

Wasser unter Druck: Studienübersicht für Journalist*innen zu Wasserverlust und Wassernutzung in Deutschland und weltweit

Wasser unter Druck:
Studienübersicht für Journalist*innen zu Wasserverlust und
Wassernutzung in Deutschland und weltweit

Presseteam der Wasserkonferenz 2024

„Paris is not yet dead, but in grave danger“

(World Meteorological Organization. 2024)

Inhaltsverzeichnis

Wasserverteilung weltweit.....	3
Globale (Süß)Wasserverteilung	3
Entwicklung der globalen Wasserressourcen.....	3
Wasser und Klimakrise	3
Zugang zu Wasser und Wasserverbrauch.....	4
Aktuelle Situation der Wasserversorgung.....	4
Zukünftige Entwicklung des Wasserbedarfs.....	4
Verteilung des Wasserverbrauchs nach Sektoren.....	5
Wasserkonflikte global.....	5
Wasserkrisen und Patriarchat.....	5
Wassergefährdung durch fossile Brennstoffe	6
Zugang zu Wasser und Wasserverbrauch in Deutschland.....	6
Klimawandel und Wasserhaushalt	6
Wasserressourcen in Deutschland.....	6
Flutschäden und ihre Auswirkungen.....	7
Auswirkungen auf die Wirtschaft	7
Klimaanpassung.....	8
Wasserqualität und -gefährdung	8
Wasserdargebot, -verlust, -entnahme in Deutschland.....	9
<i>Wasserverbrauch</i>	9
Wasserqualität und -Gefährdung.....	10
<i>Aktuelle Situation der Gewässerbelastung</i>	10
Quellenangaben	13
Zusätzliche Information.....	14

Wasserverteilung weltweit

Globale (Süß)Wasserverteilung

- Die Erdoberfläche ist zu knapp 71% mit Wasser bedeckt. Davon sind unter 3% (genauer: 2,5%) Süßwasser [1,2]
 - 20% des Süßwassers sind Grundwasser, 79% dauerhaft gefroren und nur unter 1% ist in Flüssen und Seen gespeichert, also direkt nutzbar [2]. Der Rest entfällt auf Bodenfeuchte, atmosphärischen Wasserdampf, ...
 - dennoch würde es aktuelle für alle reichen, wenn es bedarfsgerecht verteilt wäre [1]

Entwicklung der globalen Wasserressourcen

Global nimmt der „Terrestrial Water Storage“ (TWS, die Summe aus Bodenfeuchte, Grundwasser, Eis, Schnee, Oberflächenwasser) ab [4]. 2014 brach der TWS rapide ein und ist nicht wieder auf das vor-2014-Niveau gestiegen. [5]

- Diese Entwicklung ist korreliert mit Oberflächenbeschaffenheit (z.B. Bebauung und Vegetation) und Klima-Schwankungen (z.B., El Niño-Ereignissen). [6]
- 2023 betrug die Anomalie des TWS im Vergleich zu 2002-2023 -9.94 cm: Ein Minus von 10.20 cm ist durch anthropogene Faktoren ausgelöst, natürliche Faktoren führten zu einem Plus von 0.26 cm (sodass es zusammen ein Minus von 9.94 cm ergab)
 - ~90% des 2022-2023 beobachteten Verlustes des TWS sind anthropogen begründet
 - natürliche Einflüsse sind weniger relevant für den TWS (manche Quellen sprechen von „keinem signifikanten Einfluss“. Diese statistische Signifikanz habe ich nicht gegen-gecheckt, allerdings ist ziemlich klar, dass menschliche Aktivitäten die relevantesten Faktoren sind)
 - seit 2020 schwächen natürliche Ursachen, wie La Nina-Ereignisse, den Negativtrend leicht ab

Regional sind die TWS-Entwicklungen sehr unterschiedlich: In Europa kam es 2023 zu einem Verlust von regional bis zu 20cm.

