

# Wo ist Wasser in Deutschland knapp und könnte es in Zukunft knapper werden?

## Eine Untersuchung der natürlichen, künstlichen und virtuellen Wasserflüsse in Deutschland

Jesko Hirschfeld (Berlin)

### Zusammenfassung

Deutschland ist ein wasserreiches Land. Doch gilt dies flächendeckend und auch in Zukunft? Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts „Wasserflüsse in Deutschland“ hat das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung gemeinsam mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde und weiteren Forschungspartnern das Wissen zu diesen und weiteren Fragen zusammengetragen und für verschiedene Nutzergruppen aufbereitet. Die vom Projekt erarbeitete interaktive Internetplattform [www.bmbf.wasserfluesse.de](http://www.bmbf.wasserfluesse.de) gibt einen umfassenden und zugleich regional differenzierten Überblick einerseits zu den natürlichen Wasserflüssen, wie Niederschlägen, Verdunstung, Zuflüssen und Abflüssen, und andererseits zu den verschiedenen Nutzungsansprüchen durch Industrie, Haushalte und Landwirtschaft und setzt sie in einer regionalen Nutzungsbilanz zueinander ins Verhältnis. Zusätzlich werden die möglichen zukünftigen Veränderungen der natürlichen Verfügbarkeiten auf Grundlage verschiedener Klimaszenarien, die Verknappung sauberen Grundwassers durch Schadstoffeinträge aus der Landwirtschaft sowie die von deutschen Unternehmen und Verbrauchern ausgelösten Wassernutzungen und -verbräuche im Ausland dargestellt und diskutiert.

**Schlagwörter:** Hydrologie, Wasserwirtschaft, Wasserfluss, Niederschlag, Verdunstung, Zufluss, Abfluss, Klima, Grundwasser, Schadstoff, Landwirtschaft, Düngung, Nitrat, Wassernutzung, Wasserverbrauch, virtuelles Wasser

DOI: 10.3243/kwe2015.11.006

### Abstract

#### Where in Germany is Water in Short Supply and could be More Scarce in the Future? An Examination of the Natural, Artificial and Virtual Water Flows in Germany

Germany is a water-rich country. Nevertheless, does this apply across the board and also in the future? Within the scope of the Project “Water flows in Germany”, sponsored by the German Federal Ministry for Education and Research, the Institute for Ecological Economic Research together with the German Federal Institute for Hydrology and other research partners has gathered together the knowledge on this and further questions and processed this for various user groups. The interactive internet platform [www.bmbf.wasserfluesse.de](http://www.bmbf.wasserfluesse.de), elaborated from the project, gives a comprehensive and at the same time regionally differentiated overview, on one hand on the natural water flows such as precipitation, evaporation, inflows and outflows, and on the other, on the various user demands through industry, households and agriculture and puts these together in relation to each other in a regional user balance. In addition, the possible future changes of the natural availabilities on the basis of various climate scenarios, the scarcity of clean groundwater through the input of pollutants from agriculture as well as water usages and consumption abroad triggered by German companies and consumers are presented and discussed.

**Key words:** hydrology, water industry, water flow, precipitation, evaporation, inflow, outflow, climate, groundwater, pollutant, agriculture, fertilisation, nitrate, water usage, water consumption, virtual water

### Wasserreichtum und Klimawandel

Wasser ist in Deutschland zwar insgesamt ausreichend vorhanden. Doch die Niederschläge und auch die Verdunstung sind regional sehr unterschiedlich verteilt. Die gebietsbürtigen Abflüsse liegen zwischen 2000 mm im Alpenraum und unter 100 mm jährlich in Teilen von Rheinland-Pfalz, Brandenburg und Sach-

sen-Anhalt (Abbildung 1). Diese Polarisierung wird sich mit dem Klimawandel im Laufe dieses Jahrhunderts voraussichtlich verschärfen, sodass in weiten Teilen Ostdeutschlands möglicherweise pro Jahr nur noch weniger als 50 mm (bzw.  $l/m^2$ ) des Niederschlagswassers zum Auffüllen der Grundwasserspei-

