

Grundwasserstress in Deutschland

Überblicksstudie: Struktureller und akuter Grundwasserstress durch öffentliche und nichtöffentliche Entnahmen auf Ebene der Landkreise



Grundwasserstress in Deutschland

Überblicksstudie: Struktureller und akuter Grundwasserstress durch öffentliche und nichtöffentliche Entnahmen auf Ebene der Landkreise

Erarbeitet für den BUND - Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
vertreten durch Moritz Böttcher, Sascha Maier, Ulrike Kallee

erarbeitet vom Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH
(gemeinnützig)

Autoren:

Dr. Robert Lütkeemeier

David Kuhn, M.Sc.

Unter Mitarbeit von:

Linda Söller, M.Sc.

Die Studie wurde vom BUND beauftragt und muss nicht in allen Punkten die Position des BUND e.V. wiedergeben. Sie ist als Diskussionspapier für eine gesellschaftliche Debatte gedacht.

Frankfurt am Main

27. Mai 2025



Diese Version stellt eine überarbeitete Fassung des Berichts vom 22.07.2025 dar. In der vorliegenden Version wurden inhaltliche und formale Fehler im Vorwort sowie im Kapitel 6.b. korrigiert.

Inhalt

Vorwort	4
1. Zusammenfassung	5
2. Veranlassung & Zielsetzung	6
3. Stand der Forschung	8
a. Grundwasserneubildung	8
b. Grundwasserstress	10
4. Methodik & Daten	14
a. Konzeptionelle Überlegungen	14
b. Verwendete Datengrundlage	15
c. Berechnung & Identifizierung	16
5. Grundwasserentnahmen	18
a. Öffentliche Wasserversorgung	18
b. Nichtöffentliche Versorgung	19
c. Sektorale Grundwassernutzung	20
d. Landwirtschaftliche Beregnung	21
6. Grundwasserstress in Deutschland	23
a. Regionale Hot-Spots	23
b. Mögliche Ursachen	25
7. Diskussion	28
8. Handlungsempfehlungen	30
9. Referenzen	32

Vorwort

Wasser ist in Deutschland ohne Ende vorhanden. Mit diesem Bild sind die allermeisten von uns aufgewachsen. Grundwasser unerschöpflich? Leider nein. Deutschland verliert Wasser. Weltweit zählt es zu den Regionen mit den höchsten Verlusten. Im Zuge der Erderhitzung ist das höchst problematisch. Mehr als zwei Drittel des Trinkwassers werden aus dieser Ressource gewonnen. Grundwasser versorgt Pflanzen und Böden, speist Bäche und Flüsse. Auch in unserer Ernährung, dem Transport von Gütern oder der Kühlung von Industrieanlagen sind wir abhängig von Grundwasser.

Im Januar hat der BUND zusammen mit der Heinrich-Böll-Stiftung den Wasseratlas 2025 veröffentlicht. In Fakten, Grafiken und Analysen zeigen wir, wie es um die Ressource Wasser steht. Das traurige Ergebnis: Der Wasserkreislauf der Erde gerät durch Übernutzung und Verschmutzung sowie durch die Zerstörung intakter Landschaften immer mehr aus dem Gleichgewicht. Auch in Deutschland lassen Dürreperioden in vielen Gegenden die Grundwasserstände sinken, während wir in bestimmten Regionen das Grundwasser übernutzen.

Wassermanagement und -politik sind nicht gut vorbereitet: Es fehlen Daten, wer wie Grundwasser nutzt. Dabei nehmen die Konflikte um die Wassernutzung zu, auch vor Gericht. Mit unserer Studie wollen wir Transparenz schaffen. Mit dem Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) haben wir einen kompetenten Partner gefunden, der seit 2007 Wasserbedarfsanalysen erstellt.

In unserem Auftrag hat das ISOE Daten zu Grundwasserständen und Grundwassernutzung durch öffentlichen Trinkwasserversorgung, Landwirtschaft, Energie, Gewerbe und Industrie untersucht und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Unsere Analyse zeigt: Grundwasserstress ist kein regionales Randproblem mehr, jeder zweite Landkreis ist betroffen. Klar ist: Deutschland kommt nicht umhin seinen Verbrauch zu drosseln. Die Politik ist dringend gefragt, vorsorgend zu handeln und unsere Lebensgrundlage Wasserressourcen zu schützen. Es gilt Nutzungen zu priorisieren – damit die Versorgung und Schutz von Mensch und Natur dauerhaft gesichert sind. Wenn Versorgungsunternehmen und Kommunen den Hahn zudrehen müssen, ist nur noch wenig Handlungsspielraum. Dass mancherorts (Groß-) Nutzungen vom Entnahme-Entgelt befreit sind, muss sich ändern. Einen sorglosen und unbedachten Umgang mit Wasser können wir uns nicht leisten.

Die gute Nachricht: Es gibt Hebel, die Wasservorräte zu stärken: Humusreiche Böden, naturnahe Wälder und Gewässer, strukturreiche Auen, nasse Moore und sogenannte Schwammstädte helfen, dass Böden die Niederschläge wieder besser halten. Das hilft der Natur und schützt uns Menschen. Als BUND sind wir hier an vielen Stellen aktiv. Auch politisch werden wir nicht lockerlassen und uns weiter für den Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlage einsetzen.

Ihre Verena Graichen

BUND-Bundesgeschäftsführerin Politik

1. Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersucht den strukturellen und akuten Grundwasserstress in Landkreisen und kreisfreien Städten Deutschlands, verursacht durch öffentliche und nichtöffentliche Grundwasserentnahmen. Erarbeitet vom Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) im Auftrag des BUND, beleuchtet sie die räumlichen Muster des Grundwasserstress und erörtert mögliche regionale Ursachen.

Deutschland, traditionell als wasserreiches Land angesehen, sieht sich zunehmend mit Problemen der Wasserverfügbarkeit konfrontiert. Neben qualitativen Beeinträchtigungen durch Nitrat, per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) sowie Pflanzenschutz- und Arzneimittel, stellt die quantitative Verfügbarkeit von Wasser in bestimmten Regionen und zu bestimmten Zeiten eine Herausforderung dar. Diese Entwicklungen führten bereits zu negativen Konsequenzen für die öffentliche und nichtöffentliche Wasserversorgung, für Ökosysteme und Gewässer.

Ziel der Überblicksstudie ist es, regionalen Grundwasserstress in Deutschland zu identifizieren. Dabei wird zwischen strukturellem und akutem Grundwasserstress unterschieden. Struktureller Grundwasserstress wird angenommen, wenn die Grundwasserentnahmen 20 % der langjährigen Grundwasserneubildung übersteigen. Akuter Grundwasserstress wird durch rezente, signifikante Absenkungen der Grundwasserstände identifiziert. Die Analysen basieren auf Modellierungsdaten zur Grundwasserneubildung, Beobachtungsdaten zur Grundwasserentnahme sowie Grundwasserständen.

Die Ergebnisse zeigen, dass in vielen Regionen Deutschlands die Grundwasserentnahmen die Schwelle von 20 % der Grundwasserneubildung übersteigen. Auch zeigen viele Landkreise in den vergangenen Jahren sinkende Grundwasserstände. Besonders betroffen sind Regionen in Ostdeutschland, Norddeutschland, entlang des Oberrheins sowie Teile Südwestdeutschlands. Die Studie identifiziert 201 von 401 Landkreisen und kreisfreien Städten als potentiell von strukturellem und/oder akutem Grundwasserstress betroffen. Die möglichen Ursachen dafür sind vielfältig und umfassen sowohl öffentliche als auch nichtöffentliche Grundwasserentnahmen sowie beobachtete klimatische Veränderungen. Die Studie zeigt, dass in den meisten strukturell oder akut gestressten Regionen die öffentlichen Grundwasserentnahmen überwiegen. Dennoch spielen auch nichtöffentliche Grundwasserentnahmen, insbesondere im verarbeitenden Gewerbe, im Bergbau und in der Landwirtschaft eine bedeutende Rolle.

Auf Basis der Erkenntnisse werden verschiedene Handlungsempfehlungen formuliert. Neben der Verbesserung der Datenverfügbarkeit sollten in der Analyse von Stresssituationen überregionale Effekte stärker berücksichtigt werden. Zur Linderung von Grundwasserstress wird eine Priorisierung von Nutzungen empfohlen, gepaart mit der Förderung alternativer Wasserressourcen, weiterer Maßnahmen zum Wasserrückhalt sowie die Einführung und Anpassung von Grundwasserentnahmeentgelten. Die Ergebnisse weisen außerdem auf ein mögliches Konfliktpotential zwischen unterschiedlichen Nutzungen hin, insbesondere vor dem Hintergrund sich intensivierender Auswirkungen des Klimawandels.

2. Veranlassung & Zielsetzung

„Deutschland ist ein wasserreiches Land und kann Mensch und Natur mit qualitativ hochwertigem Wasser versorgen“. Über Jahrzehnte war dies eine weit geteilte Überzeugung in Wasserwirtschaft, Politik und Bevölkerung. Diese Überzeugung wurde in den letzten Jahren durch klimatische, demographische und ökonomische Ereignisse und Trends zunehmend in Frage gestellt (Libbe et al., 2017). In vielen Einzugsgebieten wird ein qualitativ guter Zustand nach Definition der EU-Wasserrahmenrichtlinie verfehlt. Neben Nitrat, Pflanzenschutz- und Arzneimittelinträgen bereiten die sogenannte Ewigkeitschemikalien (per- und polyfluorierte Alkylverbindungen, kurz PFAS) zunehmend Sorgen. Aber auch die Wassermenge ist in bestimmten Regionen zu bestimmten Zeiten häufig nicht mehr ausreichend, um alle gesellschaftlichen und ökologischen Bedürfnisse zu decken (Heinrich-Böll-Stiftung & BUND, 2025). Auch das Frühjahr 2025 zeichnete sich durch überdurchschnittlich hohe Temperaturen und wenig Niederschlag aus. Die Konsequenzen sind vielfältig. Niedrigstände von Oberflächengewässern wie dem Rhein führten zur Einschränkung der Schifffbarkeit (Becker 2025). Großflächiges Waldsterben wird auch auf Trockenheit und damit einhergehende sinkende Grundwasserstände zurückgeführt (SWR, 2025). Ernteauffälle durch fehlenden Niederschlag werden zunehmend zur Regel (BZL, 2025). Temporärem Wassermangel in bestimmten Regionen stehen Starkniederschläge und Überflutungen gegenüber, wie zuletzt in Südostdeutschland, Polen, Tschechien und Österreich (GFZ, 2024). Zusätzlich zu diesen klimatischen Entwicklungen, erhöhen auch verändertes Nutzungsverhalten und ökonomische Transformationen den

Druck auf die Wasserressourcen in Deutschland (Lüdtke et al. 2021). So zeigt eine Studie aus 2022, dass die Coronapandemie u. a. durch Home-Office Regelungen zu einer signifikanten Verlagerung des Wasserverbrauchs geführt hat (Lüdtke et al. 2021). Heiße, trockene Sommertage lassen den Wasserbedarf von Privathaushalten, Kühlungs- und Bewässerungsanlagen sprunghaft ansteigen (BDEW 2024). So wurden im Hitzesommer 2023 von über 80 Landkreisen Allgemeinverfügungen oder Rechtsverordnungen erlassen, um die Entnahme aus Gewässern zu reduzieren (Ruge et al. 2025). Außerdem kann die Ansiedelung von wasserintensiven Rechenzentren, Batterie- und Halbleiterfabriken den gegenwärtigen Wasserbedarf in bestimmten Regionen langfristig erhöhen (Hofer 2023). Wenn aber die Ressourcennutzung das natürliche Wasserdargebot übersteigt, kommt es zu Wasserstress und in Folge dessen zu negativen Auswirkungen für Mensch und Natur (Luetkemeier und Awad, 2025).

Angesichts dieser Entwicklungen beschäftigen sich Behörden, Wissenschaft und Wasserwirtschaft zunehmend mit dem mengenmäßigen Zustand von Deutschlands Wasserressourcen. Im Vergleich zu Oberflächengewässern wie Flüssen, Seen und Talsperren ist die Beurteilung des Zustandes von Grundwasserkörpern komplex. Einerseits ist weitgehend bekannt, dass die deutsche Trinkwasserversorgung in hohem Maße auf Grundwasser baut, bestimmte Ökosysteme wie Auenwälder von Grundwasser abhängen und Oberflächengewässer häufig durch Grundwasser gespeist werden (Luetkemeier et al., 2022). Andererseits ist Grundwasser üblicherweise für das menschliche Auge nicht sichtbar und

durch komplexe hydrogeologische Strukturen werden qualitative oder mengenmäßige Beeinträchtigungen teilweise erst Monate oder Jahre später sichtbar. Dementsprechend ist eine deutschlandweite Darstellung des Zustands von regionalen Grundwasservorkommen herausfordernd. Zwar wird im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie unter anderem der mengenmäßige Zustand von Grundwasserkörpern erfasst, doch das darin gezeichnete Bild, dass 95 % der Grundwasserkörper in Deutschland in einem guten Zustand sind (BMUV/UBA 2021), wird durch rezente Beobachtungen von Grundwasserständen und Veränderungen in Ökosystemen nicht bestätigt (CORRECTIV 2021). Darüber hinaus wird die Ursachenfindung für regionalen Grundwasserstress durch überregionale Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge erschwert.

Basierend auf bestehenden Untersuchungen zum Grundwasserstress in Deutschland, sowie weiteren Datengrundlagen zur Wasserverfügbarkeit und Wasserentnahmen bemisst diese Studie den regionalen Grundwasserstress auf Landkreisebene in Deutschland. Die Analyse ermöglicht die Differenzierung langfristiger und kurzfristiger Entwicklungen sowie mögliche Ursachen. Dabei werden statistische Daten zur Unterscheidung von Grundwasserentnahmen für die öffentliche und nicht-öffentliche Wasserversorgung herangezogen, um Grundwasserstress und mögliche Ursachen regional aufzuschlüsseln.

3. Stand der Forschung

Mit Blick auf den aktuellen Stand des Wissens wird im Folgenden zunächst die Grundwasserneubildung in Deutschland betrachtet, um im Nachgang auf die gängigen Stressdefinitionen einzugehen.

a. Grundwasserneubildung

Grundwasser spielt in Deutschland sowohl in der öffentlichen, als auch in der nichtöffentlichen Wasserversorgung eine zentrale Rolle. Die Grundwasserneubildung ist daher von besonderem Interesse (Abbildung 1). Grundwasserneubildung kann mit numerischen Modellen aus Niederschlag, Abfluss und Verdunstung bilanziert werden und ist abhängig von

Landnutzung, Vegetation, Bodenverhältnissen, Relief und Temperatur (Ertl et al. 2022). Für den aktuellen hydroklimatischen Referenzzeitraum 1991-2020 liegen neueste Berechnungen aus dem vom Umweltbundesamt (UBA) geförderten Forschungsprojekt WADKlim vor („Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit“, Stein et al. 2024). Die darin vom Forschungszentrum Jülich mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA auf einem 100 x 100 m Raster durchgeführten Berechnungen zeigen, dass die Grundwasserneubildung in Deutschland regional stark variiert (Abbildung 1, Herrmann 2025).