Wasser und Klimakrise

Die Klimakrise ist als eine der wesentlichen Faktoren dieser Entwicklung anzusehen. Sie erhöht die Wahrscheinlichkeit eines rapiden Absinkens des TWS, wie 2014-2016. [7]

- Wasser als Indikator der Klimakrise: Wasser in der Landschaft verändert sich und verschwindet aus der Landschaft aufgrund der Klimakrise: Ist eines der ersten sichtbaren Anzeichen der Klimakrise
- Einflussnahme von Wassersystemen auf große Raumskalen und über große Entfernungen [16]:

- Luftfeuchte/Verdunstung in Asien kann z.B. Niederschlag in Teilen von Afrika beeinflussen
- „Water plays a crucial role in the workin of the climate system“: Wasser als Transfermedium für Energie/Wärme, wichtig für Windsysteme und Puffer (Side-Fact: Atmosphäre kann je 1 Grad höherer Temperatur 7 % mehr Wasser aufnehmen, was zu höheren Niederschlagssummen und weiteren komplexen Veränderungen im Klimasystem führt)

(*dies beeinträchtigt globale Meeresströmungen und damit das Klima weltweit mit komplexen und starken Auswirkungen auf der ganzen Welt)

Zugang zu Wasser und Wasserverbrauch

2010 hat die UN-Vollversammlung den Zugang zu Sanitärversorgung und zu einwandfreiem und sauberem Trinkwasser als Menschenrecht deklariert [1]

- dennoch haben ca. 40% der Weltbevölkerung keinen Zugang zu sicherem Wasser und keinen Zugang zu adäquater Sanitärer Einrichtung (Berufung auf World Health Organization-Daten). Ca 25% lebt in eines von 17 Ländern, das jährlich von Wasserstress betroffen ist. [2]

Aktuelle Situation der Wasserversorgung

Zitat Welthungerhilfe: "Nach Angaben der Vereinten Nationen leben rund 4 Milliarden Menschen in Gebieten, die mindestens einen Monat im Jahr extrem wasserarm sind - der Klimawandel verschärft die Situation zusätzlich. [...] Weltweit [haben] über 2,2 Milliarden Menschen keinen Zugang zu Trinkwasser im Haus oder auf dem Grundstück; 703 Millionen können [...] ihre Grundversorgung mit sauberem Wasser [nicht] decken."

- Zugang zu Wasser und Sanitäreinrichtungen: Führt zu weniger Infektionen, besserer Gesundheit, dadurch einem höheren Einkommen, weniger Armut, besserer Bildung v.a. für Menschen in weiblichen Rollen (im Text „Frauen“ (Weiteres s.u.))

Zukünftige Entwicklung des Wasserbedarfs

Aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung, der Industrialisierung und damit zusammenhängender Prozesse* sowie der Klimakrise wird der Wasserbedarf bis 2050 steigen [2]

- Bis 2030 könnte der Konsum von Wasser auf ca. 160% des aktuell nutzbaren Volumens steigen [2]
- Wachsender Druck auf globale Wasserressourcen hat große Wirkung auf sozioökonomisches Wohlergehen: „water resources are likely to worsen in response to population growth, shifts toward more meat-based diets, climate change, and other challenges.“ [9]

*z.B. erhöhter Fleischkonsum, dessen Produktion sehr wasserintensiv ist

Verteilung des Wasserverbrauchs nach Sektoren

Global sind die mengenmäßig größten Wasserverbraucher die bewässerte Landwirtschaft (70 %), gefolgt von Industrie und Energieversorgung mit 20 %. [3]

22 % des Wasser wird global für industrielle Zwecke verwendet, inkl. Wasser für die Energieerzeugung und die Gewinnung foss. Energien [9]

Wasserkonflikte global

Kontext: Diese Daten beruhen auf dem „Pacific institute“ Das Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security ist eine amerikanische non-profit Forschungseinrichtung. Die Datensätze scheinen sehr groß zu sein, es ist aber unklar, inwiefern sie „neutral“ bzw. gegen-gecheckt sind: Daher gut als Überblick, aber nicht die sicherste Quelle.

