

TEXTE

43/2017

Quantifizierung der landwirtschaftlich verursachten Kosten zur Sicherung der Trinkwasserbereitstellung

Endbericht

TEXTE 43/2017

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3716 74 263 0
UBA-FB 002511

Quantifizierung der landwirtschaftlich verursachten Kosten zur Sicherung der Trinkwasserbereitstellung

von

Dr. Mark Oelmann, Christoph Czichy
MOcons GmbH & Co. KG, Mülheim an der Ruhr

Ulrich Scheele, Sylvia Zaun
Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH (ARSU),
Oldenburg

Oliver Dördelmann
IWW Zentrum Wasser, Mülheim an der Ruhr

Egon Harms, Markus Penning
OOV Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband, Brake

Dr. Martin Kaupe
RheinEnergie AG, Köln

Dr. Axel Bergmann, Dr. Christian Steenpaß
RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH,
Mülheim an der Ruhr

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

MOcons GmbH & Co. KG
Brandenburg 30
45478 Mülheim an der Ruhr

Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH
Escherweg 1
26121 Oldenburg

IWW Zentrum Wasser
Moritzstraße 26
45476 Mülheim an der Ruhr

OOWV Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband
Georgstraße 4
26919 Brake

RheinEnergie AG
50606 Köln

RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH
Am Schloß Broich 1-3
45479 Mülheim an der Ruhr

Abschlussdatum:

April 2017

Redaktion:

Fachgebiet II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Böden
Dirk Osiek

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Mai 2017

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter der Forschungskennzahl 3716 74 263 0 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Die vorliegende Studie analysiert die landwirtschaftlich verursachten Kosten, die Wasserversorgern im Rahmen der Trinkwasserbereitstellung entstehen und legt dabei einen besonderen Fokus auf die Nitratproblematik. Auf Basis einer Primärdatenerhebung in fünf Modellregionen von drei verschiedenen Kooperationspartnern (OOWV; Regionen: Süddoldenburg und Ostfriesland / RheinEnergie; Regionen: linksrheinisch und rechtsrheinisch / RWW; Region: Holsterhausen/Üfter Mark) werden reaktive und präventive Maßnahmen untersucht, die Versorger angesichts der Nitratbelastung ergreifen.

Nach einer Vorstellung der verschiedenen Modellregionen und ihrer jeweiligen Besonderheiten werden reaktive Maßnahmen näher beschrieben und anhand der Modellregionen beispielhaft dargestellt, welche Kosten für die Wasserversorger anfallen. Da keiner der o.g. Wasserversorger derzeit eine erweiterte Trinkwasseraufbereitung vor dem Hintergrund der Nitratbelastung durchführt, werden zusätzlich die hypothetischen Kosten einer solchen Aufbereitung für die einzelnen Modellregionen ermittelt. Dabei werden sowohl Aufbereitungsverfahren zur Verringerung einer Nitrat- als auch einer PSM-Konzentration betrachtet. Anschließend werden präventive Maßnahmen beschrieben, mit Hilfe derer der Eintrag von Stickstoff auf landwirtschaftlichen Flächen nachhaltig reduziert werden soll.

Schließlich werden die Ergebnisse aufgegriffen, um erstmalig ein Konzept und erste Ergebnisse einer Generalisierung der Kosten darzustellen. Es wird aufgezeigt, von welchen Faktoren die Kosten wesentlich beeinflusst werden und wie sich die Ergebnisse interpretieren lassen.

Abstract

The study analyzes the drinking water treatment costs incurred by water providers which arise from agricultural activities and focusses, in particular, on the issue of nitrates. Using primary data collected from three collaborating partners in five model regions (OOWV: South Oldenburg and East Friesland regions / RheinEnergie: model regions on the left and right-bank of the Rhine / RWW: Holsterhausen/Üfter Mark region), the study assesses both reactive and preventative measures which water providers can take to tackle nitrate contamination.

Firstly, the model regions and their specific characteristics are described and some possible reactive measures are considered in more detail, as well as the costs which the providers in the model regions incur. As none of the above-mentioned water providers currently operates any additional water treatment specifically for nitrate contamination, the additional hypothetical costs are estimated for each model region. This part of the study takes into account treatment processes to reduce both nitrate and agrochemical concentration levels. Subsequently, preventative measures are described which can contribute to a sustainable reduction in agricultural use of nitrogen-based compounds.

Finally, the results are collated, an initial approach towards cost generalization is developed and first results are presented. The factors which have the most significant effect on costs are identified and an interpretation of the results is undertaken.

2.2	Modellregion der RheinEnergie (linksrheinisch)	65
2.2.1	Allgemeine Angaben zur Modellregion.....	65
2.2.1.1	Lage und Größe	65
2.2.1.2	Einwohnerzahl	65
2.2.1.3	Siedlungsstruktur	66
2.2.2	Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen	66
2.2.2.1	Betroffene Flussgebietseinheiten und Grundwasserkörper (GWK) mit hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung bzw. Trinkwasserentnahmen	66
2.2.2.2	Hydrogeologische Gegebenheiten und Bodentypen und -arten	66
2.2.2.3	Grundwasserflurabstände und Strömungsverhältnisse	66
2.2.2.4	Wechselwirkungen mit Oberflächengewässern	67
2.2.2.5	Klimatische Bedingungen	67
2.2.2.6	Wasserversorgungsstrukturen	67
2.2.3	Flächennutzung in der Modellregion der RheinEnergie (linksrheinisch).....	68
2.2.3.1	Anteil der Siedlungsfläche, landwirtschaftl. Nutzfläche, Wald, Naturschutz	68
2.2.3.2	Art der landwirtschaftlichen Nutzung	70
2.2.3.3	Entwicklungstendenzen in der Landnutzung	70
2.2.3.4	Betriebsstrukturen in der Landwirtschaft	70
2.2.3.5	Zuständige Landwirtschaftskammer	70
2.2.3.6	Stand und Entwicklung der Nitrat- und PSM-Problematik	71
2.2.4	Gegenwärtige Maßnahmen zur Reduktion von Nitrat und PSM im Grundwasser.....	72
2.2.4.1	Ausweichen	72
2.2.4.2	Vermeidung	72
2.3	Modellregion der RheinEnergie (rechtsrheinisch).....	76
2.3.1	Allgemeine Angaben zur Modellregion.....	76
2.3.1.1	Lage und Größe	76
2.3.1.2	Einwohnerzahl	77
2.3.1.3	Siedlungsstruktur	77
2.3.2	Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen	77
2.3.2.1	Betroffene Flussgebietseinheiten und Grundwasserkörper (GWK) mit hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung bzw. Trinkwasserentnahmen	77
2.3.2.2	Hydrogeologische Gegebenheiten und Bodentypen- und -arten	77
2.3.2.3	Flurabstände und Strömungsverhältnisse	78
2.3.2.4	Wechselwirkungen mit Oberflächengewässern	78
2.3.2.5	Klimatische Bedingungen	78
2.3.2.6	Wasserversorgungsstrukturen	79

2.3.3	Flächennutzung in der Modellregion der RheinEnergie (rechtsrheinisch)	79
2.3.3.1	Anteil der Siedlungsfläche, landwirtschaftl. Nutzfläche, Wald, Grünland, Naturschutz	79
2.3.3.2	Art der landwirtschaftlichen Nutzung	81
2.3.3.3	Entwicklungstendenzen in der Landnutzung	81
2.3.3.4	Betriebsstrukturen in der Landwirtschaft	81
2.3.3.5	Zuständige Landwirtschaftskammer	81
2.3.3.6	Stand und Entwicklung der Nitrat- und PSM-Problematik	81
2.3.4	Gegenwärtige Maßnahmen zur Reduktion von Nitrat und PSM im Grundwasser	82
2.4	Modellregion der RWW	83
2.4.1	Allgemeine Angaben zur Modellregion.....	83
2.4.1.1	Lage und Größe	83
2.4.1.2	Einwohnerzahl	84
2.4.1.3	Siedlungsstruktur	84
2.4.1.4	Wirtschaftsstruktur	85
2.4.2	Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen	85
2.4.2.1	Betroffene Flussgebietseinheiten und Grundwasserkörper (GWK) mit hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung bzw. Trinkwasserentnahmen	85
2.4.2.2	Hydrologische Gegebenheiten	85
2.4.2.3	Bodentypen und Arten	87
2.4.2.4	Grundwasserflurabstände und Strömungsverhältnisse	88
2.4.2.5	Wechselwirkung mit Oberflächengewässern	88
2.4.2.6	Klimatische Bedingungen	88
2.4.2.7	Wasserversorgungsstrukturen	90
2.4.3	Flächennutzung in der Modellregion der RWW.....	91
2.4.3.1	Anteil der Siedlungsfläche, landwirtschaftl. Nutzfläche, Wald, Naturschutz	91
2.4.3.2	Art der landwirtschaftlichen Nutzung	91
2.4.3.3	Entwicklungstendenzen in der Landnutzung	92
2.4.3.4	Betriebsstrukturen in der Landwirtschaft	93
2.4.3.5	Zuständige Landwirtschaftskammer	93
2.4.3.6	Stand und Entwicklung der Nitrat- und PSM-Problematik	93
2.4.4	Gegenwärtige Maßnahmen zur Reduktion von Nitrat und PBSM im Grundwasser.....	96
2.4.4.1	Vermeidung	96
3	Durch Nitratbelastung verursachte Kosten reaktiver Maßnahmen	98
3.1	Kosten für Ausweichmaßnahmen.....	99
3.1.1	Verschneiden.....	99

3.1.2	Standortverlagerung von Brunnen.....	104
3.1.3	Vertiefung von Brunnen.....	109
3.2	Kosten für potentielle Reparaturmaßnahmen	110
3.2.1	In-situ-Aufbereitung.....	111
3.2.2	Technische Methoden (im Wasserwerk)	111
3.2.2.1	Aufbereitungsverfahren zur Verringerung der Nitrat- und PSM-Konzentration	111
3.2.2.2	Modell-Rohwässer	114
3.2.2.3	Zielwerte für die Wasserqualität nach Aufbereitung	115
3.2.2.4	Verfahrenskonzepte	116
3.2.2.5	Investitionskosten	119
3.2.2.6	Betriebskosten	123
3.2.2.7	Fazit zu den Kostenschätzungen für die Trinkwasseraufbereitung	127
3.2.3	Auswirkungen steigender Nitratbelastungen des Rohwassers auf die Kosten für potentielle Reparaturmaßnahmen.....	128
3.2.3.1	Moderater Anstieg	128
3.2.3.2	Überdurchschnittlicher Anstieg	128
3.3	Monitoring-Kosten (Nitrat und PSM).....	129
4	Durch Nitratbelastung verursachte Kosten präventiver Maßnahmen.....	133
4.1	Bestandsaufnahme der verschiedenen Ansätze des vorsorgenden Gewässerschutzes.....	133
4.1.1	Vorsorgender Grundwasserschutz.....	133
4.1.2	Beratung.....	133
4.1.3	Freiwillige Vereinbarungen	136
4.1.4	Flächenmanagement.....	137
4.2	Maßnahmen in den Modellregionen.....	138
4.2.1	Beratung in den Modellregionen des OOWV und der RheinEnergie.....	138
4.2.1.1	Beratung in der Modellregion des OOWV	138
4.2.1.2	Beratung in der Modellregion der RheinEnergie	141
4.2.2	Freiwillige Vereinbarungen in den Modellregionen des OOWV und der RheinEnergie.....	143
4.2.2.1	Freiwillige Vereinbarungen in der Modellregion des OOWV	143
4.2.2.2	Freiwillige Vereinbarungen in der Modellregion der RheinEnergie	146
4.2.3	Flächenmanagement in den Modellregionen des OOWV und der RheinEnergie	147
4.2.3.1	Flächenmanagement in der Modellregion des OOWV	147
4.2.3.2	Flächenmanagement in der Modellregion der RheinEnergie	148

4.3	Bewertung der Effektivität von Maßnahmen und Zahlungen für präventive Maßnahmen in den Modellregionen des OOWV und RWW	150
4.3.1	Effektivität von Maßnahmen und Zahlungen in der Modellregion des OOWV	150
4.3.1.1	Effektivität der Maßnahmen zwischen 2011 und 2015 mittels der Herbst Nmin-Methode	152
4.3.1.2	Abschätzung der Nitratkonzentration im Sickerwasser	158
4.3.1.3	Vergleich der berechneten Nitratbelastung des Grundwassers mit der Grundwasserüberwachung	161
4.3.1.4	Bewertung der Maßnahmen des vorsorgenden Grundwasserschutzes	164
4.3.2	Effektivität von Maßnahmen und Zahlungen in der Modellregion der RWW	170
5	Finanzierung von Maßnahmen durch das Wasserentnahmeentgelt	182
5.1	Grundsätzliche Idee des Wasserentnahmeentgelts	182
5.2	Wasserentnahmeentgelt und Nitratbelastung.....	182
6	Konzept zur Generalisierung der Kosten	191
6.1	Grundsätzlicher Ansatz	191
6.2	Vorgehensweise.....	192
6.2.1	Bestimmung der notwendigen Stickstoffminderung auf regionaler Ebene	192
6.2.2	Bestimmung der landwirtschaftlich relevanten Fläche	197
6.2.3	Bestimmung der Rohwasserförderung auf regionaler Ebene.....	197
6.2.4	Festlegung eines Grenzwerts zur Bestimmung der Maßnahmenart	199
6.2.4.1	Grundidee eines N-Minderungs-Grenzwerts	199
6.2.4.2	Bestimmung der Höhe des N-Minderungs-Grenzwerts	200
6.2.4.3	Berücksichtigung bereits durchgeführter präventiver Maßnahmen	201
6.2.4.4	Bestimmung der Höhe des Sockelbeitrags präventiver Maßnahmen	204
6.2.5	Bestimmung der regional zu entfernenden Nitratkonzentration	204
6.2.6	Datenherkunft zur Berechnung der Kosten	205
6.2.6.1	Präventive Einzelmaßnahmen bzw. Maßnahmengruppen	205
6.2.6.2	Technische Aufbereitung	207
6.2.6.3	Pacht von Flächen	209
6.3	Ergebnisse der Kostenberechnung und deren Einordnung.....	211
6.3.1	Zusammenfassung der Vorgehensweise.....	211
6.3.2	Ergebnisse der Kostenberechnung	212
6.3.3	Einordnung der Ergebnisse	218
7	Literaturverzeichnis	223
8	Anhang.....	228

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersichtskarte Landkreise in Niedersachsen.....	45
Abbildung 2:	Lage der Grundwasseroberfläche in den Modellregionen	51
Abbildung 3:	Verbandsgebiet des OOWV	56
Abbildung 4:	Wassergewinnungsgebiete des OOWV	57
Abbildung 5:	Wassernutzungsrechte für die Bioökonomie nach Wasserbuch Niedersachsen	58
Abbildung 6:	Produktionstechnischer Fortschritt in der niedersächsischen Landwirtschaft	61
Abbildung 7:	Landwirtschaftliche Betriebsformen in Niedersachsen.....	61
Abbildung 8:	Potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser in Niedersachsen.....	62
Abbildung 9:	Darstellung des Modellgebietes (entspricht Wasserschutzgebiet).....	65
Abbildung 10:	Versorgungsgebiet der RheinEnergie (linksrheinisches Versorgungsnetz).....	68
Abbildung 11:	Art der landwirtschaftlichen Fläche 2014 in der linksrheinischen Modellregion	69
Abbildung 12:	Mittelwert der Nitratgehalte landwirtschaftlich beeinflusster Grundwassermessstellen.....	71
Abbildung 13:	Schematische Darstellung der Grundwasserversickerung	72
Abbildung 14:	Versickerungsanlage des Wasserwerks Weiler in Betrieb.....	72
Abbildung 15:	Darstellung der Maßnahmenwirkung aus Kooperationen zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft im Gebiet der RheinEnergie	75
Abbildung 16:	Darstellung des Modellgebietes (entspricht Wasserschutzgebiet).....	76
Abbildung 17:	Versorgungsgebiet der RheinEnergie (rechtsrheinisches Versorgungsnetz).....	79
Abbildung 18:	Art der landwirtschaftlichen Fläche 2014 in der rechtsrheinischen Modellregion	80
Abbildung 19:	Entwicklung der Nitratgehalte im Einzugsbereich des Wasserwerkes Zündorf	82
Abbildung 20:	Wasserschutzgebiet Holsterhausen/Üfter Mark.....	84
Abbildung 21:	Schematische Darstellung der Schichtenfolge im Wassergewinnungsgebiet Holsterhausen/Üfter Mark.....	86
Abbildung 22:	Schematisches geologisches N-S-Profil durch das Wassergewinnungsgebiet Holsterhausen/Üfter Mark.....	87
Abbildung 23:	Mittlere monatliche Witterungsdaten verschiedener DWD-Stationen im Umkreis des Projektgebietes, 1961 - 2010.....	89
Abbildung 24:	Entwicklung der Niederschlagsmengen (oben) und Lufttemperaturen (unten) im Untersuchungsgebiet im Zeitraum 1961 - 2010.....	90
Abbildung 25:	Prozentuale Darstellung der ackerbaulichen Flächennutzung.....	92

Abbildung 26:	Entwicklung der Nitratkonzentration im Rohwasser ausgewählter Förderbrunnen der Wassergewinnung Üfter Mark.....	94
Abbildung 27:	Reaktive Maßnahmen im Umgang mit Nitratbelastung.....	98
Abbildung 28:	Brunnengalerie Üfter Mark (PUEF).....	100
Abbildung 29:	Schematische Darstellung der aktuellen Fördersituation des Wasserwerkes Dorsten Holsterhausen	101
Abbildung 30:	Verfahrensschemata für die Modellwasserwerke 1 und 2.....	117
Abbildung 31:	Verfahrensschemata für die Modellwasserwerke 3 und 4.....	118
Abbildung 32:	Geschätzte Investitionskosten für verschiedene Wasserwerksgrößen.....	121
Abbildung 33:	Geschätzte Investitionskosten für verschiedene Nitrat-Zielwerte (Q = 1 Mio. m ³ /a).....	122
Abbildung 34:	Spezifische Betriebskosten für verschiedene Wasserwerksgrößen	123
Abbildung 35:	Spezifische Betriebskosten für verschiedene Nitrat-Zielwerte (Q = 1 Mio. m ³ /a).....	124
Abbildung 36:	Spezifische Betriebskosten für verschiedene Arten der Abwasserentsorgung	126
Abbildung 37:	Spezifische Betriebskosten für verschiedene Rohwasser-Konzentrationsniveaus	127
Abbildung 38:	Erfolgskontrolle nach dem Zonenmodell	151
Abbildung 39:	Mittelwerte aller Herbst-Nmin-Werte bezogen auf die Kulturen 2015	154
Abbildung 40:	Herbst Nmin-Werte für Maisanbau in Ostfriesland (2011 – 2015)	156
Abbildung 41:	Herbst Nmin-Werte für Maisanbau in Süoldenburg (2011 – 2015)	156
Abbildung 42:	Vergleich der Herbst Nmin-Werte Mais (konventionell - ökologisch).....	157
Abbildung 43:	Gegenüberstellung der Herbst Nmin-Mittelwerte für Grünland und ackerbaulich genutzte Flächen zwischen 2011 und 2015 in Ostfriesland und Süoldenburg.....	158
Abbildung 44:	Berechnete Nitratkonzentration im Sickerwasser zwischen 2011 und 2015	161
Abbildung 45:	Nitratgehalte in den festländischen WGG des OOWV	162
Abbildung 46:	Entwicklung der durchschnittlichen Nitrat-Konzentrationen im jungen Grundwasser (unter landwirtschaftlicher Nutzung in den WGG des OOWV, Modellregion Süoldenburg).....	163
Abbildung 47:	Entwicklung der durchschnittlichen Nitrat-Konzentrationen im jungen Grundwasser (unter landwirtschaftlicher Nutzung in den WGG des OOWV, Modellregion Ostfriesland).....	163
Abbildung 48:	Intensivberatungsgebiete im WGG Holsterhausen/Üfter Mark.....	174
Abbildung 49:	Aufwendungen im Rahmen der Kooperationsarbeit für die Jahre 2011 (30.07. bis 31.12.) bis 2015.....	177
Abbildung 50:	Die Verminderung von Nitratreinträgen und die Erfolgskontrolle der Maßnahmen als komplexe Aufgabe	178

Abbildung 51:	Durchschnittliche Nmin-Werte in kg/ha von 2011 bis 2016 des Kooperationsgebiets Holsterhausen/Üfter Mark.....	179
Abbildung 52:	Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Intensivberatungsgebiet in 39 gemeinsam beprobten Grundwassermessstellen der Messkampagnen 2005, 2010 und 2015. Blaue Werte kennzeichnen den Mittelwert der gemessenen Nitratkonzentrationen.	180
Abbildung 53:	Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Intensivberatungsgebiet in 39 gemeinsam beprobten Grundwassermessstellen der Messkampagnen 2005, 2010 und 2015. Blaue Werte kennzeichnen den Mittelwert der gemessenen Nitratkonzentrationen.	180
Abbildung 54:	Erforderliche N-Minderung in den 402 Kreisen/kreisfreien Städten für einen Nitrat-Zielwert von 37,5 mg/l (ohne Denitrifikation im Sickerwasser)	194
Abbildung 55:	Erforderliche N-Minderung in den 402 Kreisen/kreisfreien Städten für einen Nitrat-Zielwert von 25 mg/l (ohne Denitrifikation im Sickerwasser)	195
Abbildung 56:	Erforderliche N-Minderung in den 402 Kreisen/kreisfreien Städten für einen Nitrat-Zielwert von 10 mg/l (ohne Denitrifikation im Sickerwasser)	196
Abbildung 57:	Bestimmung landwirtschaftlich relevanter Flächen eines Kreises/einer kreisfreien Stadt	197
Abbildung 58:	Anteil der für die Kostenberechnung relevanten Kreise bzw. kreisfreien Städte.....	198
Abbildung 59:	Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft - Saldo der landwirtschaftlichen Stickstoff-Gesamtbilanz in Bezug auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche.....	201
Abbildung 60:	Anteil der Kreise/kreisfreien Städte deren N-Minderungsbedarf ober- bzw. unterhalb des N-Minderungs-Grenzwerts liegt (inkl. bereits durchgeführter präventiver Maßnahmen)	203
Abbildung 61:	Bestimmung einer Funktion für die spezifischen Kosten der Nitratreduktion mit Hilfe einer Regressionsanalyse.....	208
Abbildung 62:	Zusammenfassung der Vorgehensweise bei der Kostenberechnung	212
Abbildung 63:	Anteile der resultierenden Maßnahmen (Mittleres Kostenszenario)	215
Abbildung 64:	Kostenanteile der resultierenden Maßnahmen (mittleres Kostenszenario)	216
Abbildung 65:	FGE Ems – Bearbeitungsgebiete und Koordinierungsräume.....	238
Abbildung 66:	FGE Weser – Teilräume und Planungseinheiten	239
Abbildung 67:	Geografische Karte der TGG der Kooperation OOWV, Ostfriesland	242
Abbildung 68:	Geografische Karte der TGG der Kooperation OOWV, Großenkneten	242
Abbildung 69:	Geografische Karte der TGG der Kooperation OOWV, Thülsfelde	243
Abbildung 70:	Geografische Karte der TGG der Kooperation OOWV, Holdorf.....	243

Abbildung 71:	Geografische Karte der TGG der Kooperation OOWV, Wildeshausen	244
Abbildung 72:	Überblick über genehmigte Wasserentnahmen nach Wasserbuch.....	245
Abbildung 73:	Maßnahmenkulisse zur Reduktion des Nitratreintrags über Agrarumweltmaßnahmen und Beratung	246

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Die Landkreise der Modellregionen Ostfriesland und Südoldenburg im Überblick.....	46
Tabelle 2:	Einwohnerzahlen der Modellregionen Ostfriesland und Südoldenburg im Überblick.....	46
Tabelle 3:	Bevölkerungsdichte in den Modellregionen.....	47
Tabelle 4:	Grundwasserkörper im Modellgebiet Ostfriesland.....	48
Tabelle 5:	Grundwasserkörper im Modellgebiet Südoldenburg.....	48
Tabelle 6:	Hydrogeologische Einheiten in der Untersuchungsregion Ostfriesland.....	48
Tabelle 7:	Hydrogeologische Einheiten in der Untersuchungsregion Südoldenburg.....	49
Tabelle 8:	Auswertungen von Klimadaten Modellregion Ostfriesland aus dem Jahr 2012.....	55
Tabelle 9:	Auswertungen von Klimadaten Modellregion Südoldenburg aus dem Jahr 2012.....	55
Tabelle 10:	Wasserrechte und Aufbereitungskapazitäten in den Modellregionen.....	58
Tabelle 11:	Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2014, Angaben in ha (Ostfriesland).....	59
Tabelle 12:	Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2014, Angaben in ha (Südoldenburg).....	59
Tabelle 13:	Landwirtschaftliche Daten zur Region Ostfriesland.....	60
Tabelle 14:	Landwirtschaftliche Daten zur Region Südoldenburg.....	60
Tabelle 15:	Details zur Flächennutzung in der linksrheinischen Modellregion.....	69
Tabelle 16:	Details zur Flächennutzung in der rechtsrheinischen Modellregion.....	80
Tabelle 17:	Grundwasserkörper gemäß WRRL im Wasserschutzgebiet Holsterhausen/Üfter Mark.....	85
Tabelle 18:	Befundhäufigkeiten und Maximalwerte von PBSM-Wirkstoffen und Metaboliten im Grundwasser (Untersuchungszeitraum: 1993 – 2015, Analyseanzahl 18.119, Positivbefunde: 294).....	95
Tabelle 19:	Befundhäufigkeiten und Maximalwerte von PBSM-Wirkstoffen und Metaboliten im Rohwasser (Untersuchungszeitraum; 1993 – 2015, Analyseanzahl: 36.319, Positivbefunde: 126).....	96
Tabelle 20:	Auszahlung von Fördermitteln (€/ha) in Abhängigkeit der Herbst-Nmin-Werte.....	97
Tabelle 21:	Überschlägige Kosten eines Mischens/Verschneidens durch Aufgabe eines Teils der gesamten Brunnengalerie.....	102
Tabelle 22:	Veranschlagte Brunnenbaukosten am Beispiel des Brunnens J00023 im Wassergewinnungsgebiet Holsterhausen / Üfter Mark.....	106
Tabelle 23:	Zusammensetzung der Modell-Rohwässer.....	114

Tabelle 24:	Reinwasser-Volumenströme der Modellwasserwerke	119
Tabelle 25:	Geschätzte Investitionskosten der vier Basisvarianten	120
Tabelle 26:	Fünf Beratungsprozesse	134
Tabelle 27:	Strategien zur Beeinflussung des umweltorientierten Verhaltens in der Landwirtschaft Quelle: Schlagheck (1993), S. 528	134
Tabelle 28:	Klassifizierung der Beratungsleistungen nach Finanzierung und Durchführung.....	136
Tabelle 29:	Regelungen in den Bundesländern zu Ausgleichszahlungen im Rahmen von freiwilligen Vereinbarungen (eigene Zusammenstellung)	136
Tabelle 30:	Schwerpunkte der einzelbetrieblichen Beratung	139
Tabelle 31:	Anteil einzelbetrieblicher Beratung.....	139
Tabelle 32:	Themen der schriftlichen Beratungsinfos 2016 (Auszug).....	140
Tabelle 33:	Maßnahmenkatalog für freiwillige Vereinbarungen	143
Tabelle 34:	Akzeptanz der Maßnahmen in den WGG 2015	144
Tabelle 35:	Entwicklung der Kaufwerte für landwirtschaftliche Nutzflächen.....	147
Tabelle 36:	Flächengewichtete Herbst Nmin Mittelwerte zwischen 2011 und 2015 (OM: Ohne Maßnahmen, MM: Mit Maßnahmen)	153
Tabelle 37:	Übersicht der Herbst Nmin-Werte mit und ohne Maßnahmen im Jahr 2015	153
Tabelle 38:	Herbst Nmin-Werte für Mais (OM: Ohne Maßnahmen, MM: Mit Maßnahmen)	155
Tabelle 39:	Differenz zwischen den Herbst Nmin-Werten mit und ohne Maßnahmen beim Maisanbau zwischen 2011 und 2015.....	156
Tabelle 40:	Vergleich konventioneller und ökologischer Maisanbau	157
Tabelle 41:	Gegenüberstellung der Herbst Nmin-Werte für Grünland und ackerbaulicher Nutzung.....	158
Tabelle 42:	Berechnete Nitratkonzentration im Sickerwasser zwischen 2011 und 2015	160
Tabelle 43:	Kosten und Kostenwirksamkeit bekannter Maßnahmen zur Verringerung des Stickstoffeintrags in Grund- und Oberflächengewässer	166
Tabelle 44:	Überblick der Kosten der Wasserschutzkooperation des OOWV für Maßnahmen für die Kulturarten Grünland, Getreide und Mais zwischen den Jahren 2011 und 2015.....	167
Tabelle 45:	Gegenüberstellung der Kosten, Herbst N-Min Werte und berechneter Sickerwasserbelastung zwischen 2011 und 2015.....	168
Tabelle 46:	Problematik der Bestimmung der Kostenwirksamkeit am Beispiel aller Maßnahmen der Kooperation auf Grünland im Zeitraum zwischen 2011-2015.....	169

Tabelle 47:	Vergleich der Kosten für Maisanbau, Herbst Nmin-Werte und berechneter Sickerwasserbelastung zwischen 2011 und 2015.....	169
Tabelle 48:	Verbindliche Regeln des Kooperationskonzepts 2020 (wie aufgestellt zu Beginn des Kooperationskonzepts am 15.12.2010).....	173
Tabelle 49:	Übersicht zum Wasserentnahmeentgelt in den erhebenden Bundesländern (ohne Bayern, Hessen und Thüringen).....	186
Tabelle 50:	Statistische Auswertung der N-Überschüsse in den 402 Kreisen und kreisfreien Städten	200
Tabelle 51:	Statistische Auswertung der Sickerwassermengen in den 402 Kreisen/kreisfreien Städten	204
Tabelle 52:	Präventive Maßnahmengruppen sowie deren Kosteneffizienz	205
Tabelle 53:	Präventive Maßnahmengruppen sowie deren Kosteneffizienz nach Inflationierung	206
Tabelle 54:	Spezifische Kosten der Trinkwasseraufbereitung in Abhängigkeit der zu entfernenden Nitratkonzentration	207
Tabelle 55:	Pachtentgelt je ha Ackerfläche in den einzelnen Bundesländern	209
Tabelle 56:	Pachtentgelt je ha Ackerfläche in den einzelnen Bundesländern inklusive Aufschlag aufgrund einer steigenden Flächennachfrage durch Wasserversorger	210
Tabelle 57:	Kosten präventiver Maßnahmengruppen in den drei Kostenszenarien	213
Tabelle 58:	Spezifische Kosten der Trinkwasseraufbereitung in den drei Kostenszenarien.....	213
Tabelle 59:	Pachtentgelt je ha Ackerfläche in den drei Kostenszenarien	213
Tabelle 60:	Ergebnisse der bundesweiten Kostenberechnung für die drei Szenarien (jährliche Zusatzkosten für Wasserversorger)	214
Tabelle 61:	Parameter einer Kostenberechnung für drei hypothetische Beispielkreise	216
Tabelle 62:	Ergebnisse einer Kostenberechnung sowie gewählte Maßnahmen der drei hypothetischen Beispielkreise im mittleren Kostenszenario	217
Tabelle 63:	Ergebnisse der bundesweiten Kostenberechnung im mittleren Kostenszenario (jährliche Zusatzkosten) in Abhängigkeit der Höhe des N-Minderungs-Grenzwerts	218
Tabelle 64:	Ergebnisse der bundesweiten Kostenberechnung im mittleren Kostenszenario (jährliche Zusatzkosten) in Abhängigkeit der Höhe des Sockelbeitrags präventiver Maßnahmen.....	218
Tabelle 65:	Auswirkungen zentraler Annahmen auf die Kostenberechnung.....	218
Tabelle 66:	Beispiel zur Schätzung der Betriebskosten für die vier Basisvarianten.....	229
Tabelle 67:	Spezifische Aufbereitungskosten der verschiedenen Szenarien	231
Tabelle 68:	Liste der getesteten PSM-Konzentration bei der RheinEnergie	233
Tabelle 69:	Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Ostfriesische Marsch	234

Tabelle 70:	Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Oldenburgisch-Ostfriesische Geest	234
Tabelle 71:	Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Hunte-Leda Moorniederung.....	235
Tabelle 72:	Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Syker Geest	235
Tabelle 73:	Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Sögeler Geest	236
Tabelle 74:	Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Cloppenburger Geest.....	236
Tabelle 75:	Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Quakenbrücker Becken	237
Tabelle 76:	Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Dammer Berge.....	237
Tabelle 77:	Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille	237
Tabelle 78:	Informationen zu den Wasserschutzgebieten in der Modellregion Ostfriesland.....	239
Tabelle 79:	Informationen zu den Wasserschutzgebieten in der Modellregion Südoldenburg.....	240
Tabelle 80:	Mittlere Minderung des Stickstoffüberschusses von Schlagbilanzen durch freiwillige Vereinbarungen auf Acker- und Grünlandstandorten der Jahre 2008 bis 2012.....	247
Tabelle 81:	Im OOWV durchgeführte Maßnahmen	247
Tabelle 82:	Ausgaben für freiwillige Vereinbarungen im Jahr 2012	248
Tabelle 83:	Maßnahmenkatalog mit Effizienzbewertung (RWW).....	248

Abkürzungsverzeichnis

AKF	Aktivkohlefiltration
AOP	Advanced Oxidation Process
AP	Arbeitspaket
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
CLM	Climate Local Model
CARIX	Carbon Dioxide Regenerated Ion Exchange
DOC	Dissolved Organic Carbon (gelöster organischer Kohlenstoff)
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
DWD	Deutscher Wetterdienst
dynaklim	Dynamische Anpassung an die Auswirkung des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region
ED	Elektrodialyse
EG	Europäische Gemeinschaft
GOK	Geländeoberkante
GOW	Gesundheitliche Orientierungswerte
GW	Grundwasser
GWK	Grundwasserkörper
GWL	Grundwasserleiter
IWW	IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung
k_f-Wert	Hydraulische Leitfähigkeit
LAWA	Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LF	Landwirtschaftliche Fläche
LN	Landnutzung
NF	Nanofiltration
n_f-Wert	Durchflusswirksame Porosität
NIBIS	Niedersächsischer Bildungsserver
NLF	Niedersächsische Landesforsten
NN	Normal Null
OWK	Oberflächenwasserkörper
PBSM	Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel
PSM	Pflanzenschutzmittel
PUEF	Brunnengalerie Üfter/Mark
RO	Umkehrosmose (engl. Reverse Osmosis)
WHOL	Brunnengalerie Holsterhausen
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

Zusammenfassung

Einleitung

Hintergrund der Studie

Die Folgekosten hoher Nitratbelastungen sind für umweltwissenschaftliche Untersuchungen bereits seit längerer Zeit ein schwelendes Thema. Bereits im Jahr 1991 befasste sich eine Studie des Umweltbundesamts unter dem Titel „Der Einfluß der Gewässerverschmutzung auf die Kosten der Wasserversorgung in Deutschland“ mit diffusen Einträgen aus landwirtschaftlichen Quellen. Die Autoren kamen damals zu dem Schluss, dass Düngeeinschränkungen für die Landwirtschaft eine günstigere Lösungsstrategie darstellen, als die ungleich kostenintensivere Nitratentfernung im Rahmen der Trinkwasserbereitstellung.

Wie sich Düngeeinschränkungen oder allgemeine Eingriffe in die landwirtschaftliche Bewirtschaftungsweise bewerten lassen, zeigt eine Studie des WWF aus dem Jahre 2008 unter dem Titel „Gewässerschutz und Landwirtschaft – Widerspruch oder lösbares Problem?“. Auch in dieser Veröffentlichung wird das Fazit gezogen, dass vorsorgende Maßnahmen in der Landwirtschaft in der Regel kosteneffizienter sind als eine aufwendige Aufbereitung von nitratbelastetem Wasser. Die vorliegende Studie reiht sich in den Kanon dieser Untersuchungen ein und quantifiziert erstmals die landwirtschaftlich verursachten Kosten, die Wasserversorgern im Rahmen der Trinkwasserbereitstellung entstehen. Die Studie legt dabei einen besonderen Fokus auf die Nitratproblematik.

Zielsetzung und Vorgehen

Das Vorhaben sollte die Kosten erheben, die für die Trinkwasserbereitstellung aufgrund von Nährstoff- und Pflanzenschutzmittel (PSM)-Einträgen aus der Landwirtschaft in das Grundwasser entstehen.

Dazu werden im Rahmen der Studie Primärdaten zur Kostenbelastung in fünf verschiedenen Modellregionen erhoben. Die Modellregionen sind Ostfriesland und Südoldenburg des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbands (OOWV), die links- und rechtsrheinische Modellregion der RheinEnergie AG sowie die Modellregion Holsterhausen/Üfter Mark der RWW Rheinisch-Westfälische Wasserversorgungsgesellschaft mbH (RWW).

Grundsätzlich bieten sich den Wasserversorgungsunternehmen zwei Möglichkeiten, um der Nitratbelastung in den von ihnen zur Wassergewinnung genutzten Wasserkörpern zu begegnen. Einerseits können Versorger Zahlungen aufwenden, um einen reduzierten Einsatz von Düngemitteln zu erwirken und dadurch den Eintrag von Stickstoff nachhaltig zu reduzieren – diese werden im Folgenden als präventive Maßnahmen bezeichnet. Andererseits lassen sich Ausweich- oder Reparaturmaßnahmen durchführen, um die in der Trinkwasserverordnung festgelegten Grenzwerte einzuhalten – diese werden im Folgenden als reaktive Maßnahmen bezeichnet. Beide Möglichkeiten sind mit unterschiedlichen Kosten verbunden.

Die in den Modellregionen zur Anwendung kommenden präventiven und reaktiven Maßnahmen werden im Rahmen dieser Studie im Detail untersucht. Zusätzlich fließen an geeigneter Stelle Erfahrungen und Kostenaspekte von drei assoziierten Partnern ein: dem Aggerverband, der NiederrheinWasser GmbH sowie dem Wasser- und Abwasserzweckverband Niedergrafschaft. Ergänzt werden die Primärdaten um die Ergebnisse aus einer deutschlandweiten Umfrage unter Wasserversorgern, die im Juni/Juli 2016 im Rahmen eines Gutachtens für den Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW) durchgeführt und von 18 mehrstündigen Telefoninterviews flankiert wurde.

Da keiner der oben genannten Wasserversorger derzeit eine zur Nitratentfernung erweiterte Trinkwasseraufbereitung mit dem Ziel der Nitratentfernung durchführt, werden zusätzlich die hypothetischen Kosten einer solchen Aufbereitung für vier verschiedene Rohwässer der einzelnen Modellregionen

nen ermittelt. Dabei werden sowohl Aufbereitungsverfahren zur Verringerung einer Nitrat- als auch einer PSM-Belastung betrachtet.

Anschließend werden die Erkenntnisse aufgegriffen, um ein Konzept und erste Ergebnisse einer Generalisierung der Kosten für Gesamtdeutschland vorzustellen. Es wird aufgezeigt, von welchen Faktoren die Kosten wesentlich beeinflusst werden und wie sich die Ergebnisse interpretieren lassen.

Präventive Maßnahmen

Die drei Wasserversorger OOWV, RheinEnergie und RWW gehen in den Modellregionen unterschiedliche Wege, um dem Stickstoffeintrag präventiv vorzubeugen. Diese werden im Folgenden beschrieben.

Präventive Maßnahmen des OOWV

Drei-Säulen-Konzept

Der OOWV setzt beim Grundwasserschutz auf ein Drei-Säulen-Konzept aus Beratung, freiwilligen Vereinbarungen und Flächenmanagement. Die kostenlose Wasserschutzberatung für Landwirte hat die optimierte Bewirtschaftungsweise zum Ziel. Die Schwerpunkte der einzelbetrieblichen Beratung liegen u. a. in der Vorbereitung und Umsetzung der freiwilligen Vereinbarungen, der Unterstützung von EU kofinanzierten Agrarumweltmaßnahmen und deren Erfolgskontrolle.

Im Rahmen der freiwilligen Vereinbarungen verpflichten sich Landwirte vertraglich zu Bewirtschaftungsmaßnahmen mit dem Ziel des Grundwasserschutzes. Im Gegenzug werden sie vom OOWV finanziell für die wirtschaftlichen Nachteile bzw. die Mehraufwendungen entschädigt. Die Grundlage für die Vereinbarungen bildet ein entsprechender Maßnahmenkatalog des Niedersächsischen Umweltministeriums. Im Jahr 2015 wurden insgesamt 2.587 Vereinbarungen geschlossen. Dabei waren ca. 81 % der Gesamtfläche und ca. 44 % der landwirtschaftlichen Betriebe repräsentiert. Der Auszahlungsbetrag belief sich auf ca. 1,75 Mio. €, sodass ein Betrag von ca. 67 € pro Hektar resultiert. Zu den Inhalten der Vereinbarungen zählen u. a. eine aktive Begrünung, ein erfolgsorientierter Maisanbau, eine gewässerschonende Ausbringung von Gülle und eine gewässerschonende Gestaltung der Fruchtfolge.

Im Rahmen des Flächenmanagements kauft der OOWV seit 1987 Flächen in Wassergewinnungsgebieten auf und verpachtet sie unter strikten Nutzungsaufgaben im Sinne des Gewässerschutzes. Derzeit sind ca. 1.300 Hektar an Landwirte verpachtet. Zu den Auflagen zählen z. B. eine dauerhafte Grünlandnutzung mit Düngebeschränkung und Verzicht auf PSM-Einsatz, der Ökolandbau in den Varianten Grün- oder Grasland sowie Ackerbau (Sommergetreide mit winterharter Zwischenfrucht) oder die konventionelle Ackernutzung mit Düngebeschränkung und Verzicht auf PSM-Einsatz bei gleichzeitigem Ausschluss von Mais, Kartoffeln und Gemüse. Daneben erwirbt der OOWV Flächen und entwickelt eine standortgerechte Laubwaldnutzung.

Erfolgskontrolle freiwilliger Vereinbarungen des OOWV

Um den Erfolg der freiwilligen Vereinbarungen sicherzustellen, werden Monitoring- und Kontrollinstrumente eingesetzt. Dazu zählen das Beobachtungsmonitoring (allgemeine Beobachtung), das Aufklärungsmonitoring (gezielte Beobachtung) und das Kontrollmonitoring (Erfolgskontrolle). Es zeigt sich, dass die Erfolgskontrolle aufgrund eines zeitverzögerten Rückgangs der Nitratgehalte als schwierig einzustufen ist. Der Grund hierfür liegt in den langen Fließzeiten im Grundwasserleiter, einer tiefen Grundwasserentnahme in den Wassergewinnungsgebieten des OOWV sowie geringdurchlässigen Deckschichten. Aus diesem Grund ist das häufigste Verfahren zur Erfolgskontrolle der vertraglich vereinbarten freiwilligen Maßnahmen die Herbst-Nmin-Methode, bei der vor Beginn der Sickerwasserperiode Bodenproben aus der Wurzelzone entnommen werden.

Fazit

Es lässt sich bei einer Betrachtung von flächengewichteten Mittelwerten für alle Kulturarten feststellen, dass die Herbst-Nmin-Werte auf Flächen mit Maßnahmen geringer sind als auf Flächen ohne

Maßnahmen. In der Region Ostfriesland bzw. Süddoldenburg lag der Mittelwert zwischen 2011 und 2015 auf Flächen mit Maßnahmen bei 64 bzw. 50 kg N/ha und auf Flächen ohne Maßnahmen bei 90 bzw. 68 kg N/ha. Trotz dieses Minderungserfolgs durch präventive Maßnahmen wurde der im Rahmen der Kooperation zwecks Erreichung eines Nitrat-Zielwert im Sickerwasser von 50 mg/l festgelegte wasserwirtschaftliche Ziel-N_{min}-Wert von <35 kg N/ha deutlich überschritten.

Darüber hinaus zeigt sich, dass die Herbst-N_{min}-Werte bei Grünlandflächen zwar deutlich geringer sind als auf Flächen mit ackerbaulicher Nutzung – dort werden mitunter Werte von mehr als 100 kg N/ha gemessen – jedoch wird auch nicht auf allen Grünlandflächen der wasserwirtschaftliche Zielwert erreicht. Eine direkte Zuordnung von Kosten zur Wirksamkeit von Maßnahmen ist schwierig, sodass hohe Investitionen in Maßnahmen keine Garantie für eine effektive Minimierung der Herbst-N_{min}-Werte darstellen. Die Erfahrungen des OOWV zeigen daher, dass eine Trendumkehr allein mit dem Kooperationsmodell nicht möglich erscheint.

Gewässerschutzkooperationen der RheinEnergie

Anfänge der Kooperationen und zentrale Grundsätze

Die beiden Kooperationen in den Einzugsgebieten der Wasserwerke der heutigen RheinEnergie AG waren die ersten freiwilligen Gewässerschutzkooperationen in Deutschland. Unabhängig voneinander wurden sie im Jahr 1985 ins Leben gerufen. Anstelle der Zahlung von Ausgleichsgeldern an die einzelnen Landwirte für Einschränkungen in ihrer Wirtschaftsweise wurden die zur Verfügung stehenden Gelder freiwillig in Gewässerschutzmaßnahmen investiert.

Wesentliche Grundsätze waren dabei, dass man die Verantwortung für die hohen Nitratwerte im Grundwasser nicht ausschließlich bei der Landwirtschaft gesucht hat, sondern zunächst eine umfassende Ursachenforschung betrieb. So fand man neben undichten Abwasserbehandlungseinrichtungen auch Altlasten, durch die Nitrat in nicht unerheblichem Maße in den Untergrund versickerte. Neben der Sanierung dieser Quellen wurde ein intensives Beratungskonzept entwickelt und im Laufe der Jahre immer wieder den Anforderungen und neuen Erkenntnissen angepasst. Besonders sensible Flächen wurden aus der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung herausgenommen, zu Dauergrünland umgewandelt oder aufgeforstet. Zum Teil wurde ein Flächentausch realisiert, um den Verlust an landwirtschaftlicher Fläche zu reduzieren.

Beratungskonzepte

Die RheinEnergie AG greift in den beiden Arbeitskreisen „Ackerbau und Wasser im Langer Bogen e. V.“ sowie „Ackerbau und Wasser im linksrheinischen Kölner Norden e. V.“ auf alle Beratungsformen zurück: Officialberatung durch die Landwirtschaftskammer NRW, Privatberatung durch ein externes Ingenieur-Büro sowie Beratung durch eigene Mitarbeiter. Hierdurch wird ein maximaler Wissenstransfer sichergestellt. Die rechtsrheinische Kooperation ist dabei bis heute die einzige Kooperation in NRW, die im Schwerpunkt Privatberater einsetzt. Neben der optimalen Wirtschaftsweise zur Nitratreduktion und Verhinderung von PBSM-Einträgen (z. B. durch den korrekten Umgang mit Restmengen oder eine regelmäßige Reinigung der Maschinen) waren auch immer wirtschaftliche Aspekte im Fokus. Grundsatz hierbei ist, dass nur ein wirtschaftlich gesunder Betrieb auch in gewässerschonende Maßnahmen investieren kann.

Funktionsweise der Arbeitskreise

Gesteuert werden die Arbeiten der Arbeitskreise durch Vorstände, in denen die Landwirte gleichberechtigt zu den Wasserversorgern in die Entscheidungsfindungen eingebunden sind. Beide Arbeitskreise feierten im Jahr 2016 ihr 30-jähriges Bestehen.

Auf Augenhöhe werden Maßnahmen umgesetzt, die sowohl die Belange der Wasserwirtschaft als auch die der Landwirtschaft berücksichtigen. Dies ist die Grundlage dafür, dass man sich intensiv und frühzeitig mit Wirkzusammenhängen und veränderten Randbedingungen auseinandersetzt und gemein-

sam an optimalen Lösungen arbeitet. Verständnis für die Probleme und Notwendigkeiten der jeweils anderen Seite ist eine Grundvoraussetzung.

Die beiden Kölner Kooperationen waren die Grundlage für das 12-Punkte-Programm der nordrhein-westfälischen Gewässerschutzkooperationen.

Prämienmodell nach dem Kooperationskonzept 2020 der RWW

Unterscheidung in Basis- und Intensivberatungsgebiete

Bei der RWW wird im Rahmen der Kooperation Landwirtschaft/Wasserwirtschaft seit 2011 eine erfolgsbasierte Prämierung durchgeführt. Dieses Konzept 2020 ist eine kreisübergreifende Kooperation, an der neben RWW weitere sieben Wasserversorgungsunternehmen teilnehmen. Weiterhin sind seitens der Landwirtschaft die Landwirtschaftskammern der Kreise Borken, Wesel und Coesfeld/Recklinghausen beteiligt.

Basierend auf vorhandenen Grundwasseranalysen wurde vor Inkrafttreten der erfolgsbasierten Förderung eine flächenhafte Darstellung der Nitratkonzentration im Grundwasser für das WSG Holsterhausen/Üfter Mark erarbeitet. Diese flächige Darstellung weist Bereiche auf, in denen eine besonders hohe Nitratbelastung im Grundwasser vorliegt. Um zur Verfügung stehende finanzielle Mittel möglichst zielgerichtet einsetzen zu können, wurden diese Bereiche als Intensivberatungsgebiete klassifiziert. Gleichzeitig wurden die verbleibenden landwirtschaftlichen Flächen des WSG Holsterhausen/Üfter Mark als Basisberatungsgebiet eingestuft.

Effizienzbasierte Förderung statt Maßnahmenförderung

Das Konzept 2020 unterscheidet sich von anderen Kooperationsmodellen in zweierlei Hinsicht. Einerseits werden Fördermittel in den Intensivberatungsgebieten ausschließlich nach Zielerreichung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgezahlt. Grundlage hierfür ist der gemittelte Herbst-Nmin-Wert (Betriebsmittel). Andererseits können Landwirte und Gärtner eigenständig entscheiden, welche Maßnahmen sie zur Zielerreichung durchführen – allerdings sind eine Reihe von verbindlichen Regeln im Bewirtschaftungsjahr einzuhalten.

In Basisberatungsgebieten werden zwar keine Erfolgsprämien gezahlt, dennoch bietet das Konzept 2020 die Möglichkeit der kostenlosen Beratung über die Gewässerschutzberater der Landwirtschaftskammern, sofern die Landwirte verbindliche Regeln einhalten.

Verbindliche Regeln

Zu den für alle Kooperationsmitglieder geltenden Regeln (Basis- und Intensivberatungsgebiete) zählen z. B. die Durchführung eines Nährstoffvergleichs mit N-Überhangbewertung oder die Dokumentation des PSM-Einsatzes. Landwirte in Intensivberatungsgebieten müssen darüber hinaus zusätzliche Regeln einhalten, z. B. das Einreichen einer Ackerschlagkartei sowie einer aktuellen Karte der im Wasserschutzgebiet bewirtschafteten Flächen bis zum 15.01. eines Jahres oder das Verbot der Ausbringung von Wirtschaftsdünger nach Ernte der Hauptfrucht. Daneben ist die regelmäßige Teilnahme an Einzel- und Gruppenberatungen obligatorisch.

Höhe der Erfolgsprämie

Die Höhe der Prämie eines Landwirts richtet sich nach dem Erfolg seiner im Anbaujahr durchgeführten und selbst gewählten Maßnahmen. Die maximale Erfolgsprämie innerhalb der Intensivberatungsgebiete liegt bei voller Zielerreichung bei 200 € pro ha landwirtschaftlicher Fläche. Liegt der Nmin-Wert eines Landwirts nur knapp unter dem Zielwert, erhält er 125 €/ha. Die verbleibenden teilnehmenden Landwirte mit weniger guten Ergebnissen erhalten 50 €/ha. Der Zielwert zur Erreichung der vollen Prämie i. H. v. 200 € pro ha wird im Laufe der Zeit abgesenkt.

In der ersten Periode (2011 bis 2013) erhielten Landwirte die volle Prämie bei Werten zwischen 41 und 45 kg N/ha. In der folgenden Periode (2014 bis 2016) durften hingegen N_{min}-Werte von höchstens 40 kg N/ha gemessen werden, um die volle Prämie ausgezahlt zu bekommen. Ab dem Jahr 2020 gilt ein Zielwert von 30 kg N/ha.

Fazit

Trotz erkennbarer Erfolge im Rahmen des Konzepts²⁰²⁰ wird die Erreichung des Zielwerts von 30 kg N/ha im Gebietsmittel bis zum Jahr 2020 nicht möglich sein. Dieser Wert müsste erreicht werden, um einen Nitrat-Zielwert von ca. 50 mg/l im neu gebildeten Grundwasser zu erreichen. Die durchschnittlichen Herbst-N_{min}-Werte lagen zwischen 2011 und 2016 mit 46 bis 54 kg N/ha auf einem erhöhten Niveau – dabei ist kein eindeutiger Trend zu niedrigeren Werten erkennbar. Es zeigt sich, dass nur 40 % der an der Kooperation teilnehmenden Betriebe im Jahr 2016 den gültigen Zielwert von 40 kg N/ha erreicht haben.

Prinzipiell bestehen verschiedene Möglichkeiten, um den Erfolg der Kooperationsarbeit zu erhöhen. Zum Beispiel wäre die Teilnahme weiterer landwirtschaftlicher Betriebe im Wasserschutzgebiet an der Kooperation anzustreben. Daneben könnte ein Flächenkauf mit anschließender Verpachtung und Einschränkung der landwirtschaftlichen Nutzung (z. B. Ökolandbau), des Gülleexports sowie besonderer Anbauverfahren hilfreich sein. Darüber hinaus wäre eine Verlagerung des Anbaus von stickstoffintensiven Sonderkulturen aus dem Wasserschutzgebiet heraus anzudenken.

Reaktive Maßnahmen

Sollten präventive Maßnahmen nicht ausreichen, um der Nitratbelastung zu begegnen, müssen Wasserversorger auf reaktive Maßnahmen zurückgreifen. Dazu zählen die Ausweichmaßnahmen Verschneidung mit unbelastetem Rohwasser, Vertiefung von Brunnen sowie Verlagerung von Brunnen. Die dabei entstehenden Kosten hängen in hohem Maße von den spezifischen Rahmenbedingungen ab, sodass in der Studie lediglich beispielhafte Kosten aus den Modellregionen mit ihren entsprechenden Randbedingungen herausgearbeitet werden können.

Können die Ausweichmaßnahmen die Nitratbelastung nicht im erforderlichen Maße reduzieren, bleiben dem WVU als letzte Möglichkeit nur kostenintensive Reparaturmaßnahmen in Form einer technischen Trinkwasseraufbereitung.

Ausweichmaßnahmen

Rohwasserverschneidung

Die Verschneidung von belastetem und unbelastetem Rohwasser wird anhand einer hypothetischen Beispielrechnung für die Brunnengalerie Holsterhausen/Üfter Mark der RWW dargestellt. Die Einstellung von Förderbrunnen und gleichzeitige Erhöhung der Förderung aus anderen Brunnen kann mit erheblichen (Rückbau-) Kosten verbunden sein. Darüber hinaus hängt die Effektivität der Maßnahme von verschiedenen Faktoren ab. Insbesondere die Mischbarkeit der Rohwässer muss hinsichtlich ihrer hydrochemischen Eigenschaften bekannt sein. Weiterhin muss die Beeinflussung des Rohrnetzes durch das Mischwasser beurteilt werden. Für die hypothetische Beispielrechnung der RWW ergeben sich Anschaffungsnebenkosten von 5,1 Mio. € und annualisierte kalkulatorische Gesamtkosten von 21.000 € pro Jahr.

Standortverlagerung von Brunnen

Bei der Standortverlagerung von Brunnen wird deutlich, dass die Kosten maßgeblich von der Brunnentiefe und den zu durchteufenden Gesteinsschichten abhängen, sodass regional sehr starke Kostenunterschiede bestehen. Daneben sind der Anschluss an das bestehende Rohrnetz sowie der etwaige Rückbau des Altbrunnens wesentliche Kostentreiber. Grundsätzlich ist zudem die Möglichkeit einer Verlagerung von Brunnen in vielen Wassergewinnungsgebieten aus räumlichen Gründen nur sehr

eingeschränkt oder gar nicht möglich. Die Ausweitung der Wasserschutzgebiete stößt vielerorts an Grenzen; zudem wäre für eine solche Ausweitung bei der zuständigen Wasserbehörde eine wasserrechtliche Erlaubnis/Bewilligung zu beantragen, was sich nach Aussage vieler Wasserversorger mitunter als schwierig gestaltet. Die Kosten einer Standortverlagerung von Brunnen sind in der RWW-Modellregion mit Anschaffungsnebenkosten von 32.000 € und annualisierten kalkulatorischen Gesamtkosten von 36.000 € pro Jahr verbunden. In den OOWV-Modellregionen ergeben sich Kosten i. H. v. 100.000 bis 120.000 € für den Rückbau eines Brunnens sowie annualisierte kalkulatorische Gesamtkosten von 55.000 € pro Jahr für den Brunnenneubau.

Vertiefung von Brunnen

Die Kosten einer Vertiefung von Brunnen hängen ebenfalls in hohem Maße von der Brunntiefe und den zu durchteufenden Gesteinsschichten ab. Daneben spielt der Bohrdurchmesser (Förderkapazität) eine wichtige Rolle. Zu betonen ist an dieser Stelle, dass diese Maßnahme lediglich einen gewissen „Zeitgewinn“ verschafft. Das Ausräumen und die anschließende Vertiefung um 30 m führt in der OOWV-Modellregion zu annualisierten kalkulatorischen Gesamtkosten von 42.000 € pro Jahr.

Kostenschätzung für die technische Trinkwasseraufbereitung

Mögliche Verfahren zur Nitrat- und PSM-Entfernung

Es existieren verschiedene Verfahren zur Nitrat- bzw. zur PSM-Entfernung. Dazu zählen die biologische Denitrifikation, das CARIX-Verfahren, die Elektrodialyse und die Umkehrosmose bzw. die Aktivkohle-Adsorption und die Oxidation mit Ozon. Diese Verfahren unterscheiden sich nicht nur technisch voneinander, sondern z. B. auch in Bezug auf Effektivität, Grenzen der Einsetzbarkeit, die Notwendigkeit einer Vor- und Nachbehandlung oder die benötigten Ressourcen (Personal, Energie, Chemikalien, etc.). Vor diesem Hintergrund ist die Auswahl eines Aufbereitungsverfahrens von einer Vielzahl lokaler Faktoren abhängig, sodass nicht jedes Verfahren für jeden Standort geeignet ist.

Modell-Rohwässer, Zielwerte und gewählte Aufbereitungsverfahren

Für die Kostenschätzung werden Analysedaten von drei Nitrat- und PSM-haltigen Rohwässern aus den Modellregionen von OOWV, RheinEnergie und RWW sowie von einem weiteren Rohwasser aus der Region Ostwestfalen herangezogen, die als Modell-Rohwässer für die nachfolgende Kostenbetrachtung verwendet werden. Die Nitratkonzentrationen dieser Modell-Rohwässer bewegen sich dabei in einer Bandbreite von 42 bis 60 mg/l, die PSM-Konzentrationen liegen zwischen 0,1 und 0,5 µg/l (nicht relevante Metabolite 1 bis 3 µg/l). Daneben werden die fünf häufigsten PSM bzw. Metabolite gemäß LA-WA-Bericht 2015 zur Konzeption einer modellhaften Aufbereitung herangezogen. Zusätzlich werden vier weitere Metabolite betrachtet, die in den jeweiligen Rohwässern vorkommen.

Als Nitrat-Zielwerte für das aufbereitete Trinkwasser werden 37,5, 25 und 10 mg/l festgelegt. Dies entspricht 75 %, 50 % bzw. 20 % des Nitratgrenzwertes von 50 mg/l der Trinkwasserverordnung (TrinkwV). Ein Zielwert von 50 mg/l kam nicht in Betracht, weil aus technischen Gründen ein gewisser „Sicherheitsabstand“ erforderlich ist, damit der Grenzwert auch wirklich jederzeit eingehalten werden kann. Der Zielwert von 37,5 mg/l resultiert aus der Wasserrahmenrichtlinie (Maßnahmenwert = 75 % des TrinkwV-Grenzwertes, ab dem eine Trendumkehr bewirkt werden soll). Die Zielwerte von 10 und 25 mg/l wurden u.a. aufgrund des „Minimierungsgebotes“ nach § 6 TrinkwV berücksichtigt. Bei PSM-Wirkstoffen und relevanten Metaboliten liegt der Zielwert bei 0,02 µg/l (20 % des TrinkwV-Grenzwertes), bei nicht relevanten Metaboliten bei 0,2 bis 0,6 µg/l (20 % der jeweiligen Gesundheitlichen Orientierungswerte - GOW).

In Abhängigkeit unterschiedlicher Parameter der Modell-Rohwässer (Härte, Nitratkonzentration, PSM-Wirkstoffe und Metaboliten) werden vier verschiedene Modell-Wasserwerke mit unterschiedlichen Aufbereitungsverfahren konzipiert. Dabei kommen die Verfahren Biologische Denitrifikation +

Aktivkohlefiltration, CARIX-Ionenaustausch + Aktivkohlefiltration, Umkehrosmose + Ozon sowie Elektrodialyse zur Anwendung.

Variationsparameter

Die Schätzung der Investitions- und Betriebskosten erfolgt auf Basis von vorangegangenen Projekten des IWW Zentrum Wasser, Informationen von Anlagenbauern und Ingenieurbüros und Angaben aus der Fachliteratur. Darüber hinaus werden einige notwendige Annahmen getroffen.

Bei der Kostenschätzung werden verschiedene Parameter variiert. Dazu zählen neben den Zielwerten die Aufbereitungsleistung des Wasserwerks (1, 5 und 25 Mio. m³ pro Jahr), die Nitrat- und PSM-Konzentration im Rohwasser (Ist-Zustand sowie Aufschläge von +10 % und +20 %) und die Art der Abwasserentsorgung (kostenfreie Direkteinleitung in ein Gewässer, mit Gebühren belegte Einleitung in kommunale Kläranlage sowie Vor-Ort-Nachbehandlung mit entstehenden Betriebs- und Investitionskosten).

Aufgrund der Vielzahl an möglichen Varianten wird eine Basisvariante definiert und jeweils mit alternativen Varianten verglichen. Für die Basisvariante wurden folgende Randbedingungen festgelegt: jährliche Abgabemenge von 1 Mio. m³, Rohwasserbeschaffenheit gemäß der Modell-Rohwässer, Nitrat-Zielwert von 25 mg/l und kostenfreie Direkteinleitung des Abwassers in ein Gewässer.

Bei der Variante „Minimale Kosten“ wird die Abgabemenge des Wasserwerks im Vergleich zur Basisvariante auf 25 Mio. m³ pro Jahr gesteigert und der Nitrat-Zielwert auf 37,5 mg/l erhöht. Bei der Variante „Maximale Kosten“ wird der Nitrat-Zielwert im Vergleich zur Basisvariante auf 10 mg/l gesenkt, ein deutlicher Nitrat- und PSM-Anstieg angenommen (+20 % im Vergleich zu den Modell-Rohwässern) sowie eine gebührenpflichtige Einleitung des Abwassers in die Kanalisation postuliert.

Fazit und Ergebnisse

Im Rahmen der Analyse werden einige Tendenzen in Bezug auf die Höhe der Kosten deutlich. Es lässt sich feststellen, dass die Nitratentfernung deutlich höhere Kosten verursacht, als die PSM-Entfernung. Daneben steigen die absoluten Investitionskosten mit der Größe des Wasserwerks an, gleichzeitig sinken die spezifischen Investitions- und Betriebskosten (in € je Kubikmeter Trinkwasser) mit steigender Rohwassermenge. In Bezug auf das Ausmaß der Belastung ist zu erkennen, dass eine zunehmende Nitrat- und PSM-Konzentration im Rohwasser bei gleichbleibender Zielkonzentration zu steigenden Aufbereitungskosten führt. Zudem hat die Art der Abwasserentsorgung einen großen Einfluss auf die Betriebskosten der verschiedenen Aufbereitungsverfahren.

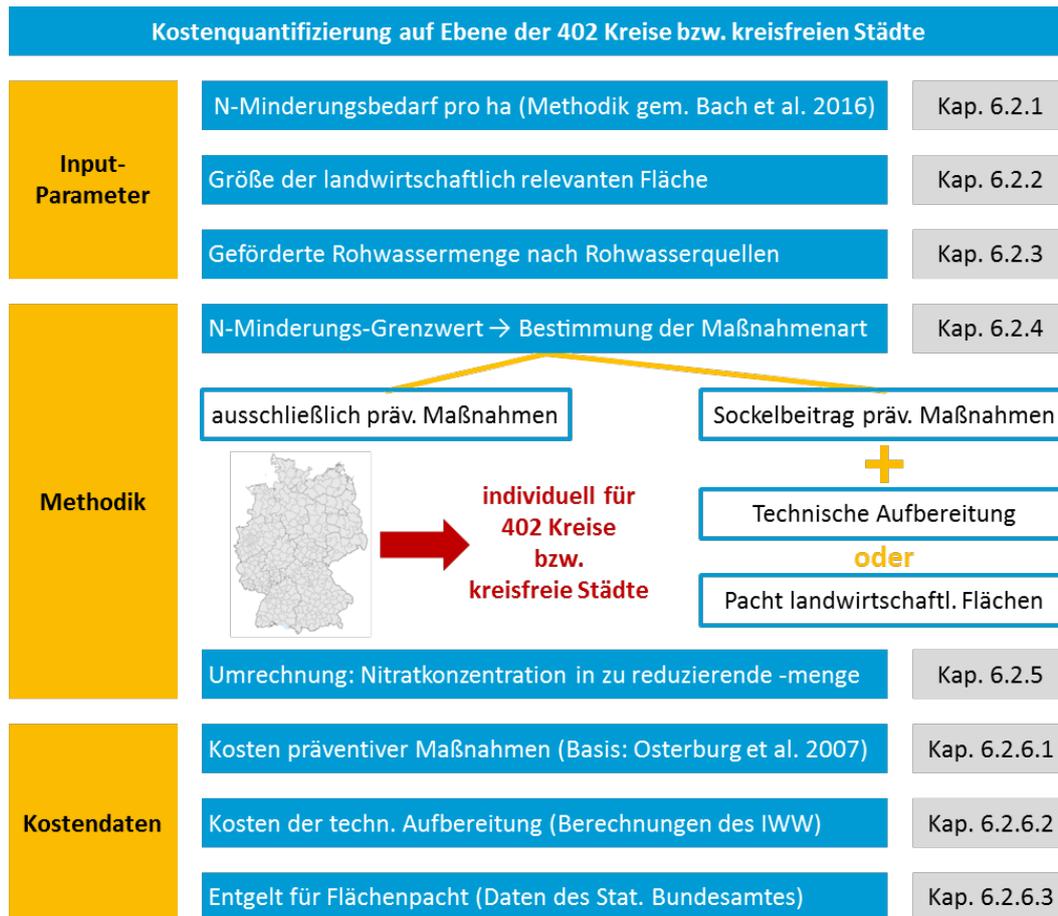
Die tatsächlichen Kosten der Trinkwasseraufbereitung hängen stark von den Randbedingungen ab. Unter Berücksichtigung der in dieser Studie definierten Randbedingungen werden für die Trinkwasseraufbereitung folgende Kosten geschätzt: Für die vier Modell-Wasserwerke liegen die **Gesamt-Aufbereitungskosten** (Betriebs- und Investitionskosten) in der Basisvariante **zwischen 0,55 und 0,76 €/m³ Trinkwasser**. Die Kosten der Variante „Maximale Kosten“ mit einem deutlichen Anstieg von Nitrat- und PSM-Belastungen in den Modell-Rohwässern liegen zwischen 0,76 und 1,11 €/m³ Trinkwasser. Die Variante „Minimale Kosten“ (definierte Randbedingungen: siehe oben) weist Kosten von 0,21 bis 0,25 €/m³ Trinkwasser auf – gleichzeitig ist zu betonen, dass es sich hierbei um ein eher unwahrscheinliches Szenario handelt.

Die geschätzten Betriebs- und Investitionskosten beziehen sich explizit nur auf die Randbedingungen, die im Rahmen dieser Studie festgelegt werden. Bei anderen Randbedingungen ist möglicherweise mit deutlich anderen Kosten zu rechnen. Gleichwohl sind die für die Studie gewählten Randbedingungen in gewissen Grenzen typisch für deutsche Wasserwerke mit Nitrat- bzw. PSM-belasteten Rohwässern. Insofern sind die Größenordnung und die Struktur der Kosten als typisch für die Nitrat- und PSM-Entfernung bei der Trinkwasseraufbereitung in Deutschland anzusehen. Die zuvor skizzierten Ten-

denzen (beispielsweise hinsichtlich des Einflusses der Wasserwerksgröße oder des Nitrat-Zielwertes auf die Betriebs- und Investitionskosten) lassen sich auch auf andere Konstellationen übertragen.

Generalisierung der Kosten

Im Rahmen der Studie wird erstmalig ein konzeptioneller Ansatz entwickelt, um die Zusatzkosten zu berechnen, die der Wasserwirtschaft jährlich aufgrund der Nitratproblematik entstehen. Hierzu werden auf die Methodik und die Primärdaten der Studie „Bewertung von Maßnahmen zur Verminderung von Nitratreinträgen in die Gewässer auf Basis regionalisierter Stickstoff-Überschüsse – Teil I: Beitrag zur Entwicklung einer Ressortübergreifenden Stickstoffstrategie | UBA Texte 55/2016“ von Bach et al. (2016) zurückgegriffen. Die Vorgehensweise wird in der folgenden Abbildung dargestellt.



Ergebnisse der Kostenberechnung

Bestimmung des Stickstoffminderungsbedarfs

Für 2.759 Analysegebiete in Deutschland wird das langjährige Mittel der Sickerwassermengen herangezogen und für jedes Analysegebiet bestimmt, welcher Stickstoffüberschuss pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche maximal zulässig ist, um einen bestimmten Nitrat-Zielwert im Sickerwasser zu erreichen. Diese Berechnung wird für die drei Zielwerte 37,5, 25 und 10 mg/l durchgeführt. Ausgehend von den mittleren N-Überschüssen in den Jahren 2011 bis 2013 in den 402 Kreisen und kreisfreien Städten Deutschlands lässt sich somit bestimmen, wie groß der Bedarf einer N-Minderung in jedem Kreis bzw. jeder kreisfreien Stadt pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche ist. Mit sinkendem Nitrat-Zielwert steigt der N-Minderungs-Bedarf innerhalb der Kreise bzw. kreisfreien Städte.

Dabei sind aus Nachhaltigkeitsgründen bei der Berechnung zwei Aspekte zu berücksichtigen: Zum einen bleibt das im Boden sowie im Grundwasserleiter vorhandene Denitrifikationspotential (z. B. Eisensulfide, organische Kohlenstoffverbindungen) unberücksichtigt. In bestimmten Regionen ist aufgrund des Denitrifikationspotentials mitunter ein höherer Stickstoffeintrag als der in den vorliegenden Berechnungen berücksichtigte Wert möglich, ohne dass die oben genannten Zielwerte überschritten würden. Gleichwohl ist es aus Nachhaltigkeitsgründen wünschenswert, dass das natürliche Denitrifikationspotential möglichst wenig aufgezehrt wird. Bei der natürlichen Denitrifikation entstehen zudem mitunter Reaktionsprodukte wie Eisen, Sulfat, Hydrogencarbonat und Schwermetalle, die wiederum nachteilig für die Wasserqualität sind und zu erhöhten Aufbereitungskosten führen können. Zum anderen bleibt der zeitliche Verzug, der sich aus den regional sehr unterschiedlichen hydrogeologischen und hydraulischen Rahmenbedingungen ergibt, unberücksichtigt. Die Untersuchungen beziehen sich durch die Verwendung der Sickerwasserraten stattdessen auf die Betrachtung der Situation bei Austritt aus der durchwurzelten Bodenzone. In vielen Regionen liegt eine mittlere Verweildauer von mehreren Jahrzehnten vor. Darunter wird die durchschnittliche Zeit verstanden, die das Grundwasser vom Ort der Grundwasserneubildung bis zur Förderstelle (z. B. Quelle, Brunnen) benötigt.

Bestimmung der landwirtschaftlich relevanten Flächen sowie der Rohwasserförderung

Die Studie untersucht ausschließlich die Kosten der Wasserwirtschaft im Rahmen der Trinkwasserbereitstellung. Zweifelsohne existiert zur Erreichung der WRRL-Zielvorgaben auch auf Flächen ein N-Minderungs-Bedarf, deren Sickerwasser nicht unmittelbar zur Neubildung von Rohwasserquellen der Trinkwasserversorgung beiträgt. Die Stickstoffreduzierung auf diesen Flächen und die damit verbundenen Kosten sind jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Kostenberechnung. Stattdessen werden nur die landwirtschaftlich genutzten Flächen betrachtet, die innerhalb eines Wasserschutzgebietes liegen und deren Sickerwasser somit direkt zur Neubildung der Rohwasserquellen beiträgt. Gleichzeitig werden auch nur die Kreise bzw. kreisfreien Städte berücksichtigt, in denen tatsächlich Rohwasser zur Trinkwasserbereitstellung gefördert wird. In der Konsequenz sind in der Kostenberechnung nur 371 der insgesamt 402 Kreise bzw. kreisfreien Städte berücksichtigt.

Bestimmung der Maßnahmenart

Im Rahmen der Studie wird deutlich, dass präventive Maßnahmen einen wichtigen Beitrag zum vorsorgenden Gewässerschutz leisten. Für Wasserversorger ist der Dialog mit der Landwirtschaft von großer Bedeutung, um einen gemeinsamen Beitrag zum Grundwasserschutz leisten zu können. Aus diesem Grund wird präventiven Maßnahmen bei der Kostenberechnung ein besonderer Stellenwert eingeräumt – wo immer möglich sind diese das Mittel der Wahl. Es ist festzustellen, dass für einen nennenswerten Teil der Kreise bzw. kreisfreien Städte die Durchführung ausschließlich präventiver Maßnahmen ausreicht. In Abhängigkeit des Nitrat-Zielwerts liegt ihr Anteil bei bis zu 36 %. Gleichzeitig existieren vor dem Hintergrund der oben geschilderten Herangehensweise Kreise bzw. kreisfreie Städte, in denen die notwendige N-Minderung ein sehr hohes Ausmaß erreicht. In diesen Regionen scheint der ausschließliche Einsatz von präventiven Maßnahmen nicht auszureichen, um die Nitrat-Zielwerte im Sickerwasser zu erreichen. Für diese Kreise und kreisfreien Städte werden die Kosten zweier Alternativvarianten berechnet und die jeweils kostengünstigere Variante gewählt.

Bei der ersten Variante wird ein Sockelbeitrag an präventiven Maßnahmen geleistet und zusätzlich eine technische Trinkwasseraufbereitung durchgeführt. Die Möglichkeiten einer Stickstoffreduzierung durch präventive Maßnahmen sollten in jedem Fall genutzt werden. Erst wenn diese an ihre Grenzen stoßen, ist eine technische Trinkwasseraufbereitung nötig – sie sollte jedoch keineswegs als einzige Maßnahme herangezogen werden. Die Landwirtschaft ist weiterhin in der maßgeblichen Verantwortung, als Verursacher der Nitrat- und PSM-Belastungen auch den maximalen Minderungsbeitrag zu leisten.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass statt der technischen Trinkwasseraufbereitung auch andere reaktive Maßnahmen zum Einsatz kommen könnten, die mitunter geringere Kosten verursachen würden. Dazu zählt neben der Vertiefung oder Standortverlagerung von Brunnen auch das Verschneiden von belastetem Rohwasser mit unbelastetem Rohwasser aus Fremdbezug. Diese Maßnahmen erfordern jedoch sehr spezielle Rahmenbedingungen (das Vorhandensein von unbelastetem Rohwasser in tieferen Grundwasserstockwerken, die Möglichkeit zur Ausdehnung des Wasserschutzgebietes, ein bestehender Leitungsverbund zu anderen Wasserversorgern bei gleichzeitiger Mischbarkeit der verschiedenen Rohwässer). Daneben ist von zentraler Bedeutung, dass die Maßnahmen Vertiefung und Standortverlagerung von Brunnen sowie Verschneidung mit unbelastetem Rohwasser aus Fremdbezug keine nachhaltig wirksamen Lösungen darstellen. Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen der Kostenberechnung nur die reaktive Maßnahme der technischen Trinkwasseraufbereitung in Betracht gezogen.

Bei der zweiten Variante wird die Annahme getroffen, dass alle landwirtschaftlich genutzten Flächen in Wasserschutzgebieten von Wasserversorgern gepachtet werden können. Auf diesen Flächen wird dabei eine Bewirtschaftung etabliert, die die N-Überschüsse auf ein Ausmaß reduziert, das zur Einhaltung der Nitrat-Zielwerte im Sickerwasser notwendig ist (z. B. durch Kombination aus ökologischem Landbau und Extensivierung). An dieser Stelle sei betont, dass die Pacht der gesamten landwirtschaftlich relevanten Fläche durch Wasserversorger in vielen Regionen aus verschiedenen Gründen nicht in vollem Ausmaß möglich ist. Die Flächenverknappung durch enorme Nachfragezuwächse in einigen Bundesländern macht deutlich, dass es sich bei dieser Überlegung lediglich um ein Berechnungsschema zum Kostenvergleich mit den anderen Maßnahmen handelt. Dennoch soll diese (theoretische) Option betrachtet werden, um die Dimension der Nitratproblematik hervorzuheben. Gleichzeitig werden im Rahmen der Kostenberechnung entsprechende Annahmen über die Steigerung der Pachtentgelte aufgrund einer signifikanten Nachfrageerhöhung von landwirtschaftlich genutzten Flächen in Wasserschutzgebieten getroffen.

Eine weitere mögliche Variante bestünde darin, organischen Nährstoff aus besonders belasteten Regionen zu exportieren und gewässerschonend als Ersatz für Mineraldünger in solchen Regionen aufzubringen, in denen kein oder nur ein geringer Viehbesatz zu verzeichnen ist. Hierzu wäre jedoch eine Berechnung der Kosten für Lagerung, Transport und anschließender Ausbringung der organischen Nährstoffe durchzuführen, die den Rahmen der vorliegenden Studie übersteigt. Gleichwohl sei betont, dass dieses Konzept durchaus das Potential bieten kann, die Nährstoffüberschüsse in besonders betroffenen Regionen zu reduzieren, ohne an anderer Stelle Nährstoffprobleme zu verursachen.

Umrechnung der Nitratkonzentration in zu entfernende Nitratmenge

Auf Basis des N-Minderungs-Bedarfs in den zu untersuchenden Kreisen und kreisfreien Städten wird mit Hilfe der Sickerwassermengen die zu entfernende Nitratkonzentration bestimmt. Im nächsten Schritt ist die Nitratmenge zu berechnen, die durch technische Aufbereitung zu entfernen wäre, sollten die präventiven Maßnahmen wie oben geschildert nicht ausreichen, um die erforderliche N-Minderung herbeizuführen. Hierzu wird auf die jeweilige Wasserfördermenge sowie den Anteil der landwirtschaftlich relevanten Fläche eines Kreises bzw. einer kreisfreien Stadt zurückgegriffen.

Kosten präventiver Maßnahmengruppen

Zur Bestimmung der Kosten für präventive Maßnahmen wird auf die Publikation „Kosteneffiziente Maßnahmenkombination nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft“ von Osterburg et al. (2007) zurückgegriffen. Darin werden verschiedene Maßnahmengruppen beschrieben und neben dem Stickstoff-Reduktionspotential auch die zugehörigen Kosten genannt. Auf dieser Basis wird die Kosteneffizienz einzelner Maßnahmengruppen bestimmt. Um die genannten Maßnahmengruppen und ihre entsprechende Kosteneffizienz im Rahmen der Kostenberechnung verwenden zu können, werden Annahmen bzgl. des Einsatzes von Maßnahmen getroffen. Dies betrifft

neben den Rahmenbedingungen der Anwendbarkeit von Maßnahmen insbesondere auch die Erkenntnisse zur Kosteneffizienz.

Kosten einer technischen Trinkwasseraufbereitung

Auf Basis der Kostenschätzung zur Trinkwasseraufbereitung wird der Zusammenhang zwischen reduzierter Nitratkonzentration und spezifischen Aufbereitungskosten analysiert. Mit Hilfe einer Regressionsanalyse wird eine Funktion ermittelt, welche die spezifischen Aufbereitungskosten (in € je kg reduziertem Nitrat) in Abhängigkeit von der Nitratkonzentration (in mg/l) bei der Trinkwasseraufbereitung beschreibt. In der Konsequenz lassen sich die Aufbereitungskosten für die zu entfernende Nitratmenge ermitteln, sollten die präventiven Maßnahmen wie oben geschildert nicht ausreichen, um die erforderliche N-Minderung herbeizuführen. Letztlich lassen sich dadurch die sehr unterschiedlichen Kosten der Nitratentfernung bei der Trinkwasseraufbereitung in den betreffenden Kreisen und kreisfreien Städten abschätzen.

Entgelt für die Pacht landwirtschaftlich genutzter Flächen

Auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamtes werden für die verschiedenen Bundesländer die Pachtentgelte ermittelt, die für landwirtschaftlich genutzte Flächen zu bezahlen sind. Es ist zu erwarten, dass eine stark steigende Flächennachfrage durch Wasserversorger zu einem signifikanten Anstieg der Pachtentgelte von landwirtschaftlich relevanten Flächen in Wasserschutzgebieten führen würde. Daher wird in Abhängigkeit des Pachtentgeltanstiegs der vergangenen Jahre ein Aufschlag auf die für 2017 berechneten Pachtentgelte berücksichtigt.

Ergebnisse der Kostenberechnung

Zunächst ist zu betonen, dass bei den Primärdaten aus der Publikation Bach et al. (2016) die Auswirkungen eines Einsatzes von präventiven Maßnahmen im Rahmen der Bestimmung der derzeitigen N-Überschüsse bereits berücksichtigt werden. Der N-Überschuss bezieht sich also auf eine Situation, in der Wasserversorger mitunter zu Zwecken der Stickstoffreduzierung (z. B. im Rahmen von Kooperationsvereinbarungen mit der Landwirtschaft) tätig geworden sind. Das Ausmaß der bisherigen regionalen Reduzierung von N-Überschüssen mit Hilfe von präventiven Maßnahmen wird im Rahmen der Kostenberechnung abgeschätzt. In der Konsequenz bedeutet dies, dass es sich bei den vorliegenden Ergebnissen der Kostenberechnung um jährliche Zusatzkosten im Vergleich zu den derzeit bereits bestehenden Aufwendungen der Wasserversorger handelt.

Im Rahmen der Kostenberechnung werden drei Kostenszenarien berücksichtigt, bei denen unterschiedliche Annahmen über die Höhe der Kosten für präventive Maßnahmen, technische Trinkwasseraufbereitung sowie Flächenpacht getroffen werden: Best-Case-Szenario, Mittleres Szenario und Worst-Case-Szenario. Im Ergebnis resultieren die in nachstehender Tabelle dargestellten jährlichen Zusatzkosten für die drei verschiedenen Nitrat-Zielwerte.

Nitrat-Zielwert [in mg/l]	Best-Case-Szenario [in Mio. € p. a.]	Mittleres Szenario [in Mio. € p. a.]	Worst-Case-Szenario [in Mio. € p. a.]
37,5	580	633	684
25,0	615	670	725
10,0	651	709	767

Wie zu erwarten ist, steigen die Kosten mit einer Verringerung des Nitrat-Zielwerts an. Die Bandbreite der Kosten zwischen den beiden Kombinationen „höchster Nitrat-Zielwert/Best-Case-Szenario“ und „geringster Nitrat-Zielwert/Worst-Case-Szenario“ liegt zwischen 580 und 767 Mio. € pro Jahr. Dadurch wird verdeutlicht, dass der vorliegende Ansatz in erster Linie eine Tendenz für die Höhe der landwirtschaftlich verursachten Kosten der Trinkwasserbereitstellung angeben soll.

Im Rahmen der Kostenberechnung werden verschiedene Annahmen getroffen, die einerseits kostenmindernd, andererseits kostensteigernd wirken können. Als kostenmindernd ist z. B. die Tatsache zu bewerten, dass ausschließlich landwirtschaftlich genutzte Flächen in Wasserschutzgebieten in die Berechnung einfließen, gleichzeitig jedoch auch Rohwasser zur Trinkwasserbereitstellung in Wassergewinnungsgebieten gefördert wird, die nicht explizit als Wasserschutzgebiete ausgewiesen sind, in denen jedoch landwirtschaftliche Nutzung stattfindet und daher Nitratreinträge erfolgen. Daneben wird bei den Kosten präventiver Maßnahmen auf die Berücksichtigung von Transaktionskosten verzichtet, die sowohl für Wasserversorger als auch für Landwirte anfallen. Als kostensteigernd mag bewertet werden, dass das Denitrifikationspotential unberücksichtigt bleibt und stattdessen die Nitratkonzentration bei Austritt aus der durchwurzelten Bodenzone betrachtet wird. Darüber hinaus wird für eine Situation, in der präventive Maßnahmen nicht ausreichen und die Flächenpacht aufgrund der Kostenhöhe keine Option darstellt, ausschließlich die technische Trinkwasseraufbereitung betrachtet, obwohl in manchen Regionen die Option einer Brunnenverlagerung oder -vertiefung bestünde.

Es wird deutlich, dass die verschiedenen Annahmen unterschiedliche Auswirkungen auf die Höhe der Kosten in den drei Kostenszenarien haben. Zusammenfassend lässt sich jedoch festhalten, dass die Kostenberechnung tendenziell als konservativ einzustufen ist. Bei einer Verschärfung gewisser Annahmen ist zu erwarten, dass die ermittelten Kosten in nennenswertem Umfang ansteigen würden.

Die jährlichen Zusatzkosten, die gemäß des vorgestellten Konzepts in Abhängigkeit der drei Nitrat-Zielwerte resultieren, weisen eine beträchtliche Höhe auf. Vor diesem Hintergrund ist es von Bedeutung, diese richtig einzuordnen.

- ▶ Zunächst ist festzuhalten, dass die im Rahmen der Kostenberechnung genutzten Primärdaten von Bach et al (2016) bereits zum Einsatz kommenden präventiven Maßnahmen berücksichtigen. Daher handelt es sich bei den ermittelten Kosten um jährliche Zusatzkosten im Rahmen der Trinkwasserbereitstellung deutscher Wasserversorger.
- ▶ Daneben ist zu betonen, dass sich die resultierenden Kosten regional sehr stark unterscheiden. Es ist ersichtlich, dass für alle drei Zielwerte die Durchführung von ausschließlich präventiven Maßnahmen bei einem nennenswerten Teil der betroffenen Regionen ausreicht. Die Kosten, die im Rahmen der technischen Trinkwasseraufbereitung oder durch die Pacht landwirtschaftlich relevanter Flächen entstehen, beziehen sich daher auf Kreise bzw. kreisfreie Städte, in denen eine besondere Nitratbelastung vorliegt. In der Konsequenz wäre es daher konzeptionell falsch, einen Bezug zwischen den resultierenden Zusatzkosten und der Gesamtwasserabgabe in Deutschland herzustellen. Die Ergebnisse zeigen vielmehr, dass es in einer ganzen Reihe von Regionen zu erheblichen Preissteigerungen aufgrund der Nitratbelastung kommt, sollte die Politik nicht nachhaltig gegensteuern. Dies gilt aber bei Weitem nicht für alle Regionen.
- ▶ Schließlich sei erneut betont, dass ausschließlich diejenigen Kosten berechnet werden, die im Rahmen der Trinkwasserbereitstellung entstehen. Kosten im Rahmen der Erfüllung von WRRL-Zielvorgaben für deutsche Gewässer sind explizit nicht Gegenstand dieser Studie. Daraus folgt unmittelbar, dass die tatsächlichen volkswirtschaftlichen Kosten der Nitratbelastung unberücksichtigt bleiben und erheblich über den hier bestimmten Werten lägen.

Summary

Introduction

Background to the study

The follow-up costs resulting from nitrate contamination is a problem that has been smoldering away for a long time - though the scientific and environmental community has been well aware of it. The subject was tackled as early as 1991 in a study by the German Environmental Ministry under the title „Der Einfluß der Gewässerverschmutzung auf die Kosten der Wasserversorgung in Deutschland“ (The Financial Consequences of Water Contamination for Water Suppliers in Germany) and based on data from various agricultural sources. The authors came to the conclusion, even then, that limiting the use of fertilizers by farmers is a more effective solution to the problem than the disproportionately expensive removal of nitrates during drinking water treatment.

A WWF study of 2008 - „Gewässerschutz und Landwirtschaft – Widerspruch oder lösbares Problem?“ (Water Conservation and Agriculture – Contradiction or Solvable Problem?) analyzed fertilizer use restrictions and general intervention in farming practice. In this publication too, it was concluded that preventative measures are, in general, much more cost-effective than resource-intensive treatment of water contaminated with nitrates.

This study is part of the scientific canon of work and quantifies, for the first time, the costs generated by agricultural activities and passed on to water suppliers in the form of additional water treatment expenditure. The study pays particular attention to the issue of nitrates.

Objective and methods

The objective is to calculate the drinking water treatment costs arising from agricultural use of fertilizers and agrochemicals and their subsequent run-off to ground water.

To this end, primary data on the additional costs are collected from five model regions. These regions are East Friesland and South Oldenburg, both administrated by the OOWV water authority, the model regions on the left and right-bank of the Rhine, administrated by RheinEnergie AG and the model region Holsterhausen/Üfter Mark, administrated by the RWW water authority.

Generally speaking, there are two different approaches available to water companies to tackle the problem of nitrate contamination in their untreated water reserves. On the one hand, they can invest to bring about a reduction in the use of fertilizers and a sustainable reduction in the use of nitrogen-based products – hereafter these will be referred to as preventative measures. On the other hand, restorative or complementary measures can be taken in order to stay within drinking water quality threshold values – hereafter these will be referred to as reactive measures. These two types of measures generate variable costs.

The preventative and reactive measures used in the model regions are examined in detail in this study. In addition, experience gained and cost calculations supplied by three associate project partners are taken into account where appropriate. They are: the Aggerverband, the NiederrheinWasser GmbH and the Abwasserzweckverband Niedergrafschaft (all water authorities). The raw data is complemented by results from a Germany-wide survey of water suppliers which was carried out in June and July 2016 as part of a wider investigation carried out by the German Association of Energy and Water Suppliers (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.) and backed up by 18 telephone interviews lasting several hours each.

As none of the above-mentioned water suppliers currently uses nitrate removal technologies as part of their water treatment, estimated costs for such additional treatment of four different untreated water types from the model regions are used. Treatment processes to reduce both nitrate and agrochemical contamination were taken into consideration.

Based on these findings, an approach is formulated towards a generalized, nation-wide cost calculation for Germany and initial results are shown. The main contributory cost factors are identified and an interpretation of the results is undertaken.

Preventative measures

The three water suppliers OOVV, RheinEnergie and RWW have all taken different preventative approaches to reduce the use of nitrogen-based compounds. These are described below.

Preventative measures employed by OOVV

Three pillar concept

The OOVV water board takes an approach based on the three pillars of consultation, voluntary agreements and land management. Water conservation advice is available free of charge to farmers and aims to optimize their agricultural practices. The farm-specific consultations focus on the preparation and implementation of voluntary agreements, support for EU co-financed agricultural conservation measures and on monitoring their effectiveness.

The voluntary agreements commit farmers contractually to implementing measures which are beneficial to ground water conservation. In return, they receive compensation for the negative financial impact and/or additional work involved from OOVV. The agreements are based on a catalogue of measures drawn up by the Ministry of the Environment in Lower Saxony. 2587 such agreements were signed in 2015 covering 81% of the total agricultural area and 44% of all agricultural businesses. All in all, a sum of 1.75 million euros was paid out, equivalent to € 67 per hectare. The agreements require, among other measures, active re-vegetation, performance-related maize cultivation, water-conserving use of slurry and water-conserving crop rotation.

As part of its land-management program the OOVV has, since 1987, been purchasing sites within water extraction areas and leasing them, under strict terms of use, with the aim of improving water conservation. Currently, 1300 hectares are leased to farmers in this way. The terms of use require, amongst other things, long-term grassland usage with strict fertilizer limits and zero use of agrochemicals, organic farming methods such as pasture or grassland usage or summer cereals with winter-hardy inter-crop, or conventional arable farming with strict fertilizer limits and zero use of agrochemicals and excluding the cultivation of maize, potatoes and other vegetables. Furthermore, the OOVV purchases land to establish environmentally-appropriate deciduous woodlands.

Monitoring the effectiveness of the OOVV's voluntary agreements

In order to ensure the effectiveness of the voluntary agreements, monitoring systems and controlling mechanisms are used. These include observational monitoring (general observation), informative monitoring (with a targeted educational aim) and final monitoring (assessing overall effectiveness). Final monitoring has proved to be problematic because of the time delay before nitrate levels actually start to fall. This is due to the slow flow rate in the aquifers, the very deep extraction points used in the OOVV catchment areas as well as the low permeability of the prevalent top soils. In light of this, the most frequently used test of the effectiveness of the voluntary codes of practice is the autumnal Nmin method based on soil samples taken at deep root level before the water seepage period.

Conclusion

Taking mean values, which are weighted for the areas involved, it can be concluded that the Nmin values are lower in areas in which measures have been implemented than areas where they have not. In the East Frisian and South Oldenburg model regions, the mean value for areas using preventative measures was between 64 and 50 kg N/ha in the period 2011 to 2015. In the same period and region, the areas not using preventative measures recorded levels between 90 and 68 kg N/ha. Despite the

success of reduction measures, the target N_{min} value of <35 kg N/ha was still substantially exceeded. This value was jointly established in order to reach a nitrate target value of 50 mg/l in seepage water.

In addition, it was shown that the autumnal N_{min} values in grassland and pasture was significantly lower than in areas of arable land - where values of over 100 kg N/ha were found – though not all grassland and pasture achieved the required target levels either. Demonstrating a direct correlation between the cost and effectiveness of preventative measures is difficult and costly investment in such measures is no guarantee of a reduction in the autumnal N_{min} value. The experience gained by the OOWV shows therefore, that the cooperation model alone does not lead to large-scale improvements.

Water conservation collaborations initiated by the RheinEnergie water authority

Initial collaboration initiatives and fundamental principles

The two collaboration initiatives in the catchment areas of the waterworks run, today, by RheinEnergie AG were the first voluntary water conservation collaborations in Germany. They started independently of one another in 1985. Instead of making compensation payments to individual farmers for restrictions imposed upon their farming practices, the money available was invested voluntarily in water conservation measures.

A fundamental principle here, was not to place the responsibility for high ground water nitrate levels purely in the hands of farmers, but to take a wider view and identify all the contributory factors. This approach led to the discovery of leaks in wastewater treatment facilities and historical contamination sources from which significant quantities of nitrates were leaching into the ground. Aside from taking the necessary remedial measures, an intensive consultation strategy was developed which has, over the years, been adapted to suit needs and new findings. Areas of particular vulnerability were taken out of the agricultural production chain and transformed permanently into grasslands or forests. In some cases an exchange of land was effected to limit the overall loss of agricultural land.

Consultation strategy

The RheinEnergie AG participates in two working groups - Ackerbau und Wasser im Langelger Bogen e. V. and Ackerbau und Wasser im linksrheinischen Kölner Norden e. V. – both of which focus on agriculture and water conservation issues. In this context, RheinEnergie employs a wide variety of consultation methods: Official consultations run by the Chamber of Agriculture in North-Rhine Westphalia, commercial consultations provided by an engineering company as well as consultations offered by its own staff. This approach ensures a high level of effective knowledge transfer. The collaboration in the model area on the right bank of the Rhine is still, to date, the only one in North-Rhine Westphalia to make use of predominantly commercial consultations. Alongside good farming practice to reduce nitrate use and the amount of agrochemicals in the soil (by encouraging, for example, correct handling of unused products and regular cleaning of equipment), economic imperatives were always of central importance. The guiding principle here is that an economically healthy farming business will be able to invest in water conservation measures.

Operation of the working groups

The activities of the working groups are led by boards in which farmers and water suppliers are equally represented and involved in decision-making. Both working groups celebrated their thirtieth anniversary in 2016.

The two groups work as equals to implement appropriate measures while taking into account the interests of both water management and agricultural practice. This mutual basis allows the working group to recognize cause and effect holistically, respond rapidly to shifting circumstances and, consequently, work together to find the best possible solutions. It goes without saying that this kind of close cooperation is not possible without a strong mutual understanding of the problems and needs of the other party.

These two collaborations in the Cologne area were taken as a blue-print for the 12-point program of guidelines for water conservation collaborations in North-Rhine Westphalia.

The Bonus Scheme from the RWW 'Konzept 2020' Initiative

Differentiation between areas receiving basic or intensive consultation

The RWW has been operating a performance-related bonus scheme since 2011 – this is part of a collaborative initiative between representatives from water management and agriculture. The collaboration strategy (Konzept 2020) brings together the RWW and representatives from seven other water suppliers across the region as well as three chambers of agriculture (Borken, Wesel and Coesfeld/Recklinghausen).

Before the launch of the performance-related bonus scheme the nitrate concentrations in the ground water of the water conservation area Holsterhausen/Üfter Mark were mapped and graphically presented. This work was based on existing ground water analyses. This two-dimensional depiction shows that some areas have a particularly high level of nitrate contamination in the ground water. In order to use the available financial resources as cost-effectively as possible, these areas were designated as requiring intensive consultation. The remaining agricultural land within the boundaries of the Holsterhausen/Üfter Mark water conservation area were then classified as requiring basic level consultation.

Efficiency-related support instead of direct funding of measures

The 'Konzept 2020' program differs from other collaboration models in two aspects. Firstly, grants are only paid out in the intensive consultation areas when targets have been met. The reference value for these targets is based on the mean autumnal N_{min} value for each specific farm. Secondly, however, farmers and horticulturalists can decide for themselves which measures they implement in order to reach the targets while, nevertheless, keeping to the rules agreed upon for each farming year.

In the areas requiring only basic levels of consultation no grants are available, but the 'Konzept 2020' program does provide consultation free of charge – by the advisors of the chambers of agriculture – provided that farmers keep to binding rules.

Binding rules

The rules which apply to participants in the initiative (in both the basic and intensive consultation areas) include, for example, an obligation to carry out a nutrient comparison with an analysis of the nitrogen-compound surplus or recording and documenting the use of agrochemicals. Farmers in the intensive consultation areas are obliged, in addition, to adhere to further rules. For example, they must provide field records as well as – by 15.01. of each year - an accurate and updated map of the farmed areas within the water conservation area. They may also be forbidden to apply additional industrial fertilizer after harvesting the main crop. Moreover, participation in individual and group consultations is mandatory.

Amount of the bonus

The amount of the bonus paid out to a farmer is related to the success of the measures he or she selects and implements in a farming year. The maximum amount available is € 200 per hectare within the intensive consultation areas if all targets are fully met. If the N_{min} value is marginally below the target value, he or she receives € 125/ha. All other farmers who achieve less good results receive € 50/ha. The target value at which the full bonus of € 200 per hectare is paid out drops over time.

In the first period of the initiative (2011 to 2013) farmers were paid the full bonus if they achieved a value between 41 and 45 kg N/ha. In the following period (2014 to 2016) a maximum value of 40 kg/ha was set for full bonus payment. From the year 2020 this value will be 30 kg/ha.

Conclusion

The ‚Konzept 2020‘ program has delivered measurable improvements. However, it will not be possible to attain the target value of 30 kg N/ha set for the year 2020. It is necessary to reach this value in order to attain a nitrate target value of 50 mg/l in newly-formed ground water. From 2011 to 2016 the N_{min} values reached relatively high levels of between 46 and 54 kg n/ha – so there is no recognizable shift towards lower values. Of all of the farms which have taken part in the initiative up to the year 2016 only 40% reached the current target value of 40 kg N/ha.

In principle, there are various options available to make the collaborative initiative more effective. For example, more farming and horticultural businesses in the water conservation area could be encouraged to take part in the initiative. Land could also be purchased and leased under strict rules of agricultural use (e.g. organic farming practices) or a ban imposed on the import of slurry. Other specialized farming practices could be encouraged. Moreover, it is conceivable that all farming types which depend on large quantities of nitrogen-based compounds could be relocated outside the water conservation area.

Reactive Measures

Should preventative measures prove ineffective in reducing nitrate contamination then water providers will be obliged to resort to reactive measures. One such fallback measure is to mix contaminated and uncontaminated water. Others include deepening the extraction wells and relocating them. The costs inherent in these procedures are, to a large extent, dependent on local and specific circumstances. Thus, this study can only postulate costs based on specific and circumstantial data from the model regions.

If such fallback measures also prove insufficient to reduce nitrate contamination to acceptable levels, then the only options open to water providers are costly technical water treatment procedures.

Fallback measures

Water blending

A hypothetical calculation for the mixing of contaminated and uncontaminated untreated water is carried out for a battery of extraction wells run by RWW in Holsterhausen/Üfter Mark. Shutting down extraction wells and simultaneously increasing output from others can lead to increased costs. The effectiveness of the measure can, moreover, be affected by various factors. In particular, the hydrochemical properties of the water in question must be known before mixing can be undertaken and the impact of the mixed water on the network infrastructure must be taken into account. The hypothetical calculation for the RWW water network suggests that additional acquisition expenditure of € 5.1 million and imputed annual overall costs of € 21,000 would result.

Relocation of extraction wells

As far as the relocation of extraction well is concerned, it is obvious that the costs are largely proportionate to the depth of the well and the geology of the site. This means that the associated costs can vary greatly from site to site. Other significant cost factors are the connection of the well to the existing network and, if necessary, the dismantling of the old well. Extending the boundaries of a water conservation area is subject to limitations and permission has to be applied for from the appropriate water authority. Many water suppliers report that such applications are fraught with difficulties. The relocation of a well in the RWW model region would result in additional acquisition expenditure of € 32,000 and imputed annual overall costs of € 36,000. In the OOWV model regions the costs are calculated at € 100,000 to € 120,000 for decommissioning one extraction well with imputed annual overall costs of € 55,000 for the construction of a new well.

Deepening wells

The costs of deepening wells depend, to a large extent, on the depth of the well and the geology of the site. The diameter of the well (extraction capacity) is also of significance. It must be emphasized at this juncture that such measures are merely a way of ‘winning time’. Deepening a well by 30 m in the OOWV model region gives imputed annual overall costs of € 42,000.

*Cost estimation for technological drinking water treatment**Possible removal methods for nitrates and agrochemicals*

Various technological methods exist for removing nitrates and agrochemicals from water. These include biological denitrification, the CARIX process, electro dialysis and reverse osmosis or, indeed, active carbon adsorption and oxidation using ozone. These processes are not only different technically, they vary from one another in respect of effectiveness, limits of deployment, the necessity for pre and post-treatment and the resources that are required (personnel, energy, chemicals etc.). Thus, the choice of a treatment process is largely determined by local factors and there is no one process that is suitable for use in all locations.

Untreated water types used in case study calculations, target values and selected treatment processes

Data from three untreated water types containing nitrates and agrochemicals were used to estimate costs for the OOWV, RheinEnergie and RWW model regions. One further untreated water type from East Westphalia was also used in the following cost analysis.

These three untreated water types have nitrate concentrations ranging from 42 to 60 mg/l; the agrochemical concentration levels are between 0.1 and 0.5 µg/l (non-relevant metabolites 1 bis 3 µg/l). In addition, the five most common agrochemicals and/or metabolites - according to the 2015 LAWA (German working group on water quality) report - were also taken into account in the water treatment model. Another four metabolites which occur in the untreated water types were also considered.

Target values of 37.5, 25 and 10 mg/l were set for the treated water. These values correspond to 75 %, 50 % and 20 % of the maximum nitrate level of 50mg/l permitted under German drinking water regulations. A target value of 50 mg/l was out of the question as, for technical reasons, it is necessary to “stay on the safe side” to really ensure that the threshold value is never exceeded. The target value of 37.5 mg/l is calculated on the basis of the Water Framework Directive which stipulates a value of 75% of the maximum threshold value (before measures to reverse the trend are introduced). The target values of 10 and 25 mg/l were included in line with the “rule of maximum reduction” in German drinking water regulations. In the case of the active substances in the agrochemicals and the relevant metabolites, the target value was set at 0.02 µg/l (20 % of max. permitted for drinking water) and for non-relevant metabolites at 0.2 to 0.6 µg/l (20 % of recommended healthy values).

Four water treatment models were designed, based on different treatment technologies and using different untreated water types and varying parameters (hardness, nitrate concentration, active agrochemical substances and metabolites). The following technologies were used: biological denitrification + active carbon filtration; CARIX ion-exchange + active carbon filtration; reverse osmosis + ozone; electro dialysis.

Parameter variation

The investment and running costs were estimated with reference to trial projects run by the IWW Zentrum Wasser, data provided by water treatment equipment manufacturers and engineering companies and from specialist literature. It was also necessary to make some assumptions.

The cost estimation uses varying parameters. These include the target values for water treatment volume for one water works (1.5 and 25 million m³ per year), the nitrate and agrochemical concentrations in the untreated water (actual level and actual level plus 10% and plus 20%) and the type of

wastewater disposal (cost-free drainage into a water-body; drainage to a communal treatment plant paid for by consumers; on-site treatment with associated running and investment costs).

Due to the great number of possible permutations, a benchmark set-up was defined and then compared with alternative set-ups. The benchmark set-up is based on the following parameters: Annual volume of 1 million m³, untreated water composition as in the model untreated water types, nitrate target value of 25 mg/l and cost-free drainage into a water-body.

In the permutation “minimum costs”, the annual volume is increased to 25 million m³ and the nitrate target value to 37.5 mg/l. The permutation “maximum costs” lowers the nitrate target value to 10 mg/l, assumes a significantly higher nitrate and agrochemical level initially (+20% in comparison to the model untreated water types) and drainage into the communal waste system paid for by consumers.

Conclusion and results

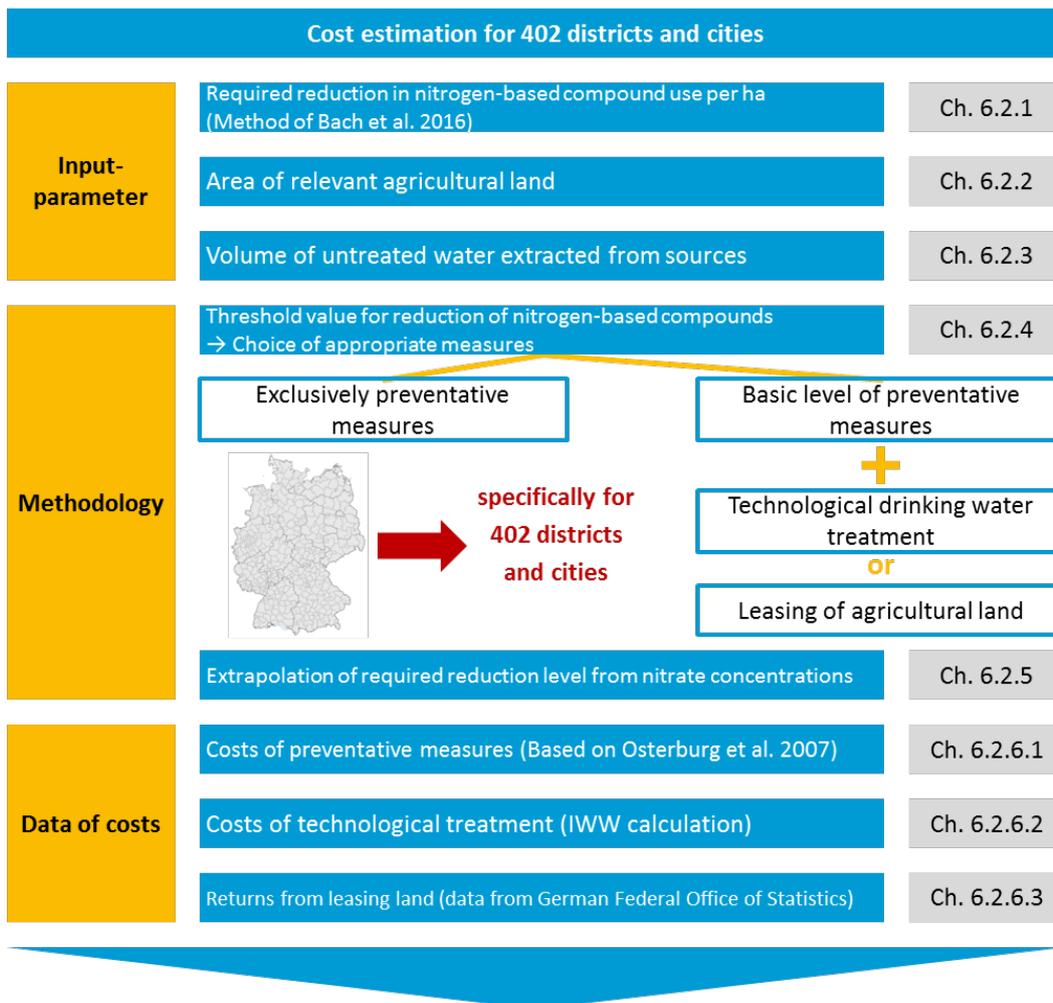
The analysis reveals some general cost principles. It can be said that nitrate removal leads to substantially higher costs than agrochemical removal. The absolute investment costs increase according to the size of the water works whereas the specific investment and running costs (in € per cubic meter of drinking water) drop as the volume of untreated water increases. An increase in the nitrate and agrochemical concentrations in the untreated water leads to increased treatment costs - given a constant target value. Moreover, the type of waste-water removal has a great impact on the running costs of the various model water treatment technologies.

The actual costs of drinking water treatment depend, to a great extent, on the specific circumstances. Given the circumstances postulated in this study, the costs for drinking water treatment are as follows: For the four model water-works the total treatment costs (running and investment costs) are, for the benchmark permutation, between € 0.55 and 0.76/m³ of drinking water. The “maximum costs” permutation, which takes a much higher initial nitrate and agrochemical level in the untreated water, gives estimated costs of between € 0.76 and 1.11/m³ of drinking water. The permutation “minimum costs” (parameters defined above) gives estimated costs of between € 0.21 and 0.25/m³ of drinking water – though it should be emphasized that this scenario is rather improbable.

The estimated running and investment costs apply exclusively to the parameters and circumstances used in the study. Other circumstances would, possibly, result in very different estimated costs. On the other hand, the parameters and circumstances used in the study are, to a certain extent, typical for German water works which treat water contaminated with nitrates and agrochemicals. Thus it can be said, that the cost levels and structures reflect the typical situation in Germany for nitrate and agrochemical removal in drinking water treatment. The general cost principles outlined above (e.g. the impact of the size of the water works or of the nitrate target value on running and investment costs) are, transferable to other scenarios.

