

DWA-Themen

Auswirkungen von landwirtschaftlichen Maßnahmen auf die Beschaffenheit des Sicker- und Grundwassers

August 2021 · T1/2021

VORSCHAU

VORSCHAU

DWA-Themen

Auswirkungen von landwirtschaftlichen Maßnahmen auf die Beschaffenheit des Sicker- und Grundwassers

August 2021 · T1/2021

VORSCHAU

Der vorliegende DWA-Themenband wird inhaltsgleich als
DVGW-Information Wasser Nr. 109 erscheinen.

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Gesetzgebung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

Deutsche Vereinigung für
Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2021

Satz:

Christiane Krieg, DWA

Druck:

druckhaus köthen GmbH & Co KG

ISBN:

978-3-96862-104-3 (Print)

978-3-96862-105-0 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Themenbands darf vorbehaltlich der gesetzlich erlaubten Nutzungen ohne schriftliche Genehmigung der Herausgeberin in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Bilder und Tabellen, die keine Quellenangaben aufweisen, sind im Rahmen der Themenbanderstellung als Gemeinschaftsergebnis des DWA-Fachgremiums zustande gekommen. Die Nutzungsrechte obliegen der DWA.

Vorwort

Seit ca. 30 Jahren werden in vielen Bereichen Deutschlands, insbesondere in Wasserschutzgebieten, Maßnahmen zur Verminderung von Stickstoffeinträgen aus der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung ins Grundwasser durchgeführt. Diese werden entweder zentral durch die Erhebung von Wasserentnahmegebühren bzw. über Agrarumweltprogramme finanziert oder direkt von den Wasserversorgungsunternehmen durch Gründung von landwirtschaftlichen Kooperationen gefördert. Auch im Rahmen der Maßnahmenprogramme zur Wasserrahmenrichtlinie werden seit einigen Jahren in einzelnen Regionen Bewirtschaftungsmaßnahmen der Landwirtschaft gefördert. Als Maßnahmen kommen dabei sowohl strukturelle betriebliche Änderungen (z. B. Verminderung des Viehbesatzes, Umstellung auf Ökolandbau), Änderungen beim Düngemanagement (z. B. Verlagerung der Ausbringungszeiten für Wirtschaftsdünger, Optimierung der Gerätetechnik) oder flächenbezogene ackerbauliche Maßnahmen (z. B. Umwandlung von Ackerland in Grünland, Zwischenfruchtanbau) infrage. Neben der Akzeptanz durch die Landwirte und der konsequenten Einhaltung der erforderlichen Maßnahmen für eine grundwasserschonende Landbewirtschaftung ist der Nachweis der Auswirkungen der landbaulichen Maßnahmen von großer Bedeutung für die Wasserwirtschaft.

Der vorliegende Themenband gibt anhand von Fallbeispielen aus verschiedenen Regionen Deutschlands einen Überblick über die Auswirkungen von landwirtschaftlichen Maßnahmen auf die Nitratkonzentration des Sicker- und Grundwassers. Um einen möglichst flächendeckenden Überblick zu erhalten, sind die Erfahrungen aus verschiedenen Regionen Deutschlands bezüglich der Auswirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen auf den Nitrateintrag ins Grundwasser zusammengestellt worden. Hierzu war die Mitarbeit von Fachleuten aus Wasserversorgungsunternehmen und der Verwaltung der einzelnen Standorte erforderlich. In der Verfasserliste sind die jeweiligen Experten den Beiträgen aus ihrer Region zugeordnet. Bei Rückfragen sind diese anzusprechen.

Der Themenband gliedert sich in drei Hauptabschnitte. Im Abschnitt 2 werden Einzelmaßnahmen dargestellt, deren Auswirkungen direkt auf der Fläche oder im Anwendungsgebiet erkennbar werden (Ursache-Wirkungszusammenhang), im Abschnitt 3 ist anhand von Fallbeispielen die Anwendung der Maßnahmen in Wassereinzugsgebieten und deren Auswirkungen zusammengestellt (Gebietsbeispiele), während im Abschnitt 4 Beispiele der Nitratminderungsstrategien auf der Ebene einzelner Bundesländer erläutert werden. Dabei wurden – angelehnt an das im Merkblatt DWA-M 911 beschriebene Zonenmodell – verschiedene Ansätze der Effizienzkontrolle von der N-Bilanzierung (N-Flächen- und Betriebsbilanzen), Untersuchungen im Boden (Herbst- N_{\min} -Gehalt, Nitrattiefenprofile) bis hin zu Messungen im Grundwasser angewendet.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass durch die angewendeten landwirtschaftlichen Maßnahmen in vielen Regionen die Nitratkonzentrationen im Grundwasser vermindert werden konnten. Allerdings wurden an einigen Standorten die angestrebten Ziele nicht oder nur in unzureichendem Maße erreicht. Der Erfolg der Maßnahmen ist dabei neben deren konsequenter Umsetzung vor allem von der Agrarstruktur der jeweiligen Region (z. B. Viehbesatzdichte, angebaute Ackerkulturen etc.) und den naturräumlichen Verhältnissen, insbesondere Boden und Niederschlagsmenge, abhängig. Dennoch zeigt die in diesem Themenband vorgelegte Zusammenstellung, dass landwirtschaftliche Maßnahmen einen wichtigen Beitrag zum Grundwasserschutz liefern können und daher auch künftig unbedingt gefördert werden sollten.

