

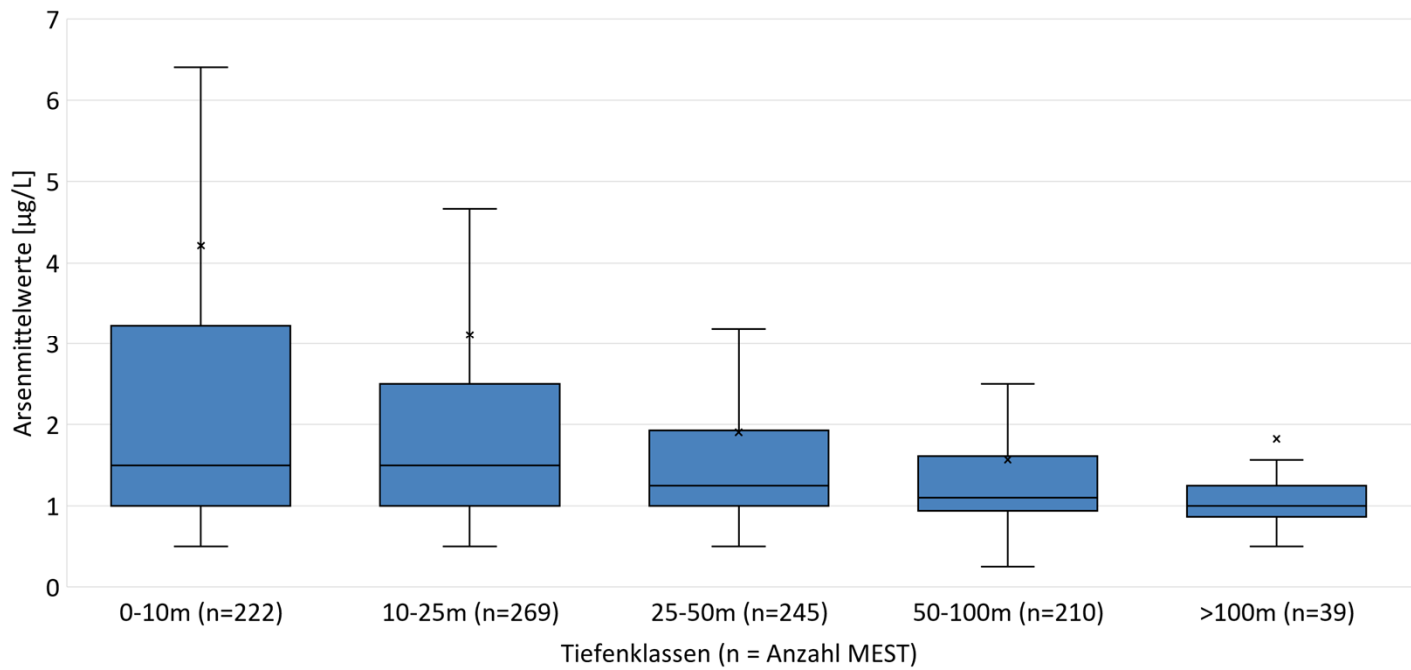


Abb. 3: Tiefenabhängigkeit der Arsenmittelwerte über verschiedene Tiefenklassen (mittlere Filtertiefe) Summe = 985 MEST.

Bedeutung für die Umwelt

Arsen kann in der Natur zwischen Wasser, Boden und Atmosphäre zirkulieren, bevor es sich schließlich langfristig in den Sedimenten von Gewässern festlegt. Es hat konzentrationsabhängig eine toxische Wirkung auf Organismen im Wasser und auf dem Land und kann sich durch **Bioakkumulation** in aquatischen Organismen anreichern [1].

Gemäß dem Review von Garg und Singla (2011), zusammengefasst durch Finnegan und Chen (2012), ist Arsen für das Wachstum von Pflanzen nicht notwendig, stattdessen wurden folgende Auswirkungen von Arsen beobachtet:

- **Hemmung im Wurzelbereich:** Bei Kontakt mit Arsen können das Wurzelwachstum und die Proliferationen (Vermehrung von Zellen) gehemmt werden.
- **Beeinträchtigung des Sprosses:** Wenn Arsen in den Spross gelangt, kann es neben der Hemmung des Pflanzenwachstums auch die Reproduktionsfähigkeit negativ beeinflussen.

- **Letale Folgen:** Bei entsprechend hoher Arsenkonzentration kann es sogar zum Absterben der Pflanze kommen.

Viele Pflanzen haben daher Funktionen entwickelt, um den Kontakt mit Arsen auf die Wurzeln zu beschränken [10].