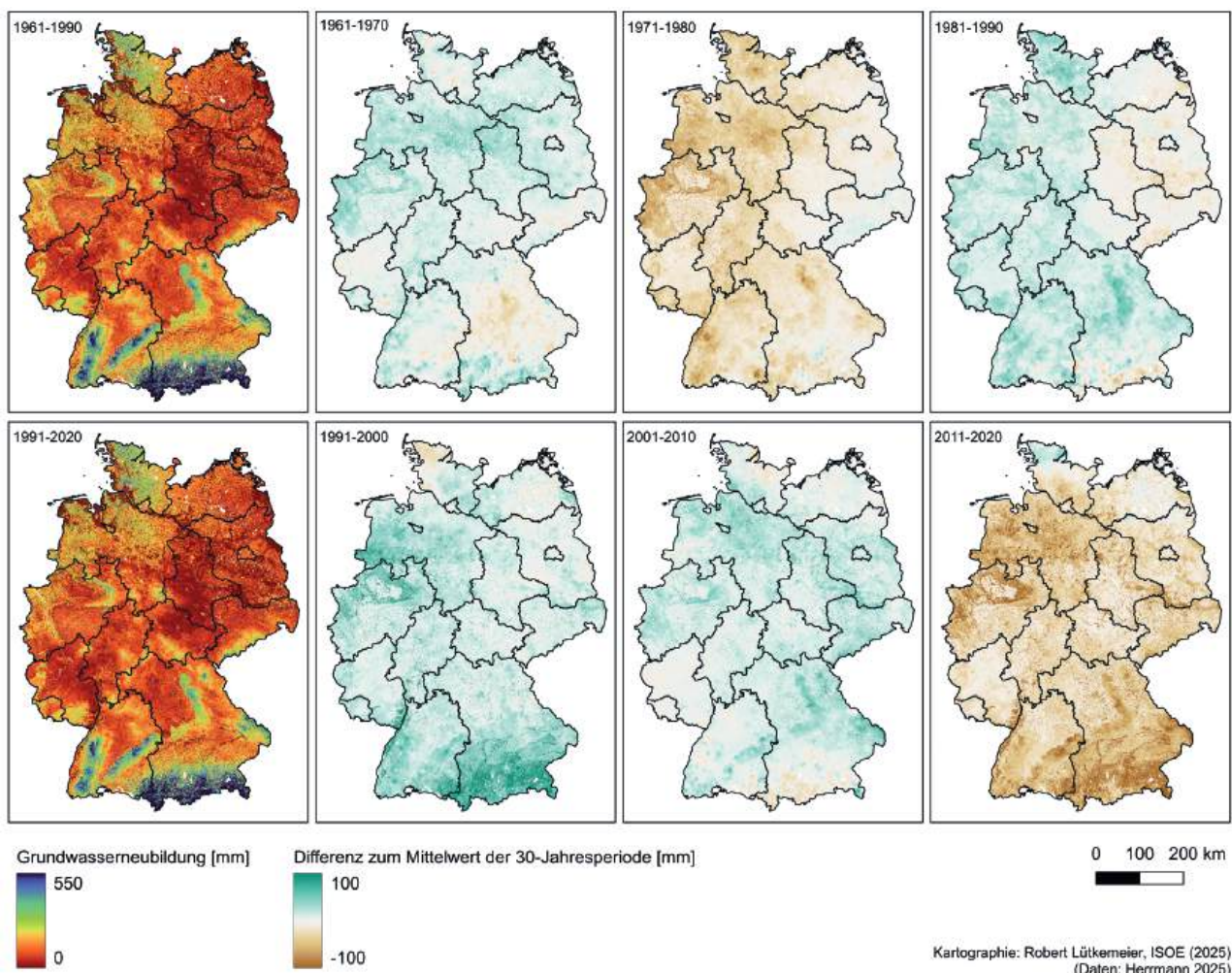


Abbildung 1: Grundwasserneubildung für die hydroklimatischen Referenzzeiträume 1961-1990 (oben) und 1991-2020 (unten) für Deutschland mit Auflösung von 100 x 100 m auf Basis der Berechnungen des Forschungszentrums Jülich. Die Abbildungen in Reihen zeigen die dekadischen Abweichungen zum jeweiligen Referenzzeitraum (Herrmann 2025).

Die Mittelgebirge zeichnen sich darin insbesondere aufgrund ihrer hydrogeologischen Bedingungen in Form von Kluftaquiferen mit vergleichsweise geringen Neubildungsraten von unter 100 mm pro Jahr aus. Ähnlich zeigen sich die Bedingungen im Osten Deutschlands, hier allerdings vor allem aufgrund der klimatischen Verhältnisse in Form geringerer Niederschlagsmengen und hoher Verdunstungsraten. Demgegenüber ist die Grundwasserneubildung in Norddeutschland, am Niederrhein, im Oberrheingraben sowie in der Donauebene und im Voralpenland vergleichsweise hoch und erreicht Höhen von über 500 mm pro Jahr. Hier liegen ergiebige Porenaquifere, die vergleichsweise große und gut zugängliche Speichervolumina darstellen.

Die Grundwasserneubildung ist allerdings von Jahr zu Jahr unterschiedlich. Die dekadischen Abweichungsgrafiken in Abbildung 1 verdeutlichen dies. Während beispielsweise der Zeitraum 1991-2000 vergleichsweise feucht war, zeigen sich in der zurückliegenden Dekade 2011-2020 unterdurchschnittliche Neubildungsraten in nahezu allen Regionen Deutschlands.

Im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung unter dem Einfluss des Klimawandels zeigen die Berechnungen aus WAD-Klim, dass die verfügbaren Projektionen kein langfristiges Absinken der Grundwasserneubildung in Deutschland andeuten, sondern temporäre Grundwasserdürren stärker ausgeprägt sein könnten (Stein et al. 2024).

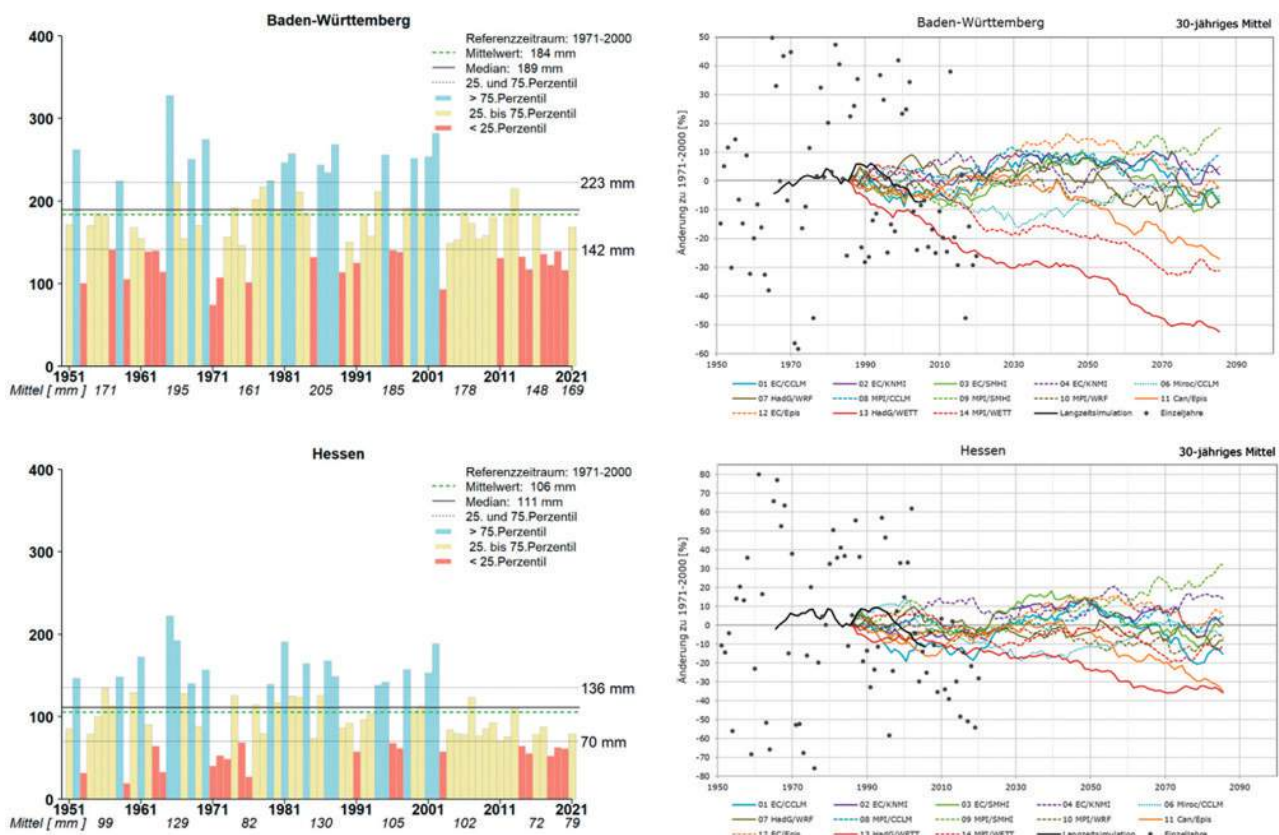


Abbildung 2: Grundwasserneubildung in den Bundesländern Baden-Württemberg und Hessen für den Zeitraum 1951-2021 (links) und Projektionen für die Zukunft (rechts) auf Basis eines Referenzensembles der KLIWA-Initiative (KLIWA 2025a & b).

Dementsprechend sind zeitlich und räumlich begrenzte Reduktionen der Grundwasserneubildung zu erwarten. Für die Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz stehen durch die Arbeiten im Rahmen der Initiative „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ (KLIWA) konkrete Modellergebnisse zur Verfügung, welche auf Basis von Klimaprojektionen Abschätzungen für die Zukunft vornehmen (Abbildung 2). In den beispielhaft dargestellten Bundesländern zeigen sich in den 1960er, 1980er und 1990er Jahren ausgeprägte Feuchtphasen, während die letzten zwei Dekaden deutlich unterhalb des langjährigen Durchschnitts lagen (KLIWA 2025a, KLIWA 2025b). Die Projektionen der Grundwasserneubildung wurden im Rahmen von KLIWA mit dem Wasserhaushaltsmodell GWN-BW durchgeführt und verschiedene Klimamodelle als Antrieb verwendet. Die Projektionen zeigen für die Zukunft eine große Unsicherheitsspanne mit Simulationen, die einerseits stark sinkende Neubildungsraten projizieren, und andererseits konstante bis leicht steigende Raten errechnen.

Insgesamt decken sich die Erkenntnisse zur vergangenen und zukünftigen Entwicklung der Grundwasserneubildung in Deutschland mit weiteren Studien (Xanke & Liesch 2022, Söller et al. 2024).

b. Grundwasserstress

Grundwasserstress wird im Allgemeinen definiert als ein Zustand, in dem die verfügbaren Grundwasserressourcen übernutzt werden. Die Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) empfiehlt daher im Rahmen der kontinuierlichen Erfassung des mengenmäßigen Zustandes der Grundwasserkörper nach Wasserrahmen-

richtlinie (WRRL) neben einer Trendanalyse der Grundwasserstände auch eine Wasserbilanzierung. Zusätzlich können auch Prüfungen notwendig sein, ob aquatische oder grundwasserabhängige Ökosysteme Schäden aufweisen (Berthold et al. 2011).

Für die Beurteilung, wie viel aus einem konkreten Grundwasserkörper beispielsweise im Rahmen der Wasserversorgung an einer bestimmten Gewinnungsanlage entnommen werden darf, werden wiederum die konkreten Bedingungen vor Ort einbezogen. So gilt das so genannte „nutzbare Grundwasserdargebot“ laut DIN 4049-3 als der Teil des technisch gewinnbaren Grundwasserdargebots, der unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen wie beispielsweise bestimmter Ökosystem- oder Versalzungsabschläge genutzt werden kann (DIN 4049-3). Eine solch detaillierte Betrachtung ist jedoch auf großräumiger Ebene nicht möglich, da die notwendigen Detailinformationen nicht flächendeckend vorliegen.

Insbesondere die oben genannte Wasserbilanzierung, also die Gegenüberstellung von Grundwasserentnahmen und Grundwasserneubildung, wird international häufig zur Bemessung des Grundwasserstress herangezogen. Die LAWA empfiehlt diesbezüglich zu prüfen, ob die Grundwasserentnahmen 10–30 % der Grundwasserneubildung übersteigen (LAWA 2019). Gemeinhin werden bei der Grundwasserneubildung langjährige Mittelwerte gebildet, um klimatische Schwankungen auszugleichen (Söller et al., 2024). Das von der LAWA angegebene Spektrum deckt sich mit weiteren nationalen und internationalen Grenzwerten. Sowohl das Umweltbundesamt, wie auch die European Environment Agency (EEA)

sprechen von Übernutzung oder Stress, wenn Grundwasserentnahmen 20 % der Grundwasserneubildung übersteigen. Die Wasserentnahmen beziehen sich üblicherweise auf jegliche dokumentierten Entnahmen für öffentliche und nichtöffentliche Zwecke aus Grundwasserkörpern.

In den vergangenen Jahren wurden einige wissenschaftlichen Untersuchungen sowie journalistische Recherchen zur Grundwassernutzung, den Grundwasserständen und letztlich zum Grundwasserstress in Deutschland durchgeführt (CORRECTIV 2022, Stein et al. 2024, Söller et al. 2024). Unterschiedliche Grundwasserstressdefinitionen, Datengrundlagen, Berechnungsmethoden und räumliche Auflösungen ergeben jedoch ein diverses Set an Ergebnissen. Tabelle 1 gibt einen kurzen Überblick zu ausgewählten rezenten Studien, die explizit Grundwasserstress für Deutschland betrachtet haben.

Die Studie von Söller et al. (2024) entwickelt dabei das Konzept des Grundwasserstress in Europa weiter, indem Unsicherheiten und Zukunftsprognosen abgebildet werden. Die darin enthaltene Definition von Grundwasserstress als jegliche Änderung des natürlichen Grundwasserabflusses ist hydrogeologisch und ökologisch strikt, da grundwasserabhängige Ökosysteme an ein langfristiges Gleichgewicht der Grundwasserabflüsse angepasst sind. Aufgrund der groben räumlichen Auflösung dieser europaweiten Studie (55 x 55 km am Äquator) lässt sich für Deutschland lediglich ein deutlicher Nord-Süd Gradient erkennen, bei dem der Süden Deutschlands vor allem in der Zukunft von größerem Stress betroffen sein könnte (Söller et al. 2024).

Konkreter für Deutschland hat sich das Projekt WADKlim mit der Grundwasserneubildung und den Grundwasserentnahmen beschäftigt.

Tabelle 1: Übersicht ausgewählter Studien zur Bemessung des Grundwasserstress in Deutschland.