Generalization of costs

The study develops a theoretical approach to calculate additional annual costs to the German water sector arising from nitrate contamination. This approach is based on methodology and raw data derived from another study, „Bewertung von Maßnahmen zur Verminderung von Nitrateinträgen in die Gewässer auf Basis regionalisierter Stickstoff-Überschüsse – Teil I: Beitrag zur Entwicklung einer Ressortübergreifenden Stickstoffstrategie | UBA Texte 55/2016“ (Evaluation of measures to reduce nitrate run-off into water-bodies based on regional nitrogen compound over-use – Part 1: A concept towards developing an inter-departmental nitrogen-compound strategy | UBA Texte 55/2016”) by Bach et al. (2016). The following diagram illustrates the approach:



Results of the cost calculation

Establishing the required reduction in over-use of nitrogen-based compounds

The long-term mean water seepage value for 2759 test areas in Germany is the starting point of the calculation. On this basis, the maximum permissible over-use of nitrogen-based compounds per hectare of agricultural land is calculated which would allow a certain nitrate target value to be reached. The same calculation is then carried out for target values of 37.5, 25 and 10 mg/l. Given the mean nitrogen-based compound over-use data for the years 2011 to 2013 in 402 districts and cities in Germany, the required reduction in nitrogen-based compound use per hectare can then be calculated for each district and city.

Two points which are of significance in terms of sustainability must be considered: Firstly, the natural denitrification potential of the soil itself (e.g. iron sulphides, organic carbon compounds) is not taken into account. In certain regions, this denitrification potential means that a higher level of nitrogen-based compound use is possible - than that used in the calculation - before the given target values are exceeded. At the same time, it is desirable that the potential for natural denitrification is not exploited to the full. The natural denitrification processes leave by-products such as iron, sulphates, hydrogen-carbonate and heavy metals which have, in their turn, a negative impact on water quality and can lead to higher water treatment costs. Secondly, hydrological and hydraulic factors vary greatly from region to region resulting in differing seepage rates which are, likewise, not taken into account here. The analyses make use of seepage rates relating to the situation when water leaves the plant deep root layer. In many regions the water dwell time is measured in years - this describes the average length of

time that groundwater takes to progress from the place where it is formed to the extraction point (well, pump).

Establishing the relevant area of farm land and untreated water extraction quantities

The study deals exclusively with the drinking water sector. In order to reach the targets set in the Water Framework Directive it would, without doubt, be beneficial to reduce nitrogen compound use in areas in which the seepage water does not directly contribute to the formation of untreated water which is used for drinking water preparation. However, this study does not concern itself with nitrogen-based compound use-reduction and associated costs in these areas. On the contrary, it focusses purely on agricultural land within water conservation areas in which the seepage water directly contributes to the formation of new untreated water, which is then used for drinking water preparation. Consequently, data from only 371 of the 402 districts and cities are relevant.

Establishing appropriate measures

The study shows that preventative measures are of significant benefit in the area of water conservation. It is essential that water providers enter into dialogue with representatives of the agricultural sector and find common ground and approaches to ground water conservation. For this reason, particular significance is attached to preventative measures in the cost analysis – wherever possible, these are the methods of choice. All in all, however, in a notable proportion of the districts and cities such measures are sufficient – this applies to up to 36% of them, based on the given nitrate target value. While noting the above approach, it must also be recognized that in some districts and cities, the required reduction in nitrogen-based compound use is extremely high. In regions such as these, an exclusively preventative approach would appear to be inadequate to the task of reaching target nitrate values in seepage water. For all other districts and cities the costs for two alternative approaches are calculated and the most cost-effective selected.

In the first case, a package of basic measures is provided and, in addition, technological water purification methods are employed. The potential for reducing the levels of nitrogen-based compounds by taking preventative action must be exploited to the full. Only when this potential has been exhausted should technological water treatment methods be considered. The main weight of responsibility for achieving maximum reductions in nitrate and agrochemical use must, however, lie with the users in the agricultural sector.

At this point, it should be pointed out that other reactive measures exist apart from the conventional technological water treatment methods so far mentioned, some of which would be even more cost-effective. These include the deepening or relocation of existing extraction points and the mixing of treated and untreated water from external sources. Very special conditions must exist before this can be undertaken such as, for example, reserves of uncontaminated water at greater depths, the possibility of extending the boundaries of a water conservation area, the existence of a physical connection between water provider networks with water available that can be mixed. It is also essential to recognize that the deepening and relocation of extraction points as well as mixing untreated with treated water from an external source cannot be considered as long-term and sustainable solutions. For this reason, technological water treatment measures are the only reactive measures to be used in the cost calculation.

In the second scenario the assumption is made that all the farm land in the water conservation areas can be leased from the water provider. Thus, this land can be farmed in such a way that any over-use of nitrogen-based compounds can be reduced to a level which will allow the target values for nitrates in seepage water to be reached (e.g. by using a combination of organic and extensive farming methods). It should be emphasized, however, that it is, in many regions and for various reasons, not possible for a water provider to lease all of the relevant agricultural land. The shortage of land available due to greatly increased demand in some federal states makes it plain that this approach can only be used

hypothetically for the purposes of comparison with other approaches. Nevertheless, this (theoretical) option should be considered to highlight the extent of the nitrate issue. The cost calculation thus makes certain assumptions about the increase in returns from leasing agricultural land in water conservation areas due to the significant increase in demand for such land.

Another possible scenario would entail exporting organic nutrients from particularly contaminated regions and use them, as a water conservation measure, in place of mineral fertilizers in regions with little or no livestock farming. It would be necessary, of course, to factor in the costs for transporting, storing and spreading the organic nutrients – this is not within the remit of this study. It is, however, worth noting that this method has the potential to reduce excess nutrient levels in badly affected regions without causing similar problems in another place.

Extrapolating the quantity of nitrates to remove from nitrate concentration levels

The reduction requirement for nitrogen-based compounds for the districts and cities in question is used, in combination with the water seepage volumes to calculate by how much the nitrate concentration must be reduced. The next step is to calculate the quantity of nitrates that would have to be removed by technical means if the preventative measures described above should prove inadequate to bring about the required reduction in nitrogen-based compounds. This calculation takes into account both the water extraction volume and the area of land which is used for agricultural purposes in a given district or city.

The costs of packages of preventative measures

The costs for packages of preventative measures are calculated with reference to the publication “Kosteneffiziente Maßnahmenkombination nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft“ (Cost-efficient combinations of measures to reduce nitrate use in agriculture in line with the Water Reference Framework” by Osterburg et al. (2007)). This publication describes various packages of measures, their potential to reduce nitrogen-based compound use and states the costs - thus demonstrating the cost-effectiveness of each specific package of measures. In order to take into account the findings about the packages of measures and their cost-effectiveness in the cost calculation, it is necessary to make some assumptions about the implementation of the measures. These assumptions relate to the applicability of the measures and, in particular, the findings about their cost-effectiveness.

Costs of technological drinking water treatment

Using estimated costs for drinking water treatment, the correlation between reduced nitrate concentration and specific treatment costs is analyzed. A regression analysis is used to establish a function which describes the correlation between specific treatment costs (in € per kg of nitrate reduction) and nitrate concentration (in mg/l) as part of the whole process of drinking water treatment. Consequently, it is possible to calculate treatment costs for removing a given quantity of nitrates if the preventative measures described above should prove inadequate to reach the desired reduction in nitrogen compounds. Finally, this allows the very divergent costs for nitrate removal during drinking water treatment to be calculated for the districts and cities covered by the study.

Leasing rates for agriculturally used land

Leasing rates are established for the various German federal states in question using data from the German Federal Statistical Office. It is expected that these rates will increase significantly for agricultural land in water conservation areas due to the increased demand for such land from water suppliers. Thus, the calculation takes into account the increases of the past year and factors in a premium for the year 2017.

Results of the cost calculation

Firstly, it must be emphasized that the raw data from the publication by Bach et al. (2016) already take into account the effects resulting from the implementation of preventative measures when calculating the current levels of nitrogen compound over-use. The given levels of nitrogen compound over-use relate, therefore, to a time in which water providers had occasionally taken steps towards reducing nitrogen-based compound use such as, for example, voluntary agreements with farmers. The extent of the regional reduction in the over-use of nitrogen-based compounds which has been achieved to date through the implementation of preventative measures is, for the purposes of the cost calculation, estimated. This means that the cost calculations in this study can be taken as annual costs which are in addition to the current expenditure of water suppliers.

Three scenarios are used in the cost calculation. They are based on differing assumptions about the costs of preventative measures, technological water treatment and returns on leasing agricultural land: Best Case Scenario, Middle Scenario and Worst Case Scenario. The following table shows the annual additional costs for three different nitrate target values.

Nitrate target value [in mg/l]	Best-Case-Scenario [in € million p. a.]	Middle Scenario [in € million p. a.]	Worst-Case-Scenario [in € million p. a.]
37.5	580	633	684
25.0	615	670	725
10.0	651	709	767

As could be expected, the costs rise as the nitrate target value decreases. The costs range between € 767 million and € 580 million from the highest nitrate target value/Best Case Scenario permutation to the lowest nitrate target value/Worst Case Scenario permutation. Thus, it can be said that the study is an indicator of the proportion of the costs of drinking water treatment which can be attributed to agricultural activities.

For the purposes of the cost calculation, various assumptions are made which can result in either an increase or a decrease in costs. One cost-reducing assumption is, for example, the fact that only agriculturally used land within water conservation areas is included in the calculation. Untreated water is, however, extracted for drinking water treatment from areas which are not explicitly designated as water conservation areas but in which, nevertheless, agricultural activity takes place and nitrates run-off occurs. In calculating the costs of preventative measures, transaction charges are not taken into account whether payable by the water supplier or the farmer. It could be claimed that not taking the natural denitrification potential into account and only measuring nitrate concentrations at deep root level is a cost-increasing assumption. Moreover, in situations in which preventative measures alone are not adequate and leasing is not an option due to high prices, only technological water treatment is considered whereas in many regions it would be a realistic option to relocate or deepen the water extraction wells.

It becomes clear that these assumptions influence the cost calculation to a greater or lesser extent in the three given cost scenarios. To sum up, however, the cost calculation could be described as somewhat conservative. If more stringent assumptions were made instead, then the costs would, in all probability, rise significantly.

The annual additional costs for the three given nitrate target values are, when calculated using the approach outlined in the study, considerable. In this light, it is important to see the results in a proper context.

- ▶ Firstly, it must be stated that the raw data used in the cost calculation by Bach et al. (2016) take into account any preventative measures already implemented. This means that the cost calculations can be taken as annual additional costs incurred by German water suppliers.
- ▶ It is also important to emphasize that the estimated costs show strong regional variation. It is clear that, in a notable proportion of the regions in question, the implementation of purely preventative measures is sufficient to reach all three target values. The costs arising from technological water treatment processes or from agricultural land leasing options are, therefore, only of relevance in districts or cities where particularly high nitrate levels have been identified. Consequently, it would be fundamentally wrong to try to establish any direct connection between the estimated additional costs and the total volume of treated drinking water in Germany. More importantly, the results show that in a large number of regions, costs will rise due to nitrate contamination – if long-term water policy does not take a significant change in direction. This is not, by a long way, true for all regions.
- ▶ Finally, it must, again be emphasized that this study deals purely with costs arising directly from drinking water treatment processes. Other costs incurred in fulfilling the requirements of the Water Framework Directive for German water-bodies are, explicitly, not the subject matter of this study. The actual financial impact of nitrate contamination for the national economy as a whole cannot, therefore, be considered, though it would, in all probability, be significantly higher than the values given here.

1 Einleitung und Motivation

Das Ausmaß erhöhter Nitratbelastungen und die daraus resultierenden Probleme sind für wissenschaftliche Untersuchungen und den umweltpolitischen Diskurs ein bereits seit längerer Zeit schwebendes Thema. Bereits im Jahr 1991 befasste sich eine vom Umweltbundesamt in Auftrag gegebene Studie unter dem Titel „Der Einfluß der Gewässerverschmutzung auf die Kosten der Wasserversorgung in Deutschland“ mit diffusen Einträgen aus landwirtschaftlichen Quellen. Die Autoren kamen damals zu dem Schluss, dass Düngeeinschränkungen für die Landwirtschaft eine günstigere Lösungsstrategie darstellen, als die ungleich kostenintensivere Nitratentfernung im Rahmen der Trinkwasserbereitstellung.

Wie sich in diesem Zusammenhang Düngeeinschränkungen oder allgemeine Eingriffe in die landwirtschaftliche Bewirtschaftungsweise bewerten lassen, zeigt eine Studie des WWF aus dem Jahre 2008 unter dem Titel „Gewässerschutz und Landwirtschaft – Widerspruch oder lösbares Problem?“. Auch in dieser Veröffentlichung wird das Fazit gezogen, dass vorsorgende Maßnahmen, d. h. ein Eingriff bei der Quelle resp. der Landwirtschaft, sich in der Regel als kosteneffizienter erweisen als Aufbereitungstechnologien.

Die weitere Verschärfung der Nitratproblematik in den vergangenen Jahren und ein sich änderndes Bewusstsein für den Wert der Natur führten zu weiteren Untersuchungen hinsichtlich der durch Überdüngung induzierten Nitratbelastungen. Eine Untersuchung von Naturkapital Deutschland – TEEB aus dem Jahr 2012 zeigt auf, dass die jährlichen Kosten der Überdüngung in Deutschland zwischen 8 und 25 Mrd. € betragen können.

Die vorliegende Studie reiht sich in den Kanon dieser Untersuchungen ein und analysiert die landwirtschaftlich verursachten Kosten, die Wasserversorgern im Rahmen der Trinkwasserbereitstellung entstehen und legt dabei einen besonderen Fokus auf die Nitratproblematik. Dabei werden die Kosten reaktiver und präventiver Maßnahmen gegenübergestellt, die Wasserversorger vor dem Hintergrund der Nitratbelastung ergreifen. Zusätzlich werden die Monitoringkosten untersucht, die bei der Überwachung der Nitrat- und PSM-Konzentration anfallen.

Die Primärdatenerhebung stützt sich dabei auf fünf Modellregionen von drei verschiedenen Kooperationspartnern: dem Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverband (OOWV; Regionen: Süddoldenburg und Ostfriesland), der RheinEnergie AG (Regionen: linksrheinisch und rechtsrheinisch) und der Rheinisch-Westfälischen Wasserwerksgesellschaft mbH (RWW; Region: Holsterhausen/Üfter Mark). Zusätzlich fließen an geeigneter Stelle Erfahrungen und Kostenaspekte von drei assoziierten Partner dieser Studie ein: dem Aggerverband, der NiederrheinWasser GmbH sowie dem Wasser- und Abwasserzweckverband Niedergrafschaft. Ergänzt werden die Primärdaten um die Ergebnisse aus einer deutschlandweiten Umfrage unter Wasserversorgern, die im Juni/Juli 2016 im Rahmen eines Gutachtens für den Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW) durchgeführt und von 18 mehrstündigen Telefoninterviews flankiert wurde.

Der Gang der Untersuchung gestaltet sich wie folgt: In Kapitel 2 werden zunächst die fünf Modellregionen vorgestellt und das Ausmaß ihrer Vorbelastung in Bezug auf Nitrat aufgezeigt. An verschiedenen Stellen wird zudem die Situation in Bezug auf PSM beschrieben. Daneben wird knapp geschildert, welche Maßnahmen derzeit in den einzelnen Regionen ergriffen werden, um den Nitratreintrag in das Grundwasser zu reduzieren. Im dritten Kapitel werden die reaktiven Maßnahmen näher beschrieben und anhand der Modellregionen beispielhaft dargestellt, welche Kosten für die Wasserversorger anfallen. Da keiner der o.g. Wasserversorger derzeit eine erweiterte Trinkwasseraufbereitung vor dem Hintergrund der Nitratbelastung durchführt, werden zusätzlich die hypothetischen Kosten einer solchen Aufbereitung für die einzelnen Modellregionen ermittelt. Dabei werden sowohl Aufbereitungsverfahren zur Verringerung einer Nitrat- als auch einer PSM-Konzentration betrachtet. Schließlich werden die Monitoringkosten untersucht, die Wasserversorgern vor dem Hintergrund einer Nitrat- und PSM-

Belastung entstehen. In Kapitel 4 werden präventive Maßnahmen beschrieben, die Wasserversorger durchführen, um den Eintrag von Stickstoff auf landwirtschaftlich genutzten Flächen nachhaltig zu reduzieren. Hierzu werden zunächst die verschiedenen Maßnahmen ausführlich erläutert und eine Bestandsaufnahme der in Deutschland anzutreffenden Ausprägungen durchgeführt. Analog zu der Vorgehensweise im dritten Kapitel werden die Kosten dieser präventiven Maßnahmen in den Modellregionen beschrieben und hinsichtlich ihrer Effektivität und Effizienz bewertet. Das fünfte Kapitel stellt den Bezug zwischen dem Wasserentnahmeentgelt und der Finanzierung von präventiven und reaktiven Maßnahmen her. Das letzte Kapitel greift die Ergebnisse aus den vorangegangenen Kapiteln auf, um ein Konzept und erste Ergebnisse einer Generalisierung der Kosten darzustellen. Es wird aufgezeigt, von welchen Faktoren die Kosten wesentlich beeinflusst werden und wie sich die Ergebnisse interpretieren lassen.

2 Beschreibung der Modellregionen

Bei der Wahl der Modellregionen wurden insbesondere solche Unternehmen angesprochen, die aufgrund ihrer Größe Wassergewinnungsgebiete mit verschiedenartigen Rahmenbedingungen aufweisen sowie ausreichend finanzkräftig sind, um eigene Experten zu beschäftigen und in der Konsequenz über fundierte Erfahrungen hinsichtlich der Nitrat- und PSM-Belastung in Grundwasservorkommen zu verfügen. Im Folgenden werden die fünf Modellregionen detailliert beschrieben.

2.1 Modellregionen des OOWV

2.1.1 Allgemeine Angaben zu den Modellregionen

2.1.1.1 Lage und Größe

Die Modellregionen Ostfriesland und Südoldenburg befinden sich im Nordwesten Niedersachsens im Versorgungsgebiet des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbandes (OOWV).

Die Modellregion Ostfriesland im äußersten Nordwesten wird im Norden durch die Nordsee begrenzt und stößt im Westen an die Niederlande. Angrenzende Landkreise sind Friesland im Osten, Ammerland und Cloppenburg und das Emsland im Süden. Das in diesem Projekt betrachtete Untersuchungsgebiet Ostfriesland umfasst jedoch nicht die gesamte ostfriesische Halbinsel, sondern beschränkt sich auf die beiden Landkreise Aurich und Wittmund sowie zusätzlich den Landkreis Friesland.

Südoldenburg beschreibt allgemein das Gebiet des Oldenburger Münsterlandes in Niedersachsen und umfasst im Allgemeinen die beiden Landkreise Cloppenburg und Vechta. Das in diesem Projekt betrachtete Modellgebiet Südoldenburg beinhaltet zusätzlich den Landkreis Oldenburg (s. Abbildung 1).

Abbildung 1: Übersichtskarte Landkreise in Niedersachsen



Quelle: www.niedersachsen.de.

Die ostfriesische Modellregion erstreckt sich dabei über eine Fläche von rund 2.550 km², die Modellregion Südoldenburg umfasst eine Fläche von rund 3.300 km² (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Die Landkreise der Modellregionen Ostfriesland und Südoldenburg im Überblick

Landkreis/Gebiet	Fläche	Kreisgliederung
Aurich (Stand 2015)	1.287,31 km ²	9 Gemeinden, 2 Samtgemeinden, 4 Städte
Wittmund (Stand 2012)	656,65 km ²	3 Gemeinden, 2 Samtgemeinden, 1 Stadt
Friesland (Stand 2014)	608 km ²	5 Gemeinden, 3 Städte
<i>Ostfriesland (gerundet)</i>	<i>2.550 km²</i>	
Vechta (Stand 2014)	812,62 km ²	6 Gemeinden, 4 Städte
Cloppenburg (Stand 2015)	1.418,43 km ²	10 Gemeinden, 3 Städte
Oldenburg (Stand 2014)	1.063,10 km ²	6 Gemeinden, 1 Samtgemeinde, 1 Stadt
<i>Südoldenburg (gerundet)</i>	<i>3.295 km²</i>	

Quellen: Landkreis Aurich 2016a, 2016b; Landkreis Wittmund 2013; Landkreis Friesland 2016b; regio GmbH 2016; Landkreis Vechta o. J., 2016; Landkreis Cloppenburg 2016a, 2016b; Landkreis Oldenburg 2015a, 2015b.

2.1.1.2 Einwohnerzahlen

In den Landkreisen Aurich, Wittmund und Friesland leben insgesamt ca. 342.000 Einwohner, in den südlicheren Landkreisen Oldenburg, Cloppenburg und Vechta ca. 427.000 Einwohner (vgl. Tabelle 2)

Tabelle 2: Einwohnerzahlen der Modellregionen Ostfriesland und Südoldenburg im Überblick

Landkreis/Gebiet	Einwohner
Aurich (Stand 2015)	188.159
Wittmund (Stand 2012)	56.936
Friesland (Stand 2014)	96.937
<i>Ostfriesland (gerundet)</i>	<i>342.000</i>
Vechta (Stand 2014)	136.184
Cloppenburg (Stand 2015)	164.154
Oldenburg (Stand 2014)	126.961
<i>Südoldenburg (gerundet)</i>	<i>427.300</i>

Quellen: Landkreis Aurich 2016b; Landkreis Wittmund 2013; Landkreis Friesland 2016a; regio GmbH 2016; Landkreis Vechta o. J., 2016; Landkreis Cloppenburg 2016a; Landkreis Oldenburg 2015a.

2.1.1.3 Siedlungsstruktur

Die Bevölkerungsdichte der Modellegionen Ostfriesland bzw. Südoldenburg liegt bei 134 bzw. 130 Einwohnern pro Quadratkilometer. Die größte Bevölkerungsdichte ist mit 168 Einwohnern pro Quadratkilometer im Landkreis Vechta vorhanden, die geringste Bevölkerungsdichte liegt im Landkreis Wittmund mit rd. 87 Einwohnern pro Quadratkilometer vor (vgl. Tabelle 3). Zum Vergleich: in Deutschland betrug die Bevölkerungsdichte im Jahr 2014 bei 227 Einwohnern pro km², in Niedersachsen 164 Einwohnern pro km².

Tabelle 3: Bevölkerungsdichte in den Modellregionen

Landkreis/Gebiet	Bevölkerungsdichte
Aurich (Stand 2015)	146 Einwohner/km ²
Wittmund (Stand 2012)	87 Einwohner/km ²
Friesland (Stand 2014)	160 Einwohner/km ²
<i>Ostfriesland (gerundet)</i>	<i>134 Einwohner/km²</i>
Vechta (Stand 2014)	168 Einwohner/km ²
Cloppenburg (Stand 2015)	115,7 Einwohner/km ²
Oldenburg (Stand 2014)	119,4 Einwohner/km ²
<i>Südoldenburg (gerundet)</i>	<i>130 Einwohner/km²</i>

Quellen: Landkreis Aurich 2016a, Landkreis Wittmund 2013, regio GmbH 2016, Landkreis Vechta o. J., Landkreis Cloppenburg 2016a, ; Landkreis Oldenburg 2015a.

Beide Modellregionen sind eher ländlich strukturiert. Die Modellregion Ostfriesland liegt vergleichsweise peripher zu den großen Verdichtungsräumen Deutschlands und ist vornehmlich durch ländliche Siedlungsstrukturen geprägt. Größere Städte sind Norden, Wittmund, Aurich und Varel. Als Oberzentren für die Region fungieren die Städte Wilhelmshaven und Stadt Oldenburg. Die Modellregion Südoldenburg, mit den größeren Städten Cloppenburg und Vechta, ist geprägt von intensivem Ackerbau und von Grünlandflächen. Dieser Raum ist über mehrere Autobahnen gut in das überregionale Verkehrsnetz eingebunden. Die nächsten Oberzentren sind die Städte Oldenburg, Bremen und Osnabrück.

2.1.1.4 Wirtschaftsstruktur

Die Wirtschaft der Modellregionen Ostfriesland und Südoldenburg ist deutlich durch die Landwirtschaft sowie durch die vor- und nachgelagerten Wirtschaftszweige des produzierenden Gewerbes und des Dienstleistungssektors geprägt. Daneben spielen Handel und der Verkehrssektor eine Rolle und vor allem in der Modellregion Ostfriesland der Tourismus.

Der Energiesektor hat sich in der Region Ostfriesland in den letzten Jahren zu einem bedeutenden Wirtschaftszweig entwickelt, im Landkreis Aurich ist dieser Sektor der größte Arbeitgeber. Die Modellregion Südoldenburg gehört zum Zentrum der deutschen Intensivtierhaltung.

In beiden Modellregionen dominieren klein- und mittelständische Unternehmen.

2.1.2 Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen

2.1.2.1 Betroffene Flussgebietseinheiten und Grundwasserkörper (GWK) mit hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung bzw. Trinkwasserentnahmen

Die Modellregionen Ostfriesland und Südoldenburg liegen in den Flussgebietseinheiten Ems und Weser. Die in Tabelle 4 dargestellten Grundwasserkörper gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) umfassen die in der **Modellregion Ostfriesland** liegenden Grundwasserkörper, die nach hydraulischen, hydrologischen und hydrogeologischen Kriterien abgegrenzt werden. Maßgeblich für die Abgrenzung ist die hydraulische Situation im oberen, großräumig zusammenhängenden Hauptgrundwasserleiter. Die Grundwasserkörper befinden sich hinsichtlich Nitrat und Pflanzenschutzmitteln (PSM) alle in einem guten Zustand.

Tabelle 4: Grundwasserkörper im Modellgebiet Ostfriesland

Grundwasserkörper ID	Name	Chemischer Zustand Nitrat	Chemischer Zustand PSM
DENI_4_2507	Jade Lockergestein links	Gut	Gut
DENI_39_08	Norderland/Harlinger Land	Gut	Gut
DENI_39_09	Untere Ems rechts	Gut	Gut

Quelle: NIBIS® Kartenserver 2014.

Die in Tabelle 5 dargestellten Grundwasserkörper gemäß WRRL umfassen die in der **Modellregion Südoldenburg** liegenden Grundwasserkörper. Die Grundwasserkörper befinden sich alle bezüglich Nitrat in einem schlechten chemischen Zustand (Qualitätsnormen für Nitrat: 50 mg/l nach der Tochterrichtlinie Grundwasser der EG-WRRL), hinsichtlich PSM bis auf eine Ausnahme in einem guten Zustand (Qualitätsnormen für Summenparameter PSM: 0,5 µg/l nach der Tochterrichtlinie Grundwasser der EG-WRRL).

Tabelle 5: Grundwasserkörper im Modellgebiet Südoldenburg

Grundwasserkörper ID	Name	Chemischer Zustand Nitrat	Chemischer Zustand PSM
DENI_4_2502	Hunte Lockergestein rechts	schlecht	Gut
DENI_4_2505	Hunte Lockergestein links	schlecht	Gut
DENI_36_05	Hase Lockergestein rechts	schlecht	schlecht

Quelle: NIBIS® Kartenserver 2014.

2.1.2.2 Hydrogeologische Gegebenheiten

Wesentliche Grundlagen für die Umsetzung der WRRL liefern die Beschreibungen der Grundwasserleiter und ihrer Eigenschaften. Dazu haben die Staatlichen Geologischen Dienste Deutschlands ein hierarchisches System von hydrogeologischen Großräumen, Räumen und Teilräumen entwickelt, mit dem Gebiete mit vergleichbaren geologischen und hydrogeologischen Eigenschaften nach einem bundesweit einheitlichen Verfahren beschrieben werden. Nachfolgend werden die hydrogeologischen Gegebenheiten in den beiden Untersuchungsregionen entsprechend der eben beschriebenen Systematik tabellarisch dargestellt (alle Daten aus NIBIS® - KARTENSERVEN 2014).

Region Ostfriesland

Tabelle 6: Hydrogeologische Einheiten in der Untersuchungsregion Ostfriesland

Lage	Großraum	Raum	Teilraum
Norden, Nordwesten und Nordosten	Nord- und mitteldeutsches Lockergesteinsgebiet	Nordseemarschen	Ostfriesische Marsch
Mittlerer und südlicher Teil	Nord- und mitteldeutsches Lockergesteinsgebiet	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	Oldenburgisch-Ostfriesische Geest

Die Eigenschaften der in der obigen Tabelle 6 genannten Teilräume sind im Anhang dargestellt (siehe Seite 231f.).

Region Südoldenburg

Die Projektregion ist ein komplexes Gefüge aus Anteilen an unterschiedlichen Räumen. Nachfolgende Tabelle 7 gibt einen Überblick über die in der **Modellregion Südoldenburg** vorkommenden hydrogeologischen Einheiten. Die Eigenschaften der genannten Teilräume sind im Anhang aufgeführt (siehe Seite 235ff.).

Tabelle 7: Hydrogeologische Einheiten in der Untersuchungsregion Südoldenburg

Großraum	Raum	Teilraum
Nord- und mitteldeutsches Lockergesteinsgebiet	Niederungen im nord- und mitteleuropäischen Lockergesteinsgebiet	Hunte-Leda Moorniederung
Nord- und mittel-deutsches Lockergesteinsgebiet	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	Syker Geest
Nord- und mittel-deutsches Lockergesteinsgebiet	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	Sögeler Geest
Nord- und mittel-deutsches Lockergesteinsgebiet	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	Cloppenburger Geest
Nord- und mittel-deutsches Lockergesteinsgebiet	Niederungen im nord- und mitteleuropäischen Lockergesteinsgebiet	Quakenbrücker Becken
Nord- und mittel-deutsches Lockergesteinsgebiet	Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän	Dammer Berge
Nord- und mittel-deutsches Lockergesteinsgebiet	Niederungen im nord- und mitteleuropäischen Lockergesteinsgebiet	Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille

2.1.2.3 Bodentypen und -arten

Die drei Landkreise der **Modellregion Ostfriesland** liegen in den Bodengroßlandschaften „Küstenmarschen“ und „Geestplatten und Endmoränen“:

Marschen: Feinkörniges Substrat, meist schluff- und tonreich, mit Feinsandstreifen durchsetzt, aufgelandet durch das Meer oder Flüsse im Tideeinflussbereich (graue, teils grünliche, bläuliche oder schwarze Farbe des Bodens, oft Grundwasserbeeinflussung). Die Marschböden sind meistens ertragreiche Standorte, deren begrenzender Faktor i. d. R. der Wasserhaushalt ist. Die potenziell ertragreichen Böden begründen u. a. die frühen Versuche, diese Standorte landwirtschaftlich zu nutzen (LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE 2016A).

Vorherrschende Bodentypen in der Bodenlandschaft *Marschen* in der Untersuchungsregion:

- ▶ Seemarschen
- ▶ Brackmarschen

Geestplatten und Endmoränen: Mit einer durchschnittlichen Höhe von 10 - 20 m liegen die Geestplatten und Endmoränen über den Talsandniederungen. Verbreitet finden sich im oberen Meter kiesige, z. T. leicht schluffige Sande. Bei den Windablagerungen finden sich alle Übergänge von reinen Sanden (Flugsande) bis zu sandigen Schluffen (Sandlöss). Die Sandlössen beeinflussen deutlich die Bodenentwicklung und -eigenschaften, so dass diese Gebiete als eigene Bodenlandschaft ausgewiesen werden. Die Übergänge von den Sandlössen zu den schwach schluffigen Geschiebedecksanden sind fließend.

Die jüngeren Ablagerungen werden an der Basis durch eine Steinsohle von den älteren Bildungen getrennt. Die in Geestplatten eingeschnittenen Täler wurden z. T. schon als Entwässerungsrinnen in der vorletzten Eiszeit angelegt. Im Verlauf der letzten Eiszeit bis heute wurden sie durch jüngere Sedimente aus der Umgebung verfüllt, oder sie sind bei stärkerer Vernässung vermoort (LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE 2016B).

Vorherrschende Bodentypen in der Bodenlandschaft *Geestplatten und Endmoränen* in der Untersuchungsregion:

- ▶ Gleye
- ▶ Podsole
- ▶ Pseudogleye
- ▶ Hochmoore
- ▶ Ranker

Die drei Landkreise der Modellregion Südoldenburg liegen in den Bodengroßlandschaften „Geestplatten und Endmoränen“ und „Talsandniederungen und Urstromtäler“:

Geestplatten und Endmoränen (Beschreibung s. o.): Vorherrschende Bodentypen *Geestplatten und Endmoränen* in der Untersuchungsregion:

- ▶ Podsole
- ▶ Pseudogley
- ▶ Auenböden
- ▶ Niedermoore
- ▶ Ranker

Talsandniederungen und Urstromtäler: Schmelzrinnen der vorletzten Eiszeit sind während der letzten mit Talsanden verfüllt worden. In den meisten Fällen handelt es sich bei den entstandenen Böden um grundwasserbeeinflusste Böden, die erst durch Dränage und andere menschliche Eingriffe (Meliorationsmaßnahmen) für die landwirtschaftliche Produktion nutzbar gemacht werden konnten. Die Böden der Talsandniederungen haben häufig Grundwasseranschluss. Durch den Ausbau der Vorfluter und die Dränung ist das Grundwasser heute großflächig abgesenkt (LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE 2016C)

Vorherrschende Bodentypen *Talsandniederungen und Urstromtäler* in der Untersuchungsregion:

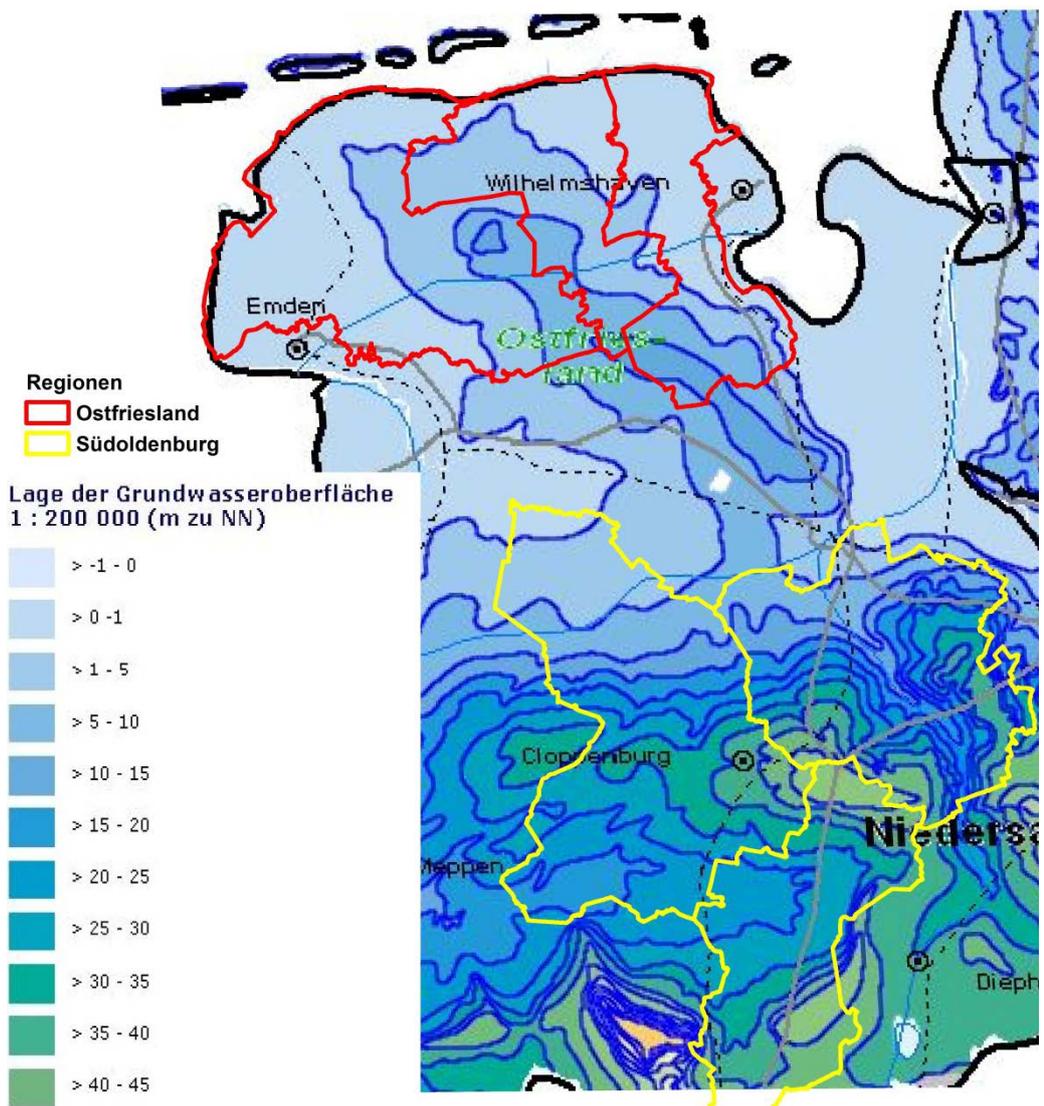
- ▶ Niedermoore
- ▶ Hochmoore
- ▶ Gley
- ▶ Podsole
- ▶ Pseudogleye

2.1.2.4 Grundwasserflurabstände und Strömungsverhältnisse

Für die Beschreibung der Flurabstände wurde die hydrogeologische Übersichtskarte von Niedersachsen 1:200 000 – „Lage der Grundwasseroberfläche“ herangezogen. Das Kartenthema zeigt die Grundwasseroberfläche für alle Lockergesteinsgebiete Niedersachsens (NIBIS® - KARTENSERVER 2014).

Die Lage der Grundwasseroberfläche bzw. der Grundwasserdruckfläche (in m zu NN) ist in den beiden Modellregionen sehr unterschiedlich. Diese ist Abbildung 2 zu entnehmen.

Abbildung 2: Lage der Grundwasseroberfläche in den Modellregionen



Quelle: NIBIS® - KARTENSERVEN 2014.

In der Modellregion Ostfriesland steht die GW-Oberfläche mit zunehmender Nähe zur Küste dichter unter der Geländeoberkante an. In der Modellregion Süddoldenburg liegen diese zum Landesinneren hin weiter entfernt von der Geländeoberkante.

Auf Grund der Größe des Gebiets und der zahlreichen Oberflächengewässer sind keine generellen Aussagen zu der Fließrichtung zu treffen.

2.1.2.5 Wechselwirkungen mit Oberflächengewässern

Modellregion Ostfriesland

Das **Modellgebiet Ostfriesland** wird dem „Stromgebiet Küste“ bzw. „Stromgebiet Ems“ zugeordnet und liegt im Bereich der Ostfriesisch-Oldenburgischen-Geest bzw. der Marschgebiete.

Die Geest ist gekennzeichnet durch eine hohe Ergiebigkeit der Grundwasserleiter, die häufig von wasserstauenden Deckschichten überlagert werden. Hierdurch sind die entnahmebedingten Grundwasserabsenkungen nur zum Teil oberflächenwirksam (geringes Auswirkungspotenzial) und es besteht ein hohes Schutzpotenzial gegenüber Stoffeinträgen.

Von den höher gelegenen Geestflächen findet eine natürliche Oberflächenentwässerung zu den Niederungen der Marsch in Richtung Nordsee bzw. Ems statt. Der Geländemorphologie folgend verläuft die oberirdische Wasserscheide auf dem Geestrücken annähernd in Nordwest-Südost Richtung.

Vor Beginn des Deichbaus bestand die natürliche Freiflut aus Prielen und Tiefen, die das Wattenmeer bei Ebbe entwässerten. Mit dem Bau einer geschlossenen Deichlinie zur Vergrößerung des Siedlungsraumes im Küstenbereich und zur landwirtschaftlichen Nutzbarmachung der Marsch war eine künstliche Entwässerung erforderlich geworden.

Um daher eine Nutzung der Marschflächen (Fluss- und Seemarschen) auch aufgrund der grundwassernahen Verhältnisse überhaupt erst zu ermöglichen, ist im Laufe der Jahre ein engständiges Entwässerungsnetz bestehend aus künstlichen und natürlichen Vorflutern entstanden, das von Sielachten bzw. Unterhaltungsverbänden betrieben wird. Die Vorflutwässer werden über Siel- und Schöpf- bzw. Pumpwerke in die Nordsee abgeleitet. Bei einer ausreichenden Vorflut zur Nordsee wird durch Sielzug (d.h. in freiem Gefälle) entwässert. Ist dieses nicht gegeben, werden die Vorflutwässer gestaut (Tide abhängige Entwässerung) oder durch Pumpen (z.T. über Zwischenspeicher) in die Nordsee abgeleitet. Das Oberflächenwassermanagement führt daher zu einer ganzjährigen Absenkung des oberflächennahen Grundwassers.

Großräumig wird die Entwässerung über die Siel- und Schöpfwerke unmittelbar an der Nordsee (in Harlesiel, Neuharlingersiel, Bensorsiel, Accumersiel, Leybuchtsiel, Greetsiel und Knock) bzw. im Bereich der Ems (in Petkum, Oldersum, Terborg, Sautel und Nüttermoor) gesteuert. Die ermittelten Abflussmengen für das Jahr 2004 variieren je nach Siel- und Schöpfwerk (bzw. Einzugsgebiet) zwischen 15 Mio. m³ (Petkum) und 195 Mio. m³ (Knock).

Allen Gewinnungsgebieten gemein ist die ausgesprochene Geestrandlage und damit verbundene Nähe zur Salz-Süßwassergrenze, die ungefähr dem Geestverlauf folgt und nicht mit der Deichlinie zusammenfällt.

Beschreibung der Oberflächengewässer nach Flussgebietseinheiten

Die nachfolgenden Daten stammen aus den beiden Bewirtschaftungsplänen der Flussgebietseinheit Weser (Herausgegeben durch die Flussgebietsgemeinschaft Weser 2016) und der Flussgebietseinheit Ems (Herausgegeben durch die Flussgebietsgemeinschaft Ems 2015). Diese beinhalten eine Zusammenfassung des Maßnahmenprogramms für den kommenden Bewirtschaftungszyklus 2015-2021 (Flussgemeinschaft Weser 2016a, Flussgemeinschaft Ems 2015a).

Der größte Teil der zu untersuchenden Modellregion liegt laut Bewirtschaftungsplan Ems im Koordinierungsraum Ems Nord (Bearbeitungsraum Untere Ems). Eine entsprechende Karte befindet sich im Anhang (siehe Seite 238).

Neben der Ems als Haupt-Vorfluter gibt es im Untersuchungsgebiet noch weitere natürliche Oberflächengewässer.

Zustände der Gewässereinheiten:

- ▶ Ökologischer Zustand der natürlichen Wasserkörper: gut
- ▶ Ökologisches Potential erhablich veränderter Wasserkörper: unbefriedigend bis schlecht
- ▶ Ökologisches Potential künstlicher Wasserkörper: mäßig bis schlecht
- ▶ Chemischer Zustand der Oberflächenwasserkörper: gut
- ▶ Chemischer Zustand der Grundwasserkörper (Nitrat und Pflanzenschutzmittel) : gut

In den küstennahen Gebieten besteht eine Versalzung des unteren Teils des Grundwasserleiters (>250 mg/l Chlorid) bis hin zu einer fast vollständigen oder sogar vollständigen Versalzung des Grundwasserleiters.

Ein kleiner Teil der zu untersuchenden Modellregion liegt laut Bewirtschaftungsplan Weser im Teil- und Planungsraum Tideweser. Neben der Weser als Haupt-Vorfluter gibt es im Untersuchungsgebiet noch weitere natürliche Oberflächengewässer. Eine entsprechende Karte befindet sich im Anhang (siehe Seite 239).

Im Planungsraum befinden sich ein Hauptgewässer, die Jade, ein Übergangs- und Küstengewässer, künstlich und erheblich veränderte Wasserkörper sowie diverse Oberflächenwasserkörper (OWK).

Zustände der Gewässereinheiten:

- ▶ Ökologischer Zustand der natürlichen Wasserkörper: unbefriedigend
- ▶ Ökologisches Potential erhablicher veränderter Wasserkörper: mäßig bis schlecht
- ▶ Ökologisches Potential künstlicher Wasserkörper: mäßig bis schlecht
- ▶ Chemischer Zustand der OWK; ubiquitäre Stoffe (Quecksilber, insbesondere die PAK und Tributylzinn): nicht gut; nicht ubiquitäre Stoffe (Cadmium, Nickel, Diuron, Hexachlorbenzol): gut
- ▶ Chemischer Zustand der Grundwasserkörper: gut, Schadstofftrend: signifikant ansteigender Trend
- ▶ Chemischer Zustand Nitrat: gut
- ▶ Chemischer Zustand Pflanzenschutzmittel: gut

In den küstennahen Gebieten besteht eine Versalzung des unteren Teils des Grundwasserleiters (>250 mg/l Chlorid) bis hin zu einer fast vollständigen oder sogar vollständigen Versalzung des Grundwasserleiters.

Region Südoldenburg

Das **Modellgebiet Südoldenburg** wird den beiden „Stromgebieten Weser und Ems“ zugeordnet und liegt naturräumlich im Bereich der Ems-Hunte-Geest und der Dümmer-Geestniederung.

Die Hunte dominiert das ober- und unterirdische Abflussgeschehen im Gewinnungsgebiet für das Wasserwerk Wildeshausen, wobei der östliche Teil des Gebietes über die Delme entwässert. Zahlreiche Vorfluter münden in die Hunte. An den Vorflutern sind in der Vergangenheit viele wasserbauliche Maßnahmen durchgeführt worden. So wurden z.B. Staustufen und Sohlabstürze eingerichtet sowie Fließwege streckenweise begradigt. Zur landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen im ausgeprägten Hunte-Tal wurde schon vor Inbetriebnahme des Wasserwerkes ein Entwässerungssystem angelegt. Wegen der dort vorwiegend geringen Grundwasser-Flurabstände hat diese Maßnahme auch zu einer Absenkung der Grundwasserspiegel geführt.

Das sich wenige Kilometer östlich von Wildeshausen anschließende Wassergewinnungsgebiet Harpstedt liegt großräumig im linksseitigen Einzugsgebiet der Weser. Delme sowie Dünsener Bach entwässern als Hauptgewässer über die Ochtum in die Unterweser. Die Gewässer Ochtum, Delme und Varreler Bäke nehmen insbesondere nördlich von Delmenhorst am Tidegeschehen der Weser teil. Die Zuständigkeit für die Gewässerunterhaltung im Wasservorranggebiet liegt beim Ochtumverband.

Die drei Fassungsanlagen des Wasserwerkes Großenkneten liegen im zentralen Teil der Modellregion Südoldenburg im Bereich der Cloppenburger und Wildeshauser Geest. Es treten i. Allg. nur sehr geringe Hangneigungen auf. Steiler geneigte Oberflächen sind in der Nähe von den Flüssen zu finden. Die Oberflächenentwässerung erfolgt nach Norden über verschiedene kleinere Vorfluter im Bereich der Lethe. Südlich der Hauptwasserscheide, die im Gebiet Hagstedt-Höltinghausen verläuft, sind die Flüsse nach Süden zur Hase bzw. nach Westen zur Soeste gerichtet.

Das im westlichen Teil der Modellregion Südoldenburg liegende Gewinnungsgebiet Thülsfelde wird geprägt durch ihre Lage im Übergang zwischen der Hunte-Leda-Moorniederung und der Cloppenburger Geest. Die Einzugsgebiete der Fassungsanlagen liegen zwischen der Marka im Westen und der Soeste mit der Thülsfelder Talsperre im Osten. Im Süden wird zum Teil die oberirdische Wasserscheide zwischen der Hase und der Leda-Jümme erreicht. Die oberirdische Entwässerung erfolgt hauptsächlich durch die Marka (mit Markhauser Moorgragen), durch die Soeste (mit Igelriede und Molberger Dosekanal) sowie durch die Bergaue/Varrelbuscher Graben. Die Gesamtentwässerung des Gebietes ist damit auf die Leda-Jümme-Niederung als Hauptvorflut gerichtet.

Auf dem Kamm der Dammer Berge verläuft die hydrografische Grenze zwischen dem Weser- und dem Emsgebiet. Das Gewinnungsgebiet Holdorf wird großräumig über die Hase in Richtung Ems entwässert. Die dort anzutreffenden Bäche haben i.d.R. für das Abflussgeschehen im Grundwassersystem Vorflutfunktion. Örtlich gibt es aber auch Bereiche, in denen - bei entsprechend großem Grundwasserflurabstand - das Wasser aus den Bächen in das Grundwassersystem infiltriert. Der Geestbereich des Untersuchungsgebietes liegt innerhalb der Hydrologischen Landschaft Carumer Geest. Im Untersuchungsgebiet befinden sich einige Seen, die im Zuge der Rohstoffgewinnung (Sandabbau) entstanden sind. Im Bereich des Quakenbrücker Beckens schneiden diese Baggerseen in das Grundwassersystem ein.

Beschreibung der Oberflächengewässer nach Flussgebietseinheiten

Die nachfolgenden Daten stammen aus den beiden Bewirtschaftungsplänen der Flussgebietseinheit Weser (Herausgegeben durch die Flussgebietsgemeinschaft Weser 2016) und der Flussgebietseinheit Ems (Herausgegeben durch die Flussgebietsgemeinschaft Ems 2015). Diese beinhalten eine Zusammenfassung des Maßnahmenprogramms für den kommenden Bewirtschaftungszyklus 2015-2021 (FLUSSGEMEINSCHAFT WESER 2016A, FLUSSGEMEINSCHAFT EMS 2015A).

Der größte Teil der zu untersuchenden Modellregion liegt laut Bewirtschaftungsplan Ems im Koordinierungsraum Ems Nord (Bearbeitungsgebiet Leda-Jümme) und Ems Süd (Bearbeitungsraum Hase) (vgl. Abbildung 65).

Neben der Ems als Haupt-Vorfluter gibt es im Untersuchungsgebiet viele weitere natürliche Oberflächengewässer.

Zustände der oben abgebildeten Gewässereinheiten:

- ▶ Ökologisches Potential erhablicher veränderter Wasserkörper: mäßig bis schlecht
- ▶ Ökologisches Potential künstlicher Wasserkörper: mäßig bis schlecht
- ▶ Chemischer Zustand der Oberflächenwasserkörper; ubiquitäre Stoffe (Quecksilber, insbesondere die PAK und Tributylzinn): schlecht; nicht ubiquitäre Stoffe (Cadmium, Nickel, Diuron, Hexachlorbenzol): gut
- ▶ Chemischer Zustand der Grundwasserkörper: schlecht
- ▶ Chemischer Zustand Nitrat: schlecht
- ▶ Chemischer Zustand Pflanzenschutzmittel: schlecht

In einem kleinen Gebiet südlich von Essen (in Oldenburg) besteht eine Versalzung des unteren Teils des Grundwasserleiters (>250 mg/l Chlorid).

Ein kleinerer Teil der zu untersuchenden Modellregion liegt laut Bewirtschaftungsplan Weser im Teil- und Planungsraum Tideweser (vgl. Abbildung 66).

Neben der Ems und der Weser als Haupt-Vorfluter gibt es im Untersuchungsgebiet noch weitere natürliche Oberflächengewässer.

Im Planungsraum befinden sich ein Hauptgewässer, die Hunte, sowie künstlich und erheblich veränderte Wasserkörper und diverse Oberflächenwasserkörper.

Zustände der Gewässereinheiten:

- ▶ Ökologisches Potential erheblich veränderte Wasserkörper: mäßig bis schlecht
- ▶ Ökologisches Potential künstliche Wasserkörper: unbefriedigend bis schlecht
- ▶ Chemischer Zustand: schlecht; nicht ubiquitäre Stoffe (Cadmium, Nickel, Diuron, Hexachlorbenzol): gut
- ▶ Chemischer Zustand der Grundwasserkörper: schlecht
- ▶ Chemischer Zustand Nitrat: schlecht
- ▶ Chemischer Zustand Pflanzenschutzmittel: gut

In einzelnen, kleinen Bereichen des Modellgebietes südlich und östlich von Oldenburg besteht eine Versalzung des unteren Teils des Grundwasserleiters (>250 mg/l Chlorid).

2.1.2.6 Klimatische Bedingungen

Die **Modellregionen Ostfriesland und Südoldenburg** liegen in einem überwiegend maritim geprägten Klimabereich mit allgemein kühlen Sommern und milden Wintern, gelegentlich durchbrochen von kontinentalen Witterungseinflüssen mit längeren Phasen hohen Luftdrucks. Im Winter sind kontinental geprägte Wetterlagen häufig mit Kälteperioden verbunden, im Sommer kann es bei schwachen östlichen Winden zu höheren Temperaturen und trockenem sommerlichen Wetter kommen.

Die nachfolgenden Tabelle 8 und Tabelle 9 zeigen die klimatischen Verhältnisse in den Regionen auf. Aufgrund der Größe der Gebiete wurde auf die jeweiligen regionalen Klimastationen Bezug genommen (NIBIS® - KARTENSERVEN 2014).

Tabelle 8: Auswertungen von Klimadaten Modellregion Ostfriesland aus dem Jahr 2012

Klimastation	Niederschlag Jahr in mm/a	Klimatische Wasserbilanz Jahr in mm	Temperatur ° Celsius	Verdunstung Jahr in mm
Aurich	794	251	9	542
Jever	790	243	9	546
Esens	831	288	9	544

Quelle: NIBIS® - Kartenserver 2014.

Tabelle 9: Auswertungen von Klimadaten Modellregion Südoldenburg aus dem Jahr 2012

Klimastation	Niederschlag Jahr in mm	Klimatische Wasserbilanz Jahr in mm	Temperatur ° Celsius	Verdunstung Jahr in mm
Oldenburg	755	203	9	552
Friesoythe	760	209	9	551
Diepholz	697	146	9	551

Quelle: NIBIS® - Kartenserver 2014.

2.1.2.7 Wasserversorgungsstrukturen

Zuständiger Wasserversorger

Die Modellregionen Ostfriesland und Südoldenburg werden vom Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverband (OOV) mit Wasser versorgt. Der OOV wurde 1948 gegründet und hat etwa 690 Mitarbeiter. Die Hauptverwaltung liegt in Brake.

Das Versorgungsgebiet des OOV umfasst eine Fläche von 7.554 km² und erstreckt sich über neun Landkreise, zwei Städte und zwei Gemeinden (vgl. Abbildung 3). Insgesamt werden hier 1,025 Millionen Einwohner mit Trinkwasser versorgt. Über ein Rohrnetz von 14.141 km Länge werden 362.969 Hausanschlüsse erreicht. Der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch liegt im gesamten Versorgungsgebiet (einschließlich Kleingewerbe und Landwirtschaft) bei 115 Litern pro Tag. Die Kapazität der 15 Wasserwerke im Versorgungsgebiet liegt bei 257.000 m³ pro Tag. Ab Werk werden jährlich 77 Mio. m³ Trinkwasser abgegeben, die mittlere Tagesabgabe liegt bei 211.368 m³ (OOV 2016A).¹

Abbildung 3: Verbandsgebiet des OOV



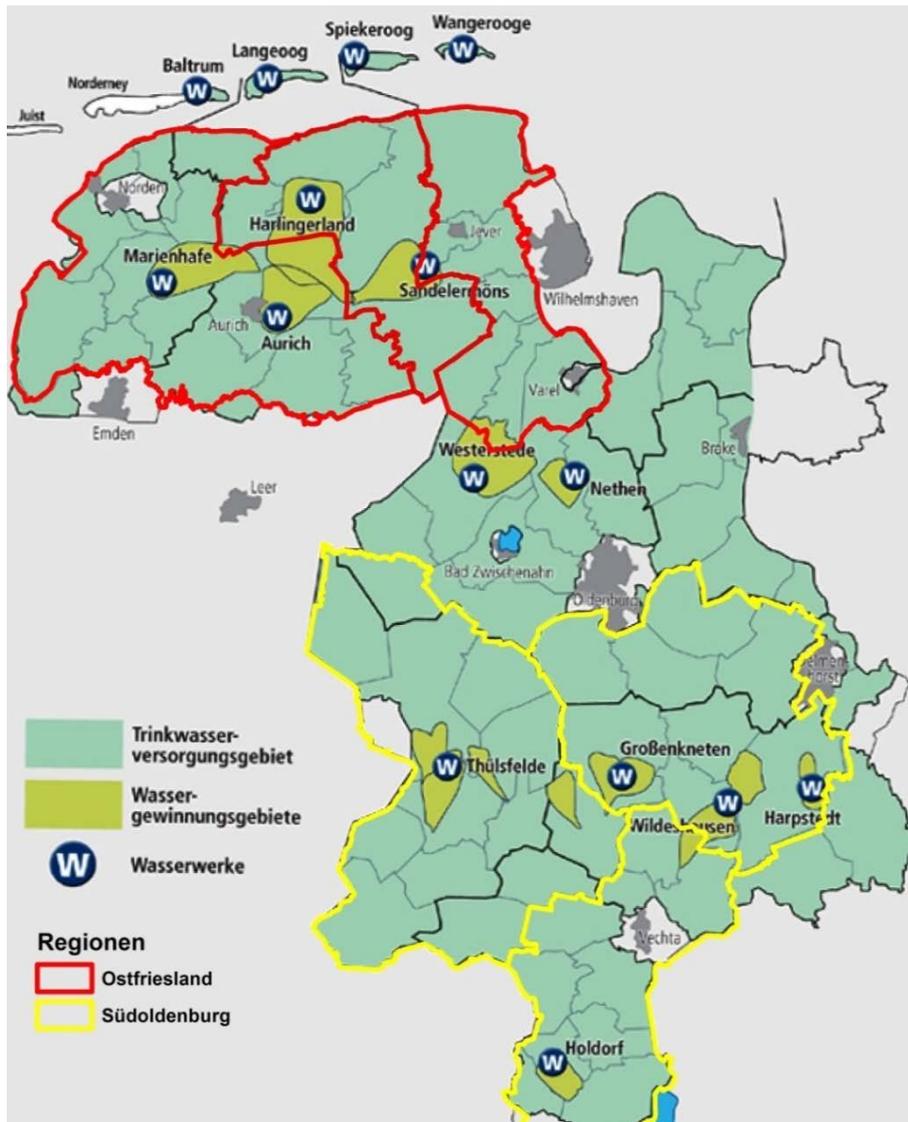
Quelle: OOV o. J.

¹ Stand der Daten: Dezember 2015.

Trinkwasserschutzgebiete

Im Verbandsgebiet des OOWV gibt es mehrere Wassergewinnungsgebiete (vgl. Abbildung 4). Um die Grundwasservorkommen zu schützen, werden den Bereichen um die Förderbrunnen verschiedene Wasserschutzzonen (I, II, III A und III B) zugewiesen (OOWV 2016c). Weitergehende Informationen zu den für die Modellregionen Ostfriesland und Südoldenburg relevanten Wasserschutzgebieten sowie die einzelnen Karten sind im Anhang aufgeführt (siehe Tabelle 69 bis Tabelle 79, Abbildung 65 bis Abbildung 71).

Abbildung 4: Wassergewinnungsgebiete des OOWV



Quelle: OOWV 2016c.

Wasserrförderung: Menge, Brunnen, Wasserwerke

In den Modellregionen Ostfriesland und Südoldenburg verfügt der OOWV über neun Wasserwerke. Die Wasserwerke Marienhäfe, Aurich, Harlingerland und Sandelermöns liegen in der Modellregion Ostfriesland und die Wasserwerke Thülsfelde, Großenkneten, Wildeshausen, Harpstedt und Holdorf befinden sich in Südoldenburg..

Die Modellregion Ostfriesland verfügt über Wasserrechte in Höhe von 32 Mio. m³ pro Jahr, wobei die maximale Aufbereitungskapazität am Tag bei 135.210 m³ liegt. In Südoldenburg liegen die Wasserrechte bei 54,4 Mio. m³ im Jahr und die maximale Aufbereitungskapazität pro Tag bei 190.800 m³ (vgl. Tabelle 10).

Tabelle 10: Wasserrechte und Aufbereitungskapazitäten in den Modellregionen

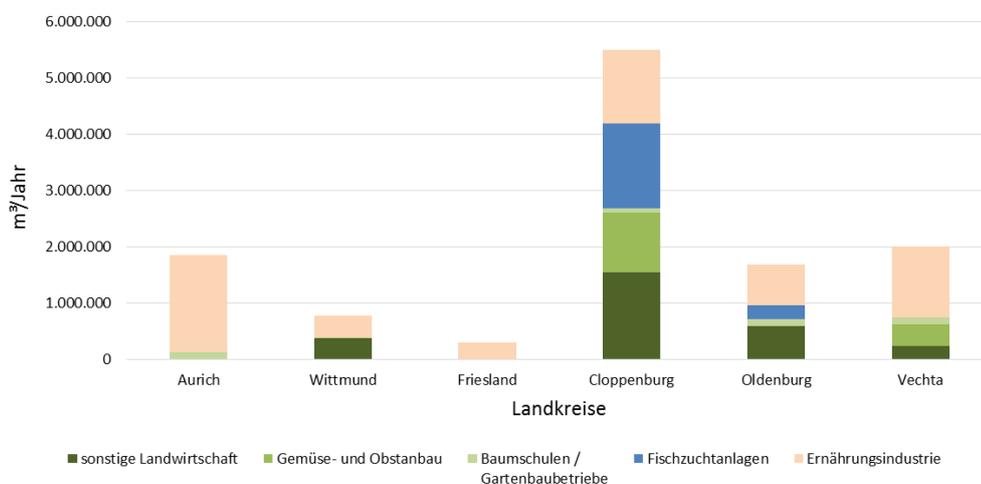
	Wasserwerk	Landkreis	Wasserrecht		Max. Aufbereitungskapazität	
			Wasserwerk	Region	Wasserwerk	Region
Ostfriesland	Marienhafte	Aurich	4,5 Mio. m ³ /Jahr	32 Mio. m ³ /Jahr	12.720 m ³ /Tag	135.120 m ³ /Tag
	Aurich	Aurich	4,5 Mio. m ³ /Jahr		28.800 m ³ /Tag	
	Harlingerland	Wittmund	13,0 Mio. m ³ /Jahr		57.600 m ³ /Tag	
	Sandelermöns	Friesland	10,0 Mio. m ³ /Jahr		36.000 m ³ /Tag	
Südoldenburg	Thülsfelde	Cloppenburg	16,5 Mio. m ³ /Jahr	54,4 Mio. m ³ /Jahr	72.000 m ³ /Tag	190.800 m ³ /Tag
	Großenkneten	Oldenburg	19,0 Mio. m ³ /Jahr		57.600 m ³ /Tag	
	Wildeshausen	Oldenburg	11,5 Mio. m ³ /Jahr		31.200 m ³ /Tag	
	Harptstedt	Oldenburg	2,6 Mio. m ³ /Jahr		8.400 m ³ /Tag	
	Holdorf	Vechta	4,8 Mio. m ³ /Jahr		21.600 m ³ /Tag	

Quelle: OOWV 2014a.

Entnahmen Dritter

Im Verbandsgebiet des OOWV sind über 37.000 Wasserentnahmerechte vorhanden. Neben größeren Wassermengen für produzierende Unternehmen oder Kühlwasserentnahmen für Kraftwerke liegen viele kleinere Wasserentnahmerechte für die Landwirtschaft vor. Eine Übersichtskarte befindet sich im Anhang (siehe Seite 245).

Abbildung 5: Wassernutzungsrechte für die Bioökonomie nach Wasserbuch Niedersachsen



Quelle: eigene Darstellung nach Wasserbuch Niedersachsen.

Insbesondere für die Bioökonomie² ist großer Wasserbedarf vorhanden. Tierhaltung, Schlachthöfe und Nahrungsmittelerzeugung brauchen qualitativ hochwertiges Wasser. So werden beispielsweise im Landkreis Cloppenburg gut 60% (ca. 2,3 Mio. m³/a) des Gesamttrinkwassersbedarfs von Industrie und Gewerbe für Großunternehmen der Ernährungsindustrie sowie 3,4 Mio. m³/a für die gesamte Bioökonomie eingesetzt. Hinzu kommen 5,5 Mio. m³/a genehmigte private Wasserentnahmen für die Bioökonomie. Ähnliche Bilder zeigen sich für die Landkreise Oldenburg und Vechta. Für beide Betrachtungsgebiete zusammen können ca. 12,1 Mio. m³/a Wasser für die Bioökonomie entnommen werden.

2.1.3 Flächennutzung der Modellregion des OOWV

2.1.3.1 Anteil der Siedlungsfläche, landwirtschaftl. Nutzfläche, Wald, Naturschutz

Die nachfolgenden Tabelle 11 und Tabelle 12 geben einen Überblick über die Bodenflächen nach der Art der tatsächlichen Nutzung in den beiden Modellregionen.

Tabelle 11: Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2014, Angaben in ha (Ostfriesland)

	LK Aurich	LK Wittmund	LK Friesland	Region Ostfriesland gesamt
Wohnfläche	7.213	2.370	3.454	13.037
Gewerbe-/Industriefläche	798	269	406	1.473
Erholungsfläche	1.240	250	779	2.269
Landwirtschaftsfläche	95.905	50.350	44.396	190.651
Waldfläche	5.083	3.891	4.420	13.394
Wasserfläche	4.884	1.562	1.599	8.045
Flächen anderer Nutzung	3.186	2.694	337	6.217

Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2014. Erläuterungen: Flächen anderer Nutzung sind unbebaute Flächen, die nicht mit einer der vorgenannten Nutzungsarten bezeichnet werden können.

Tabelle 12: Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2014, Angaben in ha (Südoldenburg)

	LK Oldenburg	LK Cloppenburg	LK Vechta	Region Südoldenburg gesamt
Wohnfläche	4.588	4.571	3.442	12.601
Gewerbe-/Industriefläche	714	1.516	1.301	3.531
Erholungsfläche	944	1.075	729	2.748
Landwirtschaftsfläche	68.570	97.919	54.298	220.787
Waldfläche	20.274	18.831	11.005	50.110
Wasserfläche	1.512	2.557	1.228	5.297
Flächen anderer Nutzung	390	71	101	562

Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2014. Erläuterungen: Flächen anderer Nutzung sind unbebaute Flächen, die nicht mit einer der vorgenannten Nutzungsarten bezeichnet werden können.

² Laut dem Bioökonomierat, ein unabhängiges Beratungsgremium der Bundesregierung, ist die Bioökonomie definiert als „die wissenschaftliche Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen.“

2.1.3.2 Art der landwirtschaftlichen Nutzung

Die Ernährungswirtschaft spielt in der landwirtschaftlichen Flächennutzung im Verbandsgebiet des OOWV eine wichtige Rolle. Die Fleischwirtschaft stellt dabei ein Kerngeschäftsfeld der niedersächsischen Landwirtschaft dar. Mit der Erzeugung und Verarbeitung tierischer Nahrungsmittel hat sich in den Modellregionen ein Verbundsystem aus Produktion sowie vor- und nachgelagerter Industrie mit internationaler Bedeutung entwickelt. In der küstennahen Modellregion Ostfriesland dominieren die Milchviehhaltung und der Futterbau, während in Südoldenburg Ackerbau und Schweine- und Geflügelhaltung dominieren. Insbesondere in den Landkreisen Vechta und Cloppenburg wird zudem auch Obst und Gemüse angebaut. Die nachfolgenden Tabelle 13 und Tabelle 14 geben einen Überblick über die landwirtschaftlichen Daten in den Modellregionen.

Tabelle 13: Landwirtschaftliche Daten zur Region Ostfriesland

LK	Landw. Betriebe	Ackerland ha	Dauergrünland ha	Anzahl Rinder	Anzahl Schweine	Anzahl Geflügel
Aurich	1.432	36.679	43.111	119.965	81.186	267.184
Wittmund	780	17.560	25.502	75.101	38.637	127.603
Friesland	635	14.362	28.123	81.163	33.550	308.033

Quelle: Destatis (2010).

Tabelle 14: Landwirtschaftliche Daten zur Region Südoldenburg

LK	Landw. Betriebe	Ackerland ha	Dauergrünland ha	Anzahl Rinder	Anzahl Schweine	Anzahl Geflügel
Cloppenburg	2.109	81.614	11.590	149.886	1.242.052	8.295.090
Oldenburg	1.092	48.116	15.536	76.714	331.569	4.131.251
Vechta	1.409	56.092	6.930	86.609	1.058.798	6.805.525

Quelle: Destatis (2010).

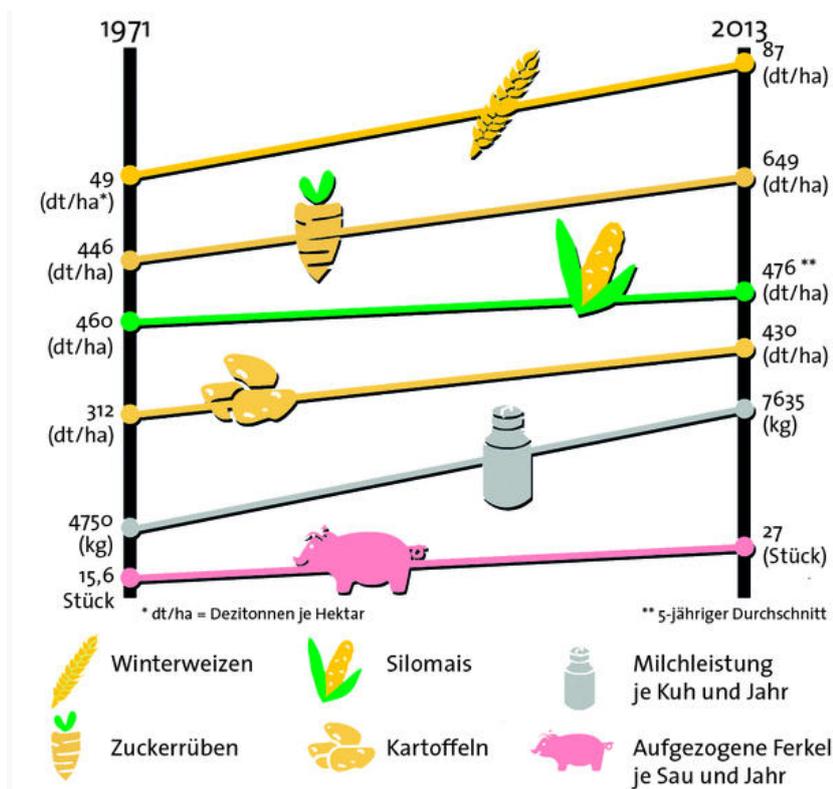
2.1.3.3 Entwicklungstendenzen in der Landnutzung

In den letzten Jahrzehnten ist die Landwirtschaft in Niedersachsen insgesamt, vor allem aber im Nordwesten des Landes durch eine Intensivierung der Landnutzung gekennzeichnet. Die steigenden Erträge (vgl. auch Abbildung 6) werden begleitet durch eine massive Zunahme des Düngereinsatzes (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2014).

Erhebliche Veränderungen in der Struktur der Landnutzung sind in den letzten Jahren vor allem auf den Ausbau der Biomasse für die Biogaserzeugung zurückzuführen. Dies hat nicht nur zu Belastungen der Ökosysteme und in Teilregionen zu einem Druck auf die Grundwasserressourcen geführt, sondern auch zu einem Anstieg der Kauf- und Pachtpreise für landwirtschaftliche Nutzflächen in den Modellregionen. Dies wiederum hat negative Auswirkungen bspw. auf die Entwicklungsperspektiven konventionell betriebener und Öko-Landwirtschaft.

Nicht eindeutig sind bislang die potenziellen Folgen der Veränderungen des Förderrahmens für den Ausbau erneuerbarer Energien und der Reform der europäischen Agrarpolitik.

Abbildung 6: Produktionstechnischer Fortschritt in der niedersächsischen Landwirtschaft

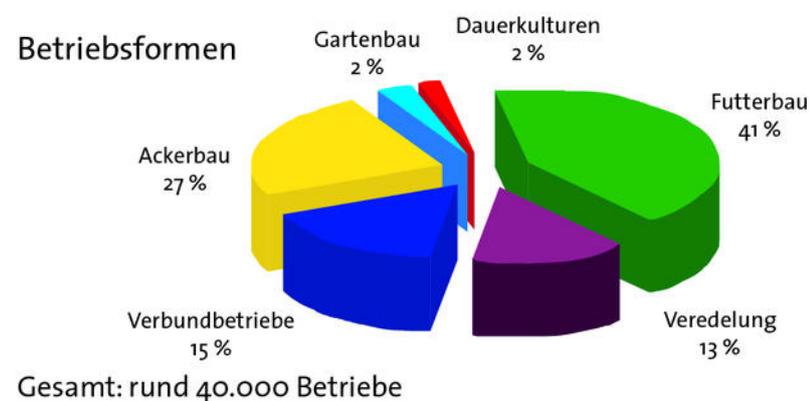


Quelle: Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2014a).

2.1.3.4 Betriebsstrukturen in der Landwirtschaft

In Niedersachsen hängt jeder achte Arbeitsplatz direkt oder indirekt von der Landwirtschaft ab. Entsprechend den regionalen Voraussetzungen haben sich unterschiedliche Produktionsschwerpunkte in den landwirtschaftlichen Gebieten entwickelt. Die häufigsten Betriebsformen sind Futterbau, Ackerbau und Veredelungsbetriebe (vgl. Abbildung 7) (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN 2014A).

Abbildung 7: Landwirtschaftliche Betriebsformen in Niedersachsen



Quelle: Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2014b).

2.1.3.5 Zuständige Landwirtschaftskammer

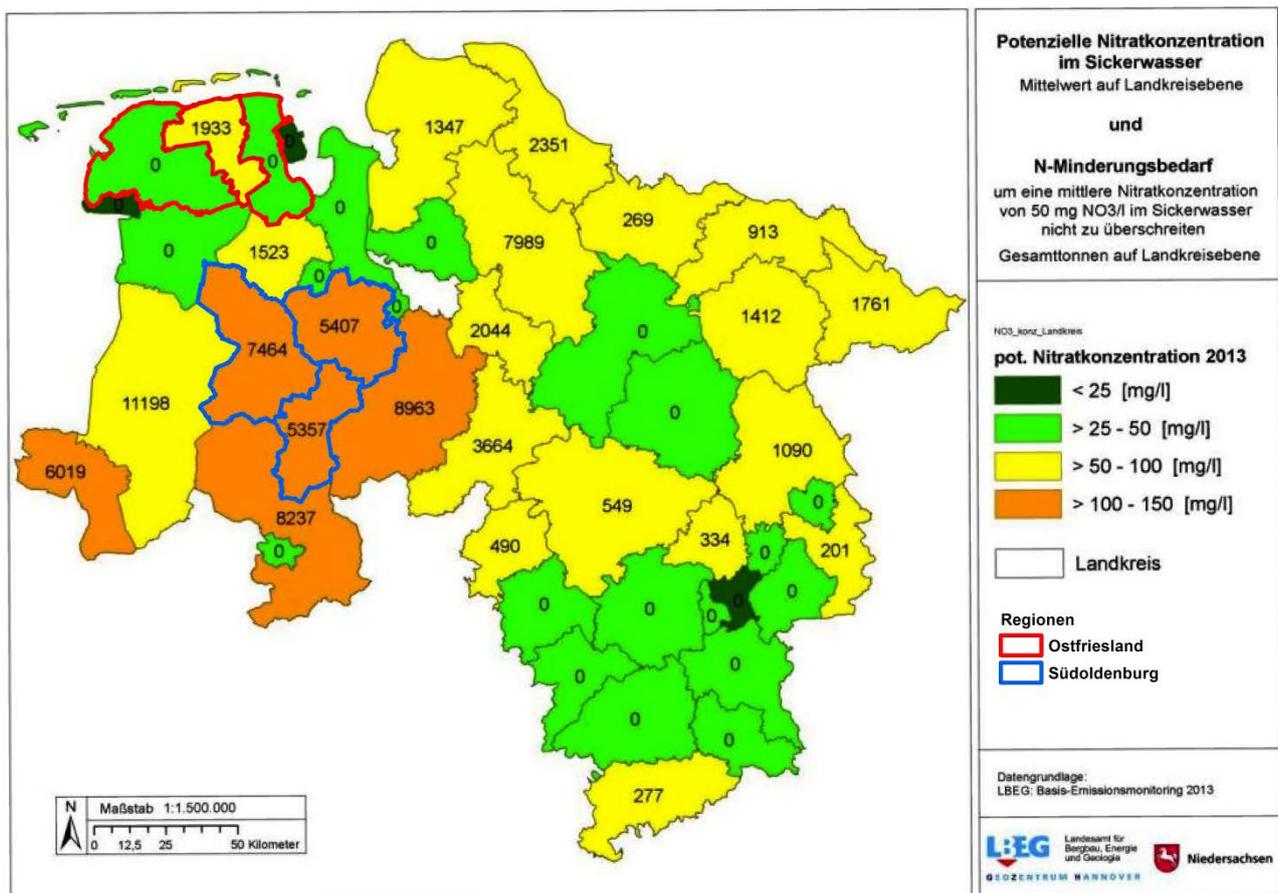
Für die Modellregionen Ostfriesland und Süddoldenburg ist die Hauptverwaltung der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Oldenburg zuständig.

2.1.3.6 Stand und Entwicklung der Nitrat-und PSM Problematik

In sechs von neun Wasserwerken im Verbandsgebiet des OOWV ist kein Nitrat im Rohwasser vorhanden. Seit etwa 2007 steigt die Nitratkonzentration in einigen Gebieten jedoch an. In sieben Wassergewinnungsgebieten überstieg der Nitratwert im Jahr 2013 im oberflächennahen Grundwasser den Grenzwert von 50 mg pro Liter. Etwa ein Drittel der Messstellen wies sogar eine mittlere Konzentration von mehr als 100 mg Nitrat pro Liter auf.

Hauptursache für die Nitratbelastung ist die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen. Insbesondere durch die Intensivtierhaltung steigt das Aufkommen an Wirtschaftsdünger. Zusätzlich verursacht der Maisanbau für den Betrieb von Biogasanlagen und für Viehfutter überdurchschnittlich hohe Nitratfrachten in das Grundwasser (OOWV 2014B).

Abbildung 8: Potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser in Niedersachsen



Quelle: verändert nach: Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2016).

Der OOWV schätzt die Entwicklung wie folgt ein: „Generell besteht die Gefahr, dass Nitratüberschüsse in den kommenden Jahrzehnten verstärkt in das tiefere Grundwasser sickern, aus dem das Rohwasser für die Trinkwassergewinnung gefördert und aufbereitet wird“ (OOWV 2014B).

2.1.4 Gegenwärtige Maßnahmen zur Reduktion von Nitrat und PSM im Grundwasser

Der OOWV hat für den nachhaltigen Schutz des Trinkwassers ein vorsorgendes Grundwasserschutzkonzept entwickelt. Dieses befasst sich primär mit der Optimierung der Landnutzungen im Sinne des Grundwasserschutzes in den Trinkwassergewinnungsgebieten. Das Konzept besteht aus drei Säulen: Kooperation mit Landwirten, Pacht oder Kauf von Nutzflächen sowie Aufforstung für den Gewässerschutz. Unterstützt werden die verschiedenen Strategien durch flankierende Öffentlichkeitsarbeit.

Durch Informations- und Lernstandorte werden der Bevölkerung die Zusammenhänge des Wasserkreislaufs näher gebracht (OOWV 2014c).

2.1.4.1 Ausweichen

Aufgabe von Brunnen

Beim Wasserwerk Holdorf wurden bisher keine Förderbrunnen endgültig aufgegeben, das heißt zurückgebaut, aber insgesamt zehn Förderbrunnen bis auf weiteres außer Betrieb genommen (s. u.).

Nutzung tieferer Schichten

Beim Wasserwerk Holdorf wurden wegen zu hoher Nitratwerte schon 1986 sieben flach verfilterte Förderbrunnen der westlichen Fassungsanlage (mit Filteroberkanten zwischen 26 und 40 m unter Geländeoberkante (GOK)) stillgelegt und durch tiefer verfilterte Brunnen (Filteroberkanten zwischen 70 und 86 m unter GOK) ersetzt.

Im Jahr 2015 wurden die drei östlichsten, flach verfilterten Förderbrunnen (Filteroberkanten zwischen 30 und 36 m unter GOK) aufgrund von PSM-Belastungen bis auf Weiteres außer Betrieb genommen und durch tiefere Förderbrunnen (Filteroberkanten zwischen 91 und 96 m unter GOK) ersetzt.

Beim Wasserwerk Großenkneten wurden in Verbindung mit Sanierungsmaßnahmen vorbeugend einige Förderbrunnen tiefer ausgebaut.

2.1.4.2 Reparatur

Aufbereitungstechnologien

Im Wasserwerk Holdorf wurde dem Rohwasser der flach verfilterten Förderbrunnen bei Überschreitung der Nitratgrenzwerte unbelastetes Rohwasser aus den tieferen Förderbrunnen hinzugemischt, um die Grenzwerte einhalten zu können. Zurzeit sind nur noch vier der ehemals 14 flach verfilterten Brunnen in Betrieb, denen zehn aktive, tief ausgebaute Brunnen gegenüberstehen.

2.1.4.3 Vermeidung

Vorhandene Kooperationslösungen Landwirtschaft – Wasserwirtschaft

Seit 1993 wird in Niedersachsens Wasserschutzgebieten über den „kooperativen Gewässerschutz“ ein Grundwasserschutz angestrebt: Landwirte nutzen die kostenlose Wasserschutzberatung und optimieren ihre Bewirtschaftungsweise über die Umsetzung von „Freiwilligen Vereinbarungen“. Der OOWV ist geschäftsführendes Mitglied einer Kooperation zum vorsorgenden Trinkwasserschutz. Weitere Mitglieder sind die Stadtwerke Norden und die Gemeindewerke Bad Zwischenahn, die je ein Wasserwerk betreiben. Diese Kooperation umfasst ca. 41.000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche in 14 Wassergewinnungsgebieten (davon liegen zwei nicht in den Modellregionen). Im Jahr 2015 nahmen 666 landwirtschaftliche Betriebe (41% der Betriebe) an der Kooperation teil, was eine Akzeptanz von 45% der landwirtschaftlichen Fläche ausmacht (Quelle: aktuelle Angaben des OOWV). Für die Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen (Freiwillige Vereinbarungen) haben Landwirte im OOWV-Kooperationsgebiet rund 1,8 Mio. Euro erhalten.

Erwerb landwirtschaftlicher Fläche

Seit 1987 kauft der OOWV Flächen an und verpachtet sie mit strikten Nutzungsaufgaben im Sinne des Gewässerschutzes. Zurzeit sind ca. 1.300 Hektar gekaufter Fläche an Landwirte verpachtet. Die anzu-

kaufenden Flächen werden nach Schutzwürdigkeit (Lage, Bodeneigenschaften, hydrogeologische und klimatische Bedingungen) bewertet. Dabei werden nicht nur besonders schutzwürdige Flächen angekauft – auch für mögliche Flächentausche werden Flächen benötigt. Die Verpachtung der Flächen ist unter den folgenden Auflagen möglich:

- ▶ „Dauerhafte Grünlandnutzung mit Düngungsbeschränkung und ohne PSM-Einsatz
- ▶ Ökolandbau in den Varianten Grün- oder Grasland sowie Ackerbau, bei dem vorzugsweise Sommergetreide mit winterharter Zwischenfrucht zum Einsatz kommt
- ▶ Konventionelle Ackernutzung bei Düngungsbeschränkung und ohne PSM-Einsatz, unter Ausschluss von Mais, Kartoffeln und Gemüse“ (OOWV 2014c)

Die Auflagen sind sowohl hinsichtlich der Reduzierung von Nitrat als auch PSM wirkungsvoll.

Für die Umsetzung der Auflagen bekommen die Landwirte Ermäßigungen bei den Pachtkosten. Die Einhaltung der Pachtauflagen wird kontrolliert und durch Beprobungen überwacht.

Biohof Bakenhus

Der Biohof Bakenhus mit seinen fast 200 ha liegt im Naturpark Wildeshauser Geest innerhalb des Wasserschutzgebietes Großenkneten. Der OOWV hat diesen Hof aufgekauft, um die Möglichkeiten des Grundwasser- und Bodenschutzes zu erforschen und zu dokumentieren. Der Hof ist verpachtet und wird nach Bioland- Richtlinien ökologisch bewirtschaftet. Über die Bakenhus Biofleisch GmbH werden am Standort Schlachttiere verarbeitet und u.a. in einem eigenen Hofladen vermarktet. Der OOWV setzt mit und auf dem Biohof auch gezielt auf eine breite Öffentlichkeitsarbeit. Der Hof kann von Schulklassen und von der interessierten Öffentlichkeit besichtigt werden. Über einen Lehrpfad sowie über Vorträge und Seminare wird Wissen über den Zusammenhang von Landwirtschaft und Trinkwasserschutz verbreitet. Informationen stehen unter www.oowv.de und www.bakenhus.de zur Verfügung.

Aufforstung

Die Aufforstung erfolgt zum einen auf Flächen, die für den Grundwasserschutz angekauft wurden. In Kooperation mit den Niedersächsischen Landesforsten (NLF) werden standortgerechte Laubwaldnutzungen entwickelt. Zum anderen werden Kompensationsverpflichtungen Dritter umgesetzt. Wenn bei Bauvorhaben Auflagen für Ausgleich und Ersatz gemacht werden, bietet der OOWV an, die Ausgleichsverpflichtungen über die Finanzierung einer Aufforstungsfläche zu erfüllen (OOWV 2014c)

2.1.4.4 Maßnahmen gemäß Bewirtschaftungsplan

Niedersachsen hat Ende 2015 die Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme für den zweiten Bewirtschaftungszyklus der WRRL von 2015 bis 2021 vorgelegt (FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT WESER 2016B; FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT EMS 2015B). Sie basieren auf den Ergebnissen einer Bestandsaufnahme aus dem Jahre 2013, einer aktuellen Zustandsbewertung und einer Analyse der bisher umgesetzten Maßnahmen der ersten Programmphase. Die Strategien und Maßnahmen für die einzelnen Flusseinzugsgebiete beziehen sich sowohl auf das Grundwasser als auch auf die Oberflächengewässer.

Die Belastung mit Nitrat und PSM sind die zentralen Wasserbewirtschaftungsfragen in Niedersachsen, dabei gelten die diffusen Belastungen als Ursache für die Verfehlung der Bewirtschaftungsziele.

Die bisher eingesetzten Maßnahmen umfassen

- ▶ Ordnungsrechtliche Instrumente: Bsp. Düngeverordnung, Schutzbestimmung in Wasserschutzgebieten
- ▶ Agrarumweltmaßnahmen
- ▶ Wasserschutzberatungen
- ▶ Erfolgsmonitoring

Aktuelle Bewertungen haben jedoch gezeigt, dass mehr Maßnahmen benötigt und zielgerichteter eingesetzt werden müssen, wenn die Ziele der WRRL erreicht werden sollen. Vor allem Agrarumweltmaßnahmen bleiben hinter den fachlich wünschenswerten Ergebnissen zurück.

Für den zweiten Bewirtschaftungszyklus werden mit Blick auf das Grundwasser verschiedene Maßnahmen geplant, wobei zwischen grundlegenden Maßnahmen (Umsetzung der EG-Regelungen und anderer nationaler Rechtsnormen) und ergänzenden Maßnahmen unterschieden wird. Maßnahmen zur grundwasserschonenden Landbewirtschaftung sind vor allem in den besonders gefährdeten Teilflächen vorgesehen, in denen auch die Modellregion Südoldenburg fällt. Eine Übersichtskarte zur Maßnahmenkulisse befindet sich im Anhang (siehe Seite 246).

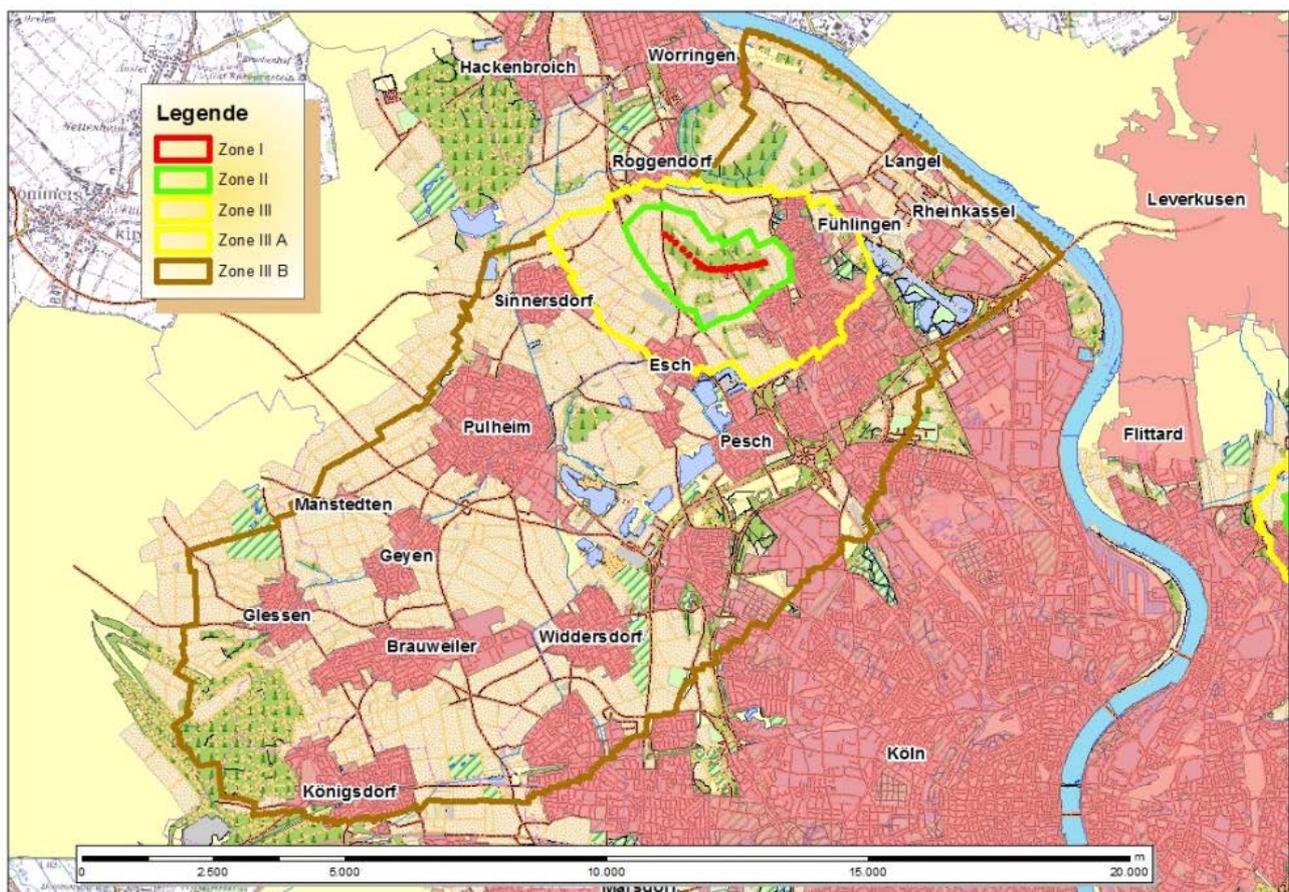
2.2 Modellregion der RheinEnergie (linksrheinisch)

2.2.1 Allgemeine Angaben zur Modellregion

2.2.1.1 Lage und Größe

Das 125 km² große Untersuchungsgebiet befindet sich im linksrheinischen Kölner Norden und erstreckt sich auch über Teile des angrenzenden Rhein-Erft-Kreises (siehe Abbildung 9).

Abbildung 9: Darstellung des Modellgebietes (entspricht Wasserschutzgebiet)



2.2.1.2 Einwohnerzahl

Das Wasserwerk versorgt im Verbund mit zwei weiteren Wasserwerken ca. 780.000 Einwohner.

2.2.1.3 Siedlungsstruktur

Das Gebiet zeichnet sich durch einen etwa gleich hohen Anteil an Siedlungs- und Landwirtschaftsfläche (jeweils ca. 38 %) aus. Darüber hinaus sind Wald-, Grünland- und Wasserflächen vorhanden. Vergleiche auch Abbildung 9.

2.2.2 Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen

2.2.2.1 Betroffene Flussgebietseinheiten und Grundwasserkörper (GWK) mit hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung bzw. Trinkwasserentnahmen

Das Modellgebiet liegt im Teileinzugsgebiet Rheingraben Nord und umfasst die Grundwasserkörper 27_19 und 27_20. Beide Grundwasserkörper befinden sich bezüglich PSM und Nitrat in gutem Zustand.

2.2.2.2 Hydrogeologische Gegebenheiten und Bodentypen und -arten

Das Wasserschutzgebiet Weiler liegt innerhalb der Kölner Scholle, welche den südöstlichsten Ausläufer der Niederrheinischen Bucht darstellt. Es handelt sich dabei um ein seit dem Tertiär bestehendes Senkungsgebiet innerhalb des umgebenden rheinischen Schiefergebirges, welches seitdem mit mächtigen Lockersedimentschichten aufgefüllt wird.

Das unterliegende Grundgebirge wird von devonischen Festgesteinen gebildet. Hierauf kamen bis zu 250 Meter mächtige Wechsellagerungen tertiärer Sedimente (vorwiegend marine Feinsande und Tone, seltener Braunkohlen) zur Ablagerung. Das Hangende wird von mächtigen pleistozänen Schotterkörpern des Rheins gebildet, deren sandig-kiesige Schichten während mehrerer kaltzeitlicher Sedimentationsphasen entstanden und heute mehrere Terrassenkörper ausbilden. Im Untersuchungsgebiet sind davon im nordöstlichen Teil die Niederterrasse, im südwestlichen Teil die Untere Mittelterrasse erschlossen, die hier einen einheitlichen 20-30 m mächtigen Grundwasserleiter bilden.

Die Deckschichten schließlich bestehen aus unterschiedlichen quartären Lockersedimenten glazialer, äolischer und fluvialer Herkunft, wobei besonders der die Untere Mittelterrasse bedeckende kalkhaltige Löß zu erwähnen ist, der stellenweise Mächtigkeiten von bis zu 10 Metern erreichen kann und der für die relativ hohe Wasserhärte des linksrheinischen Grundwassers verantwortlich ist.

Der Hauptgrundwasserleiter, der auch für die Wassergewinnung am Wasserwerk Weiler bewirtschaftet wird, ist im Wesentlichen innerhalb der quartären Ablagerungen der Nieder- und Mittelterrasse des Rheins entwickelt. Lediglich im äußersten Südwesten des Einzugsgebiets streichen diese Kies-schichten langsam aus und fallen trocken, das oberste Grundwasserstockwerk wird hier von an Störungen aufsteigenden tertiären Feinsanden gebildet. Es liegen innerhalb der bewirtschafteten Porengrundwasserleiter ausschließlich ungespannte Verhältnisse vor.

Die Sedimente der Niederterrasse im Bereich der Kölner Bucht werden von sandigen Grob- und Mittelkiesen sowie grob- bis feinkörnigen Sanden aufgebaut. Diese weisen eine sehr hohe Durchlässigkeit auf. In den Sedimenten der Mittelterrasse nimmt der Anteil an grobkörnigem Material dagegen ab, so dass hier von etwas geringeren Durchlässigkeiten auszugehen ist. Die k_f -Werte liegen im Einzugsgebiet des Wasserwerks Weiler dabei ungefähr zwischen $5 \cdot 10^{-3}$ in der Unteren Mittelterrasse und $1,2 \cdot 10^{-2}$ m/s innerhalb der Niederterrasse. Das nutzbare Porenvolumen n_f liegt im Mittel bei $\approx 0,2$.

Die Tertiäroberfläche grenzt den Grundwasserleiter nach unten hin ab, da die feinsandigen bis tonig-schluffigen Schichten des Tertiärs im Vergleich zu den groben Sedimenten des Quartärs eine wesentlich geringere Durchlässigkeit aufweisen. Sie stellen somit in diesem Bereich die Aquiferbasis.

2.2.2.3 Grundwasserflurabstände und Strömungsverhältnisse

Die Hauptströmungsrichtung innerhalb der Kölner Bucht ist von den Hochlagen der Ville auf den Rhein hin ausgerichtet, der hier den Hauptvorfluter darstellt. Daraus ergibt sich eine von Südwesten nach Nordosten ausgerichtete Strömung, die im Südwesten, im Bereich der tertiären Sande, ein sehr

steiles Gefälle aufweist, welches im weiteren Verlauf beim Übertritt in die Untere Mittelterrasse deutlich verflacht. Im äußersten Westen, im Bereich der Glessener Höhe, ist zudem eine deutliche Beeinträchtigung durch die Sümpfungen des Braunkohletagebaus innerhalb der Ville zu erkennen. Hier hat sich eine Wasserscheide ausgebildet, die das Einzugsgebiet des Wasserwerks Weiler zur Ville hin begrenzt.

Die Grundwasserverhältnisse im Hauptgrundwasserleiter werden demnach maßgeblich durch den Rhein beeinflusst. Während das Grundwasser im Normalfall dem Rhein zufließt, können länger anhaltende Hochwasserereignisse zu einem Aufstau des Grundwassers und damit zu erhöhten Grundwasserständen bis ins Hinterland führen. Im Extremfall kann es dabei sogar zu einer hochwasserbedingten Strömungsumkehr im Grundwasserleiter kommen.

Aufgrund dieser hochdynamischen Prozesse kommt es in Rheinnähe zu stark schwankenden Flurabständen von mehreren Metern. Bei sehr niedrigen Wasserständen können dabei Extremwerte von bis zu 7 m unter Flur erreicht werden. Weiter zum Landesinneren nimmt der Flurabstand stetig zu, im südwestlichen Bereich der Schutzzone Weiler kann dieser bis zu 18 m unter Flur betragen. Die langjährige Amplitude des Grundwasserstands beträgt dort oft nur einige Dezimeter.

Einen Sonderfall im Modellgebiet stellt das Feuchtgebiet des Worringer Bruchs im Norden des Einzugsgebiets dar. Hierbei handelt es sich um einen verlandeten Altarm des Rheins, der bei sehr hohen Grundwasserständen geflutet wird. Aber auch sonst sind an dieser Stelle zumeist recht niedrige Flurabstände anzutreffen.

2.2.2.4 Wechselwirkungen mit Oberflächengewässern

Neben dem Rhein im Nordosten als Haupt-Vorfluter ist im Einzugsgebiet des Wasserwerks Weiler nur noch der Pulheimer Bach als natürliches Oberflächengewässer erwähnenswert. Dieser entspringt westlich der Ortslage Glessen und weist auf den ersten etwa zwei Kilometern seines Laufs einen Abflusszuwachs auf. Im weiteren Verlauf stagnieren die Abflussmengen dann, bis der Pulheimer Bach schließlich etwa sieben Kilometer entfernt vom Quellgebiet bei Pulheim in das Feuchtgebiet der Großen und Kleinen Laache mündet und dort vollständig versickert.

Weitere künstliche Oberflächengewässer sind mehrere große Seen im Bereich ehemaliger oder noch aktiver Kiesbaggereien, der Fühlinger See sowie die Grundwasseranreicherung der RheinEnergie AG nahe Köln-Esch. Die Kiesseen sind in der Regel an das Grundwasser angeschlossen, gleiches gilt auch für den Fühlinger See.

In der Versickerung Esch wird das knapp sechs Kilometer nordöstlich an der Brunnengalerie Langel gewonnene Rheinuferfiltrat kontrolliert in bis zu sechs Becken versickert und strömt danach mit dem Grundwasser auf die Fassungsanlage Weiler zu. Dabei entsteht ein Aufstaukegel, der in den Grundwassergleichenplänen gut zu erkennen ist.

2.2.2.5 Klimatische Bedingungen

Die Modellregion liegt in einem überwiegend maritim geprägten gemäßigten Klimabereich mit eher kühlen Sommern und milden Wintern. Dabei herrschen südwestliche Winde vor.

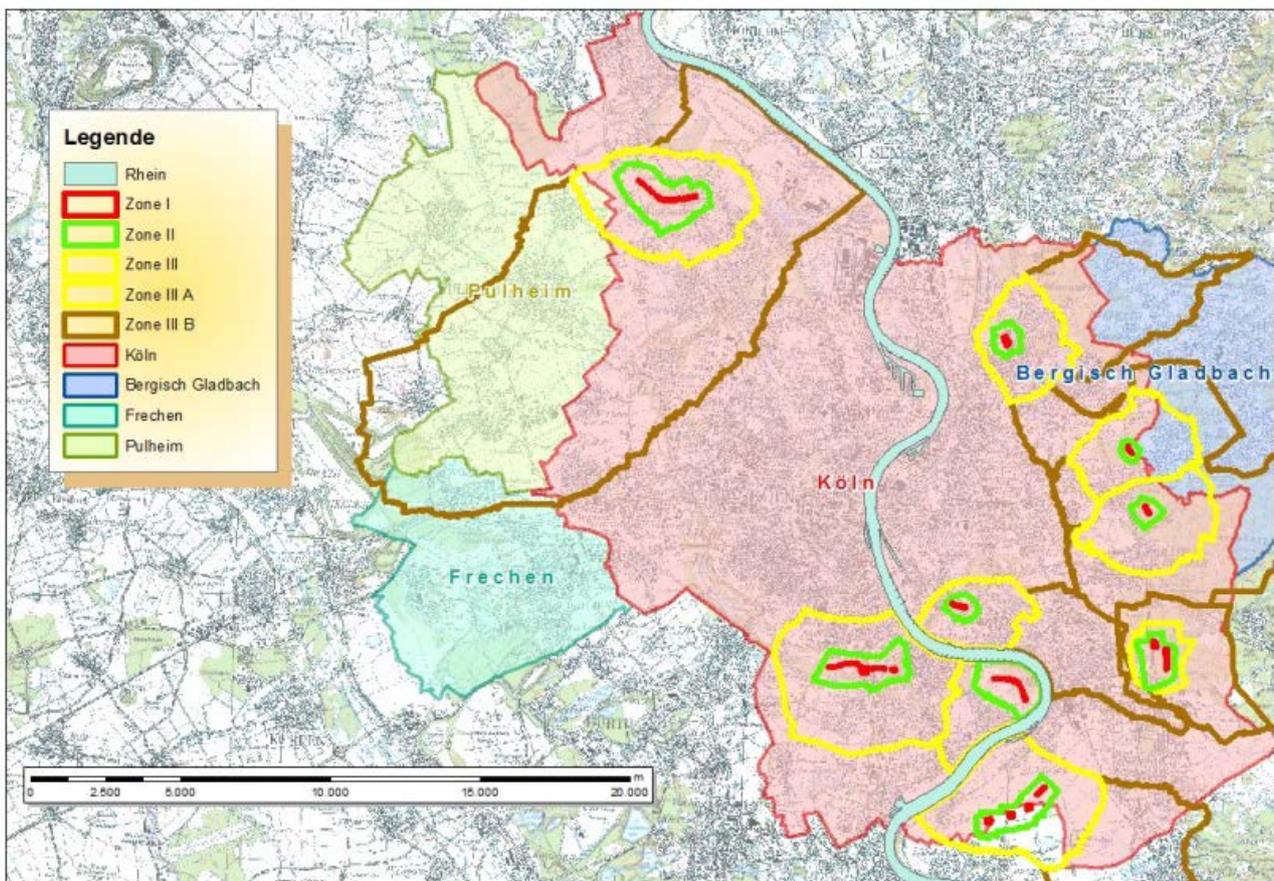
Auswertungen von Klimadaten der nächstgelegenen DWD-Wetterstation in Köln-Stammheim für den Zeitraum 1981 - 2010 zeigen eine mittlere korrigierte Jahresniederschlagssumme von 817 mm. Die mittlere jährliche Lufttemperatur liegt bei 11,5° C bei ca. 1.510 Sonnenscheinstunden/Jahr.

2.2.2.6 Wasserversorgungsstrukturen

Die RheinEnergie AG versorgt die gesamte Stadt Köln sowie die umliegenden Städte Pulheim, Frechen, Brühl und Bergisch-Gladbach mit Trinkwasser. Der Rhein trennt hierbei die beiden Versorgungsnetze in ein links- und ein rechtsrheinisches Netz.

Das Werk im Modellgebiet versorgt im Verbund mit zwei anderen Werken ca. 780.000 Einwohner auf der linken Rheinseite. Sein Anteil liegt dabei mit ca. 22 Mio. m³/a bei ca. 40 %. Abbildung 10 gibt eine Übersicht über das Versorgungsgebiet. Nach der Gewinnung mittels 29 Vertikalfilterbrunnen wird das Wasser über Aktivkohle geführt und in zwei Trinkwasserbehälter zwischengespeichert. Anschließend befördern es Druckpumpen direkt in das linksrheinische Versorgungsnetz. Dieses befindet sich auf einem Druckniveau.

Abbildung 10: Versorgungsgebiet der RheinEnergie (linksrheinisches Versorgungsnetz)



2.2.3 Flächennutzung in der Modellregion der RheinEnergie (linksrheinisch)

2.2.3.1 Anteil der Siedlungsfläche, landwirtschaftl. Nutzfläche, Wald, Naturschutz

Nachfolgend zeigt Abbildung 11 die Art der landwirtschaftlichen Fläche in der linksrheinischen Modellregion der RheinEnergie. Detaillierte Angaben zu der Flächennutzung sind Tabelle 15 zu entnehmen.

Abbildung 11: Art der landwirtschaftlichen Fläche 2014 in der linksrheinischen Modellregion

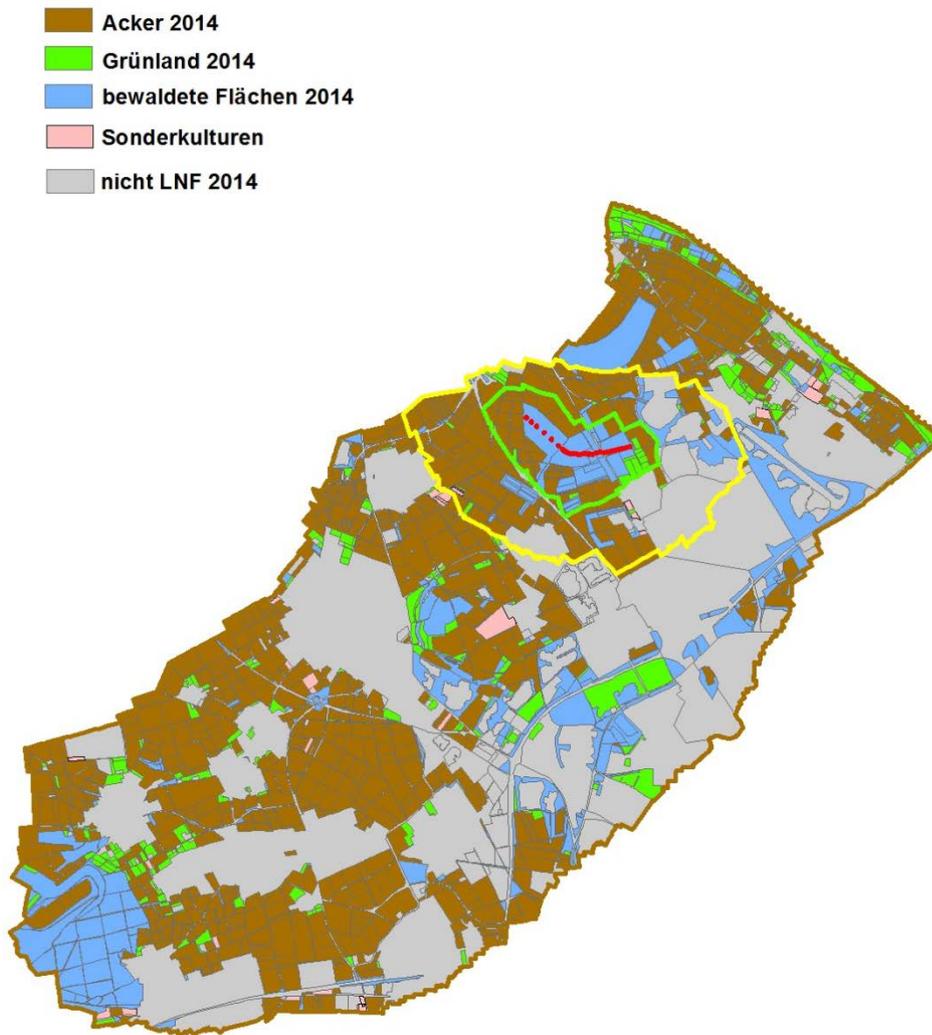


Tabelle 15: Details zur Flächennutzung in der linksrheinischen Modellregion

Acker	Grünland	Sonderkultur	Forst	Sonstige Grün	Sonstige						
Ackergras	62,1	Brache	11,3	Apfelplantage	2,1	Anpflanzung	50,8	Biotop	108,5	Baustelle	0,1
Blühstreifen	45,0	Grünbrache	194,8	Gärtnerei	84,5	Feldgehölz	44,2	Garten	6,3	Bebauung	4330,5
Bohnen (Busch)	24,6	Grünland	212,4	Gemüse	2,9	Forst	1265,8	Kleingärten	17,2	Damm	1,8
Erbsen	21,2	Pferdekoppel	178,9			Waldschule	4,2	Parkanlage	189,1	Friedhof	16,4
Erdbeeren	26,0	Streuobstwiese	4,5					Weihnachtsbäume	13,6	Gewässer	234,3
Kartoffeln	217,3									Golfplatz	167,4
Kohl	1,8									Hundeplatz	0,5
Kürbis	41,7									Kiesgrube	93,3
Mais	368,4									Kläranlage	15,4
Raps	527,9									Lager	1,3

Rhabarber	0,8									Regenbecken	1,4
Rollrasen	6,2									Straße	514,0
Schwarzbrache	20,8									Versickerung	12,9
Senf	3,4									Wasserwerk	4,0
Silphie	2,6										
Sommergerste	8,8										
Sommerweizen	9,0										
Sonnenblumen	4,2										
Spargel	28,6										
Triticale	7,4										
Wintergerste	293,7										
Winterhafer	49,9										
Winterroggen	11,5										
Winterweizen	1940,6										
Zuckerrüben	990,5										
Zwiebeln	27,0										
Acker	4741,0	Grünland	601,8	Sonderkultur	89,5	Forst	1365,1	Sonstige Grün	334,8	Sonstige	5393,3

Alle Angaben in ha, Stand 2014

2.2.3.2 Art der landwirtschaftlichen Nutzung

Die unterschiedlichen Kulturarten sind in Tabelle 15 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass es sich um eine Ackerbauregion ohne nennenswerte Viehhaltung handelt. Gleichzeitig besteht jedoch ein enormer Importdruck bei Gülle und Gärresten aus den Niederlanden und dem Münsterland. Zusätzlich wird in der Modellregion eine Biogasanlage mit einer Leistung von 1,2 MW betrieben.

2.2.3.3 Entwicklungstendenzen in der Landnutzung

Seit 1988 ist eine jährliche Abnahme der landwirtschaftlichen Nutzung um ca. 1 % zu beobachten, die auf die zunehmende Urbanisierung zurückzuführen ist. Der Importdruck bei Gülle und Gärsubstraten ist in den vergangenen Jahren erheblich angestiegen, sodass die Abnahme der landwirtschaftlichen Nutzung durch diese Entwicklung kompensiert wird.

2.2.3.4 Betriebsstrukturen in der Landwirtschaft

In der linksrheinischen Modellregion sind vorwiegend Ackerbaubetriebe anzutreffen, die häufig über weitere Betriebszweige verfügen (z. B. Pensionspferdehaltung, Hofläden, Spargel- oder Erdbeerfelder). Die durchschnittliche Größe der landwirtschaftlichen Fläche pro Betrieb beträgt ca. 100 ha.