Ein Forschungsteam der Universität Tübingen entdeckte einen Mechanismus, der einen Einfluss auf die Mobilisierung von Arsen hat. So nutzen **methanotrophe Mikroorganismen** Methan als Energiequelle und reduzieren dabei anstelle von Sauerstoff Eisenminerale als Elektronenakzeptoren. Arsen, das an den Eisenmineralen gebunden ist, wird hierdurch freigesetzt und gelangt ins Grundwasser [11]. Der Zusammenhang zwischen Methan und Arsen wird im Parameterblatt „Gelöstes Methan (CH₄) im Grundwasser Ostfrieslands“ (2024) erwähnt. Dieser Mobilisierungsprozess spielt vermutlich auch in Ostfriesland eine Rolle, da hier das Grundwasser für methanotrophe Mikroorganismen standortabhängig oftmals günstige Milieubedingungen haben kann.

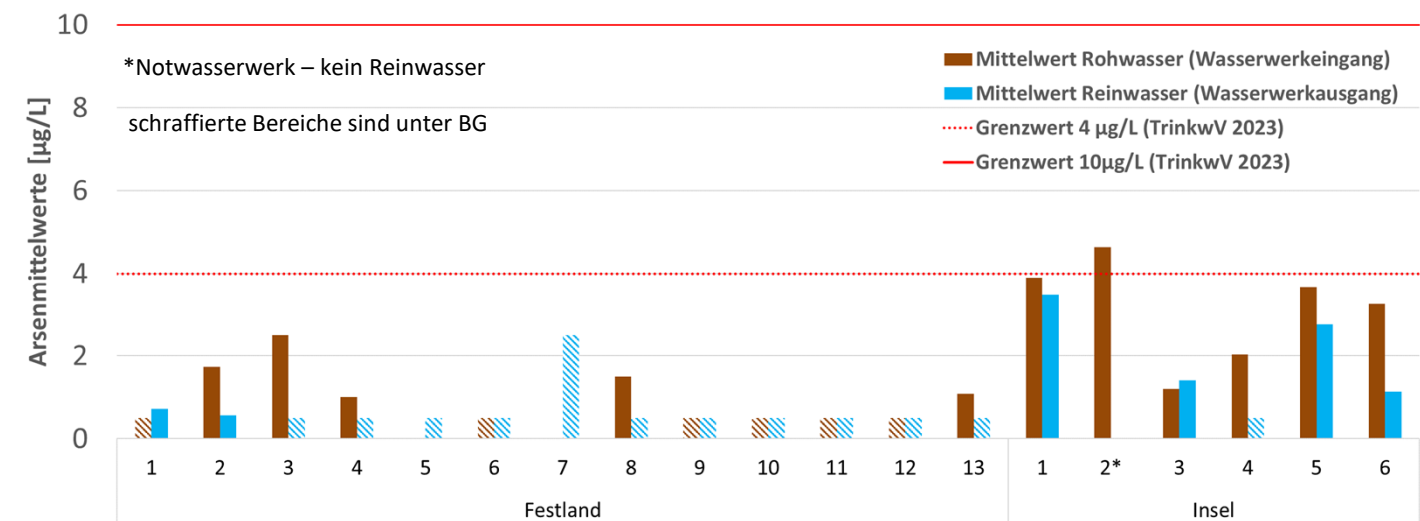


Abb. 4: Vergleich der Roh- und Reinwassermittelwerte von Arsen zwischen Festland- und Inselwasserwerken.

Bedeutung für die Trinkwassergewinnung

Das Vorkommen von Arsen in Trinkwasser birgt eine erhebliche Gefahr für die Gesundheit und wird nach der WHO zu den weltweit bedeutendsten chemischen Schadstoffen gezählt. Schätzungen zufolge sind etwa 140 Millionen Menschen in über 70 Ländern durch Trinkwasser gefährdet, das mehr als 10 µg/L Arsen enthält [5].

