

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

Ständiger Ausschuss

„Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“

LAWA-AO



Empfehlungen für eine harmonisierte Vorgehensweise zum Nährstoffmanagement (Defizitanalyse, Nährstoffbilanzen, Wirksamkeit landwirtschaftlicher Maßnahmen) in Flussgebietseinheiten

LAWA-Arbeitsprogramm Flussgebietsbewirtschaftung
Produktdatenblätter AO WRRL - 35, 36 und 37

Stand 14. Juli 2017

Die LAWA hat auf ihrer 154. Sitzung am 14./15.09.2017 das vorliegende Arbeitspapier zur Kenntnis genommen und den Ländern zur Anwendung empfohlen.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

Ständiger Ausschuss der LAWA "Oberirdische Gewässer und Küstengewässer (AO)"

unter Beteiligung des LAWA-AG

Obmann der Kleingruppe Dr. Michael Trepel

Bearbeitet im Auftrag des LAWA-AO von

Dr. Wilhelm Bouwer	Flussgebietsgemeinschaft Rhein (FGG Rhein)
Jelka Elbers	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Mareike Fischer	Ministerium für Umwelt Energie und Klimaschutz Niedersachsen
Holm Friese	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen
Dr. Frauke Grimm	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
Gabriela Kluge	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie Sachsen-Anhalt / LAWA AO-GS
Franka Koch	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
Antje Köhler	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin
Stephanie Kölker	Flussgebietsgemeinschaft Ems (FGG Ems)
Dr. Astrid Krüger	Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz Niedersachsen / LAWA AG
Ute Kuhn	Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser)
Wera Leujak	Umweltbundesamt
Oliver Melzer	Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) Hannover-Hildesheim
Dr. Richard Müller	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
Dr. Gregor Ollesch	Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe)
Benjamin Schmidt	Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser)
Dr. Michael Trepel	Ministerium Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein/ Obmann
Lena Winkler	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Gast:	
Dr. Ute Schultheiß	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Referat 511, Pflanzenbau und Grünland

LAWA-AO Geschäftsstelle

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie Sachsen-Anhalt

Leipziger Str. 58

39112 Magdeburg

Magdeburg, Juli 2017

Inhalt

1	Einleitung	2
2	Harmonisierung der Methodik der Defizitanalyse	4
2.1	Begriffsbestimmungen	4
2.2	Oberflächengewässer	6
2.2.1	Defizitanalyse Fließgewässer	6
2.2.2	Defizitanalyse Seen	7
2.2.3	Defizitanalyse Küstengewässer	8
2.2.4	Ablauf Defizitanalyse Oberflächengewässer	10
2.3	Defizitanalyse Grundwasser	12
2.4	Empfehlung für eine Defizitanalyse einer Flussgebietseinheit	15
2.5	Zusammenfassung und Empfehlungen	16
3	Nährstoffbilanzen, Bilanzierung	17
3.1	Methodenbeschreibung regionalisierter Nährstoffbilanzen	18
3.2	Verwendete Bilanzierungsansätze	21
3.3	Bewertung der Bilanzierungsansätze	23
3.4	Empfehlungen zur Harmonisierung regionalisierter Nährstoffbilanzen	24
4	Wirksamkeit landwirtschaftlicher Maßnahmen	25
4.1	Wirkung und Wirksamkeit landwirtschaftlicher Maßnahmen	25
4.2	Quantifizierung der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen	29
4.3	Abschätzung der Maßnahmenwirksamkeit auf großräumiger Ebene	33
4.4	Empfehlungen	34
5	Zusammenfassung	36
6	Literatur	39

1 Einleitung

Auf der 151. LAWA Vollversammlung wurde beschlossen, die Bearbeitung der Themen

- (I) Harmonisierung der Methodik der Defizitanalyse,
- (II) Nährstoffbilanzen, Bilanzierung und
- (III) Wirksamkeit von landwirtschaftlichen Maßnahmen

ins LAWA Arbeitsprogramm aufzunehmen. Für die Bearbeitung wurde eine Kleingruppe eingerichtet, die mit diesem Bericht ihre Empfehlungen für eine harmonisierte Vorgehensweise zum Nährstoffmanagement vorstellt. Der Auftrag der LAWA bezieht sich auf die Verminderung der diffusen Stoffeinträge, hier liegt auch der Schwerpunkt der von der Kleingruppe erarbeiteten Empfehlungen. Im Sinne eines problemorientierten Nährstoffmanagements sind aber auch punktuelle Einträge bei der Ermittlung der Belastungen und gegebenenfalls bei der Maßnahmenplanung zu berücksichtigen.

Ein wichtiges Handlungsfeld der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) stellt die Reduktion von Stoffeinträgen aus der landwirtschaftlichen Flächennutzung dar. Diffuse stoffliche Belastungen wurden deshalb neben hydromorphologischen Beeinträchtigungen (Gewässerstruktur/Durchgängigkeit) und punktuellen stofflichen Belastungen in den deutschen Flussgebietsgemeinschaften (FGG) am häufigsten als wichtige Frage der Gewässerbewirtschaftung identifiziert.

Mit dem Schreiben der Europäischen Kommission vom 22. Juli 2015 ging die EU-Pilotanfrage Nr. 7806/15/ENVI zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland ein. Die Fragestellung der Kommission und deren Nachfragen im Sommer 2016 richteten sich dabei vorrangig auf die Belastung der Oberflächengewässer durch diffuse Nährstoffeinträge vor allem aus der Landwirtschaft und die Ermittlung des Abstands zum Ziel des guten ökologischen Zustands/Potenzials. In der Antwort der Bundesregierung 2015 zur Pilotanfrage wurde festgestellt, dass der Anteil der diffusen N-Einträge an den Gesamt-N-Einträgen in den deutschen Flussgebietseinheiten zwischen 70 und mehr als 90 % liegt und für Deutschland im Mittel 79 % beträgt. Der Anteil diffus eingetragener Phosphorverbindungen an den Gesamt-P-Einträgen liegt zwischen 50 und knapp 80 % und beträgt für Deutschland im Mittel 55 %. Bei der Aktualisierung der Bewirtschaftungspläne (BWP) und Maßnahmenprogramme (MP) für den zweiten Zyklus wurde der DPSIR (Driving forces, Pressures, States, Impacts and Responses) -Ansatz nach CIS Guidance Document No. 11 konsequent verfolgt. Dabei wurden die Produkte der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), die im Rahmen des Arbeitsprogramms „Flussgebietsbewirtschaftung“ zu einer weiteren Harmonisierung der Vorgehensweise für den zweiten Bewirtschaftungszyklus führen, von den Ländern und Flussgebietsgemeinschaften bei der Erstellung der BWP und MP berücksichtigt. Dies spiegelt sich auch in dem bundesweit harmonisierten Aufbau der BWP und vielen identischen Vorgehensweisen, z. B. bei der Defizitanalyse, wider. Allerdings hat sich gezeigt, dass über die zweite Bewirtschaftungsplanung hinaus weitere Harmonisierungsschritte sinnvoll sind, die vom Bund und den Ländern ergriffen werden sollten. Dies betrifft unter anderem die Harmonisierung einer Methodik zur quantitativen Defizitanalyse der Nährstoffbelastungen, einer Harmonisierung der agrarstatistischen, regionalisierten Nährstoffbilanzierungen und einer Harmonisierung bei der Abschätzung der Wirksamkeit von landwirtschaftlichen Maßnahmen zur Minderung der Nährstoffeinträge.

In der EU-Pilotanfrage wurde gezielt nach dem Minderungsbedarf bei den Stickstoff- und Phosphoreinträgen gefragt. Der Schwerpunkt der Kommission lag dabei vor allem auf den diffusen Nährstoffbelastungen aus der Landwirtschaft. Aus der Antwort der Bundesregierung

wird ersichtlich, dass für die Eutrophierung der Binnengewässer im Wesentlichen die Phosphoreinträge relevant sind und im Hinblick auf den Schutz der Meere die Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft. Bei der Aufstellung eines Nährstoffmanagementkonzepts für eine Flussgebietseinheit sind aufgrund der ganzheitlichen Betrachtung auch weitere Einträge aus anderen Quellen, wie punktuelle und diffuse Einträge aus dem Siedlungsbereich, zu berücksichtigen. In zahlreichen Flussgebietseinheiten werden hierfür Modelle eingesetzt, deren Eingangsdaten für die Bewirtschaftungsplanerstellung aktualisiert wurden.

Wegen der engen Zusammenhänge zwischen Grund- und Oberflächengewässern (Fließgewässer, Seen und Küstengewässer) sind die Gewässerkategorien Grund- und Oberflächenwasser bei der Aufstellung von Nährstoffmanagementkonzepten immer gemeinsam zu betrachten. Daher erfolgt die Bearbeitung der oben genannten Themen in enger Abstimmung mit dem LAWA-AG, dem Expertenkreis Seen, dem BLANO und der Landwirtschaft. Die von der Kleingruppe erarbeiteten Empfehlungen dienen der Vorbereitung für den 3. Bewirtschaftungsplan 2021 bis 2027 nach WRRL.

Die Kleingruppe Nährstoffreduktion hat zur Bearbeitung der ihr übertragenen Aufgaben drei Fachgespräche zu den Themen Defizitanalyse am 13. und 14. September 2016 in Berlin, zu agrarstatistischen Nährstoffbilanzen am 1. Februar 2017 in Hannover und zur Wirksamkeit von landwirtschaftlichen Maßnahmen zur Minderung der Nährstoffeinträge am 2. Februar 2017 in Hannover durchgeführt und ausgewertet.

Die vorliegenden Empfehlungen für eine harmonisierte Vorgehensweise zum Nährstoffmanagement in Flussgebietseinheiten gliedern sich in drei Teile:

- Harmonisierung der Methodik der Defizitanalyse

In Kapitel 2 werden Methoden zur Ermittlung des Defizits bei Nährstoffeinträgen in Fließgewässern, Seen, Küstengewässern und Grundwasser beschrieben. Mit diesen Methoden kann bundesweit einheitlich der Abstand zwischen dem Ist-Zustand und dem Ziel-Zustand im Rahmen der Aufstellung der dritten Bewirtschaftungspläne bestimmt werden. Eine einheitliche Anwendung dieser Methoden gewährleistet zwischen den Flussgebietseinheiten vergleichbare Ergebnisse.

- Nährstoffbilanzen, Bilanzierung

In Kapitel 3 werden anschließend die vorhandenen Methoden zur Ermittlung von regionalisierten Nährstoffüberschüssen aus Agrarstatistikdaten und deren Eignung für die Ableitung eines flächenhaften Handlungsbedarfs zur Minderung der Nährstoffbilanzüberschüsse vorgestellt und bewertet. Dabei wird geprüft, ob die Methoden vergleichbar sind, ob die unterschiedlichen Verfahren zu Ergebnissen in vergleichbaren Größenordnungen führen und ob die räumlichen bzw. regionalen Verteilungen plausibel und vergleichbar sind. Es werden Empfehlungen für das weitere Vorgehen vorgeschlagen.

- Wirksamkeit von landwirtschaftlichen Maßnahmen

In Kapitel 4 wird der aktuelle Wissensstand zur Wirksamkeit von landwirtschaftlichen Maßnahmen zur Reduktion der Stickstoff- und Phosphoreinträge beschrieben und bewertet. Darauf aufbauend folgt eine Empfehlung, wie bundesweit einheitlich die Wirkung landwirtschaftlicher Maßnahmen auf die Minderung der Nährstoffeinträge in die Gewässer im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung in den Bundesländern und Flussgebietsgemeinschaften abgeschätzt werden kann.

2 Harmonisierung der Methodik der Defizitanalyse

2.1 Begriffsbestimmungen

Die Wasserrahmenrichtlinie folgt bei ihrer Umsetzung dem DPSIR-Ansatz (Abb. 1). Dieser systematische Bewirtschaftungsansatz beginnt mit der Identifizierung der Verursacher oder treibenden Kräfte aufgrund sozialer, wirtschaftlicher oder sonstiger Ursachen, die im Zusammenhang mit der Nutzung der Ressourcen stehen und Druck auf die Umwelt ausüben. Die daraus entstehenden Belastungen verändern die Beschaffenheit (Zustand) der Umwelt, hier der Gewässer, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Gewässer. Werden die Ziele der WRRL verfehlt, sind Maßnahmen als mögliche Reaktionen zur Entlastung oder Anpassung erforderlich, die prinzipiell an allen Gliedern der Kausalkette ansetzen können. Eine Defizitanalyse ist daher in den Bereichen erforderlich, in denen nach WRRL Handlungsbedarf besteht, da der gute ökologische Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial verfehlt wird. Grundsätzlich ist in den Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen zumindest für jedes festgestellte Defizit mindestens eine bedeutsame Belastung anzugeben.

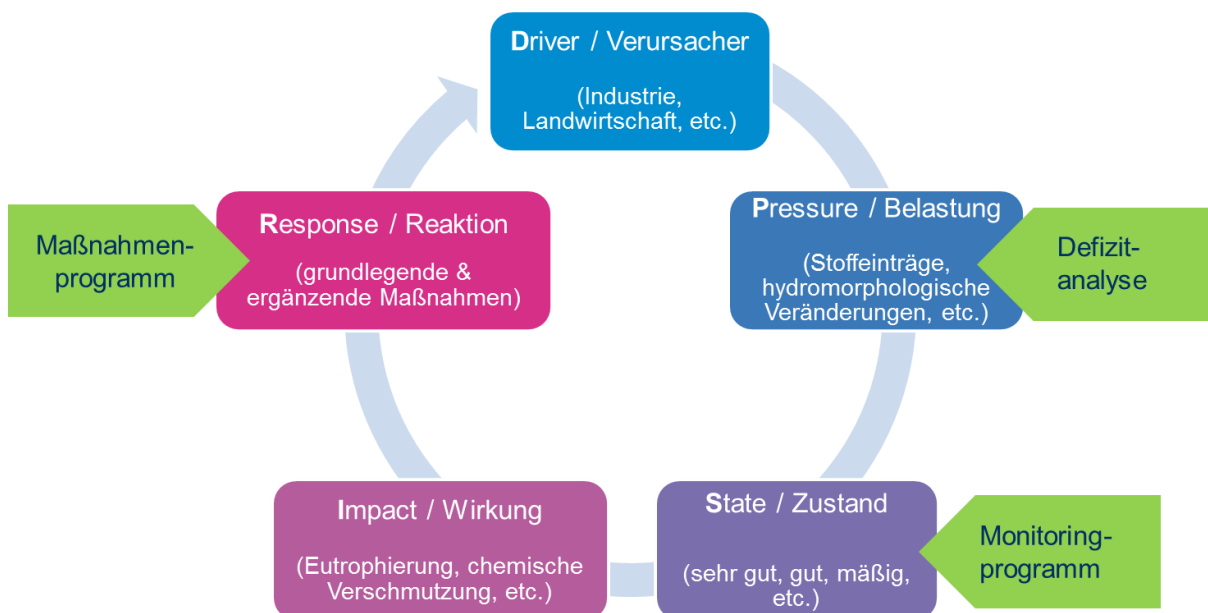


Abb. 1: Defizitanalyse als ein zentraler Baustein im WRRL-Bewirtschaftungsansatz (MELUR, 2016).

Die zentrale Frage bei der Defizitanalyse ist: „Wie groß ist das Defizit, das heißt der Abstand zum guten Zustand?“ Die Frage kann je nach Belastung und Datenlage unterschiedlich beantwortet werden. Bei Nährstoffbelastungen können neben Anzahl von oder Anteil an Wasserkörpern, die den guten Zustand nicht erreichen, mengenmäßige Angaben das Defizit beschreiben. Dafür kann zum Beispiel die notwendige Frachtminderung ausgewiesen werden. Die Kommission hat bei ihrer Pilotanfrage im Sommer 2016 konkret nachgefragt, wie groß der Minderungsbedarf bei den Stickstoff- und Phosphoreinträgen in den deutschen Flussgebietseinheiten ist, um die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen.

Die Kriterien für die Beurteilung des Defizits im Bereich Nährstoffe ergeben sich je nach Gewässerkategorie aus unterschiedlichen Rechtsvorschriften:

- die Orientierungswerte für Fließgewässer, Seen, Küstengewässer und Übergangsgewässer nach Anlage 7 der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) 2016,
- die Bewirtschaftungsziele zum Schutz der Meeresgewässer nach § 14 der Oberflächengewässerverordnung 2016 und
- die Schwellenwerte der Grundwasserverordnung 2010 (§ 3 und Anlage 2) für das Grundwasser.

Das Defizit muss aufgrund der unterschiedlichen hydrologischen Verhältnisse in den Gewässerkategorien mit an die Verhältnisse und den Problemgrad angepassten Methoden bestimmt werden. Die Einhaltung eines Zielwerts, wie eines Orientierungswertes, Schwellenwertes oder eines Bewirtschaftungsziels, wird in der Regel auf Ebene der Wasserkörper durch Auswertung von Monitoringdaten geprüft. Die hierfür notwendigen Monitoringdaten werden an repräsentativen Messstellen erhoben. Eine stoffbezogene Betrachtung des Defizits und somit ein Handlungsbedarf ergeben sich bei den Oberflächengewässern nur, wenn der gute ökologische Zustand/Potenzial für den jeweiligen Wasserkörper in Bezug auf Makrophyten/Phytobenthos bzw. Phytoplankton nicht erreicht ist. Allerdings kann die Überschreitung von Orientierungswerten der Nährstoffparameter ein Hinweis dafür sein, dass der Erhalt des guten ökologischen Zustands gefährdet ist. Um das Defizit für größere hydrologische Einheiten zu bestimmen, ist meist eine Kombination aus Auswertung von Monitoringdaten und Modellierungen notwendig. Nur mit solchen kombinierten Verfahren können Eintragspfade von Nährstoffen oder Anteile diffuser oder punktueller Nährstoffeinträge quantifiziert werden.

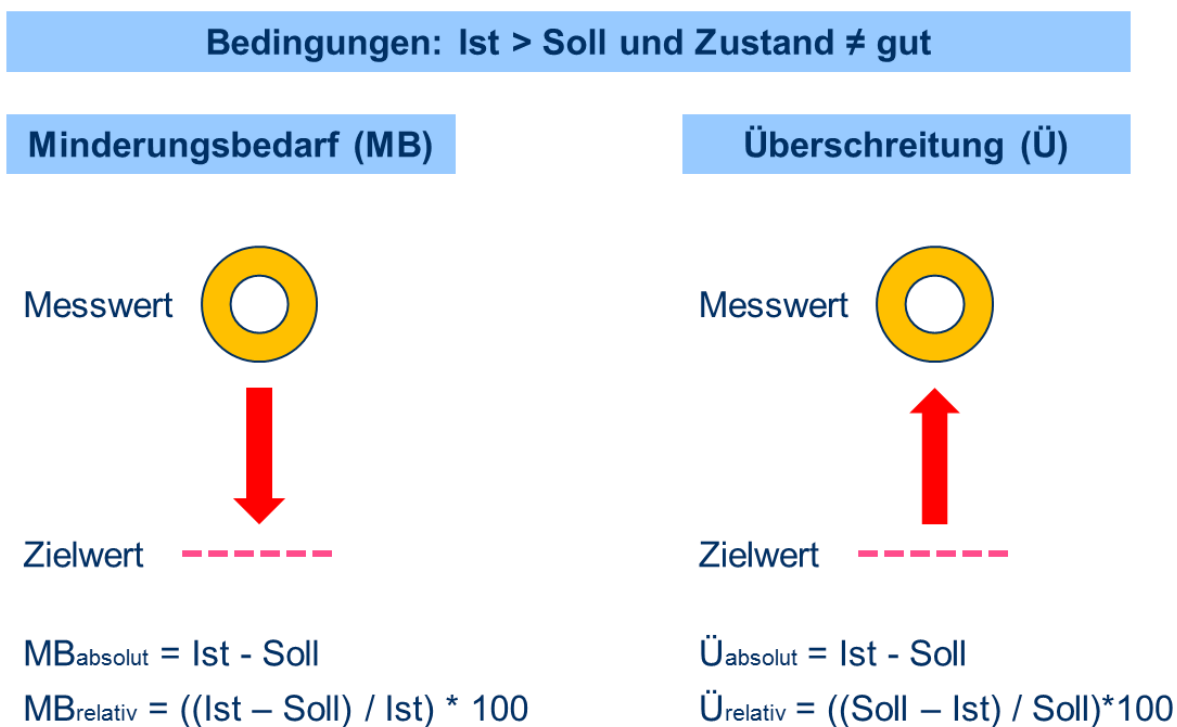


Abb. 2: Methodische Ansätze der Defizitanalyse im Bereich Nährstoffe.