	Söller et al. (2024)	Stein et al. (2024)	CORRECTIV (2022)
Titel	Groundwater stress in Europe – assessing uncertainties in future groundwater discharge alterations due to water abstractions and climate change	Auswirkung des Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit - Anpassung an Trockenheit und Dürre in Deutschland (WADKlim)	Grundwasseratlas: Wo in Deutschland das Grundwasser sinkt
Erschienen	2024	2024	2022
Autor*innen	Söller, Linda; Luetkemeier, Robert; Müller Schmied, Hannes; Döll, Petra	Ruhr-Universität Bochum; Ecologic Institut; Forschungszentrum Jülich im Auftrag des UBA	Joeres, Annika; Steeger, Gesa; Huth, Katarina; Donheiser, Max; Wörpel, Simon
Datengrundlage	Modellensemble aus verschiedenen Klima- und hydrologischen Modellen (ISIMIP2b, Gosling et al., 2023)	mGROVA Bodenwasserhaushaltsmodell, statistische Daten der Länder	6.677 Grundwassermessstellen in 13 Bundesländern
Räumliche Auflösung	0,5° Zellen (55 km x 55 km am Äquator)	NUTS-3 (Landkreis)	NUTS-3 (Landkreis)
Definition Grundwasserstress	Jegliche Änderung des natürlichen Grundwasserabflusses in Oberflächengewässer	Grundwasserentnahme > 20 % der Grundwasserneubildung	Messstellen mit Tiefstwerten

Das Projektteam hat, auf Basis einer landesweiten Modellierung der Grundwasserneubildung mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA, die regionale Grundwasserverfügbarkeit den Grundwasserentnahmen gegenübergestellt. Sie definieren darin den so genannten „Grundwassergewinnungsindex“ (GWGI), den sie auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte¹ in Deutschland berechnen. Sobald die Grundwasserentnahmen 20 % des erneuerbaren Grundwasserdargebots überschreiten, wird in der Studie von Wasserknappheit gesprochen (Stein et al., 2024). Damit folgen Sie der oben genannten Definition von Wasserstress bzw. Wasserknappheit, welche explizit die 20 % Schwelle adressiert. Diese wird in der internationalen Forschungslandschaft geteilt und von deutschen Behörden praktiziert. Das Projektteam von WADKlim identifiziert mit ihrer Analyse insbesondere Regionen in West- und Norddeutschland, die unter Wasserstress leiden.

Ein genauerer Blick in die wissenschaftliche Literatur zeigt, dass die Schwelle von 20 % häufig als international anerkannt beschrieben wird. Meistens wird dieser Wert jedoch nicht weiter ausgeführt und belegt. Teilweise gibt es einen Verweis auf die Studien von Alcamo et al. (2000) oder Raskin et al. (1997), wobei erstere selbst auf letztere verweisen. Die Studie von Raskin et al. (1997) entstand durch Forscher des Stockholm Environment Institute im Rahmen eines großangelegten Prozesses der Vereinten Nationen und anderer internationaler Organisationen. Die Autoren beziehen sich bei dem Wert von 20 % wiederum auf Falkenmark and Lindh

(1976), Szasz (1970), Kulshrestha (1993) und Strzepek et al. (1996), welche gezeigt haben sollen, dass eine Wassernutzung von über 20 % der verfügbaren Wasserressourcen ein Risiko für die wirtschaftliche Entwicklung eines Landes darstellt. Hierbei wurde nicht explizit zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser unterschieden. Seitdem hat sich die Definition von Wasserstress als Entnahme von über 20 % der Neubildung durchgesetzt, ohne eine breitere empirische Validierung mit unterschiedlichen Gewässertypen, Entnahmekategorien oder Ökosystemleistungen zu erfahren.

Wie oben bereits angemerkt, wird Grundwasserstress nicht allein über die Wasserbilanzierung definiert, sondern auch über die Veränderung von Grundwasserständen. Die Redaktion CORRECTIV führte 2022 erstmals eine Vielzahl der Grundwassermessstellen zusammen, die bis dato lediglich in Web-Portalen der Landesämter zur Verfügung standen (CORRECTIV 2022). Sie analysierten den neu entstandenen Datensatz und identifizierten Messstellen und auch Landkreise, die signifikant sinkende Grundwasserstände seit 1990 aufweisen. Der Vorteil dieser Methode ist, dass sie nicht auf bis zu einem gewissen Grad unsicheren Modellen zur Grundwasserneubildung und Statistiken zur Wasserentnahme basiert, sondern auf tatsächlichen Messungen zurückgreift. Da jedoch Grundwasserkörper komplexe Formationen bilden, ist auch die Punktmessung mit Unsicherheiten behaftet. Zudem kann nicht nachvollzogen werden, ob veränderte Grundwasserstände auf veränderter Neubildung oder

¹ Der Term Landkreis wird im Folgenden verwendet, um sowohl Landkreise, als auch kreisfreie Städte zu bezeichnen

veränderte Grundwasserentnahmen zurückzuführen sind. Im Zuge der CORRECTIV-Recherchen hat auch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ein neues Web-Portal erzeugt, das „Bundesweite Grundwasserstände und Vorhersagen“ (GRUVO) anbietet. Darin sind kurzfristige Vorhersagen des Grundwasserstandes je Messstelle abrufbar; eine Nutzung der historischen Zeitreihen ist über dieses Portal jedoch nicht ohne weiteres möglich.

Die Literaturrecherche zeigt, dass es keine empirisch basierte Definition von Grundwasserstress gibt und die Studiendementsprechend zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Hier setzt die vorliegende Studie an und verknüpft bestehende Vorgehensweisen zu einem komplementären Indikator für regionalen Grundwasserstress in Deutschland.

4. Methodik & Daten

In den folgenden Kapiteln werden auf Basis des aktuellen Standes der Forschung konzeptionelle Überlegungen zur Bemessung des Grundwasserstresses vorgestellt sowie die verwendete Datengrundlage zur Identifizierung gestresster Regionen in Deutschland präsentiert.

a. Konzeptionelle Überlegungen

Auf Basis der bestehenden Studienlage zu Grundwasserstress in Deutschland sowie der wissenschaftlichen Literatur zur Bemessung von Wasserknappheit und Grundwasserstress erfolgt die Identifizierung von grundwassergestressten Regionen in Deutschland auf zwei Ebenen. Zum einen werden langjährige Modelldaten zur Grundwasserneubildung und Statistiken zur Grundwasserentnahme herangezogen, um den so genannten **strukturellen Grundwasserstress** zu erfassen. Dabei gilt ein Landkreis in Deutschland als grundwassergestresst, wenn die Grundwasserentnahmen 20 % der gesamten Grundwasserneubildung im Landkreis übersteigen. Zwar wird in einigen Regionen nicht nur oberflächennahes Grundwasser gefördert, sondern auch aus tieferen Grundwasserstockwerken, die nicht

unmittelbar an die klimatischen Verhältnisse angebunden sind, doch aufgrund fehlender Informationen zu Entnahmetiefen wird näherungsweise angenommen, dass die Daten zur Grundwasserneubildung als Indikator der Wasserverfügbarkeit genutzt werden können. Diese Bilanzierung zeigt, in welchen Regionen Deutschlands die Wasserentnahme strukturell, also langfristig, das natürliche Dargebot übersteigen könnte.

Da hier lediglich langjährige Mittelwerte zum Einsatz kommen, sind rezente Entwicklungen im Grundwasserstress möglicherweise unsichtbar. Daher wird ein weiterer Indikator hinzugezogen, der sich auf die Entwicklung der Grundwasserstände in Deutschland stützt. Und zwar kann mittels Trendanalyse festgestellt werden, in welchen Regionen Deutschlands signifikante Absenkungen der Grundwasserstände zu beobachten sind. Dieser so genannte **akute Grundwasserstress** nutzt Beobachtungsdaten zur Identifizierung von grundwassergestressten Landkreisen und ergänzt damit die modellgestützte Auswertung des strukturellen Grundwasserstresses mit Beobachtungsdaten der rezenten Vergangenheit.



Abbildung 3: Schematische Darstellung, auf welche Komponenten sich die Identifizierung grundwassergestresster Landkreise und kreisfreien Städte stützt.

Beide Blickwinkel – sowohl aus Sicht einer modellgestützten Perspektive auf langjährige Mittelwerte, als auch die beobachtungsgestützte Einschätzung rezenter Änderungen in den Grundwasserständen ermöglichen eine Identifizierung grundwassergestresster Regionen. Abbildung 3 zeigt eine Zusammenfassung der Komponenten, auf welche sich die Identifizierung stützt. Darin wird herausgearbeitet, dass die Grundwasserentnahmen zusätzlich untergliedert werden in den Teil der öffentlichen und der nichtöffentlichen Wasserversorgung, also der Nutzung von Grundwasser für privatwirtschaftliche Zwecke. Auswertungsdimensionen mit Blick auf die öffentliche Grundwassernutzung sind vor allem die Verwendung des geförderten Grundwassers für lokale Versorgungszwecke oder für den Betrieb von Fernwasserversorgungssystemen. Mit Blick auf den nichtöffentlichen Sektor erfolgt eine Aufschlüsselung nach den Sektoren des verarbeitenden Gewerbes sowie der Landwirtschaft.

b. Verwendete Datengrundlage

Der strukturelle Grundwasserstress auf Ebene der Landkreise erfordert die Zusammenführung von Informationen zur Grundwasserneubildung und Grundwasserentnahmen seitens der öffentlichen und nichtöffentlichen Versorgung.

Mit Blick auf Entnahmedaten bildet die Datenbank des Statistischen Bundesamtes und der statistischen Landesämter die einzige konsistente Datengrundlage, in der nach standardisierten Methoden Informationen erfasst und aufbereitet werden (DESTATIS 2025). Hier wurden für alle Landkreise die Entnahmemengen für den Zeitraum 1998-2019 bezogen und weiter ausgewertet (Datenerfassung erfolgt lediglich alle 3 Jahre). Es wird darin

zwischen verschiedenen Wasserquellen unterschieden, aus denen die Wassergewinnung erfolgt. Zur Bemessung der Grundwasserentnahme wurden die Kategorien „Grundwasser“ und „Quellwasser“ aufsummiert. Die Kategorien „angereichertes Grundwasser“ und „Uferfiltrat“ wurden hingegen außen vorgelassen, da sie vor allem aus Oberflächengewässern gespeist werden und damit nicht originär als Grundwasser gewertet werden können. Diese Aufschlüsselung ist für alle Landkreise im Hinblick auf das Grundwasservolumen möglich, das für die öffentliche und nichtöffentliche Versorgung verwendet wird.

Für die öffentliche Trinkwasserversorgung wird zusätzlich ein Datensatz herangezogen, der zeigt, welche Fernwasserleitungen in Deutschland existieren. Dieser, auf Basis des Hydrologischen Atlas Deutschlands (BfG 2003) durch Rüttger (2024) erweiterter Datensatz zeigt, in welchen Regionen Wasser entnommen, transportiert und an anderer Stelle konsumiert wird. Hierfür werden zusätzlich Daten der statistischen Landesämter zur lokalen Wasserabgabe herangezogen und abgebildet.

Für die nichtöffentliche Wasserversorgung ist eine weitere Aufschlüsselung der Entnahmedaten schwierig, da konsistente Unterscheidungen nach Teilsektoren nur auf Ebene der Bundesländer möglich sind, nicht aber auf Ebene der Landkreise. Näherungsweise können lediglich die Wasservolumina auf dieser feinen räumlichen Ebene abgebildet werden, die für „Produktions- und sonstige gewerbliche Zwecke“ eingesetzt werden, bei denen anzunehmen ist, dass dafür Grundwasser zum Einsatz kommt. Mit Blick auf die landwirtschaftliche Beregnung ist die Datenlage

seitens der statistischen Landesämter auf feiner räumlicher Auflösung ebenfalls schlecht. Hier wurde ein Sekundärdatensatz von Bernhard & Neuenfeldt (2024) verwendet, die auf Basis von Modellierungsarbeiten den Bewässerungsbedarf in Deutschland regional aufschlüsseln und zudem angeben, welcher Anteil der landwirtschaftlichen Betriebe diesbezüglich auf Grundwasser zurückgreift. Auch diese Informationen können nur näherungsweise herangezogen werden, um die Ursache etwaiger Übernutzungen von Grundwasserressourcen zu bestimmen. Eine unmittelbare Bilanzierung ist daher auf sektoraler Ebene der nichtöffentlichen Wasserversorgung derzeit nicht möglich.

Diesen Grundwasserentnahmevolumina wurden Daten je Landkreis zur Grundwasserneubildung gegenübergestellt. Da die Grundwasserneubildung jedoch nicht lokal zu beobachten ist, sondern lediglich über Punktmessungen erfasst, oder durch Abflussmessungen in Fließgewässern für ein Einzugsgebiet bestimmt werden kann, wurden Modelldaten verwendet. Diesbezüglich wurden die bereits im Kapitel 3 angesprochenen Studien und Datenprodukte herangezogen.

Zum einen wurden die Berechnungen zur Grundwasserneubildung des aktuellen Referenzzeitraums 1991-2020 durch das Projekt WADKlim verwendet (Herrmann 2025). Diese stellen derzeit den aktuellen Kenntnisstand dar und sind durch die dahinterliegende Methodik konsistent für ganz Deutschland verwendbar.

Als weitere Komponente zur Charakterisierung des Grundwasserstress werden dynamische Veränderungen der Grundwasserstände herangezogen. Während die zuvor beschriebenen Daten insbeson-

dere mit Blick auf die Grundwasserneubildung langjährige Mittelwerte heranziehen, können Änderungen des Grundwasserstandes akute Dynamiken in der Grundwasserbewirtschaftung offenbaren. Die durch die Recherche der Redaktion CORRECTIV zusammengetragenen Daten stellen derzeit den einzigen verfügbaren Datensatz für weitere Auswertungen dar (CORRECTIV 2022). Zwar zeigt auch das neue Web-Portal GRUVO die Grundwasserstände in ihrem historischen Verlauf, doch ein Bezug der Daten für weitere Auswertung abseits der Visualisierungen im Web-Portal ist derzeit nicht möglich. Lediglich die Kurzzeitprognosen können in Form maschinenlesbarer Formate verwendet werden.

c. Berechnung & Identifizierung

Der strukturelle Grundwasserstress wird unter Nutzung von Grundwasserneubildung und Grundwasserentnahmen als Quotient gebildet. Dabei erfolgt die Berechnung der Grundwasserentnahme als landkreisspezifischer Mittelwert der verfügbaren Jahre 2004-2019 und einer landkreisspezifischen räumlichen Mittelung der 100 x 100 m Rasterzellen zur Grundwasserneubildung des Referenzzeitraumes 1991-2020. Sobald dieser Quotient die Schwelle von 20 % überschreitet, wird in der vorliegenden Studie von Grundwasserstress ausgegangen.

