

1. Monitoringbericht zur Wirkung der Düngeverordnung auf das Grundwasser und die Oberflächengewässer

Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien
für Ernährung und Landwirtschaft
sowie
für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

August 2021

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	1
1.1 Struktur des Monitoringsystems	1
1.2 Aktuelle Ergebnisse	3
1.2.1 Erste Monitoringebene: Emissionen	4
1.2.2 Zweite Monitoringebene: Immissionen	6
1.2.3 Dritte Monitoringebene: Teilbereich Modellierung	8
1.2.4 Dritte Monitoringebene: Teilbereich Modellregionen (JKI)	9
2 Anlass und Aktivitäten seit 2019	10
3 Struktur des Monitoringsystems	11
3.1 Organisationsstruktur	12
3.2 Anwendungsablauf / Zeitplanung	15
3.3 Aufbau der Datengrundlage	18
3.4 Monitoringbericht	21
3.5 Einordnung des 1. Monitoringberichts	26
4 Erste Monitoringebene: Emissionen	27
4.1 Aktuelle Ergebnisse zu landwirtschaftlichen Emissionsindikatoren	27
4.1.1 Entwicklung des Mineraldüngerabsatzes	28
4.1.2 Entwicklung des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern	29
4.1.3 Viehbestände	29
4.1.4 Biogaserzeugung	31
4.1.5 Importe von Wirtschaftsdüngern aus Nachbarländern	32
4.1.6 Entwicklung des Einsatzes sonstiger Düngemittel	32
4.1.7 Ökologischer Landbau	33
4.2 Zukünftig erwartete Ergebnisse	34
5 Zweite Monitoringebene: Immissionen	36
5.1 Kulissen und Maßnahmen	36
5.2 Grundwasser	49
5.3 Fließgewässer und Seen	54
6 Dritte Monitoringebene: Teilbereich Modellierung der regionalen Nährstoffsituation (AGRUM-DE)	58
6.1 Modellverbund (Kurzdarstellung)	58

6.2	Landwirtschaftliche Modellierung (RAUMIS)	59
6.3	Diffuse Stickstoffeinträge (mGROWA-DENUZ-WEKU)	65
6.3.1	Simulation der diffusen N-Einträge ins Grundwasser und die Oberflächengewässer (DENUZ-WEKU)	68
6.3.2	Simulation der diffusen Phosphoreinträge in die Oberflächengewässer (MEPhos-Modell)	72
6.3.3	Modellierung der Nitrataustragsgefährdung	74
6.4	Einträge aus urbanen Systemen sowie aus Punktquellen (MONERIS)	75
6.4.1	N- und P-Einträge aus urbanen Systemen sowie aus Punktquellen	75
6.4.2	Berechnung der gesamten Einträge aus diffusen Quellen und urbanen Systemen	79
6.4.3	Gewässerinterne Retention und Frachten (MONERIS)	81
7	Dritte Monitoringebene: Teilbereich Modellregionen (JKI)	84
7.1	Methodik	84
7.2	Zu erwartende Ergebnisse	87
7.3	Modellregion „Vorlandmolasse Aichach“	87
7.3.1	Bodenkundlich geo-hydrologische Voraussetzungen	87
7.3.2	Klima	88
7.3.3	Betriebsstrukturen	89
7.3.4	Exemplarische Ergebnisse des Früh-Indikatoren-Messprogramms	91

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1-1:	Düngemiteinsatz in Deutschland, gleitendes Mittel (drei Jahre). Quelle: Stat. Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 8.2, Düngemittelversorgung	4
Abbildung 1-2:	Sektoraler Viehbesatz (links, dreijähriges Mittel, extrapoliert) und Rinderbestände (rechts) seit 2000 in Deutschland. Quellen: Stat. Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.1. Viehbesatzdichte berechnet mit GV-Schlüssel nach EUROSTAT: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics- explained/index.php?title=Glossary:Livestock_unit_(LSU)/de	4
Abbildung 1-3:	Flächenanteile des ökologischen Landbaus in Prozent der LF. Unterschiede in Erhebungsmethodik begründet. Quelle: https://www.umweltbundesamt.de/ daten/land-forstwirtschaft/ oekologischer-landbau#okolandbau-in-deutschland	5
Abbildung 1-4:	Flächenverteilung der LF nach Großvieheinheiten pro Hektar.	6
Abbildung 1-5:	Diffuser N-Austrag aus dem Boden.	8
Abbildung 3-1:	Grundstruktur des Wirkungsmonitorings.	12
Abbildung 3-2:	Organisationsstruktur des Monitoringsystems zur Wirkung der Düngeverordnung auf das Grundwasser und die Oberflächengewässer	14
Abbildung 3-3:	Struktur des Abstimmungsprozesses. Quelle:	16
Abbildung 3-4:	Struktur der Datenflüsse.	19
Abbildung 3-5:	Ablauf des Datenaustauschs.	20
Abbildung 4-1:	Düngemiteinsatz in Deutschland, gleitendes Mittel (drei Jahre). Quelle: Stat. Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 8.2, Düngemittelversorgung	28
Abbildung 4-2:	Sektoraler Viehbesatz (links, dreijähriges Mittel, extrapoliert) und Rinderbestände (rechts) seit 2000 in Deutschland. Quellen: Stat. Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.1. Viehbesatzdichte berechnet mit GV-Schlüssel nach EUROSTAT: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics- explained/index.php?title=Glossary:Livestock_unit_(LSU)/de	30
Abbildung 4-3:	Regionale Viehbesatzdichte für alle Tiere (links) und für Raufutterfresser (rechts). Quelle: AGRUM-DE, Modell RAUMIS, Jahre 2014-2016	31
Abbildung 4-4:	Entwicklung des Biogasanlagenbestandes und der installierten elektrischen Leistung (ohne Überbauung). Quelle: Eigene Darstellung	

	mit Daten des Fachverbands Biogas. Entnommen aus: https://www.biogas.org/edcom/webfwb.nsf/id/de_branchenzahlen	32
Abbildung 4-5:	Verwendung von Kompost (inkl. Klärschlammkompostierung) und Klärschlamm in der Landwirtschaft. Quelle: Stat. Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1. Angenommene Nährstoffgehalte: Klärschlamm 44 kg N/t TM, 66 kg P ₂ O ₅ TM; Kompost: 13 kg N/t TM, 3,9 kg P ₂ O ₅ /t TM; Gärückstände: 10 kg N/t TM, 1,8 kg P ₂ O ₅ /t TM;	33
Abbildung 4-6:	Flächenanteile des ökologischen Landbaus in Prozent der LF. Unterschiede in Erhebungsmethodik begründet. Quelle: https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/oekologischer-landbau#okolandbau-in-deutschland	34
Abbildung 5-1:	Regionale Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete in Deutschland.	36
Abbildung 5-2:	Anteile der mit Nitrat belasteten Gebiete an Acker- und Grünlandflächen. Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021	38
Abbildung 5-3:	Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete in Gemeinden mit einem relevanten Anteil Sonderkulturflächen Klassengrenzen als Quartile der Grundgesamtheit (Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021).	39
Abbildung 5-4:	Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete in Gemeinden mit einem relevanten Anteil Gemüsebau Klassengrenzen als Quartile der Grundgesamtheit. Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021	40
Abbildung 5-5:	Deutschlandweite Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete nach Anteil der GVE/ha auf Gemeindeebene Klassengrenzen als Quantile der Grundgesamtheit. Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021	41
Abbildung 5-6:	Deutschlandweite Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete nach gemeindebezogenen Flächenanteilen von Biogasanlagen (Leistung ja 100/ha) Klassengrenzen als Quartile der Grundgesamtheit. Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021	41
Abbildung 5-7:	Deutschlandweite Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete nach gemeindebezogenen Flächenanteilen für Silomais Klassengrenzen als Quantile der Grundgesamtheit. Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021	42
Abbildung 5-8:	Deutschlandweite Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete nach flächenbezogenen Niederschlagsmengen Klassengrenzen als Quantile der Niederschlagsverteilung für Gesamtdeutschland nach den	

	durchschnittlichen jährlichen Niederschlägen 1980-2010 laut DWD. Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021	43
Abbildung 5-9:	Regionale Verteilung mit eutrophierten Gebieten in Deutschland.	46
Abbildung 5-10:	Beispielhafte Darstellung der Verteilung der Nitratkonzentrationen der Messstellen des EU-Nitratmessnetzes (in mg/l) für das Jahr 2019 in den Klassen des Berichtsleitfadens für die Umsetzung der Nitratrichtlinie.	49
Abbildung 5-11:	Beispielhafte Darstellung der Verteilung der Nitratkonzentrationen der Messstellen des EU-Nitratmessnetzes (in mg/l) für das Jahr 2019 in verschiedenen Konzentrationsklassen.	50
Abbildung 5-12:	Beispielhafte Darstellung der Entwicklung der Nitratkonzentrationen der Messstellen des EU-Nitratmessnetzes (in mg/l) für die Jahre 2017-2019 in den Klassen des Berichtsleitfadens für die Umsetzung der Nitratrichtlinie.	50
Abbildung 5-13:	Beispielhafte Darstellung der Verteilung der Nitratkonzentrationen der Messstellen des EUA-Messnetzes (in mg/l) für das Jahr 2019 in den Klassen des Berichtsleitfadens für die Umsetzung der Nitratrichtlinie.	51
Abbildung 5-14:	Beispielhafte Darstellung der Verteilung der Nitratkonzentrationen der Messstellen des EUA-Messnetzes (in mg/l) für das Jahr 2019 in verschiedenen Konzentrationsklassen.	51
Abbildung 5-15:	Beispielhafte Darstellung der Entwicklung der Nitratkonzentrationen der Messstellen des EUA-Messnetzes (in mg/l) für die Jahre 2017-2019 in den Klassen des Berichtsleitfadens für die Umsetzung der Nitratrichtlinie.	52
Abbildung 6-1:	Nährstoffeintragsquellen und -pfade aus diffusen und punktuellen Quellen sowie aus urbanen Systemen. Quelle: Schmidt et al. 2020	55
Abbildung 6-2:	Ablaufschema im Modellverbund AGRUM. Quelle: eigene Darstellung	56
Abbildung 6-3:	Schematische Darstellung der Nährstoffbilanzierung in RAUMIS. SeRo-Dünger bezeichnet sonstige Düngemittel, bspw. Klärschlamm und Kompost. Quelle: Thünen-Institut für Ländliche Räume.	57
Abbildung 6-4:	Nationaler Stickstoffflächenbilanzüberschuss für Stickstoff nach Berechnungen des JKI. Darstellung ohne atmosphärische Deposition. Quelle: Nitratbericht 2020 https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewaesser/nitratbericht_2016_bf.pdf	58

Abbildung 6-5:	Regionaler aggregierter Stickstoffbedarf (links) und Stickstoffzufuhr aus der Viehhaltung (rechts). Quelle: AGRUM-DE, Modell RAUMIS, Jahre 2014-2016.	58
Abbildung 6-6:	Stickstoffzufuhr aus Gärresten (links) und Stickstoffzufuhr aus sonstigen organischen Düngemitteln (rechts). Quelle: AGRUM-DE, Modell RAUMIS, Jahre 2014-2016.	59
Abbildung 6-7:	Stickstoffzufuhr durch symbiotische N-Fixierung (links) und Stickstoffzufuhr durch Mineraldünger (rechts). Quelle: AGRUM-DE, Modell RAUMIS, Jahre 2014-2016. Quelle: eigenen Berechnungen	60
Abbildung 6-8:	Gesamte Stickstoffzufuhr (links) und Stickstoffabfuhr (rechts). Quelle: AGRUM-DE, Modell RAUMIS, Jahre 2014-2016	61
Abbildung 6-9:	Stickstoff-Flächenbilanzüberschuss (links) und Schnittstellenraster (rechts). Quelle: AGRUM-DE, Modell RAUMIS, Jahre 2014-2016.	62
Abbildung 6-10:	Schematische Darstellung des AGRUM Modellverbundes (RAUMIS – mGROWA – DENUZ – WEKU – MoNERIS) zur Simulation der N-Einträge in die Oberflächengewässer mit Fokus auf die Simulation des diffusen N- Austräge. Quelle: eigene Darstellung	63
Abbildung 6-11:	Exemplarische mGROWA-Modellergebnisse.	65
Abbildung 6-12:	Exemplarische DENUZ-WEKU-Modellergebnisse (weiß = keine Austräge).	68
Abbildung 6-13:	Schematische Darstellung der Modellierung des mehrjährigen mittleren P-Eintrags mit MEPhos.	69
Abbildung 6-14:	Exemplarische MEPhos-Modellergebnisse.	70
Abbildung 6-15:	Exemplarisches Ergebnis zur Nitrataustragsgefährdung.	72
Abbildung 6-16:	Exemplarisches Ergebnis zu Stickstoffeinträgen aus der Mischkanalisation (links) und Trennkanalisation (rechts).	76
Abbildung 6-17:	Exemplarisches Ergebnis zu Stickstoffeinträgen aus kommunalen Kläranlagen und industriellen Direkteinleitern.	76
Abbildung 6-18:	Exemplarisches Ergebnis zu Gesamteinträgen aus diffusen Quellen und urbanen Systemen in Oberflächengewässer für Stickstoff (links) und Phosphor (rechts).	77
Abbildung 6-19:	Exemplarische Ergebnisse zur Modellvalidierung mittels dem Vergleich von beobachteter Fracht und modellierter Fracht (links) und dem Vergleich von gemessener und modellierter Konzentration (rechts) für Stickstoff (oben) und Phosphor).	79