- Historische Auflistung von Wasserkonflikten: Zeigt, dass Wasser schon immer Mittel und Zweck in Kriegen war. Auch von Wasserknappheit ausgelöste Konflikte in ariden (trockeneren) Weltregionen sind gelistet. <https://worldwater.org/conflict/map/>
- Beispiele für Wasser als Kriegsziel: <https://worldwater.org/wp-content/uploads/2013/07/www8-water-conflict-events-trends-analysis.pdf>

Wasserkrisen und Patriarchat

Quelle: 8

„In weltweit 7 von 10 Haushalten ohne Wasseranschluss sind Frauen und Mädchen für das Wasserholen zuständig, so das Ergebnis eines Berichts, der 2023 von UNICEF und WHO vorgelegt wurde.“

- FINTA* (in den Studien und Texten von UNICEF wird von „Frauen“ gesprochen) übernehmen statistisch mehr Hausarbeit, was auch weite Wege zum Wasserholen einschließt und dazu führt, dass durch langes Wasserholen weniger Zeit für schulische Bildung bleibt.

„[...] bei UNICEF wird von "sicherem" Wasser gesprochen, wenn es für die Menschen in der Nähe ihres Zuhauses zugänglich, bei Bedarf verfügbar und natürlich frei von Verunreinigungen ist.“

- dies ist für 40% der Weltbevölkerung nicht gegeben (Quelle s.o.)

„Der 2021 von UNICEF erstellte Klima-Risiko-Index für Kinder zeigt, dass schon jetzt eine Milliarde Kinder – fast die Hälfte aller Kinder auf der Welt – durch die Auswirkungen des Klimawandels extrem stark gefährdet sind. Sie leben in Ländern, in denen sie gleich mehreren klima- und umweltbedingten Gefahren, Schocks und Belastungen ausgesetzt sind und in denen die Grundversorgung in Bereichen wie Wasser und Sanitär, Gesundheit oder Bildung unzureichend ist.“

Wassergefährdung durch fossile Brennstoffe

- Gefahr für Wasserqualität durch Verschmutzung (z.B. Ölfälle, wie Deepwater Horizon: Über 780,000 m³ Öl in den Golf von Mexiko ausgelaufen) [9]
- Abbau ist wasserintensiv (z.B. Braunkohletagebaue) „[...] 2009 global produzierte Kohle bedurfte geschätzt 1.3 to 4.5 Mrd. m³ Wasser für Abbau und Prozessierung“. [9]
- Abbauprozesse gefährden Grundwasser und am Abbau gelegene/durch Gewässer verbundene Wasserkörper durch eine Vielzahl wassergefährdender Stoffe (in Sedimenten und in Böden gelagerte Chemikalien und Beiprodukten des Abbaus selber)

Zugang zu Wasser und Wasserverbrauch in Deutschland

Klimawandel und Wasserhaushalt

Neben Starkregen und Überschwemmungen sind auch Extremereignisse wie Hitze und Dürre mit all ihren Folgen in Deutschland messbar angekommen. Die Sommer mit starken Hitzewellen und bis dato höchsten gemessenen Lufttemperaturen häufen sich; beispielsweise wurde im Juli 2022 erstmals nördlich des 53. Breitengrads an der Station Hamburg-Neuwiedenthal eine Temperatur von über 40 °C gemessen. [17]

Seit der Jahrtausendwende verliert DE 2,5 Gigatonnen beziehungsweise Kubikkilometer Wasser pro Jahr [17]

Modelle, auf die das UBA sich bezieht, gehen davon aus, dass sich die Dürresituation in Deutschland bis 2100 (je nach Modell mehr oder weniger drastisch) verschärfen wird: Teils so stark, dass es 2881-2100 kein Jahr mehr geben wird das nicht mindestens zeitweise als „extrem trocken“ eingestuft wird [24]

Hitzerekorde

Bis 1951: Im Schnitt noch drei bis vier „heiße Tage“ im Jahr: „Heiß“ bedeutet >30

Grad [14]

Aktuell: ca. 20 pro Jahr

Zunehmend viele Hitzetote: 2003, 2006, 2015 waren es mehrere Tausend

Wasserressourcen in Deutschland

Zwischen 2002 und 2022 sind die deutschlandweiten Frischwasserreserven um 15.2 Mrd Tonnen gesunken (dies betrifft den „terrestrial water storage“, darunter zählen Oberflächenwasser und Aquifer) [10]

- „In den Jahren 2019 bis 2021 wurden vielerorts Rekordunterschreitungen der langjährigen niedrigsten Grundwasserstände an den Messstellen ermittelt. Die Wirkungen der Dürrejahre sind auch 2023 noch nicht ausgeglichen.“ [17]

