

# Weitergehende Beschreibung des gefährdeten Grundwasserkörpers 16.4 Bruchsal

## Inhaltsübersicht

1.	<b>Abgrenzung</b>	<b>2</b>
2.	<b>Geologische und hydrogeologische Beschreibung</b>	<b>3</b>
3.	<b>Merkmale der Bodenüberdeckung</b>	<b>14</b>
4.	<b>Belastung aus diffusen Quellen - Landnutzung</b>	<b>17</b>
5.	<b>Grundwasserbeschaffenheit</b>	<b>20</b>
6.	<b>Gesamtbewertung</b>	<b>21</b>

### 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 die gGWK 8.2 Kraichgau und 16.2 Rhein-Neckar, die mit Teilflächen sowohl im BG Oberrhein als auch im BG Neckar liegen, jeweils getrennt für die bearbeitungsgebietsbezogenen Teilflächen (Haupt- oder Restfläche) erstellt. Aus Gründen der Vollständigkeit werden im Anhangsband zum TBG 35 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 weiteren Angaben zu hydrogeologischen und bodenkundlichen Merkmalen auch die Art der Landnutzung und insbesondere der landwirtschaftlichen Flächennutzung (Kulturarten) genauer zu erfassen ist.

Tabelle 4.2.4.1: Ursachen-Zuordnung von Gemeinde-Flächen zum gGWK 16.4

(= Ergebnis der Erstmaligen Beschreibung)

Stadt/Gemeinde	Gemeinde Fläche (km <sup>2</sup> )	max. verträglicher N-Überschuss auf Ackerflächen, für weniger als 50 mg Nitrat/l im Sickerwasser, bezogen auf die Gesamtgemeindefläche (kg N/ha/a)	Typ 2	Typ1	Code
Bruchsal, Stadt	93,01	87		1	1
Gondelsheim	14,86	63	2		2
Philippsburg, Stadt	50,56	58	2		2
Walzbachtal	36,72	79		1	1
Weingarten (Baden)	29,40	94		1	1
Graben-Neudorf	28,80	104			0
Karlsdorf-Neuthard	14,01	99		1	1
Linkenheim-Hochstetten	23,60	61	2		2
Stutensee, Stadt	45,67	96		1	1
Dettenheim	30,89	43	2		2

<b>Code-Nr.</b>	Gemeinde wurde zugeordnet wegen
0	Abrundung der gefährdeten Grundwasserkörper (gGWK) Zugehörigkeit (eines Teils des Gemeindegebietes) zu einer Typ 1- Fläche (Immission)
1	Zugehörigkeit der Gemeinde zu Typ 2 (Standorteigenschaften)
2	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 4.2.4.1. Dem Typ 2 zugeordnet wurden Gemeinden/Städte mit einem maximal verträglichen N-Überschuss auf Ackerflächen von weniger als 65 kg N/ha. Ausschließlich auf Grund der Immissionen sind fünf der 10 zugehörigen Gemeinden zugeordnet. Weitere vier Gemeinden sind ausschließlich aufgrund der Standorteigenschaften dem gGWK zugeordnet. Eine Gemeinde (Graben-Neudorf) ist lediglich zur Abrundung des gGWK aufgeführt. Der maximal verträgliche N-Überschuss auf Ackerflächen schwankt, maßgebend beeinflusst durch den stark differierenden Waldanteil zwischen 43 kg N/ha/a in Dettenheim (Waldfläche 17,8 %) und 104 kg N/ha/a in Graben-Neudorf (Waldfläche 39,8 %).

## 2. Geologische und hydrogeologische Beschreibung

<b>A-Karte 9.9.1.a/b-16.4</b>
-------------------------------

### a) Geologische Merkmale

Der gefährdete Grundwasserkörper Nr. 16.4 Bruchsal (gGWK 16.4) gehört im Westen zum Hydrogeologischen Großraum Oberrheingraben und dort zum Hydrogeologischen Teilraum Quartäre/Piozäne Sedimente der Grabenscholle. Östlich schließt daran der Hydrogeologische Großraum Südwestdeutsches Schichtstufen- und Bruchschollenland mit den Hydrogeologischen Teilräumen Muschelkalkplatten und im äußersten Nordosten Keuperbergland an.

Das Gebiet umfasst den Oberrheingraben zwischen Karlsruhe-Leopoldshafen im Süden und Philippsburg-Bruchsal im Norden. Die östlich anschließende Vorbergzone als südlicher Teil des Kraichgaus besteht im gGWK 16.4 überwiegend aus Gesteinen des Muschelkalks. Inselartig liegen darüber Unterkeuper und Gipskeuper. In den Muschelkalk sind kleinere Täler eingeschnitten, in denen Flussbettsedimente zur Ablagerung kamen (Saalbachtal bei Bruchsal, Tal bei Untergrombach und Walzbachtal bei Weingarten/Wössingen; K. 9.9.1a,b).

Hydrogeologisch sind im gGWK 16.4 die Lösssedimente, die Massenverlagerungsbildungen und die Auensedimente, die Flussbettsedimente, das Jungquartär im Oberrheingraben (Oberes Kieslager, Oberer Zwischenhorizont, Mittleres Kieslager) sowie Muschelkalk, Unterkeuper und Gipskeuper von Bedeutung.

**Lösssedimente (los):** Die Festgesteine der Vorbergzone sind meist lössbedeckt. Der originär äolisch abgelagerte Löss besteht vorwiegend aus (Grob-)Schluff, ist meist stark kalkhaltig, porös, ungeschichtet und besitzt einen Sandgehalt von < 20 Masse-%. Durch die Verwitterung des Löss während des Pleistozäns entstand bereichsweise Lösslehm, ein gelbbraunes bis braunes Gestein, z. T. mit Kalkkonkretionen (Lösskindl). Dabei wurde das Ausgangssediment häufig durch kryogene Umlagerungsvorgänge (Kryoturbation, Solifluktion) überprägt und ist dadurch z. T. mit aufgearbeitetem Liegendmaterial vermengt, vor allem an der Basis. Primäre Lösslehme sind eher selten und vor allem auf die unmittelbaren Randbereiche der Lössbecken beschränkt. Die Lößüberdeckung ist im nördlichen und zentralen Teil der Vorbergzone am mächtigsten und nimmt nach Südosten zum Rand der Kraichgaumulde hin ab.

**Massenverlagerungsbildungen (qmv):** Zu den Massenverlagerungsbildungen gehören als wichtigste der Hangschutt und die Rutschmassen. Es handelt sich um Akkumulationen von Gesteinsmassen, die durch Schwerkraft-induzierte Kriech-, Gleit- und Sturzvorgänge an

Hängen entstanden sind und sich häufig an den Talrändern mit den Flussbettsedimenten verzahnen. Hangschutt besteht aus steinigen, mehr oder weniger lehmigen Lockergesteinen, die auch andere Umlagerungssedimente enthalten können (z. B. Fließerde, Schwemmschutt). Mehr als 25 Vol.-% sind meist Grus, Kies, Steine und Blöcke. Die Rutschmassen sind petrographisch sehr uneinheitlich zusammengesetzt.

**Auensedimente (h):** Die quartären Flussbettsedimente sind in den Flusstälern meist von Auensedimenten bedeckt. Im Oberrheingraben sind Auensedimente in der Rheinniederung sowie in der Kinzig-Murg-Rinne am östlichen Grabenrand verbreitet. Unter diesem Begriff werden Auenlehm, toniger Auenlehm, Auenmergel und Auensand zusammengefasst, je nach petrographischer Zusammensetzung. Gemeinsames Merkmal der Auensedimente ist ihre Entstehung als Hochwasserablagerung. Die Mächtigkeit liegt in der Regel unter einem Meter. Hochflutablagerungen, die in Altrheinschlingen die jüngsten quartären Sedimente überlagern, können jedoch bis zu 5 Meter mächtig werden.

