.
- SCHMITT, O. (1974): Die morphologischen, geologischen, bodenkundlichen, hydrogeologischen und hydrochemischen Verhältnisse im Hinblick auf den Bau von Beregnungsbrunnen südlich des Mains. — Information über die Arbeit des Beregnungs- und Bodenverbandes Rhein-Main, 3 S., 5 + 2 Kt.; Darmstadt.
- SCHRAFF, A., & RAMBOW, D. (1984): Vergleichende Untersuchungen zur Gebirgsdurchlässigkeit im Buntsandstein Ost Hessens. — Geol. Jb. Hessen, 112: 235—261, 18 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
- Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen. — 102 S., 27 Abb., 23 Tab., 14 Kt.; Wiesbaden (Hess. Minist. Landwirtschaft. Umwelt) 1971.

- STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1967): Einige Vorkommen von Natrium-Chlorid-Wasser im östlichen Rheinischen Schiefergebirge. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 95: 190—212, 6 Abb.; Wiesbaden.
- (1979): Das östliche Rheinische Schiefergebirge. — Hydrol. Atlas BRD, Textband: 191—194; Boppard (H. Boldt-Verl.).
- (1980): Die hydrogeologischen Verhältnisse im basaltischen Tertiär des östlichen Westerwaldes. — Geol. Jb. Hessen, 108: 177—195, 5 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.
- THEWS, J.-D. (1966): Die Karte der Grundwasserbeschaffenheit in Hessen 1 : 300 000. — 12 S.; Wiesbaden.
- DIEDERICH, G., GOLWER, A., HÖLTING, B., MATTHESS, G., NÖRING, F., SCHMITT, O., & STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1966): Übersichtskarte der Grundwasserbeschaffenheit in Hessen 1 : 300 000. — Wiesbaden.
- TOUSSAINT, B. (1979): Der Ringgau, ein natürlicher Großlysimeter — dargestellt am Wasserhaushalt der Breitauer Kressenteichquelle unter besonderer Berücksichtigung der Karsthydrogeologie. — Geol. Jb., C 21: 99—135, 10 Abb., 11 Tab.; Hannover.
- UDLUF, H., HENTSCH, H., MICHELS, F., NÖRING, F., SCHENK, E., SCHMITT, O., TEIKE, M., THEWS, D., THOME, K. N., & ULBRICH, R. (1957): Hydrogeologische Übersichtskarte 1 : 500 000, Erläuterungen zu Blatt Frankfurt. — 123 S., 5 Abb., 24 Tab., 14 Taf., 1 Kt.; Remagen.
- Verordnung über Trinkwasser und über Brauchwasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasser-Verordnung). Vom 31. Januar 1975. — Bundesgesetzbl. I 1975: 453—461; Bonn, zuletzt geändert durch: Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser (Mineral- und Tafelwasser-Verordnung). Vom 1. August 1984. — Bundesgesetzbl. I 1984: 1036—1045; Bonn.
- VIERHUFF, H., WAGNER, W., & AUST, H. (1981): Die Grundwasservorkommen in der Bundesrepublik Deutschland. — Geol. Jb., C 30: 3—110, 20 Abb., 12 Tab., 4 Taf.; Hannover.
- WIEGAND, K. (1979): Der Vogelsberg. — Hydrol. Atlas BRD, Textband: 186—190, 5 Abb.; Boppard (H. Boldt-Verl.).
- WUNDT, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. — Forsch. dt. Landeskd., 104: 47—54, 2 Abb.; Remagen.