Um die Defizite zwischen den Gewässerkategorien vergleichen zu können, muss verbal und rechnerisch zwischen Minderungsbedarf und Zielwert-Überschreitungen unterschieden werden (Abb. 2). Dies ist für Oberflächenwasserkörper in schlechter als „gutem“ ökologischem Zustand und für Grundwasserkörper in schlechtem chemischen Zustand aufgrund von Nitratbelastung notwendig, um nachvollziehbar den absoluten und relativen Minderungsbedarf zu beschreiben. Für die Bewirtschaftungsplanung zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie wird empfohlen, im Rahmen der Defizitanalyse nur den Begriff Minderungsbedarf zu verwenden und dabei anzugeben, ob es sich um einen absoluten oder relativen Bedarf handelt. Der absolute Minderungsbedarf wird definiert als Differenz zwischen „Ist – Soll“ und der relative Minderungsbedarf wird auf den IST-Zustand bezogen. Die Überschreitung wird definiert als Differenz zwischen „Ist – Soll“ bezogen auf den SOLL-Zustand.

Die Defizite jeder bedeutsamen Belastung sind im Rahmen der elektronischen Berichterstattung über so genannte Belastungsindikatoren zu berichten. Neben dem Indikator „Anzahl der Wasserkörper“ werden in diesem Kapitel Belastungsindikatoren entwickelt, die bei der zukünftigen Berichterstattung verwendet werden können (siehe Kapitel 2.4).

Die Arbeitsschritte der Defizitanalyse sind nahezu identisch mit der Risikoanalyse. Um Doppelarbeit zu vermeiden, wird empfohlen die Minderungsbedarfe in Zusammenhang mit der Ermittlung der signifikanten Belastungen nach PDB 2.1.2 zu ermitteln.

2.2 Oberflächengewässer

2.2.1 Defizitanalyse Fließgewässer

In Fließgewässern wirkt vor allem Phosphor eutrophierend (Hilton et al. 2006). Eine erhöhte Verfügbarkeit von Phosphor fördert ein übermäßiges Pflanzen- und Algenwachstum, in deren Folge sich konkurrenzstarke Arten ausbreiten und dabei typspezifische und häufig wertgebende Arten für einen guten ökologischen Zustand/Potenzial nach WRRL aus den Gewässern verdrängen.

Um den Minderungsbedarf auf Wasserkörperebene zu ermitteln, müssen zunächst die Wasserkörper ermittelt werden, die die Ziele der WRRL bezogen auf die Qualitätskomponenten Makrophyten und Phytobenthos sowie Phytoplankton verfehlen. Diese Qualitätskomponenten reagieren sensibel auf Nährstoffbelastungen. In einem zweiten Schritt ist zu überprüfen, ob in diesen Fließgewässer-Wasserkörpern die Orientierungswerte (Anforderungen an den guten Zustand) für Gesamt-Phosphor (TP) und ortho-Phosphat-Phosphor nach OGewV (2016) Anlage 7 eingehalten sind. Weiterhin ist zu prüfen, ob Überschreitungen der Umweltqualitätsnorm für Nitrat vorliegen. Aus diesen Ergebnissen kann die Anzahl der Wasserkörper ermittelt werden, bei denen ein Minderungsbedarf besteht. Liegen für den Wasserkörper neben Monitoringergebnissen zu den Nährstoffkonzentrationen auch Abflüsse vor, kann als Defizit auch eine Frachtminderung errechnet werden.

Zur Ermittlung des Minderungsbedarfs bezogen auf Nährstoffkonzentrationen und -frachten wird empfohlen, dass die Flussgebietseinheit ihr Einzugsgebiet in hydrologische Bilanzierungseinheiten - sofern realisierbar auf Ebene der Wasserkörper – unterteilt. Die Bilanzierungseinheiten sollten sich bei größeren Flusssystemen hydrologisch an den Hauptzuflüssen orientieren. An den Mündungen dieser Zuflüsse sind Bilanzierungspegel einzurichten. Alternativ kann die Bilanzierung für bestehende und dafür geeignete (z.B. mündungsnah) Messstellen erfolgen. Für diese Pegel ist durch Berechnung der Differenz zwischen Ist- und Soll-Fracht der absolute und prozentuale Minderungsbedarf zu bestimmen. Die Soll-Fracht ergibt

sich aus Multiplikation der Soll-Konzentration mit dem mittleren langjährigen Abfluss. Die Soll-Konzentration ergibt sich aus den typspezifischen Orientierungswerten nach OGewV 2016. Die Ist-Fracht wird nach den Empfehlungen der LAWA und des UBA berechnet (LAWA 2003).

Um den Minderungsbedarf der Phosphoreinträge einer gesamten Flussgebietseinheit zu ermitteln, muss der Minderungsbedarf der einzelnen hydrologischen Teilgebiete anschließend aufsummiert werden. Die P-Verluste auf der Fließstrecke werden nicht berücksichtigt. Hierbei ist zu beachten, dass die Bezugsgröße der Wasserrahmenrichtlinie für Überwachung und Bewertung der Wasserkörper ist. Sofern größere Bilanzierungseinheiten gewählt werden, müssen mögliche daraus resultierende Einflüsse wie P-Verluste beim Durchfluss von Seen auf den quantitativen Minderungsbedarf bei der nachträglichen Übertragung auf die einzelnen Wasserkörper berücksichtigt werden. Dies bedeutet, der rechnerisch ermittelte Minderungsbedarf einer Gesamt-Phosphorfracht für Fließgewässer muss in jedem Fall plausibilisiert werden.

Es wird empfohlen, die Defizitanalyse für Fließgewässer zur Bestandsaufnahme im Rahmen der Aktualisierung der Zustandsbewertung und Risikoanalyse zu erstellen und zur Überprüfung der Maßnahmenwirksamkeit regelmäßig alle sechs Jahre fortzuschreiben. Die gleichzeitige Betrachtung der einzelnen Eintragspfade wird dabei ebenfalls empfohlen.

Es wird empfohlen, die Konzentrations- und Frachtentwicklung mit gleitenden Fünfjahresmittelwerten grafisch abzubilden.

Die Berechnungen sind für die Parameter Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat-Phosphor durchzuführen.

Es wird empfohlen, für die Aufstellung des 3. Bewirtschaftungsplans den Minderungsbedarf für Fließgewässer anhand von Monitoringdaten aus dem Zeitraum 2014 bis 2018 zu ermitteln. Sofern für eine Messstelle jährlich monatliche Messungen vorliegen, wird empfohlen einen fünfjährigen gleitenden Mittelwert zu berechnen und diesen für die Bewertung der Messstelle heranzuziehen. Der Zeitraum von fünf Jahren leitet sich aus den Anforderungen an eine Trendberechnung in der OGewV ab.

2.2.2 Defizitanalyse Seen

In Seen und anderen stehenden Gewässern wirkt ebenfalls meist Phosphor eutrophierend. Eine erhöhte Phosphorverfügbarkeit kann zu Zielverfehlungen bei den Qualitätskomponenten „Phytoplankton“ und „Makrophyten & Phytobenthos“ führen. Ergebnisse aus dem Projekt NITROLIMIT weisen darauf hin, dass in einzelnen Seen und zu bestimmten Jahreszeiten auch Stickstoff limitierend wirken kann (Dolman et al. 2016).

Der Expertenkreis Seen empfiehlt, eine Nährstoffbilanz und eine Defizitanalyse bei Seen nur als Einzelfallbetrachtung durchzuführen, da jeder See je nach Morphologie, Hydrologie, Lage in der Seenkette oder Intensität der internen P-Belastung unterschiedlich reagiert. Es kann daher keine standardisierte Methode zur Anwendung empfohlen werden.

Dennoch gibt es Eckdaten, die ermittelt werden müssen, um die Größe des Defizites hinsichtlich des guten ökologischen Zustandes bzw. Potenzials abzuschätzen. Bei dieser Betrachtung wird davon ausgegangen, dass die Ursache der Zielverfehlung hauptsächlich an der zu hohen Phosphorbelastung liegt. Auch bei stickstofflimitierten Seen wird davon ausgegangen, dass der ökologische Zustand v.a. über eine Verminderung der Phosphor-Last zu

verbessern ist. Andere Belastungsparameter wie das Besiedlungspotenzial, die Substratverhältnisse, Fraß, Wasserstandsflutung oder invasive Arten werden hier nicht betrachtet.

Folgende Vorgehensweise wird vorgeschlagen:

1. Ergebnisse der ökologischen Bewertung prüfen: Wenn mindestens eine der biologischen Qualitätskomponenten Phytoplankton oder Makrophyten und Phytobenthos mit schlechter als „gut“ bewertet wird, nur dann weiter mit 2).
2. Belastungen prüfen; Hauptbelastung ist der zu hohe Phosphoreintrag. Kriterium: Der P-Gesamt-Orientierungswert nach OGewV (2016) Anlage 7 wird nicht eingehalten.
3. Bestimmung der Höhe der Differenz des „typspezifischen“ P-Orientierungswertes (hier ist seespezifisch zu entscheiden, ob der Mittelwert bzw. der obere oder untere Grenzwert heranzuziehen ist) von der gemessenen Phosphor-Konzentration im Zeitraum der Vegetationsperiode. Letzterer kann bei polymiktischen Seen durch eine erhöhte interne P-Belastung stark beeinflusst sein. Unter Umständen ist dann der gemessene Frühjahrswert in die Betrachtung mit einzubeziehen.
4. Abschätzung der aktuellen P-Belastung durch Frachtmessungen an den Zuläufen (z.B. an Talsperren oder Seenketten) und/oder durch ein P-Eintragsmodell (MEPhos, Regionales Nährstoffmodell BB, Stoffbilanz etc.). Aufgrund neuer Ergebnisse/Monitoringdaten sollten auch Daten zu Kläranlagen-Abläufen sowie Regenwassereinleitungen mit herangezogen werden. Eine Plausibilisierung ist unbedingt sinnvoll, z.B. durch Vergleich mit Vollenweider-Modell, Einbox-Modell.
5. Die Betrachtung der einzelnen Eintragspfade ist für die Defizitanalyse nicht unbedingt nötig, wird aber für die spätere Entwicklung von Maßnahmen empfohlen.
6. Ermittlung der verträglichen P-Last z.B. durch das Belastungsmodell von Vollenweider (Vollenweider 1968), SIMPL, anderen Modellen oder durch „Expertenabschätzung“ auf der Basis des „seespezifischen“ Orientierungswertes.
7. Betrachtung der Funktion der Sedimente für den internen P-Haushalt. Hier sind gegebenenfalls separate Erhebungen notwendig. Eine Quantifizierung ist schwierig, weil die Rücklösung von Jahr zu Jahr schwanken kann, insbesondere bei Seen mit wechselnder Makrophyten-Phytoplanktondominanz. Eine Analyse des potenziell mobilisierbaren Phosphors im Sediment kann durch die sequentielle Phosphorfraktionierung (nach Psenner et al. 1984) erfolgen. Die P-Freisetzungsraten aus dem Sediment kann unter Laborbedingungen an ungestörten Sedimentkernen und in-situ mittels Benthoskammern (Grüneberg et al. 2014) bestimmt werden. Außerdem kommt die Bestimmung der Gradienten des gelösten Phosphors in der Sediment-Wasser-Grenze für die Fluxberechnungen in Frage. In geschichteten Seen wird dafür auch die Bewertung der saisonalen Änderung des P-Inhaltes im Seewasser im Jahresverlauf durch Multiplikation der Wasserschichtvolumina mit den Phosphorkonzentrationen im Tiefenprofil herangezogen.
8. Das Ergebnis ist die Abschätzung der **erforderlichen Minderung des P-Eintrages** in kg/a inklusive einer Information, ob die interne P-Rücklösung aus dem Sediment eine maßgebliche Rolle im Stoffhaushalt des Sees spielt.

2.2.3 Defizitanalyse Küstengewässer

Die OGewV (2016) definiert in § 14 Bewirtschaftungsziele für Gesamtstickstoffkonzentrationen, um in den Meeren Nord- und Ostsee die Ziele der WRRL und MSRL zu erreichen. Im Übergangsbereich limnisch/marin oder an den Grenzpegeln zu den Niederlan-

den müssen danach für die Nordsee 2,8 mg/l und für die Ostsee 2,6 mg/l als Jahresmittelwert eingehalten werden. Für die Flussgebietseinheit Donau, die ins Schwarze Meer mündet, und die Oder, die in die Ostsee mündet, wurden bislang international noch keine Bewirtschaftungsziele für den Meeresschutz abgestimmt. Es ist bislang davon auszugehen, dass im Fall der Donau aufgrund des langen Fließwegs kein zusätzlicher Minderungsbedarf für Stickstoff im deutschen Teileinzugsgebiet besteht. Im Fall der Oder wird empfohlen, vorläufig bis zur Abstimmung eines meeresökologisch abgeleiteten Bewirtschaftungsziels für Stickstoff in der IKSO das national für die Ostsee abgestimmte Bewirtschaftungsziel zu verwenden.

Die Bewirtschaftungsziele gelten auch an den Punkten, an denen Flüsse das Bundesgebiet verlassen, um dann im Ausland in die entsprechenden Meere zu münden. Es wird dabei davon ausgegangen, dass bei Einhaltung dieser Konzentrationen die daraus resultierenden mittleren Stickstofffrachten in Nord- und Ostsee hinreichend gering sind, dass somit die Ziele der WRRL und MSRL erreicht werden können.

Um den Abstand zwischen Ist-Zustand und Soll-Zustand zu ermitteln, muss bei den Küstengewässern – analog wie bei der Defizitanalyse in Fließgewässern – an den Bilanzpegeln die Differenz zwischen dem „gemessenen Jahresmittelwert“ und dem „Sollwert nach § 14 OGeV“ errechnet werden. Da die notwendigen Konzentrationsminderungen eine interannuelle Variabilität aufweisen, wird empfohlen, dass kein quantitativer Minderungsbedarf ausgewiesen wird, wenn der fünfjährige Mittelwert der notwendigen Konzentrationsminderung ≤ 0 ist. Die Berechnung von gleitenden Fünfjahreszeitfenstern erscheint sinnvoll, um eine langfristige Entwicklung abzuleiten. Es wird empfohlen, für den 3. Bewirtschaftungszeitraum das Defizit für den Fünfjahreszeitraum 2014 bis 2018 zu ermitteln (als Mittel der Differenz zwischen Konzentration Bewirtschaftungsziel und Jahresmittel der gemessenen Konzentration).

Die Berechnung des notwendigen Frachtminderungsbedarfs unterstützt die Abschätzung des Wirkungsbeitrags von eintragsmindernden Maßnahmen. Es wird vorgeschlagen, dass die Zielfracht aus der für die Nord- bzw. Ostsee vorgegebenen Bewirtschaftungszielkonzentration und einem langjährigen MQ Wert des Referenzpegels ermittelt wird (Bsp. Elbe: MQ Wert am Pegel Neu Darchau von 1874-2015 oder 30 jähriger MQ aus hydrologischem Jahrbuch). Für Gebiete, deren Abfluss über die Bilanzierungspegel nicht vollständig erfasst wird, ist es notwendig, einen Korrekturfaktor für den Flächenbezug zu berücksichtigen. Die Berechnung der normierten Jahresfracht erfolgt über einen Quotienten aus langjährigem MQ und dem MQ des spezifischen Jahres.

Für die Ist-Fracht kann bei den in Nord- und Ostsee mündenden Flussgebietseinheiten auf die Frachtmeldungen der Flussgebietseinheiten mit Küstenanteilen im Rahmen der Meeresschutzabkommen an das UBA zurückgegriffen werden.

Der ökologische Zustand der Küstenwasserkörper der Nord- und Ostsee wird nicht allein von den Stickstoff- sondern auch von den Phosphorkonzentrationen beeinflusst. Für die Küstengewässer wurde bislang national keine gesonderte Anforderung an den Minderungsbedarf der Phosphorfrachten formuliert. Gleichwohl wurden für die Ostsee im Rahmen von HELCOM auch Minderungen bei den Phosphorfrachten abgestimmt. Zur Bestimmung des nach WRRL notwendigen Phosphorminderungsbedarfs für die Küstengewässer wird der für die Fließgewässer einer Flussgebietseinheit ermittelte Minderungsbedarf angesetzt.

Als Prognosewert für die zukünftige Entwicklung der Nährstoffkonzentrationen und -frachten wird der S-Wert einer erweiterten Mann-Kendall Statistik zur Anwendung empfohlen (Gilbert 1987). Die Abweichung der aktuellen Werte vom Prognosewert ermöglicht Aussagen über die langfristige Umweltzielerreichung. Darüber hinaus ist eine Harmonisierung der Defizi-

tanalyse für die Küstengewässer mit der HELCOM-Methode zur Prüfung der Erfüllung der Nährstoffreduktionsziele des Ostseeaktionsplans anzustreben, um widersprüchliche Aussagen hinsichtlich der Einhaltung des Bewirtschaftungszielwertes bzw. Nährstoffreduktionsziels zu vermeiden.

Zur Durchführung der Defizitanalyse wird empfohlen, für jede Flussgebietseinheit Bilanzpegel im Übergangsbereich limnisch-marin oder beim Verlassen des Bundesgebiets festzulegen und für diese Pegel die oben beschriebenen Berechnungen durchzuführen. Während für die Flussgebietseinheiten Elbe, Rhein, Maas, Ems, Oder und Donau nur ein Bilanzpegel auszuwerten ist, müssen in den Flussgebietseinheiten Weser, Eider, Schlei Trave und Warnow Peene mehrere Pegel benannt und ausgewertet werden. Da in diesen Flussgebietseinheiten von den Bilanzpegeln nur ein Teil der Stoffeinträge erfasst wird, wird empfohlen zunächst aus den vorhandenen Monitoringergebnissen die jährlichen Defizitanalysen zu berechnen und in einem zweiten Schritt hieraus über die Einzugsgebietsfläche des jeweiligen Bilanzpegels diese Ergebnisse flächengewichtet auf das gesamte Einzugsgebiet hochzurechnen. Dies erfolgt bereits bei der jährlichen Ist-Frachtberechnung durch die Küstenländer im Rahmen der Frachtmeldungen für die Meeresschutzabkommen an das UBA.

Um den aus Meeresschutzsicht im Übergangsbereich limnisch-marin ermittelten Minderungsbedarf ins Binnenland zu übertragen, wird auf die Empfehlungen der LAWA 2.4.7 in der im März 2017 aktualisierten Fassung verwiesen (LAWA 2017). Darin wird festgestellt, dass ein meeresökologisch begründeter Handlungsbedarf solange in einem Einzugsgebiet besteht, bis bei Betrachtung in Richtung stromaufwärts der Zielwert erstmalig eingehalten wird. Die Festlegung, welche meeresökologisch abgeleiteten Bewirtschaftungsziele in den Hauptzuflüssen eines Flusssystemes für die jeweiligen Oberlieger- Flussabschnitte gelten, erfolgt auf Basis des LAWA- Übertragungspapiers (LAWA 2017) innerhalb der jeweiligen Flussgebietseinheiten über weiter konkretisierende Bewirtschaftungsempfehlungen

2.2.4 Ablauf Defizitanalyse Oberflächengewässer

Das folgende Schema (Abb. 3) zeigt den Ablauf der Defizitanalyse Nährstoffe für die Oberflächengewässer.