**Flussbettsedimente (qg):** Im gGWK 16.4 sind in mehreren kleinen Tälern in der Vorbergzone holozäne Kies- und Sandvorkommen als Talablagerungen verbreitet. Die Talablagerungen bestehen überwiegend aus grobem Kies mit kiesigem Sand und wechselndem Schluff- sowie Stein- bis Blockgehalt. Das schlecht sortierte Material stammt ausschließlich aus dem Schwarzwald. Im Ausgangsbereich der Seitentäler verzahnen sich die Flussbettsedimente mit den Sedimenten der Schwemmfächer. Die Mächtigkeit der jungquartären Flussbettsedimente beträgt wenige Meter.

**Jungquartär (qg):** Im Bereich des gefährdeten Grundwasserkörpers 16.4 werden die quartären Ablagerungen im Oberrheingraben lithologisch in verschiedene Einheiten unterteilt (Tab. 4.2.4.2.a).

Tab. 4.2.4.2.a Geologische Gliederung des Quartärs im mittleren Oberrheingraben (HGK 1988, GLA 1997).

Jungquartär	Oberes Kieslager (OKL)
	Oberer Zwischenhorizont (OZH)
	Mittleres Kieslager (MKL)
	Unterer Zwischenhorizont (UZH)

Lithologie und Mächtigkeit der quartären Sedimente unterscheiden sich auf der Graben- und Zwischenscholle (vgl. Abschn. Tektonik). Auf der Grabenscholle sind die Ablagerungen deutlich mächtiger als auf der Randscholle.

Das Obere Kieslager (OKL) besteht aus einer kiesige Abfolge, in die nur selten Sandlagen eingeschaltet sind. Im unteren Teil der Abfolge treten Schluff, organische Sedimente und Hölzer auf. Auf der Randscholle bilden meist tertiäre Sedimente die Basis des Oberen Kieslagers. Auf der westlich anschließenden, tiefer abgesunkenen Grabenscholle wird das OKL vom Oberen Zwischenhorizont und den Kiesen des Mittleren Kieslagers unterlagert. Die Mächtigkeit beträgt im Bereich der Niederterrasse 15 – 25 m, in der Rheinniederung 10 - 15 m.

Der Obere Zwischenhorizont (OZH) ist auf der Grabenscholle westlich einer Linie vom Kernforschungszentrum Karlsruhe nach Graben-Neudorf flächenhaft, östlich davon nur lückenhaft vorhanden. Auf der Randscholle fehlt der OZH vollständig. Er besteht aus Tonen, Schluffen und Feinsanden. Im Norden ist er flächenhaft tonig bis schluffig ausgebildet. Nach Süden und Osten kommen die Ton- und Schlufflinsen hingegen nur noch vereinzelt und in geringerer Mächtigkeit vor. Hier ist der OZH zunehmend feinsandig bis schluffig/feinsandig entwickelt. Im Nordwestteil des gGWK 16.4 ist er über 20 Meter mächtig. Nach Süden nimmt die Mächtigkeit auf wenige Meter ab.

Das Mittlere Kieslager (MKL) besteht hauptsächlich aus alpinen Kiesen mit Sandeinlagerungen. Es ist auf der Grabenscholle zwischen 5 und 10 m mächtig, auf der Randscholle fehlt es. An der Basis ist der schluffig tonige Untere Zwischenhorizont verbreitet. Dort, wo der OZH fehlt, bildet es mit dem OKL einen gemeinsamen Kieskörper.

**Gipskeuper und Unterkeuper:** Gips- und Unterkeuper treten in der Vorbergzone südlich des Saalbachs bei Bruchsal als inselartige Vorkommen auf. Nördlich des Saalbachs ist er in der Vorbergzone weit verbreitet.

Der Gipskeuper setzt sich aus Ton- und Mergelsteinen zusammen. Der ursprünglich vorhandene Gips ist wegen der fehlenden Überlagerung oberflächennah vollständig ausgelaugt. Gipshaltige Grundwässer, z. B. in der Umgebung von Heidelberg westlich Bruchsal, zeigen jedoch, dass in der Tiefe noch Gips vorhanden ist. Im gGWK 16.4 ist nur der basale Teil der Abfolge in einer Mächtigkeit von mehreren Zehner Metern vorhanden.

Der Unterkeuper besteht aus einer Wechselfolge von Kalk-, Dolomit-, Sand-, Mergel- und Tonsteinen. Er ist im gGWK 16.4 zwischen 25 und 30 m mächtig.

**Oberer Muschelkalk:** Der Obere Muschelkalk ist im Bereich der Vorbergzone verbreitet, allerdings weitgehend unter Lössüberdeckung. Er besteht im basalen Teil aus bioturbaten Kalksteinen mit oolithischen Bänken (Zwergfauna-Schichten). Darüber folgt eine Wechselfolge von Tonmergelsteinen und Trochitenkalkbänken (Haßmersheim-Schichten). Den höheren Teil des Unteren Hauptmuschelkalks und den größten Teil des Oberen Hauptmuschelkalks bilden bankige, z. T. oolithische Kalksteine in Wechsellagerung mit geringmächtigen Tonmergelsteinlagen. Der Obere Muschelkalk ist ca. 80 Meter mächtig.

Die Gesteine des Oberen Muschelkalks sind im Gebiet des gGWK 16.4 verkarstet, insbesondere dort, wo der Obere Muschelkalk nahe der Erdoberfläche ansteht. Mit zunehmend mächtigerer Keuperüberdeckung nimmt die Verkarstung und damit auch die Grundwasserführung im Oberen Muschelkalk deutlich ab.

**Mittlerer Muschelkalk (mm):** Der Mittlere Muschelkalk setzt sich aus Dolomitsteinen, dolomitischen Kalksteinen, Mergelsteinen, Tonsteinen, Sulfatgestein und Steinsalz zusammen.

Den obersten Teil der Schichtenfolge bildet die Obere Dolomit-Formation (mmDo), gelbgraue dolomitische Kalksteine, dolomitische Mergelsteine und schiefrige Tonsteine mit eingelagerten Hornsteinen. Die Mächtigkeit dieser Abfolge beträgt im gGWK 16.4 ca. 10 m. Darunter folgen die Gesteine der Salinar-Formation (mmS), die aus Sulfatgestein (Anhydrit, Gips) mit Dolomitstein-, Ton- und Tonmergelsteinlagen bestehen. Das Steinsalz und die Sulfatgesteine sind im Gebiet des gGWK 16.4 vollständig ausgelaugt. Die Subrosion setzt bevorzugt an der Grenzfläche zum grundwasserführenden Oberen Muschelkalk an und geht von wasserwegsamem Kluft- und Störungszonen aus. Nach der Auflösung der leichtlöslichen Salze bleibt ein tonig brecciöses Residualgestein mit unterschiedlichen Restgehalten von Gips in Lagen und Schlieren zurück. Als Folge der Auslaugung können sich Hohlräume bilden und es kann zum Versturz der überlagernden Schichten und zu Tagbrüchen (Erdfälle) kommen (Trümmergebirge).

Die Gesamtmächtigkeit des Mittleren Muschelkalks beträgt im gGWK 16.4 im ausgelaugten Zustand ca. 30 Meter.

**Unterer Muschelkalk:** Der Untere Muschelkalk (Wellendolomit, Wellenkalk und Orbicularschichten) steht im gGWK 16.4 am Rand der Vorbergzonen zum Rheintal an der Erdoberfläche an. Er besteht im unteren Teil aus einer Folge sandig dolomitischer Mergel- und Dolomitsteine (Wellendolomit). Darüber folgen Kalkmergel- und Mergelsteine mit Dolomitstein-

lagen und unebenmäßig gebankten Kalksteinen (Wellenkalk, ca. 15 m mächtig). Den obersten Abschnitt der Abfolge bilden dunkle Mergelsteine mit bituminösen, harten Kalksteinlagen. Die andernorts typischen Schaumkalkbänke (oolithische Kalksteine) fehlen. Der Untere Muschelkalk wird maximal 30 m mächtig. Er ist meist tiefgründig verwittert, mit Verwitterungslehm bedeckt oder von Lößlehm überlagert.

