

ADALBERT SCHRAFT¹, JOHANN-GERHARD FRITSCHÉ¹, MARION HEMFLER¹, GEORG MITTELBACH¹, DIETRICH RAMBOW² & HANS TANGERMANN †

Die hydrogeologischen Einheiten Nordhessens, ihre Grundwasserneubildung und ihr nutzbares Grundwasserdargebot (Ldkrs. Waldeck-Frankenberg, Kassel, Schwalm-Eder, Werra-Meißner, Hersfeld-Rotenburg, Fulda und Stadt Kassel)

Kurzfassung

Das nutzbare Grundwasserdargebot der hydrogeologischen Teileinheiten Nord- und Osthessens (Regierungspräsidium Kassel) wird aus Trockenwetterabflussmessungen zur Bestimmung der Grundwasserneubildung abgeleitet. In Abhängigkeit von der unterschiedlichen lithologischen Ausbildung dieser Teileinheiten, der lokalen Tektonik, der Höhenlage relativ zum Vorflutniveau sowie geogenen

und anthropogenen Belastungen des Grundwassers ist das nutzbare Grundwasserdargebot unterschiedlich hoch.

Regional ist der Mittlere Buntsandstein der bedeutendste Grundwasserleiter. Im Unteren Buntsandstein und den devonischen und karbonischen Gesteinen sind nur bei tektonischer Beanspruchung des Grundwasserleiters lokal ergiebige Vorkommen erschließbar. In den verkar-

stungsfähigen Gesteinen des Zechsteins und des Muschelkalks limitiert die hohe Verschmutzungsempfindlichkeit die Nutzung des teilweise grossen Grundwasserdargebots. Das nutzbare Grundwasserdargebot ist – u.a. auch wegen der öfter vorhandenen geogenen und/oder anthropogenen Belastungen – immer geringer als das gewinnbare.

Abstract

The safe yield of the hydrogeological units of North and East Hesse was determined by using measurements of the dry weather flow to estimate the groundwater recharge. The safe yield varies in dependence of geogenic and anthropogenic contamination of the ground water, the geological structure, the local tectonics

and the altitude relative to the receiving channel.

The Middle Bunter is the most important aquifer of the region. The Lower Bunter and the Devonian and Carboniferous rocks can yield considerable amounts of water locally when they are tectonically fractured. In parts of the karstic rocks of

the Zechstein and the Middle Triassic Limestone the yield can be very high but its use is restricted by the high risk of contamination due to the low ability to hold back pollutants. Altogether the safe yield very often is much lower than the amount of exploitable groundwater.

Inhaltsverzeichnis

Überblick	28
1. Aufgabenstellung, Methodik, Datenlage	29
2. Die Gesteinseinheiten	29
3. Die hydrogeologischen Einheiten	30
3.1 Hydrogeologische Einheit 1.1 Trias westlich der Niederhessischen Senke	30
3.1.1 Hydrogeologische Teileinheit 1.1.1 Arolsen–Schlierbacher Scholle	31
3.1.2 Hydrogeologische Teileinheit 1.1.2 Meiningershäuser, Ense- und Vasbecker Scholle	32

¹ Dr. A. Schraft (e-mail: a.schraft@hlug.de), Dr. J.-G. Fritsche (e-mail: g.fritsche@hlug.de), Dr. M. Hemfler (e-mail: m.hemfler@hlug.de), Dr. G. Mittelbach (e-mail: g.mittelbach@hlug.de), Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rheingastr. 186, D-65203 Wiesbaden

² Dr. D. Rambow, Lahnstr. 28, D-65195 Wiesbaden

3.1.3 Hydrogeologische Teileinheit 1.1.3 Wolfhagen–Naumburger Graben	33
3.1.4 Hydrogeologische Teileinheit 1.1.4 Isth-Scholle	34
3.1.5 Hydrogeologische Teileinheit 1.1.5 Buntsandstein der Frankenberger Bucht	34
3.2 Hydrogeologische Einheit 1.2 Zechstein der Frankenberger Bucht und nördlich sowie östlich des Kellerwaldes	35
3.2.1 Hydrogeologische Teileinheit 1.2.1 Zechstein nördlich und östlich des Kellerwaldes	35
3.2.2 Hydrogeologische Teileinheit 1.2.2 Zechstein der Frankenberger Bucht	35
3.3 Hydrogeologische Einheit 1.3 Buntsandstein östlich der Niederhessischen Senke	36
3.3.1 Hydrogeologische Teileinheit 1.3.1 Reinhardswald	36
3.3.2 Hydrogeologische Teileinheit 1.3.2 Kaufunger Wald	37
3.3.3 Hydrogeologische Teileinheit 1.3.3 Söhre und Melsunger Bergland	38
3.4 Hydrogeologische Einheiten 2.1.0 und 2.2.0 Tertiär der Niederhessischen Senke	39
3.5 Hydrogeologische Einheit 2.3.0 Quartär der Eder- und Schwalm-Niederung	40
3.6 Hydrogeologische Einheit 2.4.0 Röt und Muschelkalk des Kasseler Grabens und nördlich anschließende Gebiete	41
3.7 Hydrogeologische Einheit 3.1 Rheinisches Schiefergebirge, Hydrogeologische Teileinheiten 3.1.1–3.1.3 Waldecker Upland, Kellerwald und Ederbergland	42
3.8 Hydrogeologische Einheit 5.1 Nordosthessische Trias-Landschaft nördlich der Fulda	44
3.8.1 Hydrogeologische Teileinheit 5.1.1 Werra-Gebiet (Eschwege–Witzenhausen)	44
3.8.2 Hydrogeologische Teileinheit 5.1.2 Werra-Grauwackengebirge (Unterwerra-Sattel)	44
3.8.3 Hydrogeologische Teileinheit 5.1.3 Altmorschen-Lichtenauer Graben	45
3.8.4 Hydrogeologische Teileinheit 5.1.4 Osthessischer Buntsandstein	46
3.8.5 Hydrogeologische Teileinheit 5.1.5 Ringgau	47
3.8.6 Hydrogeologische Teileinheit 5.1.6 Richelsdorfer Gebirge	47
3.9 Hydrogeologische Einheit 5.2 Buntsandstein des Fuldaberglandes mit Knüll	48
3.9.1 Hydrogeologische Teileinheit 5.2.1 Fuldabergland, südlich der Fulda	48
3.9.2 Hydrogeologische Teileinheit 5.2.2 Knüll	49
3.9.3 Hydrogeologische Teileinheit 5.2.3 Werra-Kali-Gebiet	50
3.9.4 Hydrogeologische Teileinheit 5.2.4 Fuldaer Becken	50
3.9.5 Hydrogeologische Teileinheit 5.2.5 Landrücken-Rhön	51
3.10 Hydrogeologische Einheit 5.3 Rhön mit Eiterfelder Mulde	52
4. Schriftenverzeichnis	53

Überblick

Das Arbeitsgebiet ist das Gebiet des Regierungspräsidiums Kassel. Es umfasst eine Fläche von 8 288,7 km² (Statistisches Bundesamt, Stand 01.01.1995) und damit fast 40 % der hessischen Gesamtfläche.

An oberflächennahen Gesteinen sind von W nach E verbreitet: ganz im W, annähernd 1 000 km² einnehmend, gefaltete Gesteine des Devons und Unterkarbons, denen als randlicher Saum auf gut 200 km² im E Karbonate des Zechsteins vorgelagert sind. E schließt sich mit 5 363 km² die fast 65 %, also nahezu zwei Drittel des Regierungsbezirkes bedeckende Buntsandsteinfläche an. Diese wird durch die sich von Alsfeld über Wabern nach Fritzlar bis Kassel erstreckende Niederhessische Senke von ca.

1 000 km² Fläche mit sedimentärem und etwas basaltischem Tertiär sowie N des Kasseler Grabens mit Muschelkalkgesteinen in einen kleineren W-Teil und einen etwa doppelt so großen E-Teil untergliedert. Als größere selbständige hydrogeologische Einheiten sind innerhalb der Buntsandsteinfläche noch abzugrenzen: die paläozoischen Gesteine des Unterwerra-Sattels und des Richelsdorfer Gebirges sowie die größeren Muschelkalkgebiete des Altmorschen–Lichtenauer Grabens, des Ringgaus, der Nordrhön (Eiterfelder Mulde) und des Fulda–Pilgerzeller Grabens. Der Buntsandstein ist für die Wassererschließung in Nordhessen der mit Abstand bedeutendste Grundwasserleiter.

Anmerkung: Da in vorliegender Arbeit Angaben von Himmelsrichtungen sehr häufig vorkommen, wurden i.Allg. auch die als Adjektive gebrauchten Begriffe mit dem entsprechenden Großbuchstaben abgekürzt (z.B. südlich als S).

1. Aufgabenstellung, Methodik, Datenlage

In vorliegender Arbeit werden die hydrogeologischen Einheiten nach einer verfeinerten Einteilung der im Jahre 1991 vom ehemaligen Hessischen Landesamt für Bodenforschung (HLfB) publizierten „Übersichtskarte der hydrogeologischen Einheiten grundwasserleitender Gesteine in Hessen 1:300 000“ (DIEDERICH et al. 1991) beschrieben (Anlage) sowie eine Abschätzung der Grundwasserneubildung und des nutzbaren Grundwasserdargebotes³ vorgenommen. Einschränkungen des nutzbaren Grundwasserdargebotes auf Grund geochemischer Beeinträchtigungen oder umweltrelevanter Belastungen werden benannt.

Um eine ausreichende Genauigkeit bei der Bestimmung der Grundwasserneubildung zu erzielen, werden unter Berücksichtigung der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten folgende Daten herangezogen:

- Niedrigwasserabflussmessungen im Herbst 1973 und 1976,
- Niedrigwasserabflussmessungen im Rahmen der hydrogeologischen Kartierung der GK 25 von Hessen [(hydrogeologische Anteile der Erl. zur GK 25 (verschiedene Jahre)],
- ältere Auswertungen [Fulda-Rahmenplan (oberirdisches Einzugsgebiet der Fulda), HMLF (1964), Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen (HMLU 1971)].

Um die morphologische und geologische Differenziertheit des Untersuchungsgebietes berücksichtigen zu können, wurden die Zuwachsspenden in den Teileinzugsgebieten der Niedrigwasser-Messstellen bestimmt und hydrogeologisch interpretiert.

Im Bearbeitungsgebiet kann erwartet werden, dass etwa 50–70 % des Grundwasserdargebotes, in örtlichen Gewinnungsschwerpunkten möglicherweise sogar mehr, technisch gewonnen werden kann. Bei der Ermittlung dieses gewinnbaren Anteiles in den hydrogeologischen Einheiten sollte jedoch beachtet

werden, dass die Gewinnung des Anteils, der über 30–50 % des gesamten Grundwasserdargebotes hinausgeht, häufig nur mit relativ hohem Aufwand möglich sein wird. Es werden hierfür eine größere Anzahl von Bohrungen und zur hygienischen Sicherung dieses Grundwassers besondere Aufwendungen notwendig sein, z.B. größere Bohrtiefen, Sicherung der Umgebung eines Bohrbrunnens oder gar Aufbereitung. Bei der Abschätzung des gewinnbaren Grundwasserdargebotes muss daher je nach hydrogeologischer Position von 40–70 % des Grundwasserdargebotes ausgegangen.

Das nutzbare Grundwasserdargebot ist wegen möglicher geogener oder anthropogener Belastungen i.Allg. geringer als das gewinnbare Grundwasserdargebot. Ökologische oder ökonomische Ursachen können das nutzbare Grundwasserdargebot weiter einschränken. Das angegebene nutzbare Grundwasserdargebot beinhaltet die bereits erschlossenen und genutzten Grundwassermengen. Es berücksichtigt ferner geogene Nutzungseinschränkungen, nicht aber die ökologischen Auswirkungen der Grundwassergewinnung. So muss z.B. immer der Mindestabfluss im Vorfluter (MNQ oder NNQ) gewährleistet werden, was das tatsächlich nutzbare Grundwasserdargebot deutlich einschränken kann (SCHRAFT 2002).

Die Abschätzung des nutzbaren Grundwasserdargebotes (DIN 4049-3, Nr. 3.7.3) ist eine gutachtliche Aussage. Sie berücksichtigt die regionalen hydrogeologischen Erfahrungen bei Wassererschließungen und Grundwassernutzungen in quantitativer und qualitativer Hinsicht, wie auch die hydrogeologischen Kartierungsergebnisse im Rahmen der GK 25. Infolge der Differenziertheit des Gebietes können Erschließungen aufwändig werden und das nutzbare Grundwasserdargebot kann nur noch ein Bruchteil des aus Abflussdaten abgeleiteten Grundwasserdargebotes sein.

2. Die Gesteinseinheiten

Unter Vernachlässigung der geringmächtigen Lockergesteinsablagerungen in Bach- und Flusstälern, deren Grundwasserführung ohne gravierenden Einfluss auf das Grundwasserdargebot des unterlagernden Hauptgrundwasserleiters ist oder geringmächtiger bzw. kleinflächiger bis inselartiger Basalt- und anderer Gesteinsvorkommen sind im Planungsgebiet als hydrogeologisch wichtige Gesteinseinheiten zu unterscheiden (vom Älteren zum Jüngeren, Größe des Verbreitungsgebietes jeweils in Klammer):

- Gefaltete Schiefer, Grauwacken, Quarzite, Kalke und Diabase

des Devons und Unterkarbons („gefaltetes Paläozoikum“) (insgesamt 983 km²);

- Arkosen, Sand- und Ton-/Schluffsteine des Rotliegend (11 km²);
- Karbonatgesteine, z.T. auch Klastika des Zechsteins (insgesamt 392 km²);
- Sand- und Ton-/Schluffstein-Wechselfolgen des Unteren und Mittleren Buntsandsteins (die Gesamtfläche von 4725 km² wird zu 1308 km² von den tonsteinreicheren und feinkörnigen Sandsteinen des Unteren Buntsandsteins und zu 3417 km²

³ **Grundwasserdargebot** umfasst nach DIN 4049-3, Nr. 3.7.1, die Summe aller positiven Glieder der Wasserbilanz für einen Grundwasserabschnitt (positive Bilanzglieder sind z.B. Grundwasserneubildung aus Niederschlag und Zusickeung aus oberirdischen Gewässern). Der Teil des Grundwasserdargebotes, der mit technischen Mitteln entnehmbar ist, wird das **gewinnbare Grundwasserdargebot** (DIN 4049-3, Nr. 3.7.2) genannt. Der Teil des gewinnbaren Grundwasserdargebotes, der für die Wasserversorgung unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen genutzt werden kann, wird als **nutzbares Dargebot** (DIN 4049-3, Nr. 3.7.3) bezeichnet.

- von den gröberkörnigen Sandsteinen des Mittleren Buntsandsteins eingenommen);
 - Schluff-/Tonsteine und tonreiche Feinsandsteine des Oberen Buntsandsteins (638 km²); Feinsandsteine und Mergel des Keupers, lokal auch Tone des Lias (127 km²);
 - Kalksteine des Muschelkalks (587 km²);
 - Sande und Tone des Tertiärs (Oligozän, Miozän), z.T. mit geringmächtigen Vulkaniten, (665 km²); mächtigere tertiäre Basaltabfolgen (86 km²);
 - Kiese, Sande und Schluffe des Jungtertiärs/Quartärs (75 km²), Löss als reinigende Deckschichten.
- Eine geologisch-stratigraphische Übersicht vermittelt Tab. 1.

Tab. 1. Geologisch-stratigraphische Übersicht.

Gruppe	System	Serie	litholog. Ausbildung	hydrogeol. Bedeutung
Känozoikum	Quartär	Holozän	Torfbildungen, Abschwemmmassen, Schuttbildungen	unbedeutend (Gartenbrunnen)
		Pleistozän	z.B. Sande u. Kiese der Talauen und Terrassen, Solifluktionsschutt, Löss, Lösslehm	als Grundwasserleiter nur von lokaler Bedeutung; Löss und Lösslehm sind reinigende Deckschichten
	Tertiär	Pliozän Miozän Oligozän Eozän	Tone, Schluffe, Quarzsande, Kiese Quarzite, Basalte, Braunkohlen	nur lokal von Bedeutung (z.B. bei Frielendorf) Basalte z.B. in der Rhön, im Habichtswald, am Hohen Meißner
		Paläozän	nicht ausgebildet	
Mesozoikum	Kreide		nicht erhalten bzw. nicht abgelagert	
	Jura	Malm (weißer Jura) Dogger (brauner Jura)	nicht erhalten bzw. nicht abgelagert	
		Lias (schwarz. Jura)	Ton-, Mergelsteine	nur kleine Einzelschollen, hydrogeologisch unbedeutend
	Trias	Keuper	Schluff-, Tonsteine, Feinsandsteine, Mergel	begrenzte Verbreitung, z.B. Grabenschollen, hydrogeologisch unbedeutend
		Muschelkalk	Kalksteine, Mergelsteine, Dolomitsteine, z.T. Gips	im Allgemeinen nur von lokaler Bedeutung, größere Entnahmen im Ringgau
		Buntsandstein	Sand- und Tonsteine, z. T. Gips im so	so: gering bis undurchlässig, su + sm: wichtigste Grundwasserleiter
Paläozoikum	Perm	Zechstein	N des Kellerwaldes carbonatisch-sulfatisch, S klastisch	wichtiger Grundwasserleiter am Schiefergebirgsrand, hygienisch gefährdet
		Rotliegend	S des Kellerwaldes gleiche Fazies wie Zechstein (nur lokal verbreitet)	S des Kellerwaldes wie Zechstein
	Karbon Devon Silur		Schiefer, Kieselschiefer Diabase, Kalksteine Quarzite	außer an Störungszonen geringe Durchlässigkeit, nur zur lokalen Versorgung

3. Die hydrogeologischen Einheiten

3.1 Hydrogeologische Einheit 1.1 Trias westlich der Niederhessischen Senke (Größe: 1131 km²)

Das Triasgebiet W der Niederhessischen Senke umfasst überwiegend Gesteine des Buntsandsteins, im Bereich des Wolfhagen-Naumburger Grabens auch des Muschelkalks. Für die Wassergewinnung genutzt werden i.Allg. die Gesteine des Mittleren Buntsandsteins (hier insbesondere die Basissandsteine der Wech-

selfolgen), aber auch (im Bereich der N Arolsen-Schlierbacher Scholle sowie der Meiningringhausener, Ense- und Vasbecker Scholle) die unterhalb der Trias anstehenden karbonatischen Gesteine des Zechsteins. Die Gesteine des Muschelkalkes eignen sich i.Allg. sowohl wegen ihres ungeschützten Sickerraumes als auch ihrer meist zu geringen Mächtigkeit bzw. der – tektonisch bedingten – zu geringen Ausdehnung weniger für eine Trinkwassergewinnung.

3.1.1 Hydrogeologische Teileinheit 1.1.1 Arolsen–Schlierbacher Scholle (Größe: 560 km²)

Aus hydrogeologischen Gründen werden die E des Westheimer Abbruchs liegende und nach allgemeiner Auffassung auch zur Arolsener Scholle gehörende Scholle von Meineringhausen (Teileinheit 1.1.2) sowie der Zechstein am Rande des Kellerwaldes (Teileinheit 1.2.1) separat beschrieben.

Die Arolsen–Schlierbacher Scholle in vorliegender Abgrenzung wird im NW durch den Westheimer Abbruch begrenzt. W von Mengerlinghausen verspringt die Westgrenze auf die Linie des Mengerlinghausener Grabens und läuft hier nach S bis zum Kellerwald. Die diesem aufliegenden klastischen und karbonatischen Gesteine des Zechsteins (Teileinheit 1.2.1) beschreiben E des Bergheimer Abbruchs die Grenze der Scholle nach SW bis fast zur Grenze des Planungsgebietes. Im NE bzw. E wird diese Scholle bis W Fritzlar durch die Grabensysteme von Volkmarshausen und Wolfhagen–Naumburg begrenzt, S davon bildet die Hessische Senke eine scharfe Grenze. Der Schlierbacher Graben im E und der Momberger Graben im SW schließen diese hydrogeologische Teileinheit im S ab. Durch die Eder wird diese Scholle in zwei Teileinheiten gegliedert. Das Gebiet N der Eder wird als Arolsener Scholle i.e.S. (Nordscholle) bezeichnet.

Für die wasserwirtschaftlichen Betrachtungen wurde die Teileinheit 1.1.1 auf Grund teilweise unterschiedlicher hydrogeologischer Verhältnisse in drei Teilgebiete unterteilt, wobei der mittlere Teil sich von einer Linie Höringshausen–Freienhagen–Ippinghausen bis zur Eder erstreckt, also zur Arolsener Scholle i.e.S. gehört.

Die Arolsen–Schlierbacher Scholle ist eine insgesamt flach nach E–NE einfallende Buntsandsteinplatte, aufgebaut aus Schichten des Unteren und Mittleren Buntsandsteins, die durch N–S bis NNW–SSE streichende Störungszonen in Teilschollen zerlegt wird, in denen meist ± flach gelagerte Schichten treppenförmig zum Zentrum der Hessischen Senke abgesetzt sind. Deshalb stehen im W, meist auflagernd auf klastische Schichten des Zechsteins, vor allem Gesteine des Unteren Buntsandsteins, im E dagegen überwiegend Gesteine des Mittleren Buntsandsteins an.