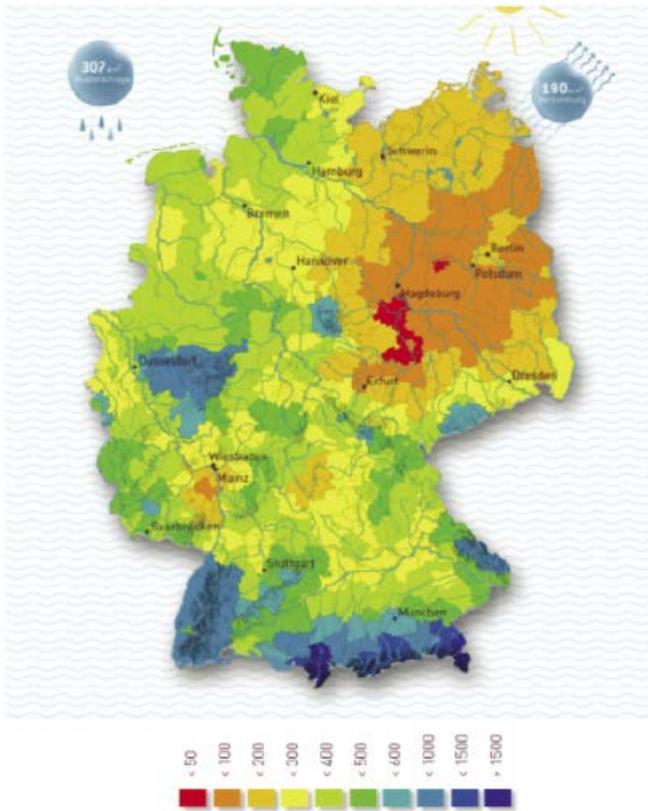


Abb. 1: Gebietsbürtige Abflüsse nach Kreisen im Durchschnitt der Jahre 1961–1990 in l/m<sup>2</sup> sowie Gesamtvolumen der jährlichen Niederschläge und Verdunstung über Deutschland in km<sup>3</sup>. Datengrundlage: [2, 3]

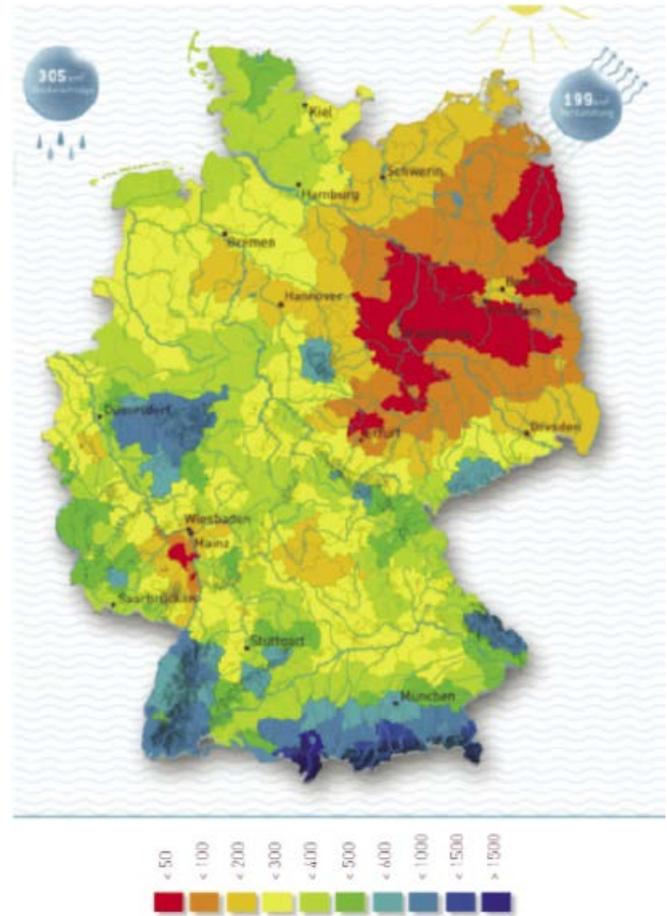


Abb. 2: Gebietsbürtige Abflüsse nach Kreisen im Durchschnitt der Jahre 2021–2050 (Szenario extrem trocken) in l/m<sup>2</sup>. Datengrundlage: [2, 3]

cher zur Verfügung stehen (Abbildung 2) [2, 3]. Alle im folgenden Text aufgenommenen Karten sind der Internetplattform [www.bmbf.wasserfluesse.de](http://www.bmbf.wasserfluesse.de) [1] entnommen und dort herunterladbar.

