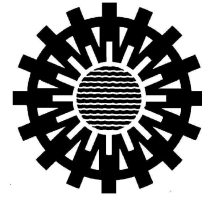


**Bund-Länder-Ausschuss
Bodenforschung (BLA-GEO)**



**Länderarbeitsgemeinschaft
Wasser (LAWA)**

Hydrogeochemische Hintergrundwerte im Grundwasser und ihre Bedeutung für die Wasserwirtschaft

September 2015

Erarbeitet von der Ad-hoc-Kleingruppe "Hydrogeochemische Hintergrundwerte der Grundwässer" des Ständigen Ausschusses „Grundwasser und Wasserversorgung“ der LAWA und der Ad-hoc-AG Hydrogeologie des BLA-GEO vom 28.11.2013 bis 31.07.2015

Dr. Sabine Bergmann	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Dr. Johann-Gerhard Fritsche	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dr. Arnold Quadflieg (Obmann LAWA-AG)	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Dipl.-Geogr. Andrea Richts	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Dr. Bernhard Wagner (Obmann PK Hintergrundwerte Grundwasser)	Bayerisches Landesamt für Umwelt
Dipl.-Geol. Thomas Walter (Obmann Ad-hoc-AG Hydrogeologie)	Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, Saarbrücken
Dr. Rüdiger Wolter	Umweltbundesamt

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
2. Bedeutung der Hydrogeochemischen Hintergrundwerte	4
Gesetzliche Grundlagen	4
Bereitstellung von Geringfügigkeitsschwellenwerten und Hintergrundwerten durch LAWA und SGD	5
3. Ermittlung der Hydrogeochemischen Hintergrundwerte	6
Methodischer Ansatz zur Bestimmung der Hintergrundwerte für Grundwasser	6
Datenaufbereitung und Durchführung der Auswertung.....	8
Vorteile des vorgestellten Ansatzes gegenüber bisherigen Verfahren	11
4. Anwendung der Hydrogeochemischen Hintergrundwerte in der Wasserwirtschaft	11
Anwendung von Geringfügigkeitsschwellenwerten und Hintergrundwerten in Abhängigkeit von der Maßstabsebene.....	12
Einsatz der Hintergrundwerte für Aufgaben des Grundwasserschutzes	13
5. Ausblick	14
6. Literatur	15
Anhang I	17
Anhang II	21

1. Einleitung

Die Staatlichen Geologischen Dienste in Deutschland (SGD) stellen seit dem Jahr 2010 einen im Internet zugänglichen Web-Map-Dienst (WMS) und einen Fachdatenviewer (GeoViewer der BGR) für weitgehend unbeeinflusste Hintergrundwerte im Grundwasser (HGW) bereit [1]. Durch die Kenntnis der regionalen, weitgehend geogen bedingten Hintergrundwerte der Grundwasserbeschaffenheit eröffnen sich neue Möglichkeiten für wasserwirtschaftliche Fragestellungen. Wesentliche Anwendungen sind die Ableitung und Verwendung von Grundwasserschwel­lenwerten zur Zustandsbewertung der Grundwasserkörper nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) [2] und der Einsatz im Grundwasserschutz z.B. bei der Beurteilung möglicher Grundwasserverunreinigungen. Das vorliegende Papier erläutert die Ableitung der HGW anhand von Diagrammen und Einsatzmöglichkeiten der praktischen Anwendung im Zusammenhang mit den Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS-Werten) der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Im Anhang wird ein Überblick über die Inhalte des WMS gegeben und ein Fallbeispiel für den Bezug zu GFS-Werten erläutert.

2. Bedeutung der Hydrogeochemischen Hintergrundwerte

Die Kenntnis der HGW ist auf mehreren Ebenen von Bedeutung. Zum einen dienen die HGW auf der nationalen Ebene als Grundlage zur Ableitung von Schwellenwerten, die gemäß EG-Grundwasserrichtlinie [3] von den Mitgliedsstaaten festzulegen sind. Anorganische und damit auch geogen auftretende HGW weisen in Abhängigkeit vom Gesteinsinventar der jeweiligen Grundwasserleiter charakteristische Bandbreiten auf, die sich in Bezug auf die verschiedenen Grundwasserleiter deutlich unterscheiden können. Deshalb sind regionalisierte HGW wichtig, um bei lokalen Überschreitungen von Schwellenwerten einschätzen zu können, ob es sich um eine natürliche Erhöhung handelt, oder ob womöglich eine anthropogene Ursache vorliegt, die eine weitere Untersuchung und ggf. Maßnahmen erfordert.

Gesetzliche Grundlagen

Durch die EG-WRRL sind die Mitgliedstaaten – in Deutschland die Bundesländer – dazu verpflichtet, den Zustand der Gewässer zu bewerten und einen guten mengenmäßigen und chemischen Zustand zu gewährleisten. Ein wichtiger Maßstab für die Beurteilung des chemischen Zustands sind die Qualitätsnormen, die von der Kommission selbst festgelegt wurden (Anhang I der EG-Grundwasserrichtlinie) und die Schwellenwerte, die von den einzelnen Mitgliedstaaten festzulegen sind (Anhang II). Bei der Novellierung der EG-Grundwasserrichtlinie vom 20. Juni 2014 [4] hat die Kommission ausdrücklich darauf hingewiesen, dass gemeinsame Grundregeln für die Bestimmung der Hintergrundwerte anzuwenden sind, um die Vergleichbarkeit der von den Mitgliedstaaten abgeleiteten Schwellenwerte zu verbessern. Bei der Festlegung von Schwellenwerten sollen auch die natürlichen Hintergrundwerte und Aquifertypen berücksichtigt werden. Deshalb ist die Kenntnis der natürlichen Hintergrundwerte von großer Bedeutung für die Beurteilung des Grundwasserzustands. Nach den Vorgaben der novellierten EG-Grundwasserrichtlinie haben die Mitgliedstaaten in den Bewirtschaftungsplänen für natürlich vorkommende Stoffe Hintergrundwerte in Grundwasserkörpern (Teil C, (a) iv) und Angaben zum Verhältnis von Schwellenwerten und Hintergrundwerten (Teil C, (c) i) zu

übermitteln. Zusätzlich ist die Methode zu beschreiben, nach der jeder Mitgliedstaat die Hintergrundwerte bestimmt hat (Teil C (d)).

Die aktuelle Grundwasserverordnung (GrwV) [5] definiert den geogenen Hintergrundwert als das neunzigste Perzentil der Verteilung der Stoffkonzentrationen im Grundwasser der für den Grundwasserkörper maßgeblichen hydrogeologischen Einheit. Damit kann national auf Basis der Hintergrundwerte ein Schwellenwert bzw. GFS-Wert unter Berücksichtigung des geogenen Hintergrundes abgeleitet werden. Die HGW der SGD liefern dazu als Bezugswert für den geogenen Hintergrund eine entsprechende Datengrundlage. Die HGW ermöglichen es gleichzeitig, Konzentrationsanomalien in einzelnen Grundwasserkörpern zu erkennen.

Stellt sich heraus, dass Überschreitungen von Schwellenwerten eine natürliche Ursache haben, so gelten die Schwellenwerte als eingehalten (GrwV § 7, Abs. 3 letzter Satz) und es sind keine Maßnahmen zur Verminderung der Belastung erforderlich. Alternativ wäre es in einem solchen Fall auch möglich, grundwasserkörperspezifische Schwellenwerte auf der Basis der Hintergrundwerte festzulegen (GrwV §5 Abs.2, vgl. auch Abb. 4.2).

Bereitstellung von Geringfügigkeitsschwellenwerten und Hintergrundwerten durch LAWA und SGD

Die **Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)** veröffentlichte 2004 mit Zustimmung der Umweltministerkonferenz den Bericht „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser“ (GFS-Bericht, [6]). Hierin definiert die LAWA die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) „als Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden“. Bei der Risikobewertung von anorganischen Spurenelementen, insbesondere von Metallen, muss berücksichtigt werden, dass diese geogen bedingt im Grundwasser vorkommen.

Der GFS-Bericht umfasst das Konzept zur Ableitung der Geringfügigkeitsschwellenwerte, Regeln zu ihrer Anwendung und Stoffdatenblätter. Spätere rechtliche Änderungen auf europäischer [7] und nationaler Ebene [8] sowie neue fachliche Erkenntnisse machten eine Überprüfung der GFS-Werte notwendig, mit der 2013 begonnen wurde [9]. Die Neuauflage des GFS-Berichts (in Vorbereitung) übernimmt im Wesentlichen den methodischen Ansatz seines Vorgängers, allerdings entfällt bei der Ableitung von Schwellenwerten für natürlich auftretende Stoffe (geogene Stoffe) die Addition von Hintergrundwert und ökotoxikologisch abgeleiteten Werten („added risk approach“). Stattdessen wird bei natürlich auftretenden Stoffen der Hintergrundwert („nationaler Basiswert“, siehe Tab. 3.2) verwendet, wenn die toxikologisch abgeleiteten Werte niedriger sind als die natürliche Hintergrundkonzentration.

