



# UFZ-Bericht

UMWELTFORSCHUNGSZENTRUM LEIPZIG-HALLE GMBH

Nr. 30/2000

---

**Indikatoren und Kriterien für einen nachhaltigen Grundwasserschutz in der Querfurter Platte**

---

Bernd Klauer<sup>1</sup>, Helga Horsch<sup>1</sup>, Stefan Geyler<sup>1</sup>  
Burghard C. Meyer<sup>2</sup>

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,

<sup>1</sup>Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht

<sup>2</sup>Sektion Angewandte Landschaftsökologie

RS

01

76 MA

ISSN 0948-9452

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)



00408899

---

**Indikatoren und Kriterien  
für einen nachhaltigen Grundwasserschutz  
in der Querfurter Platte**

---

Bernd Klauer<sup>1</sup>, Helga Horsch<sup>1</sup>, Stefan Geyley<sup>1</sup> und Burghard C. Meyer<sup>2</sup>

*Abstract*

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

<sup>1</sup> Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht

<sup>2</sup> Sektion Angewandte Landschaftsökologie

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INDIKATOREN UND KRITERIEN EINES NACHHALTIGEN GRUNDWASSERSCHUTZES</b> .....	<b>3</b>
	2.1 Was ist unter „nachhaltigem Grundwasserschutz“ zu verstehen? .....	3
	2.2 Indikatoren eines nachhaltigen Grundwasserschutzes .....	5
	2.3 Kriterien eines nachhaltigen Grundwasserschutzes.....	7
	2.4 Räumliche und zeitliche Differenzierung und Aggregation von Kriterien .....	10
<b>3</b>	<b>CHARAKTERISTIK DER GRUNDWASSERSYSTEME IM LANDKREIS MERSEBURG-QUERFURT IM HINBLICK AUF DIE TRINKWASSERVERSORGUNG</b> .....	<b>12</b>
	3.1 Trinkwasserschutzgebiete.....	13
	3.2 Wasserversorgung .....	15
	3.3 Grundwasserneubildung und -inanspruchnahme .....	17
	3.4 Grundwasserqualität.....	19
	3.5 Parameter zur Beurteilung des natürlichen Schutzpotentials.....	22
<b>4</b>	<b>RELEVANZ SPEZIFISCHER, RÄUMLICH DIFFERENZIERTER GRUNDWASSERSCHUTZZIELE UND -MAßNAHMEN FÜR DAS KERNUNTERSUCHUNGSGEBIET DER QUERFURTER PLATTE</b> .....	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>AUSBLICK: KONSEQUENZEN FÜR DIE LANDSCHAFTSOPTIMIERUNG</b> .....	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>LITERATUR</b> .....	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>ANLAGEN</b> .....	<b>35</b>

## 1 Einleitung

Das Ziel eines flächendeckenden Grundwasserschutzes ist wesentlicher Bestandteil des Konzeptes der nachhaltigen Entwicklung (SRU 1998, S. 12). Auf welche Weise man Grundwasser schützen sollte, hängt sehr von den naturräumlichen Gegebenheiten sowie von den regionalspezifischen Landnutzungen und den damit verbundenen Grundwasserbelastungen ab. Aus diesem Grunde sollten Indikatoren und Kriterien für einen nachhaltigen Grundwasserschutz vor ihrer Anwendung auf eine bestimmte Region auf ihre Relevanz hin überprüft werden. Beispielsweise können bei einem hohen natürlichen Schutzpotential des Grundwassers durch eine relativ mächtige Grundwasserüberdeckung und bei einem hohen Rückhalte- und Abbaupotential von Boden und Grundwasserleiter höhere Schadstoffemissionen/-austräge toleriert werden als in Gegenden mit niedrigem Schutzpotential des Grundwasserleiters. Überzogene und unterlassene Schutzaufgaben können gleichermaßen volkswirtschaftliche Vorsorge- bzw. Schadenskosten nach sich ziehen, die dem umfassenden Ziel einer nachhaltigen Regionalentwicklung entgegenstehen.

Das Ziel unserer Untersuchungen, deren Ergebnisse hier dargestellt werden, ist es, Hinweise zu geben, wie der Grundwasserschutz im Landkreis Merseburg-Querfurt und insbesondere im Gebiet der Querfurter Platte auszugestaltet ist, um dem Leitbild einer nachhaltigen Regionalentwicklung (vgl. BUND und Misereor 1997; Ring 1997; Horsch und Ring 1999; Ring, Klauer und Wätzold 1999; de Graaf et al. 1999) möglichst nahezukommen. Die Untersuchung ist eingebunden in das UFZ-Verbundprojekt „Einfluss der Landnutzung auf Landschaftshaushalt und Biodiversität in agrarisch dominierten Räumen“. In dem Verbundprojekt wird insbesondere angestrebt, räumlich differenzierte Tragekapazitäten von Landschaften zu formulieren, Methoden zur Landschaftsbewertung und -optimierung zu entwickeln und anzuwenden sowie zu prüfen, welche Möglichkeiten und Chancen zur Umsetzung der Ergebnisse der Landschaftsbewertung gegeben sind. Hierbei werden neben den Tragekapazitäten von Ökosystemen die Auswirkungen von Landnutzungen auf das Leistungsvermögen des Landschaftshaushaltes, die Biotop- und Artenvielfalt sowie die Landschaftsstrukturen analysiert (UFZ 1999, S. 99ff.).

Anwendungsziel der Methode der multikriteriellen Landschaftsoptimierung im genannten Verbundprojekt ist es, Landnutzungsänderungen vorzuschlagen, die für drei vorgegebene Naturschutzszenarien sogenannter Naturschutzszenarien (Erhöhung der Flächenanteile für den Naturschutz um unterschiedliche Prozentsätze) besonders wichtige Funktionen des Land-

schaftshaushaltes (Schutz vor Bodenerosion durch Wasser und Wind, Erhöhung der Retention der Landschaft, Produktivität für den Ackerbau) optimal schützen und entwickeln. Zusätzlich werden auch optimale Landnutzungsänderungen bei verschiedenen vorgegebenen Fruchtfolgenzenarien untersucht (siehe Grabaum, Meyer und Mühle 1999). Für die Einbeziehung grundwasserschutzbezogener Ziele und Funktionen in die Methode der Landschaftsbewertung und -optimierung gilt es zu prüfen, welche Kriterien des Grundwasserschutzes flächenkonkret (Maßstab 1:10.000) und nachvollziehbar abgeleitet werden können. Es ist eine ausreichende Differenzierung im Raum erforderlich sowie eine nachvollziehbare Bewertung des Zieles bzw. der Funktion. Aus der Bewertung müssen Entwicklungsziele ableitbar sein. Es ist demnach für die Landschaftsoptimierung zu prüfen, inwieweit Landnutzungs- oder Fruchtfolgeänderungen auch in Hinblick auf den Grundwasserschutz begründet werden können. Durch die Landschaftsoptimierung werden dann die Flächen gefunden, auf denen diese Ziele in Bezug auf die anderen oben genannten Funktionen am Besten erfüllt werden können.

In diesem Bericht wird zunächst der Frage nachgegangen, ob Grundwasserschutz ein für die Landschaftsoptimierung relevantes Problem darstellt und wie nachhaltige Grundwasserschutzziele abzuleiten sind. Der Bericht ist folgendermaßen gegliedert. In Abschnitt 2 werden wir erläutern, wie man aus dem Konzept einer nachhaltigen Regionalentwicklung allgemeine Indikatoren und Kriterien für einen nachhaltigen Grundwasserschutz ableiten kann. Um diese Maßstäbe auf das Untersuchungsgebiet Landkreis Merseburg-Querfurt anzuwenden, betrachten wir im dritten Abschnitt das dortige Grundwassersystem im Hinblick v.a. auf seine Bedeutung für die Trinkwasserversorgung. In Abschnitt 4 vergleichen wir, inwiefern die im zweiten Abschnitt vorgestellten allgemeinen Nachhaltigkeitsindikatoren und -kriterien für das Untersuchungsgebiet mit seinen spezifischen Grundwassercharakteristika relevant werden und diskutieren, welche Auswirkungen eine regional differenzierte Herangehensweise für die Ableitung spezifischer Grundwasserschutzziele für den Landkreis Merseburg-Querfurt und das Kernuntersuchungsgebiet der Querfurter Platte haben sollte. In Abschnitt 5 wird der Frage nachgegangen, ob und – wenn ja – welche Konsequenzen sich aus differenzierten Grundwasserschutzzielen und -maßnahmen für das in dem UFZ-Verbundprojekt entwickelte Landschaftsoptimierungsverfahren (Grabaum, Meyer und Mühle 1999) ergeben. Außerdem betrachten wir mögliche Synergien zwischen Maßnahmen des Grundwasserschutzes und anderen Ressourcenschutzmaßnahmen. Wir gehen davon aus, dass die Umsetzung einer nachhaltigen Regionalentwicklung es erfordert, solche Synergien zu berücksichtigen.

## 2 Indikatoren und Kriterien eines nachhaltigen Grundwasserschutzes

### 2.1 Was ist unter „nachhaltigem Grundwasserschutz“ zu verstehen?

Das Grundwasser ist in vielen Regionen die wichtigste Ressource für die Trinkwasserversorgung: In Deutschland werden 71–72 % des Trinkwassers aus Grund- und Quellwasser gewonnen (Bundesministerien 1995). Im Kreis Merseburg-Querfurt, dem Untersuchungsgebiet, hat zwar die Fernwasserversorgung im Jahre 1995 einen Anteil von ca. 60 % am Verbrauch des durch öffentliche Wasserversorgungsanlagen bereitgestellten Trinkwassers, aber ungefähr ein Drittel stammen aus regionalen/lokalen Grundwasservorkommen (vgl. Tab. 1). Außer für die Wasserversorgung besitzt sauberes Grundwasser für die Qualität der Oberflächengewässer und für die Gesundheit der Ökosysteme der Region eine große Bedeutung. Aus diesen Gründen ist der Schutz des Grundwassers ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu einer nachhaltigen Regionalentwicklung.

Unter welchen Umständen kann man aber sagen, dass die Ressource Grundwasser nachhaltig geschützt ist? Mit anderen Worten, wie kann man das Konzept einer nachhaltigen Entwicklung in Bezug auf Grundwasser operationalisieren? Hierzu sind vor allem die beiden folgenden Fragen zu beantworten:<sup>1</sup>

1. Welche Eigenschaften und Funktionen des Grundwassers sind zu erhalten?
2. Wie kann man vorhersagen, unter welchen Umständen die Eigenschaften und Funktionen erhalten werden?

Die erste Frage dient dazu, den Nachhaltigkeitsbegriff bezüglich der Ressource Grundwasser zu präzisieren. Das Grundwassersystem ist auch unter völlig natürlichen Bedingungen ständigen Veränderungen wie zum Beispiel saisonalen Niederschlagsschwankungen unterworfen. Deshalb ist es zunächst wichtig festzulegen, welche Kenngrößen zur Beschreibung des Grundwassers zur Beurteilung von Nachhaltigkeit bzw. Nicht-Nachhaltigkeit betrachtet werden sollen. Diese Kenngrößen nennen wir *Nachhaltigkeitsindikatoren* (oder kurz: *Indikatoren*).

In einem zweiten Schritt muss man überlegen, innerhalb welcher Grenzen die Werte der Kenngrößen Schwanken dürfen, damit eine Entwicklung noch als nachhaltig zu bewerten ist. In manchen Fällen gibt es keine Schwellenwerte, aber man kann beispielsweise angeben, dass

---

<sup>1</sup> Vergleiche allgemein zu der Problematik der Operationalisierung des Konzeptes der Nachhaltigkeit Costanza und Patten (1995) sowie Klauer (1999).

ein größerer Wert für eine nachhaltige Entwicklung des Gesamtsystems günstiger ist als ein niedrigerer Wert. Wir nennen Schwellenwerte sowie andere Bewertungsvorschriften und Bewertungsrelationen *Bewertungsmaßstäbe*. Unter einem *Nachhaltigkeitskriterium* (oder kurz: Kriterium) verstehen wir nun die Kombination von einem Nachhaltigkeitsindikator mit einem zugehörigen Bewertungsmaßstab.<sup>2</sup> Die erste Frage nach den zu erhaltenden Eigenschaften und Funktionen kann als beantwortet betrachtet werden, wenn ein Bündel von Nachhaltigkeitskriterien festgelegt ist.

Ob nun das betrachtete Grundwassersystem sich hinsichtlich der ausgewählten Kriterien nachhaltig entwickelt, kann man erst im nachhinein mit Sicherheit sagen, denn die Zukunft kann nicht perfekt vorhergesagt werden. Allerdings hängt es bereits von unseren heutigen Entscheidungen und Verhalten ab, wie sich das Grundwassersystem entwickelt. Um Nachhaltigkeit zu realisieren, muss daher versucht werden, die Folgen unserer heutigen Handlungen so gut es geht abzuschätzen. Das heißt, es muss die zweite Frage beantwortet werden: Wie kann man vorhersagen, unter welchen Umständen die Eigenschaften und Funktionen erhalten werden?

In vielen Entscheidungssituationen versucht man, mittels Alltagserfahrungen die Konsequenzen seines Handelns vorherzusagen. Um die Folgen von Landnutzungsänderungen auf das Grundwassersystem oder anderen Handlungen abzuschätzen, genügt im allgemeinen das Alltagswissen nicht. Zuverlässigere Vorhersagen sind möglich, wenn man wissenschaftliche Erkenntnisse in Modelle fließen lässt, mit denen man die Handlungsfolgen simuliert. Weil wir keine vollkommene Voraussicht haben, kann es aber trotz Verwendung ausgefeilter Modelle vorkommen, dass das Ziel der Nachhaltigkeit verfehlt wird, obwohl allen Kriterien entsprochen wurde. Dennoch verlangt es unsere Verantwortung gegenüber den zukünftigen Generationen und gegenüber der natürlichen Umwelt, dass wir adäquate Nachhaltigkeitskriterien festlegen und versuchen, diese möglichst einzuhalten.

Schon bei der Festlegung der Kriterien sollte berücksichtigt werden, wie gut man die Wirkungen von Handlungen hinsichtlich der Kriterien mit Modellen oder auf andere Weise abschätzen und simulieren kann. In dem vorliegenden Papier beschäftigen wir uns nicht mit den

---

<sup>2</sup> Unsere Definition des Begriffes Nachhaltigkeitskriterium ist konsistent mit der Verwendung des Begriffes in der derzeitigen Nachhaltigkeitsdiskussion (vgl. z. B. Glossar in BMU (2000)). Es gibt verschiedene Ansätze Nachhaltigkeitsindikatoren in Kategorien einzuteilen. Der bekannteste Ansatz ist der Pressure-state-response-Ansatz, der von der OECD (vgl. OECD 1998, insb. 105-114) vorgeschlagen wurde. Demnach unterscheidet man Antriebsindikatoren (pressure indicators), Zustandsindikatoren (state indicators) und Maßnahmeindikatoren (response indicators).

verschiedenen Möglichkeiten der Modellierung von Grundwassersystemen (vgl. hierzu Herzog und Kunze 1999, S. 89ff.). Wir konzentrieren uns vielmehr darauf zu überlegen, wie man bei der Bestimmung von Kriterien für einen nachhaltigen Grundwasserschutz vorgehen sollte.

## 2.2 Indikatoren eines nachhaltigen Grundwasserschutzes

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen stellt in einem Sondergutachten fest: „Flächendeckender Grundwasserschutz umfasst neben der Bewirtschaftung der Grundwassermengen insbesondere die Sicherung der Grundwasserqualität.“ Dabei ist der Schutz – umweltpolitisch weitestgehend anerkannt – auf die Regenerierung des natürlichen Dargebotes und der natürlichen Beschaffenheit von Grundwasser für künftige Generationen auszurichten (SRU 1998, S. 12). Dem folgend kann man also die Eigenschaften des Grundwassers, die zu erhalten sind, danach einteilen, ob sie die Grundwasserquantität oder die Grundwasserqualität betreffen. Gefahren für das Grundwasser gibt es in Deutschland vor allem hinsichtlich der Qualität; Quantitätsprobleme ergeben sich allerdings indirekt durch eine Verschlechterung der Grundwasserqualität (BMU 2000).

