

Hintergrunddokument  
zur wichtigen Wasserbewirtschaftungsfrage

**„Signifikante Belastungen mit Nährstoffen in den Oberflächengewässern und dem Grundwasser“**

für die Flussgebietseinheit  
Warnow/Peene



Dezember 2015

## **Impressum**

Hintergrunddokument zur wichtigen Wasserbewirtschaftungsfrage „Signifikante Belastungen mit Nährstoffen in den Oberflächengewässern und dem Grundwasser“ für die Flussgebietseinheit Warnow/Peene.

In diesem Hintergrunddokument sind weiterführende Informationen zum Bewirtschaftungsplan nach § 83 WHG bzw. Artikel 13 der Richtlinie 2000/60/EG für die Flussgebietseinheit Warnow/Peene für den Zeitraum von 2016 bis 2021 aufbereitet.

Redaktion: Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern

Stand: Dezember 2015

## Inhaltsverzeichnis

Impressum .....	2
Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	6
Abkürzungsverzeichnis.....	7
1 Veranlassung.....	8
2 Bewirtschaftungsziele im Hinblick auf Nährstoffe.....	9
3 Zustand der Wasserkörper im Hinblick auf Nährstoffe .....	12
3.1 Frachtentwicklung an Messstellen zur Erfassung der flussbürtigen Nährstoffeinträge in die Ostsee .....	13
3.2 Modellierung der Nährstoffeinträge .....	16
3.2.1 Modellkonzept.....	16
3.2.2 Spezifikation der Eintragspfade.....	17
3.2.3 Hauptquellen für diffuse Nährstoffeinträge .....	21
3.3 Handlungsbedarf.....	26
3.3.1 Minderungsbedarf landwirtschaftlicher Stickstoffüberschüsse hinsichtlich der Grundwasserschutzziele .....	30
3.3.2 Minderungsbedarf landwirtschaftlicher Stickstoffüberschüsse hinsichtlich der Schutzziele der Küstengewässer von Nord- und Ostsee.....	33
3.3.3 Vergleich der Minderungsbedarfe für Grundwasser- und Meeresschutz.....	35
4 Maßnahmen zur Senkung der Nährstoffeinträge .....	36
4.1 Maßnahmenumsetzung im ersten Bewirtschaftungszeitraum.....	36
4.2 Maßnahmenplanung für den zweiten Bewirtschaftungszeitraum .....	36
4.3 Maßnahmenumsetzung im zweiten Bewirtschaftungszeitraum.....	38
4.4 Ausgewählte Maßnahmen in der FGE Warnow/Peene.....	40
4.5 Wirkungsabschätzung ausgewählter Maßnahmen .....	43
4.5.1 Minderungsszenarien für die Landwirtschaft .....	45
5 Fazit .....	48
6 Literatur .....	49

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1: Geographische Ausdehnung der Flussgebietseinheit Warnow/Peene.....	12
Abb. 3.2: Vergleich der Stickstofffrachten (TN) der bedeutendsten Fließgewässer.....	13
Abb. 3.3: Vergleich der Phosphorfrachten (TP) der bedeutendsten Fließgewässer .....	14
Abb. 3.4: Entwicklung der Stofffrachten der Peene (Anklam Hafen) für Stickstoff (TN) und Phosphor (TP), 1994-2013.....	15
Abb. 3.5: Entwicklung der Stofffrachten der Warnow (Rostock Kessin) für Stickstoff (TN) und Phosphor (TP), 1994-2013.....	15
Abb. 3.6: Entwicklung der Stofffrachten der Recknitz (Ribnitz) für Stickstoff (TN) und Phosphor (TP), 1994-2013.....	16
Abb. 3.7: Modellschema der Stickstoffmodellierung in Mecklenburg-Vorpommern.....	17
Abb. 3.8: Eintragspfade von Stickstoff (TN) in die Oberflächengewässer der FGE Warnow/Peene (2000-2010) .....	18
Abb. 3.9: Anteil der Eintragspfade von Stickstoff (TN) in den Planungseinheiten der FGE Warnow/Peene (2000-2010) .....	19
Abb. 3.10: Eintragspfade von Phosphor (TP) in die Oberflächengewässer der FGE Warnow/Peene (2000-2010) .....	20
Abb. 3.11: Anteil der Eintragspfade von Phosphor (TP) in den Planungseinheiten der FGE Warnow/Peene (2000-2010) .....	21
Abb. 3.12: Ansatz der Flächenbilanzierung (in Anlehnung an LFULG Sachsen 2012).....	23
Abb. 3.13: Flächenbilanzsalden für Stickstoff in Mecklenburg Vorpommern (Mittel des Bezugszeitraums 2005-2010), ausgewertet nach Einzugsgebieten (LAWA-5- Steller) mit Hervorhebung(roter Umrandung) der potentiellen Belastungsgebiete in MV (BIOTA 2013).....	24
Abb. 3.14: Stickstoffbilanzsalden als Mittelwerte 2005-2010 für kleine Teileinzugsgebiete (LAWA-10-Steller) in MV .....	25
Abb. 3.15: Oberflächenwasserkörper mit Nährstoffanreicherung.....	26
Abb. 3.16: Messstellen und oberhalb liegende Einzugsgebiete mit Überschreitungen der Umweltqualitätsnorm für Nitrat .....	27
Abb. 3.17: Ergebnis der chemischen Zustandsbewertung der Grundwasserkörper 2014 .....	28
Abb. 3.18: modellierte Nitratkonzentration im Sickerwasser .....	30
Abb. 3.19: maximal „zulässige“ N-Überschüsse aus der Landwirtschaft zur Erreichung einer potentiellen Nitrat-Sickerwasserkonzentration von 50 mg/l.....	31
Abb. 3.20: Minderungsbedarf der N-Bilanzsalden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zum Erreichen einer Nitratkonzentration von 50 mg/l im Sickerwasser.....	32

Abb. 3.21: maximal zulässige N-Überschüsse aus der Landwirtschaft zur Erreichung einer potentiellen Zielkonzentration am Gebietsauslass der 18 untersuchten Teileinzugsgebiete .....	33
Abb. 3.22: Minderungsbedarf der N-Bilanzsalden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zum Erreichen der Schutzziele von Nord- und Ostsee .....	34
Abb. 3.23: zusätzlicher Minderungsbedarf der N-Bilanzsalden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zum Erreichen der Schutzziele von Nord- und Ostsee, nachdem das Grundwasserschutzziel erreicht wurde.....	35
Abb. 4.1: Organisationsübersicht der Wasserschutz- und WRRL-Beratung in Mecklenburg-Vorpommern .....	41
Abb. 4.2: Retentionsteich im Mai 2014 .....	42
Abb. 4.3: Ergebnisse der landwirtschaftlichen Szenarien zur Minderung von Stickstoffüberschüssen .....	46

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Überblick über die Anforderungen zu den Nährstoffkonzentrationen in den Gewässern in Deutschland .....	9
Tab. 3.1: Eintragspfade von Stickstoff in die Oberflächengewässer der Planungseinheiten der FGE Warnow/Peene (mittlere Einträge von Stickstoff in t/a) .....	18
Tab. 3.2: Eintragspfade von Phosphor in die Oberflächengewässer der Planungseinheiten der FGE Warnow/Peene (mittlere Einträge von Phosphor in t/a).....	21
Tab. 3.3: Jährliche Mittelwerte (Landesdurchschnitt MV) der berechneten Stickstoffflächenbilanzsalden der produktiv genutzten Feldblöcke (BIOTA 2013) ..	24
Tab. 4.1: Übersicht der Maßnahmenoptionen zur Minderung der Nährstoffeinträge und Verbesserung der Nährstoffrückhaltung.....	37
Tab. 4.2: Reduzierungspotenziale der Stickstoffeinträge durch landwirtschaftliche Bewirtschaftungsszenarien für ausgewählte Eintragspfade.....	47

## Abkürzungsverzeichnis

BSAP	Ostseeaktionsplan der Helsinki-Kommission
EW	Einwohner
FGE	Flussgebietseinheit
LN	landwirtschaftliche Nutzfläche
MV	Mecklenburg-Vorpommern
N	Stickstoff
OSPAR	Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordost-Atlantiks (Oslo-Paris Konvention, 1992)
P	Phosphor
TN	Gesamt-Stickstoff
TP	Gesamt-Phosphor
UBA	Umweltbundesamt
WK	Wasserkörper

## 1 Veranlassung

Die Belastung des Grundwassers und der Oberflächengewässer einschließlich der Meere mit Nährstoffen gehört trotz der bereits realisierten Maßnahmen in der Vergangenheit nach wie vor zu den wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen nach WRRL in der Flussgebietseinheit (FGE) Warnow/Peene (LUNG 2013). Strategien zur Reduzierung der Nährstoffeinträge resultierten bisher in Deutschland insbesondere aus der Umsetzung der Kommunalabwasserrichtlinie (91/271/EWG), der Nitratrichtlinie (91/676/EWG) sowie der IVU-Richtlinie (96/61/EG). Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EG) und die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL, 2008/56/EG) fordern zusätzlich den guten Zustand für alle Oberflächen- und Grundwasserkörper.

Die Höhe der aktuellen Nährstoffeinträge sowie teilweise noch sehr hohe „Altbelastungen“ der Gewässer verhindern die Erreichung der Umweltziele der Wasserrahmenrichtlinie sowohl in vielen Grundwasserkörpern, als auch in zahlreichen Fließgewässern und Seen sowie in den Küstengewässern der Ostsee.

Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, eine langfristig angelegte Nährstoffminderungsstrategie für die FGE Warnow/Peene sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene zu entwickeln und umzusetzen, um spätestens bis 2027 die Umweltziele der WRRL zu erreichen und zur Zielerreichung der MSRL und der NATURA 2000 – Richtlinien (FFH-Richtlinie, Vogelschutz-Richtlinie) beizutragen.

Die Europäische Kommission hat dazu bei der Evaluierung der von Deutschland vorgelegten ersten Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme kritisch festgestellt, dass eine Nährstoffminderungsstrategie, die vorrangig auf freiwillige Maßnahmen setzt, nicht ausreichen wird, um die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie mittel- bis langfristig zu erreichen. Sie empfiehlt insbesondere für den Bereich Landwirtschaft als Hauptquelle für diffuse Nährstoffbelastungen eine ausgewogene Balance zwischen freiwilligen und verpflichtenden Maßnahmen. Die verpflichtenden Maßnahmen sollten dabei mit klaren Vorgaben seitens der zuständigen Behörden umgesetzt werden.

In diesem Hintergrunddokument Nährstoffe zum zweiten Bewirtschaftungsplan werden die Herleitung der Bewirtschaftungsziele dokumentiert, der überregionale Handlungsbedarf aufgezeigt sowie die Entwicklung der Nährstoffeinträge und die bislang im ersten Bewirtschaftungszeitraum durchgeführten Maßnahmen beschrieben. Darüber hinaus werden Maßnahmenoptionen zur Senkung der Nährstoffkonzentrationen und -frachten dargestellt, um langfristig die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie in Fließgewässern, Seen, Küstengewässern sowie dem Grundwasser zu erreichen.



## 2 Bewirtschaftungsziele im Hinblick auf Nährstoffe

Das Ziel der Wasserrahmenrichtlinie ist, in allen natürlichen Wasserkörpern (WK) der Oberflächengewässer einen guten ökologischen und guten chemischen Zustand, in als erheblich veränderten oder künstlich eingestuftem Wasserkörpern ein gutes ökologisches Potenzial und einen guten chemischen Zustand, sowie in den Grundwasserkörpern einen guten chemischen und mengenmäßigen Zustand zu erreichen. Die Nährstoffbelastung steht dabei mit den Parametern für die Zustandsbewertung in verschiedenen Zusammenhängen. Problemnährstoffe sind Stickstoff und seine Verbindungen (insbesondere Nitrat und Ammonium) sowie Orthophosphat bzw. Gesamt-Phosphor (TP). Für Grundwasserkörper steht die Umweltqualitätsnorm für Nitrat in direktem Zusammenhang mit der Einstufung des chemischen Zustands. Bei Oberflächengewässern gibt es ebenfalls die Umweltqualitätsnorm für Nitrat, deren Überschreitung zur schlechteren Zustandsbewertung führt. Des Weiteren werden die Lebensgemeinschaften der Oberflächengewässer durch hohe Nährstoffeinträge belastet, so dass sich die Häufigkeit und das Vorkommen gewässertypspezifischer Tier- und Pflanzenarten verändert und der gute ökologische Zustand nicht erreicht werden kann.

Im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie gelten in Deutschland - unterschieden nach den Gewässerkategorien - Immissions-Anforderungen für Nährstoffkonzentrationen, aus denen in Verbindung mit aktuellen Monitoringergebnissen der wasserkörperspezifische Reduzierungsbedarf abgeleitet werden kann (Tab. 2.1). Als Anforderungen werden in diesem Zusammenhang sowohl Qualitätsnormen, verbindliche Schwellenwerte als auch Metric-Werte an der Klassengrenze gut zu mäßig der biologischen Bewertungsverfahren sowie diesbezügliche gewässertypspezifische Orientierungswerte bzw. hieraus abgeleitete Reduzierungsziele bezeichnet.

Tab. 2.1: Überblick über die Anforderungen zu den Nährstoffkonzentrationen in den Gewässern in Deutschland

Kategorie	Anforderung	Konzentration	Statistik
Richtlinie 2000/60/EG vom 22.12.2000 insbesondere <i>Artikel 10 Kombiniertes Ansatz für Punktquellen und diffuse Quellen</i>			
	Anforderung für den guten Zustand / das gute Potenzial von Oberflächengewässern gemäß Anhang V. Artikel 10 fordert den kombinierten Ansatz für Punktquellen und diffuse Quellen.	Die Nährstoffkonzentrationen liegen nicht über den Werten, bei denen die Funktionsfähigkeit des Ökosystems und die Einhaltung der Werte für die biologischen Qualitätskomponenten gewährleistet sind.	
Richtlinie 91/676/EWG des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (ABL. L vom 31.12.1991, S. 1).			
Grundwasser,	Überwachungswert	Grundwasser:	

Oberirdische Gewässer	Qualitätsanforderungen für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedsstaaten	50 mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> *l <sup>-1</sup>  Oberflächenwasser: 50 mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> *l <sup>-1</sup>	
Richtlinie 2006/118/EG vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung			
Grundwasser	Qualitätsnorm	50 mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> *l <sup>-1</sup>	Jahresmittelwert
Grundwasserverordnung (GrwV ) vom 9.11.2010 (BGBl. I S. 1513)"			
Grundwasser	Schwellenwert	50 mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> *l <sup>-1</sup> (entspricht 11,3 mg NO <sub>3</sub> -N*l <sup>-1</sup> )	Jahresmittelwert
Oberflächengewässerverordnung (OGewV) vom 20.07.2009 (BGBl. I. S. 1429)			
Oberirdische Gewässer ohne Übergangs- und Küstengewässer	Umweltqualitätsnorm	50 mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> *l <sup>-1</sup>	JD-UQN in mg/l
Orientierungswert für die Klassengrenze gut/mäßig für Chlorophyll-a für die Küstengewässer der deutschen Ostsee (BLANO 2014)			
Küstengewässer Typ B1, B2a, B2b, B3a, B3b	Schwellenwert für die Grenze gut/mäßig biologische Qualitätskomponente Phytoplankton	Chlorophyll-a-Konzentration in µg*l <sup>-1</sup> B1: 19,4 B2a: 7,9 B2b: 2,9 B3a: 3,6 B3b: 1,6	Median der Sommerwerte
BLANO 2014, LAWA-AO-Beschluss (LAWA, 2014a)			
Küstengewässer Ostsee	einheitliches Reduzierungsziel Gesamtstickstoff für alle auf deutschem Gebiet in die Ostsee mündenden Flüsse	2,6 mg TN*l <sup>-1</sup> 0,1 / 0,15 mg TP*l <sup>-1</sup>	Jahresmittelwert am Übergabepunkt limnisch – marin
LAWA- Empfehlung zur Übertragung flussbürtiger, meeresökologischer Reduzierungsziele ins Binnenland (LAWA 2014b)			
Binnengewässer	meeresökologisch maximale mittlere jährliche	2,8 mg TN*l <sup>-1</sup> bis	Jahresmittelwert in Planungseinheit

	Stickstoffkonzentrationen im Binnenland	5,0 mg TN*I <sup>-1</sup>	
LAWA RAKON Papier 2014 (LAWA 2014c)			
Fließgewässer	Orientierungswert	0,1 - 0,3 mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N I <sup>-1</sup>	Jahresmittelwert
Fließgewässer	Orientierungswert	0,07 - 0,2 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P*I <sup>-1</sup>	Jahresmittelwert
Fließgewässer	Orientierungswert	0,1 - 0,3 mg TP*I <sup>-1</sup>	Jahresmittelwert
Seen	Orientierungswert	0,03 - 0,09 mg TP*I <sup>-1</sup>	Jahresmittelwert

Für die Küstengewässer der deutschen Ostsee wurde im Auftrag des Koordinierungsrates Meeresschutz von der BLANO Ad-hoc-AG Nährstoffreduktionsziele und Eutrophierung Ostsee eine mittlere jährliche Zielkonzentration von 2,6 mg Gesamt-Stickstoff\*I<sup>-1</sup> am Übergabepunkt limnisch-marin vorgeschlagen (BLANO 2014). Dieser Zielwert wurde von den LAWA-Gremien bestätigt und wird für die Ableitung des Handlungsbedarfs zur Verringerung der Stickstoffausträge aus den Ostseezuflüssen am jeweiligen Übergabepunkt limnisch-marin verwendet. Dieser meeresökologisch abgeleitete Zielwert berücksichtigt, dass der trophische Zustand eines Küstengewässers nicht nur von den unmittelbaren Stoffeinträgen des zugehörigen Einzugsgebiets (EZG), sondern auch maßgeblich von den Stoffverfrachtungen über den küstenparallelen Zustrom sowie die atmosphärischen Einträge geprägt wird.

Die LAWA-Empfehlung zur Übertragung flussbürtiger, meeresökologischer Reduzierungsziele ins Binnenland ist eine Bewirtschaftungsempfehlung, die meeresökologischen Zielwerte für die mittlere jährliche Gesamtstickstoffkonzentration unter Beachtung der Retention ins Binnenland zu übertragen. Werden diese Empfehlungen eingehalten, können die für die Ostsee notwendigen Stickstoffreduzierungsvorgaben erfüllt werden (LAWA 2014b).

Werden in einer Planungseinheit die hier empfohlenen Mittelwerte überschritten, sollten evtl. weitere Maßnahmen zur Minderung der Stickstoffeinträge unter den jeweiligen naturräumlichen sowie nutzungsstrukturellen regionalen Gegebenheiten auf praktische Realisierbarkeit geprüft, geplant und umgesetzt werden.

Die Orientierungswerte für Fließgewässer und Seen wurden von der LAWA in einem RAKON Papier von 2007 verabschiedet; die Werte wurden für den zweiten Bewirtschaftungsplan aktualisiert (LAWA 2014c). Es ist beabsichtigt, die derzeit überarbeiteten Orientierungswerte in die zu novellierende Oberflächengewässerverordnung zu übernehmen.

Für das Grundwasser ist in Anlage 2 der Grundwasserverordnung ein Schwellenwert von 50 mg I<sup>-1</sup> Nitrat festgelegt; dies entspricht 11,3 mg NO<sub>3</sub>-N\*I<sup>-1</sup>.

Die vorgenannten Bewirtschaftungsziele für die verschiedenen Gewässerkategorien sind bei der Ermittlung des Handlungsbedarfs und der Entwicklung, Planung und Umsetzung der Minderungsmaßnahmen integriert zu betrachten.

### 3 Zustand der Wasserkörper im Hinblick auf Nährstoffe

Die FGE Warnow/Peene hat eine Landfläche von etwa 13.500 km<sup>2</sup>, die zu ca. 65 % von landwirtschaftlicher Nutzfläche, 20 % von Wald/Gehölzen, 10 % von Siedlungs- und Verkehrsstrukturen sowie 4 % von Wasserflächen eingenommen wird. Die mittlere Bevölkerungsdichte beträgt 86 Einwohner pro Quadratkilometer. Die FGE Warnow/Peene gliedert sich in vier Bearbeitungsgebiete (Abb. 3.1): Peene (5.080 km<sup>2</sup>, 38 % der FGE-Landfläche), Küstengebiet Ost (4.160 km<sup>2</sup>, 31 % der FGE-Landfläche), Warnow (3.020 km<sup>2</sup>, 22 % der FGE-Landfläche) und Küstengebiet West (1.200 km<sup>2</sup>, 9 % der FGE-Landfläche).



Abb. 3.1: Geographische Ausdehnung der Flussgebietseinheit Warnow/Peene

### 3.1 Frachtentwicklung an Messstellen zur Erfassung der flussbürtigen Nährstoffeinträge in die Ostsee

Im Rahmen der Erfassung der landseitigen Belastung der Ostsee durch die HELCOM wird in Mecklenburg-Vorpommern der flussbürtige Nährstoffeintrag an 12 mündungsnahen Messstellen jährlich überwacht. Acht dieser Messstellen liegen in der FGE Warnow/Peene und decken ca. 70 % der Einzugsgebietsfläche der FGW Warnow/Peene ab. Neben den Hauptzuflüssen Warnow und Peene erfolgt eine Überwachung folgender kleinerer Ostseezuflüsse: Recknitz, Barthe, Hellbach, Ryck, Wallensteingraben und Duvenbäk.