Zur Überprüfung, inwieweit der geogene Hintergrundwert den toxikologisch abgeleiteten Wert überschreitet, ermittelte die LAWA bisher einen nationalen Basiswert für anorganische Spurenelemente und Fluorid als flächengewichtetes Mittel der 90. Perzentilwerte von 16 Bundesländern, basierend auf den durch Kunkel et al. [10] für die 17 für diesen Zweck bundesweit festgelegten Aquifertypen ermittelten Hintergrundwerte. Diese nationalen Basiswerte wurden anstelle der ökotoxikologischen (oder ggf.

humantoxikologischen) Wirkungsschwelle als GFS-Werte herangezogen, wenn der PNEC-Wert (**P**redicted **N**o **E**ffect **C**oncentration) kleiner oder gleich dem Basiswert ist. Daher ist die korrekte Ableitung der regionalen Hintergrundwerte ganz wesentlich, um die GFS-Werte z.B. bei der Bewertung des Grundwasserzustands sachgerecht anwenden zu können.

Haben Überschreitungen der ökotoxikologisch abgeleiteten Werte – auch über den regionalen Hintergrundwert hinaus – eine natürliche (geogene) Ursache, so gelten die GFS-Werte als eingehalten.

Seit dem Jahr 2005 befassen sich die **Staatlichen Geologischen Dienste (SGD)** mit der Ermittlung von Hintergrundwerten im Grundwasser. Wesentliches Ziel ist die flächenhafte Ermittlung regionalisierter Hintergrundwerte für zahlreiche anorganische Haupt-, Neben- und Spurenelemente (siehe Tab. 3.1). Als Bezugseinheiten wurden die Hydrogeochemischen Einheiten der Hydrogeologischen Übersichtskarte von Deutschland 1:200.000 (HÜK200) [11] (WMS unter <http://www.bgr.de/Service/grundwasser/>) gewählt. Somit stehen jetzt wesentlich stärker differenzierte Bezugsflächen als bei der ersten Ableitung der GFS zur Verfügung.

Eine wesentliche Datengrundlage für die seit 2014 vorliegende neuerliche und weitaus umfangreichere Auswertung der Parameter in Tab. 3.2 waren unter anderem die erweiterten Messprogramme, die die Bundesländer in der Zwischenzeit zur Umsetzung der EG-WRRL aufgelegt hatten. Aufgrund dieser deutlich verbesserten Datenbasis liegen für Deutschland nun die natürlichen Hintergrundwerte für die verschiedenen Spurenstoffe in hoher Flächendeckung vor (siehe Tab. 3.2). Die Ergebnisse der Bestimmung der regionalen Hintergrundwerte [12] sind für die wasserwirtschaftliche Praxis der Bundesländer einsetzbar und werden daher auch für die Ermittlung aktualisierter nationaler Basiswerte als Grundlage für die Festlegung der GFS-Werte genutzt (GFS-Bericht 2015).

3. Ermittlung der Hydrogeochemischen Hintergrundwerte

Methodischer Ansatz zur Bestimmung der Hintergrundwerte für Grundwasser

Der Hintergrundwert ist in Anlehnung an die Definition von Kunkel et al. [10] als die Obergrenze der Konzentrationen definiert, die im Grundwasser der jeweils untersuchten hydrogeochemischen Einheit unter dem Einfluss der natürlichen Einwirkungen entsteht, wobei ubiquitäre anthropogene Einflüsse in einem dicht besiedelten Land wie der Bundesrepublik Deutschland von diesen natürlichen Einwirkungen nicht mehr abgetrennt werden können. Für eine statistisch aussagekräftige Angabe über diese natürlichen, ubiquitär überprägten Hintergrundwerte müssen daher zunächst die kleinräumigen Anomalien anthropogener aber auch geogener Natur aus den jeweiligen Datensätzen entfernt werden.

Für die Abtrennung dieser Anomalien und die nachfolgende statistische Auswertung wurde unter Verwendung einer eigens programmierten, weitgehend automatisierten Excel-Anwendung [13] das statistische Verfahren des Wahrscheinlichkeitsnetzes nach Lepeltier [14] benutzt. Dabei handelt es sich um ein einfaches grafisches Verfahren, das auf der Eintragung der nach Größe geordneten Werte in ein Koordinatennetz beruht, das auf der Abszisse linear, auf der Ordinate nach der integrierten Normalverteilung berechnet ist. Normalverteilungen bzw. normalverteilte Abschnitte werden dadurch als Ge-

raden dargestellt (Abb. 3.1). Lognormale Verteilungen ergeben ebenfalls eine Gerade, wenn die Messwertachse logarithmisch skaliert ist. Dies ermöglicht eine einfache optische Überprüfung der Verteilungsform der betrachteten Werte und erlaubt die Abschätzung der Heterogenität der Daten und die Identifikation von Anomalien auf den ersten Blick und ohne weitere Auswertung. Ursache für derartige Anomalien können anthropogene Grundwasserbeeinflussungen, aber auch lokale natürliche Phänomene, wie z.B. Vererzungen, Küsten- oder Binnenversalzungen oder Versauerungsgebiete in Kristallingesteinen sein.

Mischungen unterschiedlicher Populationen, wie die einer oder mehrerer Anomalien mit der Hintergrundpopulation, werden in einem derartigen Diagramm als Teilgeraden unterschiedlicher Länge und Steigung dargestellt und können so leicht unterschieden werden. Dabei muss zwischen den für die einzelnen Populationen typischen, verhältnismäßig flachen Geradenabschnitten und den steileren Übergangsbereichen dazwischen unterschieden werden.

In der vorliegenden, weitgehend automatisierten Form des Verfahrens werden zunächst der für die Hintergrundpopulation charakteristische Geradenabschnitt bestimmt sowie mögliche Anomalien identifiziert, die aus dem weiteren Verfahren ausgeschlossen werden. Danach werden Mittelwert und Standardabweichung aus den Steigungsparametern des verbliebenen Geradenabschnitts ermittelt (Abb. 3.1). Dabei entsprechen die Standardabweichung der Steigung der Ausgleichsgeraden und der Mittelwert dem Achsenabschnitt, d.h. in der Darstellungsweise der Abb. 3.1 dem Durchgang der Ausgleichsgeraden durch die 50%-Linie. Aus diesen Werten können dann die gewünschten Perzentile der zugrundeliegenden Hintergrundpopulation berechnet werden. Als Obergrenze der Hintergrundgehalte und als Abgrenzung gegenüber natürlichen Anomalien bzw. signifikanten anthropogenen Verunreinigungen wurde das 90. Perzentil festgelegt. Weil die Geradenparameter der Hintergrundpopulation direkt über einen Regressionsansatz berechnet werden, muss die Gerade nicht über die gesamte Breite der Verteilung gegeben sein. Damit kann das Verfahren über einen Extrapolationsansatz auch problemlos mit größeren Anteilen an Werten umgehen, die kleiner sind als die Bestimmungsgrenze. Eine ausführlichere Beschreibung der Methodik findet sich auf der Projektseite des BGR-Internetauftritts [16] bzw. in Wagner et al. [12].

Um die Sicherheit hinsichtlich der Statistik der Parameter zu erhöhen, wurde für alle Parameter eine Mindestanzahl von 10 auswertbaren Werten der Normalpopulation festgelegt, d.h. also ohne die Anomalien und die Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze. Zusätzlich wurden für die Darstellungen bei den Hauptanionen und -kationen nur die Ergebnisse verwendet, bei denen mindestens 60% der Gesamtheit der Werte eines Parameters im Bereich der Normalpopulation lagen. Bei den Neben- und Spurenstoffen konnte dieses Kriterium nicht angelegt werden, da die hohe Zahl von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze zu einem übermäßig hohen Ausschluss von Datensätzen geführt und die Auswertung in den entsprechenden Diagrammen unmöglich gemacht hätte. Bei Einheiten mit sehr vielen Messwerten kleiner Bestimmungsgrenze (90. Perzentil < BG) wird die niedrigste Werteklasse zum Parameter dargestellt und ein entsprechender textlicher Hinweis gegeben.

