

Gefährdeter Grundwasserkörper 16.4 Bruchsal (Pilotgebiet)



Bewertung und Erfordernis weitergehender Maßnahmen



BEARBEITUNG

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-
Württemberg
Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
Referat 42 – Grundwasser, Baggerseen

Kapitel 4 Emission:
LTZ Augustenberg Landwirtschaftliches Technologiezentrum
Neßlerstraße 23-31
76227 Karlsruhe

STAND

April 2009

Nachdruck- auch auszugsweise- ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

ZUSAMMENFASSUNG	4
1 ALLGEMEINE INFORMATIONEN	6
2 IMMISSION -NITRATKONZENTRATIONEN IM GRUNDWASSER	7
2.1 Grundwassermessstellen	7
2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser 2005	8
3 GRUNDWASSERNUTZUNG	10
3.1 Langjährige Entwicklung	11
4 EMISSION	12
4.1 Vorgehen bei der Berechnung	12
4.2 Stickstoffausträge	13
4.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser	14
5 VERGLEICH EMISSION - IMMISSION	16
5.1 Mittlere Verweilzeiten	16
5.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser und Sickerwasser	18
5.3 Ergebnisse des Vergleichs Emission - Immission	19
6 ERFORDERNIS WEITERGEHENDER MAßNAHMEN DER LANDWIRTSCHAFT	22
6.1 Beschreibung der Vorgehensweise	22
6.2 Ergebnisse	23

Zusammenfassung

In einem Pilotvorhaben wurde ab 2004 die Vorgehensweise für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in Baden-Württemberg entwickelt. Dazu wurden zwei gefährdete Grundwasserkörper (gGWK), einer im Festgestein (gGWK 8.5 Zabergäu-Neckarbecken) und einer im Lockergestein (gGWK 16.4 Bruchsal) als Pilotgebiete ausgewählt. Im Rahmen der weitergehenden Beschreibung der Grundwassersituation in diesen Pilotgebieten wurden im Jahr 2005 im Mai, Juli und Oktober drei Messungen auf die Stickstoff-Parameter Nitrat, Nitrit und Ammonium sowie auf den gelösten Sauerstoff durchgeführt. Das Grundwasser erwies sich im gGWK 16.4 Bruchsal an 10 % der beprobten Grundwassermessstellen bezüglich Nitrat als gefährdet im Sinne der „Tochterrichtlinie Grundwasser“¹ der Wasserrahmenrichtlinie – WRRL². Jedoch ist hier zu berücksichtigen, dass es im Gebiet des gGWK 16.4 weite Teilbereiche gibt, in denen das Grundwasser ganz oder teilweise sauerstofffrei ist und somit denitrifizierende Prozesse stattfinden. Etwa die Hälfte dieser Messstellen mit gefährdetem Grundwasser (ca. 45 %) liegen innerhalb von Sanierungs- und Problemgebieten gemäß Einstufung der Wasserschutzgebiete nach der SchALVO³.

Bei der langfristigen Entwicklung der mittleren Nitratkonzentration im Grundwasser von 1994 bis 2005 ließ sich innerhalb der Sanierungsgebiete und außerhalb der Wasserschutzgebiete eine Abnahme der Nitratkonzentration beobachten, in Wasserschutzgebieten mit „Niedriger Nitratbelastung“ nach einer anfänglichen Abnahme, seit dem Jahr 2000 wieder ein Anstieg der Nitratkonzentration im Grundwasser zu verzeichnen.

Von Seiten der Landwirtschaftsverwaltung wurden die N-Emissionen anhand von Modellrechnungen abgeschätzt, um die Ursachen für die Nitratbelastung des Grundwassers zu ermitteln und in ihrer Relevanz einschätzen zu können. Die Vorgehensweise wurde im Rahmen des Pilotprojektes für die beiden gGWK 16.4 Bruchsal und gGWK 8.5 Zabergäu-Neckarbecken erarbeitet und die Ergebnisse der Modellrechnungen für 1980, 1995 und 2004 anhand der Grundwassermesswerte 2005 plausibilisiert. Die in diesem Bericht dargestellten Emissionsergebnisse für den gGWK 16.4 beruhen auf den Berechnungen im Rahmen der Pilotprojekte und damit auf einer teilweise anderen Daten- und Berechnungsgrundlage als für die restlichen im Teilbearbeitungsbericht dargestellten gGWK. Die Entwicklung der Emissionsergebnisse über die drei Zeiträume ermöglicht eine Trendabschätzung für die Nitratbelastung im Grundwasser unter Berücksichtigung der Verweilzeiten. Anhand der derzeitigen N-Emissionssituation lässt sich ein aus landwirtschaftlicher Sicht notwendiger Maßnahmenumfang abschätzen und eine gezielte Maßnahmenplanung ableiten. Das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) hat mit dem Modell STOFFBILANZ_BW auf Basis der Landnutzung die Stickstoffausträge (N-Salden) und Nitratkonzentrationen im Sickerwasser ermittelt. Die Modellierungsergebnisse zeigen für den gGWK 16.4 auf die Gesamtfläche bezogen einen Rückgang der Emissionsbelastung zwischen 1995 und 2004.

¹ Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung, ABl. L 372 vom 27.12.2006, S.17

² Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, ABl. L 327 vom 22.12.2000, S.1

³ Verordnung des Umweltministeriums über Schutzbestimmungen und die Gewährung von Ausgleichsleistungen in Wasser- und Quellenschutzgebieten (Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung SchALVO) vom 20.02.2001, GBl. 2001, S.145

Die Immissionsergebnisse, d.h. die gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser, wurden unter Berücksichtigung der mittleren Verweilzeit (MVZ) und der Denitrifikation mit den Emissionsdaten, d.h. den für die Jahre 1980, 1995 und 2004 berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser verglichen. Der gGWK 16.4 Bruchsal ist in Teilbereichen stark geprägt durch denitrifizierende und teildenitrifizierende Verhältnisse. Dies wird auch bei der Betrachtung der Ergebnisse deutlich. So zeigte der Vergleich, dass an einigen Messstellen eine höhere berechnete Nitratkonzentration im Sickerwasser vorliegt als im Grundwasser gemessen wurde. Messstellen außerhalb dieser Einflüsse weisen überwiegend eine gute Übereinstimmung auf. An manchen Messstellen mit kurzer MVZ des Grundwassers ist die Nitratkonzentration im Sickerwasser zu niedrig berechnet. Größere Abweichungen ließen sich in den meisten Fällen erklären.

Die Prüfung der Erfordernis weitergehender Maßnahmen der Landwirtschaft ist in Kapitel 6 dargestellt.

Fazit

Im gGWK 16.4 Bruchsal wird der „gute Zustand im Sinne der WRRL noch nicht erreicht. Die Hauptnutzung Acker mit einem Quotient von 0,348 und einer Gesamtgröße von 50,91 km² wird als relevant für die Überschreitung der Nitratkonzentration im Grundwasser ermittelt.

Zur Zielerreichung sind daher, neben den derzeit durchgeführten Maßnahmen, weitergehende Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratreinträge im Bereich der Ackernutzung erforderlich. Unter Berücksichtigung der natürlichen Gegebenheiten (Verweilzeiten) werden die Maßnahmen aber nicht sofort im Grundwasser wirksam, so dass man den „guten Zustand“ voraussichtlich erst im Jahre 2027 erreichen wird.

1 Allgemeine Informationen

In einem Pilotvorhaben wurde ab 2004 die Vorgehensweise für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in Baden-Württemberg entwickelt. Um eine Repräsentanz der Ergebnisse sicherzustellen wurden zwei gefährdete Grundwasserkörper (gGWK), einer im Festgestein (gGWK 8.5 Zabergäu-Neckarbecken) und einer im Lockergestein (gGWK 16.4 Bruchsal) als Pilotgebiete ausgewählt. In begleiteten Arbeitskreisen waren Vertreter von Wasserwirtschaft und Landwirtschaft der zuständigen Ministerien, der Regierungspräsidien und der Landratsämter vertreten, ferner das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augstenberg (LTZ), die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) sowie Bauernverbände und Wasserversorger. Als beratende Mitglieder waren Vertreter des Regierungspräsidiums (RP) Freiburg, Abteilung 9 ehemals (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB)) tätig. Die Federführung lag bei den jeweiligen Regierungspräsidien. Die Ergebnisse und Erfahrungen aus den Arbeitskreisen der Pilotgebiete wurden anschließend auf die restlichen gefährdeten Grundwasserkörper übertragen.

Der (gGWK) 16.4 Bruchsal liegt im Regierungsbezirk Karlsruhe (Abb. 1-1) und umfasst eine Fläche von 367,54 km². Er gehört im Westen zum Hydrogeologischen Großraum Oberrheingraben und zum Hydrogeologischen Teilraum Quartäre/Pliozäne Sedimente der Grabenscholle, der östliche Teil gehört zum Hydrogeologischen Großraum Schichtstufen- und Bruchschollenland mit den Hydrogeologischen Teilräumen Muschelkalkplatten und Keuperbegland im äußersten Nordosten.

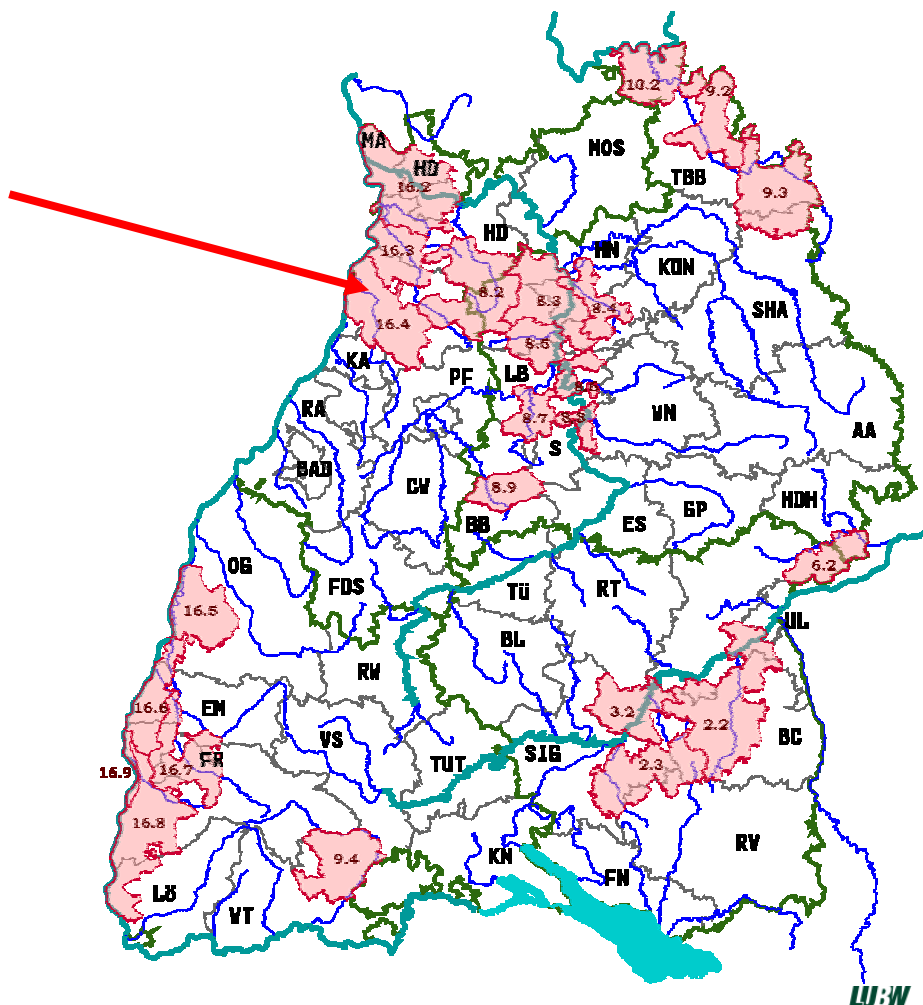


Abb. 1-1: Gefährdete Grundwasserkörper in Baden-Württemberg mit Lage des gGWK 16.4 Bruchsal.