Eine langfristige Arsenaufnahme kann sehr unterschiedliche Auswirkungen mit sich bringen. Beispielsweise kann dies zu Hautschäden sowie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Atemwegserkrankungen und verschiedenen Krebsarten wie Haut-, Lungen- und Blasenkrebs führen. In der Schwangerschaft ist die Aufnahme von Arsen ebenfalls von Bedeutung, da es bei dem ungeborenen Kind gesundheitliche Schäden hervorrufen kann [12]. Wegen dieser gesundheitlichen Risiken gelten strenge Grenzwerte, die nach der Trinkwasserverordnung von 2023 definiert werden [13]:

Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Umweltbundesamt, Umweltprobenbank des Bundes. (o. D.). Arsen – Umweltprobenbank des Bundes. <https://www.umweltprobenbank.de/de/documents/profiles/analytes/10047>
- [2] Karschunke, K. (2005). Nutzung der Eisenkorrosion zur Entfernung von Arsen aus Trinkwasser. In DepositOnce. <https://doi.org/10.14279/depositonce-1066>
- [3] Kölle, W. (2003). Wasseranalysen - richtig beurteilt. <https://doi.org/10.1002/9783527623600>
- [4] Arsenspuren im Regen deuten. (2025, 1. September). ETH Zürich. <https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2025/01/arsenspuren-im-regen-deuten.html>
- [5] World Health Organization: WHO. (2022, 7. Dezember). Arsenic. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- [6] Merkel, B., Sperling, B. & Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau. (1998). DVWK Schriften: Hydrogeochemische Stoffsysteme (Bd. 2).
- [7] What is the difference between organic and inorganic arsenic? (o. D.). Office For Science And Society. <https://www.mcgill.ca/oss/article/health/what-difference-between-organic-and-inorganic-arsenic>
- [8] Chaudhary, M. M., Hussain, S., Du, C., Conway, B. R. & Ghori, M. U. (2024). Arsenic in Water: Understanding the Chemistry, Health Implications, Quantification and Removal Strategies. ChemEngineering, 8(4), 78. <https://doi.org/10.3390/chemengineering8040078>
- [9] Umweltbundesamt. (2022). Umweltverträgliche Nutzung geothermischer Wärmespeicher: Ermittlung und Bewertung thermischer Veränderungen im Grundwasser. Abgerufen am 26. Februar 2026, von <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltvertraegliche-nutzung-geothermischer>
- [10] Finnegan, P. M. & Chen, W. (2012). Arsenic Toxicity: The Effects on Plant Metabolism. Frontiers in Physiology, 3, 182. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00182>
- [11] Universität Tübingen (Hrsg.): Martyna Glodowska et al. (2020): Arsenic mobilization in groundwater driven by microbial iron-dependent anaerobic oxidation of methane. Nature Communications Earth & Environment, 7 Seiten
- [12] Arsen. (o. D.). AGES. <https://www.ages.at/mensch/ernaehrung-lebensmittel/rueckstaende-kontaminanten-von-a-bis-z/arsen>
- [13] Trinkwasserverordnung vom 20. Juni 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 159.)
- [14] Shrestha, R. & Enpho. (o. D.-b). Arsenic Removal Technologies. SSWM - Find Tools For Sustainable Sanitation And Water Management! [https://sswm.info/sswm-solutions-bop-markets/affordable-wash-services-and-products/affordable-water-supply/arsenic-removal-technologies#:~:text=Oxidation,Factsheet%20Block%20Body&text=Most%20arsenic%20removal%20technologie s%20are,high%20temperature%20\(EDWARDS%201994\)](https://sswm.info/sswm-solutions-bop-markets/affordable-wash-services-and-products/affordable-water-supply/arsenic-removal-technologies#:~:text=Oxidation,Factsheet%20Block%20Body&text=Most%20arsenic%20removal%20technologie s%20are,high%20temperature%20(EDWARDS%201994))
- [15] Furtak, H., & Langguth, H. R. (1967). Zur hydro-chemischen Kennzeichnung von Grundwässern und Grundwassertypen mittels Kennzahlen, Mem. In IAH-Congress, Hannover.
- [16] Hintergrundwerte | Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie. (2025b, Juli 23). https://www.lbeg.niedersachsen.de/startseite/boden_grundwasser/grundwasser/grundwasser_beschaffenheit/hintergrundwerte/hintergrundwerte-526.html
- [17] Yuan, C., Wei, Y., Xu, X. & Cao, X. (2022). Transport and transformation of arsenic in coastal aquifer at the scenario of seawater intrusion followed by managed aquifer recharge. Water Research, 229, 119440. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119440>
- [18] Grundwasserverordnung vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist
- [19] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). (2023). Geologische Karte der Bundesrepublik Deutschland 1:5.000.000 (BGL5000 V4.0). Hannover. Abgerufen am 13.04.2026 von https://numis.niedersachsen.de/trefferanzeige?docuuid=EDBE6915-4E4C-4A41-BA9A-E86F3265A8C1#detail_use

Gewässerkundlicher Landesdienst des NLWKN

Impressum



Herausgeber
Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

NLWKN Direktion
Am Sportplatz 23
26506 Norden
Telefon: (04931) 947 - 0
E-Mail: pressestelle@nlwkn.niedersachsen.de
www.nlwkn.niedersachsen.de

- Aktuell gültiger Grenzwert: **10 µg/L**
- Ab 2036 für alle Wasserversorgungsanlagen: **4 µg/L**

Diese strengen Grenzwerte können die Wasseraufbereitung vor technische Herausforderungen stellen. Zwar wird Arsen häufig im Zuge der üblichen Enteisung mit ausgefällt, jedoch reicht dieses Verfahren nicht immer aus, um das Einhalten des Grenzwertes zu gewährleisten [6].