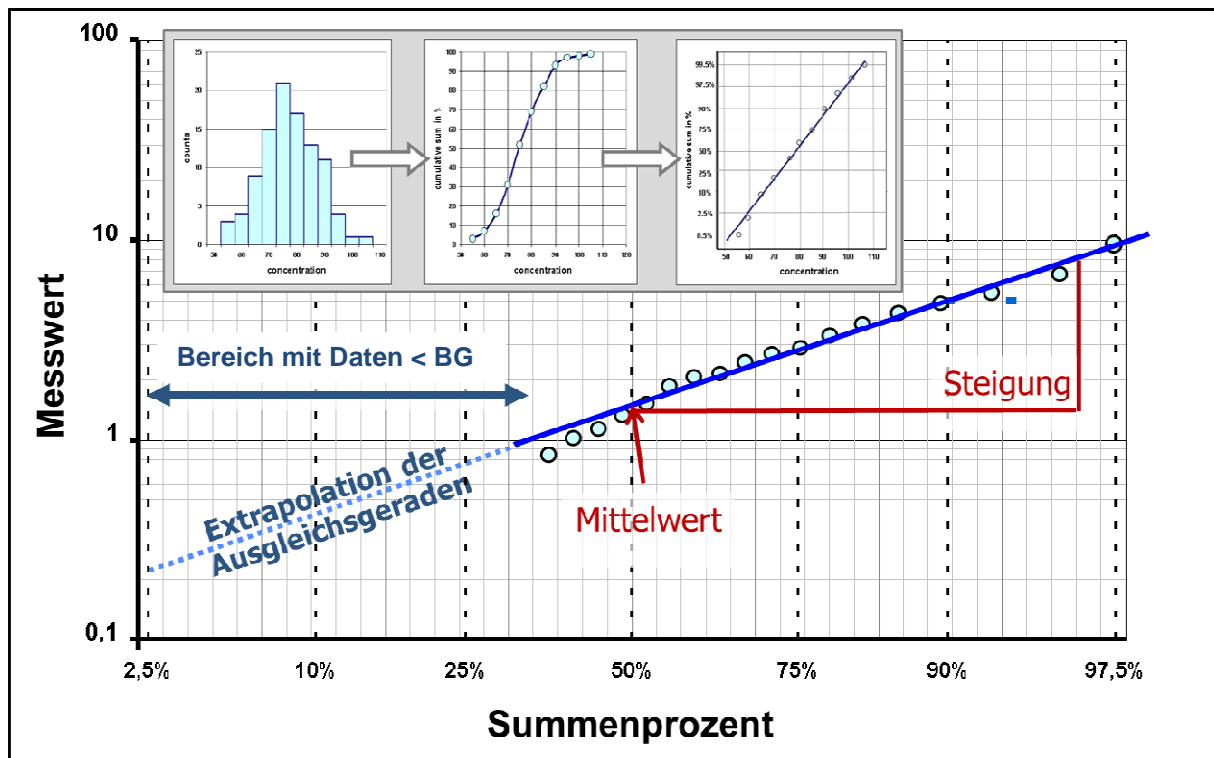


Abb. 3.1: Ermittlung der Steigungsparameter aus der Ausgleichsgeraden durch die der Größe nach geordneten Daten im Wahrscheinlichkeitsnetz. Das Inset zeigt den Zusammenhang von Histogramm, Summenkurve und Wahrscheinlichkeitsnetz (nach DIN 53804-1, [15]). Das Verfahren kann bei prozentual korrekter Berücksichtigung auch mit relativ großen Anteilen von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) umgehen.

Datenaufbereitung und Durchführung der Auswertung

Als erster Auswertungsschritt wurden zunächst die ca. 1100 hydrogeologischen Einheiten der Hydrogeologischen Übersichtskarte von Deutschland (HÜK200) unter Beibehaltung der Trennung nach den 10 Hydrogeologischen Großräumen der HÜK200 zu hydrogeochemisch gleichartigen Hydrogeochemischen Einheiten (HGC-Einheiten) aggregiert. Im Nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet wurden die HGC-Einheiten durch eine nach hydrogeochemischen Kriterien begründete Aggregation hydrogeologischer Teilräume gebildet. Dadurch ergaben sich insgesamt 186 HGC-Einheiten, von denen jedoch zunächst nur für 112 Einheiten ausreichend Messwerte für statistische Auswertungen vorlagen.

Für die Erstausswertung wurden im Jahr 2005 die vorliegenden Grundwasser-Einzelanalysen der Grundwasserdaten haltenden Organisationseinheiten der Länder (vor allem Wasserwirtschaftsbehörden, Geologische Dienste und Umweltämter) zusammengetragen (über 52.700 Messpunkte). Die ausgewerteten Grundwasseranalysen stammen im Wesentlichen aus den Jahren 1980 bis 2005; die bearbeiteten Parameter sind in Tab. 3.1 dargestellt. Größere Lücken im Datenbestand zeigten sich bei der Datensammlung 2005 insbesondere bei den Spurenelementen, sodass hier die Auswertungen hinsichtlich der Flächendeckung zum Teil noch sehr lückenhaft waren. Im Zuge der Anpassung des Grundwassermonitorings der Länder an die Anforderungen der EG-WRRL und wegen weiterer aktuel-

ler Fragestellungen waren jedoch in den Jahren nach der ersten Datensammlung die Grundwasserbeschaffenheitsmessungen stark ausgeweitet worden und eine deutlich verbesserte Datenbasis entstanden. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2014 für alle Parameter des GFS-Berichts 2004 eine erneute bundesweite Datensammlung und Auswertung vorgenommen.

Tab. 3.1: Parameter der Erstauswertung 2010 und der Ergänzung 2014

Erstauswertung 2010	Ergänzung 2014
physikochemische Parameter, Hauptanionen- und -kationen	Spurenstoffe
Gesamthärte	Arsen (As)
pH-Wert (pH)	Bor (B)
Spez. elektrische Leitfähigkeit (LF)	Barium (Ba)
Calcium (Ca)	Cadmium (Cd)
Chlorid (Cl)	Kobalt (Co)
Hydrogenkarbonat (HCO ₃)	Chrom (Cr)
Kalium (K)	Kupfer (Cu)
Magnesium (Mg)	Fluorid (F)
Natrium (Na)	Quecksilber (Hg)
Sulfat (SO ₄)	Molybdän (Mo)
Neben- und Spurenstoffe	Nickel (Ni)
Silber (Ag)	Blei (Pb)
Aluminium (Al)	Antimon (Sb)
Bismut (Bi)	Selen (Se)
Brom (Br)	Thallium (Tl)
Eisen (Fe)	Uran (U)
Lithium (Li)	Vanadium (V)
Mangan (Mn)	Zink (Zn)
Ammonium (NH ₄)	
Phosphat (PO ₄)	
Silikat (SiO ₂)	
Zinn (Sn)	
Strontium (Sr)	

Die Daten und Ergebnisse der Auswertung sind auf der Internetseite der BGR entweder über die browserbasierte Internetkartenanwendung GeoViewer [17] oder als Web Map Service (WMS) öffentlich zugänglich. Die Hintergrundwerte können in Form von Kartendarstellungen und Info-Abfragen

abgerufen werden (siehe Anhang I). Tab. 3.2 zeigt die Parameter der Auswertung 2014 mit der Gesamtzahl der verfügbaren Messstellen, sowie die auf die Gesamtfläche Deutschlands bezogene Flächenabdeckung der Datenlage und das flächengewichtete Mittel der 90. Perzentilwerte (nationaler Basiswert). Für die Berechnung der nationalen Basiswerte wurden die parameterspezifischen 90. Perzentile der ausgewerteten Einheiten mit dem aus der deutschlandweit ausgewerteten Fläche ermittelten Flächenanteil jeder dieser Einheiten multipliziert und dann zu einer Gesamtsumme aufaddiert. Auf diese Weise werden größere hydrogeochemische Einheiten entsprechend ihrem Flächenanteil bei der Mittelwertbildung stärker gewichtet als kleinflächige Einheiten und es wird verhindert, dass Extremwerte auf flächenmäßig gering verbreiteten Flächen das Endergebnis unverhältnismäßig beeinflussen.

Tab. 3.2: Parameter mit Geringfügigkeitsschwellenwerten gemäß Datennacherhebung und Neuauswertung 2014: Gesamtzahl der Messstellen, prozentuale Flächenabdeckung der ausgewerteten Hydrogeochemischen Einheiten und die auf die Gesamtfläche Deutschlands bezogenen flächengewichteten Mittel der 90. Perzentilwerte (Nationaler Basiswert) sowie die GFS-Werte nach LAWA 2004

Parameter		Gesamtzahl Messstellen	Flächenabdeckung (in %)	Nationaler Basiswert (flächengewichteter 90. Perzentil [µg/l])	GFS LAWA 2004 (in µg/l)
Antimon	Sb	14192	72%	0,17	5
Arsen	As	24136	97%	3,21	10
Barium	Ba	16456	97%	175	340
Blei	Pb	24082	93%	1,05	7
Bor	B	22194	96%	116	740
Cadmium	Cd	24272	87%	0,3	0,5
Chrom	Cr	24067	94%	1,75	7
Fluorid	F	16014	89%	269	750
Kobalt	Co	15073	82%	2	8
Kupfer	Cu	20747	96%	5,44	14
Molybdän	Mo	13538	84%	1,34	35
Nickel	Ni	23109	78%	7,14	14
Quecksilber	Hg	13298	53%	0,09	0,2
Selen	Se	15810	80%	1,26	7
Thallium	Tl	13944	71%	0,06	0,8
Uran	U	15606	87%	3,45	10*
Vanadium	V	14830	88%	1,68	4
Zink	Zn	21077	96%	57,6	58

* kein GFS-Wert festgelegt (Grenzwert nach novellierter TrinkwV 2011 [18])

Vorteile des vorgestellten Ansatzes gegenüber bisherigen Verfahren

Das verwendete Verfahren ist durch die getrennte Identifizierung von Hintergrundpopulation und Anomalien grundsätzlich vergleichbar mit der Komponentenseparation von Kunkel et al. [10]. Allerdings nehmen diese die Abgrenzung der Anomalien über eine iterative Anpassung der Überlagerung von normaler und anomaler Population auf der Grundlage von Histogrammen vor, die zu ihrer Erstellung jeweils relativ umfangreiche Datengrundlagen erfordern. Das Wahrscheinlichkeitsnetz verwendet die Einzelanalysen und hat daher den Vorteil, dass für die Auswertung deutlich kleinere Probenzahlen verwendet werden können und somit auch räumlich wesentlich detailliertere Aussagen möglich werden. Zudem können Anomalien durch die Knickpunkte der Geradenverläufe der Teilpopulationen leicht identifiziert und dann eliminiert werden. Über einen Regressionsansatz werden die Verteilungsparameter der Hintergrundpopulation rechnerisch einfach und exakt ermittelt. Insgesamt basiert die Auswertung daher auf wesentlich kleinräumiger aufgelösten hydrogeochemischen Einheiten als die bisherigen Untersuchungen.

