Jetzt kaufen auf shop.wvgw.de
Als Print oder PDF-Download

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.

DVGW
INFORMATION

www.dvgw-regelwerk.de

DVGW-Information

WASSER Nr. 109 August 2021

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

WASSER

in Kooperation mit

DWA
Klare Konzepte. Saubere Umwelt.

Der DVGW mit seinen rund 14.000 Mitgliedern ist der technisch-wissenschaftliche Verein im Gas- und Wasserfach, der seit 160 Jahren die technischen Standards für eine sichere und zuverlässige Gas- und Wasserversorgung setzt, aktiv den Gedanken- und Informationsaustausch in den Bereichen Gas und Wasser anstößt und durch praxisrelevante Hilfestellungen die Weiterentwicklung im Fach motiviert und fördert.

Der DVGW ist wirtschaftlich unabhängig, politisch neutral und dem Gemeinwohl verpflichtet.

Das DVGW-Regelwerk ist ein zentrales Instrument zur Erfüllung des satzungsgemäßen Zwecks und der Aufgaben des DVGW. Auf Basis der gesetzlichen Bestimmungen werden im DVGW-Regelwerk insbesondere sicherheitstechnische, hygienische, umweltschutzbezogene, gebrauchstauglichkeitsbezogene, verbraucherschutzbezogene und organisatorische Anforderungen an die Versorgung und Verwendung von Gas und Wasser definiert. Mit seinem Regelwerk entspricht der DVGW der Eigenverantwortung, die der Gesetzgeber der Versorgungswirtschaft zugewiesen hat – für technische Sicherheit, Hygiene, Umwelt- und Verbraucherschutz.

Benutzerhinweis

Mit dem DVGW-Regelwerk sind folgende Grundsätze verbunden:

- Das DVGW-Regelwerk ist das Ergebnis ehrenamtlicher Tätigkeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (DVGW-Satzung, Geschäftsordnung GW 100) erarbeitet worden ist. Für dieses besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.
- Das DVGW-Regelwerk steht jedermann zur Anwendung frei. Eine Pflicht kann sich aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, einem Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.
- Durch das Anwenden des DVGW-Regelwerkes entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Wer es anwendet, hat für die richtige Anwendung im konkreten Fall Sorge zu tragen.
- Das DVGW-Regelwerk ist nicht die einzige, sondern eine wichtige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Es kann nicht alle möglichen Sonderfälle erfassen, in denen weitergehende oder einschränkende Maßnahmen geboten sein können.

ISSN 0176-3504

Sonderpreis

© DVGW, Bonn, August 2021

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@dvgw.de
Internet: www.dvgw.de

Jede Art der urheberrechtlichen Verwertung und öffentlichen Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches 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 · Internet: shop.wvgw.de
Art. Nr.: 311060

Die DVGW-Information Wasser Nr. 109 erscheint inhaltsgleich auch als DWA-Themenband.

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

Inhalt

Vorwort ... **13**

Verfasser ... **14**

1 Einleitung ... **16**

2 Beispielhafte flächenwirksame Einzelmaßnahmen ... **16**

2.1 Wirkung einer fachgerechten N-Düngung auf die N-Auswaschung eines Verwitterungsbodens im mitteldeutschen Trockengebiet ... 16

2.1.1 Probemstellung ... 16

2.1.2 Versuchsstandort, Versuchsanlage und Düngungsvarianten ... 17

2.1.3 Ergebnisse ... 19

2.1.3.1 N-Austrag, Sickerwassermenge und NO_3-Konzentration des Sickerwassers im Lysimeterversuch ... 19

2.1.3.2 Erträge und N-Salden in Abhängigkeit von den Düngungsvarianten im Feldversuch ... 22

2.1.4 Diskussion und Bewertung der Maßnahme ... 25

2.1.5 Zusammenfassung ... 25

2.2 Zwischenfruchtanbau zur Verringerung der Herbst-N_{min}-Gehalte und Nitratauswaschung mit dem Sickerwasser ... 26

2.2.1 Einleitung ... 26

2.2.2 Bestandsentwicklung und Stickstoffbindung ... 26

2.2.3 Herbst-Nmin-Gehalte und N-Auswaschung ... 29

2.2.4 Zwischenfrüchte und Wasserhaushalt ... 33

2.2.5 Anrechnung der Zwischenfrucht auf die Stickstoffdüngung der Folgekultur ... 33

2.2.6 Zusammenfassung ... 35

2.3 Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf den herbstlichen N_{min}-Wert ... 35

2.3.1 Einleitung ... 35

2.3.2 Mais ... 36

2.3.3 Getreide ... 38

2.3.4 Schlussfolgerung ... 39

2.4 Das System „Grün in Grün“: Durch Direktsaat von Winterungen in stehende Zwischenfruchtbestände N_{min}-Werte vor Winter und Erosionsprobleme reduzieren ... 39