Die Verkarstung des Unteren Muschelkalks ist, verglichen mit der des Oberen Muschelkalks, weniger ausgeprägt und auf die Kalksteine in der Schichtenfolge beschränkt. Sie ist weitgehend auf die Gebiete beschränkt, in denen der Untere Muschelkalk an der Erdoberfläche ansteht oder nur geringmächtig und lückenhaft überdeckt ist.

Tektonik: Wegen der flächenhaften Lössbedeckung im Kraichgau sind die tektonischen Verhältnisse nur lückenhaft bekannt. Im gGWK 16.4 lassen sich mehrere tektonische Teilchollen unterscheiden, die durch markante, NNE – SSW (rheinisch) streichende Verwerfungen, Abschiebungen mit z. T. erheblichen Versatzbeträgen, begrenzt sind. Die tektonische Situation zeichnet sich auch in der Mächtigkeit und Ausbildung der quartären Sedimente ab (s. o.). Von West nach Ost folgen die zentrale Grabenscholle, die östliche Grabenscholle, die Randscholle, die Vorbergzone und der Schwarzwald. Die bezüglich der lithologischen Ausbildung der quartären Sedimente besonders wichtige Grenze zwischen der Randscholle und der östlichen Grabenscholle verläuft im gGWK 16.4 westlich von Forst über Karlsdorf und Spöck, Karlsruhe/Waldstadt in südwestliche Richtung.

## **b) Hydrogeologische Merkmale**

**Hydrogeologische Gliederung:** Die hydrogeologischen Verhältnisse sind im gGWK 16.4 durch die Zweiteilung in einen mächtigen, bereichsweise gegliederten Porengrundwasserleiter im Oberrheingraben und dem östlich der Grabenrandstörung anschließenden Festgesteinsbereich charakterisiert. Dieser ist durch einen schichtigen Aufbau des Untergrunds und den mehrfachen Wechsel zwischen grundwasserleitenden und grundwassergeringleitenden Gesteinen geprägt. Dadurch sind dort mehrere Grundwasserstockwerke und oft eine schichtweise differenzierte Grundwasserführung ausgebildet.

Für eine generelle Gliederung lassen sich, in Anlehnung an LGRB (2002), die in Tab. 4.2.4.2.b angeführten hydrogeologischen Einheiten unterscheiden.

Tab. 4.2.4.2.b: Hydrogeologische Klassifikation der Gesteine im gGWK 16.4 nach Hohlraumart

Hydrogeologische Einheiten	Hydrogeologische Klassifikation
Deckschichten	Grundwassergeringleiter
Quartäre Sande und Kiese im Oberrheingraben	Porengrundwasserleiter
Jungquartäre Flusskiese und Sande	Porengrundwasserleiter
Gipskeuper und Unterkeuper	Wechselfolge von Grundwassergeringleitern und Kluftgrundwasserleitern
Oberer Muschelkalk	Kluft-, Karstgrundwasserleiter
Mittlerer Muschelkalk	Grundwassergeringleiter
Unterer Muschelkalk	Kluft- und Karstgrundwasserleiter in Wechsellagerung mit Grundwassergeringleitern

Die quartären Sande und Kiese im Oberrheingraben bilden im Gebiet des gGWK 16.4 den wichtigsten Grundwasserleiter. In der Vorbergzone spielt der Muschelkalk als Grundwasserleiter eine gewisse Rolle.

Grundwasserflüsse über die Grenzen des gGWK 16.4 erfolgen im Oberrheingraben, ein Grundwasserzufluss von Südosten, ein Abstrom nach Nordosten. Im Festgestein ist eine quantitative 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 16.4 sind dies in erster Linie die Lösssedimente (Löss und Lösslehm), Umlagerungsbildungen und Auensedimente.

**Jungquartäre Flusskiese und -sande:** In den Tälern des Saalbachs, Walzbachs und Untergrombachs bilden die Flussbettsedimente einen wenige Meter mächtigen Porengrundwasserleiter. Sie liegen direkt auf den mesozoischen Gesteinen der Vorbergzone auf.

Die hydrogeologischen Eigenschaften der Flusskiese und -sande variieren in Abhängigkeit von den örtlich unterschiedlichen Schluffgehalten der Kiese. Hohe Schluffanteile in Verbin-



dung mit der schlechten Sortierung, der hydraulisch ungünstigen Kornform sowie der dichten Lagerung bedingen einen geringen nutzbaren Porenraum und mindern Durchlässigkeit und Speichervolumen. Die aus Pumpversuchen ermittelte Transmissivität beträgt für die Jungquartären Flusskiese und -sande landesweit im Mittel  $T = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Bei einer Grundwassermächtigkeit von etwa 2 m ergibt sich daraus ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ .

Das Grundwasservorkommen in den Talkiesen wird einerseits durch Zufluss aus den angrenzenden Festgesteinsbereichen gespeist, an den Talflanken durch Oberflächenzufluss. Je nach hydrologischer Situation können auch die Oberflächengewässer durch Infiltration zur Grundwasserneubildung in den Talkiesen beitragen. Schließlich erhöht noch die Versickerung von Niederschlagswasser im Bereich der Talaue das Grundwasserdargebot.

**Quartäre Sande und Kiese im Oberrheingraben:** Die quartären Kiese und Sande im Oberrheingraben bilden den bedeutendsten Grundwasserleiter im Gebiet des gGWK 16.4.

Die quartären Ablagerungen im Oberrheingraben werden durch eingelagerte geringdurchlässige Trennhorizonte (Oberer Zwischenhorizont, Unterer Zwischenhorizont) hydraulisch bereichsweise in Teilstockwerke gegliedert (Oberes Kieslager OKL, Mittleres Kieslager MKL und Altquartär).

Der Obere Grundwasserleiter wird im gGWK 16.4 dort, wo der OZH verbreitet ist, von den Kiesen des OKL gebildet. Die Durchlässigkeit des OKL beträgt für den gesamten Bereich der Niederterrasse  $k_f = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ . Etwas höhere Durchlässigkeiten treten im Osten vor der Randscholle auf und sind auf gröbere und sandärmere Ablagerungen eines früheren Rheinlaufs zurückzuführen. Die Transmissivitäten variieren zwischen  $T = 1 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$  und  $1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ . Ein Pumpversuch, der bei Forst im nördlichen Randbereich des gGWK 16.4 durchgeführt wurde, ergab für die oberen 25 m des OKL eine mittlere Anisotropie von  $k_{f \text{ horizontal}} / k_{f \text{ vertikal}} = 4,1$ . Dieses Verhältnis kann auf andere Bereiche des OKL übertragen werden. Das speicherwirksame Hohlraumvolumen schwankt zwischen 0,01 und 0,3. Die meisten Werte liegen zwischen 0,1 und 0,16.

Der OZH bildet bereichsweise die Basis des OKL. Die Durchlässigkeit dieser Trennschicht variiert aufgrund ihrer verschiedenartigen lithologischen Ausbildung stark. Wesentlich für die Austauschmengen zwischen dem Oberen und Mittleren Grundwasserleiter ist die vertikale Durchlässigkeit  $k_{fv}$ . Sie liegt für den OZH zwischen  $k_{fv} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$  und  $k_{fv} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$ .