Nach diesem Konzept können – auch europaweit – Hintergrundwerte nach einheitlichen Kriterien abgeleitet werden, zumal auch die hydrogeologischen Bezugseinheiten auf einem europaweit vergleichbaren hydrogeologischen System basieren. Dies hat den Vorteil, dass sich auch Daten aus anderen Mitgliedstaaten grenzüberschreitend vergleichen und in ein einheitliches Bewertungssystem integrieren lassen, sodass den Anforderungen der EG-Kommission Rechnung getragen werden kann, möglichst einheitliche Bewertungssysteme zu verwenden.

In der praktischen Anwendung wird die Zuverlässigkeit der Bewertung einzelner Grundwasserkörper oder Messstellen durch die Anbindung an länderübergreifende hydrogeologische Einheiten und die Bereitstellung der zugehörigen Beschaffenheitsdaten deutlich erhöht. Ein weiterer großer Vorteil ist die allgemeine Verfügbarkeit der Daten im Internet, sodass die Informationen von jedem internetfähigen Arbeitsplatz aus abgerufen werden können. Zudem ist es durch diesen Weg der Informationsbereitstellung möglich, den Datenbestand und die Berechnungen anhand neuer verfügbarer Daten fortzuschreiben bzw. zu komplettieren.

4. Anwendung der Hydrogeochemischen Hintergrundwerte in der Wasserwirtschaft

Bei der Beurteilung von Grundwasserbeschaffenheitsdaten, die hohe Konzentrationen natürlich vorkommender Stoffe aufweisen, stellt sich sowohl im vorsorgenden als auch im nachsorgenden Grundwasserschutz die Frage, ob es sich hierbei um anthropogene Kontaminationen, die dann die Einleitung von Maßnahmen erforderlich machen können, oder aber um erhöhte natürliche Gehalte handelt. Zur Klärung der Ursache dieser erhöhten Konzentrationen müssen jedoch die stoffspezifischen regionalen Hintergrundwerte bekannt bzw. mit einer geeigneten Methodik ableitbar sein. Mit den Auswertungen der SGD liegt jetzt eine entsprechende Datenbasis vor, mit der diese Fragestellungen bearbeitet werden können.

Anwendung von Geringfügigkeitsschwellenwerten und Hintergrundwerten in Abhängigkeit von der Maßstabsebene

Da die nationalen Basiswerte unter Berücksichtigung der jeweiligen bundesweiten flächengewichteten Mittelwerte der HGW berechnet worden sind, können die geogenen Hintergrundwerte lokal bzw. in einzelnen Grundwasserkörpern höher als der jeweilige nationale Basiswert und somit auch höher als der jeweilige GFS-Wert sein, wenn dieser auf Grundlage des nationalen Basiswerts festgelegt wurde. Damit ist in einem derartigen Fall im Hinblick auf die Erfordernis von Maßnahmen der Vergleich mit dem anzusetzenden GFS-Wert nur der erste Schritt im Zuge der wasserwirtschaftlichen Prüfung.

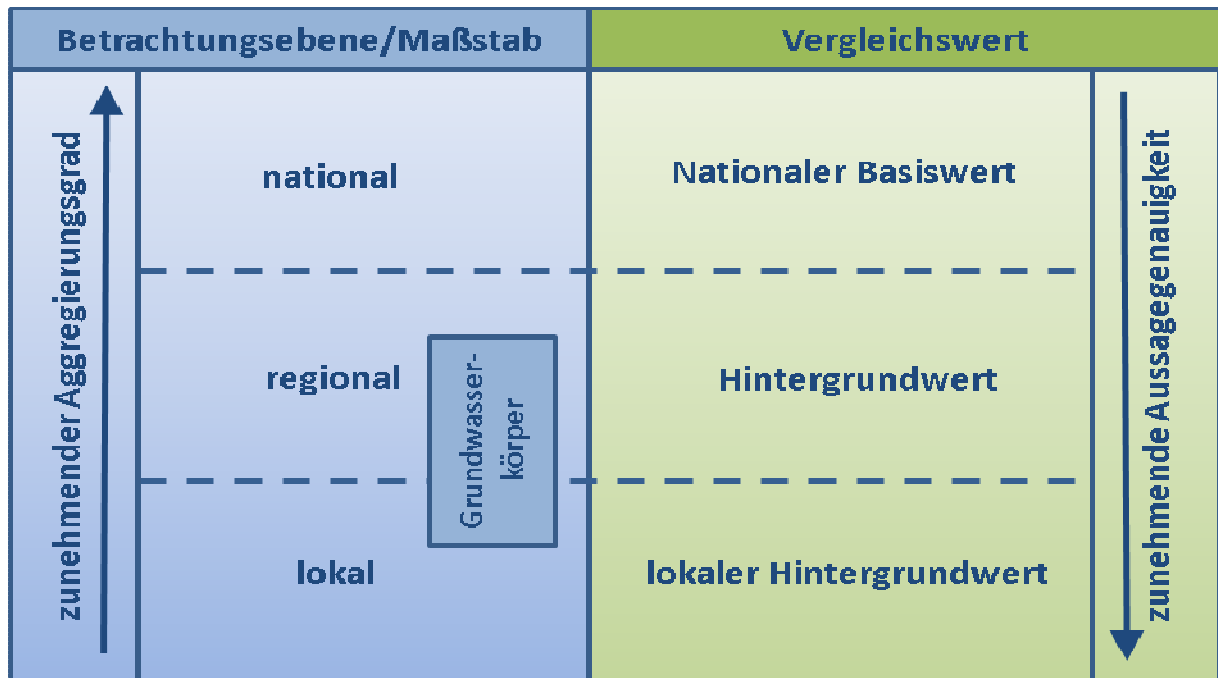


Abb.4.1: Maßstabs- und Anwendungsebenen für nationale Basiswerte, Hintergrundwerte (HGW) der Hydrogeochemischen Einheiten und lokale Hintergrundwerte. Zum Vergleich ist der Größenbereich von Grundwasserkörpern schematisch dargestellt. Der lokale Hintergrundwert ist gesondert zu ermitteln.

Bei dieser Prüfung ist die Hierarchie der verschiedenen Maßstabsebenen auch im systematischen Vorgehen zu berücksichtigen: während für die nationalen Basiswerte eine „bundesweite mittlere Grundwasserzusammensetzung“ zugrunde gelegt wurde, beruhen die Hintergrundwerte überwiegend auf den Geometrien der HÜK 200, d.h. einer räumlich deutlich höher auflösenden Aggregierungsebene im regionalen Maßstab. Wegen der abweichenden geometrischen Grundlage kann ein direkter Bezug zu den länderspezifisch ausgewiesenen Grundwasserkörpern nicht immer hergestellt werden. Daher können die HGW bei Betrachtungen im lokalen Maßstab (Schadensfälle, Altlasten etc.) nur als Anhaltspunkt für eine erste orientierende Einschätzung, ob erhöhte Konzentrationen im Grundwasser geogen bedingt sein können, herangezogen werden. Dies ersetzt aber auf keinen Fall die gründliche Betrachtung der örtlichen Situation in der unmittelbaren Umgebung. Hierbei können auch in den Bundesländern erarbeitete Daten zum Thema Hintergrundwerte im Grundwasser verwendet werden (z.B. Baden-Württemberg [19], Rheinland-Pfalz [20]).

Einsatz der Hintergrundwerte für Aufgaben des Grundwasserschutzes

Da das vorliegende Konzept zur Ableitung von Hintergrundwerten auf der räumlichen Gliederung hydrogeologischer Einheiten und Räume basiert, lassen sich damit in der Regel auch Hintergrundwerte für einzelne Grundwasserkörper ableiten. Selbst wenn ein Grundwasserkörper aus Teilbereichen mehrerer hydrogeochemischer Einheiten zusammengesetzt sein sollte, können für die Bewertung von lokalen Messwerten zumindest die Auswertungen der den Messstellen zuzuordnenden HGC-Einheiten herangezogen werden. Damit vergrößern sich auch bei der Beurteilung heterogen aufgebauter Grundwasserkörper der Umfang der verfügbaren Vergleichsdaten und die Sicherheit der Zustandsbewertung. Auch im Bereich der Beurteilung von Grundwasserschadensfällen können die Hintergrundwerte in analoger Form angewendet werden, müssen aber durch eine standortspezifische Betrachtung (s.o.) untermauert werden. Den schematischen Ablauf des gestuften Verfahrens unter Verwendung der GFS-Werte und der HGW zeigt Abb. 4.2.

