

# Darstellung und Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit – Vorschlag eines Verfahrens gemäß Artikel 17 EG-WRRL

GEORG BERTHOLD, BENEDIKT TOUSSAINT & ARNOLD QUADFLIEG

## 1 Problemstellung

Die 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“, üblicherweise mit EG-WRRL abgekürzt, schafft einen EU-weiten Rahmen für die ganzheitliche Betrachtung von Flusseinzugsgebieten. Durch die vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen oberirdischen Gewässern und Grundwasser kommt daher der qualitativen und quantitativen Beurteilung eines Grundwasserkörpers eine große Bedeutung zu. Die Mitgliedstaaten sind gehalten, gem. Anhang V, Randnummer 2.4, den chemischen Zustand eines gem. Anhang II als gefährdet eingestuft oder eines grenzüberschreitenden Grundwasserkörpers überblicksweise und ggf. operativ zu überwachen und gem. Anhang V, Randnummer 2.5, zu bewerten. Eine entscheidende Bedeutung kommt den Randnummern 2.4.4 und 2.4.5 zu, in denen die „Ermittlung der Trends bei Schadstoffen“ bzw. die „Interpretation und Darstellung des chemischen Zustands des Grundwassers“ gefordert werden. Im Entwurf des „Gemeinsamen Standpunktes des Rates“ vom 22.10.1999, mit Datum 30.11.1999

veröffentlicht im Amtsblatt C 343 der Europäischen Gemeinschaften, wurde vorgeschlagen, mittels einer „doppelten Mittelwertbildung“ der Messwerte aller Messstellen eines Grundwasserkörpers dessen chemischen Zustand zu bewerten. Von dieser fachlich stark angreifbaren Aggregation von Messwerten (BERTHOLD & QUADFLIEG 2000, TOUSSAINT 2000) hat die vorliegende EG-WRRL zwar Abstand genommen, jedoch bietet der Anhang V, Randnummern 2.4.4 und 2.4.5, in Verbindung mit Artikel 17 keine Hilfestellung, wie in der Praxis zu verfahren ist.

Das Anliegen der Verfasser ist daher, am Beispiel des Hessischen Rieds, das mit seinen im Durchschnitt 100 m mächtigen Porengrundwasserleitern des Quartärs von großer Bedeutung für die hessische Wasserwirtschaft ist, Lösungswege zur Beurteilung des chemischen Zustandes eines Grundwasserkörpers aufzuzeigen. Der mehrstufige Verfahrensvorschlag steht unter der Prämisse, möglichst viele Faktoren, die sich auf die Beschaffenheit des Grundwassers bzw. auf die zu bewertenden hydrochemischen Messwerte auswirken, zu erfassen. Eine weitere Intention ist, dass das Bewertungsverfahren möglichst einfach in der Handhabung sein soll.

## 2 Vorgehensweise

### Erster Schritt: Bestimmung der Grundgesamtheit und Repräsentativität

Da das Ergebnis der Überwachung in der Praxis Maßnahmen zur Folge haben kann, die sich sinnvollerweise nicht auf einen u.U. mehrere 1000 km<sup>2</sup> großen Grundwasserkörper, sondern in Übereinstimmung mit der LAWA-Arbeitshilfe, Teil 3, Abschn. 1.2.2 (LAWA 2001) nur auf einen Teilbereich davon beziehen können, ist das Hessische Ried als Grundwasserteilkörper zu verstehen, der überwiegend im Einzugsgebiet des Oberrheins liegt, nur im nördlichen Abschnitt fließt das Grundwasser zum Untermain ab. In diesem rd. 1100 km<sup>2</sup> großen Grundwasserteilkörper, der ggf. noch weiter differenziert werden könnte, stehen knapp 4000 Messstellen (Grundwassermessstellen und Förder-

brunnen werden im Folgenden zusammenfassend als „Messstellen“ bezeichnet) zur Verfügung (davon die meisten als Grundwasserstandsmessstellen), die unterschiedlichen Betreibern gehören und zwecks Beantwortung der unterschiedlichsten Fragen eingerichtet worden sind.

Die EG-WRRL setzt voraus, dass das „Grundwasserüberwachungsnetz so ausgewiesen wird, dass eine kohärente und umfassende Übersicht über den chemischen Zustand des Grundwassers in jedem Einzugsgebiet gegeben und das Vorhandensein langfristiger anthropogener Trends zur Zunahme von Schadstoffen festgestellt werden kann“.

Das Problem, eine Bewertung eines Grundwasserkörpers nach diesen Vorgaben durchzuführen, wird sicherlich am besten gelöst, wenn alle für die Fra-

gestellung geeigneten Messstellen des staatlichen Grundnetzes, Rohwasserbeprobungsstellen, Emitentenmessstellen und Vorfeldmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen, jedoch keine Schadensfallmessstellen (die sich i. allg. auf von Punktquellen ausgehende Grundwasserbelastungen beziehen, für die in Deutschland in der Regel bereits Maßnahmen angelaufen sind) in die Auswertung einbezogen werden. Dadurch entfällt einerseits das fachlich kaum lösbare Problem, vorab eine Auswahl von Messstellen zu treffen, mit denen sich der chemische Zustand des Grundwassers „flächenrepräsentativ“ beschreiben lässt, andererseits erfahren Grundwasserregionen mit hoher Bedeutung für die Trinkwassergewinnung wegen der hier typischen hohen Messstellenanzahl im Vergleich zu Gebieten, die kaum Bedeutung für die Trinkwasserversorgung haben, gewollt eine höhere Gewichtung.

Eine „flächenrepräsentative“ Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit bereitet Schwierigkeiten, weil

- die Messstellen in der Regel sehr ungleichförmig über einen Grundwasserteilkörper verteilt sind,
- das Messnetz des staatlichen Landesgrundwasserdienstes und ebenso die verschiedenen Sondermessnetze vielfach aus Teilmessnetzen mit sehr unterschiedlicher Fragestellung (Beeinflussung durch Landwirtschaft, Auswirkungen der hydraulisch angeschlossenen Vorfluter, beweissichernde Messstellen im Umfeld von Deponien u. a.) bestehen,
- die Messstellen nach Bauart sehr unterschiedlich sind (diese Unterschiede beeinflussen bereits im selben Grundwasserleiter die Art der Beprobungstechnik und die resultierenden Messwerte),
- die Messstellen unterschiedlich tief verfiltert sind und daher im Vertikalprofil eines Grundwasserleiters speziell in qualitativer Hinsicht unterschiedliches Grundwasser erfassen,
- der Grundwasserraum in geohydraulischer Hinsicht nicht homogen ist, was sich wiederum auf die Verteilung der Inhaltsstoffe im Grundwasser auswirkt.