Die Landwirtschaftliche Nutzfläche liegt in diesem gefährdeten Grundwasserkörper bei 50,3 % (Abb. 1-2) und damit etwas über dem Landesdurchschnitt von 46,8 %.

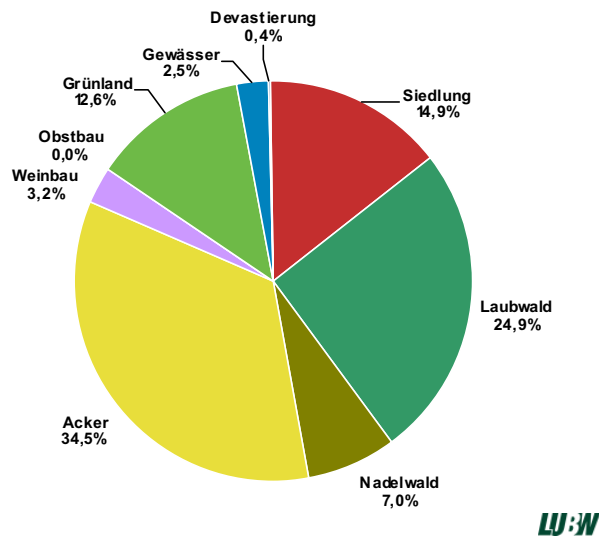


Abb. 1-2: Landnutzungsanteile im gefährdeten Grundwasserkörper 16.4 nach Landsat 2000.

2 Immission -Nitratkonzentrationen im Grundwasser

2.1 GRUNDWASSERMESSSTELLEN

Für den vorliegenden Bericht des gGWK 16.4 wurden die Informationen und Daten von 294 Grundwassermessstellen herangezogen. Bei 227 Messstellen lag die Einzugsgebietsabgrenzung des LGRB (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Abteilung 9 des RP Freiburg) vor. Ausbaudaten und Ausbautiefen der Messstellen sind Tab. 2-1 und Abb. 2-1 zu entnehmen. Bei einer Messstelle handelt es sich um eine Mischwassermessstelle, daher ist die Anzahl der Aufschlüsse höher als die Anzahl der Messstellen.

Tab. 2-1: Bauformen der Grundwassermessstellen im gGWK 16.4 Bruchsal.

Topologie	Bauform	Anzahl der Aufschlüsse
GW-Messort mit Standardbauwerk	Beobachtungsrohr	139
GW-Messort mit Standardbauwerk	Bohrbrunnen mit Filter	96
GW-Messort mit Standardbauwerk	Quelle	23
GW-Messort mit Standardbauwerk	nicht bekannt	13
GW-Messort mit Standardbauwerk	Entnahmestelle	12
GW-Messort mit Standardbauwerk	Schachtbrunnen	9
GW-Messort mit örtlich getrennter Probenahmestelle	Bohrbrunnen mit Filter	1
GW-Messort mit örtl. getr. Messpunkt und örtl. getr. Probenahmestelle	Entnahmestelle	1
GW-Messort mit örtl. getr. Messpunkt und örtl. getr. Probenahmestelle	Beobachtungsrohr	1

LUBW

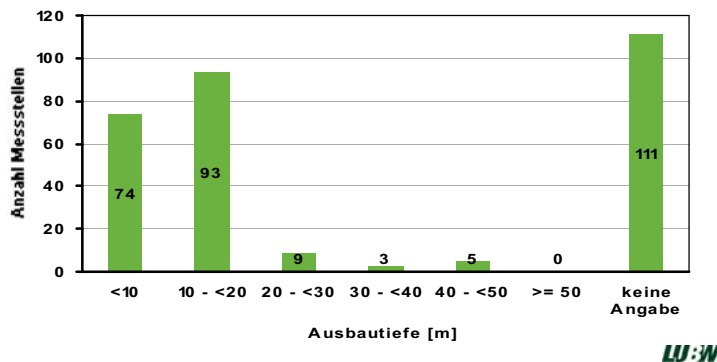


Abb. 2-1:
Ausbautiefen der Grundwassermessstellen
im gGWK 16.4 Bruchsal

2.2 NITRATKONZENTRATIONEN IM GRUNDWASSER 2005

Zur Auswertung der Messdaten im gGWK 16.4 Bruchsal wurden alle in der WIBAS-Referenzdatenbank vorliegenden Werte der o.g. 294 Messstellen für Nitrat, Nitrit, Ammonium und Sauerstoff aus dem Jahr 2005 exportiert. Ein Teil der Messstellen entstammt dem Landesmessnetz. Zur Verdichtung des Messnetzes wählten die Unteren Verwaltungsbehörden weitere Messstellen zusätzlich aus, die im Mai, Juli und Oktober 2005 untersucht wurden. Eine Übersicht über die durchgeführten Probennahmen zeigt Abb. 2-2, die Ergebnisse der Beprobungen sind in Abb. 2-3 und 2-4 zusammengestellt.

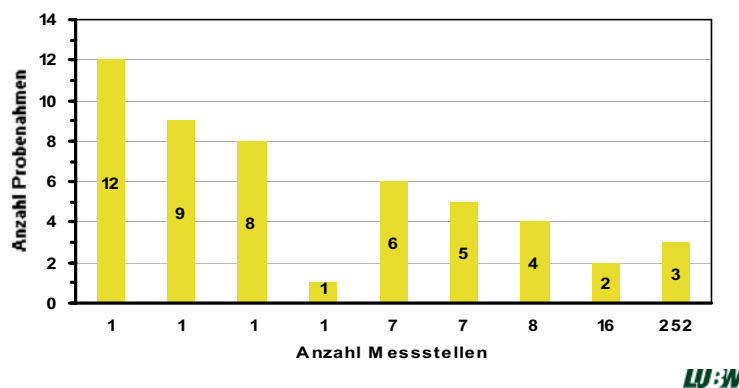


Abb. 2-2:
Häufigkeit der Probennahmen im Jahr 2005.

Nach der Tochterrichtlinie Grundwasser der WRRL ist die Qualitätsnorm für Nitrat 50 mg/l. Des Weiteren wird bei einer Nitratkonzentration zwischen 37,5 mg/l und 50 mg/l eine Trendbetrachtung gefordert. Dies ist allerdings nur möglich und sinnvoll, wenn eine längere Zeitreihe vorliegt. Im gGWK 16.4 Bruchsal ließ sich bei keiner Grundwassermessstelle ein steigender Trend feststellen. Bei zwei Messstellen wurde dem gegenüber ein fallender Trend ermittelt. Im gGWK 16.4 gibt es weite Teilbereiche, in denen das Grundwasser ganz oder teilweise sauerstofffrei ist und somit denitrifizierende Prozesse stattfinden. Dies zeigt sich auch bei der Verteilung der Nitratkonzentration, etwa bei der Hälfte der beprobten Messstellen weist das Grundwasser eine Nitratkonzentration unter 8,0 mg/l auf, diese geringen Werte lassen sich auf Reduktion des Nitrats zurückführen.

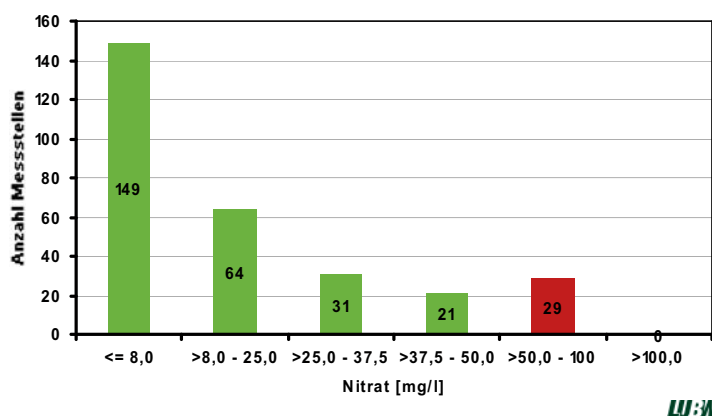


Abb. 2-3:
Verteilung der Nitratkonzentrationen
(Jahresmittelwerte 2005) im gGWK
16.4 Bruchsal.

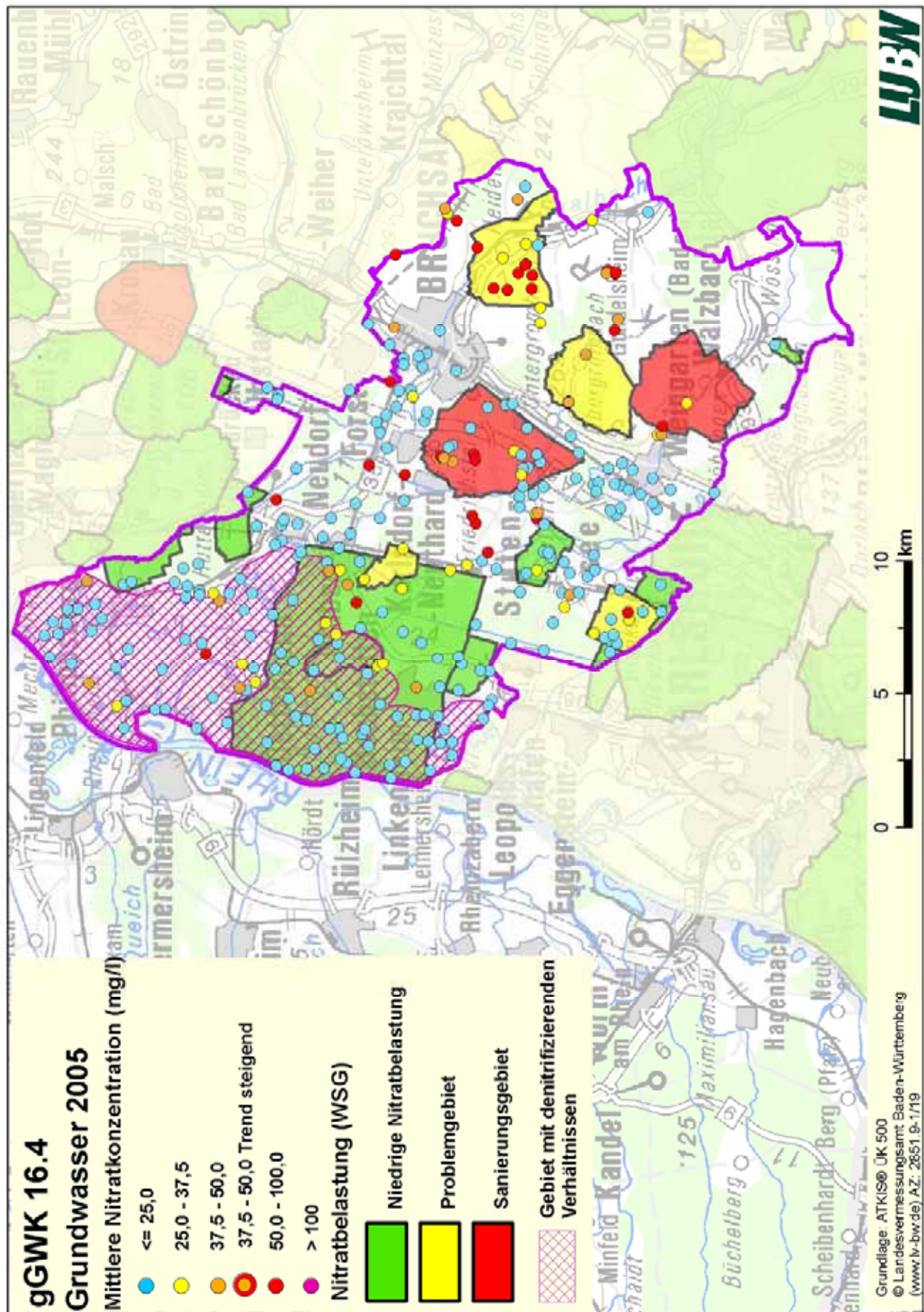


Abb. 2-4: Verteilung der Nitratkonzentrationen (Jahresmittelwerte 2005) im Grundwasser sowie Wasserschutzgebiete (festgesetzt) gegliedert nach der Nitratbelastung des Grundwassers (Stand Januar 2008). Auch im zentralen Teil des gGWK 16.4 liegen Gebiete mit denitrifizierenden Verhältnissen vor, die jedoch in dieser Abbildung nicht dargestellt sind.

