

# Gefährdeter Grundwasserkörper

## 8.2 Kraichgau



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 Emmission  
LTZ Augustenberg Landwirtschaftliches Technologiezentrum  
Neßlerstraße 23-31  
76227 Karlsruhe

**STAND**

Januar 2009

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

<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>		<b>4</b>
<b>1</b>	<b>ALLGEMEINE INFORMATIONEN</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>IMMISSION - NITRATKONZENTRATIONEN IM GRUNDWASSER</b>	<b>7</b>
2.1	Grundwassermessstellen	7
2.2	Nitratkonzentrationen im Grundwasser 2006	8
<b>3</b>	<b>GRUNDWASSERNUTZUNG</b>	<b>10</b>
3.1	Langjährige Entwicklung	11
<b>4</b>	<b>EMISSION</b>	<b>12</b>
4.1	Vorgehen bei der Berechnung	12
4.2	Stickstoffausträge	13
4.3	Berechnete Nitratkonzentrationen im Sickerwasser	14
<b>5</b>	<b>VERGLEICH EMISSION – IMMISSION</b>	<b>16</b>
5.1	Mittlere Verweilzeiten	16
5.2	Nitratkonzentrationen im Grundwasser und Sickerwasser	17
5.3	Ergebnisse des Vergleichs Emission - Immission	18
<b>6</b>	<b>ERFORDERNIS WEITERGEHENDER MAßNAHMEN DER LANDWIRTSCHAFT</b>	<b>21</b>
6.1	Beschreibung der Vorgehensweise	21
6.2	Ergebnisse	22

# Zusammenfassung

Im Rahmen der weitergehenden Beschreibung der Grundwassersituation in den gefährdeten Grundwasserkörpern (gGWK) wurden 2006 im Mai, August und November drei Messungen auf die Stickstoff-Parameter Nitrat, Nitrit und Ammonium sowie auf den gelösten Sauerstoff durchgeführt. Das Grundwasser erwies sich im gGWK 8.2 Kraichgau an 35,4 % der beprobten Grundwassermessstellen bezüglich Nitrat als gefährdet im Sinne der „Tochtrichtlinie Grundwasser“<sup>1</sup> der Wasserrahmenrichtlinie – WRRL<sup>2</sup>. Rund 63 % dieser Messstellen mit überhöhten Nitratkonzentrationen liegen außerhalb und 37 % innerhalb von Sanierungs- bzw. Problemgebieten gemäß Einstufung der Wasserschutzgebiete nach der SchALVO<sup>3</sup>.

Bei der langfristigen Entwicklung der mittleren Nitratkonzentration im Grundwasser von 1994 bis 2006 zeigte sich innerhalb der Wasserschutzgebiete eine leichte Abnahme der Nitratkonzentration im Grundwasser. Außerhalb der Wasserschutzgebiete ist dagegen eine leichte Zunahme zu beobachten. Allgemein gilt zu beachten, dass für die Ermittlung der langjährigen Entwicklung, nur eine geringe Anzahl an Messstellen zur Verfügung stand.

Die Landwirtschaftsverwaltung hat die N-Emissionen der Gegenwart und Vergangenheit berechnet, um die Ursachen für die Nitratbelastung des Grundwassers zu ermitteln und in ihrer Relevanz einschätzen zu können. Die Trendentwicklung in der Emission ermöglicht eine Abschätzung der Trendentwicklung im Grundwasser unter Berücksichtigung der Verweilzeiten. Anhand der derzeitigen N-Emissionssituation ist der aus landwirtschaftlicher Sicht notwendige Maßnahmenumfang abschätzbar und kann als Grundlage für eine gezielte Maßnahmenplanung herangezogen werden. Die Stickstoffausträge und Nitratkonzentrationen im Sickerwasser für 1980, 1995 und 2005 hat das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) mit dem Modell STOFFBILANZ\_BW berechnet. Die Ergebnisse der Modellrechnung zeigen für den gGWK 8.2 einen flächendeckenden Rückgang der Emissionsbelastung. Dies deckt sich innerhalb der Wasserschutzgebiete mit dem festgestellten leicht rückläufigen Trend der Nitratkonzentration im Grundwasser.

Die Immissionsergebnisse, d.h. die gemessenen Nitratkonzentrationen im Grundwasser, wurden unter Berücksichtigung der mittleren Verweilzeit (MVZ) und der Denitrifikation den Emissionsdaten, d.h. den für die Jahre 1995 und 2005 berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser gegenübergestellt. Der Vergleich zeigte, dass die berechnete Nitratkonzentration im Sickerwasser zum Teil gut mit der gemessenen Nitratkonzentration im Grundwasser übereinstimmt, während an einigen Messstellen im südlichen und nordwestlichen Teil des gGWK 8.2 die Nitratkonzentration im Sickerwasser zu niedrig berechnet wurde. Größere Abweichungen ließen sich in den meisten Fällen erklären.

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

---

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> 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

## **Fazit**

**Im gGWK 8.2 Kraichgau wird der „gute Zustand“ im Sinne der WRRL noch nicht erreicht. Die Hauptnutzung Acker mit einem Quotient von 0,312 und einer Gesamtgröße von 245,03 km<sup>2</sup> 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 Nitrateinträge 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

Der gefährdete Grundwasserkörper (gGWK) 8.2 Kraichgau liegt im Regierungsbezirk Karlsruhe (Abb. 1-1) und umfasst eine Fläche von 455,74 km<sup>2</sup>. Er gehört zum Hydrogeologischen Großraum Süddeutsches Schichtstufen- und Bruchschollenland und zum Hydrogeologischen Teilraum Keuperbergland.

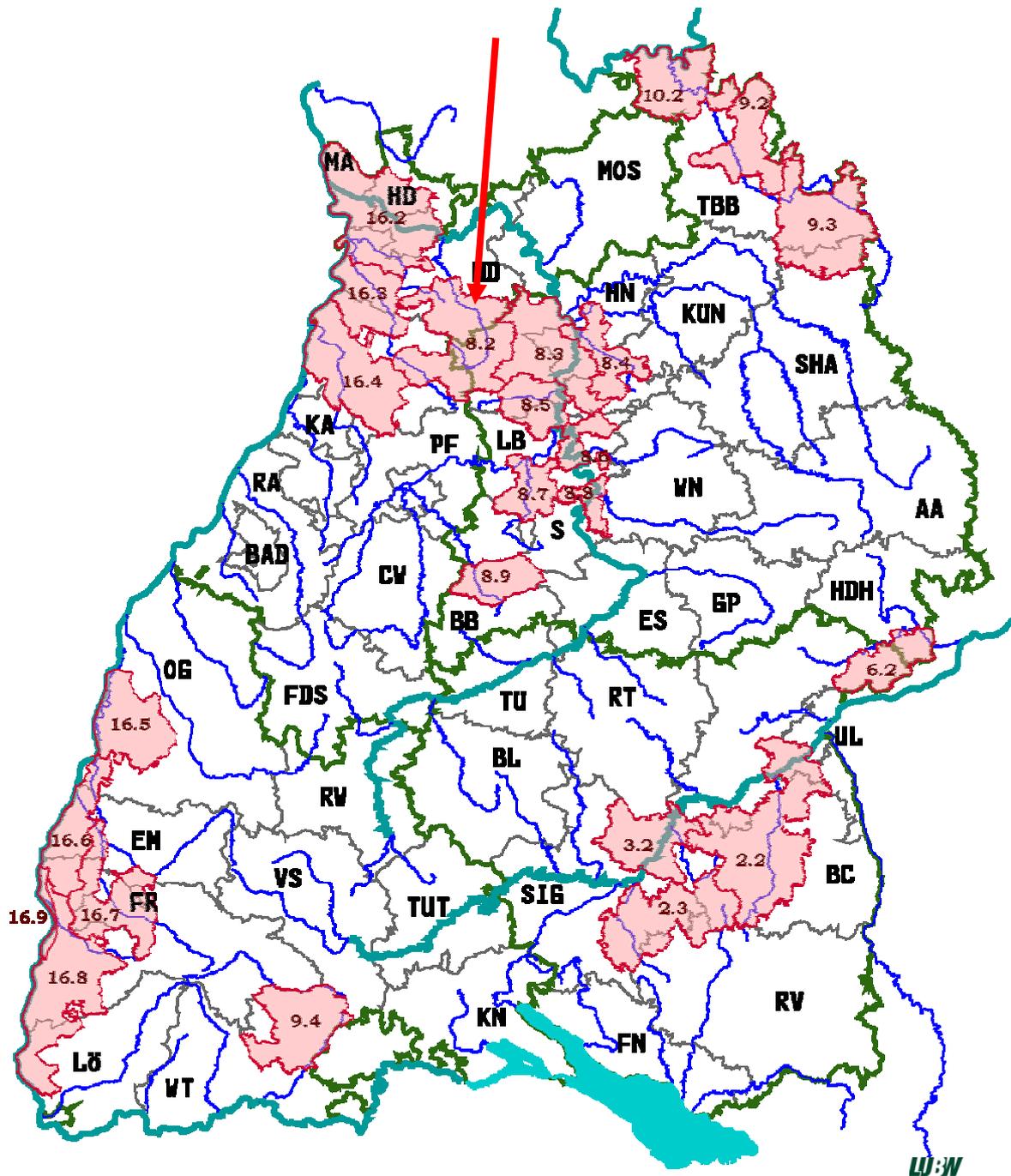


Abb. 1-1: Gefährdete Grundwasserkörper in Baden-Württemberg mit Lage des gGWK 8.2 Kraichgau.