2.4.1 Problemstellung ... 39

2.4.2 Lage des Untersuchungsgebiets ... 40

2.4.3 Beschreibung und Durchführung des Direktsaatsystems „Grün- in Grün“ ... 40

2.4.3.1 Direktsaat als geschlossenes Ackerbausystem ... 40

2.4.3.2 Integration von Zwischenfrüchten 41
2.4.4 Fruchtfolgegestaltung 43
2.4.5 Pflanzenschutz und Düngung 44
2.4.6 Ergebnisse 45
2.4.7 Erfahrungen mit Wintergerste nach Ackerbohnen 45
2.4.8 Erfahrungen mit Winterweizen nach Raps mit Zwischenfrüchten WRRL-Maßnahmenraum Kassel Nord 46
2.4.9 Fazit 49
2.5 Verminderung der Nitrat-Auswaschung in das Grundwasser durch den mehrjährigen Anbau von Ackergras als Extensivierungsmaßnahme auf landwirtschaftlich genutzten Flächen 50
2.5.1 Problemstellung 50
2.5.2 Verhältnisse im Untersuchungsgebiet 51
2.5.3 Beschreibung und Durchführung der Maßnahme 51
2.5.3.1 Bewirtschaftung der Untersuchungsflächen 51
2.5.3.2 Erfolgskontrolle auf den Untersuchungsflächen 52
2.5.4 Ergebnisse der Maßnahme 53
2.5.4.1 Fläche 1 53
2.5.4.2 Fläche 2 55
2.5.5 Bewertung der Maßnahme 57
2.6 Auswirkungen geänderter Nutzungsbedingungen auf die Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers 58
2.6.1 Einleitung 58
2.6.2 Beispiel 1 – Umwandlung von Ackerland in Sonderkulturanbau 58
2.6.3 Beispiel 2 – Umwandlung von Ackerland in Golfplatz/Dauergrünland 59
2.6.4 Beispiel 3 – Umwandlung von Ackerland in ein Gewerbe-/Siedlungs- gebiet 60
2.6.5 Fazit der beschriebenen Beispiele 61
2.7 Energiepflanzenfruchtfolgen – grundwasser- und klimaschonend gestaltet 62
2.7.1 Problemstellung 62
2.7.2 Lage des Untersuchungsgebiets 62
2.7.3 Beschreibung und Durchführung der Untersuchungen 63
2.7.3.1 Untersuchungsprogramm 63
2.7.4 Darstellung Bewertungsschema 65
2.7.5 Angaben zu den Eingangswerten 66
2.7.6 Ergebnisse und Maßnahmenwirkung 67
2.7.6.1 Bewertung der einzelnen Fruchtfolgeglieder 67
2.7.7 Gesamtbewertung von Beispielfruchtfolgen 69
2.7.8 Fazit 72

3 Fallbeispiele mit Wirkungen in Wassereinzugsgebieten – Regionale Maßnahmen 73
3.1 Zwischenfruchtanbau nach dem „Kölner Mulchsaatverfahren“ 73
3.1.1 Einführung 73
3.1.2 Daten zum Wasserschutzgebiet 73
3.1.2.1 Lage und Morphologie 73
3.1.2.2 Klima und Hydrologie 73
3.1.2.3 Böden 73
3.1.2.4 Änderungen der Flächennutzung und landwirtschaftlichen Nutzungsarten 75
3.1.3 Das „Kölner Mulchsaatverfahren“ (KMV) nach Getreide und Raps 76
3.1.4 Nitratbelastung im Wasserschutzgebiet und Ursachen 79
3.1.5 Bewertung und Ausblick 80
3.2 30 Jahre „Augsburger Modell“ 81
3.2.1 Hydrogeologische Verhältnisse und Entwicklung der Wasserqualität 81