Abbildung 6-20:	Exemplarische Ergebnisse zur akkumulativen gewässerinternen Retention von den Einträgen bis zum Randmeer auf Teileinzugsgebietsebene am Beispiel von Stickstoff.	80
Abbildung 7-1:	In den Modellregionen durchgeführtes Messprogramm mit Zuordnung zur vertikalen Bezugsebene.	83
Abbildung 7-2:	Verbreitung der gruppierten Hauptbodentypen nach ÜBK 25 (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2018) und Lage der 144 Testflächen der 12 Modellbetriebe in der Modellregion Aichach.	85
Abbildung 7-3:	Monatliche Temperatur- und Niederschlagsverteilung in der Modellregion Aichach für den Zeitraum 2017 bis März 2021 und das langjährige Mittel (LJM) für 1981-2010.	86
Abbildung 7-4:	Betriebsgröße, durchschnittliche Testschlaggröße sowie der Anteil der durch das Messprogramm erfassten Fläche an der Gesamtbetriebsfläche in der Modellregion Aichach.	87
Abbildung 7-5:	Anteile der bedeutendsten Feldfrüchte in der Modellregion Aichach an der Gesamtanbaufläche (alle Testflächen) für den Zeitraum von 2014-2020.	87
Abbildung 7-6:	Ergebnisse der Indikatoren des Messprogramms in der Modellregion Aichach.	89
Abbildung 7-7:	Fruchtartspezifische Ergebnisse der Indikatoren des Messprogramms für Winterweizen in der Modellregion Aichach.	90
Abbildung 7-8:	Fruchtartspezifische Ergebnisse der Indikatoren des Messprogramms für Kartoffeln in der Modellregion Aichach.	91
Abbildung 7-9:	Fruchtartspezifische Ergebnisse der Indikatoren des Messprogramms für Mais in der Modellregion Aichach.	92

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Übersicht der Maßnahmen zur Minderung landwirtschaftlicher Phosphoreinträge nach §13a Düngeverordnung. Der Anteil bezieht sich auf die bundesweite Landwirtschaftsfläche (Stand: 26. Januar 2021).	47
------------	--	----

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Vertragsverletzungsverfahrens zur Nitratrichtlinie hatte die Europäische Kommission Deutschland aufgefordert, ein Monitoringprogramm einzurichten, das in kurzen Zeiträumen Aussagen über die Wirkung der Maßnahmen der Düngeverordnung (DüV) zulässt. Hierzu wurde ein gemeinsames, länderübergreifendes Grobkonzept für ein Wirkungsmonitoring entwickelt („Monitoring zur Düngeverordnung 2020“), um Verbesserungseffekte des Aktionsprogramms Nitrat (u. a. DüV 2020) festzustellen (oberstes Ziel). Dieses Konzept wurde der EU-Kommission im Sommer 2020 übersandt. Anschließend wurde eine Projektgruppe beauftragt, das Grobkonzept des Monitoringprogramms in ein Feinkonzept zu überführen und die Etablierung eines auf diesem Konzept beruhenden Monitoringprogramms in Deutschland vorzubereiten. In diesem Bericht werden die vorgesehenen Strukturen des Monitoringsystems, die Ablaufprozesse sowie die wissenschaftliche Konzeption des zukünftig geplanten Wirkungsmonitorings erläutert und erste beispielhafte Ergebnisse aufgezeigt.

Mithilfe des bundesweiten Monitorings soll die Entwicklung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und deren Auswirkung auf den Zustand der Gewässer aufgezeigt werden. Es ist davon auszugehen, dass sich die landwirtschaftlichen Belastungen der Gewässer in Deutschland aufgrund der Maßnahmen der DüV verringern und die Gewässersituation schrittweise verbessert.

1.1 Struktur des Monitoringsystems

Organisationsstruktur:

Aufgrund des föderalen Systems in der Bundesrepublik Deutschland wurden zum Aufbau des Monitoringsystems Gremien eingerichtet, die die notwendigen Abstimmungen zwischen den Bundesländern und BMEL / BMU regeln soll. Hierzu wurden folgende drei Gremien eingerichtet:

- a. Projektgruppe: zur Entwicklung des Feinkonzeptes Monitoring; bestehend aus acht Mitgliedern, die die inhaltlichen Schwerpunkte des Monitoringsystems abbilden.
- b. Begleitarbeitskreis: zur Einbeziehung der Expertise der Bundesländer in die Entwicklung des Feinkonzeptes; bestehend aus mehr als 30 Experten aus den Bereichen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft der Bundesländer.
- c. Bund-Länder-Lenkungsgremium: zur übergreifenden Steuerung des Aufbauprozesses für das Monitoring der DüV; bestehend aus einem vom BMEL und BMU geleiteten Länder-Lenkungsgremium.

Der von der Projektgruppe (a.) erarbeitete Entwurf eines Feinkonzept wurde in sechs Abstimmungsrunden mit dem Begleitarbeitskreis (b.) intensiv diskutiert und in weiten Teilen abgestimmt. Außerdem wurde der Entwurf des Feinkonzeptes dem Bund-Länder-Lenkungsgremium (c.) übermittelt, in zwei Abstimmungsrunden diskutiert und die weitere Vorgehensweise festgelegt.

Anwendungsablauf/ Zeitplanung:

So wurden hinsichtlich der Vorgehensweise wichtige Abstimmungszeitpunkte sowie Berichtszeitpunkte ggü. der EU-KOM festgelegt. Das zukünftige Monitoringsystem soll auf einer detaillierten Datengrundlage aufbauen, um die Entwicklung der Nährstoffsituation sowohl in belasteten als auch in nicht-belasteten Gebieten realitäts- und zeitnah abbilden zu können.

Ab dem Berichtszeitraum 2023 wird es eine verbesserte Datengrundlage geben und diese wird mit dem Aufbau der entsprechenden Datenerfassungssysteme in den Ländern danach eine stetige Verbesserung erfahren. Die Monitoringberichte 2021 und 2022 sollen erste Trends aufzeigen, aber schwerpunktmäßig den Umsetzungsstand des Aufbaus der vorgesehenen Datengrundlage und den methodischen Entwicklungsstand des Monitoringsystems dokumentieren. Der Schwerpunkt des Monitoringberichts 2023 liegt dann in der Anwendung des bis dahin aufgebauten Monitoringsystems und wird nachfolgende Struktur aufweisen:

Struktur der Monitoringberichte:

Der Monitoringbericht soll in jährlichen Zeiträumen Aussagen über die kurzfristige Wirkung der Maßnahmen der DüV 2020 treffen. Die grundlegenden Eckpunkte des zukünftigen Monitoringberichts umfassen jeweils Auswertungen für Stickstoff (N) und Phosphat (P) für die folgenden drei Ebenen (1) Emission, (2) Immission sowie (3a) Modellierungen und (3b) Modellregionen. Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt auf der Analyse der Entwicklungen in den belasteten Gebieten. Nicht-belastete Gebiete werden ebenfalls betrachtet, um zu verhindern, dass nicht-ausgewiesene Gebiete sich negativ entwickeln.

1. Ebene Emission: Auf dieser Ebene werden die kurzfristigen Entwicklungen der Emissionen aufgezeigt. Insbesondere wird über die landwirtschaftlichen Wirkungen der reduzierten Düngung in den ausgewiesenen belasteten Gebieten und die damit verbundene mögliche Ertragsentwicklung berichtet.
2. Ebene Immissionen: Auf der zweiten Ebene wird über die Entwicklungen der N- und P-Belastungen im Grundwasser und in Oberflächengewässern berichtet.
- 3a. Ebene Modellierung: Die dritte Ebene ist das Bindeglied zwischen der 1. und der 2. Ebene und dient zur Simulation und Prognose der langfristigen Auswirkungen der DüV auf Grund- und Oberflächenwasser in Deutschland. Die Modellregionen dienen einem vertieften Prozessverständnis und der Kalibrierung der Modellierungen (3b).

3b. Ebene Modellregionen: Ebene 3b fokussiert auf die Simulation und Prognose der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen der novellierten DüV auf der Schlag- und Betriebsebene mit Blick auf die frühzeitige Verringerung bewirtschaftungsbedingter Nährstofffrachten.

Grundlegend ergibt sich damit die folgende Gliederung für die Monitoringberichte ab 2023 für belastete und nicht-belastete Gebiete.

1. Nitrateinträge in das Grundwasser
 - 1.1. Entwicklungen der Emissionen aus der Landwirtschaft
 - 1.2. Entwicklungen der Beschaffenheit des Grundwassers (Immissionen)
 - 1.3. Ist-Zustand/Prognosen/Wirkungszusammenhänge auf der Basis von Modellierungen und Modellregionen
2. Eutrophierung der Oberflächengewässer
 - 2.1. Entwicklungen der Emissionen aus der Landwirtschaft
 - 2.2. Entwicklungen der Beschaffenheit der Oberflächengewässer (Immissionen)
 - 2.3. Ist-Zustand/Prognosen/Wirkungszusammenhänge auf der Basis von Modellierungen und Modellregionen

Eigenschaften des Monitoringsystems:

Das auf Basis des Konzeptes für ein Wirkungsmonitoring („Monitoring zur Düngeverordnung 2020“) entwickelte Monitoringsystem zeichnet sich durch einen innovativen ganzheitlichen Ansatz aus. In diesem wird erstmalig für Deutschland flächendeckend und regional hoch aufgelöst die Entwicklung der landwirtschaftlichen Emissionen als Indikator für kurzfristige Maßnahmenwirkung der DüV mit der Entwicklung der Immissionen als Indikator für langfristige Auswirkung auf Grundwasser und Oberflächengewässer verknüpft. Letzteres erfolgt über eine integrative Verknüpfung der Ebenen Emissionen und Immissionen mit dem Modellsystem AGRUM-DE. Dieser Ansatz erlaubt kurzfristig beobachtbare Entwicklungen in der Landwirtschaft hinsichtlich der mittel- bis langfristig erwartbaren Wirkung im Grundwasser und in Oberflächengewässern abzuschätzen und somit die Wirkungseffizienz von Maßnahmen zu prognostizieren. Regional vertiefende Analysen sowie fachliche Detailanalysen erlauben dabei die vorgesehenen standörtlich differenzierten Modellregionen.

1.2 Aktuelle Ergebnisse

Für jede der drei Ebenen (Immissionen, Emissionen, integrative Modellierung) werden nachfolgend in Abhängigkeit der verfügbaren Datengrundlage aktuelle Ergebnisse oder aber die zukünftig erwarteten Ergebnisse dargestellt.

1.2.1 Erste Monitoringebene: Emissionen

Hinsichtlich der landwirtschaftlichen Emissionen können auf der verfügbaren Datengrundlage derzeit Entwicklungen von insgesamt sieben Indikatoren wie zum Beispiel zum Mineraldüngerabsatz, zur Viehbestandsentwicklung und zur Entwicklung des Ökologischen Landbaus aufgezeigt werden. Alle Indikatoren weisen auf ein verringertes Nährstoffaustragspotenzial hin. Die mineralische Stickstoffdüngung ist das bedeutsamste Düngemittel in Deutschland. In den drei Jahren von 2016/17 bis 2019/20 ist ein Rückgang des Stickstoffabsatzes von rund 20 % zu beobachten (siehe Abbildung 1-1). Die P_2O_5 -Düngung hat sich seit der Jahrtausendwende fast halbiert und verbleibt insbesondere seit den letzten Jahren auf einem sehr niedrigen Niveau von rund 13 kg pro ha LF.

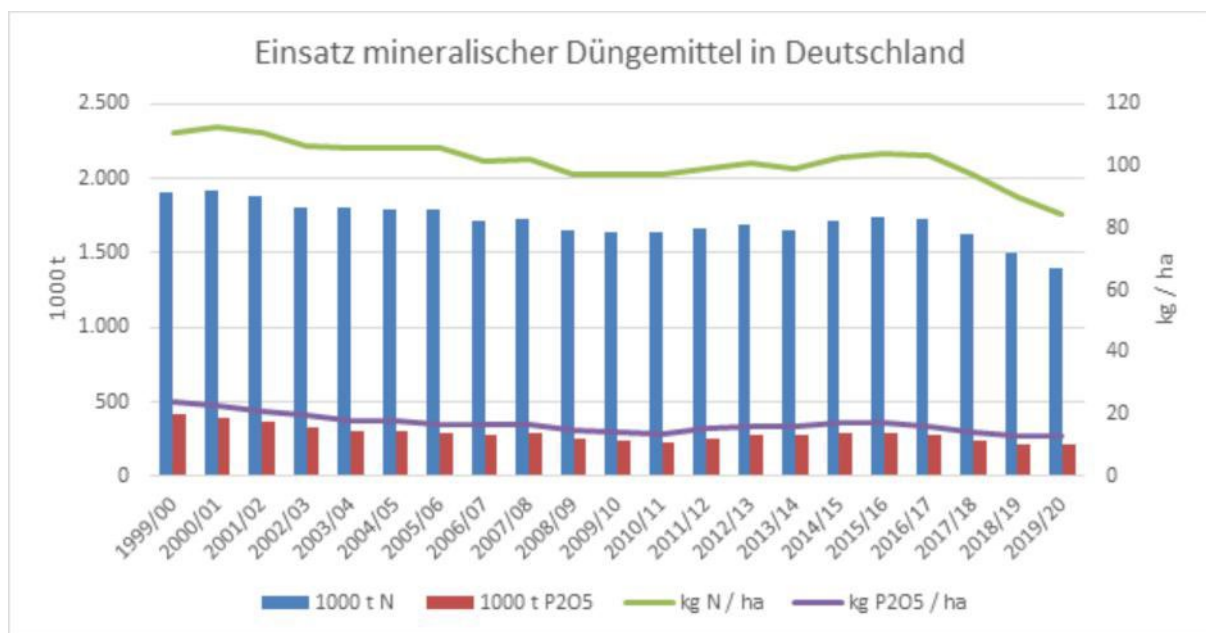


Abbildung 1-1: Mineralischer Düngemittelabsatz in Deutschland, gleitendes Mittel (drei Jahre).
Quelle: Stat. Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 8.2, Düngemittelversorgung

Auch die Viehbesatzentwicklung lässt künftig eine reduzierte Emission von Stickstoff und Phosphor über die organische Düngung erwarten. Insgesamt sind die Viehbestände in Deutschland seit über zwei Jahrzehnten und insbesondere in den letzten vier Jahren rückläufig (vgl. Abbildung 1-2).