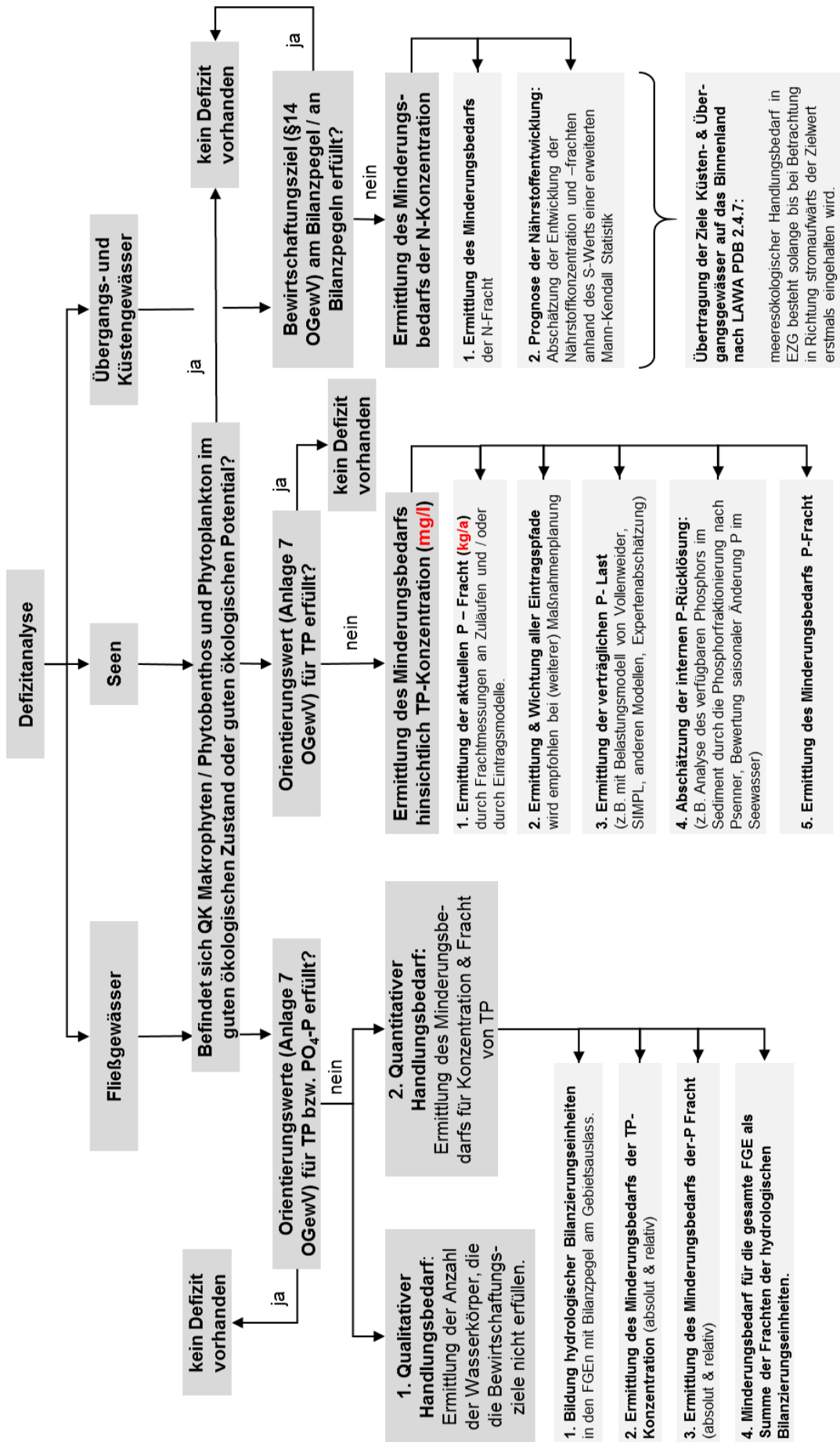


Abb. 3: Ablaufschema Defizitanalyse Oberflächengewässer.

2.3 Defizitanalyse Grundwasser

Gemäß WRRL ist für alle Grundwasserkörper der gute chemische Zustand zu erreichen und bei signifikant steigenden Schadstofftrends eine Trendumkehr einzuleiten. Ein Handlungsbedarf und somit die Notwendigkeit einer Defizitanalyse besteht somit für diejenigen Grundwasserkörper, die im schlechten Zustand sind oder einen signifikant steigenden Trend aufweisen. Ziel der Harmonisierung der modellgestützten Defizitberechnung für den Bereich Grundwasser ist eine abgestimmte Darstellung des Minderungsbedarfs für den Nitrateintrag in die Grundwasserkörper im schlechten Zustand aufgrund der Nitratbelastung. Phosphorbelastungen sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht Gegenstand der Defizitanalyse Grundwasser, da im aktuellen Bewirtschaftungsplan kein Grundwasserkörper einen Handlungsbedarf bezüglich Phosphor verzeichnet. Die Harmonisierung umfasst sowohl die Abstimmung der Berechnungsgrundlagen als auch der jeweiligen Bezugsebenen der Aussagen zum Defizit.

Berücksichtigt werden hierbei neben den Ergebnissen des UFOPLAN-Vorhabens 371223250 des UBA „Verminderung der Nitratbelastung des Grundwassers“ auch die Ergebnisse der Fragebogenaktion der LAWA KG Nährstoffreduktion. Über die im Folgenden dargestellten Berechnungsgrundlagen hinaus ist eine transparente Darstellung der im Modell verwendeten N-Überschuss-Berechnungen erforderlich (vgl. hierzu Kapitel 3).

Die abgestimmten Berechnungsgrundlagen dienen als Hilfestellung im Rahmen einer aus anderen Gründen geplanten Aktualisierung oder erstmaligen Beauftragung einer modellgestützten Berechnung.

Für das Grundwasser wird das Ergebnis der Defizitanalyse in Form des Minderungsbedarfs entweder als Fracht für einen bestimmten Bezugsraum (z. B. Grundwasserkörper) in $[t/a]$ angegeben oder als Fracht pro Hektar und Jahr $[kg/(ha \cdot a)]$, was die direkte Übertragung in den Handlungsbedarf der Landwirtschaft erleichtert (Düngebedarf etc. werden ebenfalls in $kg/(ha \cdot a)$ angegeben). Zielwert ist das Einhalten des Grenzwertes durch die Messwerte als Konzentration $[mg/L]$.

Berechnungsgrundlagen

Der Minderungsbedarf wird in den Bundesländern in der Regel über eine Modellierung berechnet. Insbesondere in Regionen, in denen Nitratabbau im Grundwasserleiter keine Rolle spielt, ist auch eine direkte Berechnung anhand der Eintragungssituation im Grundwasser (Messwerte) ohne Nutzung eines numerischen Modells möglich. Der schematisierte Ablauf der Berechnung ist in Abbildung 4 dargestellt.

Defizitanalyse „Nitrat im Grundwasser“

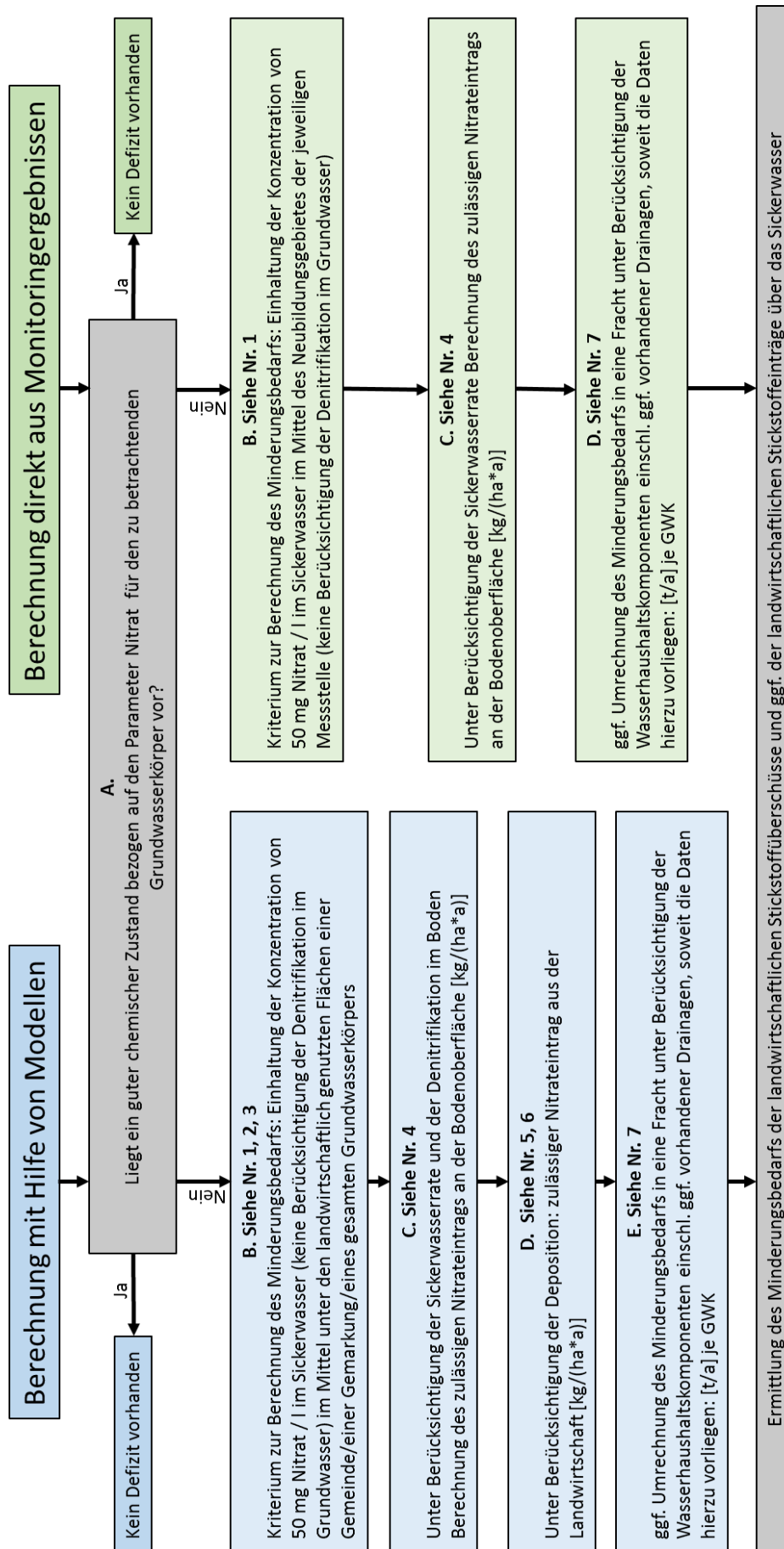


Abbildung 4: Schematisierter Ablauf der Defizitanalyse „Nitrat im Grundwasser“, Ziffern 1 bis 7 verweisen auf die unten erläuterten Berechnungsgrundlagen

Die Berücksichtigung folgender Grundlagen ermöglicht ein zwischen den Bundesländern vergleichbares Ergebnis der Defizitberechnungen.

1. Keine Berücksichtigung der Denitrifikation im Grundwasser zur Berechnung des Minderungsbedarfs für die Grundwasserziele: Der Nitrat-Grenzwert 50 mg/L ist im Sickerwasser einzuhalten. Bei diesem Wert ist sichergestellt, dass die Qualitätsnorm in allen Fällen eingehalten wird, d. h. auch bei verbrauchter Denitrifikationskapazität und bei oxidierten Grundwassern ohne Denitrifikation. Erfolgt die Berechnung des Minderungsbedarfs nicht über Modelle sondern direkt aus den Messwerten im Grundwasser, so können diese in Gebieten ohne reduzierende Bedingungen im Grundwasser direkt, also ohne Rückrechnung auf die theoretische Sickerwasserkonzentration bei Ausbleiben der Denitrifikation, herangezogen werden. Auf der anderen Seite kann unter speziellen hydrogeologischen Gegebenheiten mit weit überdurchschnittlich hoch einzuschätzendem Denitrifikationspotenzial dieses berücksichtigt und somit nicht mit 50 mg Nitrat/L im Sickerwasser gerechnet werden.
2. Keine Berücksichtigung der Verdünnungseffekte durch nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen, wie z. B. Wald oder Wasserflächen, im Zuge der Bestimmung des Minderungsbedarfs aus der Landwirtschaft. Diese Flächen können erheblichen Einfluss auf die Bestimmung des Minderungsbedarfs aus der Landwirtschaft haben. Deutschlandweit beträgt der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) an der gesamten Bundesfläche 46 %. Ob in einem Grundwasserkörper überhaupt ein Handlungsbedarf besteht, ist von der Einstufung des Grundwasserkörpers und somit von den Messergebnissen im Grundwasser abhängig. Hierbei wird die Verdünnung durch die Grundwasserneubildung unter nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen in dem Maß berücksichtigt, in dem die Messwerte hierdurch beeinflusst werden. Wenn vor diesem Hintergrund der grundsätzliche Handlungsbedarf aufgrund des schlechten chemischen Zustands des Grundwasserkörpers durch Nitratbelastung festgestellt wurde, wird der Umfang des Handlungsbedarfs auf notwendige Maßnahmen in der Landwirtschaft bezogen, da dies die maßgebliche Eintragsquelle für Nitratbelastungen im Grundwasser ist. Modellbasiert wird der erforderliche Maßnahmenumfang in der Regel mit dem Ziel bestimmt, dass der Grenzwert im Sickerwasser unter der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Mittel der Bezugseinheit eingehalten wird (zur Wahl der Bezugsfläche siehe Nr. 3). Der Minderungsbedarf wird dementsprechend in $\text{kg N}/(\text{ha LN} \cdot \text{a})$ angegeben. Wird die Defizitanalyse jedoch nicht modellbasiert sondern anhand der Messwerte im Grundwasser bestimmt, wird der Verdünnungseffekt von nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet (EZG) von Messstellen implizit berücksichtigt, es sei denn, er wird explizit herausgerechnet. Erforderlich ist somit bei einer nicht modellgestützten Berechnung ein expliziter Hinweis in der jeweiligen Ergebnisdarstellung, ob Verdünnungsflächen berücksichtigt wurden oder nicht.
3. Festlegung der Bezugsfläche, für die die erforderliche Minderung zur Einhaltung des Grenzwertes im Mittel unter allen landwirtschaftlich genutzten Flächen bzw. unter allen Flächen (vgl. Nr. 2) bestimmt wird. Häufig verwendet wird hier die Bezugsfläche „Gemeinde“, vergleichbar wäre auch „Gemarkung“. Alternativ kann der Minderungsbedarf theoretisch auch mit dem Ziel festgelegt werden, im Mittel unter allen (landwirtschaftlich genutzten) Flächen eines ganzen GWK den Grenzwert einzuhalten. Der Unterschied im Ergebnis ist erheblich (z.B. AGRUM Weser: 14.000 t N/a bei Grenzwerteinhaltung im Mittel auf Gemeindeebene; 10.200 t/a bei Grenzwerteinhaltung im Mittel in den Grundwasserkörpern). In der Ergebnisdarstellung ist daher unbedingt anzugeben, welche Bezugsfläche für die Berechnung des Minderungsbedarfs verwendet wurde.

4. Berücksichtigung der Denitrifikation im Boden: Die mikrobielle Umwandlung in der Bodenpassage kann je nach Denitrifikationsbedingungen und Verweilzeit zu einer Verringerung des Stickstoffeintrags in das Grundwasser von vereinzelt bis zu 80 % und mehr führen und ist bei Nachlieferung von leicht zersetzbaren organischen Substanzen nicht endlich. Sofern der Minderungsbedarf als Reduzierung des Nährstoffüberschusses der Landwirtschaft dargestellt wird (siehe Nr. 6), ist deshalb explizit darauf hinzuweisen, dass die Denitrifikation im Boden berücksichtigt wurde.
5. Berücksichtigung der Deposition: Die atmosphärische Deposition trägt in erheblichem Maße zur Stickstoffbelastung der Gewässer bei (Beispiel AGRUM Weser: im Mittel für alle Flächen in der FGE Weser 25 kg N/(ha*a)) und ist bei der Berechnung des Defizits zu berücksichtigen.
6. Angabe des Minderungsbedarfs als der zu mindernde N-Überschuss der Landwirtschaft zur Bestimmung des erforderlichen Maßnahmenumfangs. Dieser kann bei Annahme einer konstanten Sickerwasserrate und einer konstanten Denitrifikationsrate im Boden (vgl. Nr. 3) direkt aus dem Konzentrationsminderungsbedarf des Sickerwassers bestimmt werden.
7. Berücksichtigung der Drainage- Effekte sowie ggf. weiterer lateraler Zwischenabfluss-Effekte, sofern diesbezügliche Daten vorliegen: Die Entwässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen über Drainagen sowie ggf. über weitere laterale Zwischenabflüsse in tieferen Bodenschichten führt in Abhängigkeit von den konkreten Schichtungsverhältnissen der jeweiligen Böden und der Geländegefälle-Situation in den Gewässer-einzugsgebieten zu einer Verminderung der Stickstofffracht, die ins Grundwasser eingetragen wird, und analog zur Erhöhung der Einträge in die Oberflächengewässer (Beispiel AGRUM Weser: Einträge bis 50 kg N/(ha*a)). Im Gegensatz zu dieser Beeinflussung der jeweils eingetragenen Fracht bleibt die Konzentration in den Komponenten des Wasserhaushaltes unbeeinflusst von der Frage, ob eine Entwässerung der Flächen über Drainagen vorgenommen wird oder teilweise auch über laterale Zwischenabflüsse in tieferen Bodenschichten mit erfolgt. Der Minderungsbedarf zur Zielerreichung Grundwasser, der anhand einer Konzentrationsbetrachtung vorgenommen wird (vgl. Nr. 4; Zielwert: Nitrat im Sickerwasser = 50 mg/l) bleibt hiervon somit unberührt. In der Ergebnisdarstellung sollte daher bei ergänzenden Aussagen zur notwendigen Frachtreduktion explizit darauf hingewiesen werden, ob die Wirkung von Drainagen bzw. von ggf. lateralen Sickerwasser- Zwischenabflüssen in tieferen Bodenschichten mit berücksichtigt wurde oder nicht.

2.4 Empfehlung für eine Defizitanalyse einer Flussgebietseinheit

In einer Flussgebietseinheit kann je nach Gewässerkategorie ein unterschiedlich hoher Minderungsbedarf für die Stickstoff- und Phosphoreinträge bzw. -frachten bestehen. Für das Grundwasser und die Nord- und Ostsee ist vor allem die Minderung der Stickstoffeinträge relevant, für Fließgewässer und Seen dagegen eine Minderung der Phosphoreinträge. Innerhalb einer Flussgebietseinheit kann aufgrund unterschiedlicher Wirtschaftsweisen oder naturräumlicher Gegebenheiten für eine Gewässerkategorie räumlich ein unterschiedlich hoher Minderungsbedarf bestehen.

Für die Aufstellung des dritten Bewirtschaftungsplans wird empfohlen, den Minderungsbedarf für folgende Einheiten anzugeben:

- Relative (%) und absolute (t) Minderung der Phosphorfrachten in der Flussgebietseinheit zur Erreichung des guten ökologischen Zustands/Potenzials in Fließgewässern

- Relative (%) und absolute (t) Minderung der Stickstofffrachten in der Flussgebietseinheit zur Erreichung des guten ökologischen Zustands in Küstengewässern
- Relative (%) und absolute Minderung der landwirtschaftlichen Stickstoffüberschüsse in der Flussgebietseinheit zur Erreichung des guten chemischen Zustands im Grundwasser in t sowie in kg je ha landwirtschaftlicher Fläche.
- Relative (%) und absolute (t) Minderung der landwirtschaftlichen Stickstoffeinträge über das Sickerwasser in der Flussgebietseinheit zur Erreichung des guten chemischen Zustands im Grundwasser in t sowie in kg je ha landwirtschaftlicher Fläche.

Zur Ermittlung der relativen Minderung wird als Bezugszeitraum für den Ist-Zustand die Verwendung des Zeitpunkts der Bestandsaufnahme für den dritten Bewirtschaftungszeitraum (Vorschlag: 2014 bis 2018) empfohlen.

Im Rahmen der digitalen Berichterstattung wird empfohlen, die Belastungsindikatoren um die oben beschriebenen vier Indikatoren mit Angaben zum absoluten Minderungsbedarf fortzuschreiben. Der Minderungsbedarf für Stickstoffeinträge ins Grundwasser oder Phosphorfrachten in oberirdischen Einzugsgebieten kann auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen berichtet werden, um räumlich differenziert Minderungsbedarfe innerhalb einer Flussgebietseinheit abzubilden, dabei ist jedoch die oben genannte Skalenabhängigkeit der Ergebnisse zu beachten. Der Minderungsbedarf bei den Stickstofffrachten in die Küstengewässer sollte stattdessen nur einmal je Flussgebietseinheit gemeldet werden.