Roland Schindler, Viersen

Juni 2021

Verfasserinnen und Verfasser

Dieser DWA-Themenband wurde von der DWA-Arbeitsgruppe GB-6.1 „Effizienzkontrolle von Verfahren zur Stickstoffeliminierung“ im Auftrag des DWA-Hauptausschusses „Gewässer und Boden“ (HA GB) im Fachausschuss GB-6 „Bodennutzung und Stoffeinträge in Gewässer“ erarbeitet.

Der DWA-Arbeitsgruppe GB-6.1 „Effizienzkontrolle von Verfahren zur Stickstoffeliminierung“ gehören folgende Mitglieder an:

SCHINDLER, Roland	Dipl.-Geol., NEW NiederrheinWasser GmbH, Mönchengladbach (Sprecher)	Kap. 3.4
AUE, Christina	Dr. sc. agr. OÖVV Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband, Brake	Kap. 3
BEISECKER, Richard	Dr. agr., Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft GmbH, Kassel	Kap. 2.2
BERTHOLD, Georg	Dr. Dipl.-Ing., Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Wiesbaden	Kap. 4.3
CREMER, Nils	Dr. rer. nat., Erftverband, Bergheim	Kap. 2.6
DENZIG, Dorothea	Dipl. Geol., Bocholt	Kap. 3.7
DRECHSLER, Hartwig	Dr., Drechsler Ingenieurdienst, Göttingen	Kap. 2.5
DRÜCKER, Monika	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Köln	Kap. 3.6
GOLATOWSKI, Caroline	Wassergut Canitz GmbH, Leipzig	Kap. 3.8
GREVEN, Katharina	M. Sc., NEW NiederrheinWasser GmbH, Viersen	Kap. 2.5
GUSCHKER, Christian	Regierung von Unterfranken, Würzburg	Kap. 3.5
HARTGES, Andreas	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Straelen	Kap. 3.3
HARTUNG, Thorsten	Dipl.-Ing. agr. NLWKN Süd, Braunschweig	Kap. 4.2
HENNE, Maximilian	M. Sc., IGLU Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt GbR, Göttingen	Kap. 2.4
HOETMER, Martin	Dipl.-Ing. NLWKN Süd, Braunschweig	Kap. 4.2
KNOBLAUCH, Steffi	Dr. agr., Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR), Buttstedt	Kap. 2.1
LAMBERTZ, Burkhardt	NEW NiederrheinWasser GmbH, Viersen	Kap. 2.3
LÜBBEN, Friederike	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur- und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (MELUND), Kiel	Kap. 4.1
NEUMANN, Sebastian	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR), Flintbek	Kap. 4.1
QUIRIN, Markus	Dr. rer. nat., NLWKN Süd, Göttingen	Kap. 4.2
SAILER, Eva	Stadtwerke Augsburg Wasser GmbH, Augsburg	Kap. 3.2
SCHAUHOFF-THOLEN, Vera	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Köln	Kap. 3.3
SCHREY, Jürgen	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR), Flintbek	Kap. 4.1
SEITH, Theresa	Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft GmbH, Kassel	Kap. 2.2
VOGES, Daniela	M. Sc., NLWKN Süd, Braunschweig	Kap. 4.2

VON BUTTLAR, Christine	Dr. agr., IGLU Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt GbR, Göttingen	Kap. 2.4 + 2.7
VON BUTTLAR, Hans-Bernhard	Dr. agr., IGLU Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt GbR, Göttingen	Kap. 2.4
WAGNER, Bernhard	Dr. agr. Dipl.-Ing., Wassergut Canitz GmbH, Leipzig	Kap. 3.8
WOLF, Andreas	Dr., RheinEnergie AG, Köln	Kap. 3.1

Dem DWA-Fachausschuss GB-6 „Bodennutzung und Stoffeinträge in Gewässer“ gehören folgende Mitglieder an:

SCHINDLER, Roland	Dipl.-Geol., NEW NiederrheinWasser GmbH, Mönchengladbach (Obmann)
KNOBLAUCH, Steffi	Dr. agr., Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR), Buttstedt (stellv. Obfrau)
AUE, Christina	Dr. sc. agr. OÖVV Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband, Brake
BEISECKER, Richard	Dr. agr., Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft GmbH, Kassel
BERTHOLD, Georg	Dr. Dipl.-Ing., Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Wiesbaden
BOTSCHKE, Johannes	PD Dr. agr., Bonn
CREMER, Nils	Dr. rer. nat., Erftverband, Bergheim
DRECHSLER, Hartwig	Dr., Drechsler Ingenieurdienst, Göttingen
EULENSTEIN, Frank	Prof. Dr. h.c., Leibnitz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Müncheberg
GREVEN, Katharina	M. Sc., NEW NiederrheinWasser GmbH, Viersen
HAFERKORN, Ulrike	Leipzig
LITZ, Norbert	Dr. rer. nat., Berlin
LUYTEN-NAUJOKS, Karin	Dipl.-Ing. agr., Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., Köln
MEIBNER, Ralph	Prof. Dr. habil., Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Altmärkische Wische
VON BUTTLAR, Christine	Dr. agr., IGLU Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt GbR, Göttingen