Die Landwirtschaftliche Nutzfläche liegt in diesem gefährdeten Grundwasserkörper bei 69 % (Abb. 1-2) und damit weit über dem Landesdurchschnitt von 46,8 %.

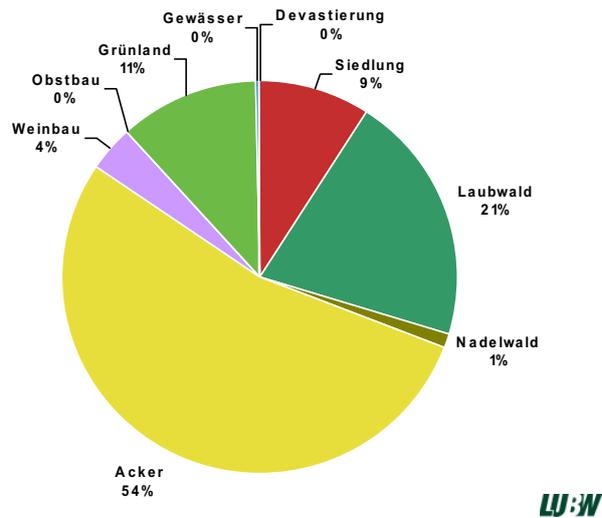


Abb. 1-2: Landnutzungsanteile im gefährdeten Grundwasserkörper 8.2 nach Landsat 2000.

## 2 Immission - Nitratkonzentrationen im Grundwasser

### 2.1 GRUNDWASSERMESSTELLEN

Für den vorliegenden Bericht des gGWK 8.2 wurden die Informationen und Daten von 82 Grundwassermessstellen herangezogen. Bei 65 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.

Tab. 2-1: Bauformen der Grundwassermessstellen im gGWK 8.2 Kraichgau.

Topologie	Bauform	Anzahl der Aufschlüsse
GW-Messort mit Standardbauwerk	Bohrbrunnen mit Filter	46
GW-Messort mit Standardbauwerk	Quelle	19
GW-Messort mit Standardbauwerk	Schachtbrunnen	7
GW-Messort mit Standardbauwerk	Beobachtungsrohr	3
GW-Messort mit Standardbauwerk	Entnahmestelle	3
GW-Messort mit Standardbauwerk	nicht bekannt	2
GW-Messort mit örtlich getrennter Probennahmestelle	Bohrbrunnen mit Filter	1
GW-Messort mit örtlich getrennter Probennahmestelle	Quelle	1

LUBW

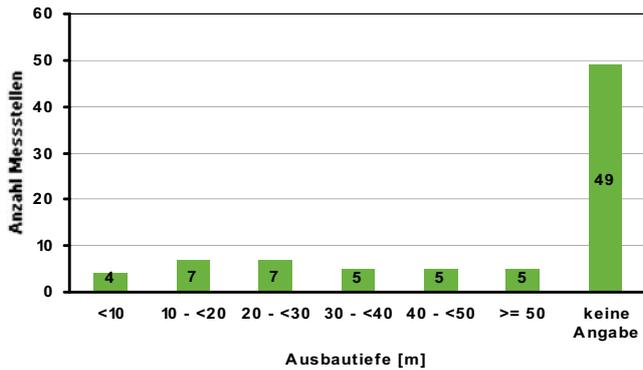


Abb. 2-1:  
Ausbautiefen der Grundwassermessstellen  
im gGWK 8.2 Kraichgau.

LUBW

## 2.2 NITRATKONZENTRATIONEN IM GRUNDWASSER 2006

Zur Auswertung der Messdaten im gGWK 8.2 wurden alle in der WIBAS-Referenzdatenbank vorliegenden Werte der o.g. 82 Messstellen für Nitrat, Nitrit, Ammonium und Sauerstoff aus dem Jahr 2006 exportiert. Ein Teil der Messstellen entstammt dem Landesmessnetz. Zur Verdichtung des Messnetzes wählten die Unteren Verwaltungsbehörden weitere Messstellen zusätzlich aus, die im Mai, August und November 2006 untersucht wurden. Vielfach konnten aus unterschiedlichen Gründen statt der vorgesehenen drei nur zwei Beprobungen stattfinden. Eine Übersicht über die durchgeführten Probennahmen zeigt Abb. 2-2, die Ergebnisse der Beprobungen sind in Abb. 2-3 und 2-4 zusammengestellt.

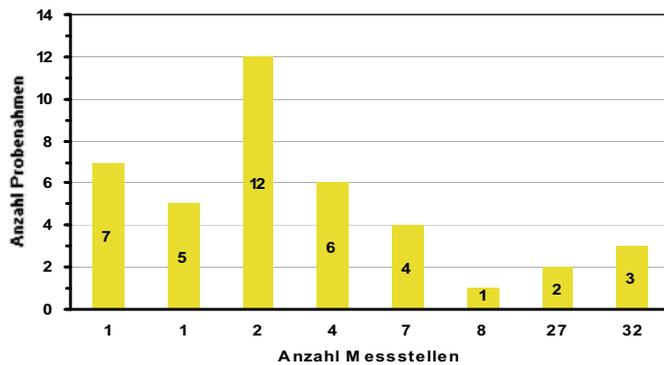


Abb. 2-2:  
Häufigkeit der Probennahmen im Jahr 2006.

LUBW

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 8.2 Kraichgau ließ sich bei vier Grundwassermessstellen ein steigender Trend im Grundwasser feststellen. Bei neun Messstellen wurde dem gegenüber ein fallender Trend ermittelt.

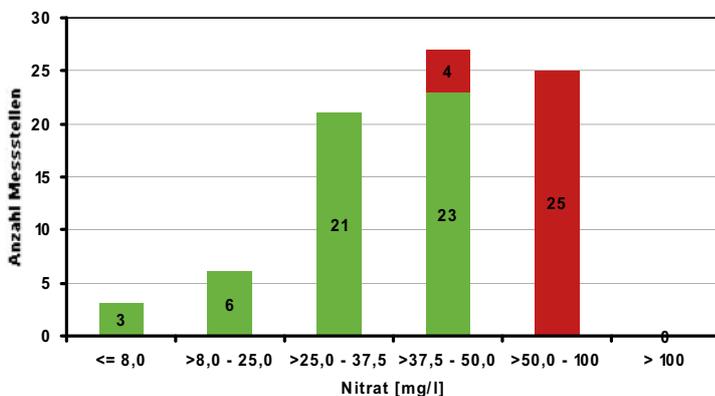


Abb. 2-3:  
Verteilung der Nitratkonzentrationen (Jahresmittelwerte 2006) im gGWK 8.2 Kraichgau.