In Bereichen, in denen der OZH als geringdurchlässige Trennschicht fehlt, bilden OKL und MKL einen zusammenhängenden „Jungquartären“ Porengrundwasserleiter. Dies ist im gGWK 16.4 unmittelbar westlich der Randschollenverwerfung in zwei größeren Bereichen bei Spöck/Neuthard und zwischen Blankenloch und dem Kernforschungszentrum Karlsruhe der Fall. Im MKL bewegen sich die Durchlässigkeiten zwischen  $k_f = 3 \cdot 10^{-4}$  m/s und  $k_f = 1,6 \cdot 10^{-3}$  m/s. Sie sind damit um den Faktor 2 bis 3 kleiner als im OKL.

Der Grundwasserflurabstand nimmt in den quartären Kiesen und Sanden des Oberrheingrabens von 1 - 3 m in einem grabenrandparallelen Streifen, der etwa der Verbreitung der Randscholle entspricht, nach Westen bis zur Niederterrassenkante auf 5 - 8 m zu. In der westlich daran anschließenden, morphologisch tiefer liegenden Rheinniederung beträgt der Flurabstand des Grundwassers meist nur zwischen 1 - 3 m.

Die generelle Grundwasserfließrichtung verläuft in den quartären Kiesen und Sanden des Oberrheingrabens von der Vorbergzone in nordwestliche Richtung. Mit Annäherung an den Rhein biegt sie in nördliche Richtung um. Der Randzustrom aus der Vorbergzone wird auf 5 l/(s km) geschätzt.

**Unterkeuper und Gipskeuper:** Der Unterkeuper ist ein geklüfteter, z. T. zellig poröser und schichtig gegliederter Kluffgrundwasserleiter. Der im gGWK 16.4 verwitterte und oberflächennah ausgelaugte Gipskeuper ist ein schichtig gegliederter Grundwasserleiter, der bevorzugt in der Bleiglanzschichten Grundwasser führt. Die Schüttung von Quellen, die aus dem Unterkeuper und dem Gipskeuper austreten, ist gering.

**Oberer Muschelkalk:** Der Obere Muschelkalk bildet zusammen mit der Oberen Dolomit-Formation des Mittleren Muschelkalks einen Kluff- / Karstgrundwasserleiter. Dieser ist durch eine ausgeprägte Inhomogenität und Anisotropie der hydrogeologischen Eigenschaften gekennzeichnet. Das Repräsentative Elementarvolumen (REV) liegt in der Größenordnung eines Körpers von einigen 100 bis über 1000 m Kantenlänge (nach Markierungsversuchen). Der geometrische Mittelwert der Transmissivität beträgt für den Oberen Muschelkalk landesweit  $T = 6,6 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s bei einer Schwankungsbreite von über 6 Zehnerpotenzen. Der Stichprobenumfang der Untersuchung beträgt  $n = 74$ .

Die Grundwasserfließgeschwindigkeiten ergeben sich aus den Ergebnissen von Markierungsversuchen. Über Tracereingaben in Erdfälle, Karstspalten, offene Klüfte oder Bachschwinden wurden Abstandgeschwindigkeiten bis  $> 200$  m/h gemessen bei Wiederaustritt der eingegebenen Tracermenge von  $> 50$  %. Für 51 Markierungsversuche im Oberen Muschelkalk betrug die mediane Abstandgeschwindigkeit landesweit 68,5 m/h.

Im Bereich der meist lössbedeckten Vorbergzone wird das Grundwasser im Oberen Muschelkalk durch flächenhafte Infiltration, in Dolinen, Erdfällen, Versinkungsstellen und Bachschwinden auch durch punktuellen Eintrag neugebildet. Bei Überlagerung durch Unterkeuper erfolgt in geringerem Umfang auch eine vertikale Zusickerung. Größere Zutrittsraten finden sich im Ausstrichbereich des Unterkeupers, wo das Unterkeuper-Grundwasser entweder diffus oder nach dem Austritt in Quellen als Oberflächenwasser in den Oberen Muschelkalk absinkt.

Das Grundwasser bewegt sich im Oberen Muschelkalk in verschiedenen Speicher- und Fließsystemen. In den Kleinklüften und Poren wird das Grundwasser hauptsächlich durch flächenhafte Infiltration von Niederschlag neugebildet. Es fließt vergleichsweise langsam im Untergrund und weist entsprechend hohe Verweilzeiten auf. Die auf Großklüften, im Bereich tektonischer Störungszonen und in Karsthohlräumen schnell fließende Grundwasserkomponente wird vorwiegend durch Versinkung von Oberflächenwasser in Erdfällen und Schwinden neugebildet. Die Verweilzeit dieses Grundwassers im Untergrund ist vergleichsweise kurz. Die beiden Hohlraumssysteme sind regional in unterschiedlichen quantitativen und strukturellen Verhältnissen kombiniert. Ausmaß und Richtung des Grundwasseraustauschs zwischen den verschiedenen Fließsystemen wird von den hydrologischen Verhältnissen gesteuert.

Die Entwässerung des Oberen Muschelkalks erfolgt z. T. über Quellen. So schüttet eine Quelle bei Heildesheim östlich von Bruchsal bis zu 100 l/s (GLA 1987). Ein Teil des Karstgrundwassers dürfte jedoch auch über die Randstörungen in den Porengrundwasserleiter im Oberrheingraben abströmen.

**Mittlerer Muschelkalk:** Die unter der Obere Dolomit-Formation folgende Salinar-Formation ist sowohl im nicht ausgelaugten als auch im ausgelaugten Zustand überwiegend ein Grundwassergeringleiter, evtl. mit einer geringen Grundwasserführung auf einzelnen Dolomitsteinbänken. Eine gewisse Grundwasserführung ist auch gelegentlich in den harten dolomitischen Kalksteinen der basalen Geislingen-Formation anzutreffen.

**Unterer Muschelkalk:** Der Untere Muschelkalk bildet im gGWK 16.4 einen schichtig gegliederten Kluffgrundwasserleiter mit überwiegend geringer Verkarstung und Grundwasserführung. Die Grundwasserleiterbasis bilden die Tonsteine der Rötton-Formation des Oberen Buntsandstein.

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  $T = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  und  $T = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  bei einer Schwankungsbreite von mehr als 6 Zehnerpotenzen zu erkennen. Der Stichprobenumfang der Untersuchung beträgt  $n = 36$ .

Die Verkarstung geht von der Geländeoberfläche und von Wasserwegsamkeiten im Gebirge, insbesondere von den gutdurchlässigen Trennfugen (Großklüfte, Störungen) aus. Erhöhte Wasserwegsamkeiten findet man im Unteren Muschelkalk bevorzugt auf oder im Umfeld von tektonischen Störungszonen, parallel zu den Talflanken infolge Talzusub und Hangzerreibung.

### c) Stratifikationsmerkmale des Grundwasserkörpers

**A-Karte 9.9.1.c-16.4**

Spezielle Untersuchungen zur Stratifikation des Grundwassers liegen für den gGWK 16.4 nicht vor. Da die Einstufung als gGWK aufgrund einer möglichen flächenhaften Gefährdung durch Einträge aus landwirtschaftlicher Tätigkeit erfolgte, ist jeweils nur das oberste Grundwasserstockwerk zu betrachten.

### d) Langjährige mittlere Grundwasserneubildung

Das Grundwasserdargebot eines Grundwasserkörpers ist definiert als die Summe aller positiven Bilanzglieder der Wasserbilanz (DIN 4049, Teil 3). Dazu gehört neben Wasserzuflüssen 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-16.4**

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

- Für die Fläche des gGWK 16.4 von 368 km<sup>2</sup> beträgt die mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag für die untersuchte Standardperiode 1961 – 1990 184 mm/a.
- Regional variieren die Werte zwischen 23 bis 356 mm/a. Die höheren Grundwasserneubildung erfolgt im Bereich der Hochterrasse, niedrigere Werte finden sich im Oberrheingraben in der Rheinaue und im Kraichgau.
- Für 1971, das extreme Trockenjahr der Standardperiode 1961 – 1990, betrug die mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag 7 mm/a bei einer räumlichen Variation von – 313 bis 143 mm/a.
- Für 1965, dem extremen Feuchtjahr der Standardperiode 1961 – 1990, betrug die mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag 399 mm/a bei einer räumlichen Variation von 142 bis 651 mm/a.