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

BARION, Dirk	Dipl.-Geogr., Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef
--------------	--

Inhalt

Vorwort	3
Verfasserinnen und Verfasser	4
Bilderverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	11
1 Einleitung	13
2 Beispielhafte flächenwirksame Einzelmaßnahmen	13
2.1 Wirkung einer fachgerechten N-Düngung auf die N-Auswaschung eines Verwitterungsbodens im mitteldeutschen Trockengebiet.....	13
2.2 Zwischenfruchtanbau zur Verringerung der Herbst-N _{min} -Gehalte und Nitratauswaschung mit dem Sickerwasser	22
2.3 Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf den herbstlichen N _{min} -Wert.....	32
2.4 Das System „Grün in Grün“: Durch Direktsaat von Winterungen in stehende Zwischenfruchtbestände N _{min} -Werte vor Winter und Erosionsprobleme reduzieren.....	36
2.5 Verminderung der Nitrat-Auswaschung in das Grundwasser durch den mehrjährigen Anbau von Ackergras als Extensivierungsmaßnahme auf landwirtschaftlich genutzten Flächen.....	46
2.6 Auswirkungen geänderter Nutzungsbedingungen auf die Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers	54
2.7 Energiepflanzenfruchtfolgen – grundwasser- und klimaschonend gestaltet	57
3 Fallbeispiele mit Wirkungen in Wassereinzugsgebieten – Regionale Maßnahmen	67
3.1 Zwischenfruchtanbau nach dem „Kölner Mulchsaatverfahren“	67
3.2 30 Jahre „Augsburger Modell“	75
3.3 Maßnahmen zur grundwasserschonenden Landbewirtschaftung im Wasserschutzgebiet Geldern-Hartefeld.....	82
3.4 Auswirkungen grundwasserschonender Maßnahmen in einem Wassereinzugsgebiet mit intensiver Landbewirtschaftung am linken Niederrhein....	91
3.5 Werntalprojekt: Modellvorhaben zur kooperativen Nitratsanierung im Trinkwassereinzugsgebiet.....	100
3.6 Maßnahmen zur grundwasserschonenden Landbewirtschaftung in der Kooperation Harsewinkel.....	107
3.7 Auswirkung der Flächenbewirtschaftung auf die Entwicklung der Nitratkonzentration im Grundwasser – drei Fallbeispiele aus dem westlichen Münsterland.....	115
3.8 Auswirkungen von landwirtschaftlichen Maßnahmen auf die Beschaffenheit des Sicker- und Grundwassers im Raum Leipzig.....	122
4 Beispiele der Nitratminderungsstrategien auf der Ebene einzelner Bundesländer	130
4.1 Erfolge landwirtschaftlicher Gewässerschutzberatung in Schleswig-Holstein.....	130
4.2 Stickstoff-Minderung durch Grundwasserschutzmaßnahmen in den Trinkwassergewinnungsgebieten des Niedersächsischen Kooperationsmodells....	137
4.3 N-Minderungsstrategien des Landes Hessen	146
Quellen und Literaturhinweise	157