Die in der Nordscholle unterhalb der Schichten des Unteren Buntsandsteins N von Arolsen in geringer Tiefe anstehenden verkarsteten, gut durchlässigen Kalk- und Dolomithorizonte des Zechsteins sind sehr ergiebige Grundwasserleiter. Bedingt durch ein Einfallen der Schichten in E Richtung liegen sie ganz im N der Teileinheit unter einer geringen bis 50 m mächtigen Überdeckung aus wenig bis mäßig gut (je nach Mächtigkeit) reinigenden und schützenden Schichten des obersten tonigen Zechsteins und des Unteren Buntsandsteins. Die karbonatischen Schichten liegen hier noch in einer Höhenlage, in der Grundwasserneubildung innerhalb eines aktiven Wasserkreislaufes stattfindet. Weiter in Richtung E–SE sind diese Schichten tektonisch tiefer abgesenkt, das Grundwasser fließt nur noch sehr langsam, teilweise ist durch abdichtende Störungen in einzelnen Grabenschollen die Grundwasserbewegung auch weitgehend zum Erliegen gekommen, sodass die Grundwasserneubildung im

anthropogen unbeeinflussten System stark zurückgeht. Bedingt durch die langen Verweilzeiten im Untergrund treten durch Lösungsprozesse in karbonatischen, sulfatischen und teilweise chloridischen Sedimenten sehr hohe Wasserhärten auf, die eine Nutzung solcher Wässer als Trinkwasser unmöglich machen. Als Folge des höher liegenden zugehörigen Einzugsgebietes sind diese Wässer i.Allg. gespannt, z.T. sogar artesisch. Das in den im NW der Scholle in den karbonatischen Schichten des Zechsteins genutzte und durch die meist feinkörnigen Schichten des Unteren Buntsandsteins geschützte Grundwasser weist lokal erhöhte Wasserhärten auf, sodass z.B. W von Arolsen geogene Nutzungseinschränkungen bekannt sind. Insbesondere für die teilweise verkarsteten Gesteine des Zechsteins gelten zudem in hygienischer Sicht gewisse Einschränkungen. Im E der N Teilscholle wird deshalb der überlagernde Mittlere Buntsandstein für die Trinkwassergewinnung herangezogen, so in mehreren Brunnen von den Städten Arolsen, Wolfhagen, Naumburg und Bad Wildungen.

Der in der Südscholle, also S der Eder, den paläozoischen Schichten auflagernde Untere Buntsandstein wird zur Niederhessischen Senke ebenfalls zunehmend von Sedimenten des Mittleren Buntsandsteins überlagert. Teilweise sind die Schichten auch in Art einer Schollentreppe nach E hin abgesenkt. In der Nähe des Kellerwaldes kann der Untere Buntsandstein örtlich sehr hartes Wasser führen (z.B. Versuchsbohrung Elnode-Strang).

Die Aussichten, Grundwasser in der Teileinheit 1.1.1 zu erschließen, sind wesentlich durch die Verbreitung von Unterem, tieferem Mittlerem (Volpriehausen-Folge) und höherem Mittlerem Buntsandstein (Detfurth- bis Solling-Folge) geprägt. Sowohl der tiefere Mittlere Buntsandstein als insbesondere der höhere Mittlere Buntsandstein sind deutlich besser durchlässig als der Untere Buntsandstein. Daher weisen insbesondere die Basis-Sandsteine und, soweit unter dem Vorflutniveau liegend, auch die überwiegend sandigen jüngeren Folgen (Hardeggen- und Solling-Folge) des Buntsandsteins ein erhöhtes nutzbares Grundwasserdargebot auf. Da der Mittlere Buntsandstein im Nordteil der Teileinheit 1.1.1 seine größte Verbreitung hat, sind hier die Gewinnungsmöglichkeiten generell besser. Ganz im S sind teilweise die vorhandenen Mächtigkeiten des Mittleren Buntsandsteins für eine Grundwassergewinnung nicht ausreichend. Die Erschließung der gewinnbaren Mengen ist mit einem hohen Aufwand verbunden. Im NE-Teil der Südscholle stehen jedoch, insbesondere seit Beendigung der bergbaubedingten Wasserhaltung, im Gebiet des Wasserwerkes Haarhausen (Borken/Hessen) des Wasserverbandes Gruppenwasserwerk Fritzlar–Homburg weitere Grundwassermengen zur Verfügung. Bis auf eine mögliche lokale Aufhärtung des Grundwassers in der Nähe des Kellerwaldes sind in der S Teilscholle keine hydrochemisch bedingten Einschränkungen bekannt.

Die Gewinnbarkeit von Grundwasser im Kluftgrundwasserleiter des Buntsandsteins hängt aber auch von der Größe der Einzugsgebiete ab, die sich Brunnen auf Grund von tektonischen und lithologischen Verhältnissen tributär machen können. In einigen

Teilflächen der Arolsen–Schlierbacher Scholle können im Bereich weit durchhaltender Störungszonen hydraulisch zusammenhängende Vorkommen genutzt werden. Andererseits können größere Störungen auch zur Isolierung einzelner Teilgebiete führen.

Relativ ergiebige Grundwasservorkommen in dieser Scholle werden ganz im N, NW (u.a. Kälter Feld) und S von Arolsen sowie bei Neuental und Borken (Brunnen hier auch teilweise in Einheit 2.1) genutzt.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 2 und 9 zu entnehmen.

3.1.2 Hydrogeologische Teileinheit 1.1.2 Meininghausener, Ense- und Vasbecker Scholle (Größe: 119 km²)

Die Meininghausener Scholle wird, wie bei Teileinheit 1.1.1 erwähnt, obwohl tektonisch noch zur Arolsen–Schlierbacher Scholle gehörend, auf Grund ihrer hydrogeologischen Eigenständigkeit und Bedeutung für die Wasserversorgung zusammen mit der Ense- und der Vasbecker Scholle beschrieben. Alle drei Schollen besitzen einen ähnlichen lithologischen Aufbau, sind jeweils hydrogeologisch weitgehend eigenständig und weisen alle ergiebige Grundwasservorkommen auf.

Die **Meininghausener Scholle** wird im E durch den Meininghausener Graben, im N definitionsgemäß durch den Lauf der Twiste bzw. unweit NW der Twiste, im S lithologisch durch den Ausstrich des Zechsteins übertage und im W durch den Westheimer Abbruch begrenzt.

Die Schichten des Zechsteins und des ihn überlagernden Unteren Buntsandsteins weisen, durch tektonische Prozesse vorgegeben, eine nach N einfallende Muldenstruktur auf. Die an den Rändern im W und E abgesackten Grabenrandschollen fallen jeweils in Richtung der sie seitlich begrenzenden Gräben ein. Die Scholle entwässert oberirdisch sowohl über die Twiste im N als auch über die Werbe im S, der hauptsächlich Grundwasserabstrom erfolgt jedoch zur Twiste. Die als N Grenze der hydrogeologischen Einheit gewählte Twiste ist im Flussabschnitt der Meininghausener Scholle nur für einen Teil des aus dieser Scholle abfließenden Grundwassers örtlicher Vorfluter. Ein nicht zu quantifizierender Anteil des Grundwassers aus dieser Teileinheit unterströmt die Twiste und tritt erst deutlich N bis NE in Vorfluter über.

Die sich W daran anschließende **Ense-Scholle** wird im E von der Meininghausener Scholle durch den Itter-(Halb-)Horst begrenzt, der im E wiederum durch den Westheimer Abbruch abgeschnitten wird. Der Itter-Horst selbst bildet hydrogeologisch

Tab. 2. Hydrogeologische Parameter der Einheit 1.1.

Nr. der Teileinheit		1.1.1 Arolsen–Schlierbacher Scholle			Ense- Scholle	1.1.2 Meining- ringh. Scholle		Vas- becker Scholle	1.1.3 Wolfh.–Nbg. Graben		1.1.4 Istha-Scholle		1.1.5 FKB- Bucht (Btst.)
		nördl. Teil	mitt. Teil	südl. Teil		nördl. Teil	südl. Teil		i.e.S.	südl. Teil			
Größe	[km ²]	270	120	170	31	53	35	74	77	60	241		
vorherrschende Formation [†]		su+sm, (z)			su+sm, z			m+s		sm		su+sm	
ΣΔQ	Abfluss, gemessen [l/s]	857	50	122	184	220	235	126	41	194	–	–	
ΣΔA _{Eo}	Fläche (Teileinzugsgebiete) [km ²]	269	38,7	142	31	53	35	53	128	86			
Δq	Abflussspende [l/(s·km ²)]	3,2	1,3	0,86	5,9	4,2	6,7	2,4	3	2,3			
Korrekturfaktoren am Pegel für													
A _u	MoMNO/MQ _{beob.}	(2,16)**	1,98	2,44				(2,16)	(1,9)	(1,9)			
min. A _u	SoMNO/MQ _{beob.}	(1,7)**	1,92	1,97				(1,7)	(1,5)	(1,5)			
korrigierte Abflussspende													
A _u	[l/(s·km ²)]	(6,9)**	2,57	2,1				(5,2)	(5,7)	(4,4)	0,45		
min. A _u	[l/(s·km ²)]	(5,4)**	2,5	1,7	3,2		4,5–5,0	(4,0)	(4,5)	(3,5)	0,36		
direkter Abfluss in große Vorfluter		[l/s]	–	(50)	(60)								
entsprechend		[l/(s·km ²)]	–	(0,4)	(0,3)								
Zu-/Ableitungen aus den Teileinh.		[l/s]	unbed.	unbed.	50	33	30 ?	unbed.	9	29	–		
entsprechend		[l/(s·km ²)]			0,3	1,1	0,6 ?		0,1	0,4			
nach Korrektur Zu-/Ableitungen		[l/(s·km ²)]	–	3,0	2,7	7,0	4,7 ?	6,7 ?					
berech. Grundwasserneubildung		[l/(s·km ²)]	3,0	3,0	2,5	6,0–7,0	4,0–4,7	4,8–6,7	4,5	4,0	0,5	2,8–3,6	
Grundwasserdargebot (gerundet)		[l/s]	810	360	420	185–217	210–250	170–235	330	300	–	750	
Reduktion auf gewinnbares Grundwasserdargebot		[l/s]	490	140	170	120	140	150	165	260	–	525	
Reduktion auf nutzbares Grundwasserdargebot		[l/s]	300	70	100	40–70***	50–100***	50–90***	100	156	–	315	

* z: Zechstein, s: Buntsandstein, su: Unterer Buntsandstein, sm: Mittlerer Buntsandstein, m: Muschelkalk

** Korrekturfaktoren sind zu hoch; Störungs- und Zerrüttungszonen führen hier lokal zu erhöhten Abflusspenden, die nicht für die Teileinheit repräsentativ sind

*** abhängig von der Qualität des gefördert Wassers

eine je nach Wasserstand im Karst-Grundwasserleiter nicht scharf festzulegende Wasserscheide zwischen Ense- und Meininghausener Scholle. Im W, N und S wird die Ense-Scholle von gering durchlässigen Gesteinen des gefalteten Paläozoikums sowie basalen (bindigen) Schichten des Zechsteins (Teileinheit 1.2.1) begrenzt. Die Grenzziehung zwischen den Teileinheiten 1.1.2 und 1.2.1 ist teils tektonisch bedingt, teils stratigraphisch.

In der Ense-Scholle werden Schichten des Zechsteins von Unterem Buntsandstein und Quartär überlagert. Auf Grund ihrer tektonischen Struktur lässt sie sich als eine nach W gegen das Rheinische Schiefergebirge einfallende Muldenstruktur mit einer etwa in E–W-Richtung verlaufenden Muldenachse unmittelbar S von Korbach beschreiben. Das im Karstgrundwasserleiter durch die hydraulisch gering durchlässigen Gesteine des Rheinischen Schiefergebirges im W angestaute Grundwasser findet seinen Überlauf in die Itter, die die Scholle nach E hin entwässert.

Die N von der Ense-Scholle liegende **Vasbecker Scholle** wird im W, N und S lithologisch durch den Ausstrich der im zentralen Teil der Scholle als Grundwasserleiter genutzten karbonatischen Schichten des Zechsteins (Teileinheit 1.2.1) begrenzt, im E bildet der Westheimer Abbruch die natürliche (tektonische) Grenze.

Die Vasbecker Scholle ist eine nach NE eingetiefte weitflächige Mulde mit der Orpe als Vorfluter. Sie wird im W, S und N (hier unvollkommen) von Gesteinen des Ober-Devons und Unter-Karbons begrenzt. Die Zechstein- und Buntsandstein-Folgen liegen diskordant den älteren, überwiegend oberdevonischen Schichten auf und fallen flach von WSW nach ENE ein. Ihre Mächtigkeit nimmt deshalb nach ENE zu. Im W, S und N weist die Mulde noch einen 2–3 km breiten Saum durch den Ausstrich der Zechsteinschichten auf. Nach ENE nimmt der Zechstein auf über 80 m, der überlagernde und den Grundwasserleiter schützende Untere Buntsandstein bis auf 40 m zu. Da die altpaläozoischen Schichten schlecht durchlässig, die Buntsandstein-Schichten weniger durchlässig und die Zechstein-Schichten gut durchlässig sind, ist die Vasbecker Scholle eine hydrogeologisch weitgehend abgeschlossene Mulde. Während der oberirdische Abfluss nach N und E gerichtet ist, fließt das Grundwasser weitgehend nach N.

Da die grundwasserleitenden Kalk- und Dolomitsteine des Zechsteins in allen drei Schollen verkarstet sind, haben sie nur ein geringes Reinigungsvermögen. Für die Grundwassergewinnung sind sie deshalb nur geeignet, wenn sie unterhalb einer ausreichend mächtigen und gut reinigenden Überlagerung aus feinkörnigen Schichten des Unteren Buntsandsteins durch Bohrungen aufgeschlossen werden können. Wichtigster und ergiebigster Grundwasserleiter ist der Schaum- und Stinkkalk des Unteren Zechsteins (z1), lokal (z.B. für Einzelversorgungen) kann aber auch der Untere Buntsandstein erschlossen werden. Infolge anthropogener Belastung (NO_3^-) ist der Haupt- (z2) und Plattendolomit (z3) des höheren Zechsteins z.Z. teilweise nicht nutzbar.

Auf Grund oftmals geringmächtiger reinigender Deckschichten, starker landwirtschaftlicher Nutzung großer Teile der Ein-

zugsgebiete, dem Versinken von belastetem Bachwasser und teilweise hoher Entnahmemengen ist allen drei Schollen ein steigender anthropogener Einfluss (NO_3^- -Gehalt > 50 mg/l und teilweise CKW-Spuren) gemeinsam. Teilbereiche, insbesondere in der Vasbecker Scholle, aber auch im S-Teil der Ense-Scholle, weisen deshalb derzeit nur ein eingeschränktes nutzbares Grundwasserdargebot auf. Um Zuflüsse von verunreinigtem Grundwasser zu den Förderbrunnen, insbesondere aus den besiedelten und landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächenteilen der Einzugsgebiete in den genutzten Grundwasserleiter zu minimieren, kann teilweise (z.B. in der Ense- und der Vasbecker Scholle) nur ein Teil der errechneten Grundwasserneubildung für die Wasserversorgung genutzt werden.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 2 und 9 zu entnehmen.

3.1.3 Hydrogeologische Teileinheit 1.1.3 Wolfhagen–Naumburger Graben (Größe: 74 km²)

Der Wolfhagen–Naumburger Graben ist eine etwa NNW–SSE streichende, von Volkmarshausen über Wolfhagen und Naumburg bis Fritzlar verlaufende Störungszone. Er liegt zwischen der Arolsen–Schlierbacher Scholle (Teileinheit 1.1.1) im W sowie der Warburger Störungszone, der Zierenberger und der Isthia-Scholle im E (Teileinheiten 2.4.1 und 1.1.4).

In diesem Graben sind Gesteine des Röts (Oberer Buntsandstein) und des Muschelkalkes, teilweise auch des Keupers und des Lias, in die überwiegend aus Unterem und Mittlerem Buntsandstein bestehende Umgebung eingebrochen. Innerhalb des Grabens liegen einige Hochschollen, in denen Oberer und Mittlerer Buntsandstein an die Geländeoberfläche tritt.

Die Sandsteine des Buntsandsteins und Keupers (letztere teilweise) sowie die Kalksteine des Muschelkalkes und eingeschränkt des Juras sind gute Grundwasserleiter. Infolge der geringen Ausdehnung der einzelnen Schollen in der Grabenzone und der reichlich zwischengelagerten Ton-, Schluff- und Mergelsteine in Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper und Jura umfassen die sandigen Schichten jedoch meist nur kleine Einzugsgebiete. Die größeren Vorkommen von Kalksteinen des Muschelkalkes innerhalb des Grabens sind wegen ihrer teilweise karstartig erweiterten Klüfte weniger für eine Trinkwassererschließung zu empfehlen, da von der Oberfläche her eindringendes verunreinigtes Wasser in der Regel nur schlecht gereinigt wird und daher Trinkwassergewinnungsanlagen in Gesteinen des Muschelkalkes ständig hygienisch gefährdet sind.

Die Grabenrandstörung zu den Randschollen der Arolsen–Schlierbacher Scholle ist meist nur gering durchlässig – das Gefälle der Grundwasseroberfläche ist im Grenzbereich relativ steil, und das Wasser der Randschollen weist eine nur geringe Härte auf –, sodass die Grabenrandstörung zumindest abschnittsweise auf Grund des unwesentlichen Grundwasseraustausches zwischen beiden Einheiten auch eine hydrogeologische Grenze zwi-

schen beiden Schollen ist. Ein nutzbares Grundwasserdargebot weisen nur die Horst- und Randschollen des Mittleren Buntsandsteins im N und S der Teileinheit auf.

Der staffelförmig abgebrochene W Grabenrand (er gehört entgegen gängigem Sprachgebrauch hydrogeologisch noch zur Arolsen-Schlierbacher Scholle und wird dort beschrieben) besteht aus Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins. Nur er ist in nennenswertem Umfang für eine Trinkwassererschließung geeignet (z.B. bei Naumburg und Wolfhagen).

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 2 und 9 zu entnehmen.

3.1.4 Hydrogeologische Teileinheit 1.1.4 Isth-Scholle (Größe: 137 km²)

Die Isth-Scholle in vorliegender Abgrenzung schließt E an den Naumburger Graben an. Sie wird im N durch den Kasseler Graben und im E durch die Niederhessische Senke begrenzt, im S bildet die Eder die Grenze. Im engeren Sinn wird nur der überwiegend aus Mittlerem Buntsandstein aufgebaute N Teilbereich als Isth-Scholle bezeichnet. Da diese Schichten sowohl im E als auch im S unter solche des Oberen Buntsandsteins (Röt) abtauchen, ist für diese Teileinheit – zumindest im hydrogeologischen Sinn – ein gut fassbarer Rand gegeben.

Dieser N Teil der Teileinheit (Isth-Scholle i.e.S., Größe rd. 75 km²) besteht aus gut durchlässigen Sandsteinen der Solling- und der Hardeggen-Folge und nur untergeordnet aus Wechselfolgen des tieferen Mittleren Buntsandsteins. Generell fallen die Schichten in E Richtung ein. Nach E folgen daher immer jüngere Schichten des Mittleren und schließlich des Oberen Buntsandsteins. Diese Teileinheit ist durch mehrere meist NNW–SSE bis NW–SE verlaufende Störungen in Einzelschollen zerlegt. An den hydrogeologischen Tiefpunkten der Gesamtscholle liegen an den Rändern die Quellgebiete der Kirchberger Quellen, N von Kirchberg sowie der Glockenborn, SE von Wolfhagen (Überlaufquellen).

Ein nutzbares Grundwasserdargebot weisen hier vor allem die Sandsteine der Solling- und der Hardeggen-Folge auf. Diese haben meist gute Durchlässigkeiten und damit hohe Ergiebigkeiten. Aber auch die Schichten des tieferen Mittleren Buntsandsteins können für die Förderung von Grundwasser herangezogen werden. Diese sind im Westteil der Scholle, der Altenstäd–Elbenberger Schollenzone, verbreitet. Die sich S anschließende Teilscholle – sie ist überwiegend aus Gesteinen des Oberen Buntsandsteins (Röt) aufgebaut (S Isth-Scholle) – wird zurzeit für die Trinkwassergewinnung wenig genutzt. Es ist hier örtlich mit Grundwasser höherer Gesamtlösungskonzentration zu rechnen.

Die Isth-Scholle steht insbesondere mit dem im E unter der tertiären Überdeckung der Hessischen Senke anstehenden Buntsandstein – und somit mit der Fulda als Vorfluter – in hydraulischer Verbindung; es bestehen aber auch hydrogeologische/hydraulische Beziehungen zum Wolfhagen–Naumburger Graben im W. Für die Trinkwassergewinnung hauptsächlich genutzt wer-

den die bereits genannten Quellen bei Kirchberg und Wolfhagen sowie Brunnen bei Kirchberg, Emstal und bei Schauenburg-Breitenbach. In der S Isth-Scholle ist nur lokal ein nutzbares Grundwasserdargebot vorhanden, örtlich ist mit einer erhöhten Mineralisation zu rechnen.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 2 und 9 zu entnehmen.

3.1.5 Hydrogeologische Teileinheit 1.1.5 Buntsandstein der Frankenberger Bucht (Größe: 241 km²)

Die Frankenberger Bucht, mit dem Burgwald im W und der Wetschaft-Senke im E, wird W und N vom Rheinischen Schiefergebirge und E vom Kellerwald als Ostvorsprung des Rheinischen Schiefergebirges umgeben. Südlich stößt die Frankenberger Bucht an das Amöneburger Becken.