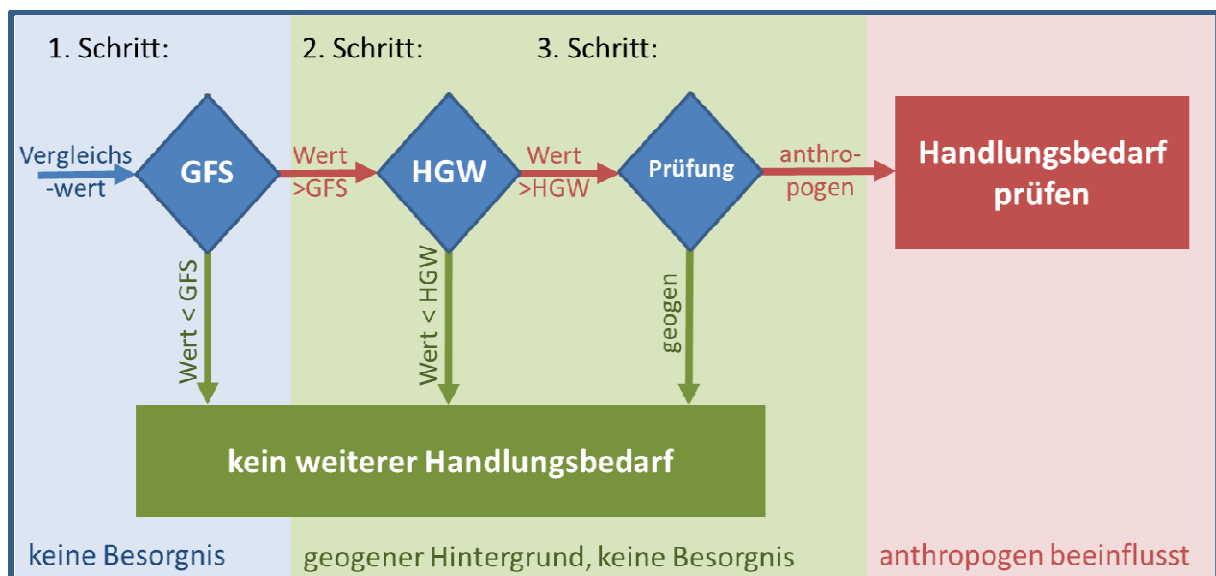


Abb. 4.2: Ablaufdiagramm zur Beurteilung der Erforderlichkeit von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen auf der Grundlage von GFS-Werten und HGW

Demnach ist im vorsorgenden wie im nachsorgenden Grundwasserschutz bei der Beurteilung von Messwerten im Hinblick auf einen möglichen Handlungsbedarf wie folgt vorzugehen:

1. Schritt: Prüfung, ob der GFS-Wert überschritten wird: bei Unterschreitung der bundesweit gültigen GFS-Werte besteht kein Handlungsbedarf. Überschreitung führt zu Schritt 2.
2. Schritt: Bei Überschreitung des GFS-Wertes eines natürlich vorkommenden Stoffes an einer Messstelle muss der mögliche geogene Ursprung dieser Überschreitung geprüft werden. Dazu eignet sich der Vergleich mit den HGW. Wenn die gemessene Konzentration noch unter dem HGW der hydrogeochemischen Einheit liegt, der die Messstelle zugeordnet wurde, ist davon auszugehen, dass eine regional erhöhte Hintergrundkonzentration vorliegt und kein weiterer Handlungsbedarf besteht.

3. Schritt: Bei Überschreitung auch des Hintergrundwertes muss geprüft werden, ob eventuell lokale Einflüsse geogener Art vorliegen oder tatsächlich eine anthropogene Einwirkung angenommen werden muss. Dazu lässt sich neben anderen Verfahren bei Vorliegen einer ausreichenden Datengrundlage natürlich auch das hier vorgestellte Verfahren anwenden, allerdings müssen die lokalen Hintergrundwerte aus den vorliegenden Messungen neu berechnet werden. Diese Berechnungen können mit der weitgehend automatisierten Excel-Anwendung mit sehr geringem zeitlichem Aufwand durchgeführt werden.

Wird eine anthropogene Beeinflussung ermittelt, so ist im nachsorgenden Grundwasserschutz unter Berücksichtigung der Verfahrensweisen der BBodSchV [21], bei der Beurteilung von Grundwasserkörpern nach GrwV [5], der Handlungsbedarf zu prüfen und festzulegen, ob und welche Maßnahmen gegebenenfalls erforderlich sind.

5. Ausblick

Die allgemein zugängliche Bereitstellung regionalisierter Hintergrundwerte für das Grundwasser im Internet bietet neue Möglichkeiten für Anwendungen in der Wasserwirtschaft. Ein besonderer Vorteil dieser Online-Bereitstellung ist die Fortschreibbarkeit des Dienstes. So konnte die Datenverfügbarkeit zu Spurenelementen und Repräsentativität der vorliegenden Messdaten in der Fläche durch Neuauswertung gegenüber der erstmaligen Datenbereitstellung im Jahr 2010 deutlich verbessert werden. Diese Neuauswertung wurde für ausgewählte vollzugsrelevante Spurenelemente durchgeführt und 2014 als WMS bereitgestellt.

Sobald in größerem Umfang neue Daten verfügbar sind und ein entsprechender Bedarf festgestellt wird, kann im Hinblick auf eine noch höhere Flächendeckung, gegebenenfalls aber auch auf eine höhere regionale Auflösung, eine weitere Ergänzung von Auswertungen erfolgen. Ein solcher Bedarf ist zum Beispiel für die Zustandsbewertung der Grundwasserkörper nach EG-WRRL denkbar, falls das zu prüfende Parameterspektrum um weitere natürlicherweise vorkommende Stoffe erweitert werden sollte, zu denen bisher noch keine Hintergrundwerte abgeleitet wurden.

Ein weiterer Anlass für eine Überarbeitung bzw. Fortschreibung kann entstehen, wenn sich die Datengrundlage und/oder Datenqualität zu bestimmten Parametern bei den Ländern aufgrund sensitiverer Messverfahren, durch die Vorgabe niedrigerer Umweltqualitätsnormen, oder aufgrund umfangreicherer Analysen erhöht und dadurch die Flächenverfügbarkeit und Datenbasis der HGW verbessert werden kann. Die Methodik und das Instrumentarium stehen grundsätzlich auch zur Anwendung auf weitere, bisher noch nicht ausgewertete Parameter zur Verfügung, sodass die bereitgestellten HGW bei Bedarf aktualisiert und fortgeschrieben werden können.

6. Literatur

- [1] BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2014): WMS Information der BGR Hannover: Hydrogeologische Karte von Deutschland 1:200.000 (HÜK200). Thema: Hydrogeochemie, Hintergrundwerte im Grundwasser.- Internet: <http://www.bgr.de/Service/huek200/hgw>.
- [2] RL 2000/60/EG: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens im Bereich der Wasserpolitik (Wasser-Rahmenrichtlinie).- Amtsblatt der Europäischen Union L 327/1, 22.12.2000.
- [3] RL 2006/118/EG: Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung.- Amtsblatt der Europäischen Union L 372/19, 27.12.2006, 19-31.
- [4] RL 2014/80/EU: Richtlinie 2014/80/EU der Kommission vom 20. Juni 2014 zur Änderung von Anhang II der Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung.- Amtsblatt der Europäischen Union L 182/52, 21.6.2014, 52-55.
- [5] Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung – GrwV).- Vom 09. November 2010 (BGBl. I S. 1513).
- [6] LAWA (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser.- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.), 33 S., Düsseldorf.
- [7] RL 2008/105/EG: Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG.- Amtsblatt der Europäischen Union L 348 vom 24.12.2008, S. 84.
- [8] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV).- Vom 20. Juli 2011 (BGBl. I S. 1429).
- [9] LAWA (2015): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser – Aktualisierte und überarbeitete Fassung; Stand: 28. Mai 2015.
- [10] Kunkel, R., Wendland, F., Voigt, H.-J., Hannappel, S. (2004): Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland.- Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt 47, 204 S., Jülich.
- [11] BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2015): Hydrogeologische Karte von Deutschland 1:200.000 (HÜK200).- Internet <http://www.bgr.de/Service/grundwasser/huek200>.
- [12] Wagner, B., Walter, T., Himmelsbach, T., Clos, P., Beer, A., Budziak, D., Dreher, T., Fritsche, H.-G., Hübschmann, M., Marzciniek, S., Peters, A., Poeser, H., Schuster, H., Steinel, A., Wagner, F., Wirsing G. (2011): Hydrogeochemische Hintergrundwerte der Grundwässer Deutschlands als Web Map Service.- Grundwasser 16/3: 155-162. DOI: [10.1007/s00767-011-0161-1](https://doi.org/10.1007/s00767-011-0161-1)

- [13] Walter, T. (2008): Determining natural background values with probability plots.- EU Groundwater Policy Developments Conference, UNESCO, Paris, France, 13–15 Nov 2008.
- [14] Lepeltier, C. (1969): A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation.- *Econ. Geol.*, 64: 538-550, Lancaster, PA.
- [15] DIN – Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 53804-1; Statistische Auswertungen, Teil 1: Kontinuierliche Merkmale.- 19 S, Beuth-Verlag, Berlin (2002).
- [16] Wagner, B., Beer, A., Bitzer, F., Brose, D., Brückner, L., Budziak, D., Clos, P., Fritsche, H.-G., Hörmann, U., Hübschmann, M., Moosmann, L., Nommensen, B., Panteleit, B., Peters, A., Prestel, R., Schuster, H., Schwerdtfeger, B., Walter, T. & Wolter, R. (2014): Erläuterung zum Web Map Service (WMS) „Hintergrundwerte im Grundwasser“.- Internet: <http://www.bgr.bund.de/hgw>.
- [17] BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: GeoViewer, Internet: <http://geoviewer.bgr.de>.
- [18] Zweite Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001), Fassung der Bekanntmachung vom 28. November 2011.- BGBl. I Seite 2370.
- [19] Plum, H. & Dietze, G. & Armbruster, V. & Wirsing, G. (2009): Natürliche geogene Grundwasserbeschaffenheit in den hydrogeochemischen Einheiten von Baden-Württemberg.- *LGRB-Informationen*, 23, 192 S., Freiburg i.Br.
- [20] Bitzer, F., Reinheimer, L. und Plaul, W. (2012): Beschaffenheit natürlicher, ubiquitär überprägter Grundwässer.- Landesamt für Geologie und Bergbau und Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz. Internet: http://www.lgb-rlp.de/hintergrundwerte_grundwasser.html.
- [21] BBodSchV (1999): Verordnung zu Durchführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung) in der Fassung der Bekanntmachung vom 12.07.1999.- Bundesgesetzblatt I: S. 1554.