LUBW

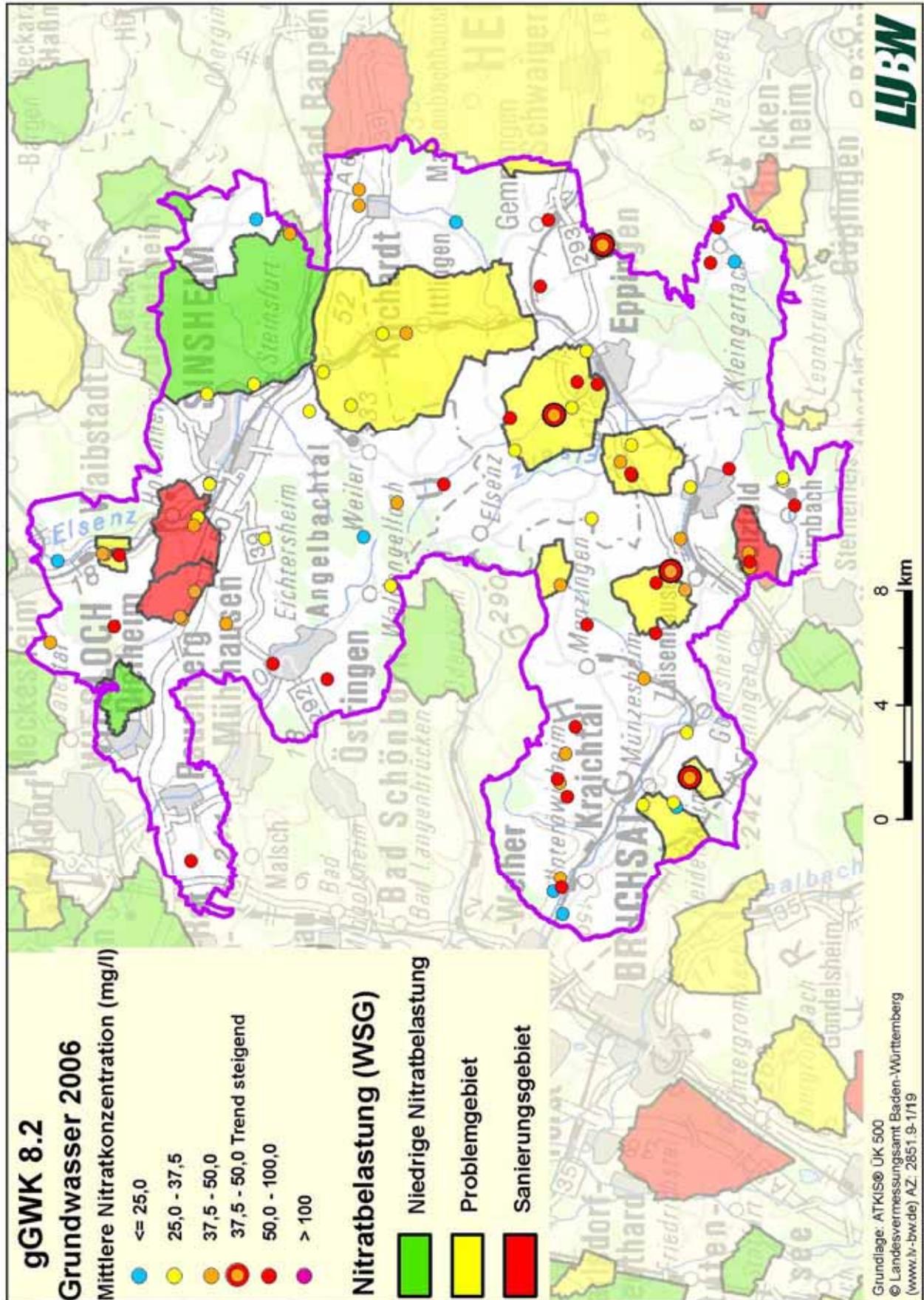


Abb. 2-4: Verteilung der Nitratkonzentrationen (Jahresmittelwerte 2006) im Grundwasser sowie Wasserschutzgebiete (festgesetzt), gegliedert nach der Nitratbelastung des Grundwassers (Stand 2008).

# 3 Grundwassernutzung

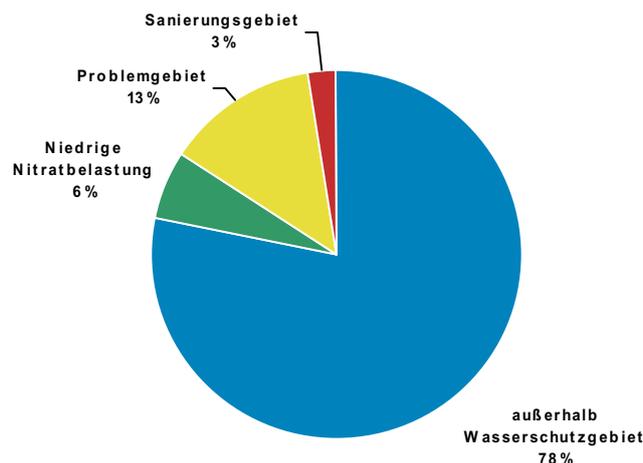
In Baden-Württemberg regelt die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) seit 1988 in allen rechtskräftig festgesetzten und vorläufig angeordneten Wasserschutzgebieten (WSG) die Landwirtschaft. Ziel ist der den Schutz des Grundwassers u.a. vor Nitratreinträgen sowie die schnellstmöglichen Sanierung 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 8.2 Kraichgau befinden sich insgesamt 18 Wasserschutzgebiete mit einer Gesamtfläche von 10.049,46 ha, davon liegen 14 vollständig bzw. mit dem größten Flächenanteil im gefährdeten Grundwasserkörper. Bei einem Sanierungsgebiet, zwei Problemgebieten und einem WSG mit Niedriger Nitratbelastung liegen nur die äußersten Randbereiche im östlichen Teil gGWK 8.2 (Abb. 2-4). In Tab. 3-1 sind Anzahl und Flächen der Sanierungs- und Problemgebiete sowie der Wasserschutzgebiete mit Niedriger Nitratbelastung zusammengestellt. Abb. 3-1 gibt einen Überblick über die Anteile der Wasserschutzgebiete im gGWK 8.2 Kraichgau.

Tab. 3-1: Wasserschutzgebiete (festgesetzt) im gGWK 8.2 Kraichgau (Stand Januar 2008).

WSG	Anzahl WSG	Fläche WSG [ha]	LF (GA 2007) <sup>4</sup>
Niedrige Nitratbelastung	3	2.807	1.386
Problemgebiet	11	6.090	3.975
Sanierungsgebiet	4	1.153	768
WSG gesamt	18	10.050	6.142

LUBW



LUBW

Abb. 3-1: Anteil der Wasserschutzgebiete (festgesetzt) an der Gesamtfläche im gGWK 8.2 Kraichgau (Stand Januar 2008).

<sup>4</sup> 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 35,4 % der Messstellen wurde die Qualitätsnorm für Nitrat von 50 mg/l im Grundwasser überschritten bzw. lag zwischen 37,5 mg/l und 50 mg/l Nitrat ein steigender Trend vor. Abb. 3-2 zeigt die Verteilung dieser Grundwassermessstellen auf die Nitratbelastungsklassen der Wasserschutzgebiete gemäß SchALVO. In Sanierungs- und Problemgebieten liegen insgesamt 37 % der Messstellen mit gefährdetem Grundwasser, außerhalb von Wasserschutzgebieten liegen 63 %. In Wasserschutzgebieten mit Niedriger Nitratbelastung tritt bei keiner Messstelle eine Überschreitungen der Qualitätsnorm für Nitrat im Grundwasser auf.

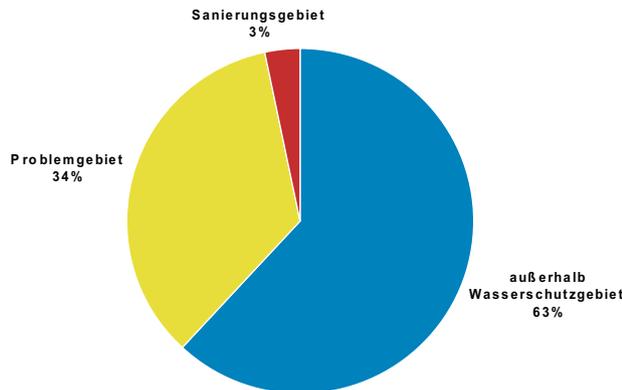
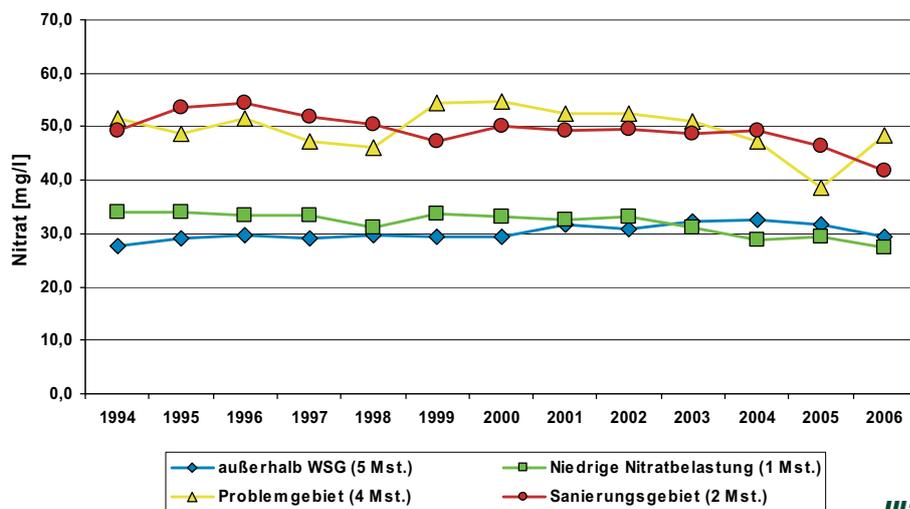


Abb. 3-2: Verteilung der Grundwassermessstellen mit hinsichtlich der Nitratbelastung als gefährdet bewerteten Grundwassers auf die verschiedenen Einstufungen der Wasserschutzgebiete gemäß SchALVO.

