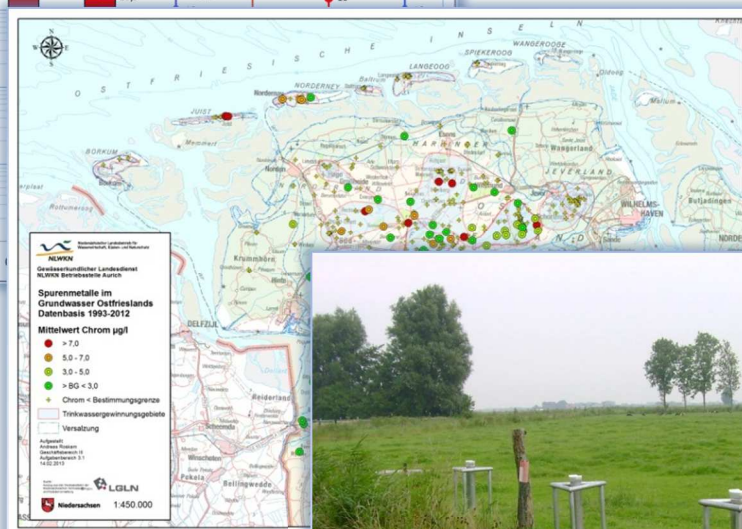
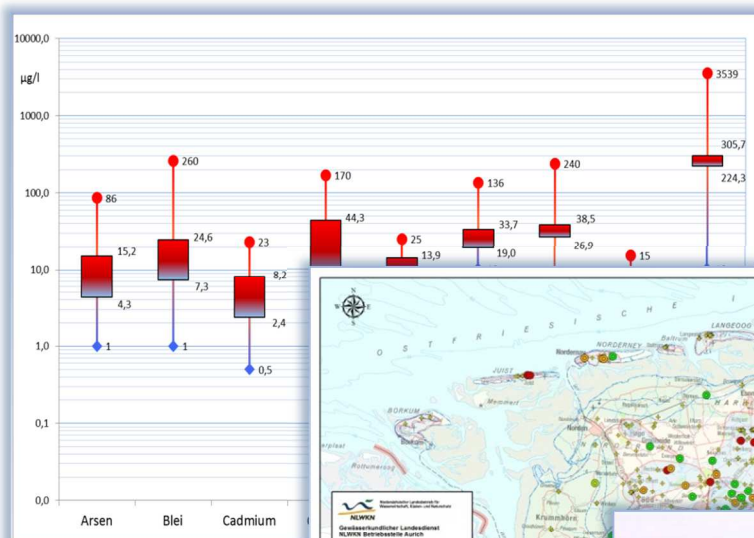




Regionaler Themenbericht

Spurenmetalle im Grundwasser Ostfrieslands

Datenauswertung 1993 bis 2012



Niedersachsen

Regionaler Themenbericht

Spurenmetalle im Grundwasser Ostfrieslands

Datenauswertung 1993 bis 2012



Niedersachsen

Herausgeber:
Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Am Sportplatz 23
26506 Norden

Verfasser:
Dipl. Ing. Andreas Roskam
Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Betriebsstelle Aurich
Oldersumer Straße 48
26603 Aurich

Titelbild: Grundwassermessstellen
R 82 Wirdum I – IV Umbau 2008
(Foto NLWKN)

1. Auflage: Juli 2013

Bezug:
Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Am Sportplatz 23
26506 Norden

Online verfügbar unter:
www.nlwkn.Niedersachsen.de
Gedruckt auf 100% Recyclingpapier

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung.....	5
2 Ergebnisse und Diskussion.....	6
3 Empfehlungen und Ausblick.....	11
4 Zusammenfassung	12
5 Literaturverzeichnis.....	12

Tabellen

Tabelle 1 Zusammenfassung der Kennzahlen.....	13
---	----

Abbildungen

Abb. 1 Grundwasser-Messstellengruppe R 82 Wirdum I-IV	6
Abb. 2 Mittelwerte der Spurenmetallbefunde im Grundwasser Ostfrieslands größer Bestimmungsgrenze.....	8
Abb. 3 Anzahl der untersuchten GW-Messstellen und Anteil der GW-Messstellen mit Befunden > BG	9
Abb. 4 Mittlere pH-Werte des Grundwassers bei Spurenmetall-Konzentrationen über GFS-Wert.....	9
Abb. 5 Spannweiten der untersuchten Spurenmetalle mit Bestimmungsgrenzen, Mittel- und Maximalwerten.....	10

Anhang

Datenblatt Arsen.....	14
Karte Arsen	15
Datenblatt Blei	16
Karte Blei.....	17
Datenblatt Cadmium	18
Karte Cadmium.....	19
Datenblatt Chrom	20
Karte Chrom	21
Datenblatt Cobalt.....	22
Karte Cobalt	23
Datenblatt Kupfer.....	24
Karte Kupfer	25
Datenblatt Nickel	26
Karte Nickel.....	27
Datenblatt Quecksilber.....	28
Karte Quecksilber	29
Datenblatt Zink	30
Karte Zink.....	31

1 Einführung

Die Hydrochemie des Grundwassers unterscheidet zwischen Spurenelementen mit Konzentrationen < 1 mg/l, Nebenbestandteilen mit Konzentrationen zwischen 1 und 5 mg/l und Hauptbestandteilen mit Konzentrationen > 5 mg/l (*Merkel u. Sperling, 1998*). Für die Metalle lassen sich die Elemente Eisen, Mangan und auch Aluminium unter den weitgehend reduzierenden Verhältnissen im Grundwasser Ostfrieslands in die Gruppe der Nebenbestandteile einordnen. Sie spielen bei der Aufbereitung des Rohwassers zu Trinkwasser eine wesentliche Rolle und werden durch Oxidation und Fällung entfernt.

Die vorliegende Datenauswertung widmet sich den Metallen und Halbmetallen, die in Spuren im Grundwasser Ostfrieslands zu finden sind und im Folgenden als **Spurenmetalle** bezeichnet werden (*Alloway u. Ayres, 1996*). Spurenmetalle können sowohl essentiellen Charakter haben, wie z.B. Kupfer und Zink, bei deren Fehlen es für Lebewesen zu Mangelerscheinungen kommen kann, oder sie haben toxische Eigenschaften wie z.B. Cadmium oder Quecksilber. Beide Eigenschaften sind abhängig von der zugeführten Menge eines Elementes.

Spurenmetalle im Grundwasser können sowohl aus geogenen Quellen stammen als auch anthropogen in das Grundwasser emittiert oder mobilisiert werden. Sie unterliegen im Grundwasserleiter sehr differenzierten Sorptions- und Lösungsprozessen. Für die detaillierte Auseinandersetzung mit den spezifischen Stoffeigenschaften der einzelnen Spurenmetalle sei an dieser Stelle die DVGW Schrift 117 Hydrogeochemische Stoffsysteme Teil II (*Merkel u. Sperling, 1998*) empfohlen.

Aus Gründen vergleichbarer Analysemethoden und Bestimmungsgrenzen wurde die vorliegende Auswertung auf die Daten der letzten 20 Jahre hydrochemischer Grundwasseruntersuchungen begrenzt. Das betrachtete Messnetz umfasst sowohl landeseigene Grundwassermessstellen, als auch den Messstellenpool der Wasserversorgungsunternehmen und der Beweissicherung Rohstoffgewinnung.

Berücksichtigt wurden ausschließlich Daten aus dem Grundwasser, nicht die Daten aus dem aufbereiteten Rein- bzw. Trinkwasser.

Abhängig von der Datenlage wurden je Spurenmetall die Analysen von 105 Messstellen (Cobalt) bis zu 742 Messstellen (Nickel) ausgewertet (Abb. 1). Mit Ausnahme von Cobalt standen je Element dafür bis zu über 2300 Untersuchungsbeefunde zur Verfügung. Auf dieser Basis soll der vorgelegte Bericht sowohl einen umfassenden Gesamteindruck ermöglichen, als auch die spezifische Datenlage für die einzelnen Elemente beleuchten.

Spurenmetalle im Grundwasser und im Trinkwasser unterliegen je nach Eigenschaften unterschiedlichen Orientierungs- und Grenzwerten. Die Trinkwasserverordnung 2011 (TrinkwV) berücksichtigt dabei auch Lösungsprozesse im Leitungsnetz z.B. bei Kupfer und Zink (TrinkwV Anlage 2 Teil II). Die verschiedenen Orientierungswerte für das Grundwasser haben vorsorgenden Charakter und sind als Prüf- oder Schwellenwerte definiert und werden in den folgenden Ausführungen herangezogen.

Der vom NLWKN ausgewertete Datenbestand 1993 bis 2012 umfasst die Spurenmetalle:

Arsen	(As)
Blei	(Pb)
Cadmium	(Cd)
Chrom	(Cr)
Cobalt	(Co)
Kupfer	(Cu)
Nickel	(Ni)
Quecksilber	(Hg)
Zink	(Zn)

2 Ergebnisse und Diskussion

Für die betrachteten Spurenmetalle sind zur individuellen Darstellung jeweils einzelne Datenblätter angefertigt worden, die sich im Anhang zu diesem Bericht finden. Neben Aussagen zum Datenbestand, zu den mittleren Messwerten und zu den Orientierungs- und Grenzwerten werden dort besonders auffällige Grundwassermessstellen benannt. Zu den Datenblättern gehört je Element eine Karte zur räumlichen Verteilung der Befunde.



Abb. 1: Grundwasser-Messstellengruppe R 82 Wirdum I-IV.

Die Mittelwerte der Befunde über Bestimmungsgrenze liegen mit Ausnahme für Zink bei allen Spurenmetallen unter $30 \mu\text{g/l}$ und schwanken zwischen $2,39 \mu\text{g/l}$ (Cadmium) und $26,9 \mu\text{g/l}$ (Nickel). Zink nimmt eine Sonderstellung ein, für dieses Element liegt der Mittelwert der Befunde bei über $200 \mu\text{g/l}$, Konzentrationen bereits im Milligramm-Bereich sind für Zink mehreren Messstellen zuzuordnen (Abb. 2).

Die Anteile der untersuchten Grundwassermessstellen im Untersuchungsraum mit Befunden über Bestimmungsgrenze bewegen sich zwischen 1% (Quecksilber) und 29% (Arsen) (Abb. 3). Für die Mehrzahl der Grundwassermessstellen Ostfrieslands sind die Untersuchungen auf Spurenmetalle ohne Nachweis geblieben.

