

# DVGW-Information

## **WASSER Nr. 85** März 2015

Stickstoffumsatz im Grundwasser

WASSER

Der DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. – Technisch-wissenschaftlicher Verein – fördert das Gas- und Wasserfach mit den Schwerpunkten Sicherheit, Hygiene und Umweltschutz.

Mit seinen über 13 500 Mitgliedern erarbeitet der DVGW die allgemein anerkannten Regeln der Technik für Gas und Wasser. Der Verein initiiert und fördert Forschungsvorhaben und schult zum gesamten Themenspektrum des Gas- und Wasserfaches. Darüber hinaus unterhält er ein Prüf- und Zertifizierungswesen für Produkte, Personen sowie Unternehmen.

Die technischen Regeln des DVGW bilden das Fundament für die technische Selbstverwaltung und Eigenverantwortung der Gas- und Wasserwirtschaft in Deutschland. Sie sind der Garant für eine sichere Gas- und Wasserversorgung auf international höchstem Standard. Der gemeinnützige Verein wurde 1859 in Frankfurt am Main gegründet.

Der DVGW ist wirtschaftlich unabhängig und politisch neutral. Die Technischen Regeln des DVGW bilden das Fundament für die technische Selbstverwaltung und Eigenverantwortung der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft und sind ein Garant für eine sichere Gas- und Wasserversorgung auf international höchstem Standard.

ISSN 0176-3504

Preisgruppe: 15

© DVGW, Bonn, März 2015

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.  
Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Straße 1–3  
D-53123 Bonn

Telefon: +49 228 9188-5  
Telefax: +49 228 9188-990  
E-Mail: [info@dvwg.de](mailto:info@dvwg.de)  
Internet: [www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

Nachdruck und fotomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DVGW e. V., Bonn, gestattet.

Vertrieb: Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Josef-Wirmer-Str. 3, 53123 Bonn  
Telefon: +49 228 9191-40 · Telefax: +49 228 9191-499  
E-Mail: [info@wvgw.de](mailto:info@wvgw.de) · Internet: [www.wvgw.de](http://www.wvgw.de)

Die DVGW-Information Wasser Nr. 85 ist inhaltsgleich auch als DWA-Themen T2/2015 veröffentlicht.

## Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Anlass und Grundlageninformationen zum Stickstoff</b> .....	<b>7</b>
1.1 Anlass.....	7
1.2 Stickstoffkreislauf .....	7
1.2.1 Stickstoffquellen .....	8
1.2.2 Stickstoffverlagerung im Untergrund .....	9
1.2.3 Wasserflüsse im Untergrund .....	11
1.2.4 Stickstofffluss im durchwurzelten Bereich des Bodens .....	14
1.3 Hydrogeologische Einheiten.....	16
<b>2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser</b> .....	<b>18</b>
2.1 Nitratbelastung des Grundwassers in Deutschland und Europa.....	18
2.2 Situation in Wassergewinnungsgebieten .....	21
<b>3 Stickstoffeinträge</b> .....	<b>22</b>
3.1 Atmosphäre.....	22
3.2 Landnutzung .....	27
3.2.1 Allgemeines .....	27
3.2.2 Landwirtschaftliche Nutzflächen (Acker).....	29
3.2.3 Dauergrünland .....	32
3.2.4 Wald .....	32
3.2.5 Siedlungsgebiete.....	33
<b>4 Stickstoff-Umsetzungsprozesse</b> .....	<b>34</b>
4.1 Grundlagen .....	34
4.2 Denitrifikation .....	35
4.2.1 Einführung.....	35
4.2.2 Chemo-organotrophe Denitrifikation .....	36
4.2.3 Chemo-lithotrophe Denitrifikation .....	37
4.2.4 Weitere Prozesse .....	38
<b>5 Identifikation von Prozessen und Untersuchung des reaktiven Stoffdepots</b> .....	<b>38</b>
5.1 Methodenübersicht .....	38
5.2 Prozessidentifikation aus vorhandenen Daten .....	40
5.2.1 Zeitreihenbetrachtungen mit Beispielen.....	40
5.2.2 Stickstoff-Massenbilanzen .....	46