Betrachtet man das Wasserdargebot insgesamt (unter Einchluss der Zuflüsse von oberstrom) stellt sich die Lage auf den ersten Blick nicht mehr ganz so dramatisch dar (Abbildung 3). Entlang der großen Flüsse sind so auch in niederschlagsarmen Regionen wasserintensive Industrieprozesse möglich – wie die Zellstoffproduktion in Sachsen-Anhalt oder die Chemieindustrie und Energieerzeugung im Rhein-Neckar-Raum. In extremen Niedrigwassersituationen sind allerdings selbst große Flüsse wie Rhein und Elbe keine Garantien einer ausreichenden Wasserversorgung mehr: Schon wiederholt mussten Kraftwerke und Industrieanlagen gedrosselt oder vorübergehend abgeschaltet werden, um das wenige verbliebene Flusswasser nicht weiter aufzuheizen und ein Fischsterben zu vermeiden.

Eines der Ziele des Projekts „Wasserflüsse in Deutschland“ war es, die Größenordnungen der verschiedenen Wasserflüsse in Deutschland in Beziehung zueinander zu setzen und greifbar zu machen. Hierzu wurden alle Wasserdaten für Kartendarstellungen einheitlich auf die Fläche des jeweiligen Kreises bezogen und in Liter pro Quadratmeter (bzw. mm) umgerechnet. Die Gesamtflüsse, also die gesamten Volumina der Niederschläge, Verdunstung und auch der Zu- und Abflüsse über die großen Flüsse wurden zudem in Kubikkilometern pro Jahr ausgedrückt und in Kugeln dargestellt, die relativ zueinander in den korrekten Volumenverhältnissen abgebildet sind (Abbildungen 1–3 sowie [1, 4]). Damit ist es möglich, die üblicherweise in

Kubikmetern pro Sekunde angegebenen Durchflüsse an den Flusspegeln unmittelbar in Beziehung zu setzen zu den normalerweise in mm pro Jahr gemessenen Gesamtniederschlägen. So wird beispielsweise deutlich, dass die Wassermenge, die mit dem Rhein jedes Jahr über die Grenze in die Niederlande abfließt (75 km<sup>3</sup>) in etwa einem Viertel der gesamten über Deutschland jährlich niedergehenden Niederschlagsmenge (307 km<sup>3</sup>) entspricht. Auf diese Weise wird auch sehr anschaulich, wie viel Wasser mit Zuflüssen aus dem Ausland nach Deutschland hereinfließt und dass fast zwei Drittel der Niederschläge in Deutschland wieder verdunsten (ein Verhältnis, das sich in den Klimaszenarien, die in der auf mit dem Projekt aufgebauten interaktiven Internetplattform [www.bmbf.wasserfluesse.de](http://www.bmbf.wasserfluesse.de) ebenfalls abgebildet sind, dann folgerichtig sichtbar verschiebt).

Wie sich der Klimawandel regional auswirken wird, ist noch unsicher. Bis Mitte dieses Jahrhunderts ergibt sich ein uneinheitliches Bild: Ein Teil der Szenarien weist auf einen Rückgang der gebietsbürtigen Abflüsse hin, ein anderer Teil dagegen zumindest in mittlerer Frist (2021–2050) möglicherweise auf eine leichte Zunahme. Erst für den Zeitraum 2071–2100 stimmen die Szenarien weitgehend darin überein, dass vor allem aufgrund der deutlich zunehmenden Verdunstung in Deutschland dann insgesamt weniger Wasser zur Verfügung stehen wird (vgl. z. B. [2, 4]). Bei langfristigen Investitionen, wie der Planung von Infrastrukturen oder auch in der