Der akute Grundwasserstress basiert wie dargestellt auf einer Auswertung der rezenten Entwicklung der Grundwasserstände in den Landkreisen zwischen 2012-2021. Die Analyse auf Basis der CORRECTIV Daten erfolgte mittels einer Signifikanzanalyse, um festzustellen, ob die Anzahl der Tiefststände je Landkreis signifikant über die Zeit zugenommen hat. Dafür wurde der nichtparametrische

Mann-Kendall Test zur Überprüfung auf monotone Trends verwendet. Jene Landkreise und kreisfreien Städte, in denen ein signifikanter Anstieg der Anzahl neuer Tiefststände verzeichnet werden konnte, wird als von akutem Grundwasserstress betroffen bezeichnet.

Durch die Berechnungsvorgänge lassen sich Landkreise und kreisfreie Städte identifizieren, die von Grundwasserstress betroffen sein könnten. Diese Berechnung ermöglicht jedoch lediglich eine Identifizierung, sagt aber noch nichts über die Ursachen etwaiger Übernutzungen aus. Zur Ursachenerforschung wurden schließlich die Anteile der Grundwasserentnahmen für die öffentliche Wasserversorgung (lokal und Fernwasser) sowie eine grobe sektorale Untergliederung der nichtöffentlichen Wasserversorgung (verarbeitendes Gewerbe und Landwirtschaft) aufgeschlüsselt.

Die Auswertung folgt dabei der Annahme, dass jene Sektoren mit den höchsten Grundwasserentnahmen wahrscheinlich auch signifikant zum identifizierten Grundwasserstress beitragen. Wie bereits angemerkt fußt diese Annahme darauf, dass die Grundwasserentnahme lediglich im oberflächennahen Grundwasser erfolgt, wofür die Daten der Grundwasserneubildung als Indikator herangezogen werden. Dies trifft nicht immer zu, ist aber aufgrund des Mangels an Informationen nicht weiter aufzulösen.

5. Grundwasserentnahmen

Die Ergebnisse der Studie werden in den folgenden Kapiteln präsentiert. Zunächst werden die Grundwasserentnahmen der öffentlichen und nichtöffentlichen Wasserversorgung illustriert. Bei letzterem werden insbesondere die landwirtschaftlichen Entnahmen und Wassernutzungen des verarbeitenden Gewerbes unterschieden. Im Anschluss erfolgt die Darlegung des resultierenden Grundwasserstresses sowie die Identifizierung der Landkreise und kreisfreien Städte unter strukturellem und akutem Grundwasserstress.

a. Öffentliche Wasserversorgung

Grundwasser bildet in Deutschland die primäre Wasserquelle für die öffentliche Wasserversorgung. Es werden ca. 71 % des für die Trinkwasserversorgung genutzten Wasservolumens aus Grund- und Quellwasser gewonnen (UBA, 2024). Die restlichen Volumina stammen aus Seen

und Talsperren sowie aus Uferfiltrat und angereichertem Grundwasser sowie in geringem Umfang aus Flusswasser. Die Gründe für die Nutzung von Grundwasser liegen insbesondere (i) im hohen Speichervermögen der Grundwasserkörper, was vor allem auf die großen Porenaquifere Nord- und Süddeutschlands zutrifft, (ii) in der vergleichsweise guten Wasserqualität und (iii) in ihrer weitläufigen räumlichen Verfügbarkeit. Abbildung 4 (links) illustriert das aus dem Grundwasser entnommene Wasservolumen je Landkreis exemplarisch für das Jahr 2019 (aktuellste Daten zum Zeitpunkt der Berichtslegung). Je dunkler das blau, desto mehr Grundwasser wird im jeweiligen Landkreis für die öffentliche Wasserversorgung entnommen. Es wird deutlich, dass insbesondere die Regionen im Norden und Süden, sowie vereinzelt in den Mittelgebirgen die größten Grundwasservolumina entnehmen.

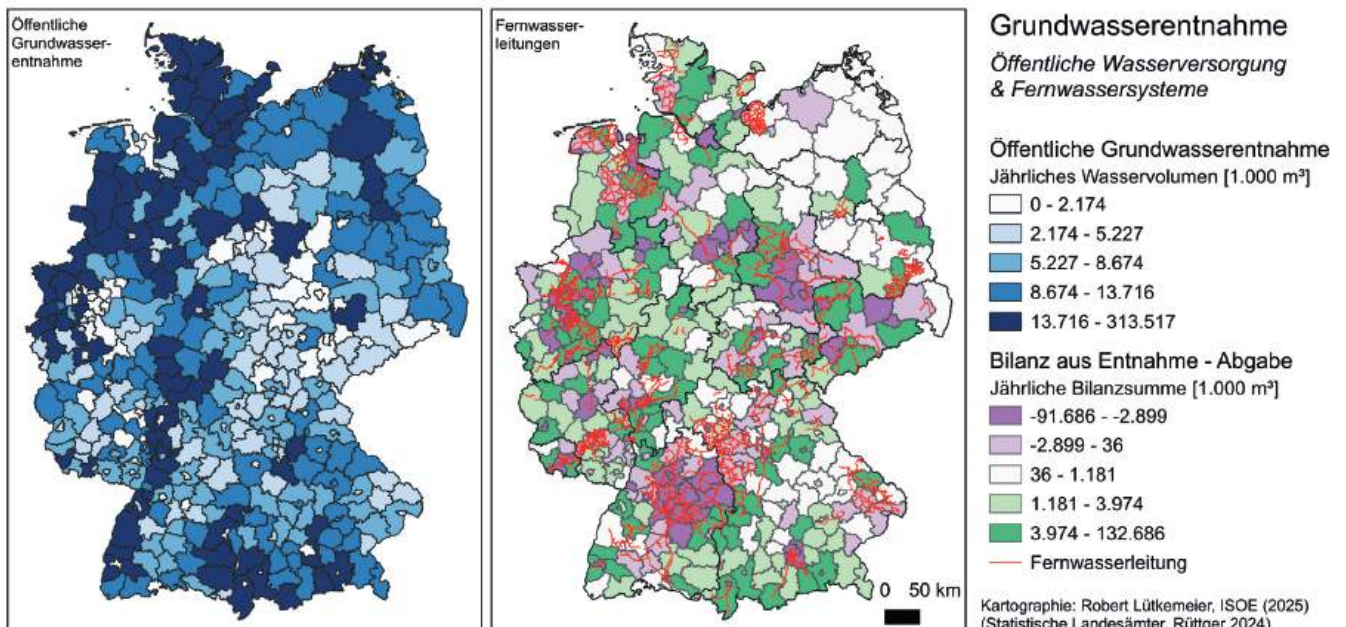


Abbildung 4: Grundwasserentnahmen (Grundwasser und Quellschüttungen) der öffentlichen Wasserversorgung für das Jahr 2019 (links) sowie das Fernwasserversorgungsnetz in Deutschland (rechts) und die durchschnittliche Bilanzsumme aus Gesamtwasserentnahme und Wasserabgabe je Landkreis (Rüttger 2024, DESTATIS 2025).

Jene Regionen mit geringen Entnahmemengen weisen einerseits häufig ungünstige hydrogeologische Voraussetzungen auf, oder haben vergleichsweise geringe Wasserbedarfe aufgrund geringer Bevölkerungsgrößen. Beide Faktoren treffen auf Teile der Mittelgebirge zu.

Die Auswertungen der DESTATIS Daten zeigen jedoch auch, dass die lokalen Grundwasserentnahmen für die Trinkwasserversorgung nicht notwendigerweise lokal gebraucht werden. In Deutschland existiert ein ausgeprägtes Netzwerk an Fernleitungen, sodass Wasser z. T. über mehrere Hundert Kilometer vom Ort der Entnahme zum Kunden transportiert wird. Abbildung 4 (rechts) zeigt die wichtigsten Fernwasserleitungen in Deutschland und deutet an, aus welchen Regionen Wasser heraustransportiert wird. Auf Basis der Bilanzierung aus Wasserentnahme und lokaler Wasserabgabe kann herausgearbeitet werden, dass jene Landkreise mit einer grünlichen Färbung tendenziell Wasser abgeben. Jene Landkreise in Lilatönen

weisen hingegen deutlich höhere Abgabemengen auf, als sie lokal entnehmen. Erkennbar sind dadurch die großen Infrastruktursysteme in Baden-Württemberg vor allem zur Versorgung des Großraumes Stuttgart und umliegender Gemeinden sowie der Netzwerke in Niedersachsen zur Versorgung der Küstenregion. Zwar werden für Fernwassersysteme vor allem Oberflächengewässer genutzt (Talsperren, Uferfiltrat), doch auch Grundwasser kommt als komplementäre Ressource häufig zum Einsatz. In der Literatur zeigt sich zudem, dass Fernwasserversorgungssysteme in ihrer Bedeutung zunehmen, sprich, auch in Deutschland wurden nach und nach immer mehr Versorgungsräume an größere Infrastrukturen angeschlossen (Kuhn et al. 2024).

b. Nichtöffentliche Versorgung

Neben der öffentlichen Wasserversorgung spielen Grundwasserentnahmen der gewerblichen Sektoren in einzelnen Landkreisen eine wichtige Rolle (Abbildung 5).

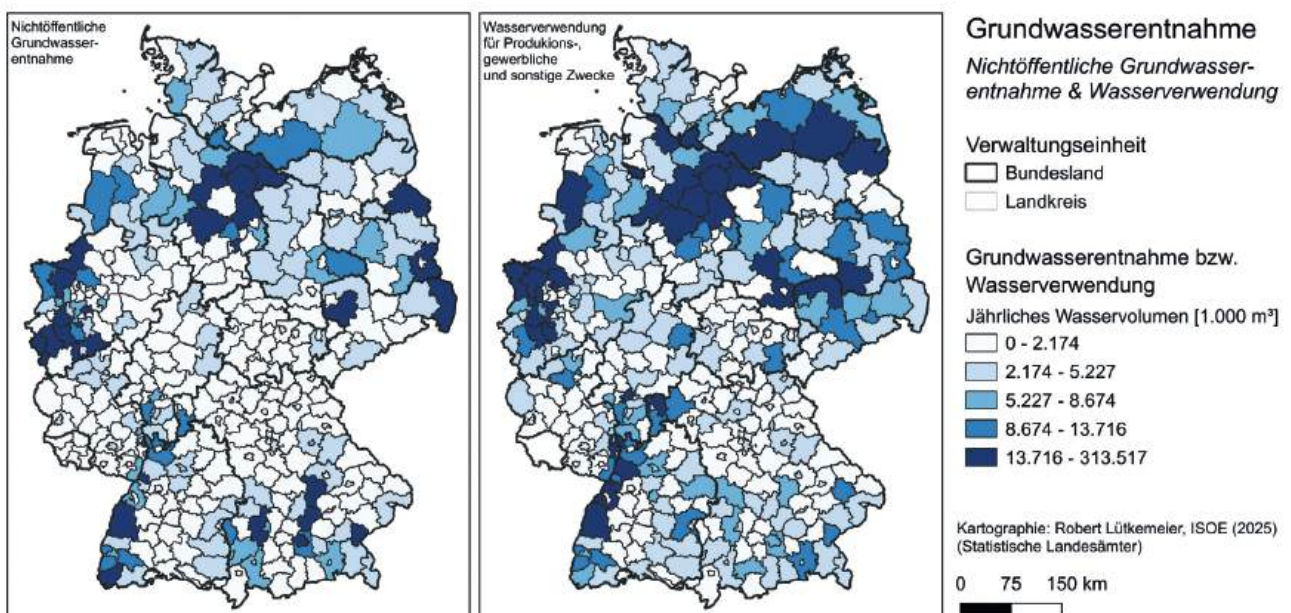


Abbildung 5: Grundwasserentnahmen (Grundwasser & Quellschüttungen) der nichtöffentlichen Wasserversorgung für 2019 (links) und Wasserverwendung für Produktions-, gewerbliche und sonstige Zwecke (rechts) (DESTATIS 2025).

Nichtöffentliche Wasserentnahmen stammen in Deutschland vorrangig aus Oberflächengewässern zum Zweck der Kraftwerkskühlung. Die Daten des Statistischen Bundesamtes zeigen allerdings, dass die Wasserentnahmen dafür in den vergangenen 30 Jahren um ca. 2/3 zurückgegangen sind, was vor allem mit der Stilllegung von Kohle- und Atomkraftwerken erklärt werden kann (UBA 2024). Neben dem Kühlungs Zweck, wird auch im Bergbau, zur Produktion im verarbeitenden Gewerbe sowie für die landwirtschaftliche Beregnung Wasser entnommen. Hierfür kommt neben Oberflächenwasser auch Grundwasser zum Einsatz. Abbildung 5 (links) illustriert das Wasservolumen, das für die nichtöffentliche Wasserversorgung aus Grundwasserkörpern (Grundwasser und Quellwasser) entnommen wird. Die Skalierung ist hier bewusst mit jener aus Abbildung 5 (links) gleichgesetzt, um einen direkten Vergleich der Gesamtvolumina zu erhalten. Je dunkelblauer ein Landkreis, desto mehr Grundwasser wird für die nichtöffentliche Wasserversorgung entnommen. Im direkten Vergleich der Abbildungen 4 und 5 wird deutlich, dass mehr Regionen in Deutschland höhere Grundwasserentnahmen für die öffentliche Wasserversorgung ausweisen als für nichtöffentliche Zwecke. Mit Blick auf letztere stechen vor allem die Tagebauregionen in Ost- und Westdeutschland sowie das weitere Umland von Hannover heraus. Vereinzelt liegen auch in Bayern und Baden-Württemberg erhöhte Grundwasserentnahmen für die nichtöffentliche Wasserversorgung vor. Abbildung 5 (rechts) zeigt, wieviel Wasser in einem Landkreis für „Produktions-, gewerbliche und sonstige Zwecke“ eingesetzt wird. Die Datenlage ermöglicht es

nicht zu differenzieren, ob hierfür Oberflächen- oder Grundwasser verwendet wird, doch im direkten Vergleich der nichtöffentlichen Grundwasserentnahme (links) und des Wassereinsatzes (rechts) zeigen sich ähnliche räumliche Muster. So deutet sich an, dass insbesondere Landkreise entlang des Oberrheingrabens, entlang des Niederrheins sowie im Großraum Hannover sowohl viel Grundwasser entnehmen, als auch einen Wassereinsatz in ähnlicher Höhe für Produktionszwecke aufweisen. Weitere Recherchen sind an dieser Stelle notwendig, um diese Zusammenhänge zu bestätigen.

c. Sektorale Grundwassernutzung

Da die Daten der Grundwassernutzung laut Statistischem Bundesamt für die nichtöffentliche Versorgung lediglich auf nationaler und Landesebene näher aufgeschlüsselt werden, zeigt Abbildung 6 die Volumina summiert für Deutschland aus dem Jahr 2019. Der weitaus größte Teil der Grundwasserentnahmen für den nichtöffentlichen Bereich entfällt auf den Bereich „Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden“, der ca. 45 % des Gesamtvolumens ausmacht. Darin enthalten sind u. a. Aktivitäten zur Senkung des Grundwasserspiegels, um die Gruben und Schächte des Rohstoffabbaus trocken zu halten und damit maschinell zugänglich zu machen. Andererseits können Wasservolumina nötig sein, um beispielsweise im Kali- und Salzabbau Lösungen zu generieren, die nach der Verdunstung an der Erdoberfläche das Mineral zugänglich machen. Räumlich lassen sich diese Aktivitäten vor allem auf die Tagebauregionen in West- und Ostdeutschland, aber auch in verschiedenen Regionen der Mittelgebirge verorten.