Aus den genannten Gründen ist es sinnvoll, eine Auftrennung des Datenkollektivs nach bestimmten Kriterien vorzunehmen, u.a. nach den Messstellentypen, Grundwassermessstellen und Förderbrunnen, da andernfalls Daten miteinander verglichen werden, die aus geohydraulischen Gründen eine unterschiedliche flächenbezogene Aussagekraft haben.

In die Auswertungen gingen schließlich insgesamt 416 mehr oder weniger gleichmäßig über die Fläche des Hessischen Rieds verteilte Grundnetz-Messstellen und Förderbrunnen sowie untergeordnet auch Vorfeldmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen ein.

Danach erfolgte eine ergänzende statistische Auswertung und Darstellung nach der Probennahmetiefe bzw. der Tiefe der Filterrohroberkante (Vorschlag: bis 25 m, 25 bis 50 m, größer 50 m).

Als Grundwasser-Schadstoff wurde Nitrat ausgewählt, weil es dafür einerseits einen EU-Grenzwert gibt (50 mg/l) und andererseits die räumliche und zeitliche Konzentrationsverteilung im Untergrund von derart vielen Einflüssen abhängt, dass das Verteilungsmuster von Messstelle zu Messstelle stark variieren kann.

Das Diagramm der Abb.1 lässt deutlich eine Abnahme der Nitratkonzentration mit zunehmender Tiefenlage der Filterstrecke und eine leicht abnehmende Tendenz der Nitratkonzentration im Laufe der Jahre erkennen.

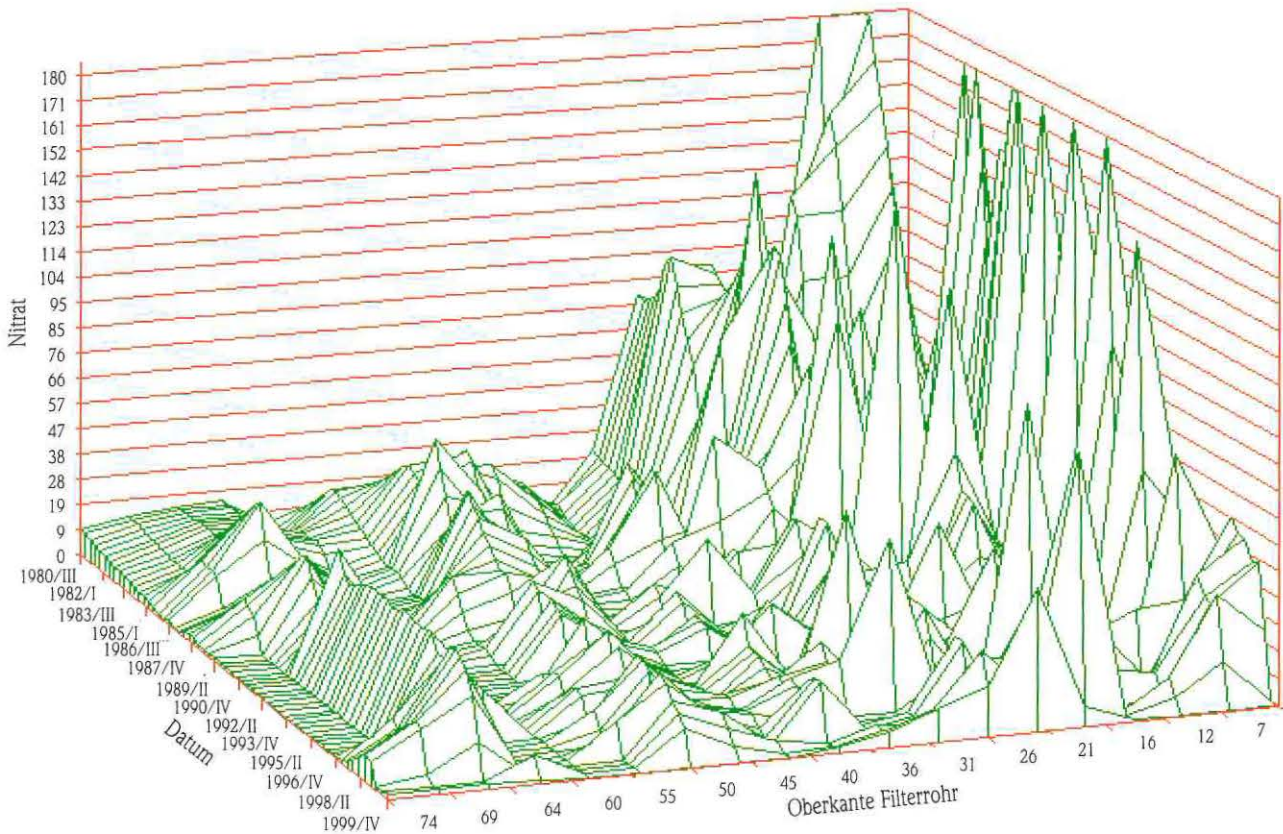
Bei den flachen Messstellen handelt es sich meistens um Grundwassermessstellen, bei den tieferen häufig um Trinkwasserförderbrunnen.

Da selbst im Hinblick auf die 416 ausgewählten Messstellen für das Hessische Ried immer noch eine überdurchschnittliche Messstellendichte vorliegt, die in dieser Ausprägung für andere Grundwasserkörper in den Flächenländern der Bundesrepublik Deutschland oder in den EU-Mitgliedstaaten kaum vorhanden ist, wurde statistisch nach dem Zufallsprinzip der Gesamt-Messstellendatensatz in elf annähernd gleiche Teilmengen aufgesplittet. Abb. 2 zeigt das Verteilungsmuster für Nitrat anhand von sog. Boxplots für diese elf zufällig gewählten Datensätze.

Innerhalb des ausgefüllten Rechtecks befinden sich die inneren 50 % (25. bis 75. Perzentil) der auf die jeweiligen Messstellen bezogenen Nitratkonzentrationen. Die grüne horizontale Linie innerhalb des Rechtecks stellt den jeweiligen Medianwert der Teilmenge dar. Es ist ersichtlich, dass die Verteilungsmuster des zufällig gewählten Datenkollektivs erheblich variieren.