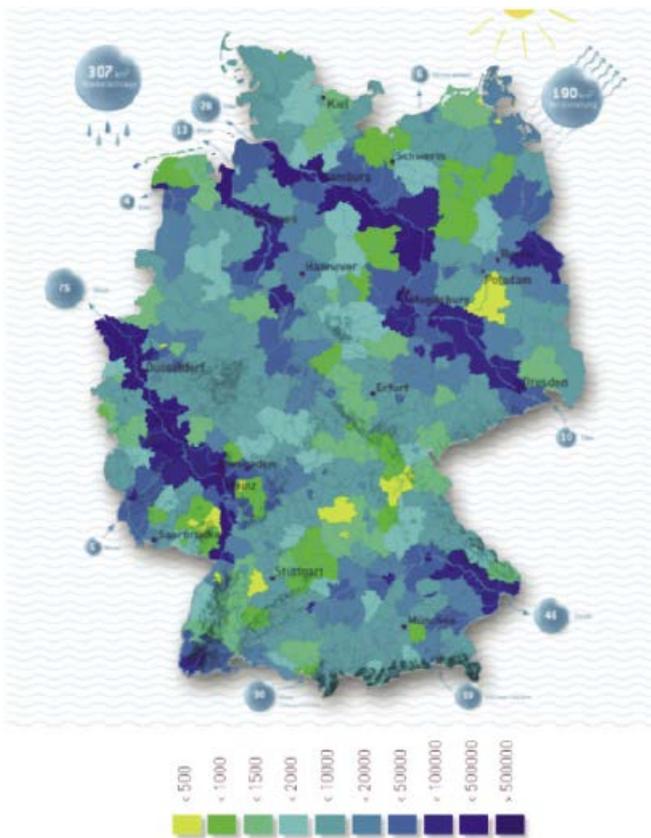


Abb. 3: Natürliches Wasserdargebot nach Kreisen im Durchschnitt der Jahre 1960–1991 in l/m<sup>2</sup> sowie Wassermengen, die durch große Flüsse über Grenzen und Küsten zu- oder abfließen in km<sup>3</sup> pro Jahr. Datengrundlage: [2, 3]

Forstwirtschaft, müssen diese Entwicklungen heute schon berücksichtigt werden, wenn sichergestellt werden soll, dass diese sich in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts nicht entwert.

### Wo ist Wasser knapp?

Um eine Aussage darüber treffen zu können, wo in Deutschland Wasser ein knappes Gut ist, muss neben der regionalen natürlichen Wasserverfügbarkeit gleichzeitig auch betrachtet werden, in welchem Ausmaß Wasser benötigt und genutzt wird. Hierzu hat das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) eine regionalisierte Nutzungsbilanz berechnet, die jeweils die in einem Landkreis oder einer kreisfreien Stadt geförderten Wassermengen den in diesem Kreis genutzten Mengen gegenüberstellt (Abbildung 4).

Abbildung 4 zeigt ein interessantes Muster: In den orange dargestellten Defizitgebieten wird mehr Wasser genutzt als vor Ort verfügbar ist. Die hellgrünen Flächen repräsentieren Kreise mit gegenwärtig ausreichender Eigenversorgung, und die dunkelgrünen Kreise zeigen die „Lieferregionen“, die den Defizitregionen per Fernleitungen Wasser zur Verfügung stellen. Diese auf Grundlage statistischer Daten erstmals in dieser Weise näherungsweise berechnete und dargestellte regionale Wassernutzungsbilanz liefert eine anschauliche Erklärung für das weit verzweigte „künstliche Gewässernetz“ in Deutschland: die Fernwasserleitungen, die in Abbildung 4 in Rot neben das „natürliche Gewässernetz“ in Blau treten [3–9]. Aus Fern-