Einflüsse von Extremwetterereignissen

Bis 2050 geschätzter Schaden, je nach Ausmaß des Klimawandels und der Anpassungen, zwischen 280 und 900 Mrd Euro: Jährlich statistisch eine Ahrtal-Flut [11]

- Kalkuliert ist rein materieller Schaden. Schäden an Ökosystemen, Verlust an Lebensqualität, Tod durch Hitze und Flut, gesundheitliche Schäden, Biodiversitätsverlust nicht eingerechnet
- Stille Extreme (Dürre, Hitze) sind weniger untersucht: Hitze ist für 99 % der Extremwettertoten seit 2000 verantwortlich und führt zu immensen landwirtschaftlichen Verlusten
 - 2018 durch extreme Hitze und Dürre: 700 Mio € landwirtschaftliche Schäden und 3,1 Mrd € Versicherungsschaden durch Starkregen und Stürme
 - Zwischen 2018 und 2020 starben etwa 19.300 Menschen zusätzlich infolge von Hitze in Deutschland [17]
- Ahrtal: Teuerstes Extremwetter der deutsche Geschichte mit 40,5 Mrd Euro Versicherungsschaden [11]

Flutschäden und ihre Auswirkungen

Alleine durch Fluten seit 2000 70 Mrd € Schaden: Durch Beeinträchtigung von Gebäuden, der Industrie und Lieferketten [11,12,13]

- Fluten wirken sich auf große Regionen und viele Sektoren aus, daher besonders hohe Schäden

Durch den Klimawandel werden Jahrhunderthochwässer immer häufiger und Ausschläge der Extremwetter werden stärker [11,12,13]

- Wahrscheinlichkeit, dass es zu extremen Regenfällen kommt, durch den Klimawandel um das 1,2- bis 9-Fache erhöht hat [17]

Auswirkungen auf die Wirtschaft

Wasserkrise kann zu Produktionsdrosselungen führen: Verarbeitende Gewerbe u.ä. dürfen nur bis zu einer gewissen Menge Wärme in Gewässer ableiten, um Gewässer nicht zu überhitzen [15]

- „Neben den Herausforderungen durch Niedrigwasser [...] können dann auch Situationen häufiger eintreten, in denen die Rückführung von gebrauchtem und erwärmtem Kühlwasser beziehungsweise die Entnahme von Kühlwasser nur noch eingeschränkt möglich wäre.“

- Niedrigwasser werden im kommenden Jahrhundert häufiger, was die Schiffbarkeit mancher Wasserwege in der Vergangenheit bereits beeinträchtigte [24]

Klimaanpassung

Handlungsbedarf und Strategie

Dringender Handlungsbedarf: „Nur bei circa einem Drittel aller Klimawirkungen kann Anpassung in weniger als zehn Jahren wirksam werden. Die meisten Maßnahmen benötigen deutlich länger, teilweise über 50 Jahre.“ [26]

Zentrale Herausforderungen der deutschen Anpassungsstrategie

- Risiken durch Hitze für die Gesundheit
- Risiken durch Trockenheit und Niedrigwasser (häufig verbunden mit Hitze) für alle wassernutzenden und wasserabhängigen Systeme
- Risiken durch Starkregen, Sturzfluten und Hochwasser für Infrastrukturen und Gebäude
- Risiken durch den graduellen Temperaturanstieg, wie die Folgen des Meeresspiegelanstiegs, für natürliche und naturnutzende Systeme

Wasserqualität und -gefährdung

Rechtlicher Rahmen und Herausforderungen

Deutschland- und EU-weit gibt es mehrere Verordnungen, Gesetze und Richtlinien, die den Gewässerschutz betreffen und über 30 toxische und wassergefährdende Stoffe benennen, auf die Wasser zu untersuchen sei. Inwiefern dem immer nachgekommen wird und ob es weitere Stoffe gibt, die toxisch, aber nicht als „zu testen“ festgelegt sind, ist unklar. In der Vergangenheit sind solche Fälle jedoch aufgetreten (im Kontext des Baus der A49 und der Belastung des Bodens dort mit Munitions-Altlasten). Der Gewässerschutz in der EU ist also durchaus komplex, aber im konkreten Fall vor Ort nicht immer greifend. Außerdem hat auch die letzte Versammlung des Städtetags gefordert, dass das Verursacher-Prinzip gestärkt werden soll: Unternehmen, die Gewässer verschmutzen, sollten stärker in die Pflicht genommen werden dies wieder zu korrigieren. Einige Infos zum Gewässerschutz gibt es beim UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/reach-chemikalien-reach>)