Ein Vergleich der TN- und TP-Frachten der Zeiträume 1994-2003 und 2004-2013 für diese Gewässer ist in den Abbildungen 3.2 und 3.3 dargestellt. Der mittlere Jahresabfluss der acht Ostseezuflüsse unterscheidet sich für beide Zeiträume nur unwesentlich (1994-2003: 1.401 Millionen m<sup>3</sup>/a; 2004-2013: 1.432 Millionen m<sup>3</sup>/a).

Ein genereller Trend zum Rückgang der TN-Frachten ist nicht feststellbar. Zwar verringern sich die Frachten in der Peene, im Hellbach und im Wallensteingraben, dafür ist aber ein Anstieg in Recknitz und Barthe zu verzeichnen (Abb. 3.2). Bei Warnow, Ryck und Duvenbäk haben sich die TN-Frachten kaum verändert. In der Summe aller acht Ostseezuflüsse haben sich die mittleren TN-Jahresfrachten von 6.801 Tonnen (1994-2003) auf 6.359 Tonnen (2004-2013) reduziert. Dies entspricht einer Verringerung um 442 Tonnen bzw. 6,5 %.

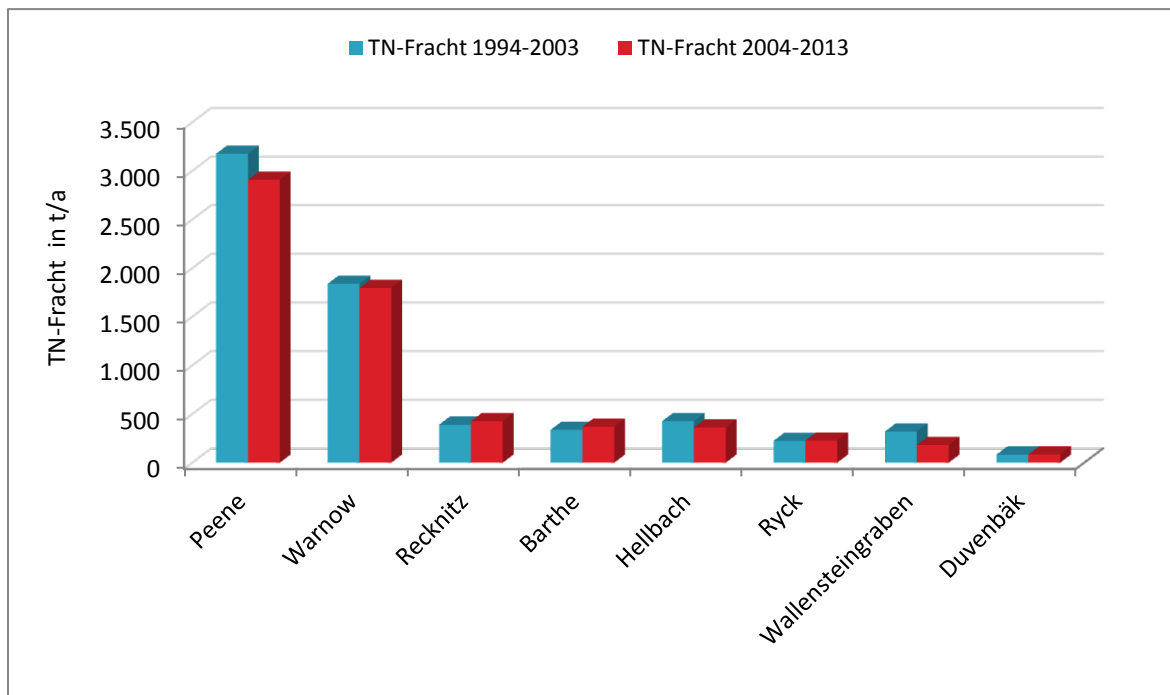


Abb. 3.2: Vergleich der Stickstofffrachten (TN) der bedeutendsten Fließgewässer der FGE Warnow/Peene in den Zeiträumen 1994-2003 und 2004-2013

Beim Phosphor ist ein ähnliches Verhalten der Frachten zwischen 1994-2003 und 2004-2013 identifizierbar, jedoch sind hier deutlichere Unterschiede in den jeweiligen Gewässern fest-

stellbar (Abb. 3.3). So ist eine starke Verminderung der TP-Frachten im Wallensteingraben erkennbar, während in der Recknitz eine deutliche Erhöhung der Frachten zu verzeichnen ist. Insgesamt haben sich die mittleren TP-Jahresfrachten der acht Ostseezuflüsse von 169 Tonnen (1994-2003) auf 159 Tonnen (2004-2013) reduziert. Dies entspricht einer Verringerung um 10 Tonnen bzw. 6 %.

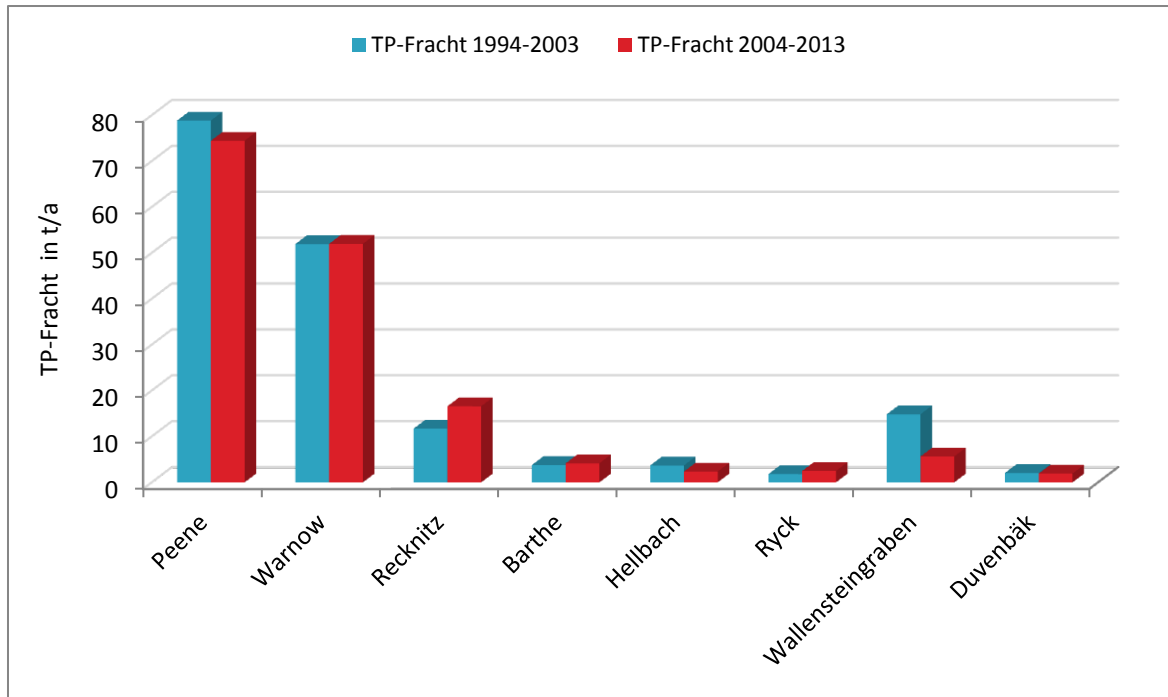


Abb. 3.3: Vergleich der Phosphorfrachten (TP) der bedeutendsten Fließgewässer der FGE Warnow/Peene in den Zeiträumen 1994-2003 und 2004-2013

Nachfolgend wird die Entwicklung der Frachten der drei größten Ostseezuflüsse der FGE Warnow/Peene, der Peene (EZG: 5.000 km<sup>2</sup>), Warnow (EZG: 3.100 km<sup>2</sup>) und Recknitz (EZG: 650 km<sup>2</sup>), für den Zeitraum 1994-2013 dargestellt. Zusammen genommen entwässern diese drei Ostseezuflüsse rund 65 % des Einzugsgebietes der FGE.

Sowohl bei der Auswertung der Stickstoff- als auch der Phosphorfrachten ist kein eindeutiger Trend erkennbar (Abb. 3.4 - 3.6). Auffällig ist, dass erhöhte Abflüsse erhöhte Frachten bedingen. Dieser Effekt basiert auf dem hauptsächlich diffusen Eintrag der Nährstoffe in die Oberflächengewässer (s. Kap. 3.2.2). Besonders hohe Frachten lassen sich für Jahre mit Hochwasserereignissen identifizieren (z.B. 2002 oder 2011). So waren die extremen Starkniederschläge im Sommer 2011 mit einem außergewöhnlich starken Anstieg insbesondere der Phosphor- und Ammoniumbelastung der Gewässer in der FGE verbunden (LUNG 2013). Verschiedene Faktoren waren hierfür verantwortlich. Zum einen kam es in Folge der sehr langanhaltenden Überflutungsdauer in Niederungen und Senken zur P-Freisetzung aus dem anstehenden organischen Material (Wiesen/Heu, Getreide und andere Kulturen). Des Weiteren kam es in Kläranlagen, die in überschwemmten Niederungen lagen, zu Betriebsausfällen, so dass das anfallende Abwasser zeitweise ungeklärt in die Vorflut gelangte. Hier von waren nicht wenige Anlagen in den Niederungsgebieten der FGE Warnow/Peene betroffen. In den Monaten Juli und August 2011 wurden in vielen Gewässern der FGE die höchsten Orthophosphat-Konzentrationen seit mehr als 20 Jahren registriert. Extrem hohe Abflüs-

se und extrem hohe Konzentrationen führten zu exorbitanten Monatsfrachten, die einen starken Anstieg der Jahresfrachten bewirkten. Mit 588 Tonnen wurde 2011 der langjährige mittlere Phosphor-Eintrag (1994-2010) von Mecklenburg-Vorpommern in die Ostsee um mehr als das Doppelte überschritten (LUNG 2013).

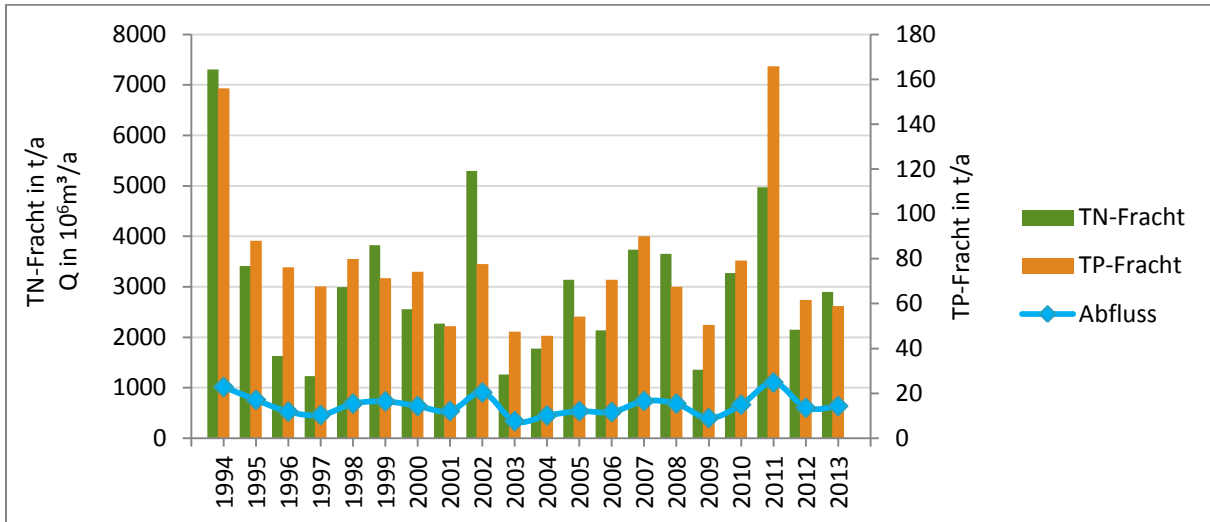


Abb. 3.4: Entwicklung der Stofffrachten der Peene (Anklam Hafen) für Stickstoff (TN) und Phosphor (TP), 1994-2013

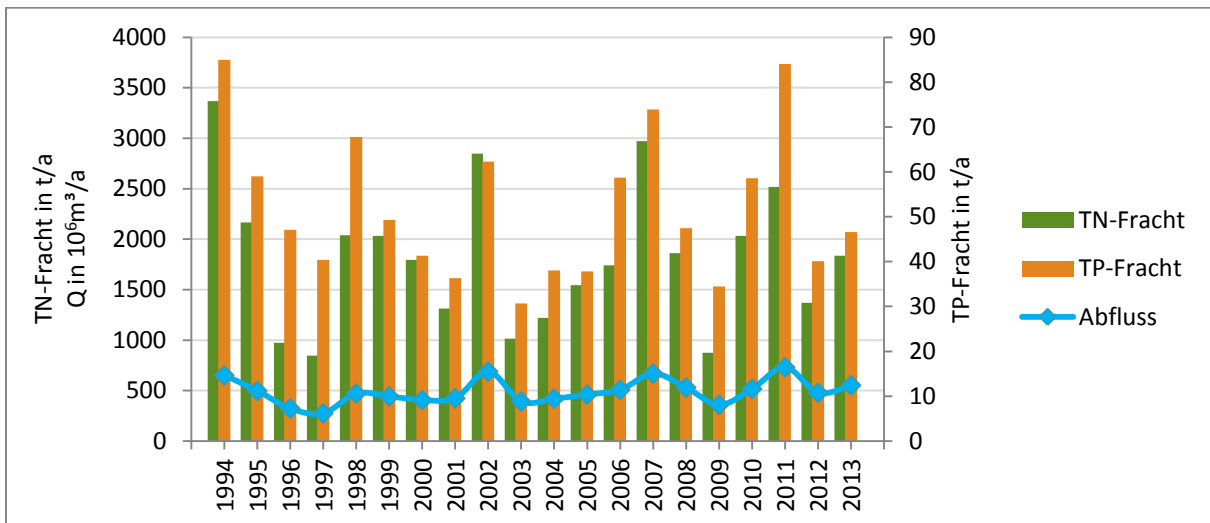


Abb. 3.5: Entwicklung der Stofffrachten der Warnow (Rostock Kessin) für Stickstoff (TN) und Phosphor (TP), 1994-2013



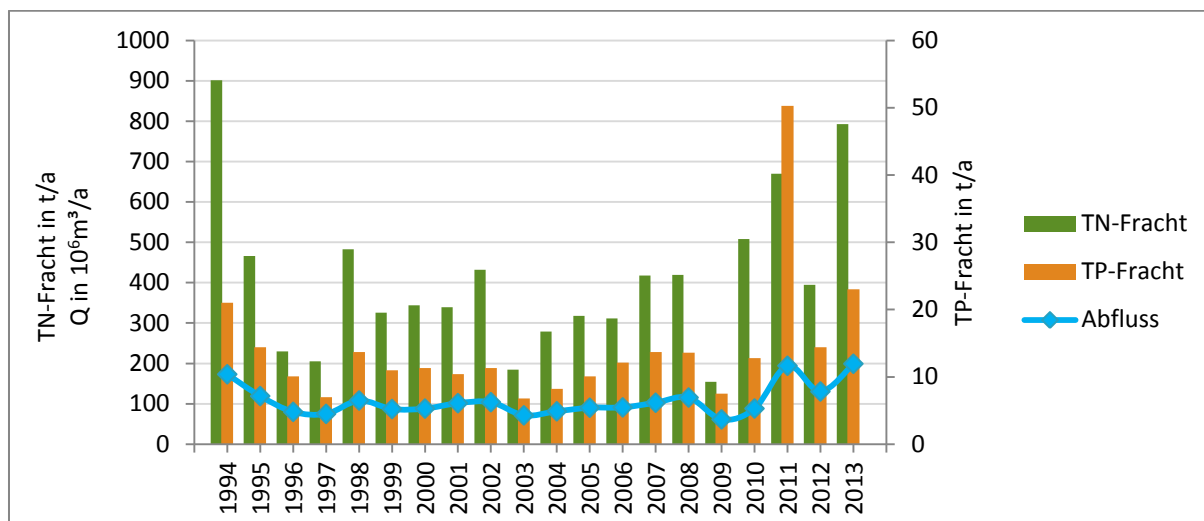


Abb. 3.6: Entwicklung der Stofffrachten der Recknitz (Ribnitz) für Stickstoff (TN) und Phosphor (TP), 1994-2013

Die Höhe der modellierten Nährstoffeinträge in die Fließgewässer des Warnow/Peene-Einzugsgebietes sowie deren Eintragspfade werden nachfolgend im Kapitel 3.2.2 dargestellt.

## 3.2 Modellierung der Nährstoffeinträge

### 3.2.1 Modellkonzept

Für die Modellierung der mittleren Nährstoffeinträge (der Jahre 2000-2010) in die Oberflächengewässer der FGE Warnow/Peene wurde die Modellkombination GROWA-DENUZ-WEKU-MEPHos verwendet (WENDLAND ET AL. 2015, Abb. 3.7).

Die Modellierungsarbeiten basieren auf dem Wasserhaushaltsmodell GROWA (Großräumiges Wasserhaushaltsmodell) und den reaktiven N-Transportmodellen DENUZ (Denitrifikation in der ungesättigten Zone) und WEKU (Fließzeiten und reaktiver N-Transport im Grundwasser) sowie dem P-Transportmodell MEPHos (Modell zur Ermittlung des Phosphoreintrags). Mit diesen Modellen wurden die diffusen Nährstoffeinträge in das Grundwasser und die Oberflächengewässer getrennt nach den wichtigsten hydrologischen Abflusskomponenten flächendifferenziert berechnet. Auf diese Weise wurden die Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer über Abschwemmung, Erosion, atmosphärische Deposition, natürlichen Zwischenabfluss, Dränung sowie über den Grundwasserabfluss ermittelt. Weiterhin wurden die punktuellen Einträge aus kommunalen Kläranlagen, Kleinkläranlagen, Industrie und Trennkanalesation sowie die Nährstoffrückhalte und -verluste in den Oberflächengewässern berücksichtigt. Daten- und Informationsgrundlage des Projektes bildeten aktuelle, von offiziellen Landeseinrichtungen erhobene Datenbestände, die flächendeckend digital (Vektor- oder Rasterformat) für Mecklenburg-Vorpommern verfügbar waren. Alle Modellierungen erfolgten flächendifferenziert in einem 100 m-Raster.



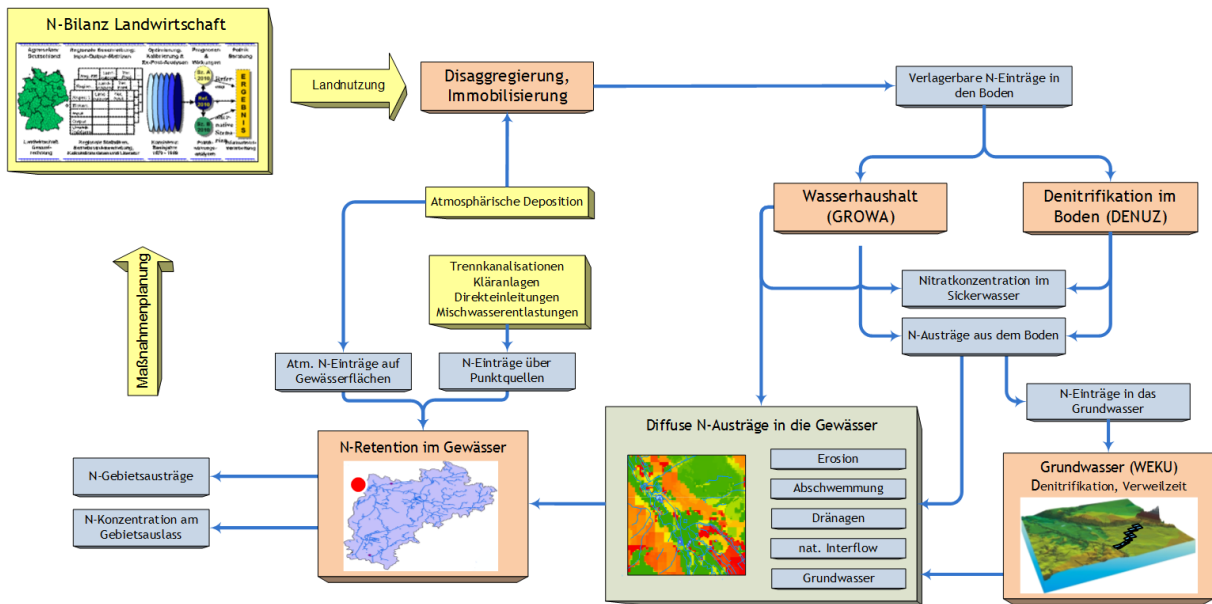


Abb. 3.7: Modellschema der Stickstoffmodellierung in Mecklenburg-Vorpommern

### 3.2.2 Spezifikation der Eintragspfade

Nach den vorliegenden Modellrechnungen wurden im Zeitraum 2000 bis 2010 im Warnow/Peene-Einzugsgebiet im Mittel jährlich etwa 20.700 t Stickstoff und etwa 280 t Phosphor in die Oberflächengewässer eingetragen (WENDLAND ET AL. 2015). Auf der Grundlage der Frachtberechnungen an den acht HELCOM-Messstellen der FGE (s. Kap. 3.1) lässt sich die Nährstofffracht aus dem gesamten Einzugsgebiet hochrechnen. Für den Zeitraum 2004-2013 wurde eine mittlere jährliche Nährstofffracht von 8.915 t Stickstoff und 224 t Phosphor berechnet, d. h., nur etwa 43 % der in die Oberflächengewässer eingetragenen Stickstoffmengen, verlassen das Einzugsgebiet in Richtung Ostsee. Über die Hälfte der Einträge werden durch Abbau- bzw. Umwandlungsprozesse, wie die Denitrifikation, zurückgehalten. Beim Phosphor liegt die Retention dagegen nur bei 20 %.