Die Maxima der einzelnen Spurenmetalle liegen zwischen $15,0 \mu\text{g/l}$ (Quecksilber) und $260 \mu\text{g/l}$ (Blei). Für Zink liegt der höchste gemessene Wert bei $3.539 \mu\text{g/l}$.

Die Bestimmungsgrenzen der ausgewerteten Spurenmetalle liegen mit $0,03$ bis $0,5 \mu\text{g/l}$ für Quecksilber am niedrigsten. Die Bestimmungsgrenzen der anderen Spurenmetalle schwanken je nach Analysemethode zwischen $0,5 \mu\text{g/l}$ und $10 \mu\text{g/l}$.

Das Verhalten der Spurenmetalle im Grundwasser unterliegt je nach Parameter sehr komplexen Sorptions- und Lösungsvorgängen. Natürliche Prozesse wie z.B. die Metall-Mobilisierung aus sulfidhaltigen Gesteinen, die Anlagerung an Tonmineralien oder die Bindung an organischen Komponenten sind oftmals pH-Abhängig. Ergänzend zu den Spurenmetallen wurden daher auch die mittleren pH-Werte ausgewertet. Um signifikante Hinweise zu erhalten, wurden nur die GW-Messstellen mit Befunden über dem jeweiligen Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) selektiert und der mittlere pH-Wert ermittelt. Der mittlere pH-Wert dieser Gruppe von Messstellen mit den höchsten gemessenen Konzentrationen schwankt zwischen sauer mit pH 4,86 (Cobalt) und neutral mit pH 6,64 (Arsen). Die Gruppe mit den höchsten Konzentrationen für Arsen, Blei und Kupfer zeigt ein Grundwassermilieu über pH 6, die Gruppe mit den höchsten Konzentrationen für Cobalt, Cadmium, Nickel, Quecksilber, Zink und Chrom weist mittlere pH-Werte von zum Teil deutlich unter pH 6 auf (Abb. 4).

Die spezifischen Kenngrößen Bestimmungsgrenze, Mittelwert über Bestimmungsgrenze, Mittelwert über Geringfügigkeitsschwellenwert sowie maximal gemessene Konzentration sind zu den ausgewerteten Elementen in einem Spannweiten-Diagramm dargestellt (Abb. 5).

Im Vergleich zum Festland ist auf den ostfriesischen Inseln das Grundwasser-Milieu deutlich alkalischer mit pH-Werten zwischen pH 7,4 und pH 8,5, dennoch sind Spurenmetalle auch im Grundwasser der Inseln nachzuweisen.

Das Halbmetall **Arsen** ist ubiquitär vorhanden und auch im Meerwasser nachzuweisen (Merkel u. Sperling, 1998). Dies kann mit der vorliegenden Auswertung bestätigt werden, Arsen wird fast in einem Drittel der untersuchten GW-Messstellen nachgewiesen. Trotz der hohen Befunddichte, bleiben Einzelfunde und auch die betrachteten Mittelwerte im Vergleich zu den anderen Spurenmetallen auf einem niedrigen Niveau (4,3 µg/l).

Bemerkenswert ist, dass neben Blei nur Arsen auch im Einfluss der Küstenversalzung Befunde zeigt. Arsen kann zusammen mit Nickel und Cobalt auch durch Denitrifikationsprozesse aus Eisensulfid mobilisiert werden (Kölle, 2004). Das Grundwasser in Ostfriesland ist in weiten Teilen durch heterotrophe und autotrophe Denitrifikationsprozesse geprägt, so dass hier eine Ursache für das häufige und gleichförmig verteilte Auftreten von Arsenbefunden gesehen werden kann.

Das Schwermetall **Blei** findet sich in Spuren in 12,8% der untersuchten Messstellen und damit deutlich seltener als Arsen. Die Untersuchungshäufigkeit ist mit 740 Messstellen und über 2.200 Analysen sehr hoch. Auffällig sind insgesamt 17 Einzelmessstellen mit Befunden über dem GFS von 7 µg/l. Befunde von Blei mit Konzentrationen über 20 µg/l sind selten, die höchste gefundene Konzentration von 260 µg/l wurde in einem sehr schwach gepufferten Grundwasser mit starkem Hochmooreinfluss gemessen (pH 5,84 Calcium 14 mg/l, Magnesium 3,6 mg/l).

Die Befunddichte für das Schwermetall **Cadmium** ist deutlich geringer. Trotz ebenfalls sehr hoher Untersuchungshäufigkeit ist in weniger als 5% der untersuchten Messstellen Cadmium nachzuweisen. Cadmium hat mit 0,5 µg/l einen sehr niedrigen GFS, der sich bei einer Vielzahl der ausgewerteten Analysen mit der jeweiligen Bestimmungsgrenze deckt oder diese sogar unterschreitet, so dass insgesamt 34 Messstellen mit Befunden oberhalb des GFS auffallen. Bei weiterer Orientierung an dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 3,0 µg/l verbleiben jedoch nur 6 Messstellen, die zusammen mit einem Mittelwert von 8,2 µg/l hervortreten.

Sämtliche ausgewertete Analysen für **Chrom** liegen für Chrom-gesamt vor. Im Grundwasser tritt Chrom in der Regel nur in seiner dreiwertigen Verbindung (Cr III) auf (Merkel u. Sperling, 1998). Die Befunddichte für Chrom-gesamt ist wieder deutlich höher als bei Cadmium, in 99 der 728 untersuchten Messstellen (13,6%) sind Nachweise geführt worden. Auffällig ist das Grundwasser an 10 Messstel-

len mit Konzentrationen über dem GFS von 7 µg/l. Die Messstellen mit tendenziell höheren Konzentrationen verteilen sich für Chrom-gesamt schwerpunktmäßig auf den Geeststandorten und den Inseln.

Abweichend zu den übrigen Spurenmetallen liegen für **Cobalt** nur Untersuchungen aus dem Jahr 1998 (Wasserversorgungsunternehmen) und 2010 (Gewässerkundlicher Landesdienst) vor. Die bereits oben beschriebene mögliche Mobilisierung aus Denitrifikationsprozessen war Veranlassung, eine Auswahl von Messstellen auf Cobalt zu analysieren. Bemerkenswert ist der mit über 20% hohe Anteil an Messstellen mit Befunden, sowie der sehr niedrige mittlere pH Wert von 4,86 der 11 Messstellen mit den höchsten Konzentration über dem GFS von 8 µg/l.

Kupfer ist für den menschlichen und tierischen Organismus essentiell, kann jedoch für Pflanzen und Algen bereits in geringsten Konzentrationen toxisch wirken. Der GFS-Wert ist mit 14 µg/l vergleichsweise hoch, dennoch sind an 46 der untersuchten Messstellen Konzentrationen gemessen worden, die darüber liegen. Diese Messstellen mit den höchsten Befunden haben einen vergleichsweise hohen mittleren pH-Wert von 6,15, der nur bei den Höchstfunden für Arsen noch darüber liegt.

Die Konzentrationen von **Nickel** im Grundwasser steigen bei pH-Werten < 6 und bei der Oxidation sulfidischer Erze durch Nitrat (Kölle, 2004). Beide Bedingungen können im Grundwasser Ostfrieslands erfüllt sein, so dass die festgestellte hohe Befunddichte (18% der untersuchten Messstellen) und die vergleichsweise hohen Konzentrationen dadurch erklärt werden können. Einen Hinweis gibt das häufig gemeinsame Auftreten von Nickel- und Nitratbefunden. Der Mittelwert aller Befunde liegt mit 26,9 µg/l für Nickel deutlich über allen anderen Spurenmetallen, außer für Zink. Bemerkenswert ist weiterhin, dass keine Nickelkonzentrationen über Bestimmungsgrenze im Salzwasser beeinflusstem Grundwasser nachgewiesen wurden.

Das Schwermetall **Quecksilber** wurde nur in 5 von 557 untersuchten Messstellen mit einem niedrigen Mittelwert von 3,45 µg/l im Grundwasser nachgewiesen. Abweichend von den anderen Spurenmetallen konnte an keiner dieser Messstellen der jeweilige Quecksilberbefund durch Folgeuntersuchungen bestätigt werden.

Die beiden höchsten Quecksilberkonzentrationen wurden jeweils an Bodenabbaustätten analysiert, hier sind im Zuge der Beweissicherung Nachuntersuchungen sinnvoll.

Das essentielle Metall **Zink** findet sich vielfach in höheren Konzentrationen im Grundwasser Ostfrieslands als bei allen übrigen ausgewerteten Elementen. An 6 Messstellen werden Gehalte über 1 mg/l gemessen. An über 20% der untersuchten Standorte wird Zink nachgewiesen und liegt dort mit einem Mittelwert von 224 µg/l eine Zehnerpotenz über den anderen betrachteten Spurenmetallen. Für Zink gilt ebenso wie für Nickel und Cobalt, dass eine Mobilisierung aus der Oxidation sulfidischer Erze typisch ist (Kölle, 2004) und sich daher unter denitrifizierenden Verhältnissen im Grundwasser viele Nachweise erklären lassen.

Im Zuge von Nachuntersuchungen bei relativ hohen Einzelfunden sollten auch Betrachtungen zum Ausbaumaterial der Grundwassermessstelle erfolgen. Ältere Grundwassermessstellen, die mit Stahlverrohrungen ausgestattet sind, können auch eine Ursache für erhöhte Spurenmetallkonzentrationen, insbesondere Zink sein.

Grundwassermessstellen, die durch ihr Ausbaumaterial Einfluss auf die Ergebnisse feinstofflicher Spurenanalytik ausüben, sind für solche Untersuchungen nicht geeignet und entweder davon auszunehmen oder zu ersetzen.