Aktuelle Situation der Gewässerbelastung

2024 haben sich ausgetretene Schadstoffmenge gegenüber dem Vorjahr fast verdreifacht, Zahl der Unfälle dagegen auf niedrigstem Stand seit Beginn der Zeitreihe [21, 22]

- kann zur Verarmung der Artenvielfalt und Sauerstoffdefiziten führen, können einzelne Individuen, Arten oder ganze Wasserökosysteme schädigen, in die Nahrungsnetze gelangen und somit auch unsere Gesundheit belasten
- 3,3 Millionen Liter ausgetretene Schadstoffe in der Umwelt verblieben

- Über 900 Gewässerverunreinigungen, darunter 46 Mal Grundwasser betroffen

„In Deutschland weisen nur noch weniger als 1 Prozent der Oberflächengewässer keine Belastung auf und in über 80 Prozent der Oberflächengewässer treten zwei bis sechs Belastungen gleichzeitig auf.“ [22]

Wasserdargebot, -verlust, -entnahme in Deutschland

Wasserverbrauch

- Verbrauch pro Person und Tag im Schnitt: 126 L Wasser [20]
- Gesamter Wasserfußabdruck (gerechnet mit dem Wasser, das für die Produktion aller genutzten Güter benötigt wird): 7200 L pro Kopf und Tag [18]

Wasserdargebot

- Wasserdargebot in DE: Das Wasserdargebot gibt an, welche Mengen an Grund- und Oberflächenwasser potentiell genutzt werden können („erneuerbare Wasserressource“)
- Langjähriges potenzielles Wasserdargebot im Mittel 1991-2020: Im Schnitt 176 Mrd m³
 - Im Vergleich zur Zeitreihe 1961–1990 hat sich das langjährige potenzielle Wasserdargebot von 188 Mrd. m³ um 12 Mrd. m³ oder um 6,4 % verringert. [18,19]