Um statistisch zu prüfen, wie sich eine deutliche Verringerung der Messstellenanzahl auf die Verteilung der Nitratkonzentrationen auswirkt, wurden die elf Teilmengen von Messstellen zufällig miteinander kombiniert. In die Auswertung gingen alle Analysenergebnisse ab dem Jahr 1985 ein. Abb. 3





**Abb. 1.** Darstellung der Nitratkonzentrationen von Grundwässern in Abhängigkeit von der Zeit und der Ausbautiefe der Messstellen (hier Filterrohroberkante in Metern unter Gelände).

gibt eine Übersicht über die erhaltenen rangstatistischen Eckdaten.

Die mit W2 bis W12 bezeichneten Untermengen stellen verschiedene Kombinationen der einzelnen Messstellen-Teilungen dar. Hierbei wird die Messstellenanzahl von 223 sukzessiv auf 31 reduziert. Dargestellt werden jeweils wichtige rangstatistische Verteilungsmaße wie der Median und die 70., 75., 80., 85. und 90. Perzentile. Liegt z. B. das 70. Perzentil bei 20 mg/l Nitrat (vergleiche W4 in Abb. 3), bedeutet dies, dass 70 % der Messstellen Nitratgehalte <20 mg/l aufweisen und 30 % Nitratkonzentrationen  $\geq 20$  mg/l Nitrat. Der Vollständigkeit halber wurde ebenfalls der jeweilige arithmetische Mittelwert der Teilmenge errechnet.

Abb. 3 lässt erkennen, dass bei einer Reduzierung der Messstellenanzahl die Schwankungen der Perzentil-Werte zunehmen. Vermindert man die Messstellenanzahl auf ca. 25 % der Gesamtzahl, werden deutliche Abweichungen vom hydrochemischen Verteilungsmuster des gesamten Datensatzes sichtbar (siehe W7, W8, W9, W10, W11 und W12).

Bis zu einer Reduzierung der Messstellendichte auf

ca. 25 % der vorhandenen Messstellen bleiben die 70., 75. und 80. Perzentil-Werte weitgehend konstant (d. h. es ergeben sich keine gravierenden Abweichungen von der Grundgesamtheit). Dagegen ist beim 85. und 90. Perzentil ein stetiger Rückgang der Nitratkonzentrationen zu beobachten, da bei immer kleiner werdender Messstellendichte vor allem überproportional mit Nitrat belastete Wässer weniger stark zur Geltung kommen. Wenn per Zufall jedoch ausgerechnet die Messstellen mit stärker belastetem Grundwasser ausgewählt worden wären, sähe das Ergebnis wiederum anders aus, was ebenfalls der Intention einer repräsentativen Messstellenauswahl widerspräche.

Die starken Schwankungen der Perzentil-Werte der Teilungen W7 bis W12 zeigen deutlich, dass kleine Messstellen-Teilungen ein Zufallsergebnis liefern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass jede Auswahl von Messstellen mit Unsicherheiten behaftet ist. Um der zwangsläufigen Diskussion, „was ist repräsentativ?“ (die Auswahl der Messstellen entscheidet darüber, ob ein guter oder schlechter

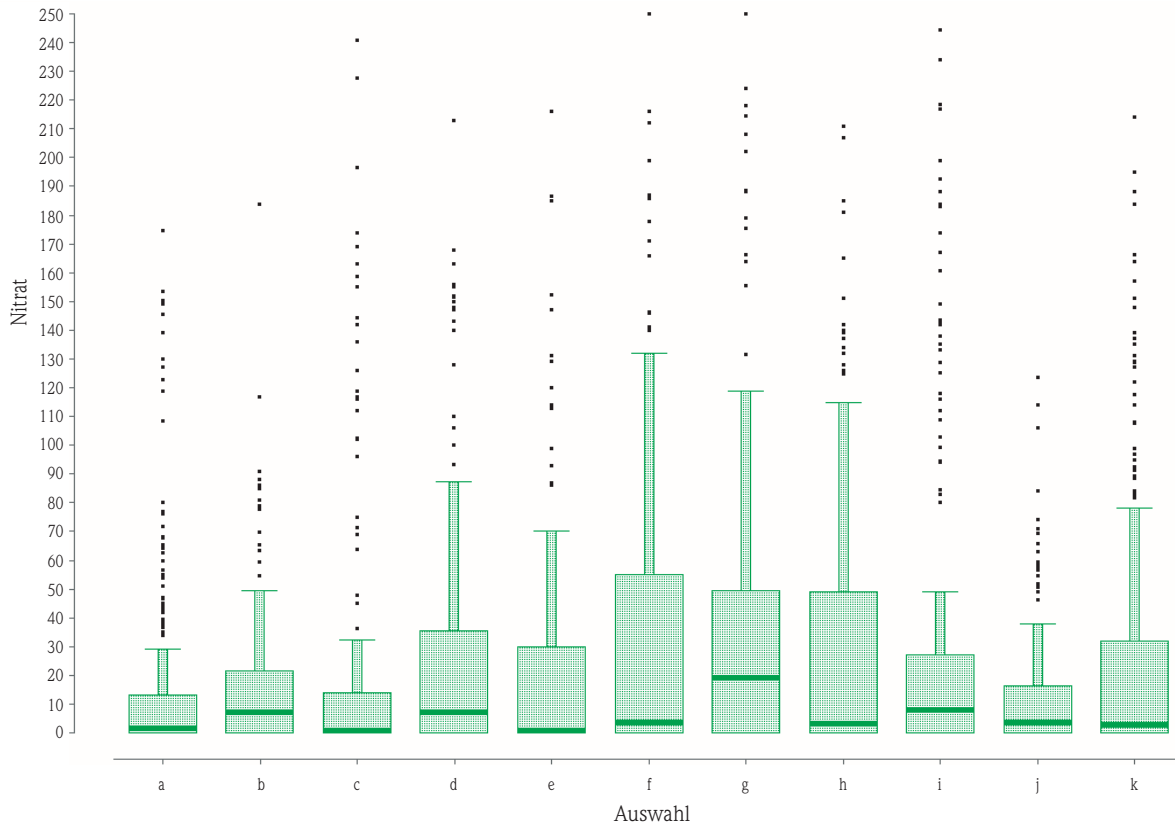


Abb. 2. Boxplotdarstellung der Nitratkonzentrationen in den elf Messstellen-Teilungen des Hessischen Rieds.