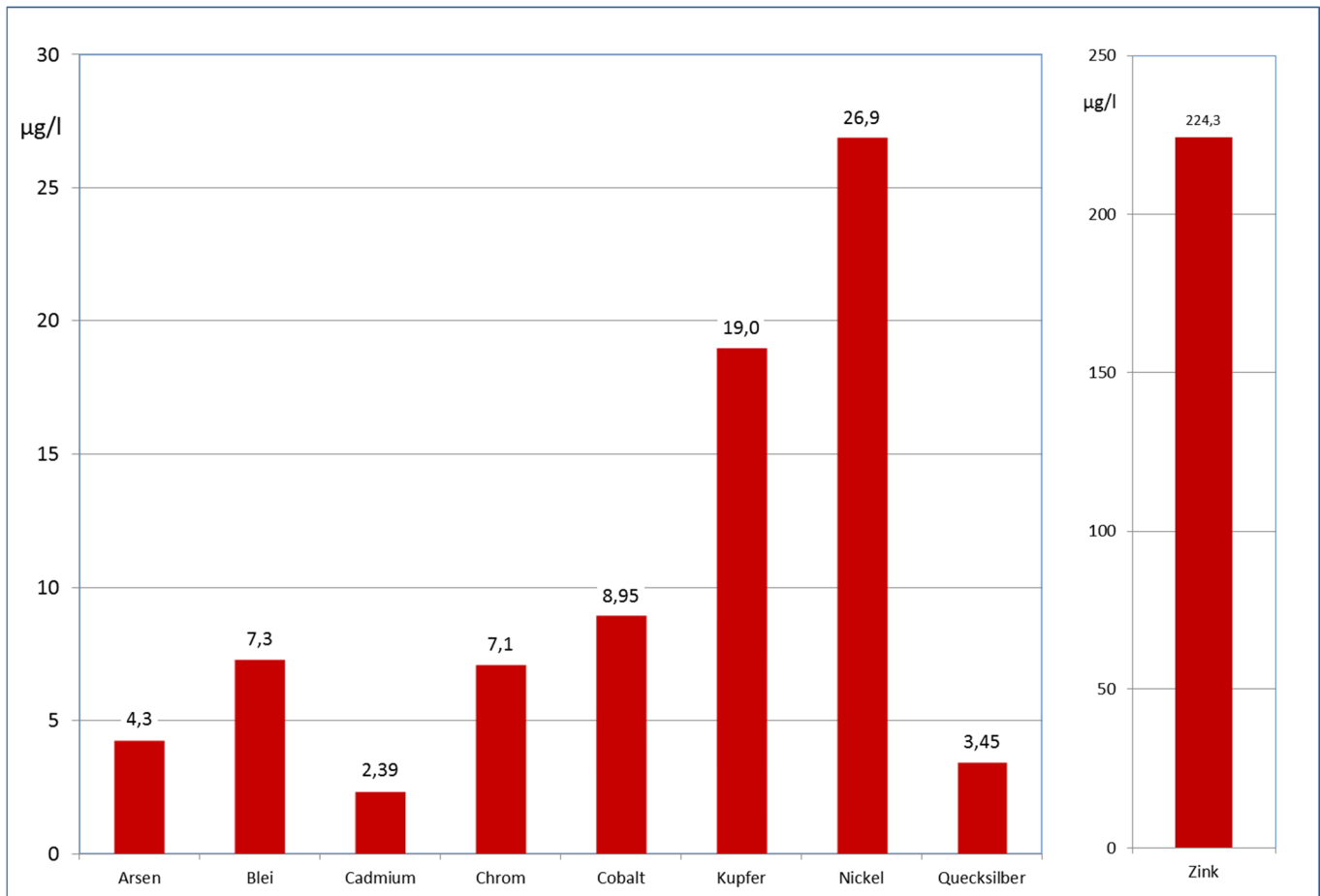


Abb. 2: Mittelwerte der Spurenmetallbefunde im Grundwasser Ostfrieslands größer Bestimmungsgrenze (Daten 1993-2012).

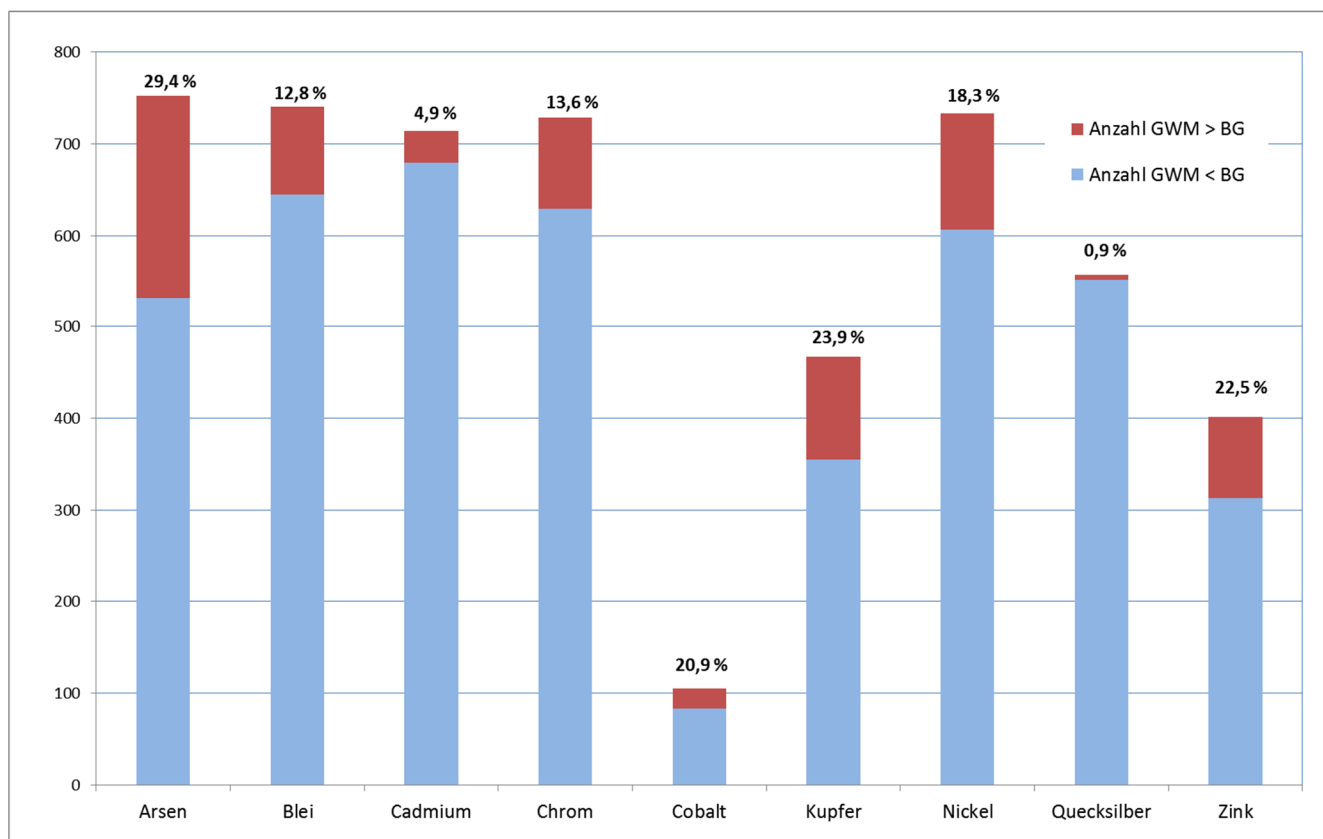


Abb. 3: Anzahl der untersuchten GW-Messstellen und Anteil der GW-Messstellen mit Befunden > BG (Daten 1993-2012).

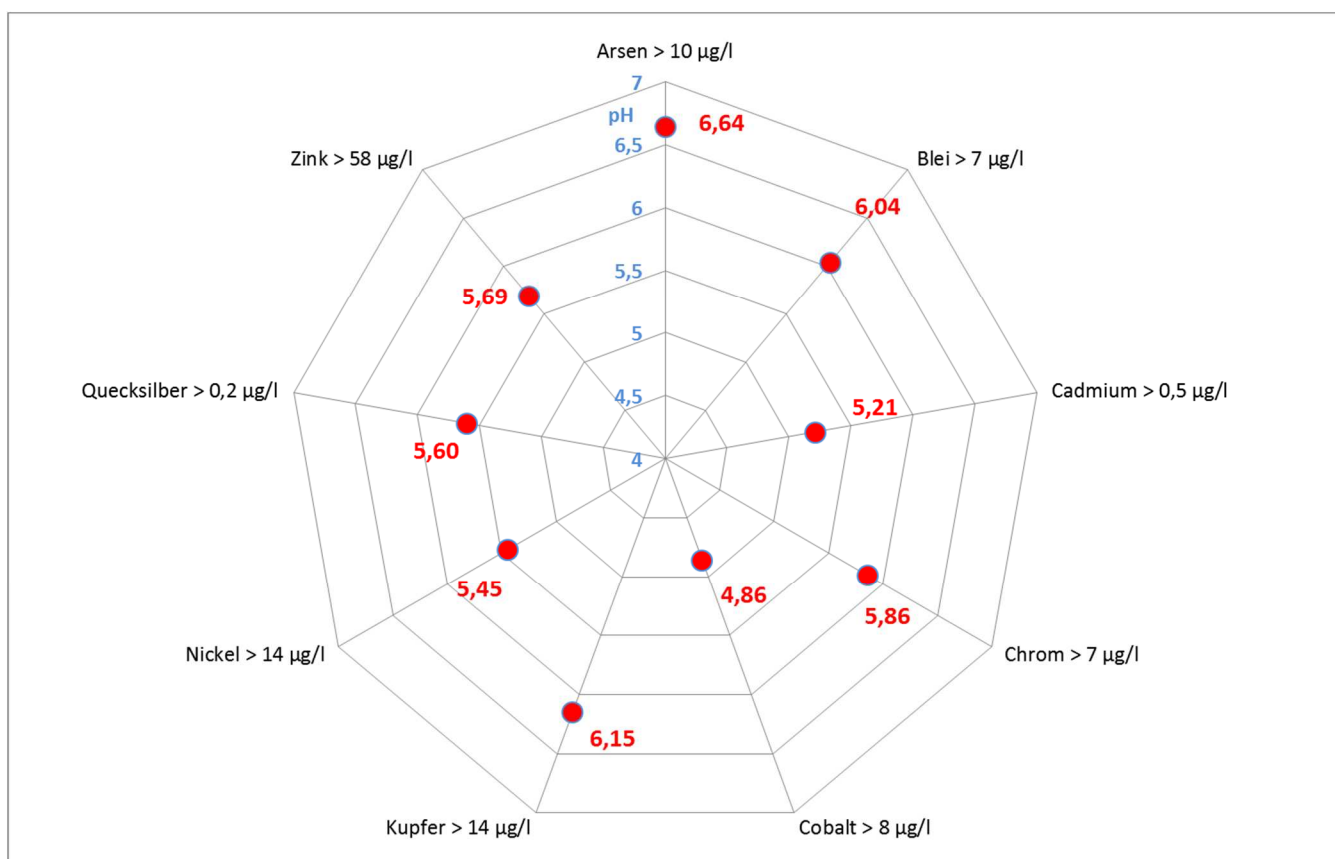


Abb. 4: Mittlere pH-Werte des Grundwassers bei Spurenmetall-Konzentrationen über GFS-Wert (Daten 1993-2012).