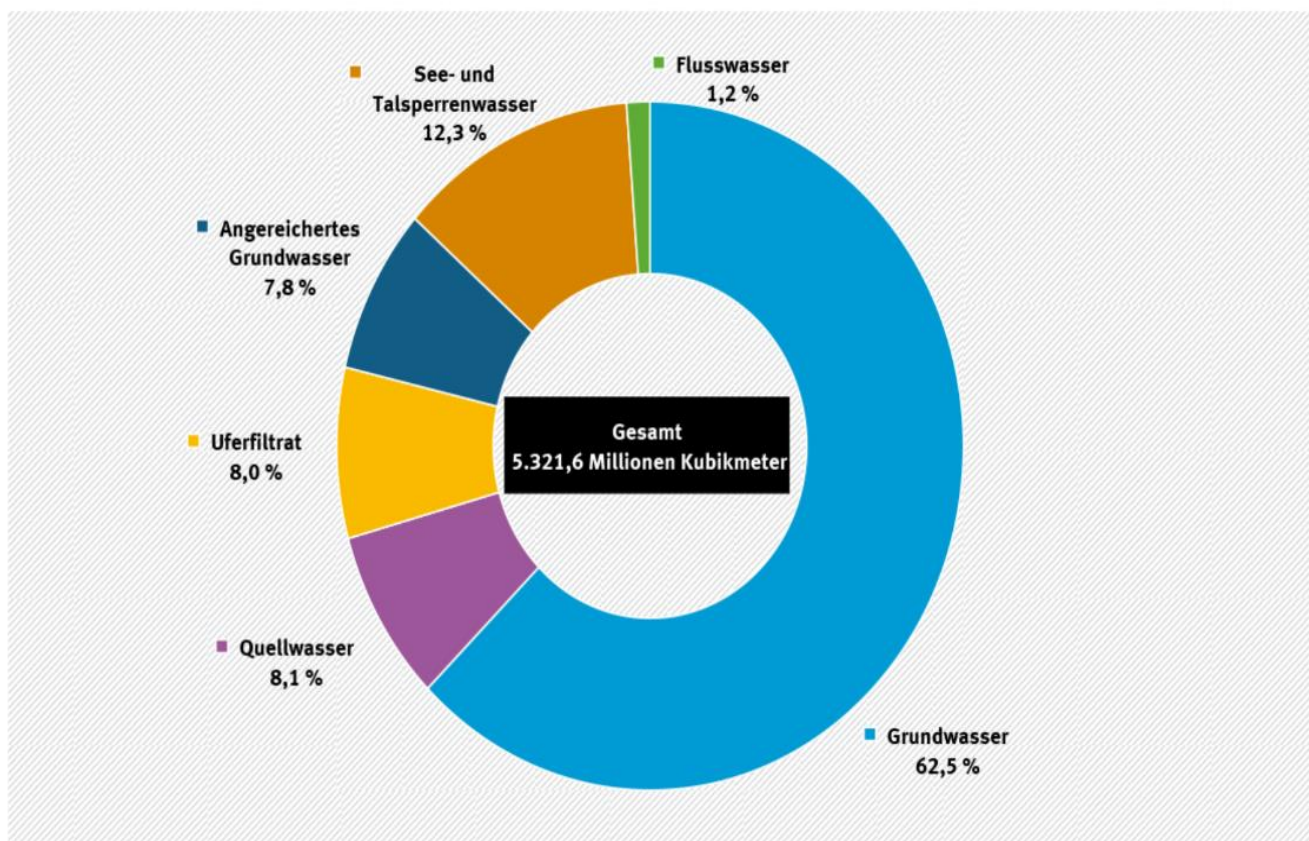
Wasserentnahme

Im Jahr 2019 wurden rund 20 Mrd. m³ 11,4 % des langjährigen potentiellen Wasserdargebots entnommen [18]

- Wasserentnahmemengen sind tendenziell seit Jahren rückläufig, nur die Landwirtschaft verbraucht jährlich (etwas) mehr
- Größte Wasserverbraucher sind die Energieversorgung (Kühlsysteme), der Bergbau, das verarbeitende Gewerbe, die Industrie im Allgemeinen

Menge der öffentlichen Wassergewinnung gesamt: 5,36 Mrd. M³ [24] Arten der Wassergewinnung: [19]

Wassergewinnung nach Wasserarten 2022 *



*Einschließlich der Wassermenge, die durch Unternehmen gewonnen wird, die Wasser ausschließlich weiterverteilen

Quelle: Statistisches Bundesamt, Erhebung der öffentlichen Wasserversorgung 2022, veröffentlicht August 2024

Wasserqualität und -Gefährdung

Aktuelle Situation der Gewässerbelastung

Ausgetretene Schadstoffmenge gegenüber dem Vorjahr fast verdreifacht, Zahl der Unfälle dagegen auf niedrigstem Stand seit Beginn der Zeitreihe [21, 22]

- kann zur Verarmung der Artenvielfalt und Sauerstoffdefiziten führen, können einzelne Individuen, Arten oder ganze Wasserökosysteme schädigen, in die Nahrungsnetze gelangen und somit auch unsere Gesundheit belasten
- 3,3 Millionen Liter ausgetretene Schadstoffe in der Umwelt verblieben
- Über 900 Gewässerverunreinigungen, darunter 46 Mal Grundwasser betroffen

„In Deutschland weisen nur noch weniger als 1 Prozent der Oberflächengewässer keine Belastung auf und in über 80 Prozent der Oberflächengewässer treten zwei bis sechs Belastungen gleichzeitig auf.“ [22]

Rechtlicher Rahmen und Herausforderungen

Einordnung: Deutschland- und EU-weit gibt es mehrere Verordnungen, Gesetze und Richtlinien, die den Gewässerschutz betreffen und über 30 toxische und wassergefährdende Stoffe benennen, auf die Wasser zu untersuchen sei. Inwiefern dem immer nachgekommen wird und ob es weitere Stoffe gibt, die toxisch, aber nicht als „zu testen“ festgelegt sind, ist unklar (hierfür reichte die Recherche-Zeit nicht). In der Vergangenheit sind solche Fälle jedoch aufgetreten (im Kontext des Baus der A49 und der Belastung des Bodens dort mit Munitions-Altlasten). Der Gewässerschutz in der EU ist also durchaus komplex, aber im konkreten Fall vor Ort nicht immer greifend. Außerdem hat auch die letzte Versammlung des Städtetags gefordert, dass das Verursacher-Prinzip gestärkt werden soll: Unternehmen, die Gewässer verschmutzen, sollten stärker in die Pflicht genommen werden dies wieder zu korrigieren. Einige Infos zum Gewässerschutz gibt es beim UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/reach-chemikalien-reach>