Die Frankenberger Bucht bildet morphologisch eine uhrglasförmige Aufwölbung, bestehend aus Gesteinen des Buntsandsteins, die durch Störungen, insbesondere in NW–SE-Richtung (Durchpausen von Querstörungen des unterlagernden Schiefergebirges) durchzogen wird. Burgwald und Wetschaft-Senke werden von Gesteinen des Buntsandsteins aufgebaut (Teileinheit 1.1.5). In einem schmalen Streifen, der auf ältere Gesteine des (gefalteten) Paläozoikums auflagert, streicht der unterhalb des Buntsandsteins hier anstehende klastische Zechstein, teilweise in randlichen Staffelbrüchen, zu Tage aus (Teileinheit 1.2.2). Auf Grund der die Frankenberger Bucht im W, N und E (im S wird die Teileinheit von der Bearbeitungsgrenze durchschnitten) umgebenden Gesteine mit deutlich reduzierter hydraulischer Durchlässigkeit (gefaltetes Paläozoikum von Kellerwald und Ederbergland), sind die beiden diese Bucht aufbauenden Teilgebiete zusammen auch eine hydrogeologisch weitgehend definierte und geschlossene Einheit.

Der Untere Buntsandstein ist insbesondere in den Randbereichen der Teileinheit aufgeschlossen, der Mittlere Buntsandstein steht vor allem im Burgwald und weiter E bis Treysa an und der Obere Buntsandstein (Röt-Folge) streicht nur in der Umrandung des Amöneburger Beckens (außerhalb des Planungsgebietes) aus. Die Ausbildung des hier anstehenden Buntsandsteins weicht deutlich von der faziellen Entwicklung im zentralen Beckenteil ab. Insbesondere ist der deutlich gegliederte Wechselfolgenaufbau des Mittleren Buntsandsteins hier nicht klar erkennbar. Die gesamte Schichtenfolge ist, da hier als Randfazies ausgebildet, grobkörniger, weitgehend tonsteinfrei und deutlich geringer mächtig. Im Mittleren Buntsandstein ist die Gebirgsdurchlässigkeit meist hoch.

Ein nutzbares Grundwasserdargebot weisen hier insbesondere die Gesteine des Mittleren Buntsandsteins auf. Die Gesteine des Unteren Buntsandsteins sind nur dort für Wassergewinnungen geeignet, wo sie besser geklüftet und daher durchlässig sind. Für lokale Wasserversorgungen genutzt werden aber trotzdem vor allem – auf Grund der Lage der Ortschaften – Gesteine des Unte-

ren Buntsandsteins, teilweise auch zusammen mit dem unterlagernden (klastischen) Zechstein, insbesondere im Bereich von hydraulisch wirksamen Störungen, wie z.B. im Raum Frankenberg. Der Mittlere Buntsandstein ist, obwohl wesentlich ergiebiger, noch weitgehend ungenutzt, weil er meistens in unbesiedelten ausgedehnten Waldgebieten ausstreicht. Eine Nutzung dieses Grundwasserdargebots, insbesondere im Burgwald, wurde bereits mehrfach angedacht, aus naturschutzrechtlichen Gründen jedoch immer wieder verworfen. Das größte nutzbare Grundwasserdargebot ist im Gebiet Rhoda–Rosenthal zu erwarten.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 2 und 9 zu entnehmen.

3.2 Hydrogeologische Einheit 1.2 Zechstein der Frankenger Bucht und nördlich sowie östlich des Kellerwaldes

(Größe: 203 km²)

Der am E-Rand des Rheinischen Schiefergebirges ausstreichende Saum aus Gesteinen des klastischen (im S) und karbonatischen (im N) Zechsteins kennzeichnet den Übergang von diesem zum Nordhessischen Buntsandstein (Einheit 1.1). Durch ein generelles Einfallen der Schichten in E bzw. im Bereich der Frankenger Bucht SE Richtung ist der Zechstein meist nur in einem schmalen Streifen aufgeschlossen und wird nach wenigen Kilometern in E bzw. S Richtung von den (jüngeren) Schichten des Buntsandsteins überlagert.

Ein nutzbares Grundwasserdargebot weisen die Gesteine des Zechsteins nur zwischen dem Wildunger und dem Bergheimer Abbruch, hier tektonisch abgesenkt und teilweise noch von Unterem Buntsandstein überlagert sowie im Bereich der Frankenger Bucht auf. Infolge ungenügend reinigender Deckschichten ist das Grundwasser in diesen Schichten generell hygienisch gefährdet.

3.2.1 Hydrogeologische Teileinheit 1.2.1 Zechstein nördlich und östlich des Kellerwaldes (Größe: 126 km²)

Westlich der Vasbecker, W und S der Ense- sowie S der Meininghausener Scholle und am NE-Rand des Kellerwaldes streicht in einem schmalen Streifen eine Wechselfolge von Dolomit- und Tonsteinen des Zechsteins zu Tage aus. Im Bereich von Vasbecker, Ense- und Meininghausener Scholle liegen diese Schichten relativ hoch zu den lokalen Vorflutern und werden zudem nicht oder nur von geringmächtigen reinigenden Deckschichten überdeckt, sodass ihre Wasserführung gering und das in ihnen fließende Grundwasser von wechselnder Qualität ist.

Nordöstlich des Kellerwaldes sind diese Schichten zwischen dem Wildunger und dem Bergheimer Abbruch staffelförmig abgesenkt, die Überlagerung durch feinkörnige, sandig-schluffige Schichten des Unteren Buntsandsteins nimmt zu. Im Raum Bad Wildungen wird in diesen Gesteinen neugebildetes Grundwasser in der Quelle Großer Brunnen genutzt. Die Gemeinde Ederthal betreibt N davon in diesen Schichten ebenfalls Brunnen zur lokalen Wasserversorgung. Insgesamt ist das Grundwasser in diesen Schichten verschmutzungsempfindlich. Das nutzbare Grundwasserdargebot ist weitgehend erschlossen.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 3 und 9 zu entnehmen.

3.2.2 Hydrogeologische Teileinheit 1.2.2 Zechstein der Frankenger Bucht (Größe: 77 km²)

Die am NE-Rand der Frankenger Bucht in mehreren Staffeln saumartig zu Tage anstehenden Schichten des Perm, deren Hauptteil dem Zechstein angehört, sind vorherrschend als Konglomerate und brekziöse Sandsteine entwickelt. Diesen sind untergeordnet tonig-karbonatische Zwischenmittel (Dolomite mit Tonsteinlagen) eingeschaltet. Im NE, am Rand zum Kellerwald

Tab. 3. Hydrogeologische Parameter der Einheit 1.2.

Nr. der Teileinheit		1.2.1	1.2.2		
			Teilgebiet* 1	Teilgebiet* 2	Teilgebiet* 3
Größe	[km ²]	126	25	25	27
vorherrschende Formation**		su, z	su, z	su, z	su, z
Abflusspende (ermittelt aus vorliegenden Daten)					
A _u	[l/(s·km ²)]	4 (-6)	2-3	2-3	1-2
direkter Abfluss in große Vorfluter	[l/s]	-	-	-	-
Zu-/ Ableitungen aus den Teileinheiten	[l/s]	40	unbedeutend	unbedeutend	unbedeutend
entsprechend	[l/(s·km ²)]	0,32			
nach Korrektur (Zu-/ Ableitung)					
A _u	[l/(s·km ²)]	4 (-6)	2-3	2-3	1-2
berechnete Grundwasserneubildung	[l/(s·km ²)]	4-5	2-2,5	2	1-2
Grundwasserdargebot (gerundet)	[l/s]	500 (-600)	50-63	50	27-54
Reduktion auf gewinnbares Grundwasserdargebot	[l/s]	250 (-300)	40	40	25
Reduktion auf nutzbares Grundwasserdargebot	[l/s]	80 (-100)	30	20	20

* Definition der Teilgebiete 1-3 vgl. Text

** z: Zechstein, su: Unterer Buntsandstein

(Frankenau), werden diese Gesteine von Folgen des Unteren Buntsandsteins überlagert.

Ein nutzbares Grundwasserdargebot weisen die Gesteine des Zechsteins allgemein bei ausreichender Mächtigkeit und Klüftung auf. Aufgrund besonders günstiger hydrogeologischer Bedingungen (Anstau am Schiefergebirge, tektonische Zerlegung des Grundwasserleiters und eine von S nach N gerichtete Grundwasserströmung; TK 25 Bl. 4919) ist im E Bereich (E von Frankenberg) ein relativ großes nutzbares Grundwasserdargebot, teilweise auch wegen Uferfiltratförderung, bekannt. Hier ist die Einschränkung zu beachten, dass nur das obere schwach mineralisierte Grundwasserstockwerk für die Trinkwassergewinnung nutzbar ist. Dieses nutzbare Grundwasserdargebot ist hier aber bereits weitgehend erschlossen. Im W Teil (TK 25, Bl. 4918, z.B. im Raum Battenberg und Allendorf/E.) ist das Grundwasserdargebot im klastischen Zechstein infolge i.Allg. zu geringer Mächtigkeit dieses Grundwasserleiters meist nur in Talauen oder an den Talrändern durch Brunnen nutzbar, wenn entweder das quartäre Grundwasserstockwerk mitgenutzt werden kann oder eine Uferfiltratgewinnung möglich ist.

Die Teileinheit lässt sich in drei Teilgebiete untergliedern: SE und NW der Eder das Einzugsgebiet der Nemphe mit dem dort vorhandenen quartären Grundwasserleiter (Teilgebiet 1), der Nordteil der Frankenger Buch, in dem ein relativ mineralarmes oberes Grundwasservorkommen von einem deutlich höher mineralisierten tieferen Grundwasser unterschichtet wird (Teilgebiet 2) und der NE Gebietsanteil E der Wohra (Teilgebiet 3).

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 3 und 9 zu entnehmen.

3.3 Hydrogeologische Einheit 1.3 Buntsandstein östlich der Niederhessischen Senke

(Größe: 873 km²)

Im Buntsandstein-Gebiet E der Niederhessischen Senke stehen an der Geländeoberfläche überwiegend Gesteine des Mittleren Buntsandsteins an. Auf Grund der meist guten Durchlässigkeit und der in diesen Schichten vorliegenden hohen Grundwasserneubildung weist diese Einheit i.Allg. ein hohes (gewinn- und nutzbares) Grundwasserdargebot auf.

3.3.1 Hydrogeologische Teileinheit 1.3.1 Reinhardswald (Größe: 412 km²)

Die hydrogeologische Teileinheit Reinhardswald ist wesentlich größer als der Reinhardswald im forstwirtschaftlichen Sinne.

Der Reinhardswald liegt W der Weser zwischen Münden und Karlshafen und wird im NW durch die Diemel und im S durch die Fulda begrenzt. Im W wird der Mittlere Buntsandstein des Reinhardswaldes, bevor er unter den Oberen Buntsandstein und Muschelkalk abtaucht, von dem breiten, N–S verlaufenden Esse-Tal eingefasst.

Als SW-Teil des Solling-Gewölbes ist der geologisch-lithologische Aufbau des Reinhardswaldes von Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins gekennzeichnet. Die Buntsandstein-Schichten des Reinhardswaldes fallen vorwiegend nach W und SW ein. Im E, aus dem Wesertal ansteigend, bauen die Wechselfolgen des tieferen Mittleren Buntsandsteins den Steilanstieg der flach nach WSW geneigten, stark erodierten Hochfläche des Reinhardswaldes auf. Im Niveau der Weser steht meist die Detfurth-Folge an. Die Höhen werden überwiegend von der Hardeggen-Folge aufgebaut, die nach W unter die Solling-Folge einfällt. Am W- und SW-Rand des Reinhardswaldes taucht die Solling-Folge unter das Röt (Oberer Buntsandstein, Teileinheit 2.4.1) ab oder grenzt mit Störungen daran.

Die auf den Hochflächen des Reinhardswaldes anstehenden gut durchlässigen Schichten des höheren Mittleren Buntsandsteins weisen, da sie ohne wesentliche Überdeckung an der Geländeoberfläche austreichen, eine hohe Grundwasserneubildung auf. Örtlich vorkommende sandige tertiäre Schichten sind von untergeordneter hydrogeologischer Bedeutung.

Für die Nutzung des Grundwasserdargebots am wichtigsten sind die Gesteine der Solling- und Hardeggen-Folge. Erschlossen sind diese Gesteine insbesondere im zentralen N Reinhardswald zwischen Trendelburg und Oedelsheim sowie am W- und vor allem am SW-Rand des Reinhardswaldes. Hier – unmittelbar N von Kassel – werden bei Fulda-Simmershausen sowie bei Espenau und Vellmar größere Grundwasservorkommen genutzt. Obwohl auf der benachbarten Teileinheit (2.4.1) liegend, gehören diese Brunnen bei Espenau und Vellmar hydrogeologisch zum Reinhardswald, da davon auszugehen ist, dass die Neubildung dieses hier geförderten (gespannten) Grundwassers im Bereich des Reinhardswaldes erfolgt.

Zahlreiche, meist NW–SE bis N–S streichende Grabenbrüche und Einzelstörungen teilen den Reinhardswald in Schollen auf, die z.T. unterschiedliche, voneinander unabhängige Höhenlagen der Grundwasseroberfläche aufweisen, also hydraulisch mehr oder weniger voneinander getrennt sind.

Der gewinn- bzw. nutzbare Anteil des Grundwasserdargebots ist auf der Ost- und Westseite des Reinhardswaldes verschieden hoch. Auf der Ostseite besteht die Möglichkeit, in günstigen hydrogeologischen Positionen Grundwasser über Bohrungen zu fassen. Ungünstig in diesem Gebiet ist jedoch, dass einerseits im Wesertal mehrere Mineralwasseraufstiege bekannt sind und andererseits im Hauptvorflutniveau in geringer Tiefe bereits der hydrogeologisch ungünstig zu beurteilende Untere Buntsandstein ansteht. Quellen haben nur örtliche Bedeutung und weisen starke jahreszeitliche Schüttungsschwankungen auf. Im Südteil des Reinhardswaldes, etwa zwischen Espenau und der Fulda im Bereich der Kragenhöfer Schleife, tritt, bedingt durch eine besonders hohe Gebirgsdurchlässigkeit, eine nur schwach geneigte, tief liegende Grundwasseroberfläche auf, die unmittelbar die Fulda zum Vorfluter hat. Dieses Teilgebiet weist ebenso wie der Westteil zwischen Vellmar und Trendelburg ein überdurchschnittliches Grundwasserdargebot auf. Zu bedenken ist, dass bei jeder

örtlichen Überbeanspruchung des Grundwasserdargebots im gesamten Reinhardswald, insbesondere aber an seinen Rändern, die Gefahr besteht, dass sich höher mineralisiertes Wasser in unterschiedlichen Anteilen dem geförderten Trinkwasser beimischt und dieses in unerwünschter Weise negativ verändert.

In dieser Teileinheit ist – insbesondere im Westteil – ein noch unerschlossenes nutzbares Grundwasserdargebot vorhanden. Wegen der tief liegenden Wasserspiegel sind Entnahmen i.Allg. ohne ökologische Auswirkungen möglich. Östlich einer Linie von Gottsbüren–Beberbeck–Mariendorf können allerdings in den Tälern der Reinhardswald-Hochfläche bei größeren Grundwasserentnahmen örtlich ökologische Veränderungen nicht ausgeschlossen werden.

Am N- und E-Rand des Reinhardswaldes (Wesertal) sind – wie bereits angedeutet – aus dem Zechstein aufsteigende NaCl-führende Mineralwässer in geringer Tiefe im Buntsandstein erbohrt worden. Am W-Rand des Reinhardswaldes treten bei Trendelburg und Hofgeismar chloridisch-sulfatische Mineralwässer auf, die von N (Trendelburg) nach S (Hofgeismar) abnehmenden Zechsteineinfluss erkennen lassen. In den W und S sich anschließenden Rötgebieten (Oberer Buntsandstein), Teileinheit 2.4.1, tritt unter dem nahezu undurchlässigen Röt in den Sandsteinen der Solling-Folge sehr hartes Wasser auf, das hier eine Trinkwassergewinnung ausschließt.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 4 und 9 zu entnehmen.

3.3.2 Hydrogeologische Teileinheit 1.3.2 Kaufunger Wald (Größe: 98 km²)

Die Teileinheit wird im S durch den Kasseler Graben, im E durch das Grabensystem von Altmorschen–Hessisch Lichtenau, im NE durch das Werra-Grauwacken-Gebirge und im W durch die Fulda begrenzt. Im N endet die Beschreibung an der Landesgrenze.

Überwiegend aus Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins aufgebaut – Gesteine des Unteren Buntsandsteins streichen nur in der Umrandung des Werra-Grauwacken-Gebirges, d.h. als Auflagerung auf das herausgehobene Paläozoikum zu Tage aus –, wird der tektonische Bau dieser Teileinheit von NE–SW verlaufenden Bruchstrukturen, die sich mit etwa N–S streichenden Störungen teilweise vergittern, geprägt. Großwellig verbogen, an den erwähnten saxonisch angelegten Linien zerbrochen, weist die Teileinheit ein generelles Einfallen nach W bis S auf.

Ein besonders hohes Grundwasserdargebot weisen die Schichten des Mittleren Buntsandsteins auf. Da die Solling- und Hardeggen-Folge – sie bestehen vor allem im Westteil der Teilein-

Tab. 4. Hydrogeologische Parameter der Einheit 1.3.

Nr. der Teileinheit		1.3.1	1.3.2	1.3.3
Größe	[km ²]	412	98	363
vorherrschende Formation*		sm	sm	sm
$\Sigma\Delta Q$	Abfluss, gemessen [l/s]	466	226	494
$\Sigma\Delta A_{Eo}$	Fläche [km ²]	245	108	310
Δq	Abflussspende [l/(s·km ²)]	1,9	2,1	1,6
Korrekturfaktoren am Pegel für				
A_u	MoMNQ/MQ _{beob}	2	1,5	1,5
min A_u	SoMNQ/MQ _{beob}	1,6	1,1	1,1
korrigierte Abflussspende				
A_u	[l/(s·km ²)]	3,8	3,2	2,4
min A_u	[l/(s·km ²)]	3	2,3	1,8
direkter Abfluss in große Vorfluter				
entsprechend [l/s]		455	20	160
entsprechend [l/(s·km ²)]		1	0,2	0,4
nach Korrektur direkter Abfluss				
A_u	[l/(s·km ²)]	4,8	(3,4)	2,8
min A_u	[l/(s·km ²)]	4	(2,5)	2,2
Zu-/ Ableitungen aus den Teileinheiten				
entsprechend [l/s]		200	60	–
entsprechend [l/(s·km ²)]		0,5	0,6	–
nach Korrektur Zu-/ Ableitungen				
A_u	[l/(s·km ²)]	5,3	(4,0)	–
min A_u	[l/(s·km ²)]	4,5	(3,1)	–
berechnete Grundwasserneubildung				
[l/(s·km ²)]		4,9	3,3	2,7
Grundwasserdargebot (gerundet)				
[l/s]		2 000	325	1 000
[l/s]		1 400	215	700
[l/s]		1 000	160	600

* sm: Mittlerer Buntsandstein

heit größtenteils aus Sandsteinen, bei Zunahme ihrer Mächtigkeit von E nach W – teilweise eine hohe Gebirgsdurchlässigkeit aufweisen, liegt die Grundwasseroberfläche im Westteil tief; sie hat sich mit i.Allg. sehr flachem Gefälle auf den Hauptvorfluter, die Fulda, eingestellt. Die Nieste und ihre Nebengewässer als Hauptvorfluter dieser Teileinheit zeigen deshalb ein unterschiedliches Abflussverhalten oberhalb Dahlheim/Uschlag und unterhalb dieser Orte (einschließlich der der Fulda direkt zufließenden Gewässer): Infolge der hohen Gebirgsdurchlässigkeit liegt die Grundwasseroberfläche im unteren Teil des Niestetales tief unter der Geländeoberfläche. Die Fulda ist unmittelbar Vorfluter für den unterirdischen Abfluss, die Nieste fließt hier also schwebend. Quellen, die für eine Grundwassernutzung herangezogen werden könnten, sind deshalb im Westteil selten. Die Täler im W- und NW-Teil der Teileinheit sind meist Trockentäler mit episodischer Wasserführung. Im E der Teileinheit, E von Nieste (Oberes Niestetal), nimmt die hydraulische Durchlässigkeit des Untergrundes ab. Hier liegt die Grundwasseroberfläche teilweise deutlich höher, lokal steht das Grundwasser oberflächennah an, vereinzelt wurde in Bohrungen artesisches Grundwasser erschlossen. Die Nieste ist hier Vorfluter für das Grundwasser.

Die hohe Gebirgsdurchlässigkeit des Untergrundes im W der Teileinheit führt sicherlich auch zu einer überdurchschnittlich hohen nutzbaren Grundwasserneubildung, sodass eine weitere Erschließung von Grundwasser aus hydrogeologischer Sicht in Teilen dieses Gebietes – insbesondere im W – ohne ökologische Folgen denkbar ist. Bei zu starker Förderung in den Brunnen der Stadtwerke Kassel im oberen Nieste-Tal (also oberhalb der Ortschaft Nieste) hingegen kann nicht ausgeschlossen werden, dass Oberflächengewässer und Feuchtwiesen beeinflusst werden. Die Grundwasserentnahme muss deshalb im oberen Niestetal ökologische Gesichtspunkte berücksichtigen.