2.2.3.5 Zuständige Landwirtschaftskammer

Für die linksrheinische Modellregion der RheinEnergie ist die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen mit der Kreisstelle Rhein-Erft zuständig.

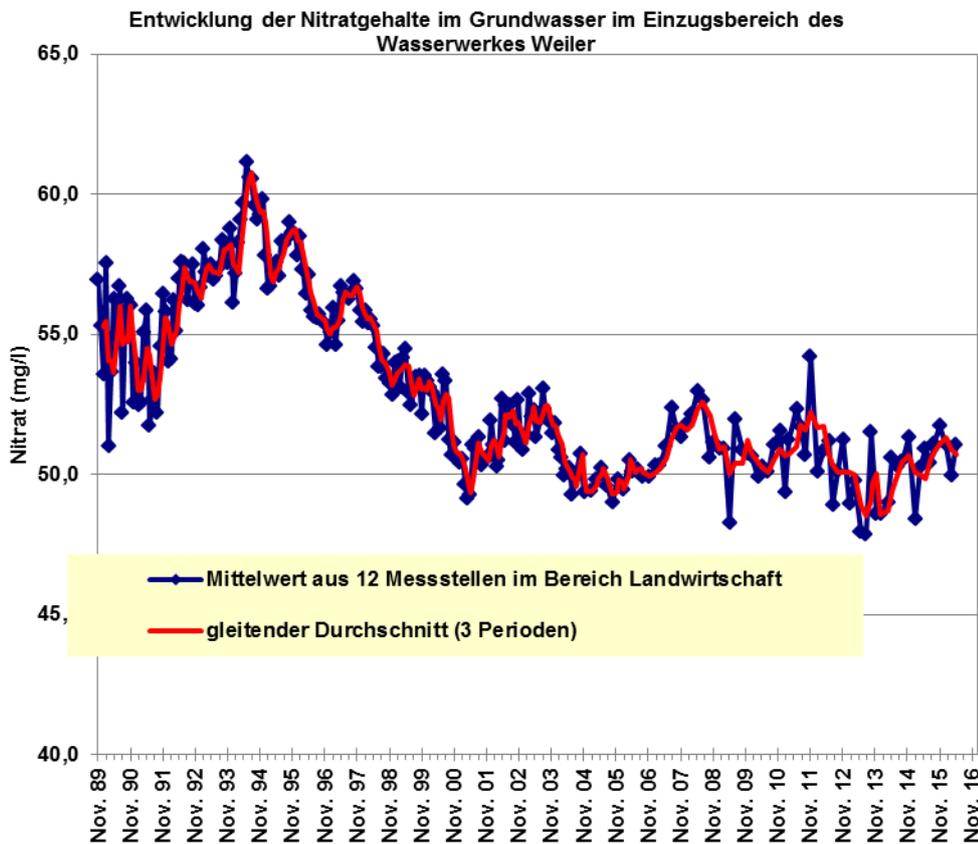
Aktuelle oder abgeschlossene Forschungsvorhaben in der Region

Untersuchungen zur Grundwasserschonenden Landwirtschaft, Dissertation 2001, Universität Bonn
 Humusmonitoring, 2 Masterarbeiten 2004, Universität Bonn, INRES
 Humusmonitoring, Wiederholung 2013/14, Dissertation (noch unveröffentlicht)
 N-Mineralisierung, DVGW Projekt 2015

2.2.3.6 Stand und Entwicklung der Nitrat- und PSM-Problematik

Im Grundwasser sind keine PSM-Befunde vorhanden. Im Pulheimer Bach ist seit ca. 20 Jahren eine Stagnation der PSM-Befunde auf niedrigem Niveau zu beobachten und es treten nur spontane Befunde auf. Hinsichtlich der Nitratgehalte im Grundwasser ist im Vergleich zum Jahr 1990 eine Abnahme von ca. 12 % erkennbar. Seit ca. 2001 stagnierte die Nitratkonzentration unter landwirtschaftlichen Flächen bei 50 mg/l.

Abbildung 12: Mittelwert der Nitratgehalte landwirtschaftlich beeinflusster Grundwassermessstellen



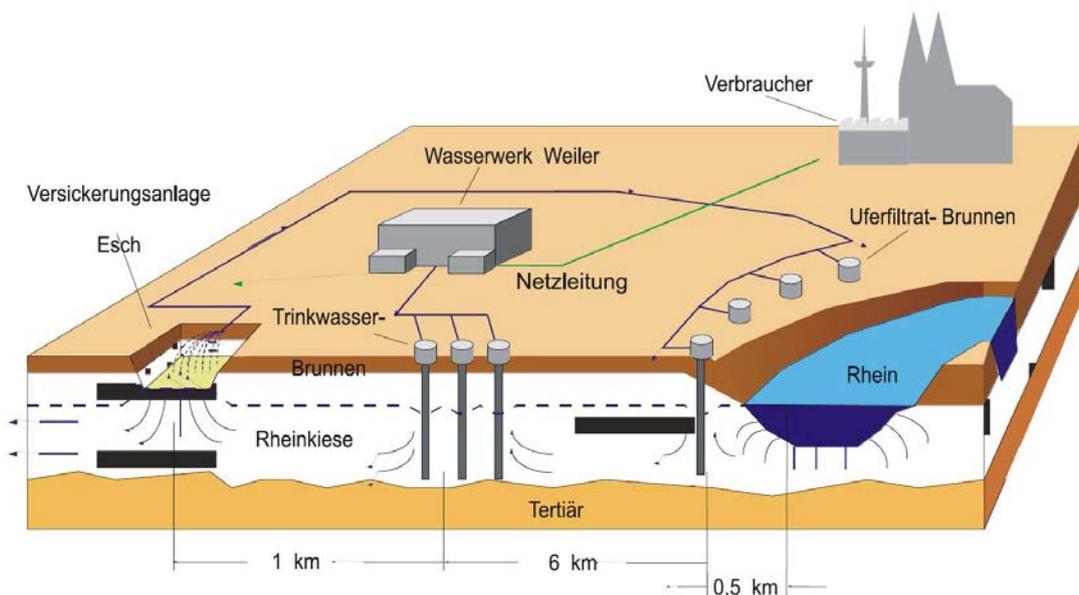
2.2.4 Gegenwärtige Maßnahmen zur Reduktion von Nitrat und PBSM im Grundwasser

2.2.4.1 Ausweichen

Grundwasseranreicherung

Aus dargebotstechnischen Gründen wird im Vorfeld des Wasserwerkes Weiler Rheinuferfiltrat verdüst und dem Aquifer zugeleitet. Im Durchschnitt wird ca. 50 % der Entnahme des Wasserwerkes Weiler kontinuierlich über die Infiltrationsbecken versickert. Die Grundwasserversickerung wird schematisch in Abbildung 13 dargestellt.

Abbildung 13: Schematische Darstellung der Grundwasserversickerung



Die im Rahmen der Grundwasserversickerung genutzte Anlage wird in Abbildung 14 dargestellt.

Abbildung 14: Versickerungsanlage des Wasserwerkes Weiler in Betrieb



2.2.4.2 Vermeidung

Mitte der 1980er Jahre wurden in Köln fast zeitgleich zwei Kooperationen zwischen den damaligen Energie- und Wasserversorgern GEW Köln AG und RGW AG sowie den ortsansässigen Landwirten gegründet. Nach der Fusion der beiden Gesellschaften im Jahre 2002 ist die neu gegründete Rhein-

Energie AG als regionaler Energie- und Wasserversorger Mitglied in zwei Arbeitskreisen mit der Landwirtschaft. Diese Kooperationen gehören zu den ältesten Zusammenschlüssen zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft in der Bundesrepublik.

Hintergrund für die Gründung von gemeinsamen Arbeitskreisen waren bundesweit ansteigende Nitratgehalte im Grundwasser einerseits und eine Verschärfung des Grenzwertes für Nitrat im Trinkwasser andererseits. Dieser Grenzwert wurde im Jahre 1986 von 90 mg/l auf derzeit 50 mg/l abgesenkt. Ursache steigender Nitratgehalte war unter anderem die intensive landwirtschaftliche Produktion.

In Köln nutzen die Wasserwerke zu rund 50 % Grundwasser aus landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebieten. Es besteht zwar grundsätzlich auch die Möglichkeit, nitratkontaminierte Gewässer aufzubereiten, aber die in Frage kommenden Verfahren sind technisch sehr aufwendig und damit teuer, arbeiten gleichwohl nicht stoffspezifisch und auch nicht mit gleich bleibender Effizienz.

Ein weiteres Problem für die Wasserwerke können Rückstände von Pflanzenschutzmitteln darstellen, deren Konzentrationen den Grenzwert von 0,1 µg/l nicht überschreiten dürfen.

Der Problematik angemessene Ziele der Arbeitskreise waren zu Beginn der Kooperationen in den jeweiligen Satzungen festgelegt worden und besitzen auch heute noch ihre Gültigkeit. Der Schutz des Bodens und der Gewässer vor Verunreinigungen stehen dabei im Vordergrund. Die etwa 130 Landwirte als aktive Gewässerschützer werden in ihren Bemühungen unterstützt durch die Fachkompetenzen der Landwirtschaftskammer NRW, der RheinEnergie AG sowie externer Berater. Das Kooperationsmodell zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft ist mittlerweile international anerkannt und seit dem Jahre 1991 auch fester Bestandteil Nordrhein-Westfälischer Gewässerschutzpolitik.

Zu Beginn der Zusammenarbeit standen die Mitglieder der Arbeitskreise „Ackerbau und Wasser im Langer Bogen e. V.“ sowie „Ackerbau und Wasser im linksrheinischen Kölner Norden e. V.“ vor der schwierigen Aufgabe, die Zusammenhänge zwischen Schadstoffeintrag und landwirtschaftlicher Tätigkeit aufzuhellen. Pauschale Verurteilungen der Landwirtschaft als „Brunnenvergifter“ halfen bei der Gestaltung einer konstruktiven Zusammenarbeit nicht weiter. Es mussten zunächst belastbare Basisdaten in Form von Boden- und Grundwasseruntersuchungen ermittelt werden.

Heute können die Arbeitskreise auf eine 30jährige erfolgreiche Zusammenarbeit zurückblicken. Das Problem des Nitratreintrages wurde entschärft und der Eintrag von landwirtschaftlichen Pflanzenschutzmitteln in das Grundwasser ist nur noch von untergeordneter Bedeutung.

Bisher konnten eine Reihe von wirksamen Strategien für den Grundwasserschutz entwickelt und ständig verbessert werden. Obwohl sich die beiden Arbeitskreise bis zum Jahre 2002 weitgehend unabhängig voneinander entwickelten, wurden trotzdem gleiche Strategien verfolgt.

Stickstoff-Düngeberatung

Schon seit Anfang der 1970er Jahre wurden Methoden entwickelt, um den Düngebedarf von landwirtschaftlichen Kulturen zu bestimmen. Bei der so genannten Nmin-Methode wird die Menge des im Boden weitgehend als Nitrat verfügbaren Stickstoffs gemessen. Mit Hilfe langjähriger Vergleiche kann die optimale Stickstoff-Düngerergänzung errechnet werden. Unterstützt durch eine entsprechende Gewässerschutzberatung erfolgt dann eine auf die jeweilige Kulturpflanze optimal abgestimmte Düngung.

Damit gelang es schon in den ersten Jahren der Kooperation, den Düngereinsatz zu verringern mit dem Ergebnis, dass nach dem Ende der Vegetationsperiode im Herbst jedes Jahres nur noch geringe Restmengen an Nitratstickstoff im Boden enthalten waren.

Produktionstechnische Beratung

Nachdem im Jahre 1989 ein extrem niedriger Grenzwert für Rückstände von Pflanzenschutzmitteln im Trinkwasser in Kraft getreten war, standen insbesondere auch Fragen der gewässerträglichen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Vordergrund der Kooperationsarbeit. Es galt, den Einsatz solcher Pflanzenschutzmittel zu vermeiden, die möglicherweise im Grundwasser Kontaminationen hervorrufen könnten. Deshalb wurden und werden in den Arbeitskreisen produktionstechnische Beratungen und regelmäßige Feldbegehungen durchgeführt, die dazu dienen, den Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln auf das absolut notwendige Maß zu begrenzen. So kann beispielsweise der Einsatz von Herbiziden durch eine tiefgreifende Bodenbearbeitung reduziert bzw. vermieden werden. Auch die gezielte Auswahl krankheitsresistenter Getreidesorten führt zu einem verringerten Einsatz von Fungiziden.

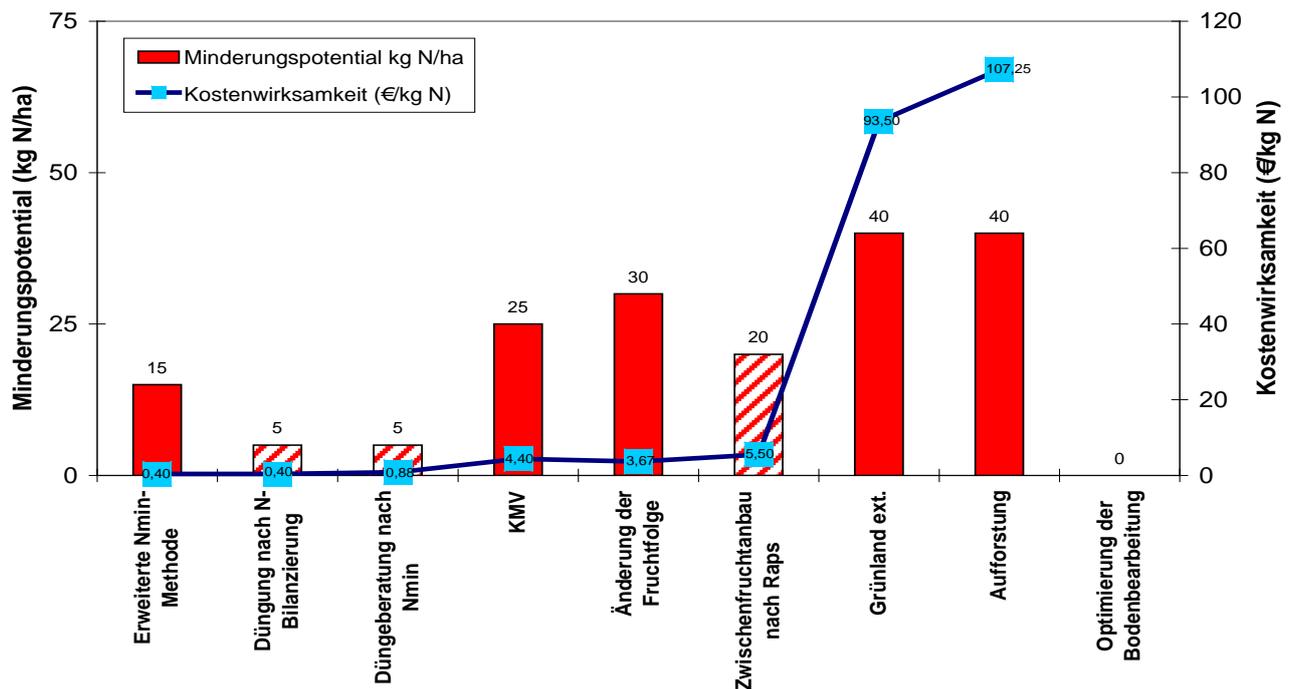
Zwischenfruchtanbau und Mulchsaat

Spezielle landwirtschaftliche Maßnahmen haben einen wesentlichen Einfluss auf die Grundwasserqualität. Zur Stickstoffkonservierung eignet sich besonders der sogenannte "Zwischenfruchtanbau", der von Anfang an ein wesentlicher Baustein der Gewässerschutzstrategie darstellte. Beim Zwischenfruchtanbau wird nach der Getreideernte im August eine Grünpflanze eingesät, die der Nährstoffkonservierung dienen soll. Ziel einer jeden erfolgreichen Gewässerschutzstrategie muss es sein, dass zu Beginn der Versickerungsperiode im Spätherbst möglichst wenig Nitrat im Boden vorhanden ist.

Die Arbeitskreise haben Methoden entwickelt, um den Zwischenfruchtanbau weiter zu optimieren. Eine herbstliche Bodenbearbeitung und die damit verbundenen Nitratfreisetzungen können im Rahmen von sog. „Mulchsaatverfahren“ verhindert werden. Dabei sind bestimmte Arbeitsabläufe vorgegeben, die in ihrem Zusammenwirken zu einer Konservierung von Nitrat im Boden führen. Dadurch lässt sich die Effizienz des Zwischenfruchtanbaus nochmals deutlich steigern.

Nach einer 30jährigen Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft stellt die Rhein-Energie AG fest, dass die langfristige Entwicklung der Nitratgehalte in den Wasserschutzgebieten aufgrund der durchgeführten Maßnahmen und der urbanen Entwicklung in der Region stagnierend bzw. rückläufig ist. Die berechneten Maßnahmenwirkungen sind in Abbildung 15 dargestellt.

Abbildung 15 Darstellung der Maßnahmenwirkung aus Kooperationen zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft im Gebiet der RheinEnergie



In der Abbildung sind Minderungspotential und Kostenwirksamkeit der Maßnahmen dargestellt. Maßnahmen, deren Wirksamkeit unsicher erscheint oder noch nicht ausreichend erprobt wurde, sind schraffiert dargestellt. Es fällt auf, dass die Maßnahmen innerhalb der Landwirtschaft eine höhere Kosteneffizienz aufweisen als Aufforstung und extensive Grünlandnutzung. Die beste, gesicherte Effizienz weist die „erweiterte Nmin-Methode“ auf, Aufforstungen sind relativ teuer, eine reduzierte Bodenbearbeitung hat offensichtlich keinen nennenswerten Einfluss auf den Nitrataustrag.

Abgesehen von der extensiven Grünlandnutzung und der Forstwirtschaft sind die dargestellten Gewässerschutzmaßnahmen nur zu bestimmten Zeiten in einer Fruchtfolge anwendbar und decken nur einen Teil der Flächenbewirtschaftung in den Wasserschutzgebieten ab.

Faktor Urbanität

In der Kölner Region nimmt die landwirtschaftliche Nutzfläche um jährlich ca. 1 % ab. Grund sind die Entwicklung weiterer Wohn- und Gewerbegebiete, Verkehrsflächen sowie die Etablierung von Kompensationsflächen in Sinne der Naturschutzgesetzgebung. Dadurch wird die Belastung aus Düngemaßnahmen der Landwirtschaft verringert.

Auch die Pflanzenschutzmittel aus der Landwirtschaft stellen kein Problem mehr dar. Für die Kölner Region wurden die Eintragswege identifiziert (Reinigung von Feldspritzen auf dem Hof, unsachgemäße Verwendung von Restmengen) und abgestellt.

Allerdings haben die bisherigen Erfahrungen gezeigt, dass es erforderlich ist, Untersuchungen und Beratungen in einem bestimmten Umfang regelmäßig weiter zu führen, um das Erreichte zu sichern. Im zurückliegenden Zeitraum wurde außerdem erkannt, dass aufgrund des sich in der Landwirtschaft fortsetzenden Strukturwandels die Beratungskonzepte in Hinblick auf gewässerschutzrelevante Fragen ständig an neue gesetzliche Vorgaben angepasst werden müssen. Hier sind die Einführung der Nitratrictlinie im Jahre 1991, der Erlass einer Düngeverordnung im Jahre 1996 sowie der Bioabfallverordnung im Jahre 1998 ebenso zu nennen wie diverse Neuerungen im Bereich des Pflanzenschutzes. Ganz aktuell sind die Regelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik zu nennen, die wesentlich in die produktionstechnischen Abläufe der Betriebe eingreifen. Ähnlich gravierend könnten sich die Ände-

rungen der Zuckermarktordnung und eine steigende Belastung der Böden durch organische Düngemittel auf die Kooperationsarbeit auswirken. Wichtig hierbei wird es sein, dass dieser stetige Wandel der Rahmenbedingungen sich in die bestehenden Gewässerschutzstrategien integrieren lässt.

Flächenerwerb

Durch Ankauf und Tausch wurden von den Wasserversorgern bis 1992 ca. 500 ha Ackerflächen extensiviert (360 ha Wald, 140 ha extensives Grünland). Der Eintrag von Nitrat in das Grundwasser kann auf diesen Flächen um ca. 75 % verringert werden. Damit stellen Aufforstung und Extensivierung sehr effiziente Methoden zur Verminderung von Nitratreinträgen dar. Ein weiterer Vorteil ist der Gewinn für Natur und Landschaft, denn aufgeforstete und extensivierte Flächen bieten Refugien für viele Tier- und Pflanzenarten und nicht zuletzt Erholung für die Menschen. Aufforstung und Extensivierung haben aber auch Nachteile: sie sind mit einem Flächenverlust für die Landwirtschaft und folglich mit Einkommensverlusten für die landwirtschaftlichen Betriebe verbunden. Die Landwirte müssen daher für den daraus resultierenden Verlust entschädigt werden.

Aufforstungs- und Extensivierungsmaßnahmen verursachen darüber hinaus hohe Kosten - nicht nur der Ankauf von Flächen, sondern auch die anschließende Pflege der Flächen schlägt hier zu Buche. Diese Maßnahmen werden in der Modellregion daher nur sehr zielgerichtet, z. B. auf sehr durchlässigen Böden oder in unmittelbarer Nähe zu den Wassergewinnungsanlagen, durchgeführt.

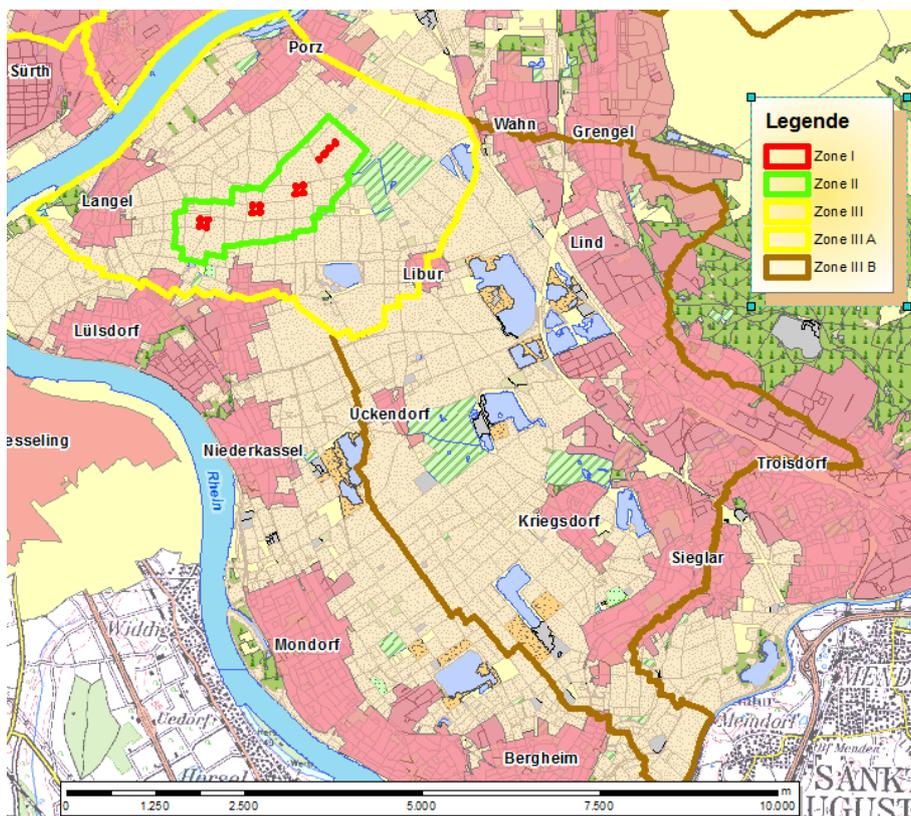
2.3 Modellregion der RheinEnergie (rechtsrheinisch)

2.3.1 Allgemeine Angaben zur Modellregion

2.3.1.1 Lage und Größe

Das 50 km² große Untersuchungsgebiet befindet sich im rechtsrheinischen Kölner Süden und erstreckt sich auch über Teile des angrenzenden Rhein-Sieg-Kreises (siehe Abbildung 16).

Abbildung 16: Darstellung des Modellgebietes (entspricht Wasserschutzgebiet)



2.3.1.2 Einwohnerzahl

Das Wasserwerk versorgt im Verbund mit fünf weiteren Wasserwerken ca. 500.000 Einwohner.

2.3.1.3 Siedlungsstruktur

Das Gebiet zeichnet sich durch einen erhöhten Anteil an Landwirtschaftsfläche (45 %) gegenüber Siedlungsflächen (32 %) aus. Darüber hinaus sind Wald-, Grünland- und Wasserflächen vorhanden (vgl. auch Abbildung 16).

2.3.2 Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen

2.3.2.1 Betroffene Flussgebietseinheiten und Grundwasserkörper (GWK) mit hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung bzw. Trinkwasserentnahmen

Das Modellgebiet liegt im Teileinzugsgebiet Rheingraben Nord (Grundwasserkörper 27_25) und Niederung Sieg (Grundwasserkörper 272_01). Beide Grundwasserkörper befinden sich hinsichtlich der Nitratkonzentration in einem guten Zustand. Nicht durch landwirtschaftliche Emissionen verursacht, befindet sich bezüglich PSM lediglich der Grundwasserkörper 272_01 im guten Zustand. Das bedeutet, dass sich der GWK 27_25 in Bezug auf die Pflanzenschutzmittel nicht in einem guten Zustand befindet, was allerdings auf außerlandwirtschaftliche Anwendung von PSM zurückzuführen ist.

2.3.2.2 Hydrogeologische Gegebenheiten und Bodentypen- und -arten

Das **Modellgebiet Zündorf** liegt, ebenso wie das bereits betrachtete Modellgebiet Weiler, innerhalb der Kölner Scholle, welche den südöstlichsten Ausläufer der Niederrheinischen Bucht darstellt. Nach Osten hin wird die rechtsrheinische Kölner Scholle durch die an tektonischen Störungen aufsteigenden devonischen Gesteine des Bergischen Landes begrenzt.

Im Untersuchungsgebiet sind im Wesentlichen Sedimente der Niederterrasse des Rheins, im Süden auch Ablagerungen der Sieg erschlossen, die Untere Mittelterrasse des Rheins wird lediglich an einigen kleineren Ausläufern im äußersten Westen des Einzugsgebiets erfasst. Diese Sedimentpakete können Mächtigkeiten von bis zu 30 Metern erreichen.

Die Deckschichten schließlich bestehen analog zur betrachteten Region Weiler aus unterschiedlichen quartären Lockersedimenten glazialer, äolischer und fluvialer Herkunft, wobei allerdings der linksrheinisch weit verbreitete Löss im Rechtsrheinischen weitgehend fehlt.

Der Hauptgrundwasserleiter, der für die Wassergewinnung am Wasserwerk Zündorf bewirtschaftet wird, ist im Wesentlichen innerhalb der quartären Ablagerungen der Niederterrasse des Rheins und im südlichen Teil des betrachteten Gebiets auch innerhalb sandig-kiesiger Sedimente der Sieg entwickelt. Es liegen innerhalb der bewirtschafteten Porengrundwasserleiter ausschließlich ungespannte Verhältnisse vor.

Die betreffenden Sedimente weisen dabei im Untersuchungsgebiet Zündorf ähnliche hydraulische Kennwerte wie die Sedimente im Bereich Weiler auf, so dass hier nicht im Einzelnen darauf eingegangen werden muss.

Es haben sich im Wesentlichen terrestrische Böden entwickelt, aufgrund der morphologischen Gegebenheiten und des postglazial milden Klimas meist Braunerden und Parabraunerden mit typischer Horizontfolge. Nur in unmittelbarer Rheinnähe finden sich vom Grundwasser und vom Hochwasserregime des Rheins beeinflusste Böden. Wesentliche Substrate der Bodenbildung sind Hochflutlehme (Niederterrasse) und untergeordnet Flugsande (Niederterrasse), weshalb die Böden – insbesondere auch aus Sicht der Wasserwirtschaft – deutlich unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.

2.3.2.3 Flurabstände und Strömungsverhältnisse

Die Hauptströmungsrichtung innerhalb der südlichen rechtsrheinischen Kölner Bucht ist von der Sieg im Süden und den Ausläufern des Bergischen Land im Osten auf den Rhein hin ausgerichtet, der hier den Hauptvorfluter darstellt. Daraus ergibt sich insgesamt eine von Ost-Südost nach West-Nordwest ausgerichtete Strömung, die im südöstlichen Bereich des Einzugsgebietes ein vergleichsweise steiles Gefälle aufweist, welches im weiteren Verlauf zum Rhein hin deutlich verflacht.

Die Grundwasserverhältnisse im Hauptgrundwasserleiter werden maßgeblich durch den Rhein, im Süden auch durch die Sieg beeinflusst. Während das Grundwasser im Normalfall dem Rhein zufließt, können dort länger anhaltende Hochwasserereignisse zu einem Aufstau des Grundwassers und damit zu erhöhten Grundwasserständen bis ins Hinterland führen. Im Extremfall kann es dabei in Rheinnähe sogar kurzzeitig zu einer hochwasserbedingten Strömungsumkehr im Grundwasserleiter kommen.

Ähnlich wie in Weiler kommt es aufgrund dieser hochdynamischen Prozesse in Rheinnähe zu stark schwankenden Flurabständen von mehreren Metern. Bei sehr niedrigen Wasserständen können dabei auch im Bereich Zündorf Extremwerte von bis zu 7 m unter Flur erreicht werden. Weiter zum Landesinneren nimmt der Flurabstand stetig zu, im östlichen Bereich der Schutzzone Zündorf kann dieser bis zu 12 m unter Flur betragen. Die langjährige Amplitude des Grundwasserstands ist hier deutlich gedämpft.

An einigen kleineren Stellen im betrachteten Gebiet kommt es, vermutlich bedingt durch Störungszonen im Untergrund zu Vernässungsbereichen (so z.B. im Bereich der Ortslage Köln-Lind). Hier können regional sehr niedrige Flurabstände vorliegen, das Grundwasser kann zeitweise sogar an die Oberfläche treten.

2.3.2.4 Wechselwirkungen mit Oberflächengewässern

Neben dem Rhein im Nordwesten als Haupt-Vorfluter und der Sieg im Süden sind im Einzugsgebiet des Wasserwerks Zündorf keine weiteren natürlichen Oberflächengewässer erwähnenswert.

An künstlichen Oberflächengewässern sind mehrere große Seen im Bereich ehemaliger oder noch aktiver Kiesbaggereien zu erwähnen. Die Kiesseen sind in der Regel an das Grundwasser angeschlossen.

Im äußersten Süden wird das Einzugsgebiet des Wasserwerks Zündorf von Nordost nach Südwest auf etwa einem Kilometer Länge vom sog. Troisdorfer Mühlengraben durchzogen, welcher zumindest stellenweise (je nach Ausbildung der Gewässersohle) an das Grundwasser angeschlossen ist und dann mittels Aussickerung dort das Grundwasser anreichern kann.

2.3.2.5 Klimatische Bedingungen

Die Modellregion liegt in einem überwiegend maritim geprägten gemäßigten Klimabereich mit eher kühlen Sommern und milden Wintern. Dabei herrschen südwestliche Winde vor.

Auswertungen von Klimadaten der nächstgelegenen DWD-Wetterstation in Köln-Wahn (Flughafen) für den Zeitraum 1981 - 2010 zeigen eine mittlere korrigierte Jahresniederschlagssumme von 839 mm. Die mittlere jährliche Lufttemperatur liegt bei 10,3° C bei ca. 1.563 Sonnenscheinstunden/Jahr.

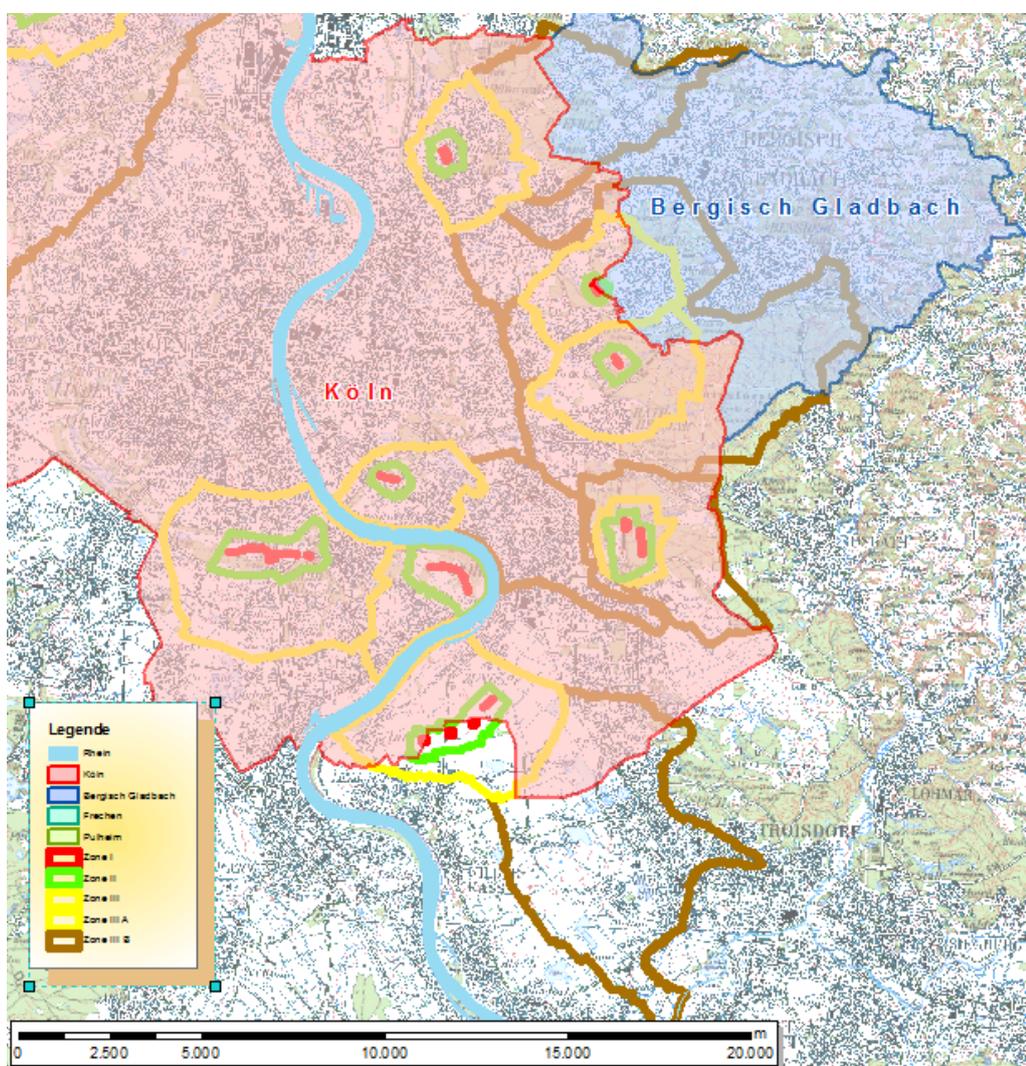
Da die DWD-Station Köln-Wahn bereits im Übergangsbereich zum Bergischen Land liegt, das Einzugsgebiet des Wasserwerks Zündorf jedoch noch weitestgehend im topographisch etwas niedriger gelegenen Bereich der Kölner Bucht, dürfte die Niederschlagsmenge am Werk etwas geringer, die Durchschnittstemperatur dafür geringfügig höher als an der betrachteten Messstation ausfallen.

2.3.2.6 Wasserversorgungsstrukturen

Die RheinEnergie AG versorgt die gesamte Stadt Köln sowie die umliegenden Städte Pulheim, Frechen, Brühl und Bergisch-Gladbach mit Trinkwasser. Der Rhein trennt hierbei die beiden Versorgungsnetze in ein links- und ein rechtsrheinisches Netz.

Das Werk im Modellgebiet versorgt im Verbund mit 5 anderen Werken ca. 500.000 Einwohner auf der rechten Rheinseite. Sein Anteil liegt dabei mit ca. 10 Mio. m³/a bei ca. 30 %. Abbildung 17 gibt eine Übersicht über das Versorgungsgebiet. Nach der Gewinnung mittels 11 Vertikalfilterbrunnen wird das Wasser von 2 Brunnen im Bypass über Aktivkohle geführt. Das Mischrohwasser aller Brunnen wird danach mit dem eines weiteren Wasserwerkes im Verhältnis 2:1 gemischt, mittels Natronlauge der pH-Wert eingestellt und hiernach in das rechtsrheinische Versorgungsnetz eingespeist. Dieses befindet sich auf einem Druckniveau.

Abbildung 17: Versorgungsgebiet der RheinEnergie (rechtsrheinisches Versorgungsnetz)



2.3.3 Flächennutzung in der Modellregion der RheinEnergie (rechtsrheinisch)

2.3.3.1 Anteil der Siedlungsfläche, landwirtschaftl. Nutzfläche, Wald, Grünland, Naturschutz

Nachfolgend zeigt Abbildung 18 die Art der landwirtschaftlichen Fläche in der linksrheinischen Modellregion der RheinEnergie. Detaillierte Angaben zu der Flächennutzung sind Tabelle 16 zu entnehmen.

Abbildung 18: Art der landwirtschaftlichen Fläche 2014 in der rechtsrheinischen Modellregion

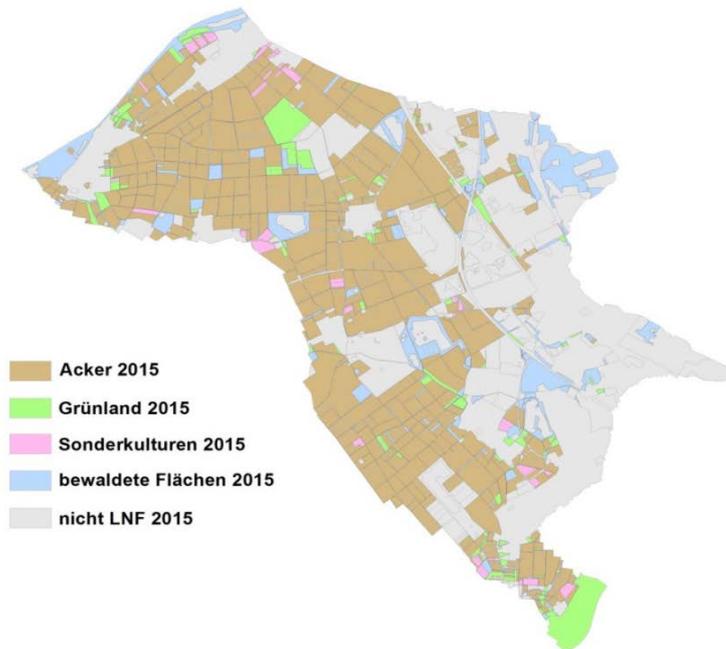


Tabelle 16: Details zur Flächennutzung in der rechtsrheinischen Modellregion

Acker		Grünland		Sonderkultur		Forst		Sonstige	
Dinkel	11,5	Brache	21,0	Gärtnerei	6,9	Anpflanzung	5,0	Bahn	17,6
Erbsen	1,1	Grünland	160,9	Gemüse	14,6	Bäume	18,3	Bebauung	1.003,1
Erdbeeren	14,1	Pferdekoppel	22,3	Sonderkultur	1,9	Feldgehölz	74,9	Biogasanlage	1,1
Kartoffeln	13,1	Streuobst	0,6			Forst	188,9	Campingplatz	3,0
Kürbis	0,5							Damm	2,8
Mais	220,6							Friedhof	22,0
Raps	77,7							Garten	2,6
Rhabarber	0,8							Gewässer	192,4
Rollrasen	39,0							Gewerbe	363,9
Schwarzbrache	24,1							Golfplatz	186,7
Senf	7,7							Hundeplatz	0,7
Sojabohnen	6,5							Kiesgrube	124,7
Sommergerste	7,2							Kläranlage	0,2
Spargel	23,9							Kleingärten	28,1
Triticale	14,1							Lager	14,3
Weihnachtsbäume	4,7							Modellflugplatz	6,6
Wintergerste	303,9							Parkanlage	93,8
Hafer	5,0							Spielplatz	4,7
Roggen	4,1							Sportplatz	0,1
Winterweizen	967,7							Straße	148,2
Zuckerrüben	474,4							Versickerung	2,3
Acker	2.221,5	Grünland	204,7	Sonderkultur	23,4	Forst	287,1	Sonstige	2.219,0

Alle Angaben in ha, Stand 2015.

2.3.3.2 Art der landwirtschaftlichen Nutzung

Es handelt sich um eine Ackerbauregion ohne nennenswerte Viehhaltung mit einem enormen Importdruck bei Gülle und Gärresten aus den Niederlanden und dem Münsterland. Zusätzlich befindet sich in der Modellregion eine Biogasanlage mit einer Leistung von 0,5 MW.

2.3.3.3 Entwicklungstendenzen in der Landnutzung

Es besteht ein zunehmender Importdruck bei Gülle und Gärsubstraten aus den Niederlanden. Aufgrund nationaler Regelungen zur Ausbringung von Wirtschaftsdüngern ergibt sich folgende Situation: Nach dem 1. September darf in den Niederlanden keine Gülle mehr ausgebracht werden. Aufgrund des in der EU freien Warenverkehrs wird überschüssiger Wirtschaftsdünger dann nach NRW exportiert und belastet hier die N-Bilanzen und letztendlich auch die Gewässer. Die hohe Intensität der Tierproduktion (flächenunabhängig) in den Niederlanden (ca. 4 GV/ha) bringt in der Produktion grundsätzlich Vorteile gegenüber deutschen Produzenten. Der preiswert angebotene Wirtschaftsdünger bringt dann Kostenvorteile für deutsche landwirtschaftliche Betriebe. Bislang wurde jedoch noch nicht eingehend überprüft, ob es sich bei den Wirtschaftsdüngern tatsächlich um EU-Düngemittel gem. EG 2003/2003 handelt.

2.3.3.4 Betriebsstrukturen in der Landwirtschaft

Es handelt sich vorwiegend um Ackerbaubetriebe, die häufig einen weiteren Betriebszweig besitzen (Hofläden, Spargel, Erdbeeren). Die durchschnittliche Größe beträgt dabei ca. 100 ha.

2.3.3.5 Zuständige Landwirtschaftskammer

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Verwaltungseinheit Rheinkreise, Köln Auweiler.

Aktuelle oder abgeschlossene Forschungsvorhaben in der Region

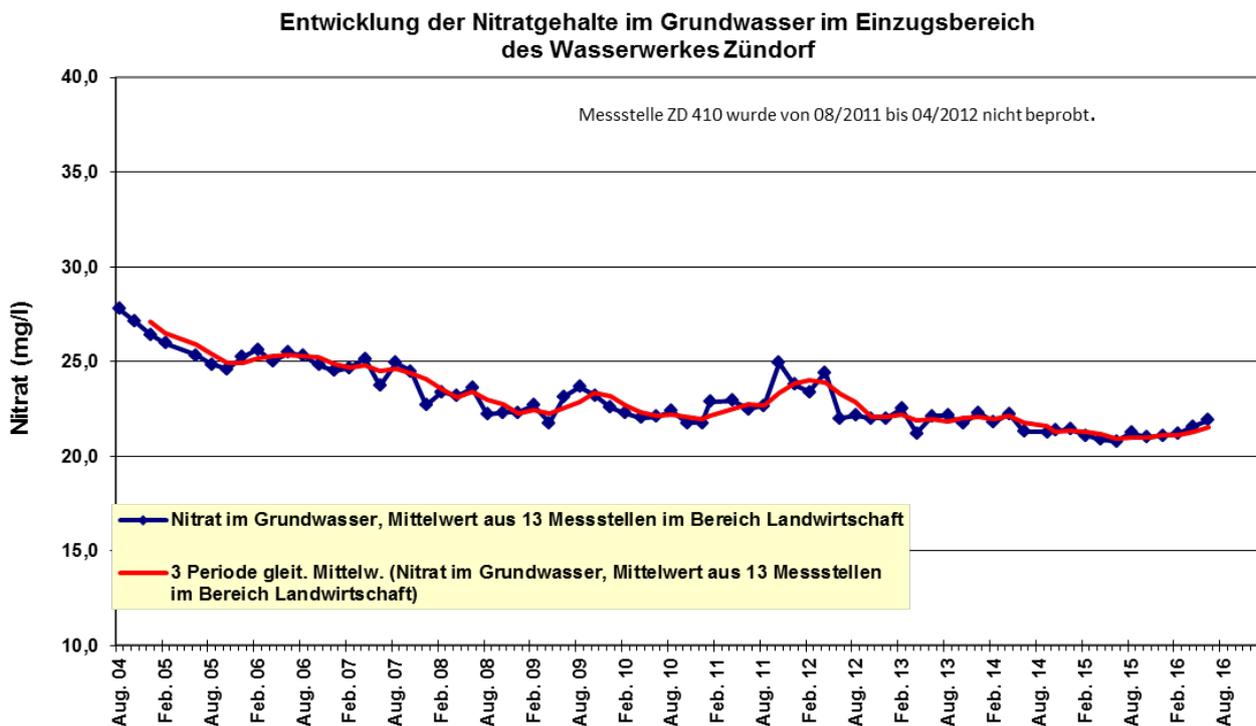
Humusmonitoring, 2 Masterarbeiten 2004, Universität Bonn, INRES
Humusmonitoring, Wiederholung 2013/14, Dissertation noch unveröffentlicht
N-Mineralisierung, DVGW Projekt 2015

2.3.3.6 Stand und Entwicklung der Nitrat- und PSM-Problematik

Es liegen keine PSM-Befunde gemäß der Bestimmungswerte im Grundwasser vor. Eine flächenhafte Aufnahme der Nitratgehalte im Grundwasser wird rechtsrheinisch erst seit 2004 durchgeführt. Deren Abnahme beträgt seit dem ca. 20 % unter landwirtschaftlichen Nutzflächen (siehe Abbildung 19). Die Reduktionen in den Förderbrunnen können über den Zeitraum 1985 bis 2016 sogar über 70% (!) betragen und belegen somit eindrucksvoll, dass eine Nitratkontamination im Grundwasser nicht immer nur durch die Landwirtschaft induziert wird. Eine ganzheitliche Ursachenermittlung trug hier wesentlich zum Erfolg bei (siehe Infobox „Kölner Gewässerschutzkooperationen“ auf Seite 82).

Besorgnis besteht jedoch darüber, dass die Nitratgehalte aufgrund des ungesteuerten Wirtschaftsdüngerimports aus den Niederlanden und anderen Regionen wieder ansteigen. An einem Konzept zum zielgerichteten und gewässerschonenden Einsatz organischen Düngers wird derzeit gearbeitet.

Abbildung 19: Entwicklung der Nitratgehalte im Einzugsbereich des Wasserwerkes Zündorf



2.3.4 Gegenwärtige Maßnahmen zur Reduktion von Nitrat und PSM im Grundwasser

Die zur Anwendung kommenden Maßnahmen zur Vermeidung von Nitrat- und PSM-Einträgen in der rechtsrheinischen Modellregion sind identisch mit denjenigen Maßnahmen der linksrheinischen Modellregion, die in Kapitel 2.2.4.2 beschrieben werden.

Kölner Gewässerschutzkooperationen

Die beiden Kooperationen in den Einzugsgebieten der Wasserwerke der heutigen RheinEnergie AG waren die ersten freiwilligen Gewässerschutzkooperationen in Deutschland. Unabhängig voneinander wurden sie im Jahr 1985 ins Leben gerufen. Anstelle der Zahlung von Ausgleichsgeldern an die einzelnen Landwirte für Einschränkungen in ihrer Wirtschaftsweise wurden die im Raum stehenden Gelder freiwillig in Gewässerschutzmaßnahmen investiert.

Wesentliche Grundsätze waren dabei, dass man die Verantwortung für die hohen Nitratwerte im Grundwasser nicht ausschließlich bei der Landwirtschaft gesucht hat, sondern zunächst eine umfassende Ursachenforschung betrieb. So fand man neben undichten Abwasserbehandlungseinrichtungen auch Altlasten, durch die Nitrat in nicht unerheblichem Maße in den Untergrund versickerte. Neben der Sanierung dieser Quellen wurde ein intensives Beratungskonzept entwickelt und im Laufe der Jahre immer wieder den Anforderungen und neuen Erkenntnissen angepasst. Besonders sensible Flächen wurden aus der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung herausgenommen, zu Dauergrünland umgewandelt oder aufgeforstet. Zum Teil wurde ein Flächentausch realisiert, um den Verlust an landwirtschaftlicher Fläche zu reduzieren.

Die RheinEnergie AG greift in den beiden Arbeitskreisen „Ackerbau und Wasser im Langeler Bogen e. V.“ sowie „Ackerbau und Wasser im linksrheinischen Kölner Norden e. V.“ auf alle Beratungsformen zurück:

- ▶ Officialberatung der Landwirtschaftskammer NRW
- ▶ Privatberatung durch ein externes Ingenieur-Büro
- ▶ Beratung durch eigene Mitarbeiter

Hierdurch wird ein maximaler Wissenstransfer sichergestellt. Die rechtsrheinische Kooperation ist dabei bis heute die einzige Kooperation in NRW, die im Schwerpunkt Privatberater einsetzt. Neben der optimalen Wirtschaftsweise zur Nitratreduktion und Verhinderung von PBSM-Einträgen (z. B. durch den korrekten Umgang mit Restmengen oder eine regelmäßige Reinigung der Maschinen) waren auch immer wirtschaftliche Aspekte im Fokus. Grundsatz hierbei ist, dass nur ein wirtschaftlich gesunder Betrieb auch in gewässerschonende Maßnahmen investieren kann.

Gesteuert werden die Arbeiten der Arbeitskreise durch Vorstände, in denen die Landwirte gleichberechtigt zu den Wasserversorgern in die Entscheidungsfindungen eingebunden sind. Beide Arbeitskreise feierten im Jahr 2016 ihr 30-jähriges Bestehen.

Auf Augenhöhe werden Maßnahmen umgesetzt, die sowohl die Belange der Wasserwirtschaft als auch die der Landwirtschaft berücksichtigen. Dies ist die Grundlage dafür, dass man sich intensiv und frühzeitig mit Wirkzusammenhängen und veränderten Randbedingungen auseinandersetzt und gemeinsam an optimalen Lösungen arbeitet. Verständnis für die Probleme und Notwendigkeiten der jeweils anderen Seite ist eine Grundvoraussetzung.

Die beiden Kölner Kooperationen waren die Grundlage für das 12-Punkte-Programm der nordrhein-westfälischen Gewässerschutzkooperationen.

2.4 Modellregion der RWW

2.4.1 Allgemeine Angaben zur Modellregion

2.4.1.1 Lage und Größe

Bereits Ende der 1920-er Jahre wurde an der Lippe das Wasserwerk Dorsten-Holsterhausen errichtet, nachdem Steinkohlemutungsbohrungen und die Erschließung artesischer Quellen im Gahlener Raum gezeigt hatten, dass dort in einem 2. Grundwasserstockwerk Wasser von quantitativ und qualitativ großer Bedeutung für die öffentliche Trinkwasserversorgung im nördlichen Ruhrgebiet nutzbar gemacht werden kann. Dem steigenden Bedarf an Trinkwasser folgend errichtete die RWW zu Beginn der 1970er Jahre 6 km nördlich der Holsterhausener Brunnengalerie eine zweite Brunnenreihe im Gebiet der Üfter Mark (Abbildung 20). Das dort im ungespannten Aquifer gewonnene Wasser fließt über eine Transportleitung in das Wasserwerk Dorsten-Holsterhausen und wird dem Wasser der Brunnengalerie Holsterhausen zugemischt. Das Grundwasser in den beiden Galerien wird mithilfe von derzeit 64 Vertikalfilterbrunnen gewonnen, die bis in eine maximale Tiefe von 100 m ausgebaut sind.

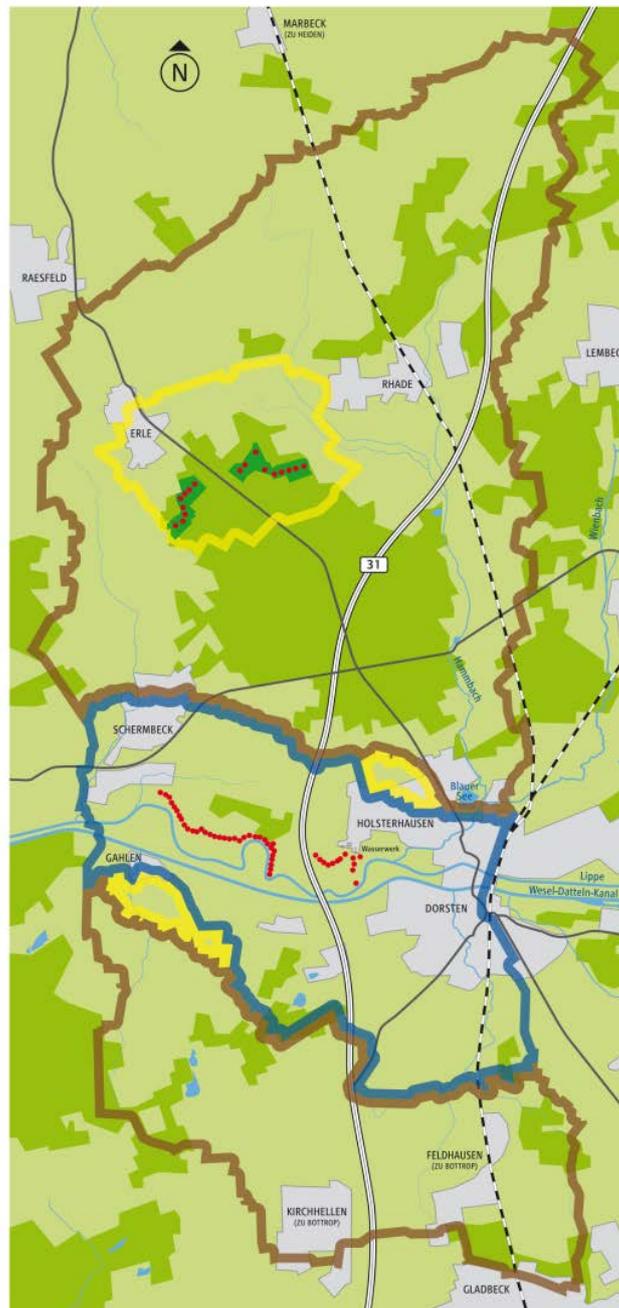
Das gemeinsame Einzugsgebiet der Brunnengalerien an der Lippe und in der Üfter Mark bildet mit 185 km² das größte Wasserschutzgebiet für ein Grundwasservorkommen in Nordrhein-Westfalen (Abbildung 20).

Abbildung 20: Wasserschutzgebiet Holsterhausen/Üfter Mark



WASSERSCHUTZGEBIET
DORSTEN-
HOLSTERHAUSEN/
ÜFTER MARK

-  Schutzzone I
-  Schutzzone II
-  Schutzzone III A
-  Schutzzone III B
-  Schutzzone III C



WIR BEWEGEN WASSER

2.4.1.2 Einwohnerzahl

In den vom Wasserwerk Holsterhausen versorgten Gemeinden lebten laut statistischem Bundesamt im Jahr 2015 etwa 490.000 Einwohner. Hierbei ist zu erwähnen, dass insbesondere in ländlich geprägten Bereichen eine Trinkwasserversorgung über Eigenbrunnen nicht ungewöhnlich ist. Weiterhin werden die Gemeinden Oberhausen, Bottrop, Schermbeck und Raesfeld in Teilen vom Wasserwerk Holsterhausen versorgt. Die Einwohnerdichte der beteiligten Gemeinden liegt im Bereich von 122 (Gemeinde Schermbeck) bis 441 Einwohner pro Quadratkilometer (Stadt Dorsten).

2.4.1.3 Siedlungsstruktur

Der Untersuchungsraum gehört der Region Südwestliches Münsterland an und ist deutlich ländlich strukturiert. Neben der Stadt Dorsten bilden die Kerngemeinde Schermbeck mit dem Ortsteil Gahlen sowie Bottrop-Kirchhellen im Süden und Raesfeld-Erle nördlich der Üfter Mark die Siedlungsschwer-

punkte. Umgeben sind diese von intensiv genutztem Ackerbau und von Grünlandflächen, in die gleichmäßige Streusiedlungen und Einzelgehöfte eingelagert sind.

2.4.1.4 Wirtschaftsstruktur

Durch gute infrastrukturelle Anbindung, auch an die Metropole Ruhr, hat sich die Region zu einem Wirtschaftsstandort mit hoher Branchenvielfalt kleiner und mittlerer Betriebe entwickelt. Die flächenintensive Landwirtschaft spielt von der Wirtschaftsleistung im Vergleich eine untergeordnete Rolle. Neben dem etablierten produzierenden Gewerbe hat sich der moderne Dienstleistungssektor deutlich ausgeweitet. Auf der Rohstoffseite hat der Abbau von Ton sowie Kies und Sand überregional Bedeutung erlangt.

2.4.2 Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen

2.4.2.1 Betroffene Flussgebietseinheiten und Grundwasserkörper (GWK) mit hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung bzw. Trinkwasserentnahmen

Die Modellregion umfasst die Grundwasserkörper gemäß WRRL 278_02 bis 278_07 und 928_18. Mit Ausnahme des Grundwasserkörpers 278_05 befinden sich alle übrigen Grundwasserkörper bezüglich Nitrat in einem schlechten chemischen Zustand.

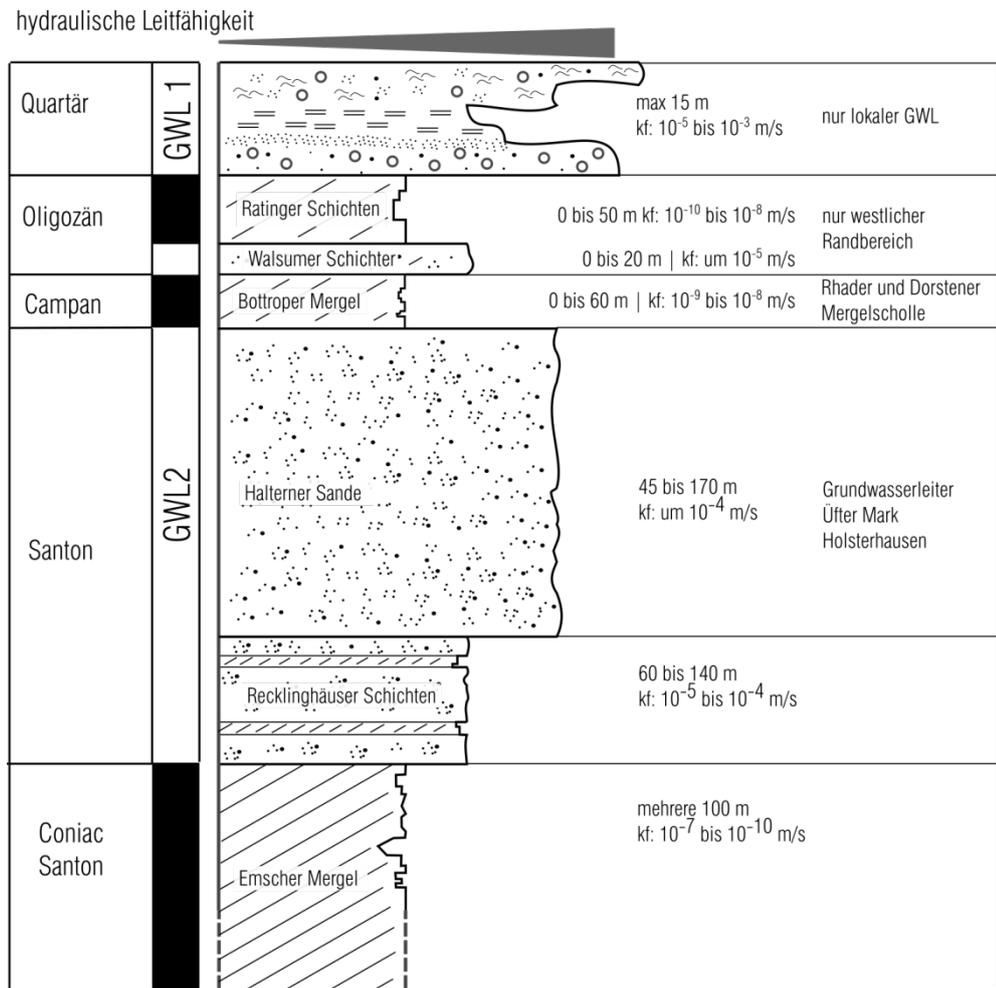
Tabelle 17: Grundwasserkörper gemäß WRRL im Wasserschutzgebiet Holsterhausen/Üfter Mark

Grundwasserkörper ID	Name
278_02	Niederung der Lippe / Dorsten
278_03	Tertiär des westlichen Münsterlandes / Schermbeck
278_04	Tertiär des westlichen Münsterlandes / Gatroper Mühlenbach
278_05	Münsterländer Oberkreide / Schölsbach
278_06	Halterner Sande / Haard
278_07	Halterner Sande / Hohe Mark
928_18	Halterner Sande / Nord

2.4.2.2 Hydrologische Gegebenheiten

Das Wasserschutzgebiet Holsterhausen/Üfter Mark liegt im Übergangsbereich des Münsterländer Kreidebeckens in die Niederrheinische Bucht. Somit folgen über den Festgesteinen des paläozoischen Grundgebirges und des älteren Mesozoikums die sandigen, kalkigen und sandig-mergeligen Sedimente der Oberkreide, die im Westen von sandigen und tonigen Schichten des Tertiärs diskordant überlagert werden. Die Deckschichten schließlich bestehen aus unterschiedlichen quartären Lockersedimenten glazialer, äolischer und fluvialer Herkunft (siehe Abbildung 21).

Abbildung 21: Schematische Darstellung der Schichtenfolge im Wassergewinnungsgebiet Holsterhausen/Üfter Mark



Relevant für die Grundwassergewinnung sind die Schichten der Oberkreide und des Känozoikums, die sich vom Liegenden zum Hangenden wie folgt charakterisieren lassen:

Das 1. Grundwasserstockwerk bilden im Verbreitungsgebiet des Bottroper Mergels und der tonigen Ratinger Schichten die quartären Sedimente, deren Durchlässigkeiten je nach lithologischer Ausbildung stark variieren. Der hydrogeologisch bedeutendste Teil dieser Schichtserie sind die Sedimente der Nieder- und Hauptterrasse im Bereich des Lippetales mit k_f -Werten von 1×10^{-5} bis 1×10^{-3} m/s. Die lokal bis zu 15 m mächtigen Schichten sind häufig durch Haus- und Weidebrunnen erschlossen, jedoch ist dieses Grundwasserstockwerk sowohl in quantitativer als auch qualitativer Hinsicht nicht für die öffentliche Trinkwasserversorgung geeignet.

Das 2. Grundwasserstockwerk umfasst die Sedimente des Hauptgrundwasserleiters der Halterner Sande und Recklinghäuser Schichten. Dieses für die Wassergewinnung von der RWW genutzte Stockwerk kann wie folgt charakterisiert werden:

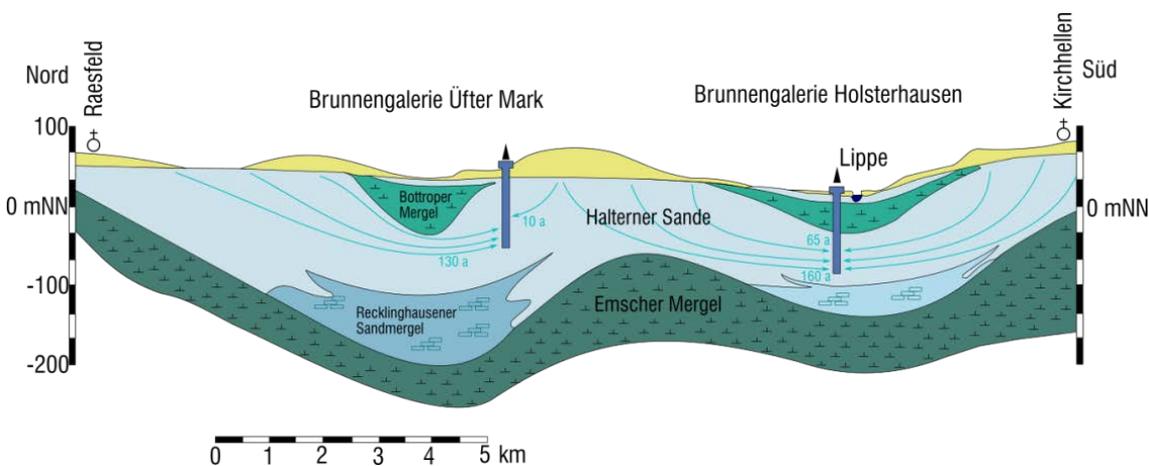
Die Halterner Sande haben in zahlreichen Pumpversuchen an Brunnen und Messstellen überwiegend Durchlässigkeiten 1×10^{-4} bis 4×10^{-4} m/s gezeigt. Lokal treten in sandig-kiesigen Bereichen auch höhere Durchlässigkeiten auf. Hin und wieder eingelagerte Quarzit- und Kalksandsteinbänke beeinflussen je nach Mächtigkeit und Kluffinventar lokal die Durchlässigkeit und so auch die Grundwasserströmungsverhältnisse. Im Übergang zu den Recklinghäuser Schichten kann der Mergelanteil bereichsweise so stark zunehmen, dass zwischen den Halterner Sanden und den Recklinghäuser Schichten noch ein weiterer Aquiferbereich unterschieden werden kann (Übergangsschichten). Die Reck-

linghäuser Schichten werden mit Durchlässigkeitsbeiwerten von 1×10^{-5} bis 1×10^{-6} m/s im Allgemeinen als der etwas schlechter durchlässige Teil des Hauptgrundwasserleiters beschrieben. Aufgrund ihrer starken lithologischen Differenzierung als typische randmarine Bildung treten jedoch auch bis zu 20 m mächtige Pakete aus mergeligen Sanden auf, die mit $2,6$ bis $4,8 \times 10^{-4}$ m/s durchaus die Größenordnung der Durchlässigkeiten der Halterner Sande erreichen.

Als großflächige grundwasserstockwerkstrennende Schichteinheiten sind der Bottroper Mergel und die tonigen Ratinger Schichten zu nennen. Bottroper Mergel treten in der Dorstener Mergelscholle im gesamten Bereich der Brunnengalerie Holsterhausen sowie in der Rhader Mergelscholle nordöstlich der Brunnengalerie Üfter Mark auf (Abbildung 22). Die Lagerungsform ist in beiden Bereichen eine flache Mulde mit allseits zu den Rändern abnehmenden Mächtigkeiten. Anhand von repräsentativen Bohrkernen wurde die vertikale Durchlässigkeit dieser Schichteinheit auf $7,8 \times 10^{-10}$ bis $3,2 \times 10^{-8}$ m/s bestimmt. Aufgrund dieser geringen Durchlässigkeiten, einer Mächtigkeit von 21 bis 67 m und der großflächigen Verbreitung konnte auf die Ausweisung einer Schutzzone II für die Galerie Holsterhausen verzichtet werden (Abbildung 20). Die Leakageraten im Bottroper Mergel sind so gering, dass insbesondere in der Lippeau und in einem Bereich auf der Rhader Mergelscholle südlich der Ortschaft Rhade halb gespannte bis artesisch gespannte Grundwasserverhältnisse auftreten.

Außerhalb der Verbreitung der beiden stockwerkstrennenden Schichteinheiten der Bottroper Mergel und der Ratinger Tone fallen der quartäre und kretazisch/tertiäre Grundwasserleiter zu einem gemeinsamen, ungespannten Grundwasserstockwerk zusammen (Abbildung 22).

Abbildung 22: Schematisches geologisches N-S-Profil durch das Wassergewinnungsgebiet Holsterhausen/Üfter Mark



2.4.2.3 Bodentypen und Arten

Die Böden im Untersuchungsgebiet weisen überwiegend einen lehmig-sandigen Oberboden auf. Diese Standortverhältnisse bedingen eine geringe Wasserspeicherkapazität und somit eine erhöhte Ausstragsgefährdung für Nitrat aus der Wurzelzone in das Grundwasser.

Die überwiegend sandigen und damit früher sehr nährstoffarmen Böden wurden bereits seit dem Mittelalter durch das Aufbringen von Tierdung aus den Ställen und Plaggen aus Heide- und Waldflächen melioriert. Heute ist daher der Bodentyp der Humusbraunerde und des Plaggeneschs dominant. Die Aufbringung von Wirtschaftsdüngern durch Gülle und Stallmist ist aufgrund der Viehbesatzdichte hoch und hat die Anreicherung organischer Substanz in den Oberböden begünstigt. Hierdurch haben sich die Wasserspeicherkapazität und die Nährstoffversorgung der Böden erheblich verbessert. Allerdings ist eine deutliche Nährstoffanreicherung in den Oberböden festzustellen, die aus wasserwirtschaftlicher Sicht problematisch sein kann.

In den Niederungsbereichen können die Böden zunehmend lehmige und in geringerem Umfang auch tonige Substrate mit günstigeren Wasserverhältnissen aufweisen. Hier ist als Bodentyp der Gleye anzutreffen.

2.4.2.4 Grundwasserflurabstände und Strömungsverhältnisse

Artesische Druckverhältnisse treten im Hauptgrundwasserleiter innerhalb der Verbreitung stockwerkstrennender Schichten auf, so auf der Rhader und Dorstener Mergelscholle sowie innerhalb der Ratinger Schichten. Auf den Mergelschollen können dabei hydrostatische Drücke von mehr als 2 m über Gelände auftreten. Flurabstände zwischen 0 und 2 m zeigen sich in der Regel bei nicht gespannten Grundwasserverhältnissen nur in den Bachniederungen sowie in den von Bergsenkungen betroffenen Gebieten nordöstlich des Blauen Sees. Der größte Teil des Wasserschutzgebietes Holsterhausen/Üfter Mark ist jedoch außerhalb der Mergelschollen durch relativ hohe Flurabstände von 5 bis 30 m geprägt.

Die Grenze des Grundwassereinzugsgebietes ist im Süden in etwa mit der morphologischen Wasserscheide zur Emscher und im Norden zur Issel identisch. Im Westen begrenzen die Wasserscheiden der Lippe-Zuflüsse Rehrbach und Schermbecker Mühlenbach das Gebiet, während die Grenze im Osten sich durch die effluenten Bedingungen an zwei Bächen sowie die Wasserförderung selbst einstellt.

Die Grundwasserströmung ist im gesamten Gebiet allgemein zur Lippe als Hauptvorfluter bzw. zur Brunnengalerie Holsterhausen gerichtet. Die Grundwasserentnahme der Brunnengalerie Üfter Mark beeinflusst südöstlich der Ortschaft Raesfeld-Erle die Grundwassergleichen, wobei der lokal ausgeprägte Absenktrichter um den westlichen Flügel der Galerie darauf zurückzuführen ist, dass die Mächtigkeit des Grundwasserleiters westlich einer Störung um mindestens 30 m geringer ist als östlich davon.

2.4.2.5 Wechselwirkung mit Oberflächengewässern

Der Einfluss des Steinkohlenbergbaus im südlichen Einzugsgebiet Holsterhausen/Üfter Mark ist von großer Bedeutung für die Grundwasserneubildung, für die Anbindung von Oberflächengewässern an das Grundwasser und damit für den gesamten Wasserhaushalt. Am südlichen Rand des Einzugsgebietes wird noch bis zum Jahr 2019 in zwei Bergwerken (Prosper-Haniel und Lippe) Steinkohle abgebaut, was dort lokal zu weiteren Bergsenkungen, Vorflutänderungen in den oberirdischen Fließgewässern und infolgedessen auch zu einer Beeinflussung der Grundwasserströmungsverhältnisse geführt hat und weiterhin führen wird. Maßgeblichen Einfluss auf die Grundwasserverhältnisse im Bereich der Dorstener Mergelscholle hatte auch der untertägige Steinkohlenbergbau im inzwischen stillgelegten Bergwerk Fürst Leopold/Wulfen, der im Bereich der Stadt Dorsten zu Bergsenkungen von über 5 m geführt hat.

Auffallend ist eine großflächige Absenkung um den Blauen See im Stadtgebiet Dorsten (nordöstlich der Galerie Holsterhausen), die durch umfangreiche Poldermaßnahmen im dortigen Bergsenkungsgebiet hervorgerufen wird. Neben Ausbaumaßnahmen an Bächen wird das Grundwasser durch Tiefendränagen und Polderbrunnen sowie durch die Wasserentnahme aus dem Blauen See abgesenkt. Die RWW fördert aus diesem innerhalb des Wasserschutzgebietes liegenden See, der hauptsächlich aus zwei Bächen gespeist wird, bis zu 17 Mio. m³ Brauchwasser jährlich als Kühlwasser für verschiedene Kraftwerke. Dennoch müssen über das Hambachpumpwerk in Dorsten jährlich noch ca. 26 Mio. m³ Grund- und Oberflächenwasser in die Lippe gehoben werden, da ein natürlicher kontrollierter Abfluss über Vorfluter aufgrund der Bergsenkung nicht länger möglich ist.

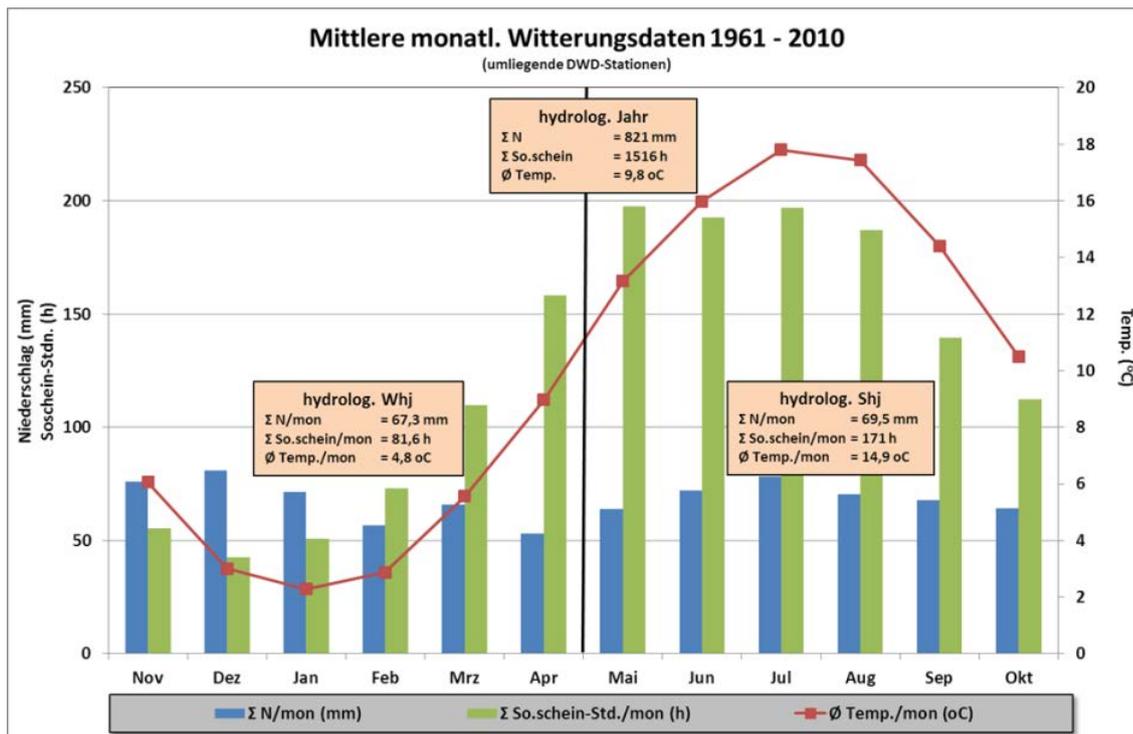
2.4.2.6 Klimatische Bedingungen

Die Modellregion liegt in einem überwiegend maritim geprägten Klimabereich mit allgemein kühlen Sommern und milden Wintern, gelegentlich durchbrochen von kontinentalen Witterungseinflüssen mit längeren Phasen hohen Luftdrucks. Im Winter sind kontinental geprägte Wetterlagen häufig mit

Kälteperioden verbunden, im Sommer kann es bei schwachen östlichen Winden zu höheren Temperaturen und trockenem sommerlichen Wetter kommen.

Auswertungen von Witterungsdaten der dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen DWD-Stationen für den Zeitraum 1996 - 2010 zeigen eine ausgeglichene Niederschlagsverteilung im hydrologischen Sommer- und Winterhalbjahr bei einer mittleren Jahresniederschlagssumme von 821 mm. Die mittlere jährliche Lufttemperatur liegt bei 9,8° C bei ca. 1.520 Sonnenscheinstunden/Jahr (Abbildung 23).

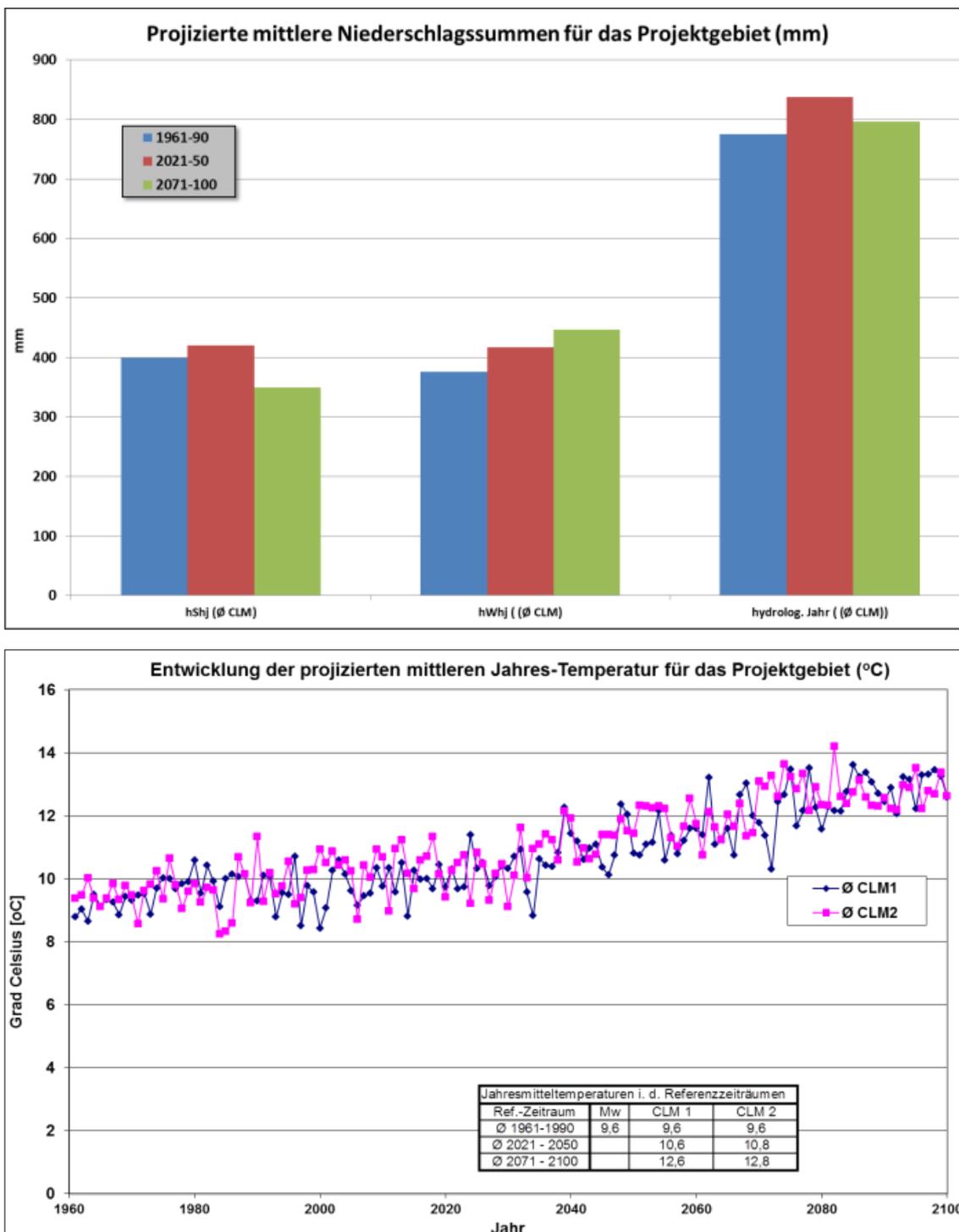
Abbildung 23: Mittlere monatliche Witterungsdaten verschiedener DWD-Stationen im Umkreis des Projektgebietes, 1961 - 2010



Quelle: Fohrmann (2013)

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „dynaklim – Dynamische Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region“ (www.dynaklim.de) wurden verschiedene Projektionen der klimatischen Veränderungen bis zum Jahr 2100 betrachtet, wobei als Datengrundlage das Regionale Klimamodell CLM und hier die Daten der CLM-Realisierungen CLM_C20_1_D3 und CLM_C20_2_D3 herangezogen. Zur vergleichenden Bewertung der Klimaprojektionen wurden innerhalb von dynaklim die drei Betrachtungszeiträume „Referenzzeitraum“ (1961 - 1990), „Nahe Zukunft“ (2021 - 2050) und „Ferne Zukunft“ (2071 - 2100) definiert. In der Gegenüberstellung der Mittelwerte der relevanten Klimaparameter dieser drei Betrachtungszeiträume zeigen die Klimaprojektionen, dass es in der Projektregion zu keiner nennenswerten Veränderung der mittleren jährlichen Niederschlagsmengen kommt, die mit ca. 800 mm ziemlich konstant bleiben. Vor allem für die „Ferne Zukunft“ sind aber deutliche Verschiebungen in der jährlichen Verteilung der Niederschläge hin zu trockeneren Sommern und feuchteren Wintern zu erwarten. Deutliche Veränderungen sind hinsichtlich der mittleren Jahrestemperaturen zu erwarten, die sich kontinuierlich von ca. 9,6° C (Ø 1961 - 1990) auf ca. 12,8° C (Ø 2071 - 2100) erhöhen werden (Abbildung 24).

Abbildung 24: Entwicklung der Niederschlagsmengen (oben) und Lufttemperaturen (unten) im Untersuchungsgebiet im Zeitraum 1961 - 2010



Quelle: Fohrmann (2013)

2.4.2.7 Wasserversorgungsstrukturen

Die **Modellregion Holsterhausen/Üfter Mark** wird von den Gemeinden Dorsten, Schermbeck, Gladbeck, Raesfeld, Bottrop und Oberhausen umfasst. Die Einwohner dieser Gemeinden werden größtenteils von der RWW mbH mit Trinkwasser versorgt. Insgesamt wird das auf Basis wasserrechtlicher

Bewilligungen im Grundwasserwerk Dorsten-Holsterhausen geförderte Trinkwasser hauptsächlich für die Versorgung von ca. 360.000 Menschen in den o. g. Gemeinden verwendet.

In der Modellregion sind gemäß Schutzgebietsverordnung die direkten Fassungsbereiche der Brunnen als Schutzzone I, das engere Schutzgebiet als Schutzzone II und das weitere Schutzgebiet als Schutzzone III deklariert (Abbildung 20). Neben der Größe weist das 1998 von der Bezirksregierung Münster ausgewiesene Wasserschutzgebiet eine Besonderheit auf: eine Schutzzone IIIC. Diese Schutzzone ist mit der Ausbisslinie des Bottroper Mergels im Raum Dorsten identisch, der in diesem Bereich das oberflächennahe, quartäre Grundwasserstockwerk von dem zur Trinkwassergewinnung genutzten tieferen Grundwasserstockwerk der Halterner Sande trennt.³ Die Lage der Brunnengalerien bietet aus Sicht des Gewässerschutzes, aber auch aus Sicht der Landwirtschaft große Vorteile: Im Bereich der Dorstener Mergelscholle konnte auf die Ausweisung einer Schutzzone II vollständig verzichtet werden, da das neu gebildete Grundwasser die Mergelscholle zum Erreichen der Fassungsanlagen unterströmen muss und dazu deutlich länger als 50 Tage benötigt. Im Bereich der Üfter Mark liegt die Schutzzone II vollständig in einem Waldgebiet.

Im Wasserwerk Holsterhausen werden die Rohwässer aus den beiden Brunnengalerien Holsterhausen und Üfter Mark mit jeweils 47 und 22 Tiefbrunnen zusammengeführt. Nach einer Enteisung wird das Wasser ins Trinkwassernetz verteilt. Das gemeinsame Wasserrecht für beide Brunnengalerien beläuft sich auf 29 Mio. m³/a, wobei aktuell ca. 24 Mio. m³/a in Summe gefördert werden.

Im Einzugsgebiet der beiden Brunnengalerien werden größere Grundwassermengen v.a. für die produzierenden Betriebe und zu Beregnungszwecken in der Landwirtschaft entnommen. Die Rechte summieren sich auf ca. 2,2 Mio. m³/a. Daneben bestehen privilegierte Entnahmen für Hofstellen sowie die Eigenwasserversorgungsanlagen, für die keine Entnahmemengen vorliegen, sowie vermutlich auch illegale Entnahmen im nicht unerheblichen Umfang.

2.4.3 Flächennutzung in der Modellregion der RWW

2.4.3.1 Anteil der Siedlungsfläche, landwirtschaftl. Nutzfläche, Wald, Naturschutz

Insgesamt umfasst das Modellgebiet Holsterhausen/Üfter Mark eine Fläche von ca. 18.500 ha, wobei der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen mit 11.300 ha gegenüber anderen Nutzungsarten deutlich überwiegt. Basierend auf der Nitratbelastung bzw. -gefährdung wurden diese landwirtschaftlich genutzten Flächen in Intensivberatungs- und Basisgebiete unterteilt (näheres siehe Abschnitt 2.4.4.1). Etwa 8.000 ha fielen in der Erhebung 2015 in den Bereich der Basis- und 3.300 ha in den Bereich der Intensivberatungsgebiete. Südlich der Brunnengalerie Üfter Mark befindet sich der Augustusforst, der eine Fläche von ca. 2.200 ha umfasst. Einen kleinen Anteil an der Gesamtfläche bilden die Naturschutzgebiete Rhader Wiesen (220 ha) und Deutener Moore (87 ha). Etwa 4.700 ha Fläche sind Siedlungsflächen, Straßen und Gewerbegebiete.

2.4.3.2 Art der landwirtschaftlichen Nutzung

Die Landwirtschaft im westlichen Münsterland zählt zu den leistungsfähigsten Regionen des Agrobusiness in Deutschland. Sie ist damit ein bedeutender regionaler Wirtschaftsfaktor. Im Münsterland findet dabei eine Konzentration der landwirtschaftlichen Produktion statt, insbesondere der Veredelung, des Futtermittelsektors und des Ernährungsgewerbes sowie der Biogasproduktion. Die tierische

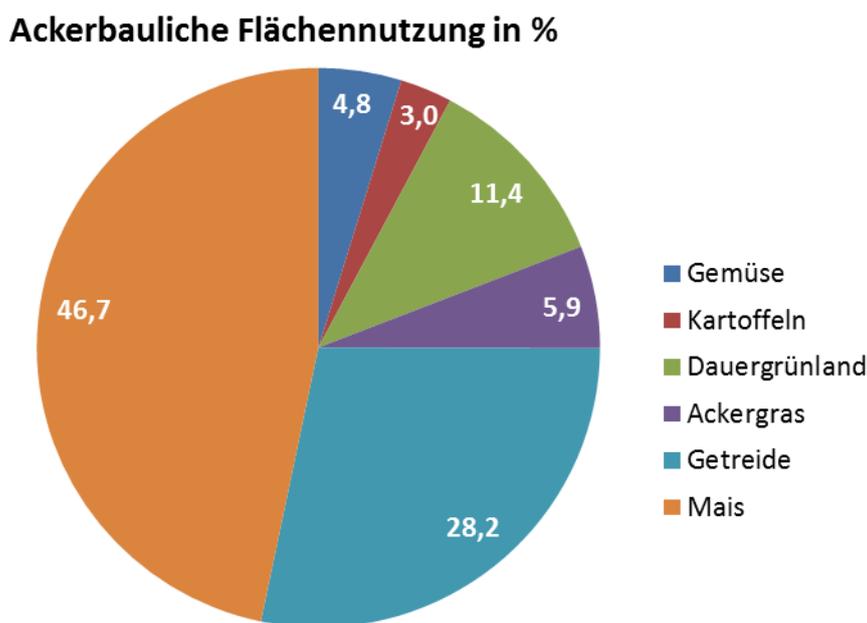
³ Das junge Grundwasser auf der Dorstener Mergelscholle fließt hauptsächlich zur Lippe ab und steht im Bereich des Wasserschutzgebietes in weiten Bereichen hydraulisch nicht mit dem Grundwasser der Halterner Sande in Verbindung. Folglich gibt es in der Schutzgebietsverordnung für die Schutzzone IIIC keine Auflagen, die mit denen einer Schutzzone IIIA oder IIIB vergleichbar sind. Die Schutzzone IIIC soll das tiefer liegende Grundwasser vor schwer abbaubaren und insbesondere hochviskosen wassergefährdenden Stoffen sowie radioaktiven Substanzen schützen. Alle Handlungen, die das Schwächen und das Durchteufen des Bottroper Mergels zur Folge haben, sind daher genehmigungspflichtig.

Veredelung spiegelt sich in einer hohen Viehbesatzdichte wider, die in der Milchvieh-, Schweine- und Geflügelhaltung gleichermaßen begründet ist. Der Kreis Borken mit einer Viehbesatzdichte von > 2,5 GV/ha LF weist NRW-weit den Spitzenwert auf. Im Osten (Kreis Gelsenkirchen) und Süden (Kreis Bottrop) liegt die Viehbesatzdichte bei > 1,5 – 2,0 GV/ha LF; der Kreis Wesel mit > 1,0 – 1,5 GV/ha LF weist die geringste Viehbesatzdichte in der Modellregion Holsterhausen/Üfter Mark auf.

Die hohe Viehbesatzdichte im Norden des Modellgebiets verursacht einen hohen Nährstoffanfall auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen. Um die anfallenden Nährstoffe wasserwirtschaftlich verträglich einzusetzen und die Einhaltung des Trinkwassergrenzwertes von 50 mg/l Nitrat zu gewährleisten, sind deshalb unter den vorhandenen Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen besondere Anstrengungen notwendig.

Die Tierhaltung kommt auch in dem hohen Maisanteil zum Ausdruck, der eine wichtige betriebseigene Futtergrundlage darstellt. Der in ackerbaulich geprägten Gebieten dominante Getreideanbau ist hier nur mit einem Anteil von etwa einem Viertel der Gesamt-LF vertreten (Abbildung 25). Der Anbau von Ackergras ist der Rinderhaltung zuzuordnen. Die Nähe zu den Märkten des Ruhrgebietes und die günstigen Standortbedingungen sind die wesentlichen Gründe, dass auch der Kartoffel- und Gemüseanbau von Bedeutung ist. Die Anteile der ackerbaulichen Flächennutzung sind in Abbildung 25 dargestellt.

Abbildung 25: Prozentuale Darstellung der ackerbaulichen Flächennutzung



2.4.3.3 Entwicklungstendenzen in der Landnutzung

Die Agrarwirtschaft will als Zulieferer der Ernährungsindustrie ihre Wettbewerbsposition halten und weiter ausbauen. Hierzu wurden in den letzten Jahren Investitionen getätigt, die sich in den kommenden Jahren rentieren müssen. Der Landwirtschaft ist es gelungen, die Produktion auf die spezifischen Rohstoffansprüche der Ernährungsindustrie auszurichten. Die Ernährungsindustrie hat sich daher auf das Münsterland (und damit auf den nördlichen Teil der hier betrachteten Modellregion) konzentriert, da die Rohstoffe in der Region in ausreichender Qualität und Quantität vorhanden sind. Diese Konzentrationsprozesse werden weiter zunehmen, da Aspekte der Regionalität, der Frische, der Transportfähigkeit und Transportbelastung zunehmen. Ob die hier dargestellte Entwicklung auch für andere Regionen Deutschlands im gleichen Ausmaß gilt, kann an dieser Stelle nicht beurteilt werden.

Die Nähe zum Rohstoff und die Nähe zum Arbeitsmarkt sind für die Ernährungsindustrie entscheidende Standortmotive. Die kurzen Transportwege zwischen Produktionsstätte und Weiterverarbeitung

der Agrarrohstoffe spielen bei leicht verderblichen Lebensmitteln und bei Tiertransporten eine erhebliche Rolle. Die Tendenz, die vor Ort von der Landwirtschaft produzierten Produkte zu verarbeiten, wird aus vielerlei Gründen zunehmen. Neben der Qualitätssicherung sind die Seuchenprophylaxe und der Tierschutzgedanke bedeutend.

Auch die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung der landwirtschaftlichen Betriebe in der Modellregion wird auf Wachstum und Effizienzsteigerung ausgelegt sein. Hierfür gibt es lokale und zunehmend auch globale Gründe, denen sich der Landwirt als Unternehmer nicht entziehen kann:

- ▶ Steigende Pacht- und Bodenpreise
- ▶ Knappe verfügbare landwirtschaftliche Nutzfläche
- ▶ Volatile Düngemittel- und Energiepreise
- ▶ Steigende Viehintensität pro Hektar
- ▶ Konkurrenz zwischen Bioenergieerzeugung und Nahrungsmittelerzeugung
- ▶ Wachsende internationale Konkurrenz

2.4.3.4 Betriebsstrukturen in der Landwirtschaft

Das Modellgebiet Holsterhausen/Üfter Mark liegt innerhalb der Kreise Borken, Bottrop, Recklinghausen und Wesel. Für diese Kreise ergeben sich im Hinblick auf die Betriebsstrukturen unterschiedliche Kennwerte:

Die größten Betriebe des Modellgebietes liegen mit durchschnittlich 43,1 ha laut Landwirtschaftskammer NRW im Kreis Wesel. Es folgen die Kreise Bottrop, Recklinghausen und Borken mit jeweils 41 ha, 34,5 ha und 30,8 ha durchschnittlicher Betriebsgröße. In allen vier Kreisen ist der Futterbaubetrieb bzw. die Weideviehwirtschaft die vorherrschende Betriebsform, es ergeben sich für die einzelnen Kreise aber Unterschiede in Bezug auf die Höhe der vorherrschenden Betriebsform. Im Kreis Wesel betreiben durchschnittlich 53 % der Landwirte Futterbaubetrieb und Weideviehwirtschaft. In den Kreisen Borken, Bottrop und Recklinghausen liegen diese Angaben bei je 42 %, 34 % und 34 %. Die Pachtquote (Anteil der gepachteten landwirtschaftlich genutzten Fläche an der landwirtschaftlichen Fläche insgesamt) liegt bei 62,8 % (Bottrop), 60,2 % (Wesel), 50,4 % (Recklinghausen) und 42,9 % (Borken). Auch die Zahl der Betriebe mit feststehenden Nachfolgern variiert (Recklinghausen: 45,5 %; Bottrop: 41,5 %; Borken 41,0 %; Wesel: 30,8 %). Vergleichbar ist in den Kreisen Bottrop, Borken und Wesel hingegen mit ca. 57 % der Anteil an hauptgewerblichen Betrieben. Im Kreis Recklinghausen ist dieser Anteil mit 50 % etwas geringer.

2.4.3.5 Zuständige Landwirtschaftskammer

Für das Modellgebiet Holsterhausen/Üfter Mark ist die Landwirtschaftskammer mit der Kreisstelle Borken zuständig.

2.4.3.6 Stand und Entwicklung der Nitrat- und PSM-Problematik

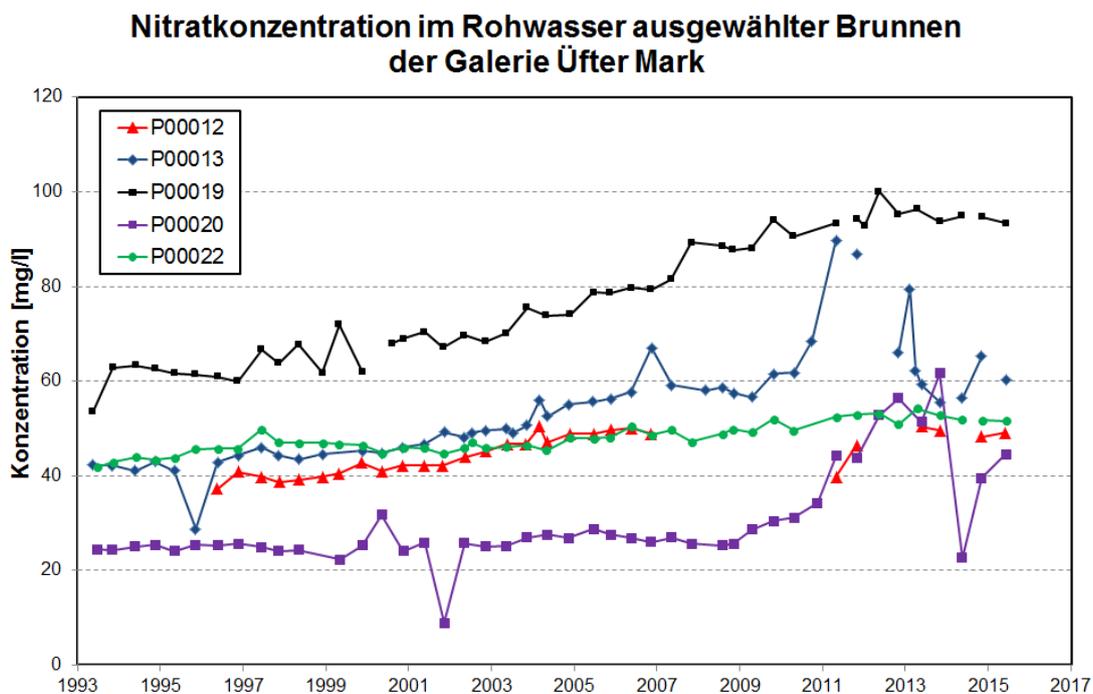
Die Grundwasserqualität im Wassergewinnungsgebiet Holsterhausen/Üfter Mark wird durch eine Vielzahl von Grundwassermessstellen überwacht. So zeigen sich insbesondere in den flach verfilterten Messstellen unterhalb von landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten Nitratkonzentrationen von bis zu 260 mg/l. Die wasserwirtschaftlich genutzten Halterner Sand und Recklinghäuser Sandmergel sind aufgrund der günstigen hydrogeologischen und geochemischen Verhältnisse (großes Verbreitungsgebiet mit hohen Mächtigkeiten, lange Fließzeiten, teilweise noch vorhandenes Nitratabbaupotenzial) insbesondere in den tieferen Bereichen des Aquifers bis heute nahezu frei von anthropogenen Belastungen. In den oberen Bereichen bis ca. 40 m u. GOK werden aber bereits Nitratwerte von bis zu 125 mg/l beobachtet.

Derzeit liegen im Rohwasser der meisten Brunnen der Galerien Üfter Mark und Holsterhausen die Nitratkonzentrationen unterhalb von 50 mg/l. Dieser Sachverhalt ist dadurch begründet, dass die

Brunnen aus Tiefen zwischen 60 und 100 m fördern und ein Mischwasser aus altem, nitratfreiem und jungen, nitrathaltigem Wasser gewinnen. Hinzu kommt, dass die Halterner Sande noch ein natürliches Nitratabbaupotenzial besitzen und dadurch Nitrat auf dem Weg vom Ort des Eintrages bis zu den Brunnen über Abbaureaktion durch organische Substanz und/oder Eisen(di)sulfide verringert wird. Kommt es jedoch durch anhaltend hohe oder sogar steigende Nitratinträge langfristig zu einem Aufbrauch des Nitratabbauvermögens, werden die Nitratkonzentrationen im Rohwasser denen des neugebildeten Grundwassers entsprechen.

Abbildung 26 zeigt jedoch, dass der Nitratabbau nur noch teilweise stattfindet und hier bereits ein weitgehend konservativer Stofftransport ohne Abbauprozesse im Untergrund erfolgt. Im Rohwasser einiger Brunnen der Galerie Üfter Mark werden steigende Nitratkonzentrationen mit Maximalwerten von bis zu 100 mg/l beobachtet. Die durchschnittliche Nitratkonzentration im Rohwasser der Brunnengalerie Üfter Mark lag im Jahr 2015 bei ca. 30 mg/l. Im Bereich der Brunnengalerie Holsterhausen ist der Nitratabbau noch stark ausgeprägt, so dass die Rohwässer nitratarm, dafür aber eisen- und manganhaltig sind. Die durchschnittliche Nitratkonzentration im Rohwasser der Brunnengalerie Holsterhausen lag im Jahr 2015 bei ca. 2 mg/l.

Abbildung 26: Entwicklung der Nitratkonzentration im Rohwasser ausgewählter Förderbrunnen der Wassergewinnung Üfter Mark



Neben erhöhten Nitratkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser stellen im Wassergewinnungsgebiet Holsterhausen/Üfter Mark Nachweise von PBSM und deren Metaboliten ein weiteres Problem der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung dar. In der Trinkwasserverordnung ist für den Einzelstoff ein Grenzwert von 0,1 µg/l und in der Summe ein Grenzwert von 0,5 µg/l festgelegt. Für einzelne Stoffe und deren Metaboliten treten in den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen hin und wieder Überschreitungen des Grenzwertes von 0,1 µg/l bzw. der gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) im Grundwasser auf.

Im Zuge der Erfüllung wasserrechtlicher Auflagen und eines freiwilligen Schutzgebietsmonitorings wurden im Zeitraum von 1993 bis 2015 im Wassergewinnungsgebiet Holsterhausen/Üfter Mark in 1,6 % der Grundwasserproben (294 Befunde) von PBSM-Wirkstoffen und Metaboliten im Grundwasser nachgewiesen. Die Befunde beschränken sich in abnehmender Anzahl im Wesentlichen (Befund-

häufigkeit > 5) auf die Wirkstoffe Atrazin, Chlortoluron, Isoproturon, Metazachlor und Bentazon sowie auf die Metabolite Desethyl-Atrazin, Desethyl-Terbutylazin, Metolachlor-ESA, Metolachlor-3 und DMS (Tabelle 18). In höchsten Konzentrationen mit Werten größer 1 µg/l wurden die Wirkstoffe Chlortoluron (4,60 µg/l), Isoproturon (2,90 µg/l), 2,4-D (2,56 µg/l) sowie die Metabolite Desphenylchloridazon (6,1 µg/l) und Metolachlor-ESA (1,3 µg/l) nachgewiesen.

Tabelle 18: Befundhäufigkeiten und Maximalwerte von PSM-Wirkstoffen und Metaboliten im Grundwasser (Untersuchungszeitraum: 1993 – 2015, Analyseanzahl 18.119, Positivbefunde: 294)

	Maximalwert	Befunde
	[µg/l]	[N]
Wirkstoffe		
Atrazin	0,20	85
Chlortoluron	4,60	15
Isoproturon	2,90	10
Metazachlor	0,05	7
Bentazon	0,16	6
2,4-D	2,56	5
Chloridazon	0,84	3
Simazin	0,49	3
Diuron	0,45	3
MCPA	0,83	2
Terbutylazin	0,60	2
Flurtamon	0,13	1
Dimetachlor	0,08	1
Bromacil	0,04	1
Metabolite		
Desethyl-Atrazin	0,60	91
Desethyl-Terbutylazin	0,29	13
Metolachlor-ESA	1,30	10
Metolachlor-3	0,59	7
DMS	0,03	6
Methyldesphenylchloridazon	0,39	5
Metolachlor-OA	0,91	4
Chlorthalonil-m12	0,14	4
Metolachlor-1	0,28	3
Desphenylchloridazon	6,10	2
Metolachlor-2	0,19	2
Desisopropyl-Atrazin	0,13	2
Metazachlor-ESA	0,29	1

Im Zeitraum von 1993 bis 2015 wurden im Rohwasser der Förderbrunnen der Wassergewinnungen Holsterhausen und Üfter Mark in 0,35 % der Proben (126 Befunde) von PBSM-Wirkstoffen und Metaboliten nachgewiesen. Die Befunde beschränken sich in abnehmender Anzahl im Wesentlichen (Befundhäufigkeit > 5) auf die Wirkstoffe Atrazin, Bentazon und Simazin sowie auf den Metabolit Desisopropyl-Atrazin (Tabelle 19). In höchsten Konzentrationen mit Werten größer 0,1 µg/l wurden die Wirkstoffe Bromacil (0,58 µg/l), Bentazon (0,49 µg/l), Atrazin (0,26 µg/l) und Diuron (0,16 µg/l) beobachtet. Im Jahr 2015 waren alle Rohwässer befundfrei.

Tabelle 19: Befundhäufigkeiten und Maximalwerte von PBSM-Wirkstoffen und Metaboliten im Rohwasser (Untersuchungszeitraum; 1993 – 2015, Analyseanzahl: 36.319, Positivbefunde: 126)

	Maximalwert	Befunde
	[µg/l]	[N]
Wirkstoffe		
Atrazin	0,26	56
Bentazon	0,49	13
Simazin	0,08	8
Bromacil	0,58	5
Diuron	0,16	4
Isoproturon	0,04	2
Terbutylazin	0,02	2
Chlortoluron	0,04	1
Metolachlor	0,04	1
Metabolite		
Desisopropyl-Atrazin	0,03	32
Desethyl-Atrazin	0,04	1
DMS	0,04	1

2.4.4 Gegenwärtige Maßnahmen zur Reduktion von Nitrat und PSM im Grundwasser

2.4.4.1 Vermeidung

Landwirtschaft und Gartenbau üben den größten Einfluss auf die Qualität des Rohwassers in der Modellregion aus. Bereits 1993 wurde eine freiwillige Kooperation Landwirtschaft-Wasserwirtschaft gegründet, in der RWW die Kosten für spezielle Wasserschutzberatung, für die auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen durchgeführten gewässerschonenden Maßnahmen und anteilig auch die Kosten für besondere Geräte oder Lagerbehälter für Wirtschaftsdünger übernahm. Im Jahre 2010 erfolgte ein zwischen Wasserversorger und der Landwirtschaftskammer NRW abgestimmter Strategiewechsel von einer reinen Maßnahmenförderung zu einer effizienzbasierten Förderung der Landwirte. Hierbei wird die finanzielle Förderung an das Erreichen konkreter Ziele geknüpft. Die Auszahlung von Flächenprämien von bis zu 200 €/ha erfolgt nur, wenn eine Reihe konkreter Gewässerschutzregeln eingehalten und vorher festgelegte Bodenkennwerte (Herbst-Nmin-Werte) unterschritten werden (Tabelle 20). Da dieses Konzept nicht für das gesamte Wasserschutzgebiet finanzierbar wäre, wird zwischen prioritären (= Nitratsanierungsgebiet, Intensivberatungsgebiet) und nicht prioritären Gebieten unterschieden. In den prioritären Gebieten wird - unabhängig von der Zielerreichung - ein Grundbetrag von 50,- €/ha gezahlt, wenn der Landwirt die verbindlichen Regeln einhält. Die Auszahlung der Erfolgsprämie von

150,- €/ha zusätzlich zum Grundbetrag erfolgt bei Zielerreichung eines herbstlichen Nmin-Wertes im Mittel der in einem priorisierten Gebiet gelegenen Flächen eines Betriebes. Welche Maßnahmen der Landwirt zur Zielerreichung ergreift, entscheidet er selbst. In den nicht prioritären Gebieten wird eine Basisberatung angeboten. Sonderkulturen werden getrennt betrachtet und abgerechnet. Ähnliche Zielvorgaben oder Förderungskonzepte greifen im Konzept 2020 für PBSM nicht.

Nach jeweils drei Jahren wird das Konzept einer Überprüfung unterzogen und die Effizienz der Kooperationsaktivitäten auf der Grundlage der vorliegenden jährlichen Bodenkennwerte und der dreijährlichen Sickerwasseranalysen bewertet. Die dem Konzept 2020 zugrunde liegende Auszahlungshöhe der Fördermittel wird in Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20: Auszahlung von Fördermitteln (€/ha) in Abhängigkeit der Herbst-Nmin-Werte

Nmin (kg N/ha)	<=30	31-35	36-40	41-45	46-50	>50
2011	200	200	200	200	125	50
2012	200	200	200	200	125	50
2013	200	200	200	200	125	50
Evaluierung 2013						
2014	200	200	200	125	50	50
2015	200	200	200	125	50	50
2016	200	200	200	125	50	50
Evaluierung 2016						
2017	200	200	125	50	50	50
2018	200	200	125	50	50	50
2019	200	200	125	50	50	50
Evaluierung 2019						
2020	200	125	50	50	50	50
2021	200	125	50	50	50	50
2022	200	125	50	50	50	50

3 Durch Nitratbelastung verursachte Kosten reaktiver Maßnahmen

Durch den Einsatz von Düngemitteln im Rahmen der landwirtschaftlichen Flächennutzung ist die Belastung von Grundwasserkörpern mit Nitrat ein ernstzunehmendes Problem. Dies hat zur Folge, dass die Sicherstellung einer Versorgung mit unbelastetem Trinkwasser nur durch gesteigerte Anstrengungen seitens der Wasserversorgungsunternehmen gewährleistet werden kann.

Den Wasserversorgungsunternehmen (WVU) bieten sich zwei grundsätzliche Möglichkeiten, um der Nitratbelastung in den von ihnen zur Wassergewinnung genutzten Wasserkörpern zu begegnen. Einerseits lassen sich Ausweich- oder Reparaturmaßnahmen durchführen, um die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung einzuhalten – diese werden im Folgenden als **reaktive Maßnahmen** bezeichnet und sind in Abbildung 27 dargestellt. Im kostengünstigsten Fall wird dies durch eine Verschneidung von belastetem und unbelastetem Rohwasser erreicht. Sollte dies nicht möglich sein, muss das WVU eine Standortverlagerung oder eine Vertiefung von Brunnen in Betracht ziehen. Können die Ausweichmaßnahmen die Nitratbelastung nicht im erforderlichen Maße reduzieren, bleiben dem WVU als letzte Möglichkeit nur kostenintensive Reparaturmaßnahmen im Umgang mit dem belasteten Rohwasser, z. B. In-situ-Aufbereitungsmaßnahmen oder technische Methoden im Wasserwerk.

Abbildung 27: Reaktive Maßnahmen im Umgang mit Nitratbelastung



Andererseits können WVU Zahlungen für Ökosystem-Dienstleistungen aufwenden, um einen reduzierten Einsatz von Düngemitteln zu erwirken und dadurch den Eintrag von Stickstoff nachhaltig zu reduzieren – diese werden im Folgenden als **präventive Maßnahmen** bezeichnet. Darunter sind neben Kooperationszahlungen an die Landwirtschaft, mit Hilfe derer die Betriebe für den Einsatz umweltfreundlicherer und in der Regel kostenintensiverer Bewirtschaftungsmaßnahmen entschädigt werden, auch der Ankauf von Flächen durch die WVU mit dem Ziel der gänzlichen Unterbindung eines Düngemittleinsatzes zu verstehen. Diese präventiven Maßnahmen werden in Kapitel 4 behandelt.

