

© **Schwerpunkt »Welt im Fieber – Klima & Wandel«**

Weniger Wasser – mehr Bedarf

Ausbleibende Niederschläge, höhere Verdunstung und sinkende Grundwasserstände werden ein immer größeres gesellschaftliches Konfliktfeld

von Marion Ruppner

Die mit der Erderwärmung verbundenen Wetter- und Klimaveränderungen betreffen die landwirtschaftliche Produktion in besonderem Maß. Wasservorräte im Boden und in der Landschaft sind durch menschliche Eingriffe in den letzten Jahrzehnten zum Teil stark zurückgegangen. Das Ziel der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie, ein guter ökologischer Zustand unserer Gewässer, ist in Deutschland gerade mal an acht Prozent der Flüsse und Bäche umgesetzt worden. Gefordert ist ein Paradigmenwechsel im Umgang mit unseren Gewässern. Oberstes Prinzip muss sein, das Grundwasser zu schützen, Wasser in der Landschaft zu halten, wassersparende Anbaumethoden zu entwickeln sowie insgesamt die Landwirtschaft besser an die sich wandelnden klimatischen Rahmenbedingungen anzupassen. Denn bereits jetzt zeichnet sich ab, dass das Niederschlagswasser künftig nicht mehr ausreichen wird, um den zunehmenden Bewässerungsanspruch der Landwirtschaft zu decken. Es besteht daher dringender Handlungsbedarf.

Grundsätzlich ist Deutschland ein wasserreiches Land. Nach Angaben des Umweltbundesamtes (UBA) wurden 2016 rund 24 Milliarden Kubikmeter Wasser entnommen, das entspricht 12,8 Prozent des Wasserdargebots. Hauptnutzer waren der Energiesektor, Bergbau und verarbeitendes Gewerbe. Die öffentliche Wasserversorgung nahm gut fünf Milliarden Kubikmeter in Anspruch. Vergleichsweise niedrig stellt sich noch die Entnahme der Landwirtschaft für Beregnungszwecke dar, die 300 Millionen Kubikmeter umfasst.¹ Der Anteil an bewässerter landwirtschaftlicher Fläche ist jedoch klar im Steigen begriffen und hat zwischen 2010 und 2015 um 5,8 Prozent zugenommen. 2,7 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzflächen, 452.000 Hektar, wurden 2015 bewässert.² Dabei ist Niedersachsen mit seinem intensiven Gemüsebau das bewässerungsintensivste Bundesland mit gut der Hälfte der bewässerten Gesamtfläche. Zu den am häufigsten bewässerten Kulturen zählen Kartoffeln, gefolgt von Freilandgemüse, Erdbeerkulturen sowie Körner- und Silomais.

Klimaveränderungen sind Realität

Der Monitoringbericht der Bundesregierung zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel von 2019³ belegt, dass die Folgen der globalen Erderwärmung auch

in Deutschland spürbar geworden sind.⁴ Festgestellt wurde eine Erhöhung der durchschnittlichen Temperatur in Deutschland um 0,3 Grad Celsius innerhalb von fünf Jahren. Die Jahre 2014, 2018 und 2019 waren die drei wärmsten Jahre seit Beginn der Wetteraufzeichnung. Als Folgen für die Landwirtschaft sind – derzeit meist noch nur regional auftretend – sinkende Grundwasserstände, erhöhte Verdunstungsraten, Hitzestress für Pflanzen und Tiere, zeitliche Verschiebungen der Niederschlagsmengen und zum Teil auch der Vegetationsperioden sowie vermehrte Extremniederschlagsereignisse festzustellen.