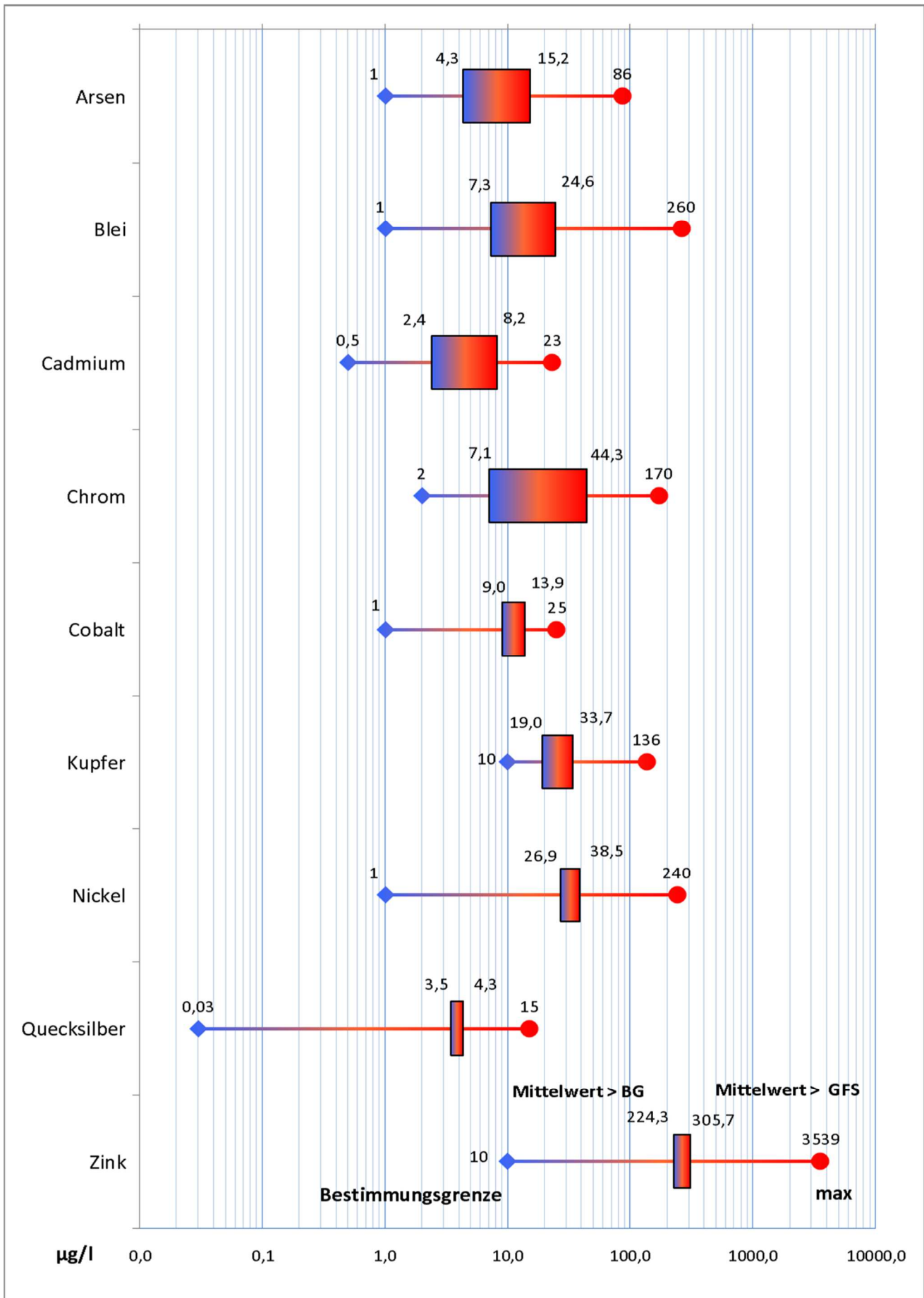


Abb. 5: Spannweiten der untersuchten Spurenmittel mit Bestimmungsgrenzen, Mittel- und Maximalwerten (Daten 1993-2012).

3 Empfehlungen und Ausblick

Durch die hohe Anzahl untersuchter Standorte – je nach Element zwischen 105 und 742 Grundwassermessstellen – in Verbindung mit einer guten räumlichen Verteilung und regelmäßigen Mehrfachanalysen ist die Datengrundlage zu den Spurenmetallen im Grundwasser Ostfrieslands sehr gut.

Optimierungspotential besteht bei den Metallen Cobalt, Kupfer und Zink, für die zwischen 105 und 467 Messstellen Daten vorliegen. Für diese 3 Elemente liegen jedoch an über 20% der untersuchten Messstellen Befunde über der Bestimmungsgrenze vor, so dass eine Ausdehnung auf weitere bisher noch nicht geprüfte Messstellen sinnvoll ist.

Um Grundwasseruntersuchungen möglichst effizient zu gestalten, sollten Untersuchungshäufigkeit und Parameterumfang gezielt den bisher gewonnenen Erkenntnissen angepasst werden. Die dabei festgestellten hydrochemischen Prozesse im Aquifer, die naturwissenschaftlichen Fragestellungen und die spezifischen Anforderungen z.B. der Trinkwassergewinnung sind dabei zu berücksichtigen.

Für die Untersuchungen auf Spurenmetalle sollten insbesondere Messstellen mit deutlichen Befunden regelmäßig wiederkehrend untersucht werden, damit durch Wiederholungsuntersuchungen eine Bestätigung erfolgen kann. In den Datenblättern des Anhangs zu den einzelnen Spu-

renmetallen sind zu diesem Zweck die auffälligen Messstellen benannt, damit die Messnetzbetreiber an den Befunden orientierte Beobachtungen und Auswertungen durchführen können.

Bei wiederholt bestätigten hohen Befunden sollten insbesondere in Trinkwassergewinnungsgebieten weitergehende Untersuchungen folgen, um z.B. Lösungs- oder Mobilisierungsprozesse für das spezifische Grundwassermilieu zu erkennen, damit eine Differenzierung in geogene oder anthropogene Quellen ermöglicht wird.

Kennzahlen und Auswertungsergebnisse zu den ausgewerteten Spurenmetallen finden sich in den Datenblättern des Anhangs. Die Kartenblätter im Anhang geben Auskunft zur räumlichen Verteilung der Befunde je Element. Weitergehende Untersuchungen an auffälligen Einzelmessstellen werden den Messnetzbetreibern empfohlen.

Zukünftige Auswertungen mit einem optimierten Datenbestand können dazu dienen, die hydrochemischen Prozesse im Grundwasserleiter noch besser zu verstehen. Untersuchungen zu Sorptionsvorgängen und Redoxprozessen sind dann für spezifische Milieubedingungen im Grundwasser durchzuführen und zu diskutieren. Ein Beispiel können die bekannten Zusammenhänge zum gemeinsamen Auftreten von Nitrat- und Nickelbefunden sein.

4 Zusammenfassung

Die vorliegende Datenauswertung zu Spurenmessungen im Grundwasser Ostfrieslands umfasst die Untersuchungsergebnisse von 1993 bis 2012 der Grundwasser-Messprogramme des NLWKN (Gewässerkundlicher Landesdienst), der Wasserversorgungsunternehmen und der Beweissicherung Rohstoffgewinnung.

Für die Elemente Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink wurden zwischen 105 und 742 Grundwasser-Messstellen mit je Element zum Teil über 2300 Einzelmesswerten berücksichtigt und ausgewertet.

Die Mittelwerte der Befunde über der jeweiligen Bestimmungsgrenze liegen zwischen 2,39 µg/l (Cadmium) und 26,9 µg/l (Nickel), Zink wird vielfach in deutlich höheren Konzentrationen gemessen, so dass hier ein Mittelwert von 224,3 µg/l berechnet wurde.

Die höchsten Einzelfunde liegen bei Zink mit 3,5 mg/l, bei den Elementen Blei (260 µg/l) und Nickel (240 µg/l) bleiben die Höchsthöchstfunde im Spurenbereich.

Die Abhängigkeit von sehr komplexen und parameterspezifischen Sorptions- und Lösungsvorgängen für die verschiedenen Elemente zeigt sich auch in den ausgewerteten pH-Werten. Für die Spurenmetalle Cobalt, Cadmium und Nickel finden sich die höheren Konzentrationen in einem deutlich sauren Grundwassermilieu mit mittleren pH-Werten unter pH 5,5. Bei den Elementen Arsen, Kupfer und Blei werden die höchsten Konzentrationen bei mittleren pH-Werten über pH 6,0 gemessen.

Erhöhte Arsen-, Cobalt-, Zink- und insbesondere Nickelkonzentrationen können auf Oxidation von sulfidischen Erzen z.B. durch Nitrat hinweisen. Eine Ausdehnung der Analysen für die Elemente Cobalt, Kupfer und Zink auf weitere bisher nicht untersuchte Messstellen ist sinnvoll. Weitergehende Bestätigungsuntersuchungen werden an auffälligen Messstellen empfohlen. Zukünftige Auswertungen dienen dem Verständnis der hydrochemischen Prozesse im Grundwasserleiter.