#### STICKSTOFF

Stickstoff wird zu 95 % über diffuse Eintragspfade in die Gewässer eingetragen. Der Dränabfluss ist dabei der bedeutendste Eintragspfad für Stickstoff mit 73 % der Gesamtstickstoffeinträge (Abb. 3.8). Grundwasser hat einen Anteil von 17 %. Von nur geringer Bedeutung sind die Eintragspfade atmosphärische Deposition auf Wasserflächen (3 %), natürlicher Zwischenabfluss (2 %) sowie Erosion und Abschwemmung (jeweils < 1%).

Punktquellen (Kläranlagen, industrielle Direkteinleiter, Kleinkläranlagen und Trennkansalisation) belaufen sich auf 5 % der Gesamtstickstoffeinträge in der FGE Warnow/Peene.

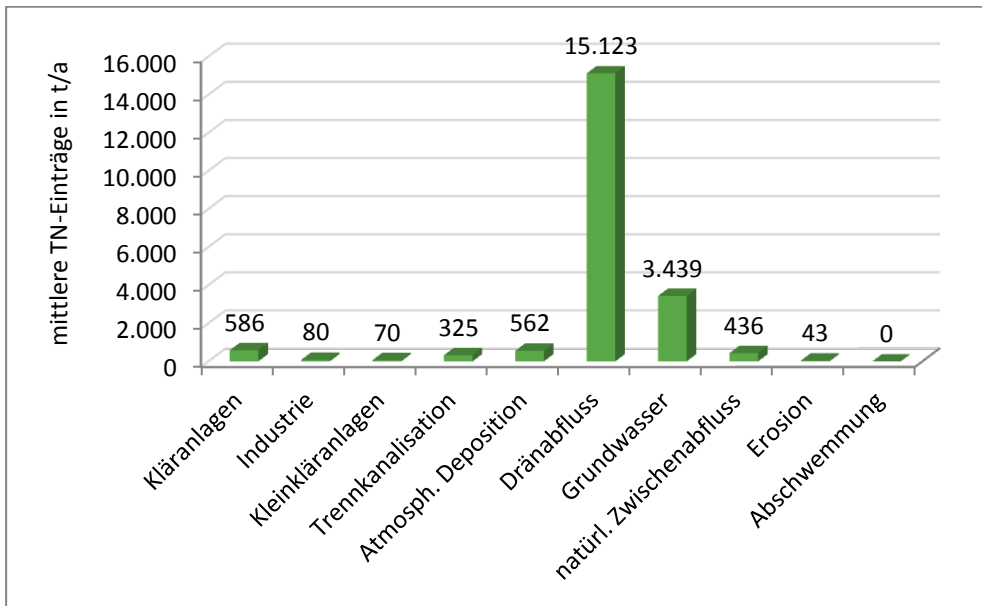


Abb. 3.8: Eintragspfade von Stickstoff (TN) in die Oberflächengewässer der FGE Warnow/Peene (2000-2010)

Die größte Planungseinheit der FGE Warnow/Peene, die Peene, trägt mit 37 % zu den Gesamtstickstoffeinträgen bei, das Küstengebiet Ost mit 28 %, die Warnow mit 21 % und die kleinste Planungseinheit Küstengebiet West mit 14 %. Bei allen Planungseinheiten sind die bedeutendsten Eintragspfade für Stickstoff die Dränabflüsse und das Grundwasser (Tab. 3.1, Abb. 3.9), die vornehmlich die Einträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen repräsentieren.

Aufgrund des höheren Anteils an offener Wasserfläche hat in der Planungseinheit Warnow die atmosphärische Deposition im Vergleich zu den anderen Bearbeitungsgebieten einen höheren Anteil an den Stickstoffeinträgen. Die Küstengebiete Ost und West weisen aufgrund der dichteren Besiedlung und des höheren Anteils an kleinen Kläranlagen ohne dritte Reinigungsstufe (N-Elimination) einen höheren Anteil an Stickstoffeinträgen aus Kläranlagen auf.

Tab. 3.1: Eintragspfade von Stickstoff in die Oberflächengewässer der Planungseinheiten der FGE Warnow/Peene (mittlere Einträge von Stickstoff in t/a)

	Küstengebiet Ost	Küstengebiet West	Peene	Warnow	FGE
Kläranlagen	221	227	118	20	586
Industrie	25	4	48	3	80
Kleinkläranlagen	23	6	26	15	70
Trennkanalisation	120	57	84	64	325
Atmosph. Deposition	148	30	189	195	562
Dränabfluss	4.379	1.863	5.843	3.037	15.123
Grundwasser	707	574	1.275	883	3.439
nat. Zwischenabfluss	93	60	140	143	436
Erosion	7	6	16	14	43
Abschwemmung	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
<b>TN-Einträge in t/a</b>	<b>5.722</b>	<b>2.828</b>	<b>7.740</b>	<b>4.374</b>	<b>20.664</b>

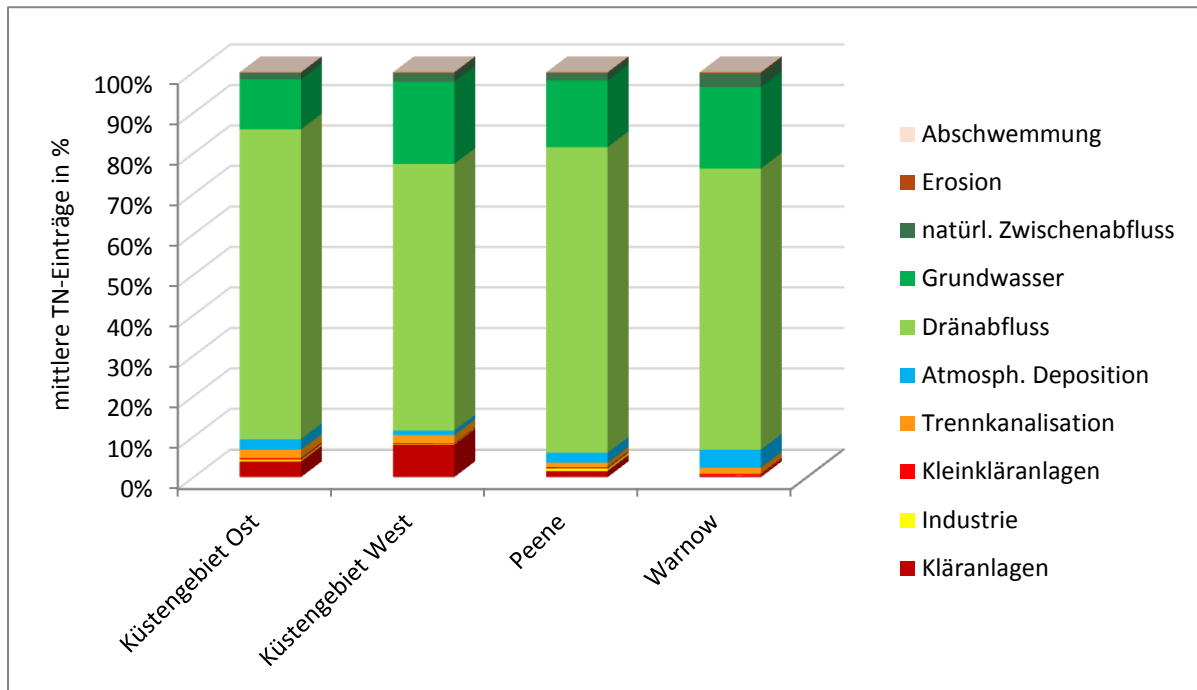


Abb. 3.9: Anteil der Eintragspfade von Stickstoff (TN) in den Planungseinheiten der FGE Warnow/Peene (2000-2010)

## PHOSPHOR

Phosphor wird wie Stickstoff hauptsächlich über diffuse Eintragspfade (63 %) in die Oberflächengewässer eingetragen (Abb. 3.10). Hierbei ist das Grundwasser mit 31 % der Gesamteinträge der wichtigste diffuse Eintragspfad, gefolgt vom Dränabfluss mit 18 %, der atmosphärischen Deposition mit 7 % und der Erosion mit 6 %. Abschwemmung und natürlicher Zwischenabfluss sind mit jeweils unter 1 % der Gesamteinträge vernachlässigbar.

Punktquellen sind mit 37 % der Gesamtphosphoreinträge ebenfalls ein bedeutender Eintragspfad. Wichtigste Punktquellen sind die Kläranlagen mit 19 % und die Trennkanalisation mit 12 %.

Das Küstengebiet Ost und die Peene tragen mit jeweils 33 % zu den Gesamtphosphoreinträgen bei, die Warnow mit 21 % und das Küstengebiet West mit 12 %. Alle Planungseinheiten sind durch diffuse Einträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen geprägt. In Abhängigkeit von den jeweiligen regional unterschiedlich ausgeprägten Besiedlungsverhältnissen und dem Grad der Abwasserreinigung variiert der Anteil der Einträge aus Punktquellen (Tab. 3.2, Abb. 3.11).

In den Planungseinheiten Warnow und Peene haben die diffusen Eintragspfade Grundwasser und Dränabfluss eine besonders große Bedeutung für die Gesamtphosphoreinträge (Abb. 3.11). Dies ist auf einen hohen Anteil landwirtschaftlich genutzter Fläche zurückzuführen. Punktquellen spielen gegenüber den Planungseinheiten der beiden Küstengebiete eine deutlich untergeordnete Rolle. Dies liegt zum einen daran, dass in den Einzugsgebieten der Planungseinheiten Warnow und Peene das Abwasser in relativ großen Kläranlagen, die über eine Stufe zur P-Eliminierung verfügen, behandelt wird. Im Einzugsbereich der Peene sind

dies u.a. die Kläranlagen in Neubrandenburg, Stavenhagen, Demmin, Grimmen und Tribsees und im Einzugsgebiet der Warnow die Kläranlagen in Güstrow, Bützow und Schwaan. In den Planungseinheiten der beiden Küstengebiete herrschen hingegen kleinere Kläranlagen ohne eine Reinigungsstufe zur P-Eliminierung vor.

Die Küstengebiete sind aus den o.g. Gründen (viele kleine Kläranlagen ohne P-Elimination) stärker durch siedlungsbedingte Einträge (Kläranlagen und Trennkanalisation) geprägt. Dies trifft in besonderem Maße auf das Küstengebiet Ost zu. So befinden sich im Einzugsgebiet der Darß-Zingster Boddenkette insgesamt 50 Kläranlagen, wovon allein 42 eine Kapazität von weniger als 1.000 Einwohnerwerten haben (LUNG, 2011). In diesen findet so gut wie keine P-Elimination statt. Zudem leiten diese kleinen Kläranlagen ganz überwiegend in vorflutschwache Bäche und Gräben mit erheblichen strukturellen Defiziten ein, d.h. eine Retention findet kaum statt.

Aufgrund des höheren Anteils an offener Wasserfläche hat in der Planungseinheit Warnow die atmosphärische Deposition im Vergleich zu den anderen Bearbeitungsgebieten einen höheren Anteil an den Phosphoreinträgen.

Reliefbedingt ist der Phosphoreintrag über Erosion in den Fließgewässersystemen der Peene und Warnow höher als in den Küstengebieten.

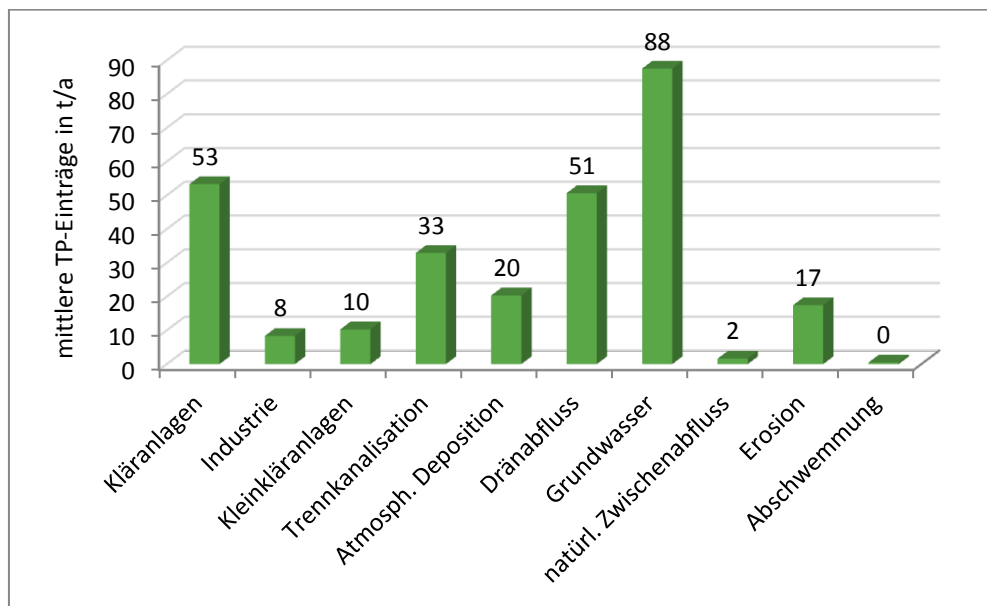


Abb. 3.10: Eintragspfade von Phosphor (TP) in die Oberflächengewässer der FGE Warnow/Peene (2000-2010)

Tab. 3.2: Eintragungspfade von Phosphor in die Oberflächengewässer der Planungseinheiten der FGE Warnow/Peene (mittlere Einträge von Phosphor in t/a)

	Küstengebiet Ost	Küstengebiet West	Peene	Warnow	FGE
Kläranlagen	22	10	15	5	53
Industrie	3	1	5	< 1	8
Kleinkläranlagen	3	1	4	2	10
Trennkanalisation	12	6	8	6	33
Atmosph. Deposition	5	1	7	7	20
Dränabfluss	17	5	17	11	51
Grundwasser	28	9	29	22	88
nat. Zwischenabfluss	< 1	< 1	1	< 1	2
Erosion	3	3	6	6	17
Abschwemmung	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
<b>TP-Einträge in t/a</b>	<b>95</b>	<b>35</b>	<b>93</b>	<b>60</b>	<b>283</b>

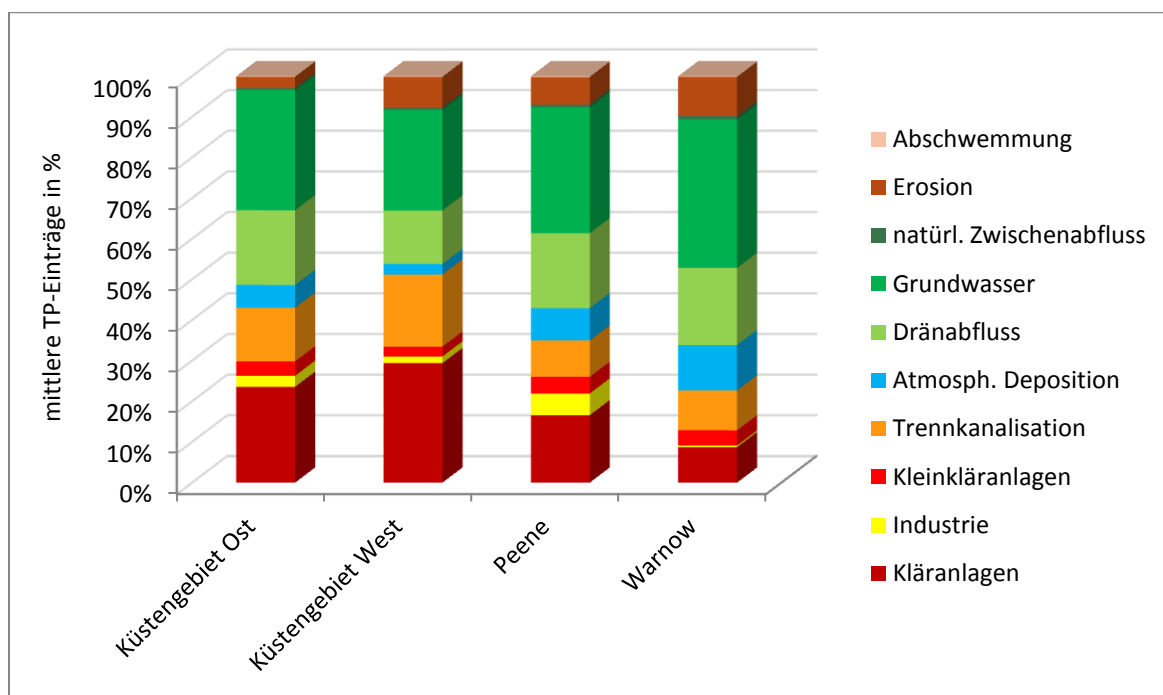


Abb. 3.11: Anteil der Eintragungspfade von Phosphor (TP) in den Planungseinheiten der FGE Warnow/Peene (2000-2010)

### 3.2.3 Hauptquellen für diffuse Nährstoffeinträge

Wie in Kapitel 3.2.2 dargestellt, gelangt der Großteil der Stickstoff- und Phosphoreinträge über diffuse Eintragungspfade in die Oberflächengewässer der FGE Warnow/Peene.

Die diffusen Nährstoffeinträge resultieren hauptsächlich aus den Quellen Landwirtschaft (Stickstoff) sowie aus dem natürlichen Hintergrund (Phosphor). Im Folgenden findet exemplarisch eine Betrachtung dieser Hauptquellen der diffusen Nährstoffeinträge statt.

## Hauptquelle für Stickstoffeinträge: Landwirtschaftliche Stickstoffüberschüsse

### Methode

Diffuse Nährstoffeinträge in Gewässer können insbesondere beim Stickstoff, teilweise aber auch beim Phosphor in großem Umfang der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung zugeordnet werden, wobei es je nach Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen regionale Abweichungen gibt. Als allgemein anerkannter Indikator zur Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktionssysteme hinsichtlich der Nährstoffausträge in Gewässer bzw. zur Abschätzung der Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen haben sich „Nährstoffbilanzen“ etabliert.

Im Zuge der Umsetzung der Nitratrichtlinie und der Wasserrahmenrichtlinie wurden bundesweit verschiedene Verfahren zur Ermittlung von Bilanzsalden auf unterschiedlichen Skalenebenen entwickelt. Dabei handelt es sich um Flächenbilanzen, welche das Saldo als Differenz von Nährstoffzufuhr und -abfuhr nach dem Top-Down-Ansatz ermitteln. Die Methoden basieren bisher allesamt auf groben, z. T. bundesweiten Schätzungen und statistischen Daten und sind somit für die Anwendung auf regionaler Ebene, insbesondere für die zur Ableitung von Maßnahmen auf Einzugsgebietsebene, nicht geeignet. Ein differenzierter Überblick über alle Flächen und Fruchtarten existierte bisher auf Landesebene nicht. Da es derzeit unmöglich ist, Schlagbilanzen aller rd. 4.700 in Mecklenburg-Vorpommern wirtschaftenden Betriebe zu erfassen, muss auf Berechnungs- und Schätzverfahren zurückgegriffen werden. Die Überschüsse der Pflanzennährstoffe Stickstoff und Phosphor werden durch Saldierung der Zu- und Abflüsse auf den landwirtschaftlichen Flächen bilanziert (Abb. 3.12). Dies ermöglicht verschiedene räumliche Auswertebenen im Sinne eines Nährstoffsaldos bzw. einer Nährstoffbilanz.

Hierzu wurde die bereits bei (WIEBENSOHN 2008) in Zusammenarbeit mit der LFB<sup>1</sup> für Mecklenburg-Vorpommern entwickelte und entsprechend dokumentierte Methodik angewandt und weiterentwickelt. Diese basiert auf den methodischen Ansätzen der deutschlandweiten Nährstoffbilanzierung, im Besonderen der Ableitung von Stickstoff- und Phosphor-Flächenbilanzüberschüssen entsprechend BEHRENDT ET AL. (2003). Räumlich umfassende und regionalisierte Nährstoffbilanzüberschüsse (bspw. für Flussgebiete) können aufgrund der Datenverfügbarkeit i.d.R. nur als Flächenbilanzen kalkuliert werden, so dass dieser Ansatz auch hier verfolgt werden musste. Die Flächenbilanz bildet nur einen Teil der Gesamtbilanz (Hoftorbilanz) ab, erfasst aber die für die Bodenflächen und damit für das Austragsgeschehen in die Wasserphase wesentlichen Aspekte (BACH ET AL. 1999).