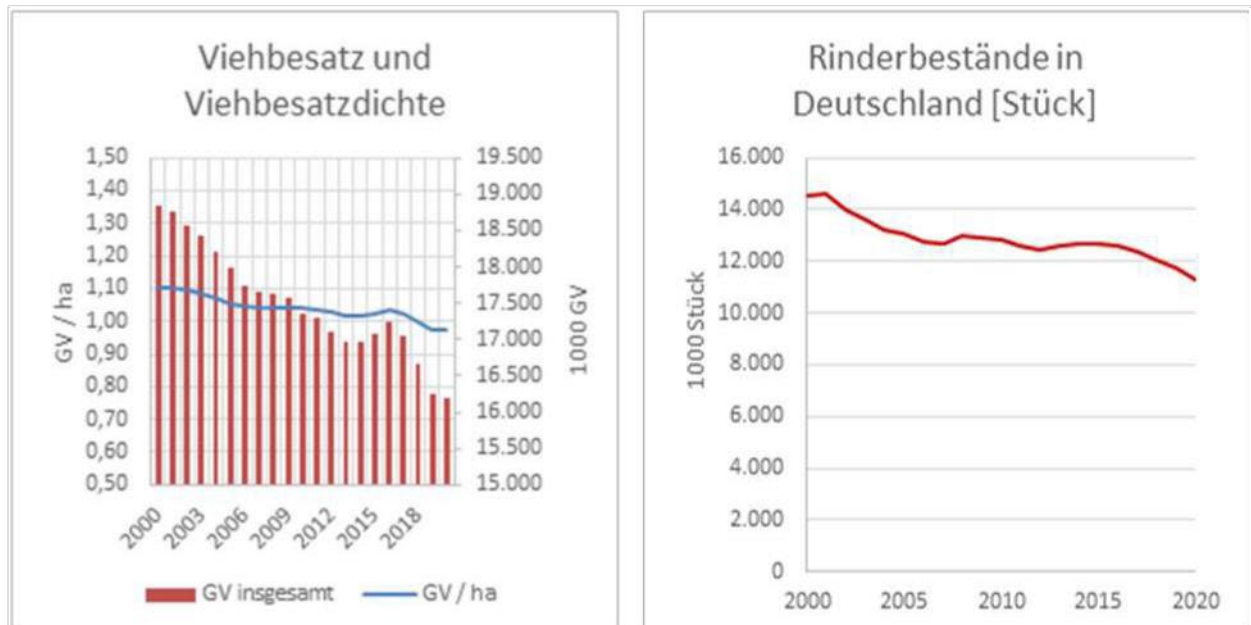


Abbildung 1-2: Sektoraler Viehbesatz (links, dreijähriges Mittel, extrapoliert) und Rinderbestände (rechts) seit 2000 in Deutschland. Quellen: Stat. Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.1. Viehbesatzdichte berechnet mit GV-Schlüssel nach EUROSTAT: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Livestock unit \(LSU\)/de](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Livestock unit (LSU)/de)

Der ökologische Landbau ist eine ressourcenschonende Art der Landbewirtschaftung. Der Öko-Flächenanteil ist Indikator der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie. Der ökologische Landbau zeichnet sich durch positive Umwelteffekte aus, die durch im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft niedrigere Bewirtschaftungsintensitäten erreicht werden. Damit gehen geringere Nährstoffzufuhren und der Verzicht auf mineralische Düngung einher. Der Flächenanteil unter ökologischer Bewirtschaftung steigt seit Ende der 1990er-Jahre kontinuierlich an und konnte auch hier in den vergangenen vier Jahren deutlich gesteigert werden (vgl. Abbildung 1-3). Er liegt aktuell mit einem Anteil von rd. 10% bereits über dem EU-Durchschnitt und soll bis 2030 auf 30% ausgedehnt werden.

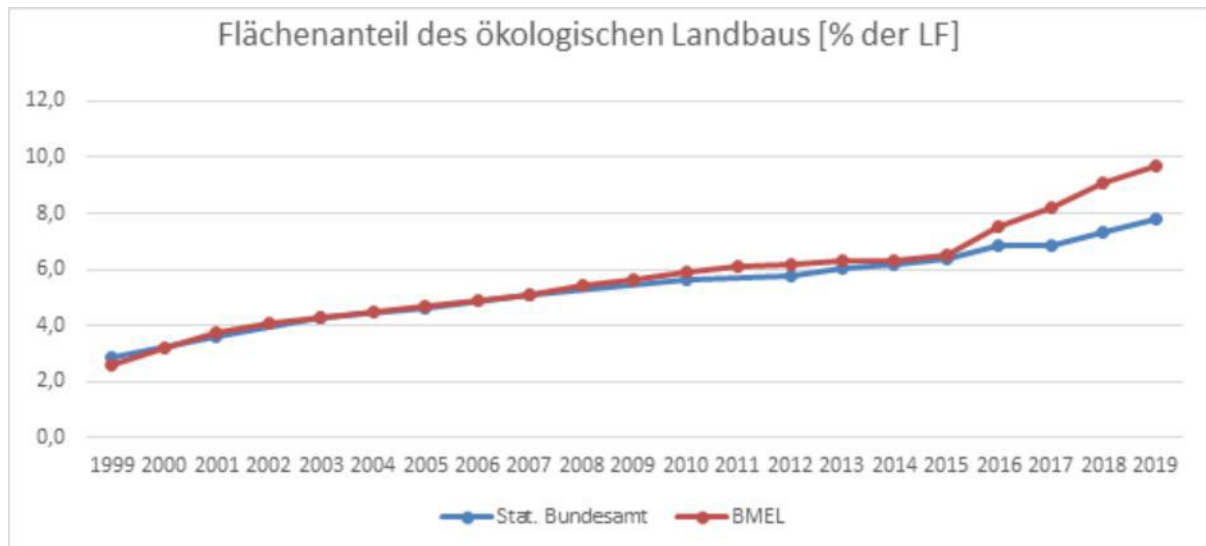


Abbildung 1-3: Flächenanteile des ökologischen Landbaus in Prozent der LF. Unterschiede in Erhebungsmethodik begründet. Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/oekologischer-landbau#okolandbau-in-deutschland>

Von den Flächen unter ökologischer Bewirtschaftung entfallen etwa 57 % auf Grünland, 43 % auf Ackerland. Eine quantitative Einschätzung zur Wirkung des ökologischen Landbaus auf landwirtschaftliche Emissionen, beispielsweise auf den Einsatz von Düngemitteln, ist an dieser Stelle mangels Daten nur schwer möglich.

1.2.2 Zweite Monitoringebene: Immissionen

Grundwasser:

Die Ausweisung von mit Nitrat belasteten Gebieten nach AVV GeA erfolgte bundesweit einheitlich auf Grundlage der Grundwasserkörper nach EU-Wasserrahmenrichtlinie. Auch die Auswahl der Messstellen zur Gebietsausweisung und für das Wirkungsmonitoring orientiert sich nach bundesweit einheitlichen Vorgaben, die in § 5 AVV GeA festgeschrieben sind. Für die Ausweisung der Gebiete wurden Daten von mehr als 13.600 Messstellen herangezogen. Auswertungen zu den Flächenanteilen zeigen, dass die von Deutschland ausgewiesenen mit Nitrat belasteten Gebiete sich zu einem überwiegenden Teil auch tatsächlich in den Regionen befinden, in denen durch entsprechende landwirtschaftliche Tätigkeiten (hohe Viehdichte, Anbau von Sonderkulturen u. a.) ein hohes Belastungsniveau vorliegt. So zeigt sich beispielsweise ein Schwerpunkt der ausgewiesenen Gebiete in Regionen mit hohen Viehbesatzdichten. Während der Flächenanteil in Regionen mit sehr geringem Viehbesatz bis maximal 0,3 GVE/ha in beiden Diagrammen nahezu identisch ist, ist in Regionen mit hohen Viehdichten mit rund 50 % ein deutlich höherer Anteil der mit Nitrat belasteten Gebiete verortet (Vgl. Abbildung 1-4). Ein ähnliches Bild zeigt sich in Regionen mit vielen Biogasanlagen und Silomaisanbau. Beispielfhaft in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

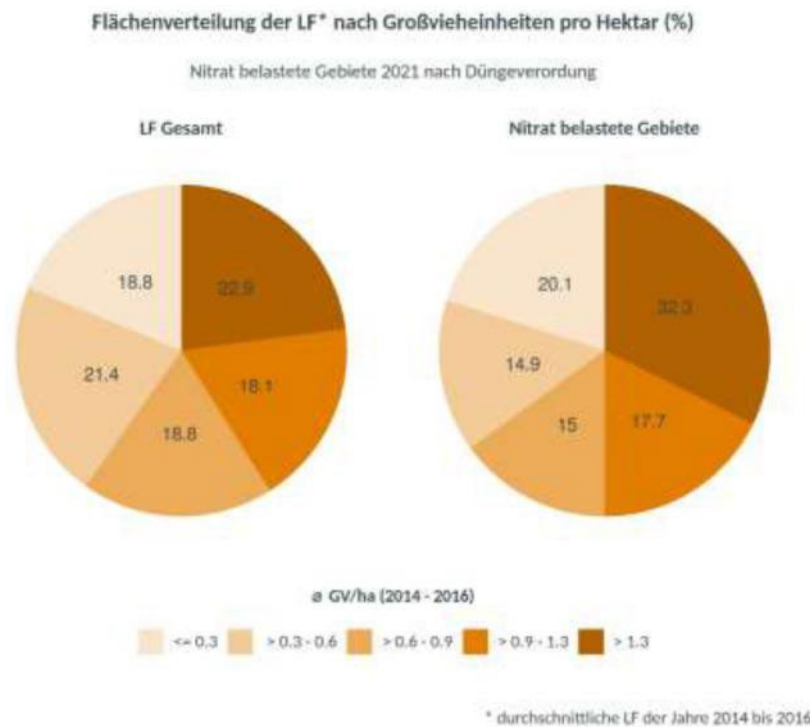


Abbildung 1-4: Flächenverteilung der LF nach Großvieheinheiten pro Hektar.
Quelle: eigenen Darstellung

Mit dem Monitoring sollen weiterhin positive Entwicklungstrends aufgezeigt und negative Entwicklungen frühzeitig erkannt werden. Auch soll über die Dokumentation der Nitratbelastung an den Grundwassermessstellen ein langfristiger Zusammenhang zu den landwirtschaftlichen Emissionen hergestellt werden, um zielgerichtete Minderungsmaßnahmen vornehmen zu können. Hierbei gilt es auch jene Bereiche in den Blick zu nehmen, in denen bislang keine Überschreitung des Nitratgrenzwertes im Grundwasser gemessen wurde, in denen aber anhand der Modellierungen Minderungsbedarfe bei den Nährstoffüberschüssen ermittelt wurden. Erste beispielhafte Auswertungen auf Grundlage aktueller Daten des EU-Nitrat- bzw. EUA-Messnetzes zeigen, dass sich die von Deutschland im Nitratbericht 2020 beschriebenen positiven Entwicklungen weiter fortsetzen.

Eutrophierung der Oberflächengewässer:

Zur Verringerung der Phosphat-Belastung der Fließgewässer und Gesamt-Phosphor-Belastung der Seen haben die Länder nach den Vorgaben der AVV GeA entweder eutrophierte Gebiete ausgewiesen und für diese Gebiete Maßnahmen zur Vermeidung des Phosphoreintrags in die Gewässer in ihren Landesverordnungen festgeschrieben oder landesweit flächendeckend die Abstände bei der Düngung zu Gewässern erhöht (§ 13a Absatz 5 DüV in Verbindung mit § 13a Absatz 3 Satz 3 Nummer 4 DüV). Beide Vorgehensweisen tragen dazu bei, dass sich die Phosphoreinträge über Düngung und Erosion in Fließgewässer und Seen mittel- bis langfristig verringern werden. Die bisherigen Daten aus dem Monitoring zur Nitratrichtlinie zeigen einen fallenden Trend für ortho-Phosphat und Gesamtposphor in den Oberflächengewässern Deutschlands an. Es wird erwartet, dass sich diese Entwicklung durch die Maßnahmen der

Düngeverordnung und die Maßnahmen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie deutlich beschleunigt. Ein begleitendes Monitoring zur Dokumentation und gegebenenfalls Nachsteuerung der Entwicklung inner- und außerhalb der eutrophierten Gebiete ist in Erarbeitung.

1.2.3 Dritte Monitoringebene: Teilbereich Modellierung

Um die regionale Nährstoffsituation realitätsnah und flächendeckend modellieren zu können, ist es sinnvoll, dass alle relevanten N- und P-Eintragsquellen (Emissionen) sowohl landwirtschaftlicher als auch nicht-landwirtschaftlicher Art erfasst werden. Damit können die Fracht- und Konzentrationsberechnungen für die Einträge in die Umweltmedien Luft, Boden, Grundwasser, Oberflächengewässer und Randmeere unter Berücksichtigung der jeweiligen Retentions- und Abbauprozesse vollständig und konsistent zu den gemessenen Werten (Immissionen) im Grundwasser/Oberflächengewässer modelliert werden. Der bereits in der Flussgebietseinheit Weser sowie in vielen Bundesländern angewandte interdisziplinäre Modellverbund AGRUM unterteilt sich in das regionalisierte agrarökonomische Modell RAUMIS, das hydrologische/hydrogeologische Modellpaket mGROWA-DENUZ-WEKU-MEPHos sowie das Nährstoffeintragsmodell MONERIS. Im Verbund kann auf einer Vielzahl von Ergebnisvariablen zurückgegriffen werden, die die regionale Nährstoffsituation realitätsnah beschreiben. Nachfolgend beispielhaft dargestellt an dem diffusen Stickstoffaustrag aus dem Boden (siehe Abbildung 1-5).