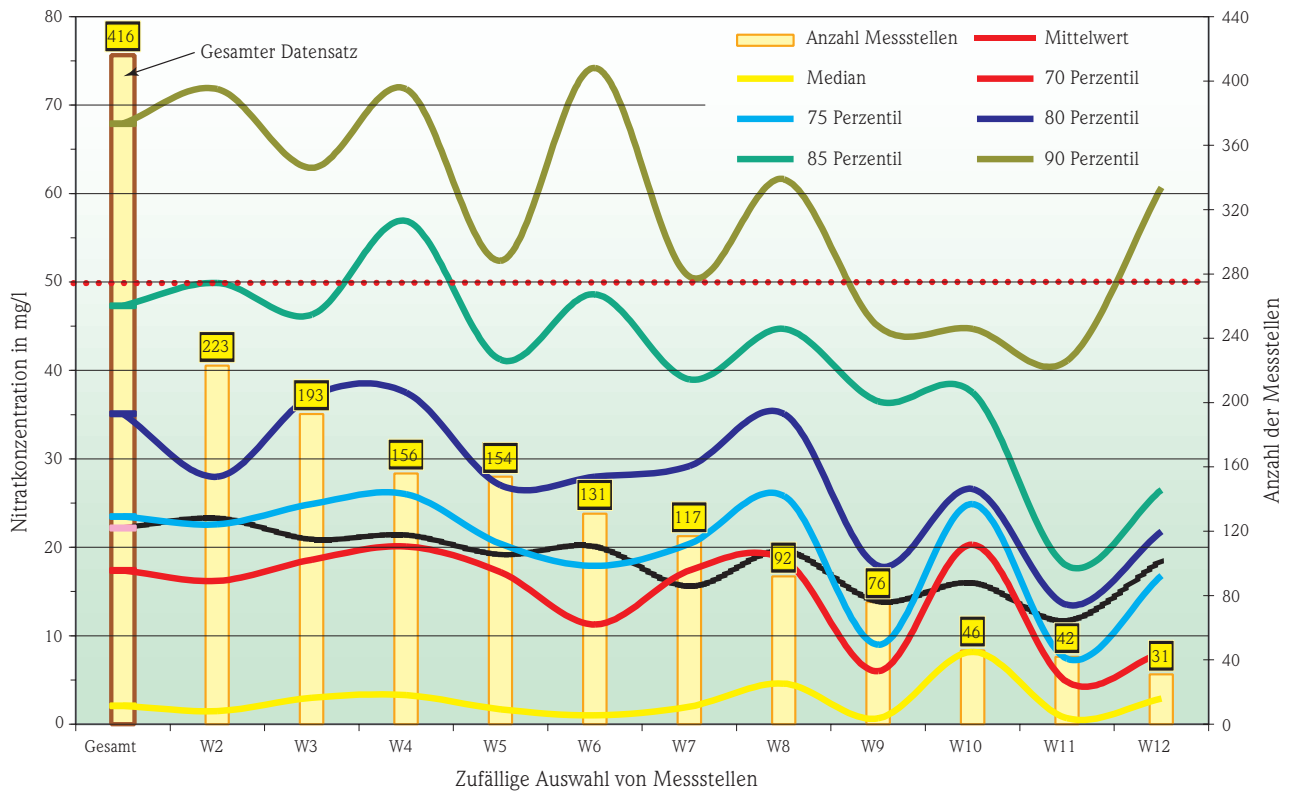


Abb. 3. Ausgewählte Perzentile der Nitratkonzentration in Abhängigkeit von der Messstellenanzahl.



Grundwasserzustand vorliegt) vorzubeugen, sollten alle für die Fragestellung geeigneten Messstellen eines Grundwasserkörpers in die Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit eingehen. Eine Alternative wäre die Beschränkung auf niedrige Perzentil-Werte (z.B. in lediglich 70 % der Messstellen wird der entsprechende Grenzwert nicht überschritten), was jedoch im Hinblick auf das Schutzgut Grundwasser nicht wünschenswert ist.

**Zweiter Schritt: Statistische Auswertung des Datensatzes**

Die Nitratgehalte aller 416 Messstellen wurden in einem Säulendiagramm (Abb. 4) nach Konzentrationsklassen

- 0–<25 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- 25–<50 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- >50 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

ausgewertet. Die jahresweise Darstellung hat den Vorteil, dass auch die zeitliche Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit visualisiert wird. Das

Säulendiagramm ist besonders geeignet für die Darstellung hoher Konzentrationen von Inhaltsstoffen (z.B. Nitratwerte größer als 50 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), die über einem vorgegebenen Grenzwert, Orientierungswert, Prüfwert usw. liegen.

Die anteilige Verschiebung der Balkenhöhe eines Konzentrationsbereichs innerhalb eines gewählten Zeitraums gibt Aufschluss über die Verbesserung oder Verschlechterung des qualitativen Zustands des Grundwassers.

**Dritter Schritt: Entscheidungskriterium für den qualitativ guten oder schlechten Zustand des Grundwassers**

Es wurde ein rangstatistisches Verfahren gewählt, um eine in der EG-WRRL verlangte Aussage zu einem guten oder schlechten chemischen Zustand des Grundwassers machen zu können. Als Schadstoffe wurden Nitrat und Pflanzenschutzmittel (PSM) ausgewählt.