Der Sektor des „Verarbeitenden Gewerbes“ ist deutlich heterogener in seiner Unternehmensstruktur als der zuvor genannte Sektor. Die Daten des Statistischen Bundesamtes zeigen, dass vor allem für chemische Erzeugnisse die größten Wasservolumina eingesetzt werden, gefolgt vom Einsatz für Metalle und Metallserzeugnisse, Nahrungsmittel und Getränke sowie Papiererzeugnisse. Darin wird Wasser sowohl für Kühlungs-, als auch Produktions- und Reinigungszwecke eingesetzt. Dem Verarbeitenden Gewerbe folgt schließlich der Sektor „Land- und Forstwirtschaft, Fischerei“. Wie Abbildung 6 zeigt wurden im Jahr 2019 über 300 Mio. m³ Grundwasser verwendet (weitere Ausführungen im Folgekapitel). In der Gesamtschau wird deutlich, dass diese drei Sektoren über 90 % der Gesamtgrundwasserentnahmen in der nichtöffentlichen Wasserversorgung ausmachen. Quellwasser spielt dabei nur eine untergeordnete

Rolle. Leider lassen sich diese Daten nicht bis auf die Ebene der Landkreise aufschlüsseln, sondern lediglich nationale bzw. landesspezifische Kennwerte berechnen. Das stellt für konkretere räumliche Analysen ein Problem dar.

d. Landwirtschaftliche Beregnung

Die Landwirtschaft in Deutschland nutzte bislang nur geringe Wassermengen – in der Summe lag ihr Anteil in den letzten Jahrzehnten nie über 2 % der Gesamtwasserentnahme (UBA 2024). Allerdings zeigen die letzten Trocken- und Dürrejahre einen Zuwachs, insbesondere im Bedarf an Bewässerungswasser für Sonderkulturen. Abbildung 7 (links) zeigt nach Daten des Thünen-Instituts die Verteilung der Wasserentnahmen für die landwirtschaftliche Beregnung in Deutschland (Bernardt & Neuenfeldt 2024).

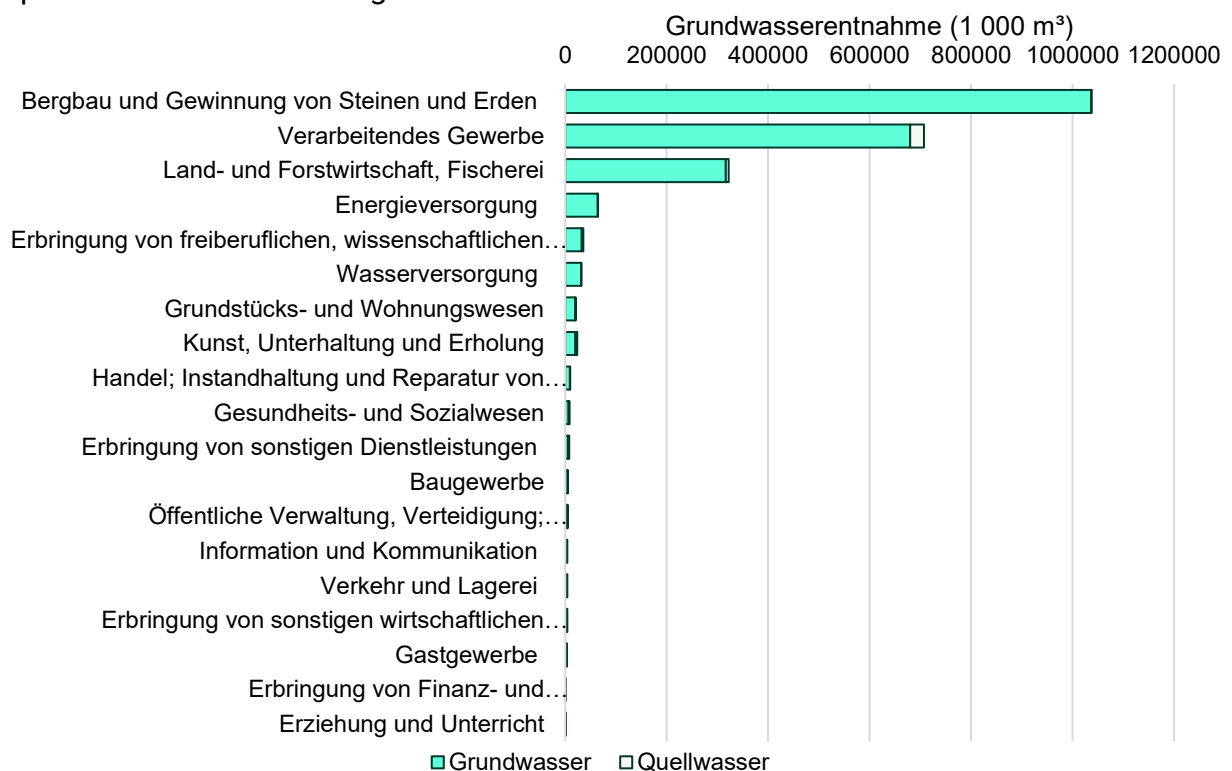


Abbildung 6: Grundwasserentnahmen (Grundwasser & Quellwasser) der nichtöffentlichen Wasserversorgung aufgeteilt nach Wirtschaftssektoren als Summen für Deutschland in 2019 (DESTATIS 2023).

Es wird deutlich, dass insbesondere der Norden Deutschlands mit Niedersachsen, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern die größten Wassermengen für die Landwirtschaft entnehmen. In Teilen treten allerdings auch Regionen in Nordrhein-Westfalen, Südhessen und entlang des Oberrheingraben hervor. Während Getreide in Deutschland nicht in großem Umfang bewässert wird, sind hier vor allem Kulturfrüchte wie Kartoffeln, Zuckerrüben, Gemüse und Obst zu nennen. Die Kartendarstellung Abbildung 7 (rechts) zeigt weiterhin, dass insbesondere im Großraum Hannover, sowie im Westen Nordrhein-Westfalens und in Südhessen ein größerer Teil der landwirtschaftlichen Betriebe auf Grundwasser für die Bewässerung zurückgreift. Insgesamt wurden im Jahr 2022 in Deutschland über 554.000 Hektar landwirtschaftliche Fläche bewässert, während im selben Jahr

ca. 792.000 Hektar technologisch mit Bewässerungsinfrastruktur ausgestattet waren (DESTATIS 2024). Hervorzuheben ist, dass landwirtschaftliche Betriebe stärker in effiziente Bewässerungstechniken investieren, wie der rezente Anstieg des Einsatzes von Tröpfchenbewässerung zeigt (DESTATIS 2024). Neben diesen Entwicklungen liegen Szenarien möglicher zukünftiger Entwicklungen vor. Diese gehen für Deutschland davon aus, dass sich der Beregnungsbedarf in der Landwirtschaft durch steigende Temperaturen und veränderte Niederschlagsmuster deutlich erhöhen könnte. Es ist in diesem Zuge damit zu rechnen, dass insbesondere Grundwasser für die Beregnung genutzt wird, sodass die Landwirtschaft dann in direkte Konkurrenz zu anderen Nutzungen wie der öffentlichen Wasserversorgung treten könnte (Schimmelpfennig et al. 2017).

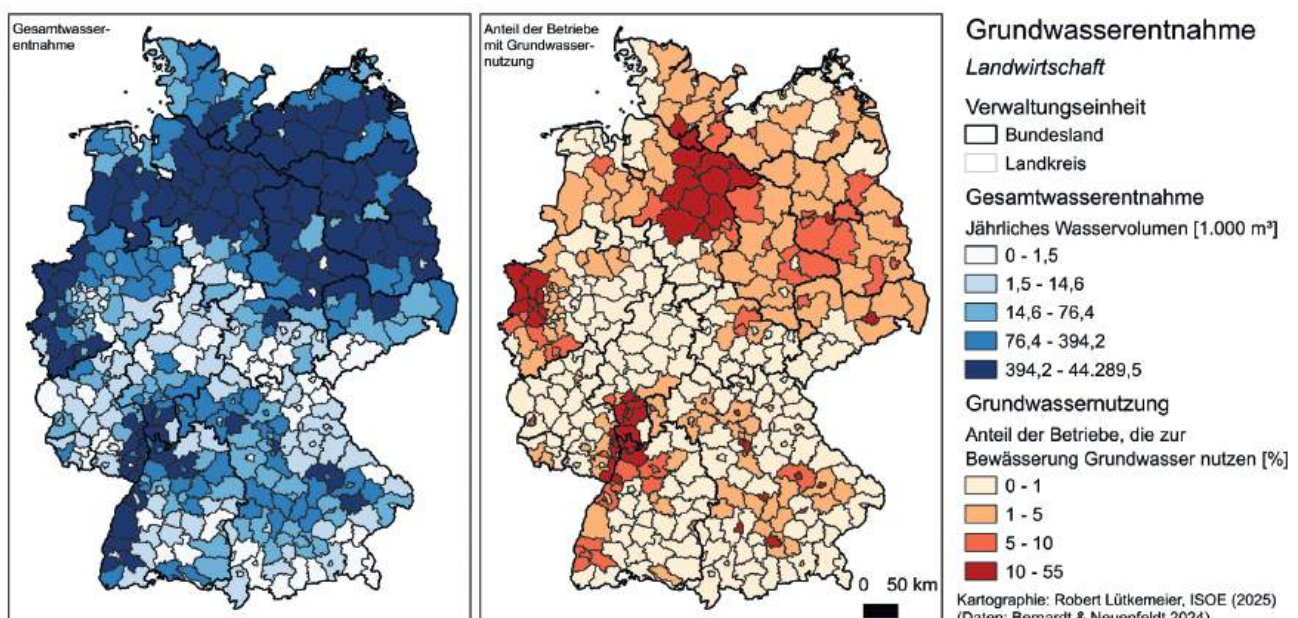


Abbildung 7: Gesamtwasserentnahme für die landwirtschaftliche Bewässerung im Jahr 2019 (links) und der Anteil landwirtschaftlicher Betriebe, die für die Bewässerung auf Grundwasser zurückgreifen (rechts). Daten stammen aus einer wissenschaftlichen Studie des Thünen-Instituts (Bernardt & Neuenfeldt 2024).

6. Grundwasserstress in Deutschland

a. Regionale Hot-Spots

Die Auswertung der Daten zur Grundwasserneubildung und den Grundwasserentnahmen sowie den Trends in den Grundwasserständen zeichnet für Deutschland ein heterogenes Bild.

Abbildung 8 (links) zeigt die Ergebnisse der Analyse zum strukturellen Grundwasserstress. In blauer Färbung eingezeichnet sind jene Landkreise und kreisfreien Städte, deren Grundwasserentnahmen 20 % der langjährigen Grundwasserneubildung überschreiten. Es zeigt sich hier, dass insbesondere in Ost- und Westdeutschland Landkreise als gestresst gelten können, vor allem in Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt sowie Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen und Rheinland-Pfalz. Damit wird Grundwasserstress sowohl in vergleichsweise trockenen Regionen wie in Ostdeutschland, als auch in feuchteren Regionen wie

beispielsweise entlang des Rheins identifiziert.

Abbildung 8 (rechts) präsentiert zusätzlich jene Landkreise und kreisfreien Städte, die auf Basis der rezenten Entwicklung der Grundwasserstände sogenannten akuten Grundwasserstress aufweisen. Hier flossen Daten des Zeitraums 2012–2021 ein womit ein anderes räumliches Muster des Grundwasserstress zu Tage tritt. Weiterhin erscheinen in dieser Darstellung die Regionen in Brandenburg und Sachsen-Anhalt betroffen. Zusätzlich stechen aber auch Regionen in Niedersachsen und Hessen sowie Baden-Württemberg hervor, die in der strukturellen Betrachtung nicht als gestresst identifiziert wurden. Dies zeigt, dass beide Perspektiven unterschiedliche Dimensionen des Grundwasserstress beleuchten können und damit den Gesamtblick anreichern.

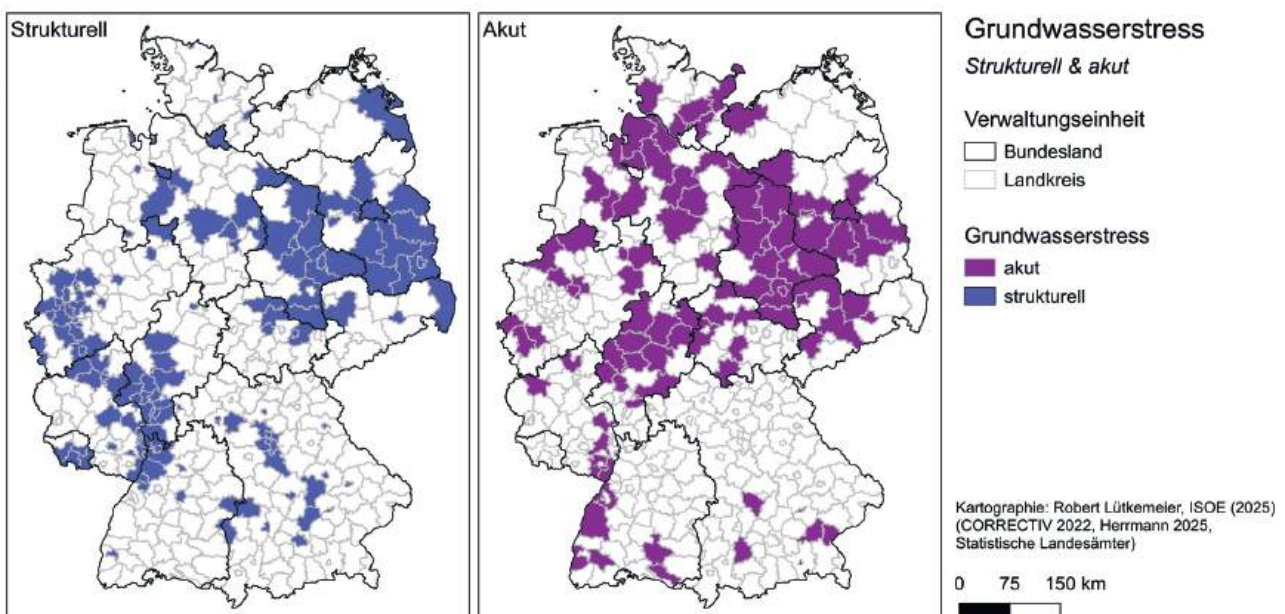


Abbildung 8: Landkreise und kreisfreie Städte, die unter strukturellem und/oder akutem Grundwasserstress leiden.