Das UBA hat auf der Datenbasis der Grundwasser-netze der Länder die Veränderungen des Grundwasserstands von 1961 respektive 1971 bis 2017 untersucht. Dabei zeigt sich, dass im Vergleich zum langjährigen Mittel Monate mit unterdurchschnittlich niedrigen Grundwasserständen signifikant häufiger werden (Abb. 1). Wenn solche Niederschlagsdefizite über mehrere Jahre hintereinander auftreten, führt dies zu sinkenden Grundwasserständen und verringerten Quellschüttungen – mit Auswirkungen auch auf die Landwirtschaft. Geringe Grundwasserneubildungsraten werden derzeit vor allem festgestellt im nord-östlichen Tiefland von Mecklenburg Vorpommern und Brandenburg, in Sachsen-Anhalt, Sachsen und

Thüringen, der Lüneburger Heide und im Oberrheinischen Tiefland.⁵

In einer Studie des Bundesforschungsministeriums aus dem Jahr 2005⁶ wurde am Beispiel des Wasserbedarfs von Weizen eine steigende Beregnungsbedürftigkeit insbesondere für Gebiete in Nord-Ost-Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, in Brandenburg und Rheinland-Pfalz ermittelt. Berechnungsgrundlage waren die nutzbare Feldkapazität, also das Wasser, welches die Pflanzenwurzeln mit ihrer Saugkraft dem Boden entnehmen können, sowie die Wasserverfügbarkeit gemäß eines Klimaszenarios bis 2060.

Zwar sind die Sommerniederschläge im langjährigen Mittel gleichgeblieben, doch durch die höheren Temperaturen stieg die Verdunstungsrate. Beobachtet wird inzwischen auch eine länger anhaltende Frühjahrstrockenheit.⁷ Klimaforscher gehen davon aus, dass sich die Niederschläge zunehmend vom Sommer in den Winter verschieben werden und öfter mit Starkregenfällen zu rechnen ist. Die Gefahr des oberflächigen Wasserabflusses wird dadurch vergrößert. Damit verbunden ist die Zunahme von Bodenerosion, welche auch Humusverluste und Nährstoffeinträge in die Gewässer zur Folge hat.

Entwässerung der Landschaft

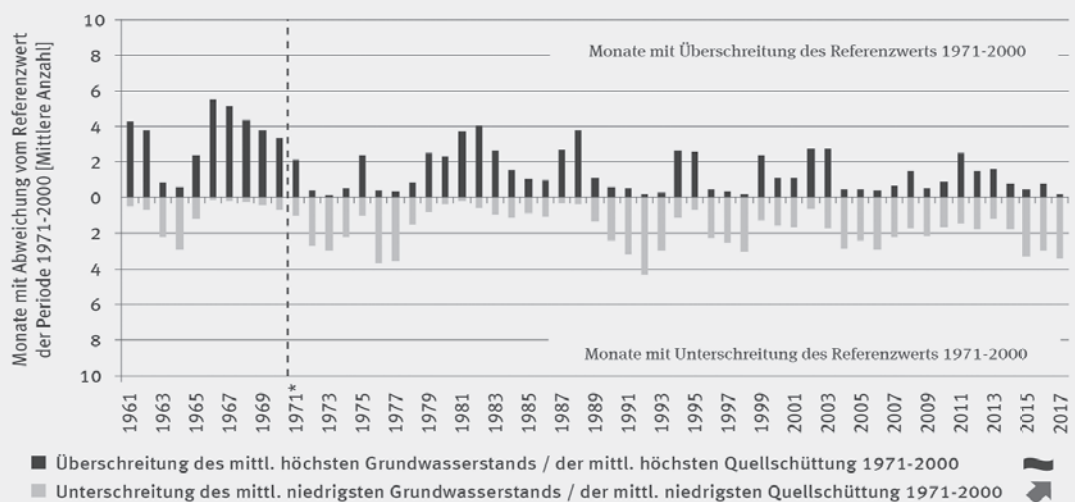
Die drohende Austrocknung unserer Böden ist auch die Folge der Infrastrukturpolitik und einer veränderten landwirtschaftlichen Nutzung. Die Land-

schaften in Deutschland wurden durch Bodenverbesserung (Melioration) und die Ausdehnung von Siedlungs- und Verkehrsflächen (fünf Millionen Hektar in Deutschland⁹) massiv verändert. Begleitend zum Wege- und Straßenbau wurden Entwässerungsgräben angelegt. Jeder versiegelte Hektar Land führt zu Verdunstungsverlusten. Auen, Sümpfe und Moore wurden trockengelegt; natürliche Auen sind in Deutschland kaum noch existent. Damit trocknet nicht nur die Landschaft zunehmend aus, sondern es werden auch riesige Mengen an Treibhausgasen wie Kohlendioxid und Methan freigesetzt, die wiederum die globale Erwärmung forcieren. Es fehlen bislang Untersuchungen zu den Einflüssen der großflächigen Entwässerung auf das Lokalklima. Die Dauergrünlandfläche, unter der Wasser besser gespeichert werden kann als auf Ackerflächen, ist auf unter 30 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche zurückgegangen. Wird das Wasser aus der Landschaft »ausgetrieben«, hat dies massive Auswirkungen auf das Kleinklima und die Niederschlagsverteilung.¹⁰