3 Grundwassernutzung

In Baden-Württemberg regelt die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) seit 1988 in allen rechtskräftig festgesetzten und vorläufig angeordneten Wasserschutzgebieten (WSG) die Landbewirtschaftung. Ziel ist der Schutz des Grundwassers u.a. vor Nitratreinträgen sowie die schnellstmögliche Sanierung nitratbelasteter Grundwasservorkommen durch grundwasserentlastende Bewirtschaftungsmaßnahmen. In der novellierten, seit März 2001 gültigen Fassung der SchALVO werden die Wasserschutzgebiete nach der Belastung des Rohwassers in Gebiete mit „Niedriger Nitratbelastung“, Problem- und Sanierungsgebiete eingeteilt.

Im gGWK 16.4 Bruchsal befinden sich insgesamt 17 Wasserschutzgebiete mit einer Gesamtfläche von 12.144 ha, davon liegen 11 WSG vollständig im Gebiet des gefährdeten Grundwasserkörpers. Z.B. liegen von den 11 Wasserschutzgebieten mit Niedriger Nitratbelastung nur fünf mit ihrer gesamten Ausdehnung im gGWK 16.4 (Abb. 2-4). In Tab. 3-1 sind Anzahl und Flächen der Problem- und Sanierungsgebiete sowie der Wasserschutzgebiete mit Niedriger Nitratbelastung dargestellt. Abb. 3-1 gibt einen Überblick über die Anteile der Wasserschutzgebiete im gGWK 16.4 Bruchsal.

Tab. 3-1: Wasserschutzgebiete (festgesetzt) im gGWK 16.4 Bruchsal, (Stand Januar 2008).

WSG	Anzahl WSG	Fläche WSG bzw. TEG [ha]	LF (GA 2007) ⁴
Niedrige Nitratbelastung	11	7.123	2.214
Problemgebiet	4	2.396	1.064
Sanierungsgebiet	2	2.625	1.260
WSG gesamt	17	12.144	4.539

LUBW

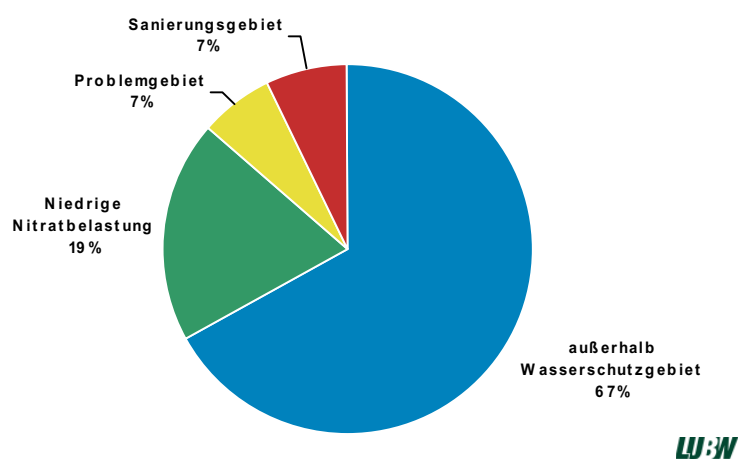


Abb. 3-1: Anteil der Wasserschutzgebiete (festgesetzt) an der Gesamtfläche im gGWK 16.4 Bruchsal (Stand Januar 2008).

⁴ Die Angaben zur landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) beruhen auf den Daten des Gemeinsamen Antrages (GA). Im GA werden alle Flächen erfasst, für die Förder- oder Ausgleichsmaßnahmen durch das Land geleistet werden. Die GA-Flächen entsprechen weitgehend der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche.

An insgesamt 10 % der Messstellen wurde die Qualitätsnorm für Nitrat von 50 mg/l im Grundwasser überschritten (bei der Hälfte der beprobten Messstellen finden denitrifizierende Prozesse statt). Abb. 3-2 zeigt die Verteilung dieser Grundwassermessstellen auf die Nitratbelastungsklassen der Wasserschutzgebiete gemäß SchALVO. In Sanierungs- und Problemgebieten liegen insgesamt 45 % der Messstellen mit gefährdetem Grundwasser, in Wasserschutzgebieten mit Niedriger Nitratbelastung und außerhalb der Wasserschutzgebiete liegen zusammen 55 %.

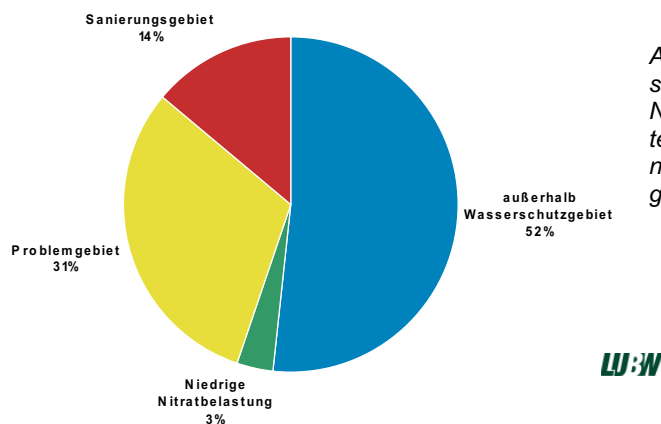


Abb. 3-2: Verteilung der Grundwassermessstellen mit hinsichtlich der Nitratbelastung als gefährdet bewertetem Grundwasser auf die verschiedenen Einstufungen der Wasserschutzgebiete gemäß SchALVO.

3.1 LANGJÄHRIGE ENTWICKLUNG

Die Entwicklung der Jahresmittelwerte der Nitratkonzentrationen im Grundwasser von Messstellen, für die seit 1994 aus jedem Jahr Messwerte vorliegen, ist in der Abb. 3-3 dargestellt. Dabei wurde unterschieden in Messstellen außerhalb von Wasserschutzgebieten und innerhalb entsprechend ihrer Einstufung gemäß SchALVO (Stand Januar 2008). Über den gesamten Zeitraum betrachtet ist bei den 7 Messstellen in Sanierungsgebieten und bei den 18 Messstellen außerhalb der Wasserschutzgebiete eine Abnahme der Nitratkonzentration im Grundwasser zu beobachten. Bei den drei Messstellen in Wasserschutzgebieten mit Niedriger Nitratbelastung ist, nach einer anfänglichen Abnahme, seit dem Jahr 2000 wieder ein Anstieg der Nitratkonzentration im Grundwasser zu verzeichnen. Für die Auswertung in den Problemgebieten stand nur eine Messstelle zur Verfügung, die den oben genannten Bedingungen entspricht, so dass keine Repräsentativität gegeben ist.

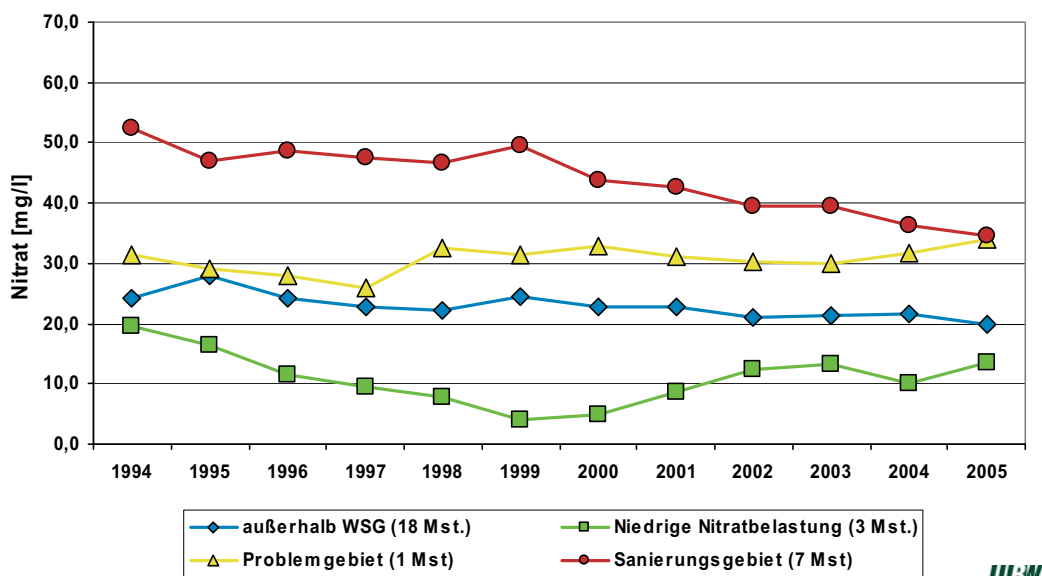


Abb. 3-3: Mittlere Nitratkonzentration der einzelnen Kategorien der Wasserschutzgebiete (Stand Januar 2008) und außerhalb der Wasserschutzgebiete, die Zahl in Klammern gibt die Anzahl der Messstellen an, die für die Mittelwertbildung berücksichtigt wurde.

4 Emission

4.1 VORGEHEN BEI DER BERECHNUNG

Der Stickstoffaustrag aus der Bodenzone und die Nitratkonzentration im Sickerwasser unterhalb des Wurzelraumes wurden am LTZ mit dem Modell STOFFBILANZ_BW in einem Raster von 250 x 250 m für 9 verschiedene Hauptnutzungsformen (Acker, Weinbau, Obstbau, Grünland, Laub- und Nadelwald, Gewässer, Siedlung, Devastierung) ermittelt (Abb. 4-1). STOFFBILANZ_BW ist eine an die kleinräumigen Verhältnisse der gGWK in Baden-Württemberg angepasste Version des von der TU Dresden entwickelten Programms STOFFBILANZ. Für die Berechnung der Nitratkonzentration im Sickerwasser wurden die mit dem Grundwasserneubildungsmodell GWN_BW der LUBW unter Berücksichtigung von Standorteigenschaften wie Klima und Boden ermittelten Sickerwassermengen herangezogen. Bei der Ermittlung des Stickstoffüberschusses der landwirtschaftlichen Nutzungen im gGWK 16.4 wurden berücksichtigt:

- die **Stickstoffzufuhr** über Mineraldüngung, organische Düngung, atmosphärische Deposition und N-Fixierung durch Leguminosen,
- die **Stickstoffabfuhr** über das Erntegut sowie die Denitrifikation,
- eine Stickstoffimmobilisierung bei der Dauerkultur Spargel.