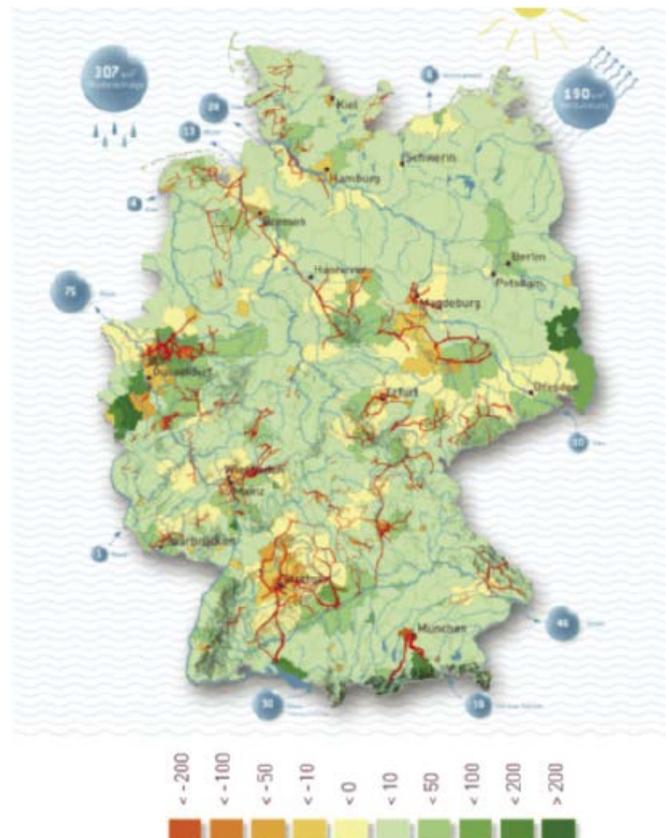


Abb. 4: Nutzungsbilanz aus öffentlicher und nichtöffentlicher Wassergewinnung abzüglich der Wassernutzungen nach Kreisen in l/m<sup>2</sup>. Bezugsjahr 2010, Datengrundlage: [3], Berechnungen des IÖW auf Grundlage von Daten der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder [5–9]

leitungen beziehen über ein Viertel der Haushalte in Deutschland ihr Trinkwasser. Zeiten des Wassermangels, wie sie in den 1940er- und 1950er-Jahren beispielsweise im Stuttgarter Raum noch massiv auftraten, konnten durch ingenieurtechnische Lösungen nun bereits seit Jahrzehnten weitgehend vermieden werden.

### Alle Knappheitsprobleme gelöst?

Zwei Entwicklungen geben jedoch weiterhin Anlass zur Sorge: Bisher spielt die Bewässerung in der Landwirtschaft in den meisten Regionen Deutschlands zwar noch eine eher unbedeutende Rolle. Lediglich in Rheinland-Pfalz und Niedersachsen gibt es bereits heute einige Kreise, in denen wasserhaushaltsrelevante Mengen (etwa 30 mm bezogen auf die Gesamtfläche des Landkreises) zur Bewässerung eingesetzt werden [10, 11]. Dies könnte sich im Zuge des Klimawandels und der mit der Erwärmung zunehmenden Verdunstung jedoch deutlich ändern. Dann könnte es in fast allen ostdeutschen Bundesländern und in weiten Teilen Niedersachsens zu Konflikten kommen zwischen der Ertragsicherung in der Landwirtschaft und den Nutzungsansprüchen anderer Wassernutzer, wie Haushalten, Industrie, Forstwirtschaft und Naturschutz. Insbesondere in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts wird es voraussichtlich eine ganze Reihe von Regionen geben, in denen weniger als 30 mm an gebietsbürtigem Abfluss pro Jahr zur Verfügung stehen (vgl. [4]) – hier bleibt wenig Spielraum für einen Ausbau der