Restriktionen zur Wasserentnahme

Betriebswirtschaftlich betrachtet lohnt die Bewässerung für den landwirtschaftlichen Betrieb je höher der Deckungsbeitrag für die landwirtschaftliche Fläche ist, je effizienter und kostengünstiger die Wasserbereitstellung und die Bewässerungsmethode ist und je besser die Niederschläge und die Bodenwasservorrä-

Abb. 1: Grundwasserstände sinken⁸



* Erweitertes Messstellenkollektiv ab 1971

Datenquelle: Grundwassermessnetze der Länder

Zur Erläuterung: Unterhalb der 0-Achse ist die Unterschreitung des mittleren niedrigsten Grundwasserstands bzw. der mittleren geringsten Quellschüttung ab 1961 abgetragen. Hier ergibt sich ein signifikant steigender Trend zu einer größeren Anzahl von Monaten mit Unterschreitungen. Die Trendanalyse wurde für die Zeitreihe ab 1971 durchgeführt, da erst ab dann das volle Messstellensetz zur Verfügung steht.

te genutzt werden können. Der Bewässerungsbedarf wird in Abhängigkeit vom Wert der Kultur in Zukunft sicher zunehmen. Durch immer häufigere Trockenperioden übersteigt der Bedarf an Bewässerungswasser das zur Verfügung stehende Wasserangebot. Dies zum einen, weil die Konkurrenz mit anderen Nutzungsansprüchen, wie vor allem die Trinkwassernutzung, größer geworden ist, und zum anderen, weil die wasserwirtschaftlichen Vorsorgemaßnahmen die Entnahme begrenzen. Die Wasserentnahme zu Bewässerungszwecken aus dem Grund- oder Oberflächenquellwasser ist genehmigungspflichtig nach dem Wasserhaushaltsgesetz. Die Genehmigungen erteilen die Wasserbehörden des jeweiligen Bundeslandes.

Die *Entnahme oberflächennahen Grundwassers* für landwirtschaftliche Zwecke muss sich an der Grundwasserneubildungsrate orientieren. Denn sonst drohen ein Absinken des Grundwasserspiegels, die Schädigung von Feuchtgebieten, das Versiegen von Bächen und Quellen sowie Gebäudeschäden. Vor allem aber ist Grundwasser auch ein Lebensraum, der dadurch direkt geschädigt wird.

Ebenso müssen Begehrlichkeiten zur *Tiefenwasserentnahme* aus wasserwirtschaftlicher Sicht untersagt werden, wie auch das Bayerische Landesamt für Umweltschutz feststellt: »Denn jede Entnahme von ›tiefem Grundwasser‹ erhöht dessen Fließgeschwindigkeit zum Entnahmebereich hin. [...] Durch den Zutritt jüngeren Grundwassers kann die Beschaffenheit des ›tiefen Grundwassers‹ zwangsläufig verändert, d. h. seine Qualität beeinträchtigt, werden. Je größer die Tiefengrundwasser-Entnahme ist, desto stärker verändert sich auch das ursprüngliche Druck- und Strömungssystem. Absenkungen des Druckspiegels initiieren einen verstärkten Grundwasserzutritt aus darüber liegenden Stockwerken oder setzen ihn z. B. durch Potentialumkehr überhaupt erst in Gang (Leakage-Effekt – vom Leakage-Effekt spricht man, wenn Grundwasser von einem Grundwasserstockwerk in ein anderes tritt). Dadurch gelangen in wesentlich kürzerer Zeit als natürlich vorgesehen jüngere Grundwässer mit deren eventuellen anthropogenen Belastungen in die tiefen Grundwassersysteme.«¹¹ Wenn Belastungen nicht oder zu spät erkannt werden, dann dauert die Sanierung des Wasserreservoirs sehr lange oder ist gar nicht mehr möglich.