Anhang I

Hinweise zur Nutzung des WMS-Dienstes und der Internetkartenanwendung für die Visualisierung der Hintergrundwerte im Grundwasser

Die Ergebnisse der Datenauswertung zur Ermittlung der Hintergrundwerte im Grundwasser sowie die zugrundeliegenden Messdaten werden auf zwei Wegen über die Webseite der BGR bereitgestellt:

1. Internetkartenanwendung im BGR-GeoViewer: <http://geoviewer.bgr.de>
2. Web Map Service (WMS): <http://www.bgr.de/Service/grundwasser/huek200/hgw/>

Der Vorteil des GeoViewers ist, dass für den Zugang lediglich ein Webbrowser und eine Internetverbindung benötigt werden, sodass sich jeder Nutzer auf einfachem Weg ohne größeren technischen Aufwand einen Überblick verschaffen und die Anwendung als Auskunftsplattform einsetzen kann. An sich handelt es sich hierbei um die webbasierte Visualisierung des WMS-Dienstes.

Die zweite Variante, der direkte Zugriff auf den Dienst, erfordert dagegen ein WMS-fähiges Programm (z.B. ein geografisches Informationssystem wie ArcGIS oder Google Earth), um die Daten anzuzeigen und abzufragen. Im Gegenzug ermöglicht diese Technologie, die Hintergrundwerte im Grundwasser direkt mit anderen fachlichen Layern (wie topografischen, geologischen oder hydrogeologischen Karten) oder eigenen raumbezogenen Daten zu überlagern bzw. in Bezug zu setzen, indem sie gemeinsam dargestellt werden. So können beispielsweise durch Kombination mit anderweitig verfügbaren Grundwassergleichenplänen auch Fließrichtungen des Grundwassers abgeschätzt oder Vorflutverhältnisse ermittelt werden. Datenauswertungen und Berechnungen von Hintergrundwerten können mit diesen Instrumenten allerdings nicht durchgeführt werden.

Die Visualisierung der ermittelten Hintergrundwerte für jeden der 40 erfassten Parameter (vgl. Tab. 2.1) in deutschlandweiten Übersichtskarten erfolgt sowohl flächenhaft als auch punktbezogen, wobei die Koordinaten aus datenschutzrechtlichen Gründen anonymisiert wurden. Räumliche Bezugseinheit für die statistische Auswertung der punktuellen Messwerte und damit auch für die flächenhafte Darstellung sind die aus der HÜK200 abgeleiteten HGC-Einheiten (vgl. oben). Die Hintergrundwerte werden in sechs Klassen unterteilt und die HGC-Flächen entsprechend ihres ermittelten Wertes farblich differenziert. Von besonderem Interesse sind die 90. Perzentile aller repräsentativen Werte, es können aber auch andere Perzentile, insbesondere das 50. Perzentil (Median) dargestellt werden. Abb. A1-1 zeigt beispielhaft die Karte der bundesweiten Hintergrundwerte (90. Perzentil) für den Parameter Arsen.

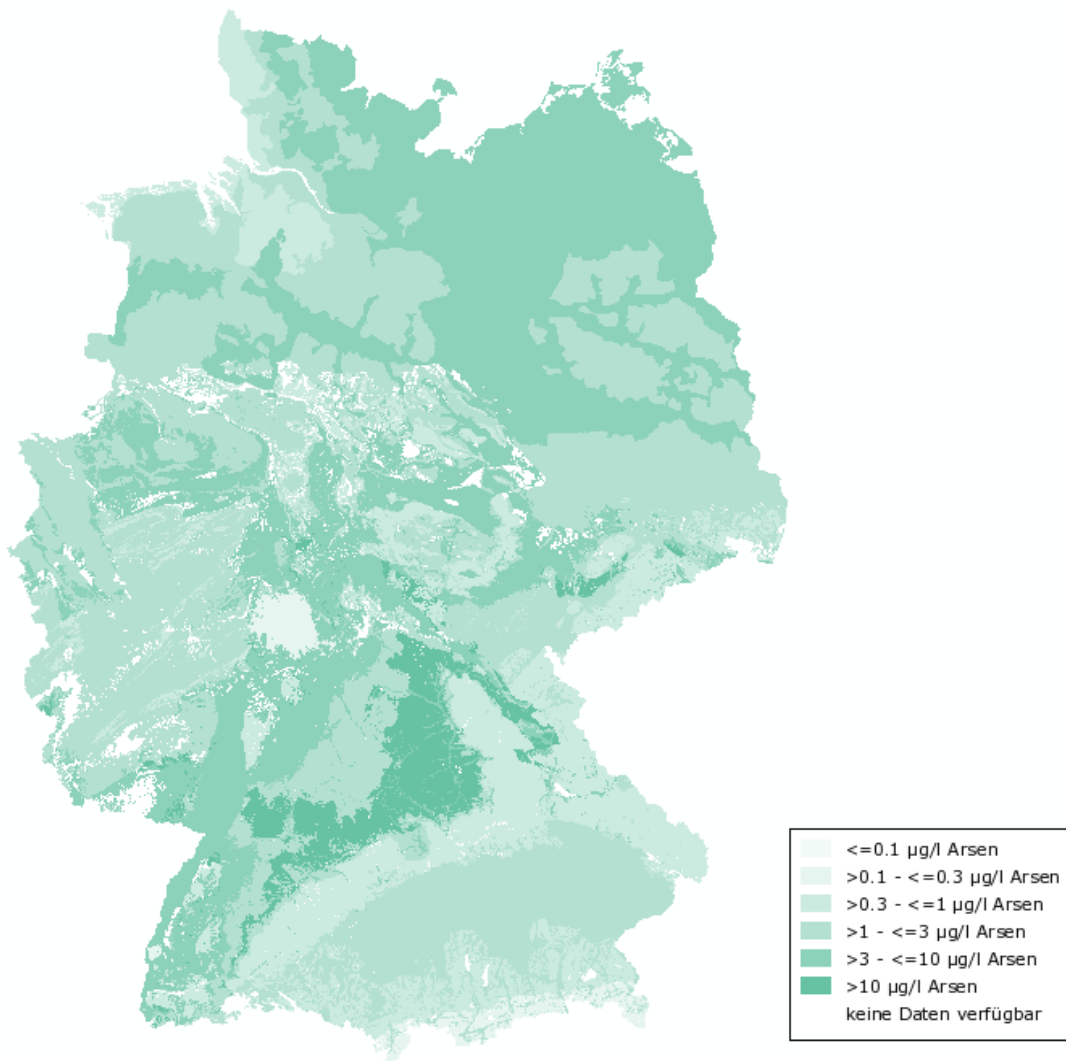


Abb. AI-1: Karte der bundesweiten Hintergrundwerte (90. Perzentile) für das Beispiel Arsen

Darüber hinaus ist für jede Fläche und jeden Parameter eine Info-Abfrage durchführbar (siehe Abb. AI-2). Diese liefert in einer tabellarischen Darstellung sämtliche verfügbaren Daten einer HGC-Einheit wie Name, Flächengröße und statistische Angaben (Perzentile), die die Verteilung der geogenen Grundgesamtheit des betreffenden Parameters beschreiben. Die grafische Veranschaulichung der Perzentile in Form eines Box-Plot-Diagramms sowie eine Übersicht über Lage und Vorkommen der ausgewählten HGC-Einheit ergänzen die diskreten Werte.