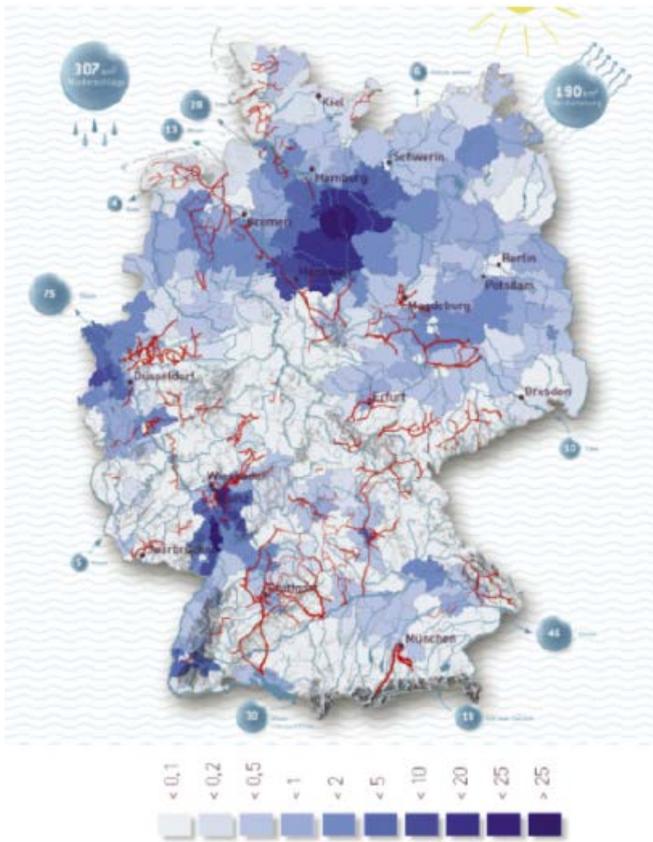


Abb. 5: Bewässerung in der Landwirtschaft nach Kreisen. Bezugsjahr 2009, Datengrundlage: Berechnungen des IÖW auf Grundlage von Daten der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder [10], Statistisches Bundesamt [11]

Bewässerungslandwirtschaft. Anpassungsmöglichkeiten bestehen dann zum Beispiel in der Wahl trockenstressresistenter Sorten, in der Erhöhung des Wasserrückhalts in der Fläche (beispielsweise durch Wiedervernässung von Feuchtgebieten – sofern dies noch möglich ist) sowie im Waldumbau mit dem Ziel der Grundwassermehrung.

### Überdüngung verknappt sauberes Wasser

Die zweite kritische Entwicklung besteht darin, dass sauberes Grund- und Oberflächenwasser durch die Verschmutzung mit Nährstoffüberschüssen aus der Landwirtschaft knapper wird. Gemeinsam mit dem Thünen-Institut für ländliche Räume und dem Forschungszentrum Jülich wurde eine deutschlandweite Abschätzung der Nitratkonzentration im Sickerwasser unterhalb der Durchwurzelungszone berechnet (Abbildung 6, [12]). Nur in wenigen Kreisen (grüne Bereiche der Karte) finden sich Nitratwerte unter 25 mg/l. In weiten Teilen des Landes liegen die Werte bei über 50 mg/l Nitrat im Sickerwasser – in einer Reihe von Kreisen sogar über 100 mg/l. Diese hohen Nitratkonzentrationen gefährden die unter diesen Flächen liegenden Grundwasserkörper und damit die langfristige Sicherung einer nachhaltigen Trinkwasserversorgung in diesen Regionen.

Dass dies nicht nur langfristig zur Gefahr wird, sondern bereits heute zu Problemen in der Trinkwasseraufbereitung führt, bestätigt auch der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW): „Aufgrund der Nitratbelastungen im Grundwasser ist es vielen Wasserversorgern zunehmend nur