LW:W

### 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 Abb. 3-3 dargestellt. Dabei wurde unterschieden in Messstellen außerhalb von Wasserschutzgebieten sowie innerhalb entsprechend ihrer Einstufung gemäß SchALVO (Stand Januar 2008). Allgemein gilt zu beachten, dass für diese Auswertung im gGWK 8.2 Kraichgau nur eine geringe Anzahl an Messstellen zur Verfügung stand, die den oben genannten Bedingungen entsprechen. Über den gesamten Zeitraum betrachtet ist bei den Messstellen in den Wasserschutzgebieten eine leichte Abnahme der Nitratkonzentration im Grundwasser zu erkennen, während an den 5 Messstellen außerhalb der Wasserschutzgebiete ein leichter Anstieg der Nitratwerte im Grundwasser zu verzeichnen ist.



LW:W

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 8.2 wurden berücksichtigt:

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

Im Modellansatz wird angenommen, dass der jährliche ermittelte Stickstoffüberschuss komplett ausgetragen wird. Die Emissionsberechnungen erfolgten für die Jahre 1980, 1995, 2005. Aufgrund unbefriedigender Qualität der Satellitenbilddatenauswertungen für 1980 (zu viel Grünland, zu wenig Ackerland) wurde auf die Darstellung der entsprechenden Karten und der Mittelwerte zum Stickstoffüberschuss und zu den Nitratkonzentrationen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) und Gesamtfläche verzichtet. Details zum Modellierungsansatz sowie zu den Datengrundlagen und Ergebnissen sind dem Bericht des LTZ „Modellierung des N-Austrags im gefährdeten Grundwasserkörper Kraichgau (8.2)“ zu entnehmen.

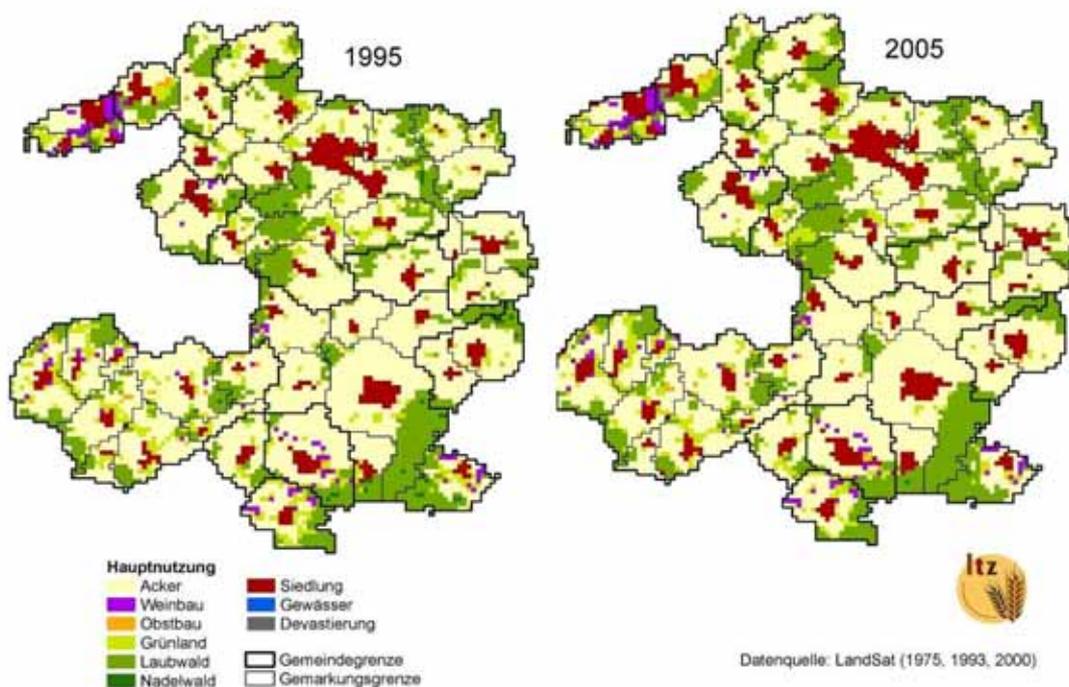


Abb. 4-1: Landnutzung für die Modellrechnungen 1995 und 2005.

#### 4.2 STICKSTOFFAUSTRÄGE

Abb. 4-2 zeigt die flächendeckend berechneten Stickstoffüberschüsse für die Bewirtschaftungsjahre 1995 und 2005. Das Jahr 1995 repräsentiert die Situation einige Jahre nach Einführung der SchALVO 1988 und das Jahr 2005 zeigt die aktuelle Situation. Während für 1995 unter Acker- und Weinbau flächenhaft noch höhere Stickstoffüberschüsse berechnet wurden, ergeben sich für 2005 mit Ausnahme der v.a. im Bereich des Weinbaus noch vorhandenen lokalen Belastungsschwerpunkte nur noch geringe Stickstoffüberschüsse. Da Grünland und die nichtlandwirtschaftlichen Nutzungen deutlich geringere Stickstoffüberschüsse aufweisen als die übrige landwirtschaftlich genutzte Fläche, ergibt sich die starke räumliche Differenzierung der Stickstoffausträge in Abb. 4-2 vor allem aus dem Mosaik der verschiedenen Hauptnutzungsformen in Abb. 4-1 und deren unterschiedlichen Stickstoffüberschüssen.

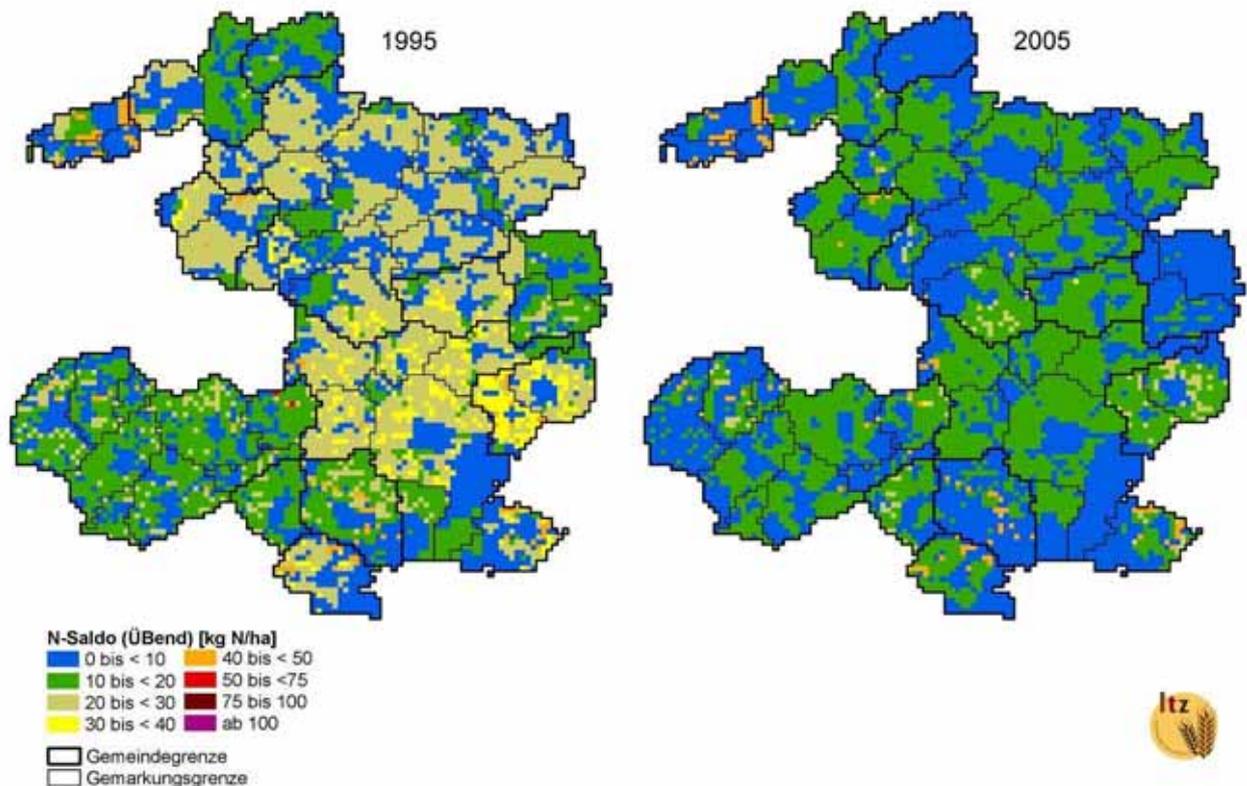


Abb. 4-2: Berechnete Stickstoffausträge für 1995 und 2005.

#### Trendentwicklung 1995 - 2005:

Insgesamt zeigt sich eine flächendeckende Verringerung der Stickstoffüberschüsse von 1995 bis 2005. Der mittlere Stickstoffaustrag reduziert sich für die Gesamtfläche von 17 kg N/ha auf 10 kg N/ha, für die landwirtschaftlichen Nutzungen von 20 kg N/ha auf 12 kg N/ha LF und für den Ackerbau von 23 kg N/ha auf 13 kg N/ha. Dies ist im wesentlichen auf eine zunehmend am Pflanzenbedarf ausgerichtete Stickstoffdüngung zurückzuführen. 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.