5 Literaturverzeichnis

ALLOWAY, Brian und AYRES, D.C. (1996) Schadstoffe in der Umwelt
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 382 Seiten

MERKEL, Broder und SPERLING, Barbara (1998) DVWK Heft 117 Hydrogeochemische Stoffsysteme II
Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn, Hrsg. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., 397 Seiten

KÖLLE, Walter (2004) Wasseranalysen - richtig beurteilt
Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 424 Seiten

Gedenke der Quelle, wenn du trinkst.
(chinesische Weisheit)

Tabelle 1 Zusammenfassung der Kennzahlen

Spurenmetalle im Grundwasser Ostfrieslands - Datenauswertung 1993-2012

	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom	Cobalt	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
	As	Pb	Cd	Cr	Co	Cu	Ni	Hg	Zn
Datenbasis	1993-2012	1993-2012	1993-2012	1993-2012	1998 u. 2010	1993-2012	1993-2012	1993-2012	1993-2012
Bestimmungsgrenze (BG) Datenbestand [$\mu\text{g/l}$]	1,0-5,0	1,0-10	0,5 - 1,0	2,0-10	1,0-3,0	10-200	1,0-10	0,03-0,5	10-30
Anzahl untersuchte Grundwassermessstellen (GWM)	752	740	714	728	105	467	742	557	402
Anzahl ausgewertete Analysen	1.938	2.224	2.062	1.638	105	1.229	2.349	1.439	1.027
Anzahl GWM > Bestimmungsgrenze	221	95	35	99	22	112	127	5	89
Anteil GWM > Bestimmungsgrenze	29%	13%	5%	14%	21%	24%	18%	1%	23%
Anzahl GWM < Bestimmungsgrenze	531	645	679	629	83	355	606	552	313
Anteil GWM < Bestimmungsgrenze	71%	87%	95%	86%	79%	76%	82%	99%	78%
Mittelwert Befunde > Bestimmungsgrenze	4,3 $\mu\text{g/l}$	7,3 $\mu\text{g/l}$	2,4 $\mu\text{g/l}$	7,1 $\mu\text{g/l}$	8,95 $\mu\text{g/l}$	19,0 $\mu\text{g/l}$	26,9 $\mu\text{g/l}$	3,45 $\mu\text{g/l}$	224,3 $\mu\text{g/l}$
Mittelwert Befunde > Geringfügigkeitsschwellenwert	15,2 $\mu\text{g/l}$	24,6 $\mu\text{g/l}$	2,5 $\mu\text{g/l}$	44,3 $\mu\text{g/l}$	13,9 $\mu\text{g/l}$	33,7 $\mu\text{g/l}$	38,5 $\mu\text{g/l}$	4,31 $\mu\text{g/l}$	305,7 $\mu\text{g/l}$
maximal Befunde	86,0 $\mu\text{g/l}$	260,0 $\mu\text{g/l}$	23,0 $\mu\text{g/l}$	170,0 $\mu\text{g/l}$	25,0 $\mu\text{g/l}$	136,0 $\mu\text{g/l}$	240,0 $\mu\text{g/l}$	15,0 $\mu\text{g/l}$	3539,0 $\mu\text{g/l}$
mittlerer pH-Wert GWM Befunde > GFS-Wert*	6,64	6,04	5,21	5,86	4,86	6,15	5,49	5,6	5,69
Grenzwert Trinkwasserverordnung 2011 [$\mu\text{g/l}$]	10,00	10,00	3,00	50,00	kein	2000,00	20,00	1,00	kein
Schwellenwert Grundwasserverordnung 2010 [$\mu\text{g/l}$]	10,00	10,00	0,50	kein	kein	kein	kein	0,20	kein
Prüfwert Mantelverordnung -Entwurf 2012 [$\mu\text{g/l}$]	10,00	7,00	0,25	7,00	8,00	14,00	20,00	0,05	58,00
GFS-Wert* Länderarbeitsgem. Wasser 2004 [$\mu\text{g/l}$]	10,00	7,00	0,50	7,00	8,00	14,00	14,00	0,20	58,00

* GFS-Wert - Geringfügigkeitsschwellenwert

Spurenmometalle im Grundwasser Ostfrieslands

Datenblatt

Arsen (As)

Datenbasis	1993 - 2012
Messnetz	Gewässerkundlicher Landesdienst Wasserversorgungsunternehmen Beweissicherung Bodenabbau
Bestimmungsgrenze (BG) Datenbestand	1 - 5 µg/l
Anzahl untersuchte GW-Messstellen	752 Messstellen
Summe Arsenuntersuchungen	1.938 Analysen
Anzahl Messstellen Befunde > BG	221 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > BG	4,3 µg/l
Anzahl Messstellen Befunde > 10 µg/l	18 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > 10 µg/l	15,2 µg/l
mittlerer pH-Wert Messstellen Befunde > 10 µg/l	pH 6,64
max. gemessene Konzentrationen >= 20 µg/l	20 - 86 µg/l
Anzahl Messtellen max. Konzentrationen >= 20 µg/l	6 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde >= 20 µg/l	20,7 µg/l

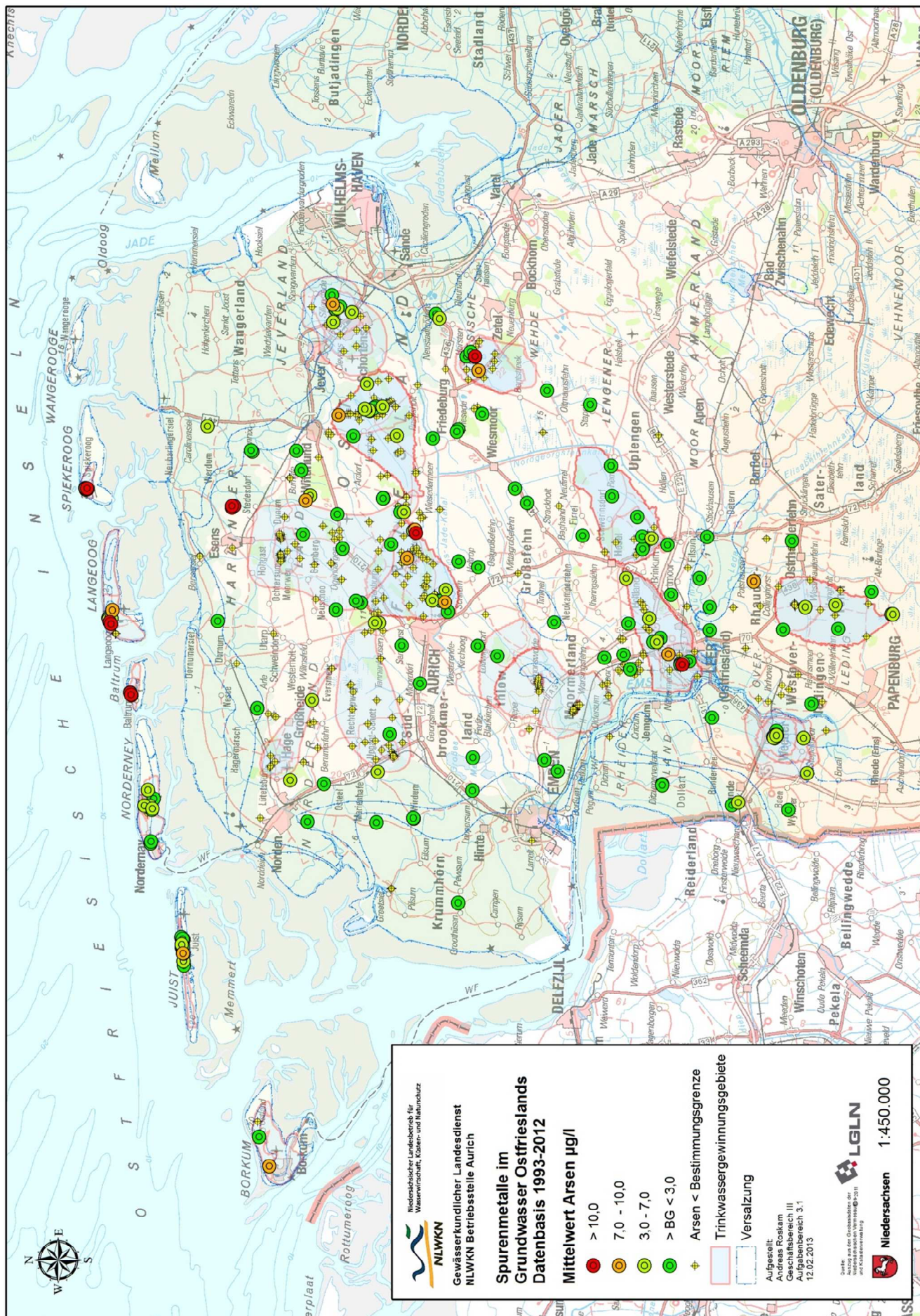
Messstellen mit max. Konzentrationen

MEST_KBEZ	FOK [m]	FUK [m]
H2	27	30
GW II-15	12	15
125o	2	4
F20	14	19
GW V-14	10	14
GW VI-15	10	15

FOK Filteroberkante in Meter [m] unter Gelände
FUK Filterunterkante in Meter [m] unter Gelände

Orientierungs- und Grenzwerte Arsen (As)

Trinkwasserverordnung 2011	10 µg/l	Grenzwert
Grundwasserverordnung 2010	10 µg/l	Schwellenwert
Mantelverordnung (Entwurf 2012)	10 µg/l	Prüfwert Grundwasser
Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA 2004	10 µg/l	Geringfügigkeitsschwellenwert



Spurenmetalle im Grundwasser Ostfrieslands

Datenblatt

Blei (Pb)

Datenbasis	1993 - 2012
Messnetz	Gewässerkundlicher Landesdienst Wasserversorgungsunternehmen Beweissicherung Bodenabbau
Bestimmungsgrenze (BG) Datenbestand	1 - 10 µg/l
Anzahl untersuchte GW-Messstellen	740 Messstellen
Summe Bleiuntersuchungen	2.224 Analysen
Anzahl Messstellen Befunde > BG	95 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > BG	7,3 µg/l
Anzahl Messstellen Befunde > 7 µg/l	17 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > 7 µg/l	24,6 µg/l
mittlerer pH-Wert Messstellen Befunde > 7 µg/l	pH 6,04
max. gemessene Konzentrationen > 20 µg/l	22,0 - 260,0 µg/l
Anzahl Messtellen max. Konzentrationen > 20 µg/l	6 Messstellen
Mittelwert Messstellen > 20 µg/l	49,3 µg/l