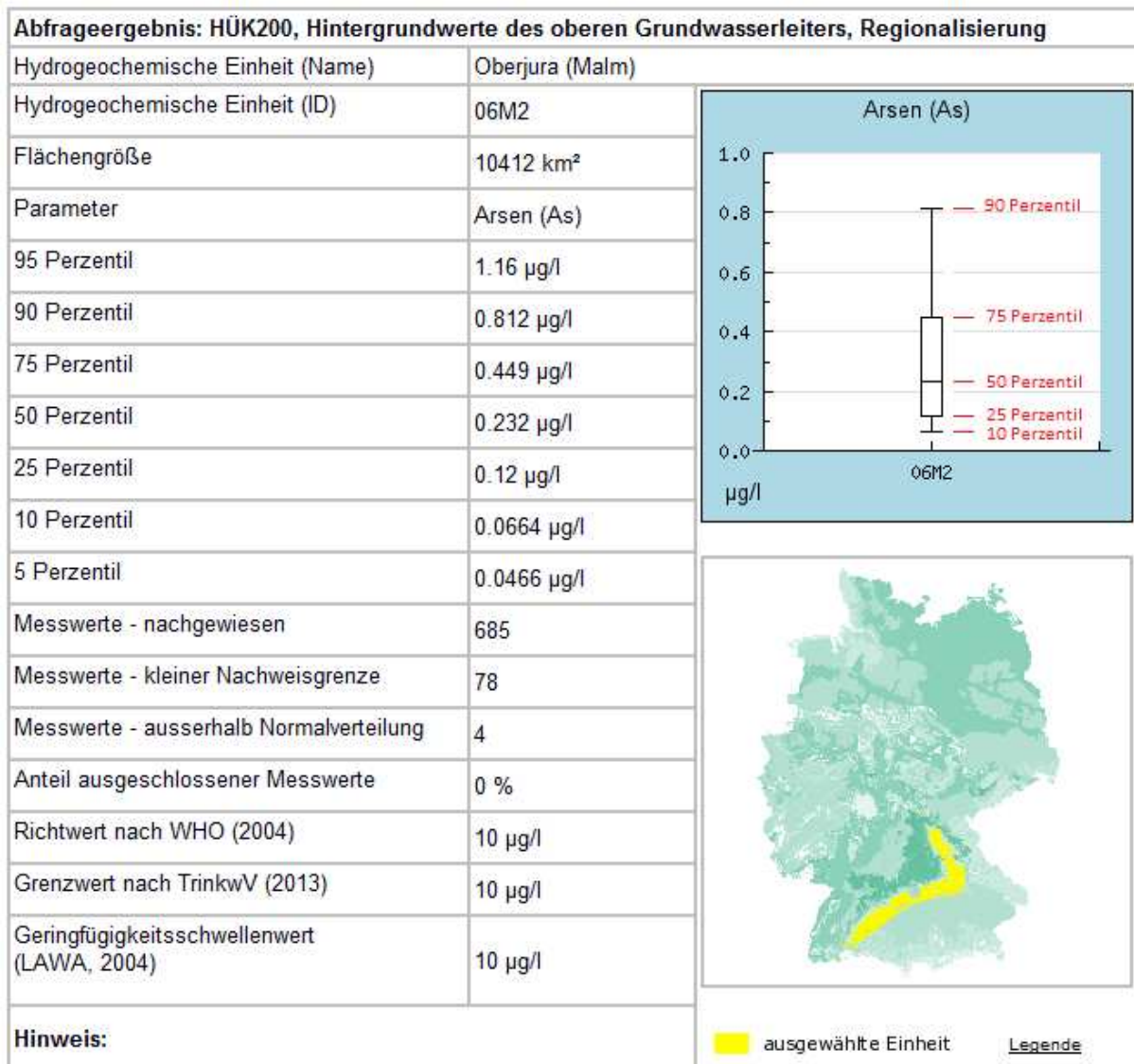


Abb. A1-2: Ergebnis einer Info-Abfrage am Beispiel des Parameters Arsen in der Hydrogeochemischen Einheit 06M2 Oberjura (Malm) des Großraums 6 (West- und süddeutsches Schichtstufen- und Bruchschollenland)

Des Weiteren umfasst der WMS als ergänzende Flächenlayer zum einen eine parameterunabhängige Übersichtsdarstellung der Hydrogeochemischen Einheiten (in Planung) und zum anderen eine Karte der Hydrogeologischen Großräume, die als überregionale Bearbeitungseinheiten dienen.

Neben den Flächendaten werden für jeden Parameter die zu Grunde liegenden Messstellen als Punkte dargestellt, die durch ihre farbliche Klassifizierung Auskunft darüber geben, in welchem Wertebereich der Messwert liegt. Die Darstellung in sechs Farbstufen entspricht der Klassifizierung der Flächendarstellungen. In Kombination mit den Flächendaten geben die Punktinformationen Hinweise auf die Dichte und Verteilung der Eingangsdaten für die statistischen Auswertungen und die regionalen Unterschiede für die jeweiligen Parameter innerhalb der HGC-Einheiten. Gezeigt werden jeweils die für die Auswertung verwendeten Einzelmesswerte. Darüber hinaus werden einige weitere, nicht für die Auswertung der Normalverteilung herangezogene Datenpunkte gezeigt, wodurch sich lokale Anomalien erkennen lassen. Aus Datenschutzgründen erfolgt zu den Punktdaten keine Angabe des exakten

Lagebezugs und des Objektnamens, sodass sie keiner konkreten Messstelle zugeordnet werden können.

Auch für die Punktdaten ist die Info-Abfrage-Funktion verfügbar (Abb. AI-3), über die der genaue Messwert des gewählten Parameters sowie die Zuordnung des ausgewählten Messortes zu einer hydrogeochemischen Einheit abgerufen werden kann.

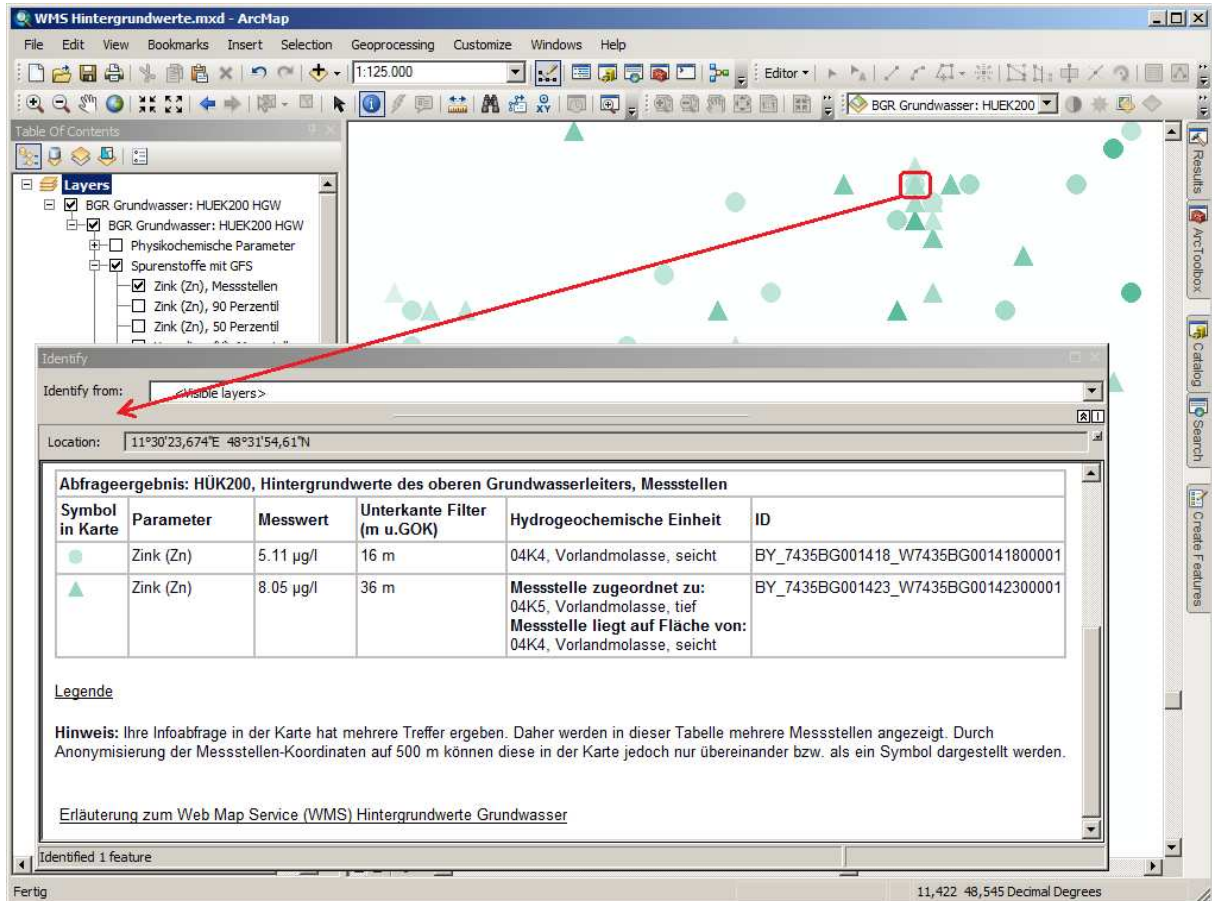


Abb. AI-3: Ergebnis einer Info-Abfrage zu Punktdaten am Beispiel des Parameters Zink. In dieser Auswahl befindet sich eine flachere Messstelle, die in der oberflächennahen HGC-Einheit verfiltert ist (Kreis-Symbol) und eine tiefere Messstelle, die in einer tieferen HGC-Einheit verfiltert ist (Dreieck-Symbol).