### 4.3 BERECHNETE NITRATKONZENTRATIONEN IM SICKERWASSER

Abb. 4-3 zeigt die berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser für die Bewirtschaftungsjahre 1995 und 2005. Der rückläufige Trend wird auch hier deutlich. Der Flächenanteil der Raster, die eine Nitratkonzentration oberhalb von 50 mg/l NO<sub>3</sub> aufweisen, ist im Betrachtungszeitraum von anfänglichen 6 % (1995) auf 2 % (2005) zurück gegangen.

#### Emissionsbelastung 2005

Bezogen auf die Hauptnutzungsform Weinbau liegt für das Modellierungsjahr 2005 der Flächenanteil mit einer Nitratkonzentration größer 50 mg/l NO<sub>3</sub> bei 99 %. Bei den anderen Hauptnutzungsformen gab es für den gesamten gGWK keinen relevanten Anteil (> 30 %) an Überschreitungen.

#### **Zusammenfassung Emission**

**Im gGWK 8.2 sind die berechneten Stickstoffüberschüsse flächenhaft deutlich rückläufig und bereits jetzt mit Ausnahme der v.a. im Bereich des Weinbaus noch vorhandenen lokalen Belastungsschwerpunkte auf vergleichsweise niedrigem Niveau. Insofern dürfte es - insbesondere bei Umsetzung grundwasserentlastender Maßnahmen - bei grundsätzlicher Beibehaltung der aktuellen Landnutzung und Bewirtschaftungsweise (Kulturarten, bedarfsgerechte Düngung) in absehbarer Zeit gelingen, den „guten Zustand“ im Grundwasser nach WRRL zu erreichen.**

**Im gGWK 8.2 werden ca. 56% der Gesamtfläche landwirtschaftlich genutzt. 24% der landwirtschaftlich genutzten Fläche liegen in rechtskräftigen Wasserschutzgebieten, davon liegen 5 % in WSG mit Niedriger Nitratbelastung, 15 % im Problemgebiet und 3 % im Sanierungsgebiet. Die Auswirkungen der SchALVO-Maßnahmen sind flächenmäßig begrenzt. Die Anwendung grundwasserrelevanter Maßnahmen aus dem flächendeckenden MEKA-Programm (z.B. Begrünung, Mulchsaat) ist deshalb wichtig.**

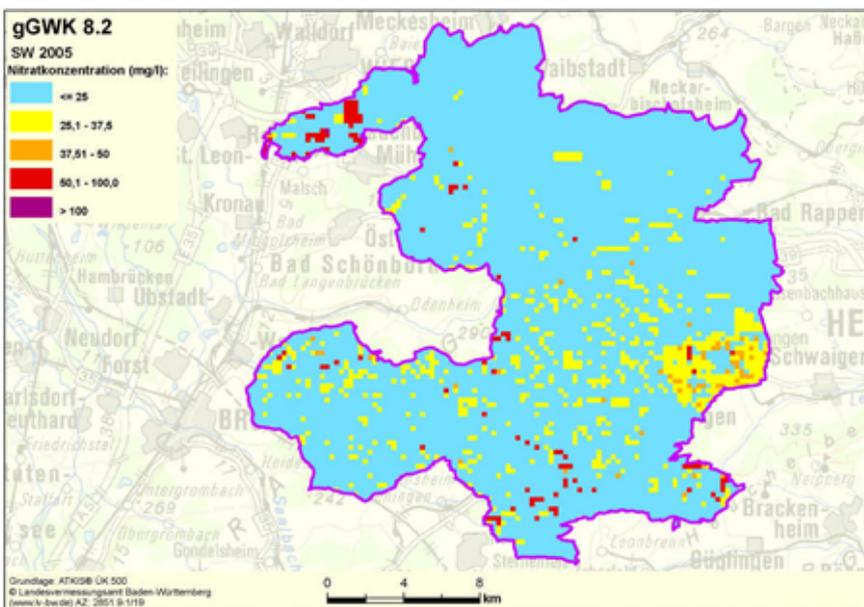
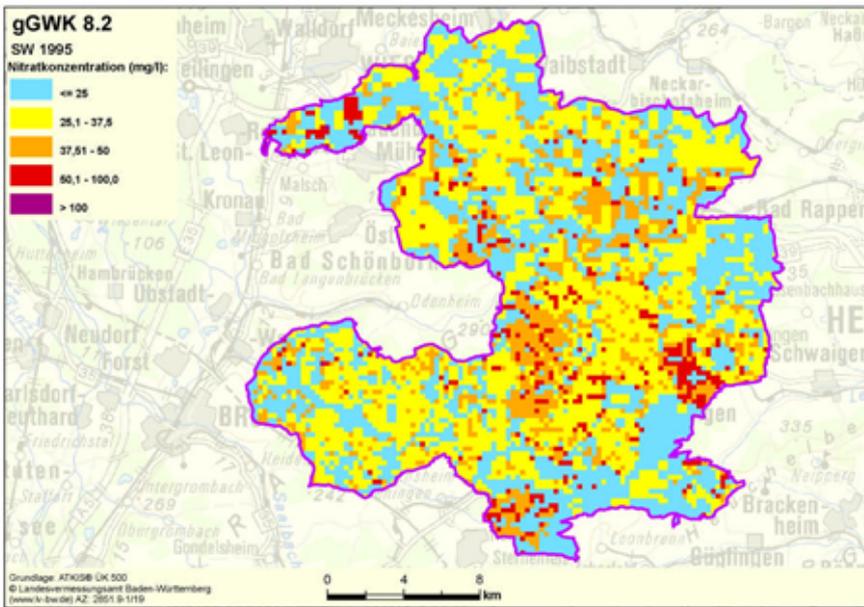


Abb. 4-3: Berechnete Nitratkonzentrationen im Sickerwasser 1995 und 2005 (Daten: LTZ).

# 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 8.2 Kraichgau und ihre Lage in den Hydrogeologischen Einheiten. Die Angaben des LGRB zu den MVZ entsprechend den Hydrogeologischen Einheiten sind in Tab. 5-1 aufgelistet. Für manche Messstellen liegen Tritium-Messungen vor. Mit Tritium ( $^3\text{H}$ ) 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.

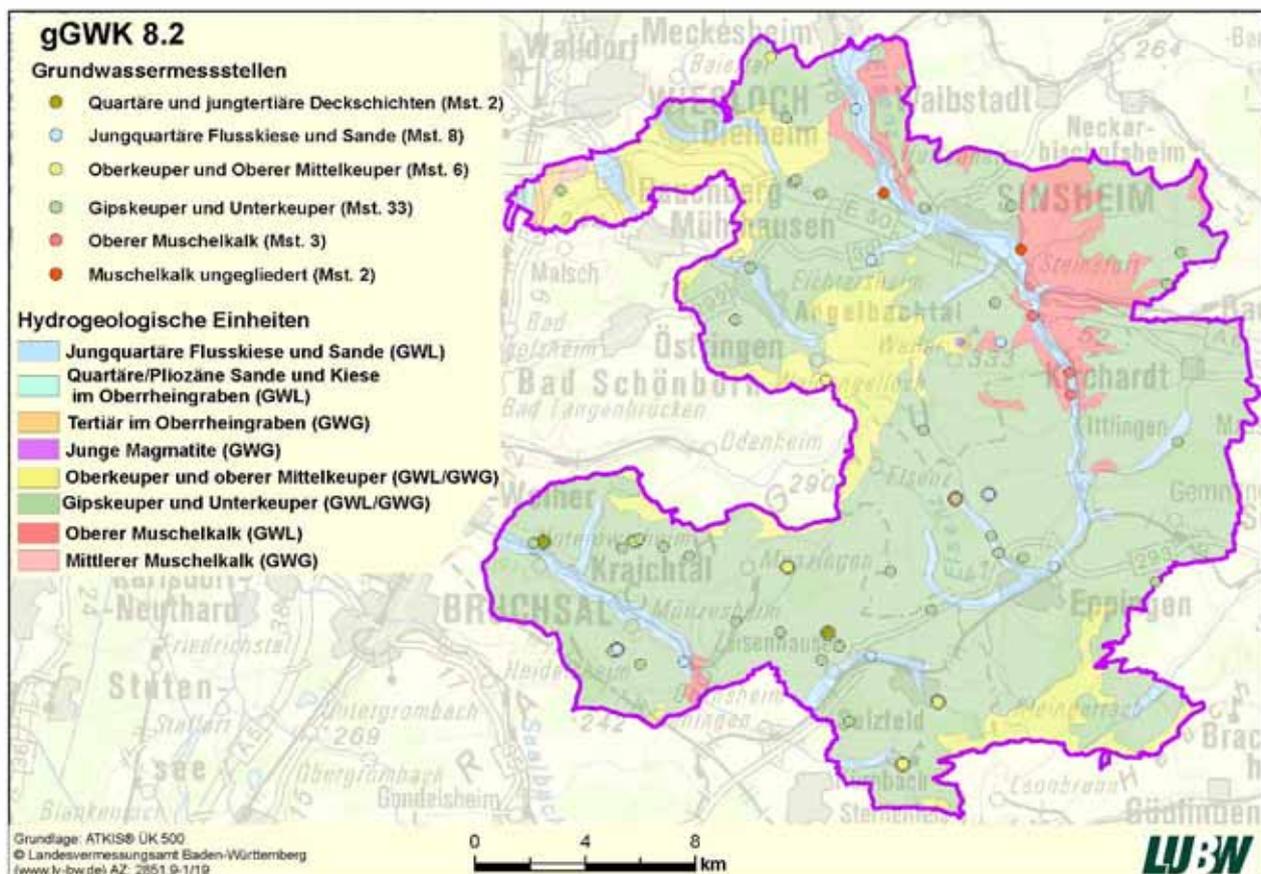


Abb. 5-1: Grundwassermessstellen mit zugeordneten Hydrogeologischen Einheiten (Quelle: LGRB).  
 Mst. = Messstellen, GWL = Grundwasserleiter, GWG = Grundwassergeringleiter.

