

BUND-Studie

# Nitrat im Trinkwasser

Problemlage, aktuelle Forschungsergebnisse und Analyse bisher eingeschlagener Lösungswege

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

Kontakt:

Laura von Vittorelli  
Gewässerpolitik

Tel.: 030-27586-532

E-Mail: [gewaesser@bund.net](mailto:gewaesser@bund.net)

Silvia Bender  
Biodiversität

Tel.: 030-27586-511

E-Mail: [silvia.bender@bund.net](mailto:silvia.bender@bund.net)

Februar 2019

## Deutschland hat ein Nitratproblem

Unser wichtigstes Lebensmittel ist das Trinkwasser. Es wird sorgfältig überwacht und befindet sich flächendeckend in einem einwandfreien Zustand (UBA 2018a). Doch ein Thema kommt nicht aus den Schlagzeilen: die Nitratbelastung des Grundwassers – mit rund 70 Prozent die mit Abstand wichtigste Ressource für Trinkwasser (Statistisches Bundesamt 2015). Schon seit geraumer Zeit blicken Gewässerschützer\*innen und Wasserversorgungsunternehmen mit Sorge auf die Entwicklung der Nitratbelastung im Grundwasser. Wie dies auch beim Trinkwasser der Fall ist, so darf ein Liter Grundwasser maximal 50 Milligramm Nitrat enthalten. Messergebnisse zeigen jedoch, dass besonders Gebiete mit hohem Viehbesatz – etwa in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Bayern – von Grenzwertüberschreitungen betroffen sind. Die dort anfallenden Ausscheidungen in Mastanlagen und Milchkuhbetrieben landen als Dünger auf den umliegenden Ackerflächen.

Düngung ist in der Landwirtschaft unentbehrlich, um gute Erträge zu erzielen und die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. Um Stickstoffeinträge zu vermeiden, ist eine bedarfsgerechte und sorgsame Düngung längst noch nicht gängige Praxis. Stickstoffverbindungen, die nicht von der Pflanze aufgenommen wurden, entweichen in die Atmosphäre oder werden als Nitrat in die Oberflächengewässer und Grundwässer ausgewaschen. Seit Jahren produziert die deutsche Landwirtschaft einen Stickstoffüberschuss von ca. 100 Kilogramm pro Hektar und Jahr (BMEL 2018). Die Bundesregierung setzt sich in ihrer Nachhaltigkeitsstrategie zwar das Ziel, den Überschuss bis 2030 auf 70 Kilogramm zu reduzieren, nach Einschätzung des Umweltbundesamtes reicht diese Absenkung jedoch nicht aus, um Boden, Wasser und Klima ausreichend zu schützen. Es plädiert daher für einen Zielwert von 50 Kilogramm Stickstoff pro Hektar und Jahr (UBA 2017a).

Über den Zustand des Grundwassers muss Deutschland alle vier Jahre mit einem sogenannten Nitratbericht die Europäischen Umweltagentur (EUA) informieren. Mit dieser Berichterstattung soll überprüft werden, ob die Grenzwerte gemäß der europäischen Nitratrichtlinie eingehalten werden. Wichtigstes Instrument zur Umsetzung derselben ist dabei die Düngeverordnung. Sie regelt die sachgerechte Anwendung von Düngemitteln auf den Feldern und beinhaltet Grundsätze zur Bedarfsermittlung. Als Datengrundlage für die Nitratberichte dient hierbei ein repräsentatives Grundwassermessnetz. Im Beobachtungszeitraum 2012-2014 wurden bundesweit an 18,1 Prozent der Grundwassermessstellen Nitratkonzentrationen von über 50 Milligramm pro Liter festgestellt. Unter landwirtschaftlich genutzten Flächen (Acker, Grünland,

Sonderkulturen) beträgt der Anteil sogar 28 Prozent. Im Vergleich zum Messzeitraum 2008-2011 hat sich die Belastungssituation nicht verschlechtert, allerdings auch nicht verbessert (BMUB/BMEL 2017).

Die alte Düngeverordnung reichte nicht aus, um die Stickstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft zu reduzieren. Da die Nitratrichtlinie 25 Jahre nach deren Inkrafttreten von Deutschland noch nicht umgesetzt worden war, leitete die EU-Kommission 2016 ein Vertragsverletzungsverfahren ein. Zwei Jahre später wurde die Bundesrepublik vom Europäischen Gerichtshof wegen der Verletzung von EU-Recht verurteilt. Das Gericht bezog sich in seinem Urteil auf die düngerechtlichen Vorschriften, die 2006 in Kraft gesetzt wurden. Mittlerweile gilt eine neue Düngeverordnung. Erste wissenschaftliche Einschätzungen gelangen jedoch zu dem Schluss, dass die 2017 beschlossenen Änderungen im Düngerecht zu keinem ausreichenden Schutz der Gewässer vor Stickstoffeinträgen führen werden (UBA 2018b; Taube 2018). Diese Position teilt offensichtlich auch die EU-Kommission: Die Bundesregierung hat der Kommission nun Vorschläge unterbreitet, wie sie die Düngeverordnung überarbeiten wird, um die Ziele der europäischen Nitratrichtlinie zu erreichen. Ein Schritt in die richtige Richtung.

Warum gibt es einen Grenzwert für Nitrat im Trinkwasser?

Ein Liter Trinkwasser darf maximal 50 Milligramm an Nitraten enthalten. Diesen Wert hat die deutsche Trinkwasserverordnung als Grenzwert übernommen. Von der Stickstoffverbindung selbst geht zunächst keine große Gefahr aus. Im Körper können Nitrate jedoch von Bakterien zu Nitriten umgewandelt werden, welches in größeren Mengen den Sauerstofftransport im Blut behindert. Eine Erstickungsgefahr besteht insbesondere bei Säuglingen, da bei ihnen ein entsprechender Schutzmechanismus noch nicht richtig ausgebildet ist. Unabhängig vom Alter sollten hohe Aufnahmen von Nitrat daher generell vermieden werden. Nitrite können im Magen zu sogenannten Nitrosaminen reagieren, welchen in Tierversuchen eindeutig eine krebsauslösende Wirkung nachgewiesen wurde. Über die Krebsgefahr von Nitrosaminen informiert das Deutsche Krebsforschungszentrum.