Auch die Bewässerung aus *Oberflächenwasser und Uferfiltrat* muss künftig restriktiver gehandhabt werden. Bei niedrigen Pegelständen ist sie einzuschränken, da sonst die Ziele der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie nicht eingehalten werden können. Das Bayerische Landesamt für Umwelt führt dazu aus: »Der Erhalt einer ökologischen Mindestwasserführung in Fließgewässern sowie eines Mindestwasserstands in Seen ist zwingend erforderlich, um einen

guten ökologischen Zustand der Gewässer sicherzustellen. Infolge klimatischer Veränderungen führen vor allem kleinere Gewässer in trockenen und heißen Sommermonaten immer häufiger Niedrigwasser oder trocknen selbst aus. Der gewünschte Bewässerungsbedarf kann aus solchen Gewässern dann oftmals nicht gedeckt werden. Wasserentnahmen aus Fließgewässern in Zeiten hinreichender Abflüsse zur Füllung von Speicherbecken und Bereitstellung für die Bewässerung in abflussarmen Zeiten stellen daher das bevorzugte Konzept für die Zukunft dar.«¹² Optimal für die Bewässerung ist das gesammelte Niederschlagswasser. Regenwasserrückhalt mit gutem Verdunstungsschutz ist das Gebot der Stunde.

Wasserschonende Landwirtschaft

Wie oben angeführt, wird das Niederschlagswasser künftig nicht ausreichen, um den zunehmenden Bewässerungsanspruch der Landwirtschaft zu decken. Deshalb muss weiter intensiv an Lösungen gearbeitet werden.

Das beginnt bereits bei der Anbauplanung. Um die Wasserspeicherkapazität der Böden zu erhöhen und die Verdunstung über die Bodenoberfläche zu vermindern, sollten Kulturen ausgewählt werden, die eine möglichst hohe und lange Bodenbedeckung gewährleisten. Gerade Kulturen, bei denen der Boden im Frühjahr lange nicht bedeckt ist, haben eine höhere Evaporation (Verdunstung). Höhere Humusgehalte im Boden durch humusaufbauende Fruchtfolgen dienen der Steigerung der Wasserkapazität der Böden. Kulturen und Sorten mit einem gut ausgebildeten, tiefgehenden Wurzelsystem können Wasservorräte im Boden besser nutzen und mit Trockenstress besser umgehen. Feuchtstellen in den Böden gilt es zu erhalten. Alle Maßnahmen zum Erosionsschutz sind umzusetzen, dazu zählen auch die Unterlassung des Anbaus von Hackfrüchten in Hanglagen und die Anlage von Grünstreifen oder Terrassierungen.

Agroforstsysteme können dazu beitragen, den Oberflächenabfluss zu verringern, weil die Bäume das Einsickern des Wassers in den Untergrund fördern. Sie wirken positiv auf den Bodenschutz und die Kohlenstoffspeicherung und können zu höherer Nährstoffeffizienz, zur Reduktion der Nährstoffverluste und zu einem besseren Wasserrückhalt beitragen.¹³ Zu der Evapotranspiration aus Baum- und Gehölzreihen liegen bisher leider erst relativ wenige Untersuchungen vor. Das Thema wird in der landwirtschaftlichen Forschung und Beratung erst allmählich aufgegriffen.

Wie sieht die künftige Bewässerung aus?

Wird Bewässerung eingesetzt, muss dies künftig immer differenzierter erfolgen, um mit einem möglichst

geringen Aufwand annehmbare Erträge zu erzielen. Mit der sog. Defizitbewässerung (*deficit irrigation*) soll durch reduzierte Bewässerung nicht mehr ein Maximalertrag, sondern ein eingeschränkter Ertrag in Verbindung mit einer starken Wassereinsparung erreicht werden.¹⁴ Aus dem Obst- und Weinbau liegen bereits gute Ergebnisse mit der Defizitbewässerung vor, ohne dass dies zu erheblichen Ertragsrückgängen führt.