Vereinfachend wird angenommen, dass der Stickstoffüberschuss langfristig gesehen komplett ausgetragen wird. Die Emissionsberechnungen erfolgten in den Pilotprojektgebieten zunächst für die Jahre 1980, 1995 und 2004. Details zum Modellierungsansatz sowie zu den Datengrundlagen und Ergebnissen sind dem Bericht des LTZ „Modellierung der Nitratausträge in den gefährdeten Grundwasserkörpern(gGWK) nach WRRL - Pilotprojektbericht für die gGWK Zabergäu (8.5) und Bruchsal (16.4)“ zu entnehmen. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden die gGWK 8.5 und 16.4 zusätzlich analog zu den weiteren 21 gGWK nochmals berechnet. Die Ergebnisse des gGWK 16.4 sind im Bericht des LTZ „Modellierung des N-Austrags im gefährdeten Grundwasserkörper Bruchsal (16.4)“ dargestellt.

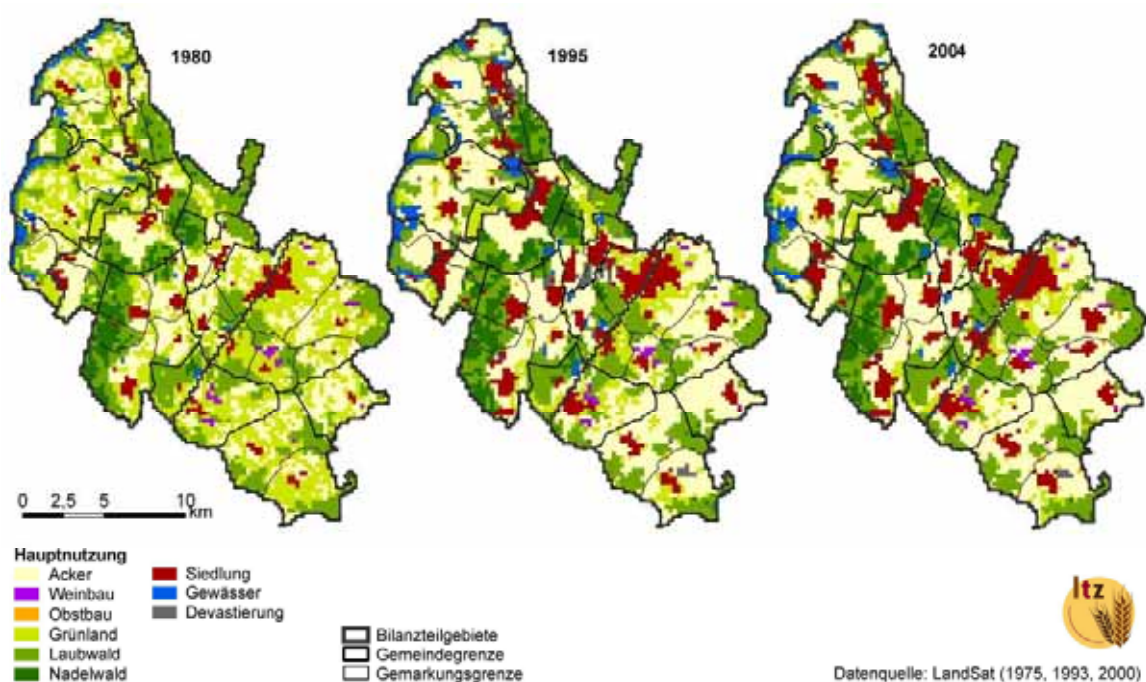


Abb. 4-1: Landnutzung für die Modellrechnungen 1980, 1995 und 2004.

4.2 STICKSTOFFAUSTRÄGE

Abb. 4-2 zeigt die flächendeckend berechneten Stickstoffüberschüsse für die Bewirtschaftungsjahre 1980, 1995 und 2004. Das Jahr 1980 repräsentiert den Zustand einige Jahre vor Einführung der SchALVO (1988), das Jahr 1995 einige Jahre danach und das Jahr 2004 zeigt die aktuelle Situation. Das Gebiet des gGWK 16.4 wurde aufgrund verschiedener naturräumlichen Gegebenheiten und der unterschiedlich ausgeprägten landwirtschaftlichen Nutzungsformen in drei Bearbeitungsteilgebiete (BTG) gegliedert. Während für 1980 im gesamten gGWK N-Salden über 50 kg N/ha auftreten, zeigt sich für 1995 bei gleichem Durchschnittswert eine differenziertere räumliche Verteilung der Überschüsse. Während im BTG A (Tiefgestade) nur vereinzelt N-Salden über 40 kg N/ha vorkommen, ergeben sich im BTG C (Kraichgau) großflächig Werte von über 40 und über 50 kg N/ha. Für das Modellierungsjahr 2004 ergeben sich flächendeckend geringere Stickstoffüberschüsse, nur lokal werden 30 kg N/ha überschritten. Innerhalb des gGWK variieren die Stickstoffüberschüsse leicht in Abhängigkeit vom Wirtschaftsdüngeranfall pro Gemeinde und Kulturartenverteilung pro Gemarkung. Hinzu kommt der Einfluss der Hauptnutzungsformen. Da Grünland, Obstbau und die nichtlandwirtschaftlichen Nutzungen deutlich geringere Stickstoffüberschüsse aufweisen als Acker- und Weinbauflächen, ergibt sich die räumliche Differenzierung der Stickstoffausträge in Abb. 4-2 vor allem aus dem Mosaik der verschiedenen Hauptnutzungsformen in Abb. 4-1 und deren unterschiedlichen Stickstoffüberschüssen.

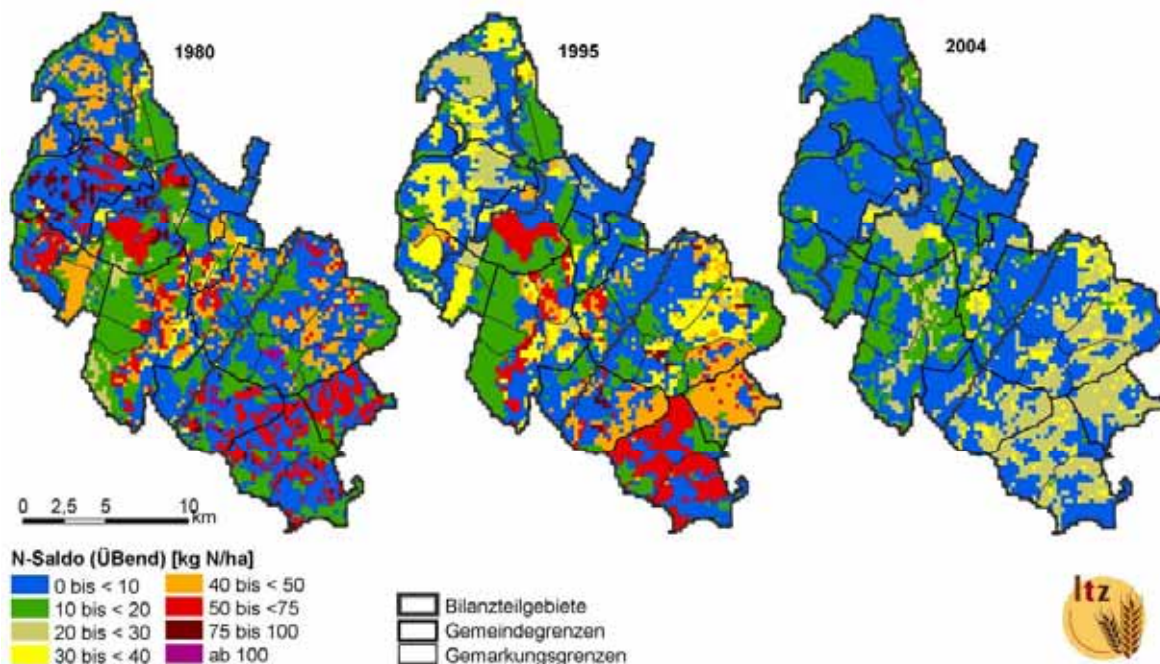


Abb. 4-2: Berechnete Stickstoffausträge für 1980, 1995 und 2004.

Trendentwicklung 1980 - 1995 - 2004:

Insgesamt zeigt sich eine flächendeckende Verringerung der Stickstoffüberschüsse von 1980 bzw. 1995 gegenüber 2004. Der Mittelwert für den gGWK reduziert sich von 22 kg N/ha auf 12 kg N/ha. Für die landwirtschaftlichen Nutzungen liegt der Stickstoffüberschuss für das Modellierungsjahr 1980 bei 27 kg N/ha und für das Modellierungsjahr 2004 bei 17 kg N/ha. Der Rückgang ist vorwiegend auf eine zunehmend ertragsangepasste Düngung zurückzuführen, die sich aus den regionalen Daten zum Mineraldüngereinsatz, Wirtschaftsdüngeranfall und Ertrag ergibt. Hinzu kommt der Rückgang der atmosphärischen Deposition, der sich auch in einem Rückgang der Stickstoffausträge bei den nichtlandwirtschaftlichen Nutzungen Wald, Gewässer, Siedlung und Devastierung widerspiegelt. Gegenläufige Entwicklungen wie die starke Zunahme von Ackerland auf Kosten von Grünland, die sich aus den Landnutzungsdaten für 1980 bzw. 1995 ergibt, haben zu einer Zunahme der flächenhaften Stickstoffüberschüsse geführt. Allerdings ist anzunehmen, dass die Grünlandfläche für 1980 etwas überschätzt ist und infolgedessen die Stickstoffausträge für 1980 etwas unterschätzt sind.

4.3 NITRATKONZENTRATIONEN IM SICKERWASSER

Abb. 4-3 zeigt die berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser für die Bewirtschaftungsjahre 1980, 1995 und 2004. Zwischen den Modellierungszeiträumen 1995 und 2004 nehmen die Nitratkonzentrationen stark ab. Der Flächenanteil der Raster, die eine Nitratkonzentration oberhalb von 50 mg/l NO₃ aufweisen, ist von 42 % (1995) auf 5 % (2004) stark zurückgegangen. Für 1980 lag der Anteil bei 31 %, was allerdings aufgrund des überhöhten Grünlandanteils unterschätzt sein dürfte.

Die durchschnittliche Sickerwassermenge ist mit 212 mm gering und innerhalb des gGWK sehr unterschiedlich verteilt. Im südöstlich gelegenen BTG C sind die Sickerwassermengen mit durchschnittlich 262 mm höher als im nordwestlichen BTG A, wo sie nur bei ca. 130 mm liegen, so dass sich bereits bei moderaten Stickstoffüberschüssen hohe Nitratkonzentrationen ergeben.