Manuskript eingegangen am 20. 11. 1984

**Anschrift der Verfasser:**

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

- 29: BAUER, G., u. a.: Beitrag zur Geologie der Mittleren Siegener Schichten. 1960. 363 S., 85 Abb., 10 Tab., 22 Taf., DM 36,-.
- 30: BURRE, O.: Untersuchungen über die Berechnung der dem Grundwasser von den Niederschlägen zu- gehenden Wassermengen aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels. 1960. 68 S., 1 Abb., 8 Tab., 5 Taf., DM 8,60.
- 31: RÖDER, D. H.: Ulmen-Gruppe in sandiger Fazies (Unter-Devon, Rheinisches Schiefergebirge). 1960. 66 S., 4 Abb., 1 Tab., 7 Taf., DM 8,-.
- 32: ZAKOSEK, H.: Durchlässigkeitsuntersuchungen an Böden unter besonderer Berücksichtigung der Pseudogleye. 1960. 63 S., 12 Abb., 1 Tab., 2 Taf., DM 11,-.
- 33: KREBS, W.: Stratigraphie, Vulkanismus und Fazies des Oberdevons zwischen Donsbach und Hirzen- hain (Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). 1960. 119 S., 21 Abb., 7 Tab., 11 Taf., DM 14,80.
- 34: STOPPEL, D.: Geologie des südlichen Kellerwaldgebirges. 1961. 114 S., 21 Abb., 2 Tab., 4 Taf., DM 14,-.
- 35: MATTHES, G.: Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. 1961. 85 S., 3 Abb., 31 Tab., DM 7,60.
- 36: STENGER, B.: Stratigraphische und gefügetektonische Untersuchungen in der metamorphen Taunus- Südrand-Zone (Rheinisches Schiefergebirge). 1961. 68 S., 20 Abb., 4 Tab., 3 Taf., DM 9,-.
- 37: ZAKOSEK, H.: Zur Genese und Gliederung der Steppenböden im nördlichen Oberrheintal. 1962. 46 S., 1 Abb., 19 Tab., DM 6,80.
- 38: ZIEGLER, W.: Taxonomie und Phylogenie Oberdevonischer Conodonten und ihre stratigraphische Be- deutung. 1962. 166 S., 18 Abb., 11 Tab., 14 Taf., DM 22,60.
- 39: MEISCHNER, KL.-D.: Rhenaer Kalk und Posidonienkalk im Kulm des nordöstlichen Rheinischen Schie- fergebirges und der Kohlenkalk von Schreufa (Eder). 1962. 47 S., 15 Abb., 2 Tab., 7 Taf., DM 11,60.
- 40: HOLTZ, S.: Sporen-stratigraphische Untersuchungen im Oligozän von Hessen. 1962. 46 S., 1 Abb., 6 Taf., DM 9,-.
- 41: WALLISER, O. H.: Conodonten des Silurs. 1964. 106 S., 10 Abb., 2 Tab., 32 Taf., DM 12,-.
- 42: KUTSCHER, F.: Register für die Notizblatt-Bände der 5. Folge, Hefte 1—20, erschienen 1916—1939. 1963. 58 S., 1 Taf., DM 7,60.
- 43: EINSELE, G.: Über Art und Richtung der Sedimentation im klastischen rheinischen Oberdevon (Fa- menne). 1963. 60 S., 8 Abb., 7 Tab., 5 Taf., DM 7,60.
- 44: JACOBSHAGEN, E., HUCKRIEDE, R. & JACOBSHAGEN, V.: Eine Faunenfolge aus dem jungpleistozänen Löß bei Bad Wildungen. 1963. 105 S., 9 Abb., 2 Tab., 14 Taf., DM 12,-.
- 45: KÜMMERLE, E.: Die Foraminiferenfauna des Kasseler Meeressandes (Oberoligozän) im Ahnetal bei Kassel (Bl. Nr. 4622 Kassel-West). 1963. 72 S., 1 Abb., 2 Tab., 11 Taf., DM 9,40.
- 46: SCHENK, E.: Die geologischen Erscheinungen der Subfusion des Basaltes. 1964. 31 S., 6 Abb., 2 Tab., 16 Taf., DM 7,60.
- 47: HÖLTING, B. & STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. 1964. 37 S., 2 Taf., DM 5,60.
- 48: DIEDERICH, G., LAEMMLEN, M. & VILLWOCK, R.: Das obere Biebental im Nordspessart. Neugliederung des Unteren Buntsandstein, Exkursionsführer und geologische Karte. 1964. 34 S., 2 Abb., 5 Tab., 4 Taf., 1 Kte., DM 7,20.
- 49: KUTSCHER, F.: Register für die Notizblatt-Bände der 4. Folge, Hefte 1—35, erschienen 1880—1914. 1965. 56 S., 1 Taf., DM 6,60.
- 50: ZAKOSEK, H., u. a.: Die Standortkartierung der hessischen Weinbaugebiete. 1967. 82 S., 1 Abb., 17 Tab., 1 Atlas, DM 10,-.
- 51: MATTHES, G.: Zur Geologie des Ölschiefervorkommens von Messel bei Darmstadt. 1966. 87 S., 11 Abb., 10 Tab., DM 10,-.
- 52: BERG, D. E.: Die Krokodile, insbesondere *Asiatosuchus* und aff. *Sebecus*?, aus dem Eozän von Messel bei Darmstadt/Hessen. 1966. 105 S., 11 Abb., 6 Taf., DM 11,20.
- 53: HÖLTING, B.: Die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Landkreis Waldeck, Hessen). 1966. 59 S., 7 Abb., 9 Tab., DM 7,-.
- 54: SOLLE, G.: Hederelloidea (Cyclostomata) und einige ctenostome Bryozoen aus dem Rheinischen Devon. 1968. 40 S., 1 Tab., 5 Taf., DM 5,-.
- 55: SCHNEIDER, J.: Das Ober-Devon des nördlichen Kellerwaldes (Rheinisches Schiefergebirge). 1969. 124 S., 24 Abb., 1 Taf., DM 15,-.
- 56: HORST-FALKE-Festschrift. 1970. 228 S., 71 Abb., 10 Tab., 23 Taf., 1 Bild, DM 14,-.
- 57: MEISL, S.: Petrologische Studien im Grenzbereich Diagenese-Metamorphose. 1970. 93 S., 70 Abb., 2 Tab., DM 11,-.