Anhang II

Fallbeispiel: Hydrogeochemische Einheit tertiäre Vulkanite 03V1, Vogelsberg und känozoische Basalte und Tuffe 08V1, Westerwald: Vanadiumkonzentrationen

Bei einem Blick auf die Vanadiumkonzentrationen in hessischen Grundwasserkörpern fallen bei Darstellung des 90. Perzentils hohe Werte durch dunkelgrüne Farben in hydrogeochemischen Einheiten auf, die von tertiären Basalten aufgebaut werden. Die 90. Perzentile liegen im Bereich der hydrogeochemischen Einheit 03V1 (tertiäre Vulkanite, Vogelsberg und niederhessische Senke) bei 8,38 µg/l, also mehr als doppelt so hoch wie der GFS-Wert von 4 µg/l. In den Basalten des Westerwaldes (hydrogeochemische Einheit 08V1, känozoische Basalte und Tuffe) liegen sie sogar mit 11,9 µg/l dreimal so hoch.

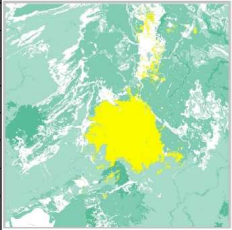
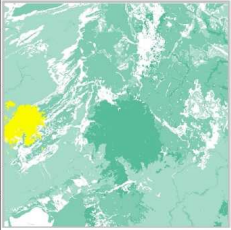
Abfrageergebnis: HÜK200, Hintergrundwerte des oberen Grundwasserleiters, Regionalisierung			Abfrageergebnis: HÜK200, Hintergrundwerte des oberen Grundwasserleiters, Regionalisierung		
Hydrogeochemische Einheit (Name)	tertiäre Vulkanite	Hydrogeochemische Einheit (Name)	känozoische Basalte und Tuffe		
Hydrogeochemische Einheit (ID)	03V1	Hydrogeochemische Einheit (ID)	08V1		
Flächengröße	2566 km ²	Flächengröße	1104 km ²		
Parameter	Vanadium (V)	Parameter	Vanadium (V)		
95 Perzentil	9.72 µg/l	95 Perzentil	17.3 µg/l		
90 Perzentil	8.38 µg/l	90 Perzentil	11.9 µg/l		
75 Perzentil	6.54 µg/l	75 Perzentil	6.38 µg/l		
50 Perzentil	4.97 µg/l	50 Perzentil	3.19 µg/l		
25 Perzentil	3.77 µg/l	25 Perzentil	1.6 µg/l		
10 Perzentil	2.94 µg/l	10 Perzentil	0.856 µg/l		
5 Perzentil	2.54 µg/l	5 Perzentil	0.59 µg/l		
Messwerte - nachgewiesen	59	Messwerte - nachgewiesen	35		
Messwerte - kleiner Nachweisgrenze	9	Messwerte - kleiner Nachweisgrenze	2		
Messwerte - ausserhalb Normalverteilung	-1	Messwerte - ausserhalb Normalverteilung	0		
Anteil ausgeschlossener Messwerte	-1 %	Anteil ausgeschlossener Messwerte	0 %		
Richtwert nach WHO (2004)		Richtwert nach WHO (2004)			
Grenzwert nach TrinkwV (2013)		Grenzwert nach TrinkwV (2013)			
Geringfügigkeitsschwellenwert (LAWA, 2004)	4 µg/l	Geringfügigkeitsschwellenwert (LAWA, 2004)	4 µg/l		
Hinweis:	 ausgewählte Einheit Legende	Hinweis:	 ausgewählte Einheit Legende		

Abb. A II-1: Vanadium-Hintergrundwerte in tertiären Basalten Hessens

Werden die Vanadiumkonzentrationen an einzelnen Messstellen betrachtet (Abb. AII-2), so fällt auf, dass Werte oberhalb des GFS (rote Punkte) fast ausschließlich in diesen beiden hydrogeochemischen Einheiten vorkommen. Die Messstellen mit Werten < GFS sind als kleine grüne Punkte gekennzeichnet. Es scheint also ein Charakteristikum von Grundwasserleitern in tertiären Basalten zu sein, dass die Vanadiumkonzentrationen geogen erhöht sind.

Am Beispiel des Westerwaldes fällt auf, dass die Überschreitungen eher lokal vorkommen. Dies liegt daran, dass hier lateral und vertikal ein schneller Wechsel von tertiären Basalten, Tuffen und Sedimenten vorkommt. Die hohen Konzentrationen kommen nur in den Basalten vor. Eine Untergliederung in feiner aufgeteilte hydrogeochemische Einheiten wäre jedoch für den Darstellungsmaßstab nicht sinnvoll. Die andererseits auf die Verbreitungsgebiete der Westerwald-Basalte begrenzten Konzentrationserhöhungen bieten eine wichtige Hilfe z.B. bei der Bewertung von Schadensfällen und Altlasten oder dem Grundwasserabstrom von Deponien, die oft oberhalb der tertiären Tuffe in alten Basaltbauen eingerichtet wurden.

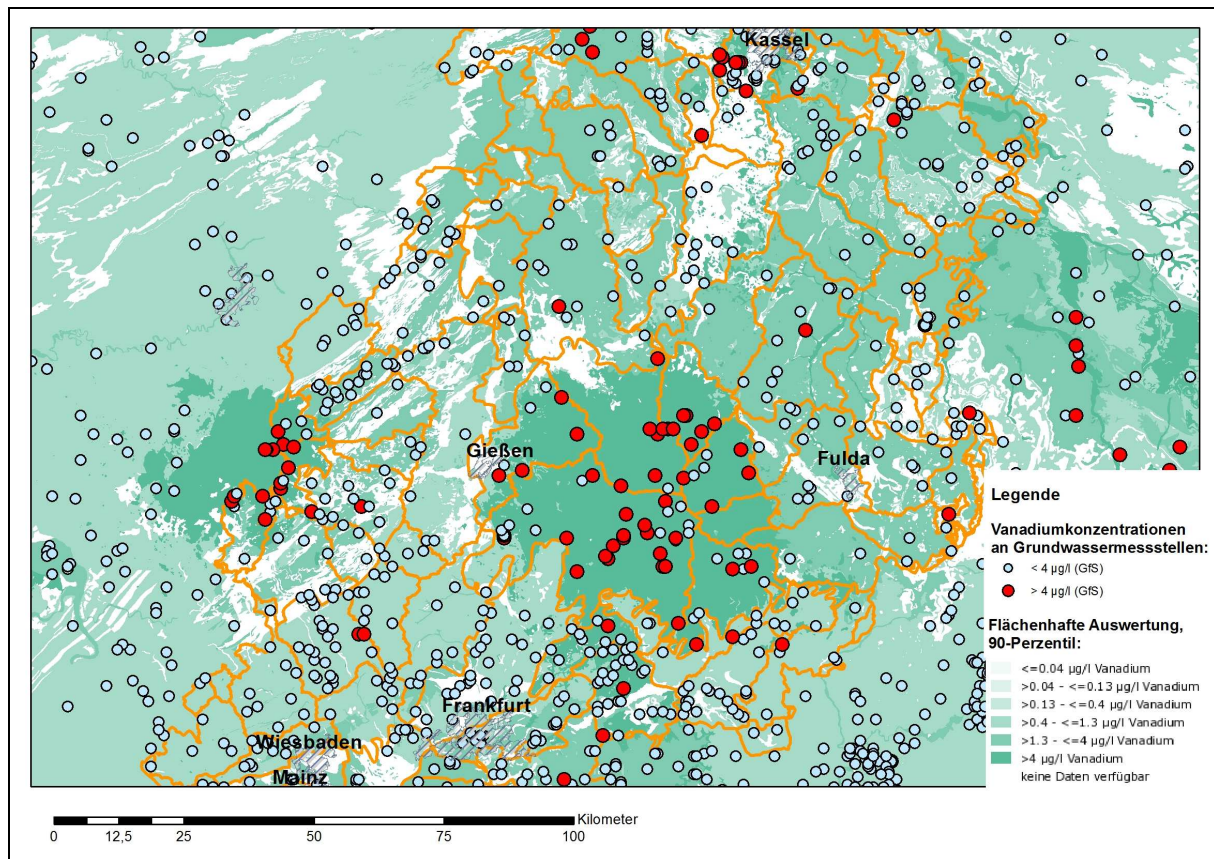


Abb. A II-2: Flächenhafte Auswertung der Vanadiumkonzentrationen (90. Perzentil) in den hydrogeochemischen Einheiten und Vanadiumkonzentrationen an einzelnen Grundwassermessstellen

Die Grenzen der Grundwasserkörper sind in Abb. A II-2 (hier nur für Hessen) orange dargestellt. Die Grundwasserkörper wurden in Hessen durch Verschneiden hydrogeologischer Teilräume mit oberirdischen Einzugsgebieten gebildet, beinhalten also sowohl geologische Merkmale als auch einen Bezug zu den oberirdischen Gewässern. Die hydrogeochemischen Einheiten werden aus hydrogeologischen Einheiten aufgebaut, die ihrerseits innerhalb der hydrogeologischen Teilräume liegen. Im Idealfall kommen gemeinsame Flächengrenzen zwischen Grundwasserkörpern und hydrogeochemischen Einheiten zu Stande. Insofern lassen sich in diesem Beispiel die betroffenen Grundwasserkörper mit erhöhten Hintergrundwerten eines bestimmten Stoffes leicht identifizieren. Für diese Grundwasserkörper kann entweder ein separater Schwellenwert nach der GrwV [5] definiert werden, oder es können im Fall des Belassens der flächendeckenden Schwellenwerte auf GFS-Basis geogen bedingte lokale Überschreitungen dieser Qualitätsziele einfach und nachvollziehbar begründet werden.