### 3. Merkmale der Bodenüberdeckung

A-Karte 9.9.1.e-16.4

**Bodeneinheiten:** Die Angaben zu den Böden im Gebiet des gGWK16.4 basieren auf der Bodenübersichtskarte von Baden-Württemberg 1 : 200.000 (GLA 1992 - 95). Eine vereinfachte und generalisierte Bodenkarte ist die Karte 9.9.1e.

Große Teile des gGWK 16.4 sind von Flug- und Terrassensand bedeckt. An typischen Böden haben sich Bänderbraunerden und Bänderparabraunerden entwickelt, die unter Wald podsoliert sind. Stellenweise kommen auf der Niederterrasse auch Braunerden aus Terrassenkies vor. In den Auen der Rheinzuflüsse dominieren Auengleye und Brauner Auenboden-Auengleye aus mächtigen, z. T. tongründigen Auenlehmen. Die Auenböden in der Rheinaue weisen in Flussnähe i. d. R. einen geringeren (kalkhaltiger Brauner Auenboden und kalkhaltiger Auengley-Brauner Auenboden) und in Flussferne einen stärkeren Grundwassereinfluss (kalkhaltiger Auengley und Anmoorgley) auf. In einzelnen Randsenken kommen verbreitet Niedermoore vor. Der Kraichgau, der östliche Teil des gGWK 16.4, ist fast vollständig von mächtigem Löss bedeckt. Die sich daraus entwickelten Böden (Parabraunerden) sind nur noch unter Wald anzutreffen. Unter landwirtschaftlicher Nutzung sind die Böden stark erodiert (Bodentyp: Pararendzina) und das umgelagerte Bodenmaterial ist in Senken und Mulden anzutreffen (Bodentyp: Kolluvium).

Im Wurzelraum der Flugsand-, Terrassensand- und Lössstandorte findet ausschließlich eine vertikale Sickerwasserbewegung statt. Für die Auenböden und Moore ist der Grundwassereinfluss die wichtigste Bodenwasserhaushaltsgröße. Bei hohen Grundwasserständen kann Direktabfluss auf Sättigungsflächen bei vorhandener Vorflut entstehen, während bei tiefen Grundwasserständen nur vertikale Sickerwasserbewegung erfolgt. Im Kraichgau findet bei Starkregen auf den Ackerflächen in Abhängigkeit von Hangneigung, Bodenbedeckung, Bodenart und Oberflächenverschlammung auch erodierender Oberflächenabfluss statt.

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-, Terrassenkies- und Lössstandorte mit sehr gut bis gut durchlüfteten 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. 4.2.4.3. 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. 4.2.4.3).

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. 4.2.4.3 als mittlere Nitratkonzentration für das Sickerwasser aus Wald- und Grünlandflächen verwendet.

Tab. 4.2.4.3: Faktoren zur Beurteilung der Nitratauswaschung aus dem Boden für den gefährdeten Grundwasserkörper „Bruchsal“ (16.4); N = Stickstoff, VE = Vieheinheit, LF = landwirtschaftliche Fläche

Bezug	Inhalt	Einheit	Wert	Symbol	Quelle
Gebietswert: Landnutzung aus Satellitendaten von 1993	Flächenanteil Acker & Reben	%	43	A	Landsat-Daten
	Flächenanteil Wald	%	32	B	
	Flächenanteil Grünland	%	12	C	
	Flächenanteil Siedlung	%	11	D	
	Flächenanteil Gewässer	%	2	E	
Gebietswert: Mittelwert, Zeitreihe 1961-1990	jährliche Sickerwassermenge Ackerstandorte	mm	289	F	Wasser- und Bodenatlas Ba.-Wü. (UVM & LFU 2004)
Gebietswert: Mittelwert	Denitrifikationsrate Boden Ackerstandorte	kg/ha/a N	10	G	
Regionale Angaben: Mittelwerte für die landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete (LVG) Rheinebene und Gäulandschaften, Zeitreihe 1995-1999	N-Überschuss (Hoftorbilanz flächengewichtet für alle Betriebsformen)	kg/haLF/a N	70 bzw. 86	H1	GAMER & ZEDDIES (2001)
	N-Überschuss (Hoftorbilanz: Marktfruchtbetriebe)	kg/haLF/a N	52 bzw. 71	H2	
	Viehbesatz: alle Betriebsformen	VE/haLF	0,61 bzw. 0,80	I1	
	Viehbesatz: Marktfruchtbetriebe	VE/haLF	0,32 bzw. 0,38	I2	
Überregionale, landesweite Angaben	N-Eintrag aus Niederschlag Ackerstandorte	kg/ha/a N	15	J	
	N-Verlust Wirtschaftsdünger (Lagerung & Ausbringung)	kg/VE/haLF/a	25	K	
	Nitrat aus Wald & Grünland	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10	L	

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.



Gleichung (1): Potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser außerhalb der Siedlungsgebiete ( $\text{NO}_3\text{pot i.S.}$ ); Erläuterung der Abkürzungen in Tab. 4.2.4.3..

$$\begin{aligned} \text{NO}_3\text{pot i.S.} &= \frac{[(H-G-(I*K)+J)*443*A/F)+(L*(B+C))]{(A+B+C)} \\ &= 41 \text{ bis } 57 \text{ mg/l NO}_3^- \text{ (Daten „Marktfuchtbetriebe“)} \\ &= 47 \text{ bis } 62 \text{ mg/l NO}_3^- \text{ (Daten „alle Betriebsformen“)} \end{aligned}$$

Für das Gebiet des gGWK 16.4 errechnet sich auf Basis der Daten in Tab. 4.2.4.3. unter Verwendung der Werte der Marktfuchtbetriebe (H2 & I2) eine mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser zwischen 41 und 57 mg/l  $\text{NO}_3^-$  bzw. mit den Werten aller Betriebsformen (H1 & I1) zwischen 47 und 62 mg/l  $\text{NO}_3^-$ . Da die unterschiedlichen Landnutzungen im Gebiet des gGWK 16.4 ungleich verteilt sind, setzt sich die mittlere, rechnerische Nitratkonzentration des Gesamtgebiets aus stark unterschiedlichen Teilkomponenten mit niedrigeren Werten in den überwiegend waldbaulich und mit höheren Werten in den überwiegend ackerbaulich genutzten Teilgebieten zusammen. Diese Werte sind Rechenwerte unter den o. a. Voraussetzungen, Daten und Rechenverfahren. Diese Zahlen stellen jedoch keinen Prognosewert 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 16.4 die Standortfaktoren Landnutzung (mittlerer Ackeranteil), Klima (geringe Sickerwassermenge) und Boden (geringe Denitrifikationskapazität) bereits bei N-Salden der Landwirtschaft (Hoftorbilanz) von 52 kg/ha/a N zu Nitratkonzentrationen im Sickerwasser  $> 40 \text{ mg/l NO}_3^-$ , allerdings mit deutlichen Unterschieden in einzelnen Teileinzugsgebieten, führen können.

## 4. Belastung aus diffusen Quellen - Landnutzung

### 2.1. Vorgehensweise/Methodik

Zur detaillierten Betrachtung der Landnutzung im Gebiet werden Daten des Statistischen Landesamtes (StaLa) und der Landwirtschaftsverwaltung herangezogen. Mit den Daten des sogenannten „Gemeinsamen Antrags“ werden auf Basis der Gemeinden die Anbauflächen einzelner Kulturen erfasst (InVeKoS-DATEN 2003). Es werden hierbei im gGWK 16.4 über 74% der landwirtschaftlichen Flächen berücksichtigt. In Abstimmung mit der Landwirtschaftsverwaltung wurden die angebauten Kulturen nach der Gefährdung der Nitrat auswaschung unter Berücksichtigung von SchALVO-Rest-Nmin-Kontrolldaten und von kulturart-

spezifischen 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 und 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.