2.5 Zusammenfassung und Empfehlungen

Für eine zielorientierte Planung von Maßnahmen zur Erreichung des guten ökologischen Zustands oder Potenzials in Wasserkörpern der Oberflächengewässern und des guten chemischen Zustands im Grundwasser muss in einer Flussgebietseinheit für jede Gewässerkategorie der Minderungsbedarf entweder für Stickstoff (Grundwasser, Küstengewässer) oder Phosphor (Fließgewässer, Seen) bekannt sein.

Zur Ermittlung des jeweiligen Minderungsbedarfs werden für Fließgewässer, Küstengewässer und das Grundwasser Berechnungsmethoden zur Anwendung für den dritten Bewirtschaftungszeitraum empfohlen. Dabei wird bei den Oberflächengewässern der Minderungsbedarf anhand von Monitoringdaten zu Konzentrationen und Abfluss bestimmt, für das Grundwasser ist in den meisten Fällen eine Auswertung von Modellierungsergebnissen in Kombination mit Monitoringdaten notwendig. Bei Seen ist eine Einzelfallbetrachtung notwendig. Hier wird eine Vorgehensweise vorgeschlagen, mit der der Minderungsbedarf an Phosphoreinträgen für einzelne Seen bestimmt werden kann.

Um den Nährstoffminderungsbedarf einer Flussgebietseinheit zu quantifizieren, werden vier neu zu etablierende Belastungsindikatoren zur Anwendung für den dritten Bewirtschaftungszeitraum vorgeschlagen.

3 Nährstoffbilanzen, Bilanzierung

Im Rahmen der Nährstoffbilanzierung werden landwirtschaftliche Nährstoffein- und -austräge einer klar definierten Bezugsebene gegenübergestellt. Die Differenz zwischen diesen beiden Größen stellt den Saldo dar, dem eine Indikatorfunktion für die Prognose von Umweltauswirkungen und für die Nährstoffeffizienz der Landwirtschaft zukommt. Nährstoffbilanzen sind ein anerkannter Schlüsselindikator zur Dokumentation, Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebsabläufe (Baumgärtel et al. 2007).

Nährstoffbilanzen werden auf unterschiedlichen Raumebenen (Skalen) erstellt und dafür abhängig von ihrem Zweck unterschiedliche Daten verwendet. Auf Schlägebene wird bei der Düngeplanung der Düngebedarf ermittelt. Dies erfolgt, um den Düngebedarf einer Kulturart zu ermitteln und zu dokumentieren, dass die praktizierte Düngung den Regeln der guten fachlichen Praxis folgt. Auf Betriebsebene wird bilanziert, wie die Nährstoffzu- und -abflüsse zueinander in Verhältnis stehen. Neben der Feld-Stall-Bilanz (Nährstoffvergleich nach § 8 Düngeverordnung) ist geplant, zukünftig die Stoffstrombilanz nach der Methode der Hoftorbilanz anzuwenden. Auch hierfür gelten bestimmte Kontrollwerte als Indiz für die Einhaltung der guten fachlichen Praxis. Für Bilanzierungen auf Schlag- oder Betriebsebene werden Messwerte, soweit vorhanden, und Abschätzungen aus Tabellenwerken oder Verordnungen verwendet. Die in Deutschland erstellten Bilanzierungen auf Betriebsebene werden aber nur anlassbezogen, z.B. in Wasserschutzgebieten, und nicht flächendeckend erhoben. Einige dieser Bilanzierungsmethoden wurden durch das Bund-Länder-Fachgespräch N-Bilanz (FGNB) für Deutschland zusammengetragen, eine Übersicht ist im Anhang 1 (Tabellenblatt „01_Bilanzliste“) verfügbar (FGNB 2015).

Zurzeit ist neben dem Nährstoffvergleich nach DüV (2017) auf betrieblicher Ebene eine „Stoffstrombilanzierung“ nach der Methodik einer Hoftorbilanz geplant (Klages et al. 2017). Die geplante Stoffstrombilanzverordnung wurde im Juni 2017 vom Bundeskabinett beschlossen.

Für die Belange des Gewässerschutzes werden Nährstoffbilanzen auf Ebene der Kreise oder Gemeinden benötigt, um Regionen zu identifizieren, die die gesetzlichen Vorgaben nicht einhalten. Hier sind, mit entsprechenden Maßnahmen die Nährstoffeinträge zu vermindern. Für diese Bilanzierungen werden keine Messwerte verwendet, sondern es wird auf agrarstatistische Daten zur Landnutzung, Viehbestandszahlen und Faktoren zu Erträgen etc. aus landwirtschaftlichen Tabellenwerken oder Verordnungen zurückgegriffen. Diese Bilanzierungen werden häufig und so auch im Folgenden als regionalisierte Bilanzen bezeichnet.

Schließlich wird auf nationaler Ebene bilanziert, dabei wird ebenfalls auf Angaben der Agrarstatistik und Faktoren zurückgegriffen. Die Ergebnisse der nationalen Bilanzierung sind für den Gewässerschutz nicht verwendbar, da räumliche Unterschiede und somit Belastungsregionen auf dieser hohen Aggregierungsstufe nicht deutlich werden. In diesem Kapitel werden die Methoden zur Bilanzierung von Nährstoffbilanzen auf Kreis- und Gemeindeebene behandelt, da dies die für den Gewässerschutz wesentlichen Methoden sind. Mit der Harmonisierung von Bilanzierungsansätzen auf Schlag- oder Betriebsebenen beschäftigen sich Arbeitsgruppen innerhalb der Landwirtschaft. Mit der geplanten Stoffstrombilanzverordnung wird hier derzeit ein Regelwerk abgestimmt.

Gängige Datengrundlagen für die Berechnung von Nährstoffbilanzsalden sind bundesweit vorliegende Agrarstatistiken wie z.B. die Agrarstrukturhebung, InVeKoS-Daten, die Bodennutzungshaupterhebung oder die Tierzahlenstatistik. Als Zufuhr werden z.B. die Verwendung bzw. der Zukauf von Mineral- und Wirtschaftsdünger (z.B. Gülle) sowie Kompost und Klär-

schlamm, atmosphärische Deposition, legume Stickstoffbindung, Futtermittelimporte, etc. betrachtet. In der Abfuhr sind die geernteten bzw. verkauften pflanzlichen und tierischen Marktprodukte bzw. der abgegebene Wirtschaftsdünger enthalten. Dazu werden eine Reihe von Faktoren für Zu- und Abschlägen z. B. für Düngewirkungen von organischen Düngemitteln, Verluste, Nährstoffgehalte in pflanzlichen und tierischen Erzeugnissen sowie in Wirtschaftsdüngern oder sonstigen Produkten (Stroh, organischer/mineralischer Dünger) verwendet. Für Stickstoff wird vom BMEL¹ jährlich die Gesamtbilanz auf Bundesebene veröffentlicht, außerdem deren Differenzierung in eine Flächenbilanz und eine Stallbilanz (Berechnung durch Universität Gießen nach Bach et al. (2011)). Auf regionaler Ebene gibt es in der Regel nur regionalisierte Stickstoff-Bilanzüberschüsse. Deren Saldo gibt den Stickstoff-Überschuss der landwirtschaftlichen Produktion an, und damit den potenziellen Stickstoffverlust von landwirtschaftlich genutzten Flächen in die Hydrosphäre.

Von besonderer Bedeutung für die Umwelt sind die Bilanzsalden für Stickstoff und Phosphor. Ein positiver Saldo zeigt, dass mehr Nährstoff ins System hineingeht als wieder heraus, ein negativer Saldo zeigt an, dass mehr Nährstoffe aus dem System fließen als hinein. Die Angabe der Bilanzsalden bzw. -überschüsse erfolgt in der Regel in kg/ha landwirtschaftliche Nutzfläche und Jahr. Anzustreben ist eine ausgeglichene Bilanz, die unvermeidbare Verluste berücksichtigt. In der Praxis ist aus der Nährstoffbilanzberechnung auf regionaler Ebene bekannt, dass die gesetzlichen Vorgaben für Stickstoffüberschüsse von Betrieben sogar in den Mittelwerten zahlreicher Regionen Deutschlands nicht eingehalten werden. Ebenso werden in viehstarken Regionen die Vorgaben für Phosphorüberschüsse überschritten (für Schleswig-Holstein z. B. Tetzlaff et al. 2017).

Für Gesamtdeutschland, einzelne Bundesländer sowie Flussgebietseinheiten werden regionalisierte Nährstoffbilanzüberschüsse berechnet, um für den Gewässerschutz das potenzielle Belastungspotenzial zu ermitteln (Behrendt et al. 2003). Ferner ist auf nationaler Ebene die Gesamtbilanz der Landwirtschaft ein Indikator der Nachhaltigkeits- und der Biodiversitätsstrategie. Regionalisierte Bilanzüberschüsse für Stickstoff oder Phosphor werden als Indikator für die Umsetzung der WRRL und der Oberflächengewässerverordnung genutzt. Karten dieser Berechnungen sind ein Eingangsdatensatz für Nährstoffmodellierungen mit den in Deutschland vorwiegend genutzten Modellen MONERIS, MoRe oder GROWA-WEKUDENUZ. Gemäß § 4 Abs. 1 i. V. m. Anlage 2 der Oberflächengewässerverordnung ist für die Oberflächenwasserkörper eine Zusammenstellung zu Art und Ausmaß der (anthropogenen) Gewässerbelastungen durchzuführen. Diese umfasst im Hinblick auf Nährstoffe insbesondere eine Einschätzung und Zusammenstellung der von kommunalen, industriellen, landwirtschaftlichen und anderen Anlagen und Tätigkeiten ausgehenden signifikanten Verschmutzungen durch Punktquellen oder durch diffuse Quellen.

3.1 Methodenbeschreibung regionalisierter Nährstoffbilanzen

Im Folgenden werden die in den Flussgebietseinheiten am häufigsten verwendeten Methoden zur Aufstellung regionalisierter Nährstoffbilanzen kurz beschrieben. Der Fokus der Beschreibung liegt dabei auf Methoden zur Ermittlung der Stickstoffüberschüsse auf Kreis-

¹ <http://www.bmel-statistik.de/nc/service/suchmaske/>

Gemeinde- oder Feldblockebene², da diese Daten für die Ermittlung des Minderungsbedarfs für die Stickstoffeinträge ins Grundwasser und in die Meere benötigt werden.

Eine gängige Methode zur Bestimmung von Stickstoff- und Phosphorbilanzsalden ist z. B. das im Bereich der Landwirtschaftsverwaltung bundesweit angelegte regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem (RAUMIS) (Heidecke et al. 2012, Heidecke et al. 2015). Für die Berechnung der Nährstoffbilanzüberschüsse mit dem Modell RAUMIS werden als N-Zufuhr der Mineraldüngereinsatzes, der Einsatz organischer Düngemittel (z.B. Gülle, Gärreste, Klärschlamm und Kompost), die Stickstoffbindung aus Leguminosen und die atmosphärischen N-Deposition berücksichtigt. Als N-Abfuhr werden Nährstoffentzüge über das Erntegut und Ammoniakverluste aus der Tierhaltung berechnet (Abb. 5). Eine detaillierte Aufzählung aller Bilanzglieder ist dem Anhang 1, Tabellenblatt 4 zur Methode D05 bzw. NW01 zu entnehmen.

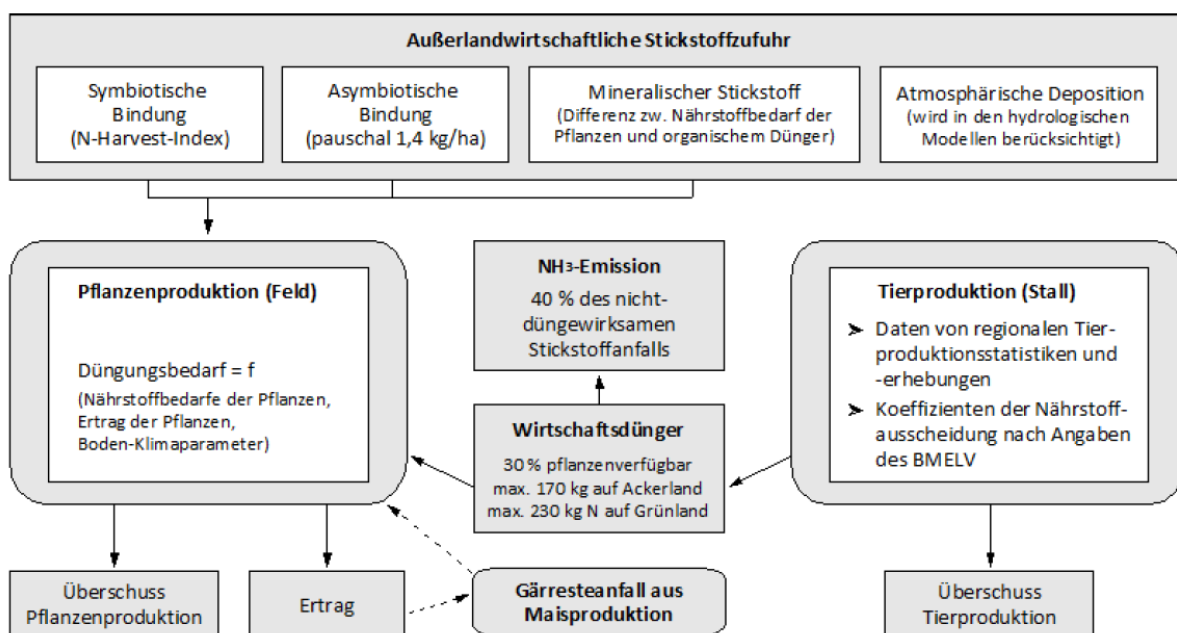


Abb. 5: Vorgehensweise der Stickstoffbilanzierung im Modell RAUMIS (Heidecke et al. 2015).

Flächenbilanzen, berechnet nach Bach (Abb. 6) werden häufig zur Bestimmung von Nährstoffbilanzsalden bezogen auf Stickstoff verwendet (Bach et al. 1997, Bach 2011, Bach 2014, Bach 2015). Dabei wird - wie auch im Modell RAUMIS - angenommen, dass eine Netto-Stickstoff-Bodenvorratsänderung und ein Stickstoffverlust durch Bodenerosion bzw. ein Gewinn durch Ablagerung sowie ein Stickstoffverlust durch Denitrifikation im Boden nicht stattfinden. Der Stickstoffdüngbedarf kann über verschiedene Nährstoffträger (Mineraldünger, organische Düngemittel wie Gülle oder Mist, Kompost oder Klärschlamm sowie über die symbiotische und asymbiotische Stickstoffbindung) gedeckt werden. Über Anrechnungsfaktoren wird der Stickstoffbedarf berechnet. Mit diesem Ansatz wird in vereinfachter Weise die Düngeplanung der landwirtschaftlichen Betriebe für regionale Einheiten nachgebildet. Die Bilanzierung nach Bach unterscheidet sich nicht wesentlich von der Bilanzierung im Modell

² Feldblöcke sind die Einheiten des Landwirtschaftlichen Feldblockkatasters als Basis für das integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem InVeKoS

RAUMIS. Die detaillierte Aufzählung der einzelnen Bilanzglieder ist der Tabelle 4 im Anhang 1 zu entnehmen.

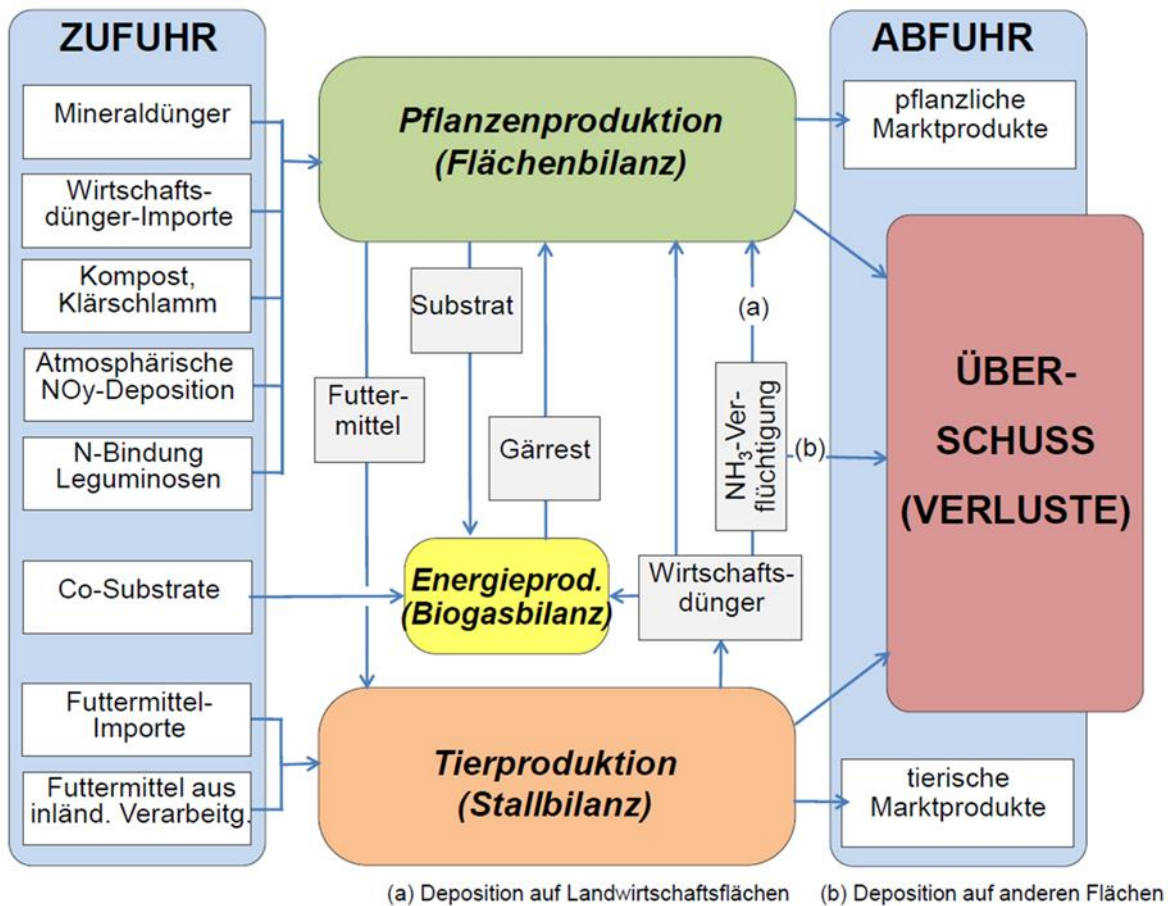


Abb. 6: Bilanzierungs-Methode nach Bach (Bach 2015)

Mit dem Programm STOFFBILANZ werden aufbauend auf Stickstoffbilanzen rasterbezogene Stickstoffüberschüsse zur Weiterverarbeitung mit hydro-ökologischen Modellen unter Berücksichtigung des Stoffumsatzes berechnet (Gebel et al. 2012, 2016). Als Grundlage wurden z.B. in Sachsen-Anhalt Stickstoffbilanzen nach BACH verwendet (siehe Anhang 1 „Tabellenblatt 4“ Methodik ST02). Innerhalb der betrachteten Gebiete können bspw. feldblockbezogene Informationen zur Anbaustruktur, zur Bodenbearbeitung sowie zu geförderten Agrarumweltmaßnahmen auf der Ebene der Oberflächenwasserkörper (OWK) aggregiert werden. Mineralische und organische Düngung sowie der Ertrag können fruchtartenbezogen bspw. aus betriebsbezogen vorliegenden Daten ermittelt und auf vordefinierte Gebiete wie bspw. in Sachsen auf die Ebene der landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete (naturräumlich und bewirtschaftungsspezifisch in sich homogene Einheiten) aggregiert (Bottom-up-Ansatz) werden.