Eine Überschreitung des Nitratgrenzwertes im Trinkwasser ist in Deutschland die seltene Ausnahme. Allerdings greifen Wasserversorgungsunternehmen schon jetzt auf verschiedene Vorsorgemaßnahmen zur Nitratminderung zurück. Reichen diese irgendwann nicht mehr aus, müssten Aufbereitungstechniken zum Einsatz kommen, die sowohl aufwendig als auch kostenintensiv sind (siehe Abbildung Seite 9 und Tabelle Seite 10).

## Zeitliche und räumliche Einflussfaktoren

In einem natürlichen Grundwasser ist immer eine mehr oder weniger große Menge an gelösten Inhaltsstoffen vorhanden. Die Zusammensetzung ist dabei geprägt von den geologischen Bedingungen. Es gibt durchaus Vorkommen von unbeeinflussten Grundwässern, z.B. in der Nähe von Salzlagerstätten, die aufgrund ihres natürlichen Gehaltes an bestimmten Inhaltsstoffen als Trinkwasserquelle ungeeignet sind. Wie gut Grundwasservorräte vor menschlichen Aktivitäten geschützt sind, hängt u.a. von den Eigenschaften der grundwasserüberdeckenden Schichten sowie von der Witterung ab. Ein geringes Risiko für Nitratverlagerungen besteht bei Böden mit hohem Wasserspeichervermögen und geringen Sickerwassermengen. Nitrat kann außerdem bis zu einem gewissen Grad durch mikrobielle Vorgänge abgebaut werden.

Mitunter können die Standorteigenschaften dazu führen, dass die Nitratbelastung unter intensiv genutzten Ackerflächen geringer ist als in Grundwasserleitern unter Grünland. Dennoch hat die Art der Flächennutzung im Wassereinzugsgebiet erheblichen Einfluss. Am wenigsten belastet ist Grundwasser in Waldgebieten: Weniger als zwei Prozent der dort befindlichen Grundwassermessstellen weisen eine Nitratkonzentration über dem gesetzlichen Höchstwert auf. Es folgen Siedlungsflächen mit 6,3 Prozent und Grünland (Wiesen und Weiden) mit 8,6 Prozent. In Ackerbauregionen liegt die Nitratkonzentration bei einem Drittel der Messstellen über 50 Milligramm je Liter Grundwasser. 17,4 Prozent der dortigen Messstation zeichnen Konzentrationen von sogar über 90 Milligramm pro Liter auf (BMU/UBA 2017).



Abbildung 1: Belastung des Grundwassers ist abhängig von der Art der Flächennutzung

Quelle: BUND/Ellen Stockmar

Für die Nitratbelastung in Wassergewinnungsgebieten spielt der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen eine große Rolle. Entscheidend ist aber hierbei nicht nur das Ausmaß an Ackerflächen, sondern auch, was auf ihnen wächst. Aufgrund staatlicher Subventionen hat sich Mais als Futterpflanze weit etabliert und ist mittlerweile nach Weizen die zweitwichtigste Nutzpflanze in Deutschland. Wie Raps ist Mais außerdem zu einer bedeutsamen Energiepflanze zur Erzeugung von Biokraftstoffen und Biogas geworden. Die landwirtschaftlich erzeugte Energie ist jedoch nicht zwangsläufig umwelt- bzw. grundwasserfreundlich. Mais produziert in kurzer Zeit sehr viel Biomasse und ist daher äußerst düngintensiv. Zugunsten des Maisanbaus wurden außerdem vermehrt Weiden und Wiesen in Anspruch genommen – mit weitreichenden Folgen für Klima (Freisetzung von Kohlendioxid und Lachgas nach einem Grünlandumbruch),

Artenvielfalt sowie Boden- und Gewässerschutz. Vor allem im Grenzbereich von Gewässern übernehmen Grünlandflächen wichtige Puffer- und Filterfunktionen und verhindern die Auswaschung von Schad- und Nährstoffen.

Grundwasser ist ein träges Medium. Das volle Ausmaß der Nitratbelastung werden die Wasserversorger daher erst in naher Zukunft zu spüren bekommen. Es können Jahrzehnte vergehen, bis das Grundwasser vom Ort der Neubildung die Entnahmestelle erreicht. Auch wenn zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Rohwasserqualität in vielen Gewinnungsgebieten noch zufriedenstellend ist, kann sich die Situation schon bald verändern. Darauf weisen explizit Wasserversorgungsunternehmen hin und begründen damit ihre Aktivitäten für den präventiven Grundwasserschutz bereits bei geringen Belastungen (BDEW 2017). Gleichzeitig verursachen nicht nachlassende Nitratreinträge in Intensivlandschaften ein Aufbrauchen des natürlichen Abbaupotenzials im Untergrund (DVGW 2013). Insofern muss auch vor diesem Hintergrund mit steigenden Nitratkonzentrationen in den nächsten Jahrzehnten gerechnet werden. Gleichwohl bedeutet das, dass es selbst bei einem sofortigen Stopp aller von Menschen verursachten Nitratemissionen noch lange dauern kann, bis die Nitratgehalte im Grundwasser wieder abnehmen werden.

Wie gelangt Nitrat ins Grundwasser: Herausforderungen für die öffentliche und private Wasserversorgung

Mehr als 99 Prozent der Bevölkerung in Deutschland sind an das zentrale Trinkwassernetz angeschlossen, für die Trinkwasserbereitstellung sorgen rund 6.000 Versorgungsbetriebe. Bestenfalls kümmern sie sich nur um die Verteilung des kostbaren Nasses. In der Realität müssen Wasserwerke jedoch oft mehrere Aufbereitungsverfahren anwenden, um die Güteeigenschaften gemäß der Trinkwasserverordnung einzuhalten. Zu den problematischsten Umweltschadstoffen im Trinkwasser zählen Arzneimittel, Pflanzenschutzmittel und eben Nitrat. In Deutschland wurden rund 55.000 Quadratkilometer als Wasserschutzgebiet ausgewiesen. Das entspricht ungefähr 15,4 Prozent der Landesfläche (BMU/UBA 2017). Innerhalb dieser Flächen ist die Bundesrepublik dazu verpflichtet, die Qualität der Wasserkörper für die Nutzung als Trinkwasserquelle zu gewährleisten und den Umfang der Aufbereitung zu verringern (Artikel 7 (3) EG-WRRL) (siehe Seite 18).