Um Arsen gezielt zu entfernen werden daher speziellere Verfahren angewendet, wie etwa die **Flockung mit Eisensalzen** oder **Adsorptionsverfahren** an Festbetten aus *Granuliertem Eisenhydroxid (GEH)* bzw. *Aktivtonerde* (aktiviertes Aluminiumoxid). Zudem gibt es die **Oxidation** als Vorstufe, bei der Arsenit in Arsenat umgewandelt wird. Da Arsenat für die meisten Entfernungsmethoden leichter zu behandeln ist, kann die Oxidation mit anderen Verfahren kombiniert werden [14].



Grundwasser

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz



Regionales Parameterblatt

Arsen (As) im Grundwasser Ostfrieslands

Daten 2000 bis 2025



Niedersachsen

Messnetz und Daten

Arsen zählt in der allgemeinen Grundwasseranalytik nicht zu den Standard-Parametern, unterliegt jedoch aufgrund seiner toxischen Wirkungen strengen gesetzlichen Grenzwerten. Um den vorsorgenden Schutz der Trinkwasserressource gemäß der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2023) [13] sicherzustellen, ist es notwendig, die Arsenkonzentrationen im Grundwasser zu überwachen. Als Ursprung gelten meist natürliche, geologische Gegebenheiten und es kann durch unterschiedliche Prozesse mobilisiert werden [2].

Der hier ausgewertete Datensatz umfasst Messstellen von verschiedenen Betreibern, wie Grundwassermessstellen und Förderbrunnen der Wasserversorgungsunternehmen sowie Messstellen des Gewässerkundlichen Landesdienstes und Messstellen zur Beweissicherung an Rohstoffgewinnungsstätten (Sand- und Kiesabbau).

Für die Grundwassergüte in Niedersachsen verwendet der NLWKN einen umfangreichen Pool von Messstellen, der aus landeseigenen Messstellen sowie von Dritten, wie z.B. Wasserversorgungsunternehmen und Landkreisen, besteht. Arsen gehört zum hydrochemischen „Ergänzungsprogramm“ der Landesmessstellen, weshalb es nicht an allen Standorten kontinuierlich und flächendeckend gemessen wird.

Die Datenauswertung basiert auf Messwerten aus dem Zeitraum von 2000 bis 2025. Untersucht wurden dabei 1.114 Messstellen und insgesamt wurden 7.742 einzelne Arsen-Analysen erfasst.

Für jede Messstelle wurde ein mittlerer Arsengehalt (arithmetisches Mittel) aus den erhobenen Messdaten im Auswertezeitraum berechnet. Um Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) zu berücksichtigen, wurden diese für die Auswertungen halbiert. Sofern eine Messstelle im gesamten Auswertezeitraum unterhalb der Bestimmungsgrenze lag, wurde die niedrigste BG als Mittelwert herangezogen und für die weiteren Auswertungen ebenfalls halbiert verwendet.

Von den untersuchten Messstellen liegen 618 oberhalb der BG. Der Mittelwert dieser Messstellen liegt bei 2,91 µg/L .

Verteilung nach Mittelwertklassen (> BG):

Mittelwert in µg/L	Messstellen (MEST)
< 4	516
4 bis 10	81
> 10	21

Insgesamt überschritten 21 Messstellen den aktuellen Schwellenwert der Grundwasserverordnung von 10 µg/L (GrwV 2022) [18]. Dies entspricht einem Anteil von 1,89 % aller ausgewerteten Messstellen. Damit liegt der überwiegende Teil der Messstellen unter dem Schwellenwert. Von den 618 Messstellen liegen 516 unter dem an die TrinkwV angelehnten Wert von 4 µg/L.