Eine ergänzende Einbeziehung **nicht** geförderter Agrarumweltmaßnahmen kann ebenfalls auf dieser Gebietsebene erfolgen, je nachdem in welcher Auflösung die Daten vorliegen. Umsatzprozesse (Mobilisierung, Immobilisierung) werden rasterbezogen unter Berücksichtigung von Boden-, Klima- und Bewirtschaftungsfaktoren abgeleitet. Alternativ kann auch eine „einfache“ Bilanz ohne Einbeziehung der Mobilisierung bzw. Immobilisierung gerechnet werden. Die Überschüsse werden rasterbezogen und für jede Nutzung (Grünland, Ackerland, Obstbau, Weinbau) ermittelt und können modellintern auf die gewünschten Auswertungsge-

ometrien (Gemeinde, Kreis, landwirtschaftliches Vergleichsgebiet, OWK, Flussgebiet usw.) visualisiert und gemittelt werden.

Abbildung 7 zeigt die Bilanzglieder, die bei der Anwendung von „STOFFBILANZ“ in Sachsen in die Berechnung des Stickstoff-Saldos eingehen.

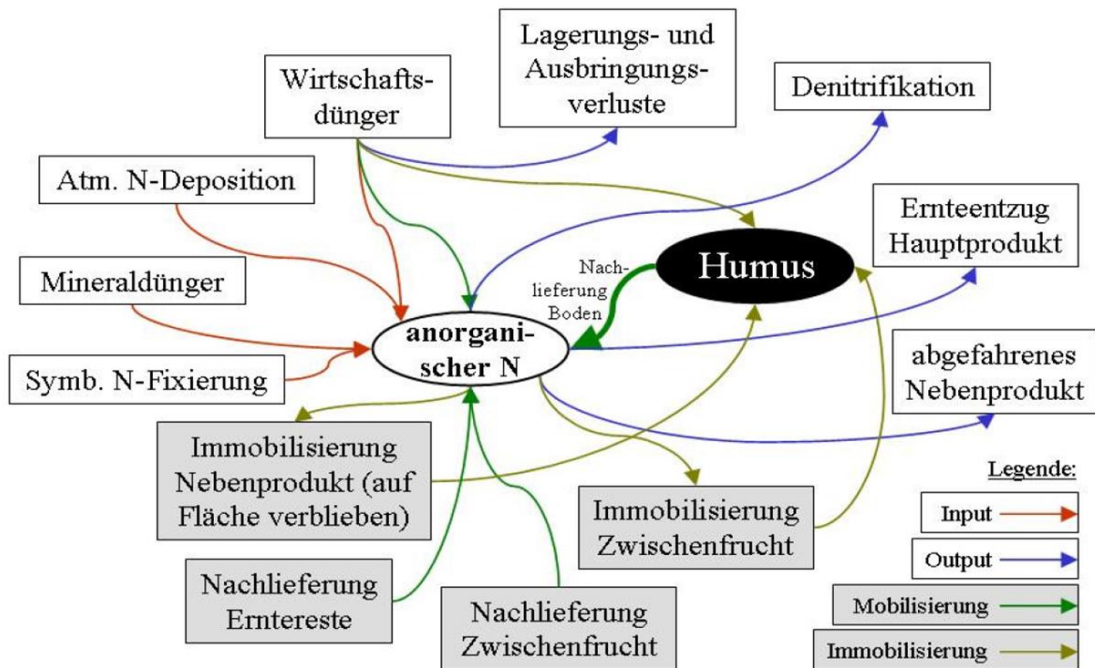


Abb. 7: Methode nach STOFFBILANZ (Gebel et al. 2012)

Aufbauend auf dem methodischen Ansatz nach BACH werden speziell in Mecklenburg-Vorpommern auch Flächenbilanzen auf Feldblockbasis berechnet mit einer Methode der Regionalisierung von N- und P-Bilanzen, die in Zusammenarbeit mit der zuständigen Stelle für landwirtschaftliches Fachrecht und Beratung (LFB) Mecklenburg-Vorpommern und der Universität Rostock entwickelt wurde (Wiebensohn 2008, biota 2013). Neben Daten aus der Agrarstatistik konnten jährliche, repräsentative Betriebsdaten zur Düngung und Ernte für die einzelnen Anbaukulturen einbezogen werden, was ein realitätsnäheres Abbild der landwirtschaftlichen Produktionspraxis liefert. Berücksichtigt werden ebenso die N- und P-Zufuhren (mineralische Düngung, Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft, Klärschlamm und Bioabfallkompost, symbiotische N-Fixierung) und N- und P-Entzüge (Ernte) sowie Standort- und Bewirtschaftungsverhältnisse (Böden nach leicht, mittel, schwer, Ökolandbau, extensive Grünlandnutzung). Die Ergebnisse wurden durch Vergleich mit rd. 1.100 Betriebsbilanzen validiert.

3.2 Verwendete Bilanzierungsansätze

Mit den gängigen Bilanzierungsverfahren von Bach und im Modell RAUMIS werden Nährstoffbilanzen für Stickstoff und Phosphor auf Kreisebene ermittelt. Für das Jahr 2010 liegen Ergebnisse aus beiden Ansätzen bundesweit vor. Je nach der Weiterverarbeitung der Ergebnisse werden für Modellierungen auf Bundesebene Daten auf Kreisebene verwendet, während für Modellierungen auf regionaler Ebene räumlich höher aufgelöste Daten für die

Berechnungen eingesetzt werden. In beiden Ansätzen ist es möglich, die Ergebnisse bundesweit auf Gemeindeebene zu disaggregieren, wobei in der Praxis der Datenschutz in Gemeinden mit wenigen großen Betrieben die Verteilung erschwert.

In STOFFBILANZ wird die Nährstoffbilanzberechnung auf Rasterebene durchgeführt, wobei je nach Bilanzglied unterschiedlich hoch aufgelöste Geometrien als Datenlieferant dienen (Raster, Feldblock, OWK, landwirtschaftliches Vergleichsgebiet). Für die bewirtschaftungsbezogene Auswertung wird eine aggregierte Betrachtung zumindest auf OWK-Ebene empfohlen.

Die Regionalisierung der N- und P-Bilanzen nach BIOTA (2013) und WIEBENSOHN (2008) für Mecklenburg-Vorpommern erfolgt durch Berechnung der flächenbezogenen, jährlichen Nährstoffüberschüsse für die einzelnen Kulturen auf Feldblockbasis. Aggregationen auf größere Raumeinheiten (Einzugsgebiete, Grundwasserkörper) sind möglich. Für die bewirtschaftungsbezogene Auswertung und die Verwendung in der hydro-ökologischen Modellierung wurden die Ergebnisse über die berechneten Jahre gemittelt und auf kleine Einzugsgebiete (LAWA-10-Steller³) aggregiert (Kunkel et al. 2016).

Für eine Übersicht über die in den Ländern angewendeten Methoden und Ansätze für die Berechnung der Stickstoffbilanzen wurde der Fragebogen der LAWA-AO Kleingruppe Nährstoffreduktion vom 10.08.2016 ausgewertet. Danach werden zur Berechnung der Stickstoffbilanzüberschüsse nach RAUMIS in einigen Ländern Daten auf Gemeindeebene eingesetzt. Ebenso finden die Nährstoffbilanzen auf Kreisebene nach Bach Verwendung. Zwei Länder (SN, ST) haben Stickstoffüberschüsse mit der Methode nach STOFFBILANZ berechnet. Weitere Länder haben eigene Methoden und Modelle zur Erstellung feldblockgenauer Bilanzen entwickelt und angewendet. Während auf Betriebsebene Daten aus der Düngeplanung und über den Entzug konkret vorliegen, müssen diese Angaben bei Nährstoffbilanzierungen auf Kreis- oder Gemeindeebene in der Regel aus agrarstatistischen Daten geschätzt werden. In den meisten Bundesländern basiert die Berechnung der Stickstoffüberschüsse auf den Agrarstatistiken. Die Datenanforderungen hängen dabei wesentlich von der geforderten räumlichen Auflösung, dem Adressaten der Berechnung und dem Zweck der Berechnung ab.

Die verwendeten Methoden zur Berechnung der Nährstoffbilanzsalden auf Kreis- und Gemeindeebene sind in den Ländern sehr heterogen. Im Wesentlichen erfolgen die regionalisierten Bilanzierungsrechnungen auf Basis der bisher geltenden DüV (2007), unterscheiden sich jedoch im Einzelnen in folgenden Punkten:

- Stickstoffgehalte, Stickstoffmengen in Ernteabfuhr und Saatgut; Stickstofffixierung in Leguminosen; Stickstoffanfall in tierischen Ausscheidungen
- Stickstoffverluste aus dem Stall, Lagerung, Ausbringung
- Stickstoffverluste aus Biogas-Gärresten
- Höhe der mineralischen Düngung

In einer überregionalen deutschlandweiten Betrachtung scheinen die Ergebnisse der Nährstoffbilanzen eine vergleichbare Größenordnung aufzuweisen. Regional weisen die verschiedenen Methoden deutliche Unterschiede auf. Eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse der in den Ländern verwendeten Methoden ist aufgrund der stark heterogenen Vorgehensweise daher nicht gegeben (s. auch Anhang 1)

³ Einzugsgebiete hierarchisiert auf die 10. Stelle gemäß LAWA-Vorgaben

3.3 Bewertung der Bilanzierungsansätze

Bei den Anforderungen an eine regionalisierte Nährstoffbilanzierung ist es zunächst wichtig festzustellen, welche Fragestellung analysiert und welche Kernaussagen anhand der Nährstoffflächenbilanzen getroffen werden sollen. Außerdem muss feststehen, wer mit den Aussagen der Bilanzierung angesprochen werden soll. Darüber hinaus sind auch die zu Verfügung stehenden Ressourcen sowie die vorhandenen Datengrundlagen ein wichtiges Ausgangskriterium.

Die angewandten Nährstoffbilanzierungsverfahren schaffen in Kombination mit hydroökologischen Modellen geeignete Informationsgrundlagen für die

- Erstellung von Zielerreichungsprognosen für Grund- und Oberflächenwasserkörper,
- Ermittlung des quantitativen Reduktionsbedarfs landwirtschaftlicher Stickstoffeinträge,
- Ableitung von Gründen für Zielverfehlungen,
- Ableitung von erforderlichen Fristverlängerungen,
- Beurteilung der Maßnahmeneffizienz im Hinblick auf die Zielerreichung und
- Ermittlung von erforderlichen Maßnahmen zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele im Grundwasser, in Fließgewässern und in den Meeresgewässern.

Als Eingangsdaten für diese Nährstoffbilanzmodelle werden Angaben zu Nährstoffbilanzüberschüssen mindestens auf Kreis- oder Gemeindeebene benötigt. Festzustellen ist eine Verbesserung der Ergebnisse für weiterführende Modellierungen, wenn für eine räumlich höhere Auflösung zum Beispiel auf Gemeindeebene die agrarstatistischen Eingangsdaten zur Verfügung stehen. Mittelfristig wäre eine Disaggregation auch auf kleinere Naturraumeinheiten sinnvoll, da hier ähnliche Boden- und Standorteigenschaften und häufig auch vergleichbare Betriebstypen vorherrschen.

Sollen die hydroökologischen Modelle dazu benutzt werden, überregionale Hotspots der Überschüsse oder den allgemeinen Handlungsbedarf darzustellen, so sind Eingangsdaten auf Kreisebene ausreichend. Sind aber regionale Fragestellungen, Ableitung von Gründen für Zielverfehlungen bzw. von erforderlichen Fristverlängerungen oder auch Maßnahmenplanungen angedacht, sind diese relativ groben Aussagen nicht mehr ausreichend. Dann ist eine höhere Auflösung der Datengrundlage wie z. B. auf Gemeindeebene notwendig.

Für eine Verteilung von Kreisdaten auf Gemeindeebene wird im Modell RAUMIS ein Algorithmus verwendet. Auch für den Ansatz nach Bach liegt für die Disaggregation auf Gemeindeebene ein methodischer Ansatz vor. Die Bilanzierungsmethode STOFFBILANZ liefert für Sachsen und Sachsen-Anhalt gute Ergebnisse, ebenso die Bilanzierung nach BIOTA und WIEBENSOHN für Mecklenburg-Vorpommern. Für die Mehrheit der anderen Länder stellt sich die Frage, inwieweit eine ausreichende Datenverfügbarkeit insbesondere hinsichtlich der Dünge- und Ertragsparameter für eine effiziente Anwendung z.B. der STOFFBILANZ-Methodik oder der Regionalisierungsmethodik aus Mecklenburg-Vorpommern gegeben ist.

Im Rahmen der hydroökologischen Modelle wird die atmosphärische N-Deposition in der Regel unabhängig von der N-Bilanzierung als räumlich aufgelöster Datensatz einbezogen (auch für die Flächen außerhalb der Landwirtschaft). Falls in den Bilanzierungsansätzen die N-Deposition als Inputgröße eingerechnet wird, ist es bei einer Verknüpfung mit hydroökologischen Modellen ggf. notwendig, die atmosphärische Deposition wieder herauszurechnen.

Alle Modellansätze bieten in unterschiedlichen Umfängen - je nach Fragestellung - die Möglichkeit, Szenarien abzubilden und Entwicklungen der landwirtschaftlichen Nutzung zu prog-

nostizieren. Das Modell RAUMIS bietet zusätzlich zu der Nährstoffbilanzierung auf Gemeindeebene die Möglichkeit, Anpassungsreaktionen der Landwirtschaft auf politische und ökonomische Veränderungen abzuschätzen. Gerade durch die Option dieser Prognose (Baseline Szenario) und durch die Einbeziehung der Landwirtschaft in den Projekten AGRUM⁺ (FGG Weser), AGRUM Niedersachsen, AGRUM Schleswig-Holstein (Tetzlaff et al. 2017) und „AGRUM NRW“ (Growa+ NRW 2021) genießt diese Methode eine breite Akzeptanz in den dort beteiligten Ressorts der Landwirtschaft und Wasserwirtschaft.

3.4 Empfehlungen zur Harmonisierung regionalisierter Nährstoffbilanzen

Die bisherige Verwendung unterschiedlicher Bilanzierungsansätze für die Ermittlung von regionalisierten Nährstoffüberschüssen - wie zum Beispiel in den Nitratberichten der Bundesregierung oder den Analysen im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung nach WRRL - führt zu unterschiedlichen Aussagen.

Daher wird von der Kleingruppe ein bundesweit einheitlicher Ansatz dringend angeraten, der auch zwischen den Ressorts Umwelt und Landwirtschaft auf Bundes- und Länderebene abgestimmt werden sollte. Grundsätzlich sollten die Nährstoffbilanzen gemeinsam mit der Landwirtschaft erstellt und auf Basis der von der Landwirtschaft ermittelten Statistiken beruhen. Weiterhin sollte eine einheitliche Methodik für die verschiedenen Berichtspflichten gegenüber der Europäischen Kommission (WRRL, Nitratrichtlinie usw.) herangezogen werden.

Für diesen bundesweit einheitlichen Ansatz müssen die bei der Bilanzierung verwendeten Eingangsdaten, Koeffizienten und Berechnungsvorschriften (z.B. für die Berechnung des Mineraldüngereinsatzes und des Gärresteanfalls) nachvollziehbar beschrieben werden und für den verwendeten Ansatz muss eine umfassende Methodendokumentation vorliegen. Die Kleingruppe empfiehlt, dass vollständige Stickstoff- und Phosphorbilanzen auf Kreis- und Gemeindeebene von der Landwirtschaftsverwaltung zur Verfügung gestellt werden, um so gemeinsam den Handlungsbedarf bei der Umsetzung der Nitrat- und Wasserrahmenrichtlinie zu ermitteln.

Der bundesweite landwirtschaftliche Bilanzierungsansatz sollte für die seitens der Wasserwirtschaft erforderlichen Fragestellungen prognose- und szenariofähig sein und alle politischen und ökonomischen Veränderungen im Bereich der Landwirtschaft abbilden und berücksichtigen können. Der angestrebte bundesweite Ansatz ersetzt nicht die für regionale Fragestellungen angewendeten Ländermethoden. Es sollte jedoch eine Abstimmung der Datenbasis erfolgen, um die Vergleichbarkeit der Berechnungsergebnisse zu gewährleisten (Skalenabhängigkeit).

Bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft notwendig. Deshalb ist es erforderlich, die Landwirtschaftsverwaltung auf Kreis- oder Gemeindeebene Angaben zu den Stickstoff- und Phosphorüberschüssen turnusmäßig als Eingangsdaten für eine weitergehende Modellierung zur Verfügung stellt. Neben diesen Daten werden Angaben zur Wirkung der novellierten Düngeverordnung auf die Minderung der Stickstoffüberschüsse auf Kreis- und Gemeindeebene benötigt.

Die für weitere Zwecke wie z. B. die regionale Maßnahmenplanung verwendeten Berechnungsmethoden sollten sich durch Plausibilitätsprüfungen in die überregionalen Ergebnisse einpassen.

4 Wirksamkeit landwirtschaftlicher Maßnahmen

Eine Aufgabe der LAWA-KG Nährstoffreduktion war es, den Wissensstand über die Wirkung landwirtschaftlicher Maßnahmen zur Minderung der Nährstoffeinträge für Stickstoff und Phosphor zusammenzustellen. Vor allem hinsichtlich des Nährstoffs Phosphor sind für umfassende Ermittlungen des Minderungsbedarfs auch Einträge aus Punktquellen und urbanen Systemen zu berücksichtigen. Gemäß dem Auftrag an die Kleingruppe werden im Folgenden jedoch ausschließlich Maßnahmen zur Minderung der Nährstoffeinträge aus landwirtschaftlichen Quellen betrachtet.

Inhalte und Zielsetzungen von Maßnahmen finden sich in rechtsverbindlichen Instrumenten sowie in Form von Programmen, deren Umsetzung auf dem Prinzip der Freiwilligkeit basieren. Im Hinblick auf den Verursacher „Landwirtschaft“ hat die LAWA-KG Nährstoffreduktion als wichtigste Rechtsvorschrift insbesondere die Nitratrichtlinie (91/676/EWG) beziehungsweise deren wesentliche deutsche Umsetzung, die Düngeverordnung (DüV), identifiziert.

Der Bund hat im Mai 2017 in einem Erlass eine Liste von weiteren Maßnahmen zur Reduktion der Nährstoffeinträge in Gewässer den Ländern zur Kommentierung übersandt (BMUB 2017). Die darin enthaltenden Maßnahmen decken sich weitgehend mit den in diesem Papier aufgelisteten Maßnahmen. Der Erlass enthält keine Angaben zur Quantifizierung der Maßnahmenwirkung; hierzu werden weiter unten in diesem Kapitel Vorschläge zur weiteren Bearbeitung gemacht.

Freiwillige Maßnahmen sind in vielen Bundesländern die EU-kofinanzierten Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM), zusammengefasst in Agrarumweltprogrammen. Die in den jeweiligen Förderrichtlinien festgeschriebenen Auflagen müssen über die gesetzlich vorgeschriebenen Mindestanforderungen hinausgehen.

Die zu erwartenden Wirkungen und Wirksamkeiten lassen sich nicht in jedem Fall sicher ableiten. In besonderem Maße gilt dies für die „Verordnung zur Neuordnung der guten fachlichen Praxis beim Düngen“ (Düngeverordnung), aber auch zur Wirksamkeit anderer Maßnahmen bestehen derzeit noch Wissensdefizite. Für eine bundesweite Vergleichbarkeit sind jedoch einheitliche Standards an die zu berücksichtigenden Maßnahmen sowie deren Wirksamkeit zu setzen.

Die zur Beurteilung der Wirksamkeit verwendeten Indikatoren beziehen sich oft auf die Emissionsseite. Sie sind gut geeignet, um die aktuelle Belastungssituation darzustellen und z.B. Reduktionserfordernisse zu quantifizieren, zeigen jedoch nicht die Änderungen auf der Immissionsseite. Insbesondere bei der Abschätzung des Reduktionspotenzials von Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen auf großräumiger Ebene, z.B. auf Ebene von Kreisen oder Flussgebietseinheiten, sind weitergehende hydro-ökologische Modellierungen erforderlich.