Messstellen mit max. Konzentrationen

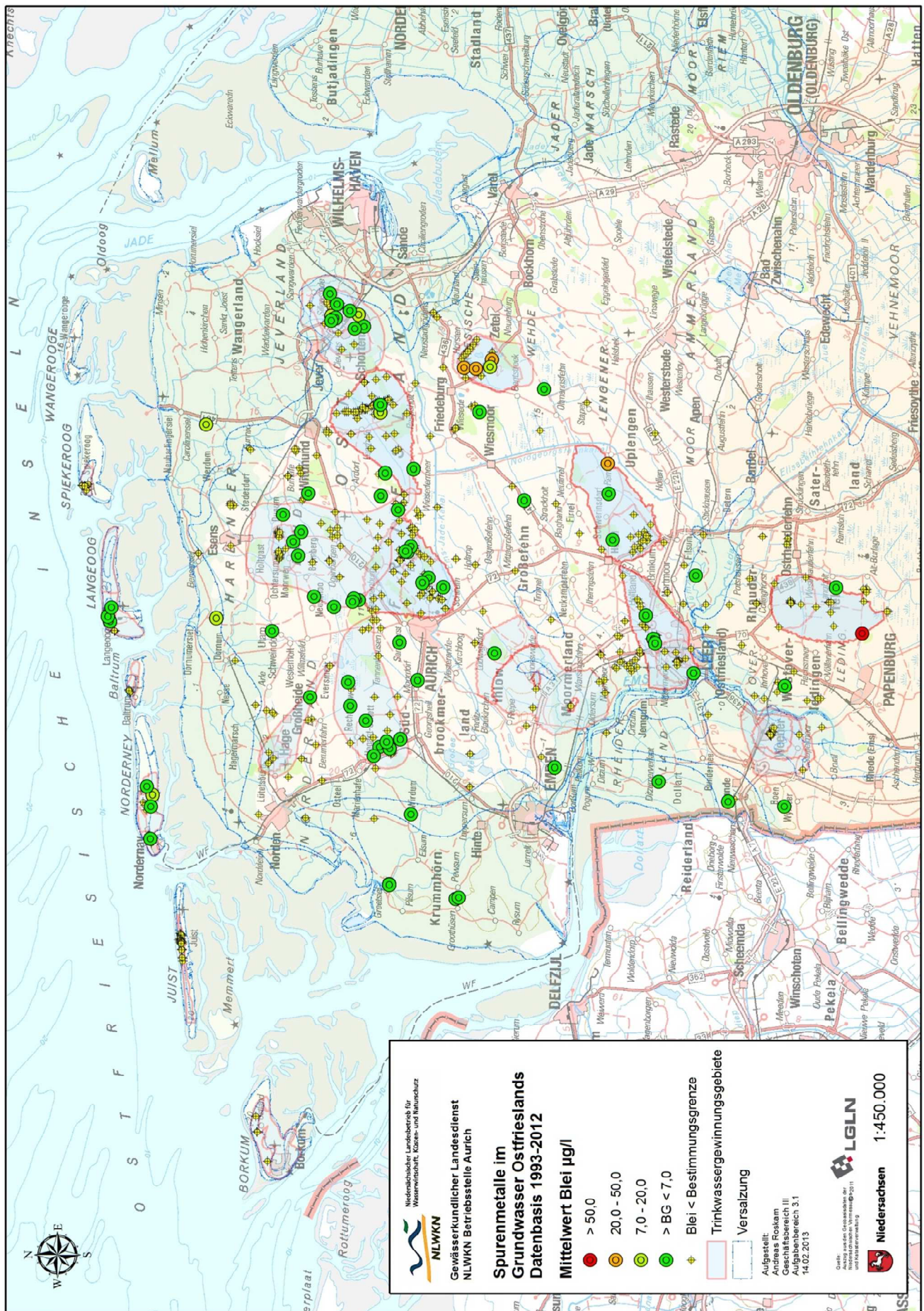
MEST_KBEZ	FOK [m]	FUK [m]
PB8	2,5	4,5
43	9	11
LD031-11	10,5	11
44	9	11
101	30,5	32,5
R105-62	60	62

FOK Filteroberkante in Meter [m] unter Gelände

FUK Filterunterkante in Meter [m] unter Gelände

Orientierungs- und Grenzwerte Blei (Pb)

Trinkwasserverordnung 2011	10 µg/l	Grenzwert
Grundwasserverordnung 2010	10 µg/l	Schwellenwert
Mantelverordnung (Entwurf 2012)	7 µg/l	Prüfwert Grundwasser
Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA 2004	7 µg/l	Geringfügigkeitsschwellenwert



Spurenmometalle im Grundwasser Ostfrieslands

Datenblatt

Cadmium (Cd)

Datenbasis	1993 - 2012
Messnetz	Gewässerkundlicher Landesdienst Wasserversorgungsunternehmen Beweissicherung Bodenabbau
Bestimmungsgrenze (BG) Datenbestand	0,5 - 1 µg/l
Anzahl untersuchte GW-Messstellen	714 Messstellen
Summe Cadmiumuntersuchungen	2.062 Analysen
Anzahl Messstellen Befunde > BG	35 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > BG	2,39 µg/l
Anzahl Messstellen Befunde > 0,5 µg/l	34 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > 0,5 µg/l	2,45 µg/l
mittlerer pH-Wert Messstellen > 0,5 µg/l	pH 5,21
max. gemessene Konzentrationen > 3 µg/l	3,0 - 23,0 µg/l
Anzahl Messtellen max. Konzentrationen > 3 µg/l	6 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > 3 µg/l	8,2 µg/l

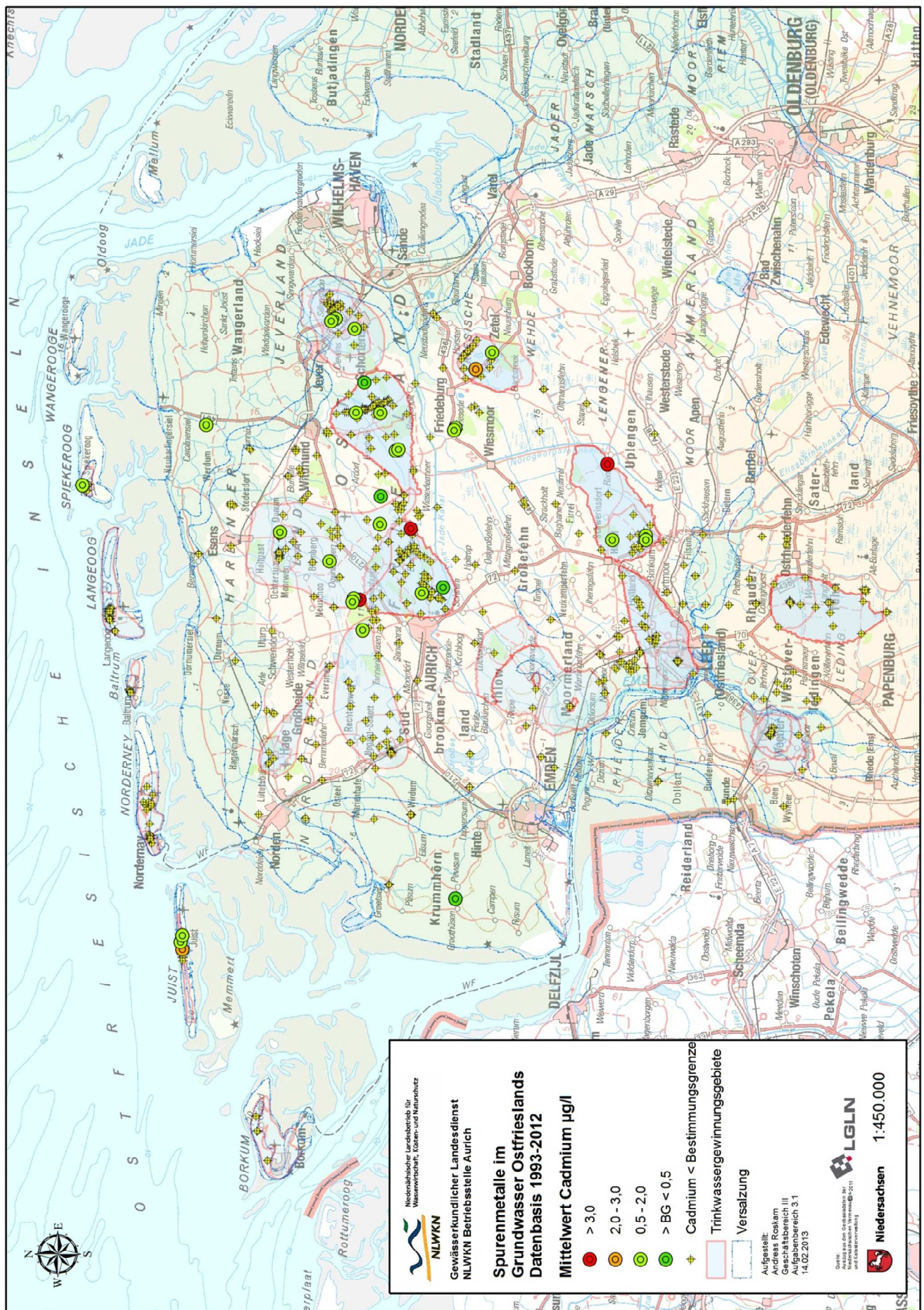
Messstellen mit max. Konzentrationen

MEST_KBEZ	FOK [m]	FUK [m]
110A	30	34
FW G5	8	11
KS005-30	25	30
BAR4-24	22	24
OL4-6	2	6
LD031-11	10,5	11

FOK Filteroberkante in Meter [m] unter Gelände
FUK Filterunterkante in Meter [m] unter Gelände

Orientierungs- und Grenzwerte Cadmium (Cd)

Trinkwasserverordnung 2011	3,0 µg/l	Grenzwert
Grundwasserverordnung 2010	0,5 µg/l	Schwellenwert
Mantelverordnung (Entwurf 2012)	0,25 µg/l	Prüfwert Grundwasser
Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA 2004	0,5 µg/l	Geringfügigkeitsschwellenwert



Spurenmehalle im Grundwasser Ostfrieslands

Datenblatt

Chrom (Cr)

Datenbasis	1993 - 2012
Messnetz	Gewässerkundlicher Landesdienst Wasserversorgungsunternehmen Beweissicherung Bodenabbau
Bestimmungsgrenze (BG) Datenbestand	2 - 10 µg/l
Anzahl untersuchte GW-Messstellen	728 Messstellen
Summe Chromuntersuchungen (Chrom gesamt)	1.638 Analysen
Anzahl Messstellen Befunde > BG	99 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > BG	7,1 µg/l
max. gemessene Konzentrationen > 7 µg/l	7,2 - 170,0 µg/l
Anzahl Messtellen max. Konzentrationen > 7 µg/l	10 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > 7 µg/l	44,3 µg/l
mittlerer pH-Wert Messstellen Befunde > 7 µg/l	pH 5,86