Zur Abschätzung des möglichen Stickstoffeintrags über Wirtschaftsdünger wurde der Viehbesatz (StaLA-Daten) herangezogen.

## Ergebnisse

### **A-Karte 9.9.2-16.4**

Der gGWK 16.4 erstreckt sich von der flachen Rheinniederung im Westen, über die höher gelegene, ebenfalls ebene Rheinterrasse (Hardt) bis zum wellig-hügeligen Kraichgau im Osten. Die Größe des durch die Gemeindeflächen festgelegten Gebiets umfasst 367,5 km<sup>2</sup>.

Das Gebiet weist einen etwas erhöhten Anteil an Siedlungsflächen und einen um ca. 6 % verminderten Anteil an Waldflächen als im Landesdurchschnitt auf. Die Landwirtschaftsflächen entsprechen mit 48,1 % dem Landesdurchschnitt (46,8 %). Dauergrünland findet sich allerdings nur auf 4,1 % der Fläche des gGWK (Tabelle 4.2.4.4.a).

Auf den schluffig-lehmig bis tonigen Schwemmlandböden der Rheinniederung dominiert Körnermais, gefolgt von Winterweizen und Sommergerste die ackerbauliche Nutzung. Auf den leichten Böden der Hardt wird vor allem Roggen angebaut. Aufgrund der Eignung der Böden und des Klimas findet sich hier traditionell auch ein Schwerpunkt des Spargelanbaus in der Region. Im Kraichgau herrschen Winterweizen-Sommergerste-Zuckerrüben/Mais in der ackerbaulichen Fruchtfolge vor. In den Hanglagen wird hier in Bruchsal, Weingarten und Walzbachtal Weinbau betrieben.

Tabelle 4.2.4.4.a: Bodennutzung im gGWK Bruchsal (16.4)

1	Teilbearbeitungsgebiet	Nr.16.4	
2	Landkreis	Karlsruhe	
3	Gemeinden	Dettenheim, Philippsburg, Linkenheim-H., Gondelsheim, Walzbachtal, Bruchsal, Weingarten, Stutensee, Karlsdorf-N.,Graben-Neudorf	
4	Fläche	367,5 km <sup>2</sup>	
5	Bodennutzung (in %)	Nr.16.4	Baden-Württemberg
	Siedlungen	16,1 %	13,2 %
	Wald	31,8 %	38,0 %
	Sonstiges (Wasser...)	4,0 %	2,0 %
	Landwirtschaftsfläche	48,1 %	46,8 %
	davon: (nur Betriebe > 2 ha)		
	Ackerfläche	31,1 %*	23,6 %*
	Reb-, Obst- flächen	0,6 %*	1,4 %*
	Dauergrünland	4,1 %*	16,0 %*
Quelle: StaLa (Flächen-, Bodennutzungshaupterhebung 2001, Internet) * Bezug: Gesamtfläche			

Tabelle 4.2.4.4.b: Einstufung der Kulturen in Nitratauswaschungsgefährdungsklassen  
- Vergleich der Flächenanteile des gGWK 16.4 und Land BW

Nitrat-Auswaschungs-gefährdungsklasse	Kulturen	Flächenanteile Kulturen gGWK 16.4	Flächenanteile Kulturen Land BW
hoch	Raps, Rebland, Körnerleguminosen, Saat- u. Zuckermais, Gemüse, Spargel, Hopfen, Tabak-B/G, Frühkartoffeln	6,1 %	8,2 %
mittel	Weizen, W.gerste, Mais Obstflächen, Kartoffeln, Baumschulen u.a.	46,7 %	34,7 %
niedrig	Stilllegung, Hafer, Roggen, Dinkel, Zuckerrüben, Ackerfutter u.a.	23,1 %	11,9%
sehr niedrig	Grünland, Sommergerste, Tabak/Virgin	24,1 %	45,3 %

Im Vergleich zum Landesdurchschnitt (8,2 %) werden im gGWK insgesamt auf 6,1 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen Kulturen mit einer hohen Nitratauswaschungsgefährdung angebaut, neben Raps auf 2 % der landw. Fläche die Dauerkulturen Spargel und Reben auf jeweils ca. 1 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche und in noch geringerem Umfang Feldgemüse, Erdbeeren und Kartoffeln In Graben-Neudorf ist der Anteil an hoch auswaschungsge-

fährdeten Kulturen im Vergleich zum gGWK-Durchschnitt mit 13,3 % am höchsten, bedingt durch den starken Spargelanbau auf ca. 72 ha Fläche.

Kulturen mit mittlerer Nitrat Auswaschungsgefährdung werden dagegen auf 46,7 % der Fläche, also deutlich mehr als im Landesdurchschnitt angebaut. Hier dominiert Weizen (21 %) gefolgt von Mais (20 %) und Wintergerste (3 %).

Der Anteil an niedrig und sehr niedrig auswaschungsgefährdeten Kulturen im gGWK liegt mit 47,2 % deutlich unter dem Landesdurchschnitt von 57,2 %, bedingt vor allem durch den niedrigen Anteil an Wiesen und Weiden (8 %).

Die Viehdichte ist mit Werten zwischen 0,16 bis 0,47 GVE/ha hinsichtlich eines Stickstoffeintrags in das Grundwasser vernachlässigbar.

## 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.

### Ergebnisse

**A-Karte 9.9.3.-16.4**

Karte 9.9.3 zeigt die Nitratgehalte an den Grundwasserüberwachungspegeln im Grundwasserkörper 16.4 für die Herbstbeprobung 2001 eingeteilt nach Klassen unter 40 mg/l, 40-50 mg/l und über 50 mg/l. Die Nitratbelastung an den Messstellen im Grundwasserkörper stellt sich heterogen dar. Geringe bis mäßige Nitratbelastungen weisen überwiegend die in der Rheinniederung und in Einzugsgebieten von Wald gelegenen Messstellen auf. Ein Schwerpunkt der Nitratbelastung liegt im Kraichgau sowie südlich der Gemeinde Karlsdorf-Neuthard. Es treten hier Nitratkonzentrationen bis zu 100 mg/l auf. Erhöhte Nitratgehalte mit z.T. deutlich über 50 mg/l weisen auch Messstelle im Süden von Graben-Neudorf sowie östlich von Heidelberg auf.

An den Messstellen mit erhöhten Nitratkonzentrationen ist im Beobachtungszeitraum seit der ersten Hälfte der 1990er Jahre kein einheitlicher Konzentrationsverlauf zu erkennen. Während die sehr hoch belasteten Messstellen im Raum Karlsdorf-Neuthard und Graben-Neudorf (Abb. 4.2.4.5.a bis 4.2.4.5.d) in den letzten 4 bis 5 Jahren eine rückläufige Tendenz zeigen, ist an den etwas geringer belasteten Messorten in Obergrombach und Helmsheim in den letzten Jahren eher ein stagnierendes Konzentrationsniveau (Abb. 4.2.4.5.f) bzw. ein Konzentrationsanstieg zu erkennen (Abb. 4.2.4.5.e).

Der in Karte 9.9.3 dargestellte Immissionszustand beschreibt die Situation im oberen Grundwasserleiter. 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.

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 Wasserschutzgebiete der im gGWK 16.4 gelegenen Gewinnungsanlagen wurden auf Grund der Nitratgehalte der Rohwässer teilweise als Problem- oder Sanierungsgebiet eingestuft.