Wie sehr die Wasserwirtschaft von der unzureichenden Umsetzung der Nitratrichtlinie betroffen ist, zeigt eine vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) durchgeführte

Umfrage auf Bundesebene. Von den 188 befragten Wasserversorgungsunternehmen gaben mehr als zwei Drittel an, dass in mindestens einer ihrer zuständigen Wassergewinnungsgebiete eine Nitratbelastung vorliegt. Von einer handlungsrelevanten Nitratbelastung spricht man laut Grundwasserverordnung bereits bei einer Konzentration von 37,5 Milligramm pro Liter. Ab einem solchen Wert müssen entsprechende Maßnahmen angeordnet werden, um potentielle Gefahren für die Ökosysteme und die menschliche Gesundheit rechtzeitig abzuwenden (Trendumkehrgebot). Auf der Ebene der Wassergewinnungsgebiete (n = 222) konnte dieser Zielwert laut Auskunft gebender Wasserversorger überwiegend eingehalten werden (86,7 %). Auch eine Überschreitung des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung von 50 Milligramm pro Liter wurde nur bei 5 Prozent der ausgewerteten Wassergewinnungsgebiete gemeldet. Allerdings weisen die Versorgungsdienstleister im BDEW-Gutachten ausdrücklich darauf hin, dass es sich bei den Angaben nur um Durchschnittswerte des geförderten Rohmischwassers aus verschiedenen Entnahmestellen handelt. Innerhalb eines Wassergewinnungsgebietes liegen jedoch meist mehrere Brunnen und diese können einzeln betrachtet erheblich belastet sein.

Dass sich die Stickstoffbelastung in Wassergewinnungsgebieten in den kommenden Jahren reduzieren wird, schätzen viele Versorgungsunternehmen laut BDEW-Umfrage als unwahrscheinlich ein. Besonders in bereits belasteten Gebieten prognostizieren die Auskunft gebenden Versorger gleichbleibende oder sogar steigende Nitratkonzentrationen. Die BDEW-Studie zeigt angesichts der großen Anzahl von Versorgungsunternehmen dabei sicherlich nur einen Ausschnitt der aktuellen Nitratproblematik für die Trinkwassergewinnung. Die Betriebe, die an der Umfrage teilgenommen haben und nach eigener Aussage mit problematischen Nitratkonzentrationen konfrontiert sind, bewirtschaften insgesamt 247 Wassergewinnungsgebiete und fördern in der Summe eine Rohwassermenge von 0,777 Mrd. Kubikmeter. Dies entspricht etwa 15 Prozent des in Deutschland insgesamt geförderten Rohwassers für die öffentliche Wasserversorgung (BDEW 2017).

Ein geringer Anteil der Bevölkerung versorgt sich über sogenannte Kleinanlagen (Hausbrunnen) selbst mit Wasser. Wer Brunnenwasser als Trinkwasser nutzen möchte, muss seine Anlage zunächst beim zuständigen Gesundheitsamt anzeigen und auf eigene Kosten regelmäßig kontrollieren lassen. Ungeachtet ihrer Größe muss in allen Versorgungsanlagen die Trinkwasserqualität gemäß Trinkwasserverordnung eingehalten werden. Werden Überschreitungen hinsichtlich des Nitratgrenzwerts festgestellt, haben Brunnenbesitzer oftmals das Nachsehen, da sie nur eingeschränkt auf weniger belastetes Grundwasser ausweichen

können. Ihnen bleibt dann oft nur – unter hohem Kostenaufwand – der Anschluss an das öffentliche Trinkwassernetz oder die Aufrüstung mit speziellen Wasserfiltern.

In vielen Fällen wird Brunnenwasser oft nur als Waschwasser, Gießwasser, WC-Spülwasser oder zum Befüllen von Gartenteichen genutzt. Aber selbst einige dieser Einsatzmöglichkeiten sind bei zu hohen Nitratwerten nicht vorbehaltlos zu empfehlen. Darauf weist der VSR-Gewässerschutz hin, ein privater Verein mit Sitz in Nordrhein-Westfalen und langjähriger Erfahrung mit Brunnenwasseruntersuchungen. Bei der letzten bundesweiten Messkampagne stellten die Gewässerexperten bei vielen privaten Brunnen Nitratkonzentrationen von über 50 Milligramm pro Liter fest. Einige Proben enthielten sogar mehr als 200 Milligramm pro Liter (VSR-Gewässerschutz 2017). Bei erhöhten Nitratwerten im Brunnenwasser sollten Gartenbesitzer sich bewusst sein, dass sie über das Gießwasser ihre Pflanzen gleich mitdüngen. Vorsicht ist insbesondere beim heimischen Gemüseanbau geboten. Vom Befüllen künstlicher Teiche mit nitratreichem Wasser wird gänzlich abgeraten. Es droht andernfalls ein starkes Wachstum von Algen und statt eines lebendigen Biotops findet man im Garten ein trübes Gewässer vor.

#### Strategien zur Minderung von Nitratbelastungen

Grundsätzlich wird beim Grundwasserschutz zwischen präventiven und reaktiven Maßnahmen unterschieden. Im Sinne des vorbeugenden Trinkwasserschutzes wird seitens der Wasserversorger der Versuch unternommen, über Kooperationen mit der Landwirtschaft Stickstoffüberschüsse zu reduzieren. Sogenannte freiwillige Vereinbarungen finden in diesem Zusammenhang bereits in vielen Wassergewinnungsgebieten Anwendung. Die dabei ausgehandelten Bewirtschaftungspläne gehen über den Handlungsrahmen der „guten fachlichen Praxis“ hinaus und enthalten Vorgaben zum Einsatz oder Verzicht bestimmter landwirtschaftlicher Techniken. Konkret betreffen die Maßnahmen zum Beispiel die Art der Bodenbearbeitung, die Fruchtfolge oder das Düngemanagement und reichen von einer verlängerten Sperrfrist für die Ausbringung der Gülle bis hin zur Umstellung von Acker- auf Grünland. Die Strategien zur Reduzierung der Nitrateinträge aus der Landwirtschaft sind hinreichend bekannt (z.B. Osterburg et al. 2007). Welche Maßnahmen im Einzelnen oder in einer Kombination am ehesten zum Erfolg führen, hängt von den standörtlichen und betrieblichen Bedingungen ab und muss im Einzelfall geprüft werden. Für die entstandenen Ertragseinbußen enthalten die Landwirt\*innen Ausgleichszahlungen.