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Ansicht der Lysimeteranlage Buttelstedt	14
Bild 2:	Verlauf der NO_3 -Konzentration des Sickerwassers bei fachgerechter mineralischer und mineralisch-organischer N-Düngung im Zeitraum von 2005 bis 2016	17
Bild 3:	Boden- N_{min} -Gehalt der Pararendzina aus unterem Keuper vor Winter und im Frühjahr im Mittel der Jahre von 2005 bis 2016	18
Bild 4:	Sickerwassermenge der Pararendzina aus unterem Keuper im Zeitraum von 2005 bis 2016, Mittelwert und Standardabweichung im Mittel der sieben Keuper-Lysimeter 2016	19
Bild 5:	Erträge der Düngungsvarianten, relativ zur Variante 1 im Verlauf der Jahre von 2005 bis 2016	20
Bild 6:	Schematische Darstellung der Formen des Zwischenfruchtanbaus	23
Bild 7:	Einflussfaktoren für die erfolgreiche Etablierung eines Zwischenfruchtbestands ..	24
Bild 8:	Schema zur Abschätzung der N-Aufnahme von Zwischenfrüchten in Abhängigkeit der Bodenart, dem Aussaatzeitraum und der herbstlichen N-Düngung	25
Bild 9:	Visuelle Abschätzung der N-Aufnahme von Zwischenfrüchten anhand der Bestandsentwicklung Mitte/Ende Oktober	25
Bild 10:	Mittlere Herbst- N_{min} -Gehalte (kg/ha) zum Ende der Vegetationsperiode auf Praxisschlägen mit und ohne Zwischenfrüchten; N = 519	26
Bild 11:	Mittlere N-Gehalte in der oberirdischen Biomasse (kg/ha) von Zwischenfruchtbeständen mit und ohne herbstliche N-Düngung mit dazugehörigen Herbst- N_{min} -Gehalten (kg/ha) im Boden; Oktober	27
Bild 12:	Frühjahrs- N_{min} -Gehalte (kg/ha) im Boden zu Vegetationsbeginn auf Flächen mit und ohne Zwischenfrüchten zu nachfolgenden Sommerkulturen	28
Bild 13:	Kooperationsgebiete Mönchengladbach	32
Bild 14:	N_{min} -Mittelwerte nach Mais zu Vegetationsende der Jahre 1988 – 2018, Mönchengladbach	33
Bild 15:	N_{min} -Mittelwerte von Maisflächen zum Vegetationsende mit und ohne Bodenbearbeitung nach der Ernte (Jahre 2011 – 2018), Mönchengladbach....	34
Bild 16:	N_{min} -Mittelwerte von Getreideflächen mit Zwischenfruchtanbau gegenüber Flächen mit Herbstbestellung (Jahre 1992 – 2018), Mönchengladbach	35
Bild 17:	Leguminosenreicher Zwischenfruchtbestand im Oktober 2014 bei Göttingen	38
Bild 18:	Prismenwalze in der Fronthydraulik des Schleppers bei der Direktsaat zur mechanischen Regulation des Zwischenfruchtbestands	38
Bild 19:	Direktsaat von Winterweizen in stehende Zwischenfrucht nach Raps im Oktober 2014: Gleitender Übergang von vorheriger zu folgender Kultur	39
Bild 20:	Mögliches Fruchtfolgeschema für vier Beispielbetriebe im Direktsaatsystem	40
Bild 21:	Rapsanbau mit Inkarnatklée als Begleitpflanze im Oktober 2014	41
Bild 22:	Direktsaat von Wintergerste in den stehenden Senfbestand nach Winterackerbohnen im Betrieb Henne im Wasserschutzgebiet Gronespring im September 2015	42
Bild 23:	Frischmasseerträge der Demonstrationsfläche Rapsnacherntemanagement. Vergleich gegrubbert, Bodenruhe+Ausfallraps und Zwischenfrüchte (Mischungen V1-4, davon V3+V4 leguminosenreich)	43
Bild 24:	N_{min} -Werte der Demonstrationsfläche Rapsnacherntemanagement. Vergleich gegrubbert, Bodenruhe + Ausfallraps und Zwischenfrüchte (Mischungen V1-4, davon V3+V4 leguminosenreich)	44

Bild 25:	Lage der Saugkerzenplätze und der Tiefsondierungspunkte auf Fläche 1	49
Bild 26:	Boden-N _{min} -Werte und Nitrat-Sickerwasserkonzentration (Saugkerzen) unter Fläche 1	50
Bild 27:	Nitrat-Sickerwasserkonzentration (Tiefsondierungen) unter Fläche 1	51
Bild 28:	Herbst-N _{min} -Werte und Nitrat-Sickerwasserkonzentration (Saugkerzen) unter Fläche 2	52
Bild 29:	Nitrat-Sickerwasserkonzentration (Tiefsondierungen) unter Fläche 2	53
Bild 30:	Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser einer Messstelle, in deren Zustrom eine Umstellung von Ackerbau auf Sonderkulturanbau erfolgte	55
Bild 31:	Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser einer Messstelle, in deren Zustrom nach ackerbaulicher Nutzung ein Golfplatz errichtet wurde	55
Bild 32:	Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser einer Messstelle, in deren Zustrom nach ackerbaulicher Nutzung ein Gewerbe- bzw. Siedlungsgebiet angelegt wurde	56
Bild 33:	Mais mit Gräseruntersaat grundwasserschonend gestaltet (Datum 23.09.2013)	59
Bild 34:	Gräseruntersaat nach der Maisernte bietet N-Entzug und Erosionsschutz über Winter sowie die Option zur Folgenutzung (Datum 11.11.2013).....	60
Bild 35:	Wickroggen-GPS- Getreideganzpflanzensilagen stellen eine gute Ergänzung für die Substratbereitstellung dar (Datum 10.06.2013).....	60
Bild 36:	Sorghum- als Alternative zu Mais interessant, wenn der Standort stimmt (Zur Ernte 22.09.2014)	60
Bild 37:	Lage des Wasserschutzgebiets Weiler und Bodenverhältnisse im Bereich von Nieder- und Mittelterrasse auf Basis der Bodenkarte 1:50.000	68
Bild 38:	Änderung der Flächennutzung im Wasserschutzgebiet Weiler 1988/2014.....	69
Bild 39:	Ackernutzungen und sonstige „grüne“ Nutzungen im Wasserschutzgebiet Weiler-Langel/Worringen.....	69
Bild 40:	Wirksamkeit und Kosten verschiedener Gewässerschutzmaßnahmen in den Kölner Wasserarbeitskreisen.....	71
Bild 41:	Nitratgehalte im Grundwasser des Wassereinzugsgebietes Weiler, Zeitraum Nov. 1989 bis September 2019, Mittelwert aus 12 Beobachtungsbrunnen, Einflussbereich Landwirtschaft.....	74
Bild 42:	Vergütung beim sogenannten Grundpaket	77
Bild 43:	Anteil der Fläche mit und ohne Vereinbarungen an der gesamten privaten landwirtschaftlichen Fläche im Trinkwasserschutzgebiet für die Städte Augsburg und Königsbrunn.....	78
Bild 44:	Luftbild aus dem Wasserschutzgebiet	78
Bild 45:	Entwicklung der Nitrat-N-Gehalte von 1991 bis 2018 im Boden	79
Bild 46:	Vergleich zweier Nitratganglinien quartärer Grundwassermessstellen im Abstrom (8077) und im Zustrom (9022) des Sanierungsgebiets mit dem Anteil privater Flächen ohne Vereinbarungen im Trinkwasserschutzgebiet über die Jahre 1990 bis 2018.....	80
Bild 47:	Nitratkonzentration am Quartärbrunnen 3308 bzw. an der benachbarten Grundwassermessstelle (Jahresmittelwerte von 1990 bis 2018).....	81
Bild 48:	Lage der Vertragsflächen und des Beratungsgebiets in der Kooperation Geldern-Hartefeld	83
Bild 49:	Verlauf der arithmetischen Herbst N _{min} -Mittelwerte über alle Kulturen in 0 cm – 90 cm im Beratungsgebiet von 1999 bis 2019	86
Bild 50:	Verlauf der arithmetischen Herbst N _{min} -Mittelwerte über alle Kulturen in 0 cm – 90 cm auf den Vertragsflächen von 1999 bis 2019	87