Neben agrarstatistischen Daten werden hier zusätzliche regional verfügbare Daten (z. B. KAPE ET AL. 2007), Auswertungen von einzelbetrieblichen Daten aus Marktfruchtberichten der LMS Agrarberatung GmbH, Schlagkarteiauswertungen des Genossenschaftsverbandes, Testbetriebsauswertungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA), InVeKoS-Daten zur Anbaukultur und zu Tierplatzzahlen sowie Bodendaten der MMK<sup>2</sup> genutzt. Es wurden verschiedene Berechnungs- und Schätz-

---

<sup>1</sup> zuständige Stelle für Landwirtschaftliches Fachrecht und Beratung

<sup>2</sup> Mittelmaßstäbige landwirtschaftliche Standortkartierung im Maßstab 1:100.000 (LUNG M-V)

zungsalgorithmen entwickelt. Neben einer verbesserten rechentechnischen Umsetzung ist der methodische Ansatz durch die Einbeziehung weiterer bilanzrelevanter Daten (z. B. Umfang der ökologischen Landwirtschaft, Ertragsniveau der extensiven Grünlandnutzung, atmosphärische Deposition in zwei Varianten), durch eine konsequente Überprüfung der Eingangsdaten und Berechnungsparameter in Rückkopplung mit der projektbegleitenden Arbeitsgruppe (insbesondere LFB und LFA) sowie durch die Erweiterung der Bilanzrechnung basierend auf einem speziellen Algorithmus zur Verteilung von Überschussmengen an organischem Wirtschaftsdünger optimiert worden.

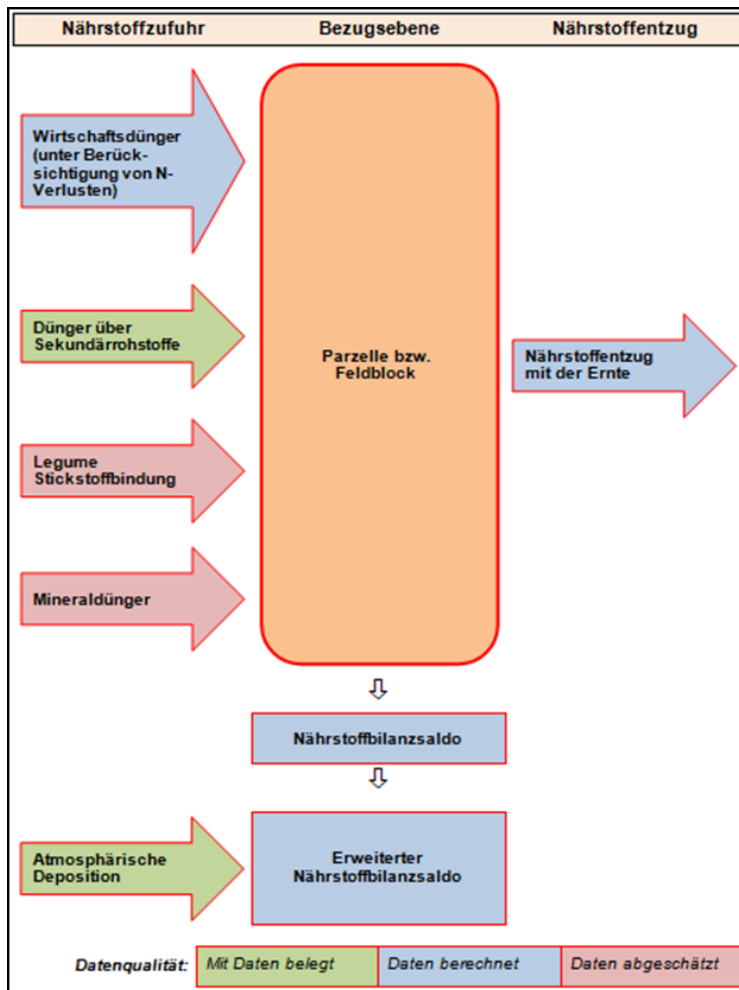


Abb. 3.12: Ansatz der Flächenbilanzierung (in Anlehnung an LFULG Sachsen 2012)

### Ergebnisse

Es liegen für den Zeitraum von 2005 bis 2010 die jährlichen, auf ca. 70.000 Feldblöcke bezogenen Flächenbilanzen für Stickstoff und Phosphor vor (Tab. 3.3). Eindeutige Tendenzen hinsichtlich einer Erhöhung bzw. eines Rückgangs der Bilanzsalden sind im Untersuchungszeitraum nicht festzustellen. Beim Phosphor sind in weiten Landesteilen negative Salden zu konstatieren. Beim Stickstoff bestätigt sich weitgehend der Zusammenhang zu bisherigen wasserwirtschaftliche Analysen der räumlichen Belastungssituation (Abb. 3.13).



Tab. 3.3: Jährliche Mittelwerte (Landesdurchschnitt MV) der berechneten Stickstoffflächenbilanzsalden der produktiv genutzten Feldblöcke (BIOTA 2013)

Jahr	mittlerer Flächenbilanzsaldo Stickstoff in $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$	mittlerer Flächenbilanzsaldo Phosphor in $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$
2005	53,9	-3,0
2006	61,9	-1,4
2007	59,0	-1,5
2008	60,8	-1,2
2009	59,7	-1,5
2010	74,3	1,4

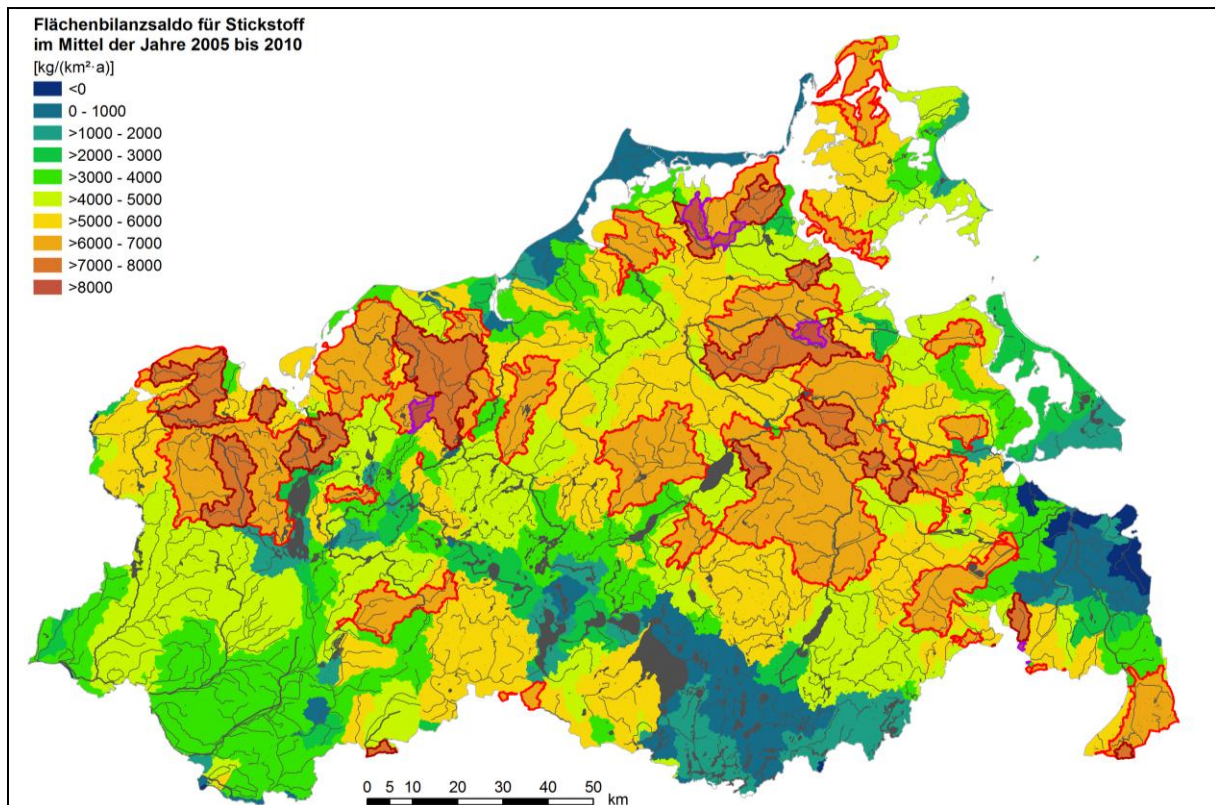


Abb. 3.13: Flächenbilanzsalden für Stickstoff in Mecklenburg Vorpommern (Mittel des Bezugszeitraums 2005-2010), ausgewertet nach Einzugsgebieten (LAWA-5-Steller) mit Hervorhebung (rote Umrandung) der potentiellen Belastungsgebiete in MV (BIOTA 2013)

Da die Berechnung zum Teil auf Parametern basiert, welche nur durch eine weitere empirische Auswertung von realen Betriebsdatensätzen validiert werden können, wurde eine mindestens stichprobenartige und repräsentative Überprüfung der modellierten Flächenbilanzen anhand von ausgewählten Flächen vorgeschlagen.



Die Ergebnisse wurden durch die LFB anhand von rd. 1.100 angeforderten Betriebsbilanzen aus rd. 180 Betrieben aus den Pilotgebieten der WRRL-Landwirtschaftsberatung validiert. Die validierten Ergebnisse der Stickstoffsalden stellen die Ausgangsbasis für die Modellierung der Stickstoffeinträge in die Gewässer dar. Diese wurden nach Abstimmung mit der LFB auf kleine Teileinzugsgebiete (die sog. LAWA-10-Steller) aggregiert. Auf dieser Ebene wurde nach Berechnung des flächengewichteten Mittelwertes dieser Bilanzwert um 10 kg abgemindert, was nach fachlicher Einschätzung der LFB eine praxisnähere Größe abbildet (Abb. 3.14). Im Landesmittel ergab sich hierbei ein Wert von ca. 65 kg N/(ha\*a) bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche. In der FGE Warnow/Peene summiert sich diese Stickstoffquelle in Form von N-Überschüssen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen auf ca. 57.000 t N/a im Mittel 2005-2010.

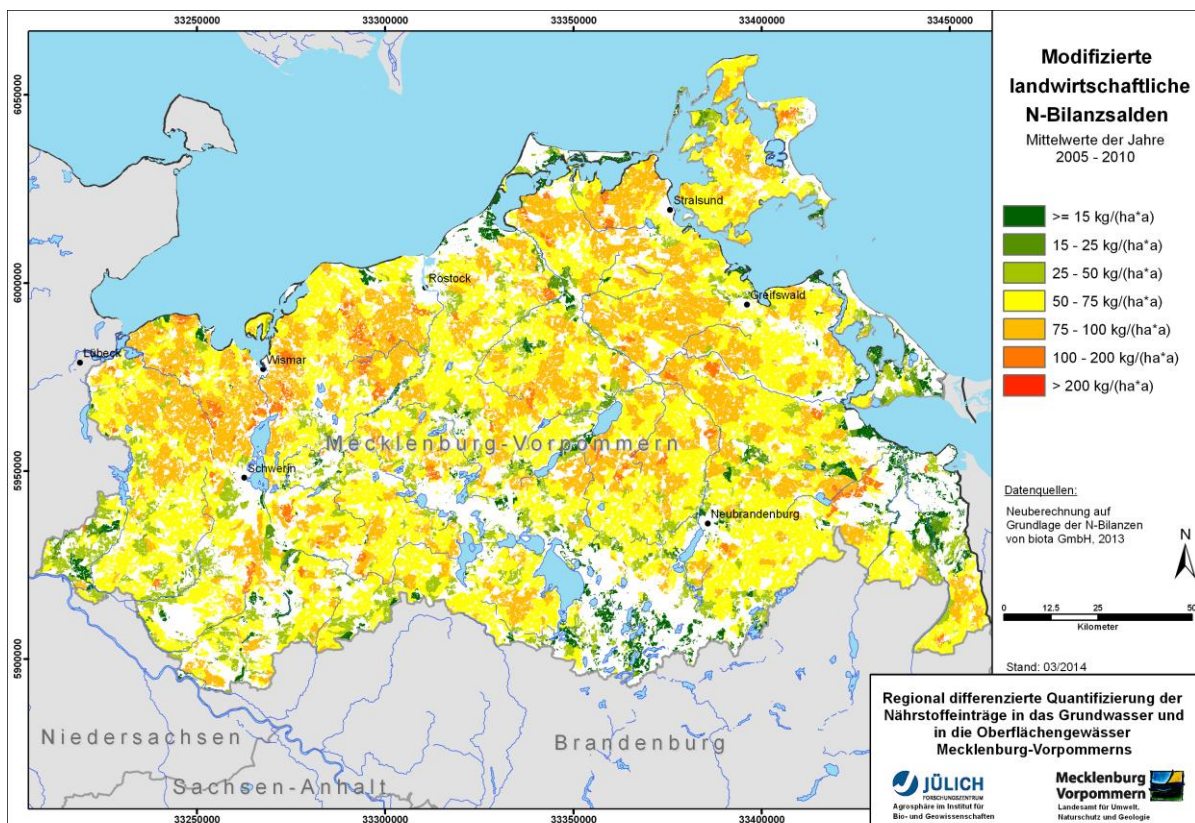


Abb. 3.14: Stickstoffbilanzsalden als Mittelwerte 2005-2010 für kleine Teileinzugsgebiete (LAWA-10-Steller) in MV

### Hauptquelle für Phosphoreinträge: natürlicher Hintergrund

Grundwasser ist der Haupteintragspfad für die Phosphoreinträge (s. Kap. 3.2.2). Beim Phosphor stellt vermutlich der geogene Hintergrundwert in den tieferen Gesteinsschichten eine Hauptquelle für diffuse P-Einträge in Oberflächengewässer dar. Der mehrjährige mittlere Eintrag über das Grundwasser wird durch die Höhe der Grundwasserneubildung bzw. des grundwasserbürtigen Abflusses und seine Konzentration an Gesamt-P gesteuert. Die mittlere Höhe der Grundwasserneubildung wird als flächendifferenzierter Datensatz mit dem Wasserhaushaltsmodell GROWA ermittelt. Die mittlere Konzentration von Phosphor im Grund-

wasser wird in Mecklenburg-Vorpommern mit 0,06 mg/l angesetzt. Trotz dieser geringen Konzentration führt die ubiquitäre Verbreitung von P-Einträgen mit dem Grundwasser zu einer bedeutenden Eintragssumme.

### 3.3 Handlungsbedarf

Im Einzugsgebiet der Warnow/Peene besteht ein erheblicher lokaler, regionaler und überregionaler Handlungsbedarf, die Nährstoffeinträge zu reduzieren, um die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen.

Von den 495 Fließgewässerkörpern in der FGE Warnow/Peene sind 465 Wasserkörper durch deutliche oder erhöhte Nährstoffbelastungen geprägt. Dies trifft auch auf alle 82 Standgewässerwasserkörper zu (Abb. 3.15). Zusammenfassend bestehen also an 95 % der Fließgewässer- und Standgewässer-Wasserkörper Belastungen durch Nährstoffeinträge (diffuse Quellen), so dass flächenhaft ein Handlungsbedarf besteht, die Nährstoffeinträge zu senken. Besonders vordringlicher Handlungsbedarf besteht an Fließgewässern, in denen die Umweltqualitätsnorm nach Oberflächengewässerverordnung für Nitrat von 50 mg/l im Jahresmittel überschritten wird. Dies führt unmittelbar zu einer Einstufung in den „nicht guten chemischen Zustand“ und erfordert nach § 82 Abs. 5 WHG Ursachenforschung und Maßnahmen. In der FGE Warnow/Peene ist dieser Wert an 11 Messstellen in den Jahren 2007 bis 2013 mindestens einmal überschritten worden (Abb. 3.16). Die dazugehörigen Einzugsgebiete werden mit höchster Priorität in die Ursachenforschung und Maßnahmenumsetzung einbezogen.

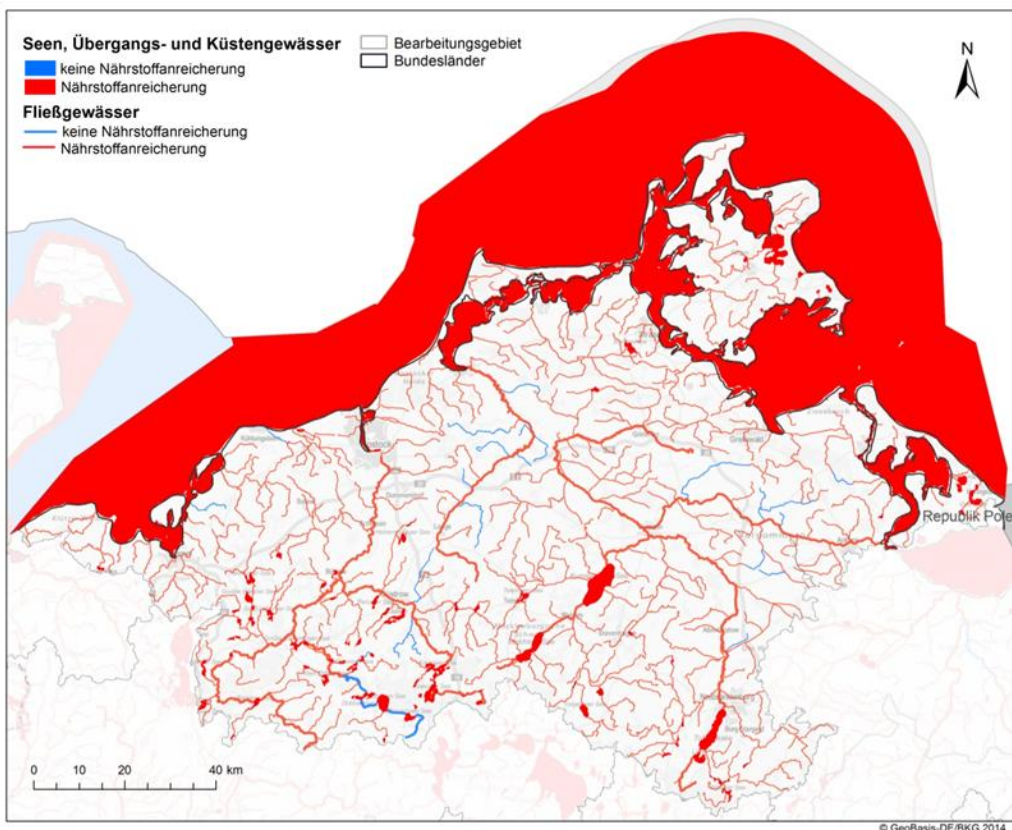


Abb. 3.15: Oberflächenwasserkörper mit Nährstoffanreicherung

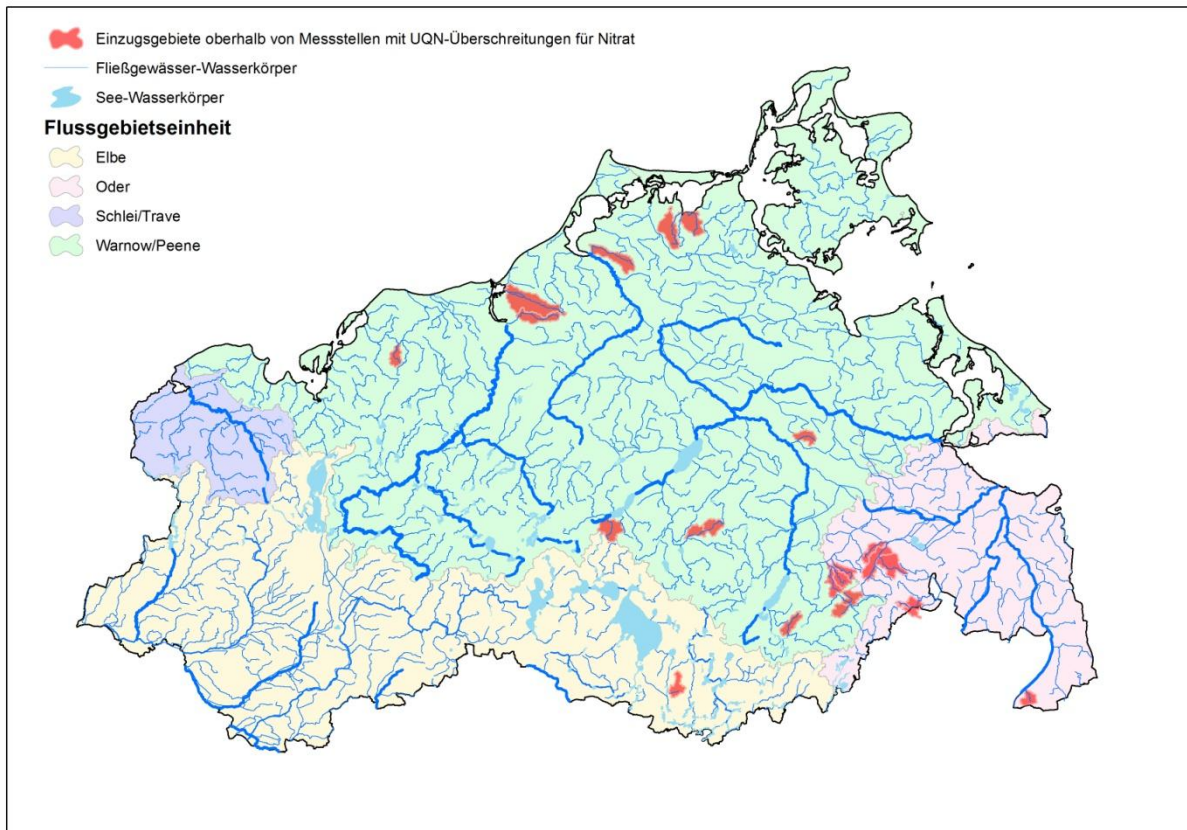


Abb. 3.16: Messstellen und oberhalb liegende Einzugsgebiete mit Überschreitungen der Umweltqualitätsnorm für Nitrat

Der meeresökologisch abgeleitete Zielwert von 2,6 mg TN/l (LAWA, 2014a) als Jahresmittelwert am Übergabepunkt limnisch-marin wird von den deutschen Ostseezuflüssen im Warnow/Peene-Einzugsgebiet in der Periode 2000-2013 im Mittel mit derzeit 3,1 mg TN/l (Recknitz), 3,3 mg TN/l (Peene) bzw. 2,7 mg TN/l (Warnow) überschritten. Die Zielwertkonzentration für TP von 0,1-0,15 mg/l wird sowohl in der Recknitz (0,12 mg TP/l) und Peene (0,13 mg TP/l) als auch in der Warnow (0,10 mg TP/l) im Zeitraum 2000-2013 im Mittel eingehalten.