Ein weiteres Mittel für den präventiven Grundwasserschutz stellen Beratungsangebote für landwirtschaftliche Betriebe dar. Diese sind kostenfrei und es besteht kein bindendes Vertragsverhältnis zwischen den Beteiligten. Neben der reinen Informationsvermittlung per Rundschreiben oder auf Veranstaltungen umfasst die Beratungsarbeit auch Feldbesichtigungen, Demonstrationsversuche sowie einzelbetriebliche Beratungen. Bei der Einzelberatung werden Betriebe in Wasserschutzgebieten konkret auf Probleme angesprochen und vor dem Hintergrund der betriebsspezifischen Ausgangssituation praktikable Lösungsstrategien aufgezeigt. Die Effizienz der Beratung ist dabei maßgeblich von der beratenden Person abhängig. Ohne ein entsprechendes Vertrauensverhältnis lassen sich Landwirt\*innen oftmals nur mühsam von einem veränderten Düngemanagement oder anderen Eingriffen überzeugen. Die Akzeptanz dürfte wahrscheinlich dann am größten sein, wenn die empfohlenen Maßnahmen nur geringen Einfluss auf den Betriebsablauf oder die weitere Betriebsentwicklung haben. Anreize werden zudem geschaffen, wenn das Beratungskonzept neben der ökologischen auch die ökonomische Optimierung der Landwirtschaftsbetriebe, z.B. hinsichtlich der Einsparung von Düngemitteln, im Blick hat.

Für die Umsetzung von präventiven Maßnahmen, ob auf freiwilliger oder kooperativer Basis, ist zunächst eine Sensibilisierung der Landwirt\*innen für die Nitratbelastung notwendig. Viele wirtschaften bereits jahrelang grundwasserschonend oder erkennen zumindest die Notwendigkeit für entsprechende Umstellungen im Betrieb. In der bereits genannten Studie des BDEW wurden knapp 100 Wasserversorgungsunternehmen nach der Einstellung von Landwirt\*innen zur Nitratproblematik gefragt. 72 Prozent der Versorger gaben an, dass in ihren Wassergewinnungsgebieten durchaus Verständnis seitens der Landwirtschaftsbetriebe besteht. Demgegenüber zeigte jedoch fast ein Drittel kein offenes Ohr oder brachte nur wenig Verständnis für die Nitratproblematik auf – ein erschreckendes Ergebnis angesichts des eindeutigen Zusammenhangs zwischen Intensivlandwirtschaft und Nitratbelastungen in Gewässern.

Ist der Erfolg von Kooperation und Gewässerschutzberatungen nicht ausreichend, gehen manche Wasserversorgungsunternehmen dazu über, landwirtschaftlich genutzte Flächen aufzukaufen oder zu pachten. Die Flächen gehen in diesem Fall in die extensive Landnutzung über – mit wenig oder gar keinem Einsatz von Düngemitteln und anderen Agrochemikalien.

Fördert ein Versorgungsunternehmen aus unterschiedlichen Standorten Trinkwasser, hat es die Möglichkeit, Rohwasser mit unterschiedlichen Nitratgehalten miteinander zu vermischen. So

kann auch Wasser für die Trinkwassergewinnung genutzt werden, das sonst den Grenzwert für Nitrat überschreitet. Mehrere Wasserversorger greifen zudem auf Infiltrationsmaßnahmen zurück. Dabei wird vorzugsweise nitratarmes Wasser aus Oberflächengewässern in den Gewinnungsstandorten großflächig versickert, um auf diese Weise die Nitratkonzentration im Grundwasser zu senken. Wieder andere Unternehmen weichen in weniger belastete Regionen aus oder verlagern ihre Brunnen in noch tiefere Grundwasserleiter. Da das Nitrat mit zeitlicher Verzögerung und nach Aufbrauchen des Abbaupotenzials auch irgendwann die tieferen Schichten erreicht, können vertikale Brunnenverlagerungen allerdings nur eine Zwischenlösung sein.



Abbildung 2: Aufwand der Wasserversorger, um die Nitrat-Grenzwerte im Trinkwasser einzuhalten;

Quelle: BUND/Ellen Stockmar

Wenn weiterhin zu hohe Nitratkonzentrationen im Rohwasser vorhanden sind, bleiben den Versorgungsunternehmen nur noch technische Lösungen oder andere nachsorgende Maßnahmen. Im Bereich der technischen Aufbereitung gibt es verschiedene Ansätze zur Nitratentfernung (z.B. Ionenaustausch, Umkehrosmose, biologische Verfahren), wobei jedes Verfahren seine eigenen Vor- und Nachteile aufweist (siehe Tabelle). Fast alle Anlagen sind jedoch komplizierte mehrstufige Systeme und verursachen mitunter hohen Personalbedarf, Energieverbrauch, Chemikalieneinsatz sowie große Abwassermengen.