3.2.2 Struktur und Flächenanteile der landwirtschaftlichen Nutzung ... 81
3.2.3 Wasserschutz statt Wasserfabrik ... 81
3.2.4 Kooperation mit den Landwirten ... 81
3.2.4.1 Allgemeines ... 81
3.2.4.2 Das Grundpaket ... 82
3.2.4.3 Die Zusatzpakete ... 83
3.2.5 Erfolge in der Landnutzung ... 84
3.2.6 Erfolge im Boden ... 85
3.2.7 Erfolge im Grundwasser ... 85
3.2.8 Erfolge im Trinkwasser ... 86
3.2.9 Bewertung der Maßnahmen und Erfahrungen ... 87
~~3.3~~ Maßnahmen zur grundwasserschonenden Landbewirtschaftung im Wasserschutzgebiet Geldern-Hartefeld ... 88
3.3.1 Einleitung ... 88
3.3.2 Die hydrogeologischen Verhältnisse und die Entwicklung der Wasserqualität ... 88
3.3.3 Lage des Wasserschutzgebiets Hartefeld – Struktur und Flächenanteile der landwirtschaftlichen Nutzung ... 89
3.3.4 Maßnahmen der Kooperation zum Schutz des Trinkwassers ... 90
3.3.5 Erfolge und Probleme zur grundwasserschonenden Landbewirtschaftung ... 92
3.3.6 Monatliche N_{min}-Beprobung ... 94
3.3.7 Bewertung der Maßnahmen und Erfahrungen ... 95
3.3.8 Fazit ... 97
3.4 Auswirkungen grundwasserschonender Maßnahmen in einem Wassereinzugsgebiet mit intensiver Landbewirtschaftung am linken Niederrhein ... 98
3.4.1 Einleitung ... 98
3.4.2 Situation im Untersuchungsgebiet ... 98
3.4.2.1 Lage des Untersuchungsgebiets ... 98
3.4.2.2 Flächennutzung ... 100
3.4.2.3 Bodenverhältnisse ... 100
3.4.2.4 Landwirtschaftliche Nutzung im Untersuchungsgebiet ... 101
3.4.2.5 Hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Verhältnisse ... 101
3.4.3 Maßnahmen zur grundwasserschonenden Landbewirtschaftung ... 102
3.4.4 Auswirkungen der durchgeführten Maßnahmen ... 103
3.4.4.1 Vorbemerkung ... 103
3.4.4.2 Messungen in der Wurzelzone ... 103
3.4.4.3 Messungen in der Sickerwasserzone ... 104
3.4.4.4 Messungen im Grundwasser ... 105
3.4.5 Zusätzliche landwirtschaftliche Maßnahmen ... 106
3.4.6 Zusammenfassung und Ausblick ... 107
3.5 Werntalprojekt: Modellvorhaben zur kooperativen Nitratsanierung im Trinkwassereinzugsgebiet ... 107
3.5.1 Ausgangslage und Zielsetzung ... 107
3.5.2 Struktur und Flächenanteile der landwirtschaftlichen Nutzung ... 108
3.5.3 Hauptursachen der Nitratbelastung ... 109
3.5.4 Maßnahmen zur grundwasserschonenden Landbewirtschaftung ... 109
3.5.5 Änderung der Fruchtfolge und Auswirkungen auf die Stickstoffsalden ... 112
3.5.6 Entwicklung der Grundwasserbelastung mit Nitrat ... 112
3.5.7 Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit ... 113
3.5.8 Bewertung der Maßnahmen, Erfahrungen ... 113
3.6 Maßnahmen zur grundwasserschonenden Landbewirtschaftung in der Kooperation Harsewinkel ... 114

3.6.1 Einleitung 114
3.6.2 Die hydrogeologischen Verhältnisse und die Entwicklung der Wasserqualität 115
3.6.3 Lage des Wasserschutzgebiets Harsewinkel – Struktur und Flächenanteile der landwirtschaftlichen Nutzung 116
3.6.4 Die Landwirtschaft im Kooperationsgebiet 116
3.6.5 Maßnahmen der Kooperation zum Schutz des Trinkwassers 117
3.6.6 Erfolge und Probleme zur grundwasserschonenden Landbewirtschaftung 119
3.6.7 Fazit 122
3.7 Auswirkung der Flächenbewirtschaftung auf die Entwicklung der Nitratkonzentration im Grundwasser – drei Fallbeispiele aus dem westlichen Münsterland 122
3.7.1 Einleitung 122
3.7.2 Fallbeispiele 123
3.8 Auswirkungen von landwirtschaftlichen Maßnahmen auf die Beschaffenheit des Sicker- und Grundwassers im Raum Leipzig 130
3.8.1 Kurzübersicht der hydrogeologischen Verhältnisse und der Entwicklung der Wasserqualität ... 130
3.8.2 Lage des Einzugsgebiets, Struktur und Flächenanteile der landwirtschaftlichen Nutzung 132
3.8.3 Hauptursache der Nitratbelastung 133
3.8.4 Maßnahmen zur grundwasserschonenden Landbewirtschaftung am Beispiel der Leipziger Wasserwerke und der Wassergut Canitz GmbH 134
3.8.5 Ergebnisse: Wirkung auf Boden, Sicker- und Grundwasser 135
3.8.6 Bewertung der Maßnahmen und tolerierbare N-Salden 136