In der Gesamtbetrachtung ergibt sich ein Bild, in dem 94 Landkreise von akutem Grundwasserstress betroffen sind und für 141 Landkreise struktureller Grundwasserstress festgestellt wurde. Da einige Landkreise in beide Kategorien fallen, weist die vorliegende Analyse 201 von 401 Landkreisen als grundwassergestresst aus.

Da die Informationen zu den Grundwasserständen und ihren jeweiligen Tiefstständen durch CORRECTIV auch einen zeitlichen Blick erlauben, präsentiert Abbildung 9 aggregierte Zeitreihen der Bundesländer über den verfügbaren Zeitraum 1990-2021. Darin abgebildet ist, wie viele Grundwassermessstellen in einem Landkreis zu welchem Zeitpunkt im verfügbaren Zeitraum ihren Tiefststand erreicht haben. Es wird deutlich, dass sowohl zu

Beginn der 1990er Jahre, als auch innerhalb der letzten Dekade Ausschläge zu beobachten sind. In der durchgeführten Analyse wurde lediglich der Zeitraum 2012-2021 betrachtet, um die Entwicklungen der jüngsten Vergangenheit aufzunehmen. Darin wird ersichtlich, dass nahezu alle Bundesländer, für die Daten verfügbar sind, neue Tiefststände ihrer Grundwassermessstellen verzeichneten. In Nordrhein-Westfalen waren beispielsweise gemittelt über alle Landkreise 25 % der Messstellen auf einem neuen Tiefststand angelangt. Hierin drückt sich vor allem die Dürre aus, die in Deutschland zwischen 2018 und 2022 zu beobachten war. Eine solche Betrachtung nimmt somit die klimatische Variabilität in den Blick, die zu stark sinkenden Grundwasserspiegeln führen kann.

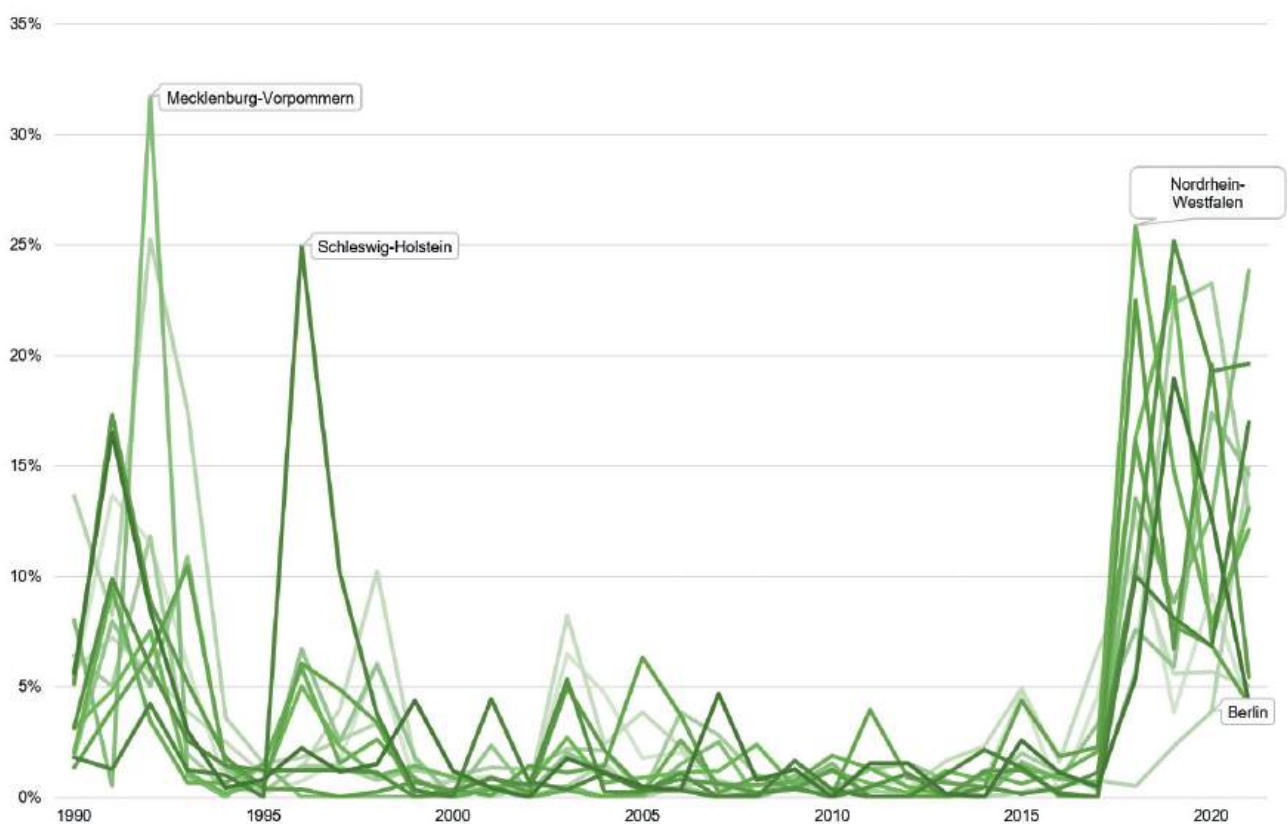


Abbildung 9: Anteil der Messstellen je Landkreis mit ihrem Tiefststand im Zeitraum 1990-2021, gemittelt für jedes der 13 Bundesländer, für die Daten zur Verfügung stehen (Auswertung auf Basis der Daten von CORRECTIV 2022). Exemplarisch sind einzelne Datenpunkte zur Orientierung benannt.

b. Mögliche Ursachen

Die identifizierten Landkreise und kreisfreien Städte lassen sich nun weiter analysieren, speziell im Hinblick auf die möglichen Ursachen des Grundwasserstresses. Abbildung 10 greift daher die 201 Regionen heraus und zeigt, ob vor Ort die öffentliche oder die nichtöffentliche Grundwasserentnahme überwiegt.

Orange- und Beigetöne zeigen an, dass größere öffentliche Entnahmen aus dem Grundwasser erfolgen, während Lilatöne anzeigen, dass vor allem nichtöffentliche Grundwasserentnahmen stattfinden. In den Grün dargestellte Regionen liegen öffentliche und nichtöffentliche Entnahmen in etwa gleich auf.

Übergeordnet lässt sich erneut feststellen, dass in der Mehrzahl der grundwassergestressten Landkreise die öffentliche Wasserversorgung mehr Grundwasser entnimmt als die nichtöffentliche Versorgung. Mit Blick auf den nichtöffentlichen Bereich überwiegen vor allem in den aktuellen oder ehemaligen Tagebauregionen Ost- und Westdeutschlands die nichtöffentlichen Entnahmen, sowie in den durch Bewässerung geprägten Regionen Niedersachsens und vereinzelt in kreisfreien Städten entlang des Rheins. Die Grundwasserentnahmen für die öffentliche Wasserversorgung erscheinen insbesondere in Hessen, Brandenburg und Teilen von Niedersachsen und Schleswig-Holstein die treibende Kraft zu sein.

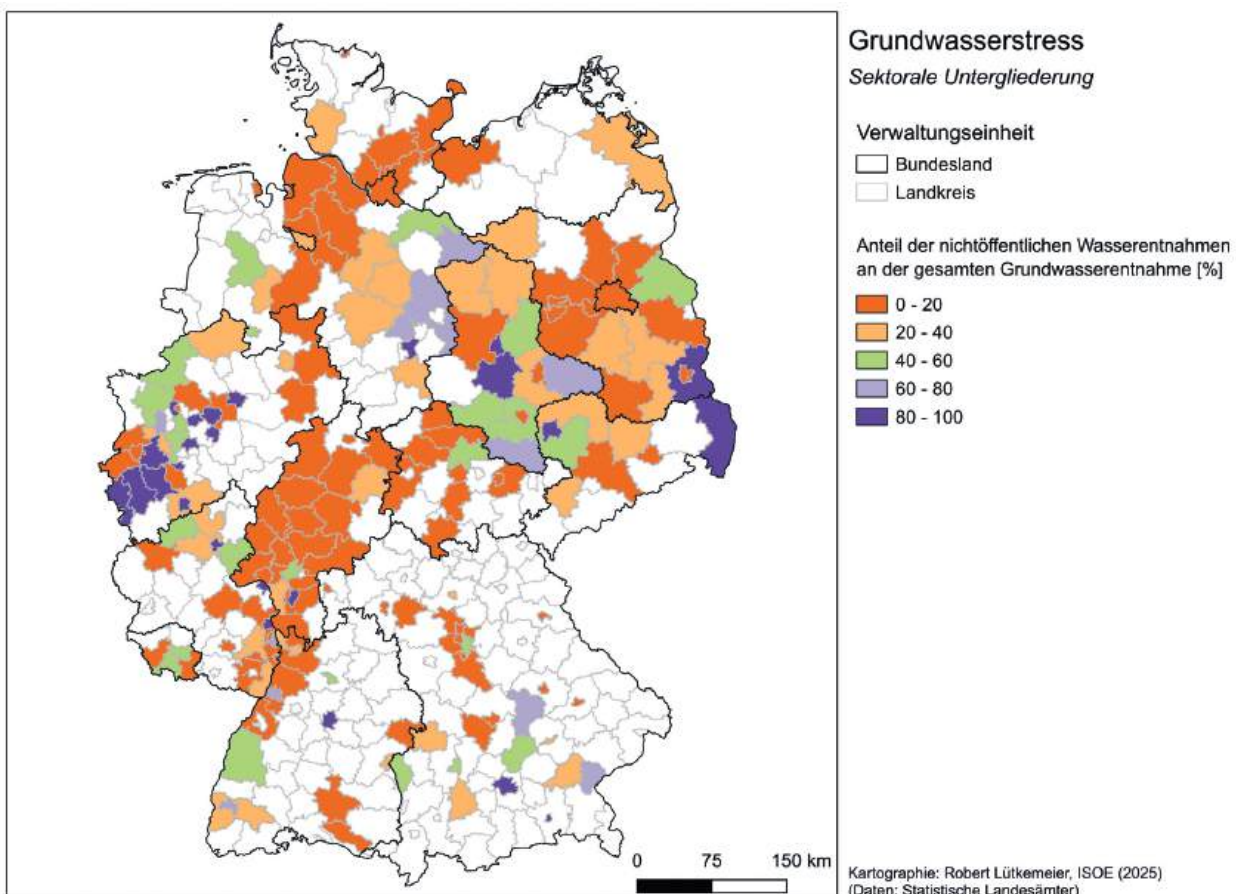


Abbildung 10: Analyse, inwiefern die öffentliche oder nichtöffentliche Grundwasserentnahme den Großteil der entnommenen Wasservolumina in grundwassergestressten Regionen darstellt.

Beispielsweise erscheint der Spree-Neiße-Kreis (Brandenburg, an der Grenze zu Sachsen und Polen) als grundwassergestresst. Abbildung 10 zeigt, dass hier die nichtöffentlichen Entnahmen deutlich überwiegen. Im Landkreis wird seit Jahrzehnten Braunkohle abgebaut und dafür Grundwasser in Oberflächengewässer eingeleitet, um die ober- und unterirdischen Bergwerke frei von Wasser zu halten. In der Lausitz wird ein großer Teil des Grundwassers in die Spree eingeleitet und damit aus dem Landkreis heraus transportiert – Richtung Berlin. Dort macht in Trockenzeiten das Lausitzer Grundwasser einen Großteil des Durchflussvolumens der Spree aus. Diese wiederum ist zentral für die Berliner Trinkwasserversorgung. Mit der Einstellung des Braunkohlebergbaus in der Lausitz bis 2038 wird vermutlich auch die Grundwassereinleitung in die Spree deutlich reduziert. Dementsprechend evaluieren die Berliner Wasserbetriebe nun schon alternative Trinkwasserressourcen (UBA, 2023). Das Beispiel zeigt, dass Grundwasserstress überregionale Ursachen und Folgen haben kann.

Auch der Nordosten Niedersachsens, beispielsweise im Heidekreis in der Lüneburger Heide weist nach der vorliegenden Analyse akuten Grundwasserstress auf. In dieser Region werden schon heute signifikante Mengen an Grundwasser für die Bewässerung entnommen. Etwa 12,5 % der im Landkreis genutzten agrarischen Fläche werden beregnet (DAS Netzwerk Wasser 2017). Analysen zeigen, dass insbesondere der Norden und Süden des Landkreises einen Beregnungsbedarf von 100–140 mm pro Jahr aufweisen und das bei Grundwasserneubildungsraten im Süden von z. T. lediglich 100 mm pro Jahr. Es liegt also nahe, dass die intensive land-

wirtschaftliche Bewässerung zum diagnostizierten Grundwasserstress beiträgt. Aufgrund des schon jetzt hohen Bedarfs an Beregnungswasser werden unterschiedliche Optionen zur Substitution von Grundwasser diskutiert, wie beispielsweise Wasserwiederverwendung aus Kläranlagen (Ostermann, 2022). Auch im Heidekreis sind die Gründe für den Grundwasserstress keine rein lokalen. Denn wohl nur ein Bruchteil der landwirtschaftlichen Produkte, die im Heidekreis bewässert werden, werden auch im Landkreis selbst konsumiert. Dementsprechend trägt die Nachfrage in anderen Teilen Deutschlands und weltweit sowie die dahinterstehenden Handelsstrukturen zur Übernutzung des Grundwassers bei.

In Ludwigshafen am Rhein (Rheinland-Pfalz) darf beispielsweise die Chemieindustrie laut einer SWR-Recherche 26 Mio. m³ Grundwasser entnehmen. Diese Wasserrechte werden weitestgehend ausgeschöpft (Brandt et al., 2023). Gleichzeitig weist die Gegenüberstellung von Grundwasserentnahmen und Neubildung einen strukturellen Grundwasserstress aus. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass insbesondere das verarbeitende Gewerbe im Bereich der chemischen Erzeugnisse einen signifikanten Anteil zum strukturellen Grundwasserstress in Ludwigshafen beiträgt.

Aber auch die öffentliche Trinkwasserversorgung kann, wie dargestellt, große Mengen Grundwasser entnehmen. Private Haushalte nutzen Trinkwasser zum Kochen und für hygienische Zwecke, zur Gartenbewässerung sowie ggf. zur Befüllung eines Pools. Zusätzlich nutzen auch Kleinbetriebe aufbereitetes Trinkwasser für ihre Produktionszwecke.

In vielen Landkreisen Deutschlands machen öffentliche Entnahmen den Großteil der Grundwasserentnahmen aus. Diese Entnahmen werden aber nicht nur für die lokale Trinkwasserversorgung genutzt, sondern häufig über Fernwassersysteme in andere Landkreise transportiert. Dementsprechend kann der Trinkwasserverbrauch von Ballungsräumen mit hohem Wasserbedarf zu Grundwasserstress in Entnahmelandkreisen beitragen. Ob dies im konkreten Fall zutrifft, muss unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Gegebenheiten im Entnahmelandkreis sowie der Entnahmetechnologien und -praktiken bewertet werden.