Sanierungsgebiete sind mit Stand 1. Jan. 2004 die Wasserschutzgebiete (WSG):

WSG Stadt Bruchsal, Gemeinde Karlsdorf-Neuthard	LfU-Nr 215029
WSG Weingarten-Walzbachtal-Jöhlingen	LfU-Nr 215152

Problemgebiete sind mit Stand 1. Jan. 2004 die WSG:

WSG Graben WW Graben	LfU-Nr 215004
WSG Bruchsal, OT Heidelshiem	LfU-Nr 215007
WSG Bruchsal, OT Heidelshiem	LfU-Nr 215007
WSG Untere Wegquelle Bruchsal-Untergrombach	LfU-Nr 215201

Mit Ausnahme des WSG Stadt Bruchsal, Gemeinde Karlsdorf-Neuthard, wird nur aus dem oberen GW-Leiter Wasser entnommen. Im genannten WSG wird zusätzlich aus dem tieferen GW-Stockwerk gefördert.

## 6. Gesamtbewertung

Auf Grund der Ergebnisse der erstmaligen und der weitergehenden Beschreibung wird der gGWK 16.4 hinsichtlich der diffusen Belastung durch Nitrat insgesamt als gefährdeter Grundwasserkörper eingestuft. Erhöhte Immissionskonzentrationen finden sich vor allem im Kraichgau, einem Gebiet mit intensiver ackerbaulicher Flächennutzung sowie Weinbau und in der Hardt im Bereich der zum Spargel- und Sonderkulturanbau genutzten Flächen. Im westlichen Teil des gGWK (Philippsburg, Linkenheim-Hochstetten, Dettenheim) sowie im Bereich Gondelsheim liegt eine Gefährdung des Grundwassers durch Nitrat nur über die Standorteigenschaften vor und ist für die Zuordnung zum gGWK 16.4 ausschlaggebend.

Die starke Nitratbelastung wurde bislang nur in den oberflächennahen Grundwasserbereichen bis in ca. 20 m Tiefe nachgewiesen. Die Erkenntnisse zur Qualität der mittleren und tieferen Grundwasserbereiche sind noch lückenhaft. Hierzu besteht weiterer Klärungsbedarf.