4.1 Wirkung und Wirksamkeit landwirtschaftlicher Maßnahmen

Aufgrund des z.T. sehr langen zeitlichen Verzugs zwischen Umsetzung und Nachweis der Wirksamkeit von Maßnahmen auf der Immissionsseite (Messwerte der Gewässergüte, ökologischer Zustand/Potenzial) ist es in vielen Fällen erforderlich, Emissionsindikatoren zu verwenden, die die erzielten Reduktionserfolge zeitnah darstellen können. Hierfür ist es zunächst erforderlich, die Möglichkeiten zu identifizieren, die sich zum Nachweis der Wirksamkeit von Maßnahmen eignen (Wirkungsindikatoren). Die Wahl eines geeigneten Wirkungsin-

dikators ist dabei abhängig von der Art der Maßnahmenwirkung. Es ist daher erforderlich, zwischen Wirkung und Wirksamkeit zu unterscheiden. Während unter der Wirkung die Prozesse verstanden werden, aufgrund derer es zu einer Reduktion der Nährstoffeinträge in Gewässer kommt, beschreibt die Wirksamkeit die Höhe des Effekts der Wirkung.

Wirkung von Maßnahmen

Landwirtschaftliche Maßnahmen wirken nicht alle auf die gleiche Weise. Je nach Maßnahme oder Nährstoff werden in der Regel eine oder mehrere Wirkungen gezielt verfolgt. Ein wesentlicher Grund hierfür liegt in den voneinander abweichenden Haupt-Eintragswegen der Nährstoffe Stickstoff (N) und Phosphor (P) in die Gewässer. N wird überwiegend in gelöster Form mit dem Wasser transportiert, während P sowohl in gelöster Form, vor allem aber in an Bodenteilchen gebundener (partikulärer) Form mit der Erosion verlagert wird. Die angebotenen AUKM weisen daher in der Regel schwerpunktmäßig besonders hohe Wirksamkeiten bezüglich einem der beiden Nährstoffe (N oder P) auf, indem direkt oder indirekt auf die Art des hauptsächlich Eintrags in die Gewässer eingewirkt wird. Daraus folgt, dass die Kriterien zur Bewertung der Maßnahmenwirksamkeit (s. Kap. 4.1.2) für verschiedene Nährstoffe nicht einheitlich sein können und dass die Auswahl geeigneter Kriterien sich an der Art der Maßnahmenwirkung orientieren muss.

In der Regel erfolgt die Düngung gemäß der guten fachlichen Praxis nach einer Düngedarfsermittlung für jede Kultur. Sie stellt die bedarfsgerechte Versorgung der Pflanzen sicher und zielt auf ein optimales Verhältnis von eingesetztem Dünger und Ertrag bzw. Qualität und damit auf eine möglichst hohe Nährstoffausnutzungseffizienz. Die Grundlagen hierfür sind in der Düngeverordnung gelegt.

Bei Maßnahmen mit aufwandsneutraler Düngung erfolgt die Düngung gegenüber der Düngedarfsermittlung unverändert. Die Wirkung der Maßnahmen liegt darin, Nährstoffe gezielt in Biomasse zu fixieren und damit (zeitweilig) zurückzuhalten (z.B. Anbau winterharter Zwischenfrüchte, Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung). Zahlungen, die Landwirte gemäß den Förderrichtlinien der Länder erhalten, gelten in der Regel den mit Durchführung der Maßnahmen einhergehenden höheren Bearbeitungs- bzw. Materialaufwand (z.B. Saatgut für Zwischenfrüchte usw.) ab.

Hingegen wird bei **Maßnahmen mit reduzierter Düngung** durch die Reduktion des Nährstoff-Inputs direkt der Belastungsdruck verringert (z.B. Einhalten von Obergrenzen zulässiger Düngegaben, die bewusst geringer angesetzt sind als die der Düngedarfsermittlung). Hierbei werden durch die Förderrichtlinien insbesondere Mindererträge abgegolten, die in Folge der Reduzierung der Düngung eintreten.

Vor allem beim Nährstoff Phosphor steht häufig die **Verringerung des direkten Eintrags in Oberflächengewässer** im Vordergrund. Die Pfade, auf die hier im Wesentlichen eingewirkt wird, sind die Abschwemmung und die Erosion (partikelgebundene Einträge), etwa indem konservierende Bewirtschaftungsverfahren auf Ackerflächen zur Vermeidung der Entstehung von Bodenabträgen realisiert, Sedimentationsflächen für erodiertes Bodenmaterial angelegt (z.B. Schutzstreifen in Gewässernähe) oder abflusswirksame Wege verkürzt werden (z.B. Tiefenlinienbegrünung). Maßnahmen zur reduzierten P-Düngung sind dort als hochwirksam anzusehen, wo landwirtschaftlich genutzte Böden hohe P-Gehalte aufweisen, da mit ihnen grundsätzlich der Belastungsdruck gesenkt wird. Maßnahmen zur reduzierten P-Düngung werden allerdings erst mit einigen Jahren Verzögerung ihre Wirksamkeit entfalten.

Nachweis der Wirksamkeit von Maßnahmen

Der sicherste Nachweis der Wirksamkeit von Maßnahmen besteht auf der Immissionsseite, allen voran durch Gewässeruntersuchungen. Es besteht jedoch das grundsätzliche Problem, dass Maßnahmeneffekte oft erst nach langen Zeiträumen an Grundwasser- oder Oberflächengewässermessstellen messbar werden. Für Oberflächenwasserkörper können diese sich mit zeitparallel angelegten Maßnahmen anderer Belastungsbereiche (z.B. Kommunalabwasser) überlagern.

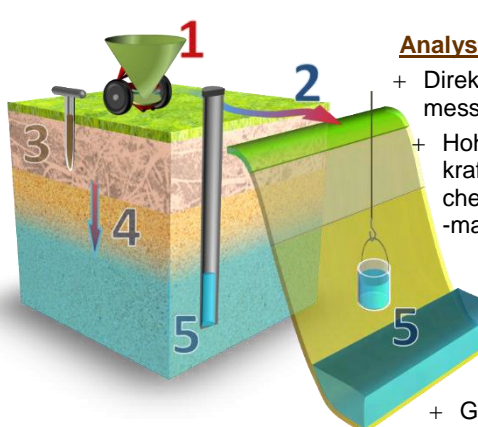
Wirkungsindikatoren und positive (+) bzw. negative (-) Aspekte zu ihrer Eignung	
<u>Nährstoff-Bilanzsalden (1)</u>	
<ul style="list-style-type: none"> + Sehr gut geeignet zur Charakterisierung des regionalen Belastungsdrucks + Gute Eignung zur Quantifizierung von Reduktionsbedarfen und -zielen 	<ul style="list-style-type: none"> - Immissionsseitige Wirkung nur indirekt ableitbar - Innerhalb der gewählten Bezugseinheit (z.B. Gemeinde, Kreis) keine weitere Binnendifferenzierung möglich - Hohe Anforderungen an Eingangsdaten
<u>Verminderte Abschwemmung und Erosion (2)</u>	
<ul style="list-style-type: none"> + Ermöglicht u.U. sichere Aussagen zur Reduktion des Eintrags 	<ul style="list-style-type: none"> - Sehr stark von konkreter Maßnahmenumsetzung abhängig - Messaufwand sehr hoch - Wenig geeignet zur Charakterisierung des regionalen Bel.-drucks
	<u>Analyse von Bodenproben, z.B. Herbst-N_{min}, P-Gehalte (3)</u>
	<ul style="list-style-type: none"> + Direkt und gut-messbar + Hohe Aussagekraft für Einzelflächen/-maßnahmen
	<u>Analyse von Sickerwasser (Auswaschung) (4)</u>
<ul style="list-style-type: none"> + Näherungsweise Beschreibung der Immissionsseite + Gute Eignung zur Quantifizierung von Reduktionsbedarfen und -zielen 	<ul style="list-style-type: none"> - Messaufwand verhältnism. hoch - Stark von standörtlichen Gegebenheiten abhängig - Wenig geeignet zur Charakterisierung des regionalen Belastungsdrucks
<u>Wasseranalysen, Grund- und Oberflächenwasser (5)</u>	
<ul style="list-style-type: none"> + Sicherer Nachweis der Wirkung + Beschreibt zuverlässig die Immissionsseite + Gut geeignet zur Charakterisierung des regionalen Belastungsdrucks 	<ul style="list-style-type: none"> - I.d.R. erheblicher Zeitverzug zwischen Maßnahmenumsetzung und Messbarkeit - Erlaubt oft nicht, die Wirksamkeit von Maßnahmen zu konkretisieren (Überlagerung von Standort- und Maßnahmeneffekten)
<u>(Ergebnisse hydro-ökologischer Modellierungen)</u>	
<ul style="list-style-type: none"> + Hochintegrativ; räumlich und zeitlich quantifizierbare Verbindung zwischen Maßnahme und Immissionsseite + ermöglicht auf großräumiger Ebene Ableitung von Handlungsbedarf, Wirkungsprognosen, Analysen von Maßnahmenkombinationen uvm. 	<ul style="list-style-type: none"> - Stark abhängig von der Qualität der Eingangsdaten (v.a. zur Charakterisierung der landw. Belastungssituation) - hoher Interpretationsbedarf - Maßnahmenwirksamkeiten müssen bekannt sein

Abb. 8: Wirkungsindikatoren und Aspekte zu ihrer Eignung (NLWKN, verändert).

Um dennoch die Wirksamkeit von Maßnahmen nachweisen zu können, wird auf Indikatoren zurückgegriffen, die mit möglichst wenig zeitlichem Verzug nach der Maßnahmenumsetzung

erhoben oder sogar im Voraus prognostiziert werden können. Zu den wichtigsten Indikatoren gehören Nährstoffbilanzsalden auf betrieblicher oder regionaler Ebene und Nährstoffgehalte im Boden (hier v.a. Herbst- N_{\min} und der pflanzenverfügbare P-Gehalt) (Abb. 8). Die Wirksamkeit lässt sich anhand der Änderungen vor und nach Umsetzung von Maßnahmen darstellen und wird häufig als Reduktion je Flächeneinheit und Jahr angegeben (z.B. $\text{kg/ha}\cdot\text{a}^{-1}$). Im Kapitel 4.2 wird beispielhaft für den Indikator Herbst N_{\min} dargelegt, wie der Nachweis der Wirksamkeit mittels massenstatistischer Auswerteverfahren geführt werden kann.

Für Maßnahmen, die auf die Eintragspfade Abschwemmung und Erosion einwirken, ist es schwierig, allgemeingültige Indikatoren zu finden und diese zu quantifizieren. Zur Beurteilung der Maßnahmenwirksamkeit müssen sowohl die Situation vor als auch nach der Maßnahme bekannt sein. Beide hängen jedoch in starkem Grad von den standörtlichen Gegebenheiten, wie Versickerungsleistung, Verdichtung, Gefälle, Dimensionierung der Maßnahme (z.B. Gewässerrandstreifen) usw. ab. Konkrete verlässliche Angaben zur Wirksamkeit in kg/ha o.ä. sind in vielen Fällen nicht bekannt oder sie umfassen sehr große Spannweiten. Hier wäre es sinnvoller, einen Wirkungsgrad für die Maßnahme anzugeben, der jedoch keine Aussage über die tatsächliche Höhe der Reduktion zulässt (z.B. in %). Da von diesen Pfaden vor allem der Nährstoff P betroffen ist, gibt es über die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Minderung der P-Einträge bisher noch wenig gesicherte, übertragbare Erkenntnisse (Holsten et al. 2016).

Während für Maßnahmen zur Minderung der Stickstoffeinträge in Grund- und Oberflächengewässer bereits quantitative Erkenntnisse über die Maßnahmenwirkung vorliegen (vgl. Osterburg et al. 2007), ist dies bei landwirtschaftlichen Maßnahmen zur Minderung der Phosphoreinträge nicht der Fall. Grundsätzlich ist bekannt, dass Maßnahmen zur Minderung der Phosphorausträge auf Betriebs-, Feld- oder Einzugsgebietsebene ansetzen können (Schoumans et al. 2014, Holsten et al. 2016). Die Wirkung landwirtschaftlicher Maßnahmen wie Begrenzung der P-Düngung auf die Minderung der Austräge lässt sich aber bislang nur schwer quantifizieren. Auch die Wirkung von Gewässerrandstreifen als physikalische Barriere zur Minderung der partikulären Phosphoreinträge ist im norddeutschen Tiefland aufgrund dominierender Einträge über Dränagen umstritten. Daher wird empfohlen, die Wirksamkeit landwirtschaftlicher Maßnahmen zur Minderung der Phosphorausträge in einer Studie zusammenzustellen und den Maßnahmenkatalog des TI dahingehend zu erweitern.

Schließlich können auch die Ergebnisse von hydro-ökologischen Modellierungen als hochintegrierte Indikatoren angesehen werden. Für Modelle, die herangezogen werden, um Aussagen auf großräumiger Ebene treffen zu können, müssen allerdings in der Regel die Wirksamkeiten von Maßnahmen als Eingangsparameter vorgegeben werden. Diese werden ihrerseits aus den Erkenntnissen zu den Indikatoren 1 bis 5 der Abb. 8 abgeleitet (daher steht dies in der Abbildung in Klammern).

Belastbare Aussagen zur Wirksamkeit liegen derzeit insbesondere für den Indikator Herbst- N_{\min} vor. Er ist zwar in besonderer Weise für den Nachweis der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen geeignet (durch den Vergleich „mit Maßnahme“ und „ohne Maßnahme“ unter Verwendung massenstatistischer Auswertungsverfahren), lässt jedoch keine flächendeckenden Rückschlüsse auf die Belastungssituation zu. Zudem ist dieser Indikator hohen Schwankungen unterworfen, da seine Werte von vielen Faktoren abhängen, und er lässt sich (wie viele andere Indikatoren auch) nicht direkt in die gängigen hydro-ökologischen Modelle integrieren.

Hinsichtlich des **Nährstoffs N** sieht die LAWA-KG regionalisierte Nährstoffbilanzsalden auf der Grundlage von Agrarstatistiken als besonders geeignet an, um den flächenhaften Belas-

tungsdruck zu charakterisieren. Zudem eignen sie sich dazu, Minderungsbedarfe bzw. -potenziale zu quantifizieren und die Wirksamkeit von Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen in ihrer Gesamtheit abzubilden.

Hinsichtlich des **Nährstoffs P** wird - im Zusammenhang mit dessen Eintrag aus Düngung bzw. Versorgungszustand der Böden - mit Blick auf eine langfristige Wirksamkeit ebenfalls die Verwendung von Bilanzsalden empfohlen. Es sind jedoch weitere Indikatoren erforderlich, die die Wirksamkeit entsprechender Maßnahmen auch in Bezug auf kurze Zeiträume nach der Umsetzung abbilden können (z.B. P-Gehalte im Oberboden, Wirkungsgrade von Maßnahmen etc.).

Die LAWA-KG empfiehlt, die bestehenden Wissenslücken zu den Maßnahmenwirksamkeiten durch weitere Untersuchungen zu schließen, dabei sollte geprüft werden, ob die Maßnahmenwirksamkeit nach Naturräumen unterschieden werden kann.

4.2 Quantifizierung der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen

Düngeverordnung

Das novellierte Düngerecht ist als eine wichtige Maßnahme bzw. ein wichtiges Maßnahmenpaket für die Wirkungsabschätzung zur Minderung der Nährstoffeinträge in Gewässer in zukünftige Bewirtschaftungszyklen unverzichtbar mit einzubeziehen. Zum Zeitpunkt der Arbeit der LAWA-KG (Frühjahr 2017) wurden als die wichtigsten wirksamen Aspekte der Düngerechts- Novellierung die Folgenden benannt:

- Düngebedarfsermittlung (§ 4, mit kulturspezifischen Höchstmengen für den Einsatz von Stickstoff), bei Nicht-Einhalten bußgeldbewehrt (Ausnahmen möglich)
- Nährstoffvergleich: Einführung einer plausibilisierten Feld-Stall-Bilanz und ab 2018 einer Stoffstrombilanz für bestimmte Betriebe
- Schrittweises Absenken der zulässigen Nährstoffbilanzüberschüsse
- Länderermächtigungsklausel gemäß §13, in besonders mit Nährstoffen belasteten Gebieten (Grundwasser oder in Einzugsgebieten eutrophierter langsam fließender oder stehender Oberflächengewässer) per Rechtsverordnung mindestens drei von mehreren möglichen weiterreichenden Anforderungen vorzuschreiben.

Von der Umsetzung der novellierten DüV werden verschiedenste Wirkungen ausgehen. Neben einer direkten Verringerung des Belastungsdrucks z.B. durch das schrittweise Absenken der Bilanzüberschüsse sind weitere Wirkungen als Anpassungsreaktionen der Landwirtschaft zu erwarten. So ist davon auszugehen, dass

- sich der Ausnutzungsgrad von Wirtschaftsdüngern erhöhen wird,
- der Export von Wirtschaftsdüngern von Überschuss- in Aufnahmegebieten steigen wird,
- Tierbestände abgebaut werden,
- es vermehrt zu einer außerlandwirtschaftlichen Verwertung von Wirtschaftsdüngern kommt
- Wirtschaftsdünger verstärkt aufbereitet werden und
- sich der Mineraldüngereinsatz verringern wird.

Die zu erwartenden Wirkungen der novellierten DüV sind derzeit nicht genau absehbar, da dies auch von der Umsetzung in den Bundesländern abhängig ist. Insbesondere ist unklar, welche konkreten „Zusatz- Wirkungs-Effekte“ unter den in Deutschland teilweise sehr unter-

schiedlichen regionalen naturräumlichen und standortspezifischen Gegebenheiten tatsächlich erreicht werden können. Letzteres betrifft v.a. auch § 13 DüV, dessen konkrete Ausgestaltung und Anwendung, je nach der jeweiligen Belastungssituation in den Bundesländern bzw. regionalen Gebieten, sehr unterschiedlich ausfallen wird.

Aufgrund der hohen Komplexität der Fragestellung wird vorgeschlagen, diese Aspekte in einer bundesweit einheitlichen Studie zur Abschätzung der Wirkung der Düngeverordnung auf die Stickstoff- und Phosphorüberschüsse zu ermitteln. Sie soll als Grundlage für eine weitergehende Modellierung mit hydro-ökologischen Modellen dem Bund, Ländern und Flussgebietseinheiten zur Verfügung gestellt werden (s.u.).

Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM)

Im Rahmen des Projekts „Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft“ (Osterburg et al. 2007) und unter Beteiligung des Projektes „Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie in der Flussgebietseinheit Weser- AGRUM-Weser“ (Kreins et al. 2010) wurde von der damaligen Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL, heute Thünen Institut) erstmals ein ausführlicher Katalog an Agrarumweltmaßnahmen erstellt. Darin sind die landwirtschaftlichen Maßnahmen zur Reduzierung von Nährstoffeinträgen gruppiert bzw. kategorisiert. Innerhalb der Gruppen/Kategorien sind die einzelnen Maßnahmen mit ihren Wirksamkeiten in sogenannten Maßnahmenblättern aufgeführt (Abb. 9).

4.4.2 Direktsaat (M17)										
Zielsetzung: Verminderung der N-Mineralisation, Verminderung des Oberflächenabflusses										
Bewirtschaftungsbedingungen					Erläuterung					
Verzicht auf jegliche Bodenbearbeitung, Einsatz der Folgefrucht im Direktsaatverfahren					Ernterückstände auf der Bodenoberfläche vermindern Erosionsgefahr, fehlende Durchlüftung/Mischung des Bodens verzögert Mineralisation					
Referenzsituation ohne Maßnahme (zur Wirkungsabschätzung)										
Aussaat nach Pflug und Saatbettbereitung										
Eignungsbewertung: +++ = sehr gut, ++ = gut, + = mäßig, 0 = ungeeignet, - negativ										
Boden-Klima-Raum			Betriebstyp / Norg-Anfall			Flächennutzung				
leicht,	< 600 mm	+	MF < 40 kg N/ha	++		Acker		++		
leicht,	>= 600 mm	++	VE 40 - 120 kg N/ha	++		Grünland		0		
schwer,	< 600 mm	+	VE >120 kg N/ha	+		Dauerkultur		0		
schwer,	>= 600 mm	++	FB 40 - 120 kg N/ha	++		Gemüse		+		
Moorstandorte			FB > 120 kg N/ha			+				
Erläuterung Flächeneignung: für Ackerflächen mit Hangneigung, insbesondere an Oberflächengewässern; auf leichten und sehr schweren Böden kaum möglich (Dichtlagerung der Böden)										
Entgelt [€/ha]			Erfolgsparemeter		Minderung [kg N/ha]			Kostenwirksamkeit [€/kg N]		
min.	Mittel	max.			min.	Mittel	max.	min.	Mittel	max.
40	80	200	N-Saldo		0	5	10	4,0	16,0	9999
			Herbst-N _{min}		0	10	20	2,0	8,0	9999
			N-Fracht		0	10	20	2,0	8,0	9999
Umsetzbarkeit der Maßnahme					sonstige ökologische Wirkungen					
Akzeptanz					Klimaschutz					0
Prüffähigkeit					Landschafts- und Naturschutz					+++
Verwaltungsaufwand					Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss					+++

Abb. 9: Beispiel für ein Maßnahmenblatt aus dem FAL-Katalog (Osterburg et al. 2007)

Finanziert wurde das Projekt von der LAWA im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2006 (Projekt-Nummer AR 1.05 FAL). Noch immer bildet dieser Katalog die Grundlage für eine Abschätzung der Wirksamkeit landwirtschaftlicher Maßnahmen in vielen Vorhaben von Bund, Ländern und Flussgebietseinheiten.