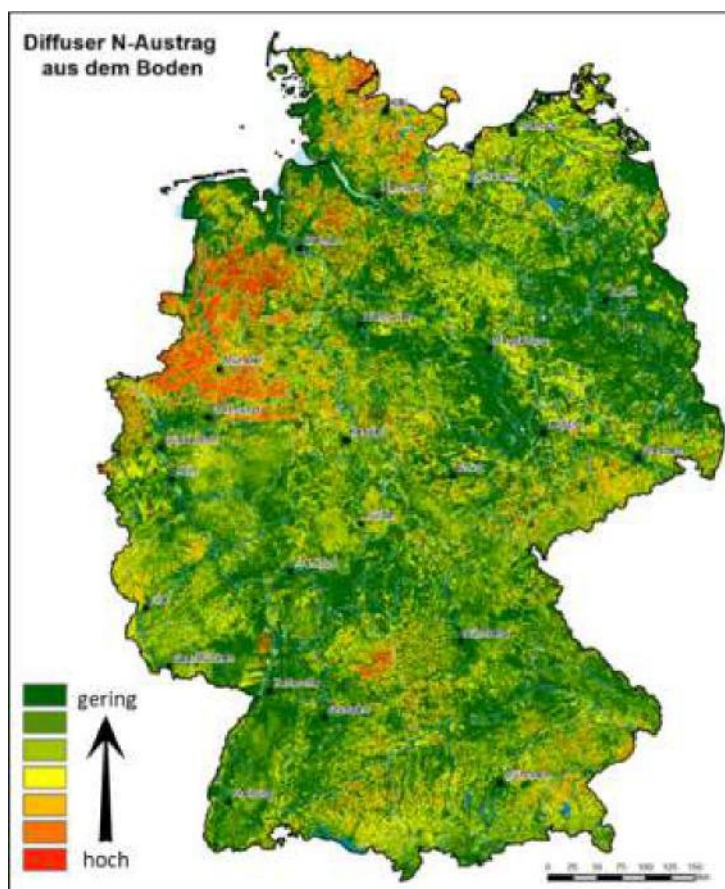


Abbildung 1-5: Diffuser N-Austrag aus dem Boden.

Quelle: eigenen Berechnungen

1.2.4 Dritte Monitoringebene: Teilbereich Modellregionen (JKI)

Für die Modellregionen wurde nach dem Vorbild des dänischen Konzeptes ein auf die heterogenen Standortverhältnisse in Deutschland angepasstes Monitoringsystem entwickelt. In mindestens zehn Modellregionen wird auf repräsentativen Landwirtschaftsbetrieben ein bundesweit einheitliches Basis-Messprogramm bestehend aus Schlagbilanzen, Stoffstrombilanzen, Bodenuntersuchungen sowie der Ermittlung von Nährstoffkonzentrationen im Sicker- und Dränwasser angewendet. Die Erhebungen ermöglichen eine differenzierte Erfassung des Ist-Zustandes und der spezifischen bewirtschaftungs- und standortbedingten Faktoren, welche eine Nitratbelastung im Grundwasser oder eine Eutrophierung bedingen. Der Fokus der Untersuchungen liegt dabei auf der Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen gemäß DüV auf der Skala der Umsetzung, also auf Schlag- und Betriebsebene. So soll möglichst frühzeitig eine Prognose zur Wirksamkeit einzelner Maßnahmen der novellierten DüV mit Blick auf die Verringerung bewirtschaftungsbedingter Nährstofffrachten abgeleitet werden. Die Ergebnisse sollen auch für die Plausibilisierung der in AGRUM-DE modellierten Nitratkonzentration im Sickerwasser sowie zur Beschreibung und Einordnung des standortspezifischen Zusammenhangs zwischen Flächenbilanzsalden und N_{min} -Werten genutzt werden.

Bei der Entwicklung des Monitoringkonzeptes für die Modellregionen wurde auf das Demonstrationsvorhaben „Multiparametrisches Monitoring von Nitratfrachten in der Landwirtschaft“, welches bereits seit 2016 im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft unter der Zielsetzung der Entwicklung eines Frühindikatoren-Messprogrammes zur Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Minderung von Nitratreinträgen aus der Landwirtschaft durchgeführt wird, zurückgegriffen. An dem Demonstrationsvorhaben nehmen in elf Testgebieten über nitratbelasteten oder belastungsgefährdeten Grundwasserkörpern mehr als 90 Betriebe mit ca. 1.000 Testflächen teil. Diese Testgebiete können zunächst als Ausgangsbasis genutzt und im Fortlauf als Modellregion weitergeführt oder durch andere Regionen ersetzt werden. Ob weitere Modellregionen für die Maßnahmenbegleitung zudem in eutrophierten Gebieten eingerichtet werden, wird derzeit geprüft.

2 Anlass und Aktivitäten seit 2019

Im Rahmen der Gespräche zum Vertragsverletzungsverfahren zur Nitratrichtlinie wurde zwischen der Europäischen Kommission und der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2019 vereinbart, ein Monitoringsystem zur Wirkung der Düngeverordnung auf das Grundwasser und die Oberflächengewässer einzurichten. Auf der Grundlage des Monitoringsystems sollen in kurzen Zeiträumen Aussagen über die Wirkung der Maßnahmen der Düngeverordnung (DüV) abgeleitet werden. Darüber hinaus soll das Monitoring vor allem in den nach § 13a Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 bis 4 DüV als belastet ausgewiesenen Nitratgebieten und durch Phosphat eutrophierten Gebieten eine schnelle Nachsteuerung ermöglichen und gleichzeitig verhindern, dass nicht-ausgewiesene Gebiete sich negativ entwickeln. Das Monitoring soll somit insgesamt für die Bundesrepublik Deutschland flächendeckende Analysen auf der Basis von repräsentativen Informationen ermöglichen.

Hierzu wurde ein gemeinsames, länderübergreifendes Konzept für ein Wirkungsmonitoring entwickelt („Monitoring zur Düngeverordnung 2020“), um Verbesserungseffekte des Aktionsprogramms Nitrat (u. a. DüV 2020) festzustellen (oberstes Ziel). Dieses Konzept wurde der EU-Kommission im Sommer 2020 übersandt.

Anschließend wurde eine Projektgruppe beauftragt, das Grobkonzept des Monitoringprogramms in ein Feinkonzept zu überführen und die Etablierung eines auf diesem Konzept beruhenden Monitoringprogramms in Deutschland vorzubereiten.

In diesem Bericht werden die vorgesehenen Strukturen des Monitoringsystems, die Ablaufprozesse sowie die wissenschaftliche Konzeption des zukünftig geplanten Wirkungsmonitorings erläutert und erste beispielhafte Ergebnisse aufgezeigt.

Dabei wird auf den abgestimmten Aktivitäten von Bund und Ländern in den letzten beiden Jahren aufgebaut. Die Basis für den hier vorgelegten ersten Monitoringbericht bildet der Abschlussbericht und das Konzept der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Entwicklung eines Monitoringkonzeptes für die Düngeverordnung 2020“ vom April 2020. In diesem Konzept werden die Grundzüge des zukünftigen Monitoringkonzeptes beschrieben.

Am 1. Mai 2020 trat die geänderte Düngeverordnung mit einer flächendeckenden Verschärfung der Düngevorschriften für ganz Deutschland in Kraft. Parallel dazu haben Bund und Länder einheitliche Regelungen für die Ausweisung der mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebiete (sog. §13a-Gebiete) erarbeitet. Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV Gebietsausweisung – AVV GeA) trat am 11. November 2020 in Kraft. Die große Mehrheit der Bundesländer hat bereits Ende Dezember 2020 die erforderlichen Anpassungen in den jeweiligen Landesverordnungen vorgenommen und die nach den neuen Regeln ausgewiesenen Gebiete veröffentlicht. In diesen Gebieten gelten seit dem 1. Januar 2021 besondere Bewirtschaftungsauflagen für die Ausbringung nitrat- oder phosphorhaltiger Düngemittel.

3 Struktur des Monitoringsystems

Deutschland hat im Frühjahr 2020 ein Grobkonzept für ein Wirkungsmonitoring aufgestellt. Dieses Konzept wurde gemeinsam von den Landwirtschafts- und Umweltverwaltungen von Bund und Ländern erarbeitet. Es besteht aus den Ebenen (1) Emission, (2) Immission und (3) integrative Modellierungen und Modellregionen. Dabei werden Stickstoff und Phosphor betrachtet. Diese Ebenen sollen Grundlage für die Monitoringberichte an die EU-Kommission sein, um die Wirkung der Düngeverordnung auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen zu erfassen.

Auf der Ebene der Emissionen werden statistische Daten und Indikatoren auf der betrieblichen Ebene zusammengestellt und analysiert. Sie beinhalten keine Modellergebnisse. Die Datensätze sind Indikatoren, um Aussagen über die Entwicklung der Düngung im Rahmen der Nährstoffzufuhr zu treffen. Hieraus lassen sich kurzfristig qualitative Aussagen zu erwartbaren Wirkungen hinsichtlich der Gewässerbelastung ableiten. Insbesondere die Entwicklungen des mineralischen Düngemitelesinsatzes, des Viehbestands, der Gärreste aus der Biogasproduktion, sekundärer Rohstoffdünger und der Erträge – als Maß für die Entzüge – ermöglichen einen vertieften Einblick in die Reaktion der landwirtschaftlichen Praxis auf die veränderten Rechtsvorgaben. Auf der Ebene der Emissionen sind Veränderungen daher kurzfristig innerhalb weniger Jahre nach Inkrafttreten der novellierten Düngeverordnung sichtbar.

Auf der Ebene der Immissionen werden wie bisher im Nitratbericht die Ergebnisse der Gewässerüberwachung im Grundwasser für Stickstoff sowie in Oberflächengewässern für Phosphor ausgewertet. Die Bundesländer haben nach den Vorgaben der AVV GeA Kulissen für die Gebiete festgesetzt, in denen verschärfte Auflagen bei der Landbewirtschaftung gemäß § 13 DüV gelten. Die Wirkung der Düngeverordnung wird aufgrund längerer Transportprozesse im Boden oder auch im Grundwasser in vielen Regionen erst mittel- bis langfristig im Grund- und Oberflächengewässer messbar sein.

Die Ergebnisse und Entwicklungen in der ersten und zweiten Ebene können nicht direkt miteinander verglichen werden. Wirkungsprozesse in der Landwirtschaft, im Boden sowie unterschiedliche Verweilzeiten lassen keinen direkten Bezug zwischen der ersten Ebene der Emissionen und der zweiten Ebene der Immissionen zu. Die dritte Ebene Modellierung / Modellregionen dient vor diesem Hintergrund als sinnvolles Bindeglied zwischen der ersten und zweiten Ebene (s. Abbildung 3-1).

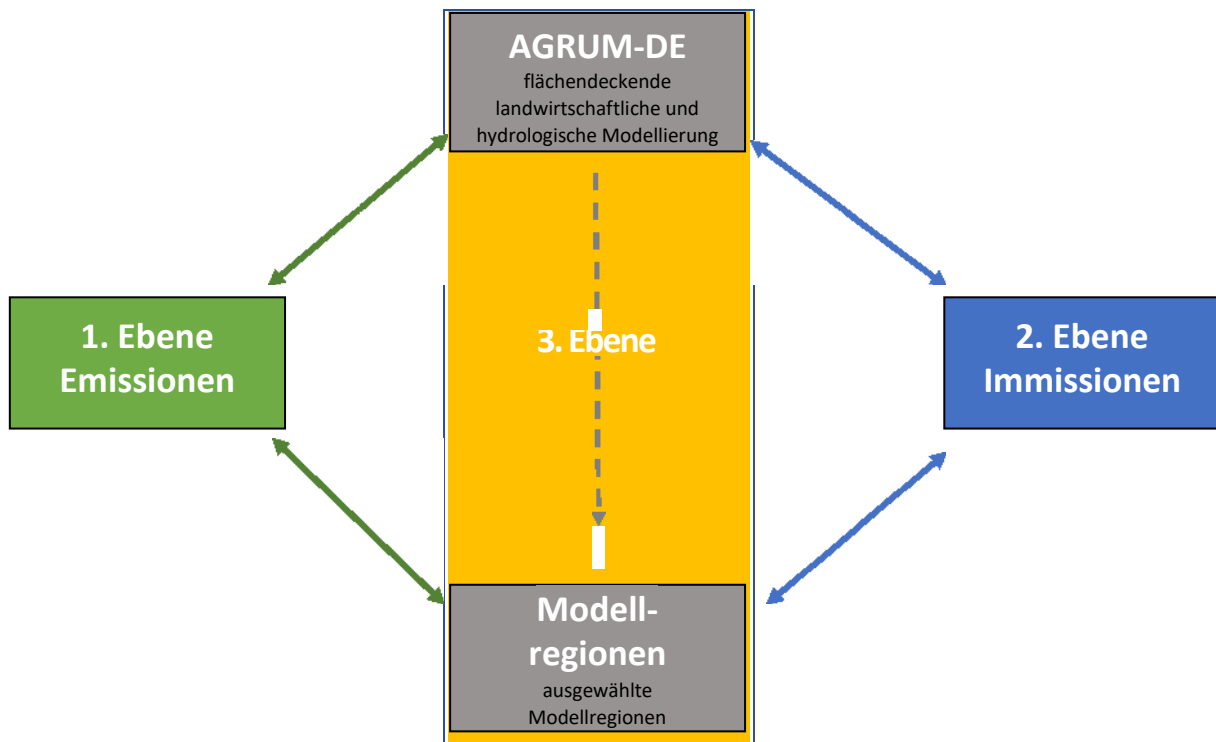


Abbildung 3-1: Grundstruktur des Wirkungsmonitorings.
Quelle: eigenen Darstellung

Im Rahmen der Modellierung wird der Bezug zwischen der Ebene 1 (Emissionen) und der Ebene 2 (Immissionen) bundesweit sowie flächendeckend hergestellt. Sehr kurzfristige Wirkungen der DüV können n durch die explizite Berücksichtigung von einzelbetrieblichen Wirkungsprozessen abgebildet werden. Ergebnisse aus den Modellregionen sollen zusätzlich zur Plausibilitätsüberprüfung der AGRUM-DE-Modellierungen dienen und zur Weiterentwicklung der Modelle des AGRUM-DE-Verbundes beitragen.