Welche Indikatoren sind geeignet, den Grundwasserzustand zu beschreiben? Betrachten wir zunächst die Indikatoren zur Grundwasserquantität. Häufig werden hierfür als Zustandsindikatoren für die Grundwasserquantität das verfügbare Grundwasserdargebot und das Verhältnis von Grundwasserneubildung zu Grundwasserentnahme vorgeschlagen (z. B. BMU 2000, S. 46, Walz et al. 1997, S. 323).

Hinsichtlich der Grundwasserqualität ist es sinnvoll, Indikatoren für die verschiedenen Einflussfaktoren zu bestimmen. Die wichtigsten Einflussfaktoren sind gefährliche Stoffe (z. B. Schwermetalle, Kohlenwasserstoffe, Pestizide) und Nährstoffe (z. B. Ammonium, Nitrat, Phosphor) (Claussen et al. 1996), die als Konzentration zu erfassen sind. Hinsichtlich der Belastung der Gewässer mit Nährstoffen reicht es nicht aus, nur die Konzentration zu prüfen, weil sich die Stoffe akkumulieren. Ernsthafte Probleme durch erhöhte Nährstoffbelastungen treten z. B. in der Nordsee auf. Die Einträge in das Grund- und Oberflächenwasser im Einzugsgebiet gelangen – oft mit einer erheblichen Zeitverzögerung – in die Nordsee und führen dort zu größeren Konzentrationen als in den oberliegenden Gewässern und infolgedessen zur Eutrophierung. Es müssen daher für Nährstoffe und andere sich akkumulierende Stoffe neben den Konzentrationen auch die Stofffrachten betrachtet werden.

Bezüglich Konzentrationen und Frachten können Indikatoren einzelne Schadstoffe (Einzelindikatoren) oder Gruppen von Schadstoffen (Summenindikatoren) erfassen. Es kann auch sinnvoll sein, einen einzelnen Schad- bzw. Nährstoff wie z. B. Nitrat und Ammonium stellvertretend für eine Gruppe von Schadstoffen bzw. physikalische Eigenschaften wie Sauerstoffgehalt, pH-Wert und Leitfähigkeit zu messen (Leitindikator) (EU 2000, S. 59). Ferner kann man Indikatoren danach unterscheiden, ob sie die Konzentration eines Schadstoffes oder die gesamte Schadstofffracht reflektieren.

Sollen die Indikatoren eine Grundlage für die Ableitung von Maßnahmen des Grundwasserschutzes sein, ist ein Indikatorensystem anzustreben, das sowohl die Ursachen für Veränderungen der Grundwassersysteme als auch die Auswirkungen auf die Funktionen des Grundwassers in Betracht zieht. Dem wird weitestgehend mit dem DSR-Ansatz der VN-Kommission für Nachhaltige Entwicklung entsprochen (z. B. BMU 2000, S. 4). Das Indikatorensystem für einen nachhaltigen Grundwasserschutz in Anlehnung an Hoekstra ist der Abbildung 1 zu entnehmen (Hoekstra 1995, S. 17f.).

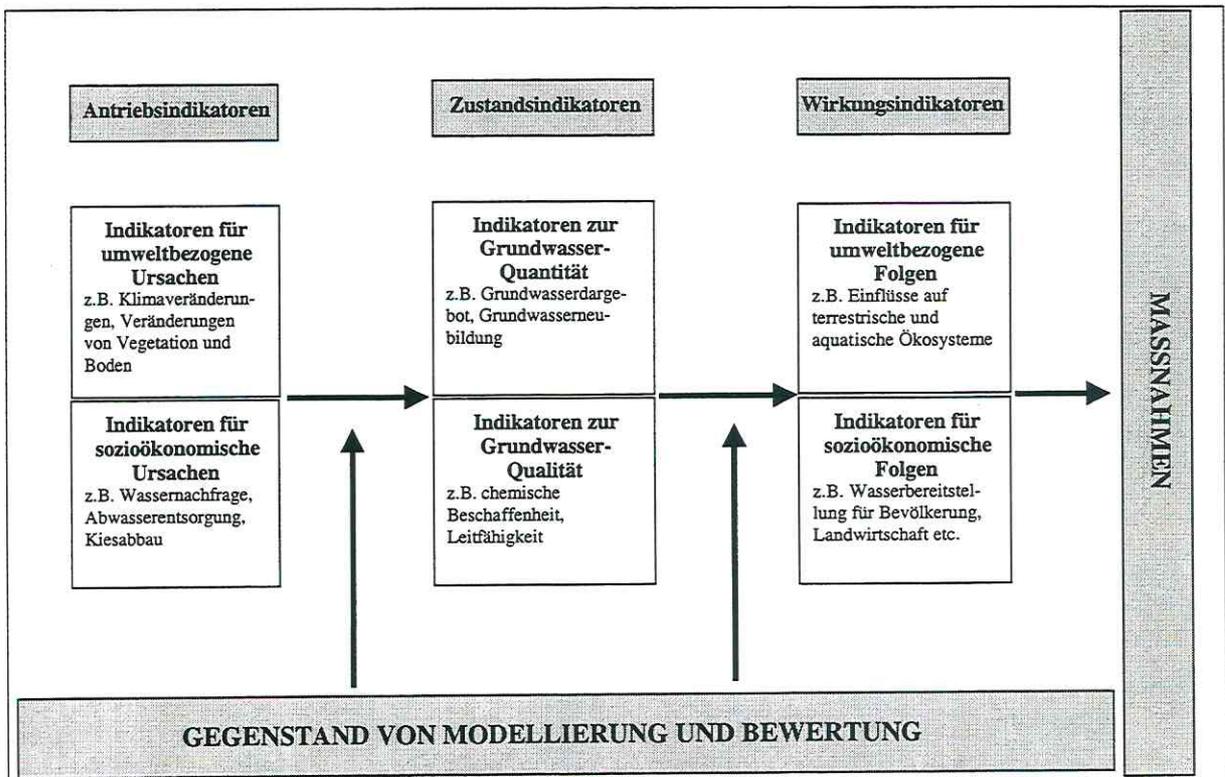


Abb.1: Indikatorensystem für einen handlungsorientierten Grundwasserschutz.

Neben dem System-Aspekt ist auch der Dynamik ökologischer und ökonomischer Systeme Rechnung zu tragen, so dass die Indikatoren für einen nachhaltigen Grundwasserschutz als Trendindikatoren zu verstehen und als diesbezügliche Messgrößen zu bestimmen sind.

### 2.3 Kriterien eines nachhaltigen Grundwasserschutzes

Wenn fest steht, mit welchen Nachhaltigkeitsindikatoren die Situation des Grundwassersystems erfasst werden soll, müssen zu den Indikatoren jeweils Bewertungsmaßstäbe festgelegt werden, um zu Nachhaltigkeitskriterien zu gelangen. Ein Ansatz, wie methodisch der Schutz der Grundwasserqualität in eine Bewertung einbezogen werden kann, besteht darin, sich an dem Erhalt der Funktionen des Grundwassersystems zu orientieren. Ausgangspunkt der Überlegungen ist, dass das Grundwassersystem und die davon abhängigen Ökosysteme bis zu einer gewissen Tragekapazität belastbar sind.

Hinsichtlich der Quantität des Grundwassers ist das Ziel eines nachhaltigen Grundwasserschutzes ein ausgeglichener Grundwasserhaushalt. Das schließt insbesondere ein, dass die Grundwasserentnahme geringer als die Grundwasserneubildung bleibt. Da auch die Wirkungen auf grundwassernahe Ökosysteme in Betracht zu ziehen sind, die ökologische Empfindlichkeit jedoch räumlich differenziert ist, kann das konkrete Verhältnis von Entnahme zu Neubildung allerdings nur standortabhängig bestimmt werden.

Bezüglich der Grundwasserqualität sind ebenfalls *critical levels* (kritische Konzentrationen) und *critical loads* (kritische Frachten) für stoffliche und nichtstoffliche Belastungen zu bestimmen. Auch hier gilt, wie stark sie die Grundwasservorkommen gefährden, hängt von der Tragekapazität der natürlichen Systeme (Regenerationspotentiale) ab. So können erhöhte Stoffeinträge teilweise im Laufe der Zeit abgebaut und demzufolge auch toleriert werden. Anstrengungen zu Vermeidung und Reduzierung von Stoffeinträgen oder anderen Belastungsfaktoren wären dann erst erforderlich, wenn die Gefahr besteht, dass die Tragekapazitäten der natürlichen Systeme überschritten werden (Claussen et al. 1996, S. 5). Dabei ist ebenfalls wie bei der zu schützenden Grundwassermenge zu berücksichtigen, dass die Tragekapazität sich durch die Standortbedingungen (z. B. Boden- und Untergrundeigenschaften) sowie durch die vergangene und gegenwärtige Landnutzung unterscheidet.

Dieser an der Erhaltung der Funktionen des Grundwassersystems ausgerichtete Ansatz zur Festlegung von Nachhaltigkeitskriterien ist allerdings nicht mit dem deutschen Wasserrecht zu vereinbaren, denn das geht von dem Grundsatz des Reinheitsgebotes aus, woraus sich wesentlich schärfere Kriterien ableiten lassen als aus dem Tragekapazitäten-Ansatz (Claussen et al. 1996, S. 5). Im Paragraphen 1a des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) wird vorgeschrieben:

„Die Gewässer sind als Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu sichern. Sie sind so zu bewirtschaften, dass (...) jede vermeidbare Be-

einträchtigung ihrer ökologischen Funktionen unterbleibt. Jedermann ist verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten (...).“

Es ist zu konstatieren, dass in dem Gesetz Gewässerschutz *vermeidbare* und nicht erst *schädliche* Beeinträchtigung der ökologischen Funktionen einschließt. Außerdem sollen *jegliche Verunreinigungen des Wassers* und nicht erst *schädliche Auswirkungen* vermieden werden. Mit dem Reinheitsgebot im Wasserhaushaltsgesetz ist im deutschen Wasserrecht ein weitreichendes Vorsorgeprinzip verankert. Das heißt, aus dem Wasserhaushaltsgesetz ist für einen nachhaltigen Grundwasserschutz die natürliche Beschaffenheit des Grundwassers als Bewertungsmaßstab abzuleiten (vgl. Claussen et al. 1996, S. 10). Nachhaltiger Grundwasserschutz hat demzufolge flächendeckend ein anthropogen möglichst unbelasteten Zustand zu gewährleisten.

Reinheitsgebot und ausgeglichener Grundwasserhaushalt sollen den Erhalt der Funktionen des Grundwassers im Naturhaushalt und als Naturressource sicherstellen. Das deutsche Wasserhaushaltsgesetz ist allerdings ein Rahmengesetz. Es enthält keine verbindlichen Gütemaßstäbe in Form von Grenzwerten, denn die Ausgestaltung des Wasserrechtes ist Ländersache. Das geschieht in länderbezogenen Wasserhaushaltsgesetzen, die wiederum durch Verordnungen und Verwaltungsvorschriften untersetzt werden, die aber weitgehend auf einem System von Emissionsgrenzwerten basieren.

Sofern Gütemaßstäbe formuliert werden, orientieren sie sich nach wie vor an nutzungsbezogenen Gesichtspunkten. Auf Grund der im allgemeinen naturgegebenen Reinheit ist das Grundwasser für den Menschen eine wichtige Trinkwasserressource. Demzufolge wurden und werden die qualitativen Schutzziele für Grundwasser vorwiegend aus den Anforderungen an die Trinkwasserqualität abgeleitet. Konkrete Grenzwerte sind in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) und in der EU-Trinkwasserrichtlinie (75/440/EWG) festgelegt.<sup>3</sup> Auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat Grenzwerte empfohlen. Die in den verschiedenen Listen enthaltenen Richt- und Höchstwerte sind auf der Grundlage von humantoxikologischen Standards, ästhetischen und technischen Ansprüchen gegenüber dem Trinkwasser und bezüglich

---

<sup>3</sup> Eine Übersicht über bestehende Grenzwerte für Trinkwasser mit Angabe der Hauptbelastungsquellen und der Begründung der Grenzwerte findet man in Anlage 1.

gewisser Stoffe bestimmt worden. Bezüglich eines nachhaltigen Grundwasserschutzes besteht das Problem darin, dass Wasserreinheit und Trinkwassereignung nicht zuverlässig verknüpfbar sind. Sofern durch technische Aufbereitungsanlagen der Wasserwirtschaft ökonomisch effiziente Trinkwasserqualität gesichert werden kann, ist der Anspruch an die Grundwasserqualität durch die Möglichkeiten technischer Wasseraufbereitungsanlagen bestimmbar.

Allerdings auch in dem Fall, dass der Anspruch an die Grundwasserqualität dem an Trinkwasserqualität entspricht, sind die Grenzwerte für eine Bewertung des nachhaltigen Grundwasserschutzes auch nur bedingt geeignet, denn sie sind nur einseitig nutzungsorientiert auf Trinkwasserbedürfnisse ausgerichtet. Die TrinkwV und die EU-Trinkwasserrichtlinie berücksichtigen nur unzureichend die Langzeitwirkungen von Stofffrachten vom ober- in den unterstromigen Bereich der Gewässer sowie ökotoxische Aspekte. Nach UBA (1999, S. 28) reicht z. B. eine Konzentration von 50 mg/l Nitrat im Grundwasser als Obergrenze für Trinkwasser nicht aus, die Eutrophierung zu mindern.

Obwohl die natürliche Beschaffenheit des Grundwassers als Umweltqualitätsziel weitestgehend umweltpolitisch anerkannt ist (vgl. WHG), besteht noch Handlungsbedarf bezüglich rechtsverbindlicher Maßstäbe an die Quantität und Qualität des Grundwassers. So kann zwar davon ausgegangen werden, dass die Nitratkonzentration in „unbelasteten, natürlichen, sauerstoffreichen Grundwässern in Deutschland zwischen 10 und 25 mg/l liegen,“ aber verbindliche „Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte bestehen in Deutschland für Nitrat nicht“ (UBA 1999, S. 27)<sup>4</sup>.

Mit der in diesem Jahr verabschiedeten EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) (EU 2000) vollzieht sich jedoch ein Paradigmenwechsel von einer bisher dominierenden emissionsbezogenen Gewässerpolitik in Richtung eines *kombinierten Emissions-Immissionsprinzips*. Die WRRL stellt mit ihrem Art. 4 Umweltziele in den Mittelpunkt ihrer Regelung. Im Sinne des Art. 4 WRRL wird die Vermeidung einer Verschlechterung des Grundwasserzustandes und die Sanierung mit dem Ziel eines „guten Zustandes“ als Umweltziel definiert. Was als „guter Zustand“ gilt, wird in Art. 2 Nr. 14 und 16 und im Anhang V der WRRL näher ausgeführt (vgl. Anlage 2). Die Maßnahmen für einen „guten Zustand“ werden in Programmen nach Art. 13 WRRL festgeschrieben und in den Bewirtschaftungsplänen nach Art. 16 WRRL aus-

---

<sup>4</sup> Ein Ansatz zur Berücksichtigung geogener Grundwasserqualitäten bei der Ableitung von Grundwasserschutzzielen und -maßnahmen ist z. B. in Hannappel et al. (1995) zu finden.

gewiesen. Die in Bewirtschaftungsplänen definierten Umweltziele sind in einem Zeitraum von 15 Jahren nach Inkrafttreten der WRRL zu erreichen.

Zwar wird in Artikel 1 der WRRL der Erhalt der Funktionen des Grundwassersystems formuliert, aber damit ist noch keine hinreichende Aussage gegeben, ob längerfristig an der Tragekapazität oder an der natürlichen Beschaffenheit (Reinheitsgebot) orientierte Bewertungsmaßstäbe anzustreben sind.

## **2.4 Räumliche und zeitliche Differenzierung und Aggregation von Kriterien**

Grundwassersysteme sind räumlich differenziert und verändern sich über die Zeit. Aus diesem Grunde müssen die Nachhaltigkeitsindikatoren an einem Netz von Messstellen und in regelmäßigen Abständen erhoben werden. Für jeden Indikator erhält man eine Zeitreihe von Messwerten für jede Messstelle des Netzes. Es stellt sich nun die Frage, wie man die Messwerte in geeigneter Weise zeitlich und räumlich zusammenfasst, um zu einer Gesamteinschätzung hinsichtlich des zu betrachtenden Kriteriums zu gelangen.