Zusammenfassung

„Im gGWKK 16.4 Bruchsal sind die berechneten Stickstoffüberschüsse flächenhaft und insbesondere auch unter den landwirtschaftlichen Nutzungen deutlich rückläufig und bereits jetzt mit Ausnahme noch vorhandener lokaler Belastungsschwerpunkte auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. Die niedrigen Sickerwassermengen, insbesondere im Bereich der Rheinniederung, führen allerdings bereits bei geringen Stickstoffausträgen lokal zu hohen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser. Die Umsetzung grundwasserentlastender Bewirtschaftungsmaßnahmen ist daher auch bei einer grundsätzlichen Beibehaltung der aktuellen Landnutzung und Bewirtschaftungsweise (Kulturarten, bedarfsangepasste Düngung) erforderlich, um den guten Zustand im Grundwasser nach WRRL in absehbarer Zeit zu erreichen.“

Im gGWK 16.4 liegen ca. 20 % der Landwirtschaftsfläche in WSG mit niedriger Nitratbelastung, ca. 10 % in Problemgebieten und 9% in Sanierungsgebieten. Neben den vorgeschriebenen Bewirtschaftungsauflagen nach SchALVO innerhalb von WSG sollten darüber hinaus im gGWK 16.4 auch weitere wasserschutzwirksame Maßnahmen über das MEKA-Programm begleitet durch eine intensive Beratung umgesetzt werden.“

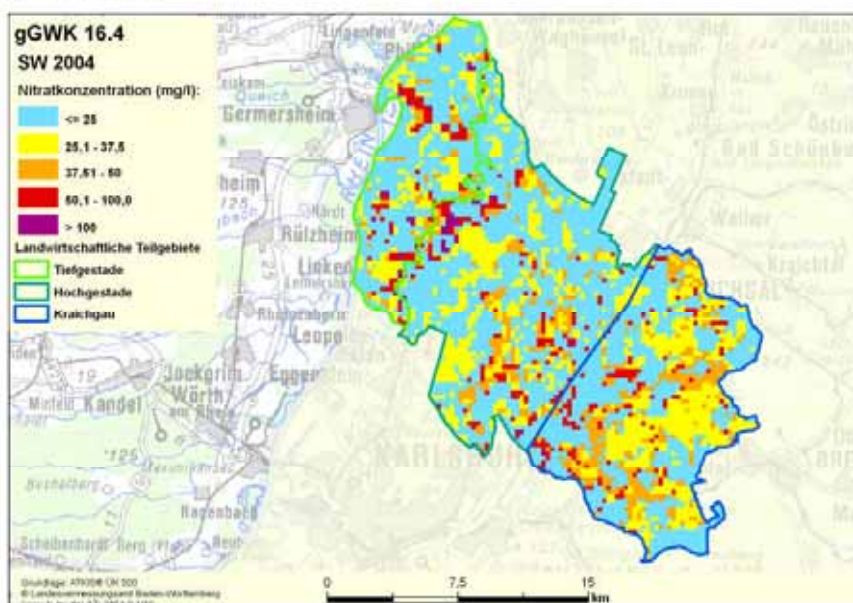
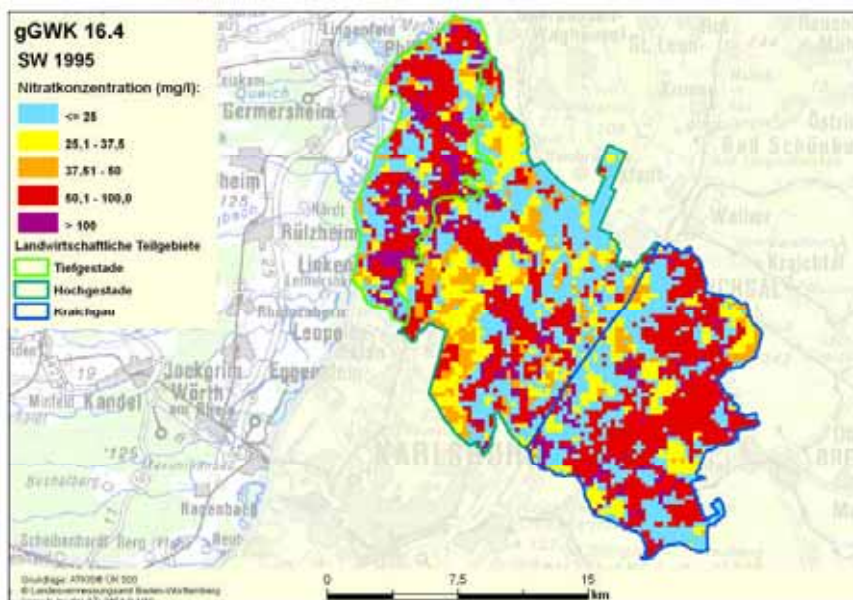
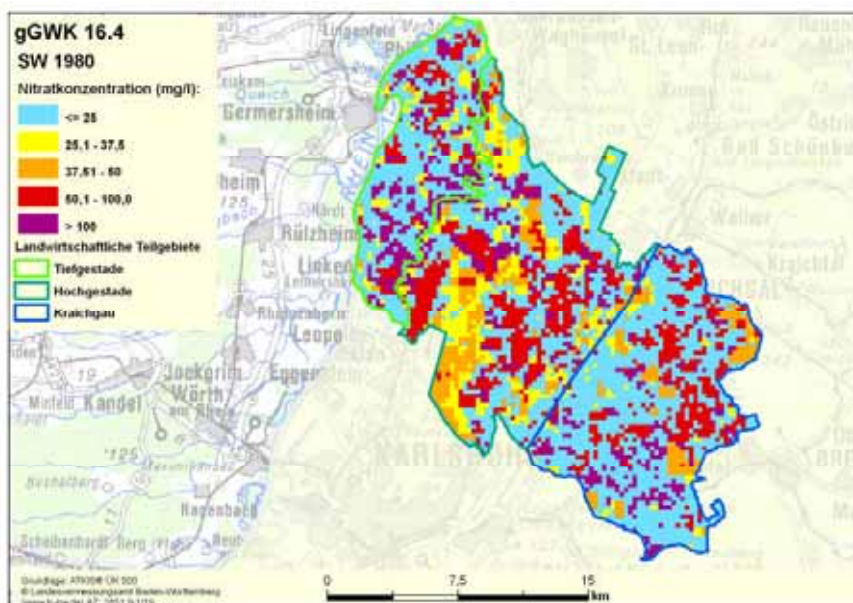


Abb. 4-3: Berechnete Nitratkonzentrationen im Sickerwasser 1980, 1995 und 2004 (Daten: LTZ).

5 Vergleich Emission - Immission

5.1 MITTLERE VERWEILZEITEN

Die Mittlere Verweilzeit (MVZ) des Wassers im Untergrund ist ein Maß für die zeitliche Verzögerung, die ein bestimmter Stoffeintrag an der Erdoberfläche bis zur Grundwassermessstelle benötigt. Die MVZ setzt sich zusammen aus der Sickerzeit in der ungesättigten Zone und der Fließzeit in der gesättigten Zone. Letztendlich besteht das entnommene Grundwasser aus einer Mischung von Grundwasserkomponenten unterschiedlicher MVZ, je nach Hydrogeologischer Einheit und den damit verbundenen chemisch-physikalischen Eigenschaften sowie weiterer Kenngrößen wie Grundwasserneubildung, Flurabstand und Abstand zur Messstelle. Daher ist die MVZ kein fester Wert, sondern immer eine Zeitspanne.

Abb. 5-1 zeigt die Grundwassermessstellen im gGWK 16.4 Bruchsal und ihre Lage in den Hydrogeologischen Einheiten. Die Angaben des LGRB zu den MVZ entsprechend der Hydrogeologischen Einheiten sind in Tab. 5-1 aufgelistet. Für einige Messstellen liegen Tritium-Messungen vor. Mit Tritium (^3H) als Umwelttracer, dessen Eintragsfunktion bekannt ist und dessen Konzentration gesetzmäßigen Änderungen unterliegt, lässt sich die MVZ bis etwa 50 Jahre abschätzen. Angaben hierzu entstammen aus der Grundwasserdatenbank (GWDB) und sind ebenfalls in Tab. 5-1 aufgeführt.

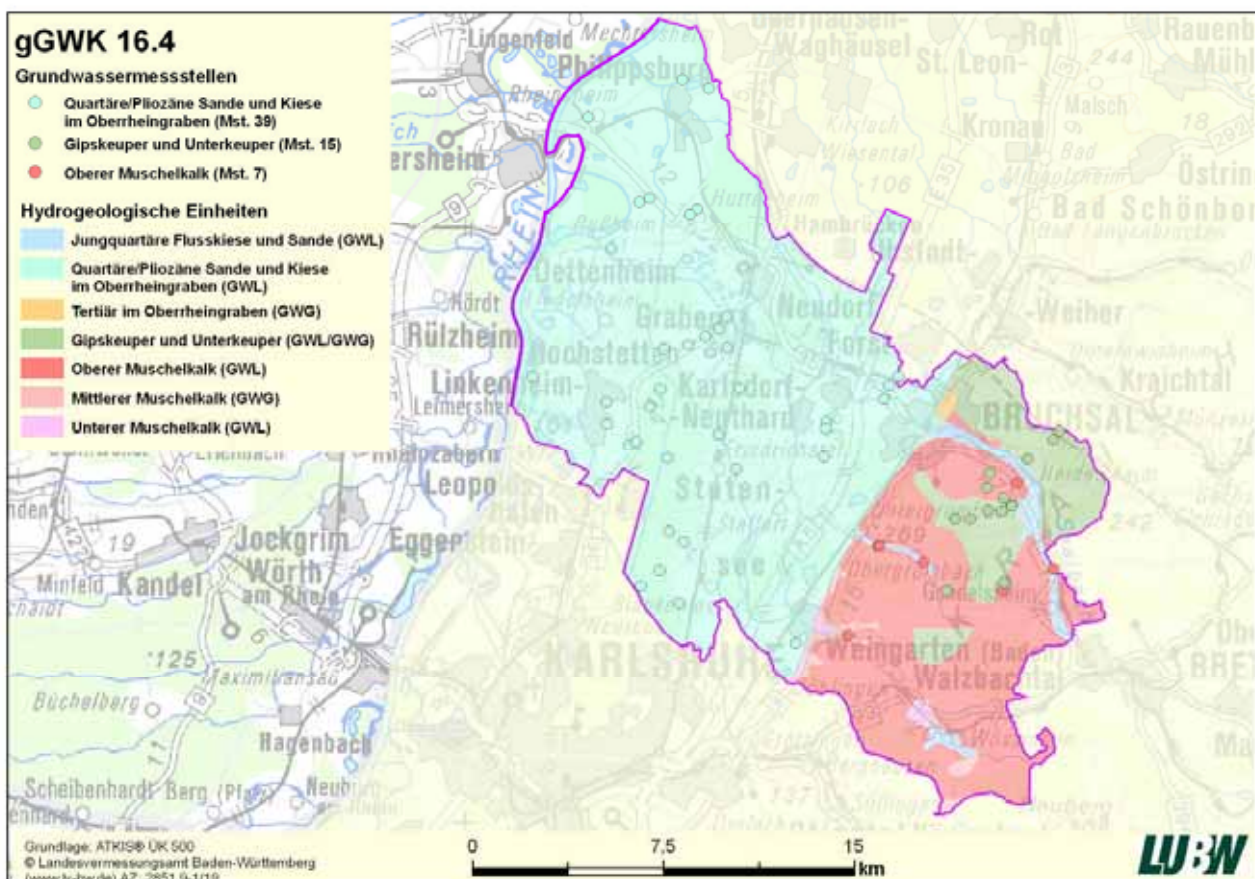


Abb. 5-1: Grundwassermessstellen mit zugeordneten Hydrogeologischen Einheiten (Quelle: LGRB).
Mst. = Messstellen, GWL = Grundwasserleiter, GWG = Grundwassergeringleiter.