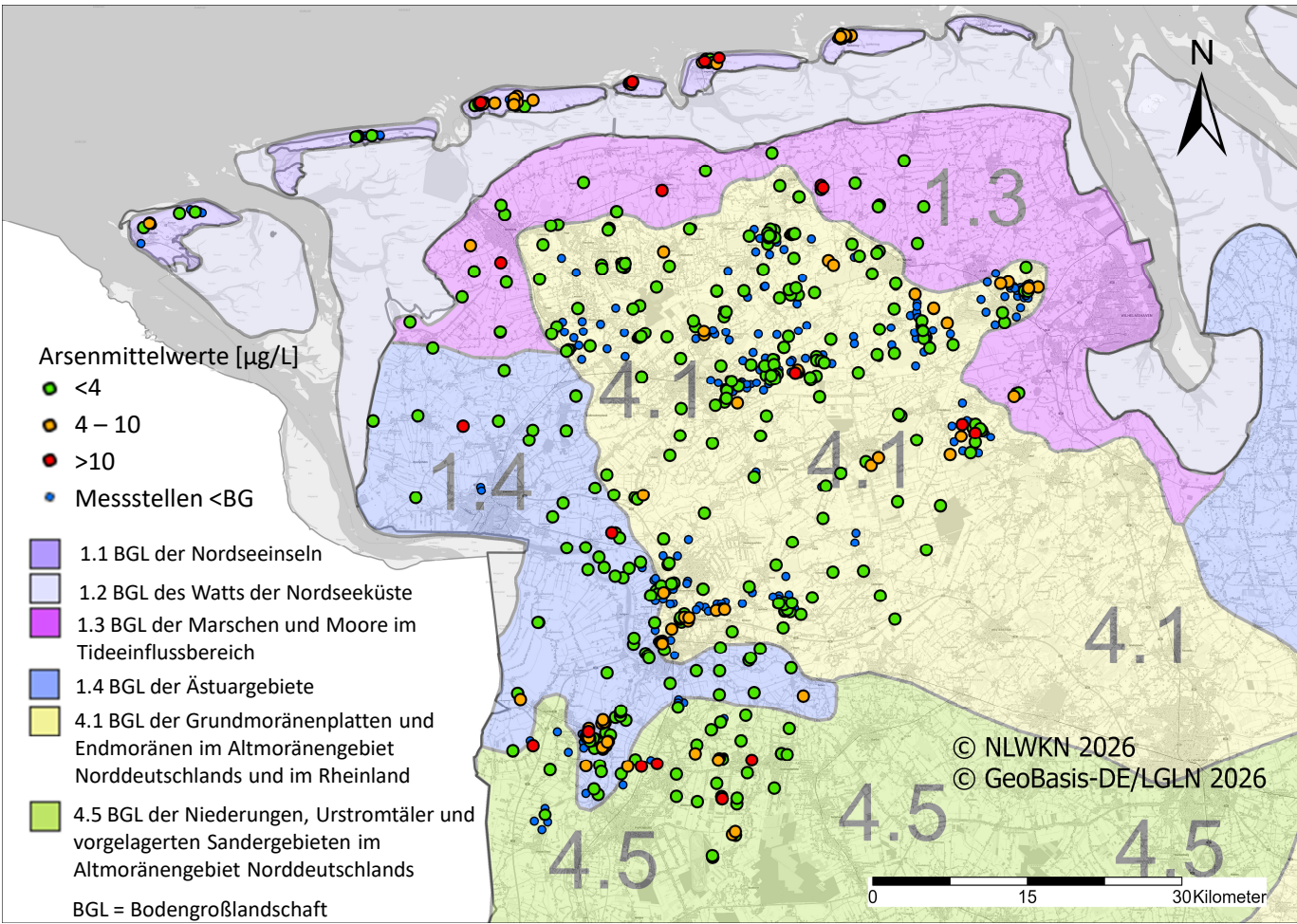


Abb. 1: Standort der Messstellen und deren Arsenmittelwerte (Daten von 2000 bis 2025)
Datenquelle: BGL5000 V4.0, (C) BGR, Hannover, 2023 [19].

Hydrochemische Klassen nach Furtak & Langguth

Normal erdalkalische Wässer

- a) Überwiegend hydrogencarbonatisch
- b) Hydrogencarbonatisch-sulfatisch
- c) Überwiegend sulfatisch

Erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt

- d) Überwiegend hydrogencarbonatisch
- e) Überwiegend sulfatisch/chloridisch

Alkalische Wässer

- f) Überwiegend (hydrogen-) carbonatisch
- g) Überwiegend sulfatisch/chloridisch