Beispiele: Wassergefährdung in DE

Kontext: Wenn nicht anders gekennzeichnet, bezieht sich Untenstehendes auf CAMPACT [23], ist also keine wissenschaftliche Studie.

Trinkwassergefährdung bei Grünheide

„Seit rund zwei Jahren leitet die Gigafactory von Tesla in Grünheide bei Berlin offenbar zu viel Phosphor und Stickstoff ins Abwassersystem. Der Wasserverband drängt nun darauf, Tesla bis auf Weiteres die Abwasserleitung abzudrehen. Das geht aus einem Schreiben des Wasserverbandes Strausberg-Erkner (WSE) hervor[...]. DIE GRENZWERTÜBERSCHREITUNGEN SEIEN ZUM TEIL ERHEBLICH – SECHSMAL MEHR PHOSPHOR UND STICKSTOFF ALS ERLAUBT. [...] Dieses Verfahren [belastet] das Abwasser und damit auch die KLÄRANLAGEN IN DER REGION [und] das Grundwasser [...] damit die Berliner Wasserversorgung. Das Tesla-Werk liegt in einem Trinkwasserschutzgebiet[...]"

Verockerung der Spree

„Das Eisenhydroxid gelangt vor allem durch den Braunkohletagebau in der Lausitz in die Spree. Steigen die Wasserstände im Lausitzer Braunkohlenrevier oder werden stillgelegte Tagebaue geflutet, werden Sulfat und Eisen aus dem Boden ausgewaschen und dauerhaft in den Fluss gespült. Das Eisenocker lagert sich als Schlamm am Grund ab und färbt die Spree braun.“

Nitrat im Grundwasser: Problem (v.a.) intensiv landwirtschaftlich genutzter

Gegenden [=>23 UND 25]

- Belastung des Grundwassers mit Nitrat ist die häufigste Ursache dafür, dass Grundwasserkörper in einem schlechten chemischen Zustand sind.
- 2022: Bei 37,4 % der Messstellen lag der Nitratgehalt zwischen zehn und fünfzig mg/l (was einer deutlichen bis starken Nitratbelastung entspricht)
- Die übrigen 16 % der Messstellen enthielten zum Teil deutlich mehr als 50 mg/l Nitrat: Dieses Grundwasser kann nicht ohne weiteres zur Trinkwassergewinnung genutzt werden

Gewässerversalzung:

- Durch Kalibergbau: Werra und Weser (weitere Infos beim BUND: <https://www.bund-hessen.de/wasser-und-gewaesser/werraversalzung/>)
- Durch Ausbaggerung und dadurch zunehmend „hineinschwappendes“ Meerwasser: Weser