3.1 Organisationsstruktur

Eine Beteiligung allerrelevanten Institutionen (BMEL, BMU, Bundesländer, Forschungseinrichtungen) aus den betroffenen Sektoren Landwirtschaft und Wasserwirtschaft ist die wesentliche Voraussetzung für eine Berücksichtigung von regionalen Besonderheiten und für die notwendige Akzeptanz der Ergebnisse des Wirkungsmonitorings. Aus diesem Grund wird nachfolgend eine differenzierte Organisationsstruktur des Monitoringsystems auf den verschiedenen Bearbeitungsebenen eingerichtet (vgl. Abbildung 3-2).

Projektgruppe „Monitoring der DüV“ (PG): Das Bundeslandwirtschafts- und das Bundesumweltministerium (BMEL und BMU) haben gemeinsam die Projektgruppe „Monitoring der DüV“ beauftragt, in einer ersten Phase auf der Basis des Konzeptes für ein Wirkungsmonitoring („Monitoring zur Düngeverordnung 2020“) ein Feinkonzept des Monitoringsystems zu entwickeln und einen Entwurf für den hier vorgelegten ersten Monitoringbericht zu entwerfen. Die PG setzt sich aus sieben Personen unterschiedlicher

Institutionen mit Expertise in den Bereichen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft zusammen. Die Leitung der PG erfolgt gemeinsam durch einen Vertreter aus der Landwirtschaft und einem Vertreter aus der Wasserwirtschaft.

Begleitarbeitskreis: Der Auftrag des Bundes sieht vor, dass die Bundesländer bei der Entwicklung des Feinkonzeptes sowie des ersten Monitoringberichts und bei der Anwendung des Monitoringsystems einbezogen werden. Aus diesem Grund wurde durch den Bund ein Begleitarbeitskreis eingerichtet. Der Begleitarbeitskreis setzt sich aus rund 30 Fachleuten der Bundesländer aus den Bereichen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft zusammen und wird ebenfalls durch eine Doppelspitze aus der Wasser- und Landwirtschaft geleitet. Die Zwischenergebnisse der PG werden zwischen den beiden Gruppen ausgetauscht, abgestimmt und dokumentiert.

Bund-Länder-Lenkungsgremium: Die übergreifende Steuerung des Projektes erfolgt durch ein gemeinsames Bund-Länder-Lenkungsgremium, welches von BMEL und BMU geleitet wird. Die Vertreter*innen der Länder in dieser Steuerungsgruppe wurden paritätisch aus den Bereichen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft besetzt. Die Ergebnisse aus dem Abstimmungsprozess zwischen der Projektgruppe und dem Begleitarbeitskreis werden als Vorschlag dem Bund-Länder-Lenkungsgremium übermittelt.

Temporäre inhaltliche Arbeitsgruppen: Es wird erwartet, dass während der Umsetzung des Monitoringsystems auch neue inhaltliche Fragestellungen auftauchen, die eine umfassende Klärung auf Basis fachlicher Analysen erfordern. Hierzu sollen dann fallweise Arbeitsgruppen eingerichtet werden, deren Zusammensetzung entsprechend der inhaltlichen Fragestellung erfolgt. Der zeitliche Bestand dieser Arbeitsgruppen ist beschränkt. Ihre Aufgabe besteht darin, ein abgegrenztes Konzept/Lösungsvorschlag für die entsprechende inhaltliche Fragestellung zu entwickeln und dieses der Projektgruppe und dem Begleitarbeitskreis zur Diskussion zu stellen.

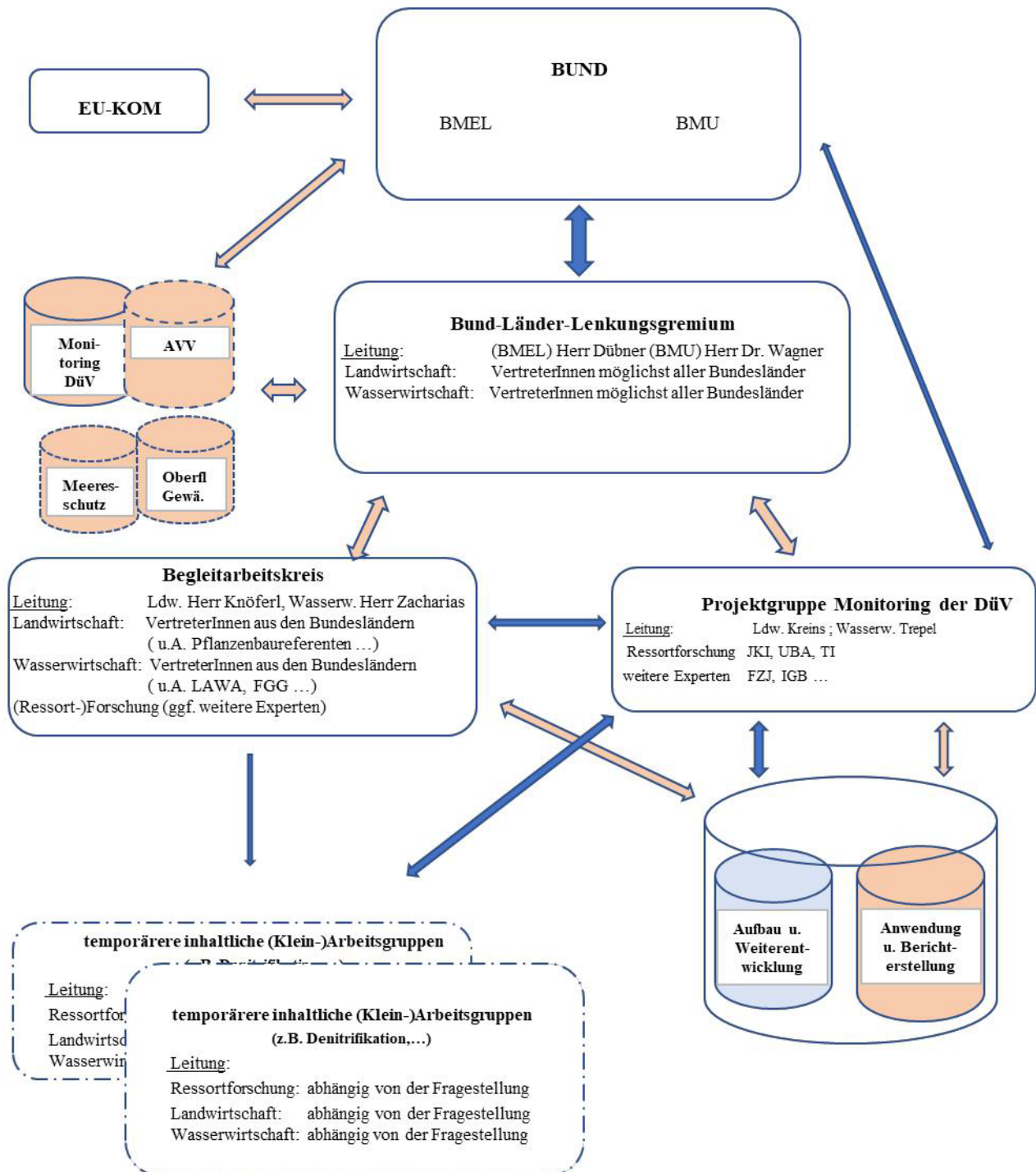


Abbildung 3-2: Organisationsstruktur des Monitoringsystems zur Wirkung der Düngverordnung auf das Grundwasser und die Oberflächengewässer

Die im Rahmen des Monitoringsystems generierten Wirkungsanalysen dienen in erster Linie der Erstellung der Monitoringberichte. Der Abbildungsbereich des Monitoringsystems erlaubt es aber darüber hinaus, dass Ergebnisse für die Ausweisung von mit Nitrat belasteten oder eutrophierten Gebieten gemäß AVV GeA genutzt oder zur Einordnung der Nährstoffsituation in Oberflächengewässer bzw. hinsichtlich der Frachten in die Randmeere herangezogen werden.

3.2 Anwendungsablauf / Zeitplanung

In der nachfolgenden Abbildung 3-3 werden der zeitliche Ablauf wichtiger Abstimmungszeitpunkte sowie die vorgesehenen Berichtszeitpunkte gegenüber der EU-Kommission aufgezeigt.

In den Spalten wird die Zeitachse über die vorgesehenen drei Phasen der Erstellung des Monitoringsystems dargestellt (Januar 2021 bis Dezember 2023). Jede Phase wird durch einen Monitoringbericht an die EU-Kommission abgeschlossen.

Die erste Entwicklungsphase des Monitoringsystems bezieht sich auf den Zeitraum von Januar 2021 bis Juni 2021. In dieser Phase wurde ein erster Entwurf des Feinkonzeptes entwickelt.

In der zweiten Phase, die sich unmittelbar an die erste Phase anschließt, wird mit der Umsetzung des Feinkonzeptes begonnen. Der Schwerpunkt der zweiten Phase liegt dementsprechend im Aufbau des Monitoringsystems. Die zweite Phase erstreckt sich von Juni 2021 bis November 2022. Im November 2021 wird der 2. Monitoringbericht vorgelegt. Mit dem 3. Monitoringbericht an die EU-Kommission wird die zweite Phase bis November 2022 abgeschlossen. Die dritte Phase reicht bis November 2023. Der Schwerpunkt der dritten Phase liegt in der Anwendung des bis dahin aufgebauten Monitoringsystems. Auch die dritte Phase wird mit einem Monitoringbericht abgeschlossen.

Alle drei Zeitphasen werden durch einen Begleitprozess, bestehend aus dem Begleitarbeitskreis (grüne Quadrate) sowie der Bund-Länder-Steuerungsgruppe (blaue Quadrate), flankiert (vgl. Abbildung 3-3).

Zeitplan Monitoring	2021												2022												2023											
	1. Halbjahr						2. Halbjahr						1. Halbjahr						2. Halbjahr						1. Halbjahr						2. Halbjahr					
	Jan 21	Feb 21	März 21	Apr 21	Mai 21	Jun 21	Jul 21	Aug 21	Sep 21	Okt 21	Nov 21	Dez 21	Jan 22	Feb 22	März 22	Apr 22	Mai 22	Jun 22	Jul 22	Aug 22	Sep 22	Okt 22	Nov 22	Dez 22	Jan 23	Feb 23	März 23	Apr 23	Mai 23	Jun 23	Jul 23	Aug 23	Sep 23	Okt 23	Nov 23	Dez 23
Drei Zeitphasen des Monitoringsystems	1. Phase												2. Phase												3. Phase											
1.1 Feinkonzept (1. Phase)																																				
1. Sachstandsbericht; Entwurf Feinkonzept (30.05)																																				
Begleit-AK																																				
Bund-Länder-Steuerungsgruppe, Abstimmung Feinkonzept / Monitoringbericht																																				
1. Monitoringbericht (Entwurf 15.06)																																				
Begleit-AK: Abstimmung Feinkonzept; Struktur 1. Monitoringbericht																																				
Bund-Länder-Steuerungsgruppe, Abstimmung Feinkonzept / Monitoringbericht (Mite Juni)																																				
1. Monitoringbericht Übermittlung an die EU-Kom																																				
2.1 Aufbau einer verbesserten Datengrundlage und methodische Anpassungen (2. Phase)																																				
Begleit-AK: Abstimmung der 2. Phase																																				
Begleit-AK: Abstimmung 2. Monitoringbericht																																				
Bund-Länder-Steuerungsgruppe, Abstimmung Feinkonzept / Monitoringbericht (Mite Juni)																																				
2. Monitoringbericht Übermittlung an die EU-Kom (Ende Juni)																																				
Annahmen und Berechnungskoeffizienten werden zur Abstimmung den Bundesländern bereitgestellt																																				
2. Sachstandsbericht zum Aufbau des Monitoringsystems sowie Struktur des 2. Monitoringberichts für die EU-Kom																																				
Begleit-AK: Abstimmung zur bisherigen Datenbereitstellung und zu den Berechnungskoeffizienten																																				
Bund-Länder-Steuerungsgruppe, Abstimmung der Struktur des 2. Monitoringberichtes																																				
3. Monitoringbericht (Entwurf)																																				
Begleit-AK: Abstimmung des 3. Monitoringberichtes																																				
Bund-Länder-Steuerungsgruppe, Abstimmung 2. Monitoringberichtes																																				
3. Monitoringbericht Übermittlung an die EU-Kom																																				
2.2 Ergebniserstellung (3. Phase)																																				
Rückspiegelung der Datengrundlage an die Bundesländer																																				
Begleit-AK: Abschließende Abstimmung und Freigabe der Datengrundlagen sowie der Berechnungskoeffizienten																																				
3. Sachstandsbericht zum Aufbau des Monitoringsystems sowie Struktur des 4. Monitoringberichts für die EU-Kom																																				
Begleit-AK: Abstimmung Modellergebnisse; Struktur 4. Monitoringbericht																																				
Bund-Länder-Steuerungsgruppe, Abstimmung Struktur 4. Monitoringbericht																																				
Begleit-AK: Abstimmung Modellergebnisse für 4. Monitoringbericht																																				
4. Monitoringbericht (Entwurf)																																				
Begleit-AK: Abstimmung Modellergebnisse für 4. Monitoringbericht																																				
Bund-Länder-Steuerungsgruppe, Abstimmung Feinkonzept / Monitoringbericht																																				
4. Monitoringbericht Übermittlung an die EU-Kom																																				

Abbildung 3-3: *Struktur des Abstimmungsprozesses. Quelle:*

Monitoringberichte im Zeitablauf (2021 bis 2023):***Veränderung der Berichtszeitpunkte auf Ende November des jeweiligen Jahres:***

Im Konzept für ein Wirkungsmonitoring von April 2020 („Monitoring zur Düngeverordnung 2020“) wurde ursprünglich angekündigt, dass die Monitoringberichte der Europäischen Kommission ab Mitte 2021 jährlich vorgelegt werden, um über die Auswirkungen der DüV auf den Schutz der Gewässer und die entsprechenden Entwicklungen der vergangenen zwölf Monaten zu berichten.