Messstellen mit max. Konzentrationen

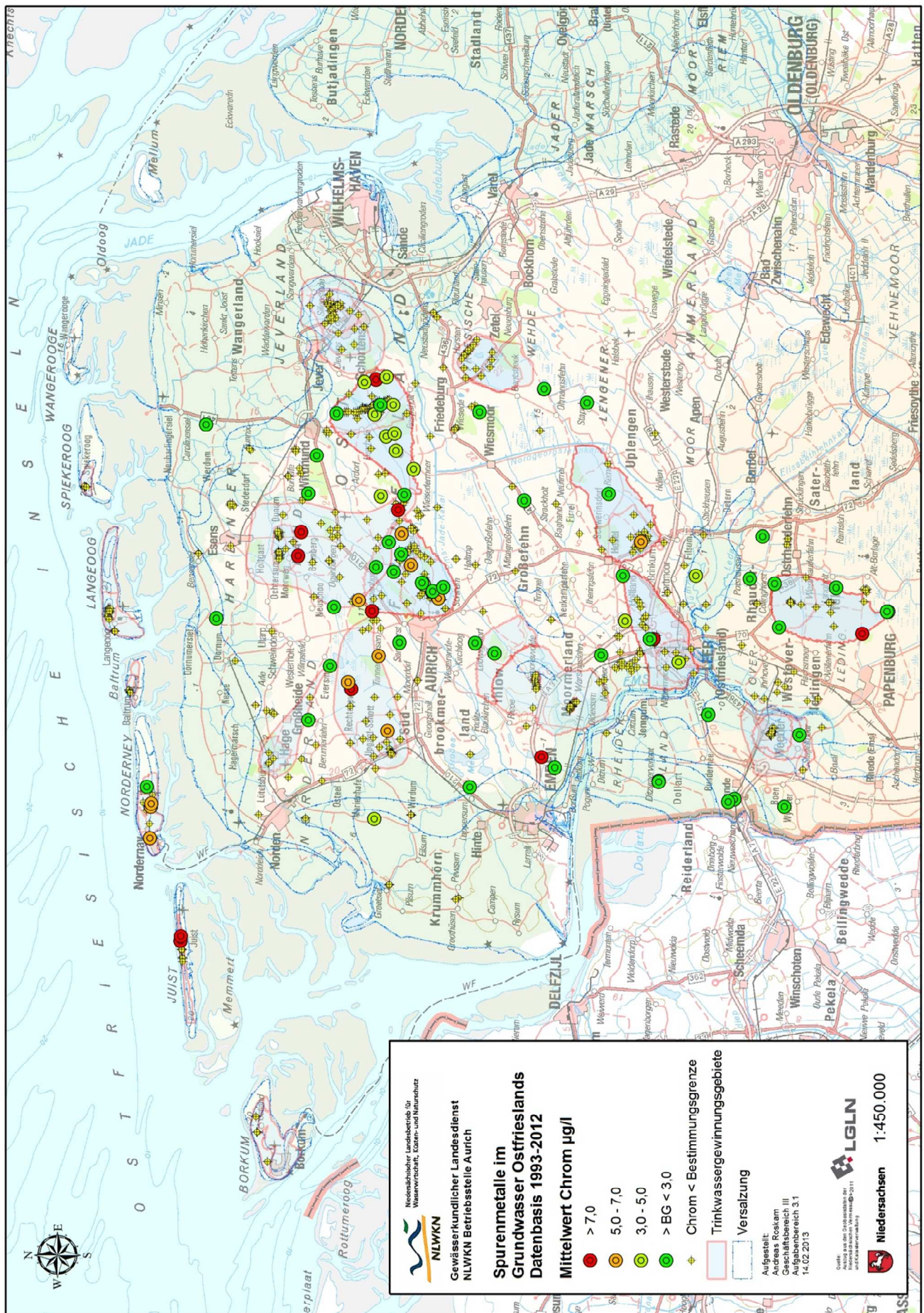
MEST_KBEZ	FOK [m]	FUK [m]
PB8	2,5	4,5
209	12	14
212	36	38
171	5	6
57	29	31
Brunnen 11	6,5	10,5
Brunnen 24	8,5	12,5
GW007-22	17	22
BE3-10	8	10
R002-48	46	48

FOK Filteroberkante in Meter [m] unter Gelände

FUK Filterunterkante in Meter [m] unter Gelände

Orientierungs- und Grenzwerte Chrom (Cr)

Trinkwasserverordnung 2011	50 µg/l	Grenzwert
Grundwasserverordnung 2010	kein	Schwellenwert
Mantelverordnung (Entwurf 2012)	7 µg/l	Prüfwert Grundwasser (Cr III)
Mantelverordnung (Entwurf 2012)	7 µg/l	Prüfwert Sickerwasser (Cr gesamt)
Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA 2004	7 µg/l	Geringfügigkeitsschwellenwert (Cr III)



Spurenmoleküle im Grundwasser Ostfrieslands

Datenblatt

Cobalt (Co)

Datenbasis	1998 und 2010
Messnetz	Gewässerkundlicher Landesdienst (2010) Wasserversorgungsunternehmen (1998)
Bestimmungsgrenze (BG) Datenbestand	1 - 3 µg/l
Anzahl untersuchte GW-Messstellen	105 Messstellen
Summe Cobaltuntersuchungen	105 Analysen
Anzahl Messstellen Befunde > BG	22 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > BG	8,95 µg/l
max. gemessene Konzentrationen > 8 µg/l	9,0 - 25,0 µg/l
Anzahl Messstellen max. Konzentrationen > 8 µg/l	11 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > 8 µg/l	13,9 µg/l
mittlerer pH-Wert Messstellen Befunde > 8 µg/l	pH 4,86

Messstellen mit max. Konzentrationen

MEST_KBEZ	FOK [m]	FUK [m]
202	48,5	49,5
80p1	58	68
168	19	21
190	5	6
196	5	6
57	29	31
88	4	5
110A	30	34
R002-8	6	8
5	31	33
170	19	21

FOK Filteroberkante in Meter [m] unter Gelände

FUK Filterunterkante in Meter [m] unter Gelände

Orientierungs- und Grenzwerte Cobalt (Co)

Trinkwasserverordnung 2011	kein	Grenzwert
Grundwasserverordnung 2010	kein	Schwellenwert
Mantelverordnung (Entwurf 2012)	8 µg/l	Prüfwert Grundwasser
Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA 2004	8 µg/l	Geringfügigkeitsschwellenwert

Spurenmetalle im Grundwasser Ostfrieslands

Datenblatt

Kupfer (Cu)

Datenbasis	1993 - 2012
Messnetz	Gewässerkundlicher Landesdienst Wasserversorgungsunternehmen Beweissicherung Bodenabbau
Bestimmungsgrenze (BG) Datenbestand	10 - 200 µg/l
Anzahl untersuchte GW-Messstellen	467 Messstellen
Summe Kupferuntersuchungen	1.229 Analysen
Anzahl Messstellen Befunde > BG	112 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > BG	19,0 µg/l
Anzahl Messstellen Befunde > 14 µg/l	46 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > 14 µg/l	33,7 µg/l
mittlerer pH-Wert Messstellen Befunde > 14 µg/l	pH 6,15
max. gemessene Konzentrationen > 60 µg/l	61 - 136 µg/l
Anzahl Messstellen max. Konzentrationen > 60 µg/l	8 Messstellen
Mittelwert Messstellen > 60 µg/l	73,3 µg/l

Messstellen mit max. Konzentrationen

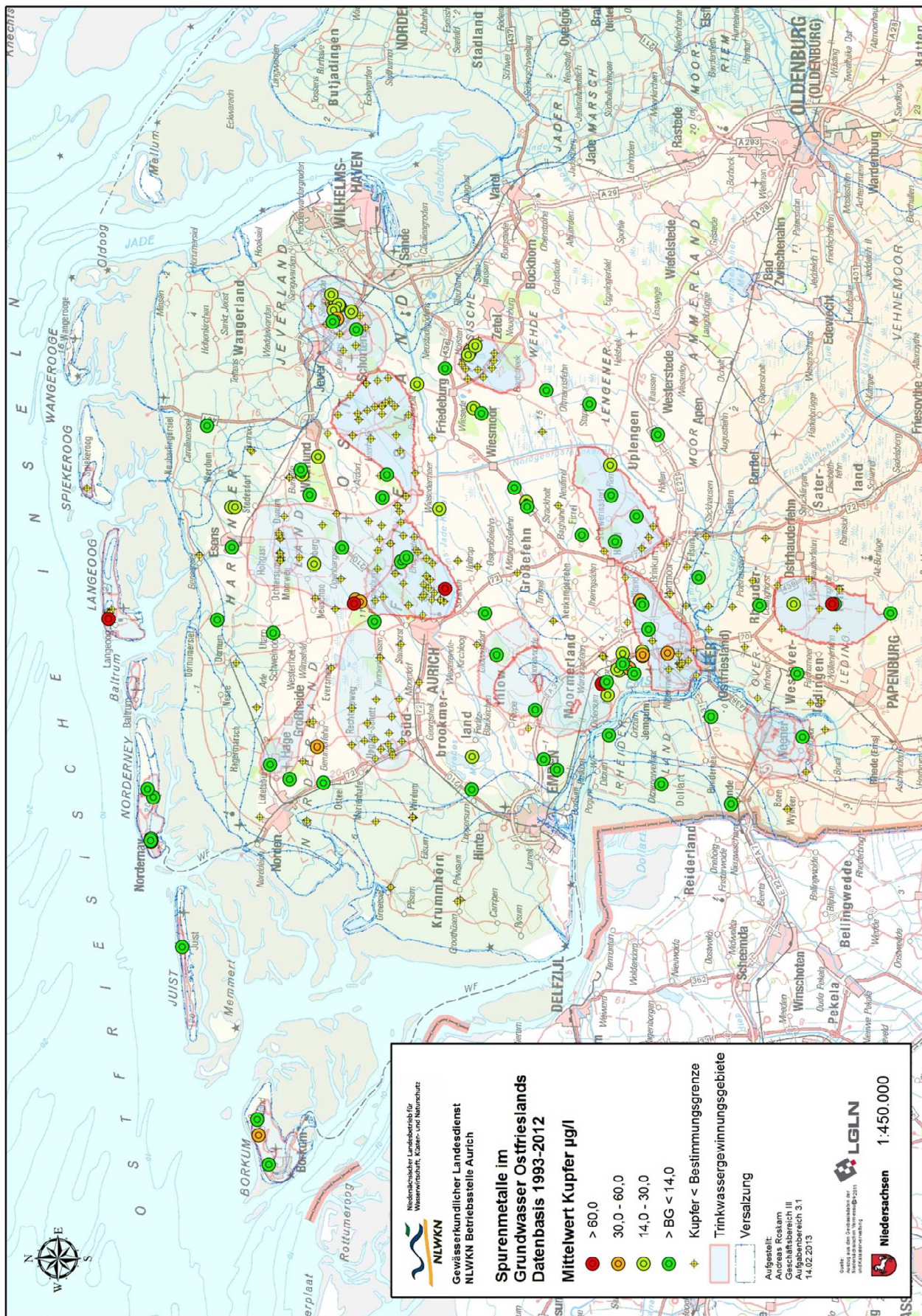
MEST_KBEZ	FOK [m]	FUK [m]
27	4,8	6,8
OL5-35	31	35
GW 2-6	3,5	6,5
WKGW1-10	8	10
Bk_Brgr1+2	FBR Mischwasser	
WKGW2/24	22	24
Cli 1b	27	39
59	28	30