Ein unerschlossenes Grundwasserdargebot ist aber auch noch im zentralen und S Teilbereich dieser Teileinheit vorhanden. Für die Grundwassergewinnung von Bedeutung sind die Schichten des Mittleren Buntsandsteins in der weiteren Umgebung des Niestetales und unmittelbar N des Kasseler Grabens. Die Schichten des Unteren Buntsandsteins, die eine Fläche von rd. 10 km² einnehmen, sind für zukünftige Wassererschließungsmaßnahmen weniger geeignet.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 4 und 9 zu entnehmen.

3.3.3 Hydrogeologische Teileinheit 1.3.3 Söhre und Melsunger Bergland (Größe: 363 km²)

Die Teileinheit „Söhre und Melsunger Bergland“ wird im N durch den Kasseler Graben und den Graben von Wickenrode, die E stark ausgedünnte Fortsetzung des Kasseler Grabens, begrenzt. Im E bildet der Altmorschen–Lichtenauer Graben und im S der Beisheimer Graben eine natürliche Grenze. Im W stößt die Teileinheit an die Niederhessische Senke. Die Teileinheit selbst

lässt sich grob entlang einer Linie Vollmarshausen–Röhrenfurth–Nieder-Beisheim in die Fuldalauf-Tiefscholle im W und die Eiterhagener Hochscholle im E zerteilen.

Die Grabenstrukturen, die im N, E und S die Grenzen der Teileinheit definieren, sind auf Grund der reduzierten Gebirgsdurchlässigkeit der in ihnen anstehenden Gesteine hydrogeologisch wirksame Grenzen. Zur Hessischen Senke hin ist das System im NW der Fuldalauf-Tiefscholle offen. Über die in diese Richtung einfallenden und abgetreppten Schichten des Mittleren Buntsandsteins erfolgt hier ein Abstrom direkt oder über die Hessische Senke in die Fulda. Im W der Teileinheit ist die Gebirgsdurchlässigkeit im Bereich der Fuldalauf-Tiefscholle, die sich N von Röhrenfurth auch E der Fulda bis in die Gesteine der Hardeggen- und Solling-Folge der Söhre ausdehnt hoch, die Grundwasseroberfläche liegt deshalb tief und die Fulda ist direkter Vorfluter. Höher liegende Täler sind Trockentäler mit teilweise episodischer Wasserführung.

In der Fuldalauf-Tiefscholle stehen N von Malsfeld Gesteine des Mittleren Buntsandsteins, überwiegend der Detfurth- und der Hardeggen-Folge an. Südlich davon stehen im Niveau der Fulda, als dem Hauptvorfluter der gesamten Scholle, neben Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins im W auch solche des Unteren Buntsandsteins im E an.

Im Bereich der Eiterhagener Hochscholle werden die zentralen Teile überwiegend aus Gesteinen des tieferen Mittleren Buntsandsteins (Volpriehausen-Folge) aufgebaut. Untergeordnet, insbesondere im E der Teileinheit, so bei Quentel, ferner S der Pfiiffe und im E von Adelshausen, stehen auch Gesteine des Unteren Buntsandsteins an.

Die Fuldalauf-Tiefscholle weist ein insgesamt flaches, in Störungsnähe auch steileres Einfallen in N bis NW Richtung auf. Die Buntsandsteinschichten der Eiterhagener Hochscholle fallen generell in W–NW-Richtung ein. Die beide Teilschollen durchziehenden Verwerfungen streichen meist NNE–SSW und ESE–WNW; sie treppen die Schichten des Buntsandsteins zur Niederhessischen Senke, im N teilweise auch zum Kasseler Graben, ab.

Die Gesteine des Unteren Buntsandsteins sind auf Grund ihrer lithologischen Eigenschaften hydraulisch nur mäßig durchlässig, entsprechend gering ist auch die nutzbare Grundwasserneubildung. So gestalten sich Erschließungsversuche in diesen Gesteinen generell als aufwändig, teilweise sind sie sogar unwirtschaftlich, so z.B. im SE-Teil der Eiterhagener Hochscholle. Da der Untere Buntsandstein hier nur noch in geringer Mächtigkeit vorhanden ist, kann es an Störungen zum Aufstieg sehr harter Wässer aus dem Zechstein kommen.

Die Schichten des Mittleren Buntsandsteins dieser Teileinheit sind auf Grund ihrer teilweise mächtigen und gut geklüfteten Sandsteinpakete durch hohe Gebirgsdurchlässigkeiten und überdurchschnittliche Raten der Grundwasserneubildung gekennzeichnet. Sie sind deshalb hier von überragender Bedeutung für die Trinkwassergewinnung. Im Bereich der Fuldalauf-Tiefscholle, insbesondere im Fuldatal selbst, sind sie örtlich durch teilweise mächtigere quartäre Ablagerungen der Fulda überschottet, im

Bereich der Eiterhagener Hochscholle stehen sie unter geringmächtiger quartärer Überlagerung zu Tage an. Im N der Teileinheit – im Bereich der TK 25, Bl. 4723 Oberkaufungen – werden die Gesteine des Buntsandsteins örtlich durch teilweise mächtige, insgesamt sehr gering durchlässige und gut reinigende feinkörnige Sedimente des Tertiärs überlagert; diese sind Grundwasserhemmer. Hier ist die Grundwasserneubildung gering.

Für eine weitere Grundwassererschließung kommen insbesondere die beiden tiefsten Folgen des Mittleren Buntsandsteins und hier wiederum die jeweils rd. 20 m mächtigen Basissandsteine dieser Folgen (Volpriehausen- und Detfurth-Folge) in Betracht. Wirtschaftlich werden sich Brunnen aber hier nur betreiben lassen, wenn diese Horizonte unter dem Hauptvorflutniveau erschlossen werden können. Solche Gebiete befinden sich W der Fulda (erbohrt in den Brunnen Gutenbornsgraben und Melgershäuser Wiese der Stadt Melsungen) – also im Wesentlichen im Bereich der Fuldalauf-Tiefscholle. Wenig E der Grenze zur Eiterhagener Hochscholle hebt sich die Grenzfläche Unterer gegen Mittleren Buntsandstein über das Vorflutniveau heraus, was Erschließungsversuche in diesem Gebiet der Teileinheit erschwert. Östlich einer Linie Kirchhof–Eschenstruth ist die Basis der grundwasserführenden Schichten tektonisch teilweise aber wieder so tief abgesenkt, dass sie in Bohrungen unter dem Hauptvorflutniveau angetroffen werden kann. Durch die i.Allg. tiefe Lage der für die Grundwassererschließung besonders nutzbaren Horizonte des Hauptgrundwasserleiters werden teilweise große Bohrtiefen erforderlich, was eine Beobachtung des Einflusses der Grundwasserförderung auf die hydraulischen Verhältnisse im Grundwasserleiter erschwert und i.Allg. unmöglich macht.

Im N Teil der Fuldalauf-Tiefscholle (N von Malsfeld) sind noch größere erschließbare Grundwasserreserven anzunehmen, im zentralen, NW und N Bereich der Eiterhagener Hochscholle dagegen bei nur geringfügig ungünstigeren hydrogeologischen Bedingungen – aber infolge starker Grundwasserförderung – kaum noch Erschließungsmöglichkeiten vorhanden. Im NE dieser Teileinheit, insbesondere NE der Losse, sind bei günstigen hydrogeologischen Verhältnissen – aber infolge anthropogener Einschränkungen (Rüstungsaltsstandort) – derzeit nur geringe Möglichkeiten einer Trinkwassergewinnung vorhanden. Im Südteil der Fuldalauf-Tiefscholle bestehen im Mittleren Buntsandstein des tiefer eingesunkenen W Schollenanteils wahrscheinlich ebenfalls noch Möglichkeiten für eine Grundwassernutzung.

Höher mineralisierte Grundwässer im tieferen Untergrund können bei zu starker Grundwasserförderung im Fuldata (z.B. WW Tränkeweg und Domänenwiese der Städtischen Werke Kassel) aufsteigen und zu einer Begrenzung der Förderrate Anlass geben. Solche hydrochemischen Einschränkungen sind NW von Guxhagen, im Edertal SE von Grifte, bei Röhrenfurth, Malsfeld-Beiseförth (Wildsberg-Quelle) sowie zwischen Altmorschen und Heina bekannt.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 4 und 9 zu entnehmen.

3.4 Hydrogeologische Einheiten 2.1.0 und 2.2.0 Tertiär der Niederhessischen Senke (Größe: 618 km²)

Die Schichtenfolge des sedimentären Tertiärs der Niederhessischen Senke – zwischen West- und Osthessischem Buntsandsteingebiet – besteht aus Tonen, Schluffen, Sanden und Braunkohlen, selten auch aus Kalksteinen und Kiesen. Sie liegen meist auf nur sehr gering wasserführenden Gesteinen des Oberen Buntsandsteins (Röt) und nur im E und S auf solchen des Mittleren Buntsandsteins. Untergeordnet stehen unter dem Tertiär auch Schichten des Muschelkalks an.

Die Neubildung des im Mittleren Buntsandstein unter dem Röt bzw. Tertiär gespeicherten Grundwassers erfolgt überwiegend in den Buntsandsteingebieten an den Rändern im E wie im W. Erwähnt wurden bereits Zuflüsse in die Niederhessische Senke aus der Arolsen–Schlierbacher Scholle, insbesondere bei Neuental und aus der Isthia-Scholle, die unterhalb des Tertiärs und des Röts der Fulda als regionalem Vorfluter zuströmen. Diesem permanenten, wenn auch langsamen Grundwasserzufluss ist es zuzuschreiben, dass in der Niederhessischen Senke S des Kasseler Grabens unter dem Röt meist Grundwasser mit einer Gesamthärte unter 20 °dH angetroffen wird, das als Trinkwasser genutzt werden kann, im Gegensatz zur Zierenberger und Nether Scholle (also N des Kasseler Grabens), wo in den unter dem Röt liegenden Sandsteinen der Solling-Folge meist überhartes Wasser oder sogar Mineralwasser angetroffen wird.

Die tertiären Sedimente sind – wie bereits erwähnt – meist nur gering durchlässige Grundwasserleiter und daher für größere Wassererschließungen i.Allg. ungeeignet (Ausnahme: Brunnen bei Frielendorf). Die Erfahrung mit dem in diesen Schichten ehemals umgehenden Braunkohletagebau zeigt jedoch, dass diese Schichten örtlich größere Wassermengen enthalten, die bei der Schaffung großer Eintrittsflächen (wie z.B. bei den Tage- und Tiefbauten) eine erhebliche Wasserhaltung erfordern. Es kann örtlich möglich sein, dass diese bei Sumpfarbeiten früher abgeleiteten Wassermengen – günstige Beschaffenheit der überlagernden Deckschichten vorausgesetzt – heute in dem Porengrundwasserleiter des Tertiärs in benachbarten, hydrogeologisch günstigen Positionen für Zwecke der Grundwassergewinnung entzogen werden können.

Für die Wassergewinnung von Bedeutung sind in der Niederhessischen Senke i.Allg. nur die Sandsteine und Wechselfolgen des Mittleren Buntsandsteins, insbesondere der Sandstein der Solling-Folge, in dem das Grundwasser meist gespannt ist. Die Erschließung ist – bedingt durch die mächtige tertiäre (bis 100 m) und Röt-Überlagerung (100–200 m) – aufwändig, die Leistung der Brunnen meist hoch und der Schutz gegen anthropogene Verunreinigungen auf Grund der mächtigen bindigen Deckschichten sehr gut. Örtlich können durch Zufluss von höher mineralisiertem Grundwasser aus tieferen Schichten, insbesondere nach längerfristig andauernder Förderung, größere Wasserhärten oder sogar geogen bedingte Nutzungseinschränkungen auftreten. Daher verbietet sich eine allzu starke Absenkung in diesem Gebiet, um

nicht durch Druckentlastung das im tieferen Untergrund vorhandene Mineralwasser zum Aufsteigen anzuregen.

Der Niederschlag trägt im Bereich der Niederhessischen Senke nur in den oberen Stockwerken des Tertiärs und Pleistozäns in nennenswertem Umfang zur Grundwasserneubildung bei. Das aus den Schichten des Mittleren Buntsandsteins gewonnene Grundwasser wird überwiegend von den W und E der Niederhessischen Senke gelegenen Buntsandsteingebieten ergänzt. Nur in Gebieten ohne Überlagerung durch Schichten des Oberen Buntsandsteins und/oder des Tertiärs findet auch lokal im Mittleren Buntsandstein eine Grundwasserneubildung statt. Aus den Schichten des Solling-Sandsteins findet in den hydrogeologischen Einheiten 2.1 und untergeordnet 2.2 die stärkste Förderung statt. Bei der Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebots in diesen Einheiten sind die Teileinheiten 1.1.4, 1.3.3 und die hydrogeologischen Einheiten 2.1 und 2.2 als hydrogeologisch zusammengehörig zu betrachten. Eine Erhöhung der Förderung in einem Teilgebiet beeinflusst die Gesamtbilanz, weil die Entnahmemöglichkeiten aus dem tieferen Stockwerk, dem Mittleren Buntsandstein, dadurch begrenzt sind, dass jede Steigerung in diesem Gebiet das Grundwasserdargebot in den Nachbargebieten (Arolsen–Schlierbacher- und Itha-Scholle sowie der Söhre und dem Melsunger Bergland) schmälert.

Durch tiefe Brunnen wird z.B. bei Gudensberg, Borken, Frielandorf-Todenhausen oder Schwalmstadt Trinkwasser aus dem Mittleren Buntsandstein gefördert. Die Beschaffenheit der in diesen tiefen Brunnen erschlossenen Wässer ist unterschiedlich,

teilweise ist das Wasser ziemlich hart. Eine Trinkwassergewinnung aus den tertiären Schichten wird auch in Zukunft schwierig bleiben. Der bereits erwähnte artesische Brunnen bei Frielandorf traf im tieferen Tertiär in mehreren Lagen sandige Kiese an. Es ist dies eine fazielle Sonderentwicklung (Randfazies), deren Verbreitung örtlich begrenzt ist.

Die tertiären basaltischen Gesteine sind mit Ausnahme des Habichtswaldes kleine Vorkommen, die meist über dem Vorflutniveau liegen. Die aus ihnen entspringenden Quellen werden teilweise für umliegende Gemeinden zur Trinkwasserversorgung genutzt; sie sind jedoch wegen ihrer geringen, meist stark niederschlagsabhängigen Schüttung sowie ihrer Lage über dem lokalen Vorfluter und ihrer relativ hohen Verschmutzungsempfindlichkeit für weitere Erschließungen durch Brunnen ungeeignet bzw. nur in Ausnahmefällen geeignet.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 5 und 9 zu entnehmen.

3.5 Hydrogeologische Einheit 2.3.0 Quartär der Eder- und Schwalm-Niederung

(Größe: 62 km²)

Eder, Schwalm und Efze haben im Bereich der Niederhessischen Senke breite, von pleistozänen Kiesen und Sanden erfüllte Talauen ausgebildet. Diese bis zu 10 m mächtigen Talablagerungen erlauben eine Nutzung von Porengrundwasser durch Flach-

Tab. 5. Hydrogeologische Parameter der Einheiten 2.1–2.4.

Nr. der Teileinheit		2.1.0 / 2.2.0	2.3.0	2.4.1 / 2.4.2
Größe	[km ²]	618	62	569
vorherrschende Formation*		s,t	q	m
$\Sigma\Delta Q$	Abfluss, gemessen [l/s]	733	0	1356
$\Sigma\Delta A_{Eo}$	Fläche (Teileinzugsgebiete) [km ²]	519	0	568
Δq	Abflussspende [l/(s·km ²)]	1,4	–	2,4
Korrekturfaktoren an Pegeln für				
A_u	MoMNO/MQbeob.	2,0	–	2,2
min A_u	SoMNO/MQbeob.	–	–	1,8
korrigierte Abflussspende				
A_u	[l/(s·km ²)]	2,8	–	5,3
min A_u	[l/(s·km ²)]	–	–	4,3
direkter Abfluss in große Vorfluter		[l/s]	0	–
entsprechend		[l/(s·km ²)]	0	–
nach Korrektur direkter Abfluss				
A_u	[l/(s·km ²)]	2,8	–	5,6
min A_u	[l/(s·km ²)]	–	–	4,6
Ab-/Zuleitungen aus den Teileinheiten		[l/s]	0,1 ?	–
nach Korrektur Ableitungen				
A_u (≈ mittlere Grundwasserneubildungsrate)	[l/(s·km ²)]	2,7	–	4,8
Grundwasserdargebot (gerundet)		[l/s]	1 670	–
Reduktion auf gewinnbares Grundwasserdargebot		[l/s]	330	**
Reduktion auf nutzbares Grundwasserdargebot		[l/s]	?	**

* s: Buntsandstein, m: Muschelkalk, t: Tertiär, q: Quartär

** gewinn- und nutzbares Grundwasserdargebot stark von lokalen Gegebenheiten abhängig, u.a. auch vom Anteil an infiltriertem Oberflächenwasser

brunnen. Auf Grund der oberflächennahen Lage des Grundwasserleiters, seines nicht ausreichenden Schutzes durch tonig-schluffige Deckschichten sowie des Zutritts von Uferfiltrat stellt eine Grundwassernutzung hier erhöhte Anforderungen an den Grundwasserschutz und gegebenenfalls an die Trinkwasseraufbereitung. Soweit feinkörnige Sande, Schluffe oder Tone den Kiesen beigemischt sind, ist die Durchlässigkeit erheblich beeinträchtigt. Für größere Neuerschließungsvorhaben ist diese hydrogeologische Einheit nicht geeignet, örtlich kann jedoch eine Grundwassergewinnung durch Anreicherung interessant sein.

Im Edertal erscheint lediglich das Teilstück zwischen Fritzlar und der Schwalmündung für zukünftige Wassererschließungen geeignet. Aus Flachbrunnen kann hier das in den Kiesen fließende Porengrundwasser – gegebenenfalls unter gleichzeitiger Mitgewinnung von Uferfiltrat oder von Anreicherungswasser – gewonnen werden. Bisher durchgeführte Untersuchungen (insbesondere von den Städtischen Werken Kassel im Gebiet von Felsberg) wiesen sehr unterschiedliche (0,2–5 m), meist aber nur geringe Mächtigkeiten der wasserführenden Kiese nach. Die Brunnen zeigten sehr unterschiedliche Ergiebigkeiten (zwischen 2,5 und 25 m³/h) bei rd. einem Meter Absenkung. Die Auswahl weiterer geeigneter Gewinnungsgebiete erfordert in den quartären Ablagerungen erhebliche Erschließungsaufwendungen, diese dürften jedoch – gemessen am möglichen Ergebnis – im Allgemeinen nicht wirtschaftlich sein.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 5 und 9 zu entnehmen.

3.6 Hydrogeologische Einheit 2.4.0 Röt und Muschelkalk des Kasseler Grabens und nördlich anschließende Gebiete

(Größe: 569 km²)

Die hydrogeologische Einheit umfasst die durch die Warburger Störungszone getrennten Röt- und Muschelkalkschollen von Zierenberg und Nethe (Teileinheit 2.4.1) sowie den Kasseler Graben (Teileinheit 2.4.2) S davon. Die auch im Bereich des Kasseler Grabens anstehenden basaltischen Gesteine des Habichtswaldes wurden separat beschrieben (hydrogeologische Einheit 2.2.0).

Die Teileinheit 2.4.1, die aus mehreren Teilstrukturen aufgebaut ist, wird im W durch die Arolsen–Schlierbacher Scholle, im SW durch den Wolfhagen–Naumburger Graben, im S durch den Kasseler Graben und im E vom Reinhardswald, hier der Grebensteiner Störungszone, begrenzt. Die generell E–W verlaufende Warburger Störungszone unterteilt die Teileinheit in die Nether Scholle (Borgentreicher Keupermulde) im N und die Zierenberger Scholle im S. Diese Störungszone weist einen komplizierten tektonischen Bau auf – hierauf wird, da sie keine größere hydrogeologische Bedeutung aufweist, nicht eingegangen – und steht somit ganz im Gegensatz zu den von keinen wesentlichen tektonischen Elementen verformten Triassschollen von Zierenberg und Nethe. Deren Schollenränder beiderseits der Störungszone liegen sich in

gleicher Höhe gegenüber, als seien zwischen ihnen keinerlei nennenswerte Dislokationen aufgetreten. Nur so ist auch der erwähnte tektonisch relativ ungestörte Aufbau der N und S angrenzenden Schollen von Nethe und Zierenberg zu erklären.

Die Nether Scholle bildet den S Rahmen der Borgentreicher Keuper-Mulde. Die hier aufgeschlossenen Muschelkalk- und Keuper-Gesteine sind flach mit umlaufendem Streichen – wie für eine Mulde typisch – nach W über N bis NE geneigt. Die Zierenberger Scholle, von vier Störungszonen (im N die Warburger und im E die Grebensteiner Störungszone, im S der Kasseler Graben und im W die Wolfhagen–Naumburger Störungszone) umgeben, wird i.w. von generell sählig gelagerten bis schwach nach N einfallenden Folgen des Muschelkalkes, in morphologischen Senken auch des Oberen Buntsandsteins (Röt), aufgebaut.