Der FAL-Katalog beschreibt in erster Linie die Wirksamkeiten bezogen auf den Nährstoff N. Die Wirksamkeiten werden darin unter Verwendung der Emissionsindikatoren Nährstoffbilanz (N-Saldo), Herbst-N_{min} und Auswaschung aus der Bodenzone in kg N/ha quantifiziert. Zur Wirksamkeit für den Nährstoff P werden hingegen nur indirekte Aussagen getroffen, indem das Themenfeld „Bodenschutz, Erosion und Oberflächenabfluss“ als „sonstige ökologische Wirkungen“ qualitativ bewertet wird.

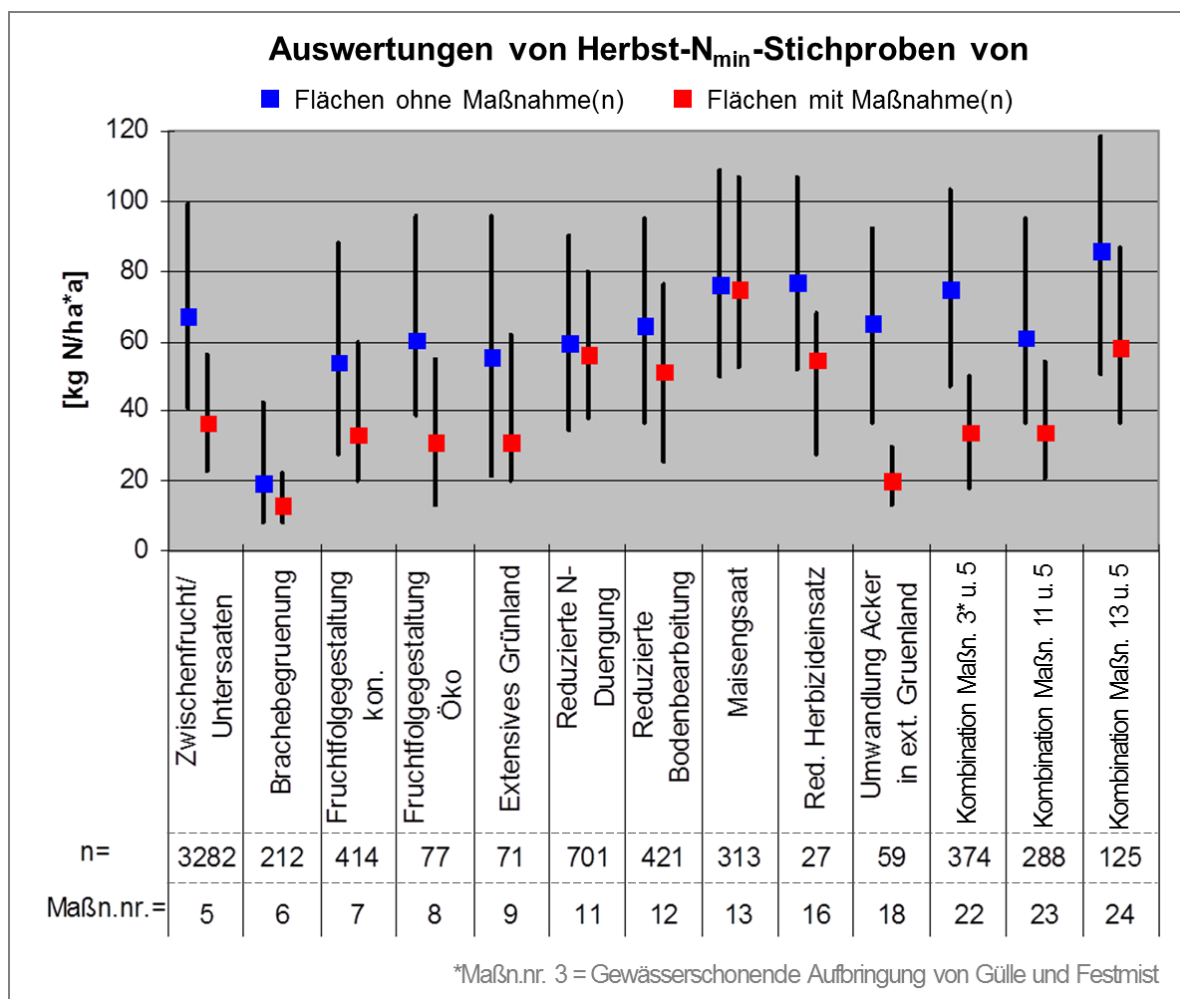


Abbildung 10: Mediane und Quartile von Herbst-N_{min}-Stichproben von Flächen mit (rot) und ohne (blau) Maßnahmen (Schmidt & Osterburg 2010, verändert)(Erläuterung im Text).

Die im FAL-Katalog von 2007 angegebenen Wirksamkeiten basieren z.T. auf Einschätzungen von Experten. Der Katalog wurde daher bewusst so konzipiert, dass er fortgeschrieben und ausgebaut werden kann. Wesentliche Konkretisierungen erfolgten unter anderem im Zuge des in 2010 abgeschlossenen „WAgriCO2“-Projekts, in dem die von den Experten geschätzten Wirksamkeiten mit gemessenen Monitoring-Daten untermauert wurden. Dazu wurden unter anderem ca. 20.000 Herbst-N_{min}-Daten von Flächen mit und ohne Maßnahmen aus Niedersachsen herangezogen. Nach Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen differenziert wurden die Daten auf statistisch nachweisbare Unterschiede untersucht (Abb. 10).

Darin sind die N_{\min} -Ergebnisse nach Flächen mit und ohne Maßnahme gruppiert. Schwarze Linien stellen die Bereiche zwischen den oberen bzw. unteren Quartilen dar, die Quadrate die Mediane von Flächen ohne (blau) bzw. mit (rot) Maßnahmen. Die Differenz der Mediane in jeder Gruppe wird als mittlere Maßnahmenwirksamkeit interpretiert. Beispielsweise kann für die Maßnahme „Zwischenfrucht/Untersaat“, für die 3282 Herbst- N_{\min} -Proben einbezogen wurden, eine mittlere Wirksamkeit von etwa $30 \text{ kg/ha} \cdot \text{a}^{-1}$ angenommen werden (Schmidt & Osterburg 2010).

In einem weiteren Schritt wurden dann die von den Experten geschätzten Wirksamkeiten auf den Herbst- N_{\min} -Gehalt mit den gemessenen Herbst- N_{\min} -Gehalten verglichen und die Aussagen zur Wirksamkeit konkretisiert.

Weitere Überarbeitungen erfuh der FAL-Katalog von 2007 für die AGRUM-Projekte sowie für den bundesweiten Einsatz im Modell MoRE (Modelling of Regionalized Emissions; zur Nähr- und Schadstoffbilanzierung in Flussgebietseinheiten). Jedoch muss festgehalten werden, dass auch in diesen Katalogen über die quantitative Wirksamkeit von Maßnahmen zur Minderung der Phosphoreinträge aus landwirtschaftlichen Quellen kaum Ergebnisse in Form belastbarer Quantifizierungen vorliegen. Außerdem zeigten die Ergebnisse entsprechender Abfragen, dass häufig die Wirksamkeiten gleicher Maßnahmen in den verschiedenen Bundesländern auch in Abhängigkeit von den oft sehr verschiedenen regional- bzw. standort-spezifischen Gegebenheiten teilweise sehr unterschiedlich bewertet werden.

Für die Harmonisierung von Aussagen zu mittleren Maßnahmenwirksamkeiten sind statistisch basierte Wirkungsanalysen grundsätzlich als sehr geeignet anzusehen. Derartige massenstatistische Auswerteverfahren sind auch für weitere Indikatoren möglich als für die oben benannten Auswertungen von N_{\min} -Beprobungen. Geeignete Daten für eine systematische Evaluierung liegen in Behörden oder anderen Institutionen vor. Allerdings berichten die evaluierenden Institutionen von einer stark eingeschränkten Zugänglichkeit dieser Daten und führen dies als wesentlichen Hinderungsgrund für die Fortschreibung und Erweiterung der Maßnahmenkataloge an. Bei der Auswertung von Monitoringdaten sollte zukünftig geprüft werden, ob Maßnahmenwirksamkeiten für Naturräume ausgewiesen werden können.

Unter Hinzunahme der genannten Kataloge hat die LAWA-KG die in Tabelle 1 aufgelisteten Maßnahmen bzw. -kategorien als die am wirksamsten und wichtigsten identifiziert, die bei der Ermittlung des Reduktionspotenzials mindestens zu berücksichtigen sind.

Tab. 1: Mindestens zu berücksichtigende flächenhafte AUKM und deren vorrangige Wirkung auf die Minderung von N- und P-Austrägen.

Maßnahme bzw. Maßnahmenkategorie	Wirkung vorrangig für
Umwandlung Acker in Grünland	N, bedingt für P
Zwischenfruchtanbau	N, P
Grünlandextensivierung	N, bedingt für P
Waldbildung	N, bedingt für P
Konservierende Bodenbearbeitung	P, bedingt für N
Gewässerrandstreifen	P, bedingt für N

Regionale Aspekte, weitere Maßnahmen

Grundsätzlich gilt es zu berücksichtigen, dass Maßnahmen regional unterschiedlich bedeutsam sind. Bundesweit ist eine pflanzenbedarfsgerechte Düngeplanung gemäß Düngebedarfsermittlung nach novellierter Düngeverordnung unter Berücksichtigung emissionsmindernder Maßnahmen bei der Ausbringung von Düngemitteln am wirksamsten. In reliefreicheren Gebieten (z.B. Mittelgebirge und Hügelland) sind zudem Maßnahmen zur Eindämmung

der Erosion und im norddeutschen Flachland darüber hinaus Maßnahmen etwa zum Niederrungs-Management besonders wirksam, um Nährstoffeinträge in Grund- und Oberflächen-gewässer zu vermindern. Hier ist darauf hinzuweisen, dass Deutschland verbindliche GLÖZ-Standards (Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand) bei der Mindestanforderung an die Bodenbedeckung, im Bereich des Erosionsschutzes und zum Erhalt der organischen Substanz erlassen hat.

Im norddeutschen Tiefland können weiterhin Maßnahmen, die über die „klassischen“ AUKM hinausreichen, wie Dränmanagement oder Dränteiche, bedeutsam sein (Holsten et al. 2012). Häufig fehlen aber nationale Studien zur Maßnahmenwirksamkeit.

Die **landwirtschaftliche Beratung** stellt eine Maßnahme dar, die je nach Ausgangslage im beratenden Betrieb sehr wirksam bezüglich der Minderung von N- und P-Einträgen sein kann. Sie enthält ein ganzes Bündel einzelner Beratungsinstrumente (z.B. Düngeplanung, vegetationsbegleitende Nährstoffuntersuchungen u.v.m.) und wird als unverzichtbar angesehen. Aufgrund der Vielfalt der Instrumente, deren individuellen Zusammenstellungen und der starken Variabilität bezüglich der Inanspruchnahme der Beratung durch Betriebsleiter, ist es jedoch derzeit nicht möglich, eine pauschale Wirksamkeit anzugeben. Während die Wirksamkeit bei intensiv beratenen Betrieben z.T. gut belegbar ist, fehlen v.a. Aussagen für die flächenhaften Effekte der Beratung (z.B. Betriebe, die nur per Rundschreiben erreicht werden). Hier sind weitere Untersuchungen erforderlich, um die Wirksamkeit ggf. differenziert nach dem Grad der Beratungsintensität genauer abschätzen zu können.

Die LAWA-KG empfiehlt eine Fortschreibung der Kataloge und dabei

- grundsätzlich eine Verbesserung des Zugangs zu vorhandenen Daten für die die Maßnahmenwirksamkeit evaluierenden Institutionen,
- insbesondere die Konkretisierung von Wirkungsindikatoren bezogen auf den Nährstoff Phosphor,
- das Verbessern der Kenntnisse über Maßnahmenwirkungen auf N und P durch (nach Möglichkeit auf Bundesebene abgestimmten) Monitoringverfahren und die Aufnahme weiterer, bisher nicht enthaltener Maßnahmen.

4.3 Abschätzung der Maßnahmenwirksamkeit auf großräumiger Ebene

Die Abschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen für größere Räume, wie Gemeinden, Landkreise oder Flussgebietseinheiten, kann auf unterschiedlichen Wegen erfolgen. Bei der einfachsten Herangehensweise wird die Gesamtgröße der Fläche, auf der eine Maßnahme umgesetzt wird, mit der Wirksamkeit multipliziert. Die Gesamtreduktion ergibt sich nach der einfachen Formel: Reduktion = Wirksamkeit * Maßnahmenfläche

Bsp. Zwischenfrucht in Gemeinde X:	20 kg/ha * 500 ha =	10.000 kg
Bsp. Grünlandextensivierung in Gemeinde X:	30 kg/ha * 250 ha =	7.500 kg
<u>Gesamtreduktion in Gemeinde X:</u>		<u>17,5 t</u>

Wie bereits in Kapitel 3 dargelegt, wird empfohlen, zentral nach einer bundesweit einheitlichen Methode erstellte Nährstoffbilanzsalden als Wirkungsindikatoren einzusetzen. Die Grundlagen hierfür sind im Kapitel 3 „Nährstoffbilanzen, Bilanzierung“ beschrieben. Darin müssen zudem die zu erwartenden Auswirkungen der novellierten Düngeverordnung auf die

Stickstoff- und Phosphorüberschüsse berücksichtigt werden (s. Empfehlung für eine Studie zur Abschätzung der Wirkung der novellierten DüV).

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Nährstoffbilanzsalden die Emissionsseite abbilden, die WRRL jedoch den guten Zustand/Potenzial von Gewässern auf der Immissionsseite definiert und entsprechende Zielgrößen als Konzentrationen angegeben sind (mg/l). Sowohl Aussagen zum Reduktionserfordernis als auch zur Wirkung umgesetzter Maßnahmen müssen daher aus immissionsseitiger Sicht ermittelt werden. Da die Nährstoffe im System Boden-Grundwasser-Oberflächengewässer komplexen zeitlich-räumlich variablen Retentions- bzw. Freisetzungsprozessen unterliegen, bildet die Änderung der Bilanzsalden (also eine Reduktion der Nährstoffüberschüsse) nicht zugleich direkt die Änderung auf der Immissionsseite in den Gewässern ab.

Mit Stoffeintragsmodellen ist es möglich, verlässlich die Größenordnungen der zum Erreichen der Ziele der WRRL erforderlichen Reduktionserfordernisse zu ermitteln. Ausgehend von einer gegebenen, immissionsseitig ermittelten Belastung (Defizitanalyse) können die Reduktionserfordernisse z.B. in maximal tolerierbare Bilanzsalden umgerechnet und so direkt als Zielgröße für die emissionsseitigen Wirkungsindikatoren angegeben werden. Zudem kann mit Modellen auch die Dauer bis zum erwarteten Eintritt der immissionsseitigen Wirkung in den Gewässern abgeschätzt werden.

Die LAWA-KG empfiehlt daher eine bundesweit einheitliche Stoffeintragsmodellierung unter Einsatz hydro-ökologischer Modelle mit Fokussierung auf die notwendigen Fragestellungen aus bundesweiter bzw. überregionaler Sicht. Als wesentlicher Eingangsdatensatz sind methodisch einheitlich ermittelte Nährstoffbilanzsalden von der Landwirtschaft auf der Ebene von Bund, Ländern und Flussgebietseinheiten erforderlich.

4.4 Empfehlungen

Die LAWA-KG empfiehlt, als Indikator zur Abschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen vorrangig regionalisierte Nährstoffbilanzsalden zu verwenden.

Hinsichtlich des Nährstoffs N sieht die LAWA-KG regionalisierte Nährstoffbilanzsalden auf der Grundlage von Agrarstatistiken als besonders geeignet an, um den flächenhaften Belastungsdruck hinsichtlich des potenziellen Stickstoffeintrags zu charakterisieren. Zudem eignen sie sich dazu, Minderungsbedarfe bzw. -potenziale zu quantifizieren und die Wirksamkeit von Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen in ihrer Gesamtheit abzubilden.

Hinsichtlich des Nährstoffs P wird - im Zusammenhang mit dessen Eintrag aus Düngung bzw. Versorgungszustand der Böden - mit Blick auf eine langfristige Wirksamkeit ebenfalls die Verwendung von Bilanzsalden empfohlen. Es sind jedoch weitere Indikatoren erforderlich, die die Wirksamkeit entsprechender Maßnahmen auch in Bezug auf kurze Zeiträume nach der Umsetzung abbilden können (z.B. P-Gehalte im Oberboden, Wirkungsgrade von Maßnahmen etc.).

Die LAWA-KG empfiehlt, in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftsverwaltung in einer bundesweit angelegten Studie die komplexe Wirkung der novellierten Düngeverordnung (DüV) auf die landwirtschaftlichen Stickstoff- und Phosphorbilanzüberschüsse abzuschätzen.

Diese Studie wird von Bund, Ländern und Flussgebietseinheiten als Grundlage für eine weitergehende Modellierung mit hydro-ökologischen Modellen benötigt.

Die LAWA-KG empfiehlt, bestehende Wissenslücken zu AUKM und weiteren Maßnahmen zu schließen sowie die bestehenden Maßnahmenkataloge fortzuschreiben. Wichtige Aspekte dabei sind:

- grundsätzlich den Zugang zu vorhandenen Daten für die die Maßnahmenwirksamkeit evaluierenden Institutionen zu verbessern,
- Kenntnisse über Maßnahmenwirkungen auf N und P durch (nach Möglichkeit auf Bundesebene abgestimmten) Monitoringverfahren zu verbessern,
- insbesondere die Konkretisierung von Wirkungsindikatoren bezogen auf den Nährstoff Phosphor,
- die Aufnahme neuer, bisher nicht enthaltener Maßnahmen, darunter auch Maßnahmen, die nicht zu den klassischen AUKM zählen (z.B. Dränmanagement).

Um die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmenumsetzungen auf die Gewässer auch im überregionalen Maßstab besser abzuschätzen zu können, empfiehlt die LAWA-KG eine bundesweit einheitliche Stoffeintragsmodellierung. Dabei sollten bestehende bereits harmonisierte und angewendete Ansätze berücksichtigt werden.

Harmonisierte Aussagen zu Maßnahmenwirkungen und Reduktionserfordernis auf regionaler bzw. großräumiger Ebene (z.B. Flussgebietseinheit, Bundesland, Bundesgebiet) erfordern eine einheitliche Modellierung mit einem ausreichend kalibrierten Modell. Dringend zu berücksichtigen sind hierbei einheitlich ermittelte landwirtschaftliche regionalisierte Nährstoffbilanzsalden, welche die erwarteten Auswirkungen aus der erfolgten Novellierung der DüV mit beinhalten und die Bund, Ländern und Flussgebietseinheiten zur Verfügung zu stellen sind.