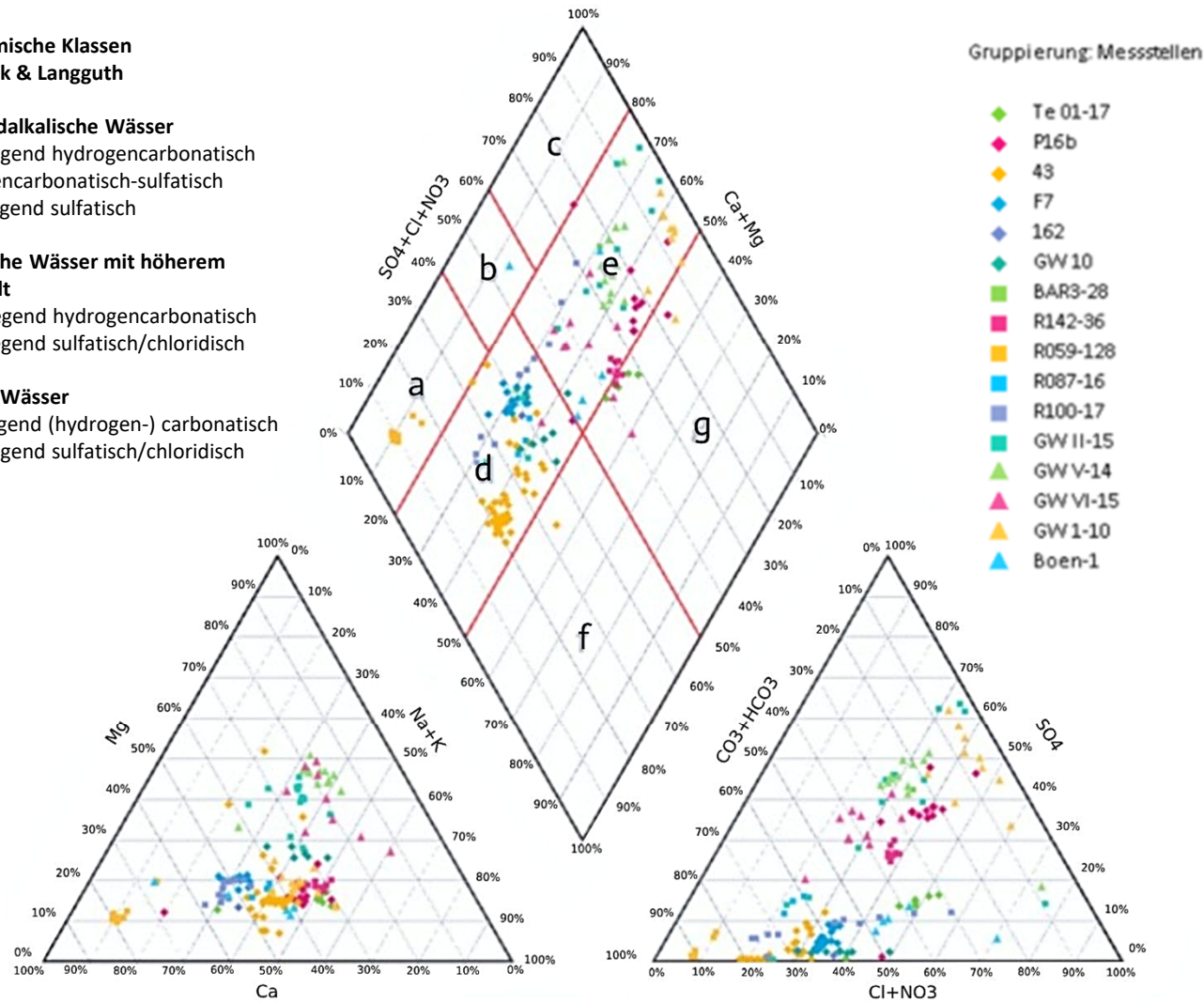


Abb. 2: Hydrochemische Auswertung der 18 Messstellen mit den höchsten Arsenmittelwerten im Piper-Diagramm nach Furtak & Langguth [15].

Herkunft und Eigenschaften

Arsen (As) ist ein **natürlich vorkommendes, toxisches Halbmetall** und steht hinsichtlich seiner Häufigkeit in der Erdkruste an 20. Stelle. Der Eintrag in das Grundwasser erfolgt über vulkanische Aktivität, biologische Prozesse [1] und vor allem durch natürliche Verwitterungsprozesse, insbesondere von arsenhaltigen Sulfidmineralen. Arsenopyrit, Realgar und Orpiment (Auripigment) gehören hierbei zu den bedeutendsten arsenhaltigen Mineralen. Wenn diese Primärminerale oxidieren, entstehen mobile Sekundärverbindungen, besonders arsenhaltige Oxide und verschiedene gelöste Formen von Arsen [2].