Bei den technischen Lösungen sind mobile Beregnungsmaschinen mit Großflächenregner die am weitesten verbreitete Beregnungstechnik in Deutschland, denn diese sind flexibel einsetzbar und die Anschaffungskosten gering. Kritisch zu sehen sind der hohe Energieverbrauch und die schlechte Wasserverteilung, welche zu Wasserverschwendung, insbesondere bei stärkerem Wind, führt.

Die Tropfbewässerung ist die mit Abstand wasser- und energieeffizienteste Methode, sie ist jedoch auch sehr arbeits- und deshalb kostenintensiv. Die Vorteile

der Tropfbewässerungstechnik sind die exakte Wasserverteilung, bei der die Pflanze trocken bleibt, und eine deutliche Reduzierung des Wasserbetriebsdrucks und damit der Energiekosten. Sie wird vor allem im Erdbeer-, Spargel-, Zucchini- oder im Strauchobst-anbau eingesetzt. Im Kartoffelanbau konnte sich Tropfbewässerung wegen der hohen Verfahrenskosten bislang noch nicht durchsetzen. Es besteht derzeit noch ein hoher technischer Entwicklungsbedarf für kostengünstige Systeme, zum einen zur Verlegung der Tropfschläuche in die Kartoffeldämme und zum anderen zu deren Entnahme vor der Kartoffelernte.¹⁵ Nach Angaben des UBAs werden in 79 Prozent der Betriebe Sprinkler für die Bewässerung eingesetzt, 32 Prozent der Betriebe nutzen (auch) Tropfbewässerung.¹⁶

Ob es in Deutschland erforderlich ist, gereinigtes Brauchwasser zu nutzen, wie es in vielen Staaten der Welt (gerade in wasserarmen Regionen) längst gängige Praxis ist, ist noch umstritten. Doch in der EU nimmt die Diskussion zur Verwendung von gereinigtem Abwasser an Fahrt auf. Im Juni 2020 verabschiedeten die EU-Mitgliedstaaten die Verordnung über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung. Sie wird am 26. Juni 2023 in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union und damit auch in Deutschland ihre Gültigkeit erlangen.¹⁷

Bisher warnt das UBA vor der Klärwassernutzung wegen Mikroverunreinigungen mit Schadstoffen (wie Rückständen von Arzneimitteln und Röntgenkontrastmitteln), Pflanzenschutzmitteln und Mikroplastik sowie Viren und Bakterien, die bei der derzeitigen Abwasserreinigung nicht herausgereinigt werden können.

Das UBA hat in einer Studie 2018¹⁸ festgestellt, dass der Anteil von behandeltem Abwasser in Fließgewässern bei Niedrigwasser zum Teil bei 30 bis 50 Prozent liegen kann, beispielsweise in Abschnitten des Mains, der Ems, der Weser und der Havel. Teilweise können diese Anteile auf über 50 Prozent steigen wie in Teileinzugsgebieten des Neckars und des Nieder- und Mittelrheins.¹⁹ Diese besorgniserregenden Entwicklungen erfordern unabhängig von der Bewässerungsfrage die Einführung weiter verbesserter Reinigungssysteme in den Kläranlagen.²⁰ Selbstverständlich müssen auch alle Bemühungen, Schadstoffe erst gar nicht in die Wasserkreisläufe gelangen zu lassen, verstärkt angegangen werden.

Ausblick

Da sich weitere Trockenheitsprobleme abzeichnen, müssen auch in Deutschland intensivere Diskussionen über die künftige Verteilung der Wasserressourcen geführt werden, die nicht nur den landwirtschaftlichen Sektor betreffen, sondern auch Energiewirtschaft, Industrie und private Haushalte erfassen. Für