5 Zusammenfassung

Auf der 151. LAWA Vollversammlung wurde beschlossen, die Bearbeitung der Themen (I) Harmonisierung der Methodik der Defizitanalyse, (II) Nährstoffbilanzen, Bilanzierung und (III) Wirksamkeit von landwirtschaftlichen Maßnahmen ins LAWA Arbeitsprogramm aufzunehmen. Nachfolgend werden die Empfehlungen der LAWA-Kleingruppe Nährstoffreduktion für eine harmonisierte Vorgehensweise zum Nährstoffmanagement zusammengefasst.

Harmonisierung der Methodik der Defizitanalyse

Erhöhte Nährstoffeinträge gehören in vielen Flussgebietseinheiten zu den wichtigen Fragen der Gewässerbewirtschaftung, da diese die Gewässer belasten und die Zielerreichung der WRRL und der MSRL behindern. Für die Aufstellung der Bewirtschaftungspläne für den dritten Zyklus wird empfohlen, für jede Flussgebietseinheit - soweit erforderlich - eine Defizitanalyse aufzustellen, in dem der Handlungsbedarf zur Reduzierung der Stickstoff- und Phosphoreinträge getrennt für die einzelnen Gewässerkategorien ermittelt wird.

Für eine zielorientierte Planung von Maßnahmen zur Erreichung des guten ökologischen Zustands oder Potenzials in Wasserkörpern der Oberflächengewässern und des guten chemischen Zustands im Grundwasser muss in einer Flussgebietseinheit für jede Gewässerkategorie der Minderungsbedarf entweder für Stickstoff (Grundwasser, Küstengewässer) oder Phosphor (Fließgewässer, Seen) bekannt sein.

Zur Ermittlung des jeweiligen Minderungsbedarfs werden für Fließgewässer, Küstengewässer und das Grundwasser Berechnungsmethoden zur Anwendung für den dritten Bewirtschaftungszeitraum empfohlen. Dabei wird bei den Oberflächengewässern der Minderungsbedarf anhand von Monitoringdaten zu Konzentrationen und Abfluss bestimmt. Für das Grundwasser ist in den meisten Fällen eine Auswertung von Modellierungsergebnissen in Kombination mit Monitoringdaten erforderlich. Bei Seen ist in der Regel eine Einzelfallbetrachtung notwendig. Hier wird eine Vorgehensweise vorgeschlagen, mit der der Minderungsbedarf an Phosphoreinträgen für einzelne Seen bestimmt werden kann.

Um den Nährstoffminderungsbedarf einer Flussgebietseinheit zu quantifizieren, werden vier neu zu etablierende Belastungsindikatoren zur Anwendung für den dritten Bewirtschaftungszeitraum vorgeschlagen.

Nährstoffbilanzen, Bilanzierung

Die bisherige Verwendung unterschiedlicher Bilanzierungsansätze für die Ermittlung von regionalisierten Nährstoffüberschüssen - wie zum Beispiel in den Nitratberichten der Bundesregierung oder den Analysen im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung nach WRRL - führt zu unterschiedlichen Aussagen.

Daher wird von der Kleingruppe ein bundesweit einheitlicher Ansatz dringend angeraten, der auch zwischen den Ressorts Umwelt und Landwirtschaft auf Bundes- und Länderebene abgestimmt werden sollte. Grundsätzlich sollten die Nährstoffbilanzanalysen gemeinsam mit der Landwirtschaft erstellt und auf Basis der von der Landwirtschaft ermittelten Statistiken beruhen. Weiterhin sollte eine einheitliche Methodik für die verschiedenen Berichtspflichten gegenüber der Europäischen Kommission (WRRL, Nitratrichtlinie usw.) herangezogen werden.

Für diesen bundesweit einheitlichen Ansatz müssen die bei der Bilanzierung verwendeten Aktivitätsdaten, Koeffizienten und Berechnungsvorschriften (z.B. für die Berechnung des Mineraldüngereinsatzes und des Gärresteanfalls) nachvollziehbar beschrieben werden und für den verwendeten Ansatz muss eine umfassende Methodendokumentation vorliegen. Die Wasserwirtschaft empfiehlt, dass vollständige Stickstoff- und Phosphorbilanzen auf Kreis- und Gemeindeebene von der Landwirtschaftsverwaltung zur Verfügung gestellt werden, um so gemeinsam den Handlungsbedarf bei der Umsetzung der Nitrat- und Wasserrahmenrichtlinie zu ermitteln.

Der bundesweite landwirtschaftliche Bilanzierungsansatz sollte für die seitens der Wasserwirtschaft erforderlichen Fragestellungen prognose- und szenariofähig sein und alle politischen und ökonomischen Veränderungen im Bereich der Landwirtschaft abbilden und berücksichtigen können. Der angestrebte bundesweite Ansatz ersetzt nicht die für regionale Fragestellungen angewendeten Ländermethoden. Es sollte jedoch eine Abstimmung der Datenbasis erfolgen, um die Vergleichbarkeit der Berechnungsergebnisse zu gewährleisten (Skalenabhängigkeit).

Bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft notwendig. Deshalb ist es erforderlich, dass die Landwirtschaftsverwaltung auf Kreis- oder Gemeindeebene Angaben zu den Stickstoff- und Phosphorüberschüssen turnusmäßig als Eingangsdaten für eine weitergehende Modellierung zur Verfügung stellt. Neben diesen Daten werden Angaben zur Wirkung der novellierten Düngeverordnung auf die Minderung der Stickstoffüberschüsse auf Kreis- und Gemeindeebene benötigt.

Die für weitere Zwecke wie z. B. die regionale Maßnahmenplanung verwendeten Berechnungsmethoden sollten sich durch Plausibilitätsprüfungen in die überregionalen Ergebnisse einpassen.

Wirksamkeit von landwirtschaftlichen Maßnahmen

Die LAWA-KG empfiehlt, als Indikator zur Abschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen vorrangig regionalisierte Nährstoffbilanzsalden zu verwenden.

Hinsichtlich des Nährstoffs N sieht die LAWA-KG regionalisierte Nährstoffbilanzsalden auf der Grundlage von Agrarstatistiken als besonders geeignet an, um den flächenhaften Belastungsdruck hinsichtlich des potenziellen Stickstoffeintrags zu charakterisieren. Zudem eignen sie sich dazu, Minderungsbedarfe bzw. -potenziale zu quantifizieren und die Wirksamkeit von Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen in ihrer Gesamtheit abzubilden.

Hinsichtlich des Nährstoffs P wird - im Zusammenhang mit dessen Eintrag aus Düngung bzw. Versorgungszustand der Böden - mit Blick auf eine langfristige Wirksamkeit ebenfalls die Verwendung von Bilanzsalden empfohlen. Es sind jedoch weitere Indikatoren erforderlich, die die Wirksamkeit entsprechender Maßnahmen auch in Bezug auf kurze Zeiträume nach der Umsetzung abbilden können (z.B. P-Gehalte im Oberboden, Wirkungsgrade von Maßnahmen etc.).

Die LAWA-KG empfiehlt, in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftsverwaltung in einer bundesweit angelegten Studie die komplexe Wirkung der novellierten Düngeverordnung (DüV) auf die landwirtschaftlichen Stickstoff- und Phosphorbilanzüberschüsse abzuschätzen.

Diese Studie wird von Bund, Ländern und Flussgebietseinheiten als Grundlage für eine weitergehende Modellierung mit hydro-ökologischen Modellen benötigt.

Die LAWA-KG empfiehlt, bestehende Wissenslücken zu AUKM und weiteren Maßnahmen zu schließen sowie die bestehenden Maßnahmenkataloge fortzuschreiben. Wichtige Aspekte dabei sind:

grundsätzlich den Zugang zu vorhandenen Daten für die die Maßnahmenwirksamkeit evaluierenden Institutionen zu verbessern,

Kenntnisse über Maßnahmenwirkungen auf N und P durch (nach Möglichkeit auf Bundesebene abgestimmten) Monitoringverfahren zu verbessern,

insbesondere die Konkretisierung von Wirkungsindikatoren bezogen auf den Nährstoff Phosphor,

die Aufnahme neuer, bisher nicht enthaltener Maßnahmen, darunter auch Maßnahmen, die nicht zu den klassischen AUKM zählen (z.B. Dränmanagement).

Um die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahnumsetzungen auf die Gewässer auch im überregionalen Maßstab besser abzuschätzen zu können, empfiehlt die LAWA-KG eine bundesweit einheitliche Stoffeintragsmodellierung. Dabei sollten bestehende bereits harmonisierte und angewendete Ansätze berücksichtigt werden.

Harmonisierte Aussagen zu Maßnahmenwirkungen und Reduktionserfordernis auf regionaler bzw. großräumiger Ebene (z.B. Flussgebietseinheit, Bundesland, Bundesgebiet) erfordern eine einheitliche Modellierung mit einem ausreichend kalibrierten Modell. Dringend zu berücksichtigen sind hierbei einheitlich ermittelte landwirtschaftliche regionalisierte Nährstoffbilanzsalden, welche die erwarteten Auswirkungen aus der erfolgten Novellierung der DüV mit beinhalten und die Bund, Ländern und Flussgebietseinheiten zur Verfügung zu stellen sind.

Weitergehende Empfehlungen

Die LAWA-Kleingruppe Nährstoffreduktion hat bei der Bearbeitung der Produktdatenblätter festgestellt, dass eine Harmonisierung der in Deutschland verwendeten Ansätze zur Bestimmung des Nährstoffminderungsbedarfs, der regionalisierten Nährstoffbilanzierung und der Modellierung der Nährstoffeinträge nur schwer möglich ist, da sowohl Länder als auch die Institutionen des Bundes ihre verwendeten Methoden und Ansätze weiter nutzen wollen. Die Kleingruppe hat festgestellt, dass für eine problemorientierte Betrachtung der Nährstoffflüsse im Hinblick auf die Zielerreichung im Grundwasser sowie in Fließgewässern und den Meeren eine einheitliche Methode verwendet werden muss. Gleichzeitig besteht im Hinblick auf die Erstellung der nächsten Aktualisierung der Bewirtschaftungspläne nach WRRL sowie das Vertragsverletzungsverfahren zur Umsetzung der EG-Nitratrichtlinie und das Pilotverfahren zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie ein hoher Zeitdruck, ein solches Modellpaket anzuwenden. Insbesondere ist es erforderlich die forschungsorientierten Arbeiten des Umweltbundesamtes zukünftig inhaltlich (wieder) stärker an den Anforderungen und deren Bearbeitung an den Zeit- und Aufgabenplänen der Richtlinien auszurichten. Bei der Bearbeitung sind die fachlichen Anforderungen der LAWA zu berücksichtigen. Nur so kann Doppelarbeit bei diesem strategisch wichtigen Thema vermieden werden.

Vor diesem Hintergrund erscheint es notwendig, die Aktivitäten in Deutschland zu diesem Themenbereich zu bündeln. Um dies zu erreichen, wird vorgeschlagen, dass die LAWA die beteiligten Institutionen aus Umwelt- und Landwirtschaftsverwaltung des Bundes und der Länder im Herbst 2017 zu einem Gespräch einlädt, um die zukünftigen Bearbeitungsschritte festzulegen. Dabei ist auch zu vereinbaren, wie die geplanten Aufträge des Umweltbundesamtes diese Strategie unterstützen können.

6 Literatur

- Bach, M., Frede, H.-G., Lang, G. (1997) Entwicklung der Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Bilanz der Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Studie der Gesellschaft für Boden- und Gewässerschutz e. V., Wettenberg.
- Bach, M., Grimm, M. & Frede, H-G. (2003): Berechnung von Stickstoff-Flächenbilanzen für Gemeinden - Beispiel Hessen. Wasser Boden 55: 120-126.
- Bach, M., Godlinski, F. u. J.-M., Greef (2011): Handbuch Berechnung der Stickstoff-Bilanz für die Landwirtschaft in Deutschland Jahre 1990 – 2008. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut, Nr. 159 (2015 aktualisiert).
- Bach, M. Hillebrecht, B., Hunsager, E.A. u. Stein, M. (2014): Berechnung von Stickstoff-Flächenbilanzen für die Bundesländer – Jahre 2003 bis 2011. Methodenbeschreibung zum Indikator der Bilanzierungen. Notwendigkeit harmonisierter Ansätze. Vortrag im Rahmen des Bund-Länder-Initiative Kernindikatoren (LIKI). 2. Überarbeitete Fassung (ohne Berücksichtigung von Biogas).
- Bach, M. (2015). Stickstoff-Bilanzierungen. Notwendigkeit harmonisierter Ansätze. Vortrag im Rahmen des Bund-Länder-Fachgesprächs Stickstoffbilanzierung (FGNB) am 05.05.2015 in Stuttgart.
- Baumgärtel, G., Breitschuh, G., Ebertseder, T., Eckert, H., Gutser, R., Hege, U., Herold, L., Wiesler, F. u. Zorn, W. (2007): Standpunkt. Nährstoffbilanzierung im landwirtschaftlichen Betrieb. Speyer.
- 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.
- BIOTA (2013): Regionalisierte Flächenbilanzen für Stickstoff und Phosphor auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in Mecklenburg-Vorpommern. – biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg Vorpommern, 196 S. http://www.wrrl-mv.de//doku/hintergrund/endbericht_n-p-bilanz_auf_lawi-nf_mv_2013.pdf
- BMUB (2017): Erlass zum Beschluss der 151. LAWA-Vollversammlung zu Landwirtschaft und Gewässerschutz vom 28.02.2017 – Aufzeigen von weiteren Maßnahmen zur Reduktion der Nährstoffeinträge in Gewässer. AZ: WR I 3 – 40038-1/1; Stand: 19.05.2017
- Dolman, A.M., Mischke, U. & Wiedner, C. (2016): Lake- type specific seasonal patterns of nutrient limitation in north German lakes and target nitrogen and phosphorus concentrations for a good ecological status. *Freshwater Biology* 61: 444- 456.
- FGG Weser (2015). Methodik des Nährstoffmanagements in der Flussgebietseinheit Weser - Der Modellverbund AGRUM Weser -, Schriftenreihe Heft 24.

- FGNB (2015): Abgleich der N-Bilanzen von Bund und Ländern (Bilanzmatrix). – FGNB – Bund-Länder Fachgespräch N-Bilanz. <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/243259/>
- Gebel, M., Bürger, S., Halbfaß, S. & Uhlig, G. M. (2012): Modellerläuterung STOFFBILANZ, Stand: 05.11.2012; Herausgeber: Gesellschaft für Angewandte Landschaftsforschung (GALF bR), 63 S.
- Gebel M., Bürger S., Halbfaß S., Uhlig M. (2016): Modellgestützte Ermittlung der Nährstoffinträge in sächsische Gewässer – Status quo und Ausblick bis 2027. Herausgeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 102 S.
- Gilbert, R. O. (1987): Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. New York.
- Grüneberg, B., Dadi, T., Lindim, C. & Fischer, H. (2014): Effects of nitrogen and phosphorus load reduction on benthic phosphorus release in a riverine lake. *Biogeochemistry* 123: 185-202.
- Heidecke, C., Wagner, A. & Kreins, P. (2012): Entwicklung eines Instrumentes für ein landesweites Nährstoffmanagement in Schleswig-Holstein. Arbeitsberichte aus der TI-Agrarökonomie 08/2012, Braunschweig, 46 S..
- Heidecke, C., Hirt, U., Kreins, P., Kuhr, P., Kunkel, R., Schott, M., et al. (2015): Endbericht zum Forschungsprojekt "Entwicklung eines Instrumentes für ein flussgebietsweites Nährstoffmanagement in der Flussgebietseinheit Weser" AGRUM+ Weser. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 380 S. Thünen Rep 21.
- Hilton, J., O'Hare, M., Bowes, M.J. & Jones, J.I. (2006): How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. *Sci Total Environ.* 365: 66-83.
- Holsten, B., Ochsner, S., Schäfer, A. & Trepel, M. (2012): Praxisleitfaden für Maßnahmen zur Reduzierung von Nährstoffausträgen aus dränierten landwirtschaftlichen Flächen. CAU Kiel, 99 S.
- Holsten, B., Pfannerstill, M. & Trepel, M. (2016): Phosphor in der Landschaft – Management eines begrenzt verfügbaren Nährstoffs. CAU Kiel, 52 S.
- Klages, S., Osterburg, B. & Hansen, H. (2017): Betriebliche Stoffstrombilanzen für Stickstoff und Phosphor - Berechnung und Bewertung. TI Braunschweig, 83 S. + Anhang.
- Kreins, P., Behrendt, H., Gömann, H., Heidecke, C., Hirt, U., Kunkel, R., Seidel, K., Tetzlaff, B., & Wendland, F. (2010): Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie in der Flussgebietseinheit Weser. Braunschweig: vTI, 342 p, Landbauforsch SH 336
- Kunkel, R., Kape, H.-E., Keller, K., Koch, F., Tetzlaff, B. & Wendland, F. (2016): Szenarien für die Reduzierung von Stickstoffeinträgen zum Erreichen der Grundwasser- und Meeresschutzziele in Mecklenburg-Vorpommern. In: *Hydrologie und Wasserwirtschaft Heft 2* 2016. 16 S.

- LAWA (2003): Ermittlung von Stoff-Frachten in Fließgewässern: Probenahmestrategien und Berechnungsverfahren. Hannover, 76 S.
- LAWA (2017): Empfehlung zur Übertragung flussbürtiger, meeresökologischer Reduzierungsziele ins Binnenland. Stand März 2017. LAWA, 17 S.
- MELUR (2016): Infobrief zur EG-Wasserrahmenrichtlinie. Kiel, 16 S..
- NLWKN (Hrsg.) (2010): WAgriCo2 - Gewässerbewirtschaftung in Kooperation mit der Landwirtschaft in niedersächsischen Pilotgebieten – Projektbericht.
- Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B. & P. Witt-Altfelder (2007): FAL Sonderheft 307, Teil I: Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. In: Osterburg, B. & T. Runge (Hrsg.) (2007).
- Osterburg, B. & T. Runge (Hrsg.) (2007): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer - eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. FAL Sonderheft 307.
- Psenner, R. von, R. Pucsko & Sager, M. (1984): Die Fraktionierung organischer und anorganischer Phosphorverbindungen von Sedimenten – Versuch einer Definition ökologisch wichtiger Fraktionen. Arch. Hydrobiol. Suppl 70: 111-155.
- Schmidt, T. & Osterburg, B. (2010): Wirkung von Wasserschutzmaßnahmen auf den mineralischen Stickstoffgehalt von Böden. Ergebnisse der Arbeiten im vTI zum Projekt WAgriCo2. In: NLWKN (Hrsg.) (2010).
- Schoumans, O.F., Chardon, W.J., Bechmann, M., Gascuel-Oudou, C., Hofman, G., Kronvang, B., Rubaek, G.H., Ulen, B. & Dorioz, J.M. (2014) Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: a review. Science of the Total Environment 468-469: 1255-1266.
- Tetzlaff, B., Keller, L., Kuhr, P., Kreins, P., Kunkel, R. & Wendland, F. (2017): Endbericht zum Forschungsprojekt Räumlich differenzierte Quantifizierung der Nährstoffeinträge ins Grundwasser und in die Oberflächengewässer Schleswig-Holsteins unter Anwendung der Modellkombination RAUMIS-GROWA-WEKU-MEPhos. Jülich, 238 S..
- Vollenweider, R. A. (1968): Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Phosphorus and Nitrogen as Factors in Eutrophication, OECD Technical Report DAS/CS1/68.27, 159 p.
- 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.

Anlage 1

Abgleich der N-Bilanzen von Bund und Ländern (Bilanzmatrix)

Autor Bund-Länder Fachgespräch N-Bilanz (FGNB)

Status 1. ENTWURF - Fortschreibung und Erläuterung ab März 2016 geplant

Bezug <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/243259/>
dort Datei: Bilanzmatrix

Stand Juni 2015, Internetausgabe September 2015

Inhaltsverzeichnis

Blatt-Nr	Titel (hier kurz)
Blatt 01	Liste der Bilanzen von Bund und Ländern (Bilanzliste)
Blatt 02	Erläuterungen allgemein
Blatt 03	Erläuterung der Bilanztypen
Blatt 04	Bilanzmatrix

Kontakt

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

Griesbachstraße 1

76185 Karlsruhe

Telefon: 0721/5600-0

stickstoff@lubw.bwl.de