Neben der natürlichen Herkunft gibt es auch noch die Möglichkeit einer **anthropogenen Belastung**. So fällt Arsen als Nebenerzeugnis bei der Gewinnung von Schwermetallen wie Kupfer und Blei an und kann auch durch die Verbrennung von Kohle in die Atmosphäre gelangen [3].

An der „Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich“ (ETH Zürich) haben Forschende nach Vorkommen von Arsen in der Umwelt gesucht. Dabei konnten sie sehr geringe Mengen in Feinstaub (Aerosole), Wolken und Regenwasser finden. Im Vergleich zum Grundwasser wurde in den Niederschlagsdepositionen hauptsächlich methyliertes Arsen gefunden. Dieses entsteht, wenn Bakterien, Pilze, Pflanzen oder Algen anorganisches Arsen aufnehmen und umgewandelt wieder ausscheiden [4].

Industrielle Verwendung findet Arsen zum einen als Legierungsmittel und zum anderen wird es bei der Herstellung von Glas, Pigmenten, Textilien, Papier, Metallklebstoffen, Holzkonservierungsstoffen und Munition genutzt. Darüber hinaus wird Arsen im Gerbprozess von Leder und in geringer Menge in Pestiziden, Futtermittelzusätzen und Arzneimitteln verwendet [5]. Auch in der Halbleitertechnik und in Metalllegierungen spielt Arsen eine wichtige Rolle [6].

Da Arsenatome sich chemisch mit anderen Atomen verbinden können, wird in den Kategorien „organisch“ und „anorganisch“ unterschieden. Dabei ist es so, dass bei organischem Arsen das Arsenatom an ein Kohlenstoff gebunden ist, während anorganische Verbindungen keinen Kohlenstoff aufweisen. Im Grundwasser findet man überwiegend anorganische Arsenverbindungen [7]. Die chemische Form (Spezies) von Arsen im Wasser hängt stark vom pH- und Eh-Wert (Redoxpotential) ab. Unter reduzierenden, sauerstoffarmen Bedingungen liegt Arsen überwiegend als dreiwertiges Arsenit (As(III)) vor, während unter oxidierenden Bedingungen, insbesondere in Oberflächengewässern, das fünfwertige Arsenat (As(V)) dominiert. Umweltproben enthalten hauptsächlich Arsenit, Arsenat sowie diverse arsenige Säuren und Arsensäuren [7]. As(III)-Verbindungen sind dabei von besonderer Bedeutung, da sie eine höhere Toxizität und Mobilität aufweisen als As(V)-Verbindungen [8]. Im Grundwasser liegt Arsen meist gelöst oder an Kolloiden gebunden vor [9].

Ergebnisse der Auswertung

Räumliche Verteilung der Arsenkonzentrationsklassen

Um die Verbreitung von Arsen im Grundwasser zu beurteilen, wurden in der nebenstehenden Karte (Abb. 1) die Messstellen aufgezeichnet und in Konzentrationsklassen eingeordnet. Die Karte wurde zusätzlich mit einer Darstellung der Bodengroßlandschaften (BGL) ergänzt [19].

Die Karte zeigt, dass erhöhte Arsenmittelwerte (> 10 µg/L), markiert durch die roten Messpunkte, gehäuft in den Marschen und Mooren (BGL 1.3) und auf den Nordseeinseln (BGL 1.1) sowie in Ästuargebieten (BGL 1.4) auftreten. Auffällig sind die erhöhten Werte an dem nördlichen Küstenstreifen und auf einigen Inseln. Im Gegensatz dazu weisen höhergelegene Bereiche der Grundmoränenplatten und Endmoränen (BGL 4.1), die sich zentral in Ostfriesland befinden, hauptsächlich geringere Arsenmittelwerte (< 4 µg/L) auf.

Auch innerhalb der Grundmoränenplatte (BGL 4.1) und der Niederungsgebiete (BGL 4.5) treten einzelne Messstellen mit Werten über 10 µg/L auf, wenngleich dort Messstellen mit niedrigen Arsenmittelwerten im Erscheinungsbild überwiegen.

Dieser Befund passt auch zu den vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) veröffentlichten Karten zu den natürlichen Arsen-Hintergrundwerten. So zeigen die ostfriesischen Inseln und Watten Arsenwerte von 2,5 bis 5 µg/L und das Festland Werte von kleiner als 2,5 µg/L. Diese Hintergrundwerte beziehen sich auf geogene Gehalte. Daraus lässt sich schließen, dass der Großteil des Arsens auf natürlichem Weg in das Grundwasser gelangt [16].