Im vorliegenden Kapitel werden die in Abbildung 27 genannten reaktiven Maßnahmen beschrieben und die dabei entstehenden Kosten näher analysiert. Dabei wird für Ausweichmaßnahmen auf die Erfahrungen aus den in Kapitel 2 beschriebenen Modellregionen zurückgegriffen. Da in keiner der genannten Modellregionen Reparaturmaßnahmen durchgeführt werden, hat das IWW Zentrum Wasser Investitionsplanungen zur Nitratentfernung auf Basis von Rohwasserparametern aus den Modellregionen erstellt. In dieser Planung wurden sowohl die Investitionskosten als auch die laufenden Kosten kalkuliert.

3.1 Kosten für Ausweichmaßnahmen

Im vorliegenden Kapitel erfolgt eine detaillierte Beschreibung der verschiedenen Ausweichmaßnahmen (Verschneiden, Standortverlagerung von Brunnen sowie Vertiefung von Brunnen). Die Ausführungen werden um eine Kostenbetrachtung der jeweiligen Maßnahmen ergänzt. Die Kostenbetrachtungen für die Standortverlagerung bzw. Vertiefung von Brunnen beziehen sich auf tatsächlich in den Modellregionen durchgeführte Maßnahmen. Lediglich für die Maßnahme des Verschneidens werden hypothetische Kosten für die RWW-Modellregion bestimmt, die jedoch um Erkenntnisse aus der BDEW-Umfrage ergänzt werden.

3.1.1 Verschneiden

Definition der Maßnahme

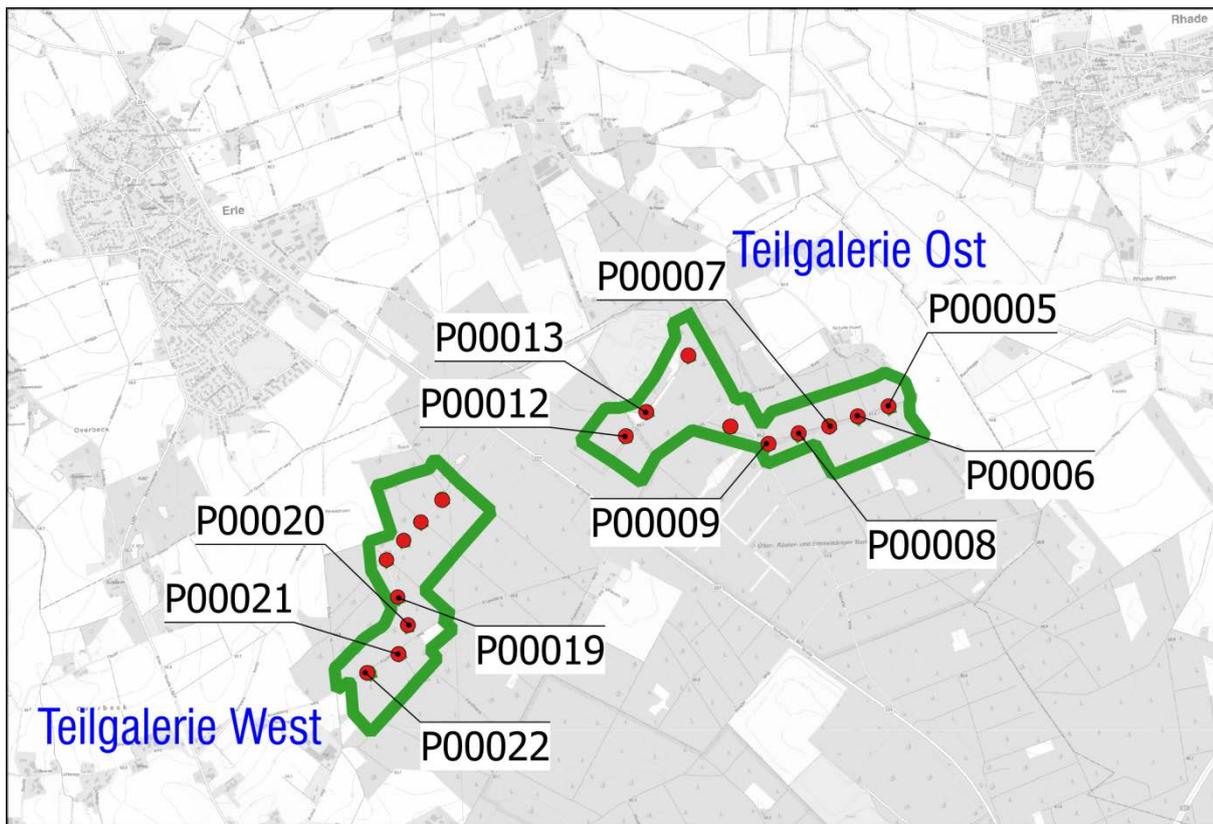
Das Verschneiden oder Mischen von Rohwässern kann durch Erhöhung des Anteils von geringbelastetem Rohwasser zu einer Verbesserung der Qualität im gesammelten Rohmischwasser führen. Hierbei kann sowohl der Anteil „eigenen“, wenig belasteten Rohwassers erhöht werden, als auch eine Beimengung von Rohwasser über Fremdbezug erfolgen. Grundvoraussetzung für letzteren Fall ist das Vorhandensein eines entsprechenden Verbundrohrnetzes sowie ein geeigneter Übergabepunkt.

Am Beispiel der Brunnengalerie Holsterhausen/Üfter Mark der RWW sollen die Auswirkungen einer solchen Maßnahme beschrieben werden. Auch wird betrachtet, welcher Art und Höhe etwaige Kostenstrukturänderungen einer solchen Maßnahme sein können. Zum Verständnis der Fördersituation im Gewinnungsgebiet Holsterhausen/Üfter Mark folgt eine kurze Beschreibung der aktuellen Situation:

Innerhalb des besagten Gewinnungs- bzw. Einzugsgebietes existieren unterschiedliche räumliche Nitratbelastungen. Im Süden liegt die Brunnengalerie Holsterhausen (WHOL), welche aufgrund günstiger hydrogeologischer Rahmenbedingungen aktuell gering nitratbelastetes Grundwasser fördert. Direkt angeschlossen an die Brunnengalerie befindet sich das Wasserwerk Holsterhausen, welches das geförderte Rohwasser zu Trinkwasser aufbereitet und in das Trinkwassernetz einspeist. Im Norden des Gebietes und ebenfalls angeschlossen ans Wasserwerk liegt die Brunnengalerie Üfter Mark (PUEF). Hier ist die Nitratsituation eine andere: Aufgrund der starken landwirtschaftlichen Prägung und der Gewinnung von Rohwasser direkt aus dem oberen Grundwasserleiter ist das geförderte Rohwasser in der Üfter Mark wesentlich stärker mit Nitrat belastet.

Weiterhin kann die Brunnengalerie Üfter Mark in eine westliche und eine östliche Galerie unterteilt werden (Abbildung 28). In der östlichen Teilgalerie ist die Nitratbelastung geringer als im westlichen Teil. Über eine gemeinsame Sammelleitung geht das Rohwasser Richtung WHOL und bindet dort in die Rohwassermischkammer des Wasserwerks ein. Dieses Mischwasser aus den Galerien Üfter Mark und Holsterhausen geht anschließend in die Trinkwasseraufbereitung. Eine schematische Übersicht der aktuellen Förder- und Aufbereitungssituation findet sich in Abbildung 29.

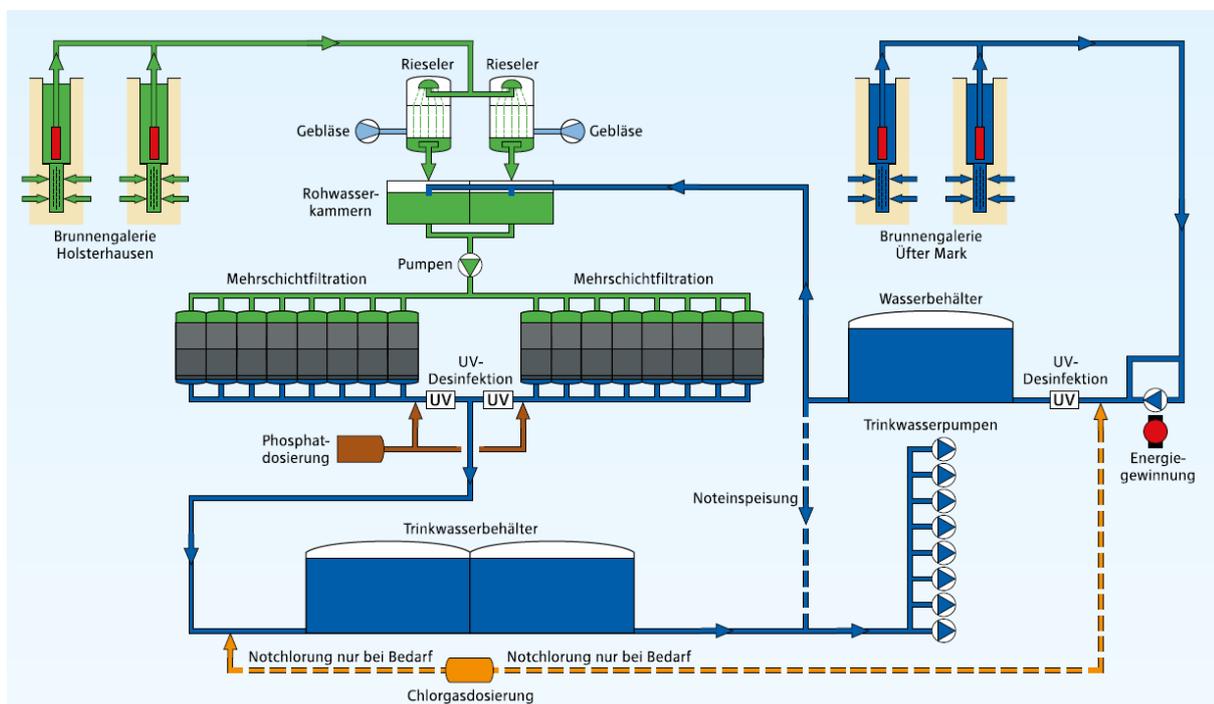
Abbildung 28: Brunnengalerie Üfter Mark (PUEF)



Es ist zu bedenken, dass ein Verschneiden bzw. Mischen (und auch die Änderung eines Mischungsverhältnisses) unmittelbaren Einfluss auf die hydrochemischen Parameter des Mischwassers hat. Nicht alle Rohwässer sind mischbar, ohne eine negative Auswirkung auf das Rohrleitungsnetz zu haben. In Abhängigkeit vom Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht können sich bei einer Änderung des Chemismus des Wassers Inkrustation im Rohrnetz lösen und zu Trübung des Wassers bei den Endkunden oder gar zu Rohrbrüchen führen. Eine solche Maßnahme muss daher im Vorfeld untersucht und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Wasserqualität abgeschätzt werden.

Abbildung 29 verdeutlicht, dass am Wasserwerk Holsterhausen aktuell ein Verschneiden der Rohwässer aus den Galerien PUEF und WHOL erfolgt. Dieses Mischen der Rohwässer ist historisch bedingt und dient zum einen einer ausgewogenen Nutzung des gemeinsamen Einzugsgebiets und zum anderen einer Verbesserung des pH-Wertes des Holsterhausener Wassers. Auch wenn dieses Verschneiden der Rohwässer nicht der Nitratbelastung geschuldet ist, ist dennoch denkbar, dass mit einer Verschärfung der Nitratsituation eine veränderte Fördersituation einhergeht: Diese kann der Gestalt sein, dass die Förderung in der Üfter Mark komplett eingestellt wird. Die resultierende Fehlmenge müsste in diesem Fall aus der Galerie Holsterhausen gewonnen werden. Auch bei dieser Maßnahme handelt es sich der Sache nach um ein Mischen (bzw. „Entmischen“), da effektiv der Anteil an gering nitratbelastetem Rohwasser an der Gesamtfördermenge erhöht wird (oder umgekehrt der Anteil an stärker belastetem Wasser wegfällt). Als abgeschwächte Situation kann der Förderanteil des westlichen, stärker mit Nitrat belasteten Teilbereichs der Galerie Üfter Mark reduziert und der Anteil des östlichen Teils der Galerie entsprechend erhöht werden. In diesem Fall entfielen die Förderung in der Üfter Mark nicht komplett, die Gesamtrohwassermenge PUEF wäre (zumindest temporär) weniger stark mit Nitrat belastet.

Abbildung 29: Schematische Darstellung der aktuellen Fördersituation des Wasserwerkes Dorsten Holsterhausen



Anfallende Kostenelemente

Ein Einstellen der Förderung PUEF würde einen massiven Einschnitt in die aktuelle Fördersituation und damit auch in die aktuelle Kostenstruktur bedeuten. Die Beschreibung und insbesondere die Quantifizierung der Kostenelemente kann nur beispielhaft erfolgen, da das konkrete Beispiel der Aufgabe der Üfter Mark weitreichende Folgen in Bezug auf die aktuelle Fördersituation hätte, deren Folgen in Hinblick auf die entstehenden Kosten nicht absehbar sind. Weiterhin ist anzumerken, dass die Betrachtung der Aufgabe einer Förderung in der Üfter Mark lediglich theoretischer Natur ist. Ein Einstellen ist aufgrund der aktuellen Fördersituation und des Aufbereitungsprozesses des Gesamtsystems WHOL/PUEF ohne weitreichende strukturelle Änderungen nicht denkbar. Dennoch soll zur Verdeutlichung der anfallenden Kostenelemente der Bezug zur Brunngalerie Holsterhausen / Üfter Mark (sofern gegeben) hergestellt werden.

Grundsätzlich und als oft maßgebliches Kostenelement steht bei einer bereichsweisen Aufgabe einer Wassergewinnung der Rückbau der Brunnen sowie des angeschlossenen Gewinnungsrohrnetzes an. Dies schließt im Falle der Üfter Mark die etwa 12.000 m lange Sammelleitung zwischen dem Wasserwerk Holsterhausen und der Brunngalerie PUEF ein. Die Kosten eines solchen Rückbaus können entweder durch ein Verfüllen oder durch ein tatsächliches Entfernen der Anlagen begründet sein. Insbesondere bei einer langen Sammelleitung sind die Kosten hierbei hoch, wobei die Entfernungskosten die des Verfüllens um ein Vielfaches überschreiten. Die Entscheidung über die Wahl der Maßnahme liegt hierbei nicht bei dem WVU, sondern bei der Vergabestelle des entsprechenden Wasserrechts, also der Wasserbehörde.

Weiterhin erfordert die theoretische Aufgabe einer Brunngalerie das Umlegen der fehlenden Rohwassermengen auf andere Brunngalerien (oder ggf. Gewinnungsgebiete). Es ist zu prüfen, inwiefern eine Ertüchtigung der Wassergewinnungsinfrastruktur (Rohwassergewinnung und Trinkwasseraufbereitung) erforderlich ist, um die Fehlmengen im Tagesbetrieb auch und gerade in Spitzenförderzeiten zu ersetzen. Im Falle der Wassergewinnung WHOL/PUEF wären die Holsterhausener Brunnen nicht ohne weiteres dazu in der Lage, die Fehlmengen aus der Üfter Mark zu kompensieren. Aufgrund

der unterschiedlichen hydrochemischen Eigenschaften der Rohwässer WHOL und PUEF müsste eine Anpassung und ggf. Erweiterung des Aufbereitungsprozesses durchgeführt werden. Im Falle der erforderlichen Erweiterung der Aufbereitung wäre diese nicht auf unterschiedliche Nitrat- oder PBSM-Konzentrationen zurückzuführen, sondern hinge mit anderen hydrochemischen Parametern wie bspw. Eisen, Mangan, pH-Wert und Karbonatgehalt zusammen.

Je nach erwarteter Folgeschwere einer Förderumstellung auf das Wassergewinnungsgebiet verursacht die Planung und Umsetzung entsprechender Maßnahmen sowohl Eigen- als auch Fremdpersonalkosten. Diese können beispielsweise durch die Beauftragung spezialisierter Gutachter oder durch Eigenplanungsleistung für den Um- oder Anbau von Aufbereitungs- und Gewinnungsstrukturen anfallen.

Mit Aufgabe der Förderung einer Brunnengalerie müssen die resultierenden Fehlmengen an anderer Stelle gewonnen werden. Es folgt, dass in der aufgegebenen Galerie keine Energiekosten mehr anfallen, eine erhöhte Förderhöhe zur Kompensation der Fehlmengen bedeutet jedoch erhöhte Energiekosten an anderer Stelle. Die Bewertung der Änderung der Energiekosten muss auch spezielle Betriebsrahmenbedingungen wie bspw. eine Energierückgewinnung (so der Fall für die Brunnengalerie Üfter Mark) beinhalten.

Den anfallenden Kosten bei einer Aufgabe einer Brunnengalerie stehen Kosteneinsparungen gegenüber: Es entfallen Aufwendungen zur Brunnenwartung sowie weitere laufende Kosten in dem aufgegeben Teilbereich.

Kosten, die durch die Maßnahmen entstehen

Die Energie-, Brunnenwartungs- und laufenden Kosten fallen in jedem Jahr für die verbleibende Dauer eines existenten Wasserrechts an. Den anfallenden Rückbau- bzw. Ertüchtigungskosten muss folglich die Ersparnis für jedes verbleibende Jahr des Wasserrechts gegenübergestellt werden. In Tabelle 21 wird eine Wasserrechtsperiode von 30 Jahren angenommen, die entsprechend angegebenen Summen berechnen sich für eben diesen Zeitraum.

Eine konkrete Bezifferung der Kosten eines Rohrleitungsrückbaus kann an dieser Stelle nicht erfolgen, da eine rückzubauende Sammelleitung abschnittsweise bezüglich ihrer Lage und Überdeckung, folglich des zu leistenden Aufwands bewertet werden muss. Als Schätzung wird ein Preis von 500 € pro Rohrleitungsmeter bei 12.000 m Leitungslänge (DN 1000) angesetzt. Die tatsächlichen Kosten eines solchen Rückbaus können sowohl wesentlich höher als auch geringer sein (s.u.).

Tabelle 21: Überschlägige Kosten eines Mischens/Verschneidens durch Aufgabe eines Teils der gesamten Brunnengalerie

Kostenelement	Geschätzter Betrag [€]
Variante A: Einstellen der Förderung	
Anschaffungsnebenkosten	
Rückbau Brunnen der Teilgalerie (11 aktive Brunnen à 20.000 €)	220.000
Rückbau Rohrleitung	6.000.000
Gutachter / Personalkosten	x ₁
Restbuchwerte	x ₂
Energiekostenänderung → als Summe über 30 Jahre	-360.000
Brunnenwartungskosten	-280.000

→ als Summe über 30 Jahre	
Laufende Kosten PUEF	-450.000
→ als Summe über 30 Jahre	
Summe	5.130.000 + x₁ + x₂
Investitionskosten	
Ertüchtigung Aufbereitung	200.000
Summe	200.000

Faktoren, die die Kostenhöhe beeinflussen

Erhebliche Kostenschwankungen können sich beim Mischen von Rohwässern ergeben, wenn dies in einem notwendigen Rückbau oder einer Verfüllung vorhandener Rohrnetzleitungen (und Brunnen) resultiert. Je nach Lage und Überdeckung sowie Durchmesser einer Rohrleitung können die Kosten der Verfüllung oder der Entfernung von einem Meter Rohrleitung zwischen 150 €/m und (in ungünstigen Fällen) mehr als 1.500 €/m liegen. Bei langen Leitungen mit aufwendiger Überdeckung können so bei einer behördlich geforderten Entfernung hohe Aufwandskosten auf den Maßnahmenträger zukommen.

Werden Rohwässer unterschiedlicher Standorte gemischt, so spielen abweichende Gewinnungskosten ebenfalls eine Rolle für die Höhe der anstehenden Kosten. Wird beispielsweise der Rohwasseranteil eines gewinnungsgünstigen Grundwassers reduziert, erhöhen sich die effektiven Gewinnungskosten des Gesamtrohmischwassers. Dies gilt insbesondere bei dem Verschneiden von Rohwässern unter Fremdbezug, da hier neben den eigenen auch wirtschaftliche Interessen des Fremdunternehmens eine Rolle spielen.

Auch Veränderungen der hydrochemischen Eigenschaften des Rohmischwassers können unterschiedlich hohe Kosten nach sich ziehen. Weicht das „neue“ Rohmischwasser bspw. stark von den hydrochemischen Eigenschaften des „alten“ Rohmischwassers ab, so kann eine Anpassung des Aufbereitungsprozesses erforderlich werden. Je nach betroffenem Aufbereitungsabschnitt können diese Kosten unterschiedlich hoch ausfallen. Weiterhin können Veränderungen der hydrochemischen Bedingungen zu vermehrt auftretenden Rohrschäden führen.

Finanzierung der Maßnahme

Anfallende Kosten für die Änderung des Mischungsverhältnisses von Rohwässern obliegen dem durchführenden WVU. Diese Kosten können sowohl Aufwands- als auch Investitionskosten sein.

Auswertung des Effektivitätsgrades

Die Effektivität der Maßnahme des Verschneidens/Mischens von Rohwässern hängt von verschiedenen Faktoren ab. Insbesondere die Mischbarkeit der Rohwässer muss hinsichtlich ihrer hydrochemischen Eigenschaften bekannt sein. Weiterhin muss die Beeinflussung des Rohrnetzes durch das Mischwasser beurteilt werden.

Im Vergleich zu einer Standortverlagerung eines Brunnens oder zum kompletten Neubau kann das Verlagern der Fördermengen auf weniger mit Nitrat belastete Bereiche eine kostengünstigere Alternative sein. Lediglich veränderte Energiekosten fallen an, sofern keine baulichen Änderungen am Gewinnungsnetz oder den Brunnen vorgenommen werden müssen. Es gilt jedoch zu bedenken, dass insbesondere eine Umstellung der Fördermengen in einer Brunnengalerie mit gleichem Einzugsgebiet und nah beieinander liegenden Einzelbrunnen lediglich eine temporäre Wirkung erzielen kann. Eine

Standortverlagerung eines Brunnens in ein Einzugsgebiet mit einer geringeren Nitratbelastung verursacht also in der Regel höhere Kosten, kann bei guter Planung aber nachhaltiger sein.

Auswirkungen der Maßnahme auf die Nitratbelastung

Grundsätzlich gilt, dass die Reduzierung der Nitrat- bzw. PBSM-Konzentration bei einem Mischen oder Verschneiden von den Ausgangskonzentrationen der Rohwässer und deren Mengenanteilen abhängt. Je kleiner der Anteil eines beigemischten Rohwassers mit geringer Nitratkonzentration ist, desto geringer wird auch dessen Einfluss auf die Nitratkonzentration im Rohmischwasser bzw. (bei fehlender Nitratzubereitung) im Trinkwasser sein.

Kostenübersicht

Kostenübersicht: Verschneiden

Modellregion der RWW

(Mischungänderung durch Einstellen der Förderung in Teilbereichen)

- Anschaffungsnebenkosten: **5.130.000 € + $x_1 + x_2$** (siehe Tabelle 21)
 - x_1 = Gutachter/Personalkosten
 - x_2 = Restbuchwerte (individuell zu bestimmen)
- annualisierte kalkulatorische Gesamtkosten: **20.500 € p. a.**⁴
 - gewichteter durchschnittlicher realer Kapitalkostensatz nach Steuern (WACC) = 4,5 % p. a.⁵
 - Nutzungsdauer = 30 Jahre
 - erwartete Inflationsrate = 1,8 % p. a.⁶
 - kalk. Abschreibungen (auf Basis von Wiederbeschaffungszeitwerten)

Ergebnisse aus der BDEW-Umfrage

- Gesamtkosten p. a. (inkl. Betriebs- und Kapitalkosten)
 - Durchschnittswert: **40.900 € p. a.**
 - Median: **40.000 € p.a.**
 - Stichprobe: 13 Wassergewinnungsgebiete⁷

3.1.2 Standortverlagerung von Brunnen

Definition der Maßnahme

Bei der Rohwasserüberwachung in einem Wassergewinnungsgebiet zeigen beprobte Einzelbrunnen häufig unterschiedliche Belastungen in Hinblick auf Nitrat und/oder PBSM. Unter Umständen können Brunnen aufgrund hoher Belastungen nicht länger für die Rohwassergewinnung genutzt werden. Aufgrund zu gewährleistender Rohwassermengen ist das Abschalten von Brunnen zwar nicht immer problemlos möglich, in dem im folgenden betrachteten Fall ist die Standortverlagerung des Brunnens

⁴ Die annualisierten kalkulatorischen Gesamtkosten geben an, welcher gleichbleibende Betrag jährlich von dem Wasserversorger bei Berücksichtigung von kalkulatorischen Zinsen und kalkulatorischen Abschreibungen aufzubringen ist.

⁵ Realer WACC gem. Hern et al. (2012), S. 124 abzgl. 0,2 %-Punkte zur Berücksichtigung der aktuellen Niedrigzinsphase.

⁶ Erwartete Inflationsrate gem. durchschnittlichem Verbraucherpreisindex in Deutschland der Jahre 1986 bis 2015 (Quelle: destatis (2016): „Verbraucherpreisindizes für Deutschland – Lange Reihen ab 1948“).

⁷ Konkrete Fragestellung im Rahmen der BDEW-Umfrage: „Welche Maßnahmen treffen Sie in den Gewinnungsgebieten, um übermäßige Stickstoffeinträge zu verhindern (präventiv) bzw. bestehende Nitratbelastungen zu reduzieren (reaktiv)? Wie hoch sind die dabei bestehenden Kosten pro Jahr (inkl. Betriebs- und Kapitalkosten)?“
→ Umfrageteilnehmer haben Maßnahmen angekreuzt und entsprechende jährliche Kosten eingetragen.

in einen weniger belasteten Bereich des Wassergewinnungsgebietes jedoch eine Option. Um einen Brunnen auch im Hinblick auf die erforderliche Förderleistung erfolgreich zu verlagern, bedarf es der genauen Kenntnis der hydrogeologischen Bedingungen des neuen Standorts. Fragen bezüglich des neuen Einzugsgebiets und dessen Hydrochemie sowie des bewirtschafteten Grundwasserleiters und ggf. dessen Wasserbilanz müssen vor dem Baubeginn geklärt sein.

Je nach Rahmenbedingungen des Wassergewinnungsgebietes und des geplanten Standorts kann die erwünschte Verbesserung der Rohwasserqualität im Hinblick auf Nitrat bzw. PSM sowohl temporärer als auch dauerhafter Natur sein. Folglich müssen die Zielerfordernisse an eine Brunnenstandortverlagerung vor dem eigentlichen Ergreifen der Maßnahme klar definiert sein.

Anfallende Kostenelemente

Kostenelemente bei der Verlagerung eines Brunnens decken sich größtenteils mit den Aufwendungen bei Neubau eines Brunnens. Als zusätzliches Element steht die Verfüllung bzw. der Rückbau des aufgegebenen Brunnens an. Eine Beschreibung und Quantifizierung der Kosten einer Brunnenverlagerung erfolgt anhand des Neubaus des Brunnens J00023 im Wassergewinnungsgebiet Holsterhausen:

Im Vorfeld der eigentlichen Bohr- und Baumaßnahmen müssen vorbereitende Arbeiten getroffen werden, welche einen möglichst reibungslosen Bauablauf gewährleisten sollen. Hierzu zählen bspw. die Herstellung einer geeigneten Zuwegung an den geplanten Brunnenstandort sowie das Freimachen des Baugeländes und der Anlieferung aller für den Bau benötigten Gerätschaften. Ist die genaue Lage evtl. vorhandener Leitungen nicht klar, muss eine etwaige Gefährdung derselben bspw. durch Schürfe ausgeschlossen werden. Nach Fertigstellung des Brunnens müssen Gerätschaften abtransportiert und temporäre Zuwegungen wieder entfernt werden.

Sofern am neuen Standort nicht bereits erfolgt, muss beim Kampfmittelräumdienst die Gefährdung durch Blindgänger abgefragt werden. Sollte für den betroffenen Standort keine Freigabe erfolgen können, muss durch Kampfmittelvorbohrungen die Gefährdung durch Blindgänger ausgeschlossen werden. Zur genauen Erkundung der Geologie am Standort muss eine Aufschlussbohrung bis auf Endteufe des geplanten Brunnens getrieben werden. Hierzu zählt u. a. das Auf- und Abrüsten der Bohrvorrichtung, das Vorhalten und Einbringen von Füllmaterial (bspw. Tonpellets und Filterkies) sowie das Gewinnen und Bereitstellen von Bohrkernen und die daraus abgeleitete (grafische) Darstellung des örtlichen Schichtenverzeichnisses.

Bei der Brunnenbohrung erfolgen neben dem eigentlichen Abteufen in den oberen Metern der Einbau einer Stahlschutzverrohrung sowie das Einzementieren des Ringraums. Auch bei der eigentlichen Brunnenbohrung fallen Kosten für das Einrichten der Baustelle und für das Auf- und Abrüsten der Bohranlage für den Brunnenbau an.

Nach Abteufen der Brunnenbohrung erfolgt der Brunnenausbau. Die Bohrung wird über die gesamte Bohrteufe mit Vollrohren bzw. Filterstrecken ausgebaut. Die Filterstrecken werden dabei den Teufen verbaut, in denen die Förderung von Grundwasser vorgesehen ist. Zum Brunnenausbau zählt auch das Anfüllen des Ringraumes mit einer Kies- (oder Glaskugel-) Schüttung, welche den Anschluss des Brunnens an den Grundwasserleiter im Bereich der Filterstrecke(n) gewährleisten soll. Verbleibende Volumina des Ringraumes werden mit abdichtenden Ton- oder Dämmmaterial aufgefüllt. Diese Abdichtung dient der Vermeidung des ungewollten Zufließens von bspw. oberflächennahem Grundwasser in den Filter- und damit Förderhorizont. Oberflächennahes Grundwasser weist unter Umständen Qualitätsmerkmale auf, die in dem geförderten Rohwasser unerwünscht sind. Das Abdichten des Ringraumes muss daher sorgfältig durchgeführt werden.

Sind die Ringraumabdichtung und Verrohrung abgeschlossen, wird ein Entsandungs- und Leistungspumpen durchgeführt. Die Entsandung dient dazu, dass die Kiesschüttungsbereiche von Unterkorn befreit werden, welches die Förderleistung des Brunnens durch eine Verengung der Porenräume re-

duzieren kann. Nach erfolgreicher Entsandung wird ein Langzeitpumpversuch durchgeführt, um die gewünschte Förderleistung des Brunnens über einen längeren Zeitraum zu überprüfen. Sämtliche Arbeiten zu den Pumpversuchen sind hierbei ordnungsgerecht und nachvollziehbar zu dokumentieren.

Als abschließende Arbeit stehen der Schachtbau bzw. das Abschlussbauwerk an. Je nach Wahl des Bauwerks muss zusätzlich eine entsprechende Rohrleitung sowie ein Brunnenkopf errichtet werden. Als letzte Kontrolle des nun abgeschlossenen Brunnenbaus erfolgt eine Kamerabefahrung.

Geophysikalische Untersuchungen bieten eine Möglichkeit, die durchgeführten Brunnenbauarbeiten über eine einfache Kamerabefahrung hinaus zu kontrollieren. Hierbei stehen verschiedene geophysikalische Methoden zur Kontrolle der durchgeführten Brunnenbauarbeiten bspw. zur Ermittlung zur Dichtigkeit des Ringraumes zur Verfügung. Geophysikalische Untersuchungen können sowohl vor als auch nach Errichten des Schacht-/ bzw. Abschlussbauwerks durchgeführt.

Bei der Elektrifizierung des Brunnens werden zunächst Arbeiten am Brunnen selbst durchgeführt. Hierzu zählen unter anderem der Einbau der Pumpe sowie eines Umrichters und die Installation von Messelektronik zur Überwachung wichtiger Brunnenparameter. Anschließend muss die Einbindung des Brunnens zum einen in das Datennetz des Wassergewinnungsgebietes und zum anderen in das übergeordnete Leitsystem aller Brunnenschaltungen erfolgen. Teilarbeiten des Brunnenbaus, insbesondere bei der Elektrifizierung, und die Bereitstellung von Material werden von RWW teilweise in Eigenleistung durchgeführt. Im Zuge der Gesamtbaumaßnahme fallen daher Kosten für Eigenpersonal und Eigenmaterial an.

Kosten, die durch die Maßnahme entstehen

Tabelle 22: Veranschlagte Brunnenbaukosten am Beispiel des Brunnens J00023 im Wassergewinnungsgebiet Holsterhausen / Üfter Mark

Kostenelement	Beispielbrunnen im WGG Holsterhausen Betrag [€]
Anschaffungsnebenkosten	
Rückbau des Altbrunnens (inklusive Rohrnetzanbindung)	32.000
Summe	32.000
Investitionskosten (inkl. Kosten der Inbetriebnahme)	
Vorbereitende Maßnahmen	35.800
Kampfmittelbohrungen	1.200
Aufschlussbohrungen	40.800
Brunnenbohrungen	43.700
Entsandungs-/Leistungspumpen	24.400
Geophysikalische Untersuchungen	5.500
Eigenpersonal	12.900
Eigenmaterial	12.500
Brunnenausbau	55.200
Schachtbau/Abschlussbauwerk	13.400
Elektrifizierung	49.600
Summe	295.000

Im Unterschied zur Tabelle 21 (20.000 €) werden die Rückbaukosten eines Brunnens in Tabelle 22 mit 32.000 € angegeben. Dies schließt eine Schätzung des Rückbaus der Anschlussleitung mit ein, welche in Tabelle 21 als gesonderte Position über alle vorhandenen Anschluss- und Sammelleitungen der Teilgalerie aufgeführt ist.

Faktoren, die die Kostenhöhe beeinflussen

Die Kosten der Brunnenverlagerung hängen im Wesentlichen von der Bauweise des neu angelegten Brunnens ab. Weiterhin spielen Rückbaukosten des alten Brunnens (sofern erforderlich) eine Rolle.

Bohrarbeiten (seien es die Aufschlussbohrungen oder die Brunnenbohrung an sich) werden über die zu veranschlagenden Bohrmeter abgerechnet. Hierbei steigen die Kosten eines Bohrmeters mit zunehmender Bohrtiefe, da der Bohraufwand mit zunehmender Tiefe stetig höher wird. Auch der Durchmesser der Bohrung spielt eine Rolle, wobei große Durchmesser höhere Kosten verursachen.

Der Anschluss des Brunnens an ein vorhandenes Rohrnetz auf dem Gewinnungsgelände kann in Abhängigkeit von der Länge der neu zu verlegenden Rohrleitung für erhöhte Kosten sorgen. Neben dem Anschluss an ein Rohrnetz spielt auch die Art der Elektrifizierung des Brunnens eine Rolle. So erleichtert eine vielschichtige Elektrifizierung bspw. die Erfassung, Kontrolle und Aufzeichnung von brunnen-spezifischen Kennwerten wie beispielsweise die konstante Bereitstellung von Förderleistung, Absenkung, etc. Dies erleichtert auf der einen Seite das Festlegen des richtigen Zeitpunktes zur Regenerierung/Reinigung eines Brunnens oder die Automatisierung der Brunnenfahrweise in Abstimmung mit benachbarten Brunnen (sofern vorhanden). Auf der anderen Seite werden die Kosten der Elektrifizierung des Brunnens in die Höhe getrieben. Ein hoher Grad an Elektrifizierung zur Erfassung brunnen-spezifischer Messwerte bindet im Idealfall in eine bereits vorhandene Datennetz-Infrastruktur ein. Sollte dieses nicht auf das Einbinden eines neuen Brunnens eingerichtet sein oder umgestellt werden können, so verursacht die Schaffung einer entsprechenden Infrastruktur weitere Kosten.

Finanzierung der Maßnahme

Der Bau eines Brunnens erfolgt über betriebseigene Mittel als Investment. Nach Fertigstellung des Brunnens erfolgt eine Abschreibung über 50 Jahre.

Auswertung des Effektivitätsgrades

Die Effektivität einer Brunnenverlegung zur Reduzierung der Nitratkonzentration im geförderten Rohwasser hängt von der Auswahl des neuen Brunnenstandortes ab. Grundsätzlich besitzen Brunnen ein Einzugsgebiet, also einen hydrogeologischen Bereich, aus dem der jeweilige Brunnen sein Rohwasser bezieht. Nach einer gewissen Betriebszeit stellt sich in Abhängigkeit von der Fahrweise des Brunnens ein Strömungszustand im Grundwasser ein, der sich quasi nicht mehr ändert. Man spricht hier von einem stationären (oder quasi-stationären) Zustand.

Eine Brunnenverlagerung kann derartig erfolgen, dass zu Beginn der Betriebszeit des neuen Brunnens Grundwasser gefördert wird, das deutlich weniger nitratbelastet ist, als das im alten Brunnen geförderte Grundwasser. Mit dem zunehmenden Einstellen des stationären Zustands können sich die Einzugsgebiete des alten und neuen Brunnens aber soweit überlagern bzw. decken, dass sich die anfängliche Reduzierung der Nitratkonzentration im geförderten Rohwasser stetig verringert und im ungünstigsten Fall alte Nitratwerte erreicht. In diesem Fall hätte die Verlagerung des Brunnens lediglich eine kurz- bis mittelfristige Verringerung der Nitratkonzentration im geförderten Rohwasser bewirkt.

Weiterhin kann eine Verlagerung eines Brunnens auch dazu führen, dass sich die Anströmungszeiten von nitratbelastetem Grundwasser hin zum Brunnenfassungsbereich deutlich verlängern, das Einzugsgebiet an sich im stationären Zustand in Teilen aber vergleichbar bleibt. Bei einem hohen Nit-

ratabbaupotenzial des durchströmten Grundwasserleiters kann so eine Reduzierung der Nitratkonzentration des geförderten Rohwassers erreicht werden. Das Nitratabbau-potenzial eines Grundwasserleiters ist eine endliche Ressource, die zum einen nicht immer bekannt und zum anderen nur wenige Jahre, oder aber auch für deutlich längere Zeiträume eine Denitrifikation im Grundwasser bewirken kann. Das natürliche Abbaupotenzial ist eine flächen- (volumen-) deckend nur schwer zu fassende Größe, auf deren Basis eine Verlagerung eines Brunnens riskant ist.

Letztlich kann die Brunnenverlagerung auch derart erfolgen, dass der neue Brunnen im stationären Zustand ein neues Einzugsgebiet erschließt. Dies kann bspw. dadurch erfolgen, dass der neue Brunnen in einem hydrogeologisch komplett getrennten Grundwasserleiter verfiltert ist. Ist und bleibt dieses Einzugsgebiet nitratfrei, so kann eine dauerhafte Reduzierung der Nitratkonzentration im Rohwasser erreicht werden.

Kostenseitig ist die Verlagerung eines Brunnens mit dem kompletten Neubau eines Brunnens vergleichbar. Lediglich der Rückbau des aufgegebenen Brunnens kommt bei der Verlagerung des Brunnens als Kostenelement hinzu.

Grundsätzlich gilt, dass mit dem Abschalten eines Brunnens und anschließender Standortverlagerung sowohl eine temporäre als auch eine dauerhafte Verbesserung der Nitratkonzentration im geförderten Rohwasser erreicht werden kann. Soll als Zielanforderung durch die Standortverlagerung eine dauerhafte Reduzierung der Nitratkonzentration erreicht werden, gilt zu klären, ob bzw. welcher Standort die hydrogeologischen Grundvoraussetzungen für einen solchen Effekt bietet. Kann innerhalb eines Wassergewinnungsgebietes kein Standort gefunden und somit höchstens eine kurzfristige Reduzierung der Nitratkonzentration erreicht werden, ist der Effektivitätsgrad einer Standortverlagerung deutlich eingeschränkt.

Auswirkung der Maßnahme auf die Nitratbelastung

Sollte eine Brunnenverlagerung mit dem Ziel der Reduzierung der Nitratkonzentration im Rohwasser angepeilt werden, gilt es zu bedenken, dass die Rohwasserförderung einer Wassergewinnung zumeist auf mehrere Brunnen (eine Brunnengalerie) aufgeteilt wird. Dies bedeutet, dass der Einfluss des Einzelbrunnens mit zunehmender Anzahl an Brunnen in einer Brunnengalerie abnimmt. Die Effektivität der Verlagerung eines Einzelbrunnens zur Nitrat/PBSM-Reduzierung nimmt also mit dem Anteil des jeweiligen Einzelbrunnens an der Gesamtrohwassermenge der Brunnengalerie ab.

Kostenübersicht

Kostenübersicht: Standortverlagerung von Brunnen

Modellregion RWW

(Standortverlagerung inkl. Rückbau des Altbrunnens)

- Anschaffungsnebenkosten: **32.000 €** (Rückbau des Altbrunnens)
- annualisierte kalkulatorische Gesamtkosten: **35.800 € p. a.**
 - gewichteter durchschnittlicher realer Kapitalkostensatz nach Steuern (WACC) = 4,5 % p. a.
 - Nutzungsdauer = 50 Jahre
 - erwartete Inflationsrate = 1,8 % p. a.
 - kalk. Abschreibungen (auf Basis von Wiederbeschaffungszeitwerten)

Modellregion OOWV

(Brunnenneubau ohne Rückbau des Altbrunnens)

- Anschaffungsnebenkosten: nicht bekannt
- annualisierte kalkulatorische Gesamtkosten: **54.600 € p. a.**

- gewichteter durchschnittlicher realer Kapitalkostensatz nach Steuern (WACC) = 4,5 % p. a.
- Nutzungsdauer = 50 Jahre
- erwartete Inflationsrate = 1,8 % p. a.
- kalk. Abschreibungen (auf Basis von Wiederbeschaffungszeitwerten)

Modellregion OOWV

(Rückbau eines vorhandenen Förderbrunnens)

- Einmalige Rückbaukosten: **100.000 bis 120.000 €**
 - Nutzung des ehemaligen Brunnen als Messstelle
 - inkl. Abriss der Gebäude und Rückbau der Rohwasser- und Elektroanschlüsse
 - Kosten des Rückbaus sind abhängig von den Untergrundverhältnissen

WAZ Niedergrafschaft (*assoziiertes Partner im Rahmen der vorliegenden Studie*)

(Brunnenneubau ohne Rückbau des Altbrunnens)

- Anschaffungsnebenkosten: nicht bekannt
- annualisierte kalkulatorische Gesamtkosten: **20.100 € p. a.**
 - gewichteter durchschnittlicher realer Kapitalkostensatz nach Steuern (WACC) = 4,5 % p. a.
 - Nutzungsdauer = 50 Jahre
 - erwartete Inflationsrate = 1,8 % p. a.
 - kalk. Abschreibungen (auf Basis von Wiederbeschaffungszeitwerten)

3.1.3 Vertiefung von Brunnen

Definition der Maßnahme

In einer Situation, in der Grundwasser aus einem sehr stark mit Nitrat belastetem Grundwasserstockwerk gefördert wird, mag sich die Vertiefung des Förderbrunnens und damit das Vordringen in ein tieferes Grundwasserstockwerk als sinnvoll erweisen. Durch diese Maßnahme kann auf weniger stark belastetes oder im Idealfall unbelastetes Grundwasser zurückgegriffen werden.

Anfallende Kostenelemente

Folgende Kostenelemente entstehen bei der Vertiefung eines Vertikalförderbrunnens:

- ▶ Herstellen der Bohrung
- ▶ Lieferung und Einbau von Filter- und Aufsatzrohren
- ▶ Einbau von Sperrrohren
- ▶ Einbau eines wasserdichten Brunnenkopfes
- ▶ Verfüllung mit Filterkies
- ▶ Durchführung eines Pumpversuches
- ▶ Einbau des Brunnenschachts

Faktoren, die die Kostenhöhe beeinflussen

Die Kosten einer Brunnenvertiefung hängen in erster Linie von der Tiefe des zu erschließenden Grundwasserstockwerks, den zu durchteufenden Gesteinsschichten und dem notwendigen Bohrdurchmesser ab. Daneben werden die Kosten im Wesentlichen davon beeinflusst, ob der bereits bestehende Förderbrunnen in seiner bisherigen Form beibehalten und vertieft werden kann oder ob dieser zunächst gänzlich ausgeräumt und anschließend neu gebaut werden muss.

Finanzierung der Maßnahme

Bei Brunnenvertiefungen ist keine Finanzierung aus dem Wasserentnahmeentgelt möglich, sodass die entstehenden Kosten gänzlich vom Wasserversorgungsunternehmen zu tragen sind.

Auswertung des Effektivitätsgrades

Sofern die Nitratbelastung des Grundwassers in tiefer gelegenen Grundwasserstockwerken geringer ist, als in demjenigen Stockwerk aus dem derzeit gefördert wird, ist die Vertiefung von Brunnen zumindest (kurzfristig) als effektiv zu bewerten. In der mittleren bis langen Frist mag dies jedoch nicht unbedingt zutreffend sein, wie im nächsten Absatz erläutert wird.

Auswirkung der Maßnahme auf die Nitratbelastung

An dieser Stelle ist zu betonen, dass eine Vertiefung von Brunnen mitunter lediglich einen Zeitaufschub gewährt, bis die Nitratbelastung auch in das tiefer gelegene Grundwasserstockwerk vorgedrungen ist. Dies hängt zum einen von der mittleren Verweildauer (durchschnittliche Dauer, die das Grundwasser vom Ort der Grundwasserneubildung bis zur Förderstelle benötigt) und zum anderen von der grundsätzlichen Durchlässigkeit der Grundwasserleiter ab. Somit ist eine Vertiefung von Brunnen in aller Regel lediglich als Übergangslösung in Bezug auf die Nitratbelastung zu betrachten.

Kostenübersicht

Kostenübersicht: Vertiefung von Brunnen

Modellregion des OÖVV

(Ausräumen und anschließende Vertiefung um 30 Meter)

- Anschaffungsnebenkosten: nicht bekannt
- annualisierte kalkulatorische Gesamtkosten: **42.400 € p. a.**
 - gewichteter durchschnittlicher realer Kapitalkostensatz nach Steuern (WACC) = 4,5 % p. a.
 - Nutzungsdauer = 50 Jahre
 - erwartete Inflationsrate = 1,8 % p. a.
 - kalk. Abschreibungen (auf Basis von Wiederbeschaffungszeitwerten)

NEW NiederrheinWasser GmbH (assoziiertes Partner im Rahmen der vorliegenden Studie)

(Ausräumen und anschließende Vertiefung)

- Anschaffungsnebenkosten: **4.500 €** (Analysen im Vorfeld der Vertiefung)
- annualisierte kalkulatorische Gesamtkosten: **23.400 € p. a.**
 - gewichteter durchschnittlicher realer Kapitalkostensatz nach Steuern (WACC) = 4,5 % p. a.
 - Nutzungsdauer = 50 Jahre
 - erwartete Inflationsrate = 1,8 % p. a.
 - kalk. Abschreibungen (auf Basis von Wiederbeschaffungszeitwerten)

3.2 Kosten für potentielle Reparaturmaßnahmen

Wenn Ausweichmaßnahmen nicht möglich und präventive Maßnahmen nicht ausreichend sind, um einer Nitrat- und PSM-Belastung des Rohwassers entgegen zu wirken, können Reparaturmaßnahmen in Betracht kommen. Hierunter werden im Rahmen dieser Studie Maßnahmen zur Wasseraufbereitung verstanden. Neben einer Trinkwasseraufbereitung im Wasserwerk kommt – zumindest theoretisch – auch eine sogenannte In-Situ-Aufbereitung in Betracht. Im Folgenden werden zunächst die ver-

schiedenen Aufbereitungsmöglichkeiten kurz erläutert. Anschließend wird die Kostenermittlung dargestellt.

3.2.1 In-situ-Aufbereitung

Mit der in-situ-Wasseraufbereitung lassen sich sowohl anorganische als auch organische Wasserinhaltsstoffe in-situ (am Ort) entfernen. Nachfolgend werden vier in-situ Aufbereitungen beschrieben.

Denitrifikation

Die Denitrifikation ist ein natürlicher Prozess, der unter bestimmten Bedingungen im Untergrund stattfindet. Durch künstlichen Eintrag von geeigneten Reduktionsmitteln kann der Prozess unterstützt werden. Der Eintrag von Reduktionsmitteln in den Untergrund bzw. ins Grundwasser müsste jedoch gleichmäßig über den gesamten Wasserkörper erfolgen, um lokale weitergehende Reduktionsprozesse wie z.B. die Manganmobilisierung zu vermeiden. Da es hierfür bislang keine praktikable Methode gibt, wurden solche Prozesse für eine gezielte Trinkwasseraufbereitung in Deutschland bisher nur im Rahmen von Pilotversuchen getestet.

In-situ-Oxidation von PSM

Im Bereich der Altlastensanierung (von Punktquellen) werden teilweise Oxidationsmittel in den Untergrund eingeleitet, um dadurch organische Schadstoffe zu oxidieren. Eine großflächige PSM-Verunreinigung eines Brunnen-Einzugsgebietes lässt sich so jedoch nicht beseitigen. Weiterhin ist der Eintrag von Chemikalien in den Untergrund bzw. ins Grundwasser nicht unproblematisch (s. o.), so dass dieses Verfahren zur In-Situ-Trinkwasseraufbereitung nicht eingesetzt wird.

PSM-Verringerung bei der Bodenpassage

Durch verschiedene natürliche Mechanismen (z. B. Adsorption, mikrobiologischer Abbau) können manche PSM bei der Bodenpassage aus dem Wasser weitgehend entfernt werden. Dieser Effekt tritt beispielsweise bei der Uferfiltration bzw. bei der künstlichen Grundwasseranreicherung auf. Die Konzentrationen von polaren PSM bzw. polaren Metaboliten werden jedoch in vielen Fällen nicht oder nur in einem geringen Maße durch die Bodenpassage entfernt. Zudem sind für dieses naturnahe Aufbereitungsverfahren zahlreiche weitere Randbedingungen zu beachten, so dass eine Bodenpassage als gezielte Maßnahme für eine PSM-Entfernung in vielen Fällen kaum in Betracht kommt.

Reaktive Wände

Im Bereich der Altlastensanierung (von Punktquellen) werden teilweise "reaktive Wände" (z. B. mit Aktivkohle) in den Untergrund eingebracht, um dadurch Kohlenwasserstoffe zu entfernen. Eine solche Behandlung von großflächigen Kontaminationen (z. B. aufgrund einer intensiven landwirtschaftlichen Nutzung) ist sehr aufwändig und wird im Trinkwasserbereich nicht praktiziert.

3.2.2 Technische Methoden (im Wasserwerk)

3.2.2.1 Aufbereitungsverfahren zur Verringerung der Nitrat- und PSM-Konzentration

Im Trinkwasserbereich sind zur Verringerung der Nitrat- und PSM-Konzentration folgende Aufbereitungsverfahren Stand der Technik:

Umkehrosmose / Nanofiltration (RO/NF)

Es handelt sich hierbei um druckgetriebene Membran-Entsalzungsverfahren, bei denen ein Großteil der im Rohwasser enthaltenen Ionen (inkl. Nitrat) sowie viele organische Spurenstoffe (inkl. PSM)

durch eine dichte Membran abgetrennt werden. Das salzarme Reinwasser ("Permeat") wird bei der Trinkwasseraufbereitung meist mit einem Bypass von nicht entsalztem Wasser gemischt und anschließend noch entsäuert. Um den RO/NF-Prozess optimal betreiben zu können, ist in der Regel die Dosierung eines Antiscalants im Zulauf der RO/NF-Stufe erforderlich.

Die Permeat-Ausbeute, also das Verhältnis von Permeat zu RO/NF-Zulauf, liegt bei Grundwässern meist zwischen 70 und 85 %. Das salzreiche Konzentrat (ca. 15 – 30 %) wird in den meisten Fällen in ein Oberflächengewässer eingeleitet, wofür eine Genehmigung der zuständigen Behörden erforderlich ist. In manchen Fällen werden RO/NF-Konzentrate auch in die Kanalisation bzw. in eine Kläranlage geleitet, was jedoch meist gebührenpflichtig ist und somit zu hohen Betriebskosten führt.

RO/NF-Prozesse arbeiten i.d.R. sehr robust, lassen sich weitestgehend vollautomatisch betreiben und verursachen einen geringen Personal- und Wartungsaufwand. Für den Betrieb werden vergleichsweise hohe Drücke benötigt (bei Grundwasser ca. 5 – 15 bar), so dass der Energieverbrauch von RO/NF-Verfahren verhältnismäßig hoch ist.

CARIX-Verfahren (CARbondioxide Regenerated Ion eXchange)

Beim CARIX-Verfahren werden Kationen- und Anionenaustauscher gemeinsam in einem sogenannten Mischbett eingesetzt. Das Verfahren wird vorrangig dann zur Nitratentfernung eingesetzt, wenn gleichzeitig auch eine Enthärtung erwünscht ist. Es eignet sich jedoch nicht zur PSM-Entfernung. Der große Vorteil des CARIX-Verfahrens gegenüber klassischen Ionenaustausch-Verfahren ist, dass im Anschluss an die Beladungsphase die Ionenaustauscher mit Kohlendioxid regeneriert werden und nicht mit den herkömmlichen Mitteln (Mineralsäuren, Laugen oder Kochsalz). Das Reinwasser enthält dadurch keine erhöhten Konzentrationen an Natrium oder Chlorid und auch das anfallende Abwasser ("Regenerat") enthält nur die Menge an Ionen, die zuvor aus dem Rohwasser entfernt wurden. Ein Nachteil des CARIX-Verfahrens ist jedoch, dass Sulfat gegenüber Nitrat bevorzugt aufgenommen wird. Dadurch kann bei hohen Sulfatkonzentrationen das CARIX-Verfahren nicht ökonomisch zur Nitratentfernung betrieben werden.

Die Abwassermenge ist beim CARIX-Verfahren in der Regel geringer als bei einem RO/NF-Verfahren. Die Abwässer werden in der Regel in ein Oberflächengewässer eingeleitet (genehmigungspflichtig).

Das CARIX-Verfahren arbeitet i.d.R. sehr robust, wird weitestgehend vollautomatisch betrieben und hat einen geringen Personal- und Wartungsaufwand. Die einzige Chemikalie, die zur Aufbereitung benötigt wird, ist Kohlendioxid. Die Investitionskosten für eine CARIX-Anlage sind meist höher als bei einem RO/NF-Verfahren.

Elektrodialyse (ED)

Bei der Elektrodialyse werden Ionen mit Hilfe eines elektrischen Feldes durch Kationen- und Anionen-selektive Membranen bewegt. Das Verfahren eignet sich u.a. zur Nitratentfernung. Gleichzeitig werden auch andere Ionen aus dem Wasser entfernt, allerdings ist das Ausmaß der Entsalzung in den meisten Fällen nicht so stark wie beim RO-Prozess. PSM werden bei der ED nicht entfernt, da PSM überwiegend keine ionischen Ladungen besitzen.

Die aus dem Wasser entfernten Ionen sammeln sich im Konzentrat, welches entsorgt werden muss. Im Vergleich zu RO/NF ist bei einem ED-Verfahren die Menge an Konzentrat in der Regel geringer.

Das Verfahren arbeitet ebenso wie RO/NF und CARIX robust, weitestgehend vollautomatisch und hat einen geringen Personal- und Wartungsaufwand. Allerdings sind die Investitionskosten deutlich höher als bei den anderen zuvor genannten Verfahren zur Nitratentfernung, so dass im Trinkwasserbereich bisher nur wenige Anlagen mit ED-Technologie realisiert wurden.

Biologische Nitratentfernung (Denitrifikation)

Die Denitrifikation ist ein mikrobiologischer Prozess, der für technische Anwendungen in Festbett- oder Wirbelbettreaktoren unter anaeroben Bedingungen praktiziert wird. Hierbei wird verfahrensabhängig ein organisches Substrat (z.B. Essigsäure) oder auch Wasserstoff als Reduktionsmittel dosiert, das dann von auf einem Trägermaterial angesiedelten Bakterien unter Reduktion von Nitrat-Ionen oxidiert wird. BD-Verfahren eignen sich nicht zur PSM-Entfernung.

Ein wesentlicher Vorteil der biologischen Nitratentfernung gegenüber RO, CARIX und ED ist, dass Nitrat nicht abgetrennt, sondern wirklich zu gasförmigem Stickstoff abgebaut wird. Im Anschluss an die Bioreaktoren ist eine Nachbehandlung des Wassers erforderlich (Gasaustausch, Filtration, Desinfektion). Der Primär-Abwasseranfall liegt bei 5 – 10 %, bezogen auf den Rohwasser-Teilstrom der denitrifiziert wird. Jedoch kann das Primärabwasser der Denitrifikation nach einer Aufbereitung (Sedimentation, ggf. Filtration) größtenteils wieder in den Prozess zurückgeführt oder in den Untergrund versickert werden. Letztlich fällt bei diesem Prozess praktisch kein Abwasser an, sondern nur eine geringe Menge an Schlamm, der entsorgt wird. Die mögliche Abwasser-Wiederverwendung ist ein deutlicher Vorteil des biologischen Verfahrens gegenüber den anderen Verfahren zur Nitratentfernung.

Die Denitrifikation ist aufgrund der biologischen Vorgänge sensibler als die zuvor genannten Verfahren zur Nitratentfernung. Der Gesamtprozess (Denitrifikation inkl. der notwendigen Nachbehandlung) ist sehr komplex und erfordert einen höheren Personal- und Wartungsaufwand.

Aktivkohle (Festbett oder Pulverkohle)

Mit diesem Verfahren können insbesondere unpolare organische Verbindungen sehr gut adsorbiert und somit aus dem Wasser entfernt werden, Nitrat hingegen nicht. Festbett-Aktivkohle muss nach einiger Zeit getauscht bzw. reaktiviert werden, Pulverkohle muss während der Aufbereitung wieder abgetrennt werden und wird anschließend – ggf. mit anderen Wasserwerksrückständen – entsorgt.

PSM stehen bei der Aktivkohle-Adsorption immer in Konkurrenz mit anderen organischen Wasserinhaltsstoffen. Wenn ein Wasser viele konkurrierende organische Wasserinhaltsstoffe (DOC) enthält, ist - im Falle von Pulverkohle – meist eine höhere Dosiermenge erforderlich, um die PSM in dem gewünschten Ausmaß zu entfernen. Bei Aktivkohlefiltern kann eine hohe DOC-Konzentration zu einem schnelleren Durchbruch der Spurenstoffe führen. Unter günstigen Randbedingungen können jedoch mit Festbett-Aktivkohlefiltern auch Laufzeiten von mehreren Jahren erzielt werden.

Beim Einsatz eines Pulverkohle-Verfahrens sind die Investitionskosten in der Regel recht gering, dafür sind die Betriebskosten in der Regel deutlich höher als für ein Festbett-Aktivkohleverfahren.

Ozon / AOP (Advanced Oxidation Processes)

Durch den Einsatz von starken Oxidationsmitteln (z. B. Ozon, Wasserstoffperoxid) sowie ggf. UV-Strahlung können größere organische Moleküle (z. B. PSM, DOC) in kleinere Molekül-Fragmente aufgebrochen werden. Um diese Fragmente zu eliminieren, wird das Wasser anschließend in der Regel über biologisch aktive Filter (Biofilter) geleitet. Mit Ozon- bzw. AOP-Verfahren kann auch die Oxidation von anorganischen Wasserinhaltsstoffen (z.B. Eisen, Nitrit) bewirkt werden, jedoch keine Nitratentfernung. Bei Anwesenheit von Bromid im Rohwasser kann bei der Ozonung unerwünschtes Bromat entstehen. Je nach Rohwasser kann es bei der Ozonung auch zur Bildung von Mikroflocken kommen, die im weiteren Aufbereitungsprozess entfernt werden, Neben seiner starken Oxidationskraft hat Ozon auch eine desinfizierende Wirkung.

Ozon wird vor Ort im Wasserwerk entweder aus Luft oder aus technischem Sauerstoff durch eine sogenannte "stille elektrische Entladung" erzeugt. Dieser Prozess ist recht energieintensiv und kann zu

hohen Betriebskosten führen. Die Art und Konzentration der Wasserinhaltsstoffe sowie die Kontaktzeit des Wassers mit dem Ozon sind relevant für das Ausmaß der Verringerung der PSM-Konzentration. Im Falle von hohen DOC-Konzentrationen ist in aller Regel auch eine höhere Ozon-Dosiermenge erforderlich, um die angestrebte Verringerung der PSM-Konzentration zu bewirken. Aufgrund der starken Oxidationskraft ist Ozon gesundheitsgefährdend, so dass bei dessen Anwendung entsprechende Sicherheitsmaßnahmen erforderlich sind.

3.2.2.2 Modell-Rohwässer

Grundlegende Information: Die im Rahmen dieser Studie betrachteten Modell-Rohwasserbeschaffenheiten basieren zwar auf realen Analysendaten von Wasserversorgern, jedoch handelt es sich in keinem Fall um Rohmischwässer oder Trinkwässer.

Bei der Datenrecherche zu Beginn dieser Studie wurde deutlich, dass die beteiligten Wasserversorger zwar einzelne Brunnen mit erhöhten Nitrat- und PSM-Konzentrationen betreiben, die überwiegende Zahl der Förderbrunnen ist jedoch nicht oder nur gering mit Nitrat oder PSM bzw. PSM-Metaboliten belastet. Aufgrund des gleichzeitigen Betriebs von mehreren Brunnen werden bereits in den Rohmischwässern, also vor der Aufbereitung, die Nitrat- und PSM-Grenzwerte deutlich unterschritten.

Um im Rahmen dieser Studie dennoch die Kosten einer Nitrat- und PSM-Entfernung bei der Trinkwasseraufbereitung ermitteln zu können, wurden somit nicht die Rohmischwässer, sondern die Analysendaten von einzelnen Brunnen oder Rohwasser-Teilströmen betrachtet, die erhöhte Nitrat- und/oder PSM-Konzentrationen aufweisen.

Aufgrund der Vielzahl von PSM-Einzelsubstanzen wurde in Absprache mit dem Umweltbundesamt eine PSM-Auswahl vorgenommen. Es wurden die fünf häufigsten PSM bzw. Metabolite berücksichtigt, die gemäß "LAWA-Bericht" (LAWA, 2015) am häufigsten in Grundwasserproben in Deutschland nachgewiesen wurden. Zusätzlich wurden noch vier weitere Metabolite berücksichtigt, die in einzelnen Rohwässern der an dieser Studie beteiligten Wasserversorger vorkommen.

Tabelle 23 zeigt die Zusammensetzung der in dieser Studie verwendeten Modell-Rohwässer.

Tabelle 23: Zusammensetzung der Modell-Rohwässer

Parameter	Einheit	Modell-Rohwasser 1	Modell-Rohwasser 2	Modell-Rohwasser 3	Modell-Rohwasser 4 *
pH-Wert	-	7,64	7,06	5,90	7,54
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	478	852	350	593
Temperatur	°C	10	10	10	10
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	1,99	5,80	0,30	3,10
Basekapazität bis pH 8,2	mmol/l	0,14	1,25	0,85	0,21
Calcium	mg/l	75	145	35	89
Magnesium	mg/l	4	20	9	6
Natrium	mg/l	12	27	15	22
Kalium	mg/l	3	5	4	7
Chlorid	mg/l	33	54	20	35
Sulfat	mg/l	38	106	70	57
Nitrat	mg/l	54	42	60	50
Eisen	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Mangan	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ammonium	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nitrit	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Gelöster Sauerstoff	mg/l	6,0	3,4	5,0	4,1
DOC	mg/l	0,4	0,5	1,3	2,3
UV-Absorption (SAK ₂₅₄)	1/m	0,5	1,0	1,4	5,8
Färbung (SAK ₄₃₆)	1/m	< 0,1		0,10	0,20
Härte	°dH	10,8	24,8	7,0	13,9
Atrazin	µg/l	0,25			
Bentazon	µg/l	0,50			
Bromacil	µg/l	0,50			
Simazin	µg/l	0,10			
Desethylatrazin	µg/l	0,10			
Desphenylchloridazon	µg/l		3,0		
Metazachlorcarbonsäure	µg/l			1,0	
S-Metolachlorcarbonsäure	µg/l			1,5	
S-Metolachlorsulfonsäure	µg/l			2,0	

* Modell-Rohwasser 4 enthält keine PSM oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenze

Die vier Modellwässer enthalten kein bzw. kaum Eisen, Mangan, Nitrit oder Ammonium, dafür aber Nitrat in Konzentrationen zwischen 42 und 60 mg/l. Somit handelt es sich bei allen vier Fällen um oxidierte Grundwässer.

Die Wassermatrix von Modell-Rohwasser 1 orientiert sich im Hinblick auf die Ionenkonzentrationen an der Qualität eines Förderbrunnens aus der Wassergewinnung Üfter Mark von RWW. Es handelt sich um ein mittelhartes Grundwasser mit einer geringen DOC-Konzentration. Modell-Rohwasser 1 enthält die fünf häufigsten PSM-Substanzen aus dem LAWA-Bericht in Konzentrationen bis zu 0,5 µg/l.

Modell-Rohwasser 2 orientiert sich in seiner Zusammensetzung an dem Grundwasser des Wasserwerkes Weiler der RheinEnergie AG, und zwar an einer Stelle bevor dieses Grundwasser mit weniger nitrathaltigem Uferfiltrat vermischt wird. Das harte und recht stark mineralisierte Modell-Rohwasser 2 enthält 3 µg/l Desphenylchloridazon (nicht relevanter Metabolit).

Die Wassermatrix von Modell-Rohwasser 3 orientiert sich an der Qualität eines Förderbrunnens der Wassergewinnung Holdorf des OOWV. Dieses Wasser ist als weich und verhältnismäßig gering mineralisiert zu bezeichnen. Die DOC-Konzentration von Modell-Rohwasser 3 ist höher als bei den Wässern 1 und 2, zudem enthält das Wasser drei nicht relevante Metabolite in Konzentrationen von 1 – 2 µg/l.

Modell-Rohwasser 4 basiert auf der Analyse einer Wassergewinnung in der Region Ost-Westfalen. Das Wasser ähnelt etwas der Zusammensetzung von Modell-Rohwasser 1, allerdings enthält es keine PSM.

3.2.2.3 Zielwerte für die Wasserqualität nach Aufbereitung

Unabhängig von einzelnen Grenzwerten ergibt sich aus Paragraph 6 der Trinkwasserverordnung ein Minimierungsgebot für "chemische Stoffe, die das Trinkwasser verunreinigen oder seine Beschaffenheit nachteilig beeinflussen können". Deshalb und auch um einen gewissen Sicherheitsabstand zu ha-

ben, werden in der Wasserwerkspraxis häufig Zielwerte definiert, die zum Teil deutlich unterhalb der Trinkwassergrenzwerte liegen.

Für Nitrat ist in der Trinkwasserverordnung ein Grenzwert von 50 mg/l festgelegt. Im Rahmen dieser Studie wurden Aufbereitungskosten für drei Nitrat-Zielwerte (10, 25 und 37,5 mg/l) ermittelt. Ein Zielwert von 50 mg/l kam nicht in Betracht, weil aus technischen Gründen ein gewisser „Sicherheitsabstand“ erforderlich ist, damit der Grenzwert auch wirklich jederzeit eingehalten werden kann. Der Zielwert von 37,5 mg/l resultiert aus der Wasserrahmenrichtlinie (Maßnahmenwert = 75 % des TrinkwV-Grenzwertes, ab dem eine Trendumkehr bewirkt werden soll). Die Zielwerte von 10 und 25 mg/l wurden u.a. aufgrund des „Minimierungsgebotes“ nach §6 der Trinkwasserverordnung berücksichtigt.

Für PSM-Wirkstoffe und sogenannte „relevante Metabolite“ legt die Trinkwasserverordnung einen Grenzwert von 0,1 µg/l je Einzelsubstanz und 0,5 µg/l für die Summe fest. Für sogenannte „nicht relevante Metabolite“ (nrM) wurden vom UBA sogenannte Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) festgelegt. Die GOW für nrM sind je nach Substanz unterschiedlich und betragen zwischen 1 und 3 µg/l. Im Rahmen dieser Studie wurde für alle PSM ein Zielwert von 20 % des Grenz- bzw. GOW-Wertes festgelegt.

3.2.2.4 Verfahrenskonzepte

Die Auswahl und Zuordnung der Verfahrenstechniken zur Nitrat- und PSM-Entfernung erfolgte anhand der Rohwasseranalysen. Für die Erstellung der Aufbereitungskonzepte wurde u. a. von folgenden Randbedingungen bzw. Annahmen ausgegangen:

- ▶ Es wird davon ausgegangen, dass am jeweiligen Standort bereits ein Wasserwerk mit der üblichen Infrastruktur existiert.
- ▶ Die Rohwässer sind bereits weitestgehend frei von Eisen- und Mangan, so dass diesbezüglich keine weitere Aufbereitung erforderlich ist.
- ▶ Die Aufbereitungsstufen zur Nitrat- und PSM-Entfernung werden an letzter Stelle der Aufbereitungskette positioniert.
- ▶ Es existiert vor Ort bereits ein Reinwasserbehälter, aus dem Wasser für Spül- und Reinigungsprozesse entnommen werden kann.
- ▶ Die Wasserrechte und Förderkapazitäten des Wasserversorgers sind ausreichend groß, um den zusätzlichen Rohwasserbedarf für die Nitrat- und PSM-Entfernung zu decken.

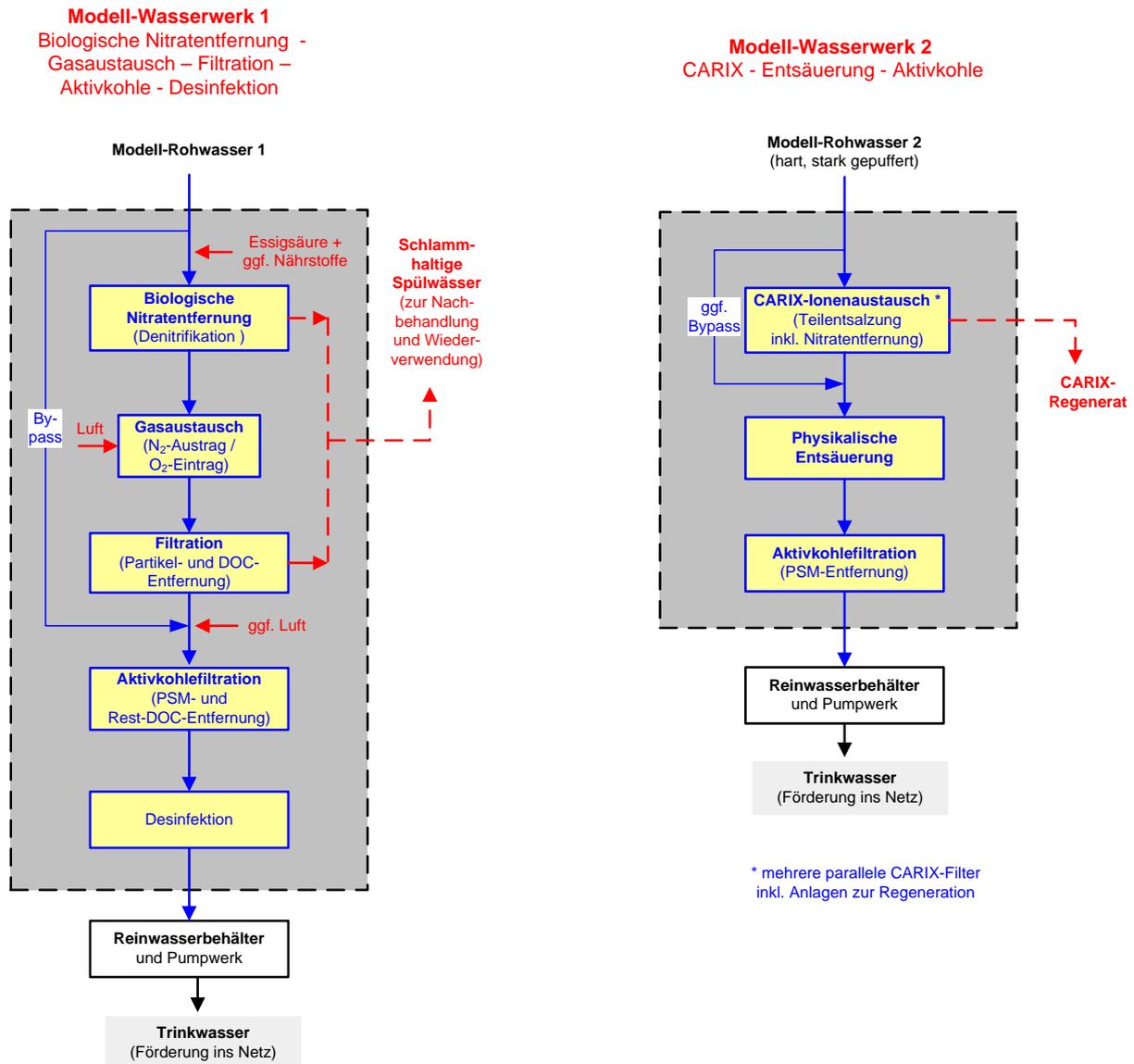
Modell-Rohwasser 1 enthält fünf PSM, von denen sich vier Substanzen bekanntermaßen gut bis sehr gut mit Aktivkohle entfernen lassen. Für Bentazon ist hingegen von einer eher mäßigen Adsorbierbarkeit an Aktivkohle auszugehen, was aber angesichts des niedrigen DOC-Wertes (wenig „Konkurrenz“) und einiger erfolgreicher Praxisbeispiele dennoch als machbar angesehen wird. Insofern wird für das **Modell-Wasserwerk 1** eine Kombination von biologischer Nitratentfernung und Aktivkohlefiltration vorgeschlagen (siehe Abbildung 30).

Im Zulauf der Biofilter werden Essigsäure, Phosphat und ggf. weitere Spurenstoffe ins Rohwasser dosiert. Um das sich bildende Stickstoffgas zu entfernen und um aerobe Verhältnisse zu erzeugen, erfolgt als zweiter Schritt ein Gasaustausch. In der dritten Stufe folgt eine Filtration, um suspendierte Biomasse abzufiltrieren und überschüssige leicht abbaubare Kohlenstoffverbindungen biologisch abzubauen. Die anschließende Aktivkohlefiltration dient sowohl der PSM-Entfernung als auch der weiteren Entfernung von evtl. noch im Wasser enthaltenem biologisch abbaubarem organischen Kohlenstoff. Als letzter Schritt ist eine Desinfektion erforderlich. Je nach Nitrat-Zielwert kann ein Teil des Rohwassers an den Biofiltern vorbei geleitet und mit dem denitrifizierten Wasser verschnitten werden (Bypass).

Die bei der Spülung der Biofilter, der Tiefenfilter und der Aktivkohlefilter anfallenden schlammhaltigen Spülwässer werden u.a. mittels Sedimentation nachbehandelt. Das dabei erhaltene Klarwasser

kann entweder wieder dem Anlagenzulauf zugeleitet werden oder – bei entsprechender Genehmigung der Behörden – in den Untergrund versickert oder in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden. Der sedimentierte Schlamm wird entsorgt.

Abbildung 30: Verfahrensschemata für die Modellwasserwerke 1 und 2



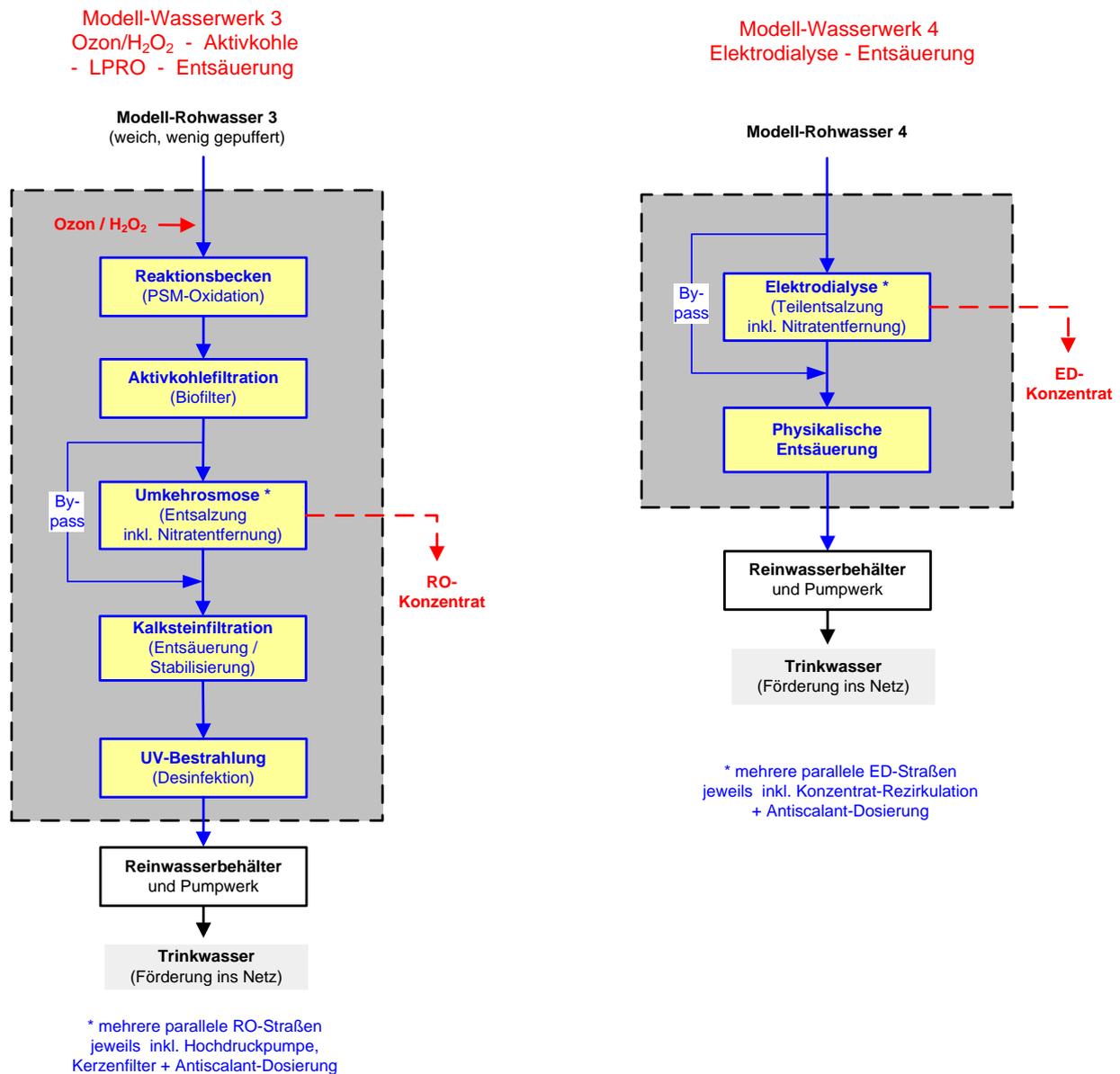
Modell-Rohwasser 2 ist hart (enthält also viel Calcium und Magnesium) und hat eine recht hohe Hydrogencarbonat-Konzentration (Säurekapazität) Zudem enthält das Wasser den PSM-Metaboliten Desphenylchloridazon, welcher nach Einschätzung von IWW mäßig bis gut mit Aktivkohle entfernt werden kann. Für das Modell-Wasserwerk 2 wird eine Kombination von CARIX und Aktivkohlefiltration vorgeschlagen (siehe Abbildung 30).

Eine CARIX-Anlage enthält mindestens drei Ionenaustauscher-Filter (zwei in Betrieb, einer in Regeneration). Da das teilentsalzte Wasser viel CO₂ enthält, erfolgt im zweiten Schritt eine physikalische Entsäuerung. Am Ende der Aufbereitung erfolgt in den Aktivkohlefiltern die PSM-Entfernung.

Das bei der Regeneration der Ionenaustauscher anfallende Regenerat bzw. Eluat wird üblicherweise in ein Gewässer eingeleitet (Fall A). Hierfür ist eine Genehmigung der Behörden erforderlich. Sofern eine Gewässer-Einleitung nicht möglich ist, kann alternativ das Regenerat in die Kanalisation bzw. Kläranlage eingeleitet werden (Fall B - in der Regel kostenpflichtig). Eine weitere Option ist eine vor-Ort-

Nachbehandlung des Regenerates in Form einer biologischen Nitratentfernung (Fall C), was mit Betriebs- und Investitionskosten verbunden ist.

Abbildung 31: Verfahrensschemata für die Modellwasserwerke 3 und 4



Modell-Rohwasser 3 ist weich und nur sehr schwach gepuffert. Die in Modell-Rohwasser 3 enthaltenen Metabolite werden von Aktivkohle nur in einem sehr geringen Ausmaß gebunden. Daher wird für Modell-Wasserwerk 3 eine Kombination eines AOP-Prozesses (Ozon + Wasserstoffperoxid) mit einer Umkehrosiose vorgeschlagen. Die Reihenfolge AOP - RO wurde gewählt, weil das RO-Konzentrat in diesem Fall keine PSM enthält. Bei umgekehrter Prozessfolge würde das RO-Konzentrat PSM enthalten und die Möglichkeit einer behördlichen Genehmigung zur Gewässereinleitung wäre vermutlich ausgeschlossen. Nach der Entsalzung mittels RO ist eine Entsäuerung erforderlich. In den meisten Fällen erfolgt hierfür eine physikalische Entsäuerung. In diesem Fall ist die Pufferung des Wassers jedoch so gering, dass eine Stabilisierung und Aufhärtung mittels Kalksteinfiltration sinnvoll ist. Am Ende der Aufbereitung erfolgt eine UV-Desinfektion.

Modell-Rohwasser 4 enthält keine PSM. Für das Modell-Wasserwerk 4 wird eine Nitratentfernung mittels Elektrodialyse vorgeschlagen.

Das bei den Prozessen RO und ED anfallende Konzentrat wird üblicherweise in ein Gewässer eingeleitet (Fall A). Hierfür ist eine Genehmigung der Behörden erforderlich. Sofern eine Gewässer-Einleitung nicht möglich ist, können alternativ die Konzentrate in die Kanalisation bzw. Kläranlage eingeleitet werden (Fall B - in der Regel kostenpflichtig). Eine weitere Option ist eine vor-Ort-Nachbehandlung der Konzentrate in Form einer biologischen Nitratentfernung (Fall C), was mit Betriebs- und Investitionskosten verbunden ist.

3.2.2.5 Investitionskosten

Im Rahmen dieser Studie wurden auf Basis von vorangegangenen IWW-Projekten, Informationen von Anlagenbauern und Ingenieurbüros und - soweit vorhanden - auf Basis von Angaben aus der Fachliteratur die sogenannten spezifischen Investitionskosten in EUR je m³/h Aufbereitungsleistung abgeschätzt. Sofern zu den gewünschten Wasserwerksgrößen keine korrespondierenden Kostenangaben verfügbar waren, wurden die spezifischen Investitionskosten auf Basis der verfügbaren Informationen interpoliert. Ausgehend von diesen spezifischen Investitionskosten wurden dann die absoluten Investitionskosten für die verschiedenen Wasserwerke hochgerechnet. Weitere Randbedingungen zur Kostenschätzung befinden sich im Anhang (siehe Seite 228).

Eine detaillierte Kostenermittlung von einzelnen Komponenten (beispielsweise Filterkessel, Pumpen, Armaturen etc.), wie sie bei einer Detailplanung durch Ingenieurbüros üblich ist, wurde im Rahmen dieser Studie nicht durchgeführt. Stattdessen wurden die Kosten, wie zuvor beschrieben, auf Basis von Kosteninformationen aus anderen Projekten geschätzt. Insofern sind die in dieser Studie genannten Investitionskosten für die Wasseraufbereitung mit gewissen Unsicherheiten behaftet und sind nur als Größenordnung zu verstehen.

Für jedes der vier Modellwasserwerke wurden die Kosten für drei unterschiedliche Größen bzw. Volumenströme geschätzt (siehe Tabelle 24).

Tabelle 24: Reinwasser-Volumenströme der Modellwasserwerke

		"kleines" Wasserwerk	"mittleres" Wasserwerk	"sehr großes" Wasserwerk
mittlerer Stundendurchsatz	m ³ /h	150	750	3.000
mittlere Laufzeit je Tag	h/d	18,3	18,3	22,8
mittlere Tagesabgabe	m ³ /d	2.740	13.699	68.493
max. Stundendurchsatz	m ³ /h	250	1.200	4.500
max. Laufzeit je Tag	h/d	23,5	23,5	23,5
max. Tagesabgabe	m ³ /d	5.875	28.200	105.750
Jahresmenge	m ³ /a	1.000.000	5.000.000	25.000.000

Exemplarisch werden zunächst die geschätzten Investitionskosten für die **Basisvarianten** der vier Modell-Wasserwerke dargestellt und erläutert (siehe Tabelle 25). Kostenkalkulationen für andere Randbedingungen, beispielsweise größere Wasserwerke oder Varianten mit anderen Methoden zur Abwasserentsorgung, werden anschließend dargestellt. Der Begriff "Basisvariante" bezieht sich im Folgenden immer auf diese Randbedingungen:

- ▶ Jährliche Trinkwasserabgabe 1 Mio. m³/a
- ▶ Nitrat- und PSM-Konzentrationen im Rohwasser Ausgangszustand (kein Anstieg)
- ▶ Nitrat-Zielwert im Trinkwasser 25 mg/l
- ▶ Art der Abwasserentsorgung "Fall A"
CARIX, RO, ED: Gewässereinleitung
Bio: Abwasser-Wiederverwendung

Tabelle 25: Geschätzte Investitionskosten der vier Basisvarianten

Investitionskosten für die vier Basisvarianten(1 Mio. m³/a, Nitrat-Zielwert 25 mg/l, Rohwasser: Ist-Zustand, Abwasser: Fall A)

Kostenart	Einheit	Wasserwerk 1 (Bio + AKF **)	Wasserwerk 2 (CARIX + AKF **)	Wasserwerk 3 (RO + AOP **)	Wasserwerk 4 * (ED **)
Verfahrens- und Elektrotechnik					
Anlagen- und Elektro/MSR- Technik für Nitratentfernung	Mio. EUR	2,0	2,8	1,4	3,8
Anlagen- und Elektro/MSR- Technik für PSM-Entfernung	Mio. EUR	0,4	0,4	0,7	
Geschätzte Investitionskosten für Technik gesamt	Mio. EUR	2,5	3,2	2,1	3,8
Gebäude					
Gebäude für Nitratentfernung	Mio. EUR	1,2	1,6	0,7	0,7
Gebäude für PSM-Entfernung	Mio. EUR	0,2	0,2	0,3	
Geschätzte Gebäudekosten ge- samt	Mio. EUR	1,3	1,7	1,1	0,7
Technik + Gebäude					
Geschätzte Investitionskosten für Nitratentfernung	Mio. EUR	3,2	4,4	2,1	4,5
Geschätzte Investitionskosten für PSM-Entfernung	Mio. EUR	0,6	0,6	1,0	
Geschätzte Investitionskosten gesamt	Mio. EUR	3,8	5,0	3,1	4,5

* Im Modell-Wasserwerk 4 ist keine PSM-Entfernung erforderlich.

** Verfahrenstechniken: Bio = Biologische Denitrifikation AKF = Aktivkohle-Filtration CARIX = Ionenaustausch RO = Umkehrosmose
AOP = Advanced Oxidation Process ED = Elektrodialyse

Für die vier Basisvarianten variieren die geschätzten Investitionskosten für die Nitrataufbereitungstechnik zwischen etwa 1,4 Mio. EUR (Wasserwerk 3, Umkehrosmose) und ca. 3,8 Mio. Euro (Wasserwerk 4, Elektrodialyse). Im Gegensatz dazu sind die Kosten für die Anlagen zur PSM-Entfernung deutlich niedriger (ca. 0,4 – 0,7 Mio. EUR).

Die Gebäudekosten sind u. a. abhängig von der Bauweise und der Gebäudegröße. Das größte Gebäudevolumen und somit die höchsten Kosten werden für das Modell-Wasserwerk 2 erwartet, in dem sich die CARIX-Anlagen befinden. Am geringsten sind die geschätzten Gebäudekosten für das Modell-Wasserwerk 4. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass das Modell-Rohwasser 4 keine PSM enthält und somit auch keine Anlage und kein Gebäude zur PSM-Entfernung erforderlich sind. Bezogen auf die Nitratentfernung sind die Gebäudegrößen bzw. -kosten bei den Modellwasserwerken 3 und 4 gleich groß.

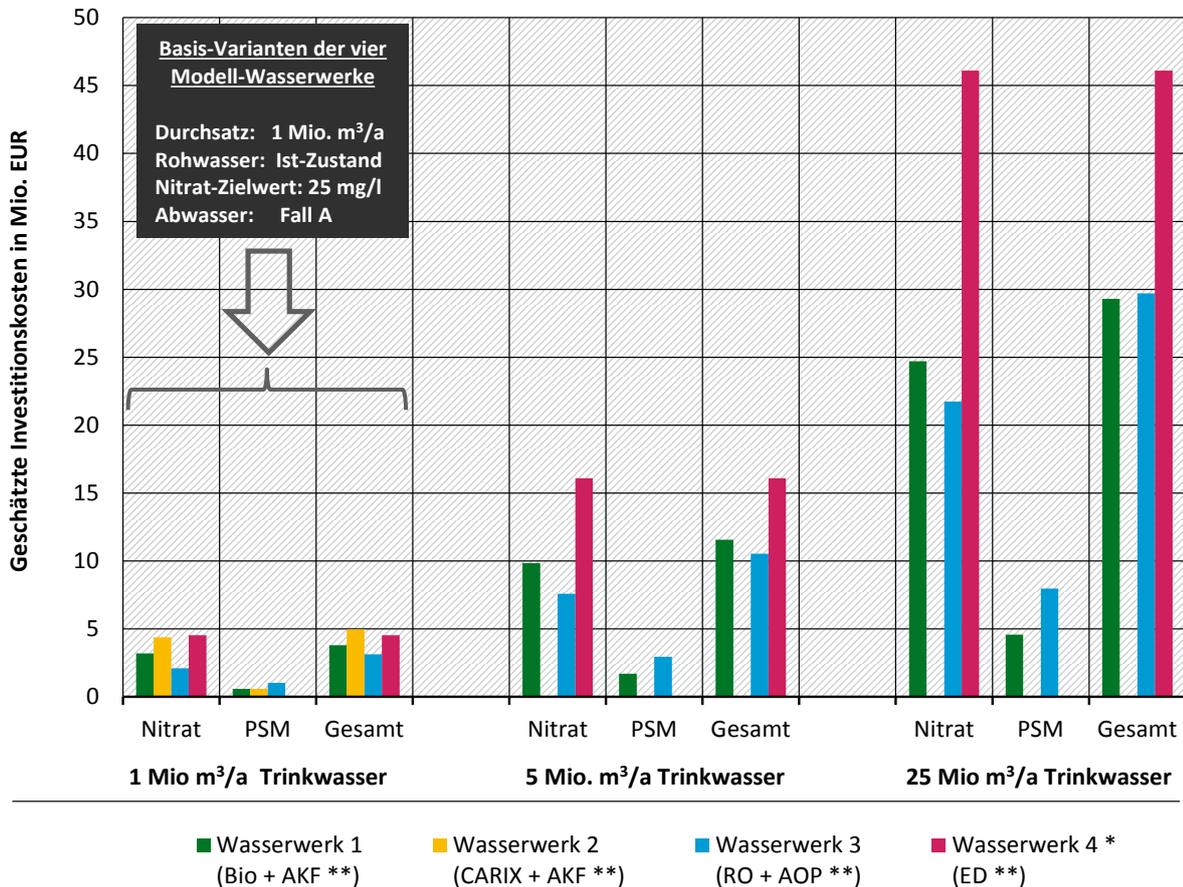
In der Summe liegen die geschätzten Investitionskosten für die vier verschiedenen Wasserwerke zwischen 3,1 Mio. EUR (WW3) und 5 Millionen Euro (WW2). Der Anteil der Kosten für die Nitratentfernung an den Gesamt-Investitionskosten variiert zwischen 67 % (WW 3) und 100 % (WW4).

Die aus den Investitionskosten berechneten Kapitaldienstkosten liegen für die vier Basisvarianten zwischen 36 und 57 ct/m³ (Details siehe Anhang auf Seite 231).

Geschätzte Investitionskosten für verschiedene Wasserwerksgrößen

Abbildung 32 zeigt die geschätzten Investitionskosten für verschiedene Wasserwerksgrößen.

Abbildung 32: Geschätzte Investitionskosten für verschiedene Wasserwerksgrößen



* Im WW 4 ist keine PSM-Entfernung erforderlich.
 ** Verfahrenstechniken: Bio = Biologische Denitrifikation AKF = Aktivkohle-Filtration CARIX = Ionenaustausch
 RO = Umkehrosmose AOP = Advanced Oxidation Process ED = Elektrodialyse

Quelle: IWW

Erwartungsgemäß steigen mit zunehmender Abgabemenge die Investitionskosten für die Wasserwerke. Es wird deutlich, dass die geschätzten Investitionskosten für das Wasserwerk 4 in allen Fällen deutlich über denen der Wasserwerke 1 und 3 liegen. Dies ist bemerkenswert, weil dieses Wasserwerk keine Stufe zur PSM-Entfernung enthält. Allein die Stufe zur Nitratentfernung kostet hier also mehr als an den anderen Wasserwerken die Stufen zur Nitrat- und PSM-Entfernung zusammen.

Für die CARIX-Technologie waren für die Größen 5 und 25 Mio. m³/a keine belastbaren Informationen vorhanden, so dass für Wasserwerk 2 bei diesen Größen keine Investitionskosten geschätzt werden konnten.

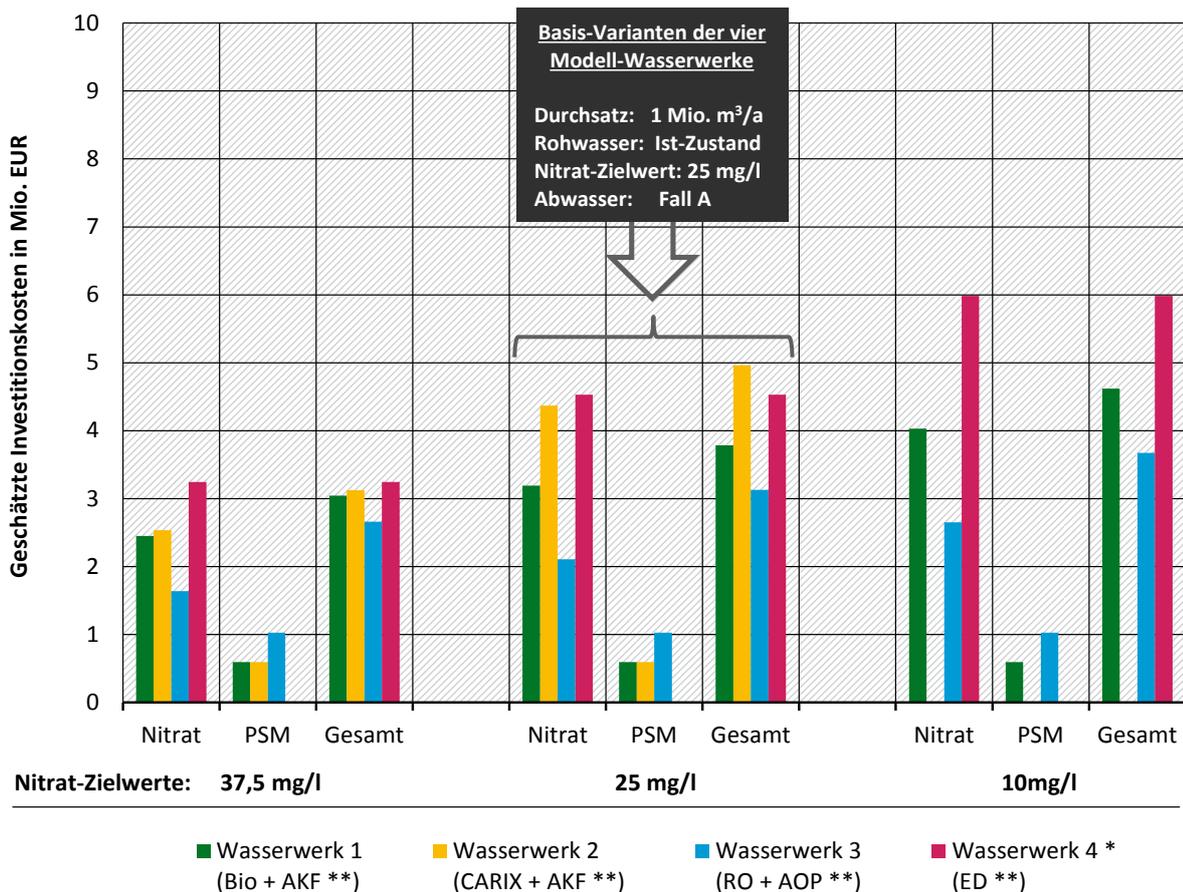
Die aus den Investitionskosten berechneten Kapitaldienstkosten liegen für die Wasserwerke mit 5 Mio. Kubikmeter Abgabemenge zwischen 24 und 37 ct/m³ und für die Wasserwerke mit 25 Mio. Kubikmeter Abgabemenge zwischen 13 und 21 ct/m³ (Details siehe Anhang auf Seite 228).

Geschätzte Investitionskosten für verschiedene Nitrat-Zielwerte

Die zuvor dargestellten Investitionskosten beziehen sich auf die Basis-Varianten mit einer Nitrat-Zielkonzentration von 25 mg/l im Trinkwasser. Wenn andere Zielwerte gewählt werden, kann dies einen Einfluss auf die Investitions- und Betriebskosten haben.

In Abbildung 33 werden die geschätzten Investitionskosten für verschiedene Nitrat-Zielwerte dargestellt. Der Abgabemenge der Wasserwerke beträgt jeweils 1 Mio. m³/a.

Abbildung 33: Geschätzte Investitionskosten für verschiedene Nitrat-Zielwerte (Q = 1 Mio. m³/a)



* Im WW 4 ist keine PSM-Entfernung erforderlich.

Quelle: IWW

** Verfahrenstechniken: Bio = Biologische Denitrifikation AKF = Aktivkohle-Filtration CARIX = Ionenaustausch
RO = Umkehrosmose AOP = Advanced Oxidation Process ED = Elektrodialyse

Erwartungsgemäß steigen die geschätzten Investitionskosten für die Nitratentfernung je niedriger die Nitrat-Zielkonzentration im Trinkwasser ist. Während bei einem Nitrat-Zielwert von 37,5 mg/l die geschätzten Investitionskosten für die Nitratentfernung zwischen 1,6 und 3,2 Mio. EUR variieren, liegen diese Kosten bei einem Zielwert von 10 mg/l zwischen 2,6 und 6 Mio. EUR. Die höchsten Investitionskosten für die Nitratentfernung wurden in allen drei Fällen für Wasserwerk 4 (ED-Verfahren) prognostiziert. Für das Wasserwerk 2 sind bei einer Zielkonzentration von 10 mg/l keine Investitionskosten dargestellt, weil unter den gegebenen Rohwasserbedingungen diese Konzentration mit dem CARIX-Verfahren nicht erreicht werden kann. Die Investitionskosten für die PSM-Entfernung werden durch unterschiedliche Nitrat-Zielwerte nicht beeinflusst.

Die aus den Investitionskosten berechneten Kapitaldienstkosten liegen für die Wasserwerke mit einer Nitrat-Zielkonzentration von 37,5 mg/l zwischen 31 und 38 ct/m³ und für die Wasserwerke mit einer Nitrat-Zielkonzentration von 10 mg/l zwischen 42 und 70 ct/m³ (Details siehe Anhang auf Seite 231).

3.2.2.6 Betriebskosten

Die Betriebskosten wurden - soweit möglich – ebenfalls den beiden Positionen a) Nitratentfernung und b) PSM-Entfernung zugeordnet. Hierbei wurden auf Basis der vorliegenden Informationen folgende Betriebskosten geschätzt:

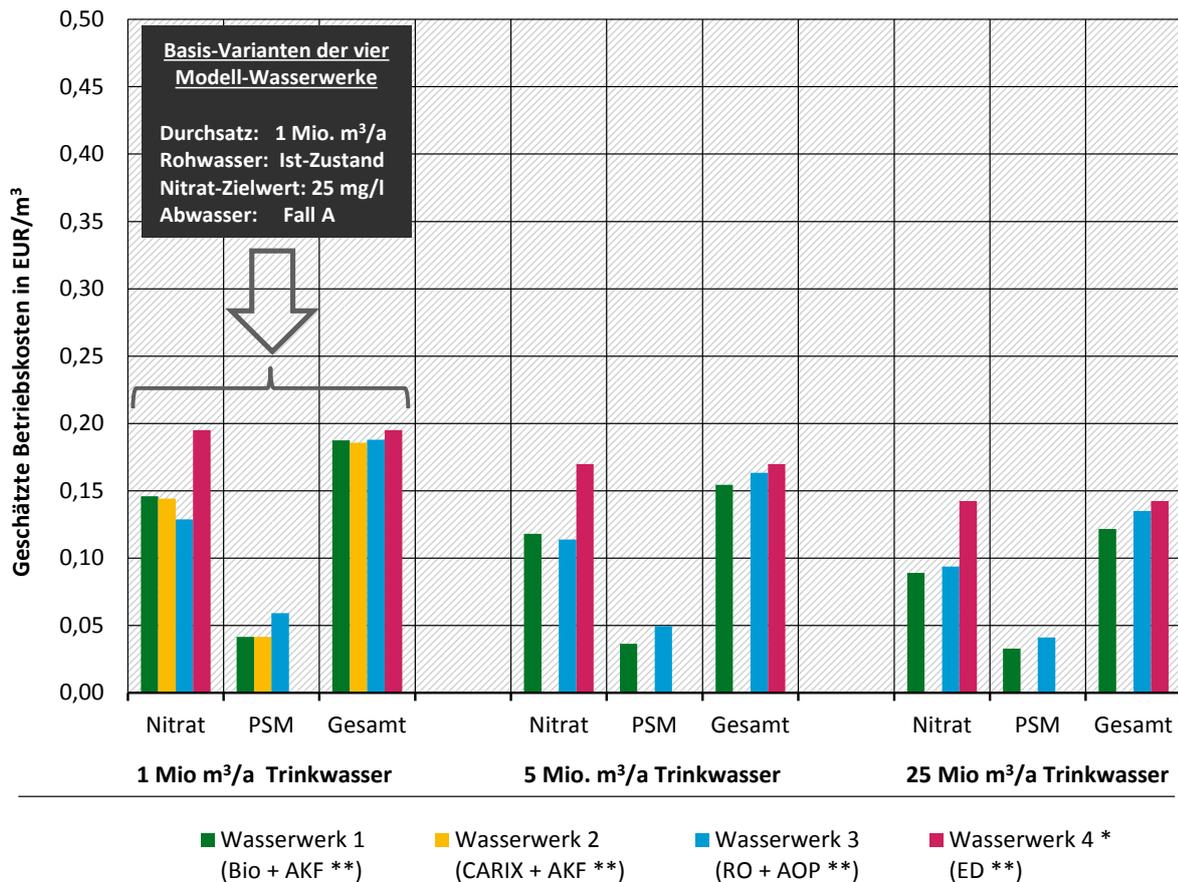
- ▶ Personalkosten
- ▶ Energiekosten
- ▶ Chemikalienkosten
- ▶ Membranersatz RO / ED
- ▶ Aktivkohle-Reaktivierung
- ▶ Wasser- und Abwassergebühren
- ▶ Instandhaltungskosten für Gebäude und Technik

Die Randbedingungen zur Kostenschätzung sowie Tabellen mit Details zu Betriebskosten befinden sich im Anhang (siehe Seite 228).

Spezifische Betriebskosten bei verschiedenen Wasserwerksgrößen

Abbildung 34 zeigt die geschätzten spezifischen Betriebskosten für verschiedene Wasserwerksgrößen.

Abbildung 34: Spezifische Betriebskosten für verschiedene Wasserwerksgrößen



* Im WW 4 ist keine PSM-Entfernung erforderlich.

** Verfahrenstechniken: Bio = Biologische Denitrifikation AKF = Aktivkohle-Filtration CARIX = Ionenaustausch
 RO = Umkehrosmose AOP = Advanced Oxidation Process ED = Elektrodialyse

Quelle: IWW

Bei den Basisvarianten der Wasserwerke 1 bis 3 liegen die geschätzten spezifischen Betriebskosten für die Nitratentfernung recht ähnlich zwischen 13 und 15 ct je Kubikmeter Trinkwasser. Im Gegen-

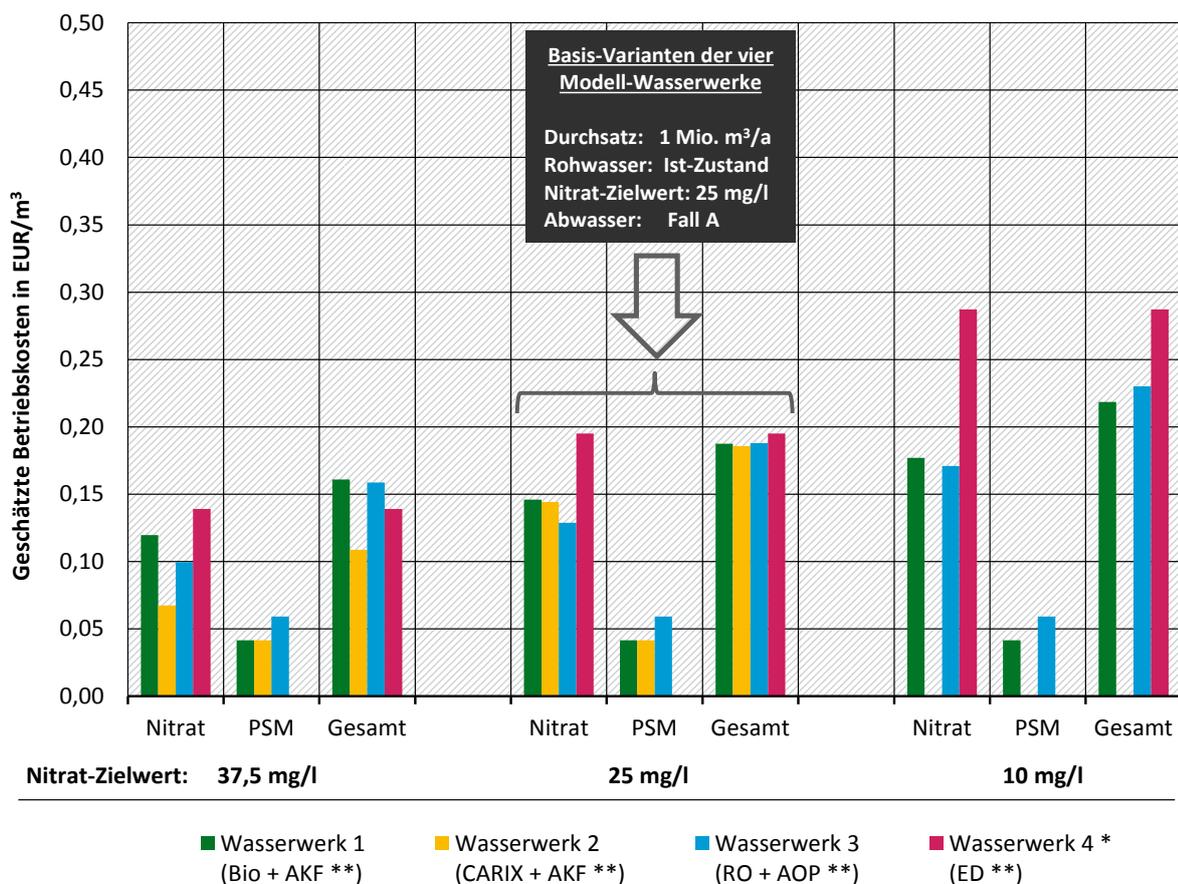
satz dazu werden für das Wasserwerk 4 deutlich höhere spezifische Betriebskosten von 19 ct/m³ veranschlagt. Hierfür sind vor allem der verhältnismäßig hohe Energieverbrauch und hohe Kosten für Membranersatz der ED-Anlage verantwortlich (siehe Detail-Tabellen im Anhang auf Seite 229). Für die PSM-Entfernung bei den Basisvarianten werden spezifische Betriebskosten zwischen 4 und 6 ct/m³ angenommen, wobei die Betriebskosten des AOP-Verfahrens höher sind als die der Aktivkohlefiltration.

Die Schätzungen ergaben, dass mit steigendem Durchsatz bzw. steigender Wasserwerksgröße die spezifischen Betriebskosten zurückgehen. Dieser Rückgang ergibt sich bei steigenden Abnahmemengen u. a. durch eine Degression der spezifischen Kosten für Chemikalien und Aktivkohle-Reaktivierung. Für die Wasserwerksgröße 5 Mio. m³/a liegen die geschätzten spezifischen Betriebskosten der verschiedenen Varianten zwischen 11 und 17 ct/m³ für die Nitratentfernung und zwischen 4 und 5 ct/m³ für die PSM-Entfernung. Für eine Wasserwerksgröße von 25 Mio. m³/a waren für die CARIX-Technologie keine Informationen zu den Investitionskosten verfügbar, so dass für Wasserwerk 2 bei dieser Größe auch keine Betriebskosten dargestellt werden.

Spezifische Betriebskosten bei verschiedenen Nitrat-Zielwerten

In Abbildung 35 werden die geschätzten spezifischen Betriebskosten für verschiedene Nitrat-Zielwerte dargestellt. Der Durchsatz der Wasserwerke beträgt jeweils 1 Mio. m³/a Trinkwasser.

Abbildung 35: Spezifische Betriebskosten für verschiedene Nitrat-Zielwerte (Q = 1 Mio. m³/a)



* Im WW 4 ist keine PSM-Entfernung erforderlich.

** Verfahrenstechniken: Bio = Biologische Denitrifikation AKF = Aktivkohle-Filtration CARIX = Ionenaustausch
RO = Umkehrosmose AOP = Advanced Oxidation Process ED = Elektrodialyse

Quelle: IWW

Erwartungsgemäß steigen die geschätzten spezifischen Betriebskosten für die Nitratentfernung mit sinkender Nitrat-Zielkonzentration im Trinkwasser. Während bei einem Nitrat-Zielwert von 37,5 mg/l die geschätzten spezifischen Betriebskosten für die Nitratentfernung zwischen 7 und 14 ct/m³ variieren, liegen diese Kosten bei einem Zielwert von 10 mg/l zwischen 17 und 29 ct/m³. Die höchsten spezifischen Betriebskosten für die Nitratentfernung wurden in allen drei Fällen für Wasserwerk 4 (ED-Verfahren) prognostiziert. Für das Wasserwerk 2 sind bei einer Zielkonzentration von 10 mg/l keine Betriebskosten dargestellt, weil unter den gegebenen Rohwasserbedingungen diese Zielkonzentration mit dem CARIX-Verfahren nicht erreicht werden kann. Die Betriebskosten für die PSM-Entfernung werden durch unterschiedliche Nitrat-Zielwerte nicht beeinflusst.