Folgerungen & Forderungen

- Durch die globale Erwärmung öffnet sich für die Landwirtschaft die Schere zwischen erhöhtem Wasserbedarf und verringerter Wasserverfügbarkeit immer weiter.
- Die landwirtschaftliche Wasserentnahme darf die Ziele des Gewässerschutzes, wie sie in der EU-Wasserrahmenrichtlinie festgeschrieben sind, nicht gefährden. Die Entnahme ist regelmäßig zu überwachen (inkl. der geförderten Wassermenge) und illegale Entnahmen sind scharf zu sanktionieren. Die Entnahme muss einem Wasserentnahmeentgelt unterliegen und bundesweit einheitlich geregelt sein.
- Bevor eine künstliche Bewässerung erfolgen darf, sind grundsätzlich bei Anbauplanung und -verfahren alle Maßnahmen zu nutzen, die die Wasserspeicherkapazität der Böden erhöhen und den Wasserbedarf sowie die Verdunstung senken.
- Die Wassergabe ist so effektiv wie möglich zu gestalten. Die Tropfbewässerung muss andere Bewässerungen schrittweise ersetzen.
- Das Wasser hat aus oberflächennahen Grundwasservorkommen (kein Tiefengrundwasser) oder gespeichertem Niederschlagswasser zu stammen und nicht aus Bächen, Flüssen oder Seen, um diese Wasserökosysteme nicht zu gefährden. Dabei darf die Grundwasserentnahme die Neubildungsrate nicht übersteigen.
- Die Ernährungssicherung muss unter Berücksichtigung der verfügbaren Wasserreserven in der Einen Welt erfolgen; Wasserimporte aus Wassermangelgebieten sind zu unterlassen.

den Landwirtschafts- und Ernährungsbereich kann dies bedeuten, eine Priorisierung von Kulturen für die Bewässerung vorzunehmen, z. B. für Obst und Gemüseanbau, insbesondere für vitaminreiche Sorten, Feldgemüseanbau, Kartoffeln und im Gegenzug beispielsweise den Anbau von Energiepflanzen auszunehmen. Im Hinblick auf den Wasserverbrauch durch unsere Ernährung müssen auch indirekte Wasserimporte aus Wassermangelgebieten unter ethischen und sozialen Gesichtspunkten diskutiert und der Wasserverbrauch durch den Futtermittelanbau im Verhältnis zu direkter pflanzlicher Ernährung thematisiert werden. Und eins ist sicher: Die Probleme der künftigen Wasserversorgung werden dramatisch zunehmen, wenn es nicht gelingt, die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens zu erreichen, die Erderwärmung auf 1,5 Grad Celsius zu beschränken.

Das Thema im Kritischen Agrarbericht:

- ▶ Laura Vittorelli: Das Ende der Geduld. Über Defizite bei der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland und die Forderungen an Landwirtschaft und Politik. In: Der kritische Agrarbericht 2017, S. 73–78.
- ▶ Jürgen Heß: Per se gut. Die Leistungen des Ökolanbaus für den Grund- und Trinkwasserschutz. In: Der kritische Agrarbericht 2017, S. 118–122.
- ▶ Karin Wenz und Nadja Ziebarth: Düngerüberschüsse aus der Landwirtschaft. Gefahr für Flüsse, Seen und Meere. In: Der kritische Agrarbericht 2017, S. 199–203.
- ▶ Andrea Beste: Vergiftet. Pestizide in Boden und Wasser – das Beispiel Glyphosat. In: Der kritische Agrarbericht 2017, S. 204–208.

Anmerkungen

- 1 Umweltbundesamt: Wasserressourcen und ihre Nutzung (veröffentlicht am 20. April 2020) (www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserressourcen-ihre-nutzung#die-wassernutzer).
- 2 Statistisches Bundesamt (Destatis): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Bewässerung in landwirtschaftlichen Betrieben/ Agrarstrukturerhebung 2016. Wiesbaden 2017.
- 3 »Klimawandel in Deutschland: Neuer Monitoringbericht belegt weitreichende Folgen.« Gemeinsame Pressemitteilung von BMU und UBA vom 26. November 2019 (www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/klimawandel-in-deutschland-neuer-monitoringbericht).
- 4 Zu den Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland, insbesondere auf die Landwirtschaft, siehe auch den Beitrag von Claudia Heidecke et al. in diesem *Kritischen Agrarbericht* (S. 13–18).
- 5 Umweltbundesamt: Rahmenbedingungen für die umweltgerechte Nutzung von behandeltem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung. (Texte 34/2016). Dessau-Roßlau 2016 (www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_34_2016_rahmenbedingungen_fuer_die_umweltgerechte_nutzung_von_behandeltem_abwasser_o.pdf).
- 6 S. Schimmelpfenning et al. (Hrsg.): Bewässerung in der Landwirtschaft. Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg. (Thünen Working Paper 85). Braunschweig 2018, S. 125–136 (https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_85.pdf).
- 7 Ebd., S. 21.
- 8 Umweltbundesamt: WW-I-1: Grundwasserstand (veröffentlicht am 26. November 2019) (www.umweltbundesamt.de/ww-i-1-das-indikator#w-1-1-grundwasserstand).