5.3	Ergänzende Untersuchungen/Gewinnung neuer Daten.....	47
5.3.1	Untersuchung von Probenmaterial aus dem Grundwasserleiter .....	48
5.3.2	Versuche im Labor .....	50
5.3.3	Versuche im Gelände .....	53
5.3.4	Isotopenmethoden.....	55
5.4	Hydrogeochemische Modellierungen.....	59
<b>6</b>	<b>Lebensdauer des Nitratabbaus .....</b>	<b>62</b>
6.1	Zusammenwirken von Strömung und Nitratverlagerung .....	62
6.2	Zugang zum reaktiven Material .....	64
6.2.1	Reaktives Material, zu dem ein Zugang für den Nitratabbau notwendig ist .....	64
6.2.2	Hydraulische Zugänglichkeit und hydraulische Verfügbarkeit von reaktivem Material .....	64
6.2.3	Biochemischer Zugang zum reaktiven Material, Biofilm .....	66
6.3	Berechnung der Dauer des Nitratabbaus und Auswirkungen auf die Nitratverlagerung .....	67
6.4	Bestimmung des reaktiven Stoffanteils.....	75
6.4.1	Einleitung .....	75
6.4.2	Standversuche .....	75
6.4.3	Säulenversuche .....	80
6.4.4	Schlussfolgerungen .....	82
6.5	Bewertung und zusammenfassende Diskussion zum Thema „Lebensdauer“ .....	83
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>85</b>
	<b>Literatur.....</b>	<b>87</b>
	<b>Glossar .....</b>	<b>96</b>

## Vorwort

Im Grundwasser werden aktuell immer noch hohe und teilweise noch weiter steigende Nitratkonzentrationen beobachtet. Die hohen Nitrateinträge in das Grundwasser sind im Wesentlichen das Ergebnis hoher Stickstoffüberschüsse aus der landwirtschaftlichen Flächennutzung. In Abhängigkeit von der Höhe der Grundwasserneubildung resultieren hieraus unterschiedlich hohe Nitratkonzentrationen. Diese führen in einigen Regionen Deutschlands im Grundwasser zu Überschreitungen der europaweiten Umweltqualitätsnorm sowie des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung im Rohwasser von Wasserwerken von jeweils 50 mg/l.

Ohne den in der Bodenzone und in zahlreichen Grundwasserleitern ablaufenden Nitratabbau – also die Denitrifikation – wären die Konzentrationen von Nitrat im Grund- und Rohwasser regional noch deutlich höher. Allerdings zeigen sich bereits vermehrt Anzeichen für eine Erschöpfung des natürlichen – und in der Regel nicht regenerierbaren – Nitratabbaupotenzials des Untergrunds. Für zahlreiche Wasserversorgungsunternehmen, Wasserbehörden, Verbände, Ingenieurbüros und Forschungseinrichtungen stellt sich daher die Frage, ob bzw. unter welchen Bedingungen der Nitratabbau stattfindet und wie lange die Nitratabbaukapazität noch erhalten bleibt. Fest steht: Die „Lebensdauer“ des Nitratabbaus ist endlich und belastbare Aussagen hierzu sind bisher eher Gegenstand von Forschungsprojekten als wasserwirtschaftliche Routine.

Damit Aussagen zum „Stickstoffumsatz im Grundwasser“ möglich sind, ist eine ganzheitliche Betrachtung erforderlich, die die Stickstoffeinträge ebenso berücksichtigt wie den Wasserhaushalt und die hydrogeochemischen Prozesse in Grundwasserleitern. Darüber hinaus fasst die DVGW-Wasser-Information Nr. 85 die aktuellen Kenntnisse zu Nitratabbauprozessen, zum reaktiven Stoffdepot im Grundwasserleiter und zur Abschätzung der tatsächlichen Lebensdauer des Nitratabbaus in verständlicher Form zusammen. Hierbei werden sowohl theoretische Ansätze genannt als auch reale Beispiele aufgeführt, um den Praxisbezug und die Praxisrelevanz des Themas in den Vordergrund zu stellen. Hierdurch bietet die DVGW-Wasser-Information Nr. 85 Fachleuten verschiedener Fachdisziplinen die Möglichkeit, sich dem Thema Denitrifikation aus unterschiedlichen Blickwinkeln (z. B. Grundwasserbeschaffenheit, reaktives Material im Sediment, Labor- und Geländeuntersuchungen, hydrogeochemische Modelle) und mit unterschiedlicher Intensität zu nähern. Die beschriebenen Untersuchungen münden in einer quantitativen Abschätzung der Lebensdauer des Nitratabbaus. Diese beinhaltet eine hohe Relevanz für wasserwirtschaftliche Entscheidungen der Zukunft, ist aber auch mit diversen Unsicherheiten behaftet, deren Kenntnis eine zwingende Voraussetzung für die Einordnung von berechneten Daten zur noch verbleibenden Dauer des Nitratabbaus darstellt.

Die vorliegende DVGW-Wasser-Information wurde von einer interdisziplinär aus Geologen, Ingenieuren, Geografen und Biologen zusammengesetzten Arbeitsgruppe des DWA-Fachausschusses GB-6 „Bodennutzung und Wirkungen auf Gewässer“ in Zusammenarbeit mit dem DVGW im Zeitraum von 2009 bis 2014 erstellt. Die DVGW-Information Wasser Nr. 85 ist inhaltsgleich auch als DWA-Themenband veröffentlicht.