Während der Ausgleich von wasserarmen und wasserreichen Gebieten als logisch erscheint, zeigt die Untersuchung eines Fernwassersystems in Mitteldeutschland, dass über die Jahre immer mehr Kommunen angeschlossen werden, und das nicht nur aus Gründen des Wassermangels, sondern auch aufgrund der technischen und ökonomischen Pfadabhängigkeiten von bestehenden, großskaligen Infrastrukturen (Kuhn et al., 2024).

Während strukturelle Übernutzung von Grundwasser vor allem langfristige Folgen hat, können schon wenige niederschlagsarme Monate eine große Herausforderung für grundwasserabhängige Ökosysteme darstellen. Beispielsweise zeigt der Landkreis Nordwestmecklenburg (Mecklenburg-Vorpommern) akuten Grundwasserstress auf.

In den vergangenen Jahren gab es regelmäßige Medienberichte und öffentliche Warnungen wegen erhöhter Waldbrandgefahr (Landkreis Nordwestmecklenburg, 2024). Auch für die landwirtschaftliche Bearbeitung der Böden stellt Trockenheit eine große Herausforderung dar (Ostsee-Zeitung, 2023).

Der Blick in die Beispiele zeigt, dass die Ursachenforschung für regionalen Grundwasserstress komplex ist. Zum einen bedarf es zusätzlicher Daten auf Landkreisebene, um die tatsächlichen Entnahmezwecke zu identifizieren. Gleichzeitig sind öffentliche und nichtöffentliche Entnahmen in überregionale oder gar internationale „Lieferketten“ von physischem und virtuellem Wasser eingebettet (Luetke-meier et al. 2021). Die Nachfrage nach Braunkohle, Kartoffeln, Pflanzenschutzmitteln oder Trinkwasser in einem Landkreis kann zu Grundwasserstress in einem anderen führen.

7. Diskussion

Die vorliegende Überblicksstudie hat den Grundwasserstress in Deutschland aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet und dabei sowohl strukturellen als auch akuten Grundwasserstress identifiziert. Die Analyse basiert auf frei zugänglichen Datenquellen, die es ermöglichen, ein umfassendes Bild der aktuellen Situation zu zeichnen.

Die Studienergebnisse zeigen, dass Grundwasser in vielerlei Hinsicht in der öffentlichen und nichtöffentlichen Wasserversorgung zum Einsatz kommt. Gleichzeitig wird deutlich, dass sich die Verfügbarkeit von Grundwasser langfristig und sogar kurzfristig verändern können. Die resultierenden Bilanzen aus Verfügbarkeit und Entnahmen sind somit nicht statisch, sondern einer kontinuierlichen Dynamik von beiden Seiten unterworfen. In den durchgeführten Analysen wurde die derzeitige Situation betrachtet und identifiziert, dass in vielen Landkreisen die öffentliche Wasserversorgung der Hauptnutzer des Grundwassers ist. Nicht-öffentliche Akteure entnehmen im Gesamtblick weniger Grundwasser, was jedoch in einzelnen Fällen durchaus anders sein kann, wie es an den Beispielen des Tagebaus und einzelner gewerblicher bzw. industrieller Schwerpunkte herausgearbeitet wurde. Interessant ist zudem, dass auf Basis der verfügbaren Daten in etwa die Hälfte der Landkreise in Deutschland von strukturellem oder akutem Grundwasserstress betroffen sein könnte. Auch wenn diese Überblicksstudie mit dem verwendeten Datenmaterial keine Detailanalysen erlaubt, zeigt das Gesamtergebnis doch einen dringenden Handlungsbedarf zur Sicherstellung der

öffentlichen und nichtöffentlichen Wasserversorgung sowie zum Schutz von Grundwasserkörpern und den damit verbundenen Ökosystemen.

Methodisch greift diese Studie auf frei verfügbare Datenbestände zurück und wendet verschiedene Berechnungsschritte an. All dies beruht auf verschiedenen Annahmen wie beispielsweise darauf, dass die Grundwasserneubildung als geeigneter Indikator der Grundwasserverfügbarkeit genutzt werden kann, obwohl in manchen Regionen auch tiefere Grundwasserleiter zur Versorgung verwendet werden, deren Zustand nicht unmittelbar mit der Grundwasserneubildung bestimmt werden kann. Weiterhin nimmt die Studie an, dass Grundwasserkörper bzw. die relevanten Neubildungsflächen innerhalb eines Landkreises oder einer kreisfreien Stadt liegen, denn ansonsten ist eine lokale Bilanzierung nicht möglich. Auch dies greift in der Realität zu kurz, da Neubildungsbereiche von Grundwasserkörpern auch außerhalb insbesondere von kreisfreien Städten liegen können. Solche hydrogeologischen Detailinformationen lassen sich in den oben genannten Wasserhaushaltsmodellen mitberücksichtigen, in der vorliegenden Überblicksstudie jedoch nicht adressieren.

Als zentrale Herausforderung der Studie zeigt sich daher die Datenverfügbarkeit und -qualität. Die Studie stützt sich primär auf kürzlich erschienene Datenbestände zur Grundwasserneubildung, die auf Basis eines Forschungsprojektes entwickelt wurden. Diese ermöglichen erstmals eine für Deutschland konsistente Auswertung und Weiterverwendung. Trotz ihrer hohen räumlichen Auflösung von 100 x 100 m und ihrer nunmehr langjährigen Verfügbarkeit handelt es sich bei diesen Daten

weiterhin um Modellierungsergebnisse, die mit Unsicherheiten behaftet sind. Ähnlich wie es mittlerweile im Bereich der Klimaforschung üblich ist, sollte daher auch im Feld der hydrologischen Modellierung ein Multi-Modell Ansatz verfolgt werden. In Deutschland werden daher mehr Modellierungsstudien benötigt, die auf Grundlage der anerkannten Klimamodell-Ensembles eigene Berechnungen der Grundwasserneubildung durchführen. Ziel muss es sein, ebenfalls Ensembles wasserwirtschaftlich relevanter Variablen zu generieren, ähnlich wie es global mit der Initiative ISIMIP unternommen wird (Frier et al., 2017). Da die dort vorliegende räumliche Auflösung allerdings zu grob für regionale Anwendungskontexte ist, sind mehr hochaufgelöste hydrologische Modellierungsstudien von Nöten.

Weiterhin liegt eine methodische Herausforderung für Überblicksstudien wie dieser in der Definition bestimmter Schwellenwerte bzw. Kriterien. Die Studie verwendet einen Grundwasserentnahme-Schwellenwert von 20 % der Grundwasserneubildung als Definition von Grundwasserstress, der auf internationalen Standards basiert. Dieser Wert ist jedoch nicht empirisch validiert und könnte in verschiedenen hydrogeologischen Kontexten ungeeignet sein. Für eine übergeordnete Analyse, wie hier vorgelegt, erscheint dieser Schwellenwert durchaus angemessen, doch eine Anpassung an lokale Gegebenheiten könnte die Genauigkeit der Analyse verbessern. Hierfür bedarf es allerdings weiterer Daten, um die hydrogeologischen Bedingungen sowie ökosystemaren Abhängigkeiten und Bedarfe besser berücksichtigen zu können. Dies erfolgt für gewöhnlich in lokalen Detailstudien bzw. im Rahmen von Wasser-

rechtsverfahren. Für übergeordnete Studien wie die vorliegende sind entsprechende Daten jedoch nicht verfügbar.

Weiterhin stellt die Datenverfügbarkeit zur Bemessung der Grundwasserentnahmen eine Hürde dar. Zum einen werden entsprechende Daten häufig nur in 3-jährigem Turnus erfasst und zur Verfügung gestellt. Zum anderen sind einzelne Analysen nur auf höherer Verwaltungsebene durchführbar, da keine Daten auf Landkreisebene zur Verfügung gestellt werden. In vielen Fällen gibt es die entsprechenden Daten jedoch, sie werden von den statistischen Ämtern nur nicht strukturiert erfasst und zusammengeführt. Dies wäre ein sinnvoller Schritt, um weitere feinräumige Analysen zur Grundwassernutzung durchführen zu können.

Die Studie zeigt im übergeordneten Sinne, dass Grundwasserstress nicht nur ein lokales Phänomen ist, sondern auch durch überregionale Faktoren wie Fernwasserversorgungssysteme und Handelsbeziehungen beeinflusst wird. Diese komplexen Zusammenhänge erfordern eine ganzheitliche Betrachtung, die in der aktuellen Analyse nur teilweise abgebildet wird. So wäre es hilfreich, wenn beispielsweise nicht nur der Fremdbezug von Wasser auf Landkreisebene erfasst wird, sondern gleichwohl der Ursprung dieses Fremdbezuges regional verortet werden könnte. Auf diese Weise ließen sich anthropogene Wasserflüsse in Deutschland explizit nachzeichnen.

8. Handlungsempfehlungen

Die Gründe für strukturellen und akuten Grundwasserstress sind räumlich und sektoral vielfältig. Deswegen werden auf Basis der vorliegenden Überblicksstudie die folgenden Handlungsempfehlungen formuliert:

- **Datenlage verbessern:** Die Verarbeitung der verfügbaren Datenbestände offenbart einen großen Bedarf an systematischer Datenerhebung zu Grundwassernutzung in Deutschland auf Landkreisebene. Während die Entnahmedaten aufgeschlüsselt nach Landkreis sowie öffentlich und nichtöffentlich immerhin aus 2019 stammen, sind sektorale Entnahmedaten der nichtöffentlichen Entnahmen nur bis 2004 veröffentlicht. Die Verbesserung der Verfügbarkeit entsprechender Datenprodukte für ganz Deutschland, die auf einer einheitlichen methodischen Grundlage fußen ist für weitere Analysen daher essentiell.
- **Überregionale Fernwirkungen:** Die Schlaglichter grundwassergestresster Landkreise und kreisfreie Städte bestärken die Einschätzung, dass Grundwasserstress kein lokales oder regionales Phänomen ist. Durch Handelsbeziehungen ins In- und Ausland, aber auch durch Fernwasserleitungen sind Grundwasserkörper in überregionale politische, ökonomische und soziale Kontexte eingebettet. Die Vermeidung von Grundwasserstress in bestimmten Landkreisen bedarf also einer überregionalen Strategie, welche die Ursachen der lokalen Grundwassernutzung identifizieren und die Entwicklung von Gegenmaßnahmen ermöglichen.
- **Grundwassernutzungen priorisieren:** Grundwasser sollte nur für die Nutzungen verwendet werden, die auf qualitativ hochwertiges Wasser angewiesen sind. Durch die natürliche Filterfunktion der Böden und Aquifere weist Grundwasser häufig eine sehr gute Qualität auf und eignet sich für die Trinkwasserversorgung. Daher ist einerseits der qualitative Schutz der Ressource zentral und andererseits ihr bewusster Einsatz.
- **Wiederverwendung & Wasserrückhalt fördern:** Um die Grundwassernutzung zu entlasten, insbesondere für die Bewässerung und weitere Nutzungen welche keine Trinkwasserqualität bedürfen, sollte die Brauchwasserwiederverwendung in Industrie, Landwirtschaft, aber auch privaten Haushalten ausgebaut werden. Schätzungen zufolge könnte beispielsweise die Stadt Frankfurt am Main 33 % der Trinkwassernutzung im häuslichen Bereich mit Brauchwasser ersetzen (Schramm et al., 2022). Weiterhin ist zur Stützung der Grundwasserkörper die Stärkung des Wasserrückhaltes sinnvoll, um Infiltration zu fördern und Abflüsse zu reduzieren. Dies unterstützt sowohl das Überdauern von Dürren, als auch die Verminderung von Hochwasserereignissen.
- **Entnahmeentgelte anpassen:** Nach wie vor gibt es nicht in allen Bundesländern Wasserentnahmeentgelte. Die bestehenden sind sehr unterschiedlich. Mit den erhobenen Entnahmeentgelten können Wasserschutzmaßnahmen finanziert werden. Außerdem kann so die effiziente Nutzung attraktiver gemacht werden. Es empfiehlt sich daher, ähnlich wie kürzlich durch die Europäische Kommission angemerkt

(Europäische Kommission 2025), in allen Bundesländern Wasserentnahmeentgelte auf ein Niveau zu heben, welches eine Finanzierung von Grundwasserschutzmaßnahmen abdeckt.

- **Grundwasserkonflikte antizipieren:** Berichte über Wasserkonflikte in Deutschland nehmen zu. Temporäre Trockenphasen bei gleichzeitig erhöhter Nachfrage nach Wasser können zu Konfrontationen zwischen verschiedenen Nutzungsgruppen führen. Dementsprechend sollten Grundwasserkonflikte frühzeitig durch Wasserbehörden und –nutzer antizipiert werden, um einen nachhaltigen Umgang mit Konkurrenzsituationen zu entwickeln. Dafür bietet sich beispielsweise das Instrument der regionalen Wasserbeiräte an, welche einen regelmäßigen Austausch zwischen relevanten Akteuren ermöglichen.
- **Grundwasserfauna untersuchen:** Grundwasser ist nicht nur essentiell für aquatische und terrestrische Ökosysteme an der Oberfläche, sondern bildet auch selbst ein einzigartiges Ökosystem für Flöhe, Krebse und andere wirbellose Tiere. Die Auswirkungen von Grundwasserstress auf diese Tiere ist jedoch nicht hinreichend untersucht. Dies empfiehlt sich nicht nur aufgrund der Integrität der Lebewesen selbst, sondern auch hinsichtlich einer möglichen Indikatorenfunktion dieser Tiere für Qualität und Quantität des Grundwassers.