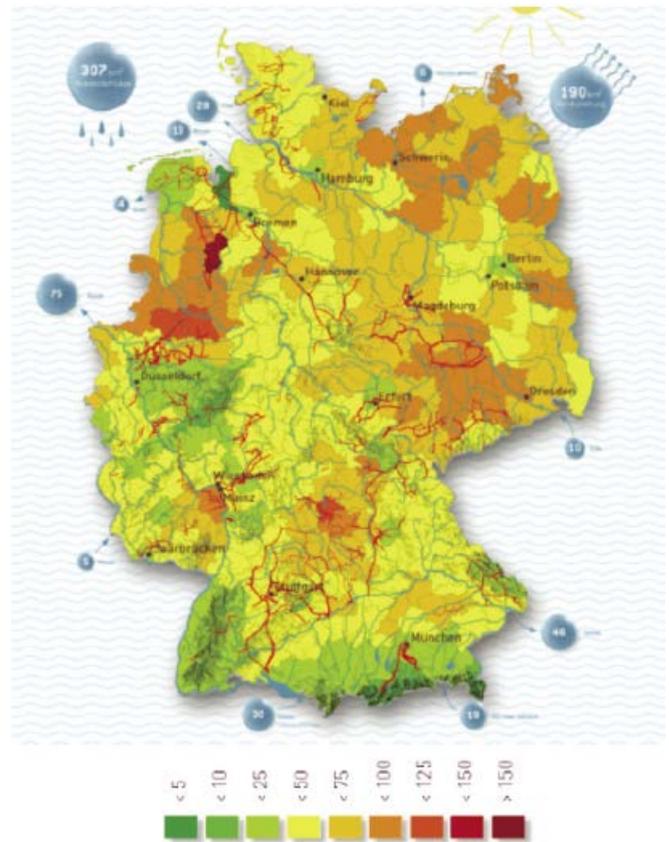


Abb. 6: Konzentration von Nitrat im Sickerwasser unterhalb der Durchwurzelungszone in mg pro Liter nach Kreisen. Datengrundlage: [12, 3]

durch Notlösungen möglich, die Einhaltung des Nitrat-Grenzwertes in der Trinkwasserverordnung von 50 Milligramm pro Liter Trinkwasser zu gewährleisten“, äußerte BDEW-Vizepräsident Jörg Simon im Juli 2015 [13].

Die Beeinträchtigung der Grundwasserqualität spiegelt sich auch in der vom Umweltbundesamt veröffentlichten Bestandsaufnahme zur chemischen Qualität der Grundwasserkörper (Abbildung 7) wider: Nahezu alle Grundwasserkörper in den landwirtschaftlichen Intensivregionen Nordrhein-Westfalens und Niedersachsens, aber auch in Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg, Bayern, Thüringen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern befinden sich in einem schlechten chemischen Zustand – insgesamt über ein Viertel aller Grundwasserkörper in Deutschland. Zwischen den Abbildungen 6 und 7 ergeben sich dabei interessante Zusammenhänge. Am extremsten sind die Belastungen zweifellos in Regionen, in denen viel Viehhaltung betrieben wird und trotz Verschärfung der Düngeverordnung nach wie vor bei weitem zu viel Wirtschaftsdünger ausgebracht wird. Interessant ist jedoch, dass auch in einigen vieharmen Ackerbauregionen offensichtlich zu reichlich gedüngt wird. Hierbei spielt neben den Ausbringungs- und Niederschlagsmengen auch die unterschiedliche Durchlässigkeit der Böden eine wichtige Rolle, die bei den Berechnungen durch das Forschungszentrum Jülich berücksichtigt wurde [12].

### Virtuelle Wasserflüsse

Doch Verbraucher und Unternehmen in Deutschland nutzen nicht allein heimische Wasserressourcen. Der Konsum importier-



arbeit im persönlichen und regionalen Umfeld erfahren und vertieft werden können. Dazu werden Projektwebsite, Poster und weitere Unterrichtsmaterialien schülergerecht aufbereitet und attraktiv gestaltet.

### Weitere Potenziale der Wasserflüsse-Plattform

Die entwickelte Informationsplattform bietet das Potenzial, weitere Ergebnisse der Wasserforschung in Deutschland oder auch des Monitorings zur Wasserrahmenrichtlinie einzubeziehen und anschaulich aufzubereiten – etwa über zusätzliche Info-Fenster oder über eigene thematische Kartendarstellungen. Auch für die Präsentation von Projektergebnissen unterschiedlicher Verbundprojekte der Wasserforschung würde sich ein solches Portal hervorragend eignen. Diese und weitere Entwicklungsmöglichkeiten sollen in der aktuell laufenden zweiten Projektphase sondiert werden.