Piperdiagramm

Das Piperdiagramm in Abbildung 2 zeigt die hydrochemischen Klassen der 18 Messstellen mit den höchsten ausgewerteten Arsenmittelwerten von hier über 13 µg/L nach Furtak und Langguth [15].

Die Auswertung zeigt, dass sich die Messstellen fast ausschließlich in den Feldern d und e konzentrieren, was auf erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt hinweist. Dabei liegen im Feld d Wässer, die überwiegend hydrogencarbonatisch geprägt sind, und im Feld e Wässer, die überwiegend sulfatisch-chloridisch charakterisiert sind. Zusätzlich sind noch einige Messstellen in Feld g vertreten, was auf alkalische Wässer hindeutet, welche auch überwiegend sulfatisch/chloridisch geprägt sind.

Auffällig ist, dass die normalen erdalkalischen Wässer (a, b und c) sowie alkalische Wässer mit überwiegend (Hydrogen-) carbonatischem Charakter (f) nahezu unbesetzt sind. Dies deutet darauf hin, dass sich Messstellen mit hohem Arsenmittelwert standortbedingt oft vor allem in Küstengebieten befinden, deren Grundwasser hohe Alkalienteile hat (vgl. Karte Abb. 1).

Meerwasserintrusion und Arsen

Meerwasserintrusion in Küstenaquiferen begünstigt die Freisetzung von Arsen in das Grundwasser. Ein wesentlicher Prozess dabei ist die kompetitive Desorption. Hierbei handelt es sich um einen Verdrängungsprozess, bei dem im Meerwasser enthaltene Anionen mit dem Arsen um Bindungsstellen im Grundwasserleiter konkurrieren. Zusätzlich beeinflussen auch der pH-Wert und die Reduktion von As(V) zu mobileren As(III) die Freisetzung von Arsen in das Grundwasser [17] (vgl. Karte Abb. 1).

Tiefenverteilung

Die Boxplot-Darstellung (Abb. 3) zeigt die Arsenkonzentrationen in Abhängigkeit von der mittleren Filtertiefe (Daten von 2000 bis 2025). Dabei haben von den 1.114 ausgewerteten Messstellen 129 keine Angaben zu den Filtertiefen.

In der Abbildung 3 ist Folgendes zu sehen: Die höchsten Arsenkonzentrationen und Streuungen weisen die oberflächennahen Grundwassermessstellen (0-10 m) auf. Mit zunehmender Tiefe nehmen sowohl die Mittelwerte als auch die Mediane ab. Zudem verringert sich auch der Interquartilsabstand (Höhe der Boxen) deutlich, was auf eine homogenere Verteilung in tieferen Schichten hindeutet. Die Anzahl der Messstellen tiefer als 100m ist dabei deutlich geringer als in den flacheren Klassen.

Roh- und Reinwasser im Vergleich

Die Abbildung 4 zeigt die Arsenkonzentrationen der 13 Festlandwasserwerke sowie der 6 Inselwasserwerke in Ostfriesland (anonymisiert). Dabei wird der Rohwassermittelwert (Wasserwerkeingang) dem Reinwassermittelwert (Wasserwerkeausgang) gegenübergestellt und mit dem aktuellen (10 µg/L) sowie zukünftigen (4 µg/L) Grenzwert der Trinkwasserverordnung verglichen.

Die Inselwasserwerke weisen im Vergleich zu den Wasserwerken auf dem Festland einen höheren Arsenmittelwert sowohl im Rohwasser als auch im Reinwasser auf. Die Festlandwasserwerke liegen oft unter 1 µg/L, wobei Wasserwerk 3 im Rohwasser mit 2,5 µg/L den höchsten Wert aufweist.

Der zukünftige Grenzwert von 4 µg/L wird nur in einem Fall überschritten. Bei Inselwasserwerk 2 (Notwasserwerk) weist das Rohwasser einen Mittelwert von 4,6 µg/L auf und liegt somit geringfügig über dem Grenzwert.

Die Reduktion des Arsenmittelwertes vom Roh- zum Reinwasser lässt sich durch die Adsorption von Arsen an Eisenhydroxidflocken (Mitfällung) während der üblichen Enteisung in der Wasseraufbereitung erklären [7]. Diese Aufbereitungsstufe ist gerade für Inselstandorte besonders wichtig, um die Trinkwasserqualität bezüglich Arsen dauerhaft unter dem zukünftigen Grenzwert zu halten. Dabei haben die dortigen Wasserwerke aufgrund erheblicher saisonaler Schwankungen im Wasserbedarf (Tourismus) und der hohen Verschmutzungsempfindlichkeit der Süßwasserlinsen ohnehin schwierige Rahmenbedingungen.