Tabelle 1: Möglichkeiten der Nitratentfernung aus dem Trinkwasser (Quelle: DVGW 2013)

	Biologische Denitrifikation	Umkehrosmose	Ionenaustausch	Elektrodialyse
Funktionsprinzip	Die biologische Nitratentfernung nutzt Mikroorganismen, die durch ihre Stoffwechselvorgänge Nitrat selektiv zu elementarem Stickstoff umsetzen.	Bei der Umkehrosmose wird das salz-(nitrat-)haltige Wasser durch eine Membran gepresst. Die Membran ist nur durchlässig für Wassermoleküle, nicht aber für die in Wasser gelösten Ionen	Nitrat wird durch sogenannte Anionenaustauscher entfernt. Sie müssen, nachdem sie mit Nitrat beladen sind, entweder durch eine Chlorid-Regeneration oder CO <sub>2</sub> -Regeneration („CARIX-Verfahren“) wieder funktionsfähig gemacht werden.	Die Elektrodialyse stellt ein Membranverfahren dar, bei dem mit Hilfe eines elektrischen Feldes Nitrat entfernt wird.
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ selektives Verfahren, bei dem sich der Salzgehalt des Wassers kaum ändert</li> <li>✓ unkritisches Abwasser</li> <li>✓ geringer Energieverbrauch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ robustes, gut automatisiertes Verfahren</li> <li>✓ geringer Personalbedarf</li> <li>✓ weitere (potentiell enthaltene) Schadstoffe werden mit entfernt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ robuste, gut automatisierte Verfahren</li> <li><u>Chlorid-Regeneration:</u></li> <li>✓ geringer Personal- und Energiebedarf</li> <li><u>CO<sub>2</sub>-Regeneration:</u></li> <li>✓ Wiederverwendbarkeit des Regenerationsmittels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ robustes, gut automatisiertes Verfahren</li> <li>✓ Nebeneffekt: Verringerung der Wasserhärte</li> <li>✓ geringer Personalbedarf</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ meist unkritisches Abwasser</li> <li>✓ Nebeneffekt: Verringerung der Wasserhärte</li> </ul>	
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- schwierige Handhabung</li> <li>- wartungsintensiv</li> <li>- umfangreiche Nachbehandlung (Filtration und Desinfektion)</li> <li>- Chemikalieneinsatz</li> <li>- hoher Personalbedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nicht nitratselektiv</li> <li>- umfangreiche Vor- und Nachbehandlung, z.B. nachträgliche Aufhärtung</li> <li>- Chemikalieneinsatz</li> <li>- hoher Anfall von salzhaltigen Abwässern</li> <li>- hoher Energieverbrauch</li> </ul>	<p><u>Chlorid-Regeneration:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- erhöhte Chlorid-Konzentration im Trinkwasser</li> <li>- Regeneration mit konzentrierter Kochsalzlösung</li> <li>- stark salzhaltiges Abwasser</li> </ul> <p><u>CO<sub>2</sub>-Regeneration:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nur teilweise Nitratentfernung möglich</li> <li>- hoher Abwasseranteil</li> <li>- hoher Energieverbrauch (mit sinkender Tendenz)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- umfangreiche Vor- und Nachbehandlung</li> <li>- ggf. Chemikalieneinsatz</li> <li>- anfallendes Konzentrat stark salzhaltig, ggf. kostenpflichtige Entsorgung notwendig</li> <li>- hoher Energieverbrauch</li> </ul>
Energieverbrauch [kWh/m <sup>3</sup> ]	0,10-0,15	0,3-0,7	<p><u>Chlorid-Regeneration:</u> 0,1-0,2</p> <p><u>CO<sub>2</sub>-Regeneration:</u> 0,6-0,7</p>	0,4-0,7
Betriebs- und Investitionskosten [€/m <sup>3</sup> ] *	0,10-0,35	0,15-0,45	<p><u>Chlorid-Regeneration:</u> 0,10-0,25</p> <p><u>CO<sub>2</sub>-Regeneration:</u> 0,20-0,45</p>	0,24-0,51

\* Nicht enthalten sind die Kosten für Personal, Gebäude und Entsorgung anfallender Abwässer und Abfälle.

Für private Hausbrunnen-Besitzer mit Nitratproblemen haben sich sogenannte Umkehrosmose-Filter bewährt. Allerdings halten diese Filter neben Nitrat auch wertvolle Mineralien zurück. Die Verbraucherzentrale Hamburg rät daher vom langfristigen Verzehr von mit dem Umkehrosmose-Verfahren gefiltertem Wasser ab. Die Filter verkeimen außerdem leicht und sie benötigen zum Spülen der Membran sehr viel Rohwasser.

Am Ende bezahlen die Verbraucher\*innen

Die deutschen Wasserbetriebe sind sich der Nitrat-Problematik sehr bewusst und dementsprechend motiviert, mit den Verursacher\*innen aus der Landwirtschaft zusammenzuarbeiten. Bereits bei geringen Belastungen setzen viele Versorger auf präventiven Gewässerschutz – das zeigt zumindest die BDEW-Umfrage unter Versorgungsdienstleistern (BDEW, 2017). In den 247 ausgewerteten Wasserversorgungsgebieten mit Nitratbelastung werden insgesamt 329 Maßnahmen ergriffen. Mit 68 Prozent sind die Beratung von Landwirt\*innen sowie die freiwilligen Kooperationen zwischen Land- und Wasserwirtschaft hierbei die am häufigsten angewendeten Methoden. Weniger oft werden in den betrachteten Wassergewinnungsgebieten Flächen aufgekauft bzw. gepachtet (15,2 %), andere Brunnenstandorte aufgesucht (4 %), Rohwasser miteinander vermischt (6,4 %) oder andere Maßnahmen ergriffen (5,5 %). Nur in Einzelfällen (< 1 %) kommt eine technische Aufbereitung zur Nitratentfernung zum Einsatz (BDEW 2017). Wäre dem nicht so, müssten Verbraucher\*innen für Trinkwasser wahrscheinlich bereits tiefer in die Tasche greifen. Im Vergleich zum vorsorgenden Grundwasserschutz verursachen End-of-Pipe-Lösungen schätzungsweise fünf bis zehn Mal mehr Kosten (EC 2002). Und auch wenn im ungünstigsten Fall das natürliche Abbauvermögen der Grundwasserleiter aufgebraucht ist, liegen die Aufbereitungskosten um das Zwei- bis Vierfache über den Ausgaben für landwirtschaftliche Grundwasserschutzmaßnahmen (DVGW 2013).