Bild 51:	Monatliche N_{\min} -Beprobung in 2016 (a), 2017 (b) und 2018 (c).....	88
Bild 52:	Herbst- N_{\min} -Durchschnittswert in Abhängigkeit der Hauptfrucht des Probenahmejahres im Prämien- und Beratungsgebiet – WSG Hartefeld.....	89
Bild 53:	Entwicklung der Nitratwerte im Rohwasser in 5 Brunnen im Wasserschutzgebiet Geldern-Hartefeld (Stadtwerke Geldern).....	90
Bild 54:	Übersichtskarte des Wasserschutzgebiets Dülken/Boisheim	92
Bild 55:	Flächennutzung (a) und Verbreitung der Bodentypen (b) im Untersuchungsgebiet....	93
Bild 56:	Vergleich der Anteile der Anbaukulturen Ende der 90er-Jahre und 2017	94
Bild 57:	Nitratverteilung im Einzugsgebiet Dülken/Boisheim	95
Bild 58:	Entwicklung der N_{\min} -Gehalte im Boden zu Beginn der Sickerperiode im Kooperationsgebiet Dülken/Boisheim	96
Bild 59:	Nitratkonzentration im Sickerwasser des Einzugsgebiets Dülken ermittelt durch Tiefensondierungen.....	98
Bild 60:	Entwicklung der mittleren Nitratkonzentration a) in oberflächennahen Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet Dülken und b) in einem Förderbrunnen des oberflächennahen Grundwasserleiters.....	99
Bild 61:	Vergleich der durchschnittlichen N_{\min} -Restgehalte verschiedener Kulturarten im Einzugsgebiet Dülken/Boisheim in der Frühphase der Kooperation (1995 bis 1997) mit den Werten von 2005 bis 2014.....	100
Bild 62:	Lage des Modellgebiets Werntal.....	101
Bild 63:	Flurstücksscharfe Bewertung der Nitrat-Austragsgefährdung im Trinkwassereinzugsgebiet.....	103
Bild 64:	Reduzierung der Nitratauswaschung durch Verzicht auf die Spätdüngung beim Backweizenanbau	104
Bild 65:	Reduzierung der Nitratauswaschung durch Anbau von Zwischenfrüchten	104
Bild 66:	Extensivierung der Fruchtfolge von Projektbeginn bis heute.....	105
Bild 67:	Mittlerer N-Saldo von Ackerkulturen (2016, 2017 und 2018, 565 Flurstücke 2.355 ha) ..	105
Bild 68:	Lage der Trinkwasserbrunnen und Entwicklung der Nitratkonzentration	106
Bild 69:	Wasserversorger, Landwirte und Wasserberater diskutieren die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen.....	107
Bild 70:	Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Trinkwasser im Wasserschutzgebiet Harsewinkel 1996 – 2018.....	109
Bild 71:	Nitrataustragsgefährdungskarte und Extensivierungsflächen im Wasserschutzgebiet Harsewinkel	113
Bild 72:	Durchschnittliche Nitratrestwerte pro Hektar im gesamten Wasserschutzgebiet von 2000-2014 und 2015 (Umbruch von 60 % der Extensivierungsflächen)	113
Bild 73:	Umbruch mit Einsatz SG	114
Bild 74:	Umbruch mit Einsatz SM.....	114
Bild 75:	Durchschnittliche N_{\min} -Herbstwerte 2015 (25 ha Extensivierung gebrochen, damit die Flächen nicht den Dauergrünlandstatus erhalten)	114
Bild 76:	Karte mit den durchgeführten Gewässerschutzmaßnahmen im Wasserschutzgebiet Mussum.....	117
Bild 77:	Entwicklung der Nitratkonzentration im Rohwasser Mussum von 1980 – 2019	118
Bild 78:	Entwicklung der Wasserhärte und der Chloridkonzentration im Rohwasser Mussum von 1980 – 2019.....	118
Bild 79:	Entwicklung der Nitratkonzentration im oberflächennahen Grundwasser der Messstelle im Fallbeispiel 2 (2001 – 2018).....	120
Bild 80:	Entwicklung der Chlorid- und Calciumkonzentration im oberflächennahen Grundwasser der Messstelle im Fallbeispiel 2 (2001 – 2018)	121