FOK Filteroberkante in Meter [m] unter Gelände

FUK Filterunterkante in Meter [m] unter Gelände

Orientierungs- und Grenzwerte Kupfer (Cu)

Trinkwasserverordnung 2011	2000 µg/l	techn. Grenzwert (Leitungsnetz)
Grundwasserverordnung 2010	kein	Schwellenwert
Mantelverordnung (Entwurf 2012)	14 µg/l	Prüfwert Grundwasser
Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA 2004	14 µg/l	Geringfügigkeitsschwellenwert



Spurenmoleküle im Grundwasser Ostfrieslands

Datenblatt

Nickel (Ni)

Datenbasis

1993 - 2012

Messnetz

Gewässerkundlicher Landesdienst
Wasserversorgungsunternehmen
Beweissicherung Bodenabbau

Bestimmungsgrenze (BG) Datenbestand

1 - 10 µg/l

Anzahl untersuchte GW-Messstellen

742 Messstellen

Summe Nickeluntersuchungen

2.349 Analysen

Anzahl Messstellen > BG

127

Mittelwert Messstellen > BG

26,9 µg/l

Anzahl Messstellen Mittelwert > 14 µg/l

74 Messstellen

Mittelwert Messstellen > 14 µg/l

38,5 µg/l

mittlerer pH-Wert Messstellen > 14 µg/l

pH 5,45

max. gemessene Konzentrationen > 100 µg/l

102 - 240 µg/l

Anzahl Messstellen max. Konzentrationen > 100 µg/l

5 Messstellen

Mittelwert Messstellen max. Konzentration > 100µg/l

178,4 µg/l

Messstellen mit max. Konzentrationen

MEST_KBEZ	FOK [m]	FUK [m]
59	28	30
PB8	3,5	4,5
ML3/15	14	15
BAR4-24	22	24
169/1	8	10

FOK Filteroberkante in Meter [m] unter Gelände

FUK Filterunterkante in Meter [m] unter Gelände

Orientierungs- und Grenzwerte Nickel (Ni)

Trinkwasserverordnung 2011

20,0 µg/l

Grenzwert

Grundwasserverordnung 2010

kein

Schwellenwert

Mantelverordnung (Entwurf 2012)

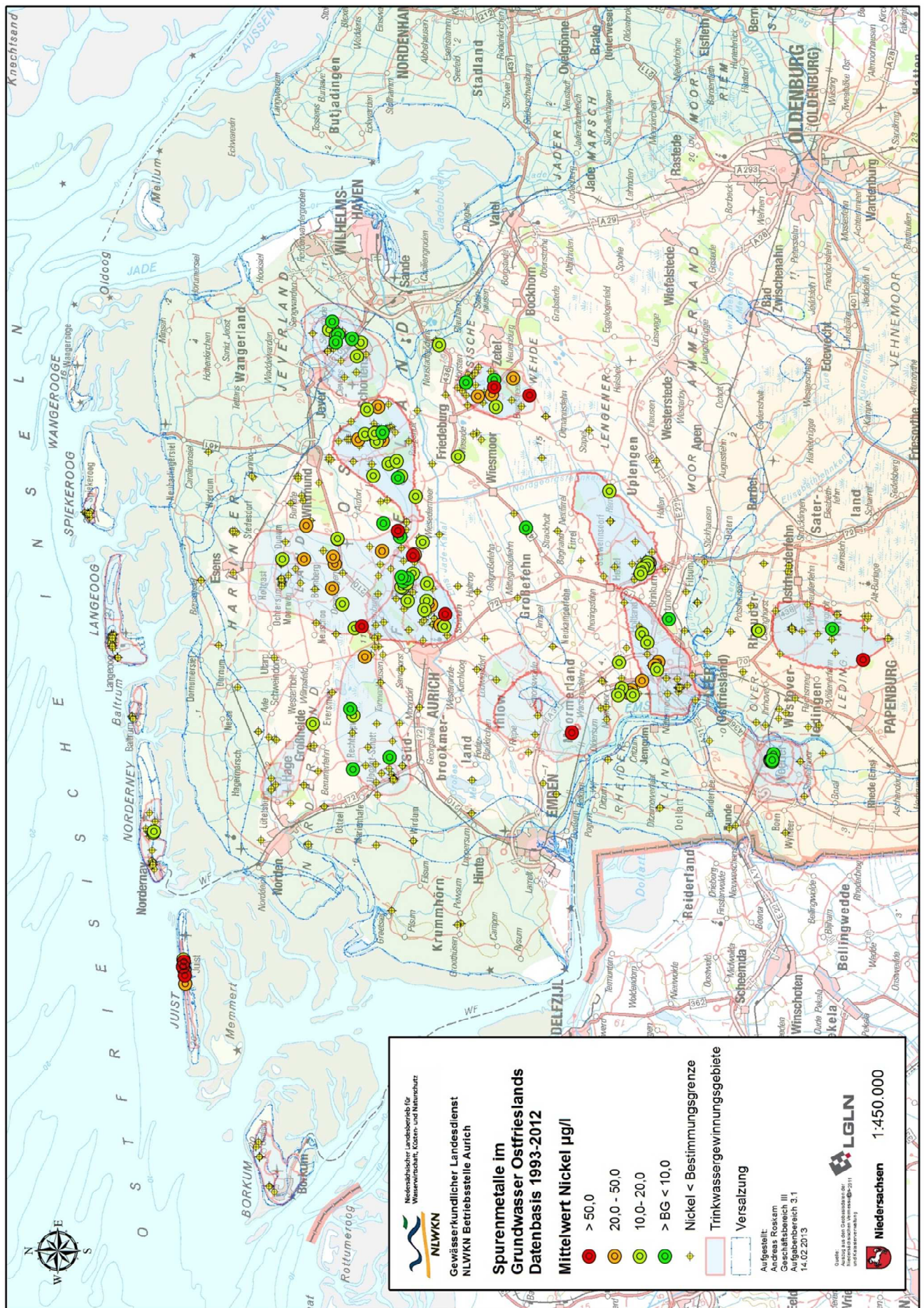
20,0 µg/l

Prüfwert Grundwasser

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA 2004

14,0 µg/l

Geringfügigkeitsschwellenwert



Spurenmehalle im Grundwasser Ostfrieslands

Datenblatt

Quecksilber (Hg)

Datenbasis	1993 - 2012
Messnetz	Gewässerkundlicher Landesdienst Wasserversorgungsunternehmen Beweissicherung Bodenabbau
Bestimmungsgrenze (BG) Datenbestand	0,03 - 0,5 µg/l
Anzahl untersuchte GW-Messstellen	557 Messstellen
Summe Quecksilberuntersuchungen	1.439 Analysen
Anzahl Messstellen Befunde > BG	5 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > BG	3,45 µg/l
Anzahl Messstellen Befunde > 0,2 µg/l	4 Messstellen
Mittelwert Messstellen Befunde > 0,2 µg/l	4,31 µg/l
mittlerer pH-Wert Messstellen Befunde > 0,2 µg/l	pH 5,60
max. gemessene Konzentrationen > 1 µg/l	1,0 - 15,0 µg/l
Anzahl Messtellen max. Konzentrationen > 1 µg/l	2 Messstellen

Messstellen mit max. Konzentrationen

MEST_KBEZ	FOK [m]	FUK [m]
ML3/5	0,1	5,1
WB002-6	4,5	6

FOK Filteroberkante in Meter [m] unter Gelände

FUK Filterunterkante in Meter [m] unter Gelände

Orientierungs- und Grenzwerte Quecksilber (Hg)

Trinkwasserverordnung 2011	1 µg/l	Grenzwert
Grundwasserverordnung 2010	0,2 µg/l	Schwellenwert
Mantelverordnung (Entwurf 2012)	0,05 µg/l	Prüfwert Grundwasser
Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA 2004	0,2 µg/l	Geringfügigkeitsschwellenwert



Spurenmoleküle im Grundwasser Ostfrieslands

Datenblatt

Zink (Zn)

Datenbasis

1993 - 2012

Messnetz

Gewässerkundlicher Landesdienst
Wasserversorgungsunternehmen
Beweissicherung Bodenabbau

Bestimmungsgrenze (BG) Datenbestand

10 - 30 µg/l

Anzahl untersuchte GW-Messstellen

404 Messstellen

Summe Zinkuntersuchungen

1.027 Analysen

Anzahl Messstellen Befunde > BG

89

Mittelwert aller Untersuchungen > BG

224,3 µg/l

Anzahl Messstellen Mittelwert > 58 µg/l

72 Messstellen

Mittelwert Messstellen > 58 µg/l

305,7 µg/l

mittlerer pH-Wert Messstellen > 58 µg/l

pH 5,69

max. gemessene Konzentrationen > 1.000 µg/l

1.300 - 3.539 µg/l

Anzahl Messstellen max. Konzentrationen > 1.000 µg/l

6 Messstellen

Mittelwert Messstellen > 1.000 µg/l

1.448 µg/l

Messstellen mit max. Konzentrationen

MEST_KBEZ	FOK [m]	FUK [m]
LD032-13	12,5	13
WHGW1-30	26	30
R092-125	123	125
LD015-5	4	5
LD012-4	2,5	4
125o	2	4

FOK Filteroberkante in Meter [m] unter Gelände

FUK Filterunterkante in Meter [m] unter Gelände

Orientierungs- und Grenzwerte Zink (Zn)

Trinkwasserverordnung 2011

kein

Grenzwert

Grundwasserverordnung 2010

kein

Schwellenwert

Mantelverordnung (Entwurf 2012)

58 µg/l

Prüfwert Grundwasser

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA 2004

58 µg/l

Geringfügigkeitsschwellenwert