In beiden Großschollen bilden der Muschelkalk und die Solling-Folge des Mittleren Buntsandsteins zwei Grundwasserstockwerke. Sie werden getrennt durch den mehr als 200 m mächtigen Röt, der nur in geringem Maß Grundwasser führt. Die gut geklüfteten, teilweise verkarsteten Karbonatgesteine des Unteren und Oberen Muschelkalks sind gute Grundwasserleiter. Der Muschelkalk liegt allerdings in größeren Gebieten der Teileinheit oberhalb des Vorfluters. Soweit der Untere Muschelkalk, wie im Nordteil der Nether Scholle, jedoch ausreichend tief unter Vorflutniveau liegt, enthält er größere Grundwasservorkommen, die zum Teil durch Brunnen genutzt werden können (z.B. Brunnen Wettesingen im W). Eingeschränkt wird das nutzbare Grundwasserdargebot allerdings, weil die gute Wasserwegsamkeit dieser Schichten mit einer geringen Reinigungswirkung der Deckschichten einhergeht. Das Grundwasserdargebot kann also nur in Gebieten ohne potentielle hygienische Gefährdung, u.U. auch nur nach Aufbereitung, genutzt werden. Innerhalb des Muschelkalkes liegt häufig an der Grenzfläche von Mittlerem zu Oberem Muschelkalk ein Quellhorizont. Ein weiterer bedeutenderer Quellhorizont ist die Auflagerungsfläche des Unteren Muschelkalkes auf den Röt. Der Muschelkalk führt harte bis sehr harte Wasser.

Abgesehen von den bereits erwähnten sehr ergiebigen und durch Grundwasserneubildung aus dem Bereich des Reinhardswaldes (Teileinheit 1.3.1) gespeisten Grundwasservorkommen N von Kassel, ist eine Nutzung von Grundwasser in gewissem Umfang in beiden Schollen im Buntsandstein nur in den Randbereichen, in denen von den seitlich gelegenen Buntsandsteingebieten her Süßwasser zusitzen, möglich (Burguffeln, Mönchehof, Vellmar). Der karbonat- und gipshaltige Röt härtet auch hier das Grundwasser auf. In den unter dem Röt gelegenen Sandsteinen der Solling-Folge fließt weitgehend hydrogenkarbonat-sulfatisches Mineralwasser (nachgewiesen bei Hofgeismar, Westuffeln, Ehrsten, Oberelsungen und in Kassel). Daher sind einige Gemeinden des Gebietes auf Fremdbezug aus benachbarten Gebieten angewiesen (Zierenberg, Gruppe WBV Wilhelmstal in Calden-Westuffeln).

In der Warburger Störungszone sind offene und hydraulisch wirksame Klüfte nur untergeordnet zu erwarten, ihre Gebirgs-

durchlässigkeit ist insgesamt deutlich geringer als die der Schollen im N und S. Für eine Grundwassernutzung ist der Grabenbereich deshalb nicht oder nur wenig geeignet, auf Grund seiner eher absperrenden Wirkung stellt er eine hydrogeologische Grenze zwischen der Nether und der Zierenberger Scholle dar.

Die Teileinheit „Kasseler Graben und S angrenzende Röt-Schollen“ (Teileinheit 2.4.2) wird im N von der weitgehend ungestörten Zierenberger und im S von der ebenfalls relativ ungestörten Ista-Scholle durch Grabenrandstörungen begrenzt. Nach E setzt sich der Kasseler Graben unter dem Habichtswald nach Kassel und weiter bis Großalmerode (Graben von Wickenrode) fort. Letzterer bildet, auf eine schmale Störungszone ausgedünnt, die Grenze zwischen den Teileinheiten 1.3.2 (Kaufunger Wald) und 1.3.3 (Söhre und Melsunger Bergland). Im W findet er an etwa N–S streichenden Störungen innerhalb der Wolfhagener Störungszone ein unvermitteltes Ende.

Der aus Gesteinen des Oberen Buntsandsteins, des Muschelkalkes, Keupers und Lias aufgebaute Kasseler Graben ist in die aus älteren Schichten des Buntsandsteins bestehende Umgebung eingebrochen. Seine Füllung ist durch die tektonisch bedingte intensive Zerschering der kalkigen, tonig-schluffigen und sandigen Sedimente hydraulisch nur gering durchlässig. Da deshalb das jeweils zur Verfügung stehende Einzugsgebiet sehr klein ist (abdichtende Grabenrandstörungen) und das im Graben fließende Grundwasser durch nur ungenügend reinigende Deckschichten unzureichend geschützt erscheint, ist der Grabenbereich für die Erschließung von Grundwasser i.Allg. nicht geeignet. Eine Grundwassergewinnung in den Schichten des Buntsandsteins ist hier nur an den Rändern der hydrogeologischen Teileinheit 2.4.2, insbesondere im N bis NW sowie im W bis SW Teil des Kasseler Grabens möglich. Hier erfolgt an den Rändern aus den benachbarten, im Wesentlichen aus Buntsandstein bestehenden Schollen ein stärkerer Zufluss in diese hydrogeologischen Teileinheiten.

In den S anstehenden Röt-Schollen im SW der Einheit sind Grundwassernutzungsmöglichkeiten im unterlagernden Mittleren Buntsandstein N und NW der Ista-Scholle (Teileinheit 1.1.4) gegeben. Diesem Gebiet fließt im Bereich der Ista-Scholle neu gebildetes Grundwasser zu, das hier gewonnen werden kann.

Die Grundwasserneubildung in den **Teileinheiten 2.4.1 und 2.4.2** wird weniger von der Niederschlagshöhe als durch deren geologischen Bau bestimmt: Die verkarsteten Gesteine des Muschelkalkes (i.W. oberhalb des Hauptgrundwasserleiters) haben eine hohe Grundwasserneubildung, laufen aber relativ rasch leer, in die bindigen Gesteine des Oberen Buntsandsteins dringen nur geringe Anteile des gefallenen Niederschlages ein. Dies bedingt ein rasches Abfließen des Niederschlagswassers und stellt eine enge Relation zwischen Niederschlag und oberirdischem Abfluss her. Auf Grund der teilweise sehr gering durchlässigen Schichten des Oberen Buntsandsteins (Röt) ist die Grundwasserneubildung im Grundwasserleiter des Mittleren Buntsandsteins deshalb weniger vom Niederschlagsverhalten in den

beiden Teileinheiten selbst, als vielmehr vom randlichen Zufluss aus den benachbarten Teileinheiten abhängig. Auf Grund nur geringer Fließgeschwindigkeiten im ungestörten Grundwasserleiter des Solling-Sandsteins bestimmt deshalb das Niederschlagsverhalten die Grundwasserneubildung im Hauptgrundwasserstockwerk nur unwesentlich. In den Abflussspenden der Vorfluter und in den Schwankungen der Grundwasser Oberfläche im ersten (oberen) Grundwasserstockwerk ist das Niederschlagsregime dagegen umso deutlicher erkennbar.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 5 und 9 zu entnehmen.

3.7 Hydrogeologische Einheit 3.1 Rheinisches Schiefergebirge, Hydrogeologische Teileinheiten 3.1.1–3.1.3 Waldecker Upland, Kellerwald und Ederbergland

(Größe: 990 km²)

Im NW von Hessen treten gefaltete paläozoische, zum Rheinischen Schiefergebirge gehörende Gesteine i.W. im Landkreis Waldeck-Frankenberg an die Oberfläche. Der SE-Ausläufer des Kellerwaldes tangiert den SW-Teil des Schwalm–Eder-Kreises.

Das Rheinische Schiefergebirge ist in seinem geologisch-tektonischen Bau großräumig eine Folge von SW–NE streichenden Mulden und Sätteln. Im betrachteten Gebiet sind dies von S nach N: Dill-Mulde, Battenberg–Waldecker Hauptsattel mit Kellerwald-Horst, Wittgensteiner Mulde, Waldecker Mulde und Ostsauerländer Hauptsattel. Sie sind durch NW–SE verlaufende Querstörungen zerlegt. Diese Störungen werden oftmals von parallelen Kluftscharen begleitet.

Im E werden die älteren paläozoischen Gesteine des Rheinischen Schiefergebirges (i.W. Grauwacken, Tonschiefer, Kiesel-schiefer, Quarzite, Diabase und Kalke) durch die Zechsteinschichten am Übergang zu den Schollen des Nordhessischen Buntsandsteingebietes begrenzt (Teileinheit 1.2.1). Im S und SW liegen permische Gesteine der Frankenger Bucht diesen Gesteinen auf (Teileinheit 1.2.2).

Bei geringer tektonischer Beanspruchung sind die Gesteine des gefalteten Paläozoikums schlecht wasserwegsam. Die Grundwasserführung dieser Gesteine wird daher allein von der Trennfugendurchlässigkeit, d.h. von den bei tektonischen Beanspruchungen entstandenen Klüften, Schieferungs- oder Auflockerungsflächen bestimmt. In harten, spröden, daher unelastischen (sog. kompetenten) Gesteinen (z.B. Sandsteine, Grauwacken) entstehen bei tektonischen Vorgängen in der Regel quantitativ mehr Fugen als in weichen, mehr verformbaren, elastischen (sog. inkompetenten, z.B. Tonschiefer). Kompetente Gesteinsfolgen weisen daher meist ein (relativ) höheres Grundwasserdargebot auf als inkompetente.

Klüfte treten besonders in tektonischen Zerrüttungszonen sowie den Dehnungsbereichen der Sättel auf. Hier können deshalb nennenswerte Gebirgsdurchlässigkeiten auftreten. Diese für die

Wasserführung wichtigen Bewegungsbahnen sind oft sekundär wieder mit Quarz, seltener Kalkspat, Schwerspat oder anderen Mineralien abgedichtet. Derartige Gangfüllungen können aber auf Grund erneuter tektonischer Beanspruchung wieder geöffnet sein. Durch stärkere Gesteinszersetzung können ebenfalls nachträgliche Abdichtungen von Klüften auftreten. In härteren Gesteinen wie Kieselschiefern, Quarziten, Diabasen oder Kalksteinen sind Klüfte zahlreicher, die Gebirgsdurchlässigkeit und damit die Grundwasserführung deutlich besser (Kluftgrundwasser), zumal in den Kalksteinen noch Lösungshohlräume durch Verkarstung (Karstgrundwasser) hinzukommen können. Aber selbst in tektonisch stärker beanspruchten Zonen sind die paläozoischen Gesteine nur mäßig wasserwegsam, sodass sie nur für lokale Wasserversorgungen genutzt werden können. Eine Ausnahme bildet lediglich der Kellerwald-Quarzit im Südteil des Kellerwaldes (Der Keller, auch Kellerwald i.e.S.), der aber morphologisch hoch liegt und daher schwer erschließbar ist. Doch sind die Vorkommen dieser besser durchlässigen (wasseraufnahmefähigeren) Gesteine nur kleinflächig, sodass sich die hydrogeologische Gesamtbeurteilung des Rheinischen Schiefergebirges höchstens in Teilbereichen verbessern kann.

Für die Wassergewinnung nutzbar sind diese insgesamt recht wenig durchlässigen Gesteinsserien vor allem bei einem engräumigen Wechsel von möglichst vielen unterschiedlichen Gesteinsarten. Die Brunnenleistungen sind jedoch trotzdem meist gering. Bei monotonen Abfolgen zeigen Brunnen in Tonschiefern, Kieselschiefern oder Grauwacken oftmals nur geringe Ergiebigkeiten. Diese gehen im Laufe der Betriebsdauer teilweise durch zu hohe Entnahmen und/oder durch Verockerung (hohe Gehalte an Eisen und Mangan im Grundwasser, oft bedingt durch einen falschen Brunnenausbau) noch weiter zurück, sodass Brunnen in einigen Fällen schon aufgegeben werden mussten, weil die verbleibende Restleistung selbst für kleine Ortsteile unzureichend war. Stärkere Leistungsunterschiede auf engem Raum sind bekannt, teilweise liegen zwischen benachbarten Brunnen abdich-

tende Störungen, manchmal sind relativ ergiebige, grundwasserhoffige Schichten einige 10er Meter entfernt nicht mehr vorhanden. Ergiebigere Brunnen sind meist nur in Bachnähe vorhanden („Halbzisternen“). Grundwasserneuerschließungen sind in diesen Gebieten deshalb immer mit hohem Risiko und Aufwand verbunden. Obwohl das verfügbare Grundwasserdargebot bereits weitgehend genutzt ist, sind für einzelne Ortsteile zusätzliche Erschließungsmöglichkeiten vorhanden. Da das Grundwasser in den paläozoischen Gesteinen jedoch meist hygienisch gefährdet ist, erfordert ein wirkungsvoller Grundwasserschutz erhebliche Aufwendungen.

Der weitaus größte Teil der Einheit 3.1 wird von Tonschiefer- und Tonschiefer-/Grauwackenfolgen des höheren Mitteldevons und Unterkarbons – also von inkompetenten Schichten – eingenommen. Dementsprechend schlecht sind die Durchlässigkeitsverhältnisse im Untergrund. Darauf weisen vor allem mehrere vergebliche Erschließungsversuche durch Versuchsbohrungen hin, die wegen Erfolgslosigkeit wieder verfüllt werden mussten. Diese Gebiete werden (in Tab. 6 und 9) jeweils als Teilgebiet 2 bezeichnet.

Etwas günstiger hinsichtlich ihrer Geohydraulik sind die Schichten des oberen Mitteldevons und mittleren Oberdevons (Sandsteine, Quarzit, Kalke). Ebenfalls günstige grundwasserleitende Eigenschaften besitzen die Kieselschiefer und Kieselkalke des Unterkarbons sowie die devonischen Diabasgesteine. Das Verbreitungsgebiet der genannten Gesteine beträgt nur etwa 1/5 der Einheit 3.1. Sie werden als Teilgebiet 1 ausgewiesen.

Teilweise wurden in der Einheit auch höher mineralisierte Wässer erschlossen (Bad Wildungen, Edertal-Bergheim, Edertal-Kleinern und Frankenberg). Der Einfluss von Schiefergebirgsstein auf die Eigenschaften dieser Grundwässer ist erkennbar an ihrem hohen Natriumsulfatgehalt, während der z.T. beträchtliche Chloridanteil mit zusitzenden Zechsteinwässern erklärt wird. Vielfach führen diese Wässer auch höhere Konzentrationen an gelöster freier Kohlensäure. Diese Vorkommen schränken die Trinkwassererschließungsmöglichkeiten weiter ein.

Tab. 6. Hydrogeologische Parameter der Einheit 3.1.

Nr. der Teileinheit		3.1.1 Waldecker Upland		3.1.2 Kellerwald		3.1.3 Ederbergland	
		Teilgebiet 1	Teilgebiet 2	Teilgebiet 1	Teilgebiet 2	Teilgebiet 1	Teilgebiet 2
Größe	[km ²]	58,8	175,8	117,0	285,0	24,8	328,5
vorherrschende Formation		de, dh*	dv, cd*	de, dh*	dv, cd*	de, dh*	ro-z**, cd*
Abflussspende A _q (aus vorliegenden Daten)	[l/(s·km ²)]	1,2–1,4	0,8–1,0	1,3–1,5	0,5–0,7	1,4–1,6	0,4–0,6
direkter Abfluss in große Vorfluter	[l/s]	–	–	–	–	–	–
Zu-/ Ableitungen aus den Teileinheiten		liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze für die Abflussspende A _q					
angenommene Grundwasserneubildung	[l/(s·km ²)]	1,3	0,9	1,4	0,6	1,5	0,5
Grundwasserdargebot (gerundet)	[l/s]	76	158	164	171	37	164
pro Teileinheit	[l/s]	234		335		201	
Reduktion auf gewinnbares Grundwasserdargebot	[l/s]	23	32	49	34	11	33
pro Teileinheit	[l/s]	55		83		44	
Reduktion auf nutzbares Grundwasserdargebot	[l/s]	13	15	27	16	6	16
pro Teileinheit	[l/s]	28		43		22	

* **dv**: Oberes Mitteldevon, **dh**: Mittleres Oberdevon; **de**: höheres Mitteldevon; **cd**: Unterkarbon, **ro-z**: Rotliegendes, Zechstein

** Perm lokal bis über 2 l/(s·km²)

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 6 und 9 zu entnehmen.

3.8 Hydrogeologische Einheit 5.1 Nordosthessische Trias-Landschaft nördlich der Fulda

(Größe: 1278 km²)

Die am nördlichsten liegenden Flächen des osthessischen Buntsandstein-Gebietes werden großräumig aus Gesteinen des Unteren Buntsandsteins aufgebaut. Lediglich an Grabenrändern im W und im E streichen Schichten des Mittleren Buntsandsteins an der Geländeoberfläche aus. Wie Inseln liegen paläozoische Aufbrüche aus Grauwacken und Tonschiefern, aber vor allem von karbonatischen Gesteinen des Zechsteins (Werra-Grauwacken- und Richelsdorfer Gebirge) sowie Grabenfüllungen (Altmorschen-Lichtenauer und Leine-Graben) und Schichtstufen (Ringgau), aufgebaut von Gesteinen aus Muschelkalk und Keuper, in dieser Einheit.

Die Nutzung des vorhandenen Grundwasserdargebots ist in diesem Gebiet oftmals mit erhöhtem Aufwand verbunden.

3.8.1 Hydrogeologische Teileinheit 5.1.1 Werra-Gebiet (Eschwege–Witzenhausen)

(Größe: 345 km²)

Das NE vom Unterwerra-Sattel (Teileinheit 5.1.2) und N vom Ringgau (Teileinheit 5.1.5) liegende Werra-Gebiet weist einen heterogenen geologischen Aufbau auf.

Im NE, nördlich der Werra, sind Schichten des Muschelkalkes und Keupers im Bereich des S Ausläufers des Leine-Grabens in Gesteine des Mittleren Buntsandsteins eingesunken. Östlich der Werra zwischen Ober-Rieden und dem Werra-Knie W von Eschwege stehen Gesteine des Unteren, Mittleren und im oberen Abschnitt der Hänge und somit deutlich über dem Niveau der Werra, des Oberen Buntsandsteins sowie des Muschelkalkes an. Im Bereich des E–W verlaufenden Werra-Tales bei Eschwege ist als Folge jüngerer Subrosion örtlich eine mächtigere Talfüllung aus quartären Sedimenten (Sande und Kiese) ausgebildet. Südwestlich von Eschwege stehen überwiegend Gesteine des Unteren Buntsandsteins, SE mehr des Mittleren Buntsandsteins an. Der im S die Teileinheit abschließende Muschelkalk gehört geologisch zwar noch zum Ringgau, wurde aber, da oberhalb des Vorfluters liegend, aus hydrogeologischen Gründen dem Werra-Gebiet zugerechnet.

Während der tektonische Bau der geologischen Großstrukturen vorwiegend NW–SE orientiert ist, treten im Bereich des N Unterwerra-Sattels und im verlängerten Leine-Graben bevorzugt N–S bis NNE–SSW gerichtete Strukturen auf, welche die NW–SE Elemente überlagern. Der zentrale Teil weist großräumige Verbiegungen und Verstellungen – Spuren der saxonischen Tektonik in diesem Raum – mit einem generellen Einfallen nach NE bis E auf.

Das Grundwasserdargebot in dieser Teileinheit ist lokal sehr unterschiedlich. So lassen sich aus Gesteinen des Unteren Buntsandsteins NE des Kaufunger Waldes mit vergleichsweise hohem Aufwand häufig nur bescheidene Mengen an Grundwasser über flache Brunnen gewinnen. Tiefere Brunnen im Unteren Buntsandstein sind örtlich durch aufsteigendes, höher konzentriertes Grundwasser gefährdet.

Bei günstigen hydrogeologischen Voraussetzungen und einer relativ hohen Grundwasserneubildung bieten sich auch in dieser Teileinheit vor allem die Gesteine des Mittleren Buntsandsteins (insbesondere bei tektonischer Beanspruchung), im E Teil der Teileinheit auch Gesteine des Unteren Buntsandsteins (vor allem bei Subrosion des unterlagernden Zechstein) für eine Grundwassergewinnung an.

Eine Wassergewinnung im Muschelkalk ist nur bei ausreichender Mächtigkeit gut reinigender Deckschichten und bei entsprechend tiefer Einsenkung unter das Vorflutniveau sinnvoll, wie z.B. im Südteil des Leine-Grabens.

Kleinere Mengen für lokale Versorgungen können noch aus dem vorhandenen Grundwasserdargebot erschlossen werden. Höher konzentrierte, durch Aufstieg salinärer Wässer aus dem Zechstein beeinflusste Grundwasservorkommen sind in Bad Soden-Allendorf und Eschwege bekannt.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 7 und 9 zu entnehmen.

3.8.2 Hydrogeologische Teileinheit 5.1.2 Werra-Grauwackengebirge (Unterwerra-Sattel)

(Größe: 88 km²)

Als Werra-Grauwackengebirge wird der Aufbruch gefalteter paläozoischer Gesteine SW der Werra etwa zwischen Witzenhausen und den W Stadtteilen von Eschwege bezeichnet. Er trennt die Teileinheit „5.1.1 Werra-Gebiet (Eschwege–Witzenhausen)“ im NE von der Teileinheit „1.3.2 Kaufunger Wald“ im W und „5.1.4 Osthessischer Buntsandstein“ im SW.

Der altpaläozoische Kern des Unterwerra-Sattels wird aus Gesteinen des Unterdevons bis Unterkarbons aufgebaut. Diese Schichten werden von karbonatischen Sedimenten des Zechsteins überlagert. Sein tektonischer Bau passt sich den regionalen Großstrukturen an. An seinen Rändern, teilweise von NW–SE verlaufenden Störungen begrenzt, wird der horstartig herausgehobene Sattel im NW von den NNE–SSW verlaufenden Strukturen von Altmorschen–Lichtenauer Graben im S und Leine-Graben im N gequert.