Bild 81:	Entwicklung der Nitratkonzentration im oberflächennahen Grundwasser der Messstelle im Fallbeispiel 3 (2002 – 2018)	122
Bild 82:	Jahresmittelwerte Nitratkonzentration im Rohmischwasser Wasserwerk Canitz...	124
Bild 83:	Nitratdynamik Gütemessstelle (V) im Umfeld konventioneller Ackernutzung (Leipziger Wasserwerke)	124
Bild 84:	Nitratdynamik Gütemessstelle IV im Umfeld ökologischer Landwirtschaft	128
Bild 85:	Hauptnaturräume Schleswig-Holsteins.....	130
Bild 86:	Nitratgehalte an Grundwassermessstellen des chemischen Monitorings 2018.....	131
Bild 87:	Jahresmittelwerte für Nitrat, gemittelt über die operativen Messstellen, differenziert nach Hauptnutzungen.....	132
Bild 88:	Übersichtskarte der Beratungsgebiete der Gewässerschutzberatung in Schleswig-Holstein	133
Bild 89:	Beratungsstruktur und Modulaufbau der Gewässerschutzberatungs.....	134
Bild 90:	Netto-Hoftorbilanz im Mittel aller intensiv beratenen Betriebe.....	135
Bild 91:	Brutto-Hoftorbilanzsalden aufgegliedert nach Betriebstypen im Mittel aller beratenen Betriebe (2014 – 2018).....	135
Bild 92:	Aufkommen an mineralischem und organischem Stickstoff, Median aller intensiv beratenen Betriebe (2008 – 2018).....	136
Bild 93:	Naturräumliche Regionen Niedersachsens und Lage der Trinkwassergewinnungsgebiete des Niedersächsischen Kooperationsmodells.....	138
Bild 94:	Prozentuale Verteilung der Erfolgskontrollmessstellen auf 4 Klassen unterschiedlicher Nitratgehalte in den einzelnen Trinkwassergewinnungsgebieten des Niedersächsischen Kooperationsmodells im Jahr 2017 (n = 1.453)	139
Bild 95:	Prozentuale Verteilung der Rohwasserförderung auf 4 Klassen unterschiedlicher Nitratgehalte in den einzelnen Trinkwassergewinnungsgebieten des Niedersächsischen Kooperationsmodells im Jahr 2017	140
Bild 96:	Netto-N-Hoftorbilanzsalden in den Trinkwassergewinnungsgebieten des Niedersächsischen Kooperationsmodells im Mittel und für unterschiedliche Wirtschaftsdüngerklassen für den Zeitraum 1998 bis 2017	143
Bild 97:	Prozentuale Entwicklung der Netto-Stickstoff-Hoftorbilanzsalden in den Trinkwassergewinnungsgebieten des Niedersächsischen Kooperationsmodells und in den Referenzbetrieben zwischen 1998 und 2016	144
Bild 98:	Prozentuale Entwicklung der Nitratgehalte von Erfolgskontrollmessstellen innerhalb und von Referenzmessstellen außerhalb der Trinkwassergewinnungsgebiete des Niedersächsischen Kooperationsmodells zwischen 2000 und 2017	145
Bild 99:	Flächennutzung in Hessen	148
Bild 100:	Regionalisierte Nitratkonzentrationen der Jahre 1973 bis 1975, 1993 bis 1995, 2009 bis 2011 sowie 2014 bis 2016.....	149
Bild 101:	Fließschema „Ableitung des Belastungspotenzials bezüglich diffuser Stickstoffeinträge in das Grundwasser“	150
Bild 102:	Flächenhafte Verteilung des Belastungspotenzials, WRRL-Maßnahmenräume sowie die Grundwasserkörper im schlechten chemischen Zustand (Nitrat)	151
Bild 103:	Ableitung der Beratungsintensitäten bzw. Maßnahmen auf Grundlage des Belastungspotenzials	152
Bild 104:	Zeitliche Entwicklung der mittleren N_{min} -Gehalte in Hessen	153
Bild 105:	Zeitliche Entwicklung der mittleren Brutto-N-Hoftorbilanzen nach ausgewählten Betriebstypen	154
Bild 106:	Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen von Grundwässern, mit Nitratkonzentrationen größer 25 mg/l.....	155