- 58: MATTHES, G.: Beziehungen zwischen geologischem Bau und Grundwasserbewegung in Festgesteinen. 1970. 105 S., 20 Abb., 18 Tab., 4 Taf., DM 12,-.
- 59: SOLLE, G.: *Brachyspirifer* und *Paraspirifer* im Rheinischen Devon. 1971. 163 S., 1 Diagr., 20 Taf., DM 30,-.
- 60: HEINZ-TOBIEN-Festschrift. 1971. 308 S., 58 Abb., 12 Tab., 32 Taf., 1 Bild, DM 24,-.
- 61: WIRTZ, R.: Beitrag zur Kenntnis der Paläosole im Vogelsberg. 1972. 159 S., 2 Abb., 21 Tab., DM 19,-.
- 62: BUGGISCHE, W.: Zur Geologie und Geochemie der Kellwasserkalke und ihrer begleitenden Sedimente (Unteres Oberdevon). 1972. 68 S., 19 Abb., 6 Tab., 13 Taf., DM 16,-.
- 63: THEWS, J.-D.: Zur Typologie der Grundwasserbeschaffenheit im Taunus und Taunusvorland. 1972. 42 S., 27 Abb., 7 Tab., 2 Taf., DM 12,-.
- 64: STEPHAN-HARTL, R.: Die altmiozäne Säugetierfauna des Nordbassin und der Niederräder Schleusen-kammer (Frankfurt/M., Hessen) und ihre stratigraphische Stellung. 1972. 97 S., 16 Abb., 11 Tab., 24 Taf., DM 21,-.
- 65: BOY, J. A.: Die Branchiosaurier (Amphibia) des saarpfälzischen Rotliegenden (Perm, SW-Deutschland). 1972. 137 S., 70 Abb., 2 Tab., 2 Taf., DM 17,-.
- 66: BARTH, H.: Petrologische Untersuchungen im Felsberg-Zug (Bergsträßer Odenwald). 1972. 85 S., 16 Abb., 11 Tab., 8 Taf., DM 12,-.
- 67: KUSTER-WENDENBURG, E.: Die Gastropoden aus dem Meeressand (Rupelium) des Mainzer Tertiärbeckens. 1973. 170 S., 8 Taf., DM 21,-.
- 68: NEUFFER, FR. O.: Die Bivalven des Unteren Meeressandes (Rupelium) im Mainzer Becken. 1973. 113 S., 13 Taf., DM 25,-.
- 69: WALTER, H.: Hydrogeologie und Wasserhaushalt im oberen Horlofftal (westlicher Vogelsberg). 1974. 104 S., 13 Abb., 17 Tab., 2 Taf., DM 25,-.
- 70: AZIMI, M. A., HILALI, E.-A., HUSCHMAND, A., KRÜGER, H., PICKEL, H.-J., SCHARPFF, H.-J., SCHEWE, L., WAGNER, H.-R.: Beiträge zur Hydrogeologie von Hessen. 1974. 198 S., 60 Abb., 37 Tab., 2 Taf., DM 35,-.
- 71: BAHLO, E.: Die Nagetierfauna von Heimersheim bei Alzey (Rheinhessen, Westdeutschland) aus dem Grenzbereich Mittel-/Oberligozän und ihre stratigraphische Stellung. 1975. 182 S., 43 Abb., 11 Tab., DM 25,-.
- 72: MATHEIS, J.: Kartographische Bearbeitung geologischer und bodenkundlicher Karten. Von der Manuskriptkarte zur Druckvorlage. 1975. 68 S., 22 Abb., 3 Taf., 5 Beil., DM 24,-.
- 73: GOLWER, A., KNOLL, K.-H., MATTHES, G., SCHNEIDER, W., WALLHÄUSSER, K. H.: Belastung und Verunreinigung des Grundwassers durch feste Abfallstoffe. 1976. 131 S., 23 Abb., 34 Tab., 2 Taf., DM 20,-.