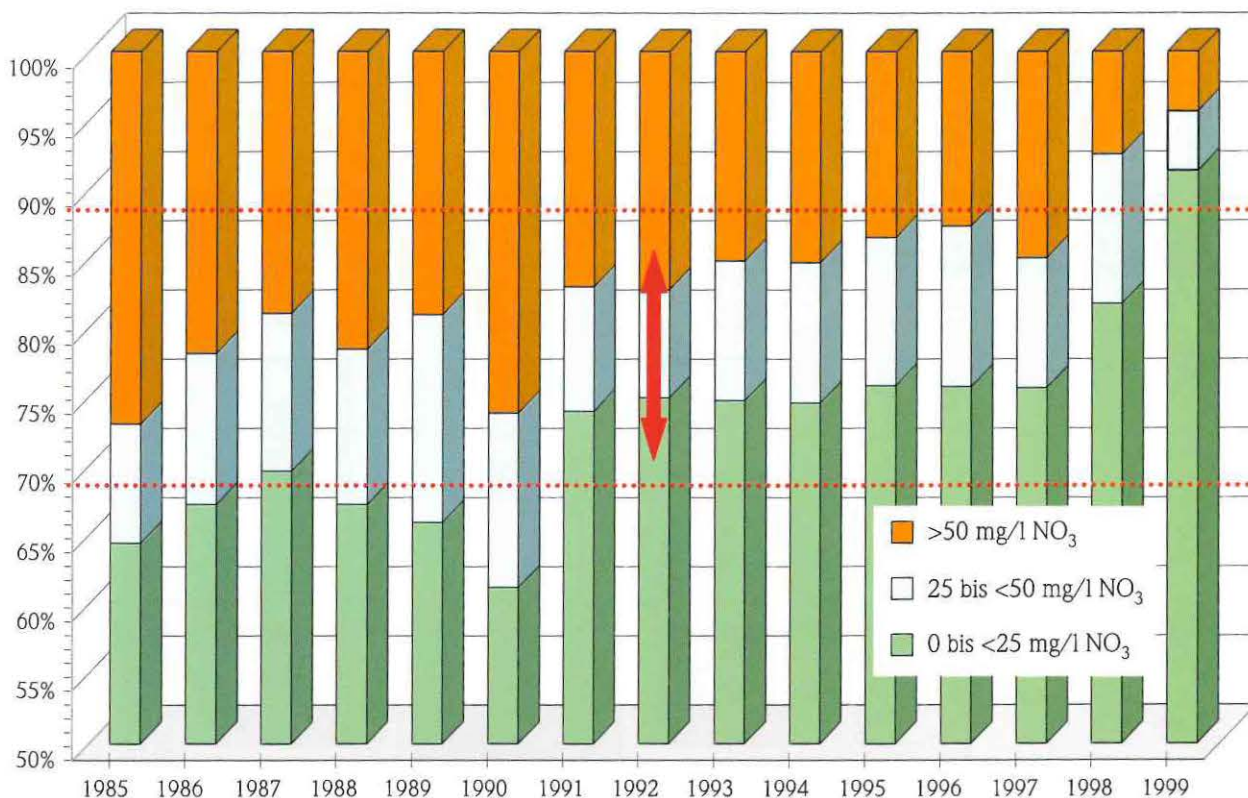


Abb. 4. Entwicklung der Nitratkonzentrationen, unterteilt in einzelne Konzentrationsbereiche für Messstellen im Hessischen Ried.

### Nitrat

Zur Auswertung kamen die Analysenergebnisse aller Messstellen. Anschließend wurden die Messergebnisse nach Jahren aufgeschlüsselt und in Konzentrationsklassen eingeteilt (analog zum 2. Schritt, siehe auch Abb. 4). Die gestrichelten Linien (beispielhaft auf der 70 % bzw. 90 %-Linie positioniert) könnten das maßgebende Entscheidungskriterium für den „guten“ bzw. „schlechten“ chemischen Zustand des Grundwassers sein. Liegen in z. B. 70 % bzw. 90 % aller Messstellen die Nitratkonzentrationen unter dem Trinkwasser-Grenzwert 50 mg NO<sub>3</sub>/l, würde dem Grundwasser ein guter chemischer Zustand zuerkannt. Vorteil dieser Auswertungsmethode ist die Identifizierung besonderer Belastungsspitzen und deren Verhältnis zur Grundgesamtheit der vorliegenden Analysenergebnisse. Außerdem gibt die zeitliche Varianz innerhalb der einzelnen Nitratklassen einen Überblick über die Entwicklung der Nitratbelastung (Trend).

### PSM

Zur Auswertung kamen die Analysenergebnisse aller Messstellen. Anschließend wurden die Mess-

ergebnisse nach Jahren aufgeschlüsselt. Als Entscheidungskriterium für den guten oder schlechten Zustand des Grundwassers wird für Pflanzenschutzmittelrückstände beispielhaft das 90. Perzentil gewählt. Um dem Gefährdungspotential der PSM noch gerechter zu werden, würde es sich anbieten, auch das 95. und ggf. auch das 99. Perzentil einzutragen.

Der Verfahrensablauf für die Darstellung des chemischen Zustands des Grundwassers ist in Abb. 5 nochmals dokumentiert. Für andere Parameter (z. B. Chlorid, pH-Wert) ist eine analoge Vorgehensweise denkbar.

Das hier vorgestellte Verfahren berücksichtigt alle Messstellen und verschafft durch die Prozentanteile der drei Konzentrationsklassen einen Überblick über das Ausmaß und die Entwicklung der Nitratbelastung (als Beispielparаметer). Zudem können Umweltqualitätsziele durch Angabe eines Perzentils, das sich nicht nur an einem Grenzwert (z.B. Nitrat-Richtlinie, Trinkwasser-Verordnung) orientiert, sondern auch den geogenen Background berücksichtigt, festgelegt werden.

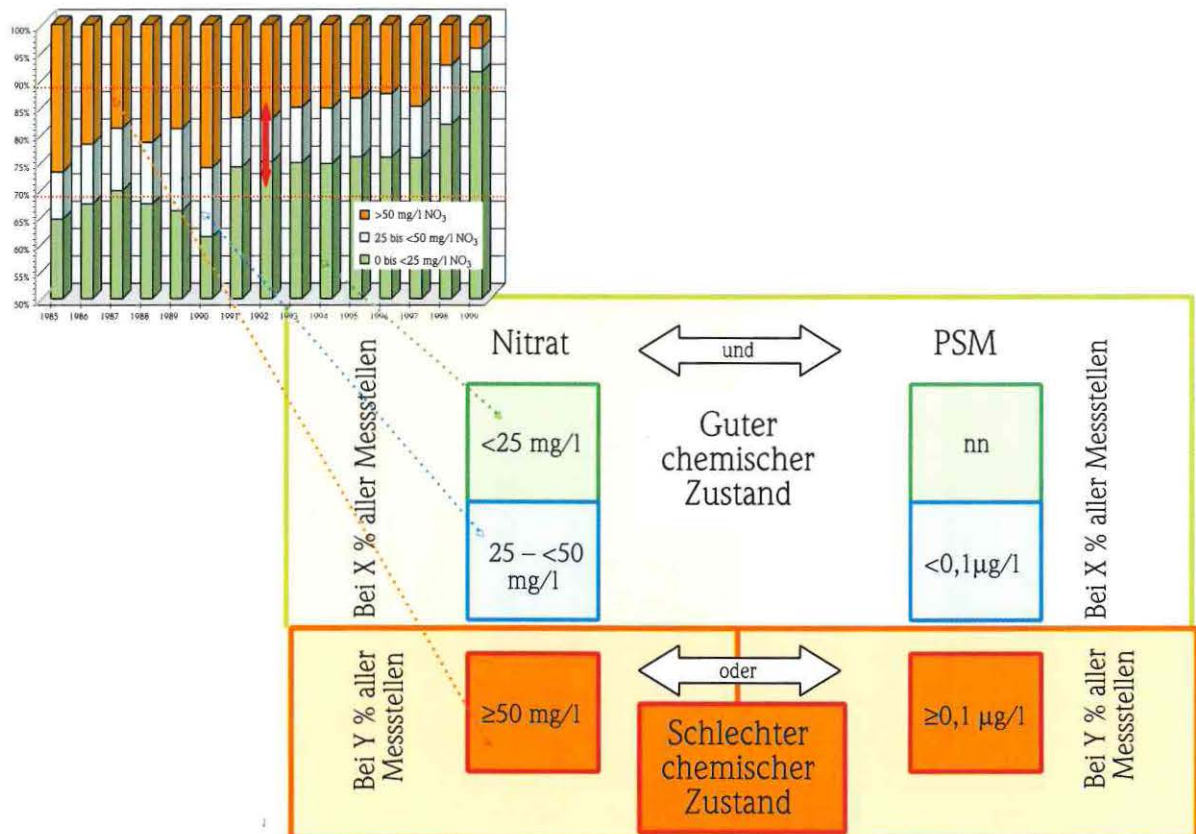


Abb. 5. Schaubild zur Darstellung und Interpretation des chemischen Zustands des Grundwassers im Hinblick auf Nitrat und PSM.