Wenden wir uns zunächst dem Problem der räumlichen Aggregation zu. Eine Möglichkeit wäre festzulegen, dass ein gewisses Kriterium genau dann eingehalten ist, wenn der Grenzwert an allen Messstellen unterschritten wird. Eine andere Möglichkeit wäre hingegen die Konzentrationen über das gesamte Messnetz oder über einen Teil des Netzes zu mitteln und dann mit dem Grenzwert zu vergleichen. Offensichtlich führen beide Methoden nicht unbedingt zu der gleichen Einschätzung. Die erste Möglichkeit hat ein schärferes Kriterium zur Folge als die zweite. Es sind auch noch andere Aggregationsmethoden denkbar. Welche Methode für ein bestimmtes Kriterium die geeignete ist, hängt von dem Wirkungsmechanismus der Schadstoffe und vor allem von unserer Kenntnis oder Unkenntnis über den Mechanismus ab. Betrachten wir als einfaches Beispiel den Nitratgehalt im Trinkwasser. Eine schädliche Wirkung kann aller Voraussicht nach vermieden werden, wenn die  $\text{NO}_3$ -Konzentration unter 50 mg/l im Rohwasser liegt. Eine erhöhte Konzentration in einer Quelfassung kann durch Verschneiden mit Wasser aus einer anderen Fassung ausgeglichen werden. In diesem Fall ist es durchaus sinnvoll, die Messwerte des im Fassungsbereich liegenden Messnetzes zu mitteln.

Eine ähnliches Problem stellt sich bei der Aggregation über die Zeit. In welchen Abständen sind die Messwerte zu erheben und sind kurzzeitige Überschreitungen der Grenzwerte noch zu tolerieren oder nicht? Auch diese Fragen sind in Abhängigkeit von der speziellen Situation zu beantworten. Wenn beispielsweise ein Ökosystem gegenüber einem Schadstoff ein hohes

Regenerierungsvermögen (Resilienz) besitzt, so ist eine kurzzeitige, geringfügige Überschreitung eines Grenzwertes zu tolerieren. Hat umgekehrt schon eine kurzzeitige Überschreitung eines Grenzwertes irreversible Folgen, ist sie nicht akzeptabel.

Wir halten fest, dass die Festlegung von Nachhaltigkeitskriterien eine räumlich und zeitlich differenzierte Betrachtungsweise erfordert und die Frage, wie die Messwerte aggregiert werden sollten, von der jeweiligen Problemsituation abhängt.

Im Abschnitt zwei wurde erläutert, wie der Begriff eines nachhaltigen Schutzes der Grundwasserressource operationalisiert werden kann. Grundlage sind Nachhaltigkeitskriterien. Die Individuen der Gesellschaft haben ihr Verhalten so auszurichten, dass diese Kriterien aller Voraussicht nach eingehalten werden. Anschließend wurde eine Reihe von Vorschlägen für Kriterien eines nachhaltigen Grundwasserschutzes vorgestellt und diskutiert, die an der Tragekapazität zu orientieren sind. Es konnte in diesem Zusammenhang jedoch nicht beantwortet werden, wie die an der Tragekapazität auszurichtenden Nachhaltigkeitskriterien zu formulieren sind. Dazu sind standortbezogene naturwissenschaftliche Untersuchungen erforderlich. Handlungsgrundlage für die nächsten Jahre ist die WRRL, mit der die Umweltziele für Grundwasser definiert sind. Im Rahmen des Projektes, das sich mit der Wahl optimaler Landnutzungen befasst, stellt sich allerdings für den Landkreis Merseburg-Querfurt – dem Untersuchungsgebiet – die Frage, wie die *Maßnahmenotwendigkeit* für die Umsetzung der Umweltziele für Grundwasser zu beurteilen ist und inwieweit die *Grundwasserschutzziele und -maßnahmen räumlich differenziert* abzuleiten sind. Zur Beantwortung der Frage werden wir zunächst die Grundwassersysteme im Landkreis Merseburg-Querfurt charakterisieren.

### **3 Charakteristik der Grundwassersysteme im Landkreis Merseburg-Querfurt im Hinblick auf die Trinkwasserversorgung**

Bei der Landschaftsoptimierung wird nur ein kleiner Ausschnitt des Landkreises Merseburg-Querfurt betrachtet. Dieser Ausschnitt wird als Kernuntersuchungsgebiet der Querfurter Platte bezeichnet (oder kurz: Kerngebiet) und in der Abbildung 2 dargestellt. Um das Grundwassersystem in einen größeren Kontext einordnen zu können, wurden im Rahmen eines Werkvertrages Daten zur Charakterisierung des Grundwassers auf Ebene des Kreises Merseburg-Querfurt erhoben. Auf Grund bisheriger Nutzungsansprüche stehen insbesondere die Funktionen der Grundwasservorkommen als Trinkwasserressource im Mittelpunkt der folgenden Betrachtung.

Die Charakterisierung der Grundwassersysteme im Landkreis Merseburg-Querfurt erfolgte vor allem auf der Grundlage der folgenden Unterlagen:

- Bericht der IHU-Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH, Nordhausen „Hydrogeologische Untersuchungen zu den Wasserversorgungsbedingungen im Landkreis Querfurt“ (IHU 1992)
- Werkvertrag zu „Charakterisierung von Grundwassersystemen und deren Nutzung im Regierungsbezirk Halle“ (Winkler 1999)

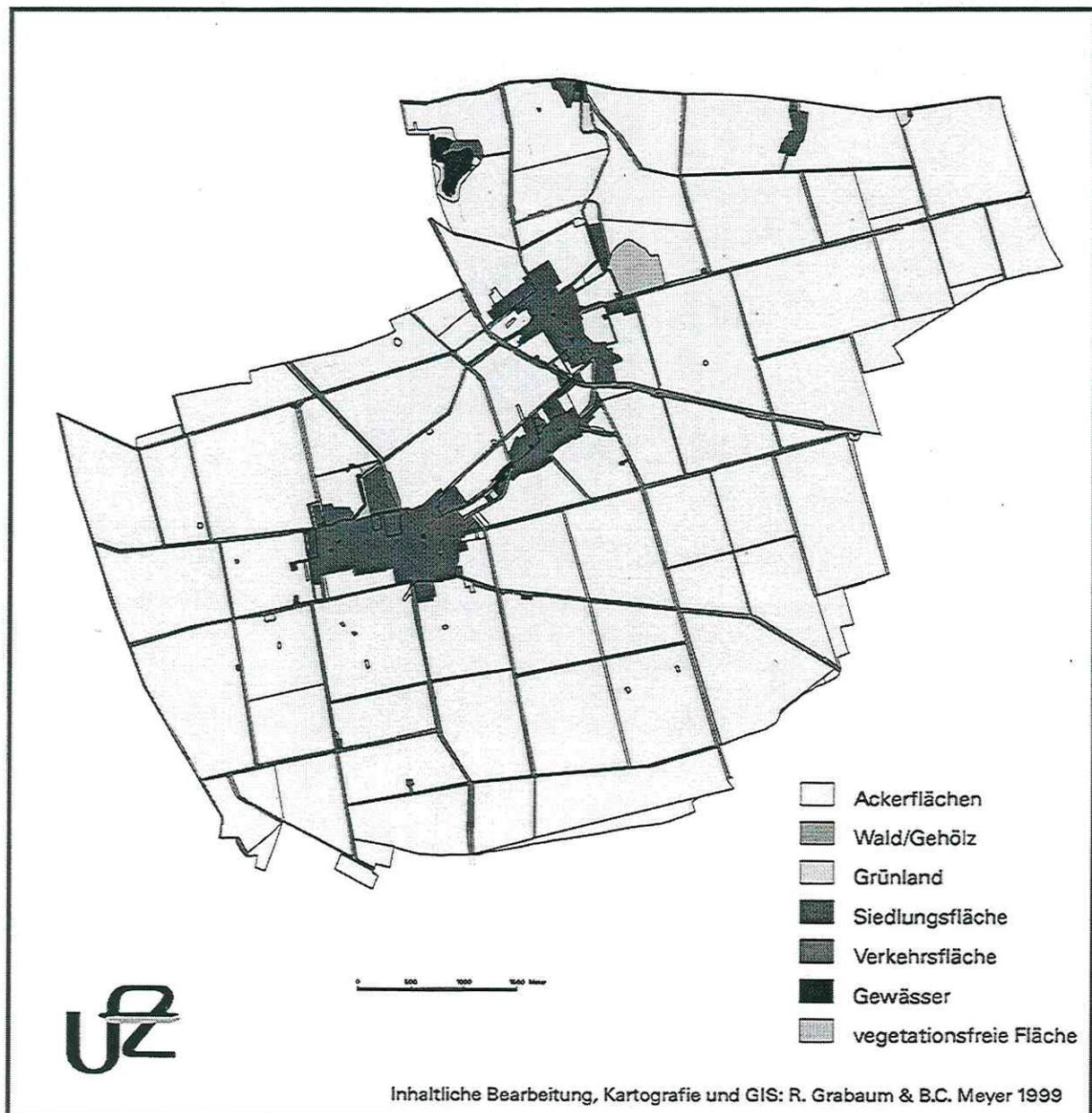


Abb. 2: Nutzungstypen im Kernuntersuchungsgebiet der Querfurter Platte (Grabaum, Meyer, Mühle 1999, S. 21).

### 3.1 Trinkwasserschutzgebiete

Eine Übersicht über die Trinkwasserschutzgebiete (TWSG) im Landkreis Merseburg-Querfurt (LK MQ) ist den Anlagen 3 und 4 zu entnehmen. Die ausgewiesenen Schutzflächen beziehen sich auf das Jahr 1994. Aus der Abbildung 3 geht die Lage der TWSG hervor. Die TWSG des LK MQ machen ca. 7 % der TWSG des Landes Sachsen-Anhalt aus. Die TWSG Qf13-Süd und Qf15 liegen im Kernraum des Untersuchungsgebietes und umfassen ca. 10 % der Schutzflächen des LK MQ. Die Veränderungen, die sich bis 1999 bezüglich des Status TWSG

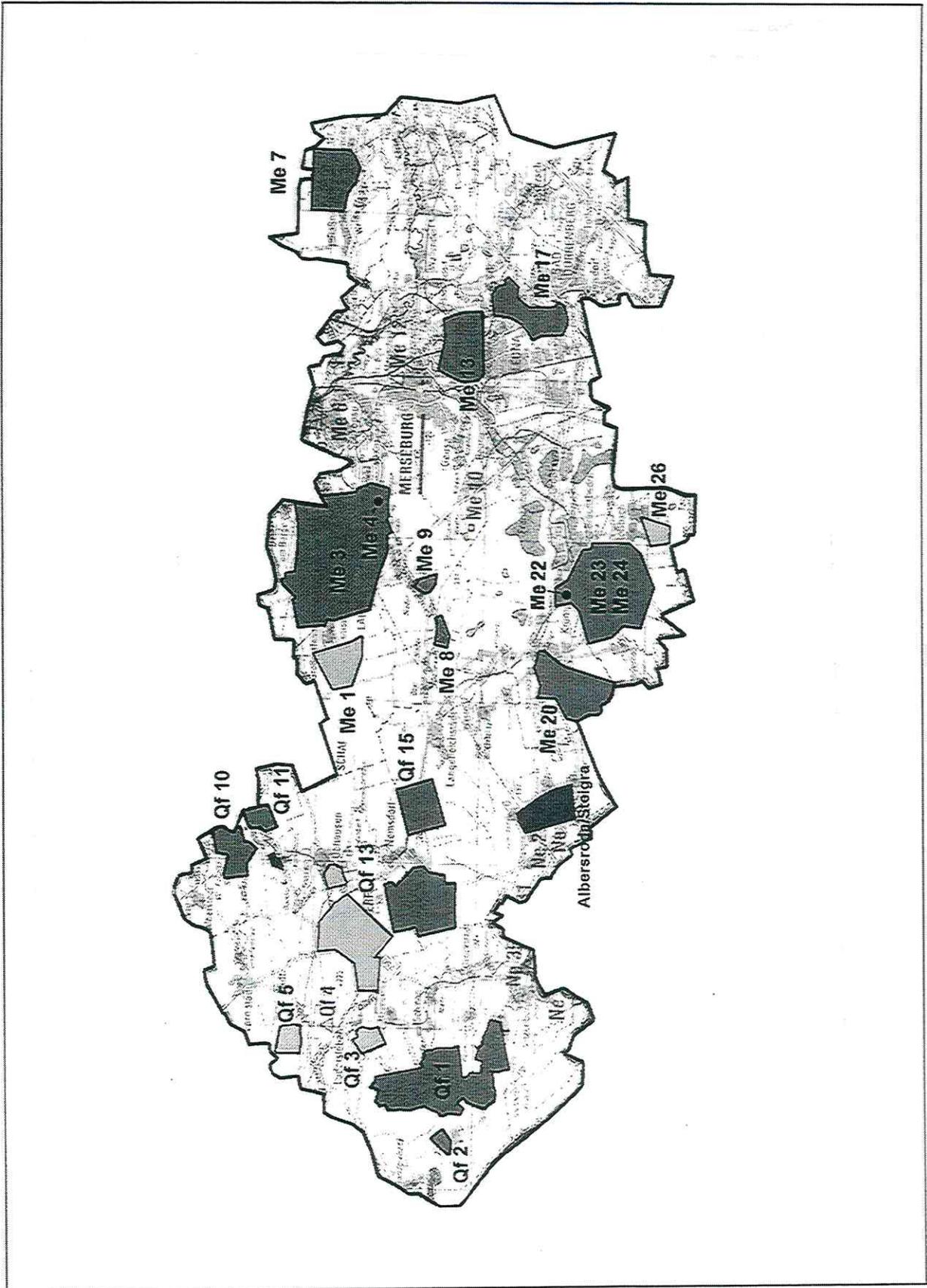


Abb. 3: Trinkwasserschutzgebiete im Landkreis Merseburg-Querfurt (Stand 1998) (Winkler 1999).

Legende zu Abb. 3:

Qf	Schutzstatus und Angaben zur Wasserförderung	Me	Schutzstatus und Angaben zur Wasserförderung
Qf 1	Trinkwasserschutzzone	Me 1	Trinkwasserschutzzone aufgehoben
Qf 2	Trinkwasserschutzzone	Me 3 und 4	Heilbrunnenschutzgebiet
Qf 3	Trinkwasserschutzzone aufgehoben	Me 7	Trinkwasserschutzzone
Qf 5	Trinkwasserschutzzone aufgehoben	Me 8	Trinkwasserschutzzone
Qf 10	Trinkwasserförderung eingestellt	Me 9	Trinkwasserschutzzone
Qf 11	Trinkwasserschutzzone	Me 13	Trinkwasserförderung eingestellt
Qf 13 Mitte (a)	Trinkwasserschutzzone aufgehoben	Me 17	Trinkwasserschutzzone
Qf 13 Nord (b)	Trinkwasserschutzzone aufgehoben	Me 20	Trinkwasserschutzzone
Qf 13 Süd (c)	Trinkwasserschutzzone	Me 22 und 23	Trinkwasserschutzzone
Qf 15	Trinkwasserschutzzone	Me 24	Trinkwasserschutzzone
Gebiet Albersroda/Steigra	Trinkwasserschutzgebiet, neu	Me 26	Trinkwasserschutzzone aufgehoben
Westlich von Qf 11 gelegenes Gebiet	Trinkwasserschutzgebiet, neu		

ergeben haben, können ebenfalls der Abbildung 3 entnommen werden. Insgesamt zeichnet sich ab, dass sich die ausgewiesenen Schutzflächen für die Trinkwassergewinnung reduziert haben. Dies trifft sowohl für Sachsen-Anhalt insgesamt (vgl. Tabelle 2) als auch für den Landkreis Merseburg-Querfurt zu. Die Aufhebung von Trinkwasserschutzgebieten ist im Kontext zur Schließung von Wasserversorgungsanlagen infolge einer rückläufigen Entwicklung des Trinkwasserverbrauchs sowie der geogen und anthropogen bedingten Probleme bezüglich der Grundwasserbeschaffenheit zu sehen.

### 3.2 Wasserversorgung

Die in der Tabelle 1 ausgewiesene Entwicklung des Trinkwasserverbrauchs in Sachsen-Anhalt basiert auf den Planungen zur Trinkwasserversorgung des Ministeriums für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt (1996). Die Entwicklung von 1990 bis 2010 lässt eine Reduzierung des jährlichen Trinkwasserverbrauchs von 912 auf 379 Tm<sup>3</sup> pro Tag erkennen. Der rückläufige Trend ist zurückzuführen auf die Abnahme der Einwohner von 2,890 auf 2,710 Mio. sowie auf eine Senkung des spezifischen Trinkwasserverbrauchs von 330 auf 190 l pro Einwohner und Tag. Eine wichtige Säule in der Trinkwasserversorgung in Sachsen-Anhalt ist das Fernwasser. Zwar reduziert sich im Zeitraum 1990 bis 2010 die von der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH bereitgestellte Trinkwassermenge, aber ihr Anteil am Gesamtverbrauch erhöht sich von ca. 35 % auf ungefähr 43 %.

Tab. 1: Öffentliche Wasserversorgung in Sachsen-Anhalt.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	2010
Einwohner [Anzahl]	2.890.474	2.823.324	2.796.981	2.777.935	2.759.213	2.738.928	2.707800
Trinkwasserverbrauch bzw. -bedarf [1000m <sup>3</sup> /d]	912	774	646	595	527	492	511
Trinkwasserverbrauch bzw. -bedarf [l/(E*d)]	330	290	239	218	193	181	189
davon Fernwasserversorgung [1000m <sup>3</sup> /d]	316	271	251	225	199	169	219
Versorgungsanlagen: mittlere Kapazität [1000m <sup>3</sup> ]	1.100				1.021	994	
Wasserschutzgebiete [km <sup>2</sup> ]		2.125	2.069	1.995	1.768	1.714	1.000

Quelle: Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (1996): Trinkwasserzielplanung des Landes Sachsen-Anhalt 1996. Magdeburg, S. 12-15, 143.

Die Situation im LK MQ unterscheidet sich jedoch von der in Sachsen-Anhalt. In der Zielplanung (vgl. Tab. 2) wird für die Entwicklung von 1994 bis 2010 davon ausgegangen, dass:

- der Gesamtbedarf an Trinkwasser steigt, was auf einen geringfügigen Zuwachs der Einwohner und einer Erhöhung des spezifischen Trinkwasserverbrauches beruht,
- die Kapazität der örtlichen Wasserversorger und die Gesamtförderung aus örtlichen Wasserversorgungsanlagen stark abnimmt und
- der Anteil an Fernwasser, der von der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH bezogen wird, signifikant zunimmt. Es wird 2010 mit einem Anteil des Fernwassers am Gesamtverbrauch an Trinkwasser von 93 % gerechnet.

Die Wasserversorgung im Kerngebiet wird gegenwärtig noch durch eine lokale Pumpstation (TWSG Qf13-Süd) sowie durch Überleitungen aus der Wasserfassung Schnellroda sichergestellt. Bis zum Jahr 2001 ist die Ablösung der lokalen Wasserversorgung durch die Fernwasserversorgung geplant (MIDEWA GmbH Eisleben, mdl. Mitteilung von Herrn Kühn vom 1.9.1999 und 22.8.2000).

Tab. 2: Bedarf an Trinkwasser (TW) im Landkreis Merseburg-Querfurt.

	Einheit	1994	1995	2010
Einwohner insgesamt	Anzahl	140.281	140.569	141.000
Anschluss an öffentliche Wasserversorgung	Anzahl	140.178	140.499	141.000
davon einzelversorgt	Anzahl	103	70	-
Anschlussgrad an öffentliche Wasserversorgung	%	99,9	99,9	100
Öffentliche Wasserversorgungsanlagen (WVA)	Anzahl	24	23	6
mittlere Kapazität	m <sup>3</sup> /a	9.681.990	9.462.990	2.766.700
davon Grenzwertüberschreitungen	Anzahl	10	5	-
mittlere Kapazität	m <sup>3</sup> /a	5.296.150	3.544.150	-
Mittl. TW-Verbrauch bzw. -Bedarf	m <sup>3</sup> /a	9.281.059	8.509.228	11.680.000
Spez. TW-Verbrauch bzw. -Bedarf	l/Ed	181	166	225
Gesamtförderung örtl. WVA M-Q	m <sup>3</sup> /a	3.876.167	3.283.723	675.250
+ Fremdbezug örtl. WVA/Kreise	m <sup>3</sup> /a	81.271	81.271	87.600
+ Fremdbezug FWV Elbaue-Ostharz GmbH	m <sup>3</sup> /a	5.418.696	5.195.234	10.935.400
- Abgabe aus örtl. WVA an Kreise	m <sup>3</sup> /a	95.075	51.000	18.250

Quelle: Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (1996) Trinkwasserzielplanung des Landes Sachsen-Anhalt 1996. Magdeburg, S. 67.

### 3.3 Grundwasserneubildung und -inanspruchnahme

Ein Indikator für die Beurteilung der möglichen Entnahme von Grundwasser ist – wie in Abschnitt 2 bereits dargelegt – die *Grundwasserneubildung*. „Unter Grundwasserneubildung wird der Zugang von in den Boden infiltriertem Wasser zum Grundwasser verstanden“ (Höling 1995, S. 65). Das auf eine definierte Fläche<sup>5</sup> bezogene infiltrierte Wasser wird als Grundwasserneubildungsrate bezeichnet und in der Dimension l/(s\*km<sup>2</sup>) ausgewiesen (Ebenda).

Zwar gehört der LK MQ zu einem Gebiet mit einer geringen bis sehr geringen Grundwasserneubildung, aber es kann trotzdem davon ausgegangen werden, dass die Grundwasserentnahmen, gemessen an der mittleren Kapazität der lokalen, öffentlichen Wasserversorgungs-

<sup>5</sup> In der Regel handelt es sich dabei um das unterirdische Einzugsgebiet.

anlagen im LK, im Betrachtungszeitraum nicht größer waren als die Grundwasserneubildungsraten.

Dies zeigt auch der Vergleich der Grundwasserneubildungsrate auf den Schutzflächen Qf13-Süd und Qf15 im Kerngebiet der Untersuchung mit den Wasserentnahmen in Höhe der mittleren Kapazität der WVA von Qf13-Süd und Qf15.

Grundlage für die Ermittlung der Grundwasserneubildung ist das Verfahren von Renger und Strebel (1980). Für die Anwendung des Verfahrens werden Niederschlagsdaten, die nutzbare Feldkapazität des Bodens und die Haude-Verdunstung benötigt. Da für den Niederschlag zwei unterschiedliche Datengrundlagen zur Verfügung standen, werden zwei Varianten der ermittelten mittleren Grundwasserneubildung betrachtet. Ein vollständiges Daten- und Berechnungsschema für das Verfahren findet man bei Meyer (1997). Als Niederschlagsdaten standen zur Verfügung:

- Daten auf Quadratkilometerraster-Basis nach Müller-Westermeier (1995): 511–566 mm (Einbeziehung der Höhenlage) und
- Daten des agrarmeteorologischen Dienstes, Station Querfurt: 489 mm mittlerer jährlicher Niederschlag (Meyer 1997).

Nach den Niederschlagswerten von Müller-Westermeier (1995) wurde eine mittlere Grundwasserneubildung von 100 mm und nach den Daten der Wetterstation Querfurt wurde eine mittlere Grundwasserneubildung von 75 mm ermittelt.

Wird nun die Grundwasserneubildungsrate für die 12,18 km<sup>2</sup> umfassenden Schutzflächen Qf13-Süd und Qf15 betrachtet, so liegt sie – wie der Tabelle 3 zu entnehmen ist – über der Grundwasserentnahme, die der mittleren Kapazität der Wasserversorgungsanlagen entspricht.

Bei der Beurteilung des Verhältnisses von Grundwasserneubildung und –entnahme ist noch zu berücksichtigen, dass die Einzugsgebiete der beiden Wasserfassungen größer als die ausgewiesenen Trinkwasserschutzgebiete sind. So geht das Einzugsgebiet der zu Qf13-Süd gehörenden Wasserfassungen bis an den süd-westlichen Rand der Querfurter Platte (mdl. Auskunft von Herrn Donath, Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt vom 22.8.2000). Das bedeutet, dass die für die Wasserfassungen zu betrachtenden Grundwasserneubildungsraten noch höher liegen dürften.

Tab. 3: Grundwasserneubildung und mittlere Kapazität der Wasserversorgungsanlagen in den TWSG Qf 13-Süd und Qf 15.

WVA	Grundwasserneubildungsrate mit N nach		Mittlere Kapazität der WVA Qf 13-Süd u. Qf 15	Fördermenge der WVA Qf 13-Süd u. Qf 15 1997
	Müller-Westermeier [m <sup>3</sup> /a]	Wetterstation Querfurt [m <sup>3</sup> /a]	[m <sup>3</sup> /a]	[m <sup>3</sup> /a]
WVA Qf 13-Süd u. Qf15	1.218.000	913.500	51.830	16.850

Quelle: Winkler 1999.

Für das zulässige Verhältnis von Grundwasserneubildungsrate und –entnahme dürfte des weiteren von Bedeutung sein, dass das Grundwasser für die Speisung der Oberflächengewässer benötigt wird. Die wichtigsten Vorfluter der Querfurter Platte sind die Querne und Weida (mdl. Auskunft Herr Donath, Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt vom 22.8.2000). Zur Beurteilung der hydraulischen Verbindungen zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser sowie der Bedeutung der kleinen Oberflächengewässer im Kerngebiet bedarf es allerdings weiterer fachlicher Untersuchungen.

### 3.4 Grundwasserqualität

Die von IHU (1992) und Winkler (1999) vorliegenden Einschätzungen sowie Daten zur Wasserbeschaffenheit zeigen, dass überwiegend geogen bedingte Qualitätsmängel, verglichen mit den Anforderungen an Trinkwasser nach TrinkwV, zu verzeichnen sind. Die geogene Belastung ist dabei durchaus unterschiedlich und hängt von den jeweiligen Grundwasserstockwerken ab. So wurden im Altkreis Querfurt z. B. folgende geogene Belastungen nachgewiesen (IHU 1992, S. 34ff.):

*Grundwasserstockwerk Rotliegendes:* relativ hohe Härte,

*Grundwasserstockwerk Zechstein:* relativ hohe Härte und Eisengehalt und

*Grundwasserstockwerk Buntsandstein:* relativ hohe Härte, Sulfate und Magnesium.

Diese Aussagen können beispielsweise auch durch Daten zur Trinkwassergüte von Wasserversorgungsanlagen im LK MQ belegt werden. So ist die Wassergüte in Wasserförderanlagen

gen im Kerngebiet durch eine hohe Sulfat- und Magnesiumbelastung<sup>6</sup> sowie Wasserhärte gekennzeichnet (vgl. Tabelle 4).

Inwieweit anthropogen bedingte Qualitätsprobleme existieren, hängt zum Einen vom natürlichen Schutz- und Selbstreinigungspotential und zum Anderen von den durch Landnutzung verursachten Gefährdungen ab. Aus diesem Grunde soll zunächst das natürliche Schutzpotential betrachtet werden. Im Abschnitt 4 wird dann auf die anthropogen bedingten Gefährdungen näher eingegangen.

---

<sup>6</sup> Die Magnesiumbelastung übersteigt tlw. den Grenzwert von 50 mg/l; die Sulfatbelastung ist nur aufgrund der Zusatzbestimmung in der TrinkwV zulässig, nach der bei geogenen Belastungen nicht der Grenzwert von 240 mg/l sondern von 500 mg/l heranzuziehen ist; für die Wasserhärte existiert kein Grenzwert.

Tab. 4: Trinkwassergüte in den Wasserfassungen von Qf13-Süd (Winkler 1999).

Landkreis	Maßeinheit	Merseburg/ Querfurt			
		Qf13	Qf13	Qf13	Qf13
WVA		Qf13	Qf13	Qf13	Qf13
Datum		1997/Probe 1	1997/Probe 2	1997/Probe 3	19997/Probe 4
Probestelle		Reinwasser	Reinwasser	Reinwasser	Reinwasser
Geschmack		0		0	0
Geruch		0		0	0
GSW			0		
Temperatur	°C	9,8	10	12,3	11,4
Färbung	1/m	< 0,1	0,2	< 0,1	< 0,1
Trübung	TE/F	0,76	4,8	0,38	6,6
Leitfähigkeit	µS/cm	972	1420	1172	1180
Oxidierbarkeit	mg/l	1,4	1,4	1,7	2,4
pH gem.		7,46	7,23	7,85	7,39
pHc		7,17	7,41	7,2	7,16
delta pH		0,29	-0,18	0,65	0,23
Ks 4,3	mmol/l	5,8	4,3	5,9	5,6
Kb 8,2	mmol/l	0,72	0,6	0,38	0,78
freie CVO2	°dH	31,7		16,7	34,3
Karbonathärte	°dH	16,2	12	16,5	15,7
Gesamthärte	mg/l	32	43,5	36,2	34,5
Eisen	mg/l	0,14	0,05	0,06	2,3
Mangan	mg/l	0,026	< 0,005	< 0,01	0,016
Calcium	mg/l	152	204	147	152
Magnesium	mg/l	46,4	65	69,4	57,4
Kalium	mg/l		7		
Natrium	mg/l		18		
Cyanid	mg/l		< 0,005		
Fluorid	mg/l		0,26		
Nitrat	mg/l	16,9	20	15,7	38
Nitrit	mg/l	0,026	< 0,02	0,02	0,01
Ammonium	mg/l	0,1	< 0,05	0,1	0,03
Chlorid	mg/l	63,6	68	67,2	76,6
Sulfat	mg/l	228	448	286	259
o-Phosphat	mg/l				

### 3.5 Parameter zur Beurteilung des natürlichen Schutzpotentials

Abbildung 4 enthält eine Übersicht über verschiedene Parameter zur Beurteilung des natürlichen Schutzpotentials von Grundwasserleitern. Für die Charakteristik des Schutzpotentials in TWSG des LK Merseburg-Querfurt wurden herangezogen (vgl. Anlage 3 und 4):

- der Grundwasserleitertyp (Aquifergeologie),
- die Grundwasserüberdeckung (Geologie der Deckschichten),
- die Mächtigkeit des Grundwasserleiters,
- die Durchlässigkeit (kf-Wert) des Grundwasserleiters und
- der Grundwassergeschütztheitsgrad (GHK).

Speziell zum Kerngebiet der Untersuchung wurden noch Informationen zum Flurabstand ergänzt.

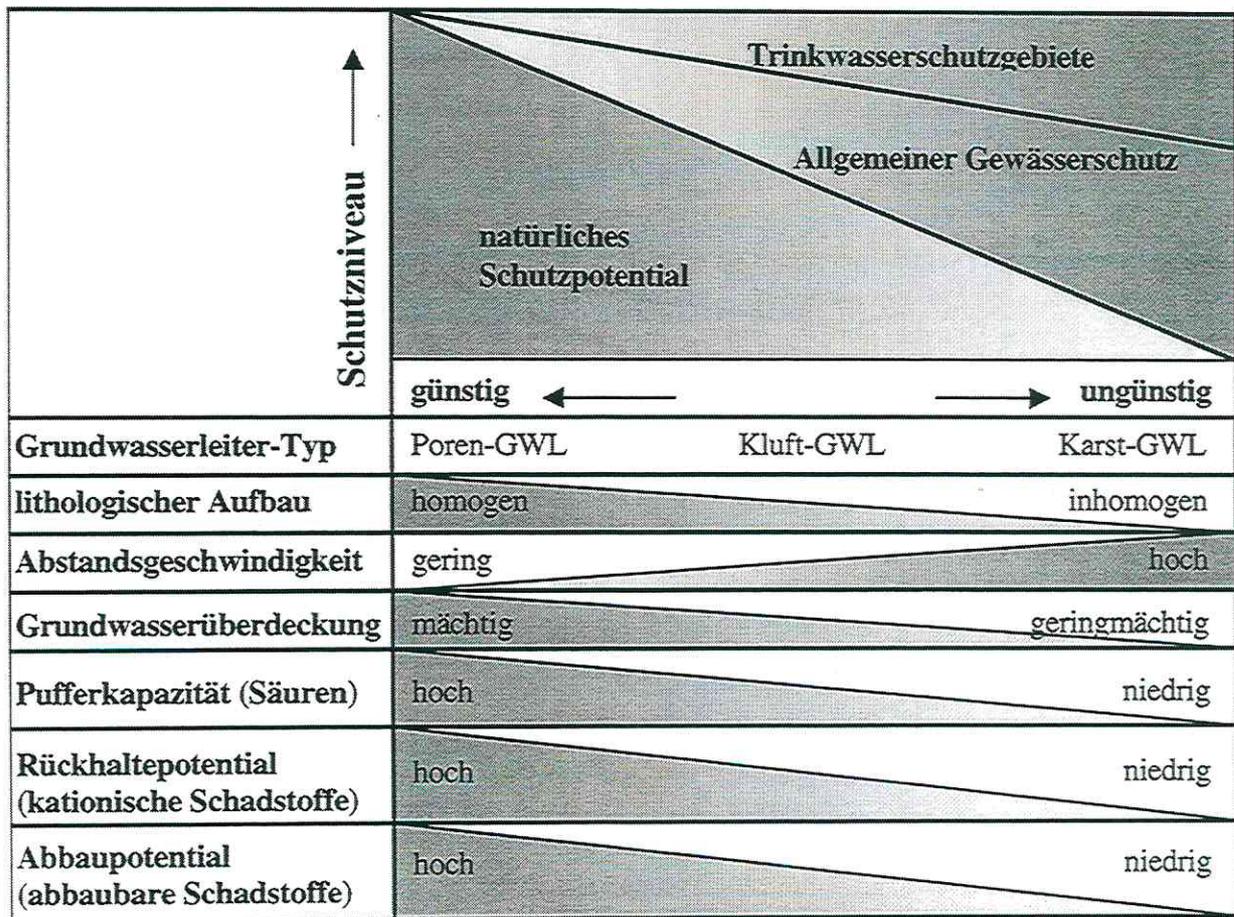


Abb. 4: Schutzpotential von Grundwasserleitern (SRU 1998, S. 149).

In der Abbildung wird der Einfluss der Parameter Grundwasserleitertyp, lithologischer Aufbau, Abstandsgeschwindigkeit, Grundwasserüberdeckung, Pufferkapazität, Rückhalte- und Abbaupotential auf das natürliche Schutzpotential von Grundwasserleitern in Richtung günstig oder ungünstig wiedergespiegelt. In Abhängigkeit vom natürlichen Schutzpotential sind die Schutzziele und entsprechenden Maßnahmen (Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten oder Maßnahmen des allgemeinen Gewässerschutzes) abzuleiten.

Im folgenden konzentrieren sich die Aussagen auf das Kerngebiet, da für diesen Raum Schlussfolgerungen zur Landschaftsoptimierung zu ziehen sind. Der in diesem Gebiet liegende *Hauptgrundwasserleiter* ist durch Muschelkalk geprägt, wobei inselartig tertiäre und quartäre grundwasserleitende und grundwasserstauende Schichten diesen überlagern. Im Liegenden schließen sich Grundwasserstockwerke des Buntsandsteins an. Der Hauptgrundwasserleiter ist im Einzugsgebiet der Wasserfassung von Qf15 64 m und im Einzugsgebiet der Wasserfassung Qf13-Süd 115 m mächtig. Der *kf*-Wert beträgt im Gebiet Qf15 4,84 m/s und 6,4 m/s für Qf13-Süd.

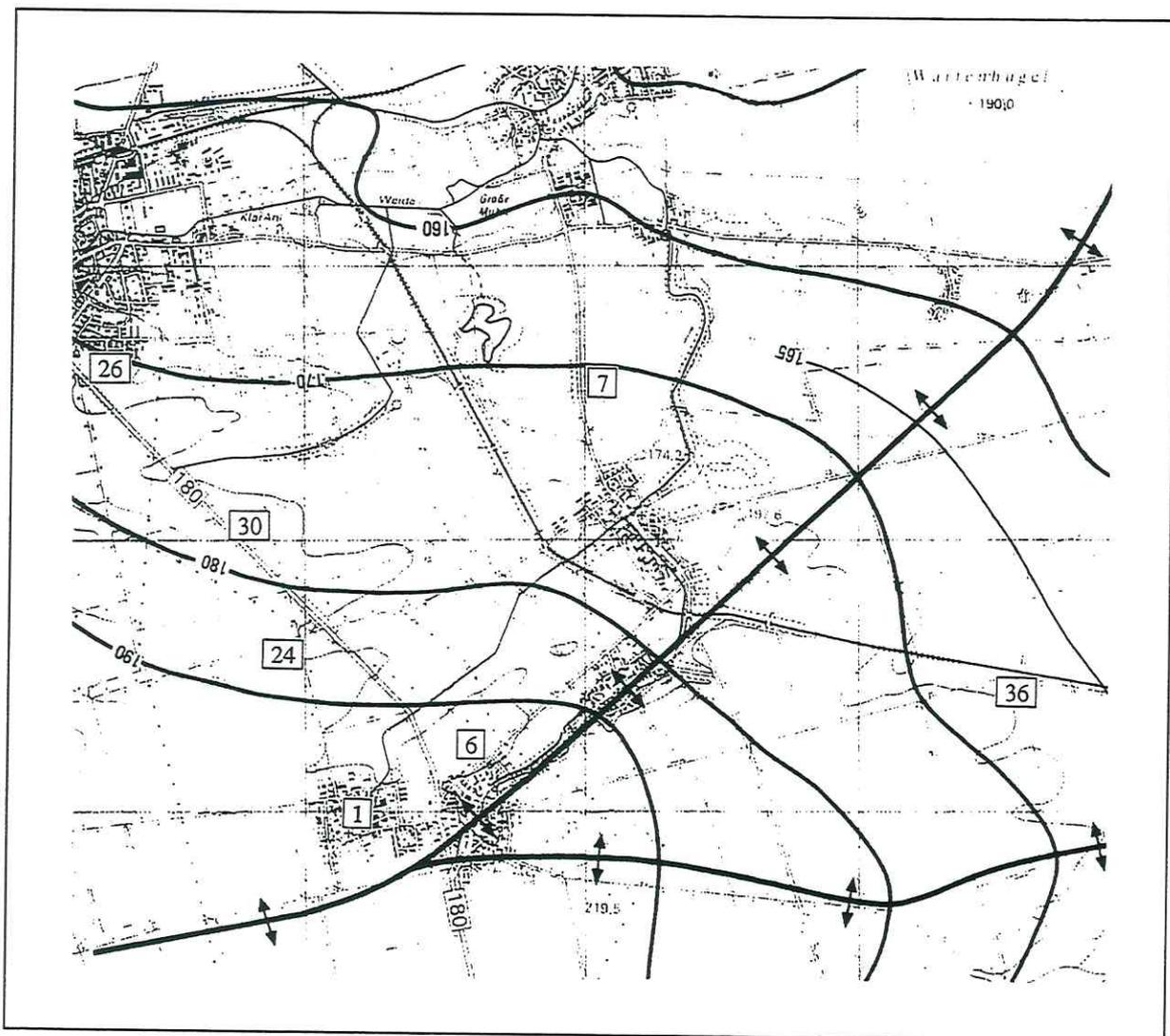


Abb. 5: Grundwasserscheiden, Flurabstände und Fließrichtungen des Grundwassers im nördlichen Teil des Kerngebietes (die im □ enthaltene Zahl bezieht sich auf den Flurabstand) (Winkler 1999; Hydrogeologische Karte der Deutschen Demokratischen Republik 1: 50.000).

Werden die mit der Lage des Hauptgrundwasserleiters zusammenhängenden *Grundwasserscheiden* und damit verbundenen *Fliessrichtungen* betrachtet (vgl. Abb. 5), fällt auf, dass er drei Teileinzugssysteme umfasst. Im mit 1 gekennzeichneten Einzugsgebiet liegt das Wasserschutzgebiet Qf15 und in dem mit 2 gekennzeichneten Teileinzugsgebiet liegt die Wasserfassung des TWSG Qf13-Süd. Die punktuell eingezeichneten Grundwasserflurabstände zeigen erhebliche Unterschiede. Sie reichen von 0,7 bis 48,5 m. Im Teileinzugsgebiet 2 mit den geringeren Grundwasserflurabständen entspringen auch die einzigen Oberflächenfließgewässer im Kerngebiet, deren Eigenschaften als Vorfluter des Grundwassers konkret zu überprüfen wären. Das mit 3 gekennzeichnete Teileinzugsgebiet ist durch einen großen Grundwasserflurabstand und keine Trinkwassernutzung gekennzeichnet.

Ein Indikator zur Beurteilung des natürlichen Schutzpotentials, das von den Schutzfunktionen der Grundwasserüberdeckung (z. B. bestimmt durch Flurabstand, Deckschichten-Geologie) und der Belastungsempfindlichkeit des Grundwasserleiters (z. B. bestimmt durch Aquifertyp, Mächtigkeit, kf-Wert) abhängt, ist die *Geschütztheitsklasse* (GHK). Sie bringt den Geschütztheitsgrad gegenüber flächenhaft eindringenden Stoffen zum Ausdruck. Die Einschätzung des Gefährdungsgrades basiert auf der in der Hydrogeologischen Karte 1: 50.000 (HK 50) genutzten Methode. Wie aus der Anlage 3 hervorgeht, wird den TWSG Qf13-Süd und Qf15 die Geschütztheitsklasse A4.1 zugeordnet. A bedeutet, dass der Grundwasserleiter gegenüber flächenhaft eindringenden Schadstoffen *nicht geschützt* ist. Mit A4.1 wird zum Ausdruck gebracht, dass der Grundwasserleiter im Karbonatgestein liegt und bindige Deckschichten < 5 m aufweist.

Bei einer mikroskaligen Betrachtung zeichnet sich durchaus eine differenzierte Situation ab (vgl. Abb. 6). Die verschiedenen Muster verdeutlichen den Gefährdungsgrad. Die dunkelgrauen, breitschraffierten Flächen bringen zum Ausdruck, dass der überwiegende Teil gegenüber flächenhaft eindringenden Schadstoffen nicht geschützt ist. Die unschraffierten und die dünn-schraffierten Flächen im Zentrum gelten dagegen als nicht unmittelbar gefährdet. Hierbei sind die helleren, unschraffierten Flächen relativ geschützt, während die dunkleren und die dünn-schraffierten Flächen mehr oder weniger geschützt sind. Diese geschützten Gebiete bilden allerdings nur eine Insel im Kerngebiet.

Gerade das kleinräumig, stark differenzierte natürliche Schutzpotential wäre bereits ein entscheidender Grund, den Grundwasserschutz in das Verfahren der Landschaftsoptimierung einzubeziehen.

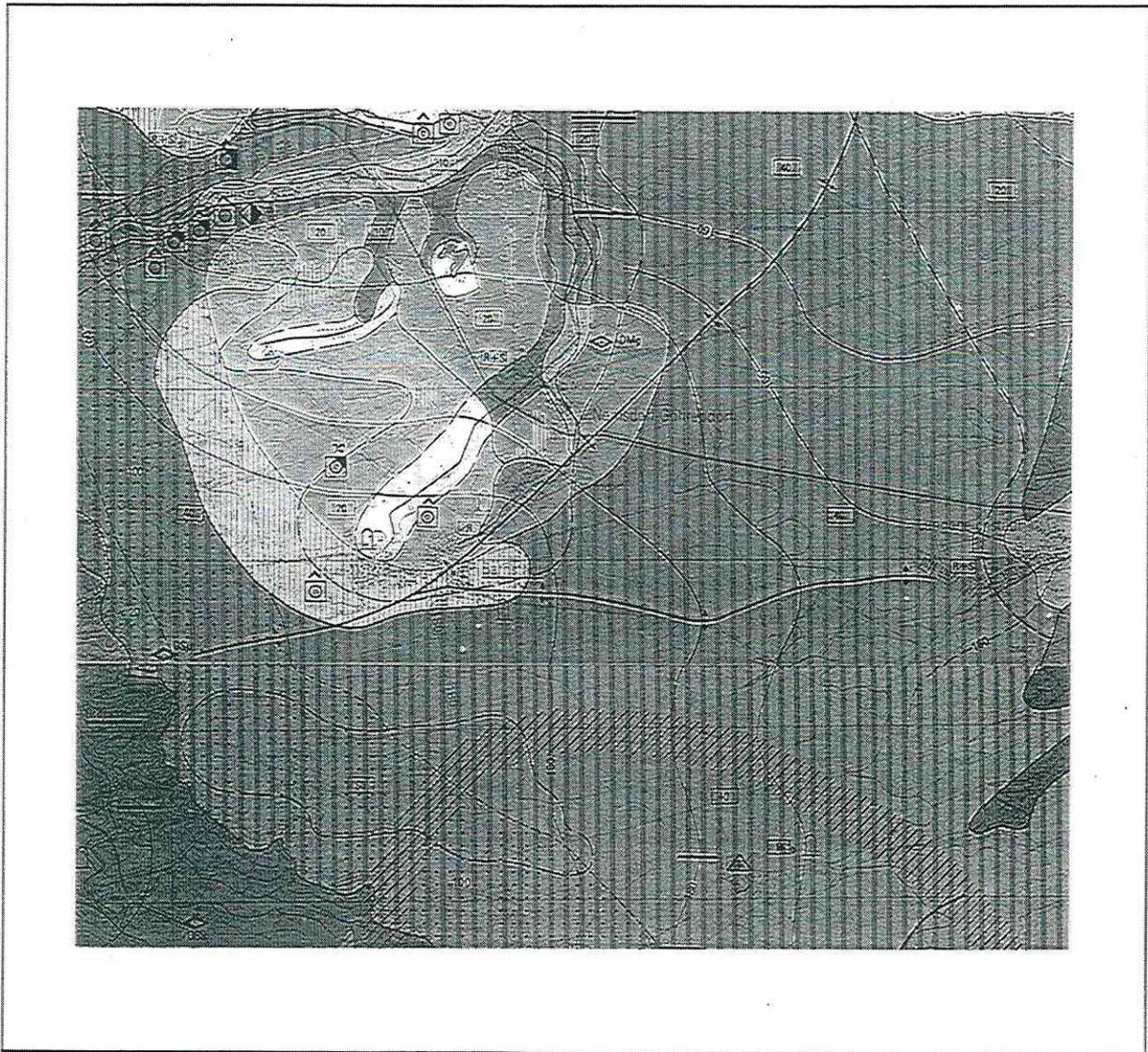


Abb. 6: Geschütztheitsgrad der Grundwasserleiter im Kerngebiet der Untersuchung (Hydrogeologische Karte der Deutschen Demokratischen Republik 1: 50.000).

#### **4 Relevanz spezifischer, räumlich differenzierter Grundwasserschutzziele und -maßnahmen für das Kernuntersuchungsgebiet der Querfurter Platte**

Welche Grundwasserschutzziele und -maßnahmen im Kerngebiet Querfurter Platte insbesondere relevant sind, ist räumlich differenziert in Abhängigkeit vom natürlichen Schutzpotential des Grundwassers *und* von der historischen sowie aktuellen Landnutzung abzuleiten.

Für eine Untersuchung der Frage nach den geogen und anthropogen bedingten Einflüssen auf das Grundwasser stehen uns nur Informationen über die Förder- und Qualitätsdaten der Wasserfassung im Kerngebiet zur Verfügung. Nach diesen Informationen ist die Frage bezüglich der Quantität und Qualität des Grundwassers wie folgt zu beantworten.

Hinsichtlich der Grundwasserquantität zeichnet sich keine Gefährdung ab. Die aus mengenmäßiger Sicht zu betrachtende Trinkwasserförderung stellt auf den ersten Blick kein Problem für den *Wasserhaushalt* dar. Die genehmigten Grundwasserentnahmen übersteigen nicht die Grundwasserneubildung. Zudem liegen die tatsächlich geförderten Mengen unterhalb der genehmigten Maximalmenge und die Tendenz der Grundwasserförderung ist rückläufig (vgl. Tab. 2 und 3). Allerdings lassen diese Daten keine Aussagen über kleinräumige Grundwasser-Absenkungen und ebenso wenig über die Wasserhaushaltsbilanz des Gebietes zu.

Dagegen zeigt sich ein Gefahrenpotential hinsichtlich der Grundwasser-Qualität. Dies betrifft zum einen die erhöhten Nitratwerte im Trinkwasser der Wasserversorgungsanlagen. Einzelne Werte lagen über dem von der EU-Rahmenrichtlinie genannten Richtwert von 25 mg/l (vgl. Tab. 4 und 5). Auf Grund eines agrarisch dominierten Raumes und einer sich für das Untersuchungsgebiet nach IHU (1992, S. 61) abzeichnenden Nitratgefährdung sollten sich demzufolge die Gewässerschutzziele vor allem an dem auch in der EU-WRRL vorgeschlagenen Leitparameter Nitrat orientieren. Für diese Auswahl spricht auch, dass in der HK 50 Rinder- und Schweineanlagen sowie Güllelager als mögliche Altlasten ausgewiesen sind. Bezogen auf das Jahr 1995 befanden sich im Kerngebiet mehrere Betriebe, die einen Viehbesatz von VE (Vieheinheiten) > 500 aufwiesen. Hierbei ist aufgrund der gemeindeübergreifenden Größe der landwirtschaftlichen Betriebe keine Zuordnung zu einer Klasse der Viehdichte pro ha Landwirtschaftsfläche möglich (Rittershofer 1996). Der N-Bilanzüberschuß des Kerngebietes Barnstädt wurde schlagkonkret wie folgt berechnet: Düngung - N-Entzug durch die Ernte + atmosphärische Deposition. Für die atmosphärische Deposition wurde ein Wert von 50 kg N/(ha × a) angenommen (vgl. Russow et al. 1998). Im Kerngebiet lag der N-Überschuß

1992/93 im Durchschnitt bei nur 1 kg N/(ha × a) und für den Zeitraum 1990-96 bei 20 kg N/(ha × a) mit einer ansteigenden Tendenz. Diese durchschnittlichen Werte sind sehr niedrig. Allerdings zeigen die schlagkonkreten Analysen, dass einige Schläge im Durchschnitt über dem Wert 50 kg N/(ha × a) liegen (Kniess 1998).

Die hohen, tlw. grenzwertüberschreitenden Magnesium- und Sulfatwerte sind dagegen – wie bereits in Abschnitt 3 dargelegt – geogen bedingt.

Tab. 5: Nitratkonzentrationen<sup>7</sup> im Rohwasser des zur Trinkwassergewinnung nutzbaren Brunnens im Kerngebiet.

Datum der Probenahme	Nitrat [mg/l]
1991	35
15.1.1992	48
13.7.1993	31
21.6.1994	24
15.5.1995	11
15.10.1996	21
1.10.1997	19
7.10.1998	14

Quelle: Agrargenossenschaft, Kerngebiet.

Wir kommen bezüglich der Ableitungen von Kriterien der Grundwasserqualität zu folgendem Ergebnis: Auf Grund der spezifischen Standortbedingungen und Landnutzungen im Untersuchungsgebiet sind u.E. vor allem spezifische, auf die Nitratkonzentration ausgerichtete Grundwasserschutzziele abzuleiten. Um allerdings zu beantworten, inwieweit für einen nachhaltigen Grundwasserschutz die Nitratkonzentration als Nachhaltigkeitskriterium ausreichend ist, bedarf es weiterer naturwissenschaftlicher Untersuchungen zur Gefährdung und Belastung des Grundwassers. So kann im Rahmen dieses Papiers auch keine Aussage darüber gemacht werden, inwieweit Belastungen und Kontaminationen des Grundwassers durch leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (z.B. Toluol und Xylol) gegeben sind und sich dadurch spezifische Schutzmassnahmen erforderlich machen (IHU 1992, S. 61).

<sup>7</sup> Aufgrund der jahreszeitlich unterschiedlichen Probenahmen können aus diesen Daten keine zeitlichen Trends abgelesen werden.

Wird die Nitratkonzentration als relevanter Leitparameter für die Beurteilung des Grundwasserzustandes und als Grundwasserschutzziel im Kontext zum natürlichen Schutzpotential betrachtet, so folgt aus der Einstufung in die Geschützteitsklasse A4.1 (vgl. Abschnitt 3.4) eine starke Notwendigkeit für Maßnahmen.

Nach Meyer und Krönert (1998) wird für die Querfurter Platte als Agrarlandschaft jedoch nur eine Maßnahmennotwendigkeit der Klasse I abgeleitet (sehr geringe Maßnahmennotwendigkeit). Diese geringe Einstufung der Maßnahmennotwendigkeit beruht auf einer makro- und mesoskaligen Betrachtungsebene sowie auf einer vereinfachten Klassifizierung der Grundwasserschutzfunktionen (vgl. Meyer und Krönert 1998, S. 53)

Es ist also zu konstatieren, dass unter Berücksichtigung der aktuellen und historischen Landnutzung sowie des natürlichen Schutzpotentials der Deckschichten und des Grundwasserleiters auf mikroskaliger Ebene sich durchaus andere Einschätzungen zur Maßnahmennotwendigkeit ergeben.

Im Falle des Untersuchungsgebietes zeigt die kleinräumige Betrachtung darüber hinaus eine *räumlich differenzierte* Gefährdung, womit nochmals verdeutlicht werden kann, dass Grundwasserschutz Gegenstand der Landschaftsoptimierung sein sollte. Allerdings müssten die Informationen zum Grundwassersystem für das Kerngebiet noch weiter präzisiert werden.

Unter Berücksichtigung der in Abschnitt 3 und 4 enthaltenen Informationen ergeben sich bezüglich des Grundwasserschutzes folgende Schlussfolgerungen:

1. Räumlich-differenzierte und zeitlich-konkrete Grundwasserschutzziele sind relevant auf Grund der
  - notwendigen Minimierung der anthropogenen qualitativen Beeinträchtigung des Grundwassers entsprechend der Zielstellung des WHG und EU-Wasserrahmenrichtlinie,
  - Erhaltung/Erreichung der quantitativen/qualitativen Eignung des Grundwassers zur Speisung der Oberflächengewässer und
  - Erhaltung der Eignung des Grundwassers als Trinkwasserressource auch bei Nichtinanspruchnahme.
2. Die Entnahmemengen für die öffentliche Trinkwasserversorgung stehen nicht in Konflikt zu den Nachhaltigkeitszielen. Die Regenerierung des natürlichen Dargebotes für künftige Generationen ist gewährleistet, da

- die Grundwasserentnahmen im Teileinzugsgebiet kleiner als die Grundwasserneubildung sind,
  - die Grundwasserförderung kleiner als die genehmigten Entnahmemengen ist und
  - die Grundwasserförderung seit Beginn der 90er Jahre eine rückläufige Tendenz (vgl. Tab. 2) aufweist.
3. Bezüglich der Regenerierung der natürlichen Beschaffenheit von Grundwasser für künftige Generationen ist vor allem die Nitratkonzentration als Schutzziel von Bedeutung. Sie ist insbesondere deshalb als Schutzziel für das Untersuchungsgebiet geeignet, weil zum Einen Gefährdungspotentiale aus vergangenen Landnutzungen gegeben sind. Zum Anderen ist auch die künftig fortbestehende landwirtschaftliche Nutzung eine potentielle Quelle von Nitratbelastungen. Indikatoren für Gefährdungspotentiale im Untersuchungsgebiet sind beispielsweise:
- die Gefährdungen bestehen durch Rinder- und Schweineanlagen sowie Güllelager,
  - die Messwerte zur Trinkwassergüte in den Wasserversorgungsanlagen dokumentieren eine Erhöhung der Nitratkonzentrationen für Trinkwasser und
  - einige Schläge haben einen erhöhten N-Bilanzüberschuss.
4. Im Ergebnis der Charakterisierung des natürlichen Schutzpotentials im Untersuchungsgebiet ist erkennbar, dass die Grundwasserschutzziele und -maßnahmen räumlich differenziert zu bestimmen sind.
- Die Schutzmaßnahmen sind zu differenzieren in Abhängigkeit von den unterschiedlichen natürlichen Denitrifizierungs- und Schutzpotentialen nach Locker- und Festgesteinen, wie Untersuchungen Ende der 80er Jahre belegen (vgl. Kramer 1989). Sie ergaben in den Testgebieten mit jeweils Locker- und Festgestein folgende N-Grenzwertbelastungen (N-Überhang/-Auswaschung unterhalb der Wurzelzone in kg N/(ha \*a)) zur Sicherung von Trinkwasserqualität <sup>8</sup>

TWSG: Luckenwalde (Lockergestein):

Für Nitratrichtwert 20 mg/l Rohwasser: 58 kg Nitrat pro ha und Jahr

---

<sup>8</sup> In den Texten des UBA (1999, S. 28) wird darauf verwiesen, dass eine Reduzierung der Nitratbelastung der Gewässer es notwendig macht, die Stickstoffüberschüsse auf ca. 50 kg/(ha × a) und auf versickerungsgefährdeten Standorten sogar auf Werte zwischen 20 bis 40 kg/(ha × a) zu senken.

Für Nitratgrenzwert 40 mg/l Rohwasser: > 100 kg Nitrat pro ha und Jahr

TWSG Querfurter Platte (Festgestein):

Für Nitratrichtwert 20 mg/l Rohwasser: 7 kg Nitrat pro ha und Jahr

Für Nitratgrenzwert 40 mg/l Rohwasser: 40 kg Nitrat pro ha und Jahr

5. Auf Grund räumlich differenzierter natürlicher Grundwasserschutzpotentiale sind demzufolge unterschiedliche Anforderungen an die Landnutzung zu prüfen.

## 5 Ausblick: Konsequenzen für die Landschaftsoptimierung

In diesem Bericht wurden Maßnahmen für einen nachhaltigen Grundwasserschutz innerhalb einer spezifischen Region betrachtet. Es ergab sich, dass allgemeine Kriterien eines nachhaltigen Grundwasserschutzes im Kontext der naturräumlichen Gegebenheiten zu betrachten und gegebenenfalls anzupassen sind. Durch die Berücksichtigung von regionsspezifischen Informationen über die Charakteristik der Grundwassersysteme und ihrer Belastung lassen sich Kosten eines überzogenen bzw. eines unterlassenen Grundwasserschutzes einsparen.

Maßnahmen für einen nachhaltigen Grundwasserschutz können nur Teil eines Paketes zur Umsetzung einer nachhaltigen Regionalentwicklung sein. Bei der Beurteilung von einzelnen Maßnahmen sind Synergieeffekte zu berücksichtigen. Beispielsweise führen Maßnahmen zur Minderung von Bodenerosion durch Heckenanpflanzungen vor allem in Bereichen mit einem niedrigeren Geschütztheitsgrad zu einem höheren Schutz des Grundwassers.

Maßnahmennotwendigkeit und räumlich differenzierte Belastungen und Gefährdungen der Grundwasservorkommen – anthropogen und geogen bedingt – sind ein notwendiger Grund, dass z. B. Nitratgrenzwertbelastungen in Abhängigkeit von der räumlichen Lage in die Landschaftsoptimierung einfließen. Um die Gewässerschutzziele in die Landschaftsoptimierung zu integrieren, besteht jedoch noch Forschungsbedarf in Bezug auf die flächenkonkrete Einbeziehung folgender räumlich abgrenzbarer grundwasserbestimmter Sachverhalte:

- der Bewertung der Grundwasserflurabstände und unterirdischer Wasserscheiden in ihrer Bedeutung für Landnutzungs- und Fruchtfolgeänderungen,
- der Bedeutung der Grundwasserfließrichtungen für Landnutzungsänderungen und
- der flächenkonkreten Bewertung der Grundwasserneubildung.

Im Gegensatz zu Überblicksuntersuchungen (Meyer und Krönert 1998), die große heterogene Räume nach einer einfachen Methodik regional vergleichend bewerten, werden für eine Einbeziehung von Grundwasserschutzzielen in die Methode der Landschaftsbewertung und -optimierung im Maßstab 1:10.000 flächenkonkrete und raumdifferenzierende Aussagen gebraucht. Nitrat ist hier sicherlich ein für den Agrarraum aussagekräftiges Kriterium zur Beurteilung und Bewertung der Grundwasserqualität, da auch die notwendigen Entwicklungsziele für Landnutzungsänderungen für Nitrat begründet werden können. Bei anderen Fragestellungen und Räumen könnten vergleichend andere Stoffe als Kriterien verwendet werden.

Geschützteitsklassen abgeleitet aus der HK 50 bieten bereits einen guten Anhaltspunkt zur räumlichen Differenzierung für Bewertung und Optimierung. Auch für Geschützteitsklassen können Entwicklungsziele abgeleitet werden. Die Bewertung von Grundwasserflurabständen hängt deutlich von ihrem natürlichen Schutzpotential (vgl. Kapitel 3.5) ab, so daß diese nur in Zusammenhang mit den dort genannten Parametern aussagekräftig sind. Allerdings ist hier ein mehrstufiges Bewertungsverfahren denkbar, welches eine ausreichende Raumdifferenzierung für die Optimierung liefert. Hier besteht weiter Forschungsbedarf auch in Hinblick darauf, welche Wirkungen Landnutzungs- und Fruchtfolgeänderungen haben.

Grundwasserfließrichtungen bestimmen die Qualität des an einem Brunnen geförderten Wassers. Das unterirdische Einzugsgebiet ist für Landnutzungsänderungen an der Bodenoberfläche ausschlaggebend. Hierfür reichen im Beispiel die Informationen noch nicht aus. Sicherlich wäre es sinnvoll mit einem anerkannten Grundwassermodell zu rechnen.

Die Grundwasserneubildung eignet sich nicht als ein für eine kleinräumige Betrachtung aussagekräftiger Parameter. Die angewandten Abschätzungsverfahren benötigen klimatische Eingangsgrößen, welche normalerweise nicht in einer ausreichenden Differenzierung zur Verfügung stehen. Auch hier wäre es möglich, entsprechende Eingangsgrößen durch Modelle zur Verfügung zu stellen. D.h. auch eine flächenkonkrete Bewertung des Wasserhaushaltes müßte in Zukunft in Bezug auf die Grundwasserschutzziele möglich sein

Der Einfluß einer geänderten Flächennutzung bzw. Fruchtfolge auf N-Austrag und Grundwassergefährdung kann heute mit modernen Schätzverfahren (z.B. Frede und Dabbert 1999) bestimmt werden. Es fehlen allerdings noch die notwendigen Verknüpfungen in Hinblick auf die in diesem Bericht dargestellten Datengrundlagen. Dies trifft insbesondere auf die HK 50 zu.

Insgesamt können die genannten Parameter zur Beurteilung des Schutzpotentials und der Erkennung gefährdeter Flächen gute Aussagen zur Berücksichtigung des Grundwasserschutzes im Rahmen der Methode der multikriteriellen Landschaftsbewertung und -optimierung leisten. Forschungsbedarf ist insbesondere in der Verknüpfung zwischen Bewertung bzw. Abschätzungsverfahren und Grundlagendaten zu leisten. Hierfür sind Modellanwendungen ebenso wie Messungen notwendig.

## 6 Literatur

- BUND, Misereor (Hrsg.) (1997): *Zukunftsfähiges Deutschland: Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung*. Studie des Wuppertal Institutes für Klima, Umwelt und Energie GmbH, Birkhäuser Verlag, Basel Boston Berlin.
- Bundesministerien (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bundesministerium des Innern, Bundesministerium für Wirtschaft, Bundesministerium für Verkehr, Bundesministerium für Gesundheit) (1995): *Jahresbericht der Wasserwirtschaft. Gemeinsamer Bericht der mit der Wasserwirtschaft befassten Bundesministerien*. Haushaltsjahr 1994. Wasser und Boden 7/1995, S. 10-29.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2000): *Erprobung der CSD-Nachhaltigkeitsindikatoren in Deutschland – Bericht der Bundesregierung*. Bonn.
- Claussen, U., Irmer, U., Markard, C., Mehlhorn, B., Mohaupt, V., Rechenberg, B., Schmitz, E. und Wolter, R. (1996): *Umweltqualitäts- und Umwelthandlungsziele im Gewässerschutz – Sachstandsbericht und Ausblick*. UBA Texte 63/96. Umweltbundesamt. Berlin.
- Costanza, R., Patten, B.C. (1995): *Defining and predicting sustainability*. *Ecological Economics*. 15, S. 193–196.
- de Graaf, H.J., Musters, C.J.M., ter Keurs, W.J. (1999): *Regional Opportunities for Sustainable Development – Theory, Methods and Applications*. Kluwer. Dordrecht.
- EU (2000): *Richtlinie 2000/ /EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich Wasserpolitik - Gemeinsamer Entwurf vom 18. Juli 2000*. Dokument 1997/0067/(COD) C-0347/00, PE-CONS 3639/00, ENV 221 CODEC 513. Brüssel.
- Frede, G., Dabbert, S. (Hrsg.) (1999): *Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. 2 Auflage. Landsberg.
- Graubaum, R., Meyer, B.C., Mühle, H. (1999): *Landschaftsbewertung und –optimierung. Ein integratives Konzept zur Landschaftsentwicklung*. UFZ-Bericht Nr. 23/1999. Leipzig 109 S.
- Hannappel, S., Lauterbach, D., Voigt, H.-J., Gabriel, B., Ziegler, G. (1995): *Errichtung eines einheitlichen Grundwasserbeschaffenheitsmeßnetzes in den neuen Bundesländern als Grundlage zur Erfüllung von Berichtspflichten des Bundes gegenüber der EU*. UBA-Forschungsbericht 1997-065. Berlin.
- Herzog, F., Kunze, J. (1999) *Erfassung von Parametern des Landschaftswasserhaushaltes*. In: Horsch, H., Ring, I. (Hrsg.): *Naturressourcenschutz und wirtschaftliche Entwicklung – Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeeinzugsgebiet*. UFZ-Bericht 16/1999, UFZ, Leipzig, S. 89-108.
- Hoekstra, A.Y. (1995): *AQUA: a framework for integrated water policy analysis*. GLOBO Report Series no. 461 502 006. TU Delft and RIVM. Bilthoven.
- Hölting, B. (1995): *Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie*. 5. Aufl. Wiesbaden.
- Horsch, H., Ring, I. (Hrsg.) (1999): *Naturressourcenschutz und wirtschaftliche Entwicklung: Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeeinzugsgebiet*. UFZ-Bericht 16/1999. Leipzig.
- IHU-Gesellschaft (Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH) (1992): *Hydrogeologische Untersuchungen zu den Wasserversorgungsbedingungen im Landkreis Querfurt. Bericht und hydrogeologische Karten erstellt im Auftrag des Staatlichen Amtes für Umweltschutz Halle/Saale*. Nordhausen.
- Klauer, B. (1999): *Defining and achieving sustainable development*. *International Journal for Sustainable Development and World Ecology*, 6 (1999), S. 114–121.
- Kniess, A. (1998): *Bewirtschaftungsweise und N-Austrag in die Umwelt im Kerngebiet Barnstädt*. Praktikumsbericht. UFZ Leipzig. 14 S. (unveröffentlicht).
- Kramer, D. (1989): *Auswirkungen von langfristigen Stoffeinträgen einschließlich der atmosphärischen Deposition auf die Grundwasserbeschaffenheit*. WWD. Berlin.
- Meyer, B.C. (1997): *Landschaftsstrukturen und Regulationsfunktionen in Intensivagrarlandschaften im Raum Leipzig-Halle. Regionalisierte Umweltqualitätsziele - Funktionsbewertungen - multikriterielle Landschaftsoptimierung unter Verwendung von GIS*. UFZ-Bericht 24/1997. Leipzig.

- Meyer, B.C., Krönert, R. (1998): Bewertung von Maßnahmennotwendigkeiten des Umwelt- und Ressourcenschutzes im Raum Leipzig-Halle-Bitterfeld. UFZ-Bericht 15/1998. Leipzig.
- Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt (Hrsg.)(1996): Trinkwasserzielplanung des Landes Sachsen-Anhalt 1996. Magdeburg.
- Müller-Westermeier (1995): Numerische Verfahren zur Erstellung klimatologischer Karten. Berichte des dt. Wetterdienstes 93. Offenbach.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1998): Towards Sustainable Development: Environmental Indicators. OECD. Paris.
- Renger, M., Strebel, O. (1980): Jährliche Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Bodeneigenschaften. Wasser und Boden 32, S. 362-366
- Ring, I. (1997): Nachhaltige Regionalentwicklung – Eine Chance für den Südraum Leipzig? In: Ring, I. (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung in Industrie- und Bergbauregionen – Eine Chance für den Südraum Leipzig? B.G. Teubner Verlagsgesellschaft. Stuttgart Leipzig, S.11-38.
- Ring, I., Klauer, B., Wätzold, F. (1999): Towards regional sustainability: The need for interdisciplinary and applied research. In: Ring, I., Klauer, B., Wätzold, F., Månsson, B. (Hrsg.) Regional Sustainability. Physika-Verlag. Heidelberg.
- Rittershofer, M. (1996): Dritter Zwischenbericht zum Forschungsprojekt „Honorierung des Ressourcenschutzes in landwirtschaftlichen Betrieben in Agrarlandschaften des Ballungsgebietes Leipzig-Halle-Bitterfeld“. Gefördert durch das Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH. Projektbereich Agrarlandschaften (unveröffentlicht).
- Russow, R., Mehlert, S., M. Körschens (1998): Die unfreiwillige Düngung aus der Luft. In: UFZ (Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Hrsg.): Jahresbericht 1996-1997. Leipzig.
- SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1998): Flächendeckend wirksamer Grundwasserschutz: Ein Schritt zur dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Sondergutachten. Metzler-Pöschel. Stuttgart.
- UBA (Umweltbundesamt) (Hrsg.) (1999): Umweltqualitäts- und Umwelthandlungsziele im Gewässerschutz – Sachstand und Ausblick – Texte Heft 91. Berlin.
- UFZ (Hrsg.) (1999): Forschungs- und Entwicklungsprogramm 1999/2000. Leipzig.
- Walz, R. et al. (1997): Grundlagen für ein nationales Umweltindikatorensystem – Weiterentwicklung von Indikatorensystemen für die Umweltberichterstattung. UBA Texte 37/97. UBA, Berlin.
- Winkler, M. (1999): Charakterisierung von Grundwassersystemen und deren Nutzung im Regierungsbezirk Halle. Werkvertrag für das UFZ (unveröffentlicht).

## **7 Anlagen**

Anlage 1: Übersicht über bestehende Grenzwerte für Trinkwasser

Anlage 2: Umweltziele für das Grundwasser laut EU-WRRL

Anlage 3: Trinkwasserschutzgebiete im Altkreis Querfurt

Anlage 4: Trinkwasserschutzgebiete im Altkreis Merseburg



**Anlage 1:** Übersicht über bestehende Grenzwerte für Trinkwasser (SRU 1999, S. 100-103)

Stoff	Hauptbelastungsquellen <sup>1)</sup>	Trinkwassergrenzwerte [µg/L]	Begründung	duldbare und empfohlene Aufnahmemengen der WHO [µg/kg KG/d] <sup>2)</sup>	
<b>anorganische Parameter</b>					
Aluminium	- geogen, - erhöhte Säure-Deposition - fehlerhafte Trinkwasseraufbereitung	Trinkwasserverordnung	200	ästhetisch (Geschmack, Trübung)	TDI: 1000
		EG/EU	200	ästhetisch (Geschmack, Trübung)	
		WHO	200	ästhetisch (Geschmack, Trübung)	
		BGA/BgVV	3000	gesundheitlich (10 % des TDI)	
Arsen	- geogen, - Altablagerungen	Trinkwasserverordnung	10	gesundheitlich (50 % des TDI)	PTWI: 840 µg/kg KG und Woche TDI: 2 (Entgiftungskapazität von 200 bis 250 µg pro Person und Tag)
		EG/EU	50	gesundheitlich (50 % des TDI)	
		WHO	10	gesundheitlich (50 % des TDI)	
		BGA/BgVV	40	gesundheitlich	
Barium	- geogen	Trinkwasserverordnung	1000	trinkwasserhygienisch	TDI: 51
		EG/EU	100	trinkwasserhygienisch	
		WHO	300	gesundheitlich und trinkwasserhygienisch	
		BGA/BgVV	k.A.		
Blei	- Korrosion von Leitungen, - geogen	Trinkwasserverordnung	40	gesundheitlich	TDI: 3,5 (s) 7 (e) (Verhinderung einer Akkumulation im kindlichen Organismus)
		EG/EU	50	gesundheitlich	
		WHO	10	gesundheitlich (50 % des TDI)	
		BGA/BgVV	40 (s) 80 (e)	gesundheitlich	
Cadmium	- Korrosion von Leitungen, - geogen - erhöhte Säuredeposition	Trinkwasserverordnung	5	gesundheitlich	PTWI: 400 bis 500 µg/kg KG und Woche TDI: 1 (Verhinderung einer zu starken Akkumulation in der menschlichen Niere: 1/4 der kritischen Konzentration von 50 mg/kg Nierenrinde werden während eines 70jährigen Lebens erreicht)
		EG/EU	5	gesundheitlich (10 % des TDI)	
		WHO	3	gesundheitlich	
		BGA/BgVV	10	gesundheitlich	
Chlorid	- geogen, - Uferfiltrat	Trinkwasserverordnung	250000	gesundheitlich	ETA: 10 bis 50 mg/kg KG und Tag
		EG/EU	25000	trinkwasserhygienisch	
		WHO	k.A.		
		BGA/BgVV	k.A.		
Chrom (CrIII und CrVI)	- Uferfiltrat, - geogen - metallische Werkstoffe	Trinkwasserverordnung	50	unklar	ETA: 1 bis 3 µg/kg KG und Tag
		EG/EU	50	unklar	
		WHO	50	unklar	
		BGA/BgVV	150	unklar	

## Fortsetzung Anlage 1

Stoff	Hauptbelastungsquellen')	Trinkwassergrenzwerte [µg/L]	Begründung	duldbare und empfohlene Aufnahmemengen der WHO [µg/kg KG/d) <sup>2</sup> )	
<b>anorganische Parameter</b>					
Cyanid	- Altablagerungen	Trinkwasser- verordnung	50	gesundheitslich	TDI: 12
		EG/EU	50	gesundheitslich	
		WHO	50	gesundheitslich	
		BGA/BgVV	200	gesundheitslich	
Fluorid	- geogen	Trinkwasser- verordnung	1500	gesundheitslich	ETA: 20 bis 70
		EG/EU	700 bis 1500	gesundheitslich	
		WHO	15000	gesundheitslich	
		BGA/BgVV	3000	gesundheitslich	
Kupfer	- Korrosion von Leitungen	Trinkwasser- verordnung	3000	ästhetisch (sensorisch)	TDI: 50 bis 500 (NOAEL für chroni- sche Wirkung auf die Leber des Hundes) ETA: 50 bis 70
		EG/EU	3000	ästhetisch (sensorisch)	
		WHO	1000	gesundheitslich (10 % des TDI)	
		BGA/BgVV	3000	gesundheitslich	
Mangan	- geogen	Trinkwasser- verordnung	50	ästhetisch (Trübung durch MnO <sub>2</sub> )	TDI: 100 (NOAEL aus Tier- versuchen; verschie- dene Wirkung- endpunkte: Nerven- system, Schilddrüse, system, männliche Keimdrüse) ETA: 30 bis 50
		EG/EU	50	ästhetisch (Trübung)	
		WHO	500	gesundheitslich (10 % des TDI)	
			200 (s)	gesundheitslich	
			1000 (e)		
Natrium	- geogen, - Wasserenthärtung, - Uferfiltrat	Trinkwasser- verordnung	150000	trinkwasserhygienisch, gesundheitslich	ETA: 7 bis 35 mg/kg KG und Tag
		EG/EU	175000	trinkwasserhygienisch, gesundheitslich	
		WHO	200000	trinkwasserhygienisch, gesundheitslich	
		BGA/BgVV	500000	trinkwasserhygienisch, gesundheitslich	
Nickel	- geogen - anthropogen (Um- wandlung von NiS in NiSO <sub>4</sub> in Gegen- wart von Nitrat), - aus metallischen Werkstoffen	Trinkwasser- verordnung	50	gesundheitslich (Schutz vor Sensibilisierung)	TDI: 5
		EG/EU	50	gesundheitslich (Schutz vor Sensibilisierung)	
		WHO	20	gesundheitslich (Schutz vor Sensibilisierung)	
		BGA/BgVV	150	gesundheitslich (Schutz vor Sensibilisierung)	
Nitrat	- Düngung, - Deposition, - Uferfiltrat	Trinkwasser- verordnung	50000	trinkwasserhygienisch, gesundheitslich	TDI: 3,65mg/kg KG und Tag (Methämoglobin- bildung bei Säuglingen)
		EG/EU	50000	trinkwasserhygienisch, gesundheitslich	
		WHO	50000	trinkwasserhygienisch, gesundheitslich	
		BGA/BgVV	50000 (s) 90000 (e)	gesundheitslich	

## Fortsetzung Anlage 1

Stoff	Hauptbelastungsquellen <sup>1)</sup>	Trinkwassergrenzwerte [µg/L]	Begründung	duldbare und empfohlene Aufnahmemengen der WHO [µg/kg KG/d] <sup>2)</sup>	
<b>anorganische Parameter</b>					
Nitrit	- Reduktion von Nitrat an verzinkten Stahlrohren, - anthropogen (Umwandlung von NiS in NiSO <sub>4</sub> in Gegenwart von Nitrat), - aus metallischen Werkstoffen	Trinkwasserverordnung	50	gesundheitslich (Schutz vor Sensibilisierung)	TDI: 5
		EG/EU	50	gesundheitslich (Schutz vor Sensibilisierung)	
		WHO	20	gesundheitslich (Schutz vor Sensibilisierung)	
		BGA/BgVV	150	gesundheitslich (Schutz vor Sensibilisierung)	
Quecksilber	- geogen	Trinkwasserverordnung	1	gesundheitslich	TDI: 50
		EG/EU	1	gesundheitslich	
		WHO	1	gesundheitslich	
		BGA/BgVV	5	gesundheitslich	
Silber	- geogen, - Verwendung bei der Trinkwasserkonservierung	Trinkwasserverordnung	10	gesundheitslich, trinkwasserhygienisch	keine Werte
		EG/EU	50	gesundheitslich	
		WHO BGA/BgVV	k.A. k.A.		
Sulfat	- geogen, - biogen durch bakterielle Oxidation von Sulfiden - Uferfiltrat	Trinkwasserverordnung	250	gesundheitslich, trinkwasserhygienisch (laxative Wirkung, geschmackliche Beeinträchtigung)	keine Werte
		EG/EU	250	gesundheitslich, trinkwasserhygienisch (laxative Wirkung, geschmackliche Beeinträchtigung)	
		WHO	250	gesundheitslich, trinkwasserhygienisch (laxative Wirkung, geschmackliche Beeinträchtigung)	
		BGA/BgVV	500	gesundheitslich, trinkwasserhygienisch (laxative Wirkung, geschmackliche Beeinträchtigung)	
Zink	- Korrosionverzinkter Leitungen, - geogen	Trinkwasserverordnung	5	ästhetisch	keine Werte
		EG/EU	5	ästhetisch	
		WHO	3	ästhetisch	
		BGA/BgVV	k.A.		
<b>organische Parameter</b>					
LCKW (1,1,1-Trichlorethan, Dichlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen)	- anthropogen (meist Punktquellen unter Ballungsgebieten mit definiertem Verursacher)	Trinkwasserverordnung	10	gesundheitslich	TDI zwischen 6 und 24 µg/kg KG und Tag für die möglichen Humankanzergene Dichlormethan, Tri- und Tetrachlorethen; TDI: 480 mg/kg KG und Tag für die gering toxische Verbindung 1,1,1-Trichlorethan
		EG/EU	1	trinkwasserhygienisch	
		WHO	20,5 bis 1450	gesundheitslich (Einzelwerte)	
		BGA/BgVV	50	gesundheitslich	

## Fortsetzung Anlage 1

Stoff	Hauptbelastungsquellen <sup>1)</sup>	Trinkwassergrenzwerte [µg/L]	Begründung	duldbare und empfohlene Aufnahmemengen der WHO [µg/kg KG/d] <sup>2)</sup>
<b>organische Parameter</b>				
Tetrachlormethan	- anthropogen (meist Punktquellen unter Ballungsgebieten mit definiertem Verursacher)	Trinkwasserverordnung EG/EU WHO BGA/BgVV	3 1 3 6 gesundheitslich trinkwasserhygienisch gesundheitslich gesundheitslich	TDI: 0,7
1,2-Dichlorethan	- Abbauprodukt von chlorierten Kohlenwasserstoffen	Trinkwasserverordnung EG/EU  WHO BGA/BgVV	k.A. k.A.  30 k.A. gesundheitslich	Der Grenzwert wurde nach dem linearen Multi-Stage-Modell unter Zugrundelegen eines zusätzlichen Krebsrisikos von 10 <sup>-5</sup> abgeleitet.
Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe Benzo( <i>ghi</i> )perylen, Fluoranthen, Benzo( <i>b</i> )fluoranthen, Benzo( <i>a</i> )pyren, Indeno(1,2,3- <i>cd</i> )pyren	- biogen: Abbauprodukte pflanzlicher Materialien - anthropogen: Altablagerungen, Bodenverunreinigungen, Anstrichmaterialien von Trinkwasserleitungen und -behältern	Trinkwasserverordnung EG/EU  WHO BGA/BgVV	0,2 0,2  0,7 0,4 gesundheitslich gesundheitslich gesundheitslich gesundheitslich	Je nach Verbindung mehr oder weniger großes kanzerogenes Potential; Benzo( <i>ghi</i> )perylen und Fluoranthen sind nicht kanzerogen; WHO-Wert über zusätzliches Krebsrisiko von 10 <sup>-5</sup> für Benzo( <i>a</i> )pyren abgeleitet.
Wirkstoffe aus Pflanzenbehandlungsmitteln	- Pflanzenschutzmaßnahmen in Landwirtschaft Erwerbsgartenbau, Weinbau, zur Freihaltung von Flächen usw.)	Trinkwasserverordnung  EG/EU  WHO BGA/BgVV	0,1  0,5 k.A. k.A. k.A. k.A. Einzelwert; trinkwasserhygienisch Summenwert, trinkwasserhygienisch	ADI- und DTA-Werte vgl. Tz.

<sup>1)</sup> in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit

<sup>2)</sup> WHO: Weltgesundheitsorganisation; wenn nicht anders angegeben, Angaben in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG/d)

**Abkürzungen:**

BGA:	ehemaliges Bundesgesundheitsamt
BgVV:	Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, Nachfolgebehörde des BGA
BGA/BgVV:	Ausnahmewerte des ehemaligen BGA bzw. des BgVV
CrIII:	dreiwertiges Chrom
CrVI:	sechswertiges Chrom
e:	Erwachsene
EG/EU:	EU-Trinkwasserrichtlinie (Richtlinie des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch)
ETA:	empfohlene tägliche Aufnahmemenge für essentielle Stoffe
KG:	Körpergewicht
LCKW:	Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe
NiS:	Nickelsulfid
NiSO <sub>4</sub> :	Nickelsulfat
NOAEL:	No Observed Adverse Effect Level
PTWI:	Provisional Tolerable Weekly Intake
s	Säuglinge
TDI	Tolerable Daily Intake (tolerierbare tägliche Aufnahmemenge)

**Anlage 2: Umweltziele für das Grundwasser laut EU-WRRL (EU 2000)****Auszug aus Artikel 4:**

In bezug auf die Umsetzung der in den Bewirtschaftungsplänen für die Einzugsgebiete festgelegten Maßnahmenprogramme gilt folgendes:

- a) bei Oberflächengewässern: [...]
- b) bei Grundwasser:
  - I) die Mitgliedstaaten führen, vorbehaltlich der Anwendung der Absätze 6 und 7, unbeschadet des Absatzes 8 und vorbehaltlich der Anwendung des Artikels 11 Absatz 3 Buchstabe j, die erforderlichen Maßnahmen durch, um die Einleitung von Schadstoffen in das Grundwasser zu verhindern oder zu begrenzen und eine Verschlechterung des Zustands aller Grundwasserkörper zu verhindern;
  - II) die Mitgliedstaaten schützen, verbessern und sanieren alle Grundwasserkörper und gewährleisten ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und -neubildung mit dem Ziel, spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie gemäß den Bestimmungen des Anhangs V, vorbehaltlich etwaiger Verlängerungen gemäß Absatz 4 sowie der Anwendung der Absätze 5, 6 und 7, unbeschadet des Absatzes 8 und vorbehaltlich des Artikels 11 Absatz 3 Buchstabe j einen guten Zustand des Grundwassers zu erreichen;
  - III) die Mitgliedstaaten führen die erforderlichen Maßnahmen durch, um alle signifikanten und anhaltenden Trends einer Steigerung der Konzentration von Schadstoffen aufgrund der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten umzukehren und so die Verschmutzung des Grundwassers schrittweise zu reduzieren.  
Die Maßnahmen zum Erreichen einer Trendumkehr werden gemäß Artikel 17 Absätze 2, 4 und 5 unter Berücksichtigung der in den einschlägigen gemeinschaftlichen Rechtsvorschriften festgelegten Normen vorbehaltlich der Anwendung der Absätze 6 und 7 und unbeschadet des Absatzes 8 durchgeführt.

[...]

**Auszug aus Anhang V:****Bestimmung des mengenmäßigen Zustandes des Grundwassers**

Komponenten	Guter Zustand
<b>Grundwasserspiegel</b>	<p>Der Grundwasserspiegel im Grundwasserkörper ist so beschaffen, daß die verfügbare Grundwasserressource nicht von der langfristigen mittleren jährlichen Entnahme überschritten wird.</p> <p>Dementsprechend unterliegt der Grundwasserspiegel keinen anthropogenen Veränderungen, die</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zu einem Verfehlen der ökologischen Qualitätsziele gemäß Artikel 4 für in Verbindung stehende Oberflächengewässer,</li> <li>- zu einer signifikanten Verringerung der Qualität dieser Gewässer,</li> <li>- zu einer signifikanten Schädigung von Landökosystemen führen würden, die unmittelbar von dem Grundwasserkörper abhängen,</li> </ul> <p>und Änderungen der Strömungsrichtung, die sich aus Änderungen des Grundwasserspiegels ergeben, können zeitweise oder kontinuierlich in einem räumlich begrenzten Gebiet auftreten; solche Richtungsänderungen verursachen jedoch keinen Zustrom von Salzwasser oder sonstige Zuströme und lassen keine nachhaltige, eindeutig feststellbare anthropogen bedingte Tendenz zu einer Strömungsrichtung erkennen, die zu einem solchen Zustrom führen könnte.</p>

**Bestimmung des chemischen Zustandes des Grundwassers**

Komponenten	Guter Zustand
<b>Allgemein</b>	<p>Die chemische Zusammensetzung des Grundwasserkörpers ist so beschaffen, daß die Schadstoffkonzentrationen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wie unten angegeben keine Anzeichen für Salz oder andere Intrusionen erkennen lassen;</li> <li>- die nach anderen einschlägigen Rechtsvorschriften der Gemeinschaft gemäß Artikel 17 geltenden Qualitätsnormen nicht überschreiten:</li> <li>- nicht derart hoch sind, daß die in Artikel 4 spezifizierten Umweltziele für in Verbindung stehende Oberflächengewässer nicht erreicht, die ökologische oder chemische Qualität derartiger Gewässer signifikant verringert oder die Landökosysteme, die unmittelbar von dem Grundwasserkörper abhängen, signifikant geschädigt werden;</li> </ul>
<b>Leitfähigkeit</b>	Änderungen der Leitfähigkeit sind kein Hinweis auf Salz oder andere Intrusionen in den Grundwasserkörper

Anlage 3: Trinkwasserschutzgebiete im Altkreis Querfurt (vgl. Winkler 1999).

Kenn-Nr.	Qf 1	Qf 2	Qf 3	Qf 5	Qf 10	Qf 11	Qf 13 Mitte (a)	Qf 13 Nord (b)	Qf 13 Süd (c)	Qf 15
HK-50 Blatt-Nr.	1104-3/4	1104-3/4	1105-3/4	1105-3/4	1105-3/4	1105-3/4	1105-3/4	1105-3/4	1105-3/4	1105-3/4
Fläche [km <sup>2</sup> ]	18,00	0.60	1.20	1.60	3.36	1.20	9.00	0.50	7.80	4.38
Deckschichten Geologie	9	9	9	10	12	12	12	12	12	12
Mächtigkeit [m]			75		134	134	115	135	115	64
Aquifer-Geologie	TsI-THd	TsI-THd	TB 2	TB 3	TWI	TWI	TWI	TWI	TWI	TWI
Art des Grundwasserleiters	Kluft	Kluft	Kluft	Kluft/Karst	Kluft/Karst	Kluft/Karst	Kluft/Karst	Kluft/Karst	Kluft/Karst	Kluft/Karst
GHK	C 3.1	C 3.1	A 4.2	C 3.1	A 4.1	A 4.1	A 4.1	A 4.1	A 4.1	A 4.1
nsp [%]	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
kf-Wert (5-10) [m/s]					0,84-6,1	0,84-6,1	1.5	0.5	6.4	4,84
Schüttung Q [l/s]			3,3-10,2				5.6	9.7	13.9	11.5

Legende 1:

GHK Geschützteitsklasse (vgl. Legende 2: Geschützteitsklassen)

nsp Speichernutzbarer Hohlraum

Kf-Wert Durchlässigkeitswert der Deckschichten

**Legende 2: Geschützhtheitsklassen**

- A GW gegenüber flächenhaft eindringenden Schadstoffen nicht geschützt
- A 1 Ungespanntes GW im Lockergestein (Anteil bindiger Bildungen an der Versickerungszone < 20 %)
- A 2 GW in gestörten Gebieten
- A 2.2 GW im Festgestein im Bereich tektonischer wasserwegbarer Störungszonen
- A 2.3 GW in gestörten Gebieten (anthropogen-technogene Beeinflussung)
- A 3 GW im Lockergestein über Festgestein
- A 3.1 GW in engen Flußtälern
- A 3.2 GW in periglazialen Deckschichten
- A 4 GW im Festgestein (ohne bzw. mit geringmächtigen bindigen Deckschichten)
- A 4.1 GW im Karbonatgestein (bindige Deckschichten < 5m)
- A 4.2 GW in Sandsteinen (bindige Deckschichten < 2m und Flurabstand < 20 m)
- A 4.3 GW im Kompaktgestein (bindige Deckschichten < 2 m)
  
- B GW gegenüber flächenhaft eindringenden Schadstoffen relativ geschützt
- B 1 Ungespanntes GW im Lockergestein (Anteil bindiger Bildungen an der Versickerungszone < 20 %)
- B 2 GW im Lockergestein unter geologisch gestörten Deckschichten
- B 3 GW in Flußtälern unter anmoorigen Deckschichten
- B 4 GW in Gebieten mit wechselhaftem Aufbau der Versickerungszone (Anteil bindiger Bildungen 20-80 %)
- B 5 Gespanntes GW im Lockergestein mit geringmächtiger bindiger Bedeckung (Anteil an der Versickerungszone > 80 %)
- B 6 GW im Festgestein
- B 6.1 GW im Karbonatgestein (flächenhafte bindige Deckschichten > 5 m)
- B 6.2 GW in Sandsteinen (bindige Deckschichten > 2m und Flurabstand < 20 m oder bindige Deckschichten < 2m und Flurabstand > 20-100m)
- B 6.3 GW im Kompaktgestein (geringmächtige bindige Deckschichten > 2 - 5 m)
  
- C Keine unmittelbare Gefährdung des GW durch flächenhaft eindringende Schadstoffe
- C 1 Gespanntes GW im Lockergestein (Anteil bindiger Bildungen an der Versickerungszone > 80 %)
- C 2 Artesisches GW
- C 3 GW im Festgestein
- C 3.1 GW in Sandsteinen (bindige Deckschichten > 2m und Flurabstand > 20 m oder Flurabstand > 100m)
- C 3.2 GW im Kompaktgestein (flächenhafte bindige Deckschichten > 5m)

Quelle: Hydrogeologische Karte der Deutschen Demokratischen Republik (1 : 50.000)

Legende 3: Aquifer-Geologie

Symbol	Stratigraphie	Lithologie	nsp [%]
B	Tertiär	Sande, Kiese	15
C-Psbs	Permokarbon	Tonsteine, Arkosesandsteine	0,5
Cmfđ	Stefan	Sandsteine	2
D 1-3	Ober-Vise	Tonschiefer	0,5
D3-C1	Vise	Tonschiefer	0,5
G'	Permokarbon	Grauwacke	2
PO	Zechstein	Mergelstein, Tonstein, Anhydrit	4
Q		Sande, Kiese	15
Qu,G	Vise	Quarzit	2
TB	Buntsandstein	Sandsteine	5
TB 1	Unterer Buntsandstein	Sandsteine	5
TB 2	Mittlerer Buntsandstein	Sandsteine	5
TB 3	Oberer Buntsandstein	Tonsteine, Mergelsteine, Gips	5
TBb2	Unterer Buntsandstein	Dolomitische Sandsteine	5
TDf1-TVp3	Mittlerer Buntsandstein	Defurth- Wechselfolge	5
Thk-TAy2	Mittlerer Muschelkalk	Anhydrit-Folge	5
THm2	Oberer Muschelkalk	Hauptmuschelkalk	5
TLK	Unterer Keuper	Lettenkeuper	5
TNh	Unterer Buntsandstein	Nordhausen-Folge	5
TSI-THd	Mittlerer Buntsandstein	Solling-, Harde- gsen-Folge	5
TVp 1	Mittlerer Buntsandstein	Basissandstein	5
TWI	Unterer Muschelkalk	Kalksteine, Mergelkalk	5

Quelle: Hydrogeologische Karte der Deutschen Demokratischen Republik (1 : 50.000)

#### Legende 4: Deckschichten-Geologie

- 2 Quartäre Sande und Kiese der Flusauen und Niederungen, mit Auelehmbedeckung – in der Regel > 1 m mächtig
- 5 Quartäre Sande und Kiese unter Geschiebemergel, lokal mit Decksanden, meist umlagert von tertiäre Schichten
- 6 Geringmächtige quartäre Sande und Kiese, z.T. mit Lößbedeckung, linsenartig eingelagert in Geschiebemergeln/Beckenschluffen ; im Untergrund meist mesozoische Gesteine ohne bedeutende Wasserführung
- 9 Sandsteine und Sandstein-Schluffstein-Wechselsfolgen unter flächenhafter Bedeckung des Mesozoikums (kr, k, s)
- 10 Mesozoische Sandsteine und Sandstein-Schluffstein-Wechselsfolgen unter flächenhafter Bedeckung durch Löß und/oder geringmächtige ältere Quartärschichten (sandig-kiesig, z.T. auch schluffig)
- 11 Kalksteine, Dolomite, Mergel- und Tonmergelsteine im Wechsel (m, z, d)
- 12 Kalksteine, Dolomite, Mergel- und Tonmergelsteine unter vorwiegend schluffiger (Löß, Geschiebemergel), z.T. auch sandiger pleistozäner Bedeckung
- 16 Tonmergelstein/Mergelstein/Kalkmergelstein unter wechselnder Lockergesteinsbedeckung

Quelle: Hydrogeologische Übersichtskarte von Sachsen-Anhalt (1:400.000)

**Anlage 4: Trinkwasserschutzgebiete im Altkreis Merseburg (vgl. Winkler 1999).**

Kenn-Nr.	Me 1	Me 3, Me 4	Me 7	Me 8	Me 9	Me 13	Me 17	Me 20	Me 23, Me 22	Me 24	Me 26
HK-50 Blatt-Nr.	1105-3/4	1105-3/4	1106-3/4	1105-3/4	1105-3/4	1106-3/4	1206-1/2	1205-1/2	1205-1/2	1205-1/2	1205-1/2
Fläche [km <sup>2</sup> ]	3,20	25,60	4,80	1,08	0,72	6,48	4,68	11,20	15,00	0,04	1,40
Deckschichten Geologie	16	10	5	6	9	2	2	11	6	6	6
Mächtigkeit [m]	97	125		44	105	100	8	23	12	12	
Aquifer-Geologie	TB 3	TB	Q	TB 2	TB 2	Q	Q	TWI	TWI	TWI	B
Art des Grundwasser- leiters	Kluft/Karst	Kluft	Poren	Kluft	Kluft	Poren	Poren	Kluft/Karst	Kluft/Karst	Kluft/Karst	Poren
GHK	A 4.2	A 4.2	A 1	Lagerst. abbau	A 4.2	B 3	B 3	A 4.1	A 4.1	A 1	A 2.3
nsp [%]	5	5	15	5	5	15	15	5	5	5	15
kf-Wert (5-10) [m/s]	0,28-0,84		> 100	0,24-6,11	0,2-0,7	> 100	209	5,3	3,0-5,0	3,0-5,0	
Schüttung Q [l/s]	5,6-7,7	3,1-11,2		2,8-12,0				5,3	5,0-10,0	5,0-12,0	

Legenden: Siehe dazu Anlage 3.

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH  
Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht  
Permoserstraße 15  
D-04318 Leipzig  
Telefon 0341/235-2166  
Telefax 0341/235-2511