Tab. 5-1: Hydrogeologische Einheiten und Verweilzeiten im gGWK 8.2 Kraichgau (Quelle: LGRB)<sup>5</sup>.

Hydrogeologische Einheit Nr.	Hydrogeologische Einheit	Verweilzeit
Hy 5	Jungquartäre Flusssande und -sande (GWL)	Keine systematischen Untersuchungen, MVZ jedoch vermutlich ähnlich wie in Hy 4 (< 4; 5 – 15; > 50) oder bei größeren Anteilen von jungem Uferfiltrat jünger (z. B. im Argendelta; Watzel 1994)
Hy 14	Oberkeuper und oberer Mittelkeuper (GWL/GWG)	MVZ = 3 – 8 a; z. T. MVZ bis 20 a (Hydroisotop 1987) MVZ = 2 – 9 a (Hydroisotop 1992) Für kleinere Quellen meist MVZ = 3 – 8 a; vereinzelt MVZ bis 20 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 = 0 – 10 a (GWDB 1991 - 1993) Die Sickerwasserzeiten der Wässer des Unterkeupers und Gipskeupers sind je nach Lößüberdeckung bzw. Überdeckung mit oberem Mittelkeuper (km <sup>2</sup> -km <sup>5</sup> ) relativ gering (mehrere mo – 3 a) bis sehr hoch (10 – 25 a). Ihre Fließzeiten im gesättigten Bereich sind geringer (0 – 2 a), bei den Quellen sehr gering (0 – 0,5 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)
	Muschelkalk ungegliedert	MVZ = 4 - 7 a

**LU:W**

## 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<sub>3</sub>) 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.

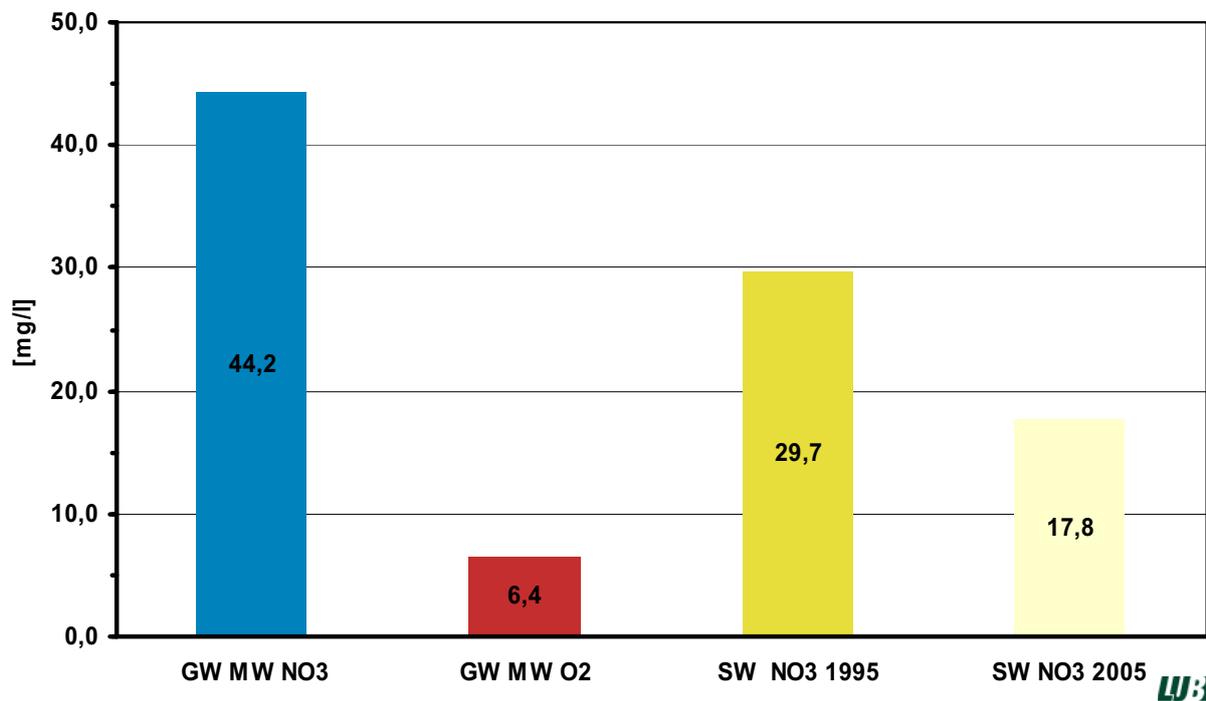
In Abb. 5-2 ist die gemessene mittlere Nitrat- und Sauerstoffkonzentration im Grundwasser 2006 den berechneten mittleren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser der Messstelleneinzugsgebiete für 1995 und 2005 gegenübergestellt. Der Mittelwert der Nitratkonzentration des Sickerwassers aus dem Jahre 1980 wird aus den in Kapitel 4.1 angegebenen Gründen nicht dargestellt.

<sup>5</sup> LGRB (2006): Verweilzeiten des Grundwassers im Untergrund. – 9 S., Freiburg i. Br. – [unveröff.]

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

Datengerüst	Anzahl der Messstellen
beprobte Messstellen 2006	82
- davon mit bekanntem Einzugsgebiet	65
- davon mit Zuordnung zur Hydrogeologischen Einheit oder mit Angabe zur Verweilzeit	61
- davon O <sub>2</sub> > 2 mg/l und NO <sub>3</sub> > 8 mg/l	57
- abzüglich Messstellen, deren Einzugsgebiet außerhalb des gGWK liegen	4
<b>für Emissions- / Immissionsbetrachtung herangezogen:</b>	<b>53</b>

LUBW

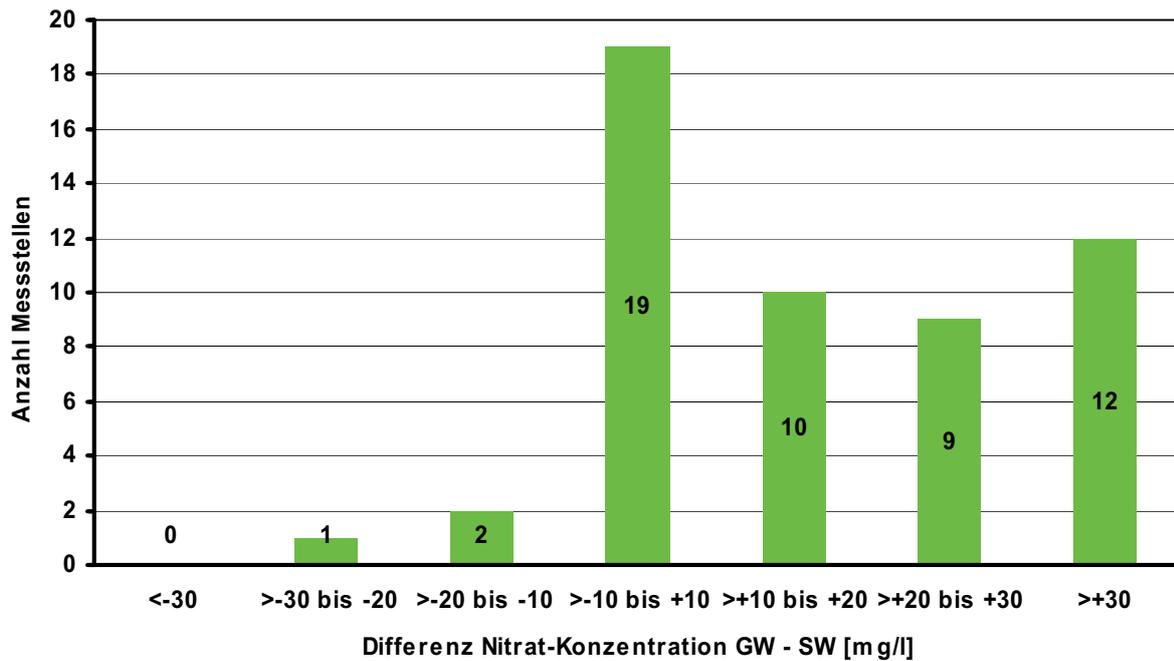


LUBW

Abb. 5-2: Vergleich der gemessenen mittleren (MW) Nitrat- und Sauerstoffkonzentration in Grundwasser (GW) 2006 mit der berechneten mittleren Nitratkonzentration im Sickerwasser (SW) der Messstelleneinzugsgebiete der Jahre 1995 und 2005.