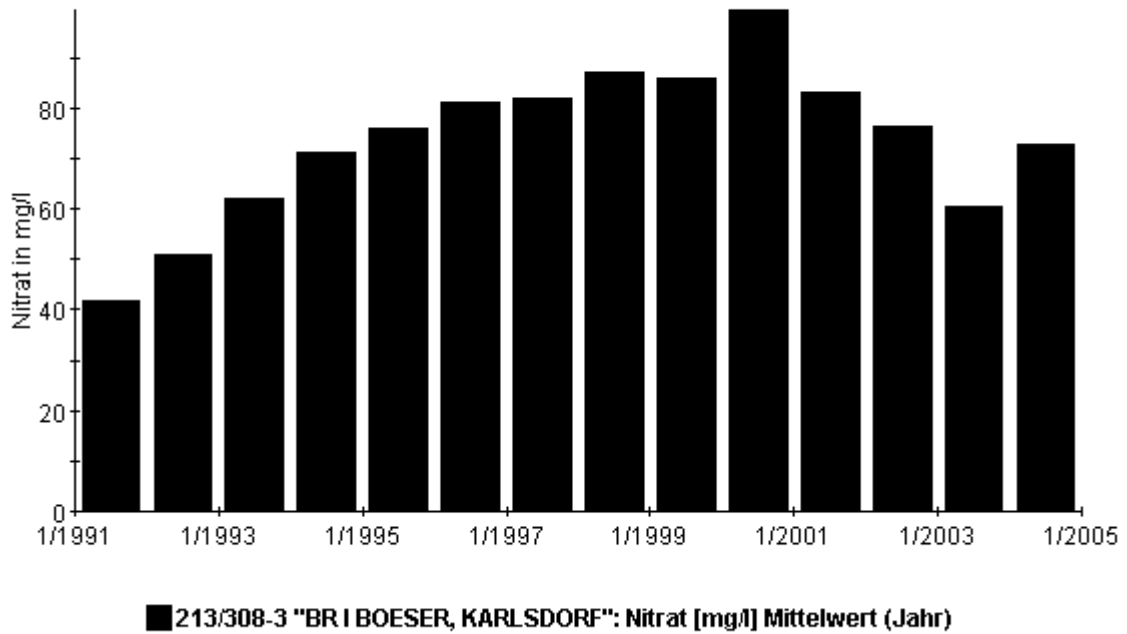


Abb. 4.2.4.5.a

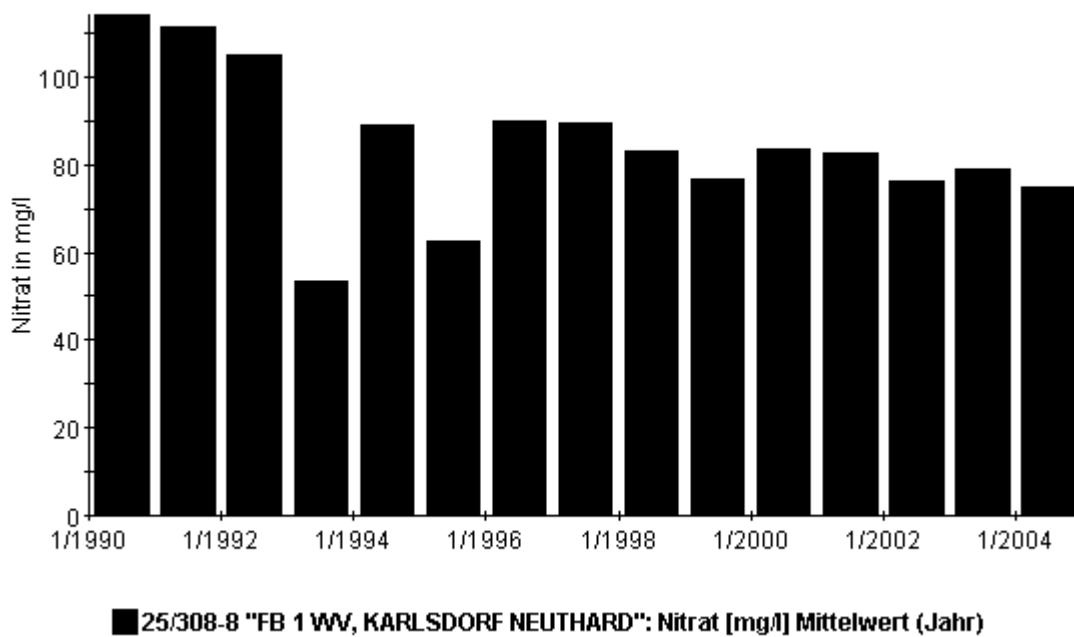


Abb. 4.2.4.5.b

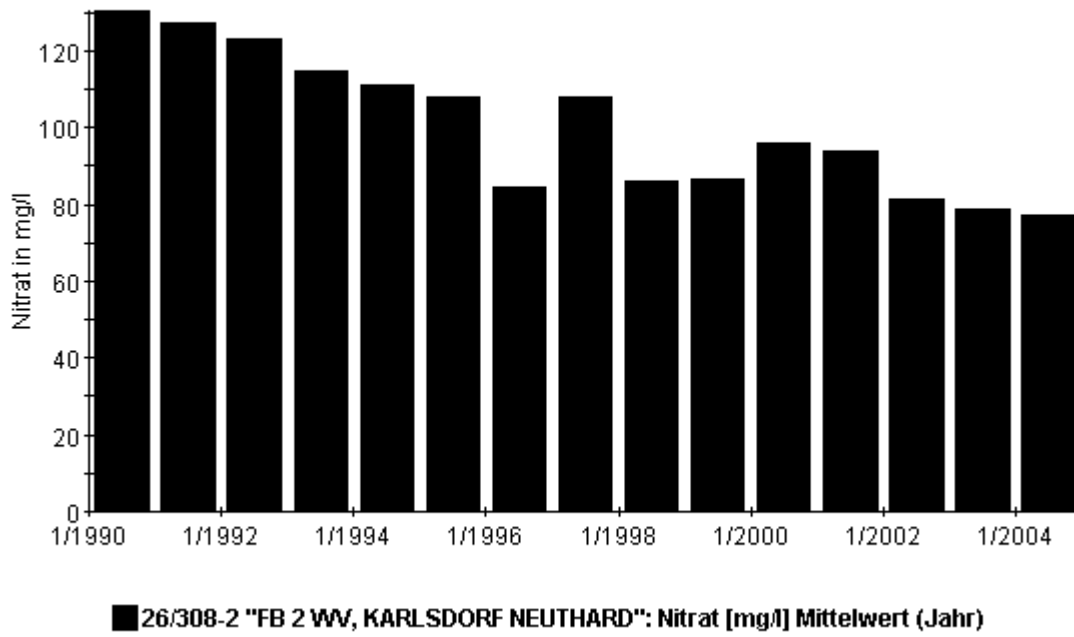


Abb. 4.2.4.5.c

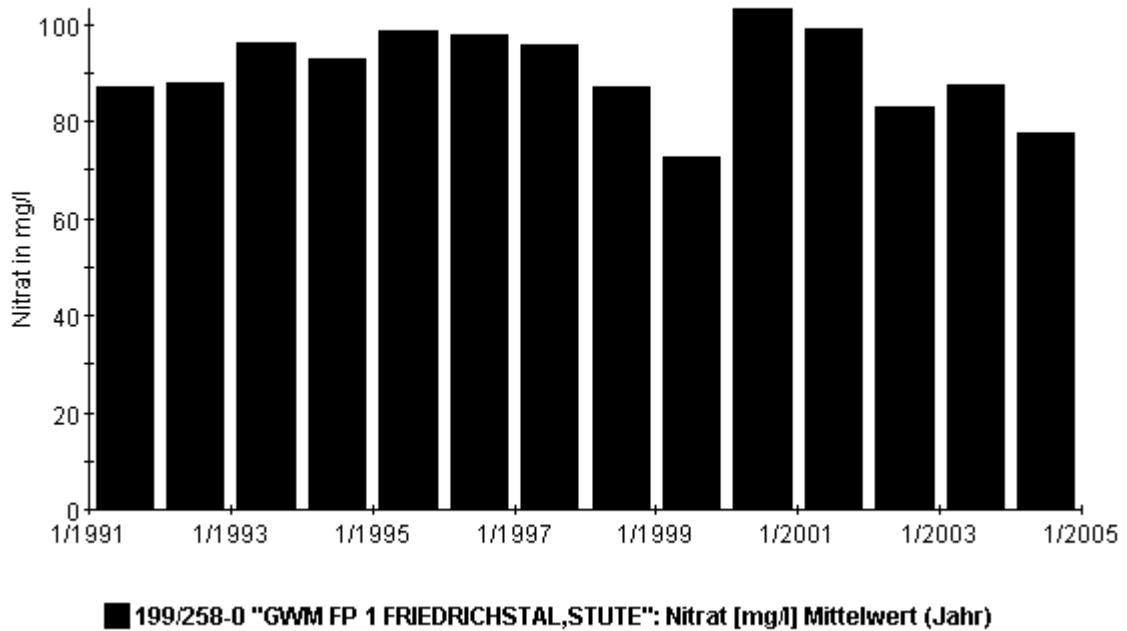


Abb. 4.2.4.5.d

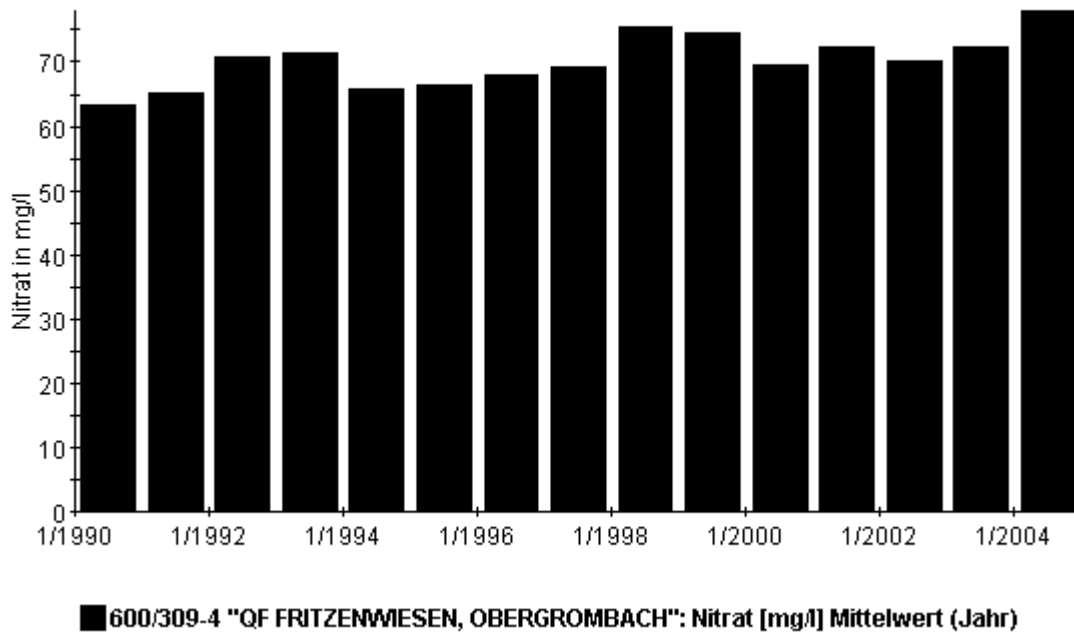


Abb. 4.2.4.5.e

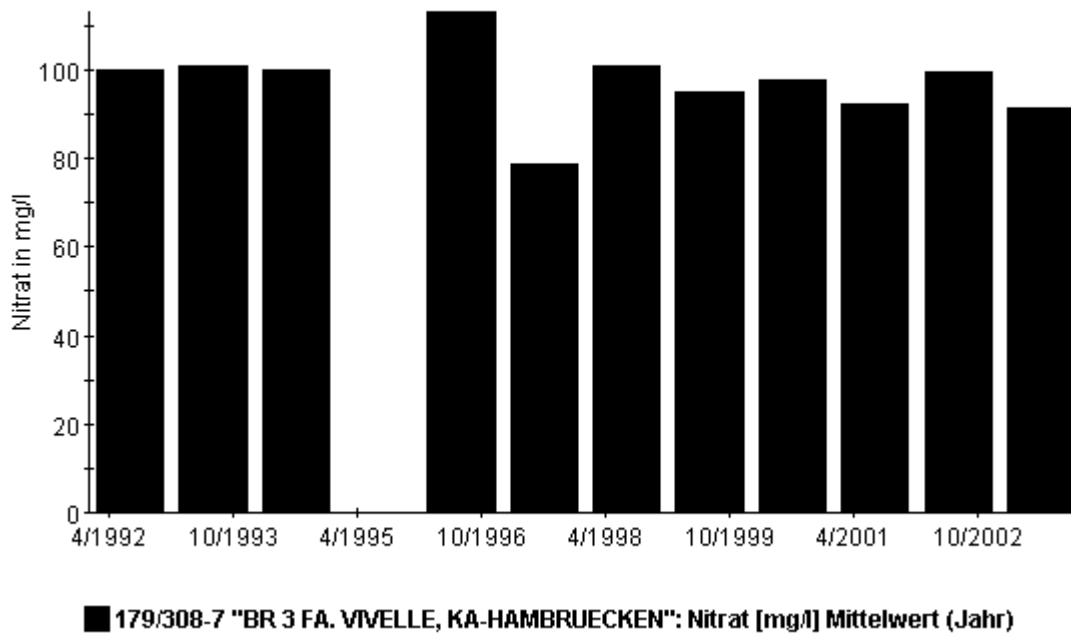


Abb. 4.2.4.5.f