Eine grundwasserschonende Bewirtschaftung ist aus ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten sinnvoll, aber auch nicht zum Nulltarif zu haben. Versorgungsunternehmen, die bereits beim präventiven Gewässerschutz aktiv sind, sind mit Beratungskosten, Ausgaben für begleitende Untersuchungen und Kooperationszahlungen konfrontiert. Durch Kooperationsleistungen sollen Nachteile der Landwirt\*innen ausgeglichen werden, die ihnen durch die Bewirtschaftungsbeschränkungen entstanden sind. Die Entgelte werden hierbei entweder pauschal als Hektarprämien oder im Rahmen einer effizienzbasierten Förderung ausgezahlt. Die Erlösminderungen werden von den Wasserversorgern leicht überkompensiert

(BDEW 2017). Die Höhe der Ausgleichszahlungen spiegelt nicht die tatsächlichen Mehrausgaben und Verluste der Betriebe wider, sondern lediglich die Kosten, die aufgewendet werden müssen, um ausreichend Akzeptanz für freiwillige Maßnahmen zu bewirken.

Die Investitionskosten für den präventiven Grundwasserschutz tragen nicht die Verantwortlichen für die Grundwasserverschmutzung, sondern die Verbraucher\*innen mit höheren Trinkwasserpreisen. Mit Ausnahme von Bayern, Thüringen und Hessen erheben alle Bundesländer eine Abgabe für die Wasserentnahme (VKU 2018). Die Kosten werden von den Versorgungsunternehmen an Verbraucher\*innen weitergegeben. Einzelne Wirtschaftszweige (z.B. Landwirtschaft und Bergbau) sind jedoch je nach Länderregelung vom Wasserentnahmeentgelt ausgenommen. Der Zweck des Wasserentnahmeentgeltes ist die Schonung der genutzten Wasserkörper durch verringerte Wasserentnahmen (Lenkungsfunktion). Häufig werden die Einnahmen zudem für Maßnahmen des Gewässerschutzes verwendet. Mit der Abgabepolitik soll den Anforderungen des Art. 9 der Wasserrahmenrichtlinie nachgekommen werden, wonach die Kosten für Wasserdienstleistungen, einschließlich der umwelt- und ressourcenbezogenen Kosten, unter Zugrundelegung des Verursacherprinzips zu decken sind. Die Höhe der Abgabensätze wie auch Regelungen zur Ermäßigung oder Befreiung legen dabei die Bundesländer in Eigenverantwortlichkeit fest. Zum Teil unterscheiden sich die landesspezifischen Gesetze und Verordnungen deutlich voneinander. Differenzen gibt es zudem bezüglich der Verwendung der Einnahmen: In Hamburg und Sachsen-Anhalt fließen die Gelder nach Abzug des Verwaltungsaufwands in die Landeshaushalte. In den restlichen Bundesländern sind die Einnahmen partiell oder vollständig zweckgebunden und müssen dann vorrangig in eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung investiert werden. In diesem Zusammenhang haben Wasserversorgungsunternehmen die Möglichkeit, sich anteilig das Wasserentnahmeentgelt verrechnen zu lassen, wenn sie Gewässerschutzmaßnahmen, z.B. in Form von Kooperationen, umsetzen. Kosten für reaktive Maßnahmen werden im Allgemeinen nicht bezuschusst.

In welcher Höhe und unter welchen Bedingungen eine Erstattung möglich ist, regeln die Gesetze und Verordnungen der Länder. In Rheinland-Pfalz zum Beispiel sind 50 Prozent der Aufwendungen für Kooperationen verrechnungsfähig. Finden die Kooperationen in Bereichen statt, in denen die Grundwasserkörper sich in einem schlechten chemischen Zustand befinden, kann eine zusätzliche Förderung auf Grundlage der Förderrichtlinie der Wasserwirtschaftsverwaltung Rheinland-Pfalz beantragt werden. Unter Verrechnung des Wasserentnahmeentgeltes müssen Wasserversorger so nur noch 20 Prozent der Aufwendungen für eine Kooperation selbst bezahlen. In Niedersachsen, wo die Zusammenarbeit zwischen Land-

und Wasserwirtschaft eine lange Tradition hat, werden aus dem Aufkommen des Wasserentnahmeentgeltes jährlich 17 Millionen Euro für Beratungen und Kooperationen zur Verfügung gestellt. Im Jahr 2013 umfasste das Niedersächsische Kooperationsmodell 377 Trinkwassergewinnungsgebiete mit rund 300.000 Hektar landwirtschaftlicher Fläche. Somit waren zu diesem Zeitpunkt mehr als 90 Prozent der Ackerflächen in Gewinnungsgebieten eingebunden. Informations- und Beratungsdienstleistungen werden im Kooperationsmodell seit 2007 durch die EU kofinanziert. Insgesamt beliefen sich die Ausgaben für freiwillige Vereinbarungen und Beratungen im Jahr 2013 in Niedersachsen auf 18,5 Millionen Euro, was 61 Euro pro Hektar Landwirtschaftsfläche entspricht (NLWKN 2015).

Egal, ob es sich um Zuschüsse vom Land, EU-Fördergelder oder Wasserentnahmeentgelt handelt, am Ende bezahlen die Verbraucher\*innen und Steuerzahler\*innen für den präventiven Grundwasserschutz. Die eigentliche Verursacherin, die Landwirtschaft, wird hingegen nicht zur Verantwortung gezogen. Da die EU die Landwirtschaft mit jährlich gut 60 Milliarden Euro subventioniert, zahlen die Bürger\*innen also sogar doppelt.

In den vergangenen Jahren wurden die Wasserpreise für die Verbraucher\*innen trotz gestiegener Ausgaben für Energie, Personal und das Wasserentnahmeentgelt nur moderat angepasst. Das könnte sich ändern, wenn konventionelle Schutzmaßnahmen nicht (mehr) ausreichen und Wasserversorger sich gezwungen sehen, mehr Flächen aufzukaufen oder Rohwasser aufzubereiten. Die Kosten für die Trinkwasseraufbereitung hängen stark von den Randbedingungen und den eingesetzten Verfahren ab und liegen zwischen 0,25 und 1 Euro pro Kubikmeter (DVGW 2013). Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) ermittelte in einem Gutachten Steigerungen der Trinkwasserkosten für einen Drei-Personen-Haushalt von bis zu 62 Prozent durch die notwendige Nitratentfernung (BDEW 2017). In einer ähnlichen Größenordnung liegt das Kostenszenario des Umweltbundesamtes (UBA 2017b). Hier wurden in Modellregionen Preissteigerungen zwischen 32 und 45 Prozent für eine vierköpfige Familie prognostiziert, wenn Aufbereitungskosten zwischen 0,55 und 0,76 Euro pro Kubikmeter Trinkwasser anfallen. Der tatsächliche Kostenaufwand hängt dabei stark von der Belastungssituation und standörtlichen Rahmenbedingungen ab und wird daher regional sehr unterschiedlich ausfallen. Von markanten Preiserhöhungen werden wahrscheinlich die Versorgungsgebiete in Gebieten mit hoher Tierhaltungskonzentration betroffen sein.