Diese Handlungsempfehlungen unterstützen die in der Nationalen Wasserstrategie der Bundesregierung formulierten Aktionen, die in den kommenden Jahren umgesetzt werden sollen (BMUV 2023):

- **Aktion 4:** Grundwasser-Echtzeitentnahme-Monitoring aufbauen
- **Aktion 6:** Leitlinie für den Umgang mit Wasserknappheit entwickeln
- **Aktion 11:** Wasserentnahmeentgelte weiterentwickeln und bundesweit einführen
- **Aktion 32:** Bundesweite Datenbank „Stoffe“
- **Aktion 48:** Strukturen der Partizipation und Mediation schaffen – Empfehlungen zur regionalen Wasserverteilung nutzen
- **Aktion 49:** Länderübergreifende und überregionale Infrastrukturen
- **Aktion 54:** Stärkung der Wasserwiederverwendung

9. Referenzen

- Alcamo, J., Henrich, T. and Rösch, T. (2000): World Water in 2025. Global Modeling and Scenario Analysis for the World Commission on Water for the 21st Century. Kassel World Water Series Report 2. Centre for Environmental Systems Research, University of Kassel, Kassel.
- Becker, Lothar (2025): Was das Niedrigwasser im Rhein bedeutet. <https://www.zdf.de/nachrichten/politik/deutschland/rheinpegel-niedrigwasser-binnenschiffahrt-trockenheit-100.html> (Abrufdatum: 27.05.2025).
- Bernhardt, Jacob Jeff, und Sebastian Neuenfeldt (2024): Spatial Data on Irrigation in Germany: A Comprehensive Analysis of Agricultural Statistical Data the NUTS-3 Level for the Years 2009 and 2019. DE: J. H. von Thünen-Institut. <https://doi.org/10.3220/DATA20241120161738-0>.
- Berthold, G, Th. Gudera, H. Holthusen, K. Kuhn, A. Peters, W. Schäfer, B. Schwerdtfeger, W. Sprenger, und R. Wolter (2011): Fachliche Umsetzung der EG-WRRRL. Teil 5 Bundesweit einheitliche Methode zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustandes. Sachstandsbericht. Bund/Länder-Arbeitsgruppe Wasser (LAWA).
- BDEW (2024): BDEW-Tipps für einen schonenden Umgang mit Trinkwasser in Hitzeperioden. <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/bdew-tipps-fuer-einen-schonenden-umgang-mit-trinkwasser-in-hitzeperioden/> (Abrufdatum: 27.05.2025).
- BfG. (2003): Hydrologischer Atlas Deutschland (HAD). Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). <https://geoportal.bafg.de/mapapps/resources/apps/HAD/index.html?lang=de&vm=2D&s=0&r=0> (Abrufdatum: 27.05.2025).
- BMUV/UBA (2021): Die Wasserrahmenrichtlinie - Gewässer in Deutschland 2021, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), Umweltbundesamt (UBA), Bonn, Dessau.
- BMUV (2023): Nationale Wasserstrategie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), Berlin.
- Brandt, Ulrike; Peters, Ludger / SWR (2023): SWR exklusiv: Mit diesen Firmen teilen wir uns in RLP das Grundwasser. <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/trier/bei-hitze-trockenheit-und-klimawandel-diese-firmen-in-rheinland-pfalz-bekommen-das-meiste-wasser-100.html> (Abrufdatum: 27.05.2025).
- BZL (2025): AKTUELL: Frühjahrstrockenheit 2025. <https://www.landwirtschaft.de/umwelt/klimawandel/auswirkungen-auf-die-landwirtschaft/wie-trockenheit-der-landwirtschaft-schadet#:~:text=AKTUELL%3A%20Fr%3%BChjahrstrockenheit%202025&text=Besonders%20betroffen%20sind%20Fr%3%BChjahrskulturen%20wie,in%20tieferen%20C%20wasserf%3%BChrende%20Bodenschichten%20vorzudringen> (Abrufdatum: 27.05.2025).
- CORRECTIV / Joeres, Annika; Steeger, Gesa; Huth, Katarina; Donheiser, Max; Wöpel, Simon (2022): Wo in Deutschland das Grundwasser sinkt. <https://correctiv.org/aktuelles/kampf-um-wasser/2022/10/25/klimawandel-grundwasser-in-deutschland-sinkt/#:~:text=Besonders%20in%20Norddeutschland%20sowie%20in,in%20vielen%20Regionen%3A%20der%20Mensch> (Abrufdatum: 27.05.2025).
- DAS Netzwerke Wasser (2017): Steckbrief Landkreis Heidekreis, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Landwirtschaftskammer Niedersachsen. https://fachverband-feldberegnung.de/wp-content/uploads/2022/03/Steckbrief-Landkreis-Heidekreis-01_2017-1.pdf (Abrufdatum: 27.05.2025).
- DESTATIS (2023): Umwelt. Nichtöffentliche Wasserversorgung und nichtöffentliche Abwasserentsorgung 2019, Fachserie 19, Reihe 2.2, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (DESTATIS).

DESTATIS (2024): Im Jahr 2022 wurden 554 000 Hektar landwirtschaftlich genutzte Freilandfläche bewässert, Pressemitteilung, Statistisches Bundesamt (DESTATIS), https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/05/PD24_186_41.html (Abrufdatum: 27.05.2025).

DESTATIS (2025): Regionaldatenbank Deutschland der statistischen Ämter des Bundes und der Länder, Datenbank, Regionalstatistik, <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online?operation=themes&levelindex=0&levelid=1748330164095&code=32#abreadcrumb> (Abrufdatum: 27.05.2025).

Deutsches Institut für Normung (1994): DIN 4049-3:1994-10, Hydrologie_- Teil_3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie, DIN Media GmbH. <https://doi.org/10.31030/2644617>.

Ertl, Gabriele, Frank Herrmann, und Jörg Elbracht (2022): Bestimmung der Grundwasserneubildungshöhen für Festgesteinsgebiete in Niedersachsen, Grundwasser 27 (1): 43–56. <https://doi.org/10.1007/s00767-021-00503-0>.

Europäische Kommission (2025): Country Specific Staff Working Document Germany, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=SWD:2025:25:FIN> (Abrufdatum: 27.05.2025).

Falkenmark, M. and G. Lindh (1974): How can we Cope with the Water Resources Situation by the Year 2050?, Ambio, Vol. 3, No. 3-4.

Frieler, K., Lange, S., Piontek, F., Reyer, C. P. O., Schewe, J., Warszawski, L., et al. (2017): Assessing the impacts of 1.5 °C global warming – simulation protocol of the inter-sectoral impact model Intercomparison project (ISIMIP2b). Geosci. Model Dev. 10, 4321–4345. doi: 10.5194/gmd-10-4321-2017.

GFZ (2024): FAQ zum Hochwasser in Mitteleuropa im Sept. 2024. <https://www.gfz.de/presse/meldungen/detailansicht/faq-zum-hochwasser-in-mittleuropa-im-september-2024> (Abrufdatum: 27.05.2025).

Gosling, S. N., Müller Schmied, H., Burek, P., Chang, J., Ciais, P., Döll, P., et al. (2023): ISIMIP2b simulation data from the global water sector, ISIMIP Rep. 2023:626689, doi: 10.48364/ISIMIP.626689.

Heinrich-Böll-Stiftung und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, Hrsg. (2025): Wasseratlas: Daten und Fakten über die Grundlage allen Lebens, 1. Auflage, Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung.

Herrmann, Frank (2025): Grundwasserneubildung in Deutschland in den Dekaden von 1961 bis 2020, Jülich DATA, <https://doi.org/10.26165/JUELICH-DATA/IZCYJI>.

Hofer, Joachim (2023): Ohne Wasser keine Chips: Wie die Industrie ihr eigenes Umweltdrama lösen muss, <https://www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/insight-innovation-ohne-wasser-keine-chips-wie-die-industrie-ihr-eigenes-umweltdrama-loesen-muss-/29290388.html> (Abrufdatum: 27.05.2025).

KLIWA (2025a): Langzeitverhalten | KLIWA, <https://www.kliwa.de/grundwasser-wasserhaushalt-langzeitverhalten.htm> (Abrufdatum: 27.05.2025).

KLIWA (2025b): Zukunft | KLIWA, <https://www.kliwa.de/grundwasser-wasserhaushalt-zukunft.htm> (Abrufdatum: 27.05.2025).

Kuhn, David, Robert Luetkemeier, Fanny Frick-Trzebitzky, Linda Söller, Kristiane Fehrs (2024): Infrastructural lock-ins in the temporal and spatial development of a long-distance water transfer in Germany. Journal of Hydrology 634 (131070), DOI: 10.1016/j.jhydrol.2024.131070.

Kulshreshtha, S. (1993): World Water Resources and Regional Vulnerability: Impact of Future Changes. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.

Landeswasserversorgung (2025): Trinkwasser aus der Buchbrunnenquelle. <https://www.lw-online.de/trinkwasser/herkunft/quellwasser> (Abrufdatum: 27.05.2025).

Landkreis Nordwestmecklenburg (2024): Waldbrandgefahr. <https://www.nordwestmecklenburg.de/de/aktuelles/hohe-waldbrandgefahr-im-landkreis.html> (Abrufdatum: 27.05.2025).

LAWA (2019): Aktualisierung und Anpassung der LAWA-Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie, Teil 3, Kapitel II.1.2-Grundwasser-, LAWA-Arbeitsprogramm Flussgebietsbewirtschaftung, Jena: Bund/Länder-Arbeitsgruppe Wasser (LAWA).

Libbe, Jens; Trapp, Jan Hendrik; Winker, Martina (2017): Derzeitige Ausgangslage. In: M. Winker, J.H. Trapp (Hrsg.), Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten, Technische Varianten, räumliche Potenziale, institutionelle Spielräume. Berlin: Difu.

Lothar Becker / ZDF (2025): Was das Niedrigwasser im Rhein bedeutet. <https://www.zdf.de/nachrichten/politik/deutschland/rheinpegel-niedrigwasser-binnenschifffahrt-trockenheit-100.html> (Abrufdatum: 27.05.2025).

Lüdtke, Deike U., Robert Luetkemeier, Michael Schneemann, und Stefan Liehr (2021): Increase in Daily Household Water Demand during the First Wave of the Covid-19 Pandemic in Germany, *Water* 13 (3): 260, <https://doi.org/10.3390/w13030260>.

Lütkeemeier, Robert, Fanny Frick-Trzebitzky, Dženeta Hodžić, Anne Jäger, David Kuhn, Linda Söller (2021): Telecoupled Groundwaters: New Ways to Investigate Increasingly De-Localized Resources, *Water* 13 (20), 2906. DOI: 10.3390/w13202906.

Luetkemeier, Robert & Awad, Ahmad (2025): The Status of Global Freshwater Resources, *Studien zum deutschen Innovationssystem*, Nr. 8-2025, Berlin: EFI.

Luetkemeier, Robert; Söller, Linda; Frick-Trzebitzky, Fanny (2022): Anthropogenic Pressures on Groundwater. *Encyclopedia of Inland Waters (Second Edition)* 3, 548–559. DOI: 10.1016/B978-0-12-819166-8.00183-3.

Ostermann, Ulrich (2022): Herausforderungen der Wasserversorgung in Nordostniedersachsen Wasserentnahmen und Wassermanagement für die Feldberegnung. https://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/208495/06_Skript_29GWWS_Hr_Ostermann_WasserUelzen_20240624.pdf (Abrufdatum: 27.05.2025).

Ostsee-Zeitung (2023): Landwirte in Nordwestmecklenburg in Sorge: „Wir sind von der Trockenheit extrem betroffen“. <https://www.ostsee-zeitung.de/lokales/nordwestmecklenburg/grevesmuehlen/landwirte-in-nordwestmecklenburg-in-sorge-trockenheit-wirkt-sich-auf-ernte-aus-RAN72CMIQ5HOLGURWVIRXX20ZU.html> (Abrufdatum: 27.05.2025).

Raskin, Paul (1997): Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World. Stockholm Environment Institute. https://tellus.org/wp-content/uploads/2023/05/Raskin_Comprehensive-Assessment-Freshwater-Resources.pdf (Abrufdatum: 27.05.2025).

Ruge, Kay, Christine Wicken, Bernd Düsterdiek, und Thomas Abel (2025): Einschränkung der Trinkwasserverwendung in Hitzesommern. Handreichung. Berlin: Verband Kommunaler Unternehmen (VKU). <https://www.vku.de/themen/preise-und-gebuehren/artikel/gemeinsame-handreichung-zu-einschraenkungen-der-trinkwasserverwendung-in-hitzesommern/> (Abrufdatum: 27.05.2025).

Rüttger, Vinzent (2024): Nachhaltige Wassernutzung - Eine Untersuchung der Fernwasserversorgungsnetze und Grundwasserbewirtschaftung in Deutschland, Frankfurt am Main, Germany: Goethe University Frankfurt.

Schimmelpfennig, Sonja, Jano Anter, Claudia Heidecke, Stefan Lange, und Klaus Röttcher (2017): Bewässerung in der Landwirtschaft, 85. Thünen Working Paper, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn059620.pdf.

Schramm, Engelbert, Martina Winker, Michaela Rohrbach, Martin Zimmermann, Christian Remy (2022): Abschätzung theoretischer Trinkwassersubstitutionspotenziale in Frankfurt am Main. Optionen der Betriebswassernutzung und deren ökonomische und ökologische Auswirkungen im Betrachtungshorizont bis 2050. ISOE-Studientexte, 26. Frankfurt am Main: ISOE - Institut für sozial-ökologische Forschung.

Söller, Linda, Robert Luetkemeier, Hannes Müller Schmied, Petra Döll (2024): Groundwater stress in Europe- assessing uncertainties in future groundwater discharge alterations due to water abstractions and climate change. *Front Water* 6, 1448625. DOI: 10.3389/frwa.2024.1448625.

Stein, Ulf, Jenny Tröltzsch, Rodrigo Vidaurre, Hannes Schmitt, Benedict Bueb, Johanna Reineke, Martina Flörke, u. a. (2024): Auswirkung des Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit - Anpassung an Trockenheit und Dürre in Deutschland (WADKlim), 134. Texte. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA). <https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2024/50031-Auswirkungen-Klimawandel-auf-Wasserverfuegbarkeit-web.pdf> (Abrufdatum: 27.05.2025).

Strzepek, K, Niemann, Sornlyody and S. Kulreshtha (1996): A Global Assessment of National Water Resources Vulnerabilities: Sensitivities, Assumptions, and Driving Forces. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.

SWR (2025): Waldbrandgefahr und Niedrigwasser: Norden von RLP kämpft mit der Trockenheit. <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/koblenz/trockenheit-in-waeldern-landwirtschaft-und-niedrigwasser-100.html> (Abrufdatum: 27.05.2025).

Szesztay, K (1970): The Hydrosphere and the Human Environment: Results of Research on Representative and Experimental Basin. UNESCO Studies and Report in Hydrology, #12. Paris: UNESCO.

UBA (2023): Spree droht nach Kohleausstieg in der Lausitz verstärkter Wassermangel. , Umweltbundesamt (UBA), 12.06.2023, <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/spree-droht-nach-kohleausstieg-in-der-lausitz> (Abrufdatum: 27.05.2025).

UBA (2024): Öffentliche Wasserversorgung, Umweltbundesamt (UBA), 10.09.2024, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserwirtschaft/oeffentliche-wasserversorgung#grundwasser-ist-wichtigste-trinkwasserres-source> (Abrufdatum: 27.05.2025).

Xanke, Julian, und Tanja Liesch (2022). „Quantification and Possible Causes of Declining Groundwater Resources in the Euro-Mediterranean Region from 2003 to 2020“. *Hydrogeology Journal* 30 (2): 379–400. <https://doi.org/10.1007/s10040-021-02448-3>.

Unterstützen Sie
unsere Arbeit:
[www.bund.net/
unterstuetzen](http://www.bund.net/unterstuetzen)



IMPRESSUM

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND)

Bundesgeschäftsstelle | Kaiserin-Augusta-Allee 5 | 10553 Berlin

Tel. +49 30 27586-40 | Fax +49 30 27586-440 | bund@bund.net

V. i. S. d. P.: Nicole Anton

Titelbild: Pixabay/Sven Lachmann

Mai 2025

www.bund.net