Quellenangaben

1. Welthungerhilfe. (n.d.). Zugang zu Wasser und Sanitäreinrichtungen. <https://www.welthungerhilfe.de/informieren/themen/fuer-wasser-und-hygiene-sorgen/>
2. Abou-Shady, A., Siddique, M.S., & Yu, W. (2023). A Critical Review of Recent Progress in Global Water Reuse during 2019–2021 and Perspectives to Overcome Future Water Crisis. *Environments*, 10, 159. <https://doi.org/10.3390/environments10090159>
3. Welthungerhilfe. (n.d.). Factsheet Wasser. Fakten und Zahlen.
4. NASA. (2023). Terrestrial Water Storage in 2023. https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20240004868/downloads/Li_waterstorage_final.pdf
5. NASA. (n.d.). NASA Satellites Reveal Abrupt Drop in Global Freshwater Levels. <https://science.nasa.gov/earth/nasa-satellites-reveal-abrupt-drop-in-global-freshwater-levels/>
6. Earth System Science Data. (2023). Vol. 15, 5597–5615. <https://doi.org/10.5194/essd-15-5597-2023> Volltext: <https://essd.copernicus.org/articles/15/5597/2023/essd-15-5597-2023.pdf>
7. *Surveys in Geophysics*. (2024). Vol. 45, 1875–1902. <https://doi.org/10.1007/s10712-024-09860-w>
8. UNICEF. (2024). Weltwassertag 2024: 10 Fakten über Wasser. <https://www.unicef.de/informieren/aktuelles/blog/-/weltwassertag-2024-zehn-fakten-ueber-wasser/275338>
9. Abelson, D., Allen, L., Cohen, M.J., & Miller, B. (n.d.). Fossil Fuels and Water Quality. https://worldwater.org/wp-content/uploads/2013/07/chapter_4_fossil_fuel_and_water_quality.pdf
10. Global Water Storage. (n.d.). Featuring Germany and Europe. <https://www.globalwaterstorage.info/en/media/featuring-germany-and-europe>
11. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). (n.d.). Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/Merkblaetter/merkblatt-klimawandelfolgen-in-deutschland-zusammenfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=14
12. Bundestag. (n.d.). Meldung der Bundesregierung. <https://www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-1007974>
13. Bayrisches Landesamt für Umwelt. (n.d.). Neue Studie zeigt volkswirtschaftliche Folgekosten Klimakrise. https://www.umweltpakt.bayern.de/energie_klima/aktuelles/3707/neue-studie-zeigt-volkswirtschaftliche-folgekosten-klimakrise
14. UBA. (2019). [Unvollständige Quellenangabe im Original]
15. Umweltbundesamt (UBA). (n.d.). Wasserbezug des Verarbeitenden Gewerbes. <https://www.umweltbundesamt.de/monitoring-zur-das/handlungsfelder/industrie-und-gewerbe/ig-r-3/indikator>
16. Tvedt, T. (n.d.). Water and society, changing perceptions of societal and historical developments.
17. Umweltbundesamt (UBA). (2023). Monitoringbericht 2023. <https://www.umweltbundesamt.de/monitoring-zur-das/einfuehrung#anpassungsprozess-an-den-klimawandel-in-deutschland>
18. Umweltbundesamt (UBA). (n.d.). Wasserressourcen und ihre Nutzung. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserressourcen-ihre-nutzung#die-wassernutzer>
19. Umweltbundesamt (UBA). (n.d.). Öffentliche Wasserversorgung. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserwirtschaft/oeffentliche-wasserversorgung#grundwasser-ist-wichtigste-trinkwasserressource>
20. DESTATIS. (n.d.). Wasserwirtschaft. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/_inhalt.html

21. DESTATIS. (2024). Pressemitteilung.
https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/11/PD24_430_32311.html
22. Umweltbundesamt (UBA). (n.d.). Nutzungen und Belastungen.
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/fluesse/nutzung-belastungen#welche-belastungen-gibt-es>
23. Campact. (2024). Wasserverschmutzung: Die 5 größten Probleme in Deutschland.
<https://blog.campact.de/2024/03/wasserverschmutzung-in-deutschland/>
24. Umweltbundesamt (UBA). (2024). Abschlussbericht Auswirkung des Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit – Anpassung an Trockenheit und Dürre in Deutschland (WADKlim).
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/143_2024_text_e_wadklim.pdf
25. Umweltbundesamt (UBA). (n.d.). Grundwasserbeschaffenheit.
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/grundwasserbeschaffenheit#nitrat-im-grundwasser>
26. Umweltbundesamt (UBA). (2022). Die Risiken des Klimawandels für Deutschland.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2022_fachbroschure_die_risiken_des_klimawandels_fur_deutschland_220218.pdf

Zusätzliche Information

GRACE & GRACE-FO (GRAVITY RECOVERY AND CLIMATE EXPERIMENT FOLLOW-ON): Forschungssatelliten mit einer Auflösung bis auf 300x300km, bis auf 100x100 sind genaue Aussagen möglich. Auf GRACE-Daten wird sehr oft Bezug genommen.

WEITERE STUDIE (nicht in der Quellenliste zitiert): GRAiCE: reconstructing terrestrial water storage anomalies with recurrent neural networks. (2025) 12:146. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-04403-3>