**Vierter Schritt: Trendermittlung (Bestimmung der Tendenz)**

Für die Trendbewertung bietet sich eine Verfahrensweise an, bei der die jährliche Veränderung der prozentualen Konzentrationsanteile als Maß für eine zeitlich gerichtete Zu- bzw. Abnahme der einzelnen Konzentrationsklassen genommen wird.

Am Beispiel des Parameters Nitrat werden die prozentualen Veränderungen der einzelnen Konzentrationsklassen einer linearen Regressionsberechnung unterzogen. Nimmt der prozentuale Anteil in der Konzentrationsklasse 0–<25 mg/l ab, verbessert sich die Grundwasserqualität, nimmt dagegen der Prozentanteil der Klasse >50 mg/l zu, verschlechtert sich der Zustand des Grundwassers.

Da bereits pro Jahr der jeweilige Prozentanteil der drei gewählten Konzentrationsklassen vorliegt (siehe Abb. 4), kann durch eine Regressionsrechnung für jede einzelne Klasse die zeitliche Veränderung bestimmt werden. Ist der Regressor positiv, ist mit einer Zunahme der jeweiligen Konzentrationsklasse zu rechnen, ist er negativ, nimmt die entsprechende Klasse ab.

Diese in Abb. 6 zusammen mit den Regressionsgleichungen dargestellte Vorgehensweise ist eine einfache Möglichkeit, der in Anhang V, Randnummer

2.4.4, der EG-WRRL geforderten Ermittlung des Trends bei Schadstoffen zu entsprechen. Da das Diagramm auf Messwerten beruht, die sich auf Einzeljahre beziehen, lässt sich auch der Zeitpunkt einer eventuellen Trendumkehr ohne zusätzlichen Rechenaufwand problemlos erkennen. Ist bei einer ausreichend langen Messreihe, die wegen der spezifischen physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse und Reaktionen im Untergrund unbedingt gefordert werden muss (mindestens 10 Messwerte aus mindestens 5 Jahren), die Umkehrung eines Trends visuell eindeutig erkennbar, erscheint die von der EG-WRRL geforderte Berechnung der statistischen Signifikanz verzichtbar, zumal das Verfahren nicht präzisiert ist.

Folgende Aussagen können abgeleitet werden:

- Die lineare Regression bietet eine ausreichende und vor allem robuste Schätzung der zeitlichen Entwicklung.
- Es geht nicht die zeitliche Entwicklung der auf einzelne Messstellen bezogenen Qualitätsmerkmale in die Berechnung ein.
- Für die Trendberechnung werden üblicherweise hohe Anforderungen an die Datengrundlage gestellt (z. B. gleiche Zeitintervalle, möglichst lückenlose und ausreichend lange Messreihen).

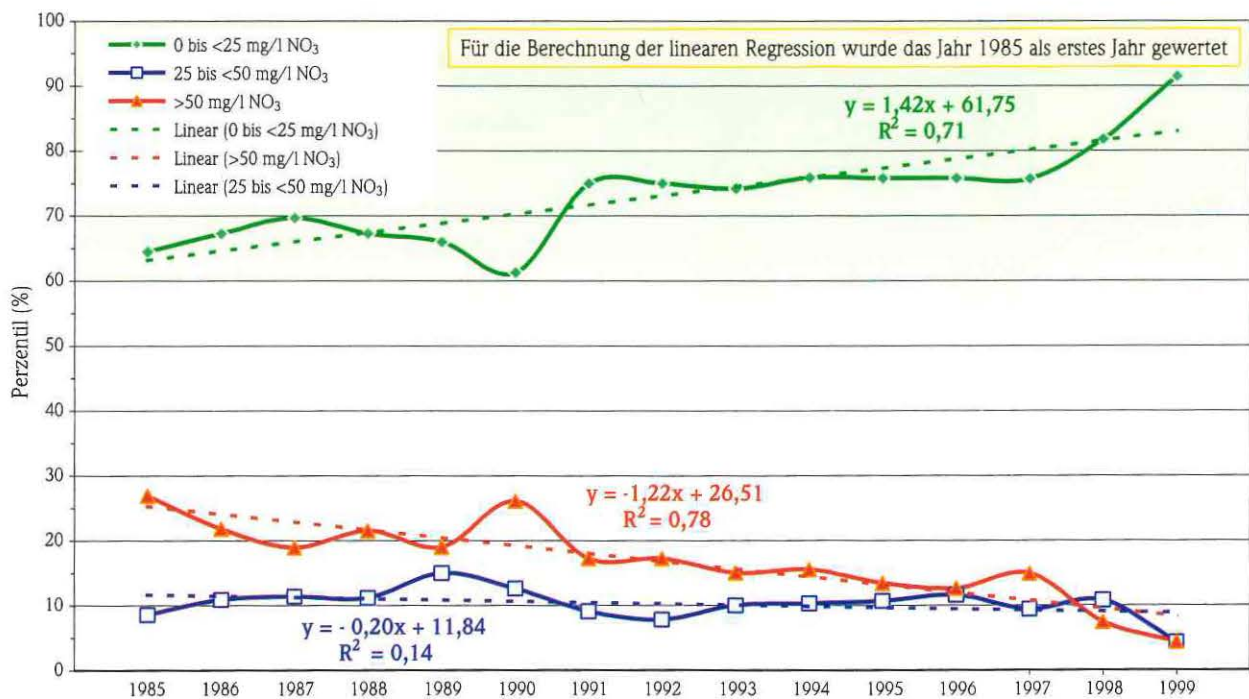


Abb. 6. Trendauswertung auf Grundlage der deskriptiven Verteilung von Konzentrationsklassen.

Durch die Einbeziehung des gesamten Datensatzes wird eine wesentlich belastbarere Datengrundlage geschaffen.