## Fazit

Trotz erkennbarer Erfolge innerhalb von Kooperationsgebieten (z.B. Quirin et al. 2017) führen freiwillig umgesetzte Bewirtschaftungsbeschränkungen und Beratungen nicht zwangsläufig zu einer Trendumkehr bei der Nitratbelastung (Aue 2017; Allendorf 2017; UBA 2017b). Die Tatsache, dass Kooperationen auf freiwilliger Basis beruhen und nicht alle landwirtschaftlichen Betriebe in Wasserschutzgebieten teilnehmen, lässt die Wirksamkeit der Maßnahmen fraglich erscheinen (Beck & Knierim 2018). Bei den gegenwärtigen politischen Rahmenbedingungen haben Wasserversorgungsunternehmen keine andere Wahl, als auf die freiwillige Mitarbeit der Landwirtschaft zu setzen. Was fehlt, sind strikte Gesetze, Verordnungen und Kontrollen bei der Düngerverwendung, die sich aber nicht nur auf Wassergewinnungsgebiete beschränken dürfen. Nitrat in unserem Trinkwasser ist gefährlich. Als Pflanzennährstoff kann es aber ebenfalls bei zu hohen Einträgen in die Oberflächengewässer zur Überdüngung der empfindlichen Ökosysteme führen, so auch im Meer. Konzentrieren sich Schutzmaßnahmen nur auf Trinkwassergewinnungsgebiete, werden es Wasserversorgungsunternehmen außerdem schwer haben, in andere Regionen auszuweichen. Dies ist im Hinblick auf den anhaltend hohen „Flächenfraß“ für neue Siedlungs- und Gewerbeflächen sowie den fortschreitenden Ausbau unnötiger Infrastruktur ohnehin eine Herausforderung.

Längst geht es bei der konventionellen Düngung nicht mehr nur um die Zufuhr von Pflanzennährstoffen und Bodenverbesserung, sondern um die Entsorgung von überschüssiger Gülle. Ein Rückgang der Viehbestandsdichte ist nicht zu erkennen (Thünen-Institut 2016). Hinzu treten eine abnehmende Selbstreinigungskraft der Grundwasserleiter und auflaufende Altlasten. Ob die neue Düngeverordnung ausreicht, damit zukünftig keine teuren Aufbereitungen zur Nitratentfernung eingesetzt werden müssen, darf angezweifelt werden. Es bedarf somit einer radikalen Trendwende in der Landwirtschaft zur Lösung des Nitratproblems im Trinkwasser.

Zentrale Forderungen des BUND zur Lösung des Nitratproblems:

- Sofortiger Dünge-Stopp in belasteten Gebieten, wenn der Grenzwert von 50 Milligramm Nitrat je Liter Grundwasser überschritten wurde
- Tierhaltung an die Fläche binden: Das Konzept „flächengebundene Tierhaltung“ benennt für eine bestimmte Fläche die maximale Zahl der Tiere bei ökologisch verträglichen Belastungen.



- Umbau der Tierhaltung hin zu umweltfreundlichen und tiergerechten Verfahren sofort beginnen: In den besonders viehintensiven Regionen bedeutet das eine Reduzierung der Tierzahlen.
- Abgabe auf Stickstoffüberschüsse: Eine Abgabe auf Stickstoffüberschüsse bietet einen Anreiz zur Verminderung der Stickstoffdüngung. Aus den Abgaben können beispielsweise Beratung oder Agrarumweltmaßnahmen finanziert werden.
- Einführung einer Stoffstrombilanz für alle wirtschaftlichen Betriebe zur Erfassung möglicher Stickstoffüberschüsse.
- Düngerecht im Sinne des Umwelt- und Naturschutzes nachbessern und Einhaltung der Vorgaben sicherstellen.
- Agrarwende: Statt pauschaler Flächenprämien müssen gesellschaftliche Leistungen für Gewässer- und Umweltschutz, Biodiversität, Klima und Tierschutz gefördert werden.

Hintergrund: Wie gelangt das Nitrat in das Grundwasser?

Im Boden kommt Stickstoff überwiegend organisch gebunden (Humus) sowie in mineralischer Form als Ammonium und Nitrat vor. Vorzugsweise nehmen Pflanzen über ihre Wurzeln Nitrat auf. Dieses liegt löslich und sofort pflanzenverfügbar im Boden vor, während Ammonium an Bodenpartikel gebunden ist und erst durch die Wurzeln erschlossen oder von Bakterien zu Nitrat umgewandelt werden muss (Nitrifikation). Stickstoff, der in organischer Substanz gebunden ist, muss zunächst über Mineralisierungsprozesse zu Ammonium umgewandelt werden.

Die Verfügbarkeit der Stickstoffverbindungen ist maßgebend für den Aufbau der Biomasse. In der Landwirtschaft ist es daher gängige Praxis, die Erträge durch den Einsatz von organischen und synthetischen Düngemitteln zu steigern. Bei organischen Düngemitteln tierischen und pflanzlichen Ursprungs entsteht Nitrat erst durch biochemische Prozesse. In Kunstdünger liegt Stickstoff bereits größtenteils als Nitrat vor. Während der Vegetationsperiode nehmen die Kulturpflanzen einen großen Teil des vorliegenden und gebildeten Nitrats auf. Ein Teil wird von Bodenbakterien zum Erhalt und Aufbau der Humusschicht genutzt, aus der später wieder Nitrat freigesetzt werden kann. Nach der Ernte fällt die Stickstoffaufnahme durch die Pflanzen weg – die Mineralisation und Nitrifikation der organischen Bodensubstanz findet jedoch weiter statt. Das im Erdreich gebildete Nitrat sowie jenes aus überschüssigen Düngemitteln werden nun mit dem Sickerwasser aus dem Wurzelraum transportiert. Die Auswaschung vollzieht sich meist in den Herbst- und Wintermonaten, wenn viele Niederschläge fallen und gleichzeitig die

Wasserbewegung im Boden aufgrund der fehlenden Verdunstung nach unten gerichtet ist. In dieser Zeit werden auch die Grundwasservorräte aufgefüllt.