Im Rahmen des Pilotvorhabens wurde vom LGRB die Zeit zwischen Eintrag des Niederschlagswassers und Austrag des Grundwassers (Mittlere Verweilzeit) abgeschätzt. Da in den meisten Fällen keine Bestimmungen der Mittleren Verweilzeiten auf der Basis von Isotopendaten vorliegen, wurden die mittleren Verweilzeiten auf anderem Wege ermittelt. Die mittlere Fließzeit in der gesättigten Zone wurde auf der Basis des Darcy-Gesetzes bestimmt, die mittlere Sickerwasserzeit in der ungesättigten Zone wurde mit Hilfe der Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung nach Hölting et al. (1995) abgeschätzt. In diesem Verfahren ist die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung eine Funktion der Mittleren Verweilzeit des Sickerwassers in der ungesättigten Zone.⁵ Die Ergebnisse dieser Abschätzung der Verweilzeit sind ebenfalls in Tab. 5-1 dargestellt.

Bei der Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung in den Einzugsgebieten bzw. Zustrombereichen der beprobten Grundwasseraufschlüsse zeigte sich jedoch schnell, dass die vorhandenen geologischen Informationen (gebietsweise der GÜK 500) vor allem in ihrer vertikalen Auflösung bei weitem nicht ausreichen, um nachvollziehbar Punktezahlen für die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung zu ermitteln. Es waren so viele und wenig belegte Annahmen über Mächtigkeit und Durchlässigkeit der verschiedenen Gesteine zu treffen, dass die Ergebnisse der Berechnung nahezu beliebig wurden. Daraufhin wurde dieser Ansatz für die restlichen gefährdeten Grundwasserkörper nicht weiter verfolgt⁶.

Tab. 5-1: Hydrogeologische Einheiten und Verweilzeiten im gGWK 16.4 Bruchsal (Quelle: LGRB⁵).

Hydrogeologische Einheit Nr.	Hydrogeologische Einheit	Verweilzeit
Hy 3	Quartäre/Pliozäne Sande und Kiese (Oberrheingraben; GWL)	im Oberen Kieslager (OKL): überwiegend MVZ = 2 – 15 a, vereinzelt größer (Hydroisotop 1992)
		bis 40 m Tiefe (OKL?): überwiegend MVZ = 5 – 15 a (Hydroisotop 1992)
		im OKL: MVZ < 50 a (Hydrogeologische Kartierung von Baden-Württemberg 1987)
		Altersschichtung in den Grundwasserstockwerken und in den Grundwasserleitern; in Recharge-Gebieten (nahe Gebirgsrand) Abstieg von jungem Grundwasser, in den Discharge-Gebieten (Rheinaue) Aufstieg von altem Grundwasser zu erwarten
		vereinzelt MVZ = 0 – 5 a; MVZ = 5 – 10 a vereinzelt MVZ = 13 – 30 a (GWDB 1991- 1994)
		Bestimmung der Verweilzeit nach dem Darcy-Gesetz und Schätzung nach Hölting et al. (1995): MVZ = wenige d - 3,5 a; MVZ = wenige d - 6 a MVZ = wenige d - 11 a
Hy 15	Gipskeuper und Unterkeuper (GWL/GWG)	überwiegend (80 % der untersuchten Proben): MVZ < 2 a (Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg 1995)
		MVZ = 8 – 10 a (Hydroisotop 1987) MVZ = 3 – 11 a (Hydroisotop 1992)
		MVZ = 7 – 9 a (GWDB 1991 - 1993)
		Bestimmung der Verweilzeit nach dem Darcy-Gesetz und Schätzung nach Hölting et al. (1995): MVZ = 3 – 10 a; MVZ = 10 – 25 a
Hy 16	Oberer Muschelkalk (GWL)	bei starker Verkarstung (50 % der untersuchten Wässer): MVZ < 2 a (Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg 1995)
		bei geringerer Verkarstung und Überdeckung mit mächtigerem Keuper: MVZ = 2 – 5 a (Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg 1995)
		MVZ = 3 - 8 a (Hydroisotop 1987)
		Quellen: MVZ = 2 – 9 a ; tiefe Brunnen z. T. jung mit MVZ < 10 a, z. T. alt mit MVZ > 50 a (Hydroisotop 1992)
		Bestimmung der Verweilzeit nach dem Darcy-Gesetz und Schätzung nach Hölting et al. (1995): vereinzelt MVZ = wenige d - 1,5 a; MVZ = 3 – 13 a; vereinzelt MVZ = 10 - 28 a

⁵ LGRB (2005): Erläuterungen - Bruchsal. – 7 S., Freiburg i. Br. – [unveröff.]

⁶ LGRB (2006): Verweilzeiten des Grundwassers im Untergrund. – 9 S., Freiburg i. Br. – [unveröff.]

5.2 NITRATKONZENTRATIONEN IM GRUNDWASSER UND SICKERWASSER

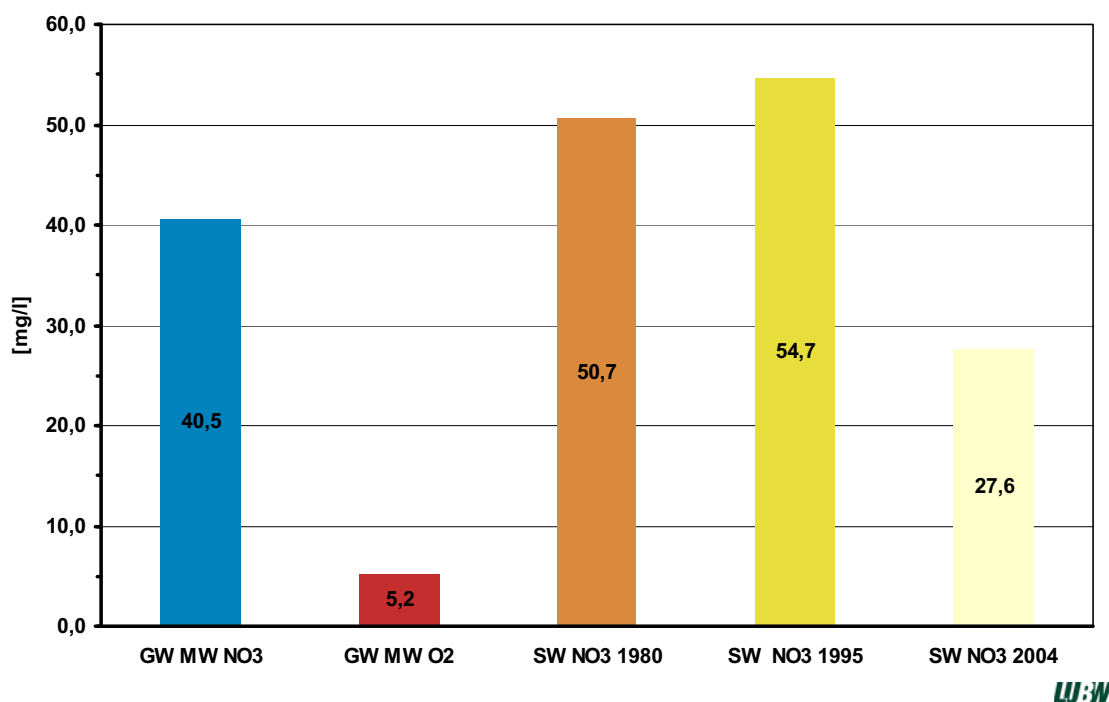
Die Rechenergebnisse aus der Emissionsbetrachtung und die gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser (Immission) wurden einer Plausibilitätsbetrachtung unterzogen. Dazu mussten die Einzugsgebiete der Messstellen bekannt sein und Angaben zur mittleren Verweilzeit vorliegen. Für Messstellen in Gebieten mit reduzierenden Verhältnissen kann dieser Abgleich nicht durchgeführt werden, da dort für die mikrobiellen Vorgänge im Grundwasser zunächst der gelöste Sauerstoff und dann das Nitrat (NO_3) als Sauerstoffquelle herangezogen wird und somit Nitrat nur in geringer Konzentration vorliegt. Das Rechenmodell berücksichtigt jedoch nur die Denitrifikation in der Bodenzone, nicht im Grundwasser. Messstellen mit einem Sauerstoffgehalt unter 2 mg/l und einer Nitratkonzentration unter 8 mg/l wurden daher nicht berücksichtigt. In der Tab. 5-2 ist das Datengerüst für die Plausibilisierung zusammengestellt.

In Abb. 5-2 ist die gemessene mittlere Nitrat- und Sauerstoffkonzentration im Grundwasser 2005 den berechneten mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der Messstelleneinzugsgebiete für 1980, 1995 und 2004 gegenübergestellt.

Tab. 5-2: Datengerüst für den Vergleich Emission – Immission.

Datengerüst	Anzahl der Messstellen.
beprobte Messstellen 2005	294
- davon mit bekanntem Einzugsgebiet	227
- davon mit Zuordnung zur Hydrogeologischen Einheit oder mit Angabe zur Verweilzeit	227
- davon $\text{O}_2 > 2 \text{ mg/l}$ und $\text{NO}_3 > 8 \text{ mg/l}$	61
- abzüglich Messstellen, deren Einzugsgebiet außerhalb des gGWK liegen	2
für Emissions- / Immissionsbetrachtung herangezogen:	59

LUBW



LUBW

Abb. 5-2: Vergleich der gemessenen mittleren (MW) Nitrat- und Sauerstoffkonzentration im Grundwasser (GW) 2005 mit der berechneten mittleren Nitratkonzentration im Sickerwasser (SW) der Messstelleneinzugsgebiete der Jahre 1980, 1995 und 2004.

5.3 ERGEBNISSE DES VERGLEICHS EMISSION - IMMISSION

Die Nitratkonzentrationen im Grundwasser wurden nach Möglichkeit mit den „maßgeblichen“ Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der Einzugsgebiete verglichen. Maßgeblich bedeutet, dass von den vorliegenden „Sickerwasserjahren“ 1980, 1995 und 2004 dasjenige für den Vergleich herangezogen wurde, das der MVZ am ehesten entspricht. So wurde beispielsweise bei einer MVZ von 2 bis 15 Jahren die Nitratkonzentration im Grundwasser 2005 mit der Nitratkonzentration im Sickerwasser von 2004 bzw. 1995 verglichen. (Abb. 5-3 und 5-4). Der gGWK 16.4 Bruchsal ist stark geprägt durch Bereiche mit denitrifizierende und teildenitrifizierende Verhältnissen (siehe Abb.2.4), dies wird auch bei der Betrachtung der Ergebnisse deutlich. An einigen Messstellen, besonders im Tiefgestade und zum Teil im Hochgestade weisen geringe Sauerstoffkonzentrationen auf Reduktion des Nitrats im Grundwasser hin, dadurch ergeben sich im Grundwasser geringere Nitratkonzentrationen als aufgrund der Belastungssituation für das Sickerwasser berechnet wurde. In manchen Gebieten im Kraichgau und Hochgestade mit einer kurzen MVZ des Grundwassers wurde für das Sickerwasser eine geringere Nitratkonzentration im Sickerwasser berechnet als im Grundwasser gemessen wurde.