- Das erste Jahr, das für die Berechnung herangezogen wird, erhält den Wert 1. Hierdurch wird gewährleistet, dass überschaubare Rechengrößen in der Regressionsgleichung erhalten werden. Ausserdem wird dadurch der Beginn der Trendermittlung standardisiert.
- Es entfällt die Notwendigkeit, sich vergeblich um repräsentative Messstellen für die Trendberechnung zu bemühen. In jedem Grundwasserteilkörper werden Messstellen mit steigenden, fallenden oder gleichbleibenden Nitratkonzentrationen zu finden sein. Durch die Berechnung des Trends der Prozentanteile der einzelnen Konzentrationsklassen pro Jahr wird die allgemeine zeitliche Entwicklung der Nitratgehalte des Grundwassers bewertet. Eine weitere Möglichkeit zur Beschreibung der qualitativen Entwicklung des Grundwassers besteht in der Berechnung der Häufigkeitsverteilungen der Tendenzen. Diese Bewertungsweise wurde bereits vom LAWA-Unterausschuss „EG-Nitratbericht“ angewendet. Die Verfahrensweise wird nachfolgend kurz skizziert:

- in die Berechnung gehen nur Messstellen ein, für die mindestens 10 Analysen vorliegen,
- für jede Messreihe wird mit Hilfe der linearen Regressionsrechnung die durchschnittliche jährliche Zu bzw. Abnahme der Nitratkonzentrationen berechnet,
- die Ergebnisse werden jahresweise klassifiziert. Diese alternative Auswertungsmethode ist in Abb. 7 erläutert.

In Abb. 7 wird die durchschnittliche jährliche Nitratentwicklung beispielhaft in vier Konzentrationsklassen eingeteilt. Knapp 1/3 der Wässer weist eine fallende Tendenz auf, ein weiteres Drittel der Wässer bleibt unverändert, während ca. 1/8 aller Wässer eine mehr oder weniger deutlich steigende Tendenz aufweist.

Die in Abb.7 dokumentierte und vom LAWA-Unterausschuss „EG-Nitratbericht“ zuerst vorgestellte Verfahrensweise ist zur Beurteilung der Entwicklung des chemischen Zustands des Grundwassers gut geeignet. Schwierig dürfte allerdings die Festlegung von Begriffen wie „deutlich steigende Tendenz“ u. a. sein, eine weitergehende Differenzierung wird jedoch in der EG-WRRL nicht gefordert.

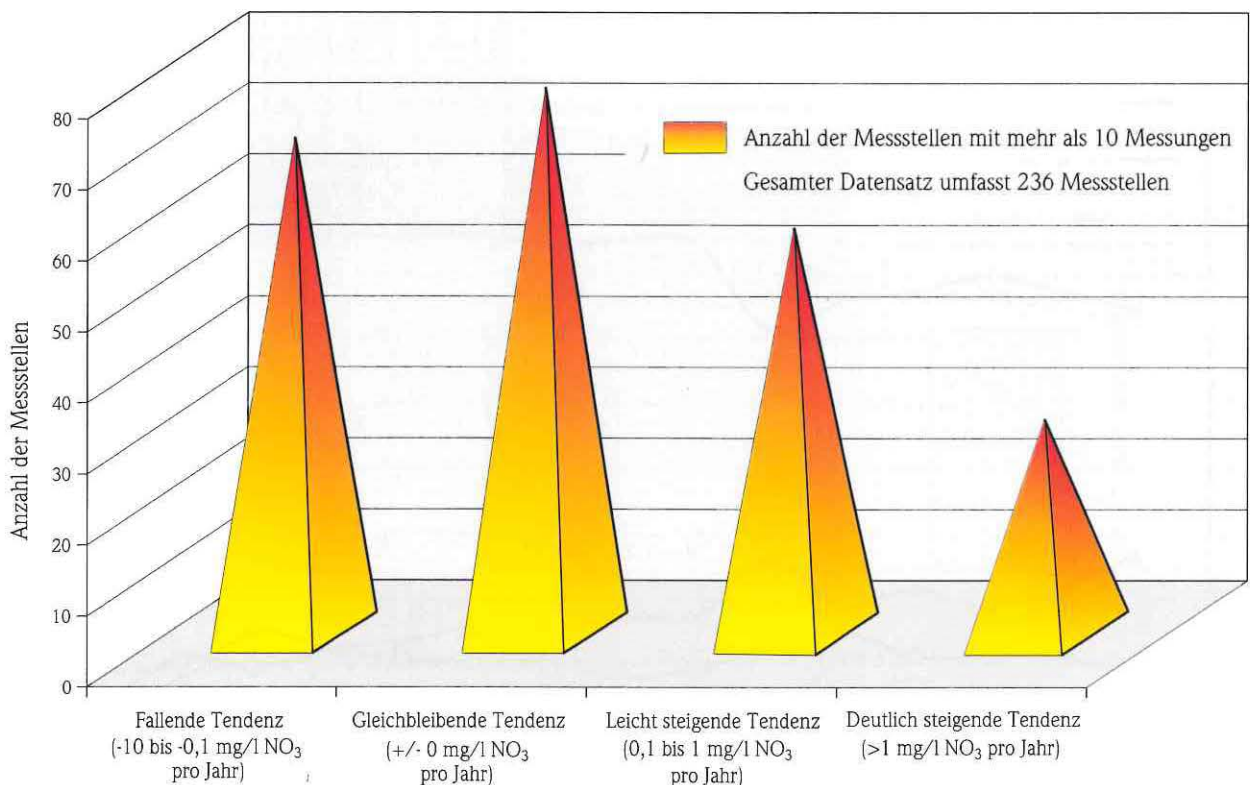


Abb. 7. Häufigkeitsverteilung der Tendenz der Nitratkonzentrationen für den Zeitraum 1985 bis 1999.



### **Fünfter Schritt: Kartendarstellung**

Da vor allem die Landnutzung in Beziehung zur anthropogen bedingten Grundwasserbeschaffenheit steht, sollten wichtige Beschaffenheitsparameter (z. B. Nitrat, PSM, pH, elektrische Leitfähigkeit und Chlorid) zusammen mit der Landnutzung in Form von Karten dargestellt werden. Diese Art der Auswertung zeigt in der Regel auf einen Blick die Zusammenhänge Landnutzung – Grundwasserbeschaf-

### **Fazit**

Eine diffuse Grundwasserbelastung durch die Schadstoffe Nitrat und PSM, für die es als einzige einen EU-Grenzwert gibt und die daher beim jetzigen Diskussionsstand nur für die Bewertung eines Grundwasserteilkörpers relevant sein sollen (der deutsche Standpunkt ist weitergehend und möchte auch andere Schadstoffe einbeziehen), hat einen engen Bezug zur landwirtschaftlichen Flächennutzung. Daher kann es nicht sinnvoll sein, insbesondere einen größeren Grundwasserteilkörper einheitlich mit der Flächenfarbe grün („guter“ Zustand) oder rot („schlechter“ Zustand) zu belegen. Es bietet sich vielmehr an, einen Layer „Landnutzung“ (als diffuse Schadstoffquelle) u.a. mit den Layern „Grundwassermessnetz“ und „Schadstoffkonzentration“ mittels GIS zu verschneiden und für

fenheit. Als Leitparameter kann hierbei das Nitrat dienen (siehe Karte 1 im Anhang).