### Geologische Abhandlungen Hessen

- 74: SOLLE, G.: Oberes Unter- und unteres Mitteldevon einer typischen Geosynkinal-Folge im südlichen Rheinischen Schiefergebirge. Die Olkenbacher Mulde. 1976. 264 S., 11 Abb., 2 Taf., 1 Kt., DM 45,-.
- 75: BOENIGK, W., et al.: Jungtertiär und Quartär im Horloff-Graben/Vogelsberg. 1977. 80 S., 17 Abb., 6 Tab., 8 Taf., DM 16,-.
- 76: MOAYEDPOUR, E.: Geologie und Paläontologie des tertiären „Braunkohlenlagers“ von Theobaldshof/Rhön (Miozän, Hessen). 1977. 135 S., 7 Abb., 5 Tab., 21 Taf., DM 32,-.
- 77: SOBOTH, E.: Lang- und kurzperiodische Änderungen der Grundwasserbeschaffenheit und der Quellschüttung während 20jähriger Beobachtungen in der Frankfurter Bucht (Hessen). 1978. 39 S., 17 Abb., 5 Tab., 6 Taf., DM 9,-.
- 78: JANSSEN, R.: Revision der Bivalvia des Oberligozäns (Chattium, Kasseler Meeressand). 1979. 181 S., 1 Abb., 4 Taf., DM 33,-.
- 79: HOMRIGHAUSEN, R.: Petrographische Untersuchungen an sandigen Gesteinen der Hörre-Zone (Rheinisches Schiefergebirge, Oberdevon—Unterkarbon). 1979. 84 S., 16 Abb., 5 Tab., 13 Taf., DM 27,-.
- 80: WITTEN, W.: Stratigraphie, Sedimentologie und Paläogeographie der Kieselkalke im Unterkarbon II  $\gamma$  /  $\delta$  bis III  $\alpha$  des nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirges. 1979. 132 S., 26 Abb., 12 Tab., 4 Taf., DM 23,-.
- 81: EHRENBERG, K.-H., et al.: Forschungsbohrungen im Hohen Vogelsberg (Hessen), Bohrung 1 (Flösser-Schneise), Bohrung 2/2a (Hasselborn). 1981. 166 S., 89 Abb., 17 Tab., 9 Taf., DM 40,-.
- 82: BOTTKE, H., & POLYSOS, N.: Die Altenbürener Störungszone und der nördliche Teil der Briloner Scholle im tektonischen Photolineationsmuster des nördlichen Sauerlandes (Rheinisches Schiefergebirge). 1982. 50 S., 21 Abb., 2 Tab., DM 10,-.
- 83: WEBER, J., & HOFMANN, U.: Kernbohrungen in der eoänen Fossilagerstätte Grube Messel bei Darmstadt. 1982. 58 S., 3 Taf., DM 12,-.
- 84: KOWALCZYK, G.: Das Rotliegende zwischen Taunus und Spessart. 1983. 99 S., 48 Abb., 2 Tab., 8 Taf., DM 24,-.
- 85: SCHRAFT, A.: Quantitative Wasserhaushaltsbetrachtungen im Einzugsgebiet der Elz (SE-Odenwald/Bauland). 1984. 60 S., 13 Abb., 13 Tab., DM 9,-.