Um zu aussagenkräftigen Aussagen am Ende eines Düngejahres zu kommen, ist es sinnvoll, den Zeitpunkt der Übermittlung des Monitoringberichts auf November zu verändern. Diese Veränderung ist darin begründet, dass eine wesentliche Datengrundlage zur Abbildung der ersten Ebene (Emissionen) die zu erhebenden Daten der Düngebedarfsermittlung nach § 10 der DüV sein werden. Laut § 10 Abs. 1 haben die Aufzeichnungen bis zum 31. März des folgenden Kalenderjahres zu erfolgen. Somit stehen diese Daten in der Mitte des Folgejahres in plausibilisierter Form für die Modellierung zur Verfügung. Aus diesem Grund ist geplant, den Zeitpunkt der Übermittlung des Monitoringberichts auf den 30. November zu terminieren. Mit einem eingeschobenen weiteren Monitoringbericht zum 30. November 2021 soll diese Veränderung eingeleitet werden.

Im Laufe der hier betrachteten drei Phasen sind vier Monitoringberichte für die EU-Kommission vorgesehen. Die Monitoringberichte werden sich im Zeitablauf inhaltlich unterscheiden. Sie reflektieren in ihrer Struktur zum Berichtszeitpunkt den jeweiligen Entwicklungsstand des Monitoringsystems.

Der hier vorgelegte 1. Monitoringbericht beinhaltet Ergebnisse zu den landwirtschaftlichen Emissionen, zu den Immissionen in das Grundwasser, exemplarische Ergebnisse aus der Modellierung und aus den Modellregionen sowie den Entwurf eines Feinkonzeptes des Monitoringsystems. Dieser erste Monitoringbericht berichtet, bedingt durch die zur Verfügung stehende Datengrundlage, noch auf relativ aggregierter Regionsebene. In der zweiten Phase des Aufbaus des Monitoringsystems ist vorgesehen, die Voraussetzungen für die Nutzung einer deutlich verfeinerten Datengrundlage für das Monitoringsystem zu schaffen und die Datengrundlage des Monitoringsystems in den Folgejahren sukzessive deutlich zu verfeinern.

2. und 3. Monitoringbericht: In der zweiten Phase wird das Monitoringsystem aufgebaut. Dabei ist u. a. beabsichtigt, den AGRUM-DE-Modellverbund im Zeitablauf auf eine deutlich detailliertere Datengrundlage umzustellen. *„Für den deutschlandweiten Bericht soll als Mindeststandard das Daten-Maßstabsniveau von AGRUM-DE aus dem Jahr 2020 zugrunde gelegt werden. Für die Detailberichte aus den nach § 13a Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 bis 4 DüV ausgewiesenen Gebieten und die Berichte aus den Modellregionen sollen je nach Datenlage ein Maßstab von wenn möglich 1: 50.000 bzw. 1: 5.000 verwendet werden.“* („Monitoring zur

Düngeverordnung 2020“). Für die hydrologische Modellierung bedeutet dies eine Umstellung von z. B. im Maßstab 1 : 200.000 vorliegenden, bundesweit konsistent verfügbaren Datengrundlagen auf räumlich höher aufgelöste, landesweit konsistent verfügbare Datengrundlagen, z. B. im Maßstab 1 : 50.000.

Zur Abbildung der landwirtschaftlichen Emissionen sollen „Daten aufgrund von § 10 DüV, und zwar für die als belastet ausgewiesenen Gebiete schlagbezogen oder auf eine Bewirtschaftungseinheit bezogen, ansonsten für die übrigen Gebiete aggregiert und damit betriebsbezogen“ („Monitoring zur Düngeverordnung 2020“) erhoben werden. Diese Datengrundlage, die die Abbildungsgüte des Modellverbunds signifikant verbessert, liegt derzeit noch nicht vor und wird frühestens in zwei Jahren plausibilisiert für die Modellierung verfügbar sein und somit folglich frühestens für den 4. Monitoringbericht 2023 genutzt werden können. Um die Daten zum Zwecke des Monitorings nutzen zu können, muss das Düngegesetz geändert werden.

Der 2. und der 3. Monitoringbericht werden somit ebenfalls noch „Übergangsberichte“ darstellen, in denen in Abstimmung mit dem Begleitarbeitskreis auf der Basis der jeweils vorliegenden Statistiken und Datengrundlagen über folgende Punkte berichtet wird:

- 1.) Entwicklungen zu den Emissionen (sektorale Ebene),
- 2.) Ergebnisse zu den Immissionen für das Grundwasser,
- 3.) den detaillierten Umsetzungsstand des Monitoringsystems bzgl. Modellierung und Modellregionen sowie
- 4.) die zukünftige Struktur der fortfolgenden Monitoringberichte (ab 2023).

Der 4. Monitoringbericht wird die neue verbesserte Datengrundlage sowohl hinsichtlich der Emissionen und der Immission für das Oberflächengewässer als auch für die Modellierung nutzen können. Zudem wird dieser erstmals die grundlegende Struktur der folgenden Monitoringberichte aufweisen.

3.3 Aufbau der Datengrundlage

Die Datengrundlage des Monitorings zur DüV soll im Wesentlichen auf vorhandene Daten der Bundesländer aus der Agrarförderung basieren. Hierzu sind vielfältige inhaltliche Daten mit unterschiedlichen Datenstrukturen und Datenformaten zu bundesweit konsistenten Datensätzen zusammenzuführen. Dies erfolgt durch den Aufbau einer Bundesdatenbank im Thünen-Institut (TI) sowie durch die Entwicklung von geeigneten Datenschnittstellen mit den Ländern. Sowohl die Erstellung der Bundesdatenbank als auch die Entwicklung von geeigneten Datenschnittstellen erfordert einen hohen Abstimmungsbedarf mit den Bundesländern. Abbildung 3-4 zeigt die Struktur der Datenflüsse zwischen den Bundesländern, den an der Umsetzung des Monitorings beteiligten Institutionen und der Bundesdatenbank im Überblick.

Nach dem Monitoringkonzept von April 2020 („Monitoring zur Düngeverordnung 2020“) erheben die Bundesländer nach der dafür vorgesehenen Rechtsgrundlage im Düngegesetz die erforderlichen landwirtschaftlichen Datengrundlagen. Sofern benötigte Emissionsdaten bei anderen Verwaltungen vorliegen, sind diese der Landwirtschaftsverwaltung für das Monitoring zu übermitteln.

Analog dazu erheben die Bundesländer in der Verantwortung der Wasserwirtschaftsverwaltungen die Gewässerdaten (Immissionsdaten) sowie die notwendigen Datengrundlagen für die hydrologische Modellierung.

Alle Datengrundlagen werden in Schablonen erfasst, die von der Projektgruppe erarbeitet und mit den Ländern abgestimmt werden. Beim Bund werden die landwirtschaftlichen Daten (Emission) direkt vom Thünen-Institut (TI), die Gewässerdaten (Immission) vom Umweltbundesamt (UBA) verarbeitet. Die Datengrundlagen für die hydrologische Modellierung werden in der o. a. Bundesdatenbank zentral zusammengeführt und in den modellierenden Institutionen (TI-FZJ-IGB)¹ federführend verarbeitet und die Ergebnisse in die Bundesdatenbank rückgespeichert. Die Daten aus den Modellregionen werden vom Julius-Kühn-Institut (JKI) erfasst und federführend verarbeitet und die Ergebnisse ebenfalls in der Bundesdatenbank gespeichert.

In einer zentralen Bundesdatenbank, welche durch das TI betrieben wird, werden die vier Teildatenbestände von UBA, TI, Modellierung und JKI zusammengeführt (s. Abbildung 3-4).

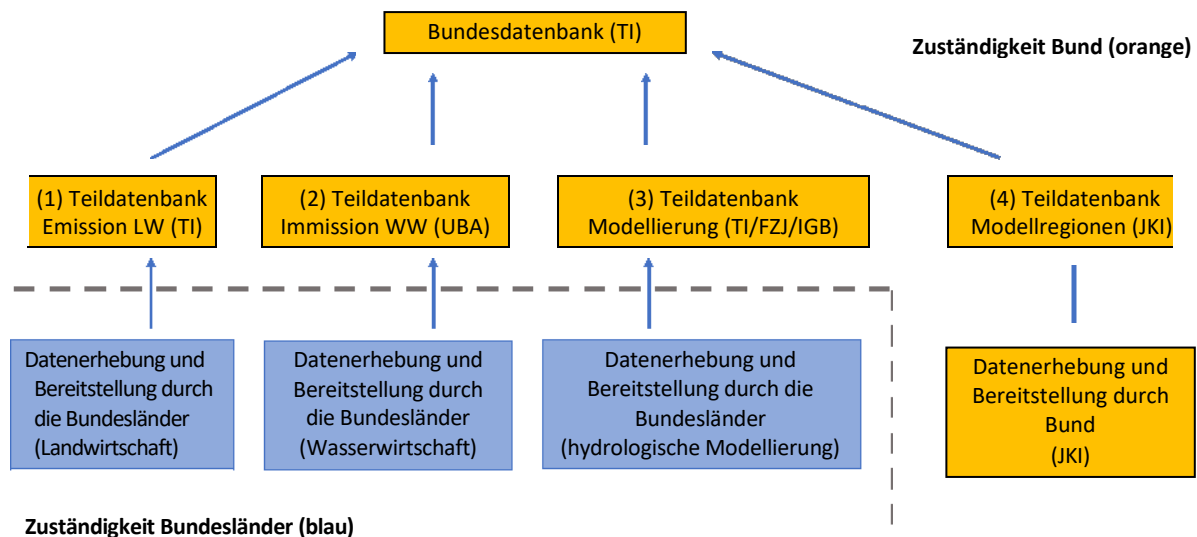


Abbildung 3-4: Struktur der Datenflüsse.

1 FZJ: Forschungszentrum Jülich;
IGB: Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei

Datenschnittstellen und Datenaustausch:

In diesem Abschnitt wird kurz der organisatorisch-technische Ablauf der Datenübermittlung zwischen den Bundesländern, den beteiligten Institutionen und der Bundesdatenbank skizziert. Der jährliche Ablauf ist in vier aufeinander folgenden Phasen unterteilt, deren Ende durch feste jährliche Termine gekennzeichnet sind.

In Phase 1 werden die für das Vorhaben zu verwendenden Daten, sofern sie nicht selbst erhoben werden oder nicht schon bereits in den Modellen vorliegen und durch die Bundesländer geprüft wurden, durch die Bundesländer jeweils für die Modellierung, dem UBA und dem JKI bereitgestellt (vgl. schematische Darstellung der Datenbanken in Abbildung 3-5). Für die Datenlieferung werden jährliche, feste Termine vereinbart. Um eine fristgerechte Ergebnisbereitstellung für den jährlichen Bericht zu gewährleisten, erfolgt die Datenübergabe in einer in den abgestimmten Datenschemata festgelegten Form. Die organisatorische Abwicklung, insbesondere die Kommunikation, soll zukünftig durch zuständige Personen für das Monitoring in den Bundesländern) effizient umgesetzt werden.

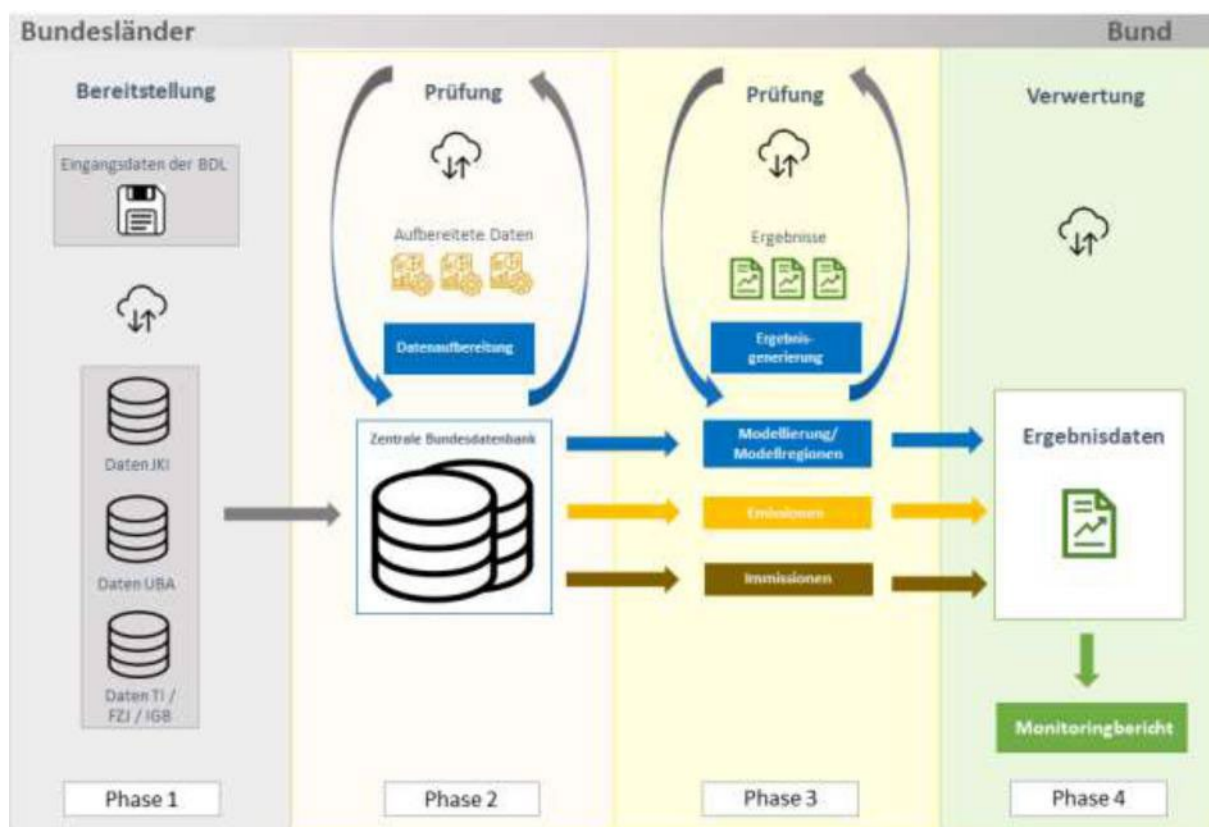


Abbildung 3-5: Ablauf des Datenaustauschs.