Aus der Kartendarstellung können Belastungsschwerpunkte in Teilbereichen eines Grundwasserkörpers gut sichtbar gemacht werden (Karte 1 im Anhang). Dies ist nur möglich, wenn der Datensatz von allen geeigneten – auch in der Karte zu dokumentierenden – Messstellen Verwendung findet.

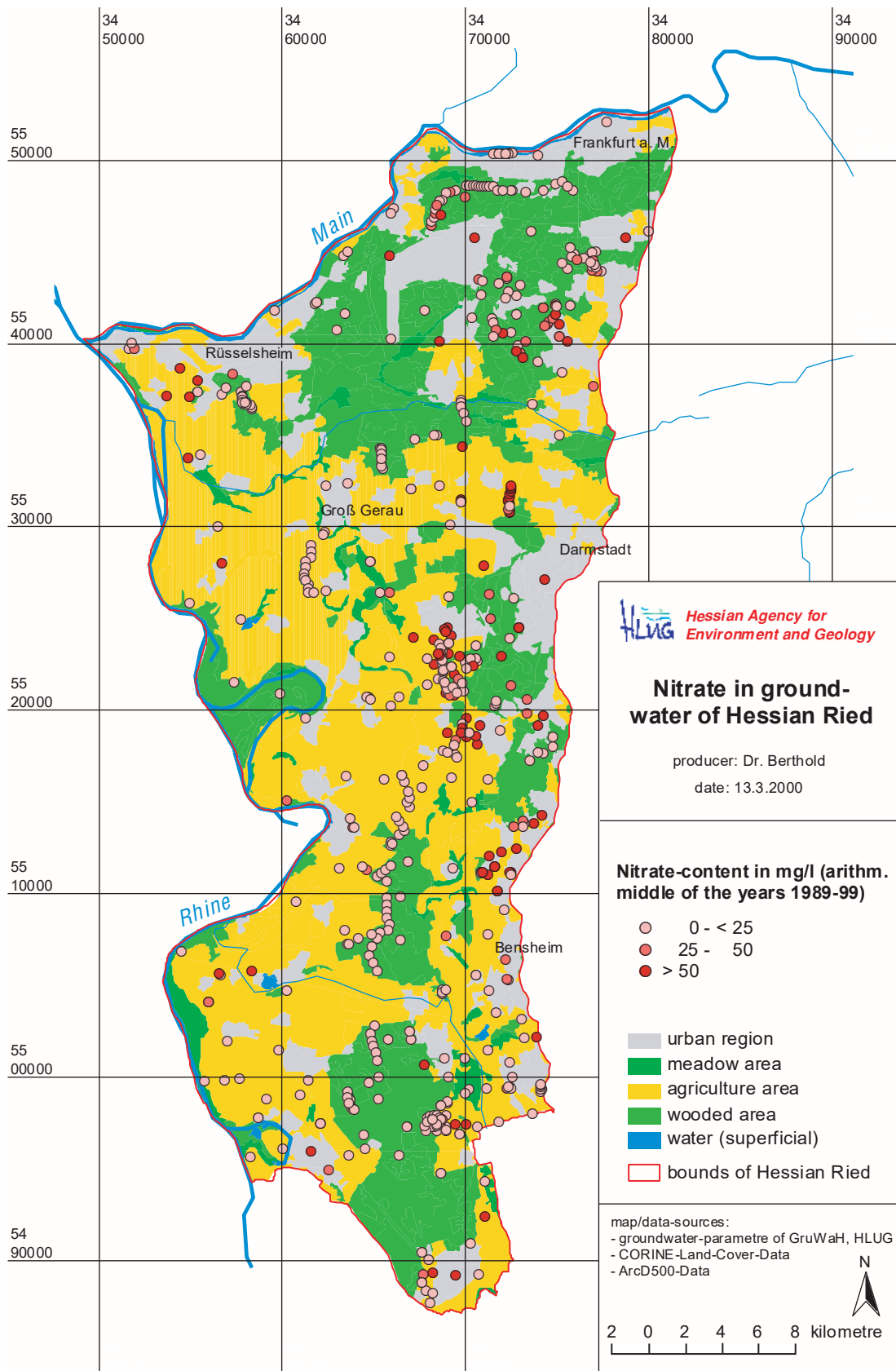
die Bewertung ein synoptisches Verfahren zu wählen: Kombination von Flächenfarbe gemäß Vorgabe der EG-WRRL und Punktdarstellung der Messwerte für jede einzelne Messstelle. Dadurch wird signalisiert, daß trotz eines insgesamt „guten“ qualitativen Zustands des Grundwassers in einem größeren Teilkörper ggf. regional oder lokal Maßnahmen (Sanierung und/oder Monitoring) erforderlich sind, um dem Grundwasserschutz gerecht zu werden. Klärungs- bzw. Abstimmungsbedarf besteht noch im Hinblick auf die Perzentile, die den Zustand „gut“ vom Zustand „schlecht“ trennen (ggf. kann mittels eines weiteren Perzentils ein „mittlerer“, wie auch immer definierter Zustand nach oben bzw. unten abgegrenzt werden).

### **Literatur**

- BERTHOLD, G. & QUADFLIEG, A.: Bewertung des chemischen Grundwasserzustandes anhand geeigneter statistischer Auswerteverfahren.– Wasser und Abfall, 2; Wiesbaden 2000.
- LAWA: Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie, Entwurf Stand 20.2.2001; Schwerin 2001.

- TOUSSAINT, B.: Das „Grundwasser“ in der EU-Wasserrahmenrichtlinie aus hydrogeologischer Sicht.– Mitt. Ing. u. Hydrogeol., 76; Aachen 2000.

Anhang:



Karte 1. Nitratkonzentrationen (mg/l  $\text{NO}_3^-$ ) nach Klassen in den Grundwassermessstellen im Hessischen Ried.