Die hydrogeologische Bewertung dieser Teileinheit wird erschwert durch den erheblichen Durchlässigkeitsunterschied zwischen den Gesteinen des gefalteten Paläozoikums einerseits und des Zechsteins andererseits. So ist in den Gesteinen des Zechsteins mit einer deutlich höheren Grundwasserneubildung zu rechnen als in denen des Devons und Karbons.

In den meist nur gering durchlässigen Gesteinen von Devon und Karbon (vorwiegend Tonschiefer, Grauwacken und Diabase)

Tab. 7. Hydrogeologische Parameter der Einheit 5.1.

Nr. der Teileinheit		5.1.1	5.1.2	5.1.3	5.1.4	5.1.5	5.1.6
Größe	[km ²]	345	88	97	418	90	240
vorherrschende Formation ¹		sm + su	z, c, d	s, m	sm + su	m	r, z
$\Sigma\Delta Q$	Abfluss, gemessen [l/s]	21,4	211,7	307,6	802,4	117,4	⁵
$\Sigma\Delta A_{E_0}$	Fläche [km ²]	14,8	50,2	101	297,1	61,6	
Δq	Abflussspende [l/(s·km ²)]	1,5	4,2	3,0	2,7	1,9	
Korrekturfaktoren am Pegel für							
A_u	MoMNO/MO _{beob}	3,0	2,8	1,5	2,5	1,9	
min A_u	SoMNO/MO _{beob}	2,2	2,1	1,1	2,0	1,5	
korrigierte Abflussspende							
A_u	[l/(s·km ²)]	4,5 ²	11,8 ³	4,5 ²	6,75 ²	3,7	
min A_u	[l/(s·km ²)]	3,3 ²	8,8 ³	3,3 ²	5,4 ²	2,9	
direkter Abfluss in große Vorfluter						40	
entsprechend						~0,5	
nach Korrektur direkter Abfluss							
A_u	[l/(s·km ²)]					4,2	
min A_u	[l/(s·km ²)]					3,4	
Zu-/Ableitungen aus den Teileinheiten						-	
entsprechend						-	
nach Korrektur Ableitungen							
A_u	[l/(s·km ²)]					4,2	
min A_u	[l/(s·km ²)]					3,4	
Grundwasserneubildung						4,2	
Grundwasserdargebot (gerundet)							
Reduktion auf gewinnbares Grundwasserdargebot							
Reduktion auf nutzbares Grundwasserdargebot							

¹ **d:** Devon, **c:** Karbon, **r:** Rotliegend, **z:** Zechstein, **s:** Buntsandstein, **su:** Unterer Buntsandstein, **sm:** Mittlerer Buntsandstein, **m:** Muschelkalk

² Werte werden als zu hoch und damit als nicht realistisch für die Teileinheit angesehen; Ursache sind die aus den vorliegenden Pegeldata abgeleiteten Korrekturfaktoren, die für die Flächen nicht repräsentativ sind

³ Wert erscheint zu hoch, wurde aber nicht weiter untersucht, da das Grundwasser nicht nutzbar ist

⁴ Wert für die Teileinheiten 5.1.1 und 5.1.4 wurde von der Teileinheit 5.2.1 übernommen; in Teileinheit 5.1.3 wurde Wert durch Analogieschluss abgeschätzt

⁵ nicht untersucht, da Grundwasser hier i.Allg. nicht nutzbar

⁶ entspricht etwa der derzeitigen Förderung

ist eine Nutzung des hier vorhandenen Grundwassers zwar denkbar, bedingt durch die geringe Grundwasserneubildung und die meist geringe Gebirgsdurchlässigkeit jedoch schwierig und in großen Teilen wenig Erfolg versprechend. Ein nutzbares Grundwasserdargebot mit ausreichender Förderleistung ist hier selbst für einzelne Ortsteile nur in Einzelfällen zu erwarten. Allerdings ist in einigen Teilen die Speicherfähigkeit der paläozoischen Gesteine, die materialbezogen häufig recht gering ist, auf Grund tektonischer Beanspruchung erhöht. Eine mögliche Erklärung kann in der Überschiebungstektonik liegen, die entlang des Hölentales bekannt ist und die zu einer noch intensiveren Zersetzung der Gesteine geführt hat. Auch im Kreuzungsbereich des Unterwerra-Sattels mit dem Altmorschen–Lichtenauer Graben S von Witzenhausen sind auf Grund des dort ebenfalls zu erwartenden intensiveren Zersetztes möglicherweise größere Gebirgsdurchlässigkeiten für Grundwasser zu erwarten.

Trotz hoher Durchlässigkeiten und ausreichender Grundwasserneubildung in den Zechsteingebieten ist hier jedoch auf Grund hydrochemischer Nutzungseinschränkungen (große Härten) und hoher Verschmutzungsempfindlichkeit das in diesen

Gesteinen fließende Grundwasser i.Allg. nicht für die lokale Versorgung zu verwenden, sodass hier das nutzbare Grundwasserdargebot gering ist.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 7 und 9 zu entnehmen.

3.8.3 Hydrogeologische Teileinheit 5.1.3 Altmorschen–Lichtenauer Graben (Größe: 97 km²)

Der NNE–SSW streichende Altmorschen–Lichtenauer Graben bildet zusammen mit dem W von Wichte anschließenden E–W verlaufenden Beisheimer Graben die Grenze zwischen dem Nord- und Osthessischen Buntsandsteingebiet, also zwischen Einheit 1.3 und Einheit 5.1. Im Mittel 0,5–1 km breit, erweitert er sich N der Losse (bei Hessisch Lichtenau–Retterode) auf bis zu 6 km Breite – teilweise mit einem Mittelhorst – und schließt mit einem W Sporn an das Grabensystem von Kassel–Wickenrode an. Nördlich des Unterwerra-Sattels setzt sich das Grabensystem als S Verlängerung des Leine-Grabens mit N Streichrichtung fort.

Im Graben sind Gesteine des Oberen Buntsandsteins, Muschelkalkes und Keupers eingesenkt. Die Grabenrandstörungen weisen von SW nach NE zunehmende Versatzbeträge mit Gesamtsprunghöhen von über 300 m bei Hessisch Lichtenau auf. Die abgesunkenen Schichten lagern in zentralen Grabenteilen meist horizontal, in Randbereichen fallen sie stellenweise mit über 40° ein. Der Graben ist abschnittsweise deutlich asymmetrisch, teilweise besteht er aus einer einseitig stark eingesenkten verkippten Scholle.

Für eine Trinkwassernutzung geeignet sind vor allem die im Graben teilweise von Oberem Buntsandstein abgedeckten Schollen des Mittleren Buntsandsteins, insbesondere im zentralen, hier stark verbreiterten Grabenabschnitt NE von Hessisch Lichtenau. Die genutzten Schollen des Mittleren Buntsandsteins weisen – u.a. durch die Rötüberdeckung – hier teilweise gespannte Grundwasserverhältnisse auf und können sich wegen der ausgeprägten Querstörungen meist nur kleine Einzugsgebiete tributär machen; dadurch steht nur ein begrenztes Grundwasserdargebot zur Verfügung.

Die Ursache von teilweise variablen Ergiebigkeiten innerhalb dieser Teileinheit ist darin zu suchen, dass die Gesteine der Grabenfüllung verschiedenen Anteil an den Einzugsgebieten haben. Einzugsgebiete mit besonders großen Spenden dürften Grundwasserzuflüsse von außerhalb der Teileinheit 5.1.3 liegenden Gebieten erhalten, die aus Mittlerem Buntsandstein aufgebaut und ergiebige Grundwasserleiter sind. Andere Flächen liegen dagegen in weniger ergiebigen Teilbereichen wie z.B. dem Mittleren Muschelkalk. Dies führt zu niedrigeren Spenden und im Extremfall sogar zum Trockenfallen der Oberflächengewässer.

Besonders in Bereichen mit Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins und des Unteren und Oberen Muschelkalks kann in Einzelfällen ein nutzbares Grundwasserdargebot erschlossen werden.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 7 und 9 zu entnehmen.

3.8.4 Hydrogeologische Teileinheit 5.1.4 Osthessischer Buntsandstein (Größe: 418 km²)

Umschlossen vom Altmorschen–Lichtenauer Graben (Teileinheit 5.1.3) im W, dem Unterwerra-Sattel (Teileinheit 5.1.2) im N, der Netraer Störungszone, dem Ringgau (Teileinheit 5.1.5) und dem Richelsdorfer Gebirge (Teileinheit 5.1.6) im E sowie von Fulda und Ulfetal-Störung im S, lässt sich die Teileinheit auf Grund ihres geologischen Aufbaus und ihrer hydrogeologischen Eigenschaften in zwei Untereinheiten gliedern: W des Grabens von Vockenrode und seiner S Verlängerung bis Spangenberg sowie weiter nach SW bis Altmorschen stehen entlang des E Randes des Altmorschen–Lichtenauer Grabens in einem 1–4 km breiten Streifen überwiegend grabenwärts einfallende, häufig gut durchlässige Gesteine des Mittleren Buntsandsteins an. Östlich der beschriebenen Struktur sind mit allgemein leichtem Einfallen fast ausschließlich Gesteine des Unteren Buntsandsteins

sowie in inselartigen Aufdomungen wasserwirtschaftlich nicht nutzbare Karbonat-Gesteine des Zechsteins verbreitet.

Hydrogeologisch bedeutsam sind neben NW–SE verlaufenden Störungen und Grabenzonen insbesondere Störungszonen in NNE–SSW-Richtung. Diese und die sie begleitenden Klüfte stellen besonders wasserwegsame Bereiche dar; im E Teilgebiet können sie die Aufstiegsbahnen für höher mineralisierte Wässer aus dem Zechstein sein.

Für die Trinkwasserversorgung genutzt wird der Mittlere Buntsandstein in der W Teilscholle vor allem an den Grabenrändern und Störungszonen. Hier ist wahrscheinlich noch ein nennenswertes nutzbares Grundwasserdargebot vorhanden. Unterschiedliche Erschließungsergebnisse bei Spangenberg zeigen jedoch, dass in dieser Teilscholle hierfür oftmals ein höherer Aufwand erforderlich ist, dass aber örtlich auch Trinkwasser sogar für überörtliche Versorgungen aus dieser Untereinheit gewinnbar ist. Hydrochemische Einschränkungen durch höher mineralisierte Wässer sind in dieser Teilscholle im Buntsandstein nicht bekannt.

In der E Teilscholle dagegen fließen im Zechstein überharte Wässer, die örtlich auch zu einer Aufhärtung der im Unteren Buntsandstein fließenden Wässer beitragen. Ohne künstliche Enthärtung sind diese Wässer oftmals nicht für eine Trinkwassergewinnung geeignet (z.B. artesische Bohrung bei Nausis). Es ist deshalb auch nicht möglich, die in diesen Gesteinen rein rechnerisch gewinnbare Grundwasserneubildung für die Trinkwasserversorgung ohne kostenaufwändige Aufbereitung nutzbar zu machen. Durch die tektonische Beanspruchung des Gebirges weist der Grundwasserleiter hier teilweise eine höhere Gebirgsdurchlässigkeit auf, sodass trotz der geringen Gesteinsdurchlässigkeit des Unteren Buntsandsteins ein gewinnbares Grundwasserdargebot vorhanden ist. Insgesamt betrachtet stehen Brunnen mit relativ hohen Leistungs-Absenkungs-Quotienten zu einem großen Teil im Unteren Buntsandstein, da augenscheinlich in diesen Lagen die günstigeren tektonischen Bedingungen angetroffen wurden. So sind im Verbreitungsgebiet des Unteren Buntsandsteins relativ ergiebige Grundwasservorkommen in Bereichen vorhanden, in denen sich unterschiedliche Kluft- und Störungsrichtungen mit Subrosionsvorgängen überlagern, so z.B. bei Wehretal-Hoheneiche am Schnitt der westlichen Fortsetzung des NW–SE streichenden Netraer Grabens mit NNE–SSW verlaufenden Störungen.

Im Bereich des Hohen Meißners werden zusätzlich Quellen aus den das Mesozoikum überlagernden tertiären Vulkaniten genutzt. Das nutzbare Grundwasserdargebot ist hier erschöpft.

Das gewinnbare Grundwasserdargebot in dieser Teilscholle dürfte nur mit großem Aufwand steigerbar sein. Lokale Erschließungen wären in tektonisch beanspruchten Bereichen des Unteren Buntsandsteins möglich. Es ist aber davon auszugehen, dass auch im Mittleren Buntsandstein noch erfolgreiche Erschließungsmöglichkeiten gegeben sind. Im Besonderen kommen dafür Schollen am Rand des Altmorschen–Lichtenauer Grabens und des Sontraer Grabens in Frage.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 7 und 9 zu entnehmen.

3.8.5 Hydrogeologische Teileinheit 5.1.5 Ringgau (Größe: 90 km²)

In vorliegender Abgrenzung wird unter Ringgau die eingemuldeten Hochfläche des Muschelkalkes S des Grabens von Netra einschließlich der SE Fortsetzung des Sontraer Grabens im S der Teileinheit verstanden. Die sich N fast bis Weißenborn anschließenden Flächen des Unteren Muschelkalkes liegen fast ausschließlich über dem Vorfluter. Sie sind somit für die Grundwassernutzung ungeeignet und werden daher zur Teileinheit 5.1.1 gerechnet.

Die Kalksteine des Unteren Muschelkalkes sind gut durchlässige Grundwasserleiter (Karstgrundwasserleiter). Grundwasser-sohlschicht des in den hohlraumreichen Gesteinen des Unteren Muschelkalkes fließenden Grundwassers sind die unterlagernden, wassersperrenden Ton- und Schluffsteine des Oberen Buntsandsteins (Röt). Daher tritt das Wasser meist in Form von Überlaufquellen am Muldenrand an der Grenzfläche Röt/Muschelkalk mit stark wechselnden, niederschlagsabhängigen Schüttmengen zu Tage (Kressenteich- und Gemeindequelle in Breitau sowie die Quellen in Röhrda und Lüderbach). Auf Grund ihres geologischen Aufbaus ist diese Teileinheit ein natürliches Großlysimeter (TOUSSAINT 1979).

Bedingt durch das relativ große Hohlraumvolumen (Klüfte, Störungen und Schichtfugen können durch die Wirkung von CO₂-haltigem Wasser zu karstartigen Hohlräumen erweitert sein) und die daraus resultierenden hohen Fließgeschwindigkeiten ist das Retentionsvermögen innerhalb des Grundwasserleiters gering und die Schüttung der Quellen schwankt stark in Abhängigkeit vom Niederschlag. Es ist z.B. bekannt, dass bereits 1–2 Tage nach Starkregen Schüttungsmaxima in der Kressenteichquelle, verbunden mit Eintrübungen, auftreten. Infolge des geringen Reinigungsvermögens der Gesteine des Unteren Muschelkalkes können Verunreinigungen daher schnell und über weite Entfernungen transportiert werden. Das Grundwasser des Unteren Muschelkalkes ist deshalb hygienisch gefährdet, zumal ausreichend mächtige, bindige und gut reinigende Deckschichten über dem verkarsteten Muschelkalk auf der Hochebene nicht flächendeckend vorhanden sind. Die größte Quelle des Gebietes, die Kressenteichquelle des Wasserwerkes Breitau, weist Schüttungsschwankungen zwischen 48 und 900 l/s bei einem Mittelwert von 290 l/s auf.

In dieser hydrogeologischen Teileinheit sollte das nutzbare Grundwasserdargebot nicht durch weitere Bohrungen erschlossen werden.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 7 und 9 zu entnehmen.

3.8.6 Hydrogeologische Teileinheit 5.1.6 Richelsdorfer Gebirge (Größe: 240 km²)

Das Richelsdorfer Gebirge ist ein Aufbruch jungpaläozoischer Gesteine (Rotliegendes und Zechstein) im Bereich der Hunsrück–Oberharz-Schwelle und ihrer Querschwellen. Im N begrenzt durch den Sontraer Graben, reicht diese hydrogeologische Teileinheit im S bis an den südlichen NNW–SSE streichenden Abbruch der herausgehobenen Rotliegend-Scholle innerhalb der Teileinheit. Ihre Abgrenzung entspricht im W und im E im Wesentlichen der als Richelsdorfer Hoch bezeichneten paläogeographischen Teileinheit.

Nach ihrem geologisch-tektonischen Bau wird diese Teileinheit von drei Strukturen geprägt, die etwa in SE–NW-Richtung angelegt sind.

- Im S wird die Teileinheit von der bereits erwähnten herausgehobenen Scholle aus Rotliegend-Gesteinen aufgebaut. Diese bricht an ihrem Nordrand an einer mehrfach aufgefiederten Störungszone ab.
- Im N und W der Rotliegend-Scholle schließt sich ein allgemein flaches Tafelland aus Zechstein-Sedimenten an, das in sich stärker zerbrochen und tiefgründig verkarstet (sowohl Gips als auch Karbonatkarst) ist. Unterer Buntsandstein überdeckt im W meist großflächig den Zechstein, während er im zentralen Teil N des Rotliegend-Horstes nur in lokal begrenzten Einmündungen über Zechstein erhalten ist.
- Im E neigt sich ein zusammenhängendes Gebiet aus überwiegend Unterem Buntsandstein dem Ringgau zu. Zu dem diese Teileinheit im N und NE abschließenden Sontraer Graben tauchen die Gesteine des Buntsandsteins mit starkem Einfallen unter die Grabenfüllung aus Muschelkalk und Keuper ab, von ihm durch mehrere Verwerfungen mit nennenswerter Sprunghöhe getrennt.

Hydrogeologisch ist diese Teileinheit trotz wahrscheinlich ausreichender Grundwasserneubildung, aber wegen geogener (und anthropogener: ehemaliger Bergbau und Landwirtschaft) Nutzungseinschränkungen sowohl auf den Rotliegend- (As, Cu) als auch auf den Zechsteinflächen (SO₄²⁻) ohne nennenswerte Bedeutung.

Möglichkeiten der Grundwassergewinnung bestehen neben vorhandenen, hygienisch aber gefährdeten Quellen nur durch Erschließung von schwebendem Grundwasser durch flache Bohrbrunnen im Unteren Buntsandstein, i.w. nur oberhalb der Hauptvorflut und daher nur mit geringer Leistung. Tiefere Bohrbrunnen im Unteren Buntsandstein werden meist aufsteigende härtere und für die Wasserversorgung ungeeignete Zechsteinwässer mit erschließen. Das Grundwasser im Muschelkalk des Sontraer Grabens ist meist hygienisch bedenklich und zudem durch erhöhte SO₄²⁻-Konzentrationen häufig für die Trinkwasserversorgung ungeeignet.

Das nutzbare Grundwasserdargebot in dieser Teileinheit ist, von lokalen Vorkommen abgesehen, weitgehend erschlossen.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 7 und 9 zu entnehmen.

3.9 Hydrogeologische Einheit 5.2 Buntsandstein des Fulda-Berglandes mit Knüll (Größe: 2 282 km²)

Unterer und Mittlerer Buntsandstein bauen den S von Fulda und Ulfe liegenden Teil der Osthessischen Buntsandsteintafel auf. Im NE noch stärker herausgehoben, stehen hier paläozoische, insbesondere karbonatische Gesteine des Zechsteins (Aufbruch von Baumbach und Devon bei Mühlbach) und des Unteren Buntsandsteins an. Jüngere Gesteine von Oberem Buntsandstein (Röt) bis Keuper sind insbesondere in den NNE–SSW streichenden osthessischen Gräben erhalten geblieben.

Die Möglichkeiten zur Erschließung ausreichender Mengen an Grundwasser sind, vom Werra-Kali-Gebiet abgesehen, generell günstig.

3.9.1 Hydrogeologische Teileinheit 5.2.1 Fulda-Bergland, südlich der Fulda (Größe: 711 km²)

Die hydrogeologische Teileinheit des Fulda-Berglandes wird im NE und E durch die Fulda, ab Bad Hersfeld durch ihre Nebenflüsse Haune und Eitra, im N und NW durch das Grabensystem von Altmorschen–Hessisch Lichtenau, Beisheim und Remsfeld und im W und SW durch den Mühlbacher Aufbruch und Kirchheimer Graben begrenzt. Im S und SE bilden die Gesteine des Muschelkalkes von Großenlüderer Graben, Fuldaer Becken und Eiterfelder Mulde eine lithologisch-tektonische Grenze. Die Fulda ist Hauptvorfluter und insofern eine hydrogeologisch deutlich ausgeprägte Grenze. Es ist davon auszugehen, dass sie natürlicherweise nicht unterströmt wird. Bei großen künstlichen Absenkungen der Grundwasseroberfläche wäre dies theoretisch zwar nicht völlig auszuschließen, doch wird es praktisch nicht auftreten. Die genannten Gräben sind hydraulische Barrieren, wenn in ihnen wenig durchlässige Gesteine eingesenkt sind.

Auf Grund des hydrogeologisch unterschiedlichen Verhaltens der diese Teileinheit aufbauenden Gesteine ist es sinnvoll, die größtenteils von Unterem Buntsandstein dominierte Teilfläche N des Grabensystems von Bad Hersfeld–Neuenstein und des Mühlbacher Aufbruchs getrennt von dem überwiegend aus Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins aufgebauten Gebiet S davon zu beschreiben.