### 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“ 1995 und 2005 dasjenige für den Vergleich herangezogen wurde, das der MVZ am ehesten entspricht. So wurde beispielsweise bei einer MVZ von < 2 bis 11 Jahren die Nitratkonzentration im Grundwasser 2006 mit der Nitratkonzentration im Sickerwasser von 2005 bzw. 1995 verglichen (Abb. 5-3 und 5-4). Bei der Bewertung wurde berücksichtigt, dass die Auswertung der Satellitendaten für das Modelljahr 1980 Ungenauigkeiten aufwies (siehe Kapitel 4.1). Es zeigte sich, dass die berechnete Nitratkonzentration im Sickerwasser in den Tälern von Elsenz, Hilsbach und Kraichbach eine gute Übereinstimmung mit der Nitratkonzentration im Grundwasser aufweist, während an einigen Messstellen an den Hängen der Nebenflüsse, besonders im südlichen und nordwestlichen Teil des gGWK 8.2, die Nitratkonzentration im Sickerwasser zu niedrig berechnet wurde.



**LU:W**

Abb. 5-3: Häufigkeiten der Differenzen zwischen den Nitratkonzentrationen im Grundwasser 2006 und den Nitratkonzentrationen im Sickerwasser des Jahres das der MVZ am ehesten entspricht.

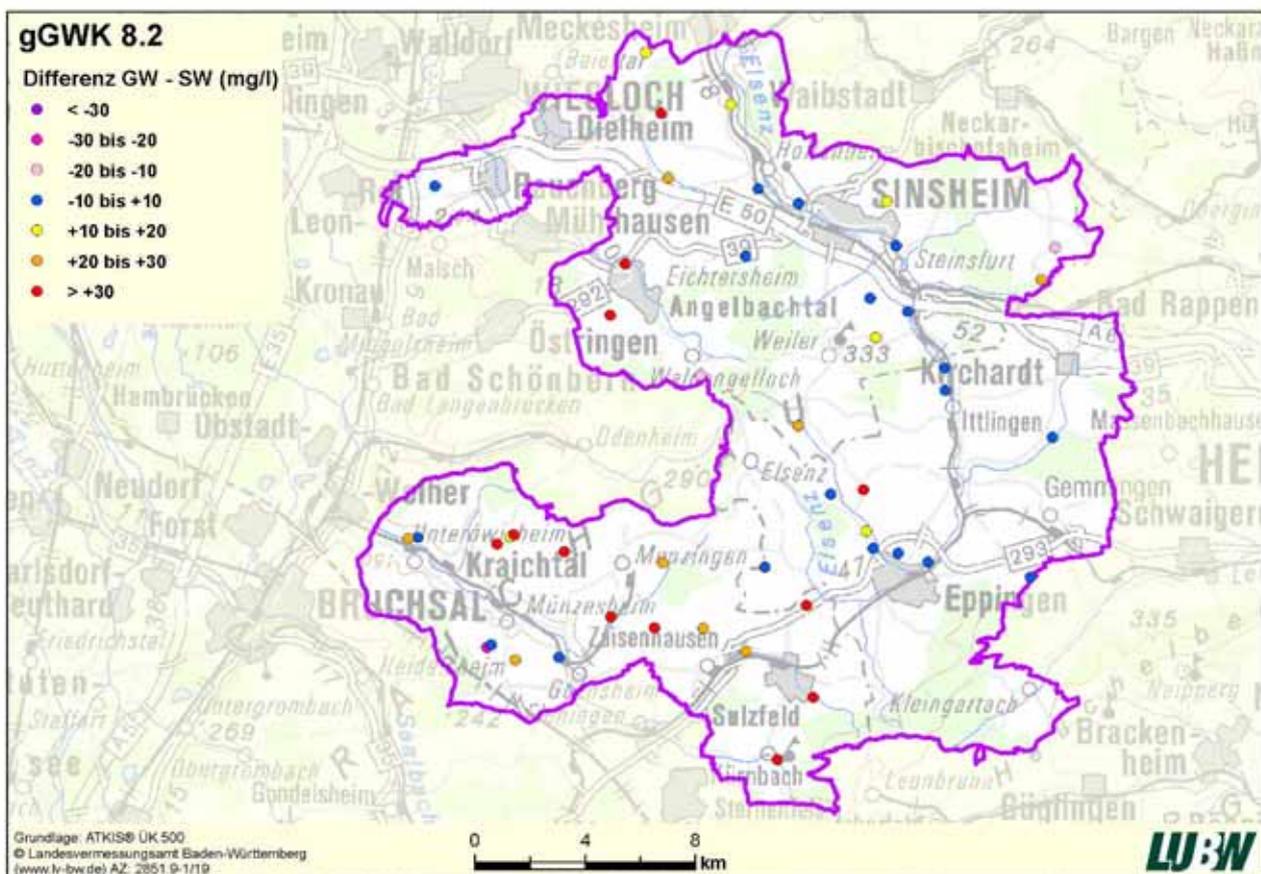


Abb. 5-4: Differenz zwischen der Nitratkonzentration im Grundwasser 2006 und der Nitratkonzentration im Sickerwasser des jeweils maßgeblichen Jahres.

Messstellen mit höheren Differenzen wurden im Einzelnen betrachtet. Dabei konnten in den meisten Fällen plausible Gründe für diese Abweichungen gefunden werden, z.B. wurde oftmals eine kleinteilige Landnutzung wie Weinbau in den 250 m Rasterzellen nicht erfasst und die Nitratkonzentration im Sickerwasser mit der Hauptnutzung Grünland berechnet, was zu einer geringen berechneten Nitratkonzentration im Sickerwasser führt (Abb. 5-5).

Weitere Gründe für Abweichungen sind:

- In der Nähe von Oberflächengewässern kann eine Infiltration ins Grundwasser und damit eine Verdünnung stattfinden.
- Falls die Sauerstoffwerte nur wenig über 2 mg/l liegen, kann eine Teildenitrifikation nicht ausgeschlossen werden.
- Bei Messstellen, die in Jungquartäre Flusskiese und Sande verfiltert sind, können Randzutritte aus dem Festgestein auftreten
- Höhere Nitratkonzentrationen im Grundwasser können auftreten, wenn in der Vergangenheit Grünland umgebrochen und dabei Nitrat freigesetzt und ins Grundwasser ausgewaschen wurde.