Die Nährstoffkonzentrationen und -frachten und damit auch der Reduzierungsbedarf schwanken witterungs- bzw. abflussbedingt stark.

Von den 39 Grundwasserkörpern in Hauptgrundwasserleitern weisen derzeit 5 einen schlechten chemischen Zustand aufgrund von Überschreitungen der Nitratkonzentration von 50 mg/l auf (Abb. 3.17). Hierdurch wird die als Lebensgrundlage des Menschen sowie als nutzbares Gut besonders schätzenswerte Ressource Grundwasser stark gefährdet.



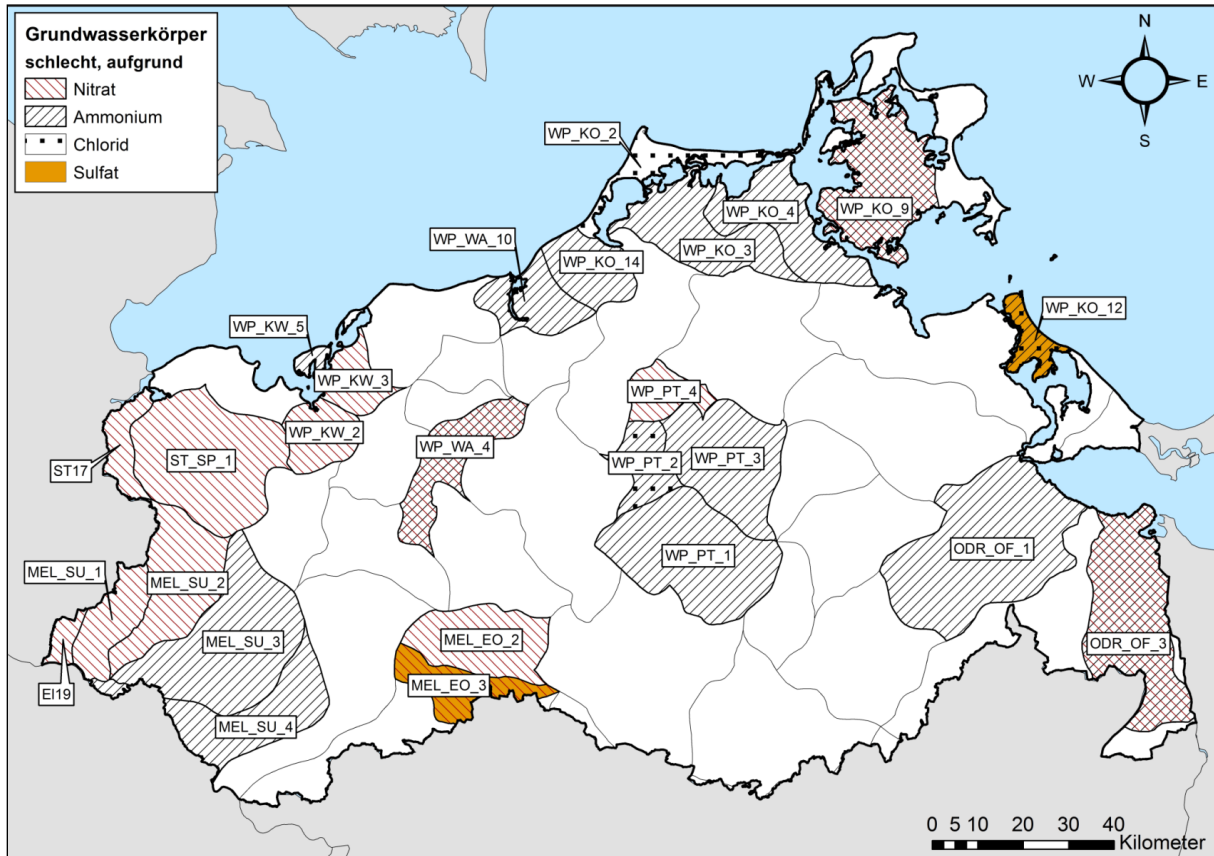


Abb. 3.17: Ergebnis der chemischen Zustandsbewertung der Grundwasserkörper 2015 (WP = FGE Warnow/Peene)

Die weitere Entwicklung des Zustands der Oberflächengewässer ist aufgrund des zeitlich verzögerten Zustroms von stickstoffbelastetem Grundwasser unsicher bzw. sind ggf. auch weitere Verschlechterungen nicht auszuschließen. Es besteht daher weiterhin ein großer Handlungsbedarf, insbesondere die Stickstoffeinträge im Einzugsgebiet der Warnow/Peene weiter zu senken, um sowohl die Grundwasserkörper mittel- bis langfristig in einen guten chemischen Zustand zu bringen, als auch die Stickstoffeinträge in die Küstengewässer der Ostsee über die Zuflussgewässer aus der FGE Warnow/Peene weiter signifikant zu vermindern.

Eine Verminderung von Belastungen einzelner Wasserkörper oder kleinerer Gewässersysteme ist gezielt durch Maßnahmen in Abhängigkeit von den örtlichen Erfordernissen auf lokaler bzw. regionaler Ebene möglich. Maßnahmen in den Gewässereinzugsgebieten zur Verringerung von Nährstoffausträgen aus landwirtschaftlichen Flächen (insbesondere aus Ackerflächen) entfalten in der Regel Synergiewirkungen im Hinblick auf Belastungsreduzierungen bzw. Zustandsverbesserungen sowohl bei Grundwasser- als auch bei Oberflächengewässern.

Da in den Küstengewässern Nährstoffe ebenfalls durch den küstenparallelen Transport oder die atmosphärische Deposition aus anderen Flussgebietseinheiten eingetragen werden können, ist eine effiziente Verringerung stofflicher Belastungen der Küstengewässer der FGE Warnow/Peene nur dann möglich, wenn auch die übrigen Ostseeanrainer und Flussgebiets-

einheiten Maßnahmen zur Verminderung der Nährstoffeinträge und Verbesserung des Stoffrückhalts planen und durchführen. Diesem Aspekt wird durch die Arbeit der HELCOM Rechnung getragen, einer zwischenstaatlichen Kommission für den Schutz der Meeresumwelt im Ostseeraum, und dem in diesem Gremium erarbeiteten Ostseeaktionsplan, dem BSAP, in welchem die Erreichung des guten ökologischen Zustands für die Meeresumwelt bis 2021 verbindlich festgelegt ist (HELCOM 2007).

Im Rahmen des Projektes zur Modellierung der Nährstoffeinträge (s. Kap. 3.2) wurden die verwendeten Modelle dazu genutzt, um anhand von bereitgestellten Zielwerten den Minderungsbedarf zu ermitteln. Durch inverse Anwendung der Modellkombination („Rückwärtsrechnung“) wurde sowohl für das Grundwasser als auch für die Küstengewässer von Nord- und Ostsee berechnet, welcher Minderungsbedarf sich für die landwirtschaftlichen Stickstoffüberschüsse ergibt. Dabei wird angenommen, dass alle anderen Randbedingungen wie z.B. atmosphärische Deposition, Sickerwasserraten, Abflussverhältnisse und Denitrifikationsbedingungen konstant bleiben und die erforderliche Reduzierung von Nährstoffausträgen ausschließlich über die Senkung der Stickstoffsalden erbracht werden soll. Diese Berechnung liefert „maximal zulässige N-Überschüsse“ im Sinne von wissenschaftlich-modelltechnisch hergeleiteten Referenzwerten zum vollständigen flächendeckenden Erreichen der Zielkonzentrationen.

### 3.3.1 Minderungsbedarf landwirtschaftlicher Stickstoffüberschüsse hinsichtlich der Grundwasserschutzziele

Für einen „guten chemischen Zustand“ im Grundwasser darf die Nitratkonzentration  $50 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$  nicht überschreiten. Damit langfristig diese Qualitätsnorm eingehalten werden kann, wird davon ausgegangen, dass bereits die Nitratkonzentration im Sickerwasser diesen Wert nicht überschreiten darf. Unter Berücksichtigung des Verschlechterungsverbot nach Art. 4 EG-WRRL sowie des grundsätzlich geltenden Vorsorgegrundsatzes im Umweltrecht finden eventuell mögliche Abbauprozesse in den Grundwasserdeckschichten keine Berücksichtigung.

Die für das Mittel der Jahre 2000-2010 modellierte Sickerwasserkonzentration beträgt auf Landesebene durchschnittlich  $72 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$ . Dabei gibt es regionale Unterschiede (Abb. 3.18). Sie geben Hinweise auf mögliche Hotspot-Gebiete und stellen einen geeigneten Referenzrahmen für die Quantifizierung des Handlungsbedarfs zur Gewährleistung einer Nitratkonzentration im Grundwasser unterhalb des Schwellenwertes von  $50 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$  dar.

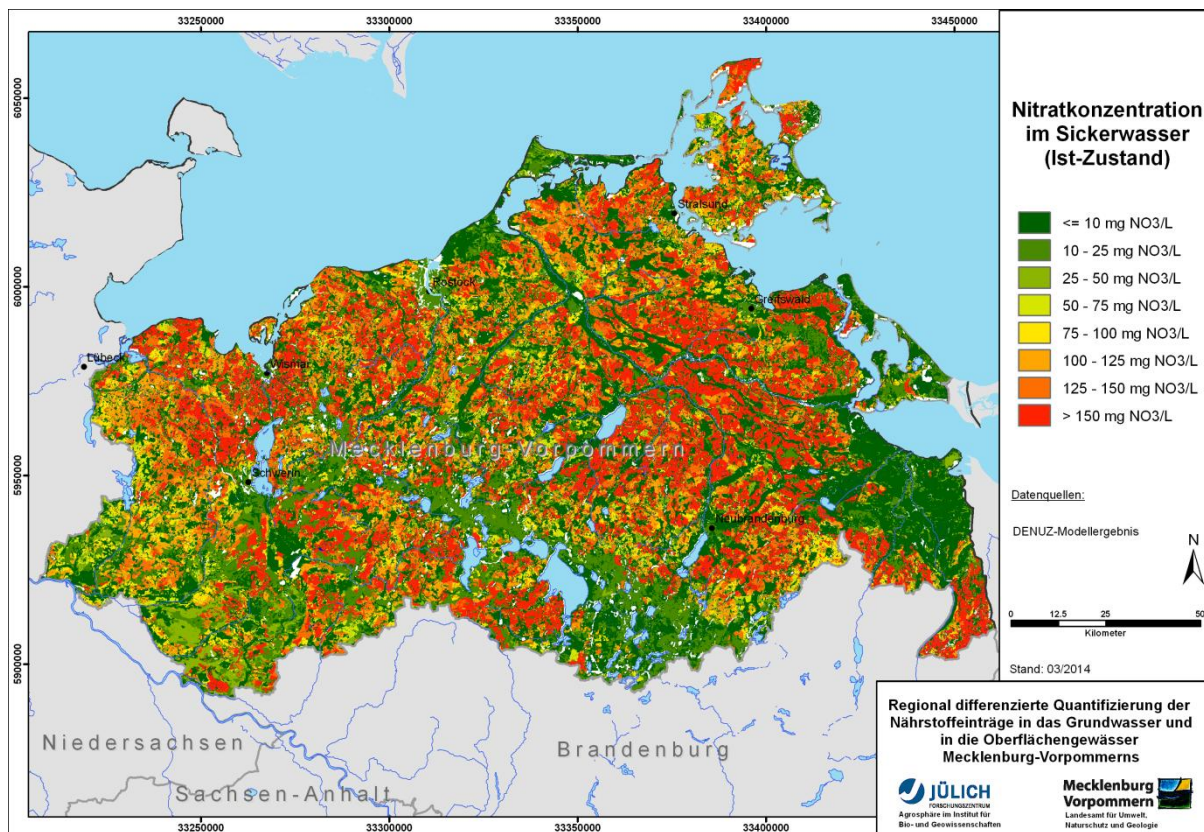


Abb. 3.18: modellierte Nitratkonzentration im Sickerwasser



Unter der Prämisse einer konstanten mittleren Sickerwasserrate, eines konstanten Denitrifikationspotenzials sowie einer konstanten N-Immobilisierung im Boden ist die Nitratkonzentration im Sickerwasser direkt durch die Nitrat-Austragsmenge im Boden bestimmt. Durch eine „Rückwärtsrechnung“ wurde der maximale N-Überschuss im Boden berechnet, der unter Berücksichtigung der atmosphärischen N-Deposition und der N-Überschüsse landwirtschaftlich genutzter Flächen zu einer Nitratkonzentration im Sickerwasser von 50 mg/l führt (Abb. 3.19). Es zeigte sich, dass die maximal zulässigen N-Überschüsse in vielen Regionen bei Werten deutlich unter 60 kg N/(ha\*a) liegen. Nur vereinzelt, d.h. in Regionen mit hohem Nitratabbauvermögen im Boden, würden auch N-Überschüsse von mehr als 60 kg N/(ha\*a) zu Sickerwasserkonzentrationen unter 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> l<sup>-1</sup> führen.

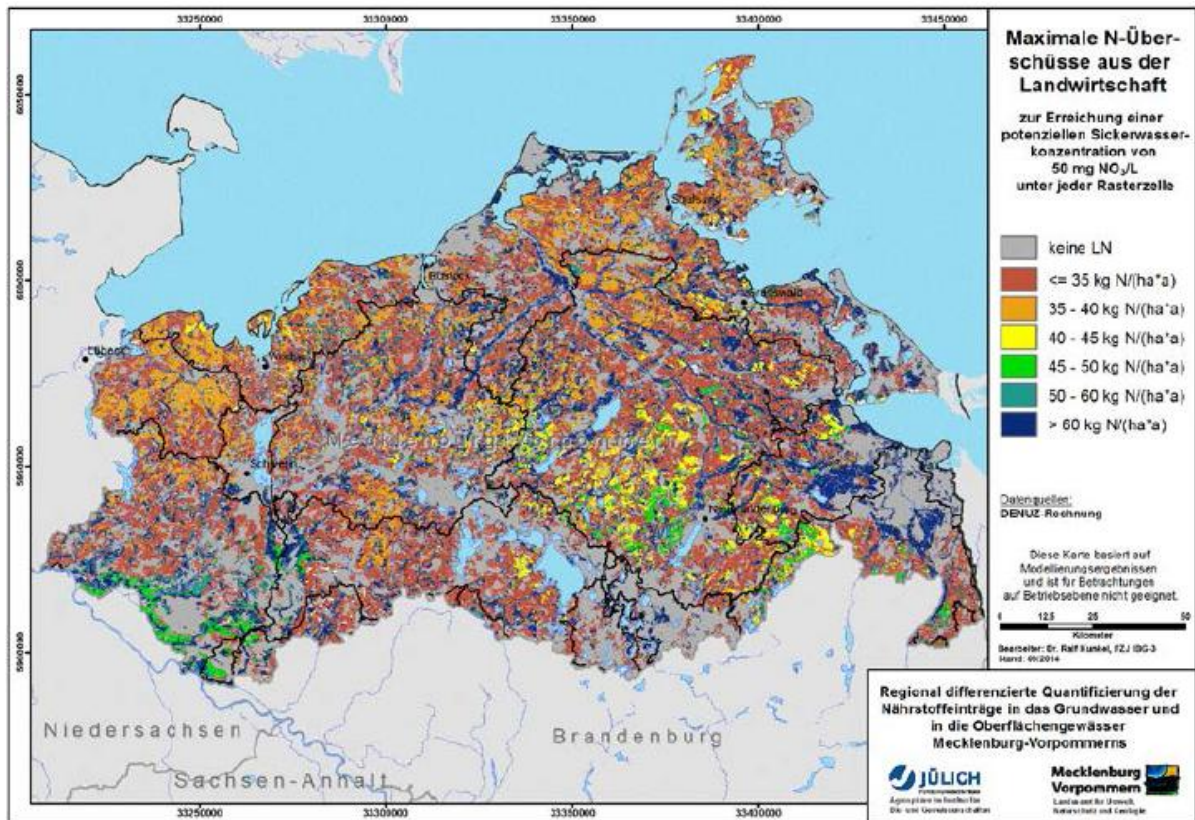


Abb. 3.19: maximal „zulässige“ N-Überschüsse aus der Landwirtschaft zur Erreichung einer potentiellen Nitrat-Sickerwasserkonzentration von 50 mg/l

Durch Vergleich der aktuellen Bilanzsalden mit den maximal zulässigen N-Überschüssen wurde der N-Minderungsbedarf bestimmt. Danach weisen etwa 70 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen Mecklenburg-Vorpommerns einen Minderungsbedarf zur Erreichung einer Nitratkonzentration im Sickerwasser unter  $50 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$  auf (Abb. 3.20). Für weite Bereiche liegt dieser zwischen 25 und 60  $\text{kg N}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ . Während der Mittelwert der Flächen mit Minderungsbedarf etwa  $42 \text{ kg N}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  beträgt, liegt der Reduktionsbedarf für viele ackerbaulich genutzte Flächen über  $50 \text{ kg N}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ . Dies ist nicht nur auf die Höhe der N-Überschüsse, sondern auch auf ungünstige Denitrifikationsbedingungen im Boden und auf die geringe Verweilzeit des Sickerwassers im durchwurzelten Bodenbereich zurückzuführen. Der Minderungsbedarf der N-Überschüsse gegenüber dem Mittel der Jahre 2005-2010 beträgt für das Erreichen des Grundwasserschutzziels demnach rd. 47%.