- 9 Umweltbundesamt: Siedlungs- und Verkehrsfläche (veröffentlicht am 19. Juni 2020) www.umweltbundesamt.de/daten/flaecheboden-land-oekosysteme/flaechesiedlungs-verkehrsflaechen.
- 10 Bayerisches Landesamt für Umweltschutz: [Klimawandel und Wasserhaushalt] Auswirkungen auf die Wasserbilanz (www.lfu.bayern.de/wasser/klima_wandel/auswirkungen/wasserbilanzen/index.htm).
- 11 Bayerisches Landesamt für Umweltschutz: Nutzung tiefer Grundwässer. Merkblatt Nr. 1.4/6. Stand: 28. Juni 1995 (www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil1_grundwasserwirtschaft/doc/nr_146.pdf).
- 12 Bayerisches Landesamt für Umweltschutz: Wasserentnahmen für die Bewässerung (www.lfu.bayern.de/wasser/bewaesserung/index.htm).
- 13 A. Kaeser et al.: Umwelteleistungen der Agroforstwirtschaft. (ART-Bericht 736). Ettenhausen 2010 (www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/ba/Pflanzenbau/Biodiversitaet/agroforst_ART_Bericht_736_D.pdf). – S. Kay, M. Jäger und F. Herzog: Moderne Agroforstsysteme in der Schweiz. Partizipative Entwicklung und künftige Herausforderungen. In: Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft 98/2 (o. J.) <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/299/504>. – Zum Ganzen siehe auch den Beitrag von Rico Hübner in diesem *Kritischen Agrarbericht*, S. 241–246.
- 14 Schimmelpfenning (siehe Anm. 7), S. 125–135.
- 15 Ebd., S. 65–76.
- 16 Umweltbundesamt: LW-R-6: Landwirtschaftliche Berechnung (veröffentlicht am 26. November 2019) (www.umweltbundesamt.de/lw-r-6-das-indikator#berechnung-wird-lukrativer).
- 17 Umweltbundesamt: Wasserwiederverwendung (veröffentlicht am 3. August 2020) (www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserwiederverwendung#nutzung-aufbereiteten-wassers-zur-ressourcenschonung-in-der-europaischen-union). – Verordnung (EU) 2020/741 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2020.177.01.0032.01.DEU&toc=OJ.L:2020:177:TOC).
- 18 Umweltbundesamt: Studie: Dynamik der Klarwasseranteile in Oberflächengewässern und mögliche Herausforderungen für die Trinkwassergewinnung in Deutschland. Zusammenfassung der Ergebnisse. Stand: 1. August 2018 (www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/2018_08_02_factsheet_abschluss_klarwasseranteile_final_1.pdf).
- 19 Ebd.
- 20 Umweltbundesamt: Belastung der Umwelt mit Bioziden realistisch erfassen – Schwerpunkt Einträge über Kläranlagen. Abschlussbericht (Texte 169/2020). Dessau-Roßlau 2020 (www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_169-2020_belastung_der_umwelt_mit_bioziden_realistischer_erfassen_-_schwerpunkt_eintraege_ueber_klaeranlagen.pdf). – Siehe auch: Umweltbundesamt: Sind Biozideinträge in die Umwelt von besorgniserregendem Ausmaß? Empfehlungen des Umweltbundesamtes für eine Vorgehensweise zur Untersuchung der Umweltbelastung durch Biozide. (Texte 15/2017). Dessau-Roßlau 2017.



Marion Ruppenner

Diplomagraringenieurin, tätig als Agrarreferentin beim BUND Naturschutz in Bayern.

marion.ruppenner@bund-naturschutz.de