### Dank

Das Projekt „Wasserflüsse in Deutschland“ wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Es befindet sich aktuell in seiner zweiten Phase (FKZ 033W045N, 1. Phase: FKZ 033L056).

### Literatur

- [1] Hirschfeld, J., Nilson, E., Keil, F.: *Alles im Fluss – Eine deutsche Wasserbilanz*, Internet-Informationsplattform des Projektes Wasserflüsse in Deutschland, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin, 2014, [www.bmbf.wasserfluesse.de](http://www.bmbf.wasserfluesse.de)
- [2] Nilson, E., Krahe, P.: *Untersuchungen zum natürlichen Wasserangebot in Mitteleuropa unter Berücksichtigung des globalen Klimawandels*, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 2016
- [3] Bundesumweltministerium (Hrsg.): *Hydrologischer Atlas von Deutschland*, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 2003
- [4] Hirschfeld, J., Nilson, E., Keil, F.: *Alles im Fluss – Eine deutsche Wasserbilanz*, Faltposter des Projektes Wasserflüsse in Deutschland, 3. Aufl., Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin, 2015
- [5] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: *Nichtöffentliche Wasserversorgung und Abwasserentsorgung, Wasserverwendung*, 2014
- [6] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: *Öffentliche Wasserversorgung: Anschlussgrad, Wasserabgabe an Letztverbraucher*, 2014
- [7] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: *Öffentliche Wasserversorgung: Wassergewinnung, Wasserversorgungsunternehmen*, 2014
- [8] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: *Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeits- und Wohnort*, 2014
- [9] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: *Gebietsstand*, 2014
- [10] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: *Agrarstrukturen in Deutschland*, 2011
- [11] Statistisches Bundesamt: *Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Bodenbearbeitung, Bewässerung, Landschaftselemente*, Wiesbaden, 2011
- [12] Keller, L., Wendland, F.: *Berechnung der potenziellen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser auf Kreisebene für die Bundesrepublik Deutschland*, Arbeitspapier des Forschungszentrum Jülich, Agrosphäre im Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3), Datengrundlagen: DENUZ-Modellerggebnis basierend auf N-Bilanzüberschüssen von vTI, 2013 ([www.ioew.de/publikationen/wasserfluesse](http://www.ioew.de/publikationen/wasserfluesse)), Daten bezogen auf das Jahr 2007
- [13] Wasserqualität in Gefahr? Presse-Statement von Jörg Simon, BDEW-Vizepräsident Wasser/Abwasser, Vorstandsvorsitzender der Berliner Wasserbetriebe. Pressegespräch am 14. Juli 2015, BDEW-Hauptgeschäftsstelle
- [14] WasserBLICK/Bundesanstalt für Gewässerkunde, 2010
- [15] Keil, F.: *Virtuelles Wasser und der Wasserfußabdruck*, Endbericht zu Arbeitspaket 2.3 des Forschungsprojektes „Wasserflüsse in Deutschland“, 2012, [www.ioew.de/publikationen/wasserfluesse](http://www.ioew.de/publikationen/wasserfluesse)
- [16] Poster „Alles im Fluss – Eine deutsche Wasserbilanz“, Bestellung über [www.dwa.de/shop](http://www.dwa.de/shop)
- [17] DWA: Lernbalken Wasserflüsse in Deutschland, 2015, Bestellung über [www.dwa.de/shop](http://www.dwa.de/shop)

### Autor

Dr. Jesko Hirschfeld  
 Institut für ökologische Wirtschaftsforschung  
 Potsdamer Straße 105  
 10785 Berlin

E-Mail: [jesko.hirschfeld@ioew.de](mailto:jesko.hirschfeld@ioew.de)



### Beilagenhinweis

Bitte beachten Sie die Beilagen in der November-Ausgabe der *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft*

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH,  
 10785 Berlin  
 Poster „Wasserflüsse in Deutschland“

Leibniz Universität Hannover, Arbeitsgruppe Wasser und Umwelt, 30167 Hannover  
 Studiengangsflyer