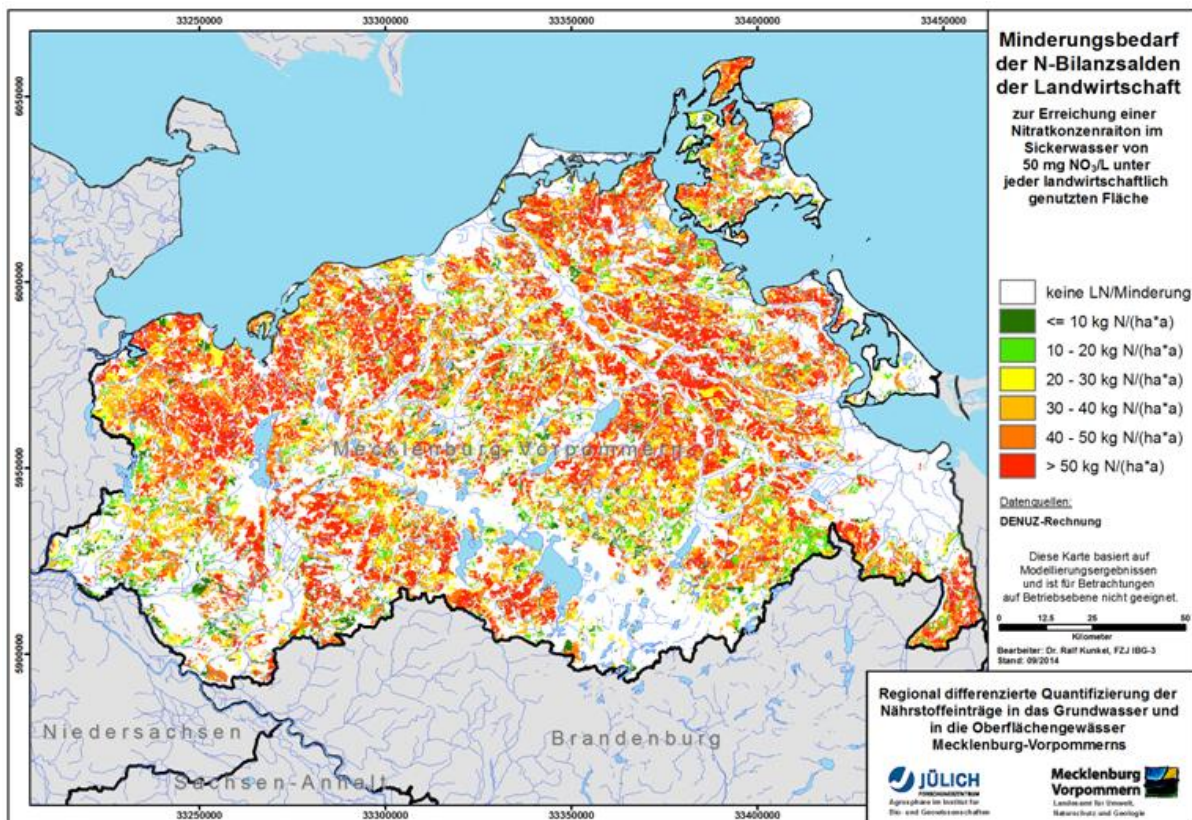


Abb. 3.20: Minderungsbedarf der N-Bilanzsalden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zum Erreichen einer Nitratkonzentration von  $50 \text{ mg/l}$  im Sickerwasser



### 3.3.2 Minderungsbedarf landwirtschaftlicher Stickstoffüberschüsse hinsichtlich der Schutzziele der Küstengewässer von Nord- und Ostsee

Die mittlere Konzentration an gelöstem Gesamtstickstoff soll 2,8 mg/l für die in die Nordsee bzw. 2,6 mg/l für die in die Ostsee mündenden Oberflächengewässer nicht überschreiten. Wegen der aufwändigen Berechnung wurden die maximal zulässigen N-Überschüsse aus der Landwirtschaft nur für die 18 Teileinzugsgebiete des Landes mit dreistelliger LAWA-Kennzahl ermittelt. Die anderen N-Einträge und die verschiedenen Denitrifikations- und Festlegungsprozesse blieben konstant. Für den Zentralteil Mecklenburg-Vorpommerns liegen die maximal zulässigen N-Überschüsse in einem Bereich von 40 bis 50 kg N/(ha\*a) (Abb. 3.21). Für die Teilgebiete Havel, Uecker, Rügen, Stepenitz und Wallensteingraben sind die maximalen N-Überschüsse mit weniger als 35 kg N/(ha\*a) deutlich geringer. Für das Teilgebiet Zarow hingegen würden theoretisch auch noch N-Überschüsse von mehr als 60 kg N/(ha\*a) die Erreichung der Zielkonzentration erlauben. Dies ist jedoch auf Betriebsebene bereits jetzt aus Gründen des Grundwasserschutzes nach der geltenden Düngeverordnung unzulässig.

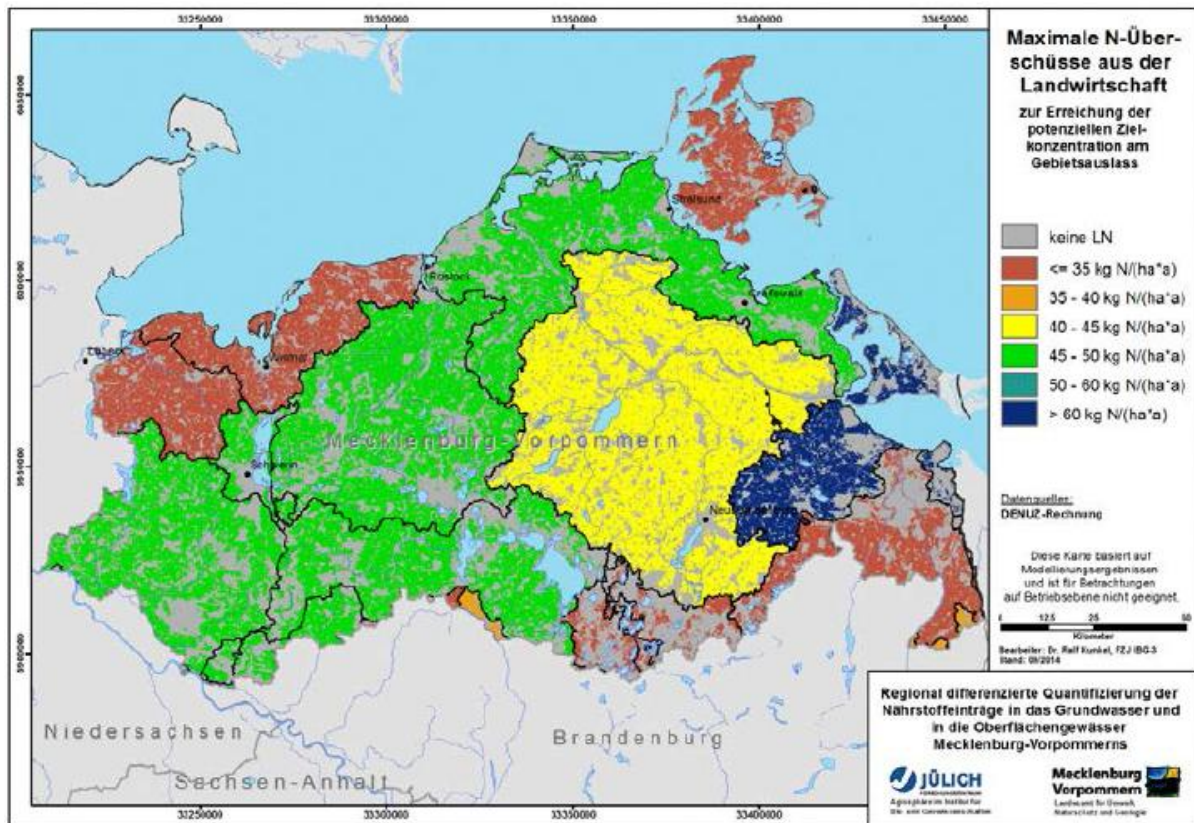


Abb. 3.21: maximal zulässige N-Überschüsse aus der Landwirtschaft zur Erreichung einer potentiellen Zielkonzentration am Gebietsauslass der 18 untersuchten Teileinzugsgebiete

Durch Vergleich der aktuellen N-Bilanzsalden mit den maximal zulässigen N-Überschüssen ergibt sich der N-Minderungsbedarf zur Erreichung des Meeresschutzziels. Die maximalen N-Überschüsse im Boden wurden dabei als Summe für das gesamte betrachtete Teilgebiet berechnet. Für weite Teile Mecklenburg-Vorpommerns ergab sich ein mittlerer N-Minderungsbedarf zwischen 10 und 50 kg N/(ha\*a). Für die Havel, die Uecker und das Teilgebiet Zarow lagen die mittleren aktuellen N-Bilanzsalden unter den maximal „zulässigen“ N-Überschüssen, so dass sich für diese Gebiete kein Minderungsbedarf im Hinblick auf die Zieldefinition der Oberflächengewässer ergibt (Abb. 3.22). Der Minderungsbedarf der N-Überschüsse gegenüber dem Mittel der Jahre 2005-2010 beträgt für das Erreichen der Meeresschutzziele demnach rd. 30 %.

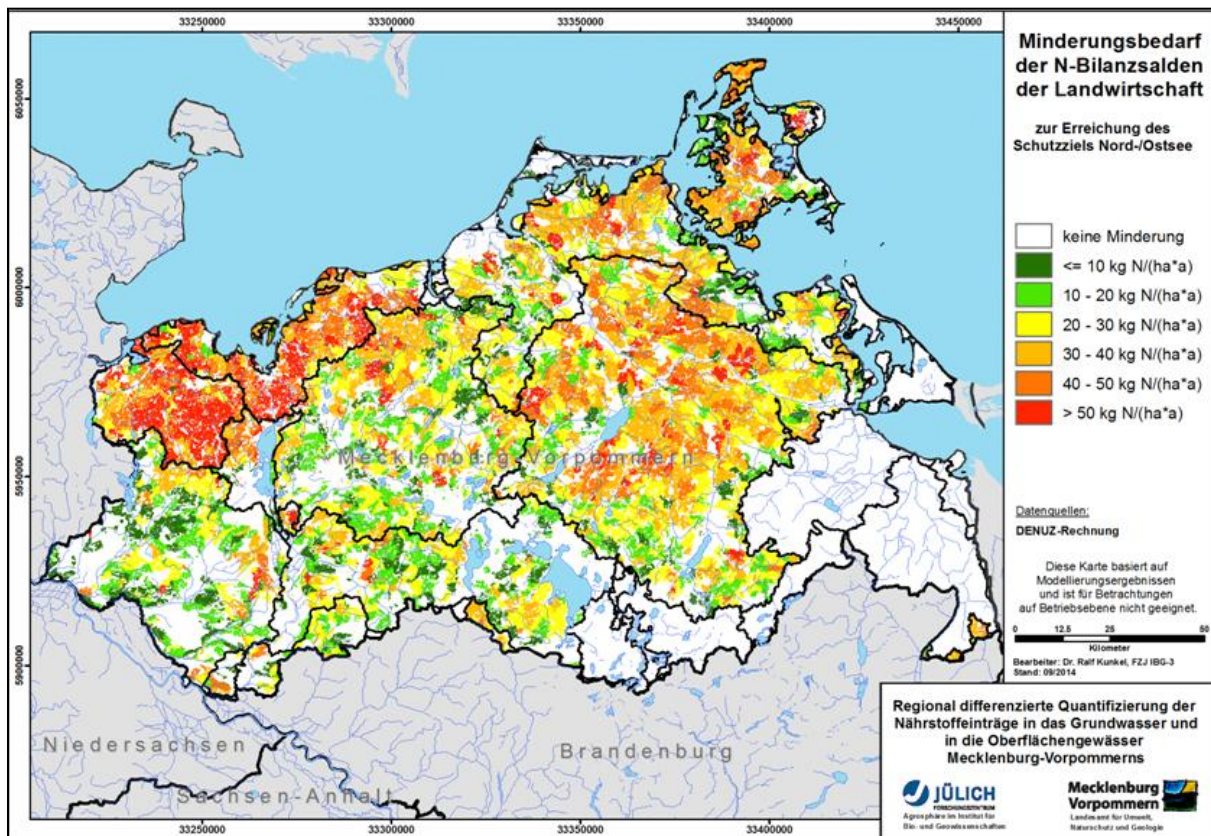


Abb. 3.22: Minderungsbedarf der N-Bilanzsalden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zum Erreichen der Schutzziele von Nord- und Ostsee



### 3.3.3 Vergleich der Minderungsbedarfe für Grundwasser- und Meeresschutz

Nachdem für das Grundwasser und die Küstengewässer getrennt voneinander untersucht wurde, welche N-Bilanzsalden maximal zulässig sind, um entweder das Schutzziel Grundwasser oder das Meeresschutzziel zu erreichen, wurde analysiert, ob die Erreichung beider Schutzziele zusätzliche Einschränkungen hinsichtlich der zulässigen N-Einträge in den Boden zur Folge hätte. Konkret wurde hierbei vorausgesetzt, dass das Schutzziel Grundwasser ( $50 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$  im Sickerwasser unter jeder landwirtschaftlich genutzten Fläche) erreicht wurde, um dann zu betrachten, ob für die Erreichung der Meeresschutzziele ggf. weitere Minderungen der N-Einträge erforderlich sind.

Für weite Teile Mecklenburg-Vorpommerns ergäbe sich hierbei kein zusätzlicher Handlungsbedarf, d. h. die Erreichung des Schutzziels für das Grundwasser würde eine Erreichung der Meeresschutzziele zur Folge haben. Eine Ausnahme sind die Teilgebiete Stepenitz, Wallenteingraben und Rügen. Für diese drei Gebiete müssen die N-Bilanzsalden zwar nach erfolgter Minderung zur Erreichung des Schutzziels Grundwasser noch weiter reduziert werden, jedoch im Mittel nur geringfügig, d. h. zwischen  $3 \text{ kg N}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  und  $9 \text{ kg N}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  (Abb. 3.23).

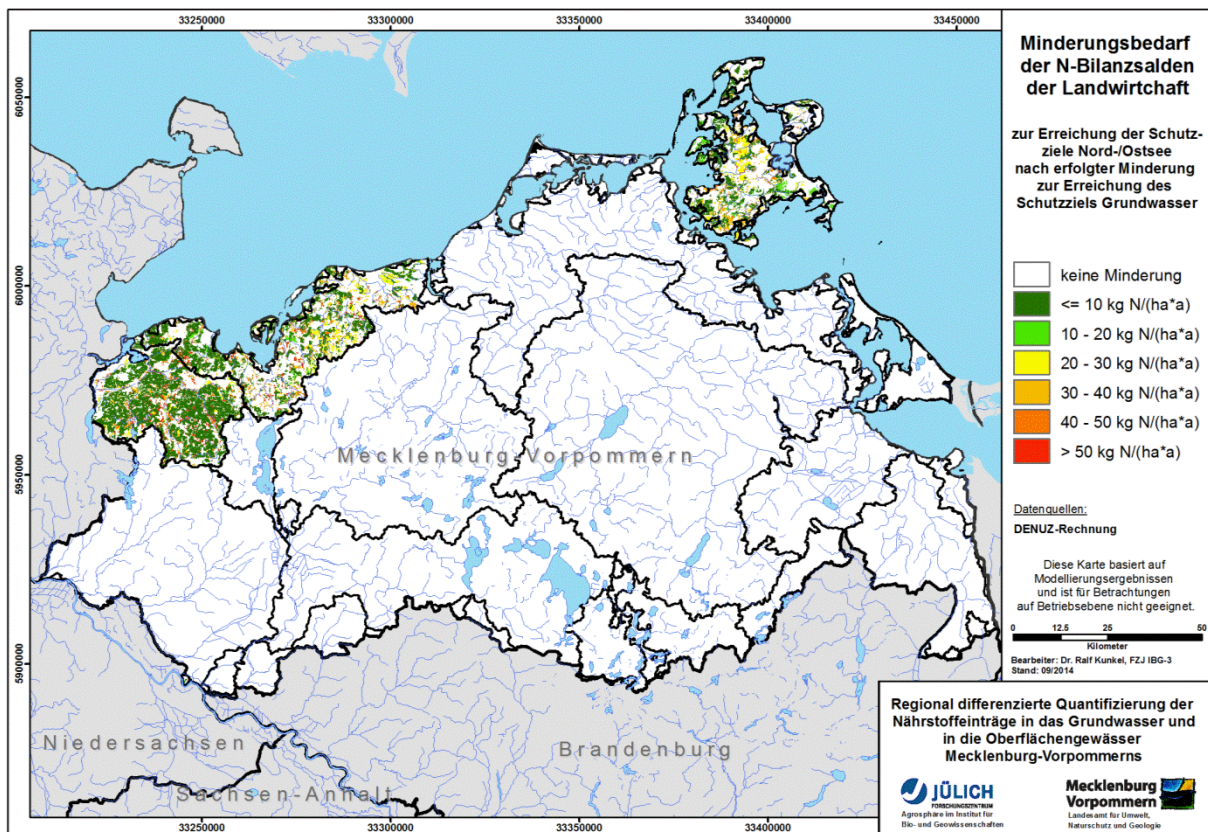


Abb. 3.23: zusätzlicher Minderungsbedarf der N-Bilanzsalden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zum Erreichen der Schutzziele von Nord- und Ostsee, nachdem das Grundwasserschutzziel erreicht wurde

Weitere zusätzliche Minderungsbedarfe könnten sich u.U. für bestimmte See-Einzugsgebiete ergeben, welche im Rahmen des Projektes noch nicht betrachtet wurden. Hierzu sind noch Einzelstudien erforderlich.

## 4 Maßnahmen zur Senkung der Nährstoffeinträge

### 4.1 Maßnahmenumsetzung im ersten Bewirtschaftungszeitraum

Mit Veröffentlichung des ersten Maßnahmenprogramms wurde begonnen, die dort aufgeführten Maßnahmen umzusetzen. Im Rahmen der Berichterstattung zur Umsetzung des Maßnahmenprogramms werden von den Bundesländern Angaben zum Stand der Umsetzung der Maßnahmen über die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) an die Europäische Kommission gemeldet. Für diese Berichterstattung werden die Einträge des LAWA-Maßnahmenkatalogs zu Schlüsselmaßnahmen zusammengefasst.

Die Wirkung der bisher begonnenen oder abgeschlossenen Maßnahmen kann zurzeit nur bedingt aus den Ergebnisdaten der Monitoringprogramme der Länder zur WRRL-Gewässerüberwachung erfasst werden. Hierfür ist zum einen der Umfang an Maßnahmenrealisierungen oftmals zu gering, als dass ein signifikant flächenwirksamer Maßnahmeneffekt an einer Beschaffenheitsmessstelle am Auslass eines (großen) Einzugsgebiets festgestellt werden kann. Zum anderen können auch die Reaktionszeiten zwischen Maßnahmendurchführung und Feststellung ihrer Wirkungen im Grundwasser oder Oberflächengewässer aufgrund der langen Fließzeiten oft sehr lang sein. Dies betrifft vor allem Maßnahmen zur Verringerung der diffusen Stoffeinträge aus der landwirtschaftlichen Nutzung. Maßnahmen an punktuellen Quellen haben dagegen häufig eine schnelle Reaktionszeit. In vielen Fällen wirken auch Maßnahmen in den unterschiedlichen Bereichen **mit Synergie- bzw. Überlagerungseffekten** (z. B. Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur), deren Wirkungen auf den Stoffhaushalt sich nicht immer kurzfristig und eindeutig ermitteln bzw. zuordnen lassen.

### 4.2 Maßnahmenplanung für den zweiten Bewirtschaftungszeitraum

In Vorbereitung auf den zweiten Bewirtschaftungsplan wurde von der ad-hoc AG Nährstoffe der FGE Elbe folgende Liste an **wirkungseffizienten** Maßnahmenoptionen zur Verringerung der Nährstoffeinträge und zur Verbesserung des Nährstoffrückhalts erstellt (Tab. 4.1), die im Wesentlichen auch für die FGE Warnow/Peene herangezogen werden kann.

Tab. 4.1: Übersicht der Maßnahmenoptionen zur Minderung der Nährstoffeinträge und Verbesserung der Nährstoffrückhaltung

<b>Maßnahmenoptionen Minderung Nährstoffeinträge im Bereich Landwirtschaft</b>	
Düngeverordnung	Umsetzung und Novelle der Düngeverordnung (grundlegende Maßnahme)
Begrünung	Anbau von Zwischenfrüchten / Winterbegrünung
	Anbau von Untersaaten
Fruchtfolge	Gewässerschonende Fruchtfolgegestaltung
Bodenbearbeitung	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais
	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Raps
	konservierende Bodenbearbeitung (nach Möglichkeit langfristig oder dauerhaft)
Grünland	Extensive Grünlandnutzung
	Umbruchlose Grünlandnutzung
Wirtschaftsdüngung	Gewässerschonende Aufbringung Wirtschaftsdünger
	Verkürzte Ausbringzeiten für Wirtschaftsdünger
	Erhöhung der Lagerkapazitäten für Wirtschaftsdünger
Änderung der Landnutzung	Schonstreifen / Pufferstreifen / Gewässerrandstreifen
	Neuwaldbildung / Ökologischer Waldumbau
	Anlage von Brachflächen bzw. -streifen auf Ackerland
Betriebs- bzw. Produktionssystem	Ökolandbau / Ökologische Anbauverfahren
Düngemanagement	Reduzierte Stickstoff-Düngung
	Schlagbezogene Düngeplanung
	Absenkung N-Salden
Beratung / Wissenstransfer	Verbesserung der Düngungseffizienz
	Beratung für Stickstoff
	Beratung für Phosphor
<b>Maßnahmenoptionen Minderung Nährstoffeinträge aus Siedlungswasserwirtschaft</b>	
Kommunale Kläranlagen	Neubau / Anpassung kommunaler Kläranlagen
	Ausbau kommunaler Kläranlagen mit weitergehender N- bzw. P-Elimination
	Optimierung der Betriebsweise von Kläranlagen

	Zusammenschluss / Stilllegung von Kläranlagen
Industrielle / gewerbliche Kläranlagen	Anpassung / Erweiterung / Optimierung industrieller / gewerblicher Kläranlagen
Ableitung / Behandlung Misch- und Regenwasser	Neubau und Anpassung von Misch- und Niederschlagsabwasseranlagen
Diffuse Abwassereinträge aus Siedlungsgebieten	Neubau / Sanierung von Kleinkläranlagen
	Neuanschluss von Siedlungsgebieten an bereits bestehende Kläranlagen
	Fortbildungen im Bereich Kleinkläranlagen
<b>Maßnahmenoptionen Verbesserung der Nährstoffrückhaltung</b>	
Pufferstreifen	Gewässerrandstreifen
Feuchtgebiete	Wiederherstellung von Feuchtgebieten
Dränsysteme	Dränteiche
	Dränmanagement
	Dränfilter
Fließgewässer- und Auenentwicklung	Gewässerentwicklung
	Auenentwicklung
	Gewässerunterhaltung
<b>Sonstige Maßnahmenoptionen Nährstoffe</b>	
Sedimentmanagement	Sandfänge

### 4.3 Maßnahmenumsetzung im zweiten Bewirtschaftungszeitraum

Für den zweiten Bewirtschaftungszeitraum sind in der FGE Warnow/Peene neben der Umsetzung der grundlegenden Maßnahmen auch zahlreiche ergänzende Maßnahmen geplant. Um die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen, ist es notwendig, Maßnahmen in den Bereichen Landwirtschaft und Siedlungswasserwirtschaft sowie zur Verbesserung der Stoffrückhaltung möglichst gleichzeitig und in besserer gegenseitiger Abstimmung zu planen und umzusetzen. In der FGE Warnow/Peene werden Maßnahmen zur Minderung der Nährstoffeinträge an die regionalen und örtlichen Verhältnisse angepasst. Weiterhin wird zwischen Maßnahmen zur Senkung der Stickstoff- und Phosphoreinträge differenziert. Dabei wird auch die Variabilität von Witterungsverhältnissen und der Landnutzung berücksichtigt. Grundsätzlich werden daher Maßnahmen vorrangig dauerhaft ausgestaltet.