Überwiegend aus Gesteinen des Unteren Buntsandsteins aufgebaut, ist die N Untereinheit durch die saxonische Tektonik zerlegt. Sie stellt sich als ein unruhiges Bruchschollenmosaik mit bevorzugten Bruchrichtungen in NE–SW/NNE–SSW- und SE–NW/ESE–WNW-Richtung dar. In der Umgebung der durch diese Tektonik entstandenen Elemente wurden die Schichten teilweise stark gekippt, sodass die Grabenränder, insbesondere im W und NW eine deutlich reduzierte hydraulische Leitfähigkeit aufweisen. Sie können somit auch als hydrogeologische Grenzen wirksam sein. Im E und W von Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins eingefasst, weisen letztere jedoch auch hier i.Allg. die besseren Erschließungsmöglichkeiten für Grundwasser auf.

Im Bereich des Grabens von Bad Hersfeld–Neuenstein ist im Geistal ein größeres Grundwasservorkommen in den hier verbreiteten Sandsteinen des Unteren (und Mittleren) Buntsandsteins durch mehrere Brunnen für die Stadt Bad Hersfeld und die Gemeinde Neuenstein erschlossen. Brunnen im Unteren Buntsandstein mit z.T. guter Leistung werden auch von den Städten Bebra und Rotenburg genutzt.

Am Westrand dieser Untereinheit stehen die Brunnen des Wasserwerkes Remsfeld des Gruppenwasserwerkes Fritzlar–Homberg in Schichten des Mittleren Buntsandsteins in einer Grabenrandstaffelscholle des Remsfelder Grabens. Ansonsten sind hier nur Erschließungsversuche für die lokale Versorgung von Trinkwasser durchgeführt worden.

Die sich zwischen Hersfelder Graben im N und Fuldaer Becken im S erstreckende, rd. 10 km breite S Teilfläche des als Fulda-Bergland ausgewiesenen Gebiets wird überwiegend aus Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins aufgebaut. Auch diese Schichten sind durch tektonische Vorgänge sowohl flachwellig verbogen als auch großräumig zerbrochen und verstellt. Dominierend sind hier um die N–S-Richtung pendelnde sowie NW–SE, untergeordnet auch SW–NE verlaufende Störungszonen.

Der hier anstehende Mittlere Buntsandstein ist ein relativ ergiebiger Grundwasserleiter, sodass gegebenenfalls eine weitere Nutzung des Grundwasserdargebots trotz bereits bestehender Grundwasserförderung – insbesondere in der Umgebung von Breitenbach und Queck – erfolgreich sein müssten. Wie Beobachtungen an Tunneln der Neubaustrecke Hannover–Würzburg zeigen, weisen selbst die hier über dem Hauptvorfluter liegenden längeren Tunnelbauwerke wie Richthof- oder Dietershan-Tunnel relativ starke Schüttungen auf.

Da die hydrogeologische Teileinheit 5.2.1 vorwiegend aus Gesteinen des Unteren und Mittleren Buntsandsteins aufgebaut wird, ist hinsichtlich des gewinnbaren Grundwasserdargebots der Grad der tektonischen Beanspruchung und die damit einhergehende Erhöhung der Trennfugendurchlässigkeit ein entscheidender Faktor für die Leistungsfähigkeit eines Brunnens. Im Fulda-Bergland sind hohe Brunnenergiebigkeiten daher vor allem in der Nähe zu den Rändern von Grabenstrukturen (z.B. Graben von Ersrode–Hainrode) und im Salzhangbereich (bevorzugt an Rändern von Subrosionssenken) zu finden (Bad Hersfeld, Haun- eck-Unterhaun, Burghaun, Hünfeld bzw. Wasserwerk Praforst). Die hohe Leistung der Bad Hersfelder Brunnen im Geistal und die der Bebraer und Rotenburger Brunnen im Unteren Buntsandstein wird auf intensive Zerklüftung im Kreuzungsbereich rheinisch und herzynisch streichender Störungen zurückgeführt. Insgesamt ist das vorhandene nutzbare Grundwasserdargebot (insbesondere in den Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins) nicht ausgeschöpft.

Tiefere Bohrungen erschließen jedoch örtlich höher konzentriertes und für die Grundwassernutzung ungeeignetes Wasser. Grundwasser mit höherem Lösungsinhalt ist bei Kleba im Platendolomit bekannt. Sulfathaltige Wässer wurden im Buntsandstein bei Ludwigsau-Hainrode, Hünfeld und Hünfeld-Großen-

bach erschlossen. Bei Burghaun-Rothenkirchen führt der Salzborn im Haunetal hohe Chlorid- und Sulfat-Konzentrationen. Im E der Teileinheit muss in größeren Tiefen und im Bereich des Salzhanges generell mit dem Einfluss von Zechstein-Wasser gerechnet werden.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 8 und 9 zu entnehmen.

3.9.2 Hydrogeologische Teileinheit 5.2.2 Knüll (Größe: 389 km²)

Die Teileinheit Knüll wurde aus hydrogeologischen Gründen abweichend von der naturräumlichen Gliederung abgegrenzt und definiert.

Der Geisbach wurde im N der Teileinheit als Grenze zwischen dem weitgehend aus Unterem Buntsandstein aufgebauten, morphologisch stärker gegliederten N Fulda-Bergland (Teileinheit 5.2.1) und dem mehr aus Mittlerem Buntsandstein zusammengesetzten Mittelgebirge (dem Knüllgebirge) im S gewählt, im E bildet der Graben von Kirchheim eine tektonisch-hydrogeologische Grenze, im S stößt das Gebiet an die Bearbeitungsgebietsgrenze. Die Teileinheit wird überwiegend aus Gesteinen des Mittleren, untergeordnet aber auch des Unteren Buntsandsteins aufgebaut. Die Gesteine des Buntsandsteins werden häufig (vor allem im NW) von tertiären Basalten, teilweise auch von feinkörnigen Sedimenten vergleichbaren Alters überlagert. Im Wesentlichen von NE-SW (bis NNE-SSW) verlaufenden Störungen geprägt, haben die Schichten wechselndes Einfallen. Auf den Höhen im zentralen Bereich meist nur schwach einfallend, wird es ansonsten generell von den tektonischen Elementen, insbesondere an den Rändern der Teileinheit, bestimmt.

nigen Sedimenten vergleichbaren Alters überlagert. Im Wesentlichen von NE-SW (bis NNE-SSW) verlaufenden Störungen geprägt, haben die Schichten wechselndes Einfallen. Auf den Höhen im zentralen Bereich meist nur schwach einfallend, wird es ansonsten generell von den tektonischen Elementen, insbesondere an den Rändern der Teileinheit, bestimmt.

Das gewinnbare Grundwasserdargebot in diesem Gebiet ist unterschiedlich zu bewerten. Insbesondere die Flächen des Mittleren Buntsandsteins eignen sich auch hier ganz besonders für eine Erschließung von weiterem Grundwasser, eventuell auch zur Versorgung von Städten/Gemeinden außerhalb dieses Gebietes.

Der SSW-NNE streichende Graben von Oberaula-Raboldshausen, in dem Gesteine des Muschelkalkes und des Keupers eingebrochen sind, durchschneidet das Gebiet etwas E der Mitte. Obwohl der Muschelkalk als lokaler Grundwasserleiter hier starke Quellen speist, ist das in ihm fließende Grundwasser stark verschmutzungsempfindlich und daher für eine Erschließung durch Brunnen weniger gut geeignet.

In dem im E die Teileinheit abschließenden Kirchheimer Graben sind Gesteine des Oberen Buntsandsteins (Röt) und des Muschelkalkes eingebrochen. Das in den Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins fließende Grundwasser wird durch die überlagernden, gut reinigenden bindigen Schichten des Röts geschützt. Die Gemeinde Kirchheim hat dieses Vorkommen durch

Tab. 8. Hydrogeologische Parameter der Einheiten 5.2 und 5.3.

Nr. der Teileinheit		5.2.1	5.2.2	5.2.3	5.2.4	5.2.5	5.3.0	
Größe	[km ²]	711	389	276	158	748	285	
vorherrschende Formation*		su + sm	sm (su)	sm (su)	sm + m	sm (m)	m (sm)	
$\Sigma\Delta Q$	Abfluss, gemessen [l/s]	202	382	90	90	999	351,5	
$\Sigma\Delta A_{Eo}$	Fläche (Teileinzugsgebiete) [km ²]	186	285	87	74	741	196	
Δq	Abflussspende [l/(s·km ²)]	1,09	1,34	1,03	1,22	1,35	1,8	
Korrekturfaktoren am Pegel für								
Au	MoMNO/MQ _{beob.}	2,4	1,8	2,6	2,8	2,8	3,2	
min. Au	SoMNO/MQ _{beob.}	1,9	1,4	1,9	1,9	1,95	2,4	
korrigierte Abflussspende								
A _u	[l/(s·km ²)]	2,6	2,4	2,7	3,4	3,8	5,8	
min A _u	[l/(s·km ²)]	2,0	1,9	2,0	2,3	2,6	4,3	
direkter Abfluss in große Vorfluter		[l/s]	300	50	100	35	55	-
entsprechend		[l/(s·km ²)]	0,42	0,13	0,36	0,22	0,07	-
nach Korrektur direkter Abfluss								
A _u	[l/(s·km ²)]	3,0	2,5	3,1	3,6	3,7	-	
min A _u	[l/(s·km ²)]	2,4	2,0	2,4	2,5	2,5	-	
Zu-/Ableitungen aus den Teileinheiten		[l/s]	200	60	60	40	200	20
entsprechend		[l/(s·km ²)]	0,29	0,15	0,22	0,25	0,27	0,07
nach Korrektur (Zu-/Ableitungen)								
A _u	[l/(s·km ²)]	3,3	2,7	3,3	3,9	4,0	5,9	
min A _u	[l/(s·km ²)]	2,7	2,2	2,6	2,8	2,8	4,4	
berechnete Grundwasserneubildung		[l/(s·km ²)]	3,3	2,7	3,3	3,9	4,0	5,9
Grundwasserdargebot, gerundet		[l/s]	2 350	1 050	911	611	2 992	1 681
Reduktion auf gewinnbares Grundwasserdargebot		[l/s]	1 180	473	456	245	1 496	840
Reduktion auf nutzbares Grundwasserdargebot		[l/s]	470	200	100	130	500	250

* su: Unterer Buntsandstein, sm: Mittlerer Buntsandstein, m: Muschelkalk

zwei Brunnen bereits erschöpfend erschlossen. Da dieser Graben nur ein eng begrenztes Einzugsgebiet hat – der genutzte Grundwasserleiter wird an den Seiten tektonisch bedingt teilweise von geringer durchlässigen Schichten des Unteren Buntsandsteins begrenzt –, wurde das Vorkommen zeitweise schon übernutzt.

Auf Grund seiner Höhenlage – die Höhen werden überwiegend von den besser speichernden Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins aufgebaut – und dem damit verbundenen höheren Jahresniederschlag sowie der daraus resultierenden höheren Grundwasserneubildung ist dieses Gebiet auch heute noch insgesamt ein Grundwasserüberschussgebiet. Berücksichtigt werden muss allerdings, dass ein Teil des nutzbaren Grundwasserdargebots dieses Gebietes wegen des Truppenübungsplatzes Schwarzenborn nicht für eine Trinkwassererschließung zur Verfügung steht.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 8 und 9 zu entnehmen.

3.9.3 Hydrogeologische Teileinheit 5.2.3 Werra-Kali-Gebiet (Größe: 276 km²)

Von der Ulfetal-Störung im N, den Flüssen Fulda, Haune und Eitra im W und der Eiterfelder-Mulde im S begrenzt, weist das Werra-Kali-Gebiet einen dem Fulda-Bergland (Teileinheit 5.2.1) vergleichbaren geologisch-tektonischen Bau auf, auch wenn hier größere Gräben weitestgehend fehlen und die Intensität der Zerklüftung durch das darunter liegende Werra-Salinar abgemindert ist.

Überwiegend aus Gesteinen des Mittleren Buntsandsteins zusammengesetzt – nur im NW und NE sind größere Flächen von Unterem Buntsandstein bedeckt –, wären die natürlichen hydrogeologischen Voraussetzungen infolge relativ hoher Grundwasserneubildung für eine Grundwassernutzung prinzipiell als günstig anzunehmen. Örtlich teilweise bis in das Erschließungsniveau aufsteigende, unter Zechsteineinfluss stehende, höher konzentrierte Grundwässer (teilweise vermischt mit Salzabwässern) schränken die Grundwassergewinnung jedoch besonders im (inneren) Salzhangbereich ein. Die lithologische Ausbildung des Buntsandsteins kann zwar örtlich eine Trennung in verschiedene Grundwasserstockwerke hervorrufen, großräumig ist jedoch der Buntsandstein ein hydraulisch einheitlicher Kluffgrundwasserleiter. Besonders im Salzhanginnenbereich sind erhöhte Durchlässigkeiten vorhanden.

Für eine begrenzte Nutzung des vorhandenen Grundwasserdargebots zur örtlichen Versorgung bieten sich nur noch wenige Gebiete an, ansonsten ist das vorhandene nutzbare Grundwasserdargebot weitgehend ausgeschöpft. Solche Ersatzerschließungen für die ansässigen Versorgungsträger dürften insbesondere im Ostteil des Gebietes mit hohem Aufwand verbunden sein. Das im Salzhangbereich vorhandene gute Grundwasserdargebot im Buntsandstein ist durch am inneren Salzhangrand aufsteigen-

de Zechsteinwässer in seiner Nutzung eingeschränkt. Diese können besonders in den – tektonisch überprägten – tiefgelegenen Talauenbereichen, auch in Verbindung mit Basaltgängen, aufsteigen. Die natürlichen Aufstiegszonen sind zudem im Werratal bei Heringen und in geringerem Maße im Einzugsgebiet der Solz (Breitzbach) ein Aufstiegsweg für Plattendolomitwässer mit Salzabwasseranteilen aus der Salzabwasserversenkung der Kaliindustrie. Auf Grund der durch die Versenkung erhöhten Grundwasserdruckfläche im Plattendolomit und die anthropogen erhöhte Mineralisation verursachen diese Wässer eine zusätzlich erhöhte Salzkonzentration im Buntsandstein.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 8 und 9 zu entnehmen.

3.9.4 Hydrogeologische Teileinheit 5.2.4 Fuldaer Becken (Größe: 158 km²)

Die NW–SE streichenden Grabenstrukturen von Großenlüder und Fulda-Pilgerzell sind lithologisch durch das Ausstreichen von Ton-/Schluffsteinen des Oberen Buntsandsteins (Röt) und jüngeren Schichtgliedern der Trias (Unterer Muschelkalk bis Mittlerer Keuper) gekennzeichnet. Die Teileinheit Fuldaer Becken umfasst darüber hinaus noch das sich nach NE ausdehnende, durch größere Subrosionssenken gekennzeichnete Gebiet von Petersberg-Marbach. Im Osten wird sie durch den NNE–SSW streichenden Graben von Weyhers abgeschlossen.

In ihrer Anlage von NW–SE streichenden Störungen geprägt, vergittern sich vor allem im Bereich des Senkungsgebietes von Petersberg-Marbach NE–SW verlaufende Strukturen mit den grabenbildenden (NW–SE verlaufenden), jungmesozoisch angelegten Störungen. NE–SW verlaufende Störzonen bestimmen auch die Grabenstruktur von Weyhers; in NW–SE-Richtung durchziehende Querstörungen zerlegen auch hier die Grabenfüllung und bewirken ihren schollenförmigen Aufbau. Durch Grundwasserbewegungen, insbesondere entlang der NW–SE verlaufenden Klüfte und Störzonen, ist hier der tiefere Grabenuntergrund durch Subrosion weitgehend salzfrei.

Während die Senkungsbewegungen im Großenlüderer Graben, den Gräben von Fulda-Pilgerzell und Weyhers im Jungmesozoikum bis Alttertiär initiiert wurden, muss auf Grund der pleistozänen Füllung im Senkungsgebiet von Petersberg-Marbach hier auch eine quartäre Absenkung angenommen werden. Die Horst- und Grabenschollen im Fuldaer Becken werden durch Subrosionstrichter unterschiedlichen Alters von einigen 10 m bis mehreren 1000 m Durchmesser überprägt. Die jüngsten sind mit bis zu 80 m mächtigen pleistozänen Sedimenten gefüllt. Die das Becken randlich begrenzenden Schwellen bringen Mittleren, seltener Unteren Buntsandstein an die Oberfläche.

Die in den Grabenzonen abgesenkten nahezu undurchlässigen Gesteine des Röts, des Mittleren Muschelkalkes und des Keupers sind Zonen deutlich verringerter hydraulischer Durchlässigkeit und sind deshalb Barrieren für den unterirdischen Ab-

fluss. Mehrere Wasserwerke (Fulda-West, Ebersburg-Schmalnau) nutzen den Stau vor solchen Barrieren zur Trinkwassergewinnung durch Tiefbrunnen im Mittleren Buntsandstein. Nur an wenigen Stellen werden die genannten Grabenstrukturen durch Störungen jungen Alters durchschnitten. Hydrogeologisch von Bedeutung ist in den Gräben von Großenlüder und Fulda-Pilgerzell insbesondere die etwa N-S verlaufende Störungs- und Zerrüttungszone im Fuldataal südlich von Fulda, die auch die Scharnierzone zwischen dem Großenlüderer und dem Fulda-Pilgerzeller Graben durchschneidet. An ihr wandern von S Natrium-Chlorid- und Sulfat-haltige Wässer aus dem Zechstein in die jüngeren Schichten des Buntsandsteins im Fuldataal ein. Auch im Gebiet von Bad Salzschlirf und Großenlüder steigen an derartigen Störungen hoch konzentrierte Mineralwässer aus dem Zechstein an die Oberfläche.

Für die Trinkwassergewinnung genutzt wird eine von den saxonischen Grabenstrukturen von Großenlüder und Fulda-Pilgerzell durch zwei NE streichende Querverbindungen eingeschlossene Buntsandsteinscholle. Brunnen der GWV Fulda gewinnen hier weiches Kluftgrundwasser aus der Solling- und der unterlagernden Hardegsen-Folge des Mittleren Buntsandsteins, die von meist nur einigen Metern mächtigen Sedimenten des Oberen Buntsandsteins (Röt-Tone) überdeckt wird und teilweise im näheren Einzugsgebiet zu Tage treten und dort intensiver landwirtschaftlicher Nutzung unterliegen. Ansteigende Nitratkonzentrationen im SE Teil der Brunnenreihe unterstreichen diesen Einfluss. Infolge der abdichtenden Wirkung der Randschollen ist das Einzugsgebiet begrenzt, bzw. nur über die genannte Störungszone nach S geöffnet.

In zwei dieser Brunnen ist inzwischen durch zuströmendes Tiefenwasser das Wasser schon so hoch mineralisiert, dass es nicht mehr für die Trinkwasserversorgung herangezogen werden kann. Da auch die anderen Brunnen eine zwar geringere, aber insgesamt steigende Mineralisation aufweisen, ist das Vorkommen übernutzt. Wegen einer hygienischen Gefährdung durch zutretendes Grundwasser aus dem belasteten Porengrundwasserleiter der Fulda-Aue in den genutzten Kluftgrundwasserleiter durch „Fenster“ in den schützenden Deckschichten sollte die Gesamtentnahme eher gedrosselt werden. Das nutzbare Grundwasserdargebot muss somit als weitgehend erschlossen gelten.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 8 und 9 zu entnehmen.

3.9.5 Hydrogeologische Teileinheit 5.2.5 Landrücken - Rhön (Größe: 748 km²)

Diese Teileinheit umfasst im E und S die hessischen Anteile von Rhön und Landrücken und im W das Kaligebiet von Neuhof und die Ausläufer des Vogelsberges. Nach NW wird es durch das Grabensystem von Großenlüder und Fulda-Pilgerzell (Teileinheit 5.2.4), nach NE durch die Eiterfelder Mulde mit der Kuppenrhön (Teileinheit 5.3.0) abgeschlossen.

Im Verbreitungsgebiet des Mittleren Buntsandsteins sind in NNE-SSW verlaufenden Gräben und den sie teilweise zerschneidenden NW-SE verlaufenden Grabenstrukturen vor allem Gesteine der höheren Trias (Röt bis Mittlerer Keuper) eingebrochen. Diese Gräben zerteilen mit den in ihnen abgesenkten, teilweise gering durchlässigen Schichten die Buntsandsteinfläche auch hydrogeologisch bzw. hydraulisch in Schollenpolygone. Aber auch in pseudotektonisch durch Subrosion des Zechsteinsalinars entstandenen Senkungsgebieten sind teilweise noch Gesteine des Oberen Buntsandsteins sowie des Unteren und Mittleren Muschelkalkes erhalten.

Die diskordante Auflagerung der vulkanischen Gesteine des Tertiärs in Rhön, Landrücken und Vogelsberg auf die triassischen, teilweise aber auch tertiären Sedimente zeigt, dass bereits zu dieser Zeit (vor rd. 20 Mio. Jahren) ein ausgeprägtes Schollenmosaik mit beträchtlichen Verstellungen entwickelt war. Jüngere Bewegungen bewirkten zwar lokal noch Heraushebungen (z.B. Hoch-Rhön), das tektonische Bild dieser Teileinheit wurde aber nur noch unwesentlich verändert.

Während für die Trinkwassergewinnung durch Bohrbrunnen die überwiegend bis an die Geländeoberfläche anstehenden Gesteine des Mittleren Buntsandsteins genutzt werden können, erlauben die meist morphologisch höher gelegenen Gesteine des Muschelkalkes und des basaltischen Tertiärs von Rhön und Landrücken in der Regel nur eine Nutzung von Quellen; zunehmende anthropogene Belastungen schränken hier die Nutzungsmöglichkeiten ein. Im basaltischen Tertiär gibt es lediglich einen 200 m tiefen Brunnen im Bereich der Wasserkuppe.