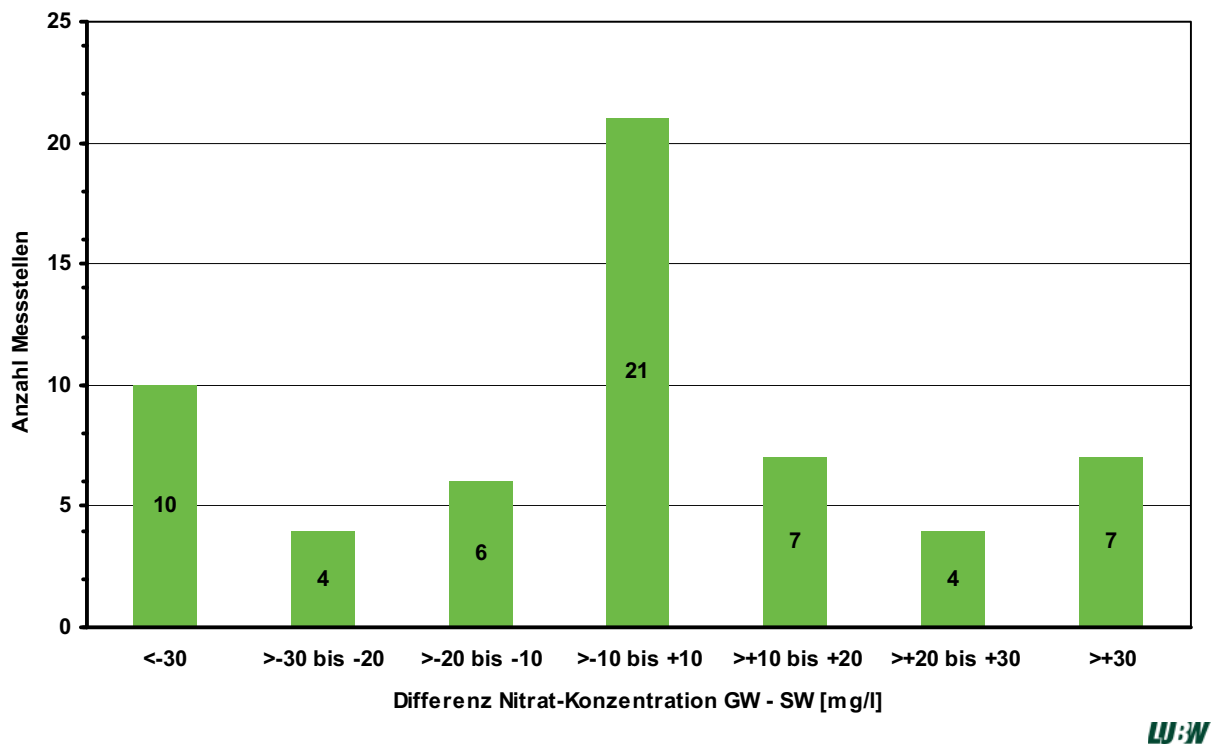


Abb. 5-3: Häufigkeiten der Differenzen zwischen den gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser 2005 und den berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser des Jahres das der MVZ am ehesten entspricht.

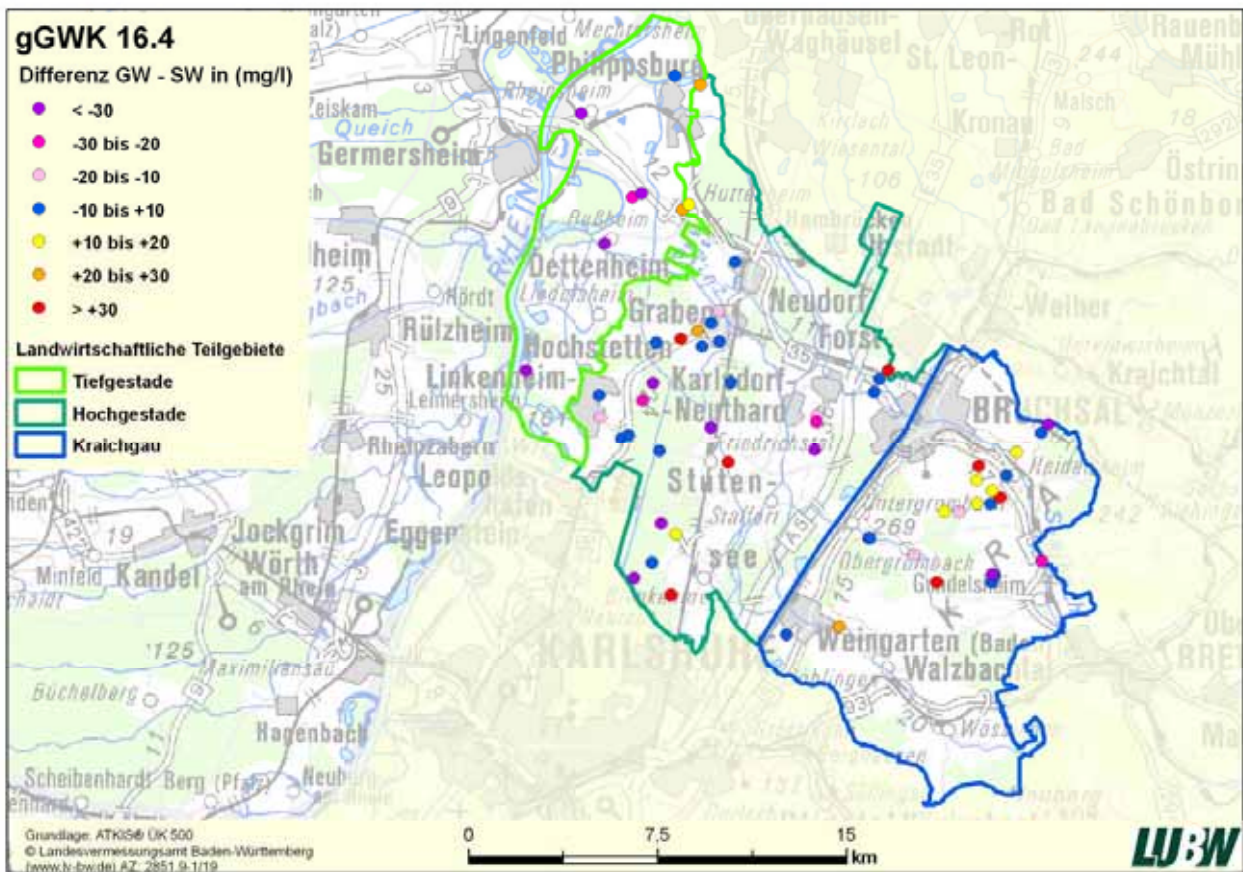


Abb. 5-4: Differenz zwischen der gemessenen Nitratkonzentration im Grundwasser 2005 und der berechneten Nitratkonzentration im Sickerwasser des jeweils maßgeblichen Jahres.

Im Allgemeinen konnten plausible Gründe für Abweichungen gefunden werden, z.B. könne höhere Nitratkonzentrationen im Grundwasser auftreten, wenn in der Vergangenheit Grünland umgebrochen und dabei Nitrat freigesetzt und ins Grundwasser ausgewaschen wurde (Abb. 5-5). Im Unterschied zu 1980 hat sich die Landnutzung im Modellierungsjahr 1995 im Einzugsgebiet der Messstelle geändert, so dass anstelle von Grünland die Hauptnutzung Acker ausgeweitet wurde.

Weitere Gründe für Abweichungen sind:

- Oftmals wurde eine kleinteilige Landnutzung wie Weinbau in den 250 * 250 m Rasterzellen nicht erfasst und die Nitratkonzentration im Sickerwasser mit der Hauptnutzung Grünland berechnet, was zu einer geringen berechneten Nitratkonzentration im Sickerwasser führt.
- In Waldgebieten können Sturmschäden oder Kahlschläge zur Freisetzung von Nitrat führen.
- In zahlreichen Fällen liegen die Sauerstoffwerte nur wenig über 2 mg/l, somit kann eine Teildenitrifikation nicht ausgeschlossen werden.
- In der Nähe von Oberflächengewässern kann eine Infiltration ins Grundwasser und damit eine Verdünnung stattfinden.
- Die Verweilzeiten sind mit Datenunsicherheiten behaftet.

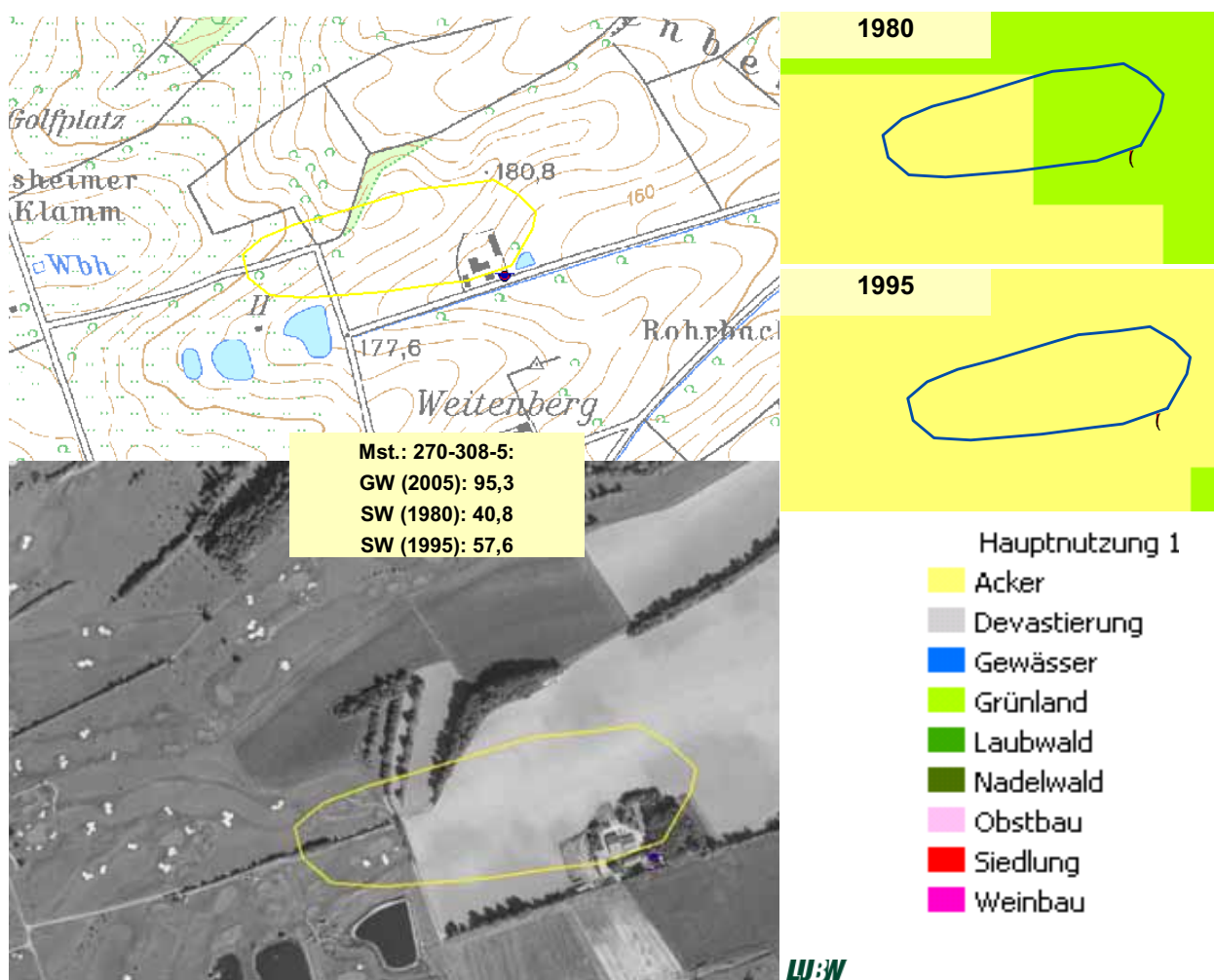


Abb. 5-5: Höhere Nitratkonzentrationen im Grundwasser können auftreten, wenn in der Vergangenheit Grünland umgebrochen und dabei Nitrat freigesetzt und ins Grundwasser ausgewaschen wurde.