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Ausgewählte Bodeneigenschaften der Pararendzina aus unterem Keuper.....	14
Tabelle 2:	Beschreibung der Düngungsvarianten im Lysimeter- und Feldversuch.....	15
Tabelle 3:	Sickerwassermenge, N-Austrag, NO ₃ -Konzentration des Sickerwassers, N-Düngung, N-Salden im Lysimeterversuch im Mittel der Jahre 2005 bis 2016....	17
Tabelle 4:	Erträge (relativ zu Variante 1), N-Düngung und N-Saldo in Abhängigkeit von der Düngungsvariante im Feldversuch im Mittel der Jahre von 2005 bis 2016.....	19
Tabelle 5:	Herleitung der N-Düngeempfehlung für Eliteweizen in den Jahren 2008 und 2015	21
Tabelle 6:	N-Auswaschungsverluste (kg/ha) mit und ohne Zwischenfrüchten bei unterschiedlichem Aussattermin und verschiedenen Umbruchzeiträumen....	28
Tabelle 7:	N-Auswaschung nach Winterroggen mit und ohne Zwischenfrüchten und unterschiedlicher N-Düngung im Herbst.....	28
Tabelle 8:	C/N-Verhältnisse einiger Zwischenfruchtgemenge und Umsetzbarkeit der organischen Substanz nach Einarbeitung.....	30
Tabelle 9:	Klimadaten und Böden der Versuchsbetriebe.....	37
Tabelle 10:	Zusammensetzung der Zwischenfruchtvarianten und Saatstärken.....	43
Tabelle 11:	Winterweizenenerträge 2016 im Folgejahr der untersuchten Nacherntemanagementvarianten, Betrieb Rothmann.....	45
Tabelle 12:	Anbaukulturen auf den Untersuchungsflächen.....	48
Tabelle 13:	Kenndaten zur Bewirtschaftung auf Fläche 1.....	49
Tabelle 14:	Kenndaten zur Bewirtschaftung auf Fläche 2.....	51
Tabelle 15:	Kenndaten des Versuchsbetriebs.....	58
Tabelle 16:	Übersicht der untersuchten Kulturen und Prüfvarianten, Versuchsjahre 2011-2015.....	59
Tabelle 17:	Klassifizierungsschema für nitratbezogene Wasserqualitäts- und Klimaschutzkriterien.....	62
Tabelle 18:	Übersicht: Bewertung der Wasser- und Klimaschutzleistung von Energiepflanzen, Niedersächsischer Versuchsbetrieb 2011-2015.....	63
Tabelle 19:	Gesamtbewertung von Fruchtfolgebeispielen für Energiepflanzen mit Schwerpunkt Grundwasserschutz auf Basis der niedersächsischen Versuchsergebnisse 2011-2015.....	64
Tabelle 20:	N-Düngung, N-Entzüge (Körner und Rüben), N-Saldo und jährliche N-Austräge drei typischer Böden über eine „Rheinische Fruchtfolge“: Zuckerrüben, Winterweizen, Wintergerste (3 Jahre), ohne organische Düngung auf drei typischen Böden im Wasserschutzgebiet Weiler.....	68
Tabelle 21:	Abschätzung der gesamtgebietlichen N-Belastung des Sickerwassers im Kooperationsgebiet Dülken/Boisheim auf der Basis der klimatischen Wasserbilanz und der N _{min} -Gehalte zu Beginn der Sickerperiode.....	97
Tabelle 22:	In 2018 eingesetzte Anteile an Wirtschafts- und Mineraldüngern zu den angebauten Kulturen im Einzugsgebiet der Wassergewinnung Mussum.....	115
Tabelle 23:	Merkmale des Wasserschutzgebiets Mussum.....	116
Tabelle 24:	Auswirkungen der Bewirtschaftung auf die Nitratkonzentration an der Grundwasseroberfläche.....	119
Tabelle 25:	Merkmale des Einzugsgebiets zweier Grundwassermessstellen der Wassergewinnung „Im Trier“ der Fallbeispiele 2 + 3.....	119
Tabelle 26:	Schutzkonzeption der Landwirtschaftsflächen in den beiden TWSG Canitz/Thallwitz und Naunhof.....	123

Tabelle 27: Minderung des N-Überschusses von Schlagbilanzen sowie der Herbst-N _{min} -Gehalte durch freiwillige Vereinbarungen des Niedersächsischen Kooperationsmodells im Jahr 2017	141
--	-----

VORSCHAU

1 Einleitung

Der vorliegende Band der DWA-Themen ergänzt das Merkblatt DWA-M 911 „Möglichkeiten der Effizienzkontrolle von Maßnahmen zur grundwasserschonenden Bodennutzung am Beispiel des Stickstoffs“ mit einer bundesweiten Beispielsammlung für den Einsatz von Maßnahmen, Anbauverfahren und Fruchtfolgen zur Reduzierung des Stickstoffaustrags in der Landwirtschaft. Die vorgestellten Beispiele umfassen einerseits betriebliche Maßnahmen und Verfahren zur Steuerung des Stickstoffaustrags. Andererseits werden Maßnahmen auf der Ebene von Einzugsgebieten im regionalen Maßstab vorgestellt und schließlich Landesprogramme zur Umsetzung der Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie.

Die Zusammenstellung der Maßnahmen und Programme gibt einen Überblick über teils jahrzehntelange Erfahrungen mit dem Einsatz von Maßnahmen, Verfahren und umfassenden Bewirtschaftungsformen zur Steuerung der Stoffflüsse in der Landbewirtschaftung mit dem Ziel, den Nitrataustrag in die Gewässer zu minimieren. Die Autorenbeiträge bieten einen breiten regionalen Querschnitt über die eingesetzten Techniken und deren Wirkungen in den verschiedenen Landschaften in Deutschland.

Der vorliegende Band der DWA-Themen wendet sich an Landwirte und landwirtschaftliche Berater, an Wasserwirtschaftler und Manager in Büros, Verwaltungen und Betrieben, die den Einsatz geeigneter Mittel für die Steuerung der Nährstoffflüsse in der Umwelt in gleicher Weise unter betrieblichen, als auch unter regionalplanerischen Aspekten verantworten.

2 Beispielhafte flächenwirksame Einzelmaßnahmen

2.1 Wirkung einer fachgerechten N-Düngung auf die N-Auswaschung eines Verwitterungsbodens im mitteldeutschen Trockengebiet

2.1.1 Problemstellung

In Thüringen verfehlen laut WRRL 15 von 60 Grundwasserkörpern (GWK) den guten chemischen Zustand aufgrund erhöhter Nitratbelastungen (TMUEN 2016). Das entspricht in etwa einem Drittel der Gesamtfläche der GWK.

Aufgrund des geringen bis mittleren Niederschlagsaufkommens in den Ackerbauregionen Thüringens liegen auch die Sickerwasserraten mit 10 mm bis 200 mm je Jahr auf niedrigem bis mittlerem Niveau. Insbesondere in den niederschlagsarmen Gebieten ist der vor Winter im Boden enthaltene mineralische Stickstoff nur zu einem Teil auswaschungsgefährdet. Eine Verdünnung des Bodenwasserabflusses durch mehrmaligen Austausch des Bodenwassers im Wurzelraum findet in der Regel nicht statt. Eine Nitratkonzentration von 50 mg/l im Sickerwasser unterhalb des Wurzelraums ist deshalb bei ackerbaulicher Nutzung des Bodens nur schwer einzuhalten. Dass in Thüringen ein Teil der Gewässer den guten Zustand aufgrund erhöhter Nitratbelastungen nicht erreicht, hängt deshalb wesentlich mit den niedrigen Sickerwasserraten zusammen.

Im Rahmen der Umsetzung der WRRL zur Reduzierung der diffusen Stoffausträge aus der Landwirtschaft hat das Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR) im Jahr 2005 die Lysimeteranlage Buttstedt um zwölf Lysimeter erweitert. Ziel der Untersuchungen ist die Bestimmung der unvermeidbaren N-Auswaschung bei ackerbaulicher Nutzung für zwei für das Thüringer Becken typische Böden. Unter der Randbedingung einer fachgerechten N-Düngung erfolgt die Prüfung zwei verschiedener Düngungsregime.

Im folgenden Beitrag wird über die Wirkung einer fachgerechten N-Düngung auf die N-Auswaschung einer Pararendzina aus unterem Keuper berichtet. Grundlage dafür sind Messergebnisse aus dem Zeitraum von 2005 bis 2016.

VORSCHAU

Der vorliegende Band der DWA-Themen ergänzt das Merkblatt DWA-M 911 „Möglichkeiten der Effizienzkontrolle von Maßnahmen zur grundwasserschonenden Bodennutzung am Beispiel des Stickstoffs“ mit einer bundesweiten Beispielsammlung für den Einsatz von Maßnahmen, Anbauverfahren und Fruchtfolgen zur Reduzierung des Stickstoffaustrags in der Landwirtschaft. Die vorgestellten Beispiele umfassen einerseits betriebliche Maßnahmen und Verfahren zur Steuerung des Stickstoffaustrags. Andererseits werden Maßnahmen auf der Ebene von Einzugsgebieten im regionalen Maßstab vorgestellt und schließlich Landesprogramme zur Umsetzung der Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie.

Die Zusammenstellung der Maßnahmen und Programme gibt einen Überblick über teils jahrzehntelange Erfahrungen mit dem Einsatz von Maßnahmen, Verfahren und umfassenden Bewirtschaftungsformen zur Steuerung der Stoffflüsse in der Landbewirtschaftung mit dem Ziel, den Nitrataustrag in die Gewässer zu minimieren. Die Autorenbeiträge bieten einen breiten regionalen Querschnitt über die eingesetzten Techniken und deren Wirkungen in den verschiedenen Landschaften in Deutschland.

Der vorliegende Band der DWA-Themen wendet sich an Landwirte und landwirtschaftliche Berater, an Wasserwirtschaftler und Manager in Büros, Verwaltungen und Betrieben, die den Einsatz geeigneter Mittel für die Steuerung der Nährstoffflüsse in der Umwelt in gleicher Weise unter betrieblichen, als auch unter regionalplanerischen Aspekten verantworten.

VORSCHAU

ISBN: 978-3-96862-104-3 (Print)
978-3-96862-105-0 (E-Book)

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef
Telefon: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-135
info@dwa.de · www.dwa.de