4 Beispiele der Nitratminderungsstrategien auf der Ebene einzelner Bundesländer 137
4.1 Erfolge landwirtschaftlicher Gewässerschutzberatung in Schleswig-Holstein 137
4.1.1 Naturräume 137
4.1.2 Landwirtschaftliche Struktur 138
4.1.3 Grundwasserdaten zum Nitrat 139
4.1.4 Maßnahmen 140
4.1.5 Erfolge 142
4.1.6 Bewertung und Ausblick 144
4.2 Stickstoff-Minderung durch Grundwasserschutzmaßnahmen in den Trinkwassergewinnungsgebieten des Niedersächsischen Kooperationsmodells 145
4.2.1 Einleitung 145
4.2.2 Naturräume Niedersachsens 145
4.2.3 Landwirtschaftliche Struktur Niedersachsens 146
4.2.4 Nitratbelastung des Grund- und Rohwassers 147
4.2.5 Maßnahmen im Rahmen des Niedersächsischen Kooperationsmodells 148
4.2.6 Erfolgskontrolle im Rahmen des Niedersächsischen Kooperationsmodells 150
4.2.7 Bewertung/Ausblick 153
4.3 N-Minderungsstrategien des Landes Hessen 154
4.3.1 Verschiedene Naturräume und landwirtschaftliche Strukturen 154
4.3.2 Grundwasserdaten zum Nitrat und Problemgebiete 157
4.3.3 Maßnahmengebiete 158
4.3.4 Beratungsinhalte 160
4.3.5 Erfolge 161
4.3.6 Bewertung/Ausblick 164

Quellen und Literaturhinweise **165**

Bilderverzeichnis

Bild 1: Ansicht der Lysimeteranlage Buttelstedt 18

Bild 2: Verlauf der NO_3-Konzentration des Sickerwassers bei fachgerechter mineralischer und mineralisch-organischer N-Düngung im Zeitraum von 2005 bis 2016 21

Bild 3: Boden-N_{min}-Gehalt der Pararendzina aus unterem Keuper vor Winter und im Frühjahr im Mittel der Jahre von 2005 bis 2016 22

Bild 4: Sickerwassermenge der Pararendzina aus unterem Keuper im Zeitraum von 2005 bis 2016, Mittelwert und Standardabweichung im Mittel der sieben Keuper-Lysimeter 2016 22

Bild 5: Erträge der Düngungsvarianten, relativ zur Variante 1 (fachgerechte mineralische N-Düngung) im Verlauf der Jahre von 2005 bis 2016, verschiedene Buchstaben: signifikanter Unterschied lt. Grenzdifferenz nach Tukey mit 5% Irrtumswahrscheinlichkeit 23

Bild 6: Schematische Darstellung der Formen des Zwischenfruchtanbaus 27

Bild 7: Einflussfaktoren für die erfolgreiche Etablierung eines Zwischenfruchtbestands 28

Bild 8: Schema zur Abschätzung der N-Aufnahme von Zwischenfrüchten in Abhängigkeit der Bodenart, dem Aussaatzeitraum und der herbstlichen N-Düngung 28

Bild 9: Visuelle Abschätzung der N-Aufnahme von Zwischenfrüchten anhand der Bestandsentwicklung Mitte/Ende Oktober 29

Bild 10: Mittlere Herbst-N_{min}-Gehalte (kg/ha) zum Ende der Vegetationsperiode auf Praxisschlägen mit und ohne Zwischenfrüchten; N = 519 (Fehlerbalken bei 95 % Vertrauensintervall; Oktober) 30

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 31

Bild 12: Frühjahrs-N_{min}-Gehalte (kg/ha) im Boden zu Vegetationsbeginn auf Flächen mit und ohne Zwischenfrüchten zu nachfolgenden Sommerkulturen (Daten aus TENDLER & BEISECKER (2015); 31

Bild 13: Kooperationsgebiete Mönchengladbach 36

Bild 14: N_{min}-Mittelwerte nach Mais zu Vegetationsende der Jahre 1988 – 2018, Mönchengladbach 36

Bild 15: N_{min}-Mittelwerte von Maisflächen zum Vegetationsende mit und ohne Bodenbearbeitung nach der Ernte (Jahre 2011 – 2018), Mönchengladbach 37

Bild 16: N_{min}-Mittelwerte von Getreideflächenmit Zwischenfruchtanbau gegenüber Flächen mit Herbstbestellung (Jahre 1992 – 2018), Mönchengladbach 38

Bild 17: Leguminosenreicher Zwischenfruchtbestand im Oktober 2014 bei Göttingen 41

Bild 18: Prismenwalze in der Fronthydraulik des Schleppers bei der Direktsaat zur mechanischen Regulation des Zwischenfruchtbestands 41

Bild 19: Direktsaat von Winterweizen in stehende Zwischenfrucht nach Raps im Oktober 2014: Gleitender Übergang von vorheriger zu folgender Kultur 42

Bild 20: Mögliches Fruchtfolgeschema für vier Beispielbetriebe im Direktsaatsystem 43

Bild 21: Rapsanbau mit Inkarnatklee als Begleitpflanze im Oktober 2014 44

Bild 22: Direktsaat von Wintergerste in den stehenden Senfbestand nach Winterackerbohnen im Betrieb Henne im Wasserschutzgebiet Gronespring im September 2015 45

Bild 23: Frischmasseerträge der Demonstrationsfläche Rapsnacherntemanagement. Vergleich gegrubbert, Bodenruhe+Ausfallraps und Zwischenfrüchte (Mischungen V1-4, davon V3+V4 leguminosenreich) 47

Bild 24: N_{min}-Werte der Demonstrationsfläche Rapsnacherntemanagement. Vergleich gegrubbert, Bodenruhe + Ausfallraps und Zwischenfrüchte (Mischungen V1-4, davon V3+V4 leguminosenreich) 48

Bild 25: Lage der Saugkerzenplätze und der Tiefsondierungspunkte auf Fläche 1 53

Bild 26: Boden-N_{min}-Werte und Nitrat-Sickerwasserkonzentration (Saugkerzen) unter Fläche 1 54

Bild 27: Nitrat-Sickerwasserkonzentration (Tiefsondierungen) unter Fläche 1 55

Bild 28: Herbst-N_{min}-Werte und Nitrat-Sickerwasserkonzentration (Saugkerzen) unter Fläche 2 56

Bild 29: Nitrat-Sickerwasserkonzentration (Tiefsondierungen) unter Fläche 2 57

Bild 30: Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser einer Messstelle, in deren Zustrom eine Umstellung von Ackerbau auf Sonderkulturanbau erfolgte 59

Bild 31: Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser einer Messstelle, in deren Zustrom nach ackerbaulicher Nutzung ein Golfplatz errichtet wurde 60

Bild 32: Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser einer Messstelle, in deren Zustrom nach ackerbaulicher Nutzung ein Gewerbe- bzw. Siedlungsgebiet angelegt wurde 61

Bild 33: Mais mit Gräseruntersaat grundwasserschonend gestaltet (Datum 23.09.2013) 64

Bild 34: Gräseruntersaat nach der Maisernte bietet N-Entzug und Erosionsschutz über Winter sowie die Option zur Folgenutzung (Datum 11.11.2013) 64

Bild 35: Wickroggen-GPS- Getreideganzpflanzensilagen stellen eine gute Ergänzung für die Substratbereitstellung dar (Datum 10.06.2013) 65

Bild 36: Sorghum- als Alternative zu Mais interessant, wenn der Standort stimmt (Zur Ernte 22.09.2014) 65

Bild 37: Lage des Wasserschutzgebiets Weiler und Bodenverhältnisse im Bereich von Nieder- und Mittelterrasse auf Basis der Bodenkarte 1:50.000 74

Bild 38: Änderung der Flächennutzung im Wasserschutzgebiet Weiler 1988/2014 75

Bild 39: Ackernutzungen und sonstige „grüne“ Nutzungen im Wasserschutzgebiet Weiler-Langel/Worringen, (Angaben in ha) 75

Bild 40: Wirksamkeit und Kosten verschiedener Gewässerschutzmaßnahmen in den Kölner Wasserarbeitskreisen. (3 J) = Dauer der Beobachtung in Jahren, bei Grünlandextensivierung und Aufforstung: Kosten inkl. Grundstücks- und Pflegekosten. Schraffierte Säulen: Wirksamkeit nur kurz geprüft und/oder die Maßnahme ist aufgrund von Trockenheit/Nässe etc. nicht immer durchführbar 77

Bild 41: Nitratgehalte im Grundwasser des Wassereinzugsgebietes Weiler, Zeitraum Nov. 1989 bis September 2019, Mittelwert aus 12 Beobachtungsbrunnen, Einflussbereich Landwirtschaft 80

Bild 42: Vergütung beim sogenannten Grundpaket 83

Bild 43: Anteil der Fläche mit und ohne Vereinbarungen an der gesamten privaten landwirtschaftlichen Fläche im Trinkwasserschutzgebiet für die Städte Augsburg und Königsbrunn 84

Bild 44: Luftbild aus dem Wasserschutzgebiet 84

Bild 45: Entwicklung der Nitrat-N-Gehalte von 1991 bis 2018 im Boden 85

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 86

Bild 47: Nitratkonzentration am Quartärbrunnen 3308 bzw. an der benachbarten Grundwassermessstelle (Jahresmittelwerte von 1990 bis 2018) ... 87

Bild 48: Lage der Vertragsflächen und des Beratungsgebiets in der Kooperation Geldern-Hartefeld ... 89

Bild 49: Verlauf der arithmetischen Herbst N_{min}-Mittelwerte über alle Kulturen in 0 cm – 90 cm im Beratungsgebiet von 1999 bis 2019 ... 93

Bild 50: Verlauf der arithmetischen Herbst N_{min}-Mittelwerte über alle Kulturen in 0 cm – 90 cm auf den Vertragsflächen von 1999 bis 2019 ... 93

Bild 51 a-c: Monatliche N_{min}-Beprobung in 2016 (a), 2017 (b) und 2018 (c) ... 95

Bild 52: Herbst-N_{min}-Durchschnittswert in Abhängigkeit der Hauptfrucht des Probenahmejahres im Prämien- und Beratungsgebiet – WSG Hartefeld (Hydor Consult GmbH, verändert) ... 96

Bild 53: Entwicklung der Nitratwerte im Rohwasser in 5 Brunnen im Wasserschutzgebiet Geldern-Hartefeld (Stadtwerke Geldern) ... 97

Bild 54: Übersichtskarte des Wasserschutzgebiets Dülken/Boisheim ... 99

Bild 55 a + b: Flächennutzung (a) und Verbreitung der Bodentypen (b) im Untersuchungsgebiet ... 100

Bild 56: Vergleich der Anteile der Anbaukulturen Ende der 90er-Jahre und 2017 ... 101

Bild 57: Nitratverteilung im Einzugsgebiet Dülken/Boisheim ... 102

Bild 58: Entwicklung der N_{min}-Gehalte im Boden zu Beginn der Sickerperiode im Kooperationsgebiet Dülken/Boisheim ... 103

Bild 59: Nitratkonzentration im Sickerwasser des Einzugsgebiets Dülken ermittelt durch Tiefensondierungen ... 105

Bild 60: Entwicklung der mittleren Nitratkonzentration ... 106

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 ... 107

Bild 62: Lage des Modellgebiets Werntal ... 108

Bild 63: Flurstücksscharfe Bewertung der Nitrat-Austragsgefährdung im Trinkwasser- einzugsgebiet ... 110

Bild 64: Reduzierung der Nitratauswaschung durch Verzicht auf die Spätdüngung beim Backweizenanbau 111

Bild 65: Reduzierung der Nitratauswaschung durch Anbau von Zwischenfrüchten ... 111

Bild 66: Extensivierung der Fruchtfolge von Projektbeginn bis heute ... 112

Bild 67: Mittlerer N-Saldo von Ackerkulturen (2016, 2017 und 2018, 565 Flurstücke 2.355 ha) ... 112

Bild 68: Lage der Trinkwasserbrunnen (Grafik: GOOGLE EARTH) und Entwicklung der Nitratkonzentration ... 113

Bild 69: Wasserversorger, Landwirte und Wasserberater diskutieren die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen ... 114

Bild 70: Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Trinkwasser im Wasserschutzgebiet Harsewinkel 1996 – 2018 ... 116

Bild 71: Nitrataustragsgefährdungskarte (Quelle: nach OSWALD 1995) und Extensivierungsflächen im Wasserschutzgebiet Harsewinkel ... 120

Bild 72: Durchschnittliche Nitratrestwerte pro Hektar im gesamten Wasserschutzgebiet von 2000-2014 und 2015 (Umbruch von 60 % der Extensivierungsflächen) ... 120

Bild 73: Umbruch mit Einsaat SG ... 121

Bild 74: Umbruch mit Einsaat SM 121

Bild 75: Durchschnittliche N_{min}-Herbstwerte 2015 (25 ha Extensivierung gebrochen, damit die Flächen nicht den Dauergrünlandstatus erhalten) 122

Bild 76: Karte mit den durchgeführten Gewässerschutzmaßnahmen im Wasserschutzgebiet Mussum 124

Bild 77: Entwicklung der Nitratkonzentration im Rohwasser Mussum von 1980 – 2019 125

Bild 78: Entwicklung der Wasserhärte und der Chloridkonzentration im Rohwasser Mussum von 1980 – 2019 126

Bild 79: Entwicklung der Nitratkonzentration im oberflächennahen Grundwasser der Messstelle im Fallbeispiel 2 (2001 – 2018) 128

Bild 80: Entwicklung der Chlorid- und Calciumkonzentration im oberflächennahen Grundwasser der Messstelle im Fallbeispiel 2 (2001 – 2018) 128

Bild 81: Entwicklung der Nitratkonzentration im oberflächennahen Grundwasser der Messstelle im Fallbeispiel 3 (2002 – 2018) 129

Bild 82: Jahresmittelwerte Nitratkonzentration im Rohmischwasser Wasserwerk Canitz 131

Bild 83: Nitratdynamik Gütemessstelle (V) im Umfeld konventioneller Ackernutzung (Leipziger Wasserwerke). Tiefe der Messstellen: Va-Blau – tief (16,165 FOK – 22,165 FUK m), Vb Magenta– mittel (11,04 FOK – 16,04 FUK), Vc – Grün – flach (6,46 FOK – 11,46 m FUK) FOK – Filteroberkante, FUK – Filterunterkante) 132

Bild 84: Nitratdynamik Gütemessstelle IV im Umfeld ökologischer Landwirtschaft. Tiefe der Messstellen: 314/92 -Blau – tief (16,165 FOK – 22,165 FUK m), 314/92 – Magenta – mittel (11,04 FOK – 16,04 FUK), 314/92 – Grün – flach (6,46 FOK – 11,46 m FUK) (FOK – Filteroberkante, FUK – Filterunterkante) 136

Bild 85: Hauptnaturräume Schleswig-Holsteins 138

Bild 86: Nitratgehalte an Grundwassermessstellen des chemischen Monitorings 2018 139

Bild 87: Jahresmittelwerte für Nitrat, gemittelt über die operativen Messstellen, differenziert nach Hauptnutzungen 140

Bild 88: Übersichtskarte der Beratungsgebiete der Gewässerschutzberatung in Schleswig-Holstein 141

Bild 89: Beratungsstruktur und Modulaufbau der Gewässerschutzberatung 142

Bild 90: Netto-Hoftorbilanz im Mittel aller intensiv beratenen Betriebe 143

Bild 91: Brutto-Hoftorbilanzsalden aufgegliedert nach Betriebstypen im Mittel aller beratenen Betriebe (2014 – 2018) 143

Bild 92: Aufkommen an mineralischem und organischem Stickstoff, Median aller intensiv beratenen Betriebe (2008 – 2018) 144

Bild 93: Naturräumliche Regionen Niedersachsens und Lage der Trinkwassergewinnungsgebiete des Niedersächsischen Kooperationsmodells 146

Bild 94: Prozentuale Verteilung der Erfolgskontrollmessstellen auf 4 Klassen unterschiedlicher Nitratgehalte in den einzelnen Trinkwassergewinnungsgebieten des Niedersächsischen Kooperationsmodells im Jahr 2017 (n = 1.453) 147

Bild 95: Prozentuale Verteilung der Rohwasserförderung auf 4 Klassen unterschiedlicher Nitratgehalte in den einzelnen Trinkwassergewinnungsgebieten des Niedersächsischen Kooperationsmodells im Jahr 2017 (Fördermenge = 596 Mio. m^3) 148

Bild 96: Netto-N-Hoftorbilanzsalden in den Trinkwassergewinnungsgebieten des Niedersächsischen Kooperationsmodells im Mittel und für unterschiedliche Wirtschaftsdüngerklassen für den Zeitraum 1998

bis 2017 (N-Ausbringung von Wirtschaftsdüngern tier. und pflanzl. Herkunft in kg N/ha nach Abzug der Stall- und Lagerverluste bereinigt um Im- und Exporte) 151

Bild 97: Prozentuale Entwicklung der Netto-Stickstoff-Hoftorbilanzsalden in den Trinkwassergewinnungsgebieten des Niedersächsischen Kooperationsmodells und in den Referenzbetrieben zwischen 1998 und 2016 (Ausgangssituation 1998 = 100 %) 151

Bild 98: Prozentuale Entwicklung der Nitratgehalte von Erfolgskontrollmessstellen innerhalb und von Referenzmessstellen außerhalb der Trinkwassergewinnungsgebiete des Niedersächsischen Kooperationsmodells zwischen 2000 und 2017 (Messstellen mit Nitratgehalten > 5 mg/l; Nitratge-halt im Jahr 2000 = 100 %; 476 Erfolgskontroll- und 208 Referenzmessstellen) 153

Bild 99: Flächennutzung in Hessen 156

Bild 100: Regionalisierte Nitratkonzentrationen der Jahre 1973 bis 1975, 1993 bis 1995, 2009 bis 2011 sowie 2014 bis 2016 157

Bild 101: Fließschema „Ableitung des Belastungspotenzials bezüglich diffuser Stickstoffeinträge in das Grundwasser“ 158

Bild 102: Flächenhafte Verteilung des Belastungspotenzials, WRRL-Maßnahmenräume sowie die Grundwasserkörper im schlechten chemischen Zustand (Nitrat) 159

Bild 103: Ableitung der Beratungsintensitäten bzw. Maßnahmen auf Grundlage des Belastungspotenzials . 160

Bild 104: Zeitliche Entwicklung der mittleren N_{min}-Gehalte in Hessen 161

Bild 105: Zeitliche Entwicklung der mittleren Brutto-N-Hoftorbilanzen nach ausgewählten Betriebstypen 162

Bild 106: Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen von Grundwässern, mit Nitratkonzentrationen größer 25 mg/l 163

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte Bodeneigenschaften der Pararendzina aus unterem Keuper 17

Tabelle 2: Beschreibung der Düngungsvarianten im Lysimeter- und Feldversuch 19

Tabelle 3: Sickerwassermenge, N-Austrag, NO_3-Konzentration des Sickerwassers, N-Düngung, N-Salden im Lysimeterversuch im Mittel der Jahre 2005 bis 2016 20

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 23

Tabelle 5: Herleitung der N-Düngeempfehlung für Eliteweizen in den Jahren 2008 und 2015 24

Tabelle 6: N-Auswaschungsverluste (kg/ha) mit und ohne Zwischenfrüchten bei unterschiedlichem Aussaattermin und verschiedenen Umbruchzeiträumen (Daten aus BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2003)) 32

Tabelle 7: N-Auswaschung nach Winterroggen mit und ohne Zwischenfrüchten und unterschiedlicher N-Düngung im Herbst (Daten aus KONEN & SCHÄFER 2016) 32

Tabelle 8: C/N-Verhältnisse einiger Zwischenfruchtgemenge und Umsetzbarkeit der organischen Substanz nach Einarbeitung 34

Tabelle 9: Klimadaten und Böden der Versuchsbetriebe 40

Tabelle 10: Zusammensetzung der Zwischenfruchtvarianten und Saatstärken 46

Tabelle 11 – Winterweizenerträge 2016 im Folgejahr der untersuchten Nacherntemanagementvarianten, Betrieb Rothmann ... 49

Tabelle 12: Anbaukulturen auf den Untersuchungsflächen ... 52

Tabelle 13: Kenndaten zur Bewirtschaftung auf Fläche 1 ... 53

Tabelle 14: Kenndaten zur Bewirtschaftung auf Fläche 2 ... 55

Tabelle 15: Kenndaten des Versuchsbetriebs ... 63

Tabelle 16: Übersicht der untersuchten Kulturen und Prüfvarianten, Versuchsjahre 2011-2015 ... 63

Tabelle 17: Klassifizierungsschema für nitratbezogene Wasserqualitäts- und Klimaschutzkriterien ... 67

Tabelle 18: Übersicht: Bewertung der Wasser- und Klimaschutzleistung von Energiepflanzen, Niedersächsischer Versuchsbetrieb 2011-2015 ... 68

Tabelle 19: Gesamtbewertung von Fruchtfolgebeispielen für Energiepflanzen mit Schwerpunkt Grundwasserschutz auf Basis der niedersächsischen Versuchsergebnisse 2011-2015 ... 70

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 (WOLF 2001) ... 74

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 ... 104

Tabelle 22: In 2018 eingesetzte Anteile an Wirtschafts- und Mineraldüngern zu den angebauten Kulturen im Einzugsgebiet der Wassergewinnung Mussum (Bocholt) ... 122

Tabelle 23: Merkmale des Wasserschutzgebiets Mussum ... 123

Tabelle 24: Auswirkungen der Bewirtschaftung auf die Nitratkonzentration an der Grundwasseroberfläche 126

Tabelle 25: Merkmale des Einzugsgebiets zweier Grundwassermessstellen der Wassergewinnung „Im Trier“ (Borken/Westfalen) der Fallbeispiele 2 + 3 ... 127

Tabelle 26: Schutzkonzeption der Landwirtschaftsflächen in den beiden TWSG Canitz/Thallwitz und Naunhof (nach Steckbrief WRRL-Umsetzung 2007) ... 131

Tabelle 27: Minderung des N-Überschusses von Schlagbilanzen sowie der Herbst-N_{min}-Gehalte durch freiwillige Vereinbarungen des Niedersächsischen Kooperationsmodells im Jahr 2017 ... 149

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

Verfasser

Anhang A 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. OOWV 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 Ingenieurgemeinschaft 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), Buttelstedt	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 Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt GbR, Göttingen	Kap. 2.4 + 2.7
von Buttlar, Hans-Bernhard	Dr. agr., IGLU Ingenieurgemeinschaft 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), Buttelstedt (stellv. Obfrau)
Aue, Christina	Dr. sc. agr. OOWV 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
Botschek, 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
Meißner, Ralph	Prof. Dr. habil., Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Altmärkische Wische
von Buttlar, Christine	Dr. agr., IGLU Ingenieurgemeinschaft 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