Spezifische Betriebskosten bei verschiedenen Methoden der Abwasserbeseitigung

In den zuvor dargestellten Varianten wurde immer von "Fall A" der Abwasserbeseitigung ausgegangen. Dies bedeutet, dass die bei den Prozessen RO, ED und CARIX salzhaltigen Konzentrate bzw. Eluate – mit Genehmigung der Behörden – kostenfrei in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden. In vielen Fällen ist diese sogenannte Direkteinleitung in Deutschland üblich, in manchen Fällen stimmen die zuständigen Behörden einer Einleitung in ein Oberflächengewässer jedoch nicht zu. Eine gut nachvollziehbare Begründung der Behörden ist, dass die hohe Nitratbelastung der Konzentrate zu einer Verschlechterung der Gewässerqualität führen kann.

Als Alternativen zur Direkteinleitung in ein Gewässer (Fall A) kommen für die Konzentrate bzw. Eluate folgende Entsorgungsmöglichkeiten in Betracht:

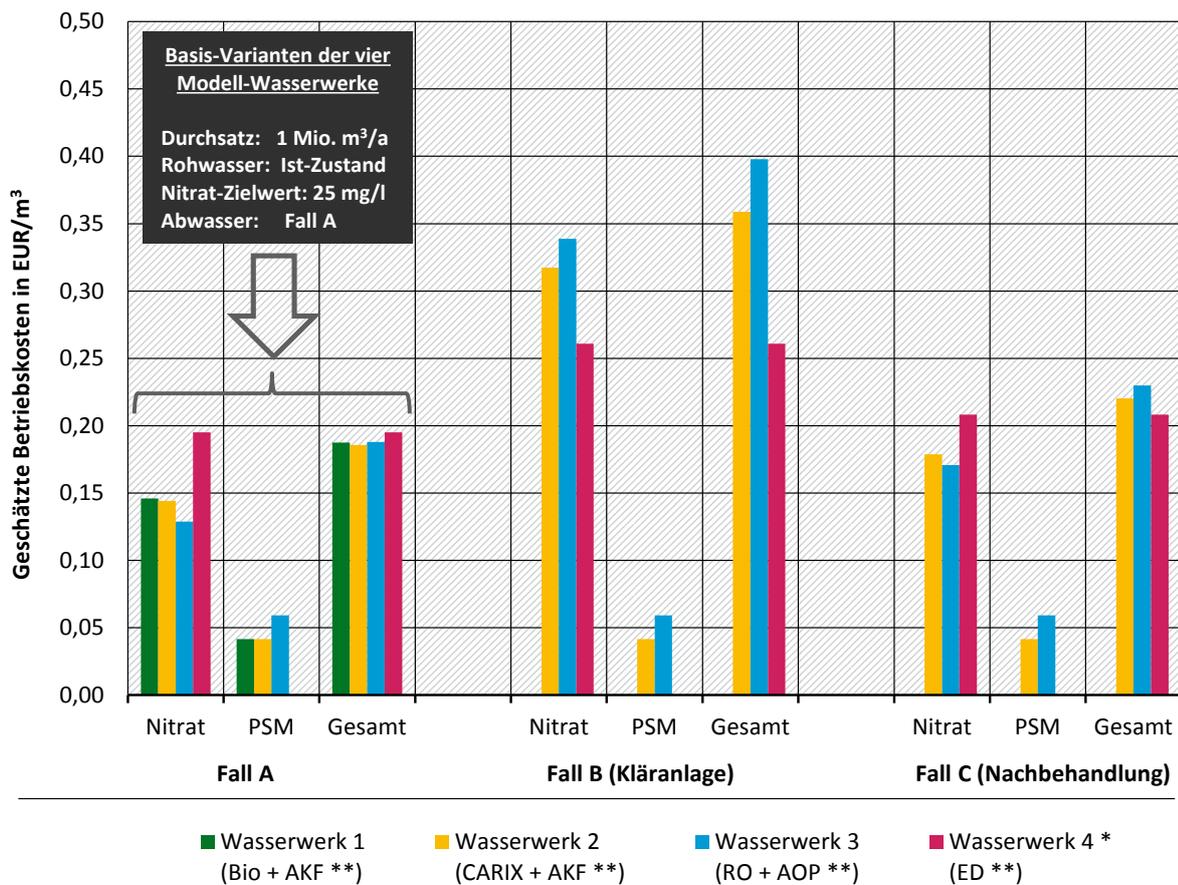
- ▶ Einleitung in die Kanalisation bzw. kommunale Kläranlage (Fall B)
- ▶ Behandlung der Konzentrate/Eluate in einer eigenen Abwasser-Denitrifikationsanlage und anschließende Einleitung des nitratarmen Wassers in ein Oberflächengewässer (Fall C).

Fall B ist in der Regel mit hohen Abwassergebühren verbunden, was zu einem deutlichen Anstieg der Betriebskosten führen kann. In manchen Fällen ist auch der Bau einer Abwasserleitung bis zum nächstgelegenen Kanal erforderlich. Die hierbei anfallenden Investitionskosten werden extrem von den lokalen Gegebenheiten beeinflusst und werden daher im Rahmen dieser Studie nicht berücksichtigt.

Fall C führt zu einem leichten Anstieg der Investitionskosten sowie zu einem Anstieg der Betriebskosten.

Die Fälle B und C betreffen ausschließlich die Verfahren RO, ED und CARIX und somit die Wasserwerke 2, 3 und 4. Das an Wasserwerk 1 (Denitrifikation) anfallende Abwasser wird in jedem Fall vor Ort behandelt und kann anschließend entweder wiederverwendet oder - mit Genehmigung der Behörden - in den Untergrund infiltriert oder in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden.

Abbildung 36: Spezifische Betriebskosten für verschiedene Arten der Abwasserentsorgung



* Im WW 4 ist keine PSM-Entfernung erforderlich. Quelle: IWW
 ** Verfahrenstechniken: Bio = Biologische Denitrifikation AKF = Aktivkohle-Filtration CARIX = Ionenaustausch
 RO = Umkehrosmose AOP = Advanced Oxidation Process ED = Elektrodialyse

Die Einleitung der Konzentrate/Eluate in eine kommunale Kläranlage (Fall B) ist mit hohen Abwassergebühren verbunden (Annahme in dieser Studie: 2 EUR/m³ Abwasser) und führt somit zu einem deutlichen Anstieg der Betriebskosten. Dieser Anstieg wirkt sich für die Wasserwerke 2 und 3 stärker aus als für Wasserwerk 4, weil der Abwasseranteil bei den Verfahren RO und CARIX höher ist als beim ED-Verfahren.

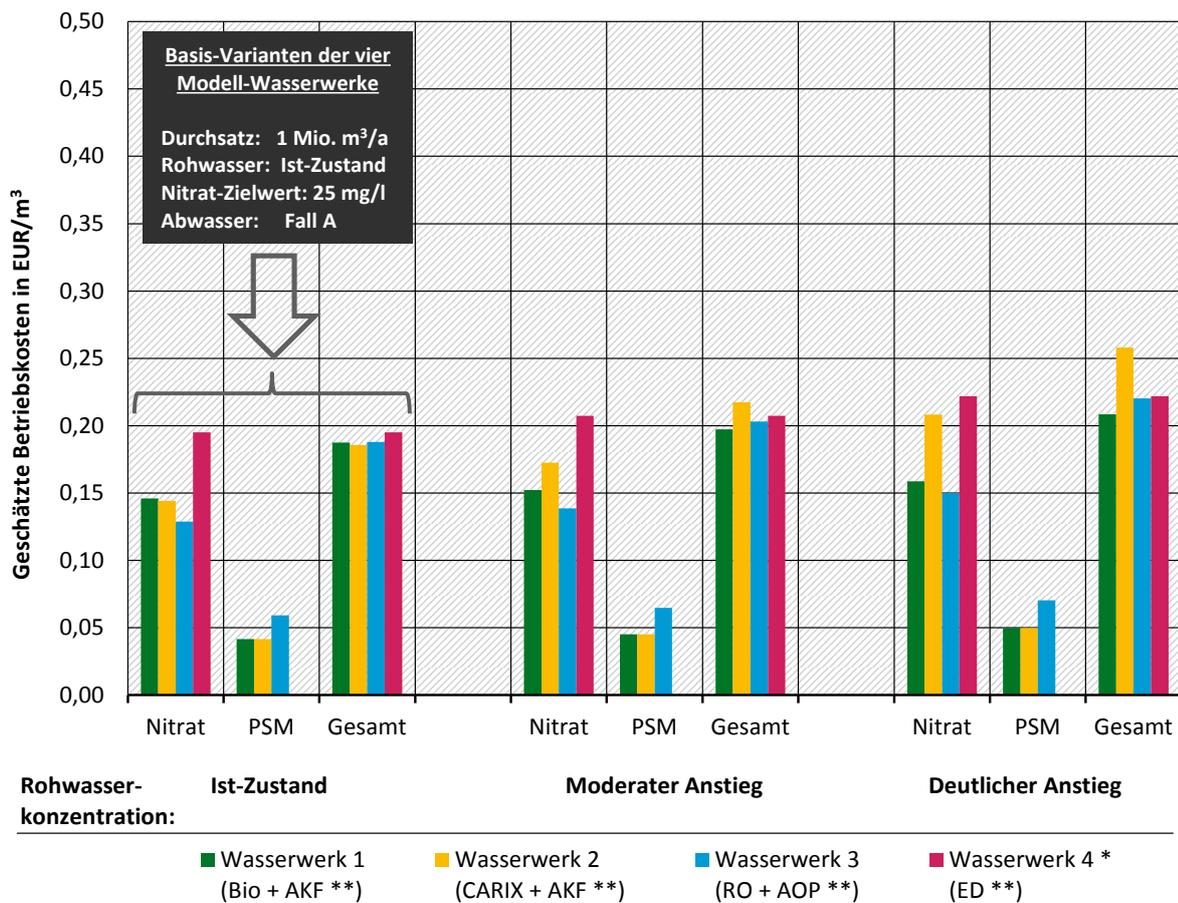
Im Falle einer Vor-Ort-Nachbehandlung der Konzentrate/Eluate (Fall C) wird der Anstieg der spezifischen Betriebskosten zwar auch als relevant, aber als nicht ganz so extrem eingeschätzt wie bei Fall B.

Insgesamt wird deutlich, dass die Art der Abwasserentsorgung einen deutlichen Einfluss auf die Betriebskosten hat.

Spezifische Betriebskosten bei steigenden Nitrat- und PSM-Konzentrationen

In Abbildung 37 sind die spezifischen Betriebskosten für verschiedene Rohwasserkonzentrationsniveaus dargestellt. Die Rohwasserkonzentrationen des Ist-Zustands wurden zuvor bereits in Tabelle 23 erläutert. Als "Moderater Anstieg" wird ein Anstieg der jeweiligen Nitrat- und PSM-Konzentrationen um 10 % gegenüber dem Ist-Zustand definiert. Als "Deutlicher Anstieg" wird ein Anstieg der jeweiligen Nitrat- und PSM-Konzentrationen um 25 % gegenüber dem Ist-Zustand definiert.

Abbildung 37: Spezifische Betriebskosten für verschiedene Rohwasser-Konzentrationsniveaus



* Im WW 4 ist keine PSM-Entfernung erforderlich.

Quelle: IWW

** Verfahrenstechniken: Bio = Biologische Denitrifikation AKF = Aktivkohle-Filtration CARIX = Ionenaustausch
 RO = Umkehrosmose AOP = Advanced Oxidation Process ED = Elektrodialyse

Erwartungsgemäß führt ein Anstieg der Nitrat- und PSM-Konzentration im Rohwasser tendenziell zu einem Anstieg der Betriebskosten für die Wasseraufbereitung. Hauptgründe hierfür sind steigende Energie- und Chemikalienverbräuche.

3.2.2.7 Fazit zu den Kostenschätzungen für die Trinkwasseraufbereitung

Unter Berücksichtigung der in dieser Studie definierten Randbedingungen sind bezüglich der Kosten für die Trinkwasseraufbereitung folgende Tendenzen erkennbar:

- ▶ Die Investitions- und Betriebskosten für die Nitratentfernung sind deutlich höher als die der PSM-Entfernung.
- ▶ Mit steigender Wasserwerksgröße bzw. Aufbereitungsleistung steigen die absoluten Investitionskosten, die spezifischen Investitions- und Betriebskosten je Kubikmeter gehen hingegen zurück.
- ▶ Mit zunehmender Nitrat- oder PSM-Konzentration im Rohwasser steigen – bei gleichbleibenden Zielkonzentrationen – die Kosten für die Aufbereitung.
- ▶ Je niedriger der Zielwert im Trinkwasser, umso höher sind die Kosten für die Aufbereitung.
- ▶ Die Art der Abwasserentsorgung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Betriebskosten.

Die geschätzten spezifischen Aufbereitungskosten (Summe der Betriebs- und Kapitaldienstkosten) für die vier zuvor erläuterten „Basisvarianten“ liegen zwischen 0,55 und 0,76 EUR/m³ Trinkwasser.

Die höchsten spezifischen Aufbereitungskosten sind für folgende Kombination von Randbedingungen zu erwarten:

- ▶ Kleines Wasserwerk (1 Mio. m³/a) – Hohe Schadstoffkonzentration im Rohwasser – Niedrige Zielkonzentration im Trinkwasser – kostenpflichtige Abwassereinleitung in die Kanalisation bzw. Kläranlage
- ▶ Für diesen “Worst-Case“ werden unter den Randbedingungen dieser Studie spezifische Aufbereitungskosten (je nach Aufbereitungsverfahren) zwischen 0,76 und 1,1 EUR/m³ Trinkwasser geschätzt.

Die niedrigsten spezifischen Aufbereitungskosten sind für folgende Kombination von Randbedingungen zu erwarten:

- ▶ Sehr großes Wasserwerk (25 Mio. m³/a) – Niedrige Schadstoffkonzentration im Rohwasser – Hohe Zielkonzentration im Trinkwasser – kostenfreie Einleitung der Abwässer in ein Gewässer
- ▶ Für diesen “Best-Case“ werden unter den Randbedingungen dieser Studie spezifische Betriebskosten (je nach Aufbereitungsverfahren) 0,21 und 0,25 EUR/m³ Trinkwasser geschätzt.

Übertragbarkeit auf andere Fälle

Im Rahmen dieser Studie wurden für die Kostenschätzung bestimmte Randbedingungen festgelegt. Die geschätzten Betriebs- und Investitionskosten beziehen sich explizit nur auf diese Randbedingungen.

Unter anderen Randbedingungen – [sic! und jeder Fall ist anders!] – ist möglicherweise mit deutlich verschiedenen Kosten zu rechnen.

Die in dieser Studie gewählten Randbedingungen sind aus Sicht der Gutachter typisch für deutsche Wasserwerke mit Nitrat- und PSM-belasteten Rohwässern.

Die hier genannten Kosten können bezüglich ihrer Größenordnung und der Kostenstruktur als typisch für die Nitrat- und PSM-Entfernung bei der Trinkwasseraufbereitung in Deutschland angesehen werden.

Die zuvor skizzierten, grundsätzlichen Tendenzen, beispielsweise zum Einfluss der Wasserwerksgröße auf die Investitions- und Betriebskosten lassen sich auf andere Fälle übertragen.

3.2.3 Auswirkungen steigender Nitratbelastungen des Rohwassers auf die Kosten für potentielle Reparaturmaßnahmen

3.2.3.1 Moderater Anstieg

Bei einem moderaten Anstieg der Nitratkonzentration des Rohwassers um 10 % ist im Vergleich zu den vier Basisvarianten mit einem Anstieg der Betriebskosten für die Nitratentfernung – je nach Aufbereitungsverfahren – zwischen 4 und 18 % zu rechnen (siehe auch Abbildung 37).

3.2.3.2 Überdurchschnittlicher Anstieg

Bei einem überdurchschnittlichen Anstieg der Nitratkonzentration des Rohwassers um 25 % ist im Vergleich zu den vier Basisvarianten mit einem Anstieg der Betriebskosten für die Nitratentfernung – je nach Aufbereitungsverfahren – zwischen 9 und 40 % zu rechnen (siehe auch Abbildung 37).

3.3 Monitoring-Kosten (Nitrat und PSM)

Definition der Maßnahmen

Als Monitoring wird im Zusammenhang mit der Belastung durch Nitrat und PSM die regelmäßige Untersuchung des Grundwassers verstanden. Zu beurteilen ist, ob das Grundwasser in einem guten mengenmäßigen und chemischen Zustand ist und die relevanten Grenzwerte eingehalten werden. Die im Rahmen dieser Kostenbetrachtung überwachten Stoffe sind Nitrat sowie Pflanzenschutzmittel als Einzel- und Gesamtstoffe.

Anfallende Kostenelemente

Die wesentlichen Kostenelemente sind die Beprobung der jeweiligen Messstelle (Förderbrunnen oder Grundwassermessstelle), d. h. die Entnahme des zu untersuchenden Wassers sowie die Analyse im Labor. Im Rahmen der Analyse werden die Konzentrationen der zu überwachenden Werte bestimmt und mit den Grenzwerten verglichen.

Faktoren, die die Kostenhöhe beeinflussen

Die Kosten der Probeentnahme werden von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst. Dazu gehören neben der Distanz zwischen den verschiedenen Grundwassermessstellen vor allem auch deren Tiefe und Art des Ausbaus sowie die Gegebenheiten des Aquifers. Die Analysekosten werden maßgeblich durch die zu untersuchenden Wirkstoffe bestimmt (z. B. etwaige Sonderwünsche wie die Untersuchung auf bestimmte Metabolite).

Kosten, die durch die Maßnahme entstehen

Die Kosten pro Beprobung belaufen sich für die Modellregion der RheinEnergie auf 80,- €. Die Analysekosten betragen für Nitrat 18,- € pro Messstelle und Analyse bzw. für PSM 485,- € pro Messstelle und Analyse.

Diese Kosten werden in untenstehender Übersicht mit den Ergebnissen der BDEW-Umfrage hinsichtlich der Anzahl an Grundwassermessstellen „pro Wassergewinnungsgebiet“ bzw. „pro 1 Mio. m³ gefördertem Rohwasser“ verknüpft.

Finanzierung der Maßnahme

Die Finanzierung des Monitoring erfolgt durch das Wasserentnahmeentgelt.

Auswertung des Effektivitätsgrads

Da es sich um eine bloße Messung der Belastung handelt, hat diese keine Auswirkung auf den Nitratgehalt. Alarmierend hohe Werte können jedoch zur Sensibilisierung und damit Maßnahmenenergreifung beitragen.

Kostenübersicht

Kostenübersicht: Nitrat- und PSM-Analyse (Modellregion RheinEnergie + Ergebnisse BDEW-Umfrage)

Modellregion RheinEnergie

Kosten pro Messstelle

Probenahme: **80,- €**

Nitrat-Analyse: **18,- €**

PBSM-Analyse: **485,- €⁸**

Verknüpfung der RheinEnergie-Kosten mit Ergebnissen zur Messstellen-Anzahl aus der BDEW-Umfrage

Die berechneten Kosten fallen unter der Annahme an, dass jede Messstelle einmal pro Jahr beprobt wird. In Abhängigkeit der Belastungssituation und der Anzahl der Messstellen in einem Wassergewinnungsgebiet variiert die Beprobungshäufigkeit jedoch unterschiedlich stark.

Werden die o.g. Kosten pro Messstelle mit den Ergebnissen zur Anzahl von Messstellen pro Wassergewinnungsgebiet bzw. 1 Mio. m³ gefördertem Rohwasser verknüpft, resultieren folgende Analysekosten:

Anzahl Grundwassermessstellen pro Wassergewinnungsgebiet (Stichprobe: 194)

Durchschnittswert: 29,5 Messstellen

→ Analysekosten Nitrat: **2.890 € p.a.**

→ Analysekosten PBSM: **16.670 € p.a.**

Median: 10,0 Messstellen

→ Analysekosten Nitrat: **980 € p.a.**

→ Analysekosten PBSM: **5.650 € p.a.**

Anzahl Grundwassermessstellen pro 1 Mio. m³ gefördertem Rohwasser (Stichprobe: 186)

Durchschnittswert: 18,8 Messstellen

→ Analysekosten Nitrat: **1.840 € p.a.**

→ Analysekosten PBSM: **10.620 € p.a.**

Median: 10,6 Messstellen

→ Analysekosten Nitrat: **1.040 € p.a.**

→ Analysekosten PBSM: **5.990 € p.a.**

Aus den beiden Modellregionen des OÖVV stehen Kostendaten für die neun verschiedenen Wasserwerke zur Verfügung (Südoldenburg: Wasserwerke Holdorf, Großenkneten, Thülsfelde, Wildeshausen und Harpstedt / Ostfriesland: Wasserwerke Aurich, Marienhaf, Harlingerland und Sandelermöns). In der nachstehenden Kostenübersicht werden jeweils die Kosten für Nitrat- und PBSM-Analysen auf Basis der beiden Bezugsgrößen „pro 1 Mio. m³ geförderter Rohwassermenge“ sowie „pro Messstelle (Förderbrunnen bzw. Grundwassermessstelle)“ dargestellt.

⁸ Insgesamt wird auf 105 PSM getestet. Eine vollständige Liste der überprüften PSM findet sich im Anhang (siehe S. 192).

Kostenübersicht: Nitrat- und PBSM-Analyse (Modellregion OOWV)

Modellregion OOWV

Die berechneten Kosten fallen unter der Annahme an, dass jede Messstelle einmal pro Jahr beprobt wird. In Abhängigkeit der Belastungssituation und der Anzahl der Messstellen in einem Wassergewinnungsgebiet variiert die Beprobungshäufigkeit jedoch unterschiedlich stark.

Bei der Kostendarstellung werden nicht nur die Parameter Nitrat berücksichtigt, sondern auch weitere Basisanalysen. Bei den Messstellen wird eine Basisanalyse durchgeführt, weil es auch andere Veränderungen begründet durch die Nitratreinträge zu beobachten gibt, zum Beispiel ansteigende Eisen- und Sulfatwerte oder Veränderungen des Bodenpufferungssystems (pH-Wert, Säurekapazität, Calcium, Aluminium).

Analyse-Kosten pro 1 Mio. m³ geförderter Rohwassermenge

Wasserwerk Holdorf

- Kosten für Nitrat-Analyse: **13.000 € p.a.**
- Kosten für PBSM-Analyse: **6.500 € p.a.**

Wasserwerk Großenkneten

- Kosten für Nitrat-Analyse: **2.600 € p.a.**
- Kosten für PBSM-Analyse: **1.300 € p.a.**

Wasserwerk Thülsfelde

- Kosten für Nitrat-Analyse: **2.300 € p.a.**
- Kosten für PBSM-Analyse: **1.100 € p.a.**

Wasserwerk Wildeshausen

- Kosten für Nitrat-Analyse: **1.700 € p.a.**
- Kosten für PBSM-Analyse: **900 € p.a.**

Wasserwerk Harpstedt

- Kosten für Nitrat-Analyse: **4.800 € p.a.**
- Kosten für PBSM-Analyse: **2.400 € p.a.**

Wasserwerk Aurich

- Kosten für Nitrat-Analyse: **2.200 € p.a.**
- Kosten für PBSM-Analyse: **1.100 € p.a.**

Wasserwerk Marienhäfe

- Kosten für Nitrat-Analyse: **1.100 € p.a.**
- Kosten für PBSM-Analyse: **600 € p.a.**

Wasserwerk Harlingerland

- Kosten für Nitrat-Analyse: **400 € p.a.**
- Kosten für PBSM-Analyse: **200 € p.a.**

Wasserwerk Sandelermöns

- Kosten für Nitrat-Analyse: **1.300 € p.a.**
- Kosten für PBSM-Analyse: **600 € p.a.**

Analyse-Kosten pro Messstelle (Förderbrunnen bzw. Grundwassermessstelle)

Wasserwerk Holdorf (Anzahl Messstellen: 106)

- Kosten für Nitrat-Analyse: **590 € p.a.**
- Kosten für PBSM-Analyse: **410 € p.a.**

Wasserwerk Großenkneten (Anzahl Messstellen: 127)

- Kosten für Nitrat-Analyse: **390 € p.a.**
- Kosten für PBSM-Analyse: **430 € p.a.**

Wasserwerk Thülsfelde (Anzahl Messstellen: 122)
→ Kosten für Nitrat-Analyse: 310 € p.a.
→ Kosten für PBSM-Analyse: 320 € p.a.
Wasserwerk Wildeshausen (Anzahl Messstellen: 73)
→ Kosten für Nitrat-Analyse: 270 € p.a.
→ Kosten für PBSM-Analyse: 260 € p.a.
Wasserwerk Harpstedt (Anzahl Messstellen: 41)
→ Kosten für Nitrat-Analyse: 310 € p.a.
→ Kosten für PBSM-Analyse: 270 € p.a.
Wasserwerk Aurich (Anzahl Messstellen: 39)
→ Kosten für Nitrat-Analyse: 260 € p.a.
→ Kosten für PBSM-Analyse: 270 € p.a.
Wasserwerk Marienhafte (Anzahl Messstellen: 15)
→ Kosten für Nitrat-Analyse: 330 € p.a.
→ Kosten für PBSM-Analyse: 270 € p.a.
Wasserwerk Harlingerland (Anzahl Messstellen: 23)
→ Kosten für Nitrat-Analyse: 220 € p.a.
→ Kosten für PBSM-Analyse: 260 € p.a.
Wasserwerk Sandelermöns (Anzahl Messstellen: 52)
→ Kosten für Nitrat-Analyse: 240 € p.a.
→ Kosten für PBSM-Analyse: 250 € p.a.

Im Rahmen der BDEW-Umfrage wurde den Teilnehmern hinsichtlich der Monitoringkosten folgende Frage gestellt: „Wie hoch sind die vor dem Hintergrund der Nitratproblematik / der PBSM-Problematik in den einzelnen Wassergewinnungsgebieten anfallenden Gesamt-Monitoringkosten p.a. (Messstellenbau, Messstellenmanagement, Probenahme, Analytik)?“

Nachstehende Kostenübersicht stellt daher nicht nur die Kosten für Probenahme und Analytik dar, wie dies in den beiden vorangegangenen Kostenübersichten der Fall ist, sondern berücksichtigt neben dem Bau und Management von Messstellen mitunter auch Nmin-Untersuchungen.

Kostenübersicht: Gesamt-Monitoringkosten (Ergebnisse BDEW-Umfrage)

Ergebnisse aus der BDEW-Umfrage

Gesamt-Monitoringkosten pro 1 Mio. m³ Rohwassermenge vor dem Hintergrund der Nitrat-Problematik

→ Durchschnitt: **7.500 p.a.**

→ Median: **3.300 € p.a.**

Gesamt-Monitoringkosten pro 1 Mio. m³ Rohwassermenge vor dem Hintergrund der PBSM-Problematik

→ Durchschnitt: **6.100 p.a.**

→ Median: **2.700 € p.a.**

4 Durch Nitratbelastung verursachte Kosten präventiver Maßnahmen

4.1 Bestandsaufnahme der verschiedenen Ansätze des vorsorgenden Gewässerschutzes

4.1.1 Vorsorgender Grundwasserschutz

Vorsorgende Grundwasserschutzmaßnahmen lassen sich in drei Kategorien unterteilen, die dabei jeweils in unterschiedlichem Maße für die Wasserversorgungsunternehmen auch ausgabenwirksam werden:

- ▶ Beratung,
- ▶ Freiwillige Vereinbarungen und
- ▶ Flächenmanagement

4.1.2 Beratung

Das Beratungsangebot für die Landwirtschaft in Wasserschutz- und Trinkwassergewinnungsgebieten ist sehr umfassend. Das Angebot und auch die entsprechende Akteurslandschaft sind sehr differenziert. So gibt es vor allem hier Ergänzungen und Überschneidungen mit der allgemeinen landwirtschaftlichen Beratung zur Umsetzung der Cross-Compliance-Regelungen. Mit diesem Begriff wird ein Mechanismus bezeichnet, mit dem die Direktzahlungen an Landwirte aus der 1. Säule der EU-GAP (Gemeinsame Agrarpolitik) an die Erfüllung von bestimmten Auflagen im Bereich Umweltschutz, Lebensmittelsicherheit, Tier- und Pflanzengesundheit und Tierschutz sowie den Erhalt der landwirtschaftlichen Nutzfläche in gutem Bewirtschaftungs- und Umweltzustand gebunden sind. Seit 2005 ist für alle Landwirte, die Direktzahlungen erhalten, dies Cross-Compliance obligatorisch (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2015, Niedersächsisches Ministeriums für Ernährung Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2016).

Die entsprechenden EU Verordnungen regeln in diesem Zusammenhang auch die Anforderungen an die Beratung. *„Um den Begünstigten den Zusammenhang zwischen Landbewirtschaftungsmethoden und landwirtschaftlicher Betriebsführung einerseits und den Anforderungen in Bezug auf Umwelt, Klimawandel, guten landwirtschaftlichen Zustand der Flächen, Lebensmittelsicherheit, öffentliche Gesundheit, Tier- und Pflanzengesundheit sowie Tierschutz andererseits bewusster zu machen, ist es erforderlich, dass die Mitgliedstaaten ein umfassendes System der landwirtschaftlichen Betriebsberatung einführen, das den Begünstigten Beratung anbietet. Dieses System der landwirtschaftlichen Betriebsberatung sollte in keiner Weise die Verpflichtung und Verantwortung der Begünstigten, diese Anforderungen zu erfüllen, beeinflussen. Auch sollten die Mitgliedstaaten eine eindeutige Trennung zwischen Beratung und Kontrolle sicherstellen“* (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2013, S. 10).

Der besondere Beratungsbedarf der Landwirtschaft ergibt sich dabei vor allem aus den sich grundlegend verändernden Rahmenbedingungen und Marktstrukturen:

- ▶ anhaltender Strukturwandel in der Landwirtschaft;
- ▶ sich ändernde Rahmenbedingungen und daraus folgende Anpassungsprozesse zusammen mit dem wachsenden Einfluss überregionaler, europäischer Entwicklungen und dem Einfluss des Weltmarkts und -handels;
- ▶ eine steigende agrar- und umweltpolitische Regelungsdichte;
- ▶ stärkere Anforderungen an Spezialwissen für die Landwirte als überwiegende „Generalisten“ und steigende Anforderungen in den Bereichen Qualitätsmanagement, strategische Planung, Informations-, Kommunikations- und Bürotechnologie.
- ▶ Steigende Kaufwerte und Pachtentgelte
- ▶ Preisschwankungen bei landwirtschaftlichen Produkten

Mit zu berücksichtigen ist dabei auch der Umstand, dass sich der Staat auch aus finanziellen Erwägungen heraus an vielen Stellen aus der Beratung unmittelbar zurückgezogen und damit auch eine Kommerzialisierung der Beratung begünstigt hat.

Zur Bewertung der Effektivität und Effizienz von Beratungsleistungen ist ein detaillierter Einblick in die Beratungsprozesse und die Interaktionen zwischen Berater und der Landwirtschaft als Ratsuchenden sinnvoll. Boland et al. (2005) unterscheiden fünf Beratungsprozesse, die in nachfolgender Tabelle dargestellt sind.

Tabelle 26: Fünf Beratungsprozesse

<p>Information Fakten ohne individuellen Handlungsbezug (Übermittlung häufig durch Massenmedien, ohne Dialog, hoher Anspruch an Eigeninitiative)</p>	Vergleiche von Pflanzenschutzmitteln, regionale Versuchsergebnisse, Mischungsempfehlungen, Warnhinweise, Schadbilder
<p>Bildung Erwerb von Lösungskompetenz auf Vorrat (ohne aktuellen Problembezug; Bildungsziele und -inhalte in aller Regel vorgegeben)</p>	Sachkundenachweis – Lehrgang
<p>Beratung Individuelle Lösungsentwicklung zu einem aktuell vorliegenden Problem (sowohl Fakten- als auch Handlungsbezug, individuelle Auswahl und Bearbeitung von Information, Handlungsmöglichkeiten als Ergebnis der Beratung, die Ratsuchender und Berater gemeinsam entwickeln)</p>	Einzelberatung bei Problemen, Feldkontrolle Gruppenberatung (bspw. Arbeitskreis integrierte Landwirtschaft)
<p>Produktberatung Lösungsentwicklung bei aktuellen Problemen aus definiertem Angebot</p>	Information und Anwendungsempfehlungen zu einer definierten Anzahl von Produkten
<p>Werbung Vermittlung von Fakten als Handlungsanreize für definierte Angebote</p>	Werbung, Schriften, wissenschaftliche Berichte (aus der Industrieforschung), Produktlisten eines Anbieters

Quelle: Boland et al. (2005), S. 9

Mit Blick auf eine Beeinflussung des umwelt- und qualitätsorientierten Verhaltens in der Landwirtschaft unterscheiden sie 5 Strategien:

Tabelle 27: Strategien zur Beeinflussung des umweltorientierten Verhaltens in der Landwirtschaft
Quelle: Schlagheck (1993), S. 528

Strategie	Zielgruppe	Änderungsart	Methoden
Machtstrategien	Klienten mit fehlendem Problembewusstsein und/oder ohne Änderungsbereitschaft	Änderung durch Zwang Weg: Sanktionen	Gesetze, Verordnungen, Richtlinien
Förderungsstrategien	Klienten, die u.a. aus finanziellen Gründen keine Änderungsbereitschaft zeigen	Änderung durch Anreize finanzieller Art Weg: Belohnung	Entgelt für bestimmte Leistungen, Übernahme von Kosten bei der Betriebsumstellung

Strategie	Zielgruppe	Änderungsart	Methoden
Kommunikative Strategien			
c1. Überredung	Klienten, die sich unsicher fühlen	Änderung durch Identifikation Weg: Nachahmen	Werbung, Appelle, Empfehlungen
c2. Aufklärung	Hochmotivierte Klienten, die gewohnt sind, rational zu denken und zu handeln	Änderung durch Einsicht Weg: Informieren	Massenmedien, Vorträge, Einzelberatung
c3. Problemlösung	Klienten, die sich eines Problems bewusst sind und Änderungsbereitschaft zeigen	Änderung durch Stärkung der eigenen Entscheidungsfähigkeit Weg: Beratung, Lernen durch Tun	Teilnehmerzentrierte Gruppenarbeit, Einzelberatung

Steuern und Abgaben als ökonomische Lenkungsinstrumente, die ganz explizit an dem Verhalten der Landwirte ansetzen, stellen eher die absolute Ausnahme dar.

Innerhalb der landwirtschaftlichen Beratungsangebote lassen sich unterschiedliche Träger und Angebotsformen unterscheiden:

- ▶ **Offizialberatung** (Beratung im öffentlichen Interesse bzw. im staatlichen Auftrag): durch Ministerien und nachgelagerte Behörden sowie Landwirtschaftskammern
- ▶ **Ringberatung**: in Beratungs- und Erzeugerringen oder Arbeitskreisen
- ▶ **Verbandsberatung**: von Bauernverbänden und Anbauverbänden etc.
- ▶ **Private Beratung**: durch selbstständige Berater und Beratungsfirmen
- ▶ **Kirchliche Beratung**: insbesondere in der Familienberatung, Hofnachfolge und bei existenzgefährdeten Betrieben
- ▶ **Firmenberatung**: durch Zulieferer, Verarbeiter, Handel, Banken, Versicherer etc.

Die Übergänge sind dabei fließend. So ist bspw. die Trägerschaft nicht immer eindeutig: oft übernehmen bspw. Landwirtschaftskammern sowohl Aufgaben der Offizialberatung als auch die Unternehmensberatung für ihre Mitglieder. Dies gilt auch etwa für die weit verbreiteten Wasserschutzkooperationen. In diesen Fällen finanzieren in der Regel die Wasserversorgungsunternehmen die Beratung und stellen dafür eigenes Personal ein oder vergeben diese Aufgaben an andere Unternehmen, die dabei wiederum mit der Landwirtschaftskammer und Organisationen der Offizialberatung zusammenarbeiten können. Auch die Finanzmittel, die die Wasserversorger für diese Beratung einstellen, können dabei aus unterschiedlichen Quellen kommen: zum Teil finanzieren die Unternehmen diese Beratung aus eigenen Mitteln, andere Versorgungsunternehmen dagegen vollständig oder zumindest zum Teil aus dem jeweiligen Mittelaufkommen des Wasserentnahmeentgelts, das an die Wasserversorgung zurückfließt.

Eine grundlegende Kategorisierung der Beratungsleistungen nach Finanzierung und Durchführung erlaubt eine vorläufige, grobe Klassifizierung und ist in nachstehender Tabelle dargestellt.

Tabelle 28: Klassifizierung der Beratungsleistungen nach Finanzierung und Durchführung

Finanzierung	Durchführung	
	öffentlich	privat
öffentlich	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kostenlose Offizialberatung 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Subventionierte Privatberatung ▶ Verträge ▶ Gutscheine
privat	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Gebührenpflichtige Offizialberatung 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Private Beratung

Die Struktur der Beratungssysteme kann Auswirkungen auf die Effektivität der Maßnahmen haben. Knierim et al. (2012) verweisen u.a. auf die Ergebnisse vergleichender Untersuchungen, wonach die privatisierten Beratungsmodelle eher auf kurzfristige Lösungen setzen, und sich dabei auch der Umgang mit Wissen weniger offen gestaltet als im Fall staatlicher Modelle.

Auch in der Gewässerschutzberatung existieren in den verschiedenen Bundesländern zahlreiche Beratungsangebote, die sich nur schwer in dieses Schema einordnen lassen. Umfang, Inhalte und für die Grundwasserschutzberatung zuständige Institutionen variieren stark in den einzelnen Bundesländern. Im folgenden Kapitel werden die Zuständigkeiten und Regelungen in den einzelnen Bundesländern zusammenfassend dargestellt.

4.1.3 Freiwillige Vereinbarungen

Freiwillige Vereinbarungen zwischen Wasserversorgungsunternehmen und Landwirten unterliegen gewissen Regeln und liegen nicht allein im Ermessensspielraum der Vertragsparteien. Auf Landesebene werden diese Vorgaben in unterschiedlicher Weise verankert (vgl. Tabelle 29).

Tabelle 29: Regelungen in den Bundesländern zu Ausgleichszahlungen im Rahmen von freiwilligen Vereinbarungen (eigene Zusammenstellung)

Bundesland	Zuständige Institution	Regelungen
Baden-Württemberg	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg	SchALVO regelt Ausgleichszahlungen, auch private Verträge neben Verwaltungsakten möglich; Ministerium erstellt Liste der Wasserschutzgebiete, für die SchALVO heranzuziehen ist
Bayern	Bayerisches Landesamt für Umwelt	Kooperationen als freiwillige Vereinbarungen eines Wasserversorgers mit den in seinem Schutz- und Einzugsgebiet wirtschaftenden Landwirten nach Landeswassergesetz)
Berlin		Staatsvertrag zwischen Berlin und Brandenburg, der Zusammenarbeit regelt; wenig Landwirtschaft in Berlin, Gesetze und Verordnungen von der brandenburgischen Landwirtschaftsverwaltung
Brandenburg	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft	Verschiedene Umweltprogramme und Ausgleichszahlungen mit dem Ziel der Reduktion von Stickstoffeinträgen; subsummiert im Bereich: Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM), Ausgleichszahlungen
Bremen	Stadt Bremen Bau und Umwelt	Stadtwerke Bremen können mit Landwirten bilateral verhandeln, Wasserbehörde kann Höhe der Entschädigung festsetzen; (Grundlage: WHG §52 Abs. 4)
Hamburg	-	
Hessen	Regierungspräsidium Darmstadt	Förderung freiwilliger Kooperationen nach HWG; insbesondere durch Hessenwasser praktiziert: http://www.hessenwasser.de/unternehmen/dialog/landwirtsch

		aft-in-der-region/; Wasserbehörde greift im Falle einer Nicht-Einigung ein.
Mecklenburg-Vorpommern	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz	Eher Beratung und Forschungsprojekte; dazu EU-Programme wie ELER
Niedersachsen	Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz	Sog. Blaubuch Grundlage der Berechnung der Ausgleichszahlungen
Nordrhein-Westfalen	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz	12-Punkte-Programm; Privatwirtschaftliche Verträge werden angestrebt; zusätzliche Beratungsangebote; Finanzierung der Ausgleichszahlungen durch Wasserentnahmeentgelte
Rheinland-Pfalz	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten	Förderung freiwilliger Kooperationen; Zahlungen an die Landwirtschaft werden zu 50% durch Wasserentnahmeentgelte gedeckt und zusätzliche 30% durch eine Förderung der Wasserwirtschaftsverwaltung Rheinland-Pfalz (betrifft insbesondere Mineralbrunnen)
Saarland	Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz	Verschiedene Förderprogramme u.a. Zwischenfruchtanbau und Untersaaten, dazu Ausgleichszahlungen in NATURA-2000-Gebieten
Sachsen	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft	Ausgleichszahlungen für die Landwirtschaft in Wasserschutzgebieten nach SächsSchAVO
Sachsen-Anhalt	Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau	Nur "Freiwillige Gewässerschutzleistung" im Rahmen der EU-GAP (Gemeinsame Agrarpolitik)
Schleswig-Holstein	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume	Ausgleichszahlungen in Wasserschutzgebieten (Grundlage ist die Ausgleichsverordnung AVO)
Thüringen		Beratung im Rahmen der WRRL

4.1.4 Flächenmanagement

Diese Maßnahmenkategorie umfasst den Kauf oder die Pacht von landwirtschaftlichen Nutzflächen innerhalb von Wasserschutzgebieten durch ein Wasserversorgungsunternehmen und die anschließende Verpachtung dieser Flächen an Landwirte mit entsprechenden Nutzungsaufgaben (Beschränkung des Düngemiteleinsatzes, Ökolandbau etc.).

Eine weitere Maßnahme besteht bspw. in der Aufforstung von erworbenen Flächen innerhalb von Wasserschutzgebieten, wobei die Aufforstung als Schutzmaßnahme dann gleichzeitig als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme nach dem Bundesnaturschutzgesetz angerechnet werden kann.

Die Auswahl der aufzukaufenden oder zu pachtenden Flächen erfolgt im Idealfall auf der Grundlage der detaillierten Bestimmung prioritärer, d.h. besonders schutzwürdiger Flächen innerhalb von Einzugsgebieten von Wassergewinnungsanlagen. Das Flächenmanagement als Instrument des vorsorgenden Grundwasserschutzes stößt in den Regionen an Grenzen, in denen aufgrund des Flächendrucks Kauf- und Pachtpreise der landwirtschaftlichen Flächen besonders hoch sind. Dieses Instrument kommt gegenwärtig nur in wenigen Bundesländern zur Anwendung.

4.2 Maßnahmen in den Modellregionen

4.2.1 Beratung in den Modellregionen des OOWV und der RheinEnergie

4.2.1.1 Beratung in der Modellregion des OOWV

Der OOWV ist mit mehreren Wasserwerken in ökologisch sensiblen Gebieten mit einer intensiven Landwirtschaft seit jeher im besonderen Maße mit dem Problem der Belastung von Rohwasser durch Nitrat und auch zunehmend Pestizide konfrontiert. Das Unternehmen hat sich daher bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt auf unterschiedliche Art und Weise mit Ansätzen des vorsorgenden Grundwasserschutzes befasst und hierbei auch im bundesdeutschen Vergleich eine gewisse Vorreiterrolle übernommen.

Bereits seit 1993 wird in den Wasserschutzgebieten des OOWV über den „kooperativen Gewässerschutz“ ein vorsorgender Grundwasserschutz praktiziert: Landwirte nutzen die kostenlose Wasser-schutzberatung und optimieren ihre Bewirtschaftungsweise über die Umsetzung von „Freiwilligen Vereinbarungen“.

Der OOWV ist geschäftsführendes Mitglied einer Kooperation zum vorsorgenden Trinkwasserschutz. Weitere Mitglieder sind die Stadtwerke Norden und die Gemeindewerke Bad Zwischenahn, die je ein Wasserwerk betreiben. Diese Kooperation umfasst zurzeit 14 Trinkwassergewinnungsgebiete in der Größenordnung von ca. 67.500 ha. Auf die OOWV Modellregionen entfallen dabei rd. 64.700 ha auf 12 Trinkwassergewinnungsgebiete, in denen rd. 1.500 landwirtschaftliche Betriebe ansässig sind (LWK, 2016). Den einzelnen Trinkwassergewinnungsgebieten werden jeweils bestimmte Wasserschutzberater zugeteilt. An der Ausgestaltung des Beratungskonzepts werden diese Berater beteiligt, um sicherzustellen, dass auch die regionalen und örtlichen Besonderheiten entsprechend berücksichtigt werden können.

Ein besonderer Schwerpunkt der Beratung liegt aktuell im Bereich Pflanzenschutzmittel und deren Metaboliten. Zusammen mit dem OOWV wurde ein Stufenplan entwickelt, der bei bestimmten Wirkstoffen zur Anwendung kommt. Je nach Fundhäufigkeit wird innerhalb der Beratung den Landwirten ein freiwilliger Verzicht empfohlen. Dies erfolgt dann über gezielte Ansprachen und über Wasser-schutzrundschriften.

Beispiel für ein „Wasserschutzrundschriften“ des OOWV

„Der OOWV weist darauf hin, dass im WGG [XY] und auch in anderen WGG Abbauprodukte von Metolachlor in mehreren Messstellen gemessen wurden. Es wird empfohlen, im Trinkwassergewinnungsgebiet [XY] Metolachlor nicht mehr anzuwenden. Der OOWV wird sich deswegen bei der Zulassungsbehörde für ein Verbot der Anwendung des Wirkstoffes in Trinkwassergewinnungsgebieten einsetzen.“

Die angestrebte Substitution dieser Wirkstoffe wird dann über freiwillige Vereinbarungen unterstützt (siehe Kapitel 4.2.2).

Den Umfang der jeweils auf Nachfrage durchgeführten einzelbetrieblichen Beratung nach Trinkwassergewinnungsgebieten und inhaltlichen Schwerpunkten verdeutlichen die folgenden Tabellen.

Tabelle 30: Schwerpunkte der einzelbetrieblichen Beratung

TGG	Aurich-Egels	Hage	Harlingerland	Marienhäfe	Sandelermöns	Bad Zwischenahn	Nethen	Westerstede	Thülsfelde	Großenkneten	Harpstedt	Wildeshausen A-C	Wildeshausen D	Holdorf	Alle
Einzelbetriebliche Beratung [Std.]	176	16	170	164	172	229	204	496	581	441	82	189	156	244	3.320
Freiwillige Vereinbarungen [%]	40,5	30,8	51,5	39,0	46,9	32,8	25,3	42,4	32,1	46,8	40,6	39,0	48,9	43,2	40,0
EU-kofinanzierte Agrarumweltmaßnahmen [%]				1,2	0,2		2,6	0,1	0,5	3,2	0,5	1,7	2,3	0,5	1,0
Pflanzenbau/Fruchtfolge [%]	8,4		8,2	1,8	6,8	22,4	13,5	17,4	16,5	1,1	10,6	4,7	5,1	8,1	10,7
Düngung [%]	34,6	44,7	28,4	45,3	22,7	27,9	41,1	29,8	19,6	34,9	47,4	52,4	35,6	33,7	32,2
Pflanzenschutz [%]				1,2		5,6	9,9	7,8	1,4	0,2				0,2	2,5
Vermarktung [%]						0,4		0,3							0,1
Umstellung der Bewirtschaftung [%]		22,1			0,2				1,5	6,2		0,4	4,1	10,9	2,2
Schutzgebietsverordnung [%]	13,3	2,4	7,0	9,7	18,6	7,2	3,5	1,1	18,9	2,8		1,0	3,0	1,4	7,4
Erfolgskontrolle [%]	3,3		4,9	1,7	4,5	3,6	4,0	1,1	9,6	4,8	0,9	0,9	1,0	2,1	4,0

Quelle: LWK 2016, S. 22

Tabelle 31: Anteil einzelbetrieblicher Beratung

TGG	Betriebe im TGG [n]	beratene Betriebe 2015 [n]	Anteil [%]	beratene TGG Fläche [ha]	Anteil an Gesamt LF [%]	Betriebe mit Düngungsplanung [n]	beplante TGG Fläche [ha]	Anteil an Gesamt LF [%]
Aurich-Egels	121	52	43	2.194,74	59	11	597,01	16
Hage	110	6	5	99,00	11	1	44,53	5
Harlingerland	202	67	33	3.545,32	43	12	965,22	12
Marienhäfe	93	49	53	2.548,45	63	13	973,41	24
Sandelermöns	152	60	39	2.675,22	63	6	350,25	8
UR. Ostfriesland	678	234	35	11.062,72	52	43	2.930,42	14
Bad Zwischenahn	29	16	55	276,99	90	6	114,95	37
Nethen	72	30	42	1.128,92	76	10	364,95	24
Westerstede	196	70	36	3.534,29	67	19	1.290,58	24
UR. Ammerland	297	116	39	4.940,1983	70	35	1.770,4773	25
Thülsfelde	240	160	67	2.920,46	85	27	810,20	23
Großenkneten	140	73	52	2.324,23	79	42	1.443,69	49

TGG	Betriebe im TGG [n]	beratene Betriebe 2015 [n]	Anteil [%]	beratene TGG Fläche [ha]	Anteil an Gesamt LF [%]	Betriebe mit Düngplanung [n]	beplante TGG Fläche [ha]	Anteil an Gesamt LF [%]
Harpstedt	43	30	70	754,77	93	2	144,95	18
Wildeshausen A-C	117	40	34	1.991,04	78	10	388,17	15
Wildeshausen D	55	39	71	1.149,38	100	4	229,43	20
UR. Wildeshausen	215	109	51	3.895,1932	87	16	762,5453	17
Holdorf	61	60	98	976,57	100	12	378,22	39
Alle	1.631	752	46	26.119,37	65	175	8.095,55	20

Quelle: LWK 2016, S. 50

Der größte Teil der Beratungen bezieht sich auf die Vorbereitung und Umsetzung von freiwilligen Vereinbarungen.

Neben der einzelbetrieblichen Beratung erfolgt die Wasserschutzberatung auch über regelmäßige Rundschreiben an die Landwirte. Die ausgewählten Inhalte verweisen auf die große Bandbreite der behandelten Themen:

Tabelle 32: Themen der schriftlichen Beratungsinfos 2016 (Auszug)

lfd. Nr.	Themen
1	Ausbringung von Wirtschaftsdünger, Humusuntersuchung und Bedeutung von Humus, Pflanzenschutz und Sachkunde
2	Änderungen von freiwilligen Vereinbarungen, Brachflächen, Umbruchflächen, Ausbringung von Kalk, Andi Antrag2015
3	Gefahr der Doppelförderung, Düngung zu Mais (Sollwert, Kalimangel), Wirtschaftsdüngeruntersuchung
4	Untersaaten in Mais + Aussaat, Unkrautbekämpfungsstrategien in Mais, Verzicht von Terbutylazin und S- Metolachlor im Maisanbau
5	Zwischenfruchtanbau, Anforderungen im Wasserschutz und ÖVF (Greening), FV zu Zwischenfrüchten, Düngung im Herbst
6	Abgabefristen FV, Sperrfristen für Wirtschaftsdünger, SchuVo für WS-Gebiete, Schlagaufzeichnungen mit Beispiel, Termine
7	Runderlass zur Zwischenlagerung von Stallmist, Behandlung von Greeningflächen, Nmin-Werte, Düngplanung für 2016
8	GAP-Antrag, Greening, Fortbildung Sachkunde Pflanzenschutz, Düngung in Baumschulen im WSG, freiwillige Vereinbarungen
9	GAP-Antrag, Greening, Fortbildung Sachkunde Pflanzenschutz, Nmin-Untersuchung und Düngbedarfsermittlung, freiwillige Vereinbarungen
10	Aktuelles aus dem Pflanzenschutz, Pflanzenschutzhinweis zum Wirkstoff S-Metolachlor, freiwillige Vereinbarungen, Zwischenfrucht-Mischungen Greeningkonform + N-Safe für WSG
11	Aktuelles aus dem Pflanzenschutz, Pflanzenschutzhinweis zum Wirkstoff S-Metolachlor, freiwillige Vereinbarungen, Zwischenfrucht-Mischungen Gemüse Greeningkonform + N-Safe für WSG
12	Aktuelle freiwillige Vereinbarungen, Zwischenfruchtanbau, Düngung bei Baumschulpflanzen und Stauden, Mitteilung des OOWV: PSM-Befunde - Wirkstoff Metazachlor, Fortbil-

lfd. Nr.	Themen
	dung Pflanzenschutzsachkunde
13	Aktuelle F freiwillige Vereinbarungen, Zwischenfruchtanbau, Düngung bei Grünkohl, Mitteilung des OOWV: PSM-Befunde - Wirkstoff Metazachlor, Fortbildung Pflanzenschutzsachkunde, Aufzeichnungspflichten, Meldepflicht Wirtschaftsdünger
14	Einsatzverzicht von Pflanzenschutzmitteln mit dem Wirkstoff Metazachlor, freiwillige Vereinbarungen, Kalkung
15	Einsatzverzicht von Pflanzenschutzmitteln mit dem Wirkstoff Metazachlor, freiwillige Vereinbarungen, Kalkung
16	Nmin-Ergebnisse Herbst 2015, Sachkundenachweis und Fortbildung im Pflanzenschutz, Düngplanung, Schlagaufzeichnungen
17	Nmin-Ergebnisse Herbst 2015, Sachkundenachweis und Fortbildung im Pflanzenschutz, Düngplanung, Schlagaufzeichnungen, Nährstoffvergleich
18	Förderung, Ackerbau (Untersaaten)
19	Förderung, Ackerbau (Zwischenfrucht)
20	Einladung Feldbegang, Abdriftschäden, OOWV Veranstaltung
21	Preise Öko-Getreide, Zwischenfrucht, Buchweizen, Sperrfrist

Quelle: LWK 2016

Öffentlichkeitsarbeit/Modellvorhaben in der Modellregion des OOWV

Im Rahmen der Kooperation erfolgt eine sehr umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit. Diese reicht über die Organisation allgemeiner Informationsveranstaltungen, spezieller Angebote für Schulen bis hin zu dem Ausstellen von Informationstafeln an landwirtschaftlichen Nutzflächen, auf denen etwa über das Konzept der freiwilligen Vereinbarungen informiert wird.

Einen besonderen Stellenwert im Rahmen des Schutzkonzepts nehmen auch Pilotprojekte ein, bei denen auf ausgewählten Flächen neue Bewirtschaftungsmethoden erprobt werden; die Ergebnisse werden den Landwirten dann vor Ort auf Feldbegehungen präsentiert.

Kostenübersicht

Kostenübersicht: Jährliche Kosten für den OOWV

Beratung von Landwirten

Gesamtes Verbandgebiet: 500.000 € p.a.

4.2.1.2 Beratung in der Modellregion der RheinEnergie

Definition der Maßnahme

Die Beratung von Landwirten stellt einen wesentlichen Teil für den Gewässerschutz dar. In Gruppen- oder Einzelberatungen werden den Landwirten Fachkenntnisse aus dem Bereich der Düngung und des Pflanzenschutzes vermittelt. Die Landwirte haben daneben auch die Möglichkeit, eine telefonische Beratung in Anspruch zu nehmen.

Die Weiterbildung von Beratern und Landwirten sorgt für eine auf die aktuellen Bedürfnisse abgestimmte Beratung. Ein wesentlicher Teil der Beratung ist dabei die Düngedarfsrechnung und ihre Ausgestaltung. So kann unter dem Begriff Beratung auch die Aufnahme und Evaluierung von Nmin-

Daten verstanden werden, die für eine bedarfsgerechte Düngung und somit gewässerschonende Landbewirtschaftung von hoher Bedeutung sind.

Anfallende Kostenelemente

Bei der Beratung von Landwirten fallen unterschiedliche Kostenpositionen an. Im Rahmen der Organisation und dem Angebot von Beratungsleistungen entstehen zunächst Personalkosten bei dem Wasserversorgungsunternehmen. Wird ein externes Ingenieurbüro mit der Durchführung der Beratung beauftragt, fallen Kosten für den externen Berater an. Gleiches gilt bei einer Beratung durch die Landwirtschaftskammer NRW.

Um eine zeitgemäße Beratung zu gewährleisten, sind Weiterbildungen notwendig, die sowohl extern als auch intern Kosten verursachen. Die mit der Beratung einhergehenden Fahrt-, Telefon-, Büro- und Verwaltungsgemeinkosten sind ebenso zu berücksichtigen.

Für das linksrheinische Gebiet der RheinEnergie entstehen Gesamtkosten von rund 245.000 € pro Jahr, im rechtsrheinischen Gebiet belaufen sich die jährlichen Kosten auf 331.000 € (2015).

Kostenfaktoren, die die Kostenhöhe beeinflussen

Die Höhe der anfallenden Kosten im Rahmen der Beratung hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Die Inflationsrate und allgemeine Kostensteigerungsraten für den Personaleinsatz sind als externe Faktoren zu identifizieren. Daneben hat die Art und Intensität der Beratung einen wesentlichen Einfluss auf die entstehenden Kosten: Bei einer Telefonberatung fallen keine Fahrtkosten an und eine Gruppenberatung ist kostengünstiger als eine Einzelberatung. Auch die Größe des Wasserschutzgebietes sowie die vorherrschenden geologischen Gegebenheiten haben einen Einfluss auf die Höhe der Beratungskosten. So sind in geologisch sensiblen Gebieten (z. B. Karsteinzugsgebieten) die Aufwendungen für die Pflanzenschutzberatung deutlich höher anzusetzen, weil hier die Gefahr größer ist, dass PSM ins Grundwasser gelangen können. In Gebieten mit hoher Reliefenergie sind zusätzliche Maßnahmen im Bereich der Erosionsvermeidung angesagt.

Weitere wichtige Aspekte sind der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Einzugsgebiet und der Spezialisierungsgrad der Produktion. Werden vermehrt Sonderkulturen mit besonderen Eigenschaften angebaut, wirkt dies kostensteigernd auf die Beratung.

Finanzierung der Maßnahme

Die Gewässerschutzberatung kann in Nordrhein-Westfalen grundsätzlich mit dem Wasserentnahmeentgelt verrechnet werden.

Auswertung des Effektivitätsgrades

Die Beratung durch die Landwirtschaftskammer zeichnet sich im Bereich des Pflanzenanbaus aufgrund der internen Bündelung verschiedener Fachbereiche durch eine sehr gute fachliche Basis aus, die sich ergänzt durch die Vermittlung fachrechtlicher Sachverhalte sehr gut für eine Unterstützung der Landwirte eignet. Auf Ebene der Wasserversorger werden die Beratungsinhalte durch regelmäßige Prüfungen validiert und ggf. korrigiert.

Auswirkung der Maßnahme auf die Nitratbelastung

Gewässerschutzberatung hat für sich – als Einzelmaßnahme genommen – keinen Einfluss auf die Nitratbelastung. Beim Wasserversorger müssen alle Informationen (Fruchtfolge, Ackerzahlen, Düngegaben, Nmin-Ergebnisse, gesamte Nutzung im Einzugsgebiet einschließlich anderer nicht landwirtschaft-

licher NO₃-Emittenten, GW-Analysen usw.) zusammenkommen und auch das Know-How vorliegen, alle Informationen zu verarbeiten und hieraus Maßnahmen abzuleiten. Es ist wichtig, dass die Beratung in Form eines Regelkreises aufgebaut ist (Eingangsdaten [Nmin vor Düngung, NO₃-Konzentration im Grundwasser] erfassen, Beratungsinhalte und -schwerpunkte erarbeiten, Beratung durchführen, Ausgangsdaten erfassen [Nmin nach Ernte/Vegetation, NO₃-Konzentration im Grundwasser]).

Kostenübersicht

Kostenübersicht: Jährliche Kosten für die RheinEnergie

Beratung von Landwirten
 Linksrheinisches Gebiet: **245.000 € p.a.**
 Rechtsrheinisches Gebiet: **331.000 € p.a.**

4.2.2 Freiwillige Vereinbarungen in den Modellregionen des OOWV und der RheinEnergie

4.2.2.1 Freiwillige Vereinbarungen in der Modellregion des OOWV

Freiwillige Vereinbarungen (FV) sind vertraglich vereinbarte Flächenmaßnahmen zum Grundwasserschutz, die über die Anforderungen der ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung hinausgehen. Die Landwirte werden für die ihnen dabei entstehenden wirtschaftlichen Nachteile bzw. Mehraufwendungen entschädigt (NLWKN, 2015).

Die freiwilligen Vereinbarungen werden auf der Grundlage des Maßnahmenkataloges des Niedersächsischen Umweltministeriums abgeschlossen. Der Katalog enthält zu den einzelnen Maßnahmen die fachlichen Mindestanforderungen, die in den Kooperationen vor Ort ergänzt und konkretisiert werden können. Weiterhin enthält der Maßnahmenkatalog entsprechende Berechnungsgrundlagen und maximale Förderbeträge für alle freiwilligen Vereinbarungen. Der Maßnahmenkatalog ist aktuell überarbeitet worden und wurde auch von der EU-Kommission als staatliche Beihilfe in der Zwischenzeit neu notifiziert (NLWKN 2016). Die Tabelle 33 zeigt die aktuelle Liste inklusive der maximalen Förderung in €/ha.

Tabelle 33: Maßnahmenkatalog für freiwillige Vereinbarungen

FV-Code	FV-Bezeichnung	Max. Förderung [€/ha]
I.A	Zeitliche Beschränkung der Ausbringung von tierischen Wirtschaftsdüngern	13,00
I.B	Verzicht auf den Einsatz von tierischen Wirtschaftsdüngern	584,00
I.C	Gewässerschonende Gülleausbringung	66,00
I.D	Wirtschaftsdünger- und Bodenuntersuchungen	87 (je Analyse)
I.E	Aktive Begrünung	249,00
I.F	Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung	
	F1) Fruchtfolgeumgestaltung	588,00
	F2) Brache	1.185,00
I.G	Extensive Bewirtschaftung von Grünland	377,00
I.H	Umbruchlose Grünlanderneuerung	97,00
I.I	Reduzierte N-Düngung	280,00

FV-Code	FV-Bezeichnung	Max. Förderung [€/ha]
I.J	Reduzierte Bodenbearbeitung	104,00
I.K	Einsatz stabilisierter N-Dünger/Cultan-Verfahren	92,00
I.L	Gewässerschonender Pflanzenschutz	64,00
II	Umwandlung von Acker in extensives Grünland/extensives Feldgras	773,00
III	Grundwasserschutzorientierte Bewirtschaftung von Ackerflächen mit Zielvorgaben und ergebnisorientierter Auszahlung	589,00
IV	Erosionsschutz Forst	100%
V	Erstaufforstung	9.810,00 (817,50 €/ha/a f. 12J.)
VI	Verbesserung der Grundwasserneubildung	
	a) Waldumbau	7.000,00 (700,00 €/ha/a f. 10J.)
	b) Erhalt extensiv genutzter Sandheiden	1.459,00 (145,90 €/ha/a f. 10J.)

Quelle: NLWKN 2016

Detaillierte Informationen dazu, wie die spezifischen Fördersätze ermittelt werden, enthalten die sog. Blaubücher, die jährlich von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen veröffentlicht werden (LWK 2014, LWK 2015). Neben den FV können unter bestimmten Bedingungen auch niedersächsische Agrarumweltmaßnahmen zum Gewässerschutz abgeschlossen werden. Das NLWKN hat dazu eine Tabelle veröffentlicht, in der die verschiedenen zulässigen Kombinationsmöglichkeiten dargelegt werden.

Im Jahre 2015 wurden in den Trinkwassergewinnungsgebieten des OOWV insgesamt 2.587 freiwillige Vereinbarungen getroffen. Insgesamt betrafen diese Vereinbarungen eine Fläche von 34.469 ha, dies entspricht über 81 % der Gesamtfläche. Die meisten Verträge werden in folgenden Bereichen abgeschlossen:

- ▶ Zwischenfruchtanbau (ca. 28%)
- ▶ Fruchtfolgegestaltung (ca. 23%)
- ▶ Erfolgsorientierter Maisanbau (ca. 18%)
- ▶ Pflege und Extensivierung von Grünland (ca. 18%)
- ▶ Gewässerschonende Ausbringungen von Gülle (ca. 6%)

Insgesamt nahmen innerhalb der Modellregionen des OOWV 666 Betriebe an dem Programm der freiwilligen Vereinbarungen teil, was einem Anteil von rd. 41 % aller Betriebe innerhalb der Trinkwassergewinnungsgebiete entspricht. Der Auszahlungsbetrag belief sich in dem Berichtsjahr 2015 auf insgesamt 1.752.800 € – pro ha belief sich die Auszahlung damit auf rd. 67 €.

Tabelle 34: Akzeptanz der Maßnahmen in den WGG 2015

TGG / Einstufung PP	Schläge [n]	Alle Betriebe [n]	AZ Betriebe [n]	Anteil Betriebe [%]	Fläche Lt. PP [ha]	Fläche AZ [ha]	Anteil Fläche [%]	Auszahlungssumme [€]	Auszahlungssumme [€/ha]
Aurich-Egels	1.388	120	55	46	3.697	1735	47	91.948,34	35,39

TGG / Einstufung PP	Schläge [n]	Alle Betriebe [n]	AZ Betriebe [n]	Anteil Betriebe [%]	Fläche Lt. PP [ha]	Fläche AZ [ha]	Anteil Fläche [%]	Auszahlungssumme [€]	Auszahlungssumme [€/ha]
(B1)									
Hage (A)	87	110	8	7	869	56	6	4.035,82	34,44
Harlingerland (B1)	1.802	195	65	33	8.287	2395	29	129.080,52	37,35
Marienhaf (B1)	1.166	93	38	41	4.022	1571	39	79.180,14	38,41
Sandelmöns (B1)	1.886	150	42	28	4.263	1675	39	132.039,33	46,27
UR. Ostfriesland	6.329	668	208	31	21.475	7432	35	436.284,15	39,35
Bad Zwischenahn (B1)	150	29	10	34	311	202	65	25.783,52	104,41
Nethen (B1)	677	72	42	58	1.493	1066	71	72.523,69	57,91
Westerstede (B1)	1.677	196	76	39	5.291	3258	62	228.570,76	54,96
UR. Ammerland	2.504	297	128	43	7095	4526	64	326.877,97	57,77
Thülsfelde (B2)	857	240	127	53	3.450	1990	58	349.458,43	139,17
Großenkneten (C)	971	140	67	48	2.957	2009	68	337.038,26	116,31
Harpstedt (B2)	105	43	20	47	809	362	45	33.847,03	77,76
Wildeshausen A-C (B2)	362	117	33	28	2.541	1079	42	70.789,69	64,35
Wildeshausen D (B2)	254	55	33	60	1.153	805	70	98.825,27	109,87
UR. Wildeshausen (B2)	721	215	86	40	5.737	2246	39	203.461,99	84
Holdorf (C)	442	61	50	82	977	915	94	99.706,38	65,40
Alle	11.824	1.621	666	41	42.265	19118	45	1.752.827,18	67,13

Quelle: LWK 2016

Deutlich wird, dass die Umsetzung der freiwilligen Maßnahmen in den einzelnen Wassergewinnungsgebieten sehr unterschiedlich erfolgt, was sich dann auch in den durchschnittlichen Beträgen pro ha zeigt. Während im Wassergewinnungsgebiet Hage zum Beispiel nur 7 % der Betriebe teilnehmen und Maßnahmen auf 6 % der Fläche stattfinden, sind es im Wassergewinnungsgebiet Holdorf entsprechend über 80% der Betriebe auf 94 % der Flächen. Die Ursachen sind hier im unterschiedlichen Problemdruck und den jeweils spezifischen Flächennutzungen zu sehen.

Kostenübersicht: Jährliche Kosten beim OOWV

Freiwillige Vereinbarungen mit der Landwirtschaft

Gesamtes Verbandgebiet: **1.752.800 € p.a. (rd. 67 €/ha)**

4.2.2.2 Freiwillige Vereinbarungen in der Modellregion der RheinEnergie

Definition der Maßnahme

Als weitere Maßnahme neben der Beratung von Landwirten sind freiwillige Vereinbarungen mit der Landwirtschaft zu nennen. Landwirte, die einen Kooperationsvertrag unterzeichnen, haben verschiedene gewässerschonende Maßnahmen durchzuführen. Die durch den Mehraufwand in der Bewirtschaftung entstehenden Kosten, werden vom Wasserversorgungsunternehmen ausgeglichen.

Anfallende Kostenelemente

Die wesentlichen Kostenelemente von Kooperationsverträgen gliedern sich in Fremdleistungen für die Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Nutzflächen (z. B. Anbau von Zwischenfrüchten, Umstellung der Fruchtfolgen), interne und externe Beratungsleistung sowie interne und externe Kosten (z. B. Laborkosten für Pflanzenuntersuchungen, Humusgehaltsbestimmungen, Texturanalysen) für begleitende Untersuchungen von Böden und Pflanzen. Letztere dienen auch der Wirksamkeitsbewertung von durchgeführten Maßnahmen. Als weitere Kostenposition sind die Verwaltungsgemeinkosten zu nennen. Für das linksrheinische Gebiet fallen Jahreskosten in Höhe von 158.000 € an, im rechtsrheinischen Gebiet belaufen sich die jährlichen Kosten auf 118.000 € (2015).

Kostenfaktoren, die die Kostenhöhe beeinflussen

Im Wesentlichen sind hier zunächst die gleichen Einflussfaktoren zu nennen, die im Rahmen der Beratung von Landwirten ausschlaggebend sind (siehe Kapitel 4.2.1.2). Hinzu kommen Preisschwankungen für landwirtschaftliche Produkte, die einen erheblichen Einfluss auf die Erträge der Landwirte und somit die Ausgleichszahlungen durch den Wasserversorger haben. Der Zinssatz für das eingesetzte Kapital, die Mächtigkeit des Grundwasserleiters sowie die Entfernung der Maßnahmenflächen von der Wassergewinnungsanlage sind weitere Faktoren, die einen Einfluss auf die Höhe der Kosten haben.

Finanzierung der Maßnahme

Die im Rahmen von Kooperationsvereinbarungen finanzierten Maßnahmen können in Nordrhein-Westfalen ebenso wie die Beratung von Landwirten grundsätzlich mit dem Wasserentnahmeentgelt verrechnet werden.

Auswertung des Effektivitätsgrades

Bezogen auf ackerbaulich genutzte Grundwassereinzugsgebiete sind die Maßnahmen im Rahmen von Kooperationsverträgen mit der Landwirtschaft hoch effizient.

Auswirkung der Maßnahme auf die Nitratbelastung

Je nach Maßnahme sind höhere oder niedrigere Auswirkungen auf die Höhe der Nitratbelastung zu erwarten. Das Kölner Mulchsaatverfahren weist eine hohe Effizienz in Bezug auf die Nitratbelastung auf (60-80 % geringere Nitratbelastung). Der finanziell geförderte 60-Tage-Zwischenfruchtanbau verringert die Nitratbelastung um ca. 50 % bezogen auf das betreffende Glied der Felderfolge.

Allerdings sind sekundär auch die klimatischen Verhältnisse entscheidend für die Effizienz der jeweils durchgeführten Maßnahmen, die unmittelbar in Verbindung zu bringen sind mit der Effizienz der Stickstoffverwertung aus pedogenen (d. h. durch die Bildungsprozesse hervorgerufenen) Quellen und diversen Düngungs- und Bodenverbesserungsmaßnahmen unter Berücksichtigung starker Faktoren wie z. B. die jeweils in den Schutzgebieten anzutreffenden Bodenverhältnisse. Auch die Wirksamkeit

der Pflanzenschutzmaßnahmen übt über die N-Aufnahme der gesunden, konkurrenzlosen Kulturpflanze einen unmittelbaren Einfluss auf die Nitratbelastung von Böden, ungesättigter Zone und Grundwasserleiter aus.

Kostenübersicht

Kostenübersicht: Jährliche Kosten für die RheinEnergie

Freiwillige Vereinbarungen mit der Landwirtschaft

Linksrheinisches Gebiet: **158.000 € p.a.**

Rechtsrheinisches Gebiet: **118.000 € p.a.**

4.2.3 Flächenmanagement in den Modellregionen des OOWV und der RheinEnergie

Im Rahmen des Flächenmanagements stellt der gezielte **Flächenerwerb** sensibler Standorte zur Extensivierung landwirtschaftlicher Nutzflächen (extensives Grünland) oder zur Bewirtschaftung nach den Kriterien des ökologischen Landbaus sowie zur Aufforstung wichtige Maßnahmen zur Reduzierung der Grundwasserbelastung dar. Des Weiteren werden Aufforstungen im Kontext von **Kompensationsverpflichtungen** durchgeführt. Diese Maßnahmen tragen langfristig zur Verringerung der Grundwasserbelastung bei.

4.2.3.1 Flächenmanagement in der Modellregion des OOWV

Flächenerwerb

Seit 1987 kauft der OOWV Flächen an und verpachtet sie mit strikten Nutzungsaufgaben im Sinne des Gewässerschutzes. Zurzeit sind ca. 1.300 Hektar gekaufte Fläche an Landwirte verpachtet. Die anzukaufenden Flächen werden nach Schutzwürdigkeit (Lage, Bodeneigenschaften, hydrogeologische und klimatische Bedingungen) bewertet. Dabei werden nicht nur besonders schutzwürdige Flächen angekauft, sondern auch Flächen außerhalb der Schutzgebiete, um sie dann ggfs. gegen Flächen innerhalb der Schutzzonen tauschen zu können.

Die Verpachtung der Flächen ist unter den folgenden Auflagen möglich:

- ▶ „Dauerhafte Grünlandnutzung mit Düngungsbeschränkung und ohne PSM-Einsatz
- ▶ Ökolandbau in den Varianten Grün- oder Grasland sowie Ackerbau, bei dem vorzugsweise Sommergetreide mit winterharter Zwischenfrucht zum Einsatz kommt
- ▶ Konventionelle Ackernutzung bei Düngungsbeschränkung und ohne PSM-Einsatz, unter Ausschluss von Mais, Kartoffeln und Gemüse“ (OOWV 2014)

Für die Umsetzung der Auflagen bekommen die Landwirte Ermäßigungen bei den Pachtkosten. Die Einhaltung der Pachtaufgaben wird kontrolliert und durch Beprobungen überwacht.

Der Kauf von Flächen als Instrument des Grundwasserschutzes wird zwar als ein wirkungsvolles Instrument betrachtet, ist aber immer auch vor dem Hintergrund der aktuellen Entwicklungen auf dem Markt für landwirtschaftliche Flächen zu sehen, die dieser Strategie auch Grenzen setzt (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft Küsten- und Naturschutz (NLWKN) 2015).

Tabelle 35: Entwicklung der Kaufwerte für landwirtschaftliche Nutzflächen

Gebietseinheit	Kaufwert in Euro/ha (2015)	Veränderung 2015 ggü. 2010 in %
LK Aurich	24.658	81,6
LK Cloppenburg	70.004	121,5

Gebietseinheit	Kaufwert in Euro/ha (2015)	Veränderung 2015 ggü. 2010 in %
LK Wittmund	25.927	84,9
LK Oldenburg	52.213	86,0
LK Vechta	84.174	116,2
Bezirks Weser-Ems	42.996	95,2
Niedersachsen	30.713	83,7
Deutschland	19.578	65,2

Quelle: Eichhorn 2016, Statistisches Bundesamt 2016

Der Flächendruck in den Modellregionen zeigt sich vor allem in der Entwicklung der Kaufwerte für landwirtschaftliche Nutzflächen (vgl. Tabelle 35). Für die Entwicklung der Pachtentgelte ist die Datenerhebung etwas eingeschränkt, vorliegende Auswertungen verweisen jedoch auf ein ähnliches Bild (Theuvsen 2015, Langenberg & Theuvsen et al. 2016). Die Pachtentgelte sind dabei vor allem in den niedersächsischen Regionen besonders hoch, in denen es eine hohe Viehdichte und auch hohe Nährstoffüberschüsse gibt (Langenberg et al. 2016).

Die niedersächsische Landesregierung hat auf diese Entwicklungen reagiert und Ende 2016 den Entwurf eines Gesetzes zur Sicherung der bäuerlichen Agrarstruktur in Niedersachsen (NASG) vorgelegt und zur Verbandsanhörung freizugeben. Das Ziel des neuen Gesetzes solle es sein, den Anstieg von Boden- und Pachtpreisen zu dämpfen, den vor Ort Wirtschaftenden den Zugriff auf Flächen in der Umgebung zu erleichtern und den landwirtschaftlichen Bodenmarkt insgesamt transparenter zu machen.

Aufforstung

Die Aufforstung erfolgt zum einen auf Flächen, die für den Grundwasserschutz angekauft wurden. In Kooperation mit den Niedersächsischen Landesforsten (NLF) werden standortgerechte Laubwaldnutzungen entwickelt.

Zum anderen werden Kompensationsverpflichtungen Dritter umgesetzt. Wenn bei Bauvorhaben Auflagen für Ausgleich und Ersatz gemacht werden, bietet der OOWV an, die Ausgleichsverpflichtungen über die Finanzierung einer Aufforstungsfläche zu erfüllen (OOWV 2014).

Kostenübersicht

Kostenübersicht: Jährliche Kosten beim OOWV

Flächenankauf: ca. 3.000.000 € p.a. (mehrfähriges Mittel zw. 2012 und 2016)

4.2.3.2 Flächenmanagement in der Modellregion der RheinEnergie

Definition der Maßnahme

Im linksrheinischen Gebiet erfolgt eine Bewirtschaftung und Beförderung von im Eigentum der RheinEnergie befindlichen Forsten.

Anfallende Kostenelemente

Im Rahmen der Forstpflge fallen als Kostenelemente die Forstbetreuungs-kosten sowie weitere Nebenkosten an. Hierzu zählen Kosten für die Verkehrssicherung und die Müllbeseitigung, das Herrichten von Fuß- und Radwegen sowie Instandsetzungsmaßnahmen an Einrichtungen. Die Holzernte und

Kosten für Bestandsbegründungen sind als weitere operative Kosten zu nennen, wobei die Erträge aus dem Holzverkauf gegengerechnet werden. Hinzu kommen Verwaltungsgemeinkosten sowie Ausgaben für das Management.

Für das linksrheinische Gebiet entstehen jährliche Kosten in Höhe von 170-200 € pro ha Forstfläche bei einer Gesamtfläche von ca. 400 ha (68.000 – 80.000 € p.a.). Dieser Wert ist relativ konstant mit leicht abnehmender Tendenz.

Kostenfaktoren, die die Kostenhöhe beeinflussen

Die Größe der Forstfläche und die Intensität der urbanen Naherholung haben einen wesentlichen Einfluss auf die Kostenhöhe. Zudem werden die Kosten von den Weltmarktpreisen für Primärenergie ebenso beeinflusst wie von der Nachfrage nach handelbaren Holzarten.

Finanzierung der Maßnahme

Für die Finanzierung aller Maßnahmen der Beförderung und Bewirtschaftung ist der Wasserversorger zuständig, d.h. die Finanzierung erfolgt aus Eigenmitteln des Wasserversorgers.

Auswertung des Effektivitätsgrades

Der Ankauf und die Aufforstung von Flächen hatte zum damaligen Zeitpunkt nicht die Nitratreduktion zum Ziel. Aus diesem Grund sind die forstlichen Maßnahmen und ihre Wirkung auf die Nitratbelastung bisher nicht differenziert untersucht worden. Eine Aussage zum Effektivitätsgrad ist deshalb nicht möglich.

Beschreibung der Auswirkung der Maßnahme auf die Nitratbelastung

Primäres Ziel der Aufforstungen seit den 1960er Jahren war der Schutz der Fassungsanlagen vor diffusen Einträgen aus der Landwirtschaft, insbesondere mikrobieller Art (E. Coli, Salmonellen). Aus diesem Grund wurden bevorzugt Grundstücke innerhalb der Wasserschutzzone II (WSZ) erworben. Etwaige Grundstücke außerhalb der WSZ II wurden im Rahmen eines Tauschs gegen innerhalb der WSZ II befindliche Grundstücke erworben. Zu dieser Zeit stand die Nitratreduktion als Grund für den Ankauf nicht im Fokus. Die Forstwirtschaft führt primär zu einer quantitativen Verringerung der Grundwasserneubildung, wobei der Effekt auf die Nitratbelastung von einer Vielzahl von weiteren Faktoren abhängig ist. Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind das Alter der Waldbestände sowie deren Struktur und ebenso die pedologischen Verhältnisse ganz entscheidende Parameter, die Auswirkungen auf die Nitratbelastung der Böden ausüben. Insofern ist eine konkrete Bezifferung der Effekte sowohl eine Momentaufnahme als auch eine mehr oder weniger zufällige Messung, die aber im Großen und Ganzen den in der Literatur aufgeführten Werten für jüngere Wälder in immissionsarmen Regionen entsprechen sollte.

Kostenübersicht

Kostenübersicht: Jährliche Kosten für die RheinEnergie

Forstpfl ege

Linksrheinisches Gebiet: 200 € pro ha Forstfläche p. a.

4.3 Bewertung der Effektivität von Maßnahmen und Zahlungen für präventive Maßnahmen in den Modellregionen des OOWV und RWW

4.3.1 Effektivität von Maßnahmen und Zahlungen in der Modellregion des OOWV

Auf Grund der besonderen Bedeutung der Nitratbelastung in der Modellregion des OOWV wird bei der Bewertung der Effektivität von Maßnahmen der Fokus auf diesen Parameter gelegt. Ein vergleichbar umfangreiches Monitoring für die Belastung mit Pflanzenschutzmitteln existiert derzeit noch nicht.

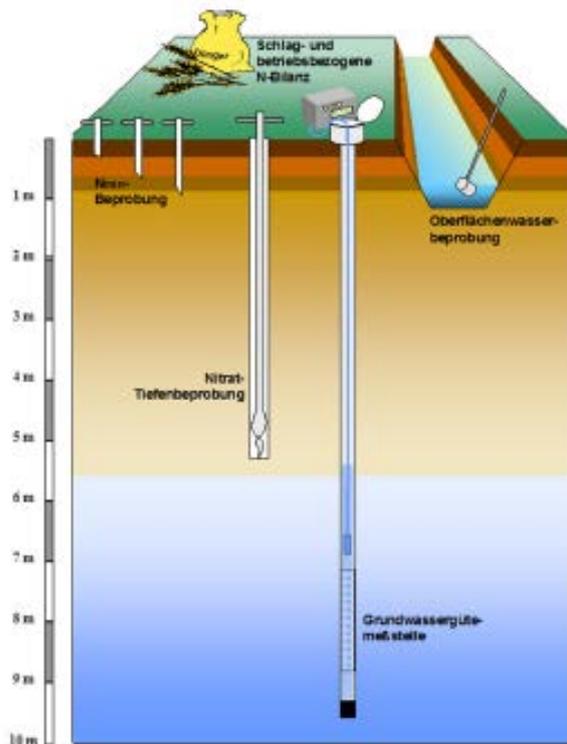
Im Rahmen des Niedersächsischen Kooperationsmodells zum Trinkwasserschutz werden in den niedersächsischen Trinkwassergewinnungsgebieten seit vielen Jahren Grundwasserschutz-Maßnahmen gemeinsam mit der Landwirtschaft durchgeführt. Hauptziel dieser vom Land Niedersachsen aus Mitteln der Wasserentnahmegebühr und der EU geförderten Projekte ist die Verringerung der winterlichen Nitratauswaschung in das Grundwasser (NLWKN 2010).

Monitoring- und Kontrollinstrumente werden herangezogen, um eine Bewertung von Situationen und Prozessen anhand von technischen Hilfsmitteln oder anderen Beobachtungssystemen durchzuführen. Dazu zählen (Aue 2005):

- ▶ Allgemeine Beobachtungen (Beobachtungsmonitoring, wie z.B. die Sichtkontrolle der umgesetzten Maßnahmen auf dem Feld)
- ▶ Gezielte Beobachtung (Aufklärungsmonitoring, z.B. bei punktuell auftretenden sehr hohen Belastungen)
- ▶ Erfolgskontrolle als Vergleich zwischen der tatsächlichen und einer Zielsituation (Kontrollmonitoring)

Die Erfolgskontrolle im Rahmen des Kooperationsmodells ist aufgrund langer Fließzeiten, tiefer Grundwasserentnahmen und/oder geringdurchlässiger Deckschichten schwierig, da der Rückgang der Nitratgehalte erst mit entsprechender Zeitverzögerung zu erwarten ist. Damit die Wirksamkeit der Wasserschutzzusatzberatung und der flächenbezogenen Maßnahmen (wie z.B. Flächenerwerb, freiwillige Vereinbarungen oder Aufforstung) dennoch frühzeitig erkannt und bewertet werden kann, bedient man sich unterschiedlicher Methoden der Erfolgskontrolle, die an das Zonenmodell angelehnt sind, das den Weg des Wassers von der Bodenoberfläche bis zum Förderbrunnen beschreibt und in Abbildung 38 dargestellt ist (NLWKN 2015). Neben der Oberflächenwasserbeprobung sind die Schlag- und betriebsbezogene N-Bilanz, die Nmin-Beprobung, die Nitrat-Tiefenbeprobung sowie die Grundwassergütemessstelle dargestellt.

Abbildung 38: Erfolgskontrolle nach dem Zonenmodell



Quelle: NLWKN 2015

Im Rahmen des Kontrollmonitorings ist die Untersuchung des Herbst Nmin-Gehaltes in der Wurzelzone ein sehr wichtiger Parameter, da er Informationen über den gelöst im Boden vorliegenden Nitratgehalt liefert und damit ein wichtiger Indikator für die grundwasserschutzverträgliche Flächenbewirtschaftung ist. Wichtigstes Ziel für den Grundwasserschutz ist ein möglichst geringer Herbst-Nmin-Wert kurz vor Beginn der winterlichen Sickerwasserperiode. In den meisten Trinkwassergewinnungsgebieten Niedersachsens ist die von Fachleuten und Praktikern so genannte „Herbst-Nmin-Methode“ das am häufigsten angewandte Verfahren zum Monitoring der Nährstoffeinträge und zur zeitnahen Erfolgskontrolle flächenbezogener vertraglich vereinbarter freiwilliger Maßnahmen (der sog. Vertragsgrundwasserschutz) sowie der begleitenden Beratung landwirtschaftlicher Betriebe (der sog. Wasserschutzzusatzberatung). Herbst-Nmin-Programme werden zur Bewertung der landwirtschaftlichen Flächennutzung und von Grundwasserschutz-Maßnahmen im Hinblick auf mögliche Nitratreinträge in das Grundwasser durchgeführt. Dabei wird der mineralische Stickstoff im Boden (in kg N/ha) vor Beginn der winterlichen Auswaschungsperiode ermittelt (NLWKN 2010).

Die Eignung der Herbst-Nmin-Untersuchung zur Abschätzung möglicher Stickstoff-Austräge basiert auf folgenden Zusammenhängen:

- ▶ Im Winter nimmt die Vegetation nur wenig Stickstoff auf und die Mineralisierung von Ernterückständen ist gering (wenige Kilogramm pro Hektar).
- ▶ Mineralischer Stickstoff in Form von Nitrat wird praktisch nicht durch den Boden zurückgehalten, d. h. er wird vollständig mit dem Sickerwasser verlagert.
- ▶ Die Grundwasserneubildung erfolgt überwiegend im Winterhalbjahr.

Unter Hinzuziehung standortbezogener Daten zum Bodenwasserhaushalt lässt sich aus dem Herbst-Nmin-Wert die Nitratkonzentration im Sickerwasser prognostizieren (NLWKN 2010). Die Wirksamkeit der Maßnahmen lässt sich somit maßgeblich an den Nmin-Ergebnissen zur Sickerwasserspende ermitteln. Der analytisch ermittelte Wert ist das Ergebnis eines multikausal vernetzten Wirkungsgefü-

ges. Hierbei greifen verschiedene Parameter und biologische Prozesse ineinander. Neben dem C:N-Verhältnis, Humusgehalt, pH-Wert, Bodenfeuchte und Bodentemperatur sowie der Bodenbearbeitung und der Wirkung von Vorfrucht spielt der Niederschlag eine große Bedeutung, da mit größeren Niederschlagsmengen der mineralisierte Stickstoff in tiefere Bodenschichten verlagert werden kann. Deshalb ist der Zeitpunkt der Probenahme (vor Beginn der Sickerwasserperiode, nach Empfehlung des NLWKN vom 15.10. bis 15.11.) ganz entscheidend für die Aussagekraft des Nmin-Wertes.

Ausgehend von der hohen vorhandenen Nitratbelastung in den Trinkwassergewinnungsgebieten der OOWV-Kooperation einigte sich der OOWV mit den Landwirten der Kooperation auf eine im neuen Förderzeitraum von 2013 bis 2017 zu erzielende Verbesserung der mittleren Herbst Nmin-Werten um generell minus 10 %. Basierend auf dem durchschnittlichen Herbst N-Min Wert (62kg N/ha), der sich auf den Zeitraum zwischen 2008 und 2011 bezieht, wurde für die Kooperation ein wasserwirtschaftlicher Ziel-Nmin-Wert von < 35kg N /ha unter Berücksichtigung der für die Region typischen Sickerwasserrate von 350 mm festgelegt und seitens der Landwirtschaft anerkannt. Durch eine Einhaltung des wasserwirtschaftlichen Zielwertes wird langfristig der Schwellenwert der Grundwasserverordnung (GrwV) von 50 mg/l im Sickerwasser nicht überschritten(LWK 2012a).

4.3.1.1 Effektivität der Maßnahmen zwischen 2011 und 2015 mittels der Herbst Nmin-Methode

Die Ergebnisse des Kontrollmonitorings mittels der Herbst Nmin-Methode stammen aus den Jahresberichten der Wasserschutzberatungen für die Trinkwassergewinnungsgebiete der Kooperation OOWV/Norden/Bad Zwischenahn (LWK 2011, LWK 2012, LWK 2013, LWK 2014, LWK 2016). Sie werden im Folgenden für die Jahre zwischen 2011 bis 2015 dargestellt

Bei den folgenden Betrachtungen wird häufig vergleichend auf einen für den OOWV festgelegten wasserwirtschaftlichen Ziel-Nmin-Wert von < 35kg N /ha verwiesen, der oben erläutert wurde.

In Tabelle 36 sind die flächengewichteten Herbst Nmin-Mittelwerte zwischen den Jahren 2011 und 2015 dargestellt. Dabei wird deutlich, dass sowohl in Ostfriesland als auch Süddoldenburg die Herbst Nmin-Werte mit Maßnahmen niedriger als ohne Maßnahmen sind. Im Mittel (2011-2015) liegen die Herbst Nmin Werte ohne Maßnahmen in Ostfriesland bei 94 kg N/ha, in Süddoldenburg bei 68 kg N/ha. Mit Maßnahmen liegen im Mittel die Werte in Ostfriesland bei 61 kg N/ha und Süddoldenburg bei 50 kg N/ha. Festzustellen ist an dieser Stelle, dass trotz Mittelwertbildung der wasserwirtschaftliche Zielwert von 35 kg/N ha auch mit Maßnahmen zwischen 2011-2015 nicht erreicht werden konnte.

Tabelle 36: Flächengewichtete Herbst Nmin Mittelwerte zwischen 2011 und 2015 (OM: Ohne Maßnahmen, MM: Mit Maßnahmen)

	Ostfriesland				Südoldenburg							
	Mittelwert		Thülsfelde		Großenkneten		Wildeshausen		Holdorf		Mittelwert	
	OM [kg N/ha]	MM [kg N/ha]										
2011	69	64	98	78	45	67	55	43	75	33	68	55
2012	93	67	98	78	45	67	55	34	68	33	66	53
2013	95	54	64	50	53	47	61	38	55	43	58	45
2014	115	61	96	48	86	43	87	38	56	43	81	43
2015	78	71	81	56	71	64	71	51	49	46	68	54
2011-2015	90	64	87	62	60	57	66	41	61	40	68	50

Eine Analyse der Werte aus dem Jahr 2015 zeigt die großen Spannweiten der Werte bei den verschiedenen Nutzungsformen und in den einzelnen Modellregionen mit und ohne Maßnahmen (vgl. Tabelle 37, Abbildung 39). Für die Modellregion Ostfriesland wird dabei deutlich, dass die höchsten Nmin-Werte (> 100 kg N/ha) auf Flächen mit Mais (144 kg N/ha), Raps (130 kg N/ha) und Wintergetreide (117 kg N/ha) gemessen wurden. Zu erwarten wäre, dass auf Flächen, wo Maßnahmen durchgeführt wurden, auch niedrigere Herbst Nmin-Werte gemessen wurden. Das ist zwar bei den Kulturarten Mais (104 kg N/ha) und Wintergetreide (53 kg N/ha) der Fall. Bei den Kulturarten Feldgras, Grünland und Sommergetreide hingegen sind die Nmin-Werte auf Flächen mit durchgeführten Maßnahmen höher als ohne Maßnahmen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die durchgeführten Maßnahmen bei den Kulturarten Feldgras, Grünland und Sommergetreide weniger effektiv sind als bei den anderen Kulturarten.

In der Modellregion Südoldenburg variieren die Herbst Nmin-Werte bei der Kulturart Mais sehr stark, nämlich zwischen 68 kg N/ha in Wildeshausen und 134 kg N/ha in Thülsfelde. Hier zeigt sich ein uneinheitliches Bild bei der Effektivität der Maßnahmen, denn in einigen Fällen sind die Herbst Nmin-Werte mit Maßnahmen geringer als ohne Maßnahmen (z.B. Mais in Thülsfelde und Großenkneten, Wintergetreide in Großenkneten und Wildeshausen, Sommergetreide in Großenkneten und Wildeshausen, Grünland in Thülsfelde und Wildeshausen). In anderen Fällen sind die Herbst Nmin-Werte ohne Maßnahmen niedriger als mit Maßnahmen (z.B. Mais in Wildeshausen und Holdorf, Grünland in Großenkneten, Wildeshausen und Holdorf). Die Werte legen die Vermutung nahe, dass in Südoldenburg die Maßnahmen für Kulturarten wie Mais, Sommer und Wintergetreide effektiver sind als in Ostfriesland.

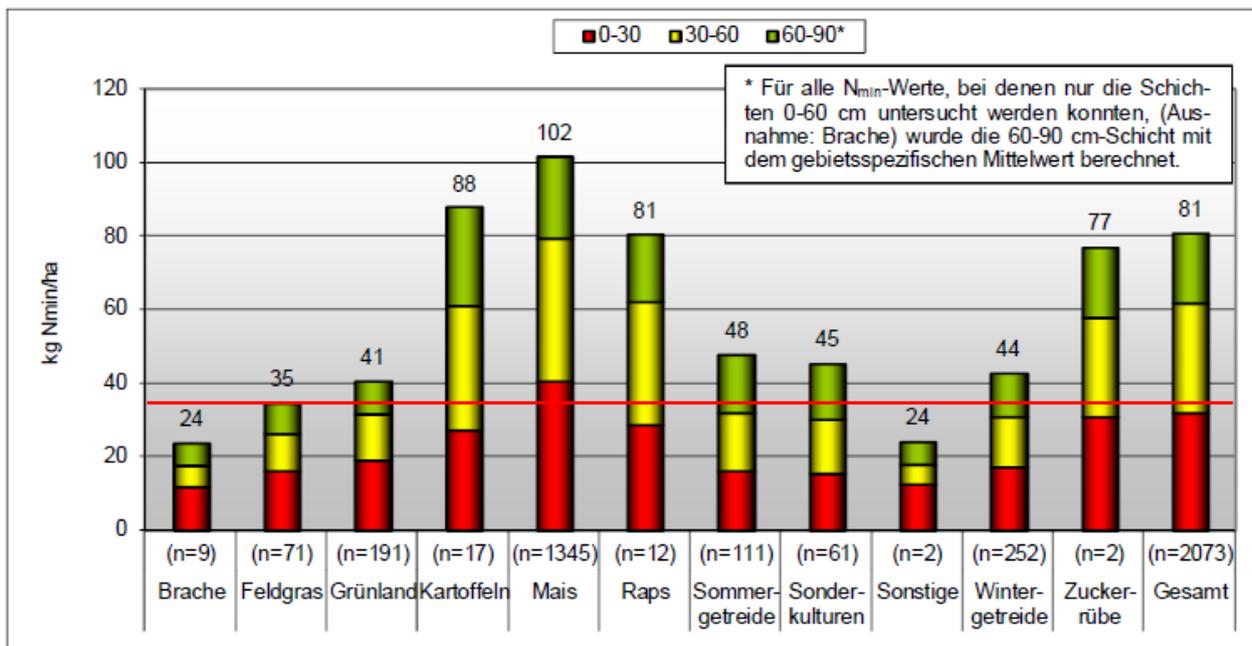
Tabelle 37: Übersicht der Herbst Nmin-Werte mit und ohne Maßnahmen im Jahr 2015

	Ostfriesland				Südoldenburg							
	Mittelwert		Thülsfelde		Großenkneten		Wildeshausen		Holdorf			
	OM [kg N/ha]	MM [kg N/ha]										
Brache		28						22		25		
Feldgras	37	76	18	27	39	31	63			26	43	
Grünland	44	50	20	11	30	36	30	27		22	25	
Kartoffeln			59			50	101			44		

	Ostfriesland		Südoldenburg								
	Mittelwert		Thülsfelde		Großenkneten		Wildeshausen		Holdorf		
	OM [kg N/ha]	MM [kg N/ha]									
Mais	144	104	134	103	73	104	68	82	87	90	
Raps	130						81	63			
Sommergetreide	57	76	36	37	72	55	44	37		82	
Sonderkulturen	36			13	72	65	48	45	22		
sonstige			21		26		22			82	
Winter-getreide	117	53		36	76	42	75	31	52		
Zuckerrüben			49				77			27	

Wie Tabelle 37 zeigt, gehen durch eine Mittelwertbildung Aussagen bezüglich einzelner flächenintensiver Kulturarten mit auffällig hohen Herbst N_{min}-Werten verloren. Daher werden im Folgenden einzelne Kulturarten im Jahr 2015 näher betrachtet (vgl. Abbildung 39). Dabei wird deutlich, dass der langfristige wasserwirtschaftliche Zielwert von < 35 kg N_{min}/ha nur unter Brache, Feldgras und Sonstigen Kulturen erreicht bzw. unterschritten wird. Die anderen Ackerkulturen erreichen den Zielwert nicht. Die höchsten Herbst-N_{min}-Werte weisen Mais- und Kartoffelflächen mit 102 und 88 kg N_{min}/ha auf. Insbesondere die hohen Herbst-N_{min}-Werte bei Maisanbauflächen in Verbindung mit einem hohen Flächenanteil dieser Kultur sind aus Sicht des Wasserschutzes als bedenklich anzusehen (LWK 2016).

Abbildung 39: Mittelwerte aller Herbst-N_{min}-Werte bezogen auf die Kulturen 2015



In der Modellregion Ostfriesland dominiert Grünlandnutzung (49 %) neben Maisanbau (30 %). In der Modellregion Südoldenburg dominiert Wintergetreide mit 41 % und Maisanbau mit 29 %.

Da die Anbauflächen für Mais in beiden Modellregionen sehr hoch sind und die Herbst N_{min}-Werte für diese Kulturart ebenfalls sehr hoch sind (68-144 kg N/ha), wird am Beispiel dieser Kulturart die Effektivität der Maßnahmen näher betrachtet.

Ein Vergleich der Herbst Nmin-Werte beim **Maisanbau** zwischen den Jahren 2011 und 2015 zeigt, dass in Ostfriesland die Herbst Nmin-Werte selbst auf Flächen ohne Maßnahmen im Jahr 2011 deutlich niedriger (73 kg N/ha) als in den darauffolgenden Jahren (109-144 kg N/ha) waren (vgl. Tabelle 38). In den Jahren 2013-2015 waren die Herbst Nmin-Werte auf Flächen mit Maßnahmen niedriger als auf Flächen ohne Maßnahmen. Höhere Werte auf Flächen mit Maßnahmen gab es in den Jahren 2011 und 2012 zu verzeichnen.

In Süddoldenburg sind im Mittel niedrigere Herbst Nmin-Werte als in Ostfriesland festzustellen. Sie liegen auf Flächen ohne Maßnahmen zwischen 7-109 kg N/ha und mit Maßnahmen 63-80 kg N/ha. In den meisten Fällen sind die Herbst Nmin-Werte auf Flächen mit Maßnahmen niedriger als auf Flächen ohne Maßnahmen. Eine Ausnahme stellt das Jahr 2015 dar, in dem die Werte mit Maßnahmen insb. in Großenkneten, Wildeshausen und Holdorf über denen ohne Maßnahmen liegen. Die gemittelten Werte sind in Abbildung 40 und Abbildung 41 dargestellt.

Tabelle 38: Herbst Nmin-Werte für Mais (OM: Ohne Maßnahmen, MM: Mit Maßnahmen)

	Ostfriesland		Süddoldenburg									
	Mittelwert		Thülsfelde		Großenkneten		Wildeshausen		Holdorf		Mittelwert	
	OM [kg N/ha]	MM [kg N/ha]	OM [kg N/ha]	MM [kg N/ha]	OM [kg N/ha]	MM [kg N/ha]	OM [kg N/ha]	MM [kg N/ha]	OM [kg N/ha]	MM [kg N/ha]	OM [kg N/ha]	MM [kg N/ha]
2011	73	82	111	84	103	81	56	54	83		88	73
2012	109	110	107	66	70	70	74	58	77		82	65
2013	140	80	76	66	70	77	64	65	89	86	75	74
2014	124	74	117	69	125	66	124	56	80	54	112	61
2015	144	104	134	103	73	104	68	82	87	90	91	95
2011-2015	135	90	109	78	88	80	77	63	83	77	89	74

Die Differenz der Herbst Nmin-Werte mit und ohne Maßnahmen für Maisanbau kann in den TGG z.T. sehr groß sein (vgl. Tabelle 39). Negative Zahlen weisen auf die Fälle hin, in denen die Werte bei Maßnahmen höher als ohne Maßnahmen waren. Die Minderung der Nmin-Werte für Mais schwankt zwischen 2 und 68 kg N/ha, wobei auch Zunahmen der Herbst Nmin-Werte zwischen 1 und 31 möglich sind. Im Mittel kann zwischen 2011 und 2015 eine Minderung der Herbst Nmin-Werte durch Maßnahmen in Ostfriesland um 28 kg N/kg und in Süddoldenburg um 17 kg N/kg ermittelt werden.

Grundsätzlich können hohe Herbst Nmin-Werte bei Maisflächen auf eine fehlende flächendeckend konsequente Umsetzung der bedarfsgerechten Düngung zurückzuführen sein. So besteht beispielsweise bei Maisflächen, die eine Vornutzung als Grünland aufweisen (Wechselgrünland), ein hohes N-Nachlieferungsvermögen der Böden. Eine unzureichende Berücksichtigung dieses Sachverhalts bei der Düngung, führt zu hohen Herbst Nmin-Werten. Ferner kann ein Anstieg der Herbst Nmin-Werte auch auf die Möglichkeit zur Düngung der Zwischenfrucht zurückzuführen sein, wenn diese nicht bei der Düngungsplanung berücksichtigt wird.

Tabelle 39: Differenz zwischen den Herbst Nmin-Werten mit und ohne Maßnahmen beim Maisanbau zwischen 2011 und 2015

Minderung der Nmin-Werte für Mais	Ostfriesland	Südoldenburg				
	Mittelwert	Thülsfelde	Großenkneten	Wildeshausen	Holdorf	Mittelwert
2011	-9	27	22	2		17
2012	-1	41	0	16		19
2013	60	10	-7	-1	3	1
2014	50	48	59	68	26	50
2015	40	31	-31	-14	-3	-4
2011-2015	28	31	9	14	9	17

Abbildung 40: Herbst Nmin-Werte für Maisanbau in Ostfriesland (2011 – 2015)

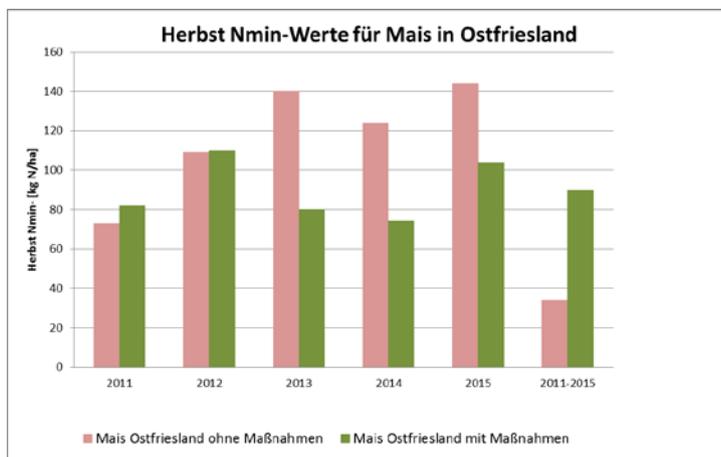
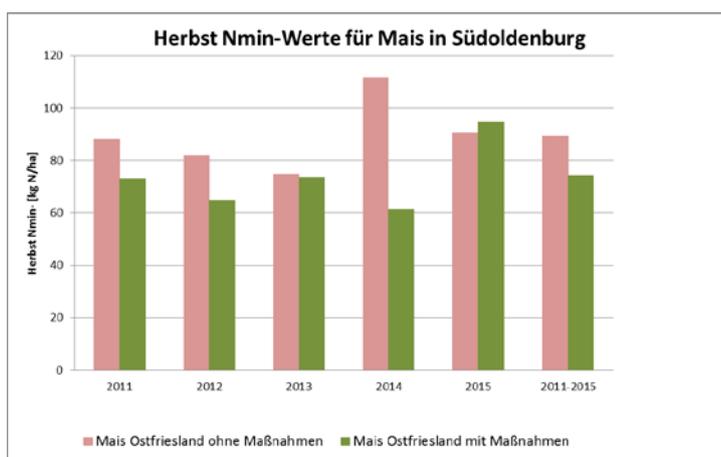


Abbildung 41: Herbst Nmin-Werte für Maisanbau in Südoldenburg (2011 – 2015)



Ein Vergleich der durchschnittlichen Herbst Nmin-Werte zwischen 2011 und 2015 im konventionellen und ökologischen Maisanbau zeigen ferner, dass die Werte im ökologischen Maisanbau auf einem deutlich niedrigeren Niveau (46-58 kg N/ha) als beim konventionellen Maisanbau (49-102 kg N/ha) liegen (vgl. Abbildung 42 und Tabelle 40).

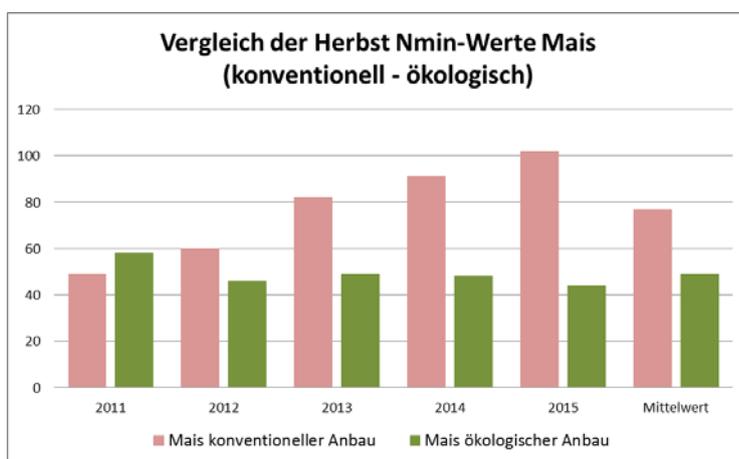
Eine mittlere Senkung der Herbst Nmin-Werte durch Maßnahmen beträgt zwischen 9-31 kg N/ha. Bei einer Umstellung auf ökologischen Maisanbau hingegen 14-58 kg N/ha, somit sind diese Herbst Nmin-

Werte dem wasserwirtschaftlichen Zielwert von 35 kg N/ha deutlich näher als beim konventionellen Maisanbau.

Tabelle 40: Vergleich konventioneller und ökologischer Maisanbau

Durchschnittliche Herbst Nmin-Werte Mais (kg/ha)	2011	2012	2013	2014	2015
konventionell	49	60	82	91	102
ökologisch	58	46	49	48	44
Differenz	-9	14	33	43	58

Abbildung 42: Vergleich der Herbst Nmin-Werte Mais (konventionell - ökologisch)



Zusammenfassend verdeutlicht die Betrachtung der Herbst Nmin-Werte zwischen 2011 und 2015 für Maisanbau, dass die Spannweiten zwischen positiven und negativen Effekten bei der Reduzierung der Herbst Nmin-Werte sowohl innerhalb der einzelnen TGG als auch im zeitlichen Verlauf sehr stark variieren können. Ferner muss ebenfalls festgestellt werden, dass durch eine Umstellung auf ökologischen Maisanbau eine deutlich größere Reduzierung der Herbst Nmin-Werte möglich ist. Damit lässt sich der wasserwirtschaftliche Zielwert von 35 kg N/ha eher als beim konventionellen Maisanbau erreichen.

Eine zusammenfassende Gegenüberstellung der Herbst Nmin-Werte für **Grünland und ackerbaulicher Nutzung** zeigt, dass die Grünlandflächen im Mittel niedrigere Werte als ackerbauliche Nutzungen aufweisen (vgl. Tabelle 41, Abbildung 43). Sie liegen aber nur in Süddoldenburg unterhalb des wasserwirtschaftlichen Zielwertes von 35 kg N/ha.

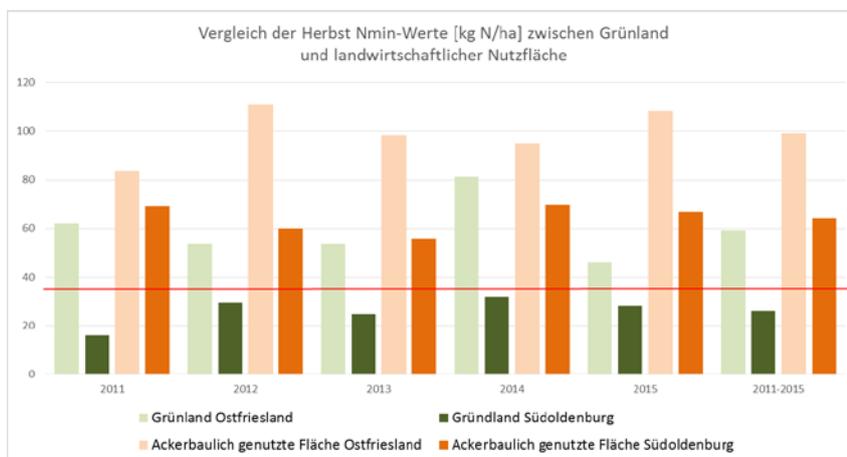
Ein Vergleich der Herbst Nmin-Werte zwischen den beiden Modellregionen zeigt, dass im Mittel die Werte in Süddoldenburg niedriger als in Ostfriesland sind. Ursachen dafür können sehr vielschichtig sein. Zum einen sind die Böden in Ostfriesland humusreicher und haben daher ein höheres N-Nachlieferungspotenzial als die nährstoffarmen Sandböden in Süddoldenburg. Sofern dies nicht bei der Düngung berücksichtigt wird, macht eine Herbst Nmin-Beprobung eine ggf. überschüssige Nährstoffzufuhr sichtbar. Auch mögliche Gülleimporte aus den Landkreisen südlich von Oldenburg, die auf Grünland in Ostfriesland verbracht werden, können für die höheren Werte verantwortlich sein. Ferner führen höhere Durchschnittstemperaturen auch zu einer verstärkten Freisetzung von Stickstoff aus dem Humus, was sich bei höheren Humusgehalten umso deutlicher zeigt, sofern nicht mit Düngeabschlägen darauf reagiert wurde. Höhere Herbst Nmin-Werte in den einzelnen Jahren können daher neben der Bewirtschaftungsweise (Düngungspraxis, Zwischenfrucht, Umbruch) auch auf höhere Herbsttemperaturen zurückzuführen sein. Bei einem Vergleich der Werte ist grundsätzlich darauf hinzuweisen, dass Grünlandflächen bislang weniger intensiv als Ackerbauflächen beprobt wurden und

umgebrochene Grünlandflächen erst seit wenigen Jahren beprobt werden. Eine Erhöhung von Herbst N-Min Werten, kann somit auch auf eine Aufnahme dieser Werte in die Mittelwertbildung zurückzuführen sein. Seit der Herbst Nmin-Kampagne im Jahr 2016 wurde die Anzahl der Proben auf Grünlandflächen deutlich erhöht, so dass die repräsentative Aussagekraft der Werte gestiegen ist.