In **Phase 2** erfolgen die Aufbereitung, Prüfung und Plausibilisierung der Emissions- und Modelleingangsdaten durch die im Begleitprozess (vgl. Kapitel 4.1) beteiligten Institutionen. In dieser Phase werden die Daten auf ihre Konsistenz geprüft, um Datenlücken und Artefakte identifizieren und schließen bzw. beheben zu können (zweite Qualitätskontrolle). Die aufbereiteten Daten werden an die Bundesländer zu einer letzten Prüfung zurückgespiegelt.

Damit ist sichergestellt, dass ausschließlich abgestimmte Daten für das Monitoring herangezogen werden.

Die Ergebniserzeugung erfolgt in **Phase 3**. Sämtliche Modellierungen und Berechnungen erfolgen auf Basis der in Phase 2 abgestimmten Datengrundlagen. Die Modellierungsergebnisse werden im Begleitarbeitskreis diskutiert und im Bund-Länder-Lenkungsgremium im Hinblick auf die hieraus abzuleitenden Implikationen für das Wirkungsmonitoring abgestimmt. Dabei wird vorab festgelegt, welche Ergebnisse in welchem Format und in welchem Aggregationsniveau zur Prüfung bereitgestellt werden sollen. Der Umfang soll dabei mindestens die im Monitoringbericht zu verwendenden Daten abdecken. Die generierten Ergebnisse werden in der Bundesdatenbank gespeichert und zur Übernahme in die Länderdatenbanken bereitgestellt.

Mit den geprüften Ergebnissen wird in **Phase 4** ein Entwurf des Monitoringberichts erstellt und im Bund-Länder-Lenkungsgremium final abgestimmt.

Sämtliche für jeden Berichtszyklus verwendeten Daten und Ergebnisse werden in der Bundesdatenbank zusammengeführt und archiviert. Alle Aufbereitungs- und Verarbeitungsschritte werden dokumentiert.

3.4 Monitoringbericht

Das „Monitoring zur Düngeverordnung 2020“ soll den Nitratbericht nach Artikel 10 der EU-Nitratrichtlinie ergänzen. Es soll in jährlichen Zeiträumen Aussagen über die kurzfristige Wirkung der Maßnahmen der DüV 2020 treffen. Der beabsichtigte deutschlandweite Gesamtbericht an die Europäische Kommission wird in Detailberichten über die als belastet ausgewiesenen Gebiete sowie über zusätzliche Erkenntnisse aus besonderen „Modellregionen“ und über mögliche Verlagerungseffekte berichten. Dabei sollen keine Einzeljahre, sondern gleitende Mehrjahreszeiträume betrachtet werden.

Die Grundstruktur des Monitoringberichts soll sich entsprechend der Organisationsstruktur des Monitoringsystems (vgl. Kapitel 3) aus drei Ebenen zusammensetzen. Betrachtet werden die kurzfristige Entwicklung der Anwendungen von Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Flächen (Emissionen aus der Landwirtschaft) und die hiervon ausgehenden langfristigen Auswirkungen auf die Gewässer (Immissionen auf das Grundwasser und die Oberflächengewässer). Beide Module sollen um eine bundesweit einheitliche integrative Modellierung ergänzt werden, um die Erkenntnislücke zwischen kurzfristigen Effekten und langfristigen Entwicklungen zu schließen, Informationen aus Gewässeruntersuchungen auf die Fläche zu übertragen und damit Prognosen zur Entwicklung des Zustandes von Grundwasser und Oberflächengewässern insgesamt zu ermöglichen.

In mindestens zehn „Modellregionen“ soll die Wirkung der vorgeschriebenen Maßnahmen frühzeitig ermittelt werden. Die Untersuchungen dienen auch der boden-klimatischen Anpassung der Parameter und der Verbesserung des Systemverständnisses für die Modellierung.

Die Grundstruktur des Monitoringberichts baut auf den Vorschlägen des Konzeptes von April 2020 auf. Es wurden Anpassungen an die veränderten Rahmenbedingungen sowie Konkretisierungen hinsichtlich der Bewertungskriterien vorgenommen. Eine weitere Konkretisierung der Struktur des Monitoringberichts und der anzuwendenden Bewertungskriterien erfolgt in der zweiten Phase des Aufbaus des Monitoringsystems in Abstimmung mit dem Begleitarbeitskreis, wie bereits in Kapitel 3.2 dargelegt. Der Monitoringbericht soll sich dabei ab 2023 wie folgt untergliedern:

Gliederung:

1. Nitrateinträge in das Grundwasser

1.1. Entwicklungen der Emissionen aus der Landwirtschaft

Im Bericht sollen zunächst die kurzfristigen Entwicklungen der Emissionen aufgezeigt werden. Insbesondere soll über die Wirkungen der Reduzierung des ermittelten Düngebedarfs in den ausgewiesenen Nitrat-Gebieten und die damit verbundene mögliche Ertragsentwicklung berichtet werden.

Die Bewertungsindikatoren für die Emissionen aus der Landwirtschaft werden in der zweiten Entwicklungsphase des Monitoringsystems in Abhängigkeit der zukünftig verfügbaren Datengrundlage sowie deren Aussagefähigkeit entwickelt und konkretisiert. Auf der Basis der noch zu konkretisierenden Indikatoren werden die kurzfristige Verringerung der landwirtschaftlichen Nährstoffeintragspotenziale in die Gewässer nachvollzogen und sich hieraus entwickelnde Trends aufgrund der DüV 2020 ermittelt.

Zur Unterstützung und Plausibilisierung sollen Entwicklungen beim Tierbestand, bei der Verwertung weiterer organischer Düngemittel (Gärreste, Kompost und Klärschlamm), bei den Kulturarten, bei den gasförmigen Verlusten und beim Leguminosenanbau genutzt werden.

1.2. Entwicklungen der Beschaffenheit des Grundwassers (Immissionen)

Gleichzeitig soll über die langfristigen Entwicklungen der Grundwasserbeschaffenheit berichtet werden. Als rechtliche Bewertungsmaßstäbe sollen der Grenzwert 50 mg/l der Nitratrichlinie sowie Trends oberhalb des Wertes von 37,5 mg/l gemäß § 10 Grundwasserverordnung in Verbindung mit § 13a Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 bis 3 DüV herangezogen werden. Auch oberhalb des Grenzwertes von 50 mg/l sollen Trends ermittelt werden, um die langfristigen Entwicklungen besser prognostizieren zu können.

1.3. Prognosen aufgrund von Modellierungen / Modellregionen

Um die Wissenslücke zwischen kurz- und langfristigen Entwicklungen zu schließen, werden auf der Grundlage von AGRUM-DE-Modellierungen die erwarteten Entwicklungen der Nitratgehalte im Grundwasser prognostiziert und berichtet. Diese sollen sich an methodischen Vorgaben des entsprechenden Leitfadens CIS 26 (Guidance Document No. 26. Guidance on Risk Assessment and the Use of Conceptual Models for Groundwater Technical Report – 2010 – 042) orientieren.

Als Indikatoren für die Nitrataustragsgefährdung sollen u. a. ausgehend von den landwirtschaftlichen Stickstoffsalden im gleitenden mehrjährigen Mittel und die modellierten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser herangezogen werden.

In den Modellregionen werden auf Schlag- und Betriebsebene rechnerische und analytische Indikatoren zur Bewertung der Wirkung der Maßnahmen der DüV auf der Ebene der Anwendung bei repräsentativen Praxisbetrieben erhoben. Die Erhebungen dienen zunächst einer differenzierten Erfassung des Ist-Zustands und der spezifischen bewirtschaftungs- und standortbedingten Faktoren, welche eine Nitratbelastung bedingen. Hieraus kann bereits eine erste Prognose auf die voraussichtliche Wirkung bestimmter Maßnahmen getroffen werden. Im zeitlichen Fortlauf wird dann auch die Entwicklung der Stickstoffausträge zunehmend betrachtet werden können. Durch die umfangreichen Datenerhebungen auf den Betrieben, das Messprogramm sowie die Erfassung von Begleitparametern kann die Ausprägung der jeweiligen Indikatoren detailliert nachvollzogen werden.

2. Eutrophierung der Oberflächengewässer

2.1. Entwicklungen der Emissionen aus der Landwirtschaft

Zur Beurteilung der Entwicklung der Phosphatsituation sollen vorrangig die nach § 14 AVV GeA als eutrophierte Gebiete ausgewiesenen Einzugs- und Teileinzugsgebiete betrachtet und dabei Indikatoren ausgewertet werden, die noch intern abzustimmen sind.

Kurz- und mittelfristig können Indikatoren in einer räumlichen Auflösung unterhalb der Länderebene abgebildet werden, sofern hierzu die erforderlichen Eingangsdaten durch die Bundesländer bereitgestellt werden. Zusammen mit den Ländern soll daher erörtert werden, welche Daten bereit gestellt werden können. .

2.2. Entwicklungen der Beschaffenheit der Oberflächengewässer (Immissionen)

Die Ermittlung und Einstufung der ortho-Phosphat-Konzentration in Fließgewässern, der Gesamt-Phosphor-Konzentration in Seen sowie des ökologischen Zustands der relevanten biologischen Qualitätskomponenten ist gemäß den Vorgaben der §§ 4, 5 und 10 Oberflächengewässerverordnung durchzuführen. Als übergeordneter Bewertungsmaßstab für die langfristigen Entwicklungen der Beschaffenheit der Oberflächengewässer ist daher § 5

Oberflächengewässerverordnung und AVV GeA heranzuziehen. Die jeweils konkreten Bewertungsmaßstäbe für die verschiedenen Gewässertypen enthält die Anlage 7 zu § 5 c).

2.3. Prognosen aufgrund von Modellierungen / Modellregionen

Ergänzend sollen schließlich auf der Grundlage von AGRUM-DE (und ggf. ergänzender Ländermodelle) Modellierungen über

- das Bodenabtragspotenzial,
- den Phosphorausstrag von landwirtschaftlichen Flächen durch Abschwemmung, Wassererosion und Dränagen,
- ergänzend den diffusen Phosphorausstrag über Zwischenabfluss, Grundwasser, atmosphärische Deposition auf Wasserflächen sowie
- den Phosphorausstrag aus Punktquellen

durchgeführt werden.

Um die Auswirkungen der DüV auf den P-Austrag aus landwirtschaftlichen Flächen modellieren zu können, ist zu prüfen, auf welcher Ebene (z.B. Kreisebene) statistische Daten erforderlich sind, z.B. zur P-Bodenversorgung oder zur Bodenbedeckung. Die weitere Vorgehensweise ist mit den Ländern abzustimmen.

Das Monitoring könnte langfristig Erkenntnisse über die Verlagerung von N und P mit Sicker- und Dränagewasser liefern – auch unter Berücksichtigung der Maßnahmenumsetzung nach EU-WRRL.

Bereits im Monitoringkonzept aus 2020 („Monitoring zur Düngeverordnung 2020“) wurde festgestellt: Die bestehenden Vorgaben des Wasserrechts bilden die rechtlichen Maßstäbe, an denen das Monitoring ausgerichtet wird. Als Bewertungsmaßstäbe sollten, wie im damaligen Konzept beschrieben, für die Grundwasserbelastung mit Nitrat die Vorgaben der Nitrat-RL sowie der Grundwasserverordnung, als Bewertungsmaßstäbe für die Eutrophierung der Oberflächengewässer die Vorgaben der Oberflächengewässerverordnung herangezogen werden.

In den folgenden Kapiteln (Kapitel 4 bis Kapitel 6) werden die drei Ebenen des Monitoringsystems ausführlich beschrieben, wobei auf erste aktuelle Ergebnisse (Ebene Emissionen und Ebene Immissionen) eingegangen wird bzw. zur Veranschaulichung exemplarische Ergebnisse (Ebene hydrologische Modellierung / Modellregionen) eingefügt wurden.

Bereits an dieser Stelle sei hervorgehoben, dass die Ableitung der Parameter und Kriterien, nach welchen eine abschließende Bewertung der Effizienz der Maßnahmen der DüV erfolgen soll, auf der Ebene Emission und Immission weitestgehend feststeht, auf der Ebene hydrologische Modellierung / Modellregionen jedoch noch nicht abgeschlossen ist. Grundsätzlich sind alle „erwartbaren Modellergebnisse“ (vgl. z. B. Kapitel 6.1.2, Kapitel 6.2.2,

Kapitel 6.3.3 und Kapitel 6.2.4) hierfür geeignet. Die Ableitung und Abstimmung der Bewertungskriterien ist ein Prozess, der in der zweiten Phase mit dem Begleitarbeitskreis der Bundesländer intensiv diskutiert und anschließend im Bund-Länder-Lenkungsgremium abgestimmt wird. Die diesbezüglichen Festlegungen werden im 2. Monitoringbericht (November 2021) dokumentiert (vgl. Kapitel 3.2).