Für einige Maßnahmen werden zurzeit vom Bund noch die gesetzlichen Rahmenbedingungen angepasst, bevor die Länder darauf aufbauende Regelungen umsetzen können. Hier ist

besonders die für 2016 vorgesehene Novellierung der Düngeverordnung von überregionaler Bedeutung für den Nährstoffeintrag in die FGE Warnow/Peene. Diese wird ihre Wirkung auf die Minderung der Nährstoffeinträge entfalten, wenn die dort formulierten Regeln von den in den Ländern dafür zuständigen Behörden kontrolliert werden.

Als konkrete weitere Maßnahmen zur Senkung der Nährstoffeinträge und zur Verbesserung der Nährstoffrückhaltung werden derzeit insbesondere die nachfolgend genannten Möglichkeiten geprüft oder geplant.

- Landwirtschaft
  - Novellierung der Düngeverordnung mit klaren Regeln und Auflagen für die Düngeplanung, Dünge- und Düngemanagement und Landbewirtschaftung
  - Verbesserung des Vollzugs der Düngeverordnung durch Ausweisung von Belastungsgebieten, Dokumentationsverpflichtungen und Erhöhung der Kontrolldichte in diesen Bereichen
  - Einführung einer Beratungspflicht bei Überschreiten der gesetzlichen Nährstoffsalden
  - Fortsetzung der bestehenden Beratungen, um über standortgerechte Düngeplanung und -management zu informieren und die Düngungseffizienz der Landwirtschaftsbetriebe weiter zu verbessern
  - Fortführung und Weiterentwicklung der WRRL-Landwirtschaftsberatung in neu zu erarbeitenden Gebietskulissen mit Prioritätensetzung für die Beratungsintensität
  - Fortführung der Landwirtschaftsforschung mit Praxisüberleitung zu nährstoffaustragsmindernden Produktionsweisen
  - Weiterentwicklung des Modells zur Berechnung regionalisierter landwirtschaftlicher Nährstoffbilanzsalden
  - Fortführung / Weiterentwicklung / Ausweitung von gezielt an die regionalen Nährstoffprobleme angepasster Agrarumweltmaßnahmen wie z. B.:
    - Wasser- und Erosionsschutzstreifenprogramm
    - Anbaudiversifizierung
    - Landwirtschaftliche Betriebsberatung
  - Optimierung bei der Umsetzung der Greening-Vorgaben
- Siedlungswasserwirtschaft
  - Identifikation und Umsetzung von Optimierungsmöglichkeiten für Kläranlagen
  - Landesweite nach Größenklassen differenzierte Potenzialermittlung und Entwicklung von Umsetzungsstrategien für Kläranlagen



- Verbesserung der Stoffrückhaltung
  - Vereinheitlichung des Fachrechts für Abstandsauflagen bei Gewässerrandstreifen durch Bund und Länder (materielle Untersetzung des § 38 WHG) im Sinne der funktionalen Anforderungen des Gewässerschutzes über die Mitarbeit in Bund-Länder-Arbeitsgruppen
  - Aufstellen von Kulissen, in denen breitere Gewässerrandstreifen zur Minderung von Stoffeinträgen und zur Gewässerentwicklung besonders benötigt werden und sukzessive Etablierung der Gewässerrandstreifen
  - Aufstellen von Kulissen, in denen potenziell Überflutungsräume, Feuchtgebiete und Auen wiederhergestellt werden können; Priorisierung anhand ihrer Umsetzbarkeit durch die Länder und sukzessive Umsetzung der Wiederherstellung
  - Berücksichtigung von Gewässerschutzziele bei der Raumplanung, z. B. Einführung eines Bebauungsverbots in Überflutungsräumen oder Vorranggebieten für die Gewässerentwicklung
  - Fortführung von Gewässerentwicklungsmaßnahmen als Beitrag zur Verbesserung des Stoffrückhalts
  - Initiieren von Pilotprojekten wie Retentionsbecken, Dränsteuerung oder Filtersystemen mit Erfolgskontrollen, Handlungsempfehlungen und Fachinformationen sowie
  - Förderung wasserseitiger Nährstoffretentionsmaßnahmen.

#### **4.4 Ausgewählte Maßnahmen in der FGE Warnow/Peene**

Im folgenden Abschnitt werden einige beispielhafte Maßnahmen zur Minderung der diffusen und punktuellen Belastungen mit Nährstoffen vorgestellt, die bereits im ersten Bewirtschaftungszeitraum umgesetzt wurden bzw. auch weiterhin umgesetzt werden. Teilweise werden auch konzeptionelle Maßnahmen aufgeführt.

Fortgeführt wird die Arbeitsgruppe „Diffuse Nährstoffeinträge“. In dieser wird zunächst das gemeinsame Konzept der Land- und Wasserwirtschaftsverwaltung zur Minderung der diffusen Nährstoffeinträge weiter verfolgt (LU M-V 2011). Eine Fortschreibung ist vorgesehen. Die Schwerpunkte liegen parallel auf der Grundlagenermittlung zu Zusammenhängen zwischen Landbewirtschaftung und Gewässerbelastung, Landwirtschaftsforschung mit Praxisüberleitung sowie der Landwirtschaftsberatung. Für den Bereich Landwirtschaftsberatung wurde das Konzept bereits weiterentwickelt. In M-V besteht eine WRRL-Beratung für die Landwirtschaft zur Minderung diffuser Nährstoffeinträge seit 2008, zunächst in ausgewählten Oberflächengewässer-Einzugsgebieten und Grundwasser-Belastungsgebieten. Die grundwasserbezogene Beratung wurde aufgrund der kleinteiligen Belastungssituation angesichts der großen Betriebsflächen in eine landesweite Beratung umgewandelt. Die WRRL-Beratung arbeitet fortführend als grundlegende Beratung und wird mit der vorzuhaltenden Officialbera-



tung verknüpft sowie durch eine mit ELER-Mitteln geförderte landwirtschaftliche Betriebsberatung ergänzt (Abb. 4.1). Diese ELER-Beratung beinhaltet neben anderen Schwerpunkten ein Modul zum Wasser- und Bodenschutz. Dabei sollen vom Land anerkannte Berater den Betrieben Beratungsleistungen erbringen und Handlungsempfehlungen unterbreiten wie z.B.:

- Bestimmung des standörtlichen und betrieblichen Gefährdungspotenzials sowie des betrieblichen Nährstoffreduzierungsbedarfs,
- Ermittlung des standörtlichen und betriebsspezifischen Reduzierungspotenzials,
- Optimierung von N-Düngebedarfsermittlung und N-Düngeplanung zur Reduzierung der Bilanzüberschüsse,
- Verbesserung des betrieblichen Managements beim Einsatz organischer Dünger,
- Reduzierung der Nährstoffbilanzüberschüsse und Unterstützung bei deren Umsetzung.

### Beratung zur Wasserrahmenrichtlinien bzw. zum Wasserschutz in MV

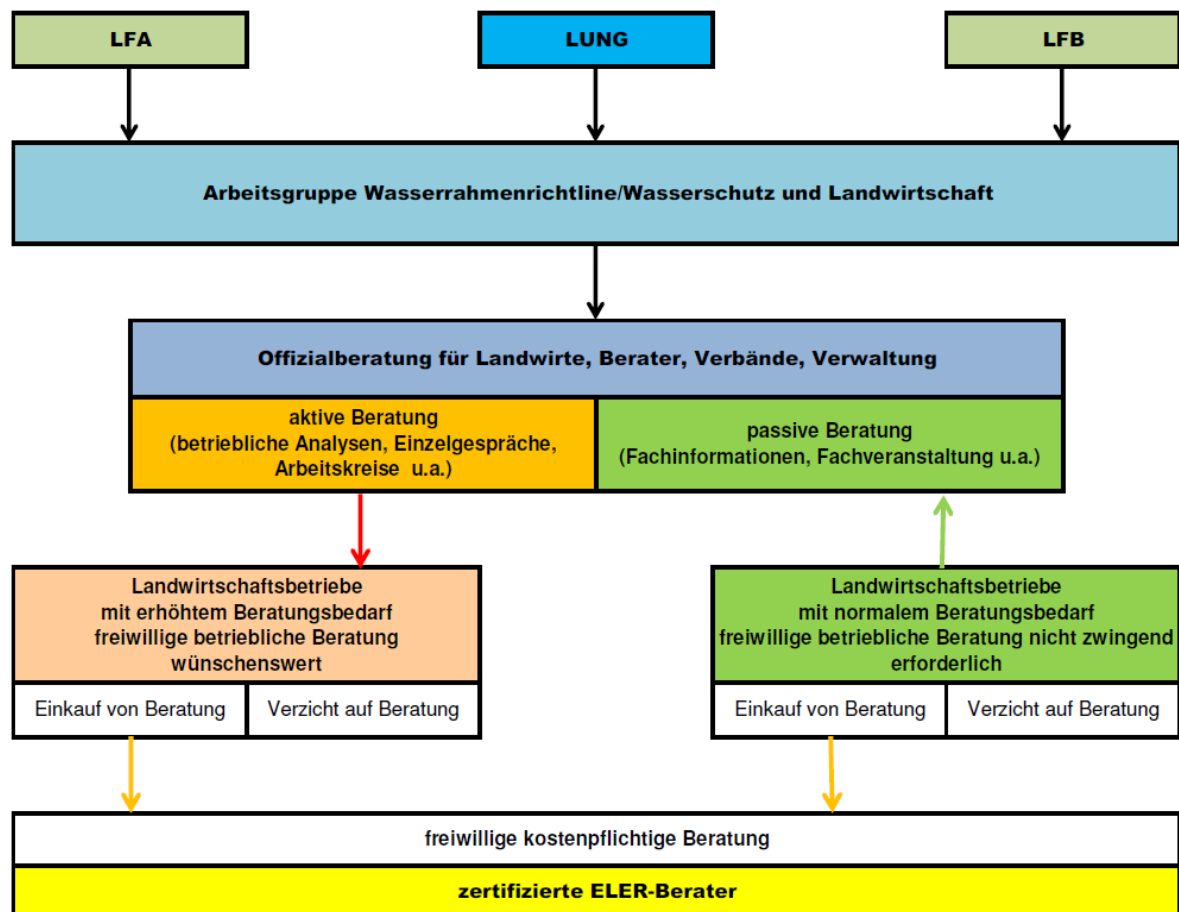


Abb. 4.1: Organisationsübersicht der Wasserschutz- und WRRL-Beratung in Mecklenburg-Vorpommern

Die bei der Zuständigen Stelle für Landwirtschaftliches Fachrecht und Beratung angesiedelte WRRL-Fachberatung arbeitet im Auftrag des Landes Mecklenburg-Vorpommern.

Die für das Landesgebiet durchgeführte Modellierung der Nährstoffeinträge quantifizierte als einen Haupteintragspfad für Stickstoff in Oberflächengewässer die Dränung, so dass hier den ergänzenden Maßnahmen zum Stoffrückhalt besonderes Augenmerk zuteil kommt. Neben einem Messprogramm zu Dränabläufen werden Demonstrationsvorhaben wie Retentionsbecken durchgeführt und Informationen zu weiteren möglichen Maßnahmen in die Beratung aufgenommen.

Das Demonstrationsvorhaben „Retentionsteich Jürgenshagen“ wird an der Beke östlich der Ortschaft Klein Gischow durchgeführt. Projektträger ist der Wasser- und Bodenverband (WBV) Warnow/Beke im Auftrag der Gemeinde Jürgenshagen. Im Projektgebiet wurde die vorhandene Rohrleitung, die ein Dränsystem von ca. 100 ha (Vorteilsfläche 130 ha) entwässert, vor der Einmündung in die Beke aufgenommen. Auf der zuvor extensiv genutzten Grünlandfläche, deren Eigentümer durch freiwilligen Landtausch neue Flächen bekamen, erstreckt sich nun ein U-förmiges Retentionsbecken mit Wassertiefen zwischen 1,50 m und 0,30 m (Abb. 4.2). Der Teich hat eine Wasserfläche von rd. 4.600 m<sup>2</sup> und ein Volumen von rd. 4.800 m<sup>3</sup>. Ein vorgeschalteter Sandfang soll ein schnelles Verlanden des Beckens verhindern und phosphorhaltiges Sediment abfangen. Strömungsenker erhöhen die Verweilzeit des Dränwassers. Die Denitrifikation findet im Wasser statt. Eine Bepflanzung soll für zusätzliche Nährstoffaufnahme sorgen.



Abb. 4.2: Retentionsteich im Juni 2014 (Foto: Steidl)

Die Funktionsweise wird mit einem Monitoringprogramm untersucht. Aus Zu- und Ablauf des Beckens entnimmt ein automatischer Probenehmer Tagesmischproben, welche wöchentlich in das LUNG-Labor gebracht werden. Hier werden sie auf Gehalte an Stickstoff- und Phosphorverbindungen, Sulfat und Chlorid analysiert. Zusätzlich werden die Bilanzgrößen Durchfluss, Niederschlag, Verdunstung sowie die Grundwasserverhältnisse ermittelt. Die wissenschaftliche Begleitung übernimmt die agrathaer GmbH Müncheberg im Auftrag des StALU Mittleres Mecklenburg.

Für Stickstoff sowie - in viel erheblicherem Umfang - für Phosphor konnte nach der bisherigen Datenlage ein Minderungspotenzial nachgewiesen werden (STEIDL 2014). Die aus der Literatur und aus Pilotprojekten in Brandenburg bekannten Retentionsmengen wurden beim Stickstoff bisher nicht erreicht. Dies wird v. a. darauf zurückgeführt, dass sich das gesamte System der Wirkungszusammenhänge (mikrobielle Denitrifikation von Nitrat, Sedimentation von phosphorhaltigen Sedimenten, Nährstoffaufnahme in Pflanzen) erst etablieren und stabilisieren muss. Für Phosphor jedoch wurde eine überdurchschnittliche Reinigungsleistung festgestellt. Ein langfristiges Monitoring der Retentionsleistung ist vorgesehen.

Das Projekt mündet in einer Handlungsempfehlung für Retentionsflächen an Dräusläufen. Außerdem soll landesweit eine Flächenkulisse sowie das Minderungspotenzial für Stickstoff- und Phosphorausträge aus landwirtschaftlich genutzten, gedränten Flächen durch Retentionsbecken ermittelt werden. Der WBV wird das Retentionsbecken nach Bedarf unterhalten (z. B. Sandfang ausräumen, Krautung). Die Verbesserung der Wasserqualität wird sich auch positiv auf die Ziele des Naturschutzgebietes „Beketal“ und des FFH-Gebietes „Beketal mit Zuflüssen“ auswirken.

Mit Beginn der neuen Förderperiode werden ab 2015 investive wasserseitige Maßnahmen zum Abbau von Nährstoffen (z. B. Dränteiche) in die Programme aufgenommen.

Eine neue Agrarumweltmaßnahme „Gewässer- und Erosionsschutzstreifen“ wird schwerpunktmäßig in besonders mit Nährstoffen belasteten oder erosionsgefährdeten Gebieten gefördert. Entsprechende Kulissen hierfür liegen vor.

Zum Schutz des Grundwassers werden im neuen Landesraumentwicklungsprogramm (LEP) Vorbehalts- und Vorranggebiete zum Schutz des Trinkwassers aufgenommen. In den regionalen Raumordnungsprogrammen werden darüber hinaus zukünftig Vorbehaltsgebiete zur Gewässerentwicklung auf Basis einer Kulisse typkonformer Entwicklungsräume ausgewiesen. Innerhalb dieser Kulisse wird auch die dauerhafte Umwandlung von Acker- in Grünland oder Galeriewald gefördert.

#### **4.5 Wirkungsabschätzung ausgewählter Maßnahmen**

Die Europäische Kommission erwägt, ein Pilotverfahren gegen Deutschland wegen Nicht-Umsetzung der WRRL einzuleiten, weil Deutschland unter anderem bislang keine verbindlichen Werte oder Standards für die Gesamt-Stickstoff-Konzentration in Oberflächengewässern geregelt hat. Dies ist nach Ansicht der Kommission erforderlich, um die Maßnahmenplanung zur Erreichung der überregionalen Ziele zum Beispiel in den Küstengewässern der Nord- und Ostsee korrekt durchzuführen.



Die Kommission hat im Frühjahr 2014 ihre Vorstellung an die Maßnahmenplanung der Mitgliedsstaaten unter anderem im Bereich Nährstoffe dahingehend konkretisiert, dass sie davon ausgeht, dass

1. der Minderungsbedarf, der notwendig ist, um die Ziele der WRRL in Grundwasser und Oberflächengewässern und hier insbesondere in den Küstengewässern zu erreichen, ermittelt wird,
2. die Wirkung der grundlegenden Maßnahmen, wie zum Beispiel die Umsetzung der Nitratrichtlinie, in Deutschland vor allem umgesetzt durch die Düngeverordnung (DüV), ermittelt wird, und
3. der verbleibende Minderungsbedarf durch ergänzende und zusätzliche Maßnahmen erbracht wird.

Vor diesem Hintergrund werden gegenwärtig in Deutschland die Düngeverordnung und die Oberflächengewässerverordnung novelliert. Bei der Aufstellung der Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme nach WRRL für den zweiten Bewirtschaftungszeitraum sowie der Maßnahmenprogramme zur Erreichung der Ziele der Meeresstrategierahmenrichtlinie (MSRL) wurde darauf geachtet, dass die von der Kommission skizzierten Leitlinien im Grundsatz befolgt wurden.

Die Düngeverordnung ist national das wichtigste Instrument zur Umsetzung der Nitratrichtlinie. Von ihrer zukünftigen Ausgestaltung hängt maßgeblich die Zielerreichung im Grundwasser und den Oberflächengewässern ab. Deshalb hat die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) im August 2014 eine Kleingruppe „Prognose Düngeverordnung“ damit beauftragt, einen „Bericht zur Prognose der Auswirkungen einer nach Gewässerschutzaspekten novellierten Düngeverordnung auf die Qualität der Oberflächengewässer in Deutschland“ zu erarbeiten (LAWA 2014d). In diesem Bericht wird halbquantitativ abgeschätzt, wie sich eine aus Sicht der Wasserwirtschaft novellierte Düngeverordnung auf das Erreichen der Wasserrahmenrichtlinienziele, die in Verbindung mit Stickstoffbelastungen stehen, auswirken würde. Die Prognose, wie sich die novellierte Düngeverordnung auf die Stickstoffkonzentrationen in Fließgewässern auswirken kann, wird benötigt, um einen flächendeckenden Wert für die sich in der Novellierung befindliche Oberflächengewässerverordnung festzulegen. Der Bericht wurde auf der 148. LAWA Vollversammlung am 4. und 5. September 2014 in Husum beschlossen. Die LAWA erwartet, dass durch den Vollzug der verschärften Düngeverordnung deutschlandweit mittelfristig die Stickstoffeinträge um 10 – 15 % zurückgehen werden. In ihrer Antwort an die EU-Kommission zum Vertragsverletzungsverfahren zur Nitratrichtlinie schätzt die Bundesregierung ein, dass durch eine verschärfte Düngeverordnung die Stickstoffeinträge um 15 – 20 % verringert werden. Sie betont aber, dass diese Minderung erst nach 10 – 15 Jahren aufgrund langer Verweilzeiten an den Bilanzpegeln messbar sein wird. Um diese Wirkung zu erreichen, ist es notwendig, die Einhaltung der Regelungen der verschärften Düngeverordnung in den Bundesländern zu kontrollieren. Insbesondere ist die Einhaltung des ermittelten Düngebedarfs und des Stickstoff-Bilanzüberschusses zu prüfen.