Tabelle 41: Gegenüberstellung der Herbst Nmin-Werte für Grünland und ackerbaulicher Nutzung

Flächengewichtete Herbst Nmin-Werte (mit und ohne Maßnahmen)	Ostfriesland		Süddoldenburg	
	Grünland	Ackerbauliche Nutzng	Grünland	Ackerbauliche Nutzng
2011	62	84	16	69
2012	54	111	30	60
2013	54	98	25	56
2014	81	95	32	70
2015	46	108	28	67
2011-2015	59	99	26	64

Abbildung 43: Gegenüberstellung der Herbst Nmin-Mittelwerte für Grünland und ackerbaulich genutzte Flächen zwischen 2011 und 2015 in Ostfriesland und Süddoldenburg



4.3.1.2 Abschätzung der Nitratkonzentration im Sickerwasser

Für die Abschätzung der Sickerwassergüte wird der Herbst-Nmin-Wert mit Daten zum Wasserhaushalt kombiniert, um einen fundierten Anhaltswert für die Nitrat-Konzentration im zukünftigen Grundwasser zu berechnen. Die Berechnungen berücksichtigen neben dem Herbst-Nmin-Wert die schlagspezifische Sickerwasserrate und die Feldkapazität des Bodens bis zu einer Tiefe von 90 cm. Seinen besonderen Wert erhält das Berechnungsverfahren aus den geringeren Kosten und der höheren Repräsentativität im Vergleich zur direkten Sickerwassergüte-Analyse (NLWKN 2010). Dies erlaubt u. a. auch die Aufstellung eines „maximal tolerierbaren Herbst-Nmin-Wertes“, der zur Einhaltung eines vorgegebenen Grenzwertes für die Nitratkonzentration im Sickerwasser unterschritten werden sollte (NLOE 2003).

Sickerwasser ist das Wasser in der ungesättigten Bodenzone, das überwiegend im Winterhalbjahr und weitgehend unumkehrbar dem Grundwasser zuströmt, also nicht mehr für die Pflanzenwurzeln erreichbar ist. Das ist in dem ungesättigten Tiefenbereich unterhalb der tiefsten Lage der hydraulischen Wasserscheide des Bodens, d. h. bei Sandböden ca. ab 120 cm, bei Lehm- und Tonböden ca. ab 160 cm

Tiefe der Fall. Diese Tiefenzone (bis zur Grundwasseroberfläche) wird daher als „Sickerwasser-Dränzone“ bezeichnet. Sie schließt nach oben direkt an die „Wurzelzone“ an, die bei der Nmin-Beprobung (standardmäßig allerdings nur bis 90 cm) untersucht wird (NLWKN 2010).

Die Nitratkonzentration im Sickerwasser (= Nitrat-bezogene Sickerwasser-Güte) ergibt sich aus der jährlichen Nitratfracht und der Sickerwasserrate. Die Nitratfracht ist die Nitratmenge, die mit dem Sickerwasser aus der Wurzelzone ausgewaschen wird. Die Sickerwasser-Rate wird anhand von Witterungs-, Standort- und Nutzungsdaten mit einem Wasserhaushaltsmodell berechnet (NLWKN 2010).

Die zu erwartende Nitratkonzentration im Sickerwasser (SW) lässt sich auf Basis von Herbst-Nmin-Werten nach folgender Formel ableiten (NLOE, 2003):

Formel zur Ableitung der zu erwartenden Nitratkonzentration im Sickerwasser

$$\text{Nitratkonzentration im SW} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] = \frac{\text{Nmin} \left[\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right] * 443 * \text{AH}}{\text{SWR} \left[\frac{\text{mm}}{\text{a}} \right]} \quad \text{Formel [1]}$$

SWR: jährliche Sickerwasserrate in mm – im Optimalfall einzeljahresbezogen, ansonsten langjähriges Mittel

Nmin: Nitrat-N + Ammonium-N in kg N / ha für die Tiefe 0 bis 90 cm

443: Umrechnungsfaktor von N zu Nitrat (4,43) kombiniert mit dem Faktor 100 zur Einheiten-Umrechnung (Millimeter zu Liter Sickerwasser je ha und kg zu mg Nitrat)

AH: Austauschhäufigkeit nach DIN 19732 (AH = SWR/FKWe)

Die langjährige Sickerwasserrate wird nach dem TUB_BGR-Verfahren ermittelt (LBEG 2011). Die Austauschhäufigkeit wird gemäß DIN 19732 eingesetzt, sofern diese < 1 ist, andernfalls (Nitrataustragsgefährdung von „mittel“ bis „sehr hoch“) wird der Faktor AH auf 1 gesetzt. Für die Auswertungen im Rahmen des Vorhabens wurden die Datensätze vom LBEG zur Verfügung gestellt. Es existieren somit zwei Fallunterscheidungen.

Zu erwartende Nitratkonzentration im Sickerwasser in Abhängigkeit der Austauschhäufigkeit (AH)

$$\text{falls } \text{AH} \leq 1: \text{Nitratkonzentration im SW} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] = \frac{\text{Nmin} \left[\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right] * 443 * \text{AH}}{\text{SWR} \left[\frac{\text{mm}}{\text{a}} \right]} \quad \text{Formel [2]}$$

$$\text{falls } \text{AH} > 1: \text{Nitratkonzentration im SW} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] = \frac{\text{Nmin} \left[\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right] * 443}{\text{SWR} \left[\frac{\text{mm}}{\text{a}} \right]} \quad \text{Formel [3]}$$

Aus Vereinfachungsgründen wurden die Formeln in der „Empfehlungen zur Nutzung der Herbst-Nmin-Methode für die Erfolgskontrolle und zur Prognose der Sickerwassergüte“ neugefasst (NLWKN, 2010). Anstatt der Berücksichtigung der AH fließt die Feldkapazität im effektiven Wurzelraum standardmäßig also bis 90 cm Tiefe ein. Dieser inhaltliche Unterschied zwischen den beiden Formeln kann zu anderen Prognosewerten für die Nitratkonzentration im Sickerwasser führen.

Zu erwartende Nitratkonzentration im Sickerwasser in Abhängigkeit der Feldkapazität (FK)

falls FK90 > SWR: Nitratkonzentration im SW $\left[\frac{mg}{l}\right] = \frac{N_{min} \left[\frac{kg}{ha}\right] * 443}{FK90 \left[\frac{mm}{a}\right]}$ Formel [4]

falls SWR > FK90: Nitratkonzentration im SW $\left[\frac{mg}{l}\right] = \frac{N_{min} \left[\frac{kg}{ha}\right] * 443}{SWR \left[\frac{mm}{a}\right]}$ Formel [5]

FK90: Feldkapazität aller Bodenschichten in mm bis 90 cm aufsummiert

SWR: jährliche Sickerwasserrate in mm – im Optimalfall einzeljahresbezogen, ansonsten langjähriges Mittel

Nmin: Nitrat-N + Ammonium-N in kg N / ha für die Tiefe 0 bis 90 cm

443: Umrechnungsfaktor von N zu Nitrat (4,43) kombiniert mit dem Faktor 100 zur Einheiten-Umrechnung (Millimeter zu Liter Sickerwasser je ha und kg zu mg Nitrat)

Für die beiden Modellregionen wurde die vereinfachte Berechnung der Nitratkonzentration im Sickerwasser durchgeführt (Formel 4 und Formel 5). In der Quelle: Jahresberichte der Wasserschutzberatung 2011-2015

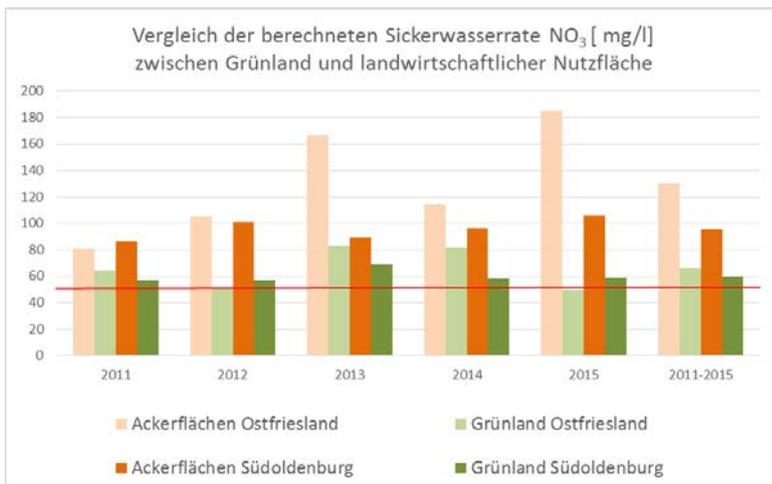
Abbildung 44 ist die potenzielle Sickerwasserrate zwischen 2011 und 2015 in den beiden Modellregionen für Ackerland und Grünland separat dargestellt. Zum einen fällt dabei auf, dass das Niveau der Nitratkonzentration im Sickerwasser bei Grünlandnutzung immer geringer als bei ackerbaulicher Nutzung ist und zum anderen ist die potenzielle Nitratkonzentration der Ackerflächen in Ostfriesland (80-185 kg N/ha) deutlich höher als in Süddoldenburg (86-106 kg N/ha). Weder die Werte der potenziellen Nitratkonzentrationen für Ackerland noch Grünland liegen in einer der Modellregionen unterhalb des Grenzwertes von 50 mg NO₃/l für Sickerwasser (rote Linie in der Abbildung), wobei die Werte bei Grünlandnutzung deutlich näher am Grenzwert als bei ackerbaulicher Nutzung liegen (vgl. Tabelle 42). Einschränkend sei an dieser Stelle darauf verwiesen, dass die mit dieser Methode berechneten Ergebnisse wegen des nicht berücksichtigten Nitratabbaus durch Denitrifikation, als konservativ einzuschätzen sind. Die berechnete Konzentration im Sickerwasser überschätzt daher in einigen Fällen die Konzentration im Grundwasser. Das Denitrifikationspotenzial schwankt jedoch mit der pedologischen Ausprägung und selbst ein hohes Denitrifikationspotenzial kann Nitratkonzentrationen weit oberhalb von 50 mg/l im Grundwasser nicht verhindern.

Tabelle 42: Berechnete Nitratkonzentration im Sickerwasser zwischen 2011 und 2015

Nitratkonzentration im Sickerwasser (mit und ohne Maßnahmen) [NO ₃ mg/L]	Ostfriesland		Süddoldenburg	
	Grünland	Ackerbauliche Nutzung	Grünland	Ackerbauliche Nutzung
2011	64	81	57	86
2012	52	105	57	101
2013	83	166	69	89
2014	81	114	58	96
2015	50	185	59	106
2011-2015	66	130	60	96

Quelle: Jahresberichte der Wasserschutzberatung 2011-2015

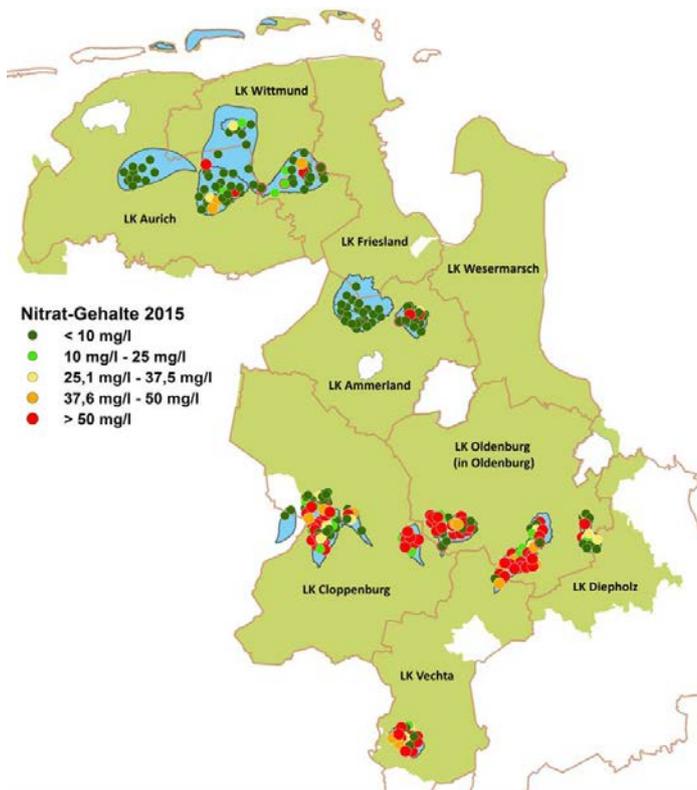
Abbildung 44: Berechnete Nitratkonzentration im Sickerwasser zwischen 2011 und 2015



4.3.1.3 Vergleich der berechneten Nitratbelastung des Grundwassers mit der Grundwasserüberwachung

Der OOWV ist gemäß § 89 des Niedersächsischen Wassergesetz (NWG) verpflichtet, die Beschaffenheit des Grundwassers aus seinen Förderbrunnen und ausgewählten Vorfeldmessstellen zu untersuchen. Zusätzlich wird in weiteren Grundwassermessstellen innerhalb und außerhalb der Wassergewinnungsgebiete vom OOWV die Grundwassergüte überwacht. In der Abbildung 45 sind die in den Wassergewinnungsgebieten gemessenen Nitratgehalte dargestellt. Der Schwellenwert der Grundwasserverordnung (GrwV) von 50 mg/l wird 2015 an 21,5 % aller Messstellen überschritten. Hiervon ist insbesondere die Wassergewinnung im südlichen Verbandsgebiet betroffen, während im nördlichen Teil Nitratgehalte unter 10 mg/l überwiegen. Besonders kritisch ist die Situation in den südlichen Wassergewinnungsgebieten, wo an 45,4 % aller Grundwassergütemessstellen im Jahr 2015 Schwellenwertüberschreitungen der Wasserwerke Großenkneten und Wildeshausen zu verzeichnen waren (OOWV 2016).

Abbildung 45: Nitratgehalte in den festländischen WGG des OOWV



Die Ursachen für die unterschiedliche Nitrat-Entwicklung in den Wassergewinnungsgebieten im nördlichen und südlichen Verbandsgebiet liegen an der unterschiedlichen Intensität der Flächenbewirtschaftung (Massentierhaltung, Biogas-Maisanbau) sowie der Tatsache, dass die natürlichen Boden- bzw. tieferen Untergrundverhältnisse die Belastungen unterschiedlich abfedern. Die Voraussetzungen hierfür sind im nördlichen und im südlichen Verbandsgebiet sehr unterschiedlich (OOWV 2016).

Die Wassergewinnungsgebiete im nördlichen Verbandsgebiet (Modellregion Ostfriesland) zeichnen sich durch eine günstige Deckschichtensituation aus. Die fast wasserundurchlässigen Deckschichten aus Lehm oder Ton stehen teilweise nah an der Erdoberfläche an, so dass sie Nitratbelastetes Grundwasser zurückhalten oder eine Verlagerung zumindest in größere Tiefe deutlich verzögert ist. Im südlichen Verbandsgebiet (Modellregion Südoldenburg) hingegen fehlen diese Deckschichten oftmals oder sie sind nur sehr geringmächtig. Die dort vorkommenden Sandböden besitzen eine geringere Wasserspeicherkapazität als Lehm- oder Tonböden, so dass Nitrat eher ausgewaschen wird (OOWV 2016).

Die Entwicklung der Nitrat-Mittelwerte zwischen 1996 und 2015 unterhalb landwirtschaftlicher Nutzflächen im jungen Grundwasser ist jeweils unterschiedlich. Sie ist in Abbildung 46 für das südliche und in Abbildung 47 für das nördliche Modellgebiet dargestellt.

Während im südlichen Modellgebiet die Nitratmittelwerte grundsätzlich oberhalb des Nitratschwellenwertes von 50 mg/l liegen, unterschreiten sie im nördlichen Modellgebiet diesen teilweise deutlich; im Bereich Marienhefe sind bislang nur Nitrat-Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze festgestellt worden, so dass auf eine Darstellung verzichtet wurde. Eine Ausnahme in der NO₃-Entwicklung bildet das Gewinnungsgebiet Sandelermöns, wo die Gehalte im Schnitt zwischen 60 und 70 mg/l liegen und seit 2011 ein deutlicher Konzentrationsanstieg dokumentiert wird. Zu beachten ist jedoch die relativ geringe Gesamtanzahl von 5 Messstellen.

Im südlichen Modellgebiet schwanken die Nitrat-Mittelwerte je nach Gewinnungsgebiet zwischen 60 mg/l und maximal 120 mg/l. In den TGG Holdorf und Thülsfelde ist zwischen 1996 und 2005/2006

eine deutliche Reduzierung der Nitrat-Konzentrationen im Grundwasser zu verzeichnen. Danach stagnieren die Gehalte in Holdorf auf einem Niveau von 60 mg/l während sie in Thülsfelde seit 2006 wieder steigen und fast das Niveau von 1996 erreicht haben. Auch im WGG Großenkneten setzt ein Wiederanstieg der Nitrat-Gehalte ab 2007 wieder ein.

Abbildung 46: Entwicklung der durchschnittlichen Nitrat-Konzentrationen im jungen Grundwasser (unter landwirtschaftlicher Nutzung in den WGG des OOWV, Modellregion Südoldenburg)

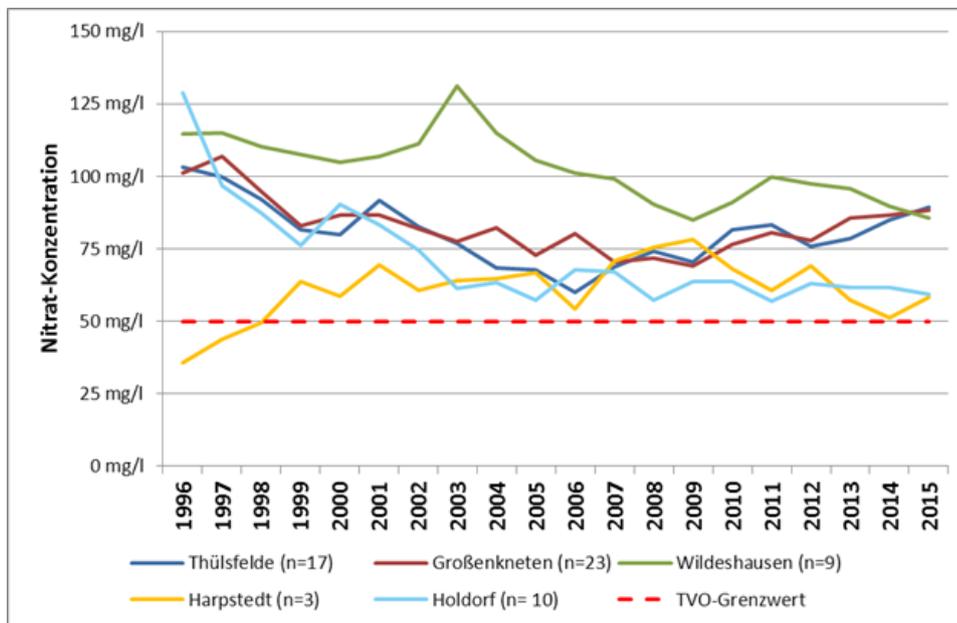
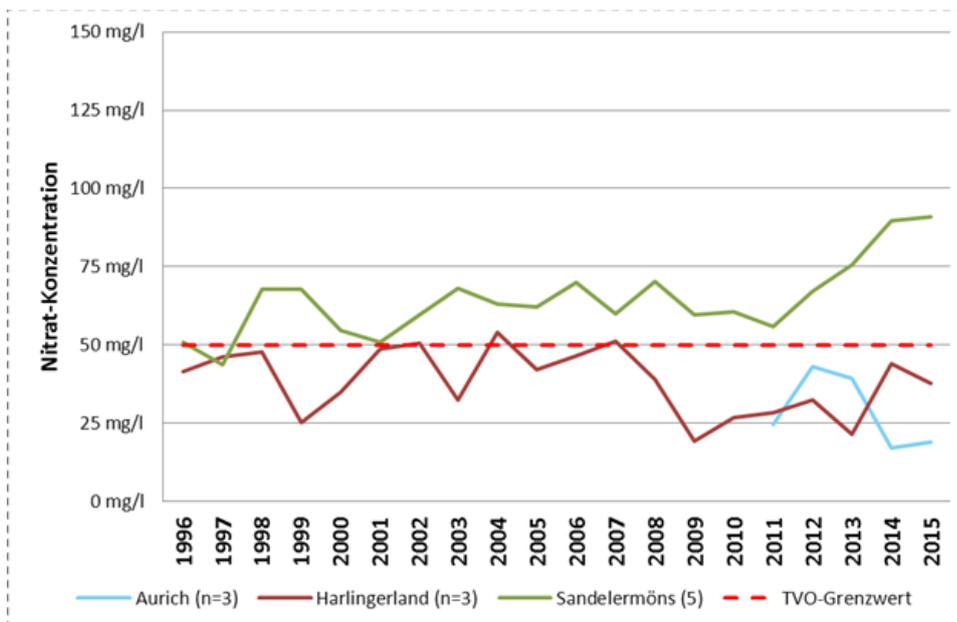


Abbildung 47: Entwicklung der durchschnittlichen Nitrat-Konzentrationen im jungen Grundwasser (unter landwirtschaftlicher Nutzung in den WGG des OOWV, Modellregion Ostfriesland)



Die berechneten Nitrat-Konzentrationen zwischen 2011 und 2015 liegen wie in Kapitel 4.3.1.2 dargestellt, in der Modellregion Südoldenburg auf einem niedrigeren Niveau als in Ostfriesland (vgl. Tabelle 42, Abbildung 43). Bei den gemessenen Nitratgehalten sieht das Bild jedoch anders aus.

Eine Ursache dafür, dass die gemessenen Nitratgehalten in Ostfriesland deutlich niedriger als die berechneten sind, kann auf die oben genannten deutlich mächtigeren Deckschichten und die huminstoff-

reichen Böden mit einem hohen Denitrifikationspotenzial zurückzuführen sein. Wie bereits oben dargelegt, wird das Vorkommen und die Ausprägung der Deckschichten sowie das Denitrifikationspotenzial durch die Anteile möglicher puffernder Huminstoffe, in der Formel für die Berechnung des Nitratgehalts im Sickerwasser nicht berücksichtigt.

4.3.1.4 Bewertung der Maßnahmen des vorsorgenden Grundwasserschutzes

Anfallende Kostenelemente

Für alle Maßnahmen des vorsorgenden Grundwasserschutzes sind unterschiedliche Kostenpositionen zu berücksichtigen. Dies sind zunächst Personalkosten in der Beratung und der Organisation von freiwilligen Maßnahmen etc. Mit zu berücksichtigen sind daneben Fahrtkosten und allgemeine Verwaltungskosten.

Bei den freiwilligen Vereinbarungen sind neben den Ausgleichszahlungen weiterhin Kosten für die begleitenden Untersuchungen inklusive Monitoringkosten zu berücksichtigen.

Bei dem Erwerb von Flächen als Grundwasserschutzstrategien fallen neben den Kosten des Flächenerwerbs auch Kosten für die Vorbereitung des Kaufs, der rechtlichen Abwicklung und für die Vorbereitung und Umsetzung von Pachtverträgen an.

Faktoren, die die Kostenhöhe beeinflussen

Die Höhe der Beratungskosten ist einerseits durch exogene, für den Wasserversorger nicht oder nur bedingt steuerbare Entwicklungen beeinflusst. Dies sind etwa die Entwicklung tariflicher Löhne oder auch steuerliche Regelungen. Ganz wesentlichen Einfluss auf die Gesamtkosten der Beratung haben Art, Umfang und Intensität der Beratung. Vor allem die einzelbetriebliche Beratung ist zeit- und kostenintensiv, so dass die Kosten der Beratung insgesamt von der Akzeptanz der Angebote bei den betroffenen Landwirten abhängen. Vor allem die einzelbetriebliche Beratung ist zeit- und kostenintensiv, die gesamten Beratungskosten sind daher vor allem davon abhängig, wie viele landwirtschaftliche Betriebe diese Beratung in Anspruch nehmen. Die Nachfrage nach Beratungsangeboten dürfte zukünftig vermutlich in dem Maße steigen, in dem vor dem Hintergrund einer steigenden Grundwasserbelastung neue, strikere Umweltauflagen zur Geltung kommen.

Die Kosten für die Umsetzung von freiwilligen Maßnahmen sind in den Modellregionen abhängig von der Art der landwirtschaftlichen Flächennutzung innerhalb der Schutzgebiete, der Art der jeweils umgesetzten Maßnahmen und der Teilnahmebereitschaft der Landwirte. Die Kooperation Gewässerschutz geht davon aus, dass die Anzahl der Landwirte, die sich an dem Programm der freiwilligen Maßnahmen beteiligen könnten, in absehbarer Zeit rückläufig sein wird. Dies wird vor allem darauf zurückgeführt, dass die FV-Programme zunehmend in „Konkurrenz“ zu anderen Agrarumweltmaßnahmen und Greening-Anforderungen geraten. Die niedersächsische Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für Agrarumweltmaßnahmen enthält aktuell 28 Förderprogramme (Richtlinie NiB-AUM 2016). Hinzu kommen die Greening-Prämien im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik. Landwirte erhalten 30 Prozent ihrer Direktzahlungen nur dann, wenn sie konkrete, zusätzliche Umweltleistungen erbringen. Das Greening umfasst den Erhalt von Dauergrünlandflächen (wie Wiesen und Weiden), eine verstärkte Anbaudiversifizierung (größere Vielfalt bei der Auswahl der angebauten Feldfrüchte) sowie die Bereitstellung sogenannter "ökologischer Vorrangflächen" auf Ackerland.

Angesichts der Komplexität der Förderstrukturen kann hier vorbehaltlich detaillierter Analysen davon ausgegangen werden, dass die Effektivität der Programme darunter leidet (Lakner et. al. 2016). Eine Einbeziehung auch solcher Maßnahmen in die Bewertung von Effektivität und Effizienz des Grundwasserschutzes könnte daher sinnvoll sein.

Die Kosten für den Flächenerwerb und die anschließende Verpachtung der Flächen an die Landwirte mit entsprechenden Nutzungsaufgaben werden maßgeblich beeinflusst durch die Entwicklung der Kauf- und Pachtpreise auf dem regionalen Grundstücksmarkt.

Finanzierung der Maßnahmen

Die Aufwendungen für den kooperativen Gewässerschutz, d. h. für die freiwilligen Vereinbarungen und die Beratungsleistungen, werden mit den Wasserentnahmeentgelten verrechnet. Aus eigenen Mitteln finanziert der OOWV folgende Kosten:

- ▶ Aufwendungen für die Geschäftsführung der „Kooperation Grundwasserschutz“
- ▶ Aufwendungen für den Erwerb von Flächen⁹
- ▶ Aufwendungen für die Beschäftigten des Unternehmens, die für die Planung, Organisation und Durchführung des Grundwasserschutzes zuständig sind
- ▶ Aufwendungen für Ausgleichszahlung beim Einbau von Leckageerkennungssystemen in Güllebehälter
- ▶ Nmin-Monitoring allgemein sowie speziell in Verbindung mit der Vereinbarung zur Erfolgsorientierung bei Mais

Auswertung des Effektivitätsgrades

Innerhalb der Modellregionen liegen sowohl auf der Seite des Wasserversorgungsunternehmens, der Landwirtschaftskammer, dem NLWKN und auch den involvierten privaten Ingenieurbüros und Beratungsunternehmen zum Teil jahrzehntelange Erfahrungen mit den verschiedenen Ansätzen eines vorsorgenden Grundwasserschutzes vor. Beim OOWV wird bereits seit 23 Jahre Wasserschutzberatung mit dem Ziel eines vorbeugenden Grundwasserschutzes angeboten. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass vor allem die freiwilligen Vereinbarungen in den Trinkwassergewinnungsgebieten eine effektive Maßnahme darstellen.

Entsprechende Aussagen zum Instrument des Flächenerwerbs sind wegen bislang fehlender detaillierter Untersuchungen noch nicht möglich.

Auswirkung der Maßnahmen auf die Nitratbelastung

Die Auswirkung einzelner Maßnahmen oder auch ihrer Kombination auf die Belastung des Grund- und Rohwassers ist jeweils das Ergebnis des Zusammenwirkens von einer Fülle an Faktoren, die in einem komplexen Wirkungszusammenhang stehen. Ein konkreter kausaler Zusammenhang ist angesichts dieser Komplexität, häufig fehlender langer Zeitreihen für die zentralen Faktoren aber vor allem auch aufgrund des zu berücksichtigenden time lags nur bedingt nachweisbar. So verweisen die Untersuchungen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen als auch des NLWKN zur Wirksamkeit von vorsorgenden Maßnahmen darauf, dass die aktuelle Grundwasserbelastung in der Regel das Ergebnis der Einträge vergangener Jahre ist; die zeitliche Dynamik kann dabei nur überschlägig beschrieben werden und ist jeweils stark von den spezifischen lokalen Bedingungen abhängig. Der OOWV ist Partner in einem BMBF-geförderten Forschungsverbund, der sich u. a. mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Grundwasserkörper im Küstenbereich befasst hat und nun für einen Teil der Modellregion einen weiteren Antrag vorbereitet, in dem es auch um die Entwicklung von hydrogeologischen und Strömungsmodellen geht, um die Nitratbelastungen besser modellieren zu können.

⁹ Die Aufwendungen für den Erwerb von Flächen werden hier als Ausgaben erfasst, auch wenn sie betriebswirtschaftlich als Kapitalanlage zu betrachten sind.

Das NLWKN kommt in einer ersten Wirkungsabschätzung des Niedersächsischen Kooperationsmodells zu positiven Ergebnissen der Maßnahmen des vorsorgenden Grundwasserschutzes (Quirin, Hoetmer et al. 2016). So wird modellhaft der Nachweis geführt, dass innerhalb eines etwa 12 bis 15 jährigen Betrachtungszeitraums die Nitratbelastungen in den Trinkwassergewinnungsgebieten im Vergleich zu den Referenzgebieten ohne entsprechende vorsorgende Maßnahmen gesunken ist. Die Untersuchung verweist aber auch auf die vielfältigen methodischen Einschränkungen – vor allem für die Modellregionen des OOWV konnte zum Teil nur auf gewichtete Landesdurchschnitte als Berechnungsgrundlage zurückgegriffen werden. Dafür, dass der Rückgang der Belastungen in den Trinkwassergewinnungsgebieten im Vergleich zu den Referenzgebieten dann auch nur auf den vorsorgenden Grundwasserschutz zurückzuführen ist, steht zumindest noch der konkrete Nachweis aus.

Effektivität und Effizienz der Zahlungen für präventive Maßnahmen

Im Nitratbericht 2016 des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit werden Kosten-Wirksamkeitsanalysen für einzelne über die gute fachliche Praxis hinausgehende Gewässerschutzmaßnahmen dargestellt (BMUB 2016). In Tabelle 43 sind einige bekannte Maßnahmen zur Verringerung des Stickstoffeintrags in Grund- und Oberflächengewässer unter Kosten und Wirksamkeitsgesichtspunkten dargestellt. Die Werte basieren im Wesentlichen auf den entsprechenden Förderrichtlinien für Agrarumweltmaßnahmen im Förderzeitraum bis 2006, wobei sowohl die Kosten als auch die Wirksamkeit der Maßnahmen je nach den standörtlichen Verhältnissen stark variieren können (BMUB 2016). Im Folgenden wird differenzierter auf die in der OOWV Kooperation vorgefundenen Werte eingegangen (vgl. Tabelle 44, Tabelle 45, Tabelle 46).

Tabelle 43: Kosten und Kostenwirksamkeit bekannter Maßnahmen zur Verringerung des Stickstoffeintrags in Grund- und Oberflächengewässer

Maßnahmen	Kosten [€/ha]	Verminderung des N-Austrags [kg N/ha]	Mittlere Kostenwirksamkeit [€/kg N]
Frühjahrs-Nmin-Analyse zur Unterstützung der Düngeplanung	20 bis 80 (€/Schlag)	0 bis 30	6
Uferrandstreifen	800	Nur in Sonderfällen wirksam	-
Einsatz stabilisierter N- Mineraldünger bei Wintergetreide und Kartoffeln	25 bis 35	0 bis 20	3
Umwandlung Ackerland in extensives Grünland	400 bis 600	30 bis 70	8
Ökologischer Landbau	80 bis 200	0 bis 50	8,5
Zwischenfruchtanbau mit spätem Umbruch	40 bis 120	25 bis 50	2,6
Reduzierte N-Mineraldüngung (Acker) Sollwertdünnung minus 10 bis 20%, Einzelgabe max. 80kg N/ha, keine Spätgabe bei Getreide	50 bis 300	0 bis 10	16

Quelle: BMUB, 2016

In Niedersachsen betragen die Ausgaben für freiwillige Vereinbarungen im Rahmen des Kooperationsmodells im Jahr 2012 rund 11,7 Mio. €, was rund 38 €/ha LF entsprach. Die Ausgaben pro Hektar waren im Festgesteinsgebiet mit 41 €/ha LF am höchsten und im Lockergesteinsgebiet östlich der Weser mit 36 €/ha LF am geringsten.

Für die Wasserschutzzusatzberatung betragen die Ausgaben im Rahmen des Kooperationsmodells landesweit im Jahr 2012 rund 6,1 Mio. €, was rund 20 €/ha LF entsprach. Im Festgesteinsgebiet sowie im Lockergesteinsgebiet östlich der Weser waren die Ausgaben pro Hektar mit jeweils 21 €/ha LF am höchsten, während sie im Lockergesteinsgebiet westlich der Weser mit 17 €/ha LF am geringsten waren. Über die Hälfte der Ausgaben wurden für die Umsetzung der betrieblichen Beratung verwandt, während der übrige Teil für die Erhebung, Aktualisierung und Auswertung von Grundlagendaten, für begleitende Untersuchungen und Versuche sowie für die Erfolgskontrolle verwandt wurde (NLWKN 2015).

Für das OOWV-Gebiet wurde eine Übersicht der verbandsinternen Kosten einschließlich der Finanzierung aus der Wasserentnahmegebühr des vorbeugenden Grundwasserschutzes erstellt (Beilage 2012). Dabei wurden Kosten für Monitoring, Grundstückseinkäufe und Qualitätssicherung von 0,013 €/m³ (in 2007) und 0,034 €/m³ (in 2011) Trinkwasser angegeben. Kosten für Auszahlungen im Bereich des Kooperativen Gewässerschutzes durch freiwillige Vereinbarungen wurden mit ca. 2 Mio. €/a sowie die Wasserschutzberatung der Landwirtschaftskammer mit ca. 0,5 Mio. €/a angegeben.

In Tabelle 44 befindet sich eine Übersicht der Kosten beim OOWV für die Kulturarten Grünland, Getreide und Mais zwischen den Jahren 2011 und 2015. Daraus wird ersichtlich, dass die Ausgaben in Ostfriesland und Süddoldenburg für die jeweiligen Kulturarten stark variieren.

Tabelle 44: Überblick der Kosten der Wasserschutzkooperation des OOWV für Maßnahmen für die Kulturarten Grünland, Getreide und Mais zwischen den Jahren 2011 und 2015

	Ostfriesland				Süddoldenburg			
	Kosten Grünland in [€]	Kosten Getreide in [€]	Kosten Mais in [€]	Summe Kosten in [€]	Kosten Grünland in [€]	Kosten Getreide in [€]	Kosten Mais in [€]	Summe Kosten in [€]
2011	104.012 €	21.533 €	82.224 €	207.768 €	83.714 €	104.012 €	17.803 €	205.529 €
2012	117.147 €	27.540 €	68.672 €	213.359 €	85.915 €	117.638 €	20.497 €	224.050 €
2013	117.638 €	26.979 €	57.354 €	201.971 €	86.281 €	168.733 €	43.085 €	298.099 €
2014	167.121 €	31.875 €	51.543 €	250.539 €	88.366 €	304.242 €	29.590 €	422.198 €
2015	168.733 €	17.086 €	94.619 €	280.438 €	95.500 €	356.080 €	27.192 €	478.772 €
2011-2015	134.930 €	25.003 €	70.882 €	230.815 €	87.955 €	210.141 €	27.633 €	325.729 €

Quelle: OOWV

Da die Kostenzusammenstellungen nicht für die gesamte ackerbauliche Fläche vorliegen, kann kein direkter Vergleich der Kosten mit den Herbst Nmin-Werten und der berechneten Sickerwasserbelastung für Grün- und Ackerland erfolgen. In Tabelle 45 erfolgt daher eine Gegenüberstellung der Gesamtkosten für Maßnahmen (für die Kulturarten Grünland, Mais, Getreide), der flächengewichteten Herbst-Nmin-Mittelwerten aller Kulturarten mit Maßnahmen sowie der durch Maßnahmen erzielten Minderung der Herbst Nmin-Werte und der berechneten Sickerwasserbelastung.

Eine Erkenntnis aus der Gegenüberstellung der Werte ist, dass hohe Kostenausgaben nicht immer zu niedrigen Herbst Nmin-Werten, einer deutlichen Minderung der Herbst Nmin-Werte und besonders niedrigen berechneter Sickerwasserbelastung zwischen 2011 und 2015 geführt haben. In Ostfriesland waren beispielsweise die höchsten Ausgaben für Maßnahmen im Jahr 2015 (280.438 €). Gleichzeitig sind in diesem Jahr auch die höchsten gemittelten Herbst Nmin-Werte (71 kg/h) gemessen worden. Im Vergleich mit den vorhergehenden Jahren ist im Jahr 2015 auch die geringste Minderung der Herbst Nmin-Werte durch Maßnahmen (7 kg/ha) zu verzeichnen. Auch die berechnete Sickerwasserbelastung erreicht mit 88 NO₃⁻ mg/l den höchsten Wert im Vergleich zu den vorhergehenden Jahren.

In Süddoldenburg lagen ebenfalls im Jahr 2015 die Ausgaben für Maßnahmen auf einem Höchststand (478.772 €), während die Herbst Nmin-Werte in diesem Jahr (54 kg/ha) sich auf einem ähnlich hohen Niveau, wie bei den um die Hälfte geringeren Ausgaben im Jahr 2012 (224.050 €) befanden. Die berechnete Sickerwasserbelastung (67 NO₃⁻ mg/l) ist ähnlich hoch wie im Jahr 2012.

Tabelle 45: Gegenüberstellung der Kosten, Herbst N-Min Werte und berechneter Sickerwasserbelastung zwischen 2011 und 2015

	Ostfriesland				Süddoldenburg			
	Summe Kosten in [€]	Herbst Nmin-Werte (mit Maßnahmen) [kg/ha]	Minderung Nmin durch Maßnahmen [kg/ha]	berechnete Sickerwasserbelastung [NO ₃ mg/l]	Summe Kosten in [€]	Herbst Nmin-Werte (mit Maßnahmen) [kg/ha]	Minderung Nmin durch Maßnahmen [kg/ha]	berechnete Sickerwasserbelastung [NO ₃ mg/l]
2011	207.768 €	64	40	80	205.529 €	55	7	68
2012	213.359 €	67	25	83	224.050 €	53	11	66
2013	201.971 €	54	41	67	298.099 €	45	15	55
2014	250.539 €	61	53	76	422.198 €	43	45	53
2015	280.438 €	71	7	88	478.772 €	54	10	67
2011-2015	230.815 €	64	33	79	325.729 €	50	18	62

Quelle: OOWV, LWK 2011-2015

Eine Betrachtung der Kosten und Kostenwirksamkeit wie sie in Tabelle 43 dargestellt ist, wurde für den OOWV für Maßnahmen im Bereich der Grünlandnutzung exemplarisch durchgeführt (Tabelle 46). Durch den Vergleich der beiden Regionen werden die großen Schwankungsbreiten der Wirksamkeit deutlich. Die Tabelle verdeutlicht aber auch die Problematik, die durch die Verwendung von Herbst Nmin-Werten bzw. der Verminderung des N-Austrags für die Bewertung der Effektivität von Maßnahmen entsteht. Die negativen Werte bei der Kostenwirksamkeit kommen in den Fällen vor, in denen die Maßnahmen zu keiner Verminderung des N-Austrags geführt haben, trotzdem aber Kosten für Maßnahmen wie freiwillige Vereinbarungen entstanden sind. Ursachen für hohe Herbst Nmin-Werte trotz durchgeführter Maßnahmen können z. B. an der Stichprobenauswahl oder der Methode der Stichprobenahme selbst liegen. Die Verwendung der Herbst Nmin-Methode ist zwar ein wichtiges Kontrollinstrument, da es sehr nah an der Landwirtschaft als Quelle der Nitratbelastung ist. Dabei kommen jedoch die positiven Wirkungen von Maßnahmen wie beispielsweise dem Erhalt von Grünland anstatt Umbruch nicht zum Ausdruck. Eine Kostenwirksamkeit wie sie in der Tabelle 43 vom BUMB dargestellt werden, können zumindest für Grünland für die meisten Jahre nicht bestätigt werden.

Tabelle 46: Problematik der Bestimmung der Kostenwirksamkeit am Beispiel aller Maßnahmen der Kooperation auf Grünland im Zeitraum zwischen 2011-2015

Grünland	Ostfriesland			Südoldenburg		
	Verminderung des N-Austrags	Kosten €/ha	Kostenwirksamkeit €/kg	Verminderung des N-Austrags	Kosten €/ha	Kostenwirksamkeit €/kg
2011	7	52	7	0	143	0
2012	8	51	6	13	137	10
2013	27	50	2	-5	145	-30
2014	45	66	1	-2	151	-70
2015	-6	71	-12	-1	156	-137
2011-2015	16	58	1	1	146	-45

Am Beispiel der Kosten für Maßnahmen im Maisanbau wird auf weitere Schwierigkeiten bei einem Vergleich der Kosten und deren Wirksamkeit hingewiesen.

In Tabelle 47 sind die Kosten für Maßnahmen im Maisanbau den Herbst Nmin-Werten und der berechneten Sickerwasserbelastung gegenübergestellt. Dabei fällt auf, dass weder in Ostfriesland noch in Südoldenburg die größten Ausgaben auch mit den niedrigsten Herbst Nmin-Werten bzw. der größten Minderung der Werte sowie der geringsten berechneten Sickerwasserbelastung einhergehen. In Ostfriesland liegen durchschnittlich die Kosten zwischen 2011 und 2015 um das 2,5 fache höher als in Südoldenburg, während die Herbst Nmin-Werte in Südoldenburg trotz geringerer Kosten sich auf einem niedrigerem Niveau befinden. Daher ist auch die berechnete Belastung des Sickerwassers in Südoldenburg niedriger als in Ostfriesland.

Tabelle 47: Vergleich der Kosten für Maisanbau, Herbst Nmin-Werte und berechneter Sickerwasserbelastung zwischen 2011 und 2015

Maisanbau	Ostfriesland				Südoldenburg			
	Kosten in [€]	Herbst Nmin-Werte	Minderung Nmin durch Maßnahmen	Berechnete Sickerwasserbelastung [NO3 mg/l]	Kosten in [€]	Herbst Nmin-Werte	Minderung Nmin durch Maßnahmen	Berechnete Sickerwasserbelastung [NO3 mg/l]
2011	82.224	77	-9	96	17.803	81	17	100
2012	68.672	110	-1	135	20.497	82	19	101
2013	57.354	110	60	136	43.085	81	1	101
2014	51.543	99	50	122	29.590	89	50	110
2015	94.619	124	40	153	27.192	99	-4	122
2011-2015	70.882	104	28	129	27.633	86	17	107

Insbesondere im letzten Fall ist jedoch eine direkte Beziehung zwischen den Kosten für Maßnahmen und den messbaren Erfolgen (Senkung der Nitratgehalte im Grundwasser) sehr schwierig.

Zurückzuführen ist dies auf die zeitliche Verzögerung, die zwischen dem Aufbringen des Stickstoffdüngers und dem Erreichen des Nitrats im Grundwasser zu beachten sind. Dabei spielen neben den

Abbauprozessen des Stickstoffs auch hydrogeologische und pedologische sowie klimatische Gegebenheiten eine wichtige Rolle.

Einerseits bergen die in Kapitel 4.3.1.2 beschriebenen Prognoseformeln für die Berechnung der Nitratkonzentration im Sickerwasser Unsicherheiten, die bei einem direkten Vergleich mit Grundwassermessstellen zu widersprüchlichen Aussagen führen. Andererseits stellt sich aber auch bei direkten Grundwassermessungen die Frage, wann diese Messungen durchzuführen sind, um die durch die Maßnahmen bedingte Nitratsenkung zu belegen. Je nach regionaler Ausprägung der Böden, Huminstoffanteilen sowie dem Vorhandensein von Deckschichten mit isolierenden Ton und Lehmschichten kann es zu einer mehrjährigen Verzögerung kommen, bis das Nitrat tatsächlich das Grundwasser erreicht.

Kostenübersicht präventiver Maßnahmen durch den OOWV

Kostenübersicht: Jährliche Kosten für den OOWV

(nur Gewässerschutzkooperation; ohne ergänzendes Monitoring, Flächenkauf und -pacht sowie ohne Ausgleichszahlungen für Leckageerkennung)

Beratung von Landwirten durch die Landwirtschaftskammer

(Angaben aus dem Jahr 2015): **0,5 Mio. € p. a.**

Freiwillige Vereinbarungen mit der Landwirtschaft

(Angaben aus dem Jahr 2015): **1.752.800 Mio. € p. a.**

Ein Fazit der Effektivitätsbetrachtungen ist, dass eine direkte Zuordnung von Kosten zur Wirksamkeit von Maßnahmen schwierig, sogar widersprüchlich sein kann.

Hohe Investitionen in Maßnahmen sind daher keine Garantie dafür, dass sie zu einer Minimierung der Herbst Nmin-Werte und niedrigeren Herbst Nmin-Werten führen. Die Höhe der Herbst Nmin-Werte hängt neben der angepassten Bewirtschaftungsweise (bedarfsgerechte Düngungspraxis, Anbau oder Düngung von Zwischenfrucht, Durchführung und Zeitpunkt von Umbruch) auch von klimatischen Bedingungen (Niederschlagsintensität, Höhe der Herbsttemperaturen) sowie dem Denitrifikationspotenzial ab.

Ferner sei an dieser Stelle auf eine Stellungnahme des OOWV in der LAND & Forst (Nr. 50), Dezember 2016, verwiesen. Darin wird ein erneuter Anstieg der Nitratbelastung des oberflächennahen Grundwassers seit 2006 beschrieben, die mit dem Beginn des Biogasbooms in Niedersachsen und in Folge mit einer Intensivierung der Flächennutzung einhergeht. Beim OOWV geht man davon aus, dass eine Trendumkehr alleine mit dem Kooperationsmodell ohne einer Verschärfung der Düngegesetzgebung kaum zu bewerkstelligen sei. Mit der Novellierung der Düngeverordnung soll der Wirtschaftsdünger-einsatz schärfer geregelt werden (Stand: 15.02.2017). Darunter fallen u.a. eine Verlängerung der Sperrzeiten, in denen keine Düngemittel ausgebracht werden dürfen, eine Einbeziehung der Gärreste aus Biogasanlagen in die Berechnung der Stickstoffobergrenze (170 Kilogramm pro Hektar) und eine Einführung einer verpflichtenden Stoffstrombilanz für Betriebe ab 30 ha.

4.3.2 Effektivität von Maßnahmen und Zahlungen in der Modellregion der RWW

Definition der Maßnahme

Bei der RWW wird im Rahmen der Kooperation Landwirtschaft/Wasserwirtschaft seit 2011 eine erfolgsbasierte Prämierung durchgeführt. Dieses Konzept 2020 ist eine kreisübergreifende Kooperation, an der neben RWW weitere sieben Wasserversorgungsunternehmen teilnehmen. Weiterhin sind seitens der Landwirtschaft die Landwirtschaftskammern (LWK) der Kreise Borken, Wesel und Coes-

feld/Recklinghausen beteiligt, wobei ein Großteil der Bearbeitung und der landwirtschaftlichen Beratung über die LWK Borken abgewickelt und koordiniert wird. Auch vor dem Konzept 2020 hat eine Kooperationsarbeit stattgefunden, die jedoch im Vergleich zum jetzigen Konzept maßnahmen- und nicht erfolgsbasiert war.

Sollten Landwirte Flächenbestände innerhalb von Wasserschutzgebieten (WSG) der Wasserversorgungsunternehmen besitzen, können sie an dem Konzept teilnehmen und sich mit vertraglich festgelegten verbindlichen Regeln einverstanden erklären (siehe Tabelle 21). Darüber hinaus bestimmen die Landwirte selbst, wie sie die im Rahmen des Konzepts vereinbarten Ziele der Nitratreduzierung erreichen wollen. Diese Wahlmöglichkeit ist der zentrale Unterschied zu einem maßnahmenbasierten Konzept, bei dem die Landwirte bereits für die Durchführung einer Maßnahme entschädigt werden, ohne dass der spezifische Erfolg einer individuellen Maßnahme bei der Höhe der Entschädigung berücksichtigt wird. Über die o.g. vertraglichen Rahmenbedingungen hinaus ist das Konzept 2020 (mit Fokus auf das RWW Wassergewinnungsgebiet Holsterhausen/Üfter Mark) folgendermaßen strukturiert:

Basierend auf vorhandenen Grundwasseranalysen wurde vor Inkrafttreten der erfolgsbasierten Förderung eine flächenhafte Darstellung der Nitratkonzentration im Grundwasser für das WSG Holsterhausen/Üfter Mark erarbeitet. Diese flächige Darstellung weist Bereiche auf, in denen eine besonders hohe Nitratbelastung im Grundwasser vorliegt. Um zur Verfügung stehende finanzielle Mittel möglichst zielgerichtet einsetzen zu können, wurden diese Bereiche als Intensivberatungsgebiete (IBG) klassifiziert (siehe Abbildung 48). Gleichzeitig wurden die verbleibenden landwirtschaftlichen Flächen des WSG Holsterhausen/Üfter Mark als Basisberatungsgebiet eingestuft. Keine Einstufung (weder als Basis- noch als Intensivberatungsgebiet) liegt für städtische bzw. industrielle Bereiche und Waldflächen vor.

Im Vergleich zur maßnahmenbasierten Förderung setzt die erfolgsbasierte Förderung andere Schwerpunkte, auch wenn beide Förderungsarten das gleiche Ziel haben: Die Reduzierung der Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft in das Grundwasser.

Einer der Schwerpunkte der erfolgsbasierten Förderung liegt in dem Versuch, Landwirte und deren Fachwissen über ihre bewirtschafteten Flächen stärker in die Kooperation einzubinden. Während maßnahmenbasierte Förderungen verbindliche Regularien zur Bewirtschaftung der Flächen vorgeben und damit direkt in den Kompetenzbereich der Landwirte eingreifen, lässt die erfolgsbasierte Förderung (unter Auflage der verbindlichen Regeln) freie Wahl bei Bewirtschaftung ihrer Flächen. Hierdurch soll die Motivation und darüber der Anteil an teilnehmenden landwirtschaftlichen Flächen gesteigert werden. Weiterhin regt es die Landwirte an, ihre Sachkenntnis der Flächen und deren Bewirtschaftungshistorie mit in die Kooperationsarbeit einzubringen und diese auch umzusetzen.

Auch wenn die Landwirte zu großen Teilen aus eigenem Interesse sowie aus Verständnis von der Notwendigkeit der Nitratreduzierung an der Kooperation teilnehmen: Eine hohe (idealerweise komplette) Teilnahmebereitschaft der Landwirte ist eine Stellschraube, die zum einen vergleichsweise einfach zu erreichen ist und zum anderen zweifellos positive Effekte im Sinne des Grundwasserschutzes hervorruft.

Teilnehmende Landwirte werden so für die Nitratproblematik sensibilisiert und haben die Möglichkeit, sich mit Gewässerschutzberatern auszutauschen und damit ihre Flächenbewirtschaftung über die gute fachliche Praxis hinaus im Sinne des Gewässerschutzes zu verbessern.

Verweigern Landwirte die Teilnahme an der Kooperation oder stehen diese mit Desinteresse gegenüber, entziehen sich die jeweiligen Flächen dem Einfluss der Beratungsarbeit und potentielle Verbesserungen im Sinne des Gewässerschutzes können nicht durchgeführt werden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine kooperative Verbesserung des Gewässerschutzes ohne die freiwillige Teilnahme möglichst aller betroffenen Landwirte im Rahmen des Konzepts 2020 als erschwert angesehen wird.

Gegensätzlich zu Vorzügen der erfolgsbasierten Prämierung gibt es auch Risiken: Die Umsetzung nachweislich (oder vermeintlich) erfolgsversprechender Maßnahmen, bspw. durch Rückschluss zu Erfolgen in anderen Kooperationen, können dem Landwirt nicht als Auflage gemacht, sondern nur als Vorschlag unterbreitet werden. Letztlich entscheidet der Landwirt unter Rücksprache mit der Gewässerschutzberatung, ob er diese spezielle Maßnahme als sinnvoll und erfolgsversprechend erachtet und umsetzt.

Weiterhin besteht bei der erfolgsbasierten Prämierung (insbesondere in der Form des Konzepts 2020) die Gefahr eines Mitnahmeeffekts: So zahlt das Konzept 2020 allen teilnehmenden Landwirten eine Grundprämie von 50 €/ha unabhängig von dessen Nmin-Ergebnis am Ende einer Bewertungsperiode. Diese 50 € werden als Entschädigung für den erhöhten Bewirtschaftungsaufwand zum Wohle des Gewässerschutzes gezahlt, ohne das letztlich geprüft werden kann, ob der betreffende Landwirt diesen Aufwand überhaupt betrieben hat. Die Problematik der Kontrollierbarkeit ist jedoch immer Bestandteil der kooperativen Arbeit und wird im Rahmen des Konzepts 2020 als weniger gravierend eingeschätzt, wenn die Teilnahme der Landwirte auf freiwilliger Basis erfolgt.

Ein weiteres Risiko bei der erfolgsbasierten Prämierung ist das erhöhte Risiko seitens des teilnehmenden Landwirtes: Während bei der maßnahmenorientierten Förderung die Prämie nach Durchführung einer Maßnahme gezahlt wird, geht der Landwirt bei der erfolgsbasierten Prämierung zu Beginn einer jeden Bewertungsperiode in Vorleistung. Er führt die gewässerschonende Bewirtschaftung auf Basis der Gewässerschutzberatung und/oder eigener Erfahrung mit dem Risiko von Ertragsverlusten, aber ohne Garantie auf die Höhe der Erfolgsprämierung durch. So ist die Prämierung in Abhängigkeit des Nmin-Wertes eine finanzielle Größe, welche in der betrieblichen Wirtschaftsbilanz nicht eindeutig quantifiziert werden kann. Umso bedeutsamer ist eine Erfolgsbewertungsmethode, welche nicht nur im Mittel eines Wasserschutzgebietes zuverlässig ist, sondern auch jedem einzelnen Landwirt und den jeweiligen standörtlichen Gegebenheiten so gut wie möglich gerecht wird. Eine großräumliche Übertragbarkeit von erfolgreichen kooperativen Konzepten auf andere Kooperationsgebiete und die damit verbundene Vernachlässigung örtlicher Rahmenbedingung führt zu Unsicherheiten, welche es insbesondere bei Misserfolg des neuen Konzepts schwermachen, die Wurzeln dieses Misserfolgs ausfindig zu machen. Hierfür ist schlussendlich wieder das Verständnis des Kooperationsgebiets und seiner örtlichen Rahmenbedingungen erforderlich.

Grundlage des Erfolgs kooperativer Arbeit ist folglich nicht der Analogieschluss zu anderen, erfolgreichen Kooperationen, sondern ein tiefgehendes Verständnis des Kooperationsgebietes und das Ziehen korrekter Schlüsse aus eben diesem Verständnis heraus.

Hier schließt sich der Kreis, die Entscheidung das Konzept 2020 erfolgsbasiert zu prämiieren: Nicht nur die Bewirtschaftung an sich, sondern auch die einzelstandörtlichen Gegebenheiten entscheiden über Erfolg oder Misserfolg der gewässerschonenden Bewirtschaftung. Hierfür ist die Orts- und Bewirtschaftungskennntnis der Flächen notwendig. Dies wiederum setzt die freiwillige und interessierte Teilnahme der Landwirte voraus. Diese meint das Konzept 2020 durch eine erfolgsbasierte Prämierung besser erreichen zu können.

In Tabelle 48 sind die verbindlichen Regeln des Konzepts 2020 aufgeführt. Diese sind mit dem Ziel einer möglichst reibungslosen Umsetzung des Konzepts aufgestellt worden. Sie sollen sicherstellen, dass eine über die Jahre vergleichbare Bewertungsgrundlage der Einzelflächen erstellt und aufrechterhalten werden kann. So müssen bspw. im Herbst am Ende eines Bewirtschaftungszeitraums bestimmte Termine eingehalten werden, um eine Erfolgsbewertung durchführen zu können und im selben Jahr ggf. Prämien an die jeweiligen Landwirte auszahlen zu können. Weiterhin sind Regelungen aufgenommen, die nachweislich einen negativen Effekt auf das Grundwasser unterbinden.

Tabelle 48: Verbindliche Regeln des Kooperationskonzepts 2020 (wie aufgestellt zu Beginn des Kooperationskonzepts am 15.12.2010)

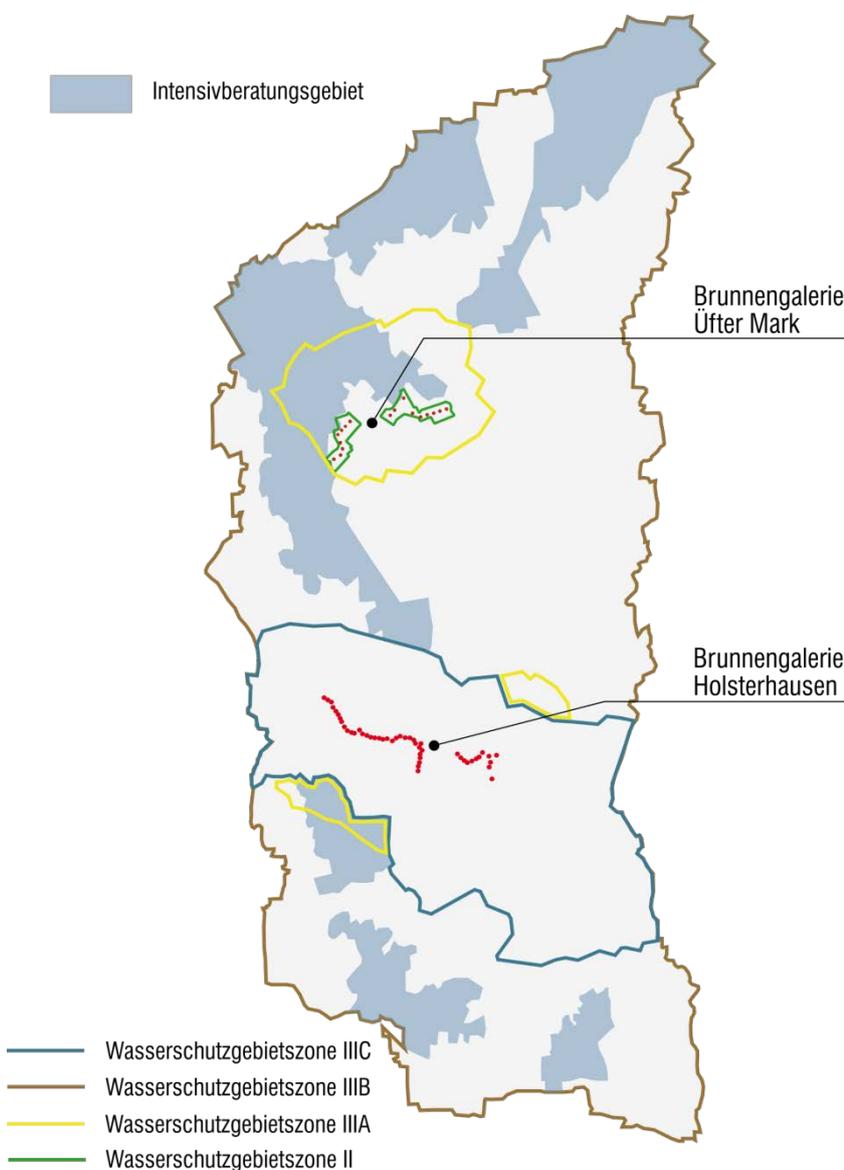
Gültig für alle Kooperationsmitglieder (Intensiv- und Basisberatungsgebiete)	
1.	Im Betrieb ist ein aktueller Nährstoffvergleich mit N-Überhangbewertung zu erstellen.
2.	Die Kooperationsmitglieder haben den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu dokumentieren und auf Anfrage der Gewässerschutzberatung vorzulegen.
3.	Vor jedem Eingriff in die Grünlandnarbe auf Flächen im WSG ist die Gewässerschutzberatung mindestens vier Wochen vorher zu kontaktieren, um eine verbindliche Beratungsempfehlung einzuholen.
4.	Kooperationsmitglieder dürfen als vorbeugende Maßnahme zum Gewässerschutz keine Gärsubstrate aus Biogasanlagen, die Kofermente einsetzen, auf den landwirtschaftlichen Flächen im Wasserschutzgebiet verwenden. Ausnahmen sind mit der Gewässerschutzberatung und dem Wasserversorger abzustimmen.
Gültig für Kooperationsmitglieder, die in Intensivberatungsgebieten wirtschaften	
1.	Von den Flächen im Intensivberatungsgebiet ist der Gewässerschutzberatung bis zum 15.01. eines Jahres eine Ackerschlagkartei einzureichen. Die Ackerschlagkartei hat Angaben zur Haupt- und Zwischenfrucht, Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz und Ertrag bis zum Termin der letzten Herbst-Nmin-Beprobung im WSG zu enthalten.
2.	Für alle Flächen ist eine N-Düngeplanung nach der Sollwert-Methode der Landwirtschaftskammer NRW mit standörtlich angepassten Korrekturwerten im Sinne des Gewässerschutzes zu erstellen.
3.	Flächen, auf denen der Zwischenfruchtanbau sinnvoll im Sinne des Gewässerschutzes ist, sind mit winterharten Arten zu bestellen. Der Umbruch der Zwischenfrucht hat im Frühjahr nicht vor dem 31.03., beim Anbau von Frühkulturen in Absprache mit der Beratung nicht vor dem 15.02. zu erfolgen. Ist ein Zwischenfruchtanbau nicht sinnvoll, ist die Bodenbearbeitung im Herbst zu unterlassen.
4.	Nach Ernte der Hauptfrucht ist keine Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern und festen Wirtschaftsdüngern aus der Geflügelhaltung zulässig. Ausnahme ist die Düngung von Zwischenfrüchten mit Herbstnutzung.
5.	Für flüssige und feste Wirtschaftsdünger aus der Geflügelhaltung ist der 15.09. der späteste Ausbringungstermin auf dem Acker. Auf Grünland und auf mehrjährig genutztem Ackergras ist nach der letzten Nutzung keine Stickstoffdüngung mehr zulässig.
6.	Vor der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern ist zeitnah der Ammoniumgehalt über Schnellbestimmung oder Vollanalyse zu ermitteln.
7.	Der aktuelle Nährstoffvergleich vom Gesamtbetrieb ist der Gewässerschutzberatung bei Bedarf zur Verfügung zu stellen.
8.	Das Kooperationsmitglied hat regelmäßig an Einzel- bzw. Gruppenberatungen teilzunehmen.* * Für die Beratungen gibt es keine fest vorgegebenen zeitlichen Abstände; die Termine orientieren sich vielmehr an dem tatsächlichen Bedarf der Landwirte

In Bezug auf die eigentliche Bewirtschaftung der Flächen werden jedoch keine Vorgaben gemacht. So kann der Landwirt selbst wählen, ob er Zwischenfruchtanbau betreibt bzw. welcher Art dieser sein soll, oder ob sich u.U. eine Extensivierung einiger Flächen lohnt. Auch die Ausbringungstechnik von Gülle oder die Errichtung von Gewässerrandstreifen, die Ausweitung von Ökolandbau usw. regelt das Konzept 2020 nicht explizit. Die Gewässerschutzberater des Konzepts 2020 stehen den Landwirten für solche Fragen bei Bedarf jedoch beratend zur Seite. Die Durchführung der benannten und jeglicher weiterer Maßnahmen an sich wird von dem Konzept 2020 nicht prämiert. Es zählt lediglich das Be-

wertungsergebnis am Ende einer Bewirtschaftungsperiode, der Landwirt hat aus der Vielzahl unterschiedlicher Maßnahmen selbst die Wahl, wie er ein möglichst gutes Ergebnis im Sinne des Gewässerschutzes erreicht.

Die Erfolgskontrolle erfolgt flächenscharf einmal pro Jahr durch eine Entnahme von Bodenproben und Ermittlung des N_{min}-Wertes im Herbst nach erfolgter Ernte. Zu diesem Zeitpunkt wird davon ausgegangen, dass sämtlicher sich noch im Boden befindlicher Stickstoff bis zur nächsten Aussaat im kommenden Frühjahr über das Sickerwasser in das Grundwasser gelangt oder soweit verlagert wird, dass er für kommende Fruchtfolgen nicht länger pflanzenverfügbar ist. Im Boden verbliebener Stickstoff wird also insbesondere in diesem Zeitraum zum einen nicht mehr von Pflanzen aufgenommen und zum anderen über die Grundwasserneubildung tiefer in das Bodenprofil in Richtung Grundwasser verlagert.

Abbildung 48: Intensivberatungsgebiete im WGG Holsterhausen/Üfter Mark



Während der herbstlichen N_{min}-Beprobung wird jede Einzelfläche beprobt, die innerhalb der Intensivberatungsgebiete liegt. Besitzt ein Landwirt mehrere Flächen innerhalb der Intensivberatungsgebiete, wird ein Betriebsdurchschnitt errechnet, anhand dessen der Erfolg des Landwirts und damit die Höhe der Prämierung bemessen werden. Die Prämierung erfolgt pro Hektar Fläche und wird in Tabelle 20 dargestellt. Die erfolgsbasierte Prämierung des Konzepts 2020 unterscheidet sich somit erheb-

lich von einer maßnahmenbasierten Prämierung, bei der Landwirte Finanzmittel für grundwasser-schonende Maßnahmen bekommen (bspw. Bau eines Güllebehälters, Abdichtung von Silageflächen, Zwischenfruchtanbau o.ä.).

Anfallende Kostenelemente

Im Rahmen des Konzepts 2020 wird über die LWK Borken sowohl in den Basis- als auch in den Intensivberatungsgebieten eine für den Landwirt kostenlose Dünge- und Anbauberatung angeboten. Diese Beratung hat das Ziel, dass zum einen dem Landwirt auch in WSG ein wirtschaftliches Arbeiten ermöglicht wird. Zum anderen erfolgt die Beratung im Sinne des Gewässerschutzes, d.h. die von dem Gewässerschutzberater der LWK empfohlenen Maßnahmen zielen bei einer Umsetzung auf den bewirtschafteten Flächen auf eine Verbesserung des chemischen Zustands des Grundwassers ab (der aktuelle Maßnahmenkatalog findet sich in Tabelle 83 im Anhang). Die anfallenden Kosten der Gewässerschutzberatung durch Fremdpersonal (hier: Personal der LWK) wird von den teilnehmenden Wasserversorgern getragen. Weiterhin erfolgt eine Gewässerschutzberatung durch Eigenpersonal der RWW. Diese Kosten kommen beispielsweise durch die Teilnahme an Besprechungen, Feldarbeiten im Rahmen der Effizienzkontrollen, die Anfertigung/Kontrolle von Gutachten bzw. Ausarbeitungen oder durch Weiterbildungsmaßnahmen für die Gewässerschutzberater der LWK zustande.

Wie bereits erwähnt, richtet sich die Höhe der Prämien, die ein im Intensivberatungsgebiet wirtschaftender Landwirt erhalten kann, nach dem Erfolg seiner im Anbaujahr durchgeführten und selbst gewählten Maßnahmen. Dieser wiederum bemisst sich an der Höhe der herbstlichen N_{min}-Werte seiner Einzelflächen. Da Maßnahmen im Sinne des Gewässerschutzes mit einer Reduktion des Ertrags einer landwirtschaftlichen Nutzfläche einhergehen können, werden die jährlichen Prämienzahlungen als Ausgleichszahlungen bezeichnet. Die maximalen Ausgleichszahlungen innerhalb der Intensivberatungsgebiete liegen bei voller Zielerreichung bei 200 € pro Hektar Fläche. Liegt der N_{min}-Wert eines Landwirts nur knapp unter dem Zielwert, erhält er 125 €/ha. Die verbleibenden teilnehmenden Landwirte mit weniger guten Ergebnissen erhalten 50 €/ha. Ausgleichszahlungen werden ausschließlich in den Intensivberatungsgebieten angeboten. In Basisberatungsgebieten bietet das Konzept 2020 dennoch die Möglichkeit der kostenlosen Beratung über die Gewässerschutzberater der LWK.

In Tabelle 20 ist ersichtlich, dass die Zielwerte zur Erreichung der vollen Prämie i. H. v. 200 € pro Hektar im Laufe der Zeit abgesenkt werden. In der ersten Periode (2011 bis 2013) erhielten Landwirte die volle Prämie bei Werten zwischen 41 und 45 kg N/ha. In der folgenden Periode (2014 bis 2016) durften hingegen N_{min}-Werte von höchstens 40 kg N/ha gemessen werden, um die volle Prämie ausgezahlt zu bekommen. Ab dem Jahr 2020 gilt ein Zielwert von 30 kg N/ha. Der letzte Zielwert von 30 kg/ha N_{min} wurde basierend auf Gutachten zum Zusammenhang N_{min} / Nitratkonzentration in Sicker- bzw. Grundwasser bei der Erarbeitung des Konzepts 2020 ermittelt und sowohl seitens der LWK als auch der WVU als angestrebte Zielgröße akzeptiert. Durch Erreichen dieses Wertes soll sichergestellt sein, dass die Sickerwasserkonzentration im Mittel nicht über 50 mg Nitrat/l steigt und so eine Verbesserung des Zustands der Grundwasserkörper erreicht werden kann. Es gilt zu beachten, dass dieser Wert gebietsspezifisch und ergebnisorientiert zu ermitteln ist und nicht ohne weiteres auf andere Gewinnungsflächen übertragen werden kann. Weiterhin ist fraglich, ob teilnehmende Landwirte bei dieser Zielgröße in Wasserschutzgebieten einen noch ausreichenden Ernteertrag haben und folglich weiterhin wirtschaftlich arbeiten können.

Die jährlichen herbstlichen N_{min}-Beprobungen werden durch erweiterte Effizienzkontrollmaßnahmen begleitet. Hierzu zählt beispielsweise der Bau von Grundwassermessstellen zur Kontrolle der tatsächlich im Grundwasser vorliegenden Nitratkonzentrationen. Alle drei Jahre erfolgt im Rahmen der Evaluierung des bisher Erreichten eine Beprobung des Sickerwassers. Diese Maßnahme beinhaltet das Anfertigen von Sickerwasserprofilen, für die ab der Geländeoberfläche alle 50 cm (bzw. 100 cm) bis zur Grundwasseroberfläche eine Boden-/Sedimentprobe entnommen und die jeweilige Nitratkon-

zentration im Sickerwasser ermittelt wird. Da bis zur Grundwasseroberfläche oft mehrere Meter Bodenkörper liegen und das Sickerwasser dieses Volumen häufig nicht in nur einem Jahr durchströmt, lässt sich bei entsprechend hohem Grundwasserflurabstand die tatsächlich im Sickerwasser vorhandene Nitratkonzentration und dessen zeitliche Entwicklung annähernd ableiten. Weiterhin soll das Konzept 2020 seitens der Teilnehmer ständig an neuen Erkenntnissen und Fragestellungen rund um die Nitratproblematik gemessen werden. Aus diesem Grund werden in Abhängigkeit von aufgetretenen offenen Fragen Gutachten beauftragt, um Verbesserungspotenzial sowohl in der Gewässerschutzberatung als auch der Bewertung neuer oder ergänzender gewässerschonender Bewirtschaftungsmaßnahmen aufzudecken und zu bewerten.

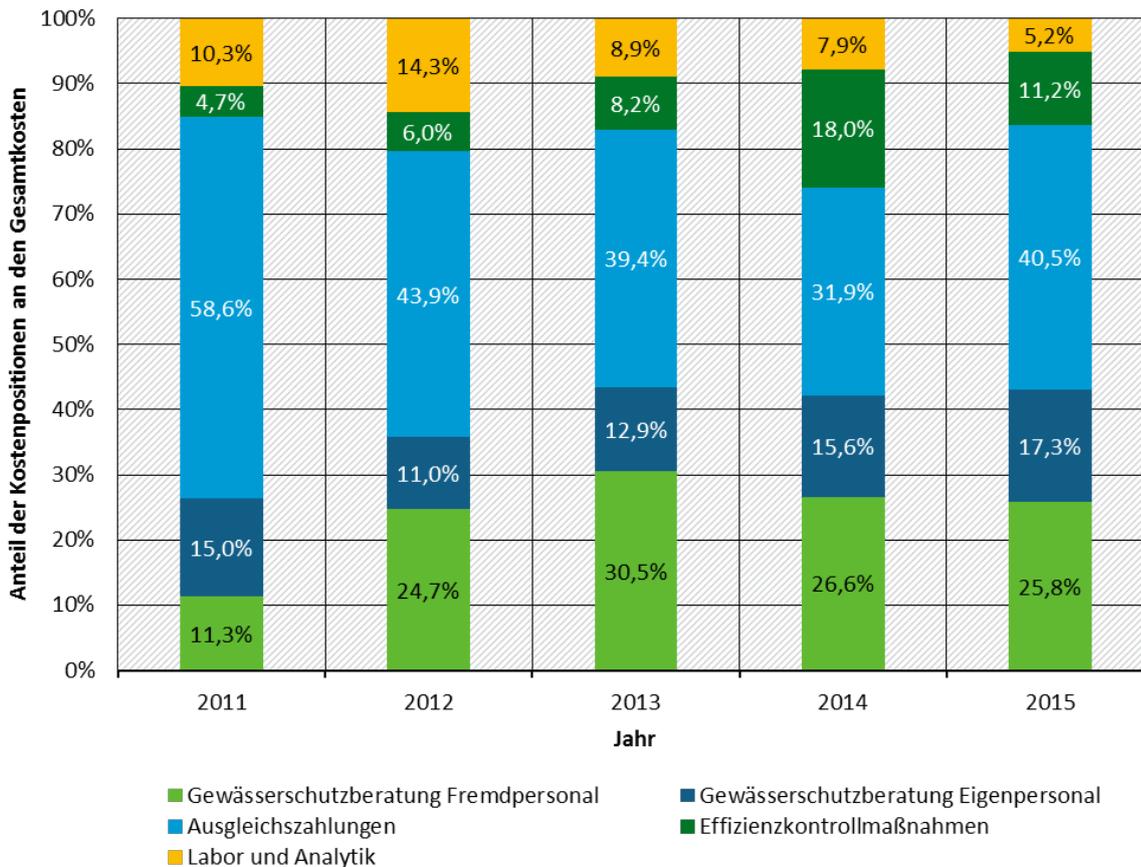
Bei den erweiterten Maßnahmen zur Effizienzkontrolle geht es nicht darum, die Grundregeln des Konzepts 2020 umzuwälzen. Vielmehr liegt der Fokus darauf, das Konzept im Detail stetig weiterzuentwickeln und dem Stand der Technik und Wissenschaft anzupassen. Mögliche Änderungen werden stets vom gesamten Teilnehmerkreis (WVU, LWK, Vertreter der Landwirte) diskutiert und ggf. verabschiedet.

Als weiteres Kostenelement fallen Labor- und Analytikskosten an. Zu diesen zählen Kosten für die jährlichen Nmin-Proben sowie für Sicker-, Grund- und Rohwasserproben, die im Rahmen der Effizienzkontrolle anfallen. Eine Unterteilung der Kosten für PBSM- bzw. Nitratuntersuchungen ist dabei nicht exakt möglich.

Kosten, die durch die Maßnahme entstehen

In Abbildung 49 sind die Anteile der verschiedenen Kostenpositionen an den Gesamtkosten dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Ausgleichszahlungen in den beiden ersten Jahren die größte Kostenposition darstellen. Ab 2013 sind hingegen die kumulierten Anteile der Kosten für Fremd- und Eigenpersonal im Rahmen der Gewässerschutzberatung höher als der Anteil der Ausgleichszahlungen. Der hohe Anteil für Effizienzkontrollmaßnahmen im Jahr 2014 ist auf die Evaluierung der ersten Periode (2011 bis 2013) zurückzuführen.

Abbildung 49: Aufwendungen im Rahmen der Kooperationsarbeit für die Jahre 2011 (30.07. bis 31.12.) bis 2015



Faktoren, die die Kostenhöhe beeinflussen

Die Kostenhöhe hängt im Wesentlichen von dem Bewirtschaftungserfolg der Landwirte in den Intensivberatungsgebieten ab. Erreicht ein hoher Prozentsatz der Landwirte (annähernd) die gültigen Nmin-Zielwerte, so fallen die Ausgleichszahlungen entsprechend höher aus. Weiterhin erfolgt im Rahmen des Konzepts 2020 alle 3 Jahre eine Evaluierung der erreichten Ergebnisse der letzten Jahre. Die Evaluierung erfolgt durch einen Bericht eines externen Gutachters sowie die Präsentation der Ergebnisse im Kreise einer Mitgliederversammlung (Landwirte, LWK, WVU). Die für die Evaluierung anfallenden Kosten werden anteilig von den teilnehmenden WVU übernommen.

Finanzierung der Maßnahme

Die oben aufgezeigten Maßnahmen werden über das Wasserentnahmeentgelt des Landes NRW geltend gemacht. Wie hoch der Anteil der tatsächlich absetzbaren Kosten von dem jährlichen Gesamtaufwand ist, unterliegt der Entscheidung des LANUV NRW. Grundsätzlich sind (aktuell) jedoch nur Maßnahmen absetzbar, welche direkt den Nitratreintrag einzelner landwirtschaftlicher Flächen bzw. die flächenscharfe Effizienzkontrolle landwirtschaftlicher Maßnahmen nachweisen können.

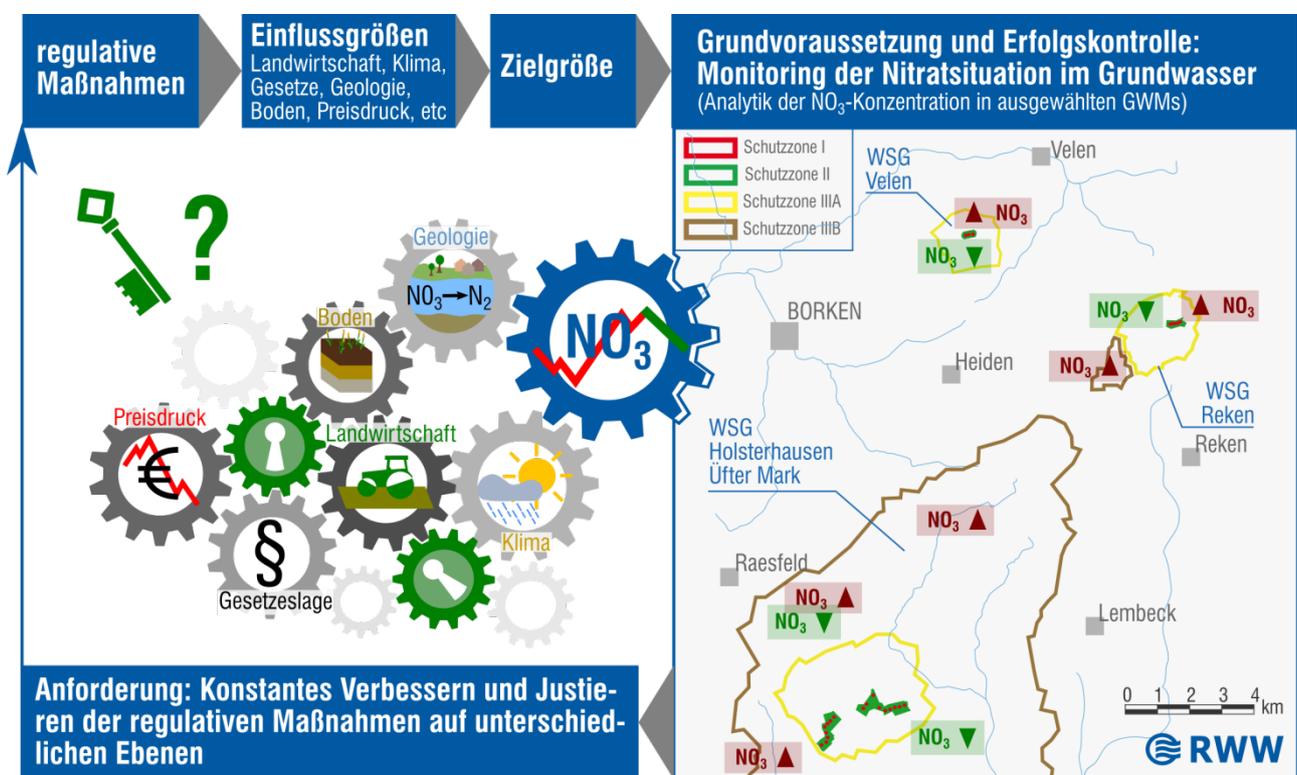
Auswertung des Effektivitätsgrades

Eine Bewertung des Effektivitätsgrades, insbesondere einer langfristigen Kooperationsarbeit zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft ist komplex. Zwar können die Auswirkungen einer jeweils gewählten Maßnahme unmittelbar erfasst werden (z.B. Nmin-Wert, Nitrat an der Grundwasseroberflä-

che), jedoch kann nicht bewertet werden, wie sich eine andere Gestaltung der Kooperationsarbeit bzw. ein Verzicht an sich zugunsten bspw. eines Flächenkaufes ausgewirkt hätte.

Auch ein Vergleich mit den Ergebnissen von Maßnahmen zur Verminderung des Nitratreintrages in anderen Wasserschutzgebieten kann nur unter Berücksichtigung weiterer Faktoren und Randbedingungen erfolgen (z.B. Hydrogeologie, landwirtschaftliche Ausprägung und dessen Strukturwandel, Nitratabbauvermögen, Bodenarten und -verteilung, Alter des geförderten Grundwassers des einzelnen Schutzgebiets und dem Vergleichsschutzgebiet). Bereits die Bewertung von einzelnen Einflussgrößen und ihres jeweiligen Einflusses auf die aktuelle Nitratsituation stellt eine komplexe Aufgabe dar. Das darüber hinausgehende Gewichten und Abbilden existenter Korrelationen zwischen den Einflussgrößen und das Auffinden geeigneter regulativer Maßnahmen unter schwankenden klimatischen Bedingungen erschwert diese Aufgabe weiterhin (siehe Abbildung 50).

Abbildung 50: Die Verminderung von Nitratreinträgen und die Erfolgskontrolle der Maßnahmen als komplexe Aufgabe

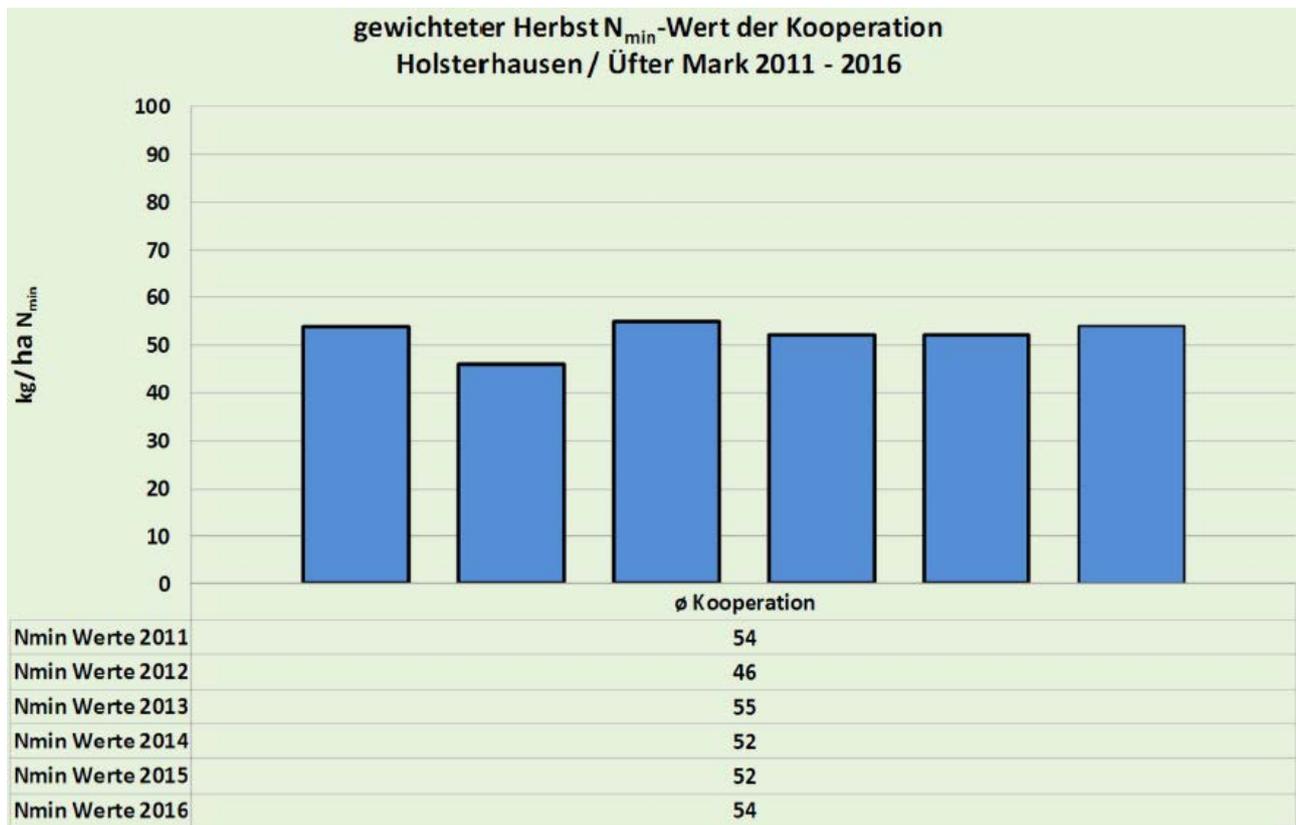


Ferner spielt die Größe des WSG eine bedeutende Rolle. So ist der Kauf bzw. die Extensivierung von Flächen gerade in kleinen WSG eine erfolgversprechende Maßnahme. Je größer das WSG wird, desto höher müssen die Aufwandskosten eines Flächenkaufes werden, um dem Einfluss der erworbenen Flächen im Gesamtsystem Gewicht verleihen zu können.

In Bezug auf das Wasserschutzgebiet Holsterhausen/Üfter Mark stellt auch der Faktor Zeit eine wesentliche Größe dar. Mit Beginn einer intensivierten Landwirtschaft mit einem hohen Einsatz mineralischer Düngemittel in den 70er- und 80er-Jahren wurden hohe Nitratfrachten in das Sicker- und Grundwasser eingetragen. Das am Wasserwerk geförderte Rohwasser weist eine mittlere Verweilzeit zwischen 50 und 150 Jahren auf. Sofern während der Grundwasserströmung von der Grundwasseroberfläche bis zu den Förderbrunnen kein nennenswerter natürlicher Nitratabbau stattfindet, ist trotz der langjährigen Kooperationsarbeit in den kommenden Jahren eine Zunahme der Nitratkonzentrationen im Rohwasser wahrscheinlich. Eine abschließende Bewertung der Ergebnisse sollte somit immer das Grundwasseralter und die weiterhin zunehmende landwirtschaftliche Intensivierung berücksichtigen.

Im Folgenden wird der Erfolg der Kooperationsarbeit an der zeitlichen Entwicklung der Herbst-Nmin-Werte bzw. der Nitratkonzentration im Grundwasser dargestellt. In Bezug auf den Herbst-Nmin-Wert haben sich seit 2011 kaum Änderungen ergeben (siehe Abbildung 51). Nur im Jahr 2012 konnte im Mittel der Kooperation ein niedrigerer Wert als in den Vergleichsjahren ermittelt werden. Seit 2013 liegen die Durchschnittswerte wieder deutlich über 50 kg/ha.

Abbildung 51: Durchschnittliche Nmin-Werte in kg/ha von 2011 bis 2016 des Kooperationsgebiets Holsterhausen/Üfter Mark



Die durchschnittliche Nitratkonzentration im Grundwasser hat sich in den Intensivberatungsgebieten zwischen 2010 und 2015 um 8 mg/l verbessert. Dennoch liegen die durchschnittlichen Werte mit 103 mg/l (2010) bzw. 95 mg/l (2015) noch weit über dem Zielwert von 50 mg/l. Setzt man dieser Entwicklung die Nitratkonzentrationen in den Basisberatungsgebieten gegenüber, so stellt sich hier eine geringe Verschlechterung des Durchschnittswertes von 20 mg/l (2010) auf 22 mg/l (2015) dar. Dies kann man auf der einen Seite als Zeichen für den Erfolg der Kooperationsarbeit werten. Auf der anderen Seite werden im Hinblick auf das gesamte Wasserschutzgebiet Holsterhausen/Üfter Mark die Erfolge innerhalb der Intensivberatungsgebiete von der Verschlechterung der Nitratwerte in den Basisberatungsgebieten neutralisiert. In Summe (Intensiv- plus Basisberatungsgebiete) liegt die durchschnittliche Nitratkonzentration in den beprobten Grundwassermessstellen 2010 und 2015 mit konstant 47 mg/l knapp unter dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung.

Abbildung 52: Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Intensivberatungsgebiet in 39 gemeinsam beprobten Grundwassermessstellen der Messkampagnen 2005, 2010 und 2015. Blaue Werte kennzeichnen den Mittelwert der gemessenen Nitratkonzentrationen.

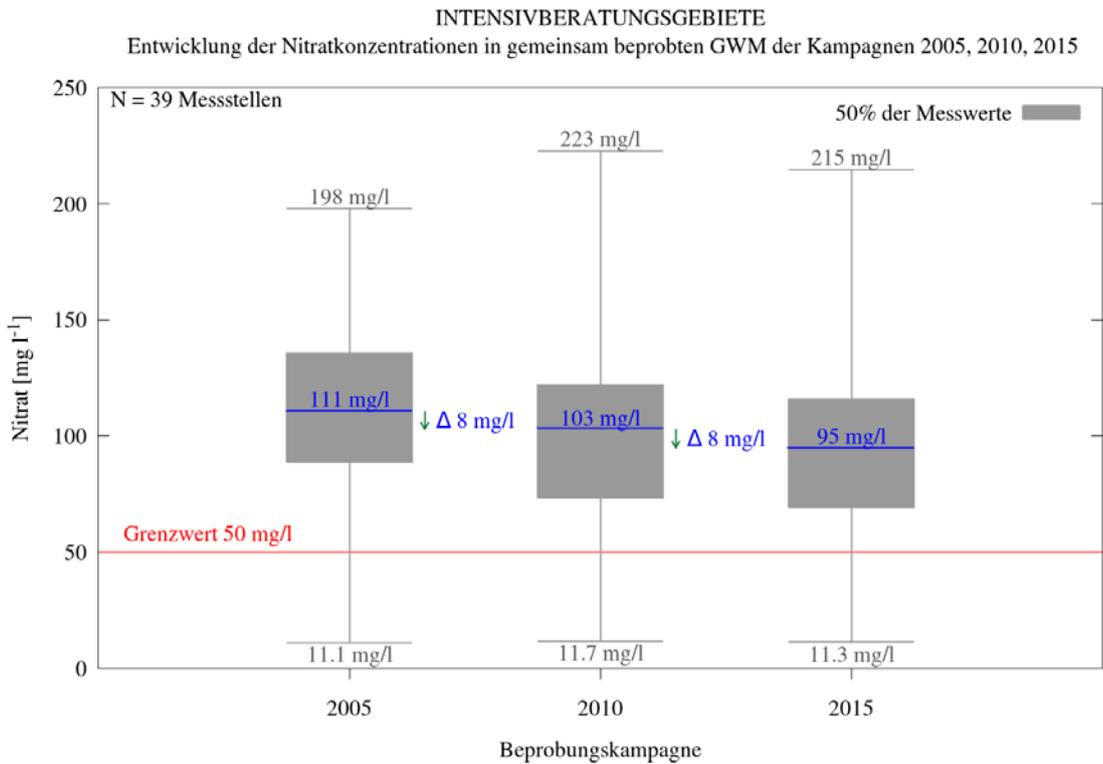
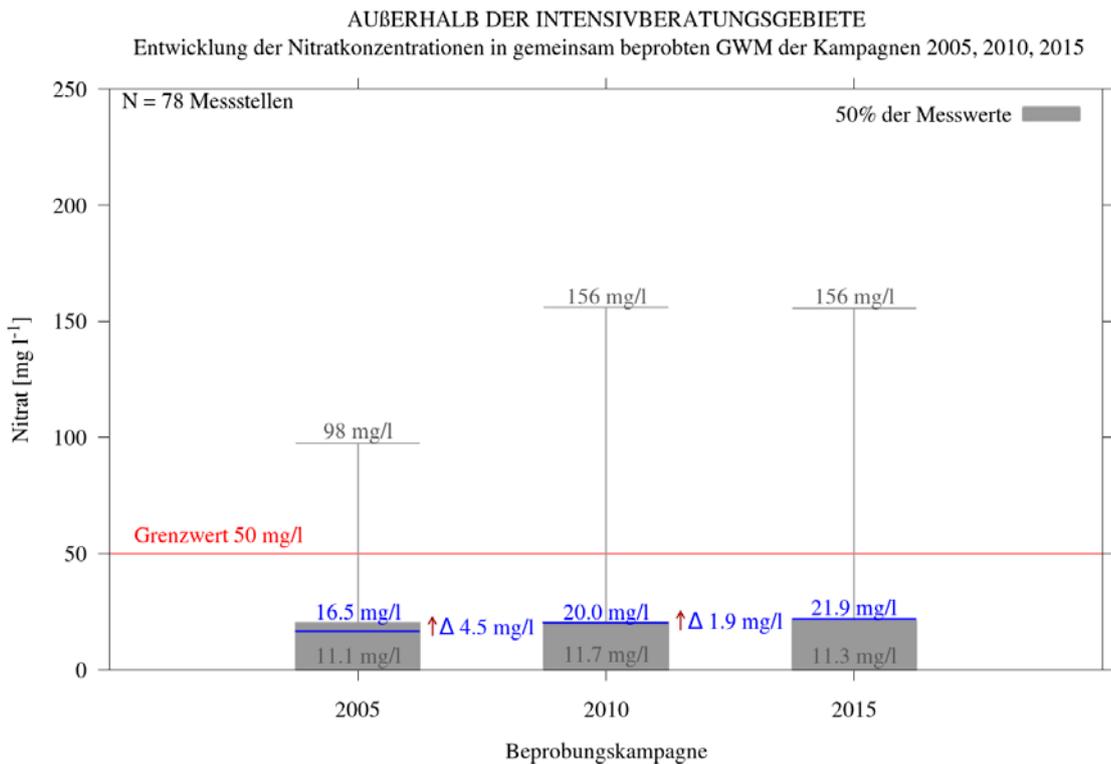


Abbildung 53: Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Intensivberatungsgebiet in 39 gemeinsam beprobten Grundwassermessstellen der Messkampagnen 2005, 2010 und 2015. Blaue Werte kennzeichnen den Mittelwert der gemessenen Nitratkonzentrationen.



In diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass die Grenzen dessen, was tatsächlich effektiv über die Landwirtschaft eingetragen (und im Umkehrschluss an Nitratreduktion erreicht) wird, häufig nicht scharf gezogen werden können. So haben bspw. unterschiedliche Bodentypen abweichendes Potential zur natürlichen Nachlieferung von Nitrat. Weiterhin schlägt sich auch die atmosphärische NO_x-Deposition auf landwirtschaftlichen Flächen nieder. Es ergeben sich insbesondere bei dem Ausbleiben positiver Ergebnisse zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft häufig Diskussionen über den tatsächlich landwirtschaftlich verursachten Anteil der Nitratbelastung. Aus Sicht der Landwirtschaft spielen dann weitere Eintragsquellen wie die Stickstoffauskämmung in Wäldern, die Industrie oder auch das natürliche Nitratvorkommen im Boden eine gewichtige Rolle. Hierin begründet liegt eine Schwierigkeit des Konzeptes 2020: Ergebnisse von gemeinsam vereinbarten Bewertungsgrundlagen wie der N_{min} werden hinterfragt und dies sorgt für Unmut unter den Kooperationspartnern, sowohl seitens der WVUs als auch der Landwirte und erschweren damit die eigentlich erstrebenswerte kooperative Zusammenarbeit bei der Bekämpfung der Nitratproblematik sowie eine angemessene Außendarstellung erreichter Erfolge.

Misst man den Erfolg des Konzept 2020 an der Erreichung der festgelegten N_{min}-Zielwerte, so muss konstatiert werden, dass diese in dem festgelegten ambitionierten zeitlichen Rahmen vermutlich nicht erreicht werden. Unabhängig davon können Verbesserungen der Nitratkonzentration im Sicker- und Grundwasser als Verdienst der Kooperationsarbeit bewertet werden.

5 Finanzierung von Maßnahmen durch das Wasserentnahmeentgelt

5.1 Grundsätzliche Idee des Wasserentnahmeentgelts

Zum Ende der 1980er Jahre setzte in Deutschland ein Trend zur Einführung eines Wasserentnahmeentgelts (WEE) ein. Derzeit erheben 13 von 16 Bundesländern der Republik ein solches Entgelt. Das Entgelt ist von Wasserversorgungsunternehmen, aber z. B. auch Industriebetrieben für die Entnahme von Grund- oder Oberflächenwasser zu entrichten. Es ergänzt das traditionelle Ordnungsrecht im Gewässerschutz um ein ökonomisches Anreiz- und Finanzierungsinstrument. Zu Beginn war dieses Instrument auf die Knappheit der natürlichen Ressource Wasser ausgerichtet, hat inzwischen jedoch auch andere Aufgaben wie z. B. die Finanzierung von Maßnahmen im Rahmen der Umsetzung der WRRL übernommen. Ob eine solche Abgabe noch zeitgemäß ist und inwiefern vor allem eine Lenkungswirkung erzielt wird, ist immer wieder Gegenstand von Diskussionen.

Vor dem Hintergrund der Anforderungen des Art. 9 WRRL auch Umwelt- und Ressourcenkosten in den Kosten der Wasserdienstleistungen abzubilden, stellen die Wasserentnahmeentgelte eine unverzichtbare Komponente dar, die eher auszubauen als abzuschaffen ist (Gawel et.al. 2011, Leuck 2017).

Festzustellen ist, dass die Verwendung und konkrete Ausgestaltung des WEE in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich ausfällt. Die Spannweite bei der Verwendung des Aufkommens reicht von einem allgemeinen Einsatz der Mittel im Bereich von Natur- und Gewässerschutz bis hin zu konkreten Maßnahmenkatalogen.¹⁰ Eine im Gesetzestext konkret benannte Zweckbindung ist längst nicht in allen Bundesländern anzutreffen. In Schleswig-Holstein und Niedersachsen ist eine Zweckbindung teilweise gegeben (40 % bzw. 70 % des Aufkommens). Sofern keine oder keine vollständige Zweckbindung vorliegt, findet ein Übertrag in den allgemeinen Landeshaushalt statt, sodass das Aufkommen entsprechend zur Finanzierung wasserwirtschaftlich fremder Belange dient. Eine ausgewiesene vollständige Zweckbindung liegt in den Bundesländern Baden-Württemberg, Brandenburg, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz und Sachsen vor. Nach Abzug des Verwaltungsaufwands, der durch das Entgelt entsteht (dies praktizieren alle erhebenden Bundesländer), stehen die verbleibenden Mittel in diesen Bundesländern also ausschließlich für wasserwirtschaftliche Maßnahmen zur Verfügung. Eine Besonderheit stellt hier die Mittelverwendung in Bremen dar. Nicht verausgabte Mittel sind einer zweckgebundenen Rücklage zuzuführen.

5.2 Wasserentnahmeentgelt und Nitratbelastung

Interessant im Zusammenhang mit der Untersuchung der Nitratproblematik ist die Frage, inwiefern reaktive oder präventive Maßnahmen der Wasserversorger aus dem WEE-Aufkommen bezuschusst bzw. Ausgaben bei der Berechnung der WEE-Höhe in Abzug gebracht werden können. Zunächst ist festzustellen, dass kein Bundesland eine vollständige Verrechnung von reaktiven Maßnahmen zulässt – lediglich im Saarland ist eine anteilige Bezuschussung von reaktiven Maßnahmen möglich. In allen anderen Bundesländern sind die Kosten für reaktive Maßnahmen (z. B. Brunnenvertiefung oder Rohwasserverschneidung) somit alleinig vom Wasserversorgungsunternehmen zu tragen und wirken dementsprechend preis- bzw. gebührensteigernd für die Endkunden. Präventive Maßnahmen werden hingegen in einigen Bundesländern aus dem Aufkommen des WEE finanziert.

Zum Beispiel wird den Wasserversorgern in **Schleswig-Holstein** unter bestimmten Voraussetzungen die Möglichkeit einer Verrechnung bzw. Ermäßigung der Abgabenlast geboten. Im Wasserabgabengesetz des Landes ist festgehalten, dass für die Grundwasserentnahme keine Abgabepflicht besteht, sofern eine der beiden folgenden Bedingungen erfüllt ist:

¹⁰ Vgl. Umweltbundesamt (2008), S.1.

- ▶ Ausgleichsleistungen werden gemäß Wasserhaushaltsgesetz an die Landwirtschaft erbracht (dies gilt für Wasserschutzgebietsauflagen¹¹)
- ▶ Mit Zustimmung der obersten Wasserbehörde werden landwirtschaftliche Beratungen in Wasserschutzgebieten erbracht.

Die Kosten für diese Maßnahmen dürfen vollständig und bis zur Höhe des geschuldeten WEE für das die Maßnahmen betreffende Kalenderjahr verrechnet werden. Welche Beträge an die Landwirte zu zahlen sind, wird in der Ausgleichsverordnung (AVO) festgelegt. In der derzeit gültigen Fassung der AVO (Stand: 07.03.2014) sind die Ausgleichssätze festgehalten. So dürfen von den Wasserversorgern z. B. für die Bewirtschaftung von Grünland maximal 14,30 € pro ha Produktionsfläche an die Landwirte gezahlt werden. Für Ackerflächen wird nach angebaute Kulturart (Getreide und Winterraps) sowie weiteren Kriterien unterschieden und es ist ein maximaler Ausgleichssatz von 99,40 € pro ha möglich.

In Bezug auf die Beratung von Landwirten kommen gem. AVO inhaltliche Vorgaben zum Tragen, die von den in Frage kommenden Beratungsträgern erfüllt werden müssen. Die von den Wasserversorgern eingeholten Angebote für die Beratung von Landwirten werden durch das Landesministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume überprüft. Die Auftragserteilung durch den Wasserversorger bedarf daher der Zustimmung, falls eine Verrechnung angestrebt wird. Dieses Verfahren hat sich bewährt, um in den Wasserschutzgebieten eine einheitliche, zweckgerichtete Beratung sicherzustellen.¹²

Ein rein auf Zuschüssen basierendes Modell wird im **Saarland** angewendet. Dieses schließt in gewissem Umfang, wie bereits erwähnt, auch reaktive Maßnahmen mit ein. Die „Richtlinie für die Gewährung von Zuwendungen für Vorhaben und Maßnahmen einer nachhaltigen Wasserwirtschaft“, die aktuell im politischen Diskurs steht, soll hier umfassende Regelungen treffen. Für die Zukunft sollen hier auch Pilotprojekte zur Weiterentwicklung einer nachhaltigen Wasserversorgung sowie der Flächenankauf in festgesetzten oder beantragten Trinkwasserschutzgebieten in die Bezuschussung aufgenommen werden.

In **Baden-Württemberg** gibt es für Wasserversorger keine Möglichkeit einer Verrechnung oder Rückerstattung des WEE. Im Zusammenhang mit Nitratproblematiken ist hier jedoch auf die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) hinzuweisen. Nach dieser gewährt das Land Ausgleichszahlungen für die Einschränkung der ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung in Wasserschutzgebieten. Die SchALVO dient dem Schutz des Grundwassers in Gebieten, die Wasserschutzgebiet sind oder für ein solches vorgesehen sind. Zuwendungsempfänger sind dabei die Flächenbewirtschaftler. Die Voraussetzungen für einen Ausgleich und dessen Höhe sind in Abhängigkeit der Nitrat- bzw. Pflanzenschutzmittelbelastung ausgestaltet. Dabei wird in Normalgebiete, Problemgebiete und Sanierungsgebiete unterschieden. Erstere weisen eine Nitratkonzentration von weniger als 25 mg pro Liter gefördertem Rohwasser auf und haben neben der ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung die weitere Auflage, dass Grünlandumbrüche verboten sind. Für Problemgebiete (über 35 mg Nitrat pro Liter) und Sanierungsgebiete (über 50 mg Nitrat pro Liter) gelten zusätzliche Anforderungen in Bezug auf Düngung, Bodenbearbeitung, Begrünung und Bewässerung. Weitere Auflagen bestehen im Zusammenhang mit der Fruchtfolge.¹³

In Problem- sowie Sanierungsgebieten wird ein pauschaler Ausgleich in Höhe von 165 € pro ha gewährt. Zusätzliche Sonderausgleiche können bis zu 15 € pro ha betragen. Für viehhaltende Betriebe

¹¹ Wasserschutzgebietsauflagen schließen z. B. den Einsatz bestimmter Pflanzenschutzmittel in Wasserschutzgebieten aus oder schränken diesen sehr stark ein.

¹² Laut eigener Aussage des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (E-Mail-Verkehr im August/September 2016).

¹³ Vgl. MLR (2015), S. 2f.

ergeben sich zusätzlich erweiterte Regelungen. Hier liegen die Ausgleichszahlungen zwischen 10 und 160 € pro ha – ein Mindestviehbestand von 0,5 Großvieheinheiten pro ha in Abhängigkeit des Anteils der landwirtschaftlich genutzten Fläche ist jedoch die Voraussetzung.

Besonders hervorzuheben sind daneben die Regelungen in den Bundesländern **Niedersachsen** und **Nordrhein-Westfalen** die zu den umfangreichsten gehören.

Das niedersächsische Wassergesetz (NWG) lässt nach § 93 einen Ausgleich für die Ertragseinbußen und Mehraufwendungen, die über eine ordnungsgemäße land-, forst- und erwerbsgärtnerische Nutzung hinausgehen, zu. Ausgleichsberechtigt ist, wer ein im Schutzgebiet liegendes Grundstück nutzt. Seit 2007 sind die WVU zum Ausgleich verpflichtet. Unterschieden wird in Pauschalausgleich und Einzelfallausgleich und es werden für verschiedene angebaute Kulturen unterschiedliche Ausgleichsbeträge angesetzt. Diese Regelungen beziehen sich jeweils auf die verpflichtend zu erbringenden Maßnahmen in Wasserschutzgebieten. Darüber hinausgehende Regelungen geschehen auf freiwilliger Basis und fußen auf einem Kooperationsmodell.

Parallel zur Einführung des WEE im Jahr 1991 wurde ein Kooperationsmodell initiiert, das den vorsorgenden Trinkwasserschutz in den Vordergrund stellte und die Sicherung und Verbesserung der Qualität des Grundwassers als Trinkwasserquelle zum Ziel hatte. Die wichtigsten Bausteine des Kooperationsmodells sind Finanzhilfeverträge, freiwillige Vereinbarungen und Wasserschutzzusatzberatungen. Daneben werden ebenso Modell- und Pilotvorhaben gefördert.

„N90-Projekt“ – Pilotvorhaben im Rahmen des niedersächsischen Kooperationsmodells

Ein Beispiel für ein Pilotvorhaben im Rahmen des niedersächsischen Kooperationsmodells ist das „N90 – Projekt“, welches eine reduzierte Stickstoffdüngung auf Betriebsebene testet. In 34 Modellbetrieben wird der Düngbedarf nach der Nmin-Methode ermittelt und um 10 % reduziert. Gedüngt wird dementsprechend nur noch mit 90 % der Stickstoffmenge. Eine Erweiterung wurde mit einer N80-Maßnahme angeboten. Eine Untersuchung der Indikatoren N-Gesamtdüngung, N-Saldo der Hoftorbilanz sowie N-Effizienz des Gesamtbetriebes wurde zur Evaluierung herangezogen.

Festzustellende Ergebnisse waren Verminderungen in der N-Gesamtdüngung als auch im Saldo der Hoftorbilanz. Folglich verbesserte sich auch die N-Effizienz der Hoftorbilanz. Für eine ausführliche Behandlung der Ergebnisse sei auf die Publikation des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) aus der Reihe Grundwasser (Band 24, Modell- und Pilotprojekt N90: „Reduzierte Stickstoffdüngung auf Betriebsebene durch Begrenzung des mineralischen N-Zukaufs“) verwiesen.

Verantwortlich für die Koordination von Kooperationsmaßnahmen ist der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN). Werden freiwillige Vereinbarungen geschlossen, so sind für verschiedene Maßnahmen Höchstsätze für Ausgleichszahlungen angegeben. Diese variieren nach Aufwand und reichen z. B. von 40 € pro ha für eine zeitliche Beschränkung für die Ausbringung von tierischem Wirtschaftsdünger bis hin zu 450 € pro ha für eine extensive Bewirtschaftung von Grünland.¹⁴

Besonders hervorzuheben ist die Eigenverantwortung der Akteure sowie die durch die gesetzlichen Regelungen gestützte Planungssicherheit. Eine Finanzhilfe wird nur gewährt, wenn WVU und Landbewirtschafter eine gleichberechtigte Kooperation eingehen und ein sog. Schutzkonzept mit Zielen und Erfolgsparametern erarbeiten. Nur mit dieser Grundlage kann ein Finanzhilfevertrag zustande kommen.

¹⁴ Vgl. Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2015), S. 119.

Für die Anerkennung einer freiwilligen Vereinbarung zwischen Landbewirtschafter und WVU sind dabei einige Auflagen zu erfüllen:

- ▶ Der „Maßnahmenkatalog – Freiwillige Vereinbarung“ ist einzuhalten.
- ▶ Das „Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz – Grundwasserschutzorientierte Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft und Methoden ihrer Erfolgskontrolle“ ist zu beachten.
- ▶ Ein Schutzkonzept, das innerhalb der Vertragsdauer erreicht und überprüft wird, ist zu erstellen.
- ▶ Die freiwillige Vereinbarung muss von einer Wasserschutzberatung begleitet werden.
- ▶ Die Informationspflicht gegenüber dem NLWKN ist einzuhalten.
- ▶ Die Kontroll-, Berichts- und Prüfungsrechte des NLWKN müssen akzeptiert werden.
- ▶ Die Vertragslaufzeit muss mindestens 5 Jahre betragen.

Die Finanzhilfverträge beinhalten die finanziellen Mittel zur Umsetzung der freiwilligen Vereinbarungen, die zu 100 % über das WEE finanziert werden. Die Wasserschutzzusatzberatungen stellen ein ergänzendes Element dar. Diese für die Landwirte kostenlose Dienstleistung erklärt praktische Fragen des Grundwasserschutzes. Über Veranstaltungen, Rundschreiben, Feldversuche und Feldbesichtigungen wird ein nachhaltiger Umgang mit der Ressource Grundwasser unterstützt.

In **Nordrhein-Westfalen** wird ein ähnliches Modell betrieben. Seit 1989 arbeiten Landwirtschaft und Wasserwirtschaft gemeinsam daran, den Trinkwasserschutz zu verbessern. Auf Grundlage eines 12-Punkte Programms, das von der Wasserwirtschaft, der Landesregierung und der Landwirtschaft entwickelt und vereinbart wurde, entstehen freiwillige Kooperationen zum Gewässerschutz. Eine innerhalb des Kooperationsgebietes angebotene Beratung ergänzt die Kooperationen.

Aufwendungen, die im Zusammenhang mit einer vertraglich vereinbarten Kooperation mit der Landwirtschaft stehen, können mit der Vorauszahlung oder Festsetzung des WEE verrechnet werden. Dies gilt immer für das jeweilige Veranlagungsjahr. Als verrechnungsfähig werden die personellen Aufwendungen für die Gewässerschutzberatung der landwirtschaftlichen Betriebe sowie Aufwendungen für Maßnahmen anerkannt. Es muss ein schriftlicher Nachweis erfolgen. Die jeweiligen Förderungen werden innerhalb der Kooperationen festgelegt und können z. B. Ausgleiche für Anschaffungen von neuem technischem Gerät oder auch der Verbesserung der Lagerfähigkeit von wassergefährdenden Nährstoffen sein.¹⁵ Eine Extensivierung wird im Wasserschutzgebiet des Wahnbachtalsperrenverbands z. B. mit 53 € pro ha Grünland gefördert.¹⁶

Nachstehende Tabelle 49 zeigt eine Übersicht der derzeit gültigen Rahmenbedingungen in Bezug auf die Erhebung des WEE in den Bundesländern Baden-Württemberg, Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein.

¹⁵ Die Maßnahmen müssen unmittelbar den Landwirten zu Gute kommen. Nicht förderfähig sind allgemeine Forschungsaufgaben oder z. B. Maßnahmen im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit.

¹⁶ Vgl. Wahnbachtalsperrenverband/Arbeitskreis Landwirtschaft, Wasser und Boden im Rhein-Sieg-Kreis (2013), S. 46

Tabelle 49: Übersicht zum Wasserentnahmeentgelt in den erhebenden Bundesländern (ohne Bayern, Hessen und Thüringen)

Bundesland	Ausdrückliche Zweckbindung	Höhe des Wasserentnahmeentgelts (Ct./m ³)	Verwendung nach Gesetz	Verrechnungsmöglichkeit/Bezuschussung für WVU	Verrechnungsfähige Maßnahmen (präventiver Gewässerschutz)
Baden-Württemberg	Ja	5,1 (Grundwasser nicht öffentlich) 1,0 (Oberflächenwasser nicht öffentlich) 8,1 (öffentliche Wasserversorgung)	<ul style="list-style-type: none"> wasserwirtschaftliche und gewässerökologische Belange 	Nein	k.A.
Berlin	Ja	31,0 (Grundwasser)	<ul style="list-style-type: none"> zum Schutz der Menge und Güte des vorhandenen Grundwassers insbesondere zur Abwehr von Gefahren für das Grundwasser oder zur Beseitigung von Schäden an diesem 	Nein	k.A.
Brandenburg	Ja	10,0 (Grundwasser) 2,0 (Oberflächenwasser für Produktionszwecke)	<ul style="list-style-type: none"> zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele zur Sanierung und Unterhaltung der Gewässer zur Renaturierung und zum Ausbau der Gewässer zur Unterhaltung der Deiche für Investitionen, die der Verbesserung der Wassergüte und dem sparsa- 	Nein	k.A.

Bundesland	Ausdrückliche Zweckbindung	Höhe des Wasserentnahmeentgelts (Ct./m ³)	Verwendung nach Gesetz	Verrechnungsmöglichkeit/Bezuschussung für WVU	Verrechnungsfähige Maßnahmen (präventiver Gewässerschutz)
			men Umgang mit Wasserdienen		
Bremen	Ja (nicht verausgabte Mittel sind einer zweckgebundenen Rücklage zuzuführen)	4,45	<ul style="list-style-type: none"> • Schutz und Sicherung von Umweltressourcen • die öffentliche Trinkwasserversorgung 	k.A.	k.A.
Hamburg	Nein	14,63 (Oberflächennahes Grundwasser) 15,76 (tiefere Grundwasserleiter) 0,226 (Oberflächenwasser)	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Angabe zur Verwendung 	k.A.	k.A.
Mecklenburg-Vorpommern	Ja	10,0 (Grundwasser) 2,0 (Oberflächenwasser)	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen, die der Erhaltung oder Verbesserung der Gewässergüte oder Gewässerunterhaltung dienen • Entschädigungen und Ausgleich von wirtschaftlichen Nachteilen in Wasserschutzgebieten sofern das Land den Ausgleich leistet • Gewährung von Zuschüssen für die Sanierung von Gewässer- und Bodenverunreinigungen in Was- 	Nein	k.A.

Bundesland	Ausdrückliche Zweckbindung	Höhe des Wasserentnahmeentgelts (Ct./m ³)	Verwendung nach Gesetz	Verrechnungsmöglichkeit/Bezuschussung für WVU	Verrechnungsfähige Maßnahmen (präventiver Gewässerschutz)
			Wasserschutzgebieten infolge von Altlasten (Verursacher ist nicht fest- oder heranziehbar)		
Niedersachsen	Teilweise (40 %)	7,5	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen zum Schutz der Gewässer und des Wasserhaushaltes • Sonstige Maßnahmen der Wasserwirtschaft und Maßnahmen des Naturschutzes • Ausgleichs und Entschädigungsleistung für wirtschaftliche Nachteile in Wasserschutzgebieten • Erkundung und Bewertung von Grundwasserbelastungen • Erreichung der Bewirtschaftungsziele • Erforschung einer besonders auf den Grundwasserschutz ausgerichteten Land- und Forstwirtschaft sowie eines entsprechend ausgerichteten Erwerbsgartenbaus in Wasserschutzgebieten anhand von Modellen und Pilot- 	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Zuschüsse an WVU für den Kauf oder die Pacht von Flächen in Wasserschutzgebieten • Ausgleichs und Entschädigungsleistungen • Zusätzliche Beratung der land-, forst- oder erwerbsgärtnerischen Nutzer von Grundstücken einschließlich der damit im Zusammenhang stehenden Boden und Gewässeruntersuchungen • Ausgleich von wirtschaftlichen Nachteilen aufgrund einer vertragliche vereinbarten Einschränkung

Bundesland	Ausdrückliche Zweckbindung	Höhe des Wasserentnahmeentgelts (Ct./m ³)	Verwendung nach Gesetz	Verrechnungsmöglichkeit/Bezuschussung für WVU	Verrechnungsfähige Maßnahmen (präventiver Gewässerschutz)
			<p>vorhaben</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erforschung einer schonenden Grundwasserbewirtschaftung • Förderung der Renaturierung der Flussauen und Feuchtgrünlandbereiche zum Zweck der Wasserrückhaltung und Grundwasserneubildung 		
Nordrhein-Westfalen	Ja	5,0	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgaben für die Wasserrahmenrichtlinie • Finanzierung von Altlastsanierungen • Finanzierung des Landeshaushalts 	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Personelle Aufwendungen für die Gewässerschutzberatung • Aufwendungen für Maßnahmen zum vorbeugenden Gewässerschutz
Rheinland-Pfalz	Ja	6,0 (Grundwasser) 2,4 (Oberflächenwasser)	<ul style="list-style-type: none"> • Schutz und Verbesserung des Zustands der oberirdischen Gewässer und des Grundwassers • Schutz und Verbesserung der aquatischen Ökosysteme und der von ihnen abhängigen Landökosystemen • Schutz und Verbesserung von Grünlandbereichen und Flussauen zum Zwecke der Wasserrückhal- 	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Kooperationsmaßnahmen zum Schutz des Grundwassers oder oberirdischer Gewässer

Bundesland	Ausdrückliche Zweckbindung	Höhe des Wasserentnahmeentgelts (Ct./m ³)	Verwendung nach Gesetz	Verrechnungsmöglichkeit/Bezuschussung für WVU	Verrechnungsfähige Maßnahmen (präventiver Gewässerschutz)
			tung und Grundwasserneubildung		
Saarland	Ja	7,0	<ul style="list-style-type: none"> Ökologische Maßnahmen insbesondere für den Schutz der Menge und Güte des Grundwassers Maßnahmen zur Umsetzung von EU-Richtlinien im Bereich des Wasserrechts 	Ja	k.A.
Sachsen	Ja	1,5	k.A.	k.A.	k.A.
Sachsen-Anhalt	Ja	5,0	<ul style="list-style-type: none"> wasserwirtschaftliche Zwecke insbesondere zur Sicherung und Verbesserung der quantitativen und qualitativen Bereitstellung von Wasser 	Nein	k.A.
Schleswig-Holstein	Teilweise (70 %)	12,0 (Grundwasser) 1,0 (Oberflächenwasser)	<ul style="list-style-type: none"> nachhaltige Gewässerbewirtschaftung 	Ja	<ul style="list-style-type: none"> Ausgleichszahlungen aufgrund von Wasserschutzgebietsauflagen Aufwendungen für eine landwirtschaftliche Grundwasserschutzberatung

Quelle: eigene Darstellung.

6 Konzept zur Generalisierung der Kosten

In den vorherigen Kapiteln wurden die Kosten beschrieben, die im Rahmen der Nitratproblematik für **Wasserversorgungsunternehmen** entstehen. Im besten Fall ergreifen die Unternehmen präventive Maßnahmen, um einen übermäßigen Stickstoffeintrag zu verhindern. Ist die Belastung der Wasserkörper mit Nitrat bereits auf einem sehr hohen Niveau, sind diese präventiven Maßnahmen jedoch nicht ausreichend – mit ihnen kann lediglich der zusätzliche Stickstoffeintrag gesenkt werden, es müssen parallel jedoch auch reaktive Maßnahmen zur Anwendung kommen. Dabei kann es sich um die Vertiefung oder die Standortverlagerung von Brunnen handeln. In den meisten Fällen sind diese Maßnahmen jedoch aus verschiedenen Gründen nicht umsetzbar; falls dies doch möglich ist, gewähren sie jedoch nur einen zeitlichen Aufschub. In der Konsequenz muss das Rohwasser stattdessen mit kostenintensiven Verfahren aufbereitet werden.

Vor dem Hintergrund der Kostenermittlung auf der Ebene von Modellregionen wird im vorliegenden Kapitel erstmalig ein konzeptioneller Ansatz entwickelt, um die Kosten der Nitratbelastung zu berechnen, die Wasserversorgern in Deutschland jährlich entstehen. Dabei werden verschiedene Annahmen getroffen, um die starke Heterogenität der Regionen hinsichtlich ihrer Standortbedingungen zu berücksichtigen.

6.1 Grundsätzlicher Ansatz

Im Rahmen der Kostenberechnung sind zwei Tatsachen von besonderer Bedeutung: Einerseits sind der Stickstoffüberschuss und andererseits die Grundwasserneubildungsmenge regional sehr verschieden. Daher wird in einem ersten Schritt auf regionaler Ebene diejenige Menge an Stickstoff bestimmt, die notwendigerweise zu reduzieren ist, um einen gewünschten Zielwert an Nitrat im Sickerwasser nicht zu überschreiten. In Anlehnung an die Berechnungen zu den Aufbereitungskosten in Kapitel 3.2 werden die Zielwerte 37,5, 25 und 10 mg/l Nitrat betrachtet. Dabei sind aus Gründen der Vorsorge zwei Aspekte zu berücksichtigen:

- ▶ Das im Boden sowie im Grundwasserleiter vorhandene Denitrifikationspotential (z. B. Eisensulfide, organische Kohlenstoffverbindungen) bleibt bei dieser Betrachtung unberücksichtigt. In bestimmten Regionen ist aufgrund des Denitrifikationspotentials mitunter ein höherer Stickstoffeintrag als der in den vorliegenden Berechnungen berücksichtigte Wert möglich, ohne dass die oben genannten Zielwerte überschritten würden. Gleichwohl ist es aus Nachhaltigkeitsgründen wünschenswert, dass das natürliche Denitrifikationspotential möglichst wenig verbraucht wird. Bei der natürlichen Denitrifikation entstehen zudem mitunter Reaktionsprodukte wie Eisen, Sulfat, Hydrogenkarbonat und Schwermetalle, die wiederum nachteilig für die Wasserqualität sind und zu erhöhten Aufbereitungskosten führen können.
- ▶ Der zeitliche Verzug, der sich aus den regional sehr unterschiedlichen hydrogeologischen und hydraulischen Rahmenbedingungen ergibt, bleibt an dieser Stelle ebenfalls unberücksichtigt. Die Untersuchungen beziehen sich durch die Verwendung der Sickerwasserraten stattdessen auf die Betrachtung der Situation bei Austritt aus der durchwurzelten Bodenzone. In vielen Regionen liegt eine mittlere Verweildauer von mehreren Jahrzehnten vor. Darunter wird die durchschnittliche Zeit verstanden, die das Grundwasser vom Ort der Grundwasserneubildung bis zur Förderstelle (z. B. Quelle, Brunnen) benötigt.

Mit Hilfe der in den vorherigen Kapiteln dargestellten Kosten einzelner Maßnahmen werden anschließend die Kosten der notwendigen Stickstoffreduktion auf regionaler Ebene abgeschätzt. Im Ergebnis kann somit eine Tendenz angegeben werden, wie hoch die Kosten für Gesamtdeutschland unter Berücksichtigung der zugrunde liegenden Annahmen ausfallen.

6.2 Vorgehensweise

Im Folgenden wird die Vorgehensweise und die zugrunde liegende Datenbasis detailliert erläutert.

6.2.1 Bestimmung der notwendigen Stickstoffminderung auf regionaler Ebene

Die folgenden Berechnungen für die Stickstoffminderungswerte basieren auf der Publikation „Bewertung von Maßnahmen zur Verminderung von Nitrateinträgen in die Gewässer auf Basis regionalisierter Stickstoff-Überschüsse – Teil I: Beitrag zur Entwicklung einer Ressortübergreifenden Stickstoffstrategie | UBA Texte 55/2016“ (Bach et al. 2016).¹⁷

Als zentrale Inputgröße aus der o. g. Publikation fließt das langjährige Mittel der Sickerwassermengen (in $\text{mm/a} = \text{l/m}^2 \cdot \text{a}$) für 2.759 Analysegebiete¹⁸ in Deutschland in die Berechnungen ein. Mit Hilfe dieser Größe wird für jedes Analysegebiet bestimmt, welcher Stickstoffüberschuss pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche maximal zulässig ist, um die drei Nitrat-Zielwerte (37,5, 25 und 10 mg/l) im Sickerwasser zu erreichen (maximal zulässiger N-Überschuss).

Eine weitere wichtige Inputgröße aus Bach et al. (2016) stellt der N-Überschuss in den einzelnen Analysegebieten dar (Mittel der Jahre 2011-2013). Zu betonen ist an dieser Stelle, dass die lokalen Auswirkungen eines etwaigen Einsatzes von präventiven Maßnahmen hierbei bereits berücksichtigt sind. Der N-Überschuss bezieht sich also auf eine Situation, in der Wasserversorger mitunter zu Zwecken der Stickstoffreduzierung (z. B. im Rahmen von Kooperationsvereinbarungen mit der Landwirtschaft) tätig geworden sind. Dieser Aspekt ist von zentraler Bedeutung, sodass die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Kostenberechnung in Kapitel 6.2.4.3 beschrieben werden. Aus den beiden Größen – N-Überschuss und maximal zulässiger N-Überschuss – wird in der Konsequenz der insgesamt bestehende N-Minderungsbedarf für jedes der 2.759 Analysegebiete bestimmt.

Anschließend werden die Ergebnisse aus den Analysegebieten auf die insgesamt 402 Kreise und kreisfreien Städte in Deutschland bezogen. Es ist ersichtlich, dass vielen Kreisen bzw. kreisfreien Städten mehrere Analysegebiete zugrunde liegen. Die folgenden Berechnungen folgen der Vorgehensweise von Bach et al. (2016): Für jeden Kreis bzw. jede kreisfreie Stadt (nicht für jedes Analysegebiet) liegen die derzeitigen N-Überschüsse vor. Bei Vorliegen mehrerer Analysegebiete in einem Kreis bzw. einer kreisfreien Stadt wird der jeweils höchste N-Minderungsbedarf (m. a. W. das Analysegebiet mit dem niedrigsten zulässigen N-Überschuss) als Wert für den gesamten Kreis bzw. die kreisfreie Stadt angenommen. Nachstehendes Berechnungsbeispiel verdeutlicht das Vorgehen zur Bestimmung des N-Minderungsbedarfs pro Hektar eines Kreises bzw. einer kreisfreien Stadt ($B_{N-\text{Min}}$).

Beispiel: Bestimmung des notwendigen N-Minderungsbedarfs pro Hektar in Kreis XYZ

Im Kreis XYZ befinden sich die Analysegebiete A und B. Beispielhaft wird im Folgenden die N-Minderung berechnet, die zur Einhaltung des Zielwerts von 37,5 mg/l Nitrat im Sickerwasser notwendig ist. Dabei wird der Faktor [14/62] zur Umrechnung von Nitrat in Stickstoff genutzt.¹⁹ Kreis XYZ weist einen derzeitigen N-Überschuss von **95,0 kg N/ha · a** auf.

Analysegebiet A:

- ▶ Sickerwassermenge = 265 mm/a (entspricht $265 \text{ l/m}^2 \cdot \text{a}$)

¹⁷ Den Autoren Martin Bach, Laura Klement und Uwe Häußermann (Universität Gießen, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement) wird herzlich für die freundliche Bereitstellung der Primärdaten gedankt, die die vorliegende Kostenberechnung überhaupt erst ermöglicht hat.

¹⁸ Bei den Analysegebieten handelt es sich um die kleinste räumliche Modelleinheit im von Bach et al. (2016) verwendeten MoRE-Modell (Modelling Regionalized Emissions). Diese wurden auf Basis hydrologischer Aspekte abgeleitet.

¹⁹ Vgl. NLWKN (2010), S. 26.

- ▶ max. zulässiger N-Überschuss = $(37,5 \text{ mg/l} \cdot [14/62] \cdot 265 \text{ mm/a})/100 = 22,44 \text{ kg N/ha} \cdot \text{a}$
- ▶ derzeitiger N-Überschuss des Kreises = $95,0 \text{ kg N/ha} \cdot \text{a}$
- ▶ N-Minderungsbedarf = $95,0 - 22,44 = \mathbf{72,56 \text{ kg N/ha landwirtschaftlicher Fläche p. a.}}$

Analysegebiet B:

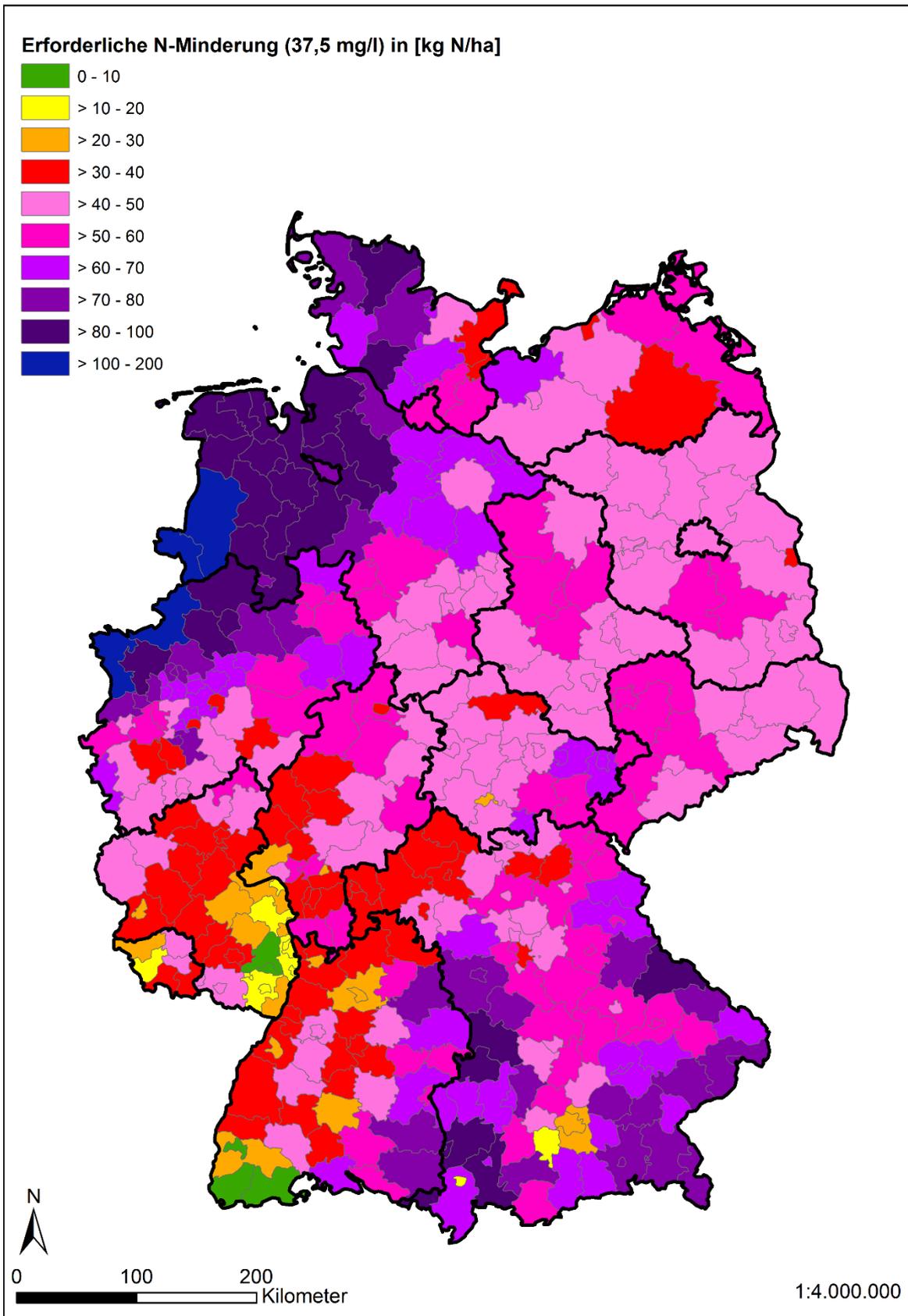
- ▶ Sickerwassermenge = 285 mm/a (entspricht $285 \text{ l/m}^2 \cdot \text{a}$)
- ▶ max. zulässiger N-Überschuss = $(37,5 \text{ mg/l} \cdot [14/62] \cdot 285 \text{ mm/a})/100 = 24,13 \text{ kg N/ha} \cdot \text{a}$
- ▶ derzeitiger N-Überschuss des Kreises = $95,0 \text{ kg N/ha} \cdot \text{a}$
- ▶ N-Minderungsbedarf = $95,0 - 24,13 = \mathbf{70,87 \text{ kg N/ha landwirtschaftlicher Fläche p. a.}}$

Wird für beide Analysegebiete der derzeitige N-Überschuss des Kreises XYZ zugrunde gelegt, so weist Analysegebiet A einen höheren N-Minderungsbedarf (m. a. W. einen niedrigeren zulässigen N-Überschuss) auf als Analysegebiet B. Der N-Minderungsbedarf eines Kreises bzw. einer kreisfreien Stadt wird analog zur Vorgehensweise von Bach et al. (2016) durch das Analysegebiet mit dem höchsten N-Minderungsbedarf (m. a. W. dem niedrigsten zulässigen N-Überschuss) determiniert.

Für Kreis XYZ wird daher ein N-Minderungsbedarf ($B_{N-\text{Min}}$) von **72,56 kg N/ha · a** angenommen.

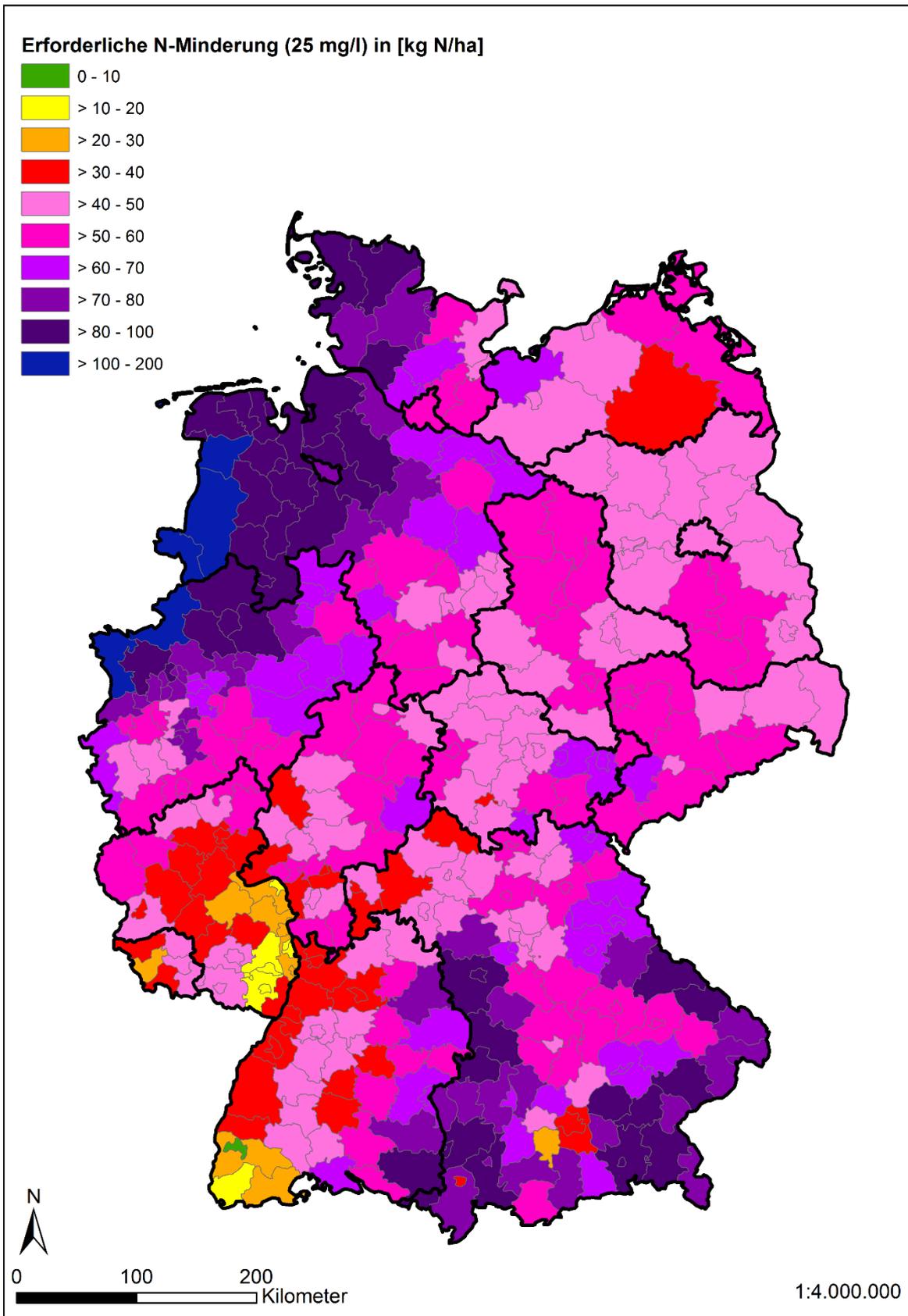
Die nachstehenden Abbildungen (Abbildung 54 bis Abbildung 56) zeigen den individuell berechneten N-Minderungsbedarf zur Erreichung der drei Nitrat-Zielwerte (37,5, 25 und 10 mg/l) in den 402 Kreisen bzw. kreisfreien Städten.

Abbildung 54: Erforderliche N-Minderung in den 402 Kreisen/kreisfreien Städten für einen Nitrat-Zielwert von 37,5 mg/l (ohne Denitrifikation im Sickerwasser)



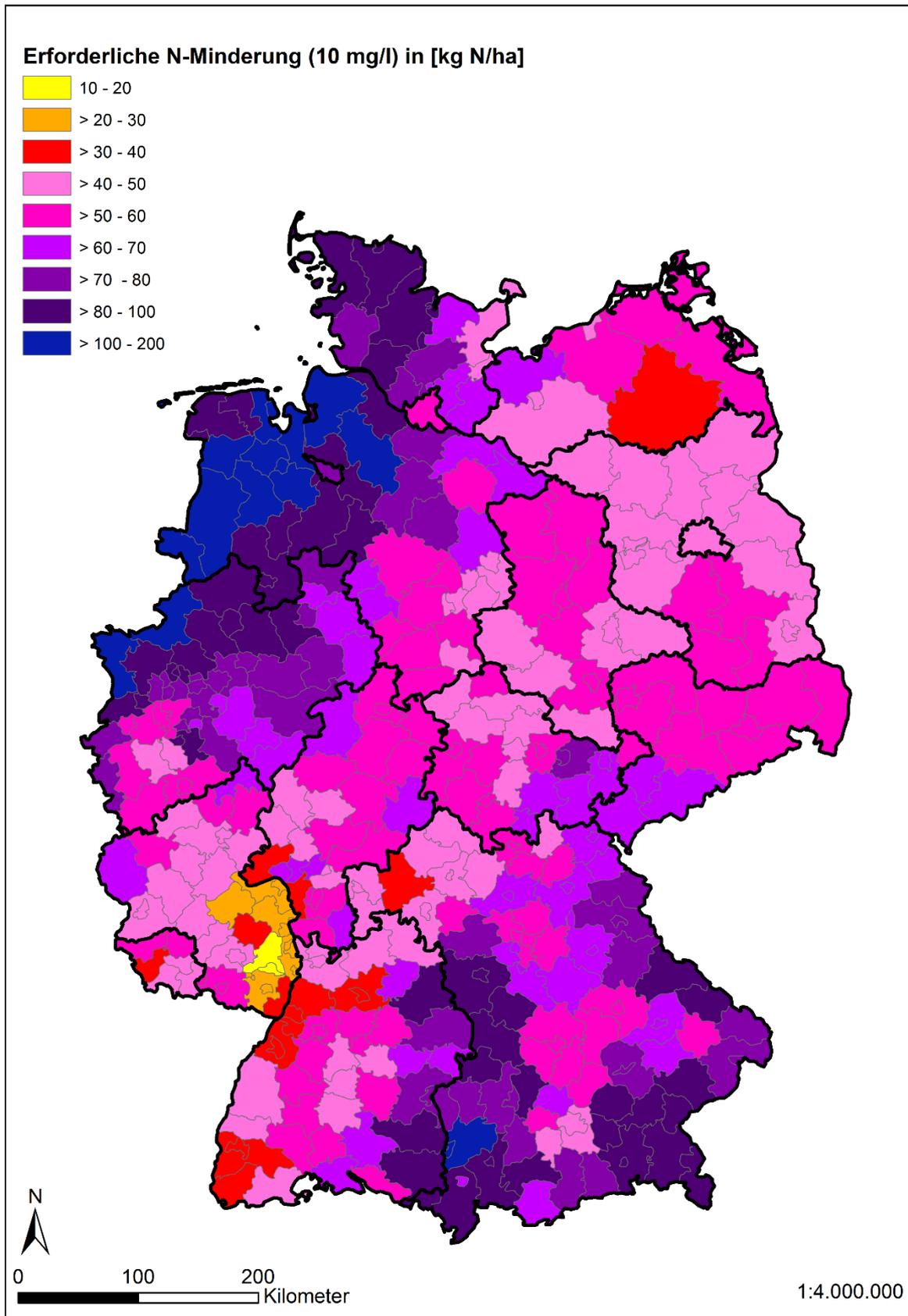
Quelle: eigene Darstellung.

Abbildung 55: Erforderliche N-Minderung in den 402 Kreisen/kreisfreien Städten für einen Nitrat-Zielwert von 25 mg/l (ohne Denitrifikation im Sickerwasser)



Quelle: eigene Darstellung.

Abbildung 56: Erforderliche N-Minderung in den 402 Kreisen/kreisfreien Städten für einen Nitrat-Zielwert von 10 mg/l (ohne Denitrifikation im Sickerwasser)



Quelle: eigene Darstellung.

6.2.2 Bestimmung der landwirtschaftlich relevanten Fläche

Für die 402 Kreise bzw. kreisfreien Städte liegt gemäß obiger Berechnung für die drei Nitrat-Zielwerte (37,5, 25 und 10 mg/l) ein N-Minderungsbedarf, ausgedrückt in kg Stickstoff pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche und Jahr, vor. In einem nächsten Schritt ist zu bestimmen, welche Größe diejenige Fläche pro Kreis bzw. kreisfreier Stadt aufweist, die landwirtschaftlich genutzt wird und gleichzeitig innerhalb eines Wasserschutzgebietes liegt, das entweder bereits festgesetzt ist oder sich noch in Planung bzw. im Verfahren befindet. Diese Bestimmung der landwirtschaftlich relevanten Fläche ist notwendig, da im Folgenden die landwirtschaftlich verursachten Kosten in Bezug auf die Trinkwasserbereitstellung berechnet werden sollen. Zweifelsohne existiert auf weiteren Flächen ein N-Minderungsbedarf, um die Zielvorgaben der WRRL für die Gewässer zu erfüllen – diese Reduzierung und die damit verbundenen Kosten sind jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Studie.

Als Grundlage zur Bestimmung der relevanten landwirtschaftlichen Flächen in den einzelnen Kreisen bzw. kreisfreien Städte dienen Geoinformationssystem-Daten zu festgesetzten oder in Planung bzw. im Verfahren befindlichen Wasserschutzgebieten, die vom Bundesamt für Gewässerkunde zur Verfügung gestellt wurden. Diese werden mit Daten aus dem CORINE Land Cover Projekt verschnitten, das ein europaweit harmonisiertes Vorgehen zur Erstellung von Landbedeckungs- und Landnutzungsdaten darstellt. Abbildung 57 stellt beispielhaft die Vorgehensweise bei der Bestimmung der landwirtschaftlich relevanten Fläche eines Kreises bzw. einer kreisfreien Stadt dar.²⁰

Abbildung 57: Bestimmung landwirtschaftlich relevanter Flächen eines Kreises/einer kreisfreien Stadt



Quelle: eigene Darstellung.

6.2.3 Bestimmung der Rohwasserförderung auf regionaler Ebene

Die Bestimmung der Rohwasserförderung auf Ebene der Kreise bzw. kreisfreien Städte ist aus zwei Gründen von Bedeutung:

²⁰ In der vorliegenden Abbildung wird die Bestimmung der landwirtschaftlich relevanten Fläche nur beispielhaft dargestellt. In vielen Kreisen existiert eine Vielzahl von landwirtschaftlich genutzten Flächen, die nicht notwendigerweise zusammenhängend sind und gleichzeitig sind mitunter mehrere WSG ausgewiesen. Bei der Berechnung der landwirtschaftlich relevanten Fläche werden daher alle Schnittflächen aus WSG und landwirtschaftlich genutzten Flächen summiert.

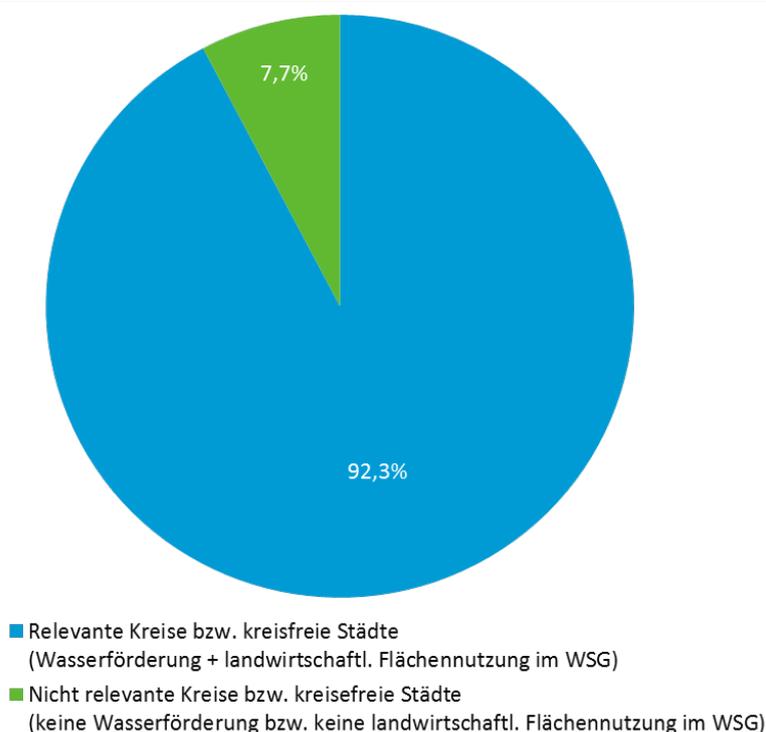
- ▶ Zum einen werden Kosten für präventive bzw. reaktive Maßnahmen nur dann angesetzt, wenn in dem Kreis bzw. der kreisfreien Stadt auch tatsächlich Rohwasser zur Trinkwassergewinnung gefördert wird, das aus Rohwasserquellen stammt, die potentiell eine hohe Nitratkonzentration aufweisen. Eine reine Förderung von z. B. Flusswasser wird aus diesem Grund nicht bei der Bestimmung der Wasserförderung berücksichtigt.
- ▶ Zum anderen ist im Fall einer notwendigen Trinkwasseraufbereitung mithilfe technischer Verfahren die tatsächliche Menge des geförderten Rohwassers bei der Bestimmung der Aufbereitungskosten zugrunde zu legen.

Zur Bestimmung der Rohwasserförderung werden Daten des Statistischen Bundesamtes genutzt. Dabei finden die Rohwasserquellen Grundwasser, Quellwasser sowie See- und Talsperrenwasser Berücksichtigung. Gleichzeitig hat die landwirtschaftliche Flächennutzung im Uferbereich zu einem gewissen Anteil auch Auswirkungen auf die Rohwasserqualität des Uferfiltrats. Bei der Bestimmung der Rohwassermenge wird deshalb die Annahme getroffen, dass zusätzlich 1/3 der jeweils geförderten Menge an Uferfiltrat zu berücksichtigen ist.

Im Ergebnis liegen für die 402 Kreise und kreisfreien Städte die geförderten Rohwassermengen aus den genannten Rohwasserquellen vor. An dieser Stelle ist zu betonen, dass die Rohwasserförderung im Zeitablauf gewissen Schwankungen unterliegt. In die Berechnungen fließen die jeweils aktuellsten Werte des Statistischen Bundesamtes ein, die sich vornehmlich auf das Erhebungsjahr 2013 beziehen.

Es zeigt sich, dass nicht alle 402 Kreise bzw. kreisfreien Städte im Rahmen der Kostenberechnung zu berücksichtigen sind. Zum einen wird nicht in allen Kreisen bzw. kreisfreien Städte auch tatsächlich Rohwasser zur Trinkwassergewinnung gefördert, zum anderen existieren Wasserschutzgebiete, in denen keine landwirtschaftliche Flächennutzung stattfindet. Wie bereits in Kapitel 6.2.2 betont, sollen im Folgenden ausschließlich diejenigen Kosten berechnet werden, die bei der Sicherung der Trinkwasserbereitstellung entstehen. Insgesamt fließen in die Kostenberechnung daher nur 371 der 402 Kreise und kreisfreien Städte ein. Die Anteile sind in Abbildung 58 dargestellt.

Abbildung 58: Anteil der für die Kostenberechnung relevanten Kreise bzw. kreisfreien Städte



Quelle: eigene Darstellung.

6.2.4 Festlegung eines Grenzwerts zur Bestimmung der Maßnahmenart

Es wurde bereits deutlich, dass präventive Maßnahmen Beiträge zur Verminderung der Stickstoffeinträge leisten, in gewissen Fällen jedoch nicht ausreichend sein mögen, weil die Quelle aus denen Wasserversorger Rohwasser fördern, bereits zu hohe Nitratkonzentrationen aufweist. In einem solchen Fall müssen unter Umständen andere Maßnahmen zum Einsatz kommen.

6.2.4.1 Grundidee eines N-Minderungs-Grenzwerts

Für die folgenden Berechnungen wird die Annahme getroffen, dass sich ein Grenzwert bestimmen lässt, ab dem präventive Maßnahmen nicht mehr ausreichend sind und daher auf zusätzliche bzw. andere Maßnahmen zurückgegriffen werden muss.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass eine **Vertiefung von Brunnen** in vielen Regionen nicht realisierbar ist, weil die hydrogeologischen Gegebenheiten dies nicht zulassen. Daneben würde sich bei dieser Maßnahme in den meisten Fällen lediglich ein „Zeitgewinn“ erzielen lassen, bis die Nitratkonzentration auch tiefer liegende Grundwasserstockwerke erreicht hat. Darüber hinaus spielt auch die **Standortverlagerung von Brunnen** in der wasserwirtschaftlichen Praxis nur eine sehr untergeordnete Rolle – in vielen Wassergewinnungsgebieten besteht schlicht keine räumliche Möglichkeit, weitere Brunnen zu erschließen und eine Ausweitung des Wasserschutzgebiets stößt vielerorts an ihre Grenzen. Daneben ist für eine solche Ausweitung bei der zuständigen Wasserbehörde in einem aufwändigen Verfahren eine Genehmigung einzuholen, was sich nach Aussage vieler Wasserversorger mitunter als schwierig gestaltet. Eine **Verschneidung von stark nitratbelastetem Rohwasser mit unbelastetem Rohwasser aus Fremdbezug** ist nur unter besonderen Bedingungen möglich. Dazu wäre die räumliche Nähe zu einem Wasserversorger notwendig, der über ein ausreichendes Maß an unbelasteten Rohwasserressourcen verfügt. Zudem muss durch einen Leitungsverbund die technische Möglichkeit einer Rohwasserbereitstellung bestehen. Darüber hinaus muss die Mischbarkeit der Rohwässer gewährleistet sein, um z. B. Ablagerungen im Leistungsnetz zu verhindern. Diese Bedingungen machen deutlich, dass eine Verschneidung durch Fremdbezug für viele Wasserversorger nicht möglich sein dürfte, sodass diese Option ebenfalls ausgeschlossen wird. Neben den genannten Gründen ist darüber hinaus von zentraler Bedeutung, dass die Maßnahmen Vertiefung und Standortverlagerung von Brunnen sowie Verschneidung mit unbelastetem Rohwasser aus Fremdbezug aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten keine wirksamen Lösungen darstellen. **Vor diesem Hintergrund wird als reaktive Maßnahme im Rahmen einer Generalisierung der Kosten lediglich die technische Aufbereitung betrachtet.** Nachfolgend wird die Grundidee eines N-Minderungs-Grenzwerts beschrieben.

Grundidee eines N-Minderungs-Grenzwerts zur Bestimmung der Maßnahmenwahl

Grundannahme: Überschreitet der N-Minderungsbedarf in einem Kreis/einer kreisfreien Stadt einen bestimmten Grenzwert, so ist ein Rückgriff auf ausschließlich präventive Maßnahmen nicht ausreichend.

B_{N-Min} : N-Minderungsbedarf

G_{N-Min} : N-Minderungs-Grenzwert

$S_{N-Min\ präv.}$: Sockelbeitrag präventiver Maßnahmen

Fall 1: $B_{N-Min} \leq G_{N-Min}$

- ▶ Durchführung von ausschließlich präventiven Maßnahmen

Fall 2: $B_{N-Min} > G_{N-Min}$

- ▶ Durchführung von präventiven und/oder weiteren Maßnahmen
- ▶ Prüfung von zwei Varianten (A und B) und Wahl der kostengünstigeren Variante:

Variante A

- ▶ Nutzung eines Sockelbeitrags an präventiven Maßnahmen.
- ▶ Die Differenz zwischen N-Minderungsbedarf und Sockelbeitrag ($B_{N-Min} - S_{N-Min\ präv.}$) wird durch technische Aufbereitung entfernt (Umrechnung in mg Nitrat/l siehe Kapitel 6.2.5).

Variante B

- ▶ Pacht der gesamten landwirtschaftlich relevanten Fläche durch Wasserversorger und Etablierung einer Bewirtschaftung, die die N-Überschüsse auf ein Ausmaß reduziert, das zur Einhaltung der o. g. Zielwerte notwendig ist (z. B. durch Kombination aus ökologischem Landbau und Extensivierung).

Bei Variante B pachten Wasserversorger somit Flächen und etablieren eine Bewirtschaftung, die die N-Überschüsse auf ein Ausmaß reduziert, das zur Einhaltung der o. g. Zielwerte notwendig ist (z. B. durch Kombination aus ökologischem Landbau und Extensivierung). An dieser Stelle sei jedoch betont, dass die unterstellte Pacht der gesamten landwirtschaftlich relevanten Fläche (siehe Kapitel 6.2.2) in vielen Regionen aus verschiedenen Gründen nicht möglich sein dürfte. Die Flächenverknappung durch enorme Nachfragezuwächse in einigen Bundesländern macht deutlich, dass es sich bei dieser Überlegung lediglich um ein Berechnungsschema zum Kostenvergleich mit den anderen Maßnahmen handelt. Dennoch soll diese (theoretische) Option betrachtet werden, um die Dimension der Nitratproblematik hervorzuheben. In Kapitel 6.2.6.3 wird näher auf die in diesem Zusammenhang relevanten Annahmen über einen Anstieg der Pachtentgelte eingegangen.

Eine weitere mögliche Variante bestünde darin, organischen Nährstoff aus besonders belasteten Regionen zu exportieren und gewässerschonend als Ersatz für Mineraldünger in solchen Regionen aufzubringen, in denen kein oder nur ein geringer Viehbesatz zu verzeichnen ist. Hierzu wäre jedoch eine Berechnung der Kosten für Lagerung, Transport und anschließender Ausbringung der organischen Nährstoffe durchzuführen, die den Rahmen der vorliegenden Studie übersteigt.²¹ Gleichwohl sei betont, dass dieses Konzept durchaus das Potential bieten kann, die Nährstoffüberschüsse in besonders betroffenen Regionen zu reduzieren, ohne an anderer Stelle Nährstoffprobleme zu verursachen.

6.2.4.2 Bestimmung der Höhe des N-Minderungs-Grenzwerts

Im nächsten Schritt ist die Höhe des N-Minderungs-Grenzwerts zu bestimmen. Hierzu wird die Situation der aktuellen N-Überschüsse in den 402 Kreisen und kreisfreien Städten analysiert. In Tabelle 50 sind verschiedene statistische Maßzahlen zum N-Überschuss dargestellt.

Tabelle 50: Statistische Auswertung der N-Überschüsse in den 402 Kreisen und kreisfreien Städten

Statistische Maßzahl	N-Überschuss in kg N/ha · a
Maximum	119,4
Minimum	23,7
Durchschnitt	65,2
Median	60,1

Quelle: eigene Berechnungen auf Basis der Primärdaten aus Bach et al. (2016).

²¹ An dieser Stelle sei lediglich auf bereits existierende Untersuchungen verwiesen, z. B. Kowalewsky (2014).

Aus Vereinfachungsgründen wird der **Median der N-Überschüsse** aller Kreise bzw. kreisfreien Städte mit einem Wert von **60,1 kg N/ha · a** für die Kostenberechnung als N-Minderungs-Grenzwert zugrunde gelegt. An dieser Stelle muss ergänzt werden, dass ein fachlich begründeter N-Minderungs-Grenzwert belastbarer sein kann, eine Erarbeitung desselben aber nicht Gegenstand der vorliegenden Studie ist. Darüber hinaus hat die tatsächliche Größe des Grenzwertes keinen Einfluss auf die Konsistenz des vorgestellten Ansatzes.

6.2.4.3 Berücksichtigung bereits durchgeführter präventiver Maßnahmen

Wie bereits in Kapitel 6.2.1 erwähnt wurde, ist bei Betrachtung des derzeitigen N-Überschusses eines Kreises bzw. einer kreisfreien Stadt davon auszugehen, dass präventive Maßnahmen bereits zum Einsatz gekommen sind. Die genaue Höhe der durch präventive Maßnahmen herbeigeführten Stickstoffreduzierung kann aufgrund mangelnder Kenntnis der regionalen Anstrengungen im Rahmen von Kooperationen zwischen Wasserversorgern und Landwirtschaft jedoch nur näherungsweise bestimmt werden. Zu diesem Zweck wird die Entwicklung der Stickstoffüberschüsse im Zeitablauf betrachtet, um den Beitrag der präventiven Maßnahmen abschätzen zu können. Abbildung 59 stellt die Stickstoffüberschüsse der Landwirtschaft zwischen 1990 und 2014 dar.

Abbildung 59: Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft - Saldo der landwirtschaftlichen Stickstoff-Gesamtbilanz in Bezug auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche



* Jährlicher Überschuss bezogen auf das mittlere Jahr des 5-Jahres-Zeitraums

** 1990: Daten zum Teil unsicher, nur eingeschränkt vergleichbar mit Folgejahren, 2014 vorläufige Daten

*** Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, bezogen auf das 5-Jahres-Mittel, d.h. auf den Zeitraum 2028 bis 2032

Quelle: www.uba.de/daten/land-forstwirtschaft/landwirtschaft/naehrstoffeintraege-aus-der-landwirtschaft.

Zwischen 1991 und 2013 ist der Stickstoffüberschuss von 124 auf 97 kg N/ha gesunken, was einem Rückgang von 21,7 % entspricht.²² Im Rahmen der Kostenberechnung wird die Annahme getroffen, dass diese Reduktion durch den Einsatz präventiver Maßnahmen erreicht wurde.²³ Zur Bestimmung des N-Überschusses in den 402 Kreisen bzw. kreisfreien Städten vor Einsatz präventiver Maßnahmen (ursprünglicher N-Überschuss) wird daher der derzeitige N-Überschuss ins Verhältnis zu dem in ganz Deutschland zu beobachtenden Rückgang zwischen 1991 und 2013 gesetzt. An dieser Stelle sei betont, dass zweifelsohne Regionen existieren, in denen durch präventive Maßnahmen eine höhere Reduzierung erreicht wurde. Gleichzeitig existieren jedoch auch Regionen, in denen präventive Maßnahmen in geringerem Ausmaß zum Einsatz kamen. Nachfolgendes Beispiel verdeutlicht die Herangehensweise.

Beispiel: N-Überschuss in Kreis XYZ vor Einsatz präventiver Maßnahmen

Grundannahme: Die durch präventive Maßnahmen herbeigeführte Reduzierung des N-Überschusses in Deutschland von 21,7 % zwischen 1991 und 2013 verteilt sich gleichmäßig auf alle Regionen.

Kreis XYZ weist beispielhaft einen derzeitigen N-Überschuss von **95,0 kg N/ha · a** auf.

21,7 % des ursprünglichen N-Überschusses wurden mit Hilfe präventiver Maßnahmen reduziert.

Der ursprüngliche N-Überschuss betrug daher $95,0 / (100 \% - 21,7 \%) = \mathbf{121,3 \text{ kg N/ha} \cdot \text{a}}$.

Insgesamt wurden durch präventive Maßnahmen daher $121,3 - 95,0 = \mathbf{26,3 \text{ kg N/ha} \cdot \text{a}}$ reduziert.

In Kapitel 6.2.4.2 wurde die Höhe des N-Minderungs-Grenzwerts auf 60,1 kg N/ha · a festgelegt. Dieser Wert bildet die Grenze, ab der ein Rückgriff auf ausschließlich präventive Maßnahmen nicht ausreichend ist. Die Annahme, dass in jedem Kreis bzw. jeder kreisfreien Stadt bereits präventive Maßnahmen durchgeführt wurden, muss bei der Feststellung berücksichtigt werden, ob der N-Minderungs-Grenzwert in einem Kreis bzw. einer kreisfreien Stadt eingehalten wird.

Beispiel: Überprüfung der Einhaltung des N-Minderungs-Grenzwerts in Kreis XYZ

Gemäß obigem Beispiel wurden in Kreis XYZ bereits präventive Maßnahmen durchgeführt, die den N-Überschuss um 26,3 kg N/ha · a reduziert haben.

Zu dem bestehenden N-Minderungsbedarf in Kreis XYZ von 72,56 kg N/ha · a (siehe Kapitel 6.2.1) muss die Höhe der durch präventive Maßnahmen erreichten N-Reduzierung hinzugerechnet werden.

In Kreis XYZ wäre der N-Minderungs-Grenzwert somit überschritten:

$$26,3 + 72,56 \text{ kg N/ha} \cdot \text{a} = \mathbf{98,86 \text{ kg N/ha} \cdot \text{a}} > \mathbf{60,1 \text{ kg N/ha} \cdot \text{a}}$$

Der ausschließliche Einsatz präventiver Maßnahmen wäre daher nicht ausreichend, um den N-Überschuss auf ein Maß zu reduzieren, mit dem der Zielwert von 37,5 mg/l Nitrat im Sickerwasser eingehalten würde.

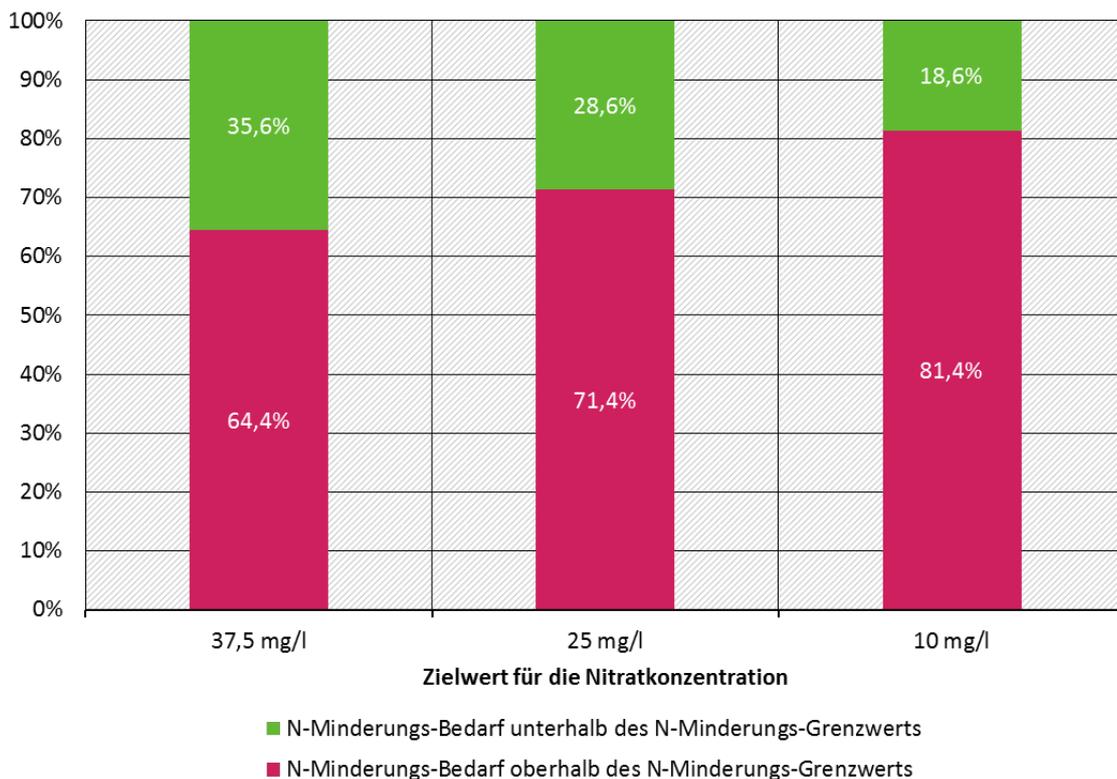
²² Laut Aussage des Umweltbundesamtes sind die Daten für 1990 als unsicher einzustufen und nur eingeschränkt mit Folgejahren vergleichbar und die Daten für 2014 lediglich vorläufig. Deshalb wird im Rahmen der Kostenberechnung auf die Werte der Jahre 1991 und 2013 zurückgegriffen.

²³ Die Reduktion der Stickstoffüberschüsse ist neben dem Einsatz von präventiven Maßnahmen sicherlich auch weiteren Einflussfaktoren geschuldet, z. B. schwankenden Witterungsbedingungen oder einer veränderten Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen. Diese Effekte lassen sich jedoch nicht ohne weiteres separieren, sodass die vereinfachende Annahme getroffen wird, dass ausschließlich präventive Maßnahmen für den Rückgang verantwortlich sind.

Präventive Maßnahmen würden in Kreis XYZ lediglich dann ausreichen, wenn der N-Minderungsbedarf einen Wert von $60,1 - 26,3 \text{ kg N/ha} \cdot a = 33,8 \text{ kg N/ha} \cdot a$ nicht überschreitet.

Abbildung 60 stellt dar, wie viele Kreise bzw. kreisfreie Städte unter Einbeziehung der regional bereits durchgeführten präventiven Maßnahmen einen N-Minderungsbedarf aufweisen, der ober- bzw. unterhalb des N-Minderungs-Grenzwerts liegt. Wie zu erwarten ist, steigt der Anteil an Kreisen bzw. kreisfreien Städten, deren N-Minderungsbedarf oberhalb des N-Minderungs-Grenzwerts liegt, mit sinkendem Nitrat-Zielwert: Bei einem Nitrat-Zielwert von 37,5 mg/l ist der N-Minderungsbedarf in 64,4 % der Kreise bzw. kreisfreien Städte höher als der N-Minderungs-Grenzwert, während dieser Anteil bei einem Nitrat-Zielwert von 10 mg/l bei 81,4 % liegt. Für diese Kreise bzw. kreisfreien Städte (N-Minderungsbedarf $>60,1 \text{ kg N/ha} \cdot a$) wird daher davon ausgegangen, dass ein Kostenvergleich zwischen Variante A (Sockelbeitrag präventiver Maßnahmen und technische Aufbereitung) und Variante B (Pacht der gesamten landwirtschaftlich relevanten Fläche) durchzuführen ist.²⁴

Abbildung 60: Anteil der Kreise/kreisfreien Städte deren N-Minderungsbedarf ober- bzw. unterhalb des N-Minderungs-Grenzwerts liegt (inkl. bereits durchgeführter präventiver Maßnahmen)



Quelle: eigene Berechnungen auf Basis der Primärdaten aus Bach et al. (2016).

²⁴ Die Düngeverordnung in ihrer derzeitigen Fassung sieht in § 6 Abs. 2 Satz 1 a) vor, dass gemäß des betrieblichen Nährstoffvergleichs bei einem N-Überschuss von höchstens 60 kg/ha im Durchschnitt der drei letzten Düngejahre die Anforderung des § 3 Abs. 4 erfüllt ist. Die Anforderung lautet: „Aufbringungszeitpunkt und -menge sind bei Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten oder Pflanzenhilfsmitteln so zu wählen, dass verfügbare oder verfügbar werdende Nährstoffe den Pflanzen weitest möglich zeitgerecht in einer dem Nährstoffbedarf der Pflanzen entsprechenden Menge zur Verfügung stehen“. Vor diesem Hintergrund ist der den Berechnungen zugrunde liegende Werte von 60,1 kg N/ha als für eine theoretische Kostenprognose realistisch einzustufen.

6.2.4.4 Bestimmung der Höhe des Sockelbeitrags präventiver Maßnahmen

Darüber hinaus ist eine Annahme über die Höhe des Sockelbeitrags zur N-Minderung zu treffen, der durch präventive Maßnahmen geleistet wird (Variante A im Fall einer Überschreitung des N-Minderungs-Grenzwerts). Dazu werden verschiedene statistische Maßzahlen bzgl. der Sickerwassermengen in den 402 Kreisen und kreisfreien Städten betrachtet, die in Tabelle 51 dargestellt sind.

Tabelle 51: Statistische Auswertung der Sickerwassermengen in den 402 Kreisen/kreisfreien Städten

Statistische Maßzahl	Sickerwassermenge in mm/a
Maximum	852,8
Minimum	25,0
Durchschnitt	246,8
Median	221,4

Quelle: eigene Berechnungen auf Basis der Primärdaten aus Bach et al. (2016).

Erneut wird der **Median** aller Kreise/kreisfreien Städte von **221,4 mm/a** herangezogen. Der Nitratgrenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg/l ließe sich vor diesem Hintergrund theoretisch nur einhalten, wenn der N-Überschuss gemäß Median des Sickerwassers aller Kreise/kreisfreien Städte einen Wert von maximal $50 \text{ mg/l} \cdot [14/62] \cdot 221,4 \text{ mm/a} / 100 = \mathbf{25,0 \text{ kg N/ha} \cdot a}$ erreicht.

Für den Sockelbeitrag zur N-Minderung durch präventive Maßnahmen wird der Differenzbetrag zwischen dem in Kapitel 6.2.4.1 dargestellten N-Minderungs-Grenzwert und dem gemäß Median des Sickerwassers maximal zulässigen N-Überschusses aller Kreise bzw. kreisfreien Städte angenommen. Dieser beträgt vor dem Hintergrund obiger Berechnungen $60,1 - 25,0 = \mathbf{35,1 \text{ kg N/ha} \cdot a}$. An dieser Stelle muss ergänzt werden, dass ein fachlich begründeter Sockelbeitrag präventiver Maßnahmen belastbarer sein kann, eine Erarbeitung desselben aber nicht Gegenstand dieser Studie ist. Zudem hat die tatsächliche Höhe des Sockelbeitrags keinen Einfluss auf die Konsistenz des vorgestellten Ansatzes.

6.2.5 Bestimmung der regional zu entfernenden Nitratkonzentration

Ist der N-Minderungsbedarf gemäß Kapitel 6.2.4.1 größer als der N-Minderungs-Grenzwert unter Einbeziehung der regional bereits durchgeführten präventiven Maßnahmen (Fall 2), so sind die Kosten der Varianten A (Sockelbeitrag präventiver Maßnahmen + technische Aufbereitung des Rohwassers) und B (Pacht der gesamten landwirtschaftlich relevanten Fläche durch Wasserversorger) zu prüfen. Im Rahmen der Kostenberechnung der Variante A wird die im entsprechenden Kreis resultierende Nitratkonzentration im Sickerwasser bestimmt. Dabei wird für den Kreis bzw. die kreisfreie Stadt die Differenz aus N-Minderungsbedarf und Sockelbeitrag präventiver Maßnahmen ($35,1 \text{ kg N/ha} \cdot a$) gebildet und anschließend die Nitratkonzentration im Sickerwasser bestimmt, die durch technische Aufbereitung entfernt werden muss, um den Zielwert (37,5, 25 oder 10 mg/l) zu erreichen. Nachfolgendes Beispiel erläutert das Vorgehen.

Beispiel: Bestimmung der zu entfernenden Nitratkonzentration im Kreis XYZ (Fall 2, Variante A)

In Kapitel 6.2.1 wird für Kreis XYZ beispielhaft ein N-Minderungsbedarf ($B_{N-\text{Min}}$) von **72,56 kg N/ha · a** angenommen, um den Nitrat-Zielwert von 37,5 mg/l im Sickerwasser zu erreichen.

Nach Abzug des Sockelbeitrags präventiver Maßnahmen von $35,1 \text{ kg N/ha} \cdot a$ verbleibt ein zu reduzierender Stickstoffeintrag von **37,46 kg N/ha · a** in das Sickerwasser, dessen Nitrat-Äquivalent über technische Aufbereitungsverfahren entfernt werden muss. Zur Bestimmung des Nitrat-Äquivalents des Stickstoffeintrags wird die durchschnittliche Sickerwassermenge im Kreis XYZ zugrunde gelegt. Diese beträgt beispielhaft **275 mm/a** ($= 275 \text{ l/m}^2 \cdot a$).

Daraus ergibt sich im Sickerwasser ein zu entfernender Stickstoffgehalt von $(37,46 \text{ kg N/ha} \cdot a \cdot 100) / 275 \text{ mm/a} = 13,62 \text{ mg N/l}$. Nach Umrechnung resultiert eine Nitratkonzentration von $13,62 \text{ mg N/l} \cdot 62/14 = 60,32 \text{ mg Nitrat/l}$, die entfernt werden muss, damit im Ergebnis im Sickerwasser nur die Ziel-Nitratkonzentration von 37,5 mg/l vorliegt.

6.2.6 Datenherkunft zur Berechnung der Kosten

Für die Berechnung der Kosten müssen zentrale Annahmen bzgl. der Kostendaten getroffen werden. Abhängig von der Höhe des N-Minderungsbedarfs kommen präventive und/oder weitere Maßnahmen zum Einsatz. Die Annahmen für die drei Maßnahmen-Kategorien präventive (Einzel-) Maßnahmen, technische Aufbereitung sowie Pacht von Flächen werden nachfolgend erläutert.

6.2.6.1 Präventive Einzelmaßnahmen bzw. Maßnahmengruppen

In Kapitel 4 wurde die grundsätzliche Idee präventiver Maßnahmen vorgestellt und deren Einfluss auf die Reduzierung der Stickstofffrachten analysiert. Für die Kostenberechnung ist es jedoch notwendig, das Reduktionspotential und die damit verbundenen Kosten pro kg N/ha von Einzelmaßnahmen bzw. Maßnahmengruppen zu betrachten. Zu diesem Zweck wird die Publikation „Kosteneffiziente Maßnahmenkombination nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft“ (Osterburg et al. 2007) herangezogen. Die Ergebnisse der im Rahmen dieses Forschungsvorhabens erarbeiteten Mit-/Ohne-Vergleiche zur Wirkung von Maßnahmengruppen werden im Weiteren als zentrale Inputgrößen genutzt.

Dabei werden fünf Maßnahmengruppen und deren maximales Reduktionspotential betrachtet. In diesem Zusammenhang spielt die Kosteneffizienz eine besondere Rolle. Sie setzt das Reduktionspotential ins Verhältnis zu den Gesamtkosten einer Maßnahmengruppe.

Beispiel: Kosteneffizienz von Maßnahmengruppen

Die Maßnahmengruppe „Begrünung“ weist ein maximales Reduktionspotential von **23 kg N/ha** auf. Die Gesamtkosten liegen zwischen **80,00 €** (untere Kostengrenze) und **120,00 €** (obere Kostengrenze). Wird die untere bzw. obere Kostengrenze durch das Reduktionspotential dividiert, resultieren minimale bzw. maximale Kosten von 3,50 bzw. 5,20 € pro kg N/ha. Die Verringerung der Stickstofffracht um ein kg pro Hektar kostet vor diesem Hintergrund mindestens **3,50 €** und höchstens **5,20 €** pro Hektar.

In Tabelle 52 werden die fünf Maßnahmengruppen dargestellt.

Tabelle 52: Präventive Maßnahmengruppen sowie deren Kosteneffizienz

Maßnahmengruppe	Reduktionspotential [kg N/ha]	untere Kosten-grenze [€]	obere Kosten-Grenze [€]	minimale Kosten [€ / kg N/ha]	maximale Kosten [€ / kg N/ha]
Begrünung*	23	80,00	120,00	3,50	5,20
Bodenbearbeitung*	4	25,00	50,00	6,30	12,50
Düngemanagement* / **	29	11,60	29,00	0,40	1,00
Fruchtfolge*	8	100,00	200,00	12,50	25,00
N-Mineraldüngung*	5	75,00	100,00	15,00	20,00

* Reduktionspotential und Kosten nach Osterburg et al.(2007)

** Reduktionspotential nach Osterburg et al. (2007), Angaben zu Kosten gemäß Erfahrungen der RheinEnergie AG

Quelle: eigene Berechnungen auf Basis der Daten aus Osterburg et al. (2007), S. 108.

Die Publikation von Osterburg et al. stammt aus dem Jahr 2007. Vor diesem Hintergrund wird eine Inflationsbereinigung der angegebenen Kostengrenzen mit Hilfe des Verbraucherpreisindex i. H. v. 1,8 % p. a.²⁵ vorgenommen und die Kosteneffizienz der verschiedenen Maßnahmengruppen neu bestimmt. Daneben werden jeweils die mittleren Kosten berechnet. In Tabelle 53 sind die Maßnahmengruppen mit ihren inflationierten Kosten in aufsteigender Reihenfolge der mittleren Kosten dargestellt. Es zeigt sich, dass die Maßnahmengruppe Düngemanagement die höchste Kosteneffizienz aufweist – die Reduktion der Stickstofffracht um ein Kilogramm kostet durchschnittlich 0,84 €. Im Vergleich dazu kostet die Verringerung derselben Stickstofffracht mit der Maßnahmengruppe Fruchtfolge durchschnittlich 22,41 €. Vor diesem Hintergrund ist unter Effizienzgesichtspunkten zunächst diejenige Maßnahmengruppe zu wählen, die eine Reduzierung der Stickstofffrachten zu den geringsten Kosten ermöglicht – in diesem Fall das Düngemanagement. Bei darüber hinaus notwendiger Reduzierung wäre diejenige Maßnahmengruppe mit der zweitbesten Kosteneffizienz zu wählen usw.

Tabelle 53: Präventive Maßnahmengruppen sowie deren Kosteneffizienz nach Inflationierung

Maßnahmengruppe	Reduktionspotential [kg N/ha]	minimale Kosten [€ pro kg N/ha]	mittlere Kosten [€ pro kg N/ha]	maximale Kosten [€ pro kg N/ha]
Düngemanagement* / **	29	0,48	0,84	1,20
Begrünung* ²⁶	23	4,18	5,20	6,22
Bodenbearbeitung*	4	7,53	11,24	14,94
N-Mineraldüngung*	5	17,93	20,92	23,91
Fruchtfolge*	8	14,94	22,41	29,88

* Reduktionspotential und Kosten nach Osterburg et al.(2007)

** Reduktionspotential nach Osterburg et al. (2007), Angaben zur Kosteneffizienz gemäß Erfahrungen der RheinEnergie AG

Quelle: eigene Berechnungen auf Basis der Daten aus Osterburg et al. (2007), S 108.

Um die genannten Maßnahmengruppen und ihre entsprechende Kosteneffizienz im Rahmen der Kostenberechnung verwenden zu können, ist es unabdingbar, vier Annahmen bzgl. des Einsatzes von Maßnahmen zu treffen. Dies betrifft neben den Rahmenbedingungen der Anwendbarkeit von Maßnahmen insbesondere auch die Erkenntnisse zur Kosteneffizienz. Die Annahmen werden im Folgenden näher erläutert.

Annahmen bzgl. des Einsatzes von präventiven Maßnahmengruppen

Die Verringerung der Stickstofffracht um ein kg pro Hektar kostet bei Anwendung des „Düngemanagements“ durchschnittlich 0,84 €. Mit dieser Maßnahmengruppe lassen sich jedoch maximal 29 kg Stickstoff reduzieren. Eine Reduzierung der Stickstofffracht um z. B. 35 kg pro Hektar ließe somit nur durch die Kombination von zwei Maßnahmengruppen erreichen: Reduktion von 29 kg mithilfe der Maßnahmengruppe „Düngemanagement“ und 6 kg mithilfe der Maßnahmengruppe „Begrünung“. Damit sind unmittelbar vier Annahmen verbunden:

- Unterschiedliche Maßnahmengruppen schließen sich nicht gegenseitig aus.

²⁵ Erwartete Inflationsrate gem. durchschnittlichem Verbraucherpreisindex in Deutschland der Jahre 1986 bis 2015 (Quelle: destatis (2016): „Verbraucherpreisindizes für Deutschland – Lange Reihen ab 1948“).

²⁶ Zu der Maßnahmengruppe Begrünung gehören laut Osterburg et al. (2007) die Maßnahmen Zwischenfrucht, Untersaat und Brachebegrünung. Die Maßnahmengruppe ist daher von der Maßnahmengruppe Grünland abzugrenzen,

- ▶ Kosten innerhalb einer Maßnahmengruppe verlaufen linear – die Reduktion des ersten Kilogramms Stickstoff ist genauso kostenintensiv wie die Reduktion des z. B. fünften Kilogramms.
- ▶ Die Kombination verschiedener Maßnahmengruppen hat keinen Einfluss auf das Reduktionspotential oder die Kosteneffizienz einzelner Maßnahmengruppen.
- ▶ Das Reduktionspotential aller Maßnahmengruppen ist stetig, d. h. bis zu der maximalen Höhe des Reduktionspotentials kann jede beliebige und teilbare Menge an Maßnahmen durchgeführt werden (z. B. eine Reduktion von 2,3 kg N/ha durch die Maßnahmengruppe Bodenbearbeitung mit Kosten von 2,3 kg N/ha • 11,24 € / kg N/ha = 25,85 €).

6.2.6.2 Technische Aufbereitung

Gemäß Kapitel 6.2.4.1 sind bei einer Überschreitung des N-Minderungs-Grenzwerts in einem Kreis bzw. einer kreisfreien Stadt die Kosten der Aufbereitung für einen Teil der Stickstoff-Belastung zu berechnen. Die Berechnung der Höhe der zu entfernenden Nitratkonzentration wird in Kapitel 6.2.5 erläutert. Bei den zugrunde zu legenden Kosten wird auf die Methodik aus Kapitel 3.2.2 zurückgegriffen. Um die Aufbereitungskosten in Abhängigkeit der zu entfernenden Nitratkonzentration zu bestimmen, wurden insgesamt sechs Szenarien für ein Modellwasserwerk mit biologischer Denitrifikation und Aktivkohlefiltration und einer durchschnittlichen Abgabemenge von 1 Mio. m³ betrachtet. Die dabei ermittelten Kombinationen „entfernte Nitratkonzentration – spezifische Kosten“ sind in Tabelle 54 dargestellt (spezifische Kosten bzgl. Nitrat- bzw. Stickstoffmenge).

Tabelle 54: Spezifische Kosten der Trinkwasseraufbereitung in Abhängigkeit der zu entfernenden Nitratkonzentration

Entfernte Nitratkonzentration [mg/l Nitrat]	spezifische Kosten [€/kg Nitrat]	spezifische Kosten [€/kg Stickstoff]
16,5	30,90	136,84
29,0	21,40	94,77
34,4	18,30	81,04
42,5	15,10	66,87
44,0	17,00	75,29
57,5	13,30	58,90

Quelle: eigene Berechnungen.

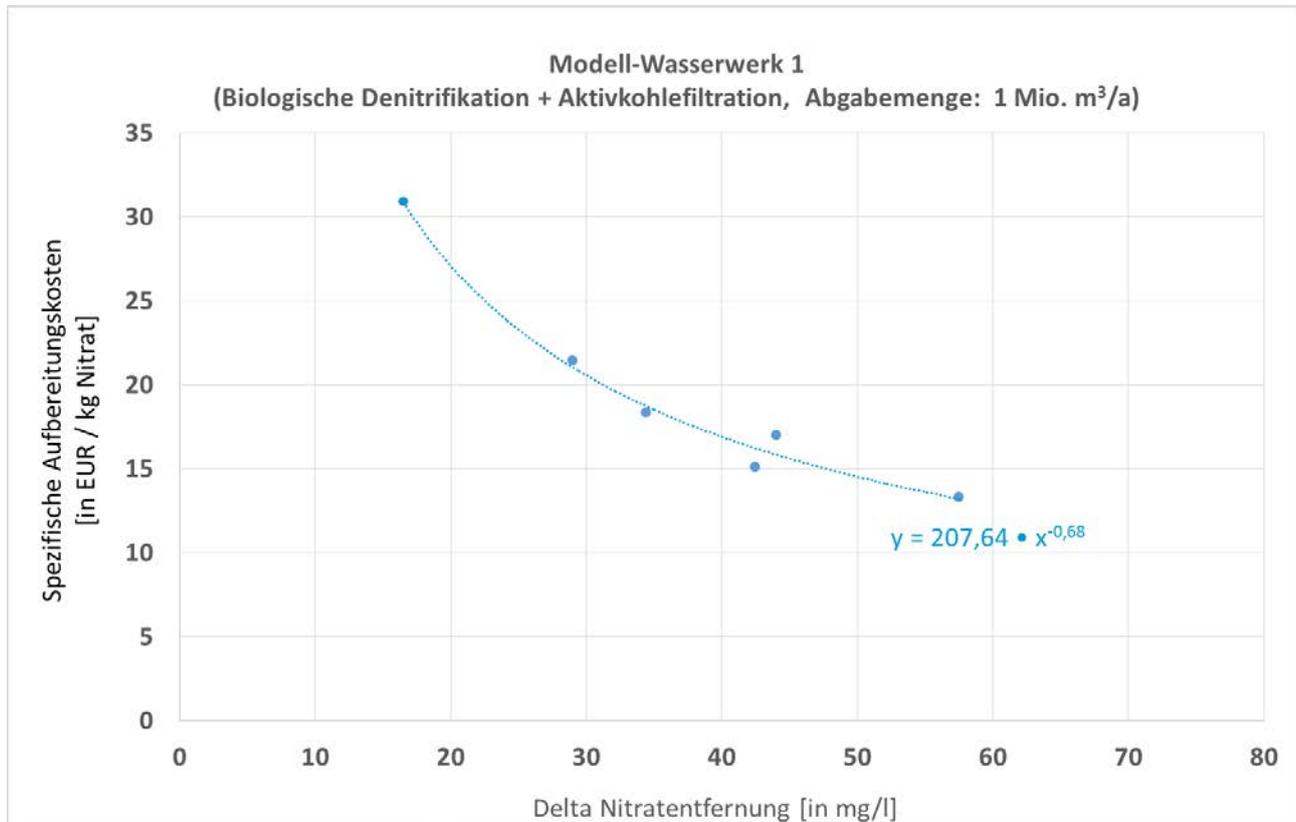
In Abbildung 61 sind die sechs Kombinationen „entfernte Nitratkonzentration – spezifische Kosten“ in einem Koordinatensystem dargestellt. Mit Hilfe einer Regressionsanalyse wird eine Funktion ermittelt, welche die spezifischen Aufbereitungskosten \hat{y} (in € je kg reduziertem Nitrat) in Abhängigkeit der entfernten Nitratkonzentration x (in mg/l) bei der Trinkwasseraufbereitung beschreibt. Diese lautet:

$$\hat{y}(x) = 207,64 \cdot x^{-0,68}$$

In der Konsequenz lassen sich die Aufbereitungskosten für die zu reduzierende Nitratmenge ermitteln, sollten die präventiven Maßnahmen wie oben geschildert nicht ausreichen, um die erforderliche N-Minderung herbeizuführen. Letztlich lassen sich dadurch die sehr unterschiedlichen Kosten der Nitratrefernung bei der Trinkwasseraufbereitung in den betreffenden Kreisen und kreisfreien Städten abschätzen.

Abbildung 61: Bestimmung einer Funktion für die spezifischen Kosten der Nitratreduktion mit Hilfe einer Regressionsanalyse

u



Quelle: eigene Berechnungen.

In Kapitel 6.2.5 wurde die Bestimmung der regional zu entfernenden Nitratkonzentration dargestellt. Um die Kosten zu bestimmen ist auf Basis der jeweiligen Fördermenge eines Kreises bzw. einer kreisfreien Stadt die daraus resultierende Nitratmenge zu berechnen, die zu reduzieren ist. Das Vorgehen wird in nachfolgendem Beispiel erläutert.

Beispiel: Bestimmung der zu reduzierenden Nitratmenge im Kreis XYZ (Fall 2, Variante A)

Zentrale Annahme: Der Grundwasservorrat, der in einem Kreis bzw. einer kreisfreien Stadt zur Rohwasserförderung genutzt wird, wird ausschließlich durch Sickerwasser neu gebildet, das auf den Flächen des Wasserschutzgebietes gebildet wird.

Die Sickerwassermenge im Kreis XYZ beträgt $275 \text{ mm/a} = 275 \text{ l/m}^2 \cdot a = 0,275 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot a = \mathbf{2.750 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot a}$.

Beispielhaft wird eine landwirtschaftlich relevante Fläche im Kreis XYZ von **3.700 ha** angenommen. Der in diesem Gebiet anfallende Niederschlag, der zur Grundwasserneubildung beiträgt, führt zu einer Menge an „nitratbelastetem Sickerwasser“ von $2.750 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot a \cdot 3.700 \text{ ha} = \mathbf{10.175.000 \text{ m}^3/\text{a}}$.

Das Wasserschutzgebiet hat im Kreis XYZ eine Fläche von insgesamt 7.000 ha (siehe Berechnungsbeispiel in Kapitel 6.2.2). Daraus folgt, dass die verbleibende Fläche im Wasserschutzgebiet, die nicht landwirtschaftlich genutzt wird, eine Größe von $7.000 - 3.700 = \mathbf{3.300 \text{ ha}}$ aufweist.

Somit kann die jährliche Grundwasserneubildung mit „nicht nitratbelastetem Sickerwasser“ berechnet werden als $2.750 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot a \cdot 3.300 \text{ ha} = \mathbf{9.075.000 \text{ m}^3/\text{a}}$.

In der Konsequenz stehen „nitratbelastetes Sickerwasser“ und „nicht nitratbelastetes Sickerwasser“ in einem Verhältnis von 10.175.000 m³/a zu 9.075.000 m³/a = **53 % zu 47 %**.

Wird in Kreis XYZ eine beispielhafte jährliche Fördermenge von **1.000.000 m³** angenommen, so ergibt sich eine nitratbelastete Rohwassermenge von 1.000.000 m³ • 53 % = 530.000 m³ = **530.000.000 l**.

Bei einer Nitratbelastung von 60,32 mg/l im Sickerwasser (siehe Beispielrechnung in Kapitel 6.2.5) müssen somit 530.000.000 l • 60,32 mg/l = 31.969.600.000 mg = **31.970 kg Nitrat** reduziert werden.

Bei Einsetzen der zu entfernenden Nitratkonzentration von 60,32 mg/l in die o. g. Formel resultieren spezifische Aufbereitungskosten in Höhe von $\hat{y}(60,32) = 207,64 \cdot 60,32^{-0,68} = \mathbf{12,78 \text{ €/kg Nitrat}}$.

Die Multiplikation der zu reduzierenden Nitratmenge mit den spezifischen Kosten führt zu Aufbereitungskosten in Höhe von 31.970 kg Nitrat • 12,78 €/kg Nitrat = **408.600 €**.

6.2.6.3 Pacht von Flächen

Bei einer Überschreitung des N-Minderungs-Grenzwerts in einem Kreis bzw. einer kreisfreien Stadt – d. h. bei einer Situation, in der ausschließlich präventive Maßnahmen nicht ausreichen – sind die Kosten einer (theoretischen) Pacht aller landwirtschaftlich relevanten Flächen (Beschreibung siehe Kapitel 6.2.2) durch die Wasserversorger zu bestimmen. Der Ansatz besteht darin, dass Wasserversorger die entsprechenden Flächen pachten und eine Bewirtschaftung etablieren, die die N-Überschüsse auf ein Ausmaß reduziert, das zur Einhaltung der o. g. Zielwerte notwendig ist (z. B. durch Kombination aus ökologischem Landbau und Extensivierung). In Tabelle 55 sind die Pachtentgelte je Hektar Ackerfläche nach Bundesländern für das Jahr 2013 dargestellt, die vom Statistischen Bundesamt erhoben wurden. Auf Basis der Vergleichswerte für das Jahr 1999 wurde der durchschnittliche jährliche Anstieg der Pachtentgelte in jedem Bundesland berechnet und anschließend das Pachtentgelt für das Jahr 2017 hochgerechnet.²⁷

Tabelle 55: Pachtentgelt je ha Ackerfläche in den einzelnen Bundesländern

Bundesland	Pachtentgelt 2013 [in €/ha · a]	Ø-Anstieg p. a. seit 1999 ²⁸	Pachtentgelt 2017 [hochgerechnet, in €/ha · a]
Baden-Württemberg	246	1,79 %	264
Bayern	338	1,92 %	365
Berlin	111	7,64 %	149
Brandenburg	131	4,91 %	159
Bremen	311	0,07 %	312
Hamburg	231	1,18 %	242
Hessen	192	1,27 %	202
Mecklenburg Vorpommern	232	5,97 %	293
Niedersachsen	435	2,91 %	488

²⁷ In einigen Regionen sind Pachtentgelte zu beobachten, die erheblich über dem Durchschnitt des jeweiligen Bundeslands liegen. Laut Aussage des OÖVV werden zum Beispiel in den Landkreisen Cloppenburg, Oldenburg oder Vechta mitunter Pachtentgelte von mehr als 1.000 €/ha · a verlangt.

²⁸ Für Berlin, Bremen und Hamburg reichen die Werte nur bis ins Jahr 2010 zurück, für das Saarland bis ins Jahr 2003.

Bundesland	Pachtentgelt 2013 [in €/ha · a]	Ø-Anstieg p. a. seit 1999 ²⁸	Pachtentgelt 2017 [hochgerechnet, in €/ha · a]
Nordrhein-Westfalen	460	2,54 %	509
Rheinland-Pfalz	209	1,40 %	221
Saarland	100	1,40 %	106
Sachsen	162	3,15 %	183
Sachsen-Anhalt	259	3,64 %	299
Schleswig Holstein	423	2,89 %	474
Thüringen	162	2,48 %	179

Quelle: eigene Berechnungen auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamtes.

Es ist zu erwarten, dass eine stark steigende Flächennachfrage durch Wasserversorger zu einem signifikanten Anstieg der Pachtentgelte von landwirtschaftlich relevanten Flächen in Wasserschutzgebieten führen würde. Daher wird die Annahme getroffen, dass in Abhängigkeit des Pachtentgeltanstiegs der vergangenen Jahre ein Aufschlag auf die für 2017 berechneten Pachtentgelte zu berücksichtigen ist. Dabei werden je 1 %-Punkt Pachtentgeltanstieg in den letzten Jahren, zusätzlich 10,0 %-Punkte als Aufschlag einkalkuliert. In Tabelle 56 sind die Aufschläge und die daraus resultierenden Pachtentgelte der einzelnen Bundesländer aufgeführt.

Tabelle 56: Pachtentgelt je ha Ackerfläche in den einzelnen Bundesländern inklusive Aufschlag aufgrund einer steigenden Flächennachfrage durch Wasserversorger

Bundesland	Ø-Anstieg p. a. seit 1999	Aufschlag	Pachtentgelt 2017 [in €/ha · a]	Pachtentgelt inkl. Aufschlag [in €/ha · a]
Baden-Württemberg	1,79 %	17,9 %	264	311
Bayern	1,92 %	19,2 %	365	435
Berlin	7,64 %	76,4 %	149	263
Brandenburg	4,91 %	49,1 %	159	237
Bremen	0,07 %	0,7 %	312	314
Hamburg	1,18 %	11,8 %	242	271
Hessen	1,27 %	12,7 %	202	228
Mecklenburg Vorpommern	5,97 %	59,7 %	293	468
Niedersachsen	2,91 %	29,1 %	488	630
Nordrhein-Westfalen	2,54 %	25,4 %	509	638
Rheinland-Pfalz	1,40 %	14,0 %	221	252
Saarland	1,40 %	14,0 %	106	121
Sachsen	3,15 %	31,5 %	183	241
Sachsen-Anhalt	3,64 %	36,4 %	299	408
Schleswig Holstein	2,89 %	28,9 %	474	611
Thüringen	2,48 %	24,8 %	179	223

Quelle: eigene Berechnungen.

Daneben wird die Annahme getroffen, dass Wasserversorger bereits 5 % der landwirtschaftlich relevanten Fläche pachten, sodass nur noch 95 % neu zu pachten sind. An dieser Stelle ist erneut zu betonen, dass zweifelsohne landwirtschaftlich relevante Flächen gemäß der Definition in Kapitel 6.2.2 existieren, die aus den unterschiedlichsten Gründen nicht von Wasserversorgern gepachtet werden können. Folgendes Beispiel verdeutlicht die Bestimmung der Pachtkosten.

Beispiel zur Bestimmung der Pachtkosten in Kreis XYZ

Kreis XYZ weist beispielhaft eine landwirtschaftlich relevante Fläche von **3.700 ha** auf (siehe Kapitel 6.2.2).

5 % der landwirtschaftlich relevanten Fläche (= **185 ha**) sind bereits an Wasserversorger verpachtet.

Der Kreis befindet sich (beispielhaft) in Mecklenburg-Vorpommern, sodass ein Pachtentgelt i. H. v. **468 €/ha · a** anfällt.

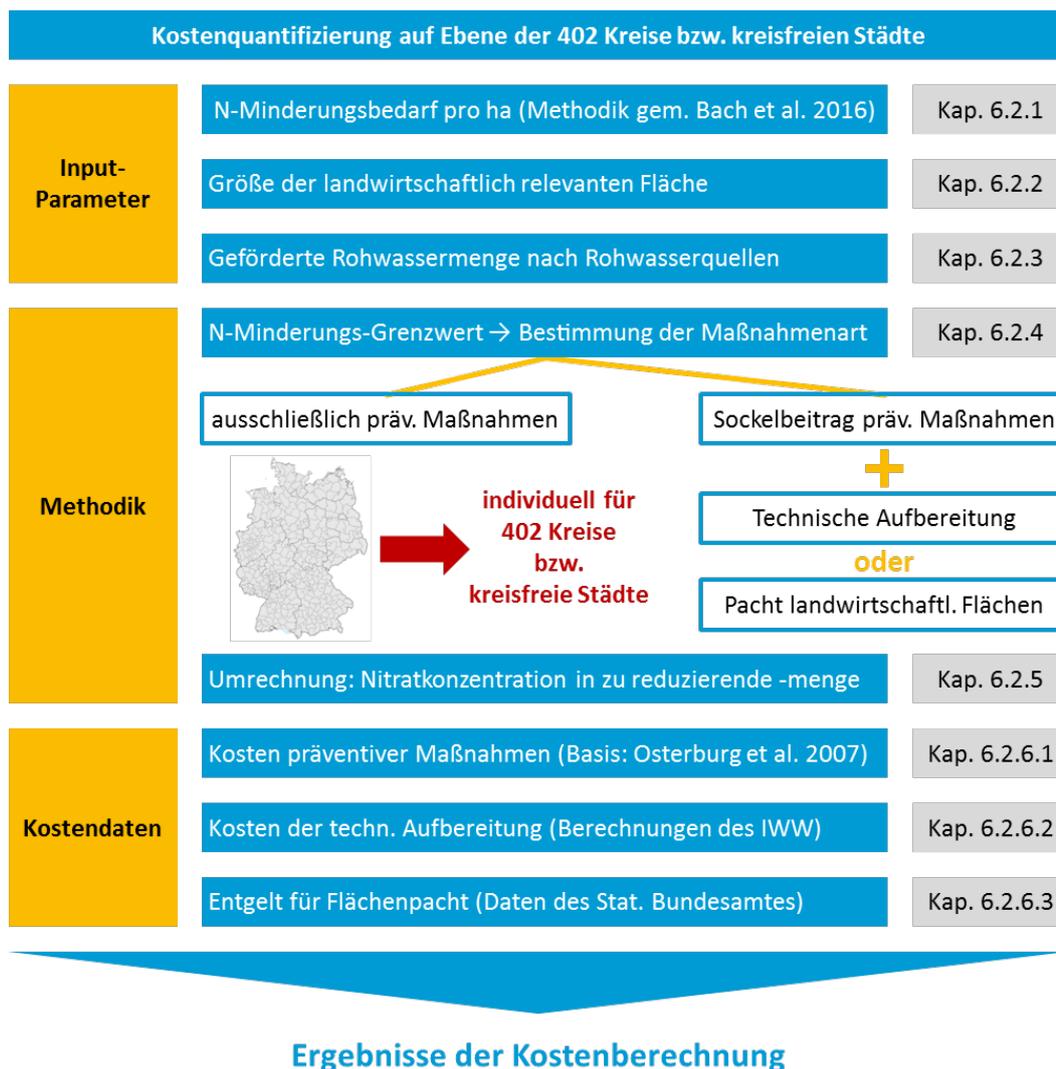
Insgesamt entstehen somit jährliche Pachtkosten von $(3.700 - 185 \text{ ha}) \cdot 468 \text{ €/ha} = \mathbf{1.645.000 \text{ €}}$

6.3 Ergebnisse der Kostenberechnung und deren Einordnung

6.3.1 Zusammenfassung der Vorgehensweise

In den vorherigen Abschnitten wurde die Vorgehensweise bei der Kostenberechnung ausführlich dargestellt und die zugrunde liegenden Annahmen erläutert. In der nachfolgenden Abbildung 62 wird die Vorgehensweise mit den Komponenten Input-Parameter, Methodik und Kostendaten zusammenfassend dargestellt.

Abbildung 62: Zusammenfassung der Vorgehensweise bei der Kostenberechnung



Quelle: eigene Darstellung.

An dieser Stelle ist zu betonen, dass das Treffen von Annahmen einerseits unabdingbar ist, um die Komplexität der Zusammenhänge in eine darstellbare Form zu bringen. Andererseits ergibt sich durch die Annahmen zwangsläufig eine Unschärfe in der Kostenberechnung. Vor diesem Hintergrund zeigt die Herangehensweise die Möglichkeiten und Grenzen einer Kostenberechnung mit dem derzeit verfügbaren Datenmaterial auf. Vor einer direkten Übernahme einzelner Ergebnisse – insbesondere in Bezug auf individuelle Kreise bzw. kreisfreie Städte – wird gewarnt, da sowohl die Genauigkeit der Ausgangswerte als auch die Gültigkeitsbereiche der Berechnungsparameter vor einer Anwendung in Einzelfragen zu prüfen und abzuwägen sind. Auf Basis des vorgestellten Ansatzes wären die Datenbasis zu vervollständigen und Sachzusammenhänge weiter zu erforschen.

6.3.2 Ergebnisse der Kostenberechnung

Wie bei der Darstellung der Primärdaten aus der Publikation Bach et al. (2016) in Kapitel 6.2.1 betont wird, sind die Auswirkungen eines etwaigen Einsatzes von präventiven Maßnahmen im Rahmen der Bestimmung der derzeitigen N-Überschüsse bereits berücksichtigt. Der N-Überschuss bezieht sich also auf eine Situation, in der Wasserversorger mitunter zu Zwecken der Stickstoffreduzierung (z. B. im Rahmen von Kooperationsvereinbarungen mit der Landwirtschaft) tätig geworden sind. Das Ausmaß der bisherigen regionalen Reduzierung von N-Überschüssen mit Hilfe von präventiven Maßnahmen

wird in Kapitel 6.2.4.3 abgeschätzt. In der Konsequenz bedeutet dies, dass es sich bei den vorliegenden Ergebnissen der Kostenberechnung um jährliche Zusatzkosten im Vergleich zu den derzeit bereits bestehenden Aufwendungen der Wasserversorger handelt.

In den Berechnungen werden drei Kostenszenarien betrachtet, bei denen die Kostenpositionen von präventiven Maßnahmen, technischer Aufbereitung sowie Flächenpacht variiert werden. Dies führt dazu, dass sich die relative Kostenvorteilhaftigkeit der beiden Varianten A und B (siehe Kapitel 6.2.4.1) innerhalb der Kreise und kreisfreien Städte verändert. Die drei Kostenszenarien lauten:

- ▶ **Mittleres Szenario:** Kosten für präventive Maßnahmen, spezifische Aufbereitungskosten sowie Pachtentgelt auf Basis der Herleitung in den Kapiteln 6.2.6.1 bis 6.2.6.3
- ▶ **Best-Case-Szenario:** Verringerung der Kosten von präventiven Maßnahmen und spezifischen Aufbereitungskosten um 5,0 % sowie Verringerung des Aufschlags auf Pachtentgelte auf 5,0 % je 1 %-Punkt Pachtentgeltanstieg in den letzten Jahren (mittleres Szenario: 10,0 %).
- ▶ **Worst-Case-Szenario:** Erhöhung der Kosten von präventiven Maßnahmen und spezifischen Aufbereitungskosten um 5,0 % sowie Erhöhung des Aufschlags auf Pachtentgelte auf 15,0 % je 1 %-Punkt Pachtentgeltanstieg in den letzten Jahren (mittleres Szenario: 10,0 %).

In Tabelle 57, Tabelle 58 und Tabelle 59 werden die verschiedenen Kostenpositionen von präventiven Maßnahmen, technischer Aufbereitung und Flächenpacht für die drei Kostenszenarien dargestellt.

Tabelle 57: Kosten präventiver Maßnahmengruppen in den drei Kostenszenarien

Maßnahmengruppe	Best-Case-Szenario [€ pro kg N/ha]	Mittleres Szenario [€ pro kg N/ha]	Worst-Case-Szenario [€ pro kg N/ha]
Düngemanagement	0,80	0,84	0,88
Begrünung	4,94	5,20	5,46
Bodenbearbeitung	10,68	11,24	11,80
N-Mineraldüngung	19,87	20,92	21,97
Fruchtfolge	21,29	22,41	23,53

Quelle: eigene Berechnungen.

Tabelle 58: Spezifische Kosten der Trinkwasseraufbereitung in den drei Kostenszenarien

Best-Case-Szenario [in €/kg]	Mittleres Szenario [in €/kg]	Worst-Case-Szenario [in €/kg]
$y(x) = 197,26 \cdot x^{-0,68}$	$y(x) = 207,64 \cdot x^{-0,68}$	$y(x) = 218,02 \cdot x^{-0,68}$

y: spezifische Kosten [in €/kg] / x: zu entfernende Nitratkonzentration [in mg/l]

Quelle: eigene Berechnungen.

Tabelle 59: Pachtentgelt je ha Ackerfläche in den drei Kostenszenarien

Bundesland	Best-Case-Szenario [in €/ha · a]	Mittleres Szenario [in €/ha · a]	Worst-Case-Szenario [in €/ha · a]
Baden-Württemberg	288	311	335
Bayern	400	435	470
Berlin	206	263	320

Bundesland	Best-Case-Szenario [in €/ha · a]	Mittleres Szenario [in €/ha · a]	Worst-Case-Szenario [in €/ha · a]
Brandenburg	198	237	276
Bremen	313	314	315
Hamburg	256	271	285
Hessen	215	228	240
Mecklenburg Vorpommern	380	468	555
Niedersachsen	559	630	701
Nordrhein-Westfalen	574	638	703
Rheinland-Pfalz	236	252	267
Saarland	113	121	128
Sachsen	212	241	269
Sachsen-Anhalt	353	408	462
Schleswig Holstein	542	611	679
Thüringen	201	223	246

Quelle: eigene Berechnungen.

Vor dem Hintergrund der oben skizzierten Kostenpositionen sowie der in Kapitel 6.2 dargestellten Vorgehensweise und der darin beschriebenen Annahmen ergeben sich für die drei Szenarien in Abhängigkeit des Nitrat-Zielwerts (37,5, 25 bzw. 10 mg/l) die in Tabelle 65 dargestellten bundesweiten Zusatzkosten, die jährlich für die Wasserwirtschaft anfallen.

Tabelle 60: Ergebnisse der bundesweiten Kostenberechnung für die drei Szenarien (jährliche Zusatzkosten für Wasserversorger)

Nitrat-Zielwert [in mg/l]	Best-Case-Szenario [in Mio. € p. a.]	Mittleres Szenario [in Mio. € p. a.]	Worst-Case-Szenario [in Mio. € p. a.]
37,5	580	633	684
25,0	615	670	725
10,0	651	709	767

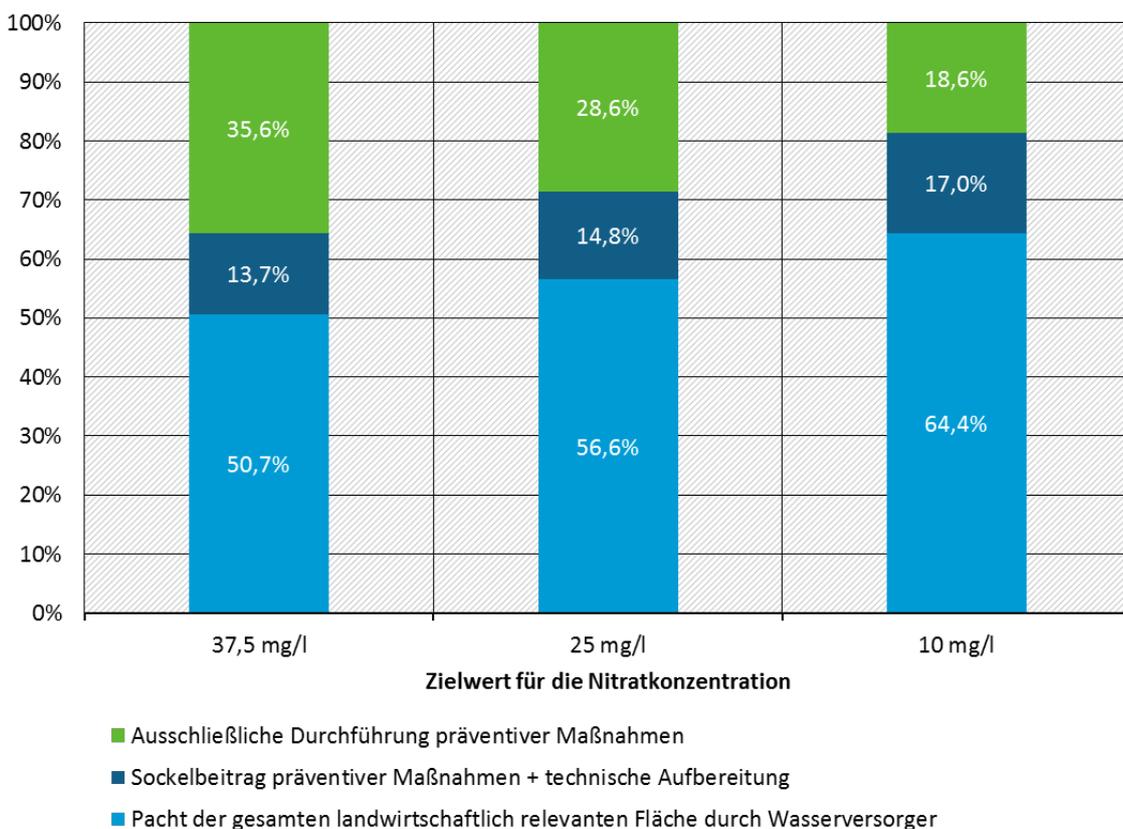
Quelle: eigene Berechnungen.

Wie zu erwarten ist, steigen die Kosten mit einer Verringerung des Nitrat-Zielwerts an. Die Bandbreite der Zusatzkosten zwischen den beiden Kombinationen „höchster Nitrat-Zielwert/Best-Case-Szenario“ und „geringster Nitrat-Zielwert/Worst-Case-Szenario“ liegt zwischen 580 und 767 Mio. € pro Jahr. Dadurch wird verdeutlicht, dass der vorliegende Ansatz in erster Linie eine Tendenz für die Höhe der landwirtschaftlich verursachten Kosten der Trinkwasserbereitstellung angeben soll.

In Kapitel 6.2.4 wurde erläutert, dass es bei Überschreitung des N-Minderungs-Grenzwerts (unter Einbeziehung der regional bereits durchgeführten präventiven Maßnahmen) in einem Kreis bzw. einer kreisfreien Stadt nicht ausreichend ist, lediglich präventive Maßnahmen durchzuführen. Daher wird im Rahmen der Kostenberechnung ein Kostenvergleich zwischen zwei Varianten angestellt: Variante A (Sockelbeitrag präventiver Maßnahmen und technische Aufbereitung) und Variante B (Pacht der gesamten landwirtschaftlich relevanten Fläche). Die kostengünstigere Variante wird bei der Kostenberechnung herangezogen.

Abbildung 63 zeigt für das mittlere Kostenszenario, wie sich die Anteile der drei verschiedenen Maßnahmen für die drei Nitrat-Zielwerte in den Kreisen bzw. kreisfreien Städten darstellen. Es ist ersichtlich, dass die Durchführung von ausschließlich präventiven Maßnahmen bei einem nennenswerten Teil der betroffenen Regionen ausreicht. Dies unterstreicht die Bedeutung von Kooperationen zwischen Wasserversorgern und Landwirtschaft und zeigt, dass die vorliegende Kostenberechnung die gemeinsamen Anstrengungen nicht in Frage stellt. Für Wasserversorger ist der Dialog mit der Landwirtschaft von enormer Bedeutung, um einen gemeinsamen Beitrag zum Grundwasserschutz leisten zu können. Beispielhaft lässt sich für einen Nitrat-Zielwert von 37,5 mg/l feststellen, dass in mehr als einem Drittel der Kreise bzw. kreisfreien Städte der Rückgriff auf präventive Maßnahmen ausreichend ist. Mit sinkendem Nitrat-Zielwert verlieren in der vorliegenden Kostenberechnung ausschließlich präventive Maßnahmen jedoch relativ an Bedeutung und werden vor allem durch die Pacht aller landwirtschaftlich relevanten Flächen im Wasserschutzgebiet abgelöst.

Abbildung 63: Anteile der resultierenden Maßnahmen (Mittleres Kostenszenario)

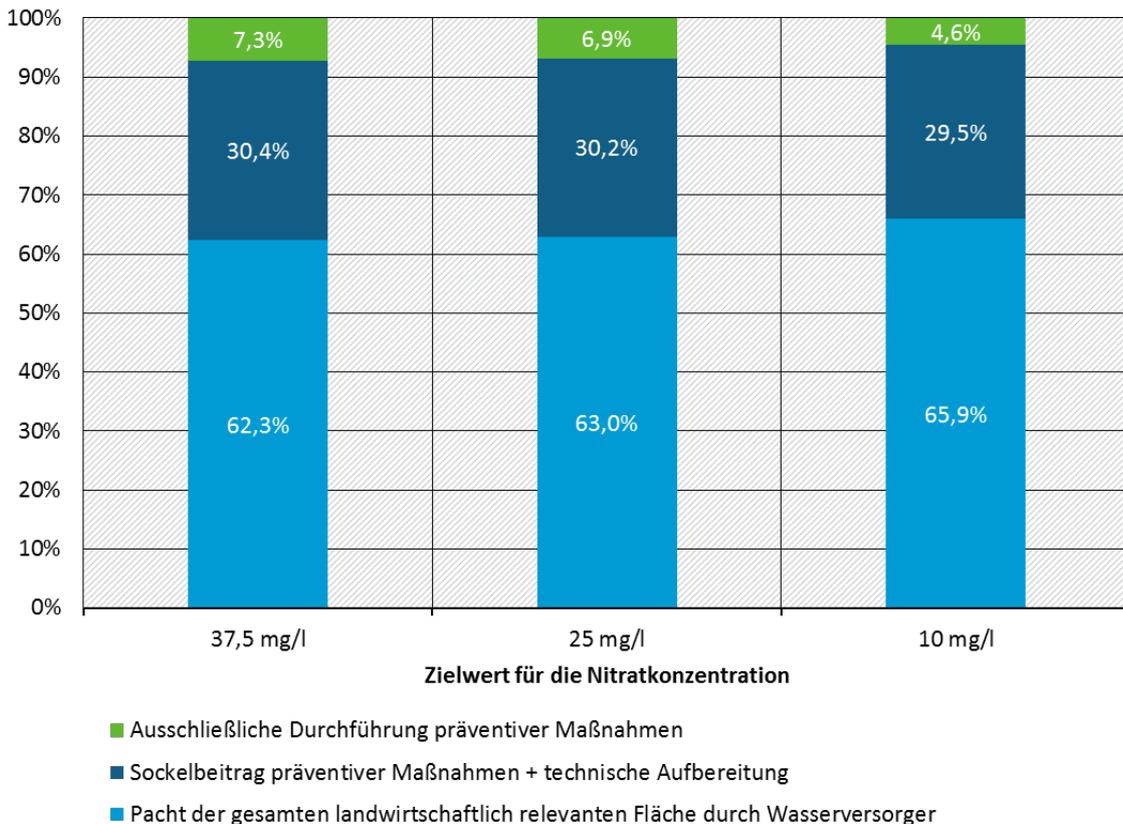


Quelle: eigene Darstellung.

Neben der relativen Häufigkeit der verschiedenen Maßnahmen sind darüber hinaus die Kostenanteile der Maßnahmen bei den verschiedenen Nitrat-Zielwerten von Interesse. Diese sind für das mittlere Kostenszenario in Abbildung 64 dargestellt. Es wird deutlich, dass die ausschließlich präventiven Maßnahmen zwar eine hohe Bedeutung haben (siehe Abbildung 63), auf die beiden Maßnahmen „Sockelbeitrag präventiver Maßnahmen + technische Aufbereitung“ sowie „Pacht der gesamten landwirtschaftlich relevanten Fläche“ jedoch zusammengenommen ein erheblicher höherer Kostenanteil entfällt. Für den Nitrat-Zielwert von 25 mg/l entfallen insgesamt 6,9 % der Kosten (= 45,9 Mio. € p. a.) auf die Durchführung ausschließlich präventiver Maßnahmen, 30,2 % der Kosten (= 202,3 Mio. € p. a.) auf die Maßnahme „Sockelbeitrag präventiver Maßnahmen + technische Aufbereitung“ und 63,0 % der

Kosten (= 422,2 Mio. € p. a.) auf die Pacht der landwirtschaftlich relevanten Flächen in den Wasserschutzgebieten.

Abbildung 64: Kostenanteile der resultierenden Maßnahmen (mittleres Kostenszenario)



Quelle: eigene Darstellung.

Um das Ergebnis der Kostenberechnung besser einordnen zu können, werden im Folgenden individuelle Ergebnisse für **drei hypothetische Beispielkreise** dargestellt. Dazu wurden drei Bundesländer ausgewählt (Hessen, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen) und die Medianwerte dieser Bundesländer für die Parameter Sickerwassermenge, Wasserförderung, Größe der Wasserschutzgebiete, Größe der landwirtschaftlich relevanten Flächen in Wasserschutzgebieten sowie erforderliche N-Minderung (in Abhängigkeit des jeweiligen Nitrat-Zielwerts) herangezogen. Die entsprechenden Parameter werden in Tabelle 65 und die vor diesem Hintergrund resultierenden Zusatzkosten p. a. in den hypothetischen Beispielkreisen in Tabelle 66 dargestellt.

Tabelle 61: Parameter einer Kostenberechnung für drei hypothetische Beispielkreise

Parameter (Medianwert aller Kreise bzw. kreisfreien Städte im jeweiligen Bundesland)	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen
Sickerwassermenge [in mm/a]	226,49	126,00	216,48
Wasserförderung [in Mio. m ³ p. a.]	10,02	11,49	8,95
Größe der Wasserschutzgebiete [in ha]	25.484	47.244	14.501
Größe der landwirtschaftl. relevanten Fläche [in ha]	10.604	29.801	7.860

Parameter (Medianwert aller Kreise bzw. kreisfreien Städte im jeweiligen Bundesland)	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen
Erforderliche N-Minderungsbedarf [in kg N/ha · a]...			
... für Nitrat-Zielwert von 37,5 mg/l:			
... für Nitrat-Zielwert von 25,0 mg/l:	41,9	44,9	75,0
... für Nitrat-Zielwert von 10,0 mg/l:	46,6	46,4	78,6
	53,0	50,3	82,9

Quelle: eigene Berechnungen.

Tabelle 62: Ergebnisse einer Kostenberechnung sowie gewählte Maßnahmen der drei hypothetischen Beispielkreise im mittleren Kostenszenario

Nitrat-Zielwert [in mg/l]	Hessen [in Mio. € p. a.]	Mecklenburg-Vorpommern [in Mio. € p. a.]	Niedersachsen [in Mio. € p. a.]
37,5	0,97 (ausschl. präv. Maßn.)	3,19 (ausschl. präv. Maßn.)	4,70 (Pacht)
25,0	2,30 (Pacht)	6,90 (Sockelbeitr. + Aufbereitung)	4,70 (Pacht)
10,0	2,30 (Pacht)	7,18 (Sockelbeitr. + Aufbereitung)	4,70 (Pacht)

Quelle: eigene Berechnungen.

Es ist ersichtlich, dass in den hypothetischen Beispielkreisen der Bundesländer Hessen und Mecklenburg-Vorpommern für den Nitrat-Zielwert von 37,5 mg/l ausschließlich präventive Maßnahmen ausreichen. Bei Zielwerten von 25,0 und 10,0 mg/l ist in dem hypothetischen Beispielkreis aus Hessen die (theoretische) Pacht aller landwirtschaftlich relevanten Flächen (Fall 2, Variante B gem. Kapitel 6.2.4.1) und in Mecklenburg-Vorpommern die Maßnahme „Sockelbeitrag präventiver Maßnahmen + technische Aufbereitung“ (Fall 2, Variante A) die aus Kostengesichtspunkten vorteilhafteste Maßnahme. Für den hypothetischen Beispielkreis aus Niedersachsen resultiert für alle drei Zielwerte die Pacht aller landwirtschaftlich relevanten Flächen.

Wie in Kapitel 6.2.4.2 erwähnt, ist die Erarbeitung eines fachlich begründeten N-Minderungs-Grenzwerts nicht Gegenstand der vorliegenden Studie. Die Höhe des N-Minderungs-Grenzwerts hat gleichwohl einen Einfluss auf das Ergebnis der Kostenberechnung. Vor diesem Hintergrund wurden dem der vorliegenden Kostenberechnung zugrunde liegenden Wert von 60,1 kg N/ha · a drei weitere Werte gegenüber gestellt. Die Ergebnisse der Kostenberechnung bei Variierung des N-Minderungs-Grenzwerts sind in Tabelle 63 dargestellt.

Tabelle 63: Ergebnisse der bundesweiten Kostenberechnung im mittleren Kostenszenario (jährliche Zusatzkosten) in Abhängigkeit der Höhe des N-Minderungs-Grenzwerts

Nitrat-Zielwert [in mg/l]	Annahme über die Höhe des N-Minderungs-Grenzwerts [in kg N/ha · a]			
	50,0	60,1	70,0	80,0
	Kosten [Mio. € p. a.]			
37,5	692	633	545	524
25,0	725	670	610	575
10,0	750	709	669	636

Quelle: eigene Berechnungen.

Es zeigt sich, dass die Höhe der jährlichen Zusatzkosten mit zunehmendem N-Minderungs-Grenzwert zwar sinkt, die Bandbreite der Zusatzkosten jedoch zwischen 524 und 636 Mio. € p. a. liegt und damit auf einem hohen Niveau verbleibt. Vor diesem Hintergrund ist festzustellen, dass der Einfluss des N-Minderungs-Grenzwerts zweifelsohne gegeben ist, jedoch nicht überschätzt werden sollte.

Die Variation des Sockelbeitrags präventiver Maßnahmen (siehe Kapitel 6.2.4.4) führt zu einer ähnlichen Erkenntnis: Zwar verändern sich die jährlichen Zusatzkosten in Abhängigkeit der Höhe des Sockelbeitrags, gleichzeitig sind die jeweiligen Bandbreiten sehr vergleichbar, wie Tabelle 64 zeigt.

Tabelle 64: Ergebnisse der bundesweiten Kostenberechnung im mittleren Kostenszenario (jährliche Zusatzkosten) in Abhängigkeit der Höhe des Sockelbeitrags präventiver Maßnahmen

Nitrat-Zielwert [in mg/l]	Annahme über die Höhe des Sockelbeitrags [in kg N/ha · a]		
	25,0	35,1	45,0
	Kosten [Mio. € p. a.]		
37,5	638	633	625
25,0	675	670	663
10,0	713	709	703

Quelle: eigene Berechnungen.

6.3.3 Einordnung der Ergebnisse

Wie bereits mehrfach betont wurde, hängt das Ergebnis der Kostenberechnung für die drei Kostenszenarien ganz wesentlich von den verschiedenen Annahmen ab. Vor diesem Hintergrund wird in Tabelle 65 eine Unterteilung der zentralen Annahmen in die Kategorien Grundsätzliche Herangehensweise, Bestimmung des N-Minderungsbedarfs, Entstehung der Kosten sowie Höhe der Kosten und anschließend eine Interpretation hinsichtlich ihrer jeweiligen Auswirkungen auf die Kostenberechnung vorgenommen.

Tabelle 65: Auswirkungen zentraler Annahmen auf die Kostenberechnung

Kategorie	Kostenberechnung eigentlich zu niedrig	Kostenberechnung eigentlich zu hoch
Grundsätzliche Herangehensweise	Der zeitliche Verzug (mittlere Verweildauer) aufgrund verschiedener Arten von Grundwasserleitern, Strömungsverhältnissen im Grundwasserkörper und weiterer hydrogeologischer Gegebenheiten bleibt unberücksichtigt. Stattdessen wird die Situation bei Austritt aus der durchwurzelten Bodenzone	Das Denitrifikationspotential bleibt bei der Kostenberechnung unberücksichtigt. Begründen lässt sich dies damit, dass das natürliche Nitratabbau-potential aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten nicht aufgezehrt werden sollte. Darüber hinaus stellt sich dieses Regulativ regional sehr verschieden

Kategorie	Kostenberechnung eigentlich zu niedrig	Kostenberechnung eigentlich zu hoch
	<p>durch Verwendung der Sickerwasserraten betrachtet (Grenzwerte von 37,5, 25 und 10 mg/l). Im Ergebnis könnten bei den Brunnen aufgrund einer stärkeren Düngung in früheren Jahren höhere Nitratwerte zu eliminieren sein als über die Sickerwasserraten unterstellt (s. Seite 191)</p>	<p>dar und es liegen für Gesamtdeutschland keine Erkenntnisse über das tatsächliche Potential vor. Die Verfügbarkeit bis zur Erschöpfung des Potentials hängt zudem wesentlich von der geogenen Ausgangslage und den anthropogen verursachten Aufzehrungsprozessen ab.</p>
<p>Bestimmung des N-Minderungsbedarfs</p>	<p>Nitrat wird durch Wasserversorger nur auf landwirtschaftlich relevanten Flächen (in WSG liegend) vermindert (s. Seite 197) → Begründung: Studie quantifiziert Kosten für Trinkwasserversorgung; der Rest müsste gem. WRRL ebenfalls angegangen werden und würde gesamtgesellschaftliche Kosten implizieren.</p>	<p>Beim Herunterrechnen des N-Minderungsbedarfs von den 2.759 Analysegebieten auf die 402 Kreise und kreisfreien Städte wird der jeweils höchste N-Minderungsbedarf eines Analysegebiets angesetzt (s. Seite 192) → Begründung: Es liegen nur Daten für die derzeitigen N-Überschüsse auf Ebene der Kreise bzw. kreisfreien Städte vor. Um den N-Minderungsbedarf daher nicht zu unterschätzen, wird das Analysegebiet mit dem höchsten Wert herangezogen. Damit wird der Herangehensweise von Bach et al. (2016) gefolgt.</p>
		<p>Ein Sockelbeitrag zur N-Minderung durch präventive Maßnahmen wird bestimmt (s. Seite 204). Zu dessen Berechnung wird der Median der Sickerwassermengen aller Kreise bzw. kreisfreien Städte und nicht der Mittelwert herangezogen. Würde der höhere Mittelwert herangezogen, würde dies einen (leicht) niedrigeren N-Minderungs mit entsprechend leicht niedrigeren Kosten implizieren → Begründung: Der Mittelwert wird viel stärker durch eine ungleiche Verteilung der Stickstoffbelastungen in den einzelnen Regionen Deutschlands beeinflusst als der Median. Insofern erscheint der Median für die Anwendung sinnvoller.</p>
<p>Entstehung der Kosten</p>	<p>Kosten fallen nur dann in einem Kreis bzw. einer kreisfreien Stadt an, wenn dort überhaupt Rohwasser aus potentiell nitratbelasteten Quellen gefördert wird (s. Seite 171) – andernfalls werden keine Kosten angesetzt, auch wenn dies vor dem Hintergrund des Prinzips der gebrauchsnahen Förderung postuliert werden könnte.</p>	
	<p>Die landwirtschaftlich relevanten Flächen werden nur für Wasserschutzgebiete berechnet (s. Seite 197). Tatsächlich wird in Deutschland jedoch in vielen Wassergewinnungsgebieten Rohwasser gefördert, die nicht explizit als Schutzgebiete ausgewiesen sind. Aufgrund mangelnder Datenbasis konnten diese im Rahmen der Kostenberechnung jedoch nicht berücksichtigt werden. Lügen diese Daten vor, würde die Größe der landwirtschaftlich relevanten Fläche</p>	

Kategorie	Kostenberechnung eigentlich zu niedrig	Kostenberechnung eigentlich zu hoch
	<p>ansteigen und sich somit auch die Zusatzkosten erhöhen.</p> <p>Wasserschutzgebiete sind nicht grundsätzlich deckungsgleich mit Wassereinzugsgebieten. Wasserschutzgebiete werden gem. §51 WHG von den zuständigen Landesregierungen festgelegt und nach Maßgabe der allgemein anerkannten Regeln der Technik in Zonen mit unterschiedlichen Schutzbestimmungen unterteilt. Dieses Vorgehen lässt durchaus Spielraum für eine Interpretation über die Größe des Gebiets (z. B. besteht beim Verlauf einer Straße am Rand eines Wassereinzugsgebiets ggf. ein Interesse daran, den Straßenverlauf eher außerhalb als knapp innerhalb des Wasserschutzgebiets verlaufen zu lassen).</p>	
	<p>Die Sickerwassermenge bei Waldflächen ist geringer als im Rahmen der Kostenberechnungen angenommen. Zwar existieren regionale Angaben zu der Größe von Waldflächen in Wasserschutzgebieten, jedoch liegen keine Erkenntnisse über regionale Sickerwasserraten von Waldflächen vor. Diese hängen von neben weiteren Faktoren zum Beispiel von der Art der spezifischen Waldflächen, der Art des Untergrunds oder auch der Abflusswirksamkeit bei Hanglagen ab.</p> <p>Vor diesem Hintergrund wird die Sickerwassermenge der Waldflächen in Wasserschutzgebieten bei der Kostenberechnung tendenzielle überschätzt, sodass die zu entfernende Nitratmenge geringer ausfällt, als dies in der Realität der Fall ist. In der Konsequenz fallen die Aufbereitungskosten geringer aus.</p>	
	<p>Die Rohwassergewinnung aus Uferfiltrat wird zu lediglich einem Drittel der geförderten Menge und nicht vollständig in Ansatz gebracht (s. Seite 197). Letzteres würde zu höheren Kosten führen.</p>	
	<p>Die im Rahmen des Projektes durchgeführten Effektivitätsbetrachtungen von Maßnahmen und Zahlungen (vgl. Kapitel 4.3) weisen darauf hin, dass hohe Investitionen in Maßnahmen keine Garantie dafür sind, dass sie zu einer Minimierung der Herbst Nmin-Werte und niedrigeren Herbst Nmin-Werten führen. Die Höhe der Herbst Nmin-Werte hängt neben der angepassten Bewirtschaftungsweise (bedarfsgerechte Düngungspraxis, Anbau oder Düngung von Zwischenfrucht, Durchführung und Zeitpunkt</p>	

Kategorie	Kostenberechnung eigentlich zu niedrig	Kostenberechnung eigentlich zu hoch
Höhe der Kosten	<p>von Umbruch) auch von klimatischen Bedingungen (Niederschlagsintensität, Höhe der Herbsttemperaturen) sowie dem Denitrifikationspotenzial ab.</p> <p>Beim Einsatz von präventiven Maßnahmen wurde auf die Berücksichtigung von Transaktionskosten auf Seiten der Wasserversorger sowie der Landwirte verzichtet (Verwaltungsaufwand und Personalkosten im Vorfeld der Kooperationsvereinbarungen, Kosten für die Überwachung der Vereinbarungen etc.). Die Kooperationen zwischen Wasserversorgern und Landwirten sind sehr individuell ausgestaltet, sodass keine Erkenntnisse über die Höhe der entstehenden Transaktionskosten vorliegen.</p>	<p>Reichen präventive Maßnahmen nicht aus und ist die Pacht von Flächen aufgrund der Kostenhöhe keine Option, wird die technische Aufbereitung unterstellt (s. Seite 199) → Begründung: Die Vertiefung oder die Verlegung von Brunnen sind ebenfalls wie das Ausweisen neuer WSG vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit keine Option – Problem würde zeitlich nur verlagert, nicht aber gelöst</p>
	<p>Bei den präventiven Maßnahmengruppen wird unterstellt, dass sich die Maßnahmen nicht gegenseitig ausschließen, die Kosteneffizienz linear verläuft, das Reduktionspotential einer Maßnahme nicht durch die Anwendung einer anderen Maßnahme gemindert wird und das Reduktionspotential stetig ist (s. Seite 205). Diese Annahmen treffen in der landwirtschaftlichen Praxis nicht notwendigerweise zu und wirken im Rahmen der Kostenberechnung kostenmindernd.</p>	<p>Verpachten Wasserversorger die von ihnen gepachteten landwirtschaftlich relevanten Flächen unter entsprechenden Auflagen an Landwirte weiter, erzielen sie Erlöse, die mit dem Pachtentgelt verrechnet werden.</p> <p>Reichen präventive Maßnahmen nicht aus und ist die Pacht von Flächen aufgrund der Kostenhöhe keine Option werden präventive Maßnahmen dennoch bis zum Sockelbetrag durchgeführt (siehe Seite 204) → Begründung: Gem. WRRL hat sich die Gesellschaft auch um eine Verminderung der Nitrateinträge auf landwirtschaftlich nicht relevanten Flächen zu bemühen; vor diesem Hintergrund hilft die Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft, sich auch dieser Flächen kosteneffizient anzunehmen</p>
	<p>Die Art der bereits durchgeführten präventiven Maßnahmen ist nicht bekannt. Insofern wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die im Rahmen der Kostenberechnung angesetzten präventiven Maßnahmen mit der jeweils günstigsten Maßnahmengruppe beginnen. Dies muss nicht notwendigerweise der Fall sein – in der Praxis mögen die relativ kostengünstigsten Maßnahmen bereits ausgeschöpft sein.</p>	
	<p>Bei den Pachtentgelten wurden für die verschiedenen Bundesländer Durchschnittswerte angenommen (s. Seite 209). Hohe Nitratbelastungen in einer Region sind jedoch ein Indikator für eine hohe Nutzungskonkurrenz und in der Konsequenz wären die dortigen Pachtentgelte höher als der Durchschnitt des Bundeslands.</p>	<p>Bei der Bestimmung der Pachtentgelte der landwirtschaftlich relevanten Flächen wird als Nutzungsart „Ackerfläche“ unterstellt (s. Seite 209); deren Pachtpreise sind höher als bei den anderen Nutzungsarten, erscheinen aber am sachgerechtesten.</p>

Es wird deutlich, dass die verschiedenen Annahmen unterschiedliche Auswirkungen auf die Höhe der Kosten in den drei Kostenszenarien haben. Zusammenfassend lässt sich jedoch festhalten, dass die

Kostenberechnung tendenziell als konservativ einzustufen ist. Bei einer Verschärfung gewisser Annahmen ist zu erwarten, dass die ermittelten Kosten in nennenswertem Umfang ansteigen würden.

Die jährlichen Zusatzkosten, die gemäß des vorgestellten Konzepts in Abhängigkeit der drei Nitrat-Zielwerte resultieren, weisen eine beträchtliche Höhe auf. Vor diesem Hintergrund ist es von Bedeutung, diese richtig einzuordnen.

- ▶ Zunächst ist festzuhalten, dass die im Rahmen der Kostenberechnung genutzten Primärdaten von Bach et al (2016) bereits zum Einsatz kommende präventive Maßnahmen berücksichtigen, deren tatsächliche Höhe jedoch nur abgeschätzt werden kann. Im Falle einer Überschätzung des Ausmaßes präventiver Maßnahmen wäre davon auszugehen, dass die hier berechneten Zusatzkosten zu hoch ausfallen, da in diesem Fall stärker als angenommen auf präventive Maßnahmen zurückgegriffen werden kann. Bei Unterschätzung der präventiven Maßnahmen gilt entsprechend das Gegenteil – in diesem Fall wären die tatsächlichen Zusatzkosten höher.
- ▶ Daneben ist zu betonen, dass sich die resultierenden Kosten regional sehr stark unterscheiden. Es ist ersichtlich, dass für alle drei Zielwerte die Durchführung von ausschließlich präventiven Maßnahmen bei einem nennenswerten Teil der betroffenen Regionen ausreicht. Die Kosten, die im Rahmen der technischen Trinkwasseraufbereitung oder durch die Pacht landwirtschaftlich relevanter Flächen entstehen, beziehen sich daher auf bestimmte Kreise bzw. kreisfreie Städte, in denen eine besondere Nitratbelastung vorliegt. In der Konsequenz wäre es daher konzeptionell falsch, einen Bezug zwischen den resultierenden Zusatzkosten und der Gesamtwasserabgabe in Deutschland herzustellen. Die Ergebnisse zeigen vielmehr, dass es in einer ganzen Reihe von Regionen zu erheblichen Preissteigerungen aufgrund der Nitratbelastung kommt, sollte die Politik nicht nachhaltig gegensteuern. Dies gilt aber bei Weitem nicht für alle Regionen.
- ▶ Schließlich sei erneut betont, dass ausschließlich diejenigen Kosten berechnet werden, die im Rahmen der Trinkwasserbereitstellung entstehen. Kosten im Rahmen der Erfüllung von WRRL-Zielvorgaben für deutsche Gewässer sind explizit nicht Gegenstand dieser Studie. Daraus folgt unmittelbar, dass die tatsächlichen volkswirtschaftlichen Kosten der Nitratbelastung unberücksichtigt bleiben und erheblich über den hier bestimmten Werten lägen.

7 Literaturverzeichnis

- Aue, Christina; Kirsten Klaasen (2006): Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung. Praxishandbuch zur Reduzierung landwirtschaftlicher Einflüsse auf die Grundwasserqualität. water4all-Projekt. OOVV, NLWKN, Gemeinde Aalborg, Provinz Drenthe, Dänemark, Niederlande
- Bach, Bach / Klement, Laura und Uwe Häußermann (2016): Bewertung von Maßnahmen zur Verminderung von Nitrateinträgen in die Gewässer auf Basis regionalisierter Stickstoff-Überschüsse – Teil I: Beitrag zur Entwicklung einer Ressortübergreifenden Stickstoffstrategie (Zwischenbericht), TEXTE 55/2016, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (o. J.): Downloads.
<http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumb Beobachtung/Downloads/downloadsReferenz2.html;jsessionid=36CFBBBB31B4BA3A48C80AD8799DA500.live21303?nn=391978#doc443480bodyText3>. Aufgerufen am 10.08.2016.
- Beilage, Johannes große (2012): Übersicht zu den Kosten des vorbeugenden Grundwasserschutzes. OOVV. Brake
- BMUB (2012): Nitratbericht 2012 Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Bonn
- Boland, H. et al. (2005). Expertise zur Beratung landwirtschaftlicher Unternehmen in Deutschland. Eine Analyse unter Berücksichtigung der Anforderungen der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 zu Cross Compliance im Auftrag des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. Institut für Agrarsoziologie und Beratungswesen - Justus-Liebig-Universität Gießen. Gießen.
- Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2015): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit: Pflanzenschutzmittel; Berichtszeitraum 2009 bis 2012. Kulturbuch-Verlag Berlin
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2015). Umsetzung der EU-Agrarreform in Deutschland. Ausgabe 2015. Bonn
- Destatis - Statistische Ämter der Länder (2010): Flächennutzung. Wiesbaden
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Flaechennutzung/Flaechennutzung.html>.
- Eichhorn, T. (2016). "Kaufwerte für Flächen landwirtschaftlicher Nutzung und für Bauland- regionale Strukturen, Entwicklungen und Einflußfaktoren." Statistische Monatshefte Niedersachsen 70(11): 612-628.
- Europäisches Parlament and Rat der Europäischen Union (2013). "Verordnung (EU) Nr. 1306/2013 Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über die Finanzierung, die Verwaltung und das Kontrollsystem der Gemeinsamen Agrarpolitik und zur Aufhebung der Verordnungen (EWG) Nr. 352/78, (EG) Nr. 165/94, (EG) Nr. 2799/98, (EG) Nr. 814/2000, (EG) Nr. 1290/2005 und (EG) Nr. 485/2008 des Rates." Amtsblatt der Europäischen Union (L 347): 549-607.
- Flussgebietsgemeinschaft Ems (2015a). Internationaler Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 Wasserrahmenrichtlinie für die Flussgebietseinheit Ems – Bewirtschaftungszeitraum 2015-2021. Hannover, Düsseldorf
- Flussgebietsgemeinschaft Ems (2015b) Maßnahmenprogramm nach Artikel 11 der EG-WRRL bzw. § 82 WHG für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit Ems. Bewirtschaftungszeitraum 2015 – 2021, Meppen, Dezember 2015.
- Flussgebietsgemeinschaft Weser (2016a): Bewirtschaftungsplan 2015 bis 2021 für die Flussgebietseinheit Weser gemäß § 83 WHG. Hildesheim
- Flussgebietsgemeinschaft Weser (2016b): Maßnahmenprogramm 2015 bis 2012 für die Flussgebietseinheit Weser gemäß § 82 WHG, Bremen, März 2016.
- Fohrmann (2013): Modellierung des Stickstoff- und Kohlenstoffhaushaltes unter landwirtschaftlichen Nutzflächen im Zeichen des Klimawandels – Verwendung eines DV-gestützten Simulationsmodells zur Unterstützung klimaangepasster Flächennutzungsverfahren.- dynaklim Publikation Nr. 44. www.dynaklim.de
- Gawel, E., et al. "Weiterentwicklung von Abwasserabgabe und Wasserentnahmeentgelten zu einer umfassenden Wassernutzungsabgabe" - UBA-Texte 67/2011)
- Hagen, Klaus; Höll, Wolfgang (2009): Das CARIX-Verfahren - eine langjährig erprobte Technologie. GWF Wasser Abwasser. Jg. 150. Jubiläumsausgabe 2009. München

- Hern, R. et al. (2012): Kalkulation von Trinkwasserpreisen – insbesondere die betriebswirtschaftliche Herangehensweise zur Bestimmung der Kapitalkosten. Gutachten für BDEW und VKU. NERA Economic Consulting. London.
- Knierim, A., et al. (2012). Landwirtschaftliche Fachberatung zur Umsetzung der WRRL – Wissenschaftliche Grundlagen für ein Beratungskonzept in Brandenburg. Endbericht. Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. Müncheberg.
- Kooperation OOWV / Norden / Bad Zwischenahn (2013): Abschlussbericht zum Vertrag über Gewährung einer Finanzhilfe für Trinkwasserschutz 2008-2012
- Kowalewsky, H.-H. (2014): Gülle in Ackerbauregionen bringen: Rechnet sich das?, in: top agrar 4/2014, S. 54- 57.
- Lakner, S., et.al. (2016). Naturschutzpolitik in der Landwirtschaft: Erfahrungen aus der Umsetzung des Greenings and der ökologischen Vorrangfläche 2015. Georg-August-Universität Göttingen - Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung. Göttingen
- Landkreis Aurich (2016a): Wissenswertes rund um den Landkreis Aurich. http://www.landkreis-aurich.de/daten_fakten.html. Aufgerufen am 29.07.2016.
- Landkreis Aurich (2016b): Der Landkreis Aurich. <http://www.landkreis-aurich.de/3703.html>. Aufgerufen am 29.07.2016.
- Landkreis Cloppenburg (2016a): Bevölkerung und Fläche. <http://www.lkclp.de/kreis-politik/zahlen-daten-fakten/bevoelkerung-und-flaeche.php>. Aufgerufen am 29.07.2016.
- Landkreis Cloppenburg (2016b): Anschriften. <http://www.lkclp.de/kreis-politik/staedte-gemeinden/anschriften.php>. Aufgerufen am 29.07.2016.
- Landkreis Friesland (2016a): Unser Landkreis – Friesland erleben! <https://www.friesland.de/unser-landkreis/unser-landkreis-friesland-erleben/>. Aufgerufen am 29.07.2016.
- Landkreis Friesland (2016b): Städte und Gemeinden. <https://www.friesland.de/unser-landkreis/staedte-und-gemeinden/>. Aufgerufen am 29.07.2016.
- Landkreis Oldenburg (2015a): Einwohner und Fläche. <http://www.oldenburg-kreis.de/391.html>. Aufgerufen am 29.07.2016.
- Landkreis Oldenburg (2015b): Städte und Gemeinden. <http://www.oldenburg-kreis.de/341.html>. Aufgerufen am 29.07.2016.
- Landkreis Vechta (2016): Städte und Gemeinden. <https://www.landkreis-vechta.de/politik-und-verwaltung/der-landkreis-vechta/staedte-gemeinden.html>. Aufgerufen am 29.07.2016.
- Landkreis Vechta (o. J.): Landkreis Vechta. Starke Argumente. Datenspiegel 2015. <https://www.landkreis-vechta.de/politik-und-verwaltung/der-landkreis-vechta/zahlen-daten-fakten.html>. Aufgerufen am 29.07.2016.
- Landkreis Wittmund (Hrsg.) (2013): Landkreis Wittmund. Ostfriesland 2013. Daten, Fakten, Informationen. Wittmund.
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2014a): Landwirtschaft in Niedersachsen im Wandel. <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/landwirtschaftskammer/nav/1832/article/11987.html>. Abgerufen am 14.08.2016.
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2014b): Landwirtschaft in Niedersachsen heute. <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/landwirtschaftskammer/nav/1832/article/11986.html>. Abgerufen am 14.08.2016.
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2014c): Jahresbericht Wasserschutzberatung 2014. Oldenburg
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2016): Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2014/2015. Oldenburg.
- Langenberg, J. and L. Theuvsen (2016). "Zentralisation des Flächenmanagements: Ein Beitrag zu einer effizienteren Flächennutzung", Berichte über Landwirtschaft Band 94(1).
- Langenberg, J., et al. (2016). Relation von Pacht- zu Kaufpreisen: Eine Preisblase auf dem Bodenmarkt? Kooperation von Forschung und Praxis. Ein Schlüssel für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation in der Landwirtschaft? Tagungsband 26. Jahrestagung Österreichische Gesellschaft für Agrarökonomie. Wien: 87-88.
- LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2016a): Bodengroßlandschaften der Watten http://www.lbeg.de/extras/nlfbook/html/nds_6_12.htm#BodengroszlandschaftenderWatten. Aufgerufen am 03.08.2016.

- LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2016c): Bodengroßlandschaft der Talsand
http://www.lbeg.de/extras/nlfbook/html/nds_6_31.htm#BodengroszlandschaftderTalsand. Aufgerufen am 03.08.2016.
- LBEG (2011): Auswertungsmethoden im Bodenschutz Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE. GeoBerichte 19. Hannover
- LBEG- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2016b): Bodengroßlandschaft der Geestplatten.
http://www.lbeg.de/extras/nlfbook/html/nds_6_33.htm#BodengroszlandschaftderGeestplatten. Aufgerufen am 03.08.2016.
- Leuck, S. (2017). "Die rechtlichen Rahmenbedingungen eines Bundes-Wasserentnahmeentgeltgesetzes." Natur und Recht 39(1): 18-26.
- LWK (2011): Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2011. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg.
- LWK (2012): Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2012. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg.
- LWK (2013): Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2013. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg.
- LWK (2014). Blaubuch Erntejahr 2014. Teil I: Ausgleichsleistungen in Wasserschutzgebieten gemäß § 93 WHG. Teil II: Katalog der freiwilligen Vereinbarungen und die Berechnungsgrundlagen. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Oldenburg.
- LWK (2014): Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2014. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg.
- LWK (2015): Blaubuch – Erntejahr 2015. Teil I: Ausgleichsleistungen in Wasserschutzgebieten gemäß § 93 WHG. Teil II: Katalog der freiwilligen Vereinbarungen und die Berechnungsgrundlagen. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Oldenburg.
- LWK (2016): Jahresbericht Wasserschutzberatung 2015 für die Trinkwassergewinnungsgebiete der Kooperation OOWV/Norden/Bad Zwischenahn. Bearbeiter: Timo Schürmann. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Oldenburg
- LWK (2016): Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2014/2015. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg.
- Meinke, I., Gerstner E.-M., 2009: Digitaler Norddeutscher Klimaatlas informiert über möglichen künftigen Klimawandel. DMG Mitteilungen 3-2009, 17. PDF: http://www.hzg.de/imperia/md/content/klimabuer-o/publikationen/2009_3.pdf#page=19.
- MLR - Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (2015), SchALVO Nitratbericht – Ergebnisse der Beprobung 2014, Stuttgart.
- NIBIS® Kartenserver (2014): Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie 2016.
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2015): Niedersächsischer Beitrag zu den Maßnahmenprogrammen 2015 bis 2021 der Flussgebiete Elbe, Weser, Ems und Rhein nach § 117 des Niedersächsischen Wassergesetzes bzw. nach Art. 11 der EG-Wasserrahmenrichtlinie, Hannover, 22.Dezember 2015.
- Niedersächsisches Ministeriums für Ernährung Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2016). Informationsbroschüre über die einzuhaltenden Verpflichtungen bei Cross Compliance 2016. Ausgabe für Niedersachsen und Bremen Stand: 29.01.2016. Hannover.
- NLOE (2003): Vorläufige Empfehlungen zur Durchführung von Herbst-Nmin-Programmen. Optimierung von Herbst-Nmin-Programmen zur Erfolgskontrolle von Grundwasserschutz- Maßnahmen und Prognose der Sickerwasserqualität. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie. Hildesheim
- NLWKN (2010): Grundwasser. Untersuchung des mineralischen Stickstoffs im Boden Empfehlungen zur Nutzung der Herbst-Nmin-Methode für die Erfolgskontrolle und zur Prognose der Sickerwassergüte. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Band 8. Hannover
- NLWKN (2015): Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz. Grundwasserschutzorientierte Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft und Methoden zu ihrer Erfolgskontrolle. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft Küsten- und Naturschutz. Grundwasser Band 21. Norden

- NLWKN (2015): Trinkwasserschutzkooperationen in Niedersachsen- Grundlagen des Kooperationsmodells und Darstellung der Ergebnisse. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft Küsten- und Naturschutz. Grundwasser Band 19. Norden.
- NLWKN (2015): Trinkwasserschutzkooperationen in Niedersachsen Grundlagen des Kooperationsmodells und Darstellung der Ergebnisse. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Band 19. Hannover
- NLWKN (2016): Hinweise zur Abwicklung der freiwilligen Vereinbarungen gem. § 28 Abs.3 Nr. 4 b NWG. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft Küsten- und Naturschutz. Stand 15.06.2016.
- OOWV – Oldenburgisch- Ostfriesischer Wasserverband (2007): Beratungs- und Schutzkonzept für die Trinkwassergewinnungsgebiete des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbandes, der Stadtwerke Norden und der Gemeindewerke Bad Zwischenahn für Wasser und Abwasser. Brake
- OOWV– Oldenburgisch- Ostfriesischer Wasserverband (2014): Das OOWV-Grundwasserschutzkonzept. Brake
- OOWV – Oldenburgisch- Ostfriesischer Wasserverband (2014a): Generalplan Trinkwasser. AG Wasserwirtschaftliche Planung. Brake.
- OOWV – Oldenburgisch- Ostfriesischer Wasserverband (2014b): Das OOWV-Grundwasserschutzkonzept.
<http://www.oowv.de/wissen/wasserschutz/gewaesserschutz/>. Abgerufen am 10.08.2016
- OOWV– Oldenburgisch- Ostfriesischer Wasserverband (2014c): Das OOWV-Grundwasserschutzkonzept. Brake
- OOWV – Oldenburgisch- Ostfriesischer Wasserverband (2016a): Zahlen, Daten, Fakten. Unternehmensbereich Trinkwasser.
<http://www.oowv.de/der-oowv/zahlen-daten-fakten/zahlen-daten-fakten/>. Abgerufen am 03.08.2016.
- OOWV – Oldenburgisch- Ostfriesischer Wasserverband (2016b): Wasserwerke und Speicherpumpwerke.
<http://www.oowv.de/wissen/trinkwasser/standorte/>. Abgerufen am 03.08.2016.
- OOWV – Oldenburgisch- Ostfriesischer Wasserverband (2016c): Wassergewinnungsgebiete.
<http://www.oowv.de/wissen/wasserschutz/wassergewinnungsgebiete/>. Aufgerufen am 10.08.2016.
- OOWV – Oldenburgisch- Ostfriesischer Wasserverband (Hrsg.) (o. J.): Geschäftsbericht 2014. Brake.
<http://www.oowv.de/downloads-formulare/downloads/downloads/>. Abgerufen am 03.08.2016.
- OOWV (2016): Grundwasserbeschaffenheit Entwicklung der Nitrat-Gehalte in den Trinkwassergewinnungsgebieten des OOWV im Zeitraum 1996 bis 2015. Kurzbericht (April 2016). Brake
- OOWV (2016d): Grundwasserbeschaffenheit. Entwicklung der Nitrat-Gehalte im oberflächennahen Grundwasser unterhalb landwirtschaftlicher Nutzflächen im Zeitraum 1996 bis 2015. Brake
- Osterburg, Bernhard et al. (2007): Kosteneffiziente Maßnahmenkombination 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 (Projekt-Nummer AR 1.05 FAL), Braunschweig.
- Quirin, M., et al. (2016). "Wirkung des Niedersächsischen Kooperationsmodells zum Trinkwasserschutz." Wasser und Abfall(1/2): 46- 50.
- regio GmbH (2016): Zahlen, Daten, Fakten. Landkreis Friesland. <https://www.friesland.de/unser-landkreis/zahlen-daten-fakten/>. Aufgerufen am 29.07.2016.
- Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für Niedersächsische und Bremer Agrarumweltmaßnahmen — NiB-AUM — (Richtlinie NiB-AUM) Gem. RdErl. d. ML u. d. MU v. 15.7.2015 — ML-104-60170/02/14, MU-28-04036/03/05 — (Nds. MBl. S. 909) in der Fassung vom 1.11.2016 (Nds. MBl. S. 1052)
- Rögele, Michael (2005): Einsatz des CARIX-Verfahrens zur zentralen Trinkwasserenthärtung. Erfahrungsbericht der GELSENWASSER AG. GWF Wasser Abwasser. Jg.146, Nr.4, München
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2014): Regionaldatenbank Deutschland - Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung.
<https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/data;jsessionid=8F310AE923B10CDF01AA737299A1F677?operation=statistikAbruf tabellen&levelindex=0&levelid=1471336110922&index=3>. Aufgerufen am 15.08.2016

Statistisches Bundesamt (2016): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei- Kaufwerte für landwirtschaftliche Grundstücke. Wiesbaden. Fachserie 3 Reihe 2.4.

Theuvsen, L. (2015). Kauf- und Pachtpreise landwirtschaftlicher Flächen: Entwicklung und Auswirkungen auf das Agribusiness. Georg-August-Universität Göttingen. Hannover.

Trinkwasserverordnung (2016): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil I Nr. 12. Bonn

Umweltbundesamt (2008): Wasserentnahmeentgelte - Ökonomische und verfassungs- und europarechtliche Aspekte, Reihe „Ökonomische Fragen“. Dessau-Roßlau

Umweltbundesamt (2016): Bewertung von Maßnahmen zur Vermeidung von Nitratreinträgen in die Gewässer auf Basis regionalisierter Stickstoff-Überschüsse. Teil I: Beitrag zur Entwicklung einer Ressortübergreifenden Stickstoffstrategie. Zwischenbericht. Texte 55/2016. Forschungskennzahl 371522220. Dessau-Roßlau

Wahnbachtalsperrenverband / Arbeitskreis Landwirtschaft, Wasser und Boden im Rhein-Sieg-Kreis (2013), Förderprogramm für die Wasserschutzgebiete des Wahnbachtalsperrenverbandes, Siegburg.

8 Anhang

Randbedingungen zur Schätzung der Investitionskosten (IWW)

- ▶ Sofern die Nitratkonzentration im Ablauf der Nitrat-Aufbereitungsanlage unter der gewünschten Konzentration im Trinkwasser lag, wurde – wie in der Praxis üblich - ein Rohwasser-Bypass vorgesehen. Durch diese Vorgehensweise können die Nitrat-Aufbereitungsanlagen kleiner dimensioniert und Investitionskosten verringert werden.
- ▶ In den Investitionskosten für die biologische Denitrifikation (Modell-Wasserwerk 1) ist die Anlage zur Vor-Ort-Abwassernachbehandlung bereits enthalten.
- ▶ Die Dimensionierung der PSM-Aufbereitungsanlage erfolgte immer auf den Vollstrom (kein Bypass) beim maximalen Stundendurchsatz.
- ▶ Es wurden Planungskosten von 15 % der Investitionskosten für Technik und Gebäude angenommen.
- ▶ In allen Fällen wurde davon ausgegangen, dass ...
 - ... die vorhandene Förderkapazität der Brunnen ausreichend groß ist, um einen Anstieg des Rohwasserbedarfs aufgrund der Nitratentfernung zu kompensieren (Im Einzelfall können zusätzliche Brunnen oder größere Pumpen erforderlich sein und somit Kosten entstehen).
 - ... auf dem Wasserwerksgelände noch ausreichend Platz für zusätzliche Gebäude vorhanden ist. Es wurden also keine Investitionskosten für einen Flächenerwerb berücksichtigt (Im Einzelfall können für zusätzliche Gebäude zusätzliche Flächen erforderlich sein und somit Kosten entstehen).
- ▶ Es wurden weiterhin keine Investitionskosten für externe Leitungen außerhalb des Wasserwerkes (z. B. Kanalanschluss) bzw. Einleit-Bauwerke berücksichtigt.
- ▶ Soweit möglich, wurde versucht, die Investitionskosten auf die beiden Hauptaufgaben (Nitrat- und PSM-Entfernung) aufzuteilen.

Randbedingungen zur Schätzung der Betriebskosten (IWW)

- ▶ Es wurden nur solche Betriebskosten berücksichtigt, die mit dem Betrieb der Nitrat- und PSM-Aufbereitungsanlagen zusätzlich anfallen. Kosten, die auch ohne eine Nitrat- und PSM-Aufbereitung anfallen (z. B. Pumpkosten für die Wasserverteilung), wurden nicht berücksichtigt.
- ▶ Hinsichtlich der Stromkosten wurde ein spezifischer Strompreis von 18 Ct./kWh angenommen.
- ▶ Hinsichtlich der Personalkosten wurde für die Wasserwerksmitarbeiter ein Stundensatz von 40 EUR/h (inkl. Sozialabgaben) angenommen.
- ▶ Bezüglich der spezifischen Gebäudekosten wurde bei steigender Wasserwerks- bzw. Gebäudegrößen von einer leichten Kostendegression ausgegangen.
- ▶ Bezüglich der spezifische Chemikalien-, Aktivkohle- und Membrankosten wurden ebenfalls von einer leichten Kostendegression bei steigender Wasserwerksgröße ausgegangen.
- ▶ Soweit möglich, wurde versucht, die Betriebskosten auf die beiden Hauptaufgaben (Nitrat- und PSM-Entfernung) aufzuteilen.

Randbedingungen zur Schätzung der Kapitalkosten (MOcons)

- ▶ Als kalkulatorischer Zinssatz wurde der gewichtete durchschnittliche reale Kapitalkostensatz nach Steuern (WACC) gem. Hern et al. (2012), S. 124 abzgl. 0,2 %-Punkte zur Berücksichtigung der aktuellen Niedrigzinsphase zugrunde gelegt.

- ▶ Die Nutzungsdauer der Anlagentechnik betrug annahmegemäß 15 Jahre.
- ▶ Die Nutzungsdauer der Gebäude betrug annahmegemäß 40 Jahre.
- ▶ Es wurden kalkulatorische Abschreibungen auf Basis von Wiederbeschaffungszeitwerten berücksichtigt. Dazu wurde eine erwartete Inflationsrate i. H. v. 1,8 % p. a. gem. durchschnittlichem Verbraucherpreisindex in Deutschland der Jahre 1986 bis 2015 angesetzt.

Tabelle 66: Beispiel zur Schätzung der Betriebskosten für die vier Basisvarianten

Betriebskosten für die vier Basisvarianten					
(1 Mio. m ³ /a, Nitrat-Zielwert 25 mg/l, Rohwasser: Ist-Zustand, Abwasser: Fall A)					
Kostenart	Einheit	Wasserwerk 1 (Bio + AKF **)	Wasserwerk 2 (CARIX + AKF **)	Wasserwerk 3 (RO + AOP **)	Wasserwerk 4 * (ED **)
Betriebskosten für die Nitratentfernung					
Personalkosten	EUR/a	40.000	10.000	10.000	10.000
Energiekosten	EUR/a	24.832	41.314	44.442	62.371
Chemikalienkosten	EUR/a	24.148	22.925	12.255	9.336
Membranersatz RO / ED	EUR/a			25.208	43.750
Aktivkohle-Reaktivierung	EUR/a				
Wasser- und Abwassergebühren	EUR/a	9.154	4.330	5.252	1.645
Instandhaltung	EUR/a	47.873	65.565	31.582	67.937
Betriebskosten für Nitratentfernung	EUR/a	146.008	144.134	128.740	195.038
Betriebskosten für die PSM-Entfernung					
Personalkosten	EUR/a			10.000	
Energiekosten	EUR/a	7.546	7.546	21.946	
Chemikalienkosten	EUR/a			11.759	
Membranersatz RO / ED	EUR/a				
Aktivkohle-Reaktivierung	EUR/a	25.000	25.000		
Wasser- und Abwassergebühren	EUR/a				
Instandhaltung	EUR/a	8.890	8.890	15.378	
Betriebskosten für PSM-Entfernung	EUR/a	41.435	41.435	59.083	
Betriebskosten gesamt					
Personalkosten	EUR/a	40.000	10.000	20.000	10.000
Energiekosten	EUR/a	32.378	48.860	66.388	62.371
Chemikalienkosten	EUR/a	24.148	22.925	24.014	9.336
Membranersatz RO / ED	EUR/a			25.208	43.750

Aktivkohle-Reaktivierung	EUR/a	25.000	25.000		
Wasser- und Abwassergebühren	EUR/a	9.154	4.330	5.252	1.645
Instandhaltung	EUR/a	56.763	74.455	46.961	67.937
Summe Betriebskosten gesamt	EUR/a	187.443	185.569	187.822	195.038

Spezifische Betriebskosten je Kubikmeter Trinkwasser

Spezifische Betriebskosten für Nitrat	EUR/m ³	0,15	0,14	0,13	0,20
Spezifische Betriebskosten für PSM	EUR/m ³	0,04	0,04	0,06	
Spezifische Betriebskosten gesamt	EUR/m³	0,19	0,19	0,19	0,20

* Im Modell-Wasserwerk 4 ist keine PSM-Entfernung erforderlich.

** Verfahrenstechniken: Bio = Biologische Denitrifikation AKF = Aktivkohle-Filtration CARIX = Ionenaustausch RO = Umkehrosmose AOP = Advanced Oxidation Process ED = Elektrodialyse

Tabelle 67: Spezifische Aufbereitungskosten der verschiedenen Szenarien

Varianten		4 Basisvarianten (kleine Wasserwerke)	Mittelgroße Wasserwerke	Große Wasserwerke	Hohe Nitrat-Zielkonzentration	Niedrige Nitrat-Zielkonzentration	kostenpflichtige Abwasserentsorgung (Fall B)	Behandlung des Abwassers vor Ort (Fall C)
Jährliche Wasserabgabe	m ³ /a	1 Mio.	5 Mio.	25 Mio.	1 Mio.	1 Mio.	1 Mio.	1 Mio.
Niveau der Nitrat- und PSM-Ausgangskonzentration	-	Ist-Zustand	Ist-Zustand	Ist-Zustand	Ist-Zustand	Ist-Zustand	Ist-Zustand	Ist-Zustand
Nitrat-Zielkonzentration	mg/l	25	25	25	37,5	10	25	25
Art der Abwasserbehandlung	-	kostenfreie Gewässer- Einleitung (Fall A)	kostenfreie Gewässer- Einleitung (Fall A)	kostenfreie Gewässer- Einleitung (Fall A)	kostenfreie Ge- wässer-Einleitung (Fall A)	kostenfreie Ge- wässer-Einleitung (Fall A)	Einleitung in die Kanalisation (Fall B)	Vor-Ort- Abwasser- behandlung (Fall C)
Geschätzte Investitionskosten	Mio. EUR	3,1 - 5,0	11 - 16	29 - 46	2,7 - 3,2	3,7 - 6,0	3,1 - 5,0	3,4 - 5,4
Spezifische Kapitaldienstkosten	EUR/m ³	0,36 - 0,57	0,24 - 0,37	0,13 - 0,21	0,31 - 0,38	0,42 - 0,70	0,36 - 0,57	0,39 - 0,62
Spezifische Betriebskosten	EUR/m ³	0,19 - 0,20	0,15 - 0,17	0,12 - 0,14	0,11 - 0,16	0,22 - 0,29	0,19 - 0,40	0,19 - 0,23
Spezifische Gesamtkosten	EUR/m ³	0,55 - 0,76	0,40 - 0,54	0,25 - 0,36	0,47 - 0,52	0,65 - 0,99	0,62 - 0,93	0,62 - 0,84

Varianten		Moderater Nitrat- und PSM-Anstieg	Deutlicher Nitrat- und PSM-Anstieg	Niedrigste Spezifische Gesamtkosten *	Höchste spezifische Gesamtkosten
Jährliche Wasserabgabe	m³/a	1 Mio.	1 Mio.	25 Mio.	1 Mio.
Niveau der Nitrat- und PSM-Ausgangskonzentration	-	moderater Nitrat- und PSM-Anstieg	deutlicher Nitrat- und PSM-Anstieg	Ist-Zustand	deutlicher Nitrat- und PSM-Anstieg
Nitrat-Zielkonzentration	mg/l	25	25	37,5	10
Art der Abwasserbehandlung	-	kostenfreie Gewässer-Einleitung (Fall A)	kostenfreie Gewässer-Einleitung (Fall A)	kostenfreie Gewässer-Einleitung (Fall A)	Einleitung in die Kanalisation (Fall B)
Geschätzte Investitionskosten	Mio. EUR	3,1 - 5,0	3,1 - 5,0	23 - 35	3,7 - 6,0
Spezifische Kapitaldienstkosten	EUR/m³	0,36 - 0,57	0,36 - 0,57	0,11 - 0,15	0,42 - 0,70
Spezifische Betriebskosten	EUR/m³	0,20 - 0,22	0,21 - 0,26	0,10 - 0,11	0,24 - 0,57
Spezifische Gesamtkosten	EUR/m³	0,56 - 0,79	0,58 - 0,83	0,21 - 0,25	0,76 - 1,11

* ein eher unwahrscheinliches Szenario

Tabelle 68: Liste der getesteten PSM-Konzentration bei der RheinEnergie

Parameter	Parameter	Parameter	Parameter
2,4,5-T	Desisopropylatrazin	Imidacloprid	Pethoxamid
2,4-D	Desmedipham	Ioxynil	Picoxystrobin
2,4-DB	Diazinon	Iprodion	Pirimicarb
Aclonifen	Dicamba	Isoproturon	Prometryn
Alachlor	Dichlorprop	Karbutilat	Propazin
Atrazin	Diclobenil	Kresoxim-methyl	Propiconazol
Atrazin	Difenoconazol	Lenacil	Prosulfocarb
Azinphos-ethyl	Diflufenican	Linuron	Pyraclostrobin
Azoxystrobin	Dikegulac	MCPA	Quinoxifen
Bentazon	Dimethachlor	MCPB	Sebutylazin
Bifenox	Dimethenamid-P	Mecoprop	S-Ethyl-N,N-dipropylthiocarbamat
Boscalid	Dimethomorph	Metabenzthiazuron	Simazin
Bromacil	Dimoxystrobin	Metalaxyl-M	S-Metolachlor
Bromoxynil	Diuron	Metamitron	Tebuconazol
Carbofuran	Epoxiconazol	Metazachlor	Terbutryn
Carfentrazon-Ethyl	Ethofumesat	Metazachlor-OA	Terbutylazin
Chlorfenvinphos	Fenoprop	Metconazol	Triadimefon
Chloridazon	Fenpropimorph	Metobromuron	Triadimefon
Chlortoluron	Flufenacet	Metolachlor	Triadimenol
Clomazone	Flumioxazin	Metoxuron	Triallat
Cyazofamid	Fluopicolid	Metrafenon	Triazophos
Cycloat	Fluoxastrobin	Metribuzin	Triclopyr
Cyproconazol	Fluquinconazol	Monuron	Trifloxystrobin
Cyprodinil	Fluroxypyr	Napropamid	Trifluralin
Desethylterbutylazin	Flurtamone	Neburon	
Desethylatrazin	Flusilazol	Parathion-ethyl	
Desethylatrazin	Hexazinon	Pendimethalin	

Tabelle 69: Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Ostfriesische Marsch

Charakteristische Sedimente/ geogene Belastung	Grundwasserstockwerke/ Deckschichten	Charakterisierung Grundwasser/ Wasserversorgung
<p>Küstensedimente und fluviatile Gezeitenablagerungen</p> <p>Wechselfolgen aus Torflagen und klastischen Sedimenten</p> <p>holozäne, tonig-schluffige klastische Sedimente mit einer Mächtigkeit von 5 m, örtlich bis 10 m</p> <p>Versalzung des Grundwassers zur Küste hin</p> <p>ergiebige Süßwasservorkommen in tieferen Grundwasserstockwerken in der Nähe des Geestrandes</p>	<p>unteres Grundwasserstockwerk: über miozänen (Tertiär), schluffigen Feinsanden, Schluffen und Tonen, befinden sich kiesige Grob- und Mittelsande des Pliozän (Tertiär) (Mächtigkeit von 50 bis 150 m)</p> <p>oberes Grundwasserstockwerk: mittel- bis grobsandige quartäre Ablagerungen (30 bis 60 m Mächtigkeit)</p> <p>Deckschicht: bindige Sedimente des Holozäns</p>	<p><u>Grundwasserspiegel</u> (oberes unteres Stockwerk): gespannt</p> <p><u>Grundwassergefälle</u>: gering</p> <p><u>Bedeutung für Wasserversorgung</u>: keine, wegen der Grundwasserversalzung zur Küste hin</p> <p><u>Grundwasserneubildung</u>: relativ gering (unter 100 mm/a). Ursachen: geringe Durchlässigkeit der Marschsedimente, geringe Flurabstände, künstliche Entwässerung</p>

Tabelle 70: Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Oldenburgisch-Ostfriesische Geest

Charakteristische Sedimente/ geogene Belastung	Grundwasserstockwerke/ Deckschichten	Charakterisierung Grundwasser/ Wasserversorgung
<p>Die Basis des nutzbaren Grundwasserleiters bilden schluffige Feinsande des Miozäns, darüber folgen vorwiegend sandige Sedimente des Pliozäns und des Quartärs.</p> <p>Die Mächtigkeit der für die Wassergewinnung bedeutsamen oberen pliozänen Schichten schwankt zwischen 50 und ca. 100 m. Generell ist eine Zunahme der Mächtigkeit von Süden und Südosten nach Norden und Nordwesten zu beobachten</p> <p>Die überlagernden quartärzeitlichen Ablagerungen bestehen hauptsächlich aus Mittel- bis Grobsanden</p>	<p>Über den Deckschichten des oberen Aquifers („Lauenburger Ton“, Geschiebelehm) ist örtlich ein geringmächtiges oberstes Stockwerk ausgebildet.</p> <p>Insgesamt gesehen ist ein gut durchlässiger Aquifer vorhanden</p>	<p><u>Grundwasserspiegel</u>: keine Angaben</p> <p><u>Grundwassergefälle</u>: Das Grundwasser strömt im Südbereich generell der Leda zu, im nördlichen Teil zu den Niederungen der Ems und Weser oder in den Marschenbereich</p> <p><u>Bedeutung für Wasserversorgung</u>: gute bis sehr gute Entnahmebedingungen (Ausnahme der Verbreitungsgebiete des „Lauenburger Tons“)</p>

Tabelle 71: Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Hunte-Leda Moorniederung

Charakteristische Sedimente/ geogene Belastung	Grundwasserstockwerke/ Deck- schichten	Charakterisierung Grundwas- ser/ Wasserversorgung
<p>Schichtenfolge an der Geländeoberfläche mit holozänen und weichselzeitlichen Flugsanden und Dünen, die weiträumig weichselzeitliche Talsande und saale- und elsterzeitliche Schmelzwassersande überlagern</p> <p>Gesamtmächtigkeit der quartärzeitlichen, fein- bis mittel-sandigen, z. T. auch grobkörnigeren, gut durchlässigen Ablagerungen beträgt im Allgemeinen ca. 20 - 50 m.</p>	<p>Sande des Pliozäns bilden mit den jüngeren pleistozänen Ablagerungen einen zusammenhängenden Aquifer, da im Grenzbereich Pleistozän/Pliozän zumeist keine stockwerkstrennenden Schichten anzutreffen sind (Mittel- bis Grobsande, deren Mächtigkeit nach Nordwesten bis auf 100 m zunimmt)</p> <p>Mächtigkeit des Gesamtaquifers (nur örtlich durch eingeschaltete gering durchlässige Schichten in mehrere Stockwerke untergliedert): von Norden nach Nordwesten (100 bis über 150 m)</p> <p>Aquiferbasis: 10 - 20 m mächtiger feinsandiger Schluff im Übergangsbereich zu Schluffen des Miozäns</p> <p>Grundwasseroberfläche: nur in den Bereichen mit gering durchlässigen Deckschichten gespannt</p>	<p><u>Grundwasserspiegel:</u> keine Angaben</p> <p><u>Grundwassergefälle:</u> keine Angaben</p> <p><u>Bedeutung für Wasserversorgung:</u> das schwach saure Grundwasser ist von weicher Beschaffenheit, ohne weitere Auffälligkeiten.</p>

Tabelle 72: Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Syker Geest

Charakteristische Sedimente/ geogene Belastung	Grundwasserstockwerke/ Deck- schichten	Charakterisierung Grundwas- ser/ Wasserversorgung
<p>quartärzeitliche Schichtenfolge: 30 – 70 m (lokal über 150 m)</p> <p>mächtigen Serie von teils schluffigen Feinsanden, darauf folgend lückenlose Überlagerung von überwiegend grobkörnigen Sanden der Saale-Kaltzeit (10 und 30 m)</p> <p>saalezeitlichen Schmelzwassersande werden großflächig durch drenthestadialen Geschiebelehm von mehreren Metern Mächtigkeit (3 – 10 m) überlagert</p> <p>Niederungen: holozäne Auesedimente und Torfe</p>	<p>mäßig bis gut durchlässiger Lockergesteinsaquifer</p> <p>In die Sande sind örtlich relativ mächtige schluffig-tonige Schichten des Quartärs in unterschiedlicher Ausbreitung und wechselnden Höhenniveaus eingeschaltet → Schluffschichten führen zu lokaler Stockwerkstrennung</p>	<p><u>Grundwasserspiegel:</u> Die Grundwasseroberfläche liegt im zentralen Teil der Geest etwa 30 m unter Flur. In Bereichen mit Stockwerkstrennung ist der untere Grundwasserleiter gespannt.</p> <p><u>Grundwassergefälle:</u> Der Grundwasserabstrom erfolgt einerseits in nordwestlicher bis südlicher Richtung zur Großen Aue sowie andererseits in nordöstlicher bis östlicher Richtung zur Weser als Vorfluter.</p> <p><u>Bedeutung für Wasserversorgung:</u> Gefördert werden Wässer von geringer Härte, die nach der Enteisung eine für Trinkwassernutzung günstige Beschaffenheit aufweisen.</p>

Tabelle 73: Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Sögeler Geest

Charakteristische Sedimente/ geogene Belastung	Grundwasserstockwerke/ Deckschichten	Charakterisierung Grundwasser/ Wasserversorgung
<p>bis in eine Tiefe von ca. 70 m unter NN: sandige Schichten pleistozänen Alters (Mächtigkeit von bis zu 140 m), unterlagert von schluffigen Feinsanden des Tertiärs.</p> <p>quartärzeitliche Schichtenfolge: 80 m mächtigen fluviatilen Fein- bis Mittelsanden des Altpleistozäns, 5 - 30 m mächtiger elsterzeitlicher Grobsand, tonig-schluffigen Feinsanden und Torflagen → Verschuppung der Schichten, Oberflächenbedeckung: 10 m mächtige Geschiebelehm der Grundmoräne</p>	<p>ohne Stockwerkstrennung</p> <p>In den generell gut grundwasserleitenden Sanden des Pleistozäns ist ein bis zu 100 m mächtiger Aquifer ausgebildet.</p>	<p><u>Grundwasserspiegel:</u> Grundwasseroberfläche ist frei (nicht gespannt), tw. unter Geschiebelehm auch gespannt</p> <p><u>Grundwassergefälle:</u> Das Grundwasser fließt von einer in der Höhe von Sögel liegenden, von West-Ost verlaufenden Grundwasserscheide allseitig zum Geestrand hin ab.</p> <p><u>Bedeutung für Wasserversorgung:</u> Das Grundwasser ist generell sehr weich bis weich, Eisen-, Chlorid- und Sulfatgehalte sind gering.</p>

Tabelle 74: Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Cloppenburg Geest

Charakteristische Sedimente/ geogene Belastung	Grundwasserstockwerke/ Deckschichten	Charakterisierung Grundwasser/ Wasserversorgung/
<p>hydrogeologisch bedeutsamer Anteil der Grundwasservorkommen: in den flächenhaft verbreiteten Lockergesteinen des Quartärs unterlagert werden diese Ablagerungen von gering durchlässigen Tonen und Schluffen des Miozäns.</p> <p>Rinnensystem: Quartärmächtigkeiten von über 100 m (Wechsellagerungen von Schluffen, Tonen und Sanden)</p> <p>im übrigen Gebiet: Gesamtmächtigkeit der pleistozänen Sedimente zwischen 25 und 50 m.</p>	<p>Zusammenhängende Aquifer: sandig ausgebildete Schmelzwasserablagerungen, überwiegend Feinsande, im unteren Teil häufig Mittel- bis Grobsande oder Kiese</p> <p>Stockwerke: gering durchlässige Schichten, wie z. B. tonig-schluffige, z. T. humose Stillwasserablagerungen sowie Geschiebelehme und -mergel mit mehr als 10 m Mächtigkeit, überlagern weiträumig die Sandfolgen → meist nur eine unvollkommene hydraulische Trennung → bedeutungsvoll für den Schutz des Grundwassers</p> <p>Im Grenzbereich Pleistozän/Pliozän sind zumeist keine stockwerkstrennenden Schichten anzutreffen. In diesem Fall ist ein einheitlicher plio-/pleistozäner Grundwasserleiter vorhanden (Mächtigkeit im Mittel ca. 50 - 100 m, unter</p>	<p><u>Grundwasserspiegel:</u> Die Grundwasseroberfläche ist im Allgemeinen frei, z. T. jedoch an der Unterflache des Geschiebelehms gespannt.</p> <p><u>Grundwassergefälle:</u> sowohl nach Norden als auch nach Osten zur Hunte und nach Süden zur Hase gerichtet.</p> <p><u>Bedeutung für Wasserversorgung:</u> die Grundwasservorkommen werden durch mehrere Wasserwerke genutzt.</p>

	den pliozänen Sanden bildet stellenweise ein ca. 10 –20 m mächtiger toniger Schluff die Aquiferbasis	
--	--	--

Tabelle 75: Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Quakenbrücker Becken

Charakteristische Sedimente/ geogene Belastung	Grundwasserstockwerke/ Deck-schichten	Charakterisierung Grundwasser/ Wasserversorgung
quartären Ablagerungen durch einen starken vertikalen und horizontalen Wechsel unterschiedlich durchlässiger Schichten gekennzeichnet meist sandig, z. T. auch kiesig ausgebildeten Fluss- und Schmelzwasserablagerungen gering durchlässige Schichten	Mehrere Stockwerke: geteilt durch schluffreiche Einschaltungen der Eem-Warmzeit Im überwiegenden Flächenanteil beträgt die Aquifermächtigkeit zwischen 25 und 50 m. Gesamtmächtigkeit des Lockergesteinsaquifers wechselt regional. Aquifermächtigkeit: zwischen 25 und 50 m schluffreiche Einschaltungen: sind bedeutungsvoll für den Schutz des Grundwassers im tieferen Aquifer.	<u>Grundwasserspiegel:</u> keine Angaben <u>Grundwassergefälle:</u> keine Angaben <u>Bedeutung für Wasserversorgung:</u> wasserwirtschaftlich genutzt werden die ca. 50 m mächtigen, sandigen Quartärablagerungen

Tabelle 76: Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Dammer Berge

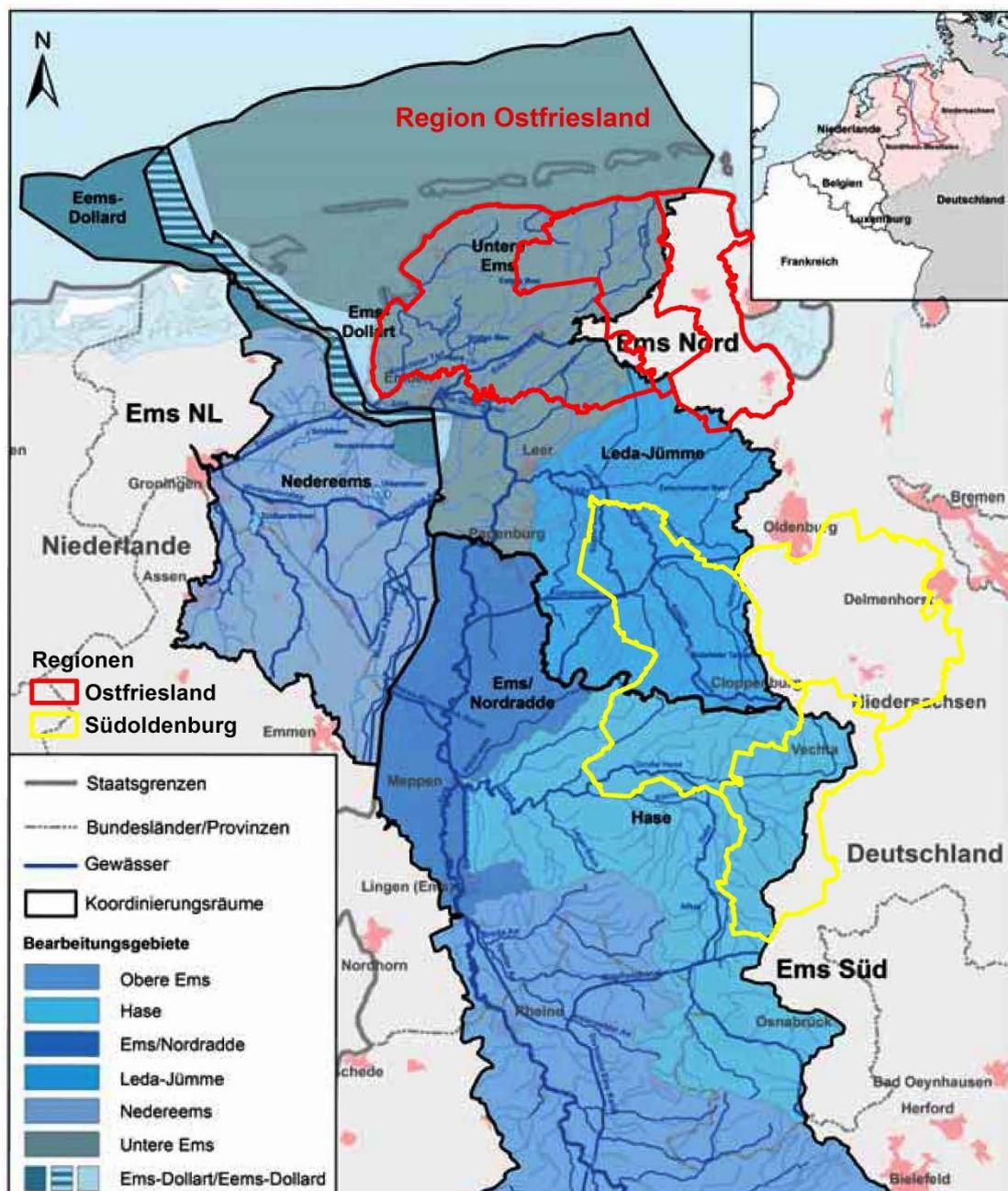
Charakteristische Sedimente/ geogene Belastung	Grundwasserstockwerke/ Deck-schichten	Charakterisierung Grundwasser/ Wasserversorgung
Porengrundwasserleiter, Lockergesteinsaquifer mit stark wechselnder Mächtigkeit und Durchlässigkeit, silikatischer Gesteinscharakter Tone und Schluffe des Tertiärs mit quartären Eis- und Schmelzwasserablagerungen verschuppt.	Tertiärschuppen erhöhen gebietsweise das Schutzpotenzial der Grundwasserüberdeckung, bewirken lokal eine Verminderung des Durchflussquerschnittes im hydraulisch sehr komplizierten Grundwasserraum der Stauungszone → Aquifermächtigkeit wechselt engräumig stark → größere Grundwassererschließungsprojekte fehlen	<u>Grundwasserspiegel:</u> kleinräumig stark schwankend <u>Grundwassergefälle:</u> der Grundwasserabstrom erfolgt im Südteil in südwestlicher bis westlicher Richtung auf die Vördener Aue zu <u>Bedeutung für Wasserversorgung:</u> im Randbereich der Stauungszone, mit hohem Grundwassergefälle, bestehen hydraulisch günstige Verhältnisse für Grundwasserentnahmen

Tabelle 77: Hydrogeologische Gegebenheiten im Teilraum Diepholzer Moorniederung und Rinne von Hille

Charakteristische Sedimente/ geogene Belastung	Grundwasserstockwerke/ Deck-schichten	Charakterisierung Grundwasser/ Wasserversorgung
Keine Angaben	Grundwasserleiter: die Aquiferbasis wird im Süden von Tonen und Sandsteinen der Unterkreide, im Zentralbereich von Feinsand- und Schluffsteinen der Oberkreide	<u>Grundwasserspiegel:</u> keine Angaben <u>Grundwassergefälle:</u> keine Angaben <u>Bedeutung für Wasserversorgung:</u>

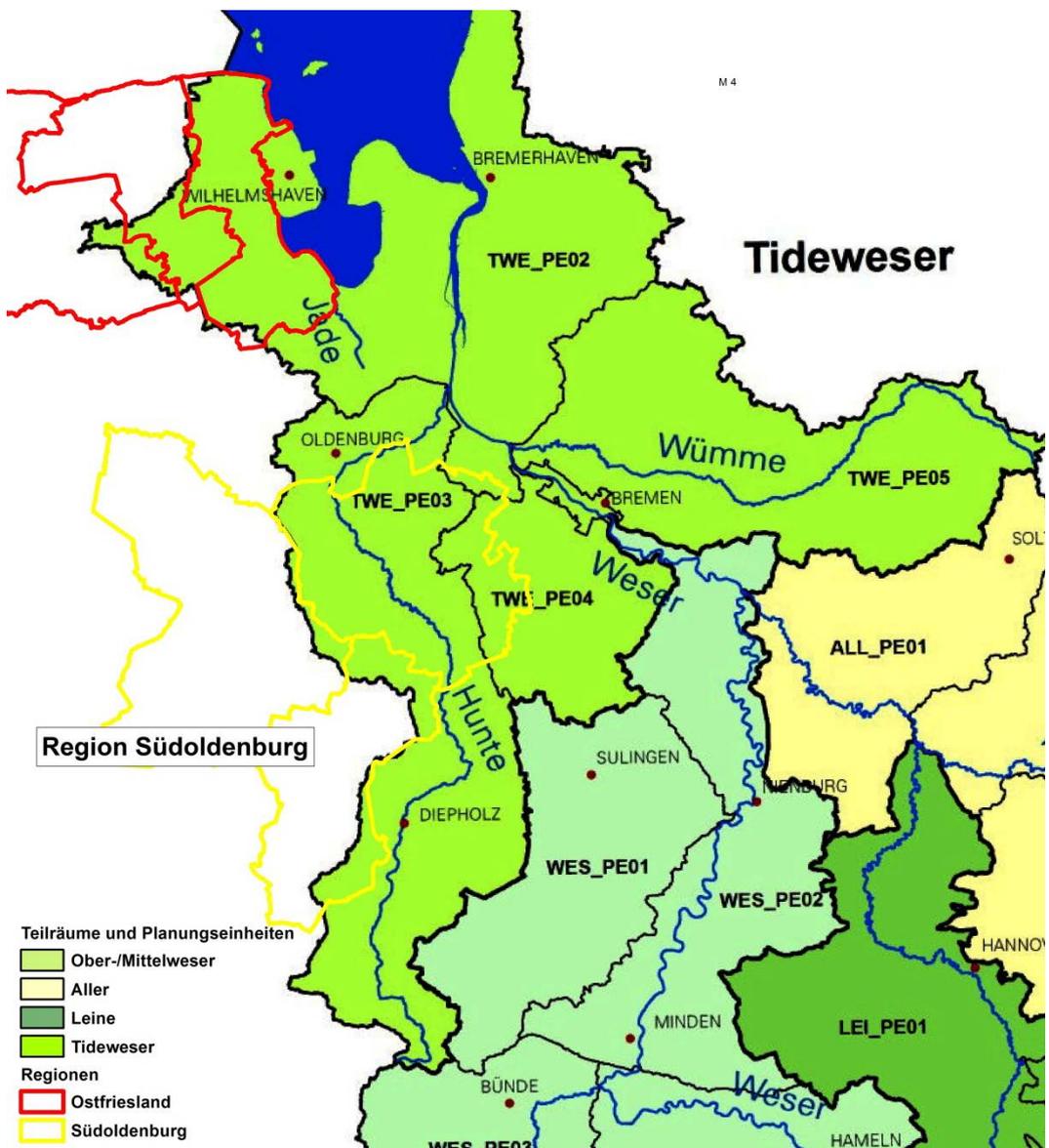
Charakteristische Sedimente/ geogene Belastung	Grundwasserstockwerke/ Deck- schichten	Charakterisierung Grundwasser/ Wasserversorgung
	de gebildet. → Aquifermächtigkeit: bis 25 m, am Südosthang der Dammer Berge stellenweise mehr als 50 m fluviatile Grobsande und Kiese erreichen auch bei geringer Aquifermächtigkeit eine hohe Ergiebigkeit	keine Angaben

Abbildung 65: FGE Ems – Bearbeitungsgebiete und Koordinierungsräume



Quelle: Flussgemeinschaft Ems 2015a.

Abbildung 66: FGE Weser – Teilräume und Planungseinheiten



Quelle: Flussgemeinschaft Weser 2016a.

Tabelle 78: Informationen zu den Wasserschutzgebieten in der Modellregion Ostfriesland

Ostfriesland	Informationen zu den Wasserschutzgebieten
Wasserschutzgebiet Aurich	<p>Lage: nördliches Verbandsgebiet; Landkreis Aurich; östlich von Aurich</p> <p>Größe: 62,19 km²</p> <p>Wasserförderung seit 1976</p> <p>Anzahl Förderbrunnen: 6</p> <p>Entnahmerecht: 4,5 Mio. m³/a</p> <p>Nutzung: 62 % der Wassergewinnungsgebietsfläche werden landwirtschaftlich genutzt, davon 42 % als Ackerland und 45 % als Grünland; der Anteil der forstwirtschaftlich genutzten Fläche beträgt 18 %</p>

Wasserschutzgebiet Harlingerland	<p>Lage: nördliches Verbandsgebiet; Landkreise Wittmund und Aurich; westlich von Wittmund und nördlich von Aurich</p> <p>Größe: 124,30 km²</p> <p>Wasserförderung seit 1964</p> <p>Anzahl Förderbrunnen: 15</p> <p>Entnahmerecht: 13,0 Mio. m³/a</p> <p>Nutzung: 73 % der Schutz- und Gewinnungsgebietsfläche werden landwirtschaftlich genutzt, davon 46 % als Ackerland und 46 % als Grünland; der Anteil der forstwirtschaftlich genutzten Fläche beträgt 7,5 %</p>
Wasserschutzgebiet Sandermons	<p>Lage: nördliches Verbandsgebiet; Landkreise Friesland und Wittmund; zwischen Wittmund und Friedeburg</p> <p>Größe: 61,45 km²</p> <p>Wasserförderung seit 1978</p> <p>Anzahl Förderbrunnen: 26</p> <p>Entnahmerecht: 10,0 Mio. m³/a</p> <p>Nutzung: 70 % der Schutzgebietsfläche werden landwirtschaftlich genutzt, davon 32 % als Ackerland und 62 % als Grünland; der Anteil der forstwirtschaftlich genutzten Fläche beträgt 17 %</p>

Quelle: OOWV 2007, 2016d.

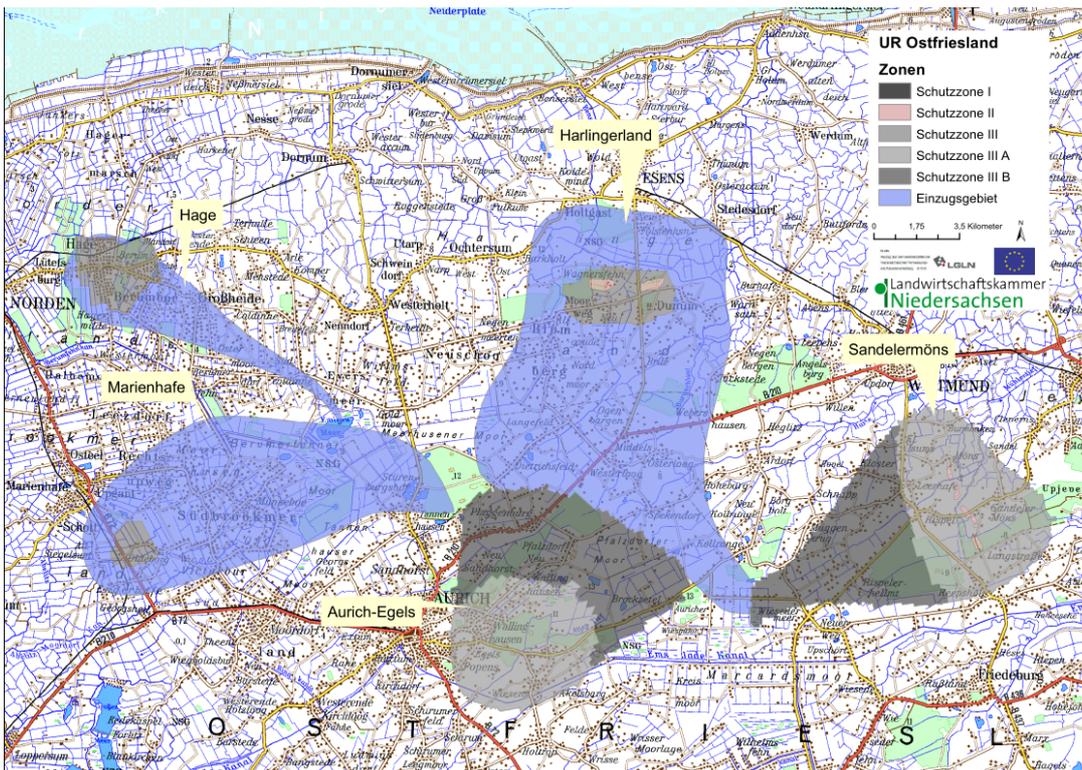
Tabelle 79: Informationen zu den Wasserschutzgebieten in der Modellregion Südoldenburg

Südoldenburg	Informationen zu den Wasserschutzgebieten
Wasserschutzgebiet Großenkneten	<p>Lage: südliches Verbandsgebiet; Landkreise Oldenburg und Cloppenburg; zwischen Cloppenburg und Großenkneten</p> <p>Größe: 60,34 km²</p> <p>Wasserförderung seit 1970</p> <p>Anzahl Förderbrunnen: 58</p> <p>Entnahmerecht: 19 Mio. m³/a</p> <p>Nutzung: 54 % der Schutzgebietsfläche wird landwirtschaftlich genutzt, davon 75 % als Ackerland und 9,7 % als Grünland; Anteil der forstwirtschaftlich genutzten Fläche: 33 %</p>
Wasserschutzgebiet Harpstedt	<p>Lage: südliches Verbandsgebiet; Landkreise Oldenburg und Diepholz; östlich von Harpstedt</p> <p>Größe: 18,13 km²</p> <p>Wasserförderung seit 1989</p> <p>Anzahl Förderbrunnen: 12</p> <p>Entnahmerecht: 2,6 Mio. m³/a</p> <p>Nutzung: 45 % der Gewinnungsgebietsfläche werden landwirtschaftlich genutzt, davon 89 % als Ackerland und 7 % als Grünland; der Anteil der forstwirtschaftlich genutzten Fläche beträgt 49 %</p>

Wasserschutzgebiet Holdorf	<p>Lage: südliches Verbandsgebiet; Landkreis Vechta; südlich von Holdorf</p> <p>Größe: 24,15 km²</p> <p>Wasserrförderung seit 1968</p> <p>Anzahl Förderbrunnen: 14</p> <p>Entnahmerecht: 4,67 Mio. m³/a</p> <p>Nutzung: 42 % der Schutz- und Gewinnungsgebietsfläche werden landwirtschaftlich genutzt, davon 86 % als Ackerland und 7 % als Grünland; der Anteil der forstwirtschaftlich genutzten Fläche beträgt 48 %</p>
Wasserschutzgebiet Thüls- felde	<p>Lage: südliches Verbandsgebiet; Landkreis Cloppenburg; zwischen Cloppenburg und Friesoythe</p> <p>Größe: 73,59 km²</p> <p>Wasserrförderung seit 1963</p> <p>Anzahl Förderbrunnen: 40</p> <p>Entnahmerecht: 14,3 Mio. m³/a</p> <p>Nutzung: 49 % der Schutz- und Gewinnungsgebietsfläche werden landwirtschaftlich genutzt, davon 82 % als Ackerland und 8 % als Grünland; Anteil forstwirtschaftlich genutzter Flächen: 40 %</p>
Wasserschutzgebiet Wildeshausen	<p>Lage: südliches Verbandsgebiet; Landkreise Oldenburg und Vechta; nordöstlich (Fassung D) und südwestlich (Fassung A–C) von Wildeshausen</p> <p>Größe: 59,55 km²</p> <p>Wasserrförderung seit 1961</p> <p>Anzahl Förderbrunnen: 24</p> <p>Entnahmerecht: 11,5 Mio. m³/a</p> <p>Nutzung: 64 % der Schutz- und Gewinnungsgebietsfläche werden landwirtschaftlich genutzt, davon 85 % als Ackerland und 7 % als Grünland; der Anteil der forstwirtschaftlich genutzten Fläche beträgt 8 %</p>

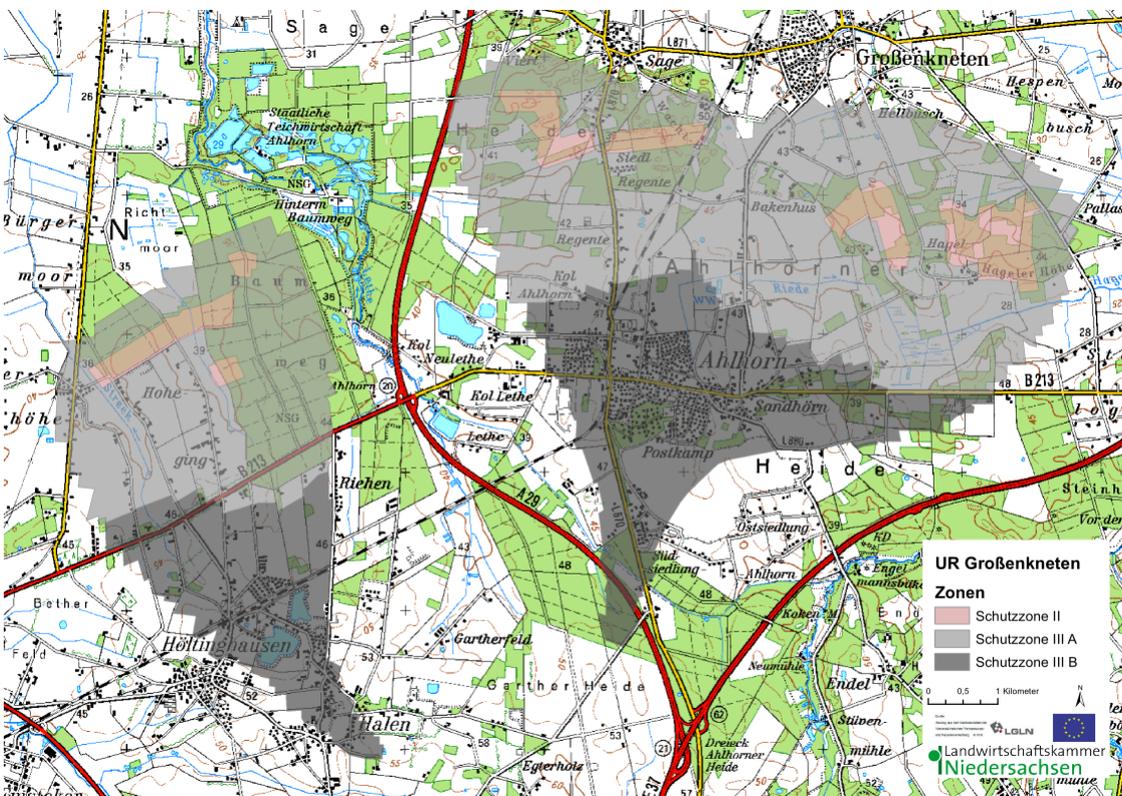
Quelle: OOWV 2007, 2016d.

Abbildung 67: Geografische Karte der TGG der Kooperation OOWV, Ostfriesland



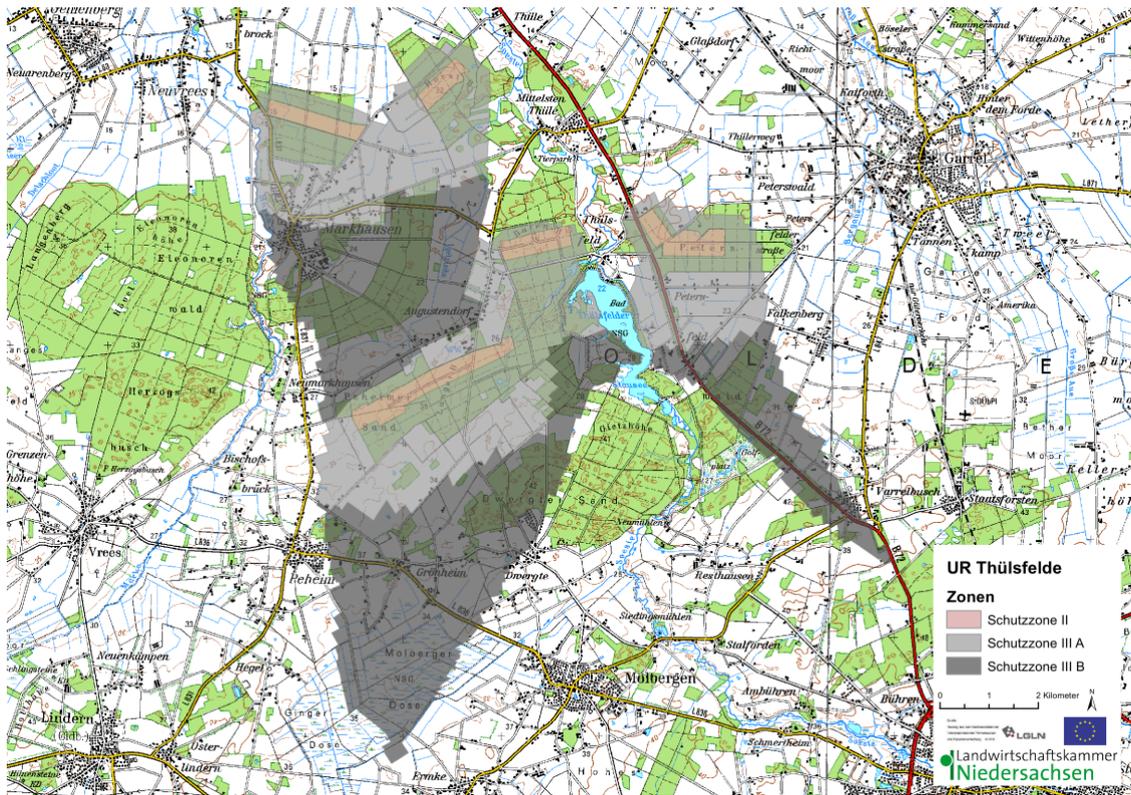
Quelle: <http://www.oowv.de/wissen/wasserschutz/wassergewinnungsgebiete/>

Abbildung 68: Geografische Karte der TGG der Kooperation OOWV, Großenkneten



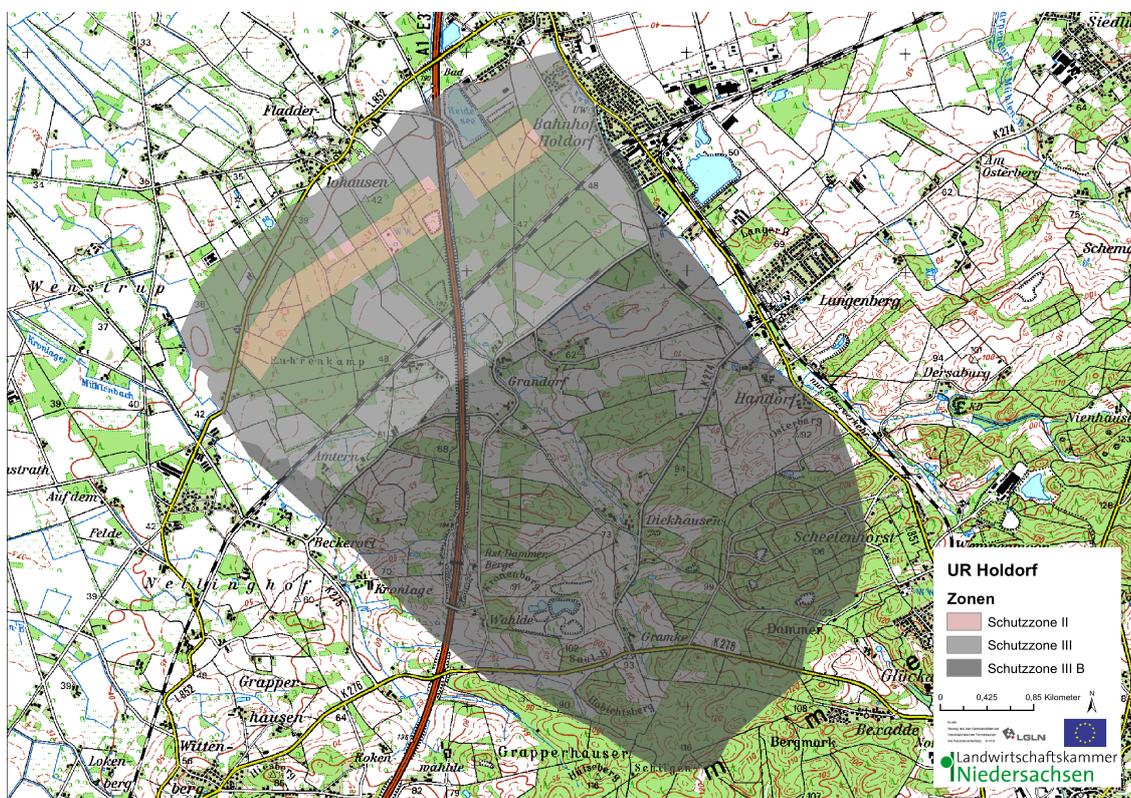
Quelle: <http://www.oowv.de/wissen/wasserschutz/wassergewinnungsgebiete/>

Abbildung 69: Geografische Karte der TGG der Kooperation OOWV, Thülsfelde



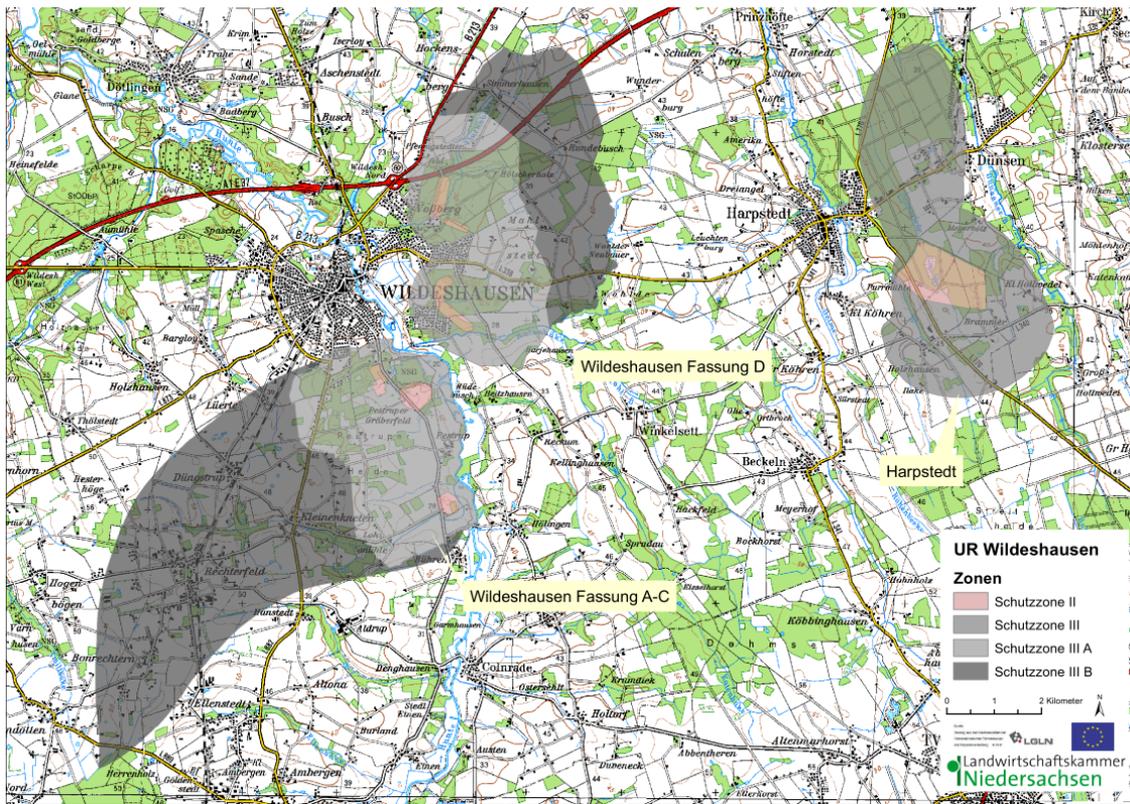
Quelle: <http://www.oowv.de/wissen/wasserschutz/wassergewinnungsgebiete/>

Abbildung 70: Geografische Karte der TGG der Kooperation OOWV, Holdorf



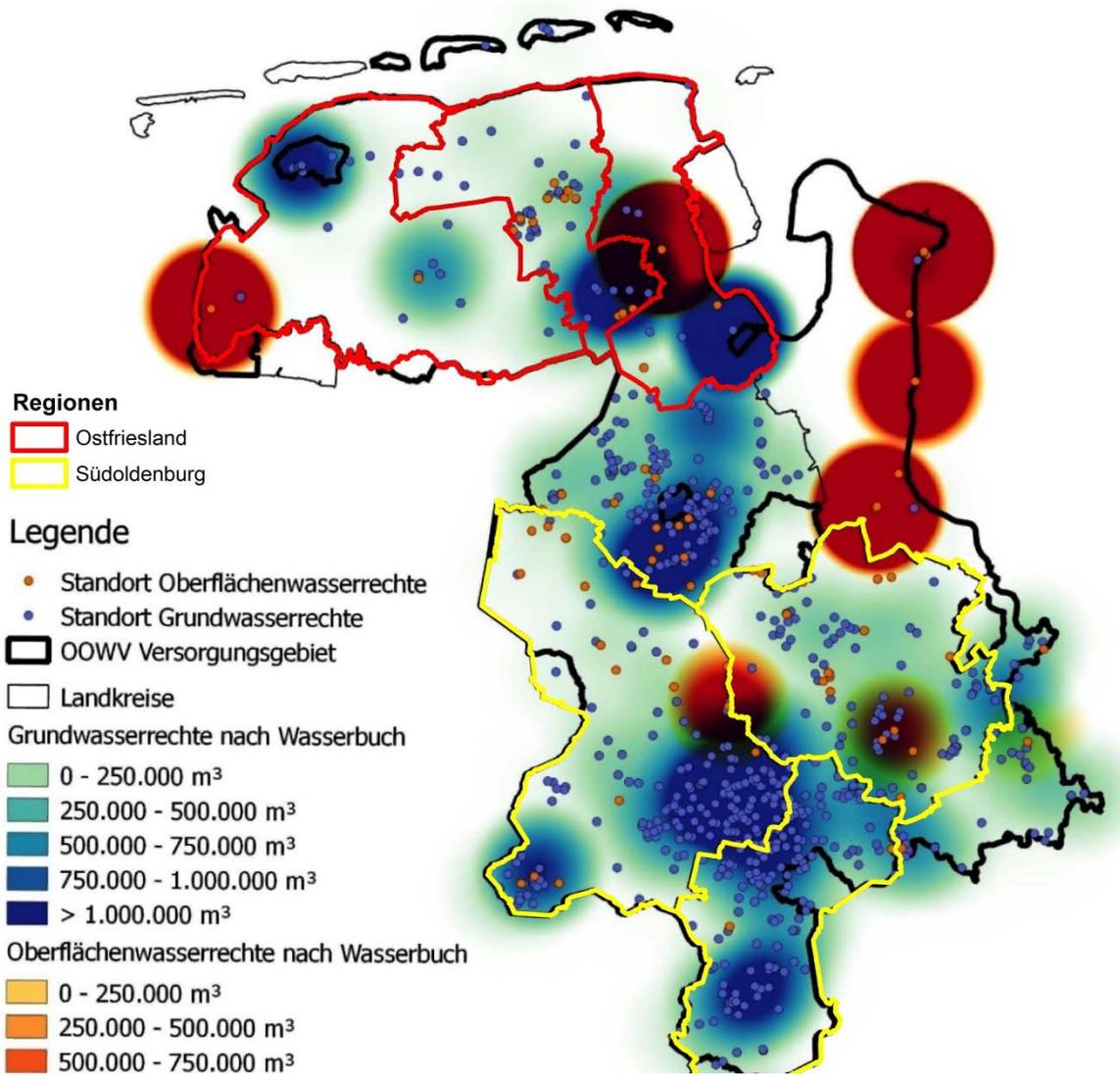
Quelle: <http://www.oowv.de/wissen/wasserschutz/wassergewinnungsgebiete/>

Abbildung 71: Geografische Karte der TGG der Kooperation OOWV, Wildeshausen



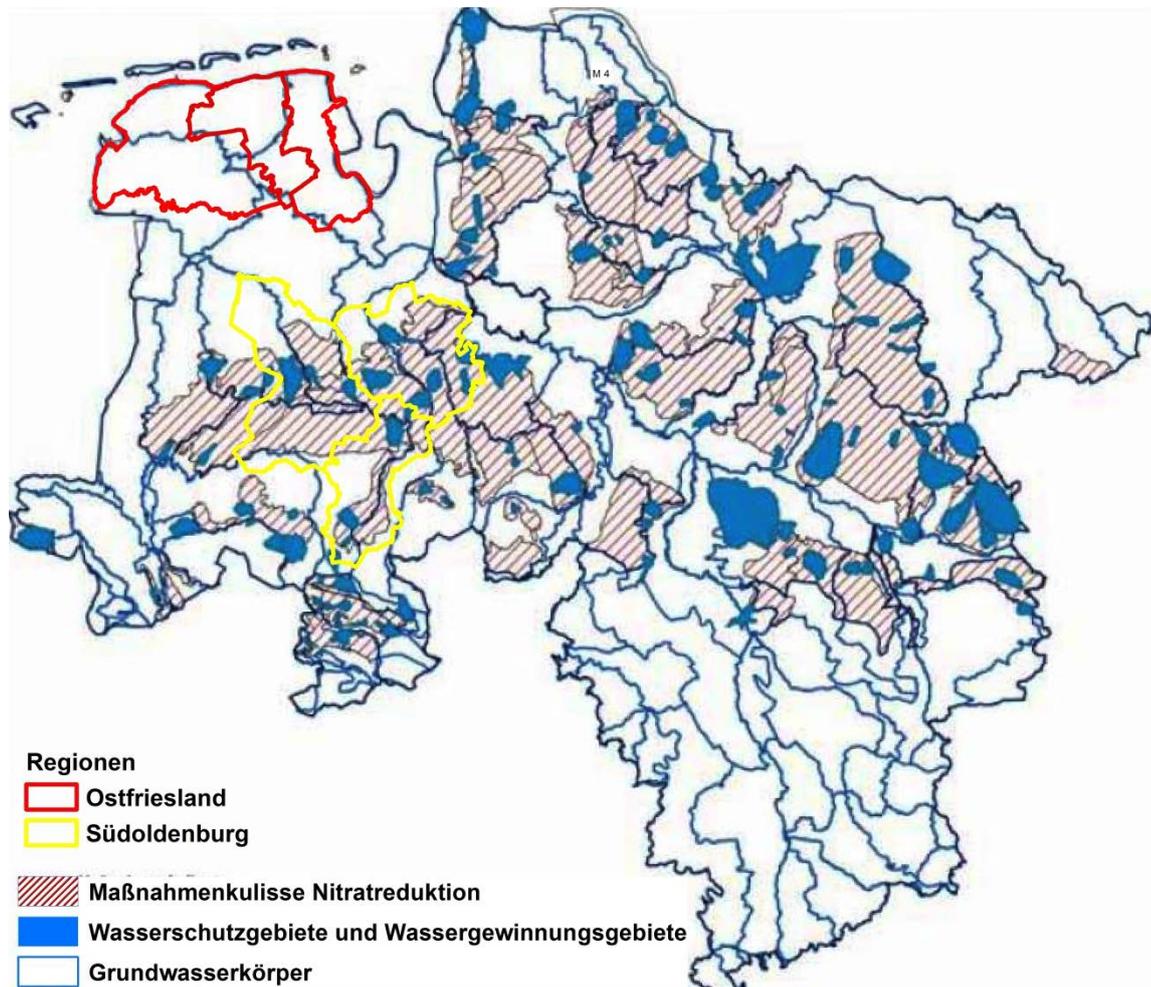
Quelle: <http://www.oowv.de/wissen/wasserschutz/wassergewinnungsgebiete/>

Abbildung 72: Überblick über genehmigte Wasserentnahmen nach Wasserbuch



Quellen: eigene Darstellung nach OOWV, Wasserbuch Niedersachsen; Kartengrundlage: GeoBasis-DE/BKG 2D13.

Abbildung 73: Maßnahmenkulisse zur Reduktion des Nitratreintrags über Agrarumweltmaßnahmen und Beratung



Quelle: verändert nach: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2015, S. 99).

Tabelle 80: Mittlere Minderung des Stickstoffüberschusses von Schlagbilanzen durch freiwillige Vereinbarungen auf Acker- und Grünlandstandorten der Jahre 2008 bis 2012

FV Code	Bezeichnung	[kg N/ha]	Mittlere Minderung des Stickstoffüberschusses				
			2008	2009	2010 [kg N]	2011	2012
I	Schlagbilanzen	0	0	0	0	0	0
I.A	Wirtschaftsdünger-Aufbringzeiten	10	347.010	465.470	446.360	454.520	424.420
I.B	Wirtschaftsdünger-Aufbringverzicht	25	85.050	35.200	44.675	41.525	46.875
I.C	Wirtschaftsdünger-Verteiltechnik	15	397.080	408.435	385.275	305.595	299.325
I.E Brache	Brachebegrünung	50	360.700	152.050	67.000	60.100	12.950
I.E Sonst.	Begrünung ZF, Untersaaten u.ä.	0	0	0	0	0	0
I.F	Gewässerschon. Fruchtfolgegestalt.	30	153.480	190.770	335.730	298.800	270.570
I.G	Grünlandextensivierung	30	219.720	198.060	195.360	217.260	177.360
I.H	Grünlanderneuerung	10	39.270	44.660	62.920	73.190	89.550
I.I	Reduzierte N-Düngung	30	308.310	338.310	309.270	316.620	320.100
I.J	Reduzierte Bodenbearbeitung	10	53.640	58.150	82.270	74.270	83.400
I.K	Maisengsaat	0	0	0	0	0	0
I.L	Unterfußdüngung	10	8.800	7.990	4.300	4.050	6.043
I.M	Einsatz stabilerter N-Dünger	10	5.880	5.560	14.720	9.310	11.830
I.N	Reduzierter Herbizideinsatz	0	0	0	0	0	0
I.O	Ökolandbau+ (Gewässerschutz)	60	279.607	269.005	257.205	266.040	257.605
II	Umwandlung von Acker in Grünland	50	54.750	67.200	28.250	37.900	34.350
Summe [kg N]			2.313.297	2.240.860	2.233.335	2.159.180	2.034.377
N-Minderung / Vereinbarungsfäche [kg N/ha]			11,3	9,7	11,5	12,2	12,0
N-Minderung / LF [kg N/ha]			7,6	7,3	7,2	7,0	6,6

Quelle: NLWKN 2015

Tabelle 81: Im OOWV durchgeführte Maßnahmen

Kulturart	Maßnahmen
Grünland	Grünlandextensivierung
Feldgras	Grünlandextensivierung und Fruchtfolge- maßnahmen
Sommergetreide	Begrünungsmaßnahmen und Fruchtfolge- maßnahmen
Wintergetreide	Begrünungsmaßnahmen und Fruchtfolge- maßnahmen
Mais	Begrünungsmaßnahmen, Maisengsaat und reduzierte N-Düngung
Raps	Begrünungsmaßnahmen und Fruchtfolge- maßnahmen
Sonderkulturen	Begrünungsmaßnahmen

Quelle: LWK 2016

Tabelle 82: Ausgaben für freiwillige Vereinbarungen im Jahr 2012

FV Code	Bezeichnung	Ausgaben für Freiwillige Vereinbarungen [€]			
		Festgestein	Lockergestein östlich d. Wassers	Lockergestein westlich d. Wassers	Land
I	Schlagbilanzen	6.042	3.185	2.057	11.284
I.A	Wirtschaftsdünger-Aufbringzeiten	71.964	34.718	374.041	480.722
I.B	Wirtschaftsdünger-Aufbringverzicht	90.753	58.557	118.104	267.415
I.C	Wirtschaftsdünger-Verteiltechnik	55.985	49.396	503.263	608.645
I.D	Wirtschaftsdünger- und Bodenanalysen	2.572	2.244	2.274	7.090
I.E Brache	Brachebegrünung	12.609	10.437	5.082	28.129
I.E Sonst.	Begrünung Zwischenfr., Unters. u.ä.	654.844	2.270.769	1.276.951	4.202.564
I.F	Gewässerschon. Fruchtfolgegestaltung	1.037.514	616.928	558.297	2.212.738
I.G	Grünlandextensivierung	192.488	61.072	403.108	656.668
I.H	Grünlanderneuerung	11.242	50.347	212.506	274.095
I.I	Reduzierte N-Düngung	334.763	391.985	189.997	916.745
I.J	Reduzierte Bodenbearbeitung	42.912	219.950	77.092	339.954
I.K	Maisengsaat	23.417	68.025	299.099	390.542
I.L	Unterfußdüngung	0	15.482	413	15.894
I.M	Einsatz stabilisierter N-Dünger	3.779	35.774	0	39.553
I.N	Reduzierter Herbizideinsatz	0	37.374	0	37.374
I.O	Ökolandbau+ (Gewässerschutz)	220.837	236.377	169.294	626.508
II	Umwandlung von Acker in Grünland	148.458	39.209	14.276	201.942
III	Erosionsschutz Forst	44.490	0	0	44.490
IV	Waldumbau	0	305.655	0	305.655
Summe [€]		2.954.669	4.507.484	4.205.853	11.668.007
Summe [€/ha LF]		41	36	38	38

Tabelle 83: Maßnahmenkatalog mit Effizienzbewertung (RWW)

Zwischenfruchtanbau und herbstliche Bodenbearbeitung			
Nr.	Maßnahme	Bewirtschaftungsbedingungen für gute Effizienz	Effizienzbewertung
1.	Zwischenfruchtanbau (winterhart, später Umbruch)	<ul style="list-style-type: none"> Anbau einer leguminosenfreien Zwischenfrucht (ZF) nach der Hauptfruchternte Mindestens 50 % des ZF-Bestandes muss aus einer winterharten ZF bestehen (Raps, Rüben, Roggen, Gras, Ölrettich) Zur ZF keine Stickstoffdüngung 	+++

		<ul style="list-style-type: none"> Keine Beweidung, aber Ernte nach Mitte Oktober möglich, danach möglichst keine Bodenbearbeitung im Herbst Die Einsaat hat bis zum 05.09. zu erfolgen Die Aussaat reinen Grünroggens kann bis zum 15.09. erfolgen Umbruch der ZF frühestens ab dem 15.03. des Folgejahres Umbruch vor Kartoffeln und anderen Frühlulturen frühestens ab 15.02. des Folgejahres <u>Der Aufwuchs der ZF ist in der N-Düngeplanung für die Folgekultur zu berücksichtigen</u> 	
2.	Zwischenfruchtanbau mit Grünroggen und später Aussaat	Anbau wie unter Maßnahme 1, allerdings Aussaat zwischen dem 16.09. und 15.10.	++
3.	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach der Ernte mit nachfolgendem Anbau einer Sommerung	<ul style="list-style-type: none"> Keine Bodenbearbeitung bis zum 15.03. des Folgejahres Keine Stickstoffdüngung und / oder Stallmistausbringung von der Ernte bis zum 15.03. des Folgejahres Der Einsatz eines Totalherbizides im Frühjahr ist möglich Keine Düngung vor 15.03. 	+++

N-Düngeplanung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger			
Nr.	Maßnahme	Bewirtschaftungsbedingungen für gute Effizienz	Effizienzbewertung
4.	Jährliche Frucht- und schlagspezifische N-Düngeplanung	<ul style="list-style-type: none"> Erstellung eines N-Düngeplanes im Spätwinter/Frühjahr auf Basis der N-Sollwerte mit Hilfe der von der Beratung zur Verfügung gestellten Schätzschemata 	+++
5.	N _{min} -Beprobung von Maisflächen zur standortangepassten N-Düngeplanung	<ul style="list-style-type: none"> im 4-6-Blattstadium um den 1. Juni Anpassung des Sollwertes an unterschiedliche Standort- und Düngeverhältnisse 	+++
6.	Gülleausbringung mit Schleppschuh-/Schlitztechnik auf Grünland	<ul style="list-style-type: none"> Ausbringung von Gülle und Gärsubstraten mit links genannter Technik auf Grünland und Ackergras 	++
7.	Wirtschaftsdüngervollanalysen	<ul style="list-style-type: none"> Zeitnahe Untersuchung der Wirtschaftsdünger vor der Ausbringung durch N-Schnellbestimmung oder Vollanalyse 	+++
8.	Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen im Frühjahr	<ul style="list-style-type: none"> Zum vorbeugenden Gewässerschutz wird der Einsatz von N-stabilisierenden Zuschlagstoffen in der Gülle empfohlen 1) 	++
9.	Gülleseparation	<ul style="list-style-type: none"> Export der Dickphase Düngung mit der Dünnphase 	+++

10.	Stallmist in der Biogasanlage aufschließen	<ul style="list-style-type: none"> • Transport von Mist in Biogasanlagen, Umwandlung von organisch gebundenem Stickstoff in Ammoniumstickstoff • Düngung mit Gärsubstrat (möglichst Dünnphase) im Mistlieferbetrieb 	+++
-----	--	---	-----

Grünlandmanagement

Nr.	Maßnahme	Bewirtschaftungsbedingungen für gute Effizienz	Effizienzbewertung
11.	Umbruchlose Grünlandverbesserung	<ul style="list-style-type: none"> • Grünlandübersaat • Grünlandnachsaat • Grünlandneuansaat mit Bodenbearbeitung nach Beratung durch Spezialisten 	+ bei umbruchloser Erneuerung ++

Weitere produktionstechnische Maßnahmen mit Einschränkung der Bewirtschaftung auf Einzelflächen und einer möglichen finanziellen Entschädigung im Einzelfall

Nr.	Maßnahme	Bewirtschaftungsziele	Effizienzbewertung
12.	Umwandlung von Acker in Grünland	<ul style="list-style-type: none"> • Einhaltung des N-/P-Saldos im Gesamtbetrieb • Schnittnutzung vorgeschrieben 	+++
13.	N-reduzierte Bewirtschaftung von Grünland	<ul style="list-style-type: none"> • 75 % der Düngeempfehlung der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 	+
14.	N-reduzierte Bewirtschaftung von Ackerland	<ul style="list-style-type: none"> • 75 % des N-Sollwertes 	++
15.	Verzicht auf Düngung mit Wirtschaftsdünger Ersatz von Wirtschaftsdünger durch Mineraldünger Abbau des N-Pools	<ul style="list-style-type: none"> • Export von Wirtschaftsdünger • Ausschließliche Mineraldüngung auf der Schutzfläche • Einhaltung des N-/P-Saldos im Gesamtbetrieb 	+++
16.	Verzicht auf Düngung mit Wirtschaftsdünger Ersatz von Wirtschaftsdünger durch Mineraldünger Abbau des N-Pools	<ul style="list-style-type: none"> • Umverteilung von Teilmengen innerhalb des Betriebes • Einhaltung des N-/P-Saldos im Gesamtbetrieb 	+++
17.	Fruchtfolgeeinschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Begrenzung des Fruchtfolgeanteils einzelner Früchte • Ausschluss bestimmter Kulturen 	+ bis +++
18.	Kauf von Flächen durch das WVU	<ul style="list-style-type: none"> • Umwandlung von Acker in extensives Grünland 	+++