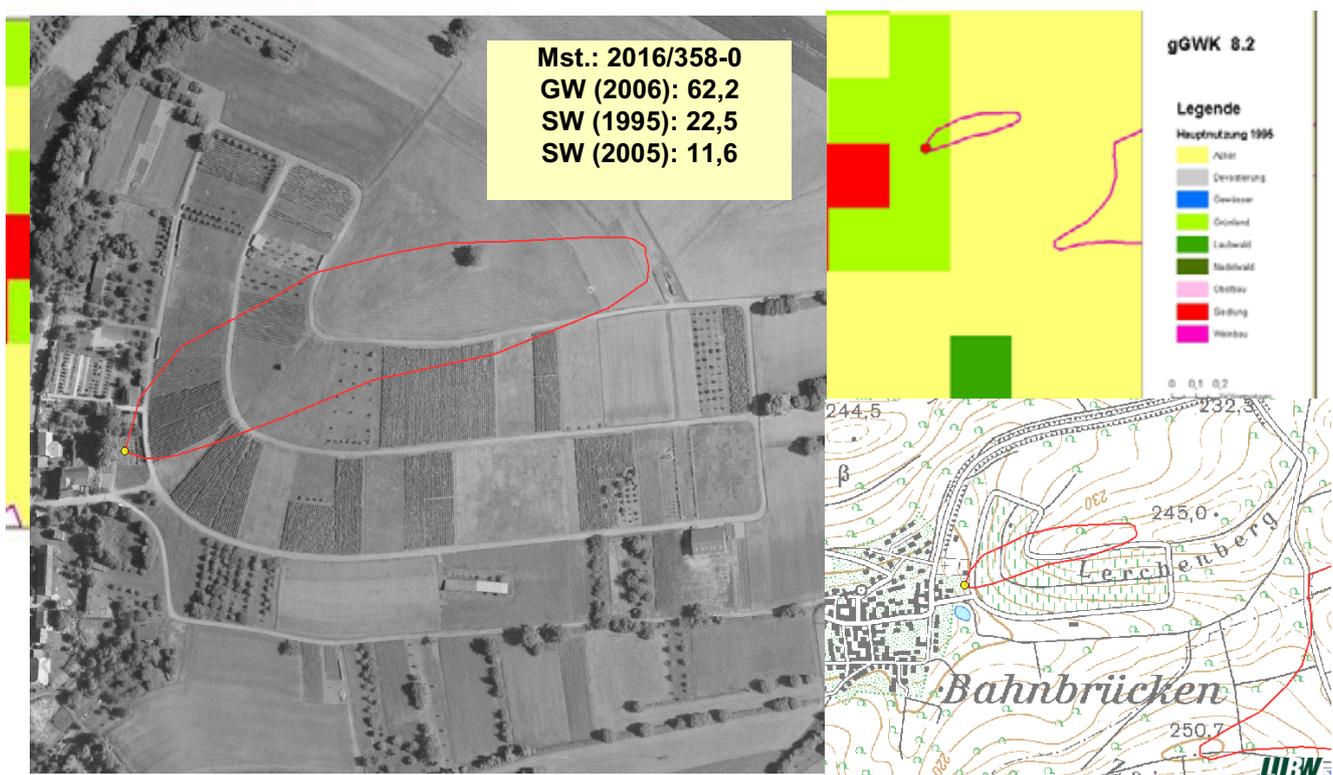


Abb. 5-5: Die Landnutzung Weinbau wird in den 250 m Rasterzellen nicht erfasst.

# 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 <sup>6</sup> 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 km<sup>2</sup> oder ein Drittel des gefährdeten Grundwasserkörpers betragen, wenn der gGWK eine Gesamtgröße von weniger als 75 km<sup>2</sup> 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.

---

<sup>6</sup> Gefährdete Grundwasserkörper in Baden-Württemberg, Zusammenfassung und Erfordernis weitergehender Maßnahmen, LUBW 2009

## 6.2 ERGEBNISSE

Bei der **Hauptnutzungsform Acker** wurde ein Quotient von 0,312 errechnet. Dieser wurde aus den Daten von 42 Messstellen ermittelt, womit eine hohe Repräsentativität gegeben ist (Tab. 6-1). Die Gesamtfläche der Hauptnutzung Acker beträgt 245,03 km<sup>2</sup>, damit ist auch das Flächenminimum von 25 km<sup>2</sup> überschritten.

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 <sup>2</sup> ]	Gesamtfläche [%]
Siedlung (HN 1)	0,000	2	41,79	9,17
Laubwald (HN 2)	0,341	7	93,81	20,59
Nadelwald (HN 3)	---		4,53	0,99
Acker (HN 4)	<b>0,312</b>	42	<b>245,03</b>	53,77
Weinbau (HN 5)	1,000	1	17,13	3,76
Obstbau (HN 6)	---		0,63	0,14
Grünland (HN 7)	0,000	3	52,03	11,42
Gewässer (HN 8)	---		0,34	0,08
Devastierung (HN 9)			0,44	0,10

**LUBW**

Bei der **Hauptnutzung Weinbau** ergab sich ein Quotient von 1,000, dies bedeutet, dass an der einen Messstelle, die diese Hauptnutzungsform repräsentiert, die Qualitätsnorm für Nitrat von 50 mg/l im Grundwasser überschritten wurde. Bei der **Hauptnutzung Laubwald** liegt der Quotient bei 0,341. Bei dieser Hauptnutzungsform wurde von sieben Messstellen an zweien die Qualitätsnorm von 50 mg/l Nitrat im Grundwasser überschritten. Die Detailbetrachtung z.B. der Messstelle 73/409-4 zeigt (Abb. 6-1), dass die Hauptnutzung im Einzugsgebiet dieser Messstelle zwar aufgrund des größeren Flächenanteils der Hauptnutzung Laubwald zugeordnet ist, der Acker (Flächenanteil 25,7 %) jedoch aufgrund der Lage der Grundwassermessstellen die relevante Hauptnutzung für die erhöhten Nitratkonzentrationen im Grundwasser sein dürfte. Bei den **Hauptnutzungen Siedlung** und **Grünland** liegt der Quotient bei 0,000, dies bedeutet, dass bei diesen Hauptnutzungsformen bei keiner Messstelle die Nitratkonzentration von 50 mg/l im Grundwasser überschritten wurde. Die anderen Hauptnutzungen treten nicht auf. Abb. 6-2 zeigt die Einzugsgebiete im gGWK 8.2 Kraichgau mit den ermittelten Hauptnutzungen.



Abb. 6-1: Lage der Messstelle 73/409-4 im Acker, die Hauptnutzung im Einzugsgebiet ist Wald.

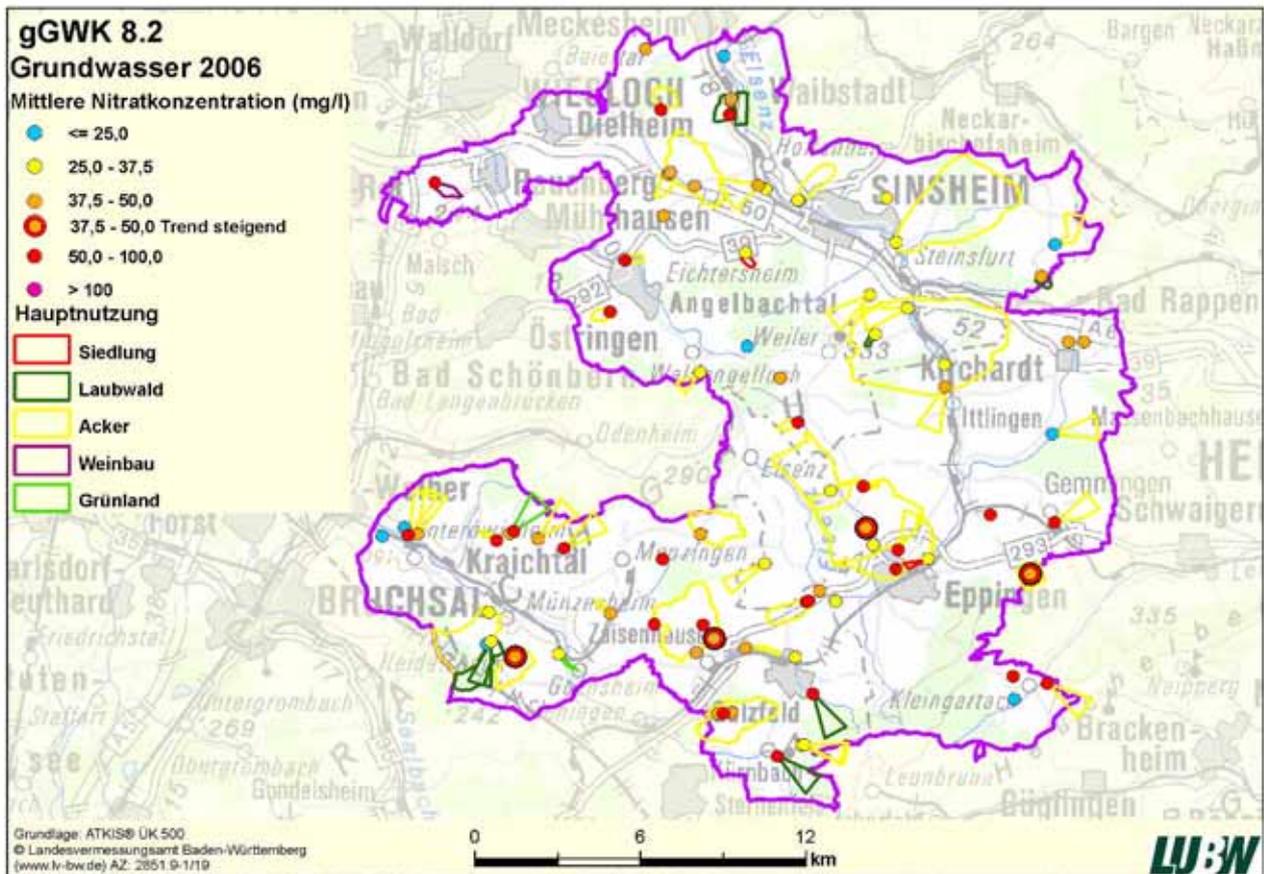


Abb. 6-2: Einzugsgebiete der Messstellen mit der nach dem LAWA-Verfahren ermittelten Hauptnutzung.

## Fazit

Im gGWK 8.2 Kraichgau wird der „gute Zustand“ im Sinne der WRRL noch nicht erreicht. Die Hauptnutzung Acker mit einem Quotient von 0,312 und einer Gesamtgröße von 245,03 km<sup>2</sup> 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.