Um die Auswirkungen auch auf die Phosphorbelastungen abzuschätzen, hat die LAWA die Kleingruppe „Prognose Düngeverordnung“ beauftragt, einen „Bericht zur Prognose der Auswirkungen einer nach Gewässerschutzaspekten novellierten Düngeverordnung auf die Quali-

tät der Oberflächengewässer in Deutschland im Hinblick auf Phosphor“ auszuarbeiten. Der Bericht wurde auf der 149. LAWA Vollversammlung am 19. und 20. März 2015 in Lübeck beschlossen.

Die LAWA erwartet auch für Phosphor, dass die novellierte Düngeverordnung einen wichtigen Beitrag zur langfristigen Minderung der Phosphoreinträge in Grund- und Oberflächengewässer leisten kann, wenn die dort festgeschriebenen Regeln für Düngeplanung und Nährstoffmanagement eingehalten werden und die zuständigen Fachbehörden der Länder bereit und in der Lage sind, weitergehende Auflagen zur P-Düngung durchzusetzen. Die vorgeschlagenen Regelungen werden flächendeckend deutschlandweit vermutlich langfristig zu einer Minderung der Phosphoreinträge um circa 5 - 10% führen. Bei Einträgen in die Oberflächengewässer über den Grundwasserpfad ist zu berücksichtigen, dass die Regelungen zur Düngung erst greifen, wenn sich die im Boden vorhandenen Phosphorvorräte verringert haben. Zudem sind die z. T. langen Fließzeiten von Sicker- und Grundwasser zu berücksichtigen. Dies setzt voraus, dass die P-Gehalte hoch und sehr hoch versorgter Böden verringert werden (LAWA 2015).

Um speziell für das Mecklenburg-Vorpommern beurteilen zu können, inwieweit die grundlegende Maßnahme „Novelle der Düngeverordnung“ Beiträge zur Erreichung der Gewässerschutzziele leisten kann, wurden für die Flussgebietseinheiten des Landes im Rahmen des Projektes „Quantifizierung der Nährstoffeinträge“ (Wendland 2015) verschiedene Szenarien berechnet, die teilweise in die o. g. LAWA-Berichte eingeflossen sind und hier noch detaillierter dargestellt werden.

#### **4.5.1 Minderungsszenarien für die Landwirtschaft**

Die Arbeitsgruppe Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft arbeitete unter der besonderen Mitwirkung der zuständigen Stelle für Landwirtschaftliches Fachrecht und Beratung in Mecklenburg-Vorpommern (LFB bei der LMS Agrarberatung GmbH) realitätsnahe N-Minderungsmaßnahmen aus, für die eine flächendeckende Umsetzung angenommen wurde. Insgesamt wurden durch das FZ Jülich fünf Szenarien modelliert:

1. Szenario „DüV 60“: Die konsequente Umsetzung der zuletzt 2012 geänderten Düngeverordnung (DüV 2012), d. h. eine Begrenzung des N-Bilanzüberschusses der Landwirtschaft auf 60 kg N/ha.
2. Szenario „DüV 50“: Absenkung des zulässigen N-Bilanzüberschusses der Landwirtschaft auf 50 kg N/ha (Kontrollwert nach Referentenentwurf der DüV-Novelle, Stand August 2014).
3. Szenario „DüV-Mais“: Reduktion der N-Bilanzsalden bei Mais um 40 kg N/ha durch Unterlassen von Gülle- und Gärrestausbringung nach der Ernte, da aufgrund der zeitlichen Einordnung kein Düngebedarf einer Folgekultur besteht (bereits jetzt gültig).
4. Szenario „DüV-Weizen“: Reduktion der N-Bilanzsalden bei Weizen nach Getreide und sonstigen Früchten um ca. 12 kg N/ha und bei Weizen nach Raps um ca.

27 kg N/ha gegenüber dem jetzigen Niveau, da nach der Novelle der DüV das Ergebnis der Düngbedarfsermittlung verbindlich einzuhalten ist und insbesondere Raps einen anzurechnenden Nährstoffgehalt im Boden hinterlässt.

5. Szenario „DüV-Raps“ mit drei Varianten: Reduktion der N-Bilanzsalden bei Raps um 15 bzw. 30 kg N/ha (Raps 15 bzw. Raps 30), und insbesondere nach Wintergerste (Raps Gerste 30), in Abhängigkeit von der N-Aufnahme im Herbst und Berücksichtigung bei der 1. Frühjahrsgabe unter Nachweis eines entsprechenden Düngedarfs.

Die Ergebnisse dieser landwirtschaftlichen Szenarien sind in Abb. 4.3 dargestellt.

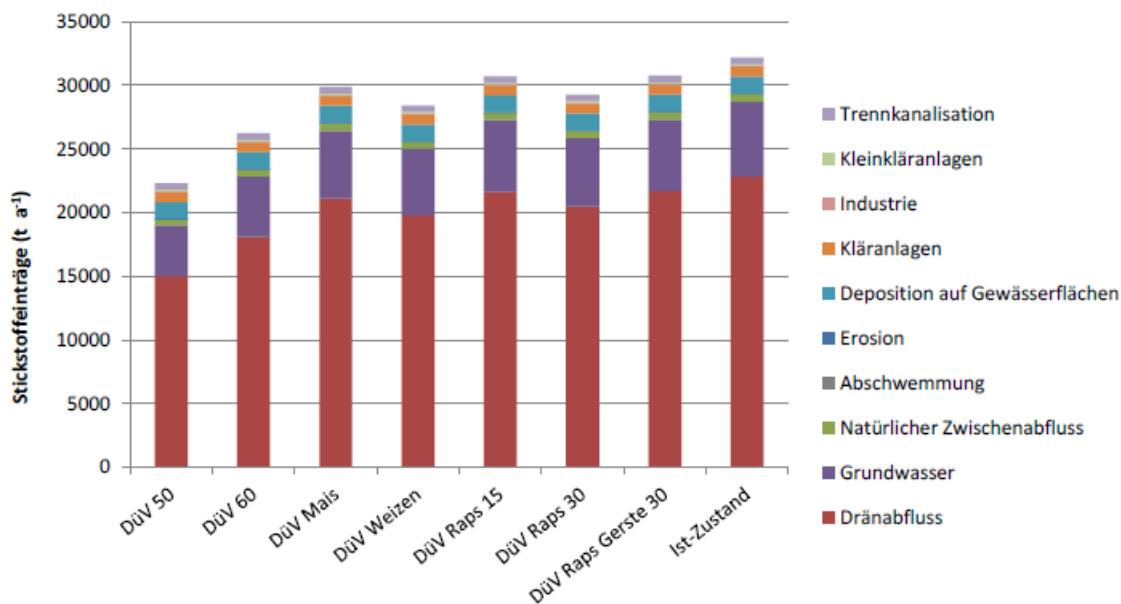


Abb. 4.3: Ergebnisse der landwirtschaftlichen Szenarien zur Minderung von Stickstoffüberschüssen. Die konsequente Umsetzung der zuletzt 2012 geänderten Düngverordnung, d. h. eine Begrenzung des N-Bilanzüberschusses der Landwirtschaft auf 60 kg N/ha würde zu einer Reduzierung der N-Einträge in die Vorfluter um 18 % führen (Tab. 4.2). Eine weitere Absenkung des zulässigen N-Bilanzüberschusses der Landwirtschaft auf 50 kg N/ha (Kontrollwert nach Referentenentwurf der DüV-Novelle, Stand August 2014) hätte eine Reduzierung der N-Einträge in die Vorfluter um 31 % zur Folge.

Im Hinblick auf das Schutzziel Grundwasser würde damit jedoch nur rd. die Hälfte des Minderungsbedarfs (s. Kap. 3.3.1) gedeckt. Es verbliebe ein Minderungsbedarf von ca. 20.500 t N/a gegenüber 41.500 t N/a insgesamt.

Die Meeresschutzziele können durch „DüV 50“ in einer Reihe von Teilgebieten erreicht werden. Nur für einige Teilgebiete (Stepenitz, Wallensteingraben, Rügen und Peene) sind bei diesem Szenario weitere Reduzierungen zwischen ca. 10 und 20 kg N/ha erforderlich.

Die Szenarien 3, 4 und 5 (mit Varianten) könnten zur guten fachlichen Praxis werden. Die Maßnahmen zeigen einzeln betrachtet nur geringe Effekte. Die Reduzierung der N-Einträge in die Vorfluter wird jeweils nur um rd. 10 % vermindert (Tab. 4.2). In Anbetracht des beträchtlichen Umfangs und parallelen Anbaus von Weizen, Raps und Mais in den Marktfrucht- und Biogas- bzw. Tierhaltungsbetrieben Mecklenburg-Vorpommerns würden sich die Effekte jedoch im Falle einer Umsetzung der Regelungsvorschläge summieren. In der Summe wir-

ken diese Maßnahmen gleichzeitig auf den betrieblichen N-Saldo, so dass sich dieser bei konsequenter Umsetzung in Richtung der anzustrebenden Kontrollwerte bewegen wird.

Tab. 4.2: Reduzierungspotenziale der Stickstoffeinträge durch landwirtschaftliche Bewirtschaftungsszenarien für ausgewählte Eintragspfade

	Reduzierung der Einträge über Dränabfluss			Reduzierung der Einträge über natürlichen Zwischenabfluss			Reduzierung der Einträge über das Grundwasser			Reduzierung der Summe über alle Pfade (diffus & punktförmig)		
	Summe	Reduktion		Summe	Reduktion		Summe	Reduktion		Summe	Reduktion	
	t/a	t/a	%	t/a	t/a	%	t/a	t/a	%	t/a	t/a	%
<b>DüV 50</b>	15.038	-7.827	-34	439	-179	-29	4.001	-1.856	-32	22.333	-9.862	-31
<b>DüV 60</b>	18.121	-4.745	-21	515	-104	-17	4.749	-1.108	-19	26.239	-5.956	-18
<b>DüV Mais</b>	21.128	-1.737	-8	584	-34	-6	5.326	-531	-9	29.893	-2.302	-7
<b>DüV Weizen</b>	19.806	-3.059	-13	538	-80	-13	5.228	-629	-11	28.427	-3.768	-12
<b>DüV Raps 15</b>	21.664	-1.201	-5	586	-32	-5	5.605	-252	-4	30.710	-1.485	-5
<b>DüV Raps 30</b>	20.506	-2.359	-10	554	-64	-10	5.363	-494	-8	29.278	-2.917	-9
<b>DüV Raps Gerste 30</b>	21.713	-1.152	-5	584	-34	-6	5.615	-242	-4	30.767	-1.428	-4
<b>Ist-Zustand</b>	<b>22.865</b>			<b>618</b>			<b>5.857</b>			<b>32.195</b>		

Die berechneten Szenarien zeigen, dass sich sowohl hinter der neuen Düngeverordnung als auch hinter den von der AG Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft entwickelten Maßnahmen ein hohes Minderungspotenzial für diffuse Nährstoffe verbirgt. Diese Potenziale sollten im nächsten Bewirtschaftungszeitraum möglichst flächendeckend genutzt werden. Die Ergebnisse weisen auch darauf hin, dass neben strengeren, verbindlichen Regelungen auch der konsequenten Umsetzung und Kontrolle in der Praxis eine hohe Bedeutung zukommt.

Die Szenarien zeigen ebenfalls auf, dass im Falle der konsequenten Umsetzung einer nach den Vorschlägen vom August 2014 novellierten Düngeverordnung noch ergänzende Maßnahmen ergriffen werden müssen, um die Ziele des Grundwasser- und Meeresschutzes zu erreichen.



## 5 Fazit

Die im Rahmen der Monitoringprogramme gemessenen Nährstoffkonzentrationen im Grundwasser sowie in Seen, Fließgewässern und in den Küstengewässern der FGE Warnow/Peene überschreiten vielfach die Schwellen- und Zielwerte. Dadurch wird der durch die Wasserrahmenrichtlinie geforderte „gute“ Zustand in den Gewässern oft nicht erreicht.

Das Thema Nährstoffe gehört daher nach wie vor zu den wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen. Um die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen, wurden für den zweiten Bewirtschaftungszeitraum in der FGE Warnow/Peene Maßnahmen geplant, die neben flächenhaft wirksamen, grundlegenden und ergänzenden Maßnahmen auch konkrete Einzelmaßnahmen an Wasserkörpern umfassen. Ziel ist es, vor allem die diffusen Nährstoffeinträge aus der Fläche in das Grundwasser und in die Oberflächengewässer wirkungsvoll zu senken. Das Thema Punktquellen wurde vereinzelt bei der Maßnahmenplanung berücksichtigt, um lokalen Wasserkörper-Belastungen entgegenzuwirken. Insgesamt wird durch Zusammenarbeit mit dem vorsorgenden Hochwasserschutz und dem Naturschutz, der Stoffrückhalt in der Landschaft verbessert.

## 6 Literatur

- BACH, M., FREDE, H.-G., SCHWEIKART, U. & HUBER, A. (1999): Regional differenzierte Bilanzierung der Stickstoff- und Phosphorüberschüsse der Landwirtschaft in den Gemeinden/Kreisen in Deutschland, in: Behrendt, H., Huber, P., Kornmilch, M., Opitz, D., Schmoll, O., Scholz, G. & Uebe, R. [Hrsg.]: Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. – UBA-Texte 75/99.
- BEHRENDT, H., BACH, M., KUNKEL, R., OPITZ, D., PAGENKOPF, W.-G., SCHOLZ, G. & WENDLAND, F. (2003): Internationale Harmonisierung der Quantifizierung von Nährstoffeinträgen aus diffusen und punktuellen Quellen in die Oberflächengewässer Deutschlands. Umweltbundesamt, Forschungsbericht 299 22 285, 202 S.
- BIOTA (INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG UND PLANUNG GMBH) (2013): Regionalisierte Flächenbilanzen für Stickstoff und Phosphor auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in Mecklenburg-Vorpommern. Projekt im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg Vorpommern, 196 S. [http://www.wrrl-mv.de/doku/hintergrund/enderbericht\\_n-p-bilanz\\_auf\\_lawi-nf\\_mv\\_2013.pdf](http://www.wrrl-mv.de/doku/hintergrund/enderbericht_n-p-bilanz_auf_lawi-nf_mv_2013.pdf)
- BLANO, AD-HOC-AG NÄHRSTOFFREDUKTIONSZIELE UND EUTROPHIERUNG OSTSEE: WEBER, M. VON, CARSTENS, M., BACHOR, A., PETENATI, T., KNEFELKAMP, B., TREPEL, M., LEUJAK, W., SCHERNEWSKI, G., FRIEDLAND, R. & NAUSCH, G. (2014): Harmonisierte Hintergrund- und Orientierungswerte für Nährstoffe und Chlorophyll-a in den deutschen Küstengewässern der Ostsee sowie Zielfrachten und Zielkonzentrationen für die Einträge über die Gewässer – Konzept zur Ableitung von Nährstoffreduktionszielen nach den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie, der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, der Helsinki-Konvention und des Göteborg-Protokolls. [www.meeresschutz.info](http://www.meeresschutz.info) (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.)).
- BLMP [AD-HOC-AG NÄHRSTOFFREDUZIERUNG DES BUND LÄNDER MESSPROGRAMMS] (2011): Konzept zur Ableitung von Nährstoffreduzierungszielen in den Flussgebieten Ems, Weser, Elbe und Eider aufgrund von Anforderungen an den ökologischen Zustand der Küstengewässer gemäß Wasserrahmenrichtlinie. Bund Länder Messprogramm / Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, 50. S
- DüV (2012): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 36 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- FUCHS, S., DIMITROVA, S., KITTLAUS, S., REID, L., TETTENBORN, F. & BACH, M. (2014). Aktualisierung der Stoffeintragsmodellierung (Regionalisierte Pfadanalyse) für die Jahre 2009 bis 2011. Projekt im Auftrag des Umweltbundesamtes Dessau-Roßlau. 90 S.
- HELCOM (2007). Baltic Sea Action Plan. HELCOM Ministerial Meeting. Adopted in Krakow, Poland on 15. November 2007.
- KAPE, H.-E., PÖPLAU, R., VON WULFFEN, U. & ROSCHKE, M. (2007): Umsetzung der Düngeverordnung vom 27. Februar 2007 in Mecklenburg-Vorpommern. Gemeinsame

- Beratungsempfehlung der Länder Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern. – Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern [Hrsg.], 48 S.
- LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE MECKLENBURG-VORPOMMERN (LUNG, HRSG.) (2013): Anhörungsdokument über die in den Flussgebietseinheiten Warnow / Peene, Schlei / Trave, Elbe und Oder festgestellten wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen für den zweiten Bewirtschaftungszeitraum 2016 – 2021 der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Bekanntmachung des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern vom 16. Dezember 2013. Veröffentlicht im Amtlichen Anzeiger zum Amtsblatt M-V vom 16. Dezember 2013. Anlage 1: Überblick über die in der Flussgebietseinheit WARNOW / PEENE festgestellten wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen. 10 S.
- LAWA (2007): LAWA-AO Rahmenkonzeption Monitoring Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen, Arbeitspapier II, Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Komponenten.
- LAWA (2014a): LAWA-AO-Beschlussübersicht zur 44. Sitzung des ständigen Ausschusses „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ am 3./4. Juli 2014 in Hamburg.
- LAWA (2014b): LAWA PDB 2.4.7: Empfehlung zur Übertragung flussbürtiger, meeresökologischer Reduzierungsziele ins Binnenland. 17 S
- LAWA (2014c): LAWA-AO Rahmenkonzeption Monitoring Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen, Arbeitspapier II, Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Komponenten.
- LAWA (2014d): Prognose der Auswirkungen einer nach Gewässerschutzaspekten novellierten Düngeverordnung auf die Qualität der Oberflächengewässer in Deutschland. Bericht der LAWA-Kleingruppe „Prognose Düngeverordnung“ im Auftrag der LAWA-VV, Stand 15.09.2014.
- LAWA (2015): Prognose der Auswirkungen einer nach Gewässerschutzaspekten novellierten Düngeverordnung auf die Qualität der Oberflächengewässer in Deutschland im Hinblick auf Phosphor. Bericht der LAWA-Kleingruppe „Prognose Düngeverordnung“ im Auftrag der LAWA-VV, Stand 20. März 2015
- LFULG Sachsen (2012): Formen der Nährstoffbilanzierung in Praxis und Beratung des Ökologischen Landbaus, [www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Naehrstoffbilanz\\_Verfahren\\_OEL1.pdf](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Naehrstoffbilanz_Verfahren_OEL1.pdf)
- LUNG (2011): Einschätzung punktueller Gewässerbelastungen im Einzugsgebiet der Darß-Zingster Bodden hinsichtlich ihrer Relevanz. Interner Bericht.
- LUNG (2013): Das Sommerhochwasser 2011 in Mecklenburg-Vorpommern – Dokumentation und Auswertung. Materialien zur Umwelt 2013, Heft 2. [http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/broschuere\\_sommer\\_hochwasser\\_2011\\_mv.pdf](http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/broschuere_sommer_hochwasser_2011_mv.pdf)
- Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern (LU M-V, 2011): Konzept zur Minderung der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer und in das Grundwasser. 102 S.

- Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser - Kommunalabwasserrichtlinie (91/271/EWG) vom 21.05.1991 (ABl. L 135 vom 30.05.1991, S. 40 - 52).
- Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung – IVU-Richtlinie (96/61/EG) vom 24.09.1996 (ABl. L 257 vom 10.10.1996, S. 26 - 40).
- Richtlinie zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen - Nitratrichtlinie (91/676/EWG) vom 12.12.1991 (ABl. L 375 vom 31/12/1991 S. 1 – 8).
- Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt - Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (2000/60/EG) vom 17.06.2008 (ABl. L 164 vom 25.06.2008, S. 19 - 40).
- Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik – Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) vom 23.10.2000 (ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1 - 83).
- Richtlinie zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen – FFH-Richtlinie (92/43/EWG) vom 21.05.1992 (ABl. L 206 vom 22.07.1992, S. 7 - 50).
- Richtlinie über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten – Vogelschutz-Richtlinie (92/43/EWG) vom 02.04.1979 (ABl. L 103 vom 25.04.1979, S. 1 - 18).
- STEIDL, J., KALETTKA, T. (2014): Dränteiche – Rettungsanker für Nährstoffausträge aus Dränagen? Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V. Müncheberg, Institut für Landschaftswasserhaushalt. Vortrag auf dem 4. Dialog Wasserrahmenrichtlinie in Güstrow, 30.10.2014
- WENDLAND, F., KELLER, L., KUHR, P., KUNKEL, R., TETZLAFF, B. (2015): Regional differenzierte Quantifizierung der Nährstoffeinträge in das Grundwasser und in die Oberflächengewässer Mecklenburg-Vorpommerns unter Anwendung der Modellkombination GROWA-DENUZ-WEKU-MEPHos. Endbericht zum Projekt im Auftrag des LUNG Güstrow, Stand Januar 2015.
- WIEBENSOHN, J. (2008): Erprobung einer neuen Methodik zur Erstellung regionaler Stickstoff- und Phosphorflächenbilanzen für Mecklenburg-Vorpommern auf der Basis verfügbarer Daten der Agrarstatistik. Masterarbeit, Universität Rostock, 68 S.