Eine weitere Nutzung des Grundwasserdargebots in dieser Teileinheit ist in geringem Umfang möglich, wobei zur Gewinnung der nutzbaren Grundwasserneubildung sicher ein höherer technischer und finanzieller Aufwand erforderlich sein wird. Dies auch deswegen, weil durch die erwähnte Aufteilung der Buntsandsteinflächen durch die sogenannten „Osthessischen Gräben“ in Schollenpolygone an Störungszonen mit hydraulisch stark verminderter Durchlässigkeit die durch Erschließungsmaßnahmen nutzbar zu machenden Grundwasservorkommen oft nur eng begrenzte Ausdehnungen haben.

Höher konzentriertes Grundwasser begrenzt im SW-Teil der Einheit die Nutzungsmöglichkeiten in geogener Hinsicht (z.B. Brunnen bei Neuhof zeigen bei starker Beanspruchung einen Anstieg des Salzwasseranteils im gefördertem Wasser). Westlich und NW von Neuhof ist über dem intakten Salinar die Tektonik abgeschwächt; zudem liegen die Grundwasserspiegel sehr tief und kommunizieren nur mit den Hauptvorflutern, z.B. der Fliede. Im Lüttertal, dem oberen Fuldataal und im Döllbachtal steigt gasförmige Kohlensäure auf und begründet zwei leistungsstarke Mineralbrunnenbetriebe, die allerdings überwiegend mineralarmes Grundwasser aus Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper (aus dem Graben von Weyhers) fördern und vertreiben.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 8 und 9 zu entnehmen.

3.10 Hydrogeologische Einheit 5.3 Rhön mit Eiterfelder Mulde

(Größe: 285 km²)

Unter der (Spahl-)Eiterfelder Mulde wird die NW–SE streichende Einsenkung von Gesteinen des Oberen Buntsandsteins (Röt), Muschelkalkes und Keupers in die Schichten des Mittleren Buntsandsteins verstanden. Tektonisch von Bedeutung sind vor allem Klüftzonen in N–S-Richtung, im NE aber auch solche mit NW–SE-Verlauf. Diese Linien sind neben vorhandenen Karsthöhlen Hauptfließwege für das Grundwasser. Die Schichten des Unteren Buntsandsteins sind nur gering durchlässig und führen daher zu einer Stockwerksgliederung des Grundwasserleiters.

Unter der aus Ton-Schluffsteinen bestehenden Abfolge des höheren Zechsteins einschließlich des Bröckelschiefers befindet sich ein langsam fließendes, hoch konzentriertes Grundwasser im Plattendolomit. Darüber bewegt sich in den Schichten des Unteren und Mittleren Buntsandsteins ein nicht so hartes Grundwasser. Vorwiegend über N–S streichende Klüfte und Störungen in dieser Richtung aufsteigendes, stark gespanntes Grundwasser aus den Schichten des Zechsteins kann auch in den Schichten des Buntsandsteins örtlich zu einer Aufhängung führen.

Das in den Schichten von Muschelkalk und Keuper fließende Grundwasser ist durch Subrosion in diesen Gesteinen selbst auf-

Tab. 9. Übersicht über die hydrogeologischen Parameter aller Teileinheiten.

Teileinheit		Fläche	mittlere Grundwasserneubildung	Grundwasserdargebot	gewinnbares Grundwasserdargebot	nutzbares Grundwasserdargebot
		[km ²]	[l/(s·km ²)]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
1.1.1	Arolsen–Schlierbacher Scholle, nördl. Teil	270	3,0	810	490	300
1.1.1	Arolsen–Schlierbacher Scholle, mittl. Teil	120	3,0	360	140	70
1.1.1	Arolsen–Schlierbacher Scholle, südl. Teil	170	2,5	420	170	100
1.1.2	Ense-Scholle	31	6,0–7,0	185–217	120	40–70
1.1.2	Meineringhausener Scholle	53	4,0–4,7	210–250	140	50–100
1.1.2	Vasbecker Scholle	35	4,8–6,7	170–235	150	50–90
1.1.3	Wolfhagen–Naumburger Graben	74	4,5	330	165	100
1.1.4	Istha-Scholle i.e.S.	77	4,0	300	260	156
1.1.4	Istha-Scholle, südl. Teil	60	0,5			
1.1.5	Buntsandstein der Frankenberger Bucht	241	2,8–3,6	750	525	315
1.2.1	Zechstein nördlich des Kellerwaldes	126	4–5	500 (–600)	250 (–300)	80 (–100)
1.2.2	Zechstein der Frankenberger Bucht, Teilgeb. 1	25	2–2,5	50–63	40	30
1.2.2	Zechstein der Frankenberger Bucht, Teilgeb. 2	25	2	50	40	20
1.2.2	Zechstein der Frankenberger Bucht, Teilgeb. 3	27	1–2	27–54	25	20
2.1.0 u. 2.2.0	Tertiär der Niederhessischen Senke	618	2,7	1670	330	?
2.3.0	Quartär der Eder- und Schwalm-Niederung	62			*	*
2.4.1/2.4.2	Röt und Muschelkalk d. Kasseler Grabens	569	4,8	2 730	900	225
1.3.1	Reinhardswald	412	4,9	2 000	1 400	1 000
1.3.2	Kaufunger Wald	98	3,3	325	215	160
1.3.3	Söhre und Melsunger Bergland	363	2,7	1 000	700	600
3.1.1	Waldecker Upland	235	1,0	234	55	28
3.1.2	Kellerwald	402	0,8	335	83	56
3.1.3	Ederbergland	353	0,6	201	44	22
5.1.1	Werra-Gebiet (Eschwege–Witzenhausen)	345	3,0	1 000	500	250
5.1.2	Werra-Grauwackengebirge	88				0
5.1.3	Altmorschen–Lichtenauer Graben	97	2,0	190	80	40
5.1.4	Osthessischer Buntsandstein	418	3,0	1 200	480	240
5.1.5	Ringgau	90	4,2	380	270	< 25**
5.1.6	Richelsdorfer Gebirge	240				0
5.2.1	Fulda-Bergland	711	3,3	2 350	1 180	470
5.2.2	Knüll	389	2,7	1 050	473	200
5.2.3	Werra-Kaligebiet	276	3,3	911	456	100
5.2.4	Fuldaer Becken	158	3,9	611	245	130
5.2.5	Landrücken-Rhön	748	4,0	2 992	1 496	500
5.3.0	Rhön mit Eiterfelder Mulde	285	5,9	1 681	840	250
Summen		8 291		25 022	12 262	5 602

* gewinn- und nutzbares Grundwasserdargebot stark von lokalen Gegebenheiten abhängig, u.a. auch vom Anteil an infiltriertem Oberflächenwasser

** entspricht der derzeitigen Förderung

gehärtet, kann örtlich aber auch durch aufsteigendes höher mineralisiertes Grundwasser aufgehärtet sein. Da gut reinigende Deckschichten meist nicht in ausreichender Mächtigkeit abgelagert wurden bzw. nicht erhalten sind, ist das Grundwasser qualitativ gefährdet und eine Nutzung von Grundwasser in dieser Einheit trotz ausreichender Grundwasserneubildung schwierig, aufwändig und kostenintensiv. Bakteriologische Beanstandungen sind häufig (z.B. Quelfassung Eiterfeld-Soisdorf).

Die basaltischen Gesteine der Kuppenrhön enthalten nur schwebende Grundwasserstockwerke, deren Grundwasser in meist hygienisch gefährdeten Quellen, oft an der Grenze Oberer Buntsandstein zu Basalt(-tuff)-Überdeckung, zu Tage tritt. Grundwässer mit höherem Lösungsinhalt wurden aber auch im SE der

Eiterfelder Mulde (Rasdorf, Tann/Rhön, beide mit hohen Sulfat-Konzentrationen) angetroffen.

In der Einheit gibt es auf Grund der geringen Besiedlungsdichte nur wenig Bohrbunnen. Die kleinen Gemeinden werden überwiegend durch Quelfassungen im Röt und im Muschelkalk versorgt. Da die Nutzung des Grundwassers in dieser Einheit hauptsächlich über Quellen erfolgt, sind bei erhöhtem Bedarf generell weitere Erschließungen über Brunnen möglich, so z.B. im Einzugsgebiet der Ulster mit Grüsselbach und Taft und im Nüstertal.

Gewinnbares und nutzbares Grundwasserdargebot sind Tab. 8 und 9 zu entnehmen.

4. Schriftenverzeichnis

- DIEDERICH, G., FINKENWIRTH, A., HÖLTING, B., KAUFMANN, E., RAMBOW, D., SCHARPFF, H.-J., STENGEL-RUTKOWSKI, W. & WIEGAND, K. (1991): Hydrogeologisches Kartenwerk Hessen 1:300 000. – Geol. Abh. Hessen, **95**, 83 S., 3 Abb., 4 Tab., 5 Kt.; Wiesbaden.
- Hessischer Minister für Landwirtschaft und Umwelt (HMLU, 1971): Sonderplan Wasserversorgung Nordhessen. – 102 S., 27 Abb., 23 Tab., 14 Ktn.; Wiesbaden.
- Hessischer Minister für Landwirtschaft und Forsten, Abt. Wasserwirtschaft (HMLF, 1964): Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Fulda. – 197 S., 74 Abb., 136 Tab., 78 Ktn., Wiesbaden.
- SCHRAFT, A. (2002): Grundwasserneubildung und nutzbares Grundwasserdargebot im Einzugsgebiet der Ense-Scholle südwestlich von Korbach, Landkreis Waldeck-Frankenberg (Nordhessen). – Geol. Jb. Hessen **129**: 103–116; Wiesbaden.
- TOUSSAINT, B. (1979): Der Ringgau, ein natürliches Großlysimeter – dargestellt am Wasserhaushalt der Breitauer Kressenteichquelle unter besonderer Berücksichtigung der Karsthydrogeologie. – Geol. Jb., **C21**: 99–135, 10 Abb., 11 Tab.; Hannover.

Manuskript eingegangen am 18.12.2001, angenommen am 01.02.2002

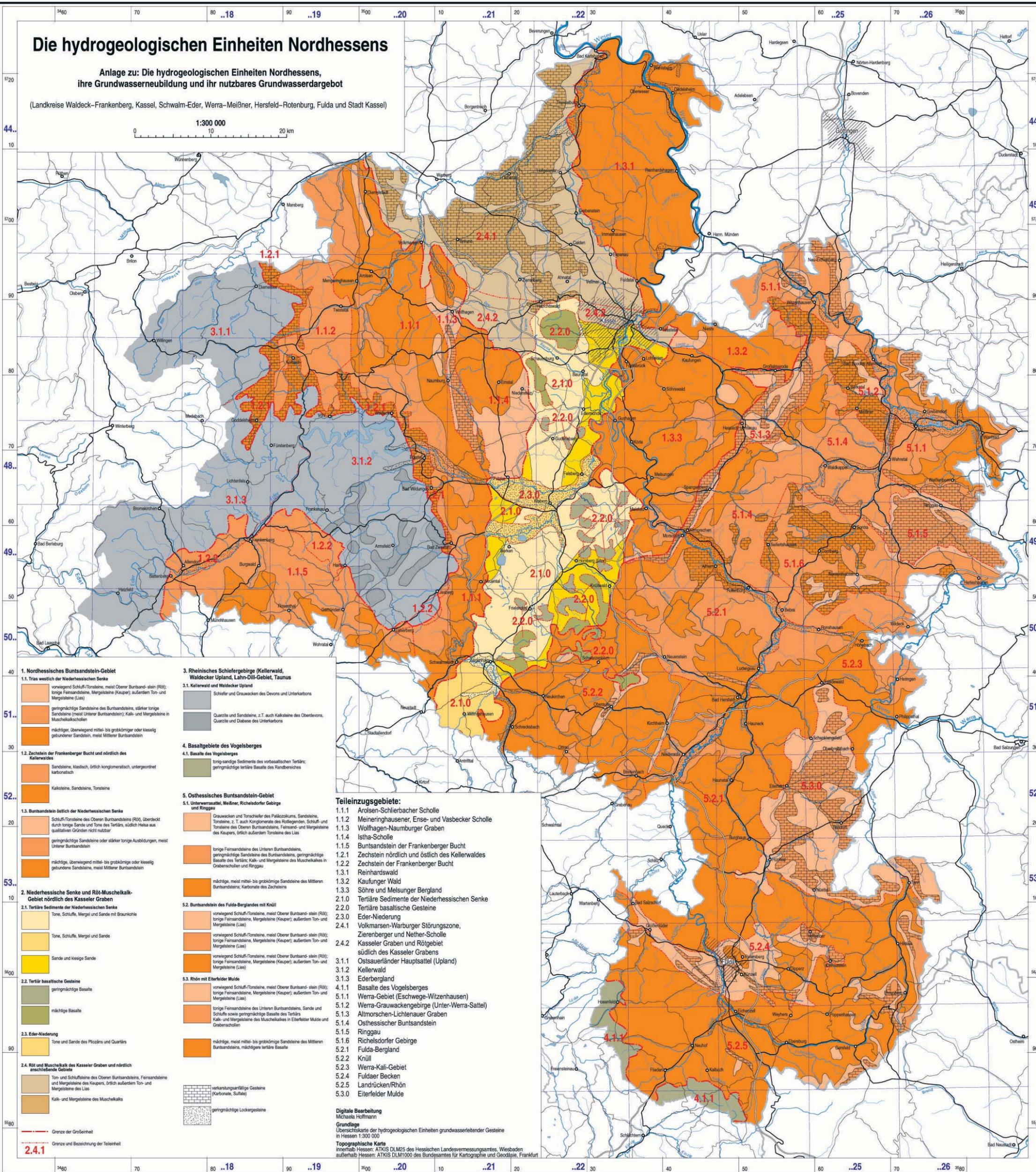
Anlage

Die hydrogeologischen Einheiten Nordhessens 1:300 000.

Die hydrogeologischen Einheiten Nordhessens

Anlage zu: Die hydrogeologischen Einheiten Nordhessens, ihre Grundwasserneubildung und ihr nutzbares Grundwasserdargebot

(Landkreise Waldeck-Frankenberg, Kassel, Schwalm-Eder, Werra-Meißner, Hersfeld-Rotenburg, Fulda und Stadt Kassel)



1. Nordhessisches Buntsandstein-Gebiet

1.1. Trias westlich der Niederhessischen Senke

- vorwiegend Schluff-/Tonsteine, meist Oberer Buntsandstein (RÖ); tonige Feinsandsteine, Mergelsteine (Keuper); außerdem Ton- und Mergelsteine (Lias)
- geringmächtige Sandsteine des Buntsandsteins, stärker tonige Sandsteine (meist Unterer Buntsandstein); Kalk- und Mergelsteine in Muschelkalkschichten
- mächtig, überwiegend mittel- bis grobkörniger oder kieselig gebundener Sandstein, meist Mittlerer Buntsandstein

1.2. Zechstein der Frankfurter Bucht und nördlich des Kellerwaldes

- Sandsteine, klassisch, örtlich konglomeratisch, untergeordnet karbonatisch
- Kalksteine, Sandsteine, Tonsteine

1.3. Buntsandstein östlich der Niederhessischen Senke

- Schluff-/Tonsteine des Oberen Buntsandsteins (RÖ), überdeckt durch tonige Sande und Tone des Tertiärs, südlich Helms aus qualitativen Gründen nicht nutzbar
- geringmächtige Sandsteine oder stärker tonige Ausbildungen, meist Unterer Buntsandstein
- mächtige, überwiegend mittel- bis grobkörniger oder kieselig gebundene Sandsteine, meist Mittlerer Buntsandstein

2. Niederhessische Senke und Röt-Muschelkalk-Gebiet nördlich des Kasseler Grabens

2.1. Tertiäre Sedimente der Niederhessischen Senke

- Tone, Schluffe, Mergel und Sande mit Braunkohle
- Tone, Schluffe, Mergel und Sande
- Sande und feine Sande

2.2. Tertiär basaltische Gesteine

- geringmächtige Basalte
- mächtige Basalte

2.3. Eder-Niederung

- Tone und Sande des Pliozäns und Quartärs

2.4. Röt und Muschelkalk des Kasseler Grabens und nördlich anschließende Gebiete

- Ton- und Schluffe des Oberen Buntsandsteins, Feinsandsteine und Mergelsteine des Keupers, örtlich außerdem Ton- und Mergelsteine des Lias
- Kalk- und Mergelsteine des Muschelkalks

3. Rheinisches Schiefergebirge (Kellerwald, Waldecker Upland, Lahn-Dill-Gebiet, Taunus)

3.1. Kellerwald und Waldecker Upland

- Schiefer und Grauwacken des Devons und Unterkarbons
- Quarzite und Sandsteine, z.T. auch Kalksteine des Oberdevons, Quarzite und Dabase des Unterkarbons

4. Basaltgebiete des Vogelsberges

4.1. Basalte des Vogelsberges

- tonig-sandige Sedimente des vorbasaltischen Tertiärs; geringmächtige tertiäre Basalte des Randbereiches

5. Osthessisches Buntsandstein-Gebiet

5.1. Unterwerrassattel, Meißner, Richelsdorfer Gebirge und Ringgau

- Grauwacken und Tonsteine des Paläozöoms, Sandsteine, Tonsteine, z. T. auch Konglomerate des Rotliegenden, Schluff- und Tonsteine des Oberen Buntsandsteins, Feinsand- und Mergelsteine des Keupers, örtlich außerdem Tonsteine des Lias
- tonige Feinsandsteine des Unteren Buntsandsteins, geringmächtige Sandsteine des Buntsandsteins, geringmächtige Basalte des Tertiärs; Kalk- und Mergelsteine des Muschelkalks in Grabenschollen und Ringgau
- mächtige, meist mittel- bis grobkörnige Sandsteine des Mittleren Buntsandsteins; Karbonate des Zechsteins

5.2. Buntsandstein des Fulda-Berglandes mit Knüll

- vorwiegend Schluff-/Tonsteine, meist Oberer Buntsandstein (RÖ); tonige Feinsandsteine, Mergelsteine (Keuper); außerdem Ton- und Mergelsteine (Lias)
- vorwiegend Schluff-/Tonsteine, meist Oberer Buntsandstein (RÖ); tonige Feinsandsteine, Mergelsteine (Keuper); außerdem Ton- und Mergelsteine (Lias)
- vorwiegend Schluff-/Tonsteine, meist Oberer Buntsandstein (RÖ); tonige Feinsandsteine, Mergelsteine (Keuper); außerdem Ton- und Mergelsteine (Lias)

5.3. Rhön mit Eiterfelder Mulde

- vorwiegend Schluff-/Tonsteine, meist Oberer Buntsandstein (RÖ); tonige Feinsandsteine, Mergelsteine (Keuper); außerdem Ton- und Mergelsteine (Lias)
- tonige Feinsandsteine des Unteren Buntsandsteins, Sande und Schluffe sowie geringmächtige Basalte des Tertiärs; Kalk- und Mergelsteine des Muschelkalks in Eiterfelder Mulde und Grabenschollen
- mächtige, meist mittel- bis grobkörnige Sandsteine des Mittleren Buntsandsteins, mächtigere tertiäre Basalte

verkarstungsanfällige Gesteine (Karbonate, Sulfate)

geringmächtige Lockergesteine

Teileinzugsgebiete:

- 1.1.1 Arolsen-Schlierbacher Scholle
- 1.1.2 Meininghäuser, Ense- und Vasbecker Scholle
- 1.1.3 Wolfhagen-Naumburger Graben
- 1.1.4 Itha-Scholle
- 1.1.5 Buntsandstein der Frankfurter Bucht
- 1.2.1 Zechstein nördlich und östlich des Kellerwaldes
- 1.2.2 Zechstein der Frankfurter Bucht
- 1.3.1 Reinhardswald
- 1.3.2 Kaufunger Wald
- 1.3.3 Söhre und Melsunger Bergland
- 2.1.0 Tertiäre Sedimente der Niederhessischen Senke
- 2.2.0 Tertiäre basaltische Gesteine
- 2.3.0 Eder-Niederung
- 2.4.1 Volkmarshaus-Warburger Störungszone, Zierenberger und Nether-Scholle
- 2.4.2 Kasseler Graben und Rötgebiet südlich des Kasseler Grabens
- 3.1.1 Ostwerrassattel (Upland)
- 3.1.2 Kellerwald
- 3.1.3 Ederbergland
- 4.1.1 Basalte des Vogelsberges
- 5.1.1 Werra-Gebiet (Eschwege-Witzenhausen)
- 5.1.2 Werra-Grauwackengebirge (Unter-Werra-Sattel)
- 5.1.3 Altmorschen-Lichtenauer Graben
- 5.1.4 Osthessischer Buntsandstein
- 5.1.5 Ringgau
- 5.1.6 Richelsdorfer Gebirge
- 5.2.1 Fulda-Bergland
- 5.2.2 Knüll
- 5.2.3 Werra-Kall-Gebiet
- 5.2.4 Fuldaer Becken
- 5.2.5 Landrücken/Rhön
- 5.3.0 Eiterfelder Mulde

Digitale Bearbeitung
Michaela Hoffmann

Grundlage
Übersichtskarte der hydrogeologischen Einheiten grundwasserleitender Gesteine in Hessen 1:300 000

Topographische Karte
innerhalb Hessen: ATKIS DLM25 des Hessischen Landesvermessungsamtes, Wiesbaden
außerhalb Hessen: ATKIS DLM1000 des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt