

# Weitergehende Beschreibung des gefährdeten Grundwasserkörpers 16.2 Rhein-Neckar

## Inhaltsübersicht

1.	Abgrenzung	2
2.	Geologische und hydrogeologische Beschreibung	3
3.	Merkmale der Bodenüberdeckung	14
4.	Belastungen aus diffusen Quellen - Landnutzung	18
5.	Grundwasserbeschaffenheit	21
6.	Gesamtbewertung	23

### Allgemein:

Ziel der weitergehenden Beschreibung gemäß Anhang II Nr. 2.3 ist es, bei den als gefährdet eingestuften Grundwasserkörpern das Ausmaß des Risikos hinsichtlich der Zielerreichung nach Artikel 4 genauer zu beurteilen und die Grundlagen für Monitoring- und Bewirtschaftungsprogramme zu liefern. Dazu werden Grundlagen benötigt, die eine detaillierte Beschreibung der hydraulischen und hydrochemischen Gegebenheiten des Grundwassers sowie der Merkmale der ungesättigten Bodenzone ermöglichen und das Ausmaß der anthropogenen Einwirkungen auf das Grundwasser aufzeigen. Die weitergehende Beschreibung erfolgt problembezogen in zwei Schritten:

- Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Merkmale, der Merkmale der Grundwasserüberdeckung und Angaben zur Grundwasserneubildung
- Beschreibung der landwirtschaftlichen Flächennutzung und ergänzende Angaben zur Immissionsbelastung des Grundwassers, soweit vorhanden.

Redaktioneller Hinweis: Die geologischen bzw. hydrogeologischen Karten 9.9.1.a bis 9.9.1.e wurden für den gGWK 16.2 Rhein-Neckar, der mit Teilflächen sowohl im BG Oberrhein als auch im BG Neckar liegt, jeweils getrennt für die bearbeitungsgebietsbezogenen Teilflächen (Haupt- oder Restfläche) erstellt. Aus Gründen der Vollständigkeit werden im Anhangsband jeweils beide Karten dargestellt.

## 1. Abgrenzung

Aus der erstmaligen Beschreibung hat sich ergeben, dass für den Grundwasserkörper ein hohes Risiko besteht, dass der gute Zustand bezüglich des Parameters Nitrat insbesondere durch Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft nicht erreicht wird. Der Grundwasserkörper ist hinsichtlich der Merkmale, die für die Art der Gefährdung des Grundwasserkörpers und die daraus abzuleitenden Maßnahmen relevant sind, weitergehend zu beschreiben. Dies bedeutet, dass im abgegrenzten Gebiet neben hydrogeologischen und bodenkundlichen Merkmalen auch die Art der Landnutzung und insbesondere der landwirtschaftlichen Flächennutzung (Kulturarten) genauer zu erfassen sind.

Tabelle 4.2.2.1: Ursachen-Zuordnung von Gemeinde-Flächen zum gGWK 16.2

(= Ergebnis der Erstmaligen Beschreibung).

Stadt/Gemeinde	Gemeinde Fläche (m <sup>2</sup> )	maximal verträglicher N-Überschuss auf Ackerflächen, für weniger als 50 mg Nitrat/l im Sickerwasser, bezogen auf die Gesamt-gemeindefläche (kg N/ha/a)	Typ 2	Typ 1	Code
SKR Heidelberg	108,83	100,0		1	1
SKR Mannheim	144,96	74,1		1	1
Brühl	10,19	48,1	2	1	3
Dossenheim	14,14	88,9		1	1
Eppelheim, Stadt	5,70	53,8	2	1	3
Heddesheim	14,71	52,6	2	1	3
Ilvesheim	5,89	42,2	2	1	3
Ketsch	16,52	63,1	2	1	3
Ladenburg, Stadt	19,00	43,2	2	1	3
Leimen, Stadt	20,64	116,8		1	1
Oftersheim	12,78	74,3		1	1
Plankstadt	8,39	43,8	2	1	3
Sandhausen	14,55	94,3		1	1
Schriesheim, Stadt	31,64	170,1		1	1
Schwetzingen, Stadt	21,62	83,8		1	1
Edingen-Neckarhausen	12,04	46,1	2	1	3
Hirschberg an der Bergstraße	12,35	80,2		1	1

- Code-Nr.** Gemeinde wurde zugeordnet wegen
- 0 Abrundung der gefährdeten Grundwasserkörper (gGWK)
  - 1 Zugehörigkeit (eines Teils des Gemeindegebietes) zu einer Typ 1- Fläche (Immission)
  - 2 Zugehörigkeit der Gemeinde zu Typ 2 (Standorteigenschaften)
  - 3 Zugehörigkeit der Gemeinde sowohl zu Typ 1 als auch zu Typ 2

Die Zuordnung von Immissionsflächen (Typ 1) und Standorteigenschaften-Flächen (Typ 2) im gGWK zeigt Tabelle 4.2.2.1. Dem Typ2 zugeordnet wurden Gemeinden/Städte mit einem maximal verträglichen N-Bilanz-Überschuss auf Ackerflächen von weniger als 65 kg N/ha.

Danach sind 9 der 17 Gemeinden/Städte ausschließlich auf Grund der Immissionen und 8 Gemeinden sowohl auf Grund der Immissionen als auch auf Grund der Standorteigenschaften dem gGWK zugeordnet.

Der maximal verträgliche N-Überschuss auf Ackerflächen schwankt, maßgebend beeinflusst durch den stark differierenden Waldflächenanteil in den Gemeinden, zwischen 42 kg N/ha/a in Ilvesheim (Anteil Waldfläche: 0%) und 170 kg N/ha/a in Schriesheim (Anteil Waldfläche: 58,6%) (Tabelle 4.2.2.1)

<b>A-Karte 9.9.1.a/b-16.2</b>
-------------------------------

## 2. Geologische und hydrogeologische Beschreibung

### a) Geologische Merkmale

Der gefährdete Grundwasserkörper Nr. 16.2 Rhein - Neckar (gGWK 16.2) gehört im Westen zum Hydrogeologischen Großraum Oberrheingraben und dort zum Hydrogeologischen Teilraum Quartäre/Piozäne Sedimente der Grabenscholle. Östlich sind noch randlich die Hydrogeologischen Großräume Südwestdeutsches Schichtstufen- und Bruchschollenland und Südwestdeutsches Grundgebirge mit den Hydrogeologischen Teilräumen Muschelkalkplatten, Buntsandstein des Odenwalds und Kristallin des Odenwalds tangiert.

Das Gebiet reicht im Westen bis an den Rhein und umfasst im Oberrheingraben den Bereich der Niederterrasse zwischen Wiesloch im Süden und südlich Weinheim im Norden. Im östlich anschließenden Festgestein reicht der gGWK 16.2 etwa bis Neckargemünd. Der nördliche Festgesteinsbereich gehört zum Odenwald, der südliche zum Kraichgau. Im Norden steht das Kristallin des Odenwalds an, nach Süden folgen die Gesteine des Buntsandsteins und des Unteren Muschelkalks (Karte 9.9.1.a bis b).

Hydrogeologisch sind im gGWK 16.2 die Lösssedimente, die Auensedimente, die Massenverlagerungsbildungen und Flussbettsedimente im Neckartal sowie das Jungquartär des Oberrheingrabens (Oberes Kieslager, Oberer Zwischenhorizont) von Bedeutung. Im Festgestein besitzen der Untere Muschelkalk, der Buntsandstein und das Kristallin eine größere Verbreitung.

**Lösssedimente (los):** Die Festgesteinsgebiete des gGWK16.2 werden im Süden bereichsweise von Lösssedimenten (Löss- und Lösslehm) bedeckt. Der Löss wurde in den Kaltzeiten aus Westen angeweht und lagerte sich hauptsächlich im Windschatten des Oberflächenreliefs ab. Er kann in ostexponierten Lagen große Mächtigkeiten erreichen, wohingegen er an den windzugewandten, westexponierten Hängen geringmächtig ist oder sogar vollständig fehlt. Der Windtransport bewirkte eine relativ einheitliche Korngröße von 0,02 – 0,06 mm. Es

handelt sich um Quarz, Feldspat und Kalk. Die Mächtigkeit der Lösssedimente kann im gGWK 16.2 etwa 10 m erreichen.

In der heutigen Landschaft steht meist jedoch nicht Löss sondern Lösslehm an der Erdoberfläche an. Die tonigen Lösslehme sind sekundär durch Zersetzung des Feldspats und Entkalkung des Löss entstanden. Ihre Mächtigkeit beträgt im allgemeinen etwa 1 m.

Massenverlagerungsbildungen (qmv): Zu den Massenverlagerungsbildungen gehören als wichtigste der Hangschutt und die Rutschmassen, Akkumulationen von Gesteinsmassen, die durch schwerkraft-induzierte Kriech-, Gleit- und Sturzvorgänge an Hängen entstanden sind und häufig an den Talrändern die Flussbettsedimente überlagern. Hangschutt besteht aus steinigem, mehr oder weniger lehmigen Lockergesteinen, die auch andere Umlagerungssedimente enthalten können (z. B. Fließerde, Schwemmschutt, Schwemmlöss). Mehr als 25 Vol.-% sind meist Grus, Kies, Steine und Blöcke. Die Rutschmassen sind petrographisch sehr uneinheitlich zusammengesetzt.

**Auensedimente (h):** Auensedimente finden sich in den Niederungen von Rhein, Neckar und Leimbach, im Oberrheingraben außerdem im Bereich der Altneckaraue am östlichen Grabenrand. Unter dem Begriff Auensedimente werden Auenlehm, toniger Auenlehm, Auenmergel und Auensand zusammengefasst, je nach petrographischer Zusammensetzung. Gemeinsames Merkmal der Auensedimente ist ihre Entstehung als Hochwasserablagerung. Die ursprüngliche Feinschichtung ist meist durch starke Bioturbation weitgehend aufgelöst.

**Flussbettsedimente (qg):** Im Neckartal liegen über dem Festgestein jungquartäre Flussbettsedimente, die eine Mächtigkeit bis etwa 10 m aufweisen. Es handelt sich um sandige Kiese, in die größere Gerölle und Blöcke und gelegentlich Sand- und sandige Lehmlagen eingebettet sind. Die Flussbettsedimente bestehen im wesentlichen aus Buntsandstein- und Muschelkalkmaterial, untergeordnet auch aus Kristallin. Die Kiese verzahnen sich im Ausgangsbereich einmündender Seitentäler mit den Schwemmfächer-Sedimenten.

In den Tälern der Nebenflüsse sind die quartären Ablagerungen (Auenlehm und Kies) geringer mächtig als im Neckartal. Die Kieslagen weisen einen höheren Schluff- und Tongehalt auf.

**Jungquartär (qJ):** Im Bereich des gGWK 16.2 lassen sich die jungquartären Ablagerungen lithologisch in verschiedene Einheiten unterteilen. Relevant für die Betrachtung des obersten

Grundwasserleiters sind das Obere Kieslager und der darunter folgende Obere Zwischenhorizont.

Das Obere Kieslager (OKL) besteht aus einer Abfolge von sandigen Kiesen und kiesigen Sanden. Die Kiese sind überwiegend feinkörnig, untergeordnet auch mittel- und grobkörnig. In die Kiesfolge sind Sand- und Schlufflagen und -linsen, z. T. mit organischen Sedimenten, eingeschaltet, vermehrt vor allem im östlichen, stärker abgesunkenen Bereich des Oberrheingrabens. Im Raum Heidelberg bilden sie einen größeren zusammenhängenden Schluff-/Tonhorizont, der das OKL zweiteilt. Die Mächtigkeit dieser Schicht ist mit 2 m jedoch deutlich geringer als die des Oberen Zwischenhorizonts.

Die Basis des OKL ist vom Rhein nach Osten zur Vorbergzone hin geneigt. Dementsprechend nimmt die Mächtigkeit des OKL in diese Richtung von ca. 15 – 20 m am Rhein auf maximal 60 m im Raum Heidelberg zu. Dort verzahnen sich die Sedimente des OKL mit dem Neckarschwemmfächer.

Im Holozän wurde das OKL in der Rheinaue in den oberen 10 – 15 m umgelagert.

Der Obere Zwischenhorizont (OZH) stellt den Abschluss einer zunehmend feinkörnigeren Sedimentation dar. Er besteht aus Tonen, Schluffen, z. T. auch aus Fein- und Mittelsanden sowie bereichsweise aus einer Wechsellagerung von Sand, Schluff und Ton. Die starken Mächtigkeitsschwanken des OZH sind auf seine Entstehung als limnische Ablagerung zurückzuführen.

Der Obere Zwischenhorizont besitzt eine Mächtigkeit von 10 – 25 m, maximal bis 40 m. Lückenbereiche (sg. Fenster), in denen der OZH nicht vorhanden ist bzw. kiesig vorliegt, sind erosiv vor Ablagerung des OKL entstanden oder beruhen auf lokalen Faziesunterschieden des OZH. Sie treten z. B. südlich von Mannheim-Rheinau und im Bereich des Bürstädter Walds auf.

**Unterer Muschelkalk (mu):** Der Untere Muschelkalk besteht aus einer Folge von meist flaserigen mikritischen Kalksteinen (Wellenkalk), vereinzelt porösen, bioklastischen Kalksteinen (Schaumkalkbänke) sowie Mergelstein und Dolomitstein. Im gGWK 16.2 ist der Untere Muschelkalk dort, wo er an der Erdoberfläche ansteht oder nur geringmächtig überdeckt ist, intensiv verkarstet. Die Mächtigkeit des Unteren Muschelkalks erreicht im gGWK 16.2 rd. 75 m.

**Buntsandstein (s), Perm (p):** Die Hochflächen im Festgestein beiderseits des Neckars werden aus Buntsandstein aufgebaut. Der Obere Buntsandstein setzt ein mit der rd. 20 m mächtige Rötton-Formation. Sie besteht überwiegend aus Mergelstein, der zum Liegenden zunehmender kalkärmer wird und in Tonstein übergeht. Eingelagert sind geringmächtige Quarzitbänke. In Form von Nestern findet sich lokal Fasergips.

Mit dem Rötquarzit beginnt die etwa 45 - 60 m mächtige Plattensandstein-Formation, der untere Teil des Oberen Buntsandsteins. Der Rötquarzit ist ein 5 - 10 m mächtiger, fein- bis mittelkörniger, kieselig gebundener, harter Sandstein. Darunter folgen in Wechsellagerung plattige Mergel- und Tonsteine. Der untere Abschnitt der Plattensandstein-Formation besteht aus 30 m mürben plattigen Fein- und Mittelsandsteinen mit tonigem Bindemittel sowie einzelnen quarzitischen Feinsandsteinen und eingeschalteten geringmächtigen Tonsteinlagen. Er enthält fossile Bodenhorizonte (violette Horizonte).

Mittlerer und Unterer Buntsandstein sind eine Folge von überwiegend dickbankigen, z. T. glimmerführenden, meist mittel- bis feinkörnigen Sandsteinen mit einzelnen grobkörnigen bis konglomeratischen Lagen. Das Bindemittel der Sandsteine ist tonig oder kieselig, selten karbonatisch. Mittlerer und Unterer Buntsandstein erreichen im gGWK 16.2 eine Mächtigkeit bis > 400 m.

Der Buntsandstein wird im Raum Heidelberg noch von permischen Sedimenten unterlagert. Dazu gehört der fast überall in diesem Gebiet verbreitete Zechstein, Mergelsteine und Dolomitsteine, die z. T. sekundär umgewandelt sind. Der Zechstein liegt teils auf Granit, teils auf Rotliegendem. Dieses besteht im oberen Teil aus Arkosen, Konglomeraten und Sandsteinen, im mittleren Teil aus Quarzporphyr und im unteren Teil aus geschichteten Porphyrtuffen. Das Perm kann über 100 m mächtig sein.

**Kristallin (KR):** Im nördlichen Festgesteinsbereich steht das Kristallin des Odenwalds an der Erdoberfläche an. Es handelt sich um Granite, Amphibolgranite, Diorite und metamorphe Schiefer, die von Ganggesteinen begleitet werden. Oberflächennah ist das Kristallin infolge Verwitterung aufgelockert und bereichsweise vergrust.

**Tektonik:** Der Oberrheingraben ist im gGWK 16.2 in Längsrichtung durch NNW-SSE bis N-S und NW-SE streichende Störungen in einzelne Schollen gegliedert. Der größte Bereich des gGWK 16.2 gehört zur östlichen Grabenscholle, dem Bereich mit der stärksten Absenkung und entsprechend größten Sedimentmächtigkeiten. Innerhalb der Scholle ist die Schichtenfolge noch nach Osten geneigt, so dass die größten Sedimentmächtigkeiten am östlichen

Rand der östlichen Grabenscholle auftreten. Im Übergang zum Odenwaldkristallin ist im Bereich der östlichen Grabenschulter noch eine schmale Randscholle ausgebildet, die allerdings nur abschnittsweise vorhanden ist.

## b) Hydrogeologische Merkmale

**Hydrogeologische Gliederung:** Im Gebiet des gGWL 16.2 bildet das OKL den obersten Grundwasserleiter. Verbindungen zum MKL bestehen im Bereich hydraulischer Fenster. Im Festgestein ist der Buntsandstein ein Kluftgrundwasserleiter mit eingelagerten Grundwassergeringleitern.

Für eine generelle Gliederung lassen sich, in Anlehnung an LGRB (2002), die in Tab. 4.2.2.2 aufgeführten hydrogeologischen Einheiten unterscheiden.

Tab. 4.2.2.2: Hydrogeologische Klassifikation der Gesteine im gGWK 16.2 nach Hohlraumart

Hydrogeologische Einheiten	Hydrogeologische Klassifikation
Deckschichten	Grundwassergeringleiter
Jungquartäre Flusskiese und -sande	Porengrundwasserleiter
Quartäre Sande und Kiese im Oberrheingraben	Porengrundwasserleiter
Unterer Muschelkalk	Kluft- und Karstgrundwasserleiter in Wechselagerung mit Grundwassergeringleitern
Oberer Buntsandstein (ohne Plattensandstein-Formation)	Grundwassergeringleiter
Mittlerer und Unterer Buntsandstein (mit Plattensandstein-Formation des Oberen Buntsandsteins)	Kluftgrundwasserleiter
Perm	überwiegend Grundwassergeringleiter
Kristallin	Grundwassergeringleiter

Grundwasserflüsse über die Grenzen des gGWK 16.2 erfolgen im Oberrheingraben, ein Grundwasserzustrom von Südosten und ein Grundwasserabstrom nach Nordwesten. Im Festgestein ist eine gesicherte Beurteilung anhand der verfügbaren Unterlagen nicht möglich.

**Deckschichten:** Deckschichten sind definiert als oberflächennahe hydrogeologische Einheiten oberhalb des ersten zusammenhängenden Grundwasserkörpers, die mit Ausnahme schwebenden Grundwassers kein Grundwasser führen und damit vollständig im Bereich der ungesättigten Zone liegen, und die eine Schutzfunktion gegen das Eindringen von Schadstoffen in das Grundwasser ausüben. Im gGWK 16.2 sind dies in erster Linie die Lösssedimente (Löss und Lösslehm), Massenverlagerungsbildungen und Auensedimente.

**Jungquartäre Flusskiese und -sande:** Im Neckartal bilden die Jungquartären Flusskiese und -sande einen Porengrundwasserleiter. Sie liegen im gGWK 16.2 überwiegend auf den Gesteinen des Odenwald-Kristallins.

Die hydrogeologischen Eigenschaften in den Talkiesen variieren in Abhängigkeit von der wechselhaften Ausbildung der Kiese, wobei auch mit Ton, Schluff und Sand verfüllte Altarmrinnen von Bedeutung sind. Die aus Pumpversuchen ermittelte Transmissivität beträgt für die Neckarkiese im Mittel  $T = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Bei einer mittleren Grundwassermächtigkeit von 3 m ergibt sich daraus ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ .

Das Grundwasservorkommen in den Neckarkiesen wird einerseits durch Zufluss aus den angrenzenden Festgesteinsbereichen gespeist, an den Talflanken überwiegend durch Oberflächenzufluss. Je nach hydrologischer Situation, Ausbau und Kolmation des Neckars sowie Grundwasserförderung kann auch der Neckar durch Infiltration zur Grundwasserneubildung beitragen. Schließlich erhöht noch die Versickerung von Niederschlagswasser im Bereich der Talaue das Grundwasserdargebot in den Talkiesen.

Das Grundwasser ist in den Talkiesen unter dem Auenlehm bereichsweise gespannt. Der Grundwasserabstrom erfolgt über weite Strecken Neckar-parallel.

**Quartäre Sande und Kiese im Oberrheingraben:** Die quartären Sande und Kiese im Oberrheingraben bilden den obersten Grundwasserleiter im Gebiet des gGWK 16.2.

Die quartären Kiese und Sande werden im Oberrheingraben durch eingelagerte geringdurchlässige Trennhorizonte hydraulisch in Teilstockwerke gegliedert. Das Obere Kieslager (OKL) bildet den oberen Grundwasserleiter, der unterlagernde Obere Zwischenhorizont die Grundwasserleiterbasis.

Die Durchlässigkeit des oberen Grundwasserleiters schwankt zwischen  $k_f = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$  und  $k_f = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ , die Transmissivität zwischen  $T < 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  und  $T = 2,5 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$



(HGK 1987). Die höchsten T-Werte wurden im Bereich des Neckarschwemmfächers im Raum Heidelberg gemessen. Dies ist nicht nur auf die größere Aquifermächtigkeit am östlichen Grabenrand zurückzuführen, sondern auch auf die rd. viermal größeren Durchlässigkeiten in diesem Gebiet. Ehemalige Fließrinnen des Rheins pausen sich dagegen nur noch schwach in der Durchlässigkeitsverteilung durch. Das speicherwirksame Hohlraumvolumen der Kiese schwankt zwischen  $n_e = 0,13$  und  $0,16$ .

Die Durchlässigkeit des Oberen Zwischenhorizonts variiert aufgrund seiner verschiedenartigen lithologischen Ausbildung stark. Für die vertikale Durchlässigkeit werden Werte von  $k_{fv} < 1 \cdot 10^{-9}$  m/s bis  $k_{fv} = 1 \cdot 10^{-8}$  m/s angegeben (HGK 1987). In den Bereichen, in denen der OZH als geringdurchlässige Trennschicht fehlt, existieren hydraulische Fenster, in denen ein Kontakt zwischen dem OKL und dem unter dem OZH folgenden MKL besteht.

Neben der Grundwasserneubildung aus Niederschlag tragen unterirdische Randzuflüsse aus dem Festgestein und über das Neckartal sowie die Infiltration aus Rhein und Neckar zur Grundwasserneubildung bei. Für den gGWK 16.2 liefert auch noch der Grundwasserzustrom über die südliche Begrenzung im Oberrheingraben einen Beitrag zum Grundwasserdargebot. Schließlich erfolgt noch an der südlichen Grenze des gGWK 16.2 in den rheinnahen Bereichen, in denen das Potential im mittleren MKL das im OKL übersteigt, ein Aufstieg von tiefem Grundwasser durch den OZH.

Das Grundwasser strömt großräumig vom Gebirgsrand nach Westen bis Nordwesten zum Rhein. Dabei wird das Fließgeschehen in hohem Maße durch die Absenkungstrichter der großen Grundwasserentnahmen bestimmt. Die Grundwasserfließgeschwindigkeiten sind aufgrund des geringen Fließgefälles und der vergleichsweise geringen Durchlässigkeiten mit etwa 0,2 m/d gering.

Vorfluter für das Grundwasser im OKL ist der Rhein, unterhalb des Stauwehrs bei Ilvesheim auch der Neckar. Insgesamt ist der Übertritt von Grundwasser in die oberirdischen Gewässer jedoch geringer als die Bildung von Uferfiltrat. Eine weitere negative Bilanzgröße ist die flächenhafte Aussickerung von Grundwasser durch den OZH in das nächsttiefere Grundwasserstockwerk, die aufgrund der Potenzialunterschiede im westlichen Teil des gGWK 16.2 möglich ist. Von besonderer Bedeutung für die Wasserbilanz sind im gGWK 16.2 außerdem die Grundwasserentnahmen, vor allem im Wasserwerk „Rheinau“ der Stadt Mannheim und „Rauschen“ der Stadt Heidelberg.

Das Grundwasser hat im Oberen Grundwasserleiter im Bereich der Niederterrasse eine freie Oberfläche, in der Rheinaue liegen dagegen überwiegend gespannte Verhältnisse vor. Die Flurabstände betragen im Bereich der Rheinaue 1 - 3 m, jenseits des Hochgestades im Osten bis zu 10 m.

**Unterer Muschelkalk:** Der Untere Muschelkalk bildet im gGWK 16.2 einen schichtig gegliederten, stellenweise stark verkarsteten Kluftgrundwasserleiter mit überwiegend geringer, bei Verkarstung mittlerer bis großer Grundwasserführung, die bevorzugt in den Schaumkalkbänken auftritt.

Die Grundwasserleiterbasis bilden die Tonsteine der Rötton-Formation, die Grundwasserdeckfläche die Mergelsteine und das Salinar des Mittleren Muschelkalks.

Der Untere Muschelkalk ist wie der Obere Muschelkalk durch eine deutliche Inhomogenität und Anisotropie der hydrogeologischen Eigenschaften gekennzeichnet. Der geometrische Mittelwert der Transmissivität wurde für den Unteren Muschelkalk landesweit zu  $T = 5,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  bestimmt. Eine Häufung der Werte ist zwischen  $T = 1 \cdot 10^{-3}$  und  $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  bei einer Schwankungsbreite von mehr als 6 Zehnerpotenzen zu erkennen. Der Stichprobenumfang der Untersuchung beträgt  $n = 36$ .

Da der Untere Muschelkalk im gGWK 16.2 nicht von jüngeren Festgesteinen überlagert wird, erfolgt die Grundwasserneubildung im Verbreitungsgebiet durch flächenhafte Infiltration aus Niederschlag. In den Randbereichen, wo die Aquiferbasis ausstreicht, tritt das Grundwasser des Unteren Muschelkalks über Quellen zu Tage.

**Oberer Buntsandstein:** Die Rötton-Formation des Oberen Buntsandsteins bildet einen Grundwassergeringleiter, der die Grundwasservorkommen im Unteren Muschelkalk und Buntsandstein hydraulisch trennt. Im Plattensandstein ist der Rötquarzit ein weitgehend eigenständiger Kluftgrundwasserleiter, für den Ton- und Mergelsteinlagen die Grundwasserleiterbasis bilden. Die Sandsteine im unteren Teil des Plattensandsteins sind demgegenüber dem Kluftgrundwasserleiter des Mittleren und Unteren Buntsandsteins zuzurechnen.

Die Grundwasserneubildung erfolgt im Ausstrichbereich durch flächenhafte Infiltration aus Niederschlag. Das Wasser sammelt sich im Rötquarzit und bildet dort ein schwebendes Grundwasserstockwerk. Die Entwässerung dieses Vorkommens erfolgt im Bereich der Taleinschnitte über Schichtquellen.

**Mittlerer und Unterer Buntsandstein:** Mittlerer und Unterer Buntsandstein bilden zusammen mit den Gesteinen des unteren Abschnitts der Plattensandstein-Formation einen bereichsweise ergiebigen Kluftgrundwasserleiter. Vom Rötquarzit trennt ihn eine mächtigere, geringdurchlässige Ton-Mergelstein-Serie. Grundwasserleiterbasis sind die Gesteine des Zechsteins und Rotliegenden.

Die Grundwasserbewegung erfolgt im Mittleren und Unteren Buntsandstein ganz überwiegend auf Trennfugen (Klüfte, Schichtfugen, Störungen). Erhöhte Kluftöffnung und damit eine verstärkte Wasserwegsamkeit tritt generell in der oberflächennahen Auflockerungszone bis in eine Tiefe von rd. 10 bis 40 m auf. In Hangbereichen und unter Tälern können die Kluftweiten der harten Gesteine zusätzlich zur oberflächennahen Entspannung durch pleistozäne Frostsprengung vergrößert sein. Zonen erhöhter Klüftigkeit und Kluftaufweitung entstehen weiterhin an den Talflanken durch Talzus Schub und Hangzerrei ßung sowie entlang tektonischer Störungen und in deren Umfeld. Weiter im Süden nimmt die Durchlässigkeit im Buntsandstein mit zunehmender Tiefenlage und Überdeckungsmächtigkeit ab.

Zur Beschreibung des Grundwasserumsatzes im Mittleren und Unteren Buntsandstein ist als Modellvorstellung in guter Näherung die Doppelporosität geeignet, wobei einerseits Poren und Kleinklüfte, andererseits Großklüfte und tektonische Störungszonen gemeinsam betrachtet werden.

Mittlerer und Unterer Buntsandstein sind durch Inhomogenität und Anisotropie der hydrogeologischen Eigenschaften gekennzeichnet. Das Repräsentative Elementarvolumen (REV) liegt in einer Größenordnung eines Körpers von einigen 10 bis über 100 m Kantenlänge.

Der geometrische Mittelwert der Transmissivität beträgt für den Mittleren und Unteren Buntsandstein nach einer landesweiten Untersuchung  $T = 4,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  mit einer Schwankungsbreite von über 5 Zehnerpotenzen. Der Stichprobenumfang der Untersuchung beträgt  $n = 77$ . Als höher ergiebig haben sich besonders tektonisch stark beanspruchte Gebiete erwiesen.

Die Grundwasserfließgeschwindigkeiten ergeben sich im Mittleren und Unteren Buntsandstein aus den Ergebnissen von Markierungsversuchen. Bei Tracereingabe in offene Klüfte wurden für die Einzugsgebiete großer Quellen Abstandgeschwindigkeiten bis 70 m/h gemessen bei Wiederaustritt der eingegebenen Tracermenge von etwa 50 %.

Im Ausstrichbereich wird das Grundwasser über flächenhafte Infiltration aus Niederschlag, bei Überlagerung durch Oberen Buntsandstein in geringem Umfang durch vertikale Zusicke- rung neugebildet.

Der Grundwasserumsatz erfolgt in den Kleinklüften und Poren vergleichsweise langsam, und das Grundwasser weist entsprechend hohe Verweilzeiten auf. Die auf Großklüften und tek- tonischen Störungszonen schnell fließende Grundwasserkomponente besitzt demgegenüber nur vergleichsweise kurze Verweilzeiten.

Im Neckartal streicht die Aquiferbasis über dem Niveau des Talbodens aus. Mittlerer und Unterer Buntsandstein entwässert entsprechend über Schichtquellen an den Talhängen. Weiter im Süden strömt das Grundwasser vermutlich mit dem Schichteinfallen nach Süden, bevor es nach Westen umbiegt und dem Oberrheingraben unterirdisch zuströmt.

**Perm, Kristallin:** Perm und Kristallin sind überwiegend Grundwassergeringleiter. Eine ge- wisse Grundwasserwegsamkeit ist bereichsweise in den Rotliegend-Arkosen und Sandstei- nen ausgebildet. Im Kristallin ist die Grundwasserführung weitgehend auf die Auflockerungs- zone beschränkt.

#### **c) Stratifikationsmerkmale des Grundwasserkörpers**

**A-Karten 9.9.1.c-16.2**

Spezielle Untersuchungen zur Stratifikation des Grundwassers liegen für den gGWK 16.2 nicht vor. Da die Einstufung als gGWK aufgrund einer möglichen flächenhaften Gefährdung durch Einträge aus landwirtschaftlicher Tätigkeit erfolgte, ist jeweils nur das oberste Grund- wasserstockwerk zu betrachten.

#### **d) Langjährige mittlere Grundwasserneubildung**

Das Grundwasserdargebot eines Grundwasserkörpers ist definiert als die Summe aller posi- tiven Bilanzglieder der Wasserbilanz (DIN 4049, Teil 3). Dazu gehört neben Wasserzuflüs- sen aus Uferfiltration und über Leakage, Randzuflüssen sowie ggf. Beiträgen aus künstlicher Grundwasseranreicherung in erster Linie die Sickerung aus Niederschlag.

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag wird u. a. von Klima, Landnutzung, Böden, Grundwasser und Hydrogeologie beeinflusst. Sie wird für langjährige mittlere Verhältnisse nach der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung (2) berechnet.

Gleichung (2): Allgemeine Wasserhaushaltsgleichung

$$G = (N - V) \cdot (Q_{\text{bas}}/Q_{\text{ges}})$$

mit  $G$  = Grundwasserneubildung

$N$  = Niederschlag

$V$  = aktuelle Verdunstung

$Q_{\text{bas}}$  = Basisabfluss

$Q_{\text{ges}}$  = Gesamtabfluss

Die hier verwendete Methodik basiert auf einem detaillierten Modell, das im Rahmen der Bearbeitung des Wasser- und Bodenatlasses Baden-Württemberg (WaBoA) neu entwickelt wurde (Armbruster 2002). Ein besonderer Schwerpunkt war dabei die Ermittlung der lateralen Abflusskomponente speziell für Festgesteinsgebiete, die als Verlustgröße nicht zur Grundwasserneubildung beiträgt.

Das für die Ermittlung der langjährigen mittleren Niederschläge verwendete Verfahren interpoliert tägliche Stationsniederschläge, wobei die Niederschlagswerte je nach Lage der Station korrigiert werden (RICHTER 1995).

Die aktuelle Verdunstung wurde auf der Basis von Tageswerten der meteorologischen Kenngrößen mit Hilfe eines deterministischen, flächendifferenzierten Modells ermittelt, das physikalisch basierte als auch konzeptionelle Ansätze verwendet (Armbruster 2002). Verwendet werden Daten zu Hangneigung, Exposition (DHM), Landnutzung, Meteorologie (Niederschlag, Lufttemperatur, Sonnenscheindauer, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte), Boden (nFK im effektiven Wurzelraum), Substrat, Gründigkeit und Grundwasser-Flurabstand.

Die Ermittlung der Abflusskomponenten erfolgte nach dem Demuth-Verfahren (Demuth 1989, 1993), dem das Wundt-Kille-Verfahren zugrunde liegt. Ausgewertet wurden Abflussreihen mit mindestens zehnjähriger Beobachtungszeit. Für die Regionalisierung wurden multivariate statistische Verfahren eingesetzt (multiple Regression).

Die Berechnungen erfolgten für die hydrologische Standardperiode 1961 – 1990, die räumliche Auflösung ist durch ein 500 x 500 m Raster festgelegt.

**A-Karte 9.9.1.d-16.2**

Die langjährige mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist in Karte 9.9.1.d dargestellt. Für den gGWK 16.2 ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Für die Fläche des gGWK 16.2 von 474 km<sup>2</sup> beträgt die mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag für die untersuchte Standardperiode 1961 – 1990 155 mm/a.
- Regional variieren die Werte zwischen - 47 bis 450 mm/a. Die höhere Grundwasserneubildung erfolgt im Bereich des Odenwalds, die niedrigeren Werte finden sich im Oberrheingraben und dort besonders in der Rheinniederung.
- Für 1971, das extreme Trockenjahr der Standardperiode 1961 – 1990, betrug die mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag 40 mm/a bei einer räumlichen Variation von - 272 bis 261 mm/a.
- Für 1965, dem extremen Feuchtjahr der Standardperiode 1961 – 1990, betrug die mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag 333 mm/a bei einer räumlichen Variation von 51 bis 875 mm/a.

**A-Karte 9.9.1e-16.2**

### 3. Merkmale der Bodenüberdeckung

**Bodeneinheiten:** Die Angaben zu den Böden im Gebiet des gGWK 16.2 basieren auf der Bodenübersichtskarte von Baden-Württemberg 1 : 200.000 (GLA 1992 - 95). Eine vereinfachte und generalisierte Bodenkarte ist die Karte 9.9.1e.

An den Hängen im Odenwald sind einerseits steinig-sandige Böden aus Buntsandsteinschutt (podsolige Braunerden , Podsol-Braunerden) und grusig sandig-lehmigem Böden aus Granitzersatz (Braunerden, podsolige Braunerden) anzutreffen. Im Südosten treten noch Ausläufer der Kraichgaus mit Pararendzinen und Parabraunerden aus Löss auf. Im Zentrum des gGWK 16.2 liegt der Neckarschwemmfächer. An Böden dominieren hier insgesamt Parabraunerden aus Hochflutlehm und Schwemmlöss, die im Bereich der Auenterrassen des Neckars in eine humosere Variante übergehen. Im Süden und Nordwesten des Gebiets kommen Flug-, Dünen- und Terrassensande vor. An typischen Böden haben sich Bänderbraunerden und Bänderparabraunerden entwickelt, die unter Wald podsoliert sind. Die Auenböden von Rhein, Neckar und Leimbach weisen insgesamt einen geringeren Grundwassereinfluss auf (kalkhaltige Braune Auenböden, kalkhaltige Auengley-Braune Auenböden). Der Grundwassereinfluss nimmt in den Randrinnen des Rheins stark zu (kalkhaltige Auengley, Anmoorgleye, Moorgleye). Allerdings wurde im Raum Mannheim durch Grundwasserabsenkungen stark in den Wasserhaushalt der Böden eingegriffen. Die aktuellen Grund-

wasserflurabstände liegen deutlich unterhalb der (reliktischen) Grundwassermerkmale in den Böden.

Im Wurzelraum der Flugsand-, Terrassensand-, Hochflutlehm- und Lössstandorte findet ausschließlich eine vertikale Sickerwasserbewegung statt. Bei hohen Grundwasserständen kann Direktabfluss auf Sättigungsflächen bei vorhandener Vorflut entstehen, während bei tiefen Grundwasserständen nur vertikale Sickerwasserbewegung erfolgt. An den Odenwaldhängen ist im Hangschuttbereich mit Zwischenabflüssen (Interflow) zu rechnen. Für die Auenböden und Moore ist der Grundwassereinfluss die wichtigste Bodenwasserhaushaltsgröße.

Nähere Informationen zu den Böden im Gebiet des gGWK 16.2 sind der Bodenkarte von Baden-Württemberg 1 : 25.000 Blatt 6417 Mannheim-Nordost, 6517 Mannheim-Südost und 6617 Schwetzingen zu entnehmen.

Das Ausmaß der mikrobiellen Denitrifikation ist vom Bodenluft- und -wasserhaushalt, von der Temperatur und der Nitrat-Konzentration der Bodenlösung abhängig. Zusätzlich ist leicht verfügbarer organischer Kohlenstoff als Energieträger für die mikrobielle Denitrifikation erforderlich. Im Wurzelraum der Flugsand-, Terrassensand-, Hochflutlehm-, Löss-, Granit- und Buntandsteinstandorte mit sehr gut bis ausreichend durchlüfteten und stauwasserfreien Böden ist die Denitrifikation als sehr gering bis gering einzustufen. In den Auenböden ist in Abhängigkeit vom Grundwassereinfluss mit mittleren bis hohen Denitrifikationskapazitäten zu rechnen. In Anlehnung an Angaben in FREDE & DABBERT (1998) entspricht dies einer mittleren Denitrifikationsrate für die Ackerflächen im Gesamtgebiet von ca. 10 kg/ha/a N. Es handelt sich hierbei um einen mittleren Schätzwert mit entsprechend großen Unsicherheiten.

**Nitratauswaschung:** Die wesentlichen Faktoren, die Menge und Geschwindigkeit der Nitratverlagerung steuern, sind die Landnutzung, das Klima, der Boden und der Stickstoffüberschuss.

Der Transport des Nitrats erfolgt mit dem Sickerwasser. Die Sickerwassermenge ist die Differenz aus den vom Deutschen Wetterdienst (DWD) korrigierten Niederschlagswerten und der tatsächlichen Verdunstung. Die Sickerwassermenge ist nicht mit der Grundwasserneubildungsrate identisch. Nur in Gebieten ohne schnelle Abflusskomponenten (Oberflächenabfluss und Zwischenabfluss), wie z. B. in der Oberrheinebene, entsprechen sich beide Werte. Sonst liegt die Grundwasserneubildung z. T. deutlich unter der Sickerwassermenge. Da jedoch auch die schnellen Abflusskomponenten mit dem Boden in Wechselwirkung stehen und gelöste Stoffe transportieren, wird die Sickerwassermenge für die Berechnung der Nitratkonzentrationen

als Bezugsgröße gewählt. Zur Ableitung von N-Frachten ins Grundwasser ist dagegen die Grundwasserneubildungsrate heranzuziehen.

Für den N-Überschuss landwirtschaftlicher Flächen wird die Hoftorbilanz landwirtschaftlicher Vergleichsgebiete verwendet (GAMER & ZEDDIES 2001). Es handelt sich um regionale Mittelwerte der Zeitreihe Winterhalbjahr 1995 bis 1999.

In GAMER & ZEDDIES (2001) ist eine Zusammenstellung verschiedener Autoren zum N-Verlust bei Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger aufgeführt. Die in Tab. 4.2.2.3 verwendeten 25 kg/VE/haLF/a N entsprechen mittleren Verhältnissen.

Der N-Eintrag aus Niederschlag in Baden-Württemberg liegt im Mittel bei ca. 20 kg/ha/a N (BACH & FREDE 2003). Er variiert zwischen ca. 7 und 11 kg/ha/a N im Freilandniederschlag und zwischen 20 und 30 kg/ha/a N im Bestandesniederschlag der Waldgebiete (GAMER & ZEDDIES 2001). Für die Berechnungen der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser werden landesweite, mittlere N-Einträge aus Niederschlag für Ackerstandorte von 15 kg/ha/a N verwendet (Tab. 4.2.2.3).

In Baden-Württemberg liegen die Nitratkonzentrationen im Rohwasser der Wasserschutzgebiete mit Wald- und Grünlandanteilen von über 90% meist im Bereich von 1 bis 20 mg/l  $\text{NO}_3^-$ . Der Mittelwert von 10 mg/l  $\text{NO}_3^-$  wird in Tab. 4.2.2.3 als mittlere Nitratkonzentration für das Sickerwasser aus Wald- und Grünlandflächen verwendet.

Bei einer vereinfachten, langfristigen Betrachtung kann angenommen werden, dass sich Stickstoffmineralisation und –immobilisierung im Boden gegenseitig ausgleichen. Damit kann nach Gleichung (1) im zu betrachtenden Gebiet eine mittlere, potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser berechnet werden. Die Siedlungsgebiete werden hierbei nicht berücksichtigt, da vor allem der N-Überschuss, aber auch die Sickerwassermenge aus Siedlungsflächen nicht bekannt und nur schwer abschätzbar sind. Bei den Gebieten mit geringen Siedlungsanteilen unterscheiden sich die berechneten Nitratmittelwerte mit bzw. ohne Berücksichtigung der Siedlungsflächen kaum.



Tab. 4.2.2.3: Faktoren zur Beurteilung der Nitratauswaschung aus dem Boden für den gGWK 16.2 „Rhein-Neckar“; N = Stickstoff, VE = Vieheinheit, LF = landwirtschaftliche Fläche

Bezug	Inhalt	Einheit	Wert	Symbol	Quelle
Gebietswert: Landnutzung aus Satellitendaten von 1993	Flächenanteil Acker & Reben	%	34	A	Landsat-Daten
	Flächenanteil Wald	%	27	B	
	Flächenanteil Grünland	%	8	C	
	Flächenanteil Siedlung	%	28	D	
	Flächenanteil Gewässer	%	0	E	
Gebietswert: Mit- telwert, Zeitreihe 1961-1990	jährliche Sickerwasser- menge Ackerstandorte	mm	258	F	Wasser- und Bodenatlas Ba.- Wü. (UVM & LFU 2004)
Gebietswert: Mit- telwert	Denitrifikationsrate Bo- den Ackerstandorte	kg/ha/a N	10	G	
Regionale Angaben: Mittelwerte für die landwirt-schaftlichen Ver-gleichsgebiete (LVG) Rheinebene und Unterland/Berg- straße, Zeitreihe 1995-1999	N-Überschuss (Hoftor- bilanz flächengewichtet für alle Betriebsformen)	kg/haLF/a N	55 bzw. 86	H1	GAMER & ZEDDIES (2001)
	N-Überschuss (Hoftor- bilanz: Marktfruchtbe- triebe)	kg/haLF/a N	45 bzw. 71	H2	
	Viehbesatz: alle Be- triebsformen	VE/haLF	0,86 bzw. 0,61	I1	
	Viehbesatz: Marktfruchtbetriebe	VE/haLF	0,47 bzw. 0,32	I2	
Überregionale, landesweite An- gaben	N-Eintrag aus Nieder- schlag Ackerstandorte	kg/ha/a N	15	J	
	N-Verlust Wirtschafts- dünger (Lagerung & Ausbringung)	kg/VE/haLF/ a	25	K	
	Nitrat aus Wald & Grün- land	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10	L	

Gleichung (1): Potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser außerhalb der Siedlungsgebiete (NO<sub>3</sub>pot i.S.); Erläuterung der Abkürzungen in Tab. 4.2.2.3.

$$\begin{aligned}
 \text{NO}_3\text{pot i.S.} &= \frac{[(H-G-(I*K)+J)*443*A/F]+(L*(B+C))}{(A+B+C)} \\
 &= 37 \text{ bzw. } 63 \text{ mg/l NO}_3^- \text{ (Daten: Marktfruchtbetriebe)} \\
 &= 38 \text{ bzw. } 69 \text{ mg/l NO}_3^- \text{ (Daten: alle Betriebsformen)}
 \end{aligned}$$

Für das Gebiet des gGWK 16.2 errechnet sich auf Basis der Daten in Tab. 4.2.2.3 unter Verwendung der Werte der Marktfruchtbetriebe (H2 & I2) eine mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser von 37 und 63 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup> bzw. mit den Werten aller Betriebsformen (H1 & I1) von 38 und 69 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Die Unterschiede ergeben sich, da das Gebiet 16.2 im Bereich von zwei landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten liegt, die sich in den Daten der Hoftorbilanzen unterscheiden. Die N-Überschüsse für das landwirtschaftliche Vergleichsgebiet Rheinebene liegen mit Werten von 71 (für Marktfruchtbetriebe) und 86 kg/ha/a N (für alle Betriebsformen) über den N-Überschüsse des landwirtschaftlichen Vergleichsgebiets Unterland/Bergstraße. Da die unterschiedlichen Landnutzungen im Gebiet 16.2 sehr ungleich verteilt sind - die

Waldflächen konzentrieren sich im Odenwald und Hardtwald - setzen sich die mittleren, rechnerischen Nitratkonzentrationen des Gesamtgebiets aus stark unterschiedlichen Teilkomponenten mit niedrigeren Werten in den überwiegend waldbaulich und mit höheren Werten in den überwiegend ackerbaulich genutzten Teilgebieten zusammen. Insgesamt sind die angegebenen Nitratwerte Rechenwerte unter den o. a. Voraussetzungen, Daten und Rechenverfahren. Die Zahlen stellen jedoch keine Prognosewerte für eine Nitratkonzentration im Grundwasser dar. So sind z. B. Denitrifikationsprozesse in der ungesättigten Zone unterhalb des Wurzelraums und im Grundwasserleiter sowie Alter des Grundwassers, Umsatzrate, Uferfiltrat und Randzuflüsse nicht berücksichtigt. Die Rechenwerte ermöglichen jedoch einen Vergleich zwischen verschiedenen Landesteilen und veranschaulichen, dass im Gebiet des gGWK 16.2 die Standortfaktoren Landnutzung (mittlerer Ackeranteil), Klima (geringe Sickerwassermenge) und Boden (geringe Denitrifikationskapazität) bereits bei N-Salden der Landwirtschaft (Hoftorbilanz) von 45 und 55 kg/ha/a N zu Nitratkonzentrationen im Sickerwasser von ca. 40 mg/l allerdings mit deutlichen Unterschieden in einzelnen Teileinzugsgebieten führen können. Bei N-Salden der Landwirtschaft (Hoftorbilanz) von 71 bis 86 kg/ha/a N steigen die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser auf über 60 mg/l  $\text{NO}_3^-$  an.

#### **4. Belastungen aus diffusen Quellen - Landnutzung**

##### Vorgehensweise/Methodik

Zur detaillierten Betrachtung der landwirtschaftlichen Nutzung im Gebiet wurden Daten des Statistischen Landesamtes (StaLa) und der Landwirtschaftsverwaltung herangezogen. Mit den Daten des sogenannten „Gemeinsamen Antrags“ wurden auf Basis der Gemeinden die Anbauflächen einzelner Kulturen erfasst (InVeKoS-DATEN 2002). Im GWK 16.2 Rhein-Neckar wurden hierdurch ca. 76 % der Landwirtschaftsfläche berücksichtigt.

In Abstimmung mit der Landwirtschaftsverwaltung wurden die angebauten Kulturen nach der Gefährdung der Nitratauswaschung unter Berücksichtigung von SchALVO-Rest-Nmin-Kontrolldaten und von kulturartspezifischen Nitratbilanzüberschüssen in 4 Nitratauswaschungsgefährdungsklassen eingeteilt:

- Der Klasse „hohe Auswaschungsgefährdung“ wurden insb. die Kulturen Raps, Rebland, Körnerleguminosen, Gemüse, Spargel, Saat- und Zuckermais, Hopfen, Tabak (Burley/Geudertheimer) und Frühkartoffeln zugeordnet;
- In die Klasse „mittlere Nitratauswaschungsgefährdung“ wurden Weizen, Wintergerste, Triticale, Körner- und Silomais, Obstanlagen, Kartoffeln, Baumschulen u. Hanf eingeteilt;
- Eine „niedrige Nitratauswaschungsgefährdung“ weisen stillgelegte Flächen, Hafer, Zuckerrüben, Ackerfutter, Roggen, Dinkel und Menggetreide auf;
- Grünland, Sommergerste und Tabak/Virgin wurde der Klasse „sehr geringe Nitratauswaschungsgefährdung“ zugeordnet.

Der mögliche Stickstoffeintrag durch Wirtschaftsdünger wurde durch eine Auswertung der Dichte des Viehbesatzes (MLR 2002) berücksichtigt.

**A-Karte 9.9.2-16.2**

Ergebnisse

Der GWK 16.2 umfasst große Teile des Rhein-Neckar-Raums. Er erstreckt sich über die Rheinebene nach Osten bis in die westlichen Randbereiche des Vorderen Odenwalds sowie des Heidelberger Stadtwalds und nach Süden bis in die nördlichen Randbereiche des Hardtwalds (Karte 9.9.2). Die Grenze der Teilbearbeitungsgebiete 35 (Pfinz-Saalbach-Kraichbach) und 36 (Oberrhein unterhalb Neckarmündung) sowie die Grenze zum Bearbeitungsgebiet Neckar trennt das Gebiet in einen südlichen (TBG 35), einen nördlichen (TBG 36) und einen zentralen Teil (Bearbeitungsgebiet Neckar).

Die Größe des durch die Gemeindeflächen festgelegten Gebiets umfasst 473,8 km<sup>2</sup>. Das Gebiet weist, bedingt durch die Ballungsräume Heidelberg und Mannheim, einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächen (34,5 %) auf. Sowohl der Wald als auch die Landwirtschaft nehmen dagegen deutlich weniger Fläche als im Landesdurchschnitt ein. Dauergrünland findet sich nur auf 2,6% der Fläche des GWK (Tabelle 4.2.2.4.a).

Tabelle 4.2.2.4.a: Bodennutzung im gGWK Rhein-Neckar (16.2)

1	Teilbearbeitungsgebiete	BG Oberrhein: Pfinz-Saalbach-Kraichbach (Nr. 35), Oberrhein unterhalb Neckarmündung (Nr. 36), BG Neckar: Neckar unterhalb Jagst bis Mündung Rhein (TBG 49)	
2	Land- und Stadtkreise	Rhein-Neckar-Kreis, Mannheim, Heidelberg	
3	Gemeinden	Ilvesheim, Ladenburg, Plankstadt, Edingen-Neckarhausen, Brühl, Heddeshheim, Eppelheim, Ketsch, Mannheim, Oftersheim, Hirschberg a.d. Bergstraße, Schwetzingen, Dossenheim, Sandhausen, Heidelberg, Leimen, Schriesheim	
4	Fläche	473,8 km <sup>2</sup>	
5	Bodennutzung (in %)	Rhein-Neckar	Baden-Württemberg
	Siedlungen	34,5 %	13,2 %
	Wald	26,3 %	38,0 %
	Sonstiges (Wasser...)	4,5 %	2,0 %
	Landwirtschaftsfläche	34,7 %	46,8 %
	davon:(nur Betriebe > 2 ha)		
	Ackerfläche	24,0 % *	23,6 % *
	Reb-, Obst- flächen	1,0 % *	1,4 % *
	Dauergrünland	2,6 % *	16,0 % *
Quelle: StaLa (Flächen-, Bodennutzungshaupterhebung 2001, Internet)			
* Bezug: Gesamtfläche			

Die landwirtschaftliche Nutzung konzentriert sich auf die Bereiche der Rheinebene zwischen diesen Ballungsräumen und im Norden Mannheims sowie auf die angrenzende Vorbergzone und die Bereiche entlang der Bergstraße.

Die Ackerflächen im GWK werden relativ intensiv für den Sonderkulturanbau, insbesondere Tabak-Burley/Geudertheimer (5% der LF), Gemüse einschließlich Spargel und Erdbeeren (4% der LF) genutzt. In den Gemeinden entlang der Bergstraße wird zudem auf 1% der LF Weinbau betrieben. Auf insgesamt 10,6% der landwirtschaftlich genutzten Fläche werden demnach Kulturen mit einer hohen Nitratauswaschungsgefährdung angebaut (Tabelle 4.2.2.4.b).

Auf weiteren 36,6 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche werden Kulturen mit einer mittleren Nitratauswaschungsgefahr angebaut. Es handelt sich hierbei schwerpunktmäßig um Winterweizen (18% der LF) , Körner- und Silomais (12% der LF) sowie Wintergerste (3% der LF). Aber auch Baum- und Beerenobst, Baumschulen und Kartoffeln nehmen einen nicht unerheblichen Anteil der landw. Nutzfläche ein.

Der Anteil an mittel- und hoch auswaschungsgefährdeten Kulturen auf den landwirtschaftlich genutzten Fläche im GWK 16.2 liegt mit 47,2% etwas über dem Landesdurchschnitt von 42,9 % (Tabelle 4.2.2.4.b).

Tabelle 4.2.2.4.b: Einstufung der Kulturen in Nitratauswaschungsgefährdungsklassen - Vergleich der Flächenanteile des gGWK und Land BW

Nitrat-Auswaschungsgefährdungsklasse	Kulturen	Flächenanteile Kulturen GWK 16.2	Flächenanteile Kulturen Land BW
hoch	Raps, Rebland, Körnerleguminosen, Saat- u. Zuckermais, Gemüse, Spargel, Hopfen, Tabak-B/G, Frühkartoffeln	10,6 %	8,2 %
mittel	Weizen, W.gerste, Mais, Obstflächen, Kartoffeln, Baumschule u.a.	36,6 %	34,7 %
niedrig	Stilllegung, Hafer, Roggen, Dinkel, Zuckerrüben, Ackerfutter u.a.	20,1%	11,9 %
sehr niedrig	Grünland, Sommergerste, Tabak/Virgin	32,7 %	45,3 %

Die Schwerpunkte des Anbaus von Kulturen mit hoher Nitratauswaschungsgefahr liegen entlang der Bergstraße in den Gemeinden Hirschberg (35,9 % der LF), Dossenheim (20,3 % der LF) und Schriesheim (16,7 % der LF) sowie südöstlich von Mannheim in Oftersheim (22 % der LF), Plankstadt (21, 5 % der LF) und Sandhausen (19,6 % der LF).

In Oftersheim, Plankstadt und Sandhausen dominiert der Tabakanbau, in Hirschberg und Schriesheim herrschen Wein- und Tabakanbau vor. In Dossenheim liegt der Schwerpunkt auf dem Anbau von Erdbeeren und Gemüse. Ein regionaler Schwerpunkt des Spargelanbaus liegt in Schwetzingen und in Mannheim.

Die Viehdichte ist in der Mehrzahl der Gemeinden mit Werten zwischen 0,02 GVE/ha bis 0,39 GVE/ha deutlich geringer als im Landesdurchschnitt (0,83 GVE/ha) und somit hinsichtlich eines Stickstoffeintrags in das Grundwasser nahezu vernachlässigbar. Etwas höhere Viehdichten sind in den Gemeinden Eppelheim (0,51 GVE/ha), Schriesheim (0,57 GVE/ha), dem Stadtgebiet Heidelberg (0,51 GVE/ha) und in Leimen (0,78 GVE/ha) anzutreffen.

## 5. Grundwasserbeschaffenheit

### Vorgehensweise/Methodik

Es wurden die Ergebnisse des Grundwasserüberwachungsprogramms (Landesmessstellen und Kooperationsmessnetz der Wasserversorger) zur Bewertung herangezogen. Weitere Untersuchungsergebnisse liegen nicht in nennenswertem Umfang verfügbar vor.

**A-Karte 9.9.3-16.2**

### Ergebnisse

Karte 9.9.3 zeigt die Ergebnisse der Grundwasserüberwachungspegel im Grundwasserkörper 16.2 für die Herbstbeprobung 2001. Die Grundwasserbelastung durch Nitrat ist im Grundwasserkörper heterogen verteilt und spiegelt im Wesentlichen die landwirtschaftliche Nutzungsstruktur wieder. Ein Belastungsschwerpunkt zieht sich in Nord/Süd-Richtung entlang dem Gebirgsrand von Hirschberg an der Bergstraße über den östlichen Bereich von Ladenburg sowie die westlichen Bereiche von Schriesheim und Dossenheim bis nach Heidelberg-Handschuhsheim. Insbesondere auf der Gemarkung Leutershausen und in Dossenheim treten z.T. sehr hohe Nitratbelastungen mit Konzentrationen über 150 mg/l auf; in Heidelberg-Handschuhsheim werden Nitratgehalte über 100 mg/l erreicht. Auch im südlichen Bereich von Heidelberg (Kirchheim, Rohrbach) und im Raum Leimen treten lokal erhöhte Belastungen auf. Das Belastungsniveau ist hier etwas niedriger. Weitere Belastungsschwerpunkte befinden sich im Bereich von Eppelheim und Schwetzingen.

Erhöhte Nitratkonzentrationen im Bereich von 50 bis ca. 70 mg/l finden sich auch in Teilbereichen von Ketsch sowie im südöstlichen Bereich von Mannheim und in Ilvesheim.

In den Gebieten mit sehr hoher Nitratbelastung ist im Beobachtungszeitraum seit der ersten Hälfte der 1990er Jahre anhand der Ergebnisse der Herbstbeprobungen jedoch teilweise ein leicht bis deutlich rückläufiger Trend zu beobachten (Abb. 4.2.2.5a bis 4.2.2.5.e).

Aufgrund der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) werden alle Wasserschutzgebiete entsprechend der Nitratbelastung im Grundwasser in die drei Nitratklassen (1) - Normalgebiete, (2) - Problemgebiete und (3) - Sanierungsgebiete eingeteilt. Die ausgewiesenen Wasserschutzgebiete im GWK 16. 2 sind nach der SchALVO folgenden Nitratklassen zuzuordnen (Stand: 1.1.2004):

Tab. 4.2.2.5.a: Einstufung der Wasserschutzgebiete

LFU-Nr.	Name	in der Fläche hauptsächlich tangierte Gemeinden/Städte
<b>Nitrat-Sanierungsgebiete</b>		
226029	Wasserwerk Eppelheim	Eppelheim, Plankstadt
222031 C	WW MA-Rheinau/MVV, südlicher Teilbereich	Mannheim, Heidelberg, Edingen-Neckarh., Eppelheim, Plankstadt, Schwetzingen
226042	WW ZV „Eichelberg“	Schriesheim
226044	WW Wassergewinnungsverband „Lobdengau“	Ladenburg, Schriesheim
226045	Gruppenwasserversorgung „Obere Bergstr.“	Hirschberg-Leutershausen, Schriesheim, Ladenburg
222038	WW Ilvesheim/MVV, seit 20.2.2004 aufgehoben	Mannheim, Ilvesheim
<b>Nitrat-Problemgebiete</b>		
222031 B	WW MA-Rheinau, mittlerer Teilbereich	Mannheim, Schwetzingen
221030	WW Rauschen/HVV Heidelberg, Wasserwerke des Wasserversorgungsverbandes „Neckargruppe“),	Heidelberg, Edingen-Neckarh., Plankstadt, Eppelheim
226050	WW Plankstadt	Plankstadt, Eppelheim
<b>Nitrat-Normalgebiete</b>		
222031 A	WSG MA-Rheinau, Brunnengruppe Seckenheim	Mannheim, Edingen-Neckarhausen
221032	Wasserwerk Entensee, HVV Heidelberg	Heidelberg
221109	Mühltalquellen	Heidelberg
221033	Quellen Ziegelhausen	Heidelberg
221048	WSG Aue-/Zechner Quelle u. WW Schlierbach	Heidelberg

Beim Tiefbrunnen Ladenburg (WSG LfU-Nr. 226 044) und beim Tiefbrunnen Entensee (WSG LfU-Nr. 222 032) wird das Wasser aus dem Mittleren Grundwasserleiter gefördert. Der nördliche Teil des WSG MA-Rheinau (WSG LfU-Nr. 222 031 A) wird vom Infiltrat des Neckars beeinflusst. Bei den anderen genannten Problem- und Sanierungsgebieten wird das Grundwasser aus dem Oberen Grundwasserleiter gefördert und es herrschen im Untergrund keine reduzierenden Verhältnisse.

Der in Karte 9.9.3 dargestellte Immissionszustand beschreibt die Situation im oberen Grundwasserleiter (OGWL). Seit rund 20 Jahren wird im Rhein-Neckar-Raum aufgrund der z.T. erheblichen Belastungen des OGWL verstärkt Wasser aus dem mittleren Grundwasserleiter (MGWL) entnommen, wodurch sich die Potentialdifferenz (Differenz der Druckspiegel) zwischen dem OGWL und dem MGWL in Rheinnähe großflächig umgekehrt hat. Wäh-

rend im natürlichen Zustand Grundwasser aus dem MGWL in den OGWL aufgestiegen ist und somit die Gefahr des Absinkens von Belastungen aus dem OGWL in den MGWL gering einzustufen war, hat sich infolge der Druckumkehr das Risiko der Verschleppung von Schadstoffen aus dem OGWL in den MGWL erheblich erhöht.

Zur Situation im mittleren und unteren Grundwasserleiter liegen in der Grundwasserdatenbank des Landes nur vereinzelt (überwiegend für Tiefbrunnen der Wasserversorgung) längere Messreihen bzw. Messwerte für das Jahr 2003 vor. Wie die Auswertungen im Rahmen der Hydrogeologischen Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Rhein-Neckar-Raum, Fortschreibung 1983 – 1998“ ergaben, ist die Grundwasserqualität im mittleren Grundwasserleiter (MGWL) abgesehen von lokal auftretenden Einschränkungen gut und über große Bereiche anthropogen unbeeinflusst. Hinweise auf anthropogen bedingte Einflüsse im MGWL sind kleinräumig im Bereich von hydrogeologischen Fenstern im Oberen Zwischenhorizont bzw. bei Fehlen des Oberen Zwischenhorizonts wie z.B. in Neckarnähe im Bereich des Tiefbrunnens Ladenburg erkennbar. Im unteren Grundwasserleiter sind bislang keine gravierenden anthropogenen Einflüsse nachweisbar.

Die Ergebnisse des Jahres 2003 aus dem neu etablierten Beschaffenheitsmessnetz an tiefen Grundwassermessstellen bestätigt die o.g. Sachverhalte.

Die Ergebnisse der Rohwasseruntersuchungen auf Nitrat in den Wasserschutzgebieten sind - soweit verfügbar - für die Untersuchungsjahre 2001 und 2004 in Tab. 4.2.2.5.b zusammengestellt.

## **6. Gesamtbewertung**

Auf Grund der Ergebnisse der erstmaligen und der weitergehenden Beschreibung wird der GWK „Rhein-Neckar“ hinsichtlich der diffusen Belastung durch Nitrat insgesamt als gefährdeter Grundwasserkörper eingestuft. Alle Gemeinden im GWK weisen erhöhte Immissionskonzentrationen auf. Zu dem Eintrag aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen tragen maßgeblich der Sonderkulturanbau (u.a. Tabak, Gemüse, Weinbau, Baum- und Beerenobst, Gemüse, Spargel) aber auch der Getreide- und Maisanbau bei.

Die zentral im gGWK 16.2 gelegenen Gemeinden (Heddesheim, Ladenburg, Ilvesheim, Eddingen-Neckarhausen, Plankstadt, Eppelheim) sowie der südwestliche Bereich des GWK (Brühl, Ketsch) ist zudem aufgrund der örtlichen Standorteigenschaften als gefährdet eingestuft.

Die starke Belastung des Grundwassers wurde bislang überwiegend in den oberflächennahen Grundwasserbereichen nachgewiesen. Die Erkenntnisse zur Qualität der mittleren und tieferen Grundwasserbereiche sind noch lückenhaft. Hierzu besteht weiterer Klärungsbedarf.

Tab. 4.2.2.5.b: Ergebnisse der Rohwasseranalysen

Wasserschutzgebiet	LfU- Nummer	Messtelle	2001		2004	
			Nitrat (mg/l)	Anzahl Messungen	Nitrat (mg/l)	Anzahl Messungen
WW Schwetzingen Hardt, ZVWV Kurpfalz <sup>3</sup>	226026	1234/306-4			0,5	1
		1235/306-0			0,5	1
TBR. I + II Nußloch <sup>3</sup>	226023	70/356-2 <sup>4</sup>	29,0	2	23,2	5
		71/356-0 <sup>4</sup>	27,0	1	25,3	5
Wiesloch, OT Schatthausen u. Baierthal <sup>3</sup>	226103	87/356-2 <sup>5</sup>	34,0	1	28,5	2
Rauschen/Edingen, WVV Neckargruppe	221030	1642/305-5	23,0	1	27,3	3
		1643/305-1	22,0	1	24,0	3
		1644/305-7	31,0	1	31,0	3
		1645/305-2	32,0	1	31,7	3
		1648/3059	28,0	10	25,9	2
		1649/305-4	27,3	7	25,9	2
		1650/305-1	27,6	10		
		1652/305-2	25,6	8	22,6	2
		1653/305-8	24,5	12	22,4	2
		1654/305-3	26,1	12	24,3	2
		1655/305-9	26,2	10	25,4	2
		1657/305-0	25,8	12	25,2	2
		1658/305-5	26,2	12	25,7	2
		1659/305-0	25,8	8	26,1	2
		1660/305-8	25,6	8	26,3	2
2019/305-0	24,8	10	23,1	2		
WW Eppelheim	226029	76/306-9			59,0	7
		1238/306-6			72,4	4
WW Plankstadt	226050	1239/306-1			44,6	4
		1240/306-9			39,5	4
Mühlthalquellen, Stadtw. HD	221109	906/355-0	17,4	1	17,7	1
		907/355-4	15,4	2	15,5	1
		908/355-9	8,1	5	4,6	2
WW Entensee, Stadtwerke HD	221032	1647/305-3	4,9	51	5,5	3
Quellen Ziegelhausen, Stadtw. HD	221033	909/355-3	18,6	3	20,9	1
		910/355-8			14,3	1
		912/355-2			15,6	1
Brunnen Gem Schriesheim, ZVGWV Eichelberggruppe	226042	1079/305-0			76,8	3
		1080/305-7			75,5	3
		1081/305-2			79,8	3
GWV Obere Bergstraße, Gem. Ladenburg	226045	1635/305-6			88,1	6
		1636/305-1			86,8	6
		1637/305-7	86,8	6	88,2	8
WW Ladenburg, WGV Lob- dengau	226044	1638/305-2	44,2	6	46,4	7
		1639/305-8			45,9	5
		1640/305-5			54,5	5
		1701/305-2	32,0	1	26,2	8
WSG Aue-/Zechner Quelle + WW Schlierbach	221048	917/355-0	11,3	3	15,8	1
		918/355-9			7,9	1
		919/355-9	2,2	3	3,8	1

<sup>1</sup> Mittelwert; bei Einzelmessungen: Einzelwert<sup>2</sup> aufgehoben<sup>3</sup> nur teilweise im gGWK 16.2<sup>4</sup> Messstellen liegt in der Gemeinde Nußloch außerhalb des gGWK 16.2<sup>5</sup> Messstelle liegt in der Gemeinde Wiesloch außerhalb des gGWK 16.2



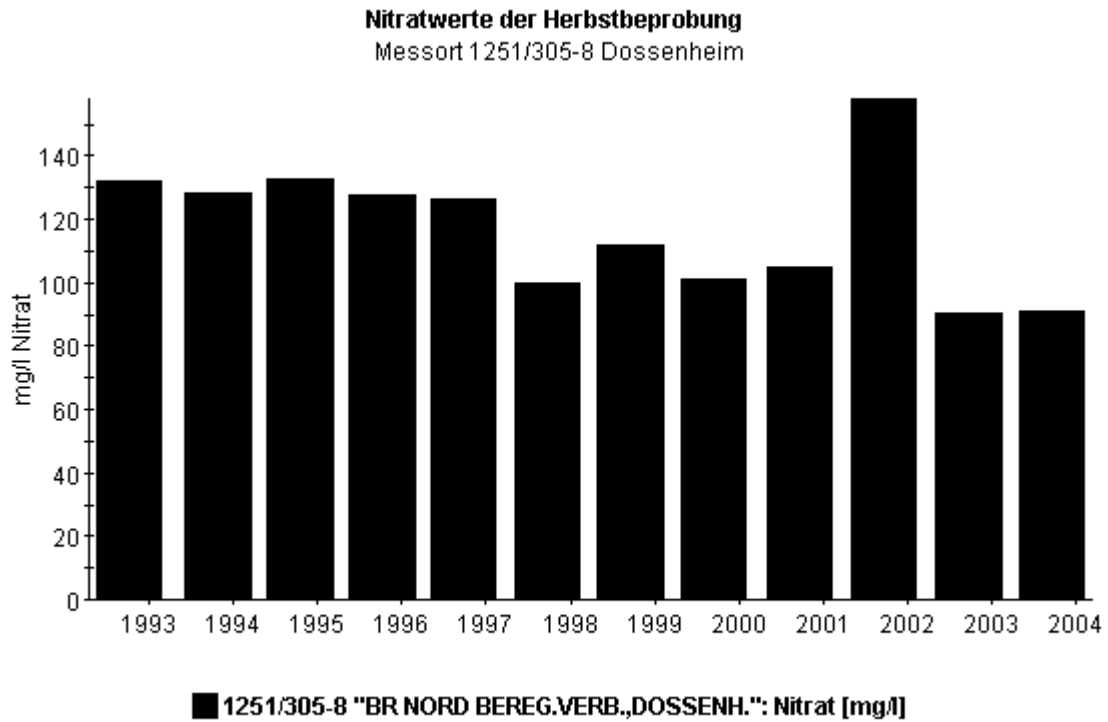


Abb. 4.2.2.5.a

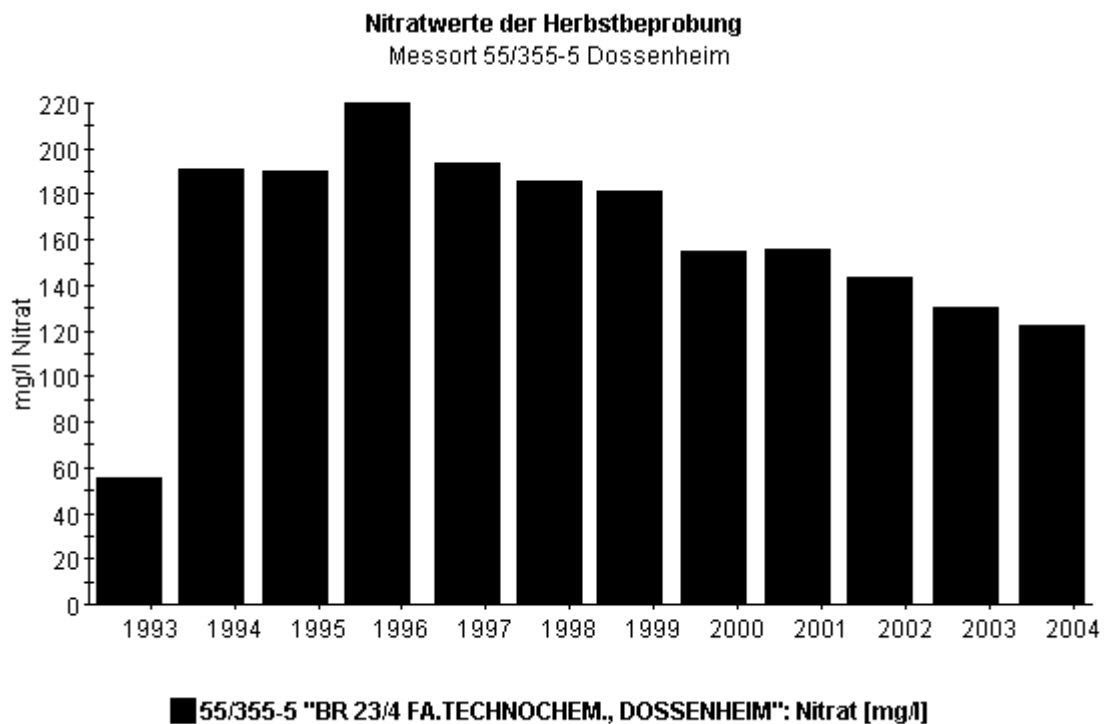


Abb. 4.2.2.5.b

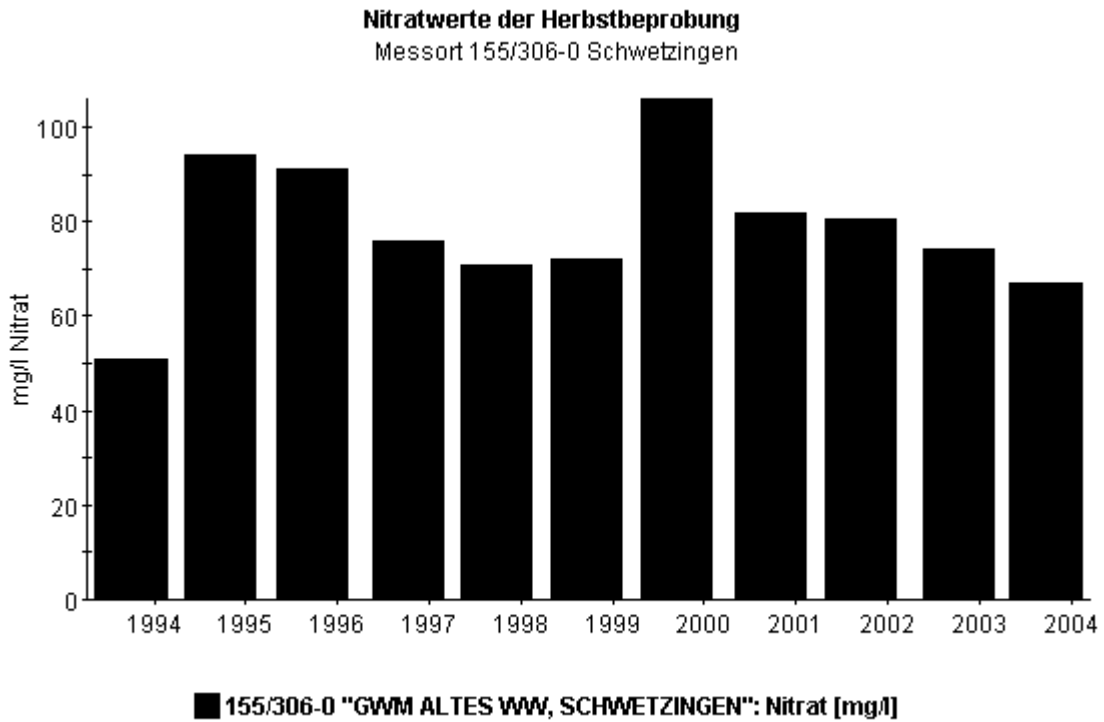


Abb. 4.2.2.5.c

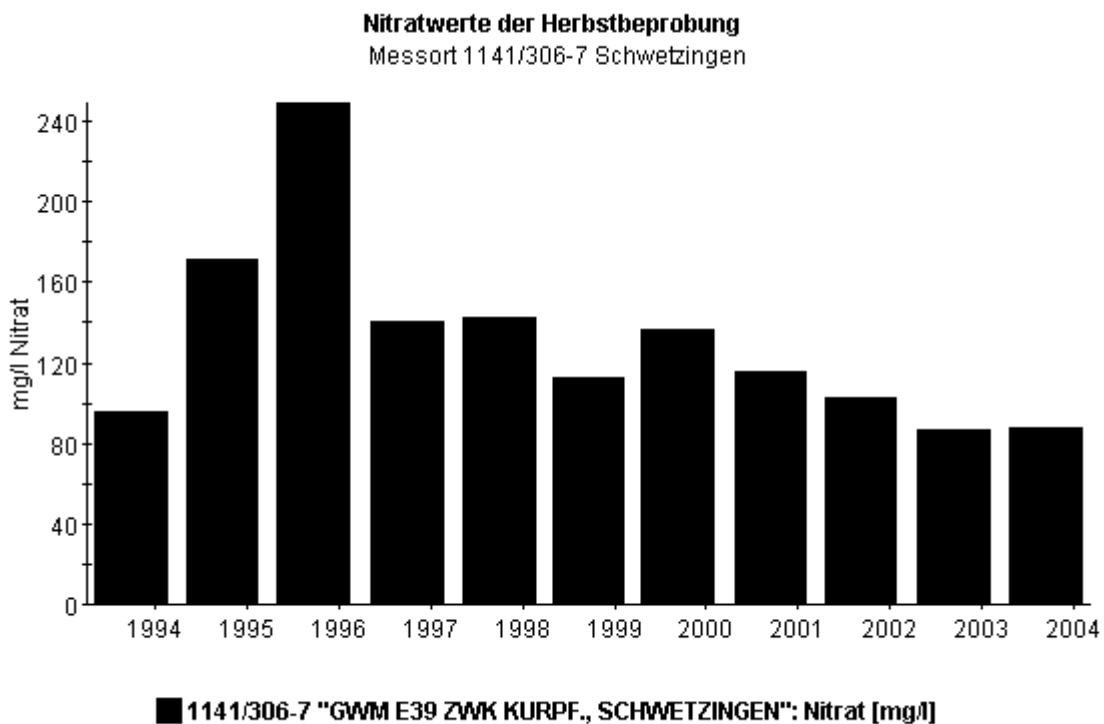


Abb. 4.2.2.5.d

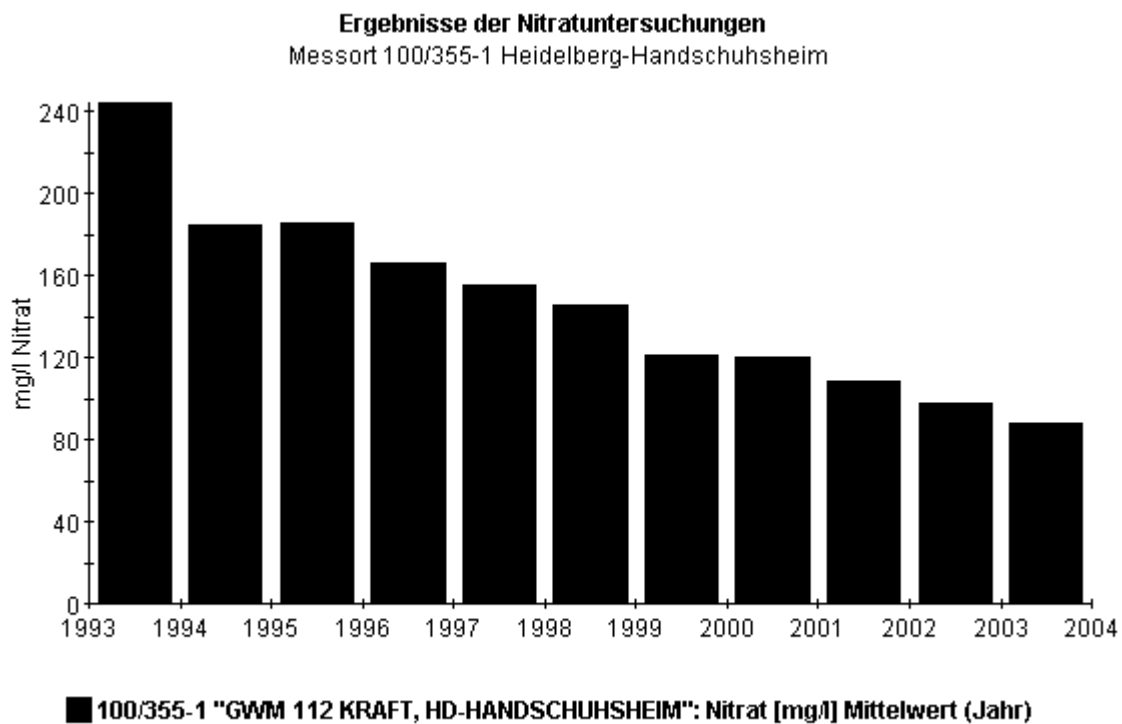


Abb. 4.2.2.5.e