6 Erfordernis weitergehender Maßnahmen der Landwirtschaft

6.1 BESCHREIBUNG DER VORGEHENSWEISE

Die Bewertung der Defizite im Grundwasser bzw. die Identifizierung derjenigen Flächen, die für den schlechten Zustand des Grundwassers verantwortlich sind, erfolgte in Baden-Württemberg nach einem in der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) abgestimmten Verfahren. Die Prüfung der Erfordernis weitergehender Maßnahmen der Landwirtschaft ist nachfolgend kurz und im Übersichtsbericht ⁷ ausführlich dargestellt:

1. Für jede Messstelle werden die Gesamtfläche des Einzugsgebiets sowie die Flächengrößen und die Flächenanteile der einzelnen Nutzungen ermittelt. Daraus wird die Hauptnutzung des Einzugsgebiets, d.h. diejenige mit dem größten Flächenanteil abgeleitet.
2. In weiteren Spalten einer EXCEL-Tabelle sind die Jahresmittelwerte der gemessenen Nitrat- und Sauerstoffkonzentrationen zusammengestellt.
3. Die Tabelle wird nach den Nitratwerten sortiert.
4. Für jede Hauptnutzung (beispielsweise Acker) wird die Fläche im Einzugsgebiet der Messstellen, bei denen die Qualitätsnorm (50 mg/l Nitrat) im Grundwasser überschritten wird bzw. bei einer Nitratkonzentration zwischen 37,5 mg/l und 50 mg/l ein steigender Trend vorliegt, aufsummiert und ins Verhältnis gesetzt zur Summe der Einzugsgebietsflächen mit Hauptnutzung „Acker“ aller Messstellen.

Auf diese Weise werden die Flächenverhältnisse für alle Hauptnutzungsformen berechnet. Bei Quotienten unter 0,3 wird davon ausgegangen, dass es sich um kleinräumige Überschreitungen handelt, bei Quotienten größer 0,3 wird angenommen, dass die Nutzung relevant für die Zielerreichung im Grundwasserkörper ist. Als weiteres Relevanzkriterium soll die Gesamtfläche der auffälligen Nutzungen mindestens 25 km² oder ein Drittel des gefährdeten Grundwasserkörpers betragen, wenn der gGWK eine Gesamtgröße von weniger als 75 km² umfasst. Damit werden lokale Belastungen durch einzelne Nutzungen nicht erfasst, die für den gesamten Grundwasserkörper nicht repräsentativ sind. Zusätzlich ist die Anzahl der Messstellen, die die jeweilige Hauptnutzung repräsentieren, zu bewerten. Nur wenn genügend Messstellen vorliegen, kann die Bewertung durchgeführt werden.

⁷ Gefährdete Grundwasserkörper in Baden-Württemberg, Zusammenfassung und Erfordernis weitergehender Maßnahmen, LUBW 2009.

6.2 ERGEBNISSE

Das Gebiet des gGWK 16.4 wurde aufgrund verschiedener naturräumlichen Gegebenheiten und der unterschiedlich ausgeprägten landwirtschaftlichen Nutzungsformen in die drei Teilgebiete Tiefgestade, Hochgestade und Kraichgau gegliedert. Die Teilbereiche wurden einzeln bewertet.

Tiefgestade und Hochgestade

Für das Tiefgestade liegt bei der **Hauptnutzungsform Acker** der Quotient mit 0,236 unter 0,3. Für das Hochgestade liegt bei der **Hauptnutzungsform Acker** der Quotient mit 0,255 unter 0,3. Die Quotienten wurden jeweils aus 5 bzw. 14 Messstellen ermittelt, womit die Repräsentativität gegeben ist (Tab. 6-1).

Tab. 6-1: Ergebnistabelle der Prüfung der Erfordernis weitergehender Maßnahmen in der Landwirtschaft.

Nutzung (Landsat 2000, klass. nach HN)	Quotient der Hauptnutzung	Anzahl Messstellen gesamt	Gesamtfläche [km ²]	Gesamtfläche [%]
Tiefgestade:				
Siedlung (HN 1)	---	---	8,717	11,59
Laubwald (HN 2)	0,000	2	14,647	19,48
Nadelwald (HN 3)	0,000	2	2,022	2,69
Acker (HN 4)	0,236	5	30,788	40,95
Weinbau (HN 5)	---	---	1,407	1,87
Obstbau (HN 6)	---	---	0,051	0,07
Grünland (HN 7)	---	---	10,821	14,39
Gewässer (HN 8)	---	---	6,476	8,61
Devastierung (HN 9)	---	---	0,258	0,34
Hochgestade:				
Siedlung (HN 1)	0,271	4	29,74	18,57
Laubwald (HN 2)	0,000	8	45,73	28,55
Nadelwald (HN 3)	0,000	3	21,03	13,13
Acker (HN 4)	0,255	14	45,11	28,17
Weinbau (HN 5)	---	---	1,41	0,88
Obstbau (HN 6)	---	---	0,01	0,00
Grünland (HN 7)	---	---	13,91	8,68
Gewässer (HN 8)	---	---	2,64	1,65
Devastierung (HN 9)	---	---	0,59	0,37



Kraichgau

Bei der **Hauptnutzungsform Acker** wurde ein Quotient von 0,348 errechnet. Dieser wurde aus den Daten von 15 Messstellen ermittelt, womit die Repräsentativität gegeben ist (Tab. 6-2). Die Gesamtfläche der Hauptnutzung Acker beträgt 50,91 km², damit ist auch das Flächenminimum von 25 km² überschritten.

Tab. 6-2: Ergebnistabelle der Prüfung der Erfordernis weitergehender Maßnahmen in der Landwirtschaft.

Nutzung (Landsat 2000, klass. nach HN)	Quotient der Hauptnutzung	Anzahl Messstellen gesamt	Gesamtfläche [km ²]	Gesamtfläche [%]
Kraichgau:				
Siedlung (HN 1)	---	---	16,17	12,22
Laubwald (HN 2)	0,006	7	31,23	23,60
Nadelwald (HN 3)	0,000	1	2,81	2,12
Acker (HN 4)	0,348	15	50,91	38,47
Weinbau (HN 5)	---	---	8,99	6,79
Obstbau (HN 6)	---	---	0,01	0,01
Grünland (HN 7)	---	---	21,70	16,40
Gewässer (HN 8)	---	---	0,04	0,03
Devastierung (HN 9)	---	---	0,47	0,36

LUBW

Die Teilgebiete Tiefgestade und Hochgestade sind durch denitrifizierende Verhältnisse geprägt. Das Gebiet muss weiterhin beobachtet werden, da es durch Sauerstoffeintrag oder einer Erhöhung der Düngung zu einer Trendwende kommen kann. Eine Neuabgrenzung des gGWK 16.4 ist daher nicht erforderlich.

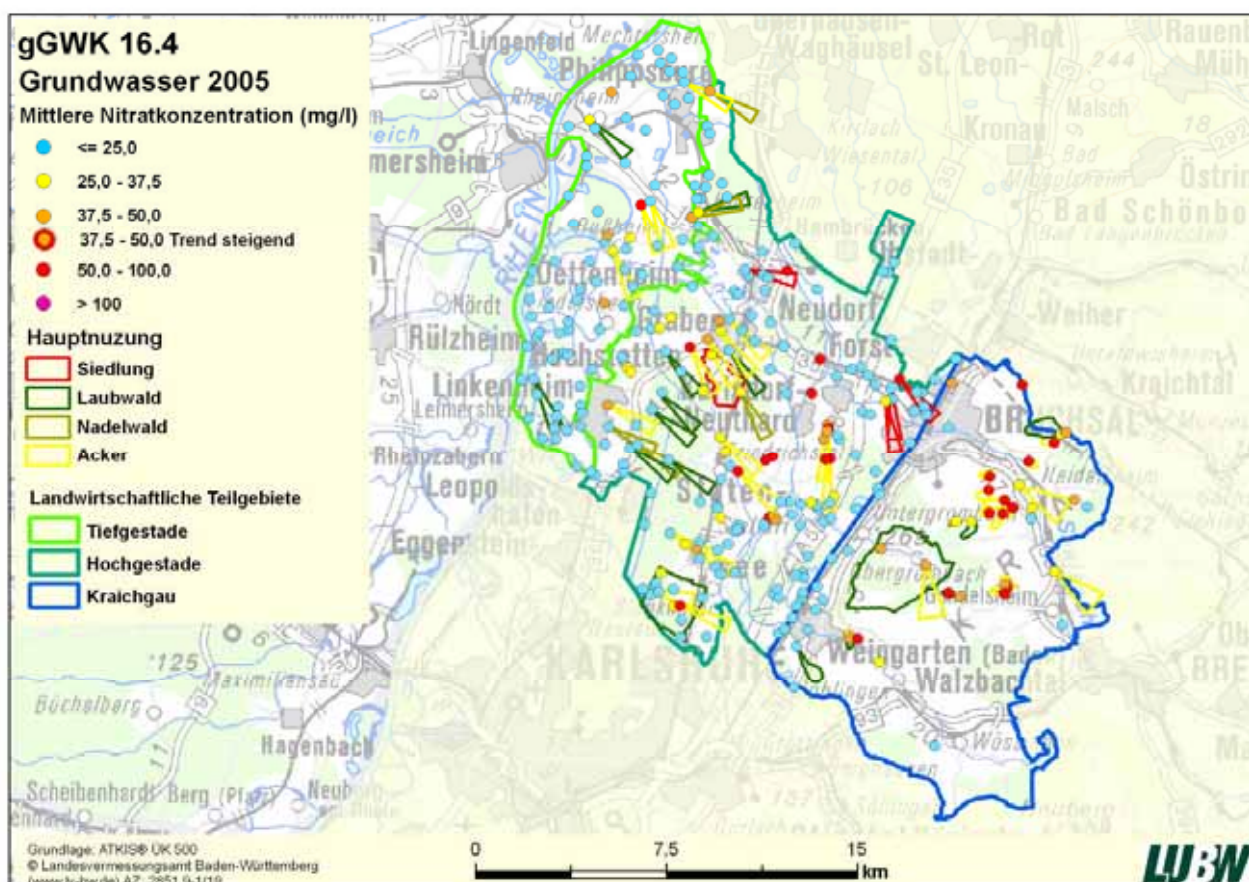


Abb. 6-1: Einzugsgebiete der Messstellen mit der nach dem LAWA-Verfahren ermittelten Hauptnutzung.

Fazit

Im gGWK 16.4 Bruchsal wird der „gute Zustand im Sinne der WRRL noch nicht erreicht. Die Hauptnutzung Acker mit einem Quotient von 0,348 und einer Gesamtgröße von 50,91 km² wird als relevant für die Überschreitung der Nitratkonzentration im Grundwasser ermittelt.

Zur Zielerreichung sind daher, neben den derzeit durchgeführten Maßnahmen, weitergehende Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratreinträge im Bereich der Ackernutzung erforderlich. Unter Berücksichtigung der natürlichen Gegebenheiten (Verweilzeiten) werden die Maßnahmen aber nicht sofort im Grundwasser wirksam, so dass man den „guten Zustand“ voraussichtlich erst im Jahre 2027 erreichen wird.