Unter bestimmten Voraussetzungen mindern Abbauprozesse im Boden und im Grundwasserleiter die Nitratbelastung. Bei der Denitrifikation wandeln Bakterien unter sauerstofffreien Verhältnissen Nitrat zu elementarem Stickstoffgas um, welches dann in die Atmosphäre abgegeben wird. Als Zwischenprodukt entsteht auch Lachgas, das ebenfalls aus dem Boden entweicht und wie CO<sub>2</sub> als Treibhausgas zur globalen Erwärmung beiträgt. Das Nitratabbauvermögen der Grundwasserleiter ist keine unendliche Ressource. Sind bestimmte, am Abbauprozess beteiligte Stoffe (organisch gebundener Kohlenstoff und/oder Sulfide) aufgebraucht, sinkt das Denitrifikationspotenzial erheblich. Entsprechende Trends konnten in Wassergewinnungsgebieten schon nachvollzogen werden (DVGW 2013).

Quellen:

Allendorf A. 2017: Gewässerschutzberatung in der Landwirtschaft – Grenzen, Zielerreichung und Kosten aus Sicht der Wasserversorgung, in: energie / wasser-praxis 6/7, 2017.

Aue C. 2017: Grenzen und Möglichkeiten des Grundwasserschutzes – Über steigende Nitratwerte und erfolgreiche Kooperationen zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft, in: Der kritische Agrarbericht 2017.

BDEW 2017 – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Hrsg.): BDEW Gutachten – Gutachten zur Berechnung der Kosten der Nitratbelastung in Wasserkörpern für die Wasserwirtschaft, Mülheim an der Ruhr.

Beck K. & Knierim A. 2018: Kooperationen im Gewässerschutz – Die Rolle von Kooperationen zwischen Wasserversorgungsunternehmen und der Landwirtschaft, Posterpräsentation anlässlich der 58. Jahrestagung der GEWISOLA (Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.).

BMEL 2018 – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Statistischer Monatsbericht, Kap. A: Nährstoffbilanzen und Düngemittel, Nährstoffbilanz insgesamt von 1990 bis 2016.

BMUB/BMEL 2017 – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit / Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Nitratbericht 2016 – Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Reaktorsicherheit sowie für Ernährung und Landwirtschaft, Bonn.

BMU/UBA 2017 – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit / Umweltbundesamt (Hrsg.): Wasserwirtschaft in Deutschland – Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen, Dessau-Roßlau.

EC 2002– Commission of the European Communities: Report from the commission – Implementation of Council Directive 92/676/ECC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources: Synthesis from year 2000 Member States reports, Luxemburg.

DVGW 2013 – Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (Hrsg.): Abschlussbericht – Konsequenzen nachlassenden Nitratabbauvermögens in Grundwasserleitern, Bonn.

NLWKN 2015 – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.): Trinkwasserschutzkooperationen in Niedersachsen – Grundlagen des Kooperationsmodells und Darstellung der Ergebnisse.

Osterburg B., Rühling I., Runge T., Schmidt T.G., Seidel K., Antony F., Gödecke B. & Witt-Altfelder P. (2007): Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft – Bericht im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2006, Braunschweig.

Quirin M., Hoetmer M. & Harting T. 2017: Wirkungen von Grundwasserschutzmaßnahmen im Niedersächsischen Kooperationsmodell, in: energie/wasser-praxis 6/7, 2017.

Statistisches Bundesamt 2015: Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung – Öffentliche Wasserversorgung, Fachserie 19, Reihe 2.1.1.

Taube, F. 2018: Expertise zur Bewertung des neuen Düngerechts (DüG, DüV, StoffBilV) von 2017 in Deutschland im Hinblick auf den Gewässerschutz, Kiel.

Thünen-Institut 2016 – Johann Heinrich von Thünen Institut (Hrsg.): Thünen-Baseline 2015-2025 – Agrarökonomische Projektionen für Deutschland, Braunschweig.

UBA 2017a – Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltschutz in der Landwirtschaft – vom Mangel zum Umweltproblem. Dessau-Roßlau.

UBA 2017b – Umweltbundesamt (Hrsg.): Quantifizierung der landwirtschaftlich verursachten Kosten zur Sicherung der Trinkwasserbereitstellung, Dessau-Roßlau.

UBA 2018a – Umweltbundesamt: Bericht des Bundesministeriums für Gesundheit und des Umweltbundesamtes an die Verbraucherinnen und Verbraucher über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) in Deutschland 2014 – 2018, Dessau-Roßlau.

UBA 2018b – Umweltbundesamt: Auswertung des Urteils des Europäischen Gerichtshofs (EuGH) vom 21. Juni 2018 in der Rechtssache C-543/16 (Kommission gegen die Bundesrepublik Deutschland) wegen Vertragsverletzung (Nitratrichtlinie 91/676/EWG).

VKU 2018 – Verband kommunaler Unternehmen e.V. (Hrsg.): Wasserentnahmeentgelte in den Bundesländern (Stand 2018) – Vergleich der Entgelthöhen für die öffentliche Wasserversorgung und des Gesamtaufkommen, abgerufen am 30.11.2018 unter: <https://www.vku.de/themen/preise-und-gebuehren/vku-grafik-wasserentnahmeentgelte-der-bundeslaender-im-vergleich/>

VSR-Gewässerschutz e.V. 2017: Karte zur Nitratbelastung im Grundwasser von 2013 bis 2017, abgerufen am 15.10.2018 unter: <https://www.vsr-gewaesserschutz.de/projekte/projekt-nitratbelastung/nitratkarten-deutschland/>