3.5 Einordnung des 1. Monitoringberichts

Die Vorlage des 1. Monitoringberichts zur Wirkung der Düngeverordnung im Sommer 2021 ist ein erster Meilenstein für die Umsetzung des vereinbarten Monitoringsystems. Die Vielzahl der von den Ländern zu erhebenden und anschließend zentral auszuwertenden Daten bedingt, dass dieses System bei Bund und Ländern zunächst zügig aufzubauen ist. Die Qualität der zu berichtenden Daten wird sich in den Folgejahren sukzessive verbessern. Im kommenden halben Jahr sind die dafür notwendigen Rechtsgrundlagen – insbesondere für die Lieferung der Daten zur landwirtschaftlichen Bewirtschaftung – vom Bund zu schaffen.

Dieser Bericht erläutert daher, wie die konzeptionellen Überlegungen des aus drei Ebenen bestehenden Monitoringsystems in der Praxis operationalisiert werden können. Neu ist dabei der Ansatz, die Informationen unterschiedlicher Datengrundlagen aus Land- und Wasserwirtschaft strukturell auf regionaler Ebene deutschlandweit miteinander zu verknüpfen, um so ein Indikatorensystem aufzubauen, mit dem auf unterschiedlichen Ebenen die Entwicklung der Stickstoff- und Phosphor-Emissionen sowie die Stickstoff-Konzentrationen im Grundwasser sowie die Phosphat- und Phosphor-Konzentration in Fließgewässern und Seen jeweils sowohl innerhalb der belasteten Gebiete als auch außerhalb beschrieben werden kann.

Die jeweils für Ende 2021 und 2022 vorgesehenen Berichte sind weitere Meilensteine, in denen über den bis dahin erzielten Fortschritt bei der Festlegung der Datengrundlagen, der Methodik und Auswertungen nachvollziehbar informiert wird. Der Anteil neu erhobener Daten und Ergebnisse wird in den Berichten, sobald die dafür benötigten Strukturen bei Bund und Ländern aufgebaut sind, daher stetig zunehmen. Aus diesen Daten werden sich positive Entwicklungen, die bereits jetzt beim Einsatz von Düngemitteln erkennbar sind, zeitlich verzögert, auch auf den anderen Ebenen des Monitoringsystems identifizieren lassen.

4 Erste Monitoringebene: Emissionen Ziel

des Teilmoduls

Als zu berichtende Emission wird „*die kurzfristige Entwicklung der Anwendungen von Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Flächen (Emissionen aus der Landwirtschaft)*“ (vgl. Konzept vom April 2020, S. 7) verstanden. Ziel ist es, die kurzfristige Entwicklung des reduzierten Düngedarfes und des Ertragsniveaus, insbesondere in mit Nitrat belasteten Gebieten, aufzuzeigen.

Vorgehensweise

Einschätzungen zur Entwicklung der Emissionen werden aus vorliegenden statistischen Daten und den zukünftig zu erhebenden „Düngedaten“ abgeleitet. Diese beinhalten keine Modellergebnisse, d. h., es fließen keine Erkenntnisse aus den Bereichen „Modellierung“ und „Modellregionen“ in dieses Modul ein. Betriebliche Düngedaten stellen die Basis für erste differenzierte Aussagen zur Entwicklung der Emissionen dar, insbesondere in den mit Nitrat belasteten Gebieten. Bis diese Daten zur Verfügung stehen, werden statistische Angaben herangezogen.

Die statistischen Informationen sind für den ersten Bericht so ausgewählt, dass sie direkte Maße oder bestmögliche Näherungen für landwirtschaftliche Emissionen sind (bspw. der sektorale Absatz von Mineraldüngern) oder ansonsten zumindest Rückschlüsse auf diese zulassen (bspw. Entwicklung der Viehbesatzdichte als Proxy für den Anfall an Wirtschaftsdüngern). Das Modul „Emissionen“ wird durch die Hinzunahme der Düngedaten in Zukunft noch wesentlich detaillierter dargestellt werden können.

Voraussichtlich können ab 2023 erste jährliche Aussagen zur regionalen Entwicklung des Düngemiteleinsatzes und der Erträge durch die Verwendung der durch die Bundesländer zu erhebenden Düngedaten getroffen werden. Die Daten sollen in mit Nitrat belasteten Gebieten flächenbezogen, in den übrigen Gebieten betriebsbezogen erhoben und in der Bundesdatenbank zusammengeführt und ausgewertet werden. Diese Datengrundlage ermöglicht ein regionales Monitoring der Nährstoffzufuhr und erlaubt so ein frühzeitiges Erkennen ungünstiger Entwicklungen. Weiterhin können diese im Sinne „einzelbetrieblicher Daten“ zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten Gebieten für die AVV GeA herangezogen werden.

4.1 Aktuelle Ergebnisse zu landwirtschaftlichen Emissionsindikatoren

In den folgenden Unterkapiteln werden Entwicklungen der Emissionen auf Basis kurzfristig zur Verfügung stehender Indikatoren skizziert. Diese beruhen auf statistischen Daten und sind

entweder selbst Maße für landwirtschaftliche Emissionen (Absatz von Mineraldünger, Klärschlamm und Kompost) oder lassen zumindest Schlüsse auf diese zu (Viehbesatz, Biogasanlagenbestand). Räumliche Indikatoren werden für den ersten Monitoringbericht aus den Eingangsdaten von RAUMIS abgeleitet. Abschließend wird aufgezeigt, welche emissionsbezogenen Aussagen künftig erwartbar sind.

4.1.1 Entwicklung des Mineraldüngerabsatzes

Mineralischer Stickstoffdünger ist das bedeutsamste Düngemittel in Deutschland. Der Reinnährstoff-Absatz ging von etwa 1,9 Mio. t N (111 kg N/ha) im Wirtschaftsjahr 1999/00 um etwa 500.000 t auf 1,4 Mio. t N im Wirtschaftsjahr 2019/20 (84 kg N/ha) zurück (vgl. Abbildung 4-1). Im selben Zeitraum wird auch ein Rückgang beim Absatz von mineralischem Phosphat verzeichnet, von 410.000 t (24 kg P₂O₅/ha) auf 219.000 t (13 kg P₂O₅/ha).²

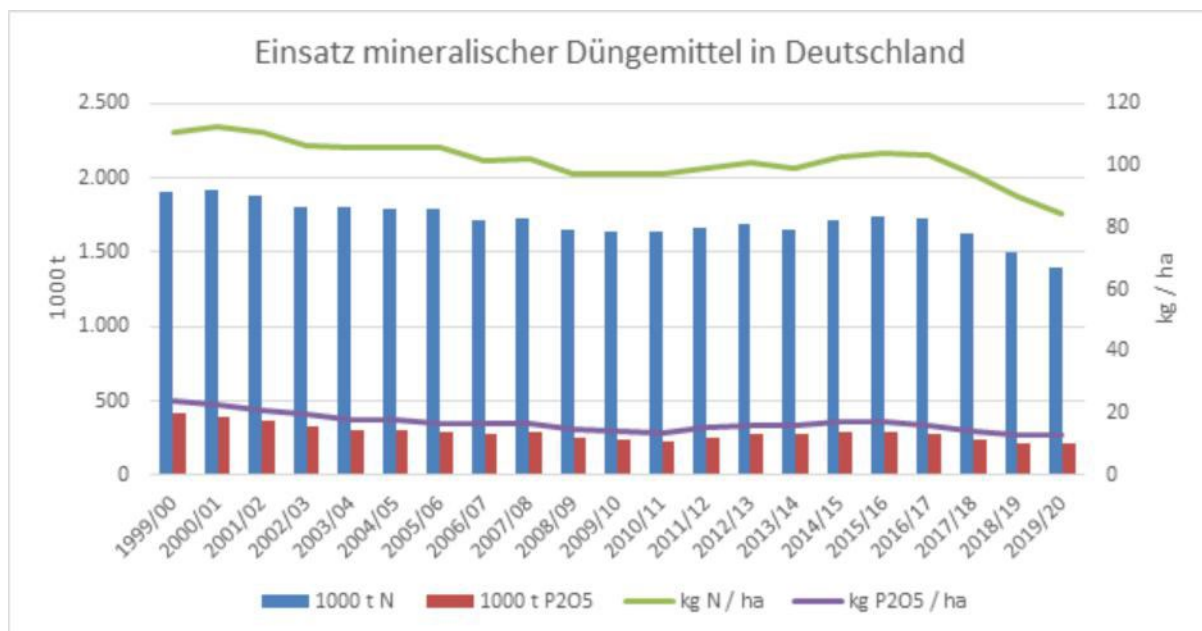


Abbildung 4-1: Düngemitelesatz in Deutschland, gleitendes Mittel (drei Jahre). Quelle: Stat. Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 8.2, Düngemittelversorgung

Der Mineraldüngerabsatz ist als gleitendes dreijähriges Mittel dargestellt, da die Absatzmenge eines Jahres aufgrund von überjähriger Lagerhaltung nur bedingt Rückschlüsse auf die tatsächlich gedüngte Menge zulässt. Jahre mit niedrigen Düngemittelpreisen bewirken einen Anreiz zum Lageraufbau; in Hochpreisphasen werden Lagerbestände auf den Betrieben tendenziell aufgebraucht.

Seit 2016 ist vor allem bei Stickstoff ein erheblicher Rückgang der Absatzmengen zu beobachten. Ein wichtiger Grund dafür dürfte die Anpassung der Betriebe an die Novelle der

2 Bei den Angaben je Hektar ist der Rückgang der LF in Deutschland um etwa 400.000 ha zu beachten. 2000: 17,1 Mio ha; 2019: 16,7 Mio ha.

Düngeverordnung von 2017 sein, die eine umfängliche Neuregelung der Düngebedarfsermittlung mit sich brachte. Hinzu kommen die Trockenjahre 2018, 2019 und (in Teilen Deutschlands) 2020, die mit Mindererträgen und damit in den Folgejahren verfügbaren Bodenstickstoffmengen einhergingen.

4.1.2 Entwicklung des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern

Zur Verbringung von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und aus der Biogasproduktion stehen keine sektoralen Zeitreihen zur Verfügung. Eine Erfassung der Wirtschaftsdüngermengen erfolgte in Deutschland zuletzt im Rahmen der Agrarstrukturhebungen 2010 und 2016 (Stat. Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 2.2.2, Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft in landwirtschaftlichen Betrieben). Für den Sektor ist daraus Folgendes zu entnehmen:

Im Jahr 2010 wurden in Deutschland insgesamt 191 Mio. m³ flüssiger Wirtschaftsdünger ausgebracht, darunter 115 Mio. m³ Rindergülle, 37 Mio. m³ Schweinegülle, 7 Mio. m³ Jauchen und sonstige Gülle sowie 32 Mio. m³ flüssiger Biogas-Gärrest. Zusätzlich wurden insgesamt 28.000 t fester Wirtschaftsdünger (Festmist, fester Biogas-Gärrest, Geflügeltrockenkot) verbraucht.

Im Jahr 2015 wurden in Deutschland insgesamt 204 Mio. m³ flüssiger Wirtschaftsdünger ausgebracht, darunter 106 Mio. m³ Rindergülle, 31 Mio. m³ Schweinegülle, 4 Mio. m³ Jauchen und sonstige Gülle sowie 62 Mio. m³ flüssiger Biogas-Gärrest. Zusätzlich wurden insgesamt 22.000 t fester Wirtschaftsdünger (Festmist, fester Biogas-Gärrest, Geflügeltrockenkot) verbraucht.

Insgesamt stieg die Verbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern von 2010 bis 2015 um knapp 7 % an, während die Zufuhr von Festmist auf die Flächen um 21 % zurückging. Wesentlicher Grund für die Zunahme der mengenmäßigen Wirtschaftsdüngerverbringung ist die Düngung mit flüssigen Gärresten, die sich aufgrund des starken Anlagenzuwachses im Zeitraum fast verdoppelt hat (vgl. Kapitel 4.1.4 zur Entwicklung der Biogasproduktion).

Detailliertere Aussagen über die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern können aber auch aus der Entwicklung der Viehbestände und der Kapazitäten von Biogasanlagen abgeleitet werden, für die längere statistische Zeitreihen zur Verfügung stehen. In den folgenden beiden Unterkapiteln wird deren Entwicklung kurz dargestellt.

4.1.3 Viehbestände

In Abbildung 4-2 links ist die Entwicklung des gesamten Viehbesatzes seit dem Jahr 2000 dargestellt. Insgesamt sind die Viehbestände in Deutschland seit über zwei Jahrzehnten rückläufig. Die Viehbesatzdichte ging zwischen 2000 und 2020 um insgesamt ca. 0.1 GV/ha zurück. Dies ist vor allem in der seit Jahren zurückgehenden Rinderhaltung begründet (Abbildung 4-2 rechts). Betrug die Anzahl der gehaltenen Rinder um die Jahrtausendwende

noch knappe 15 Millionen, werden aktuell nur noch etwas mehr als 11 Millionen Rinder in Deutschland gehalten (äquivalent zu einem Rückgang von 0,1 GV/ha). Es ist zu erwarten, dass dieser Trend auch in Zukunft Bestand hat: Die anhaltende Diskussion um die Stellung der Nutztierhaltung in der Gesellschaft sowie wiederkehrende Krisen auf den Exportmärkten (z. B. bedingt durch die Afrikanische Schweinepest) sowie die sich erhöhenden Anforderungen an Stallungen (Luftreinigung, Tierwohl) bieten den Betrieben wenig Anreize für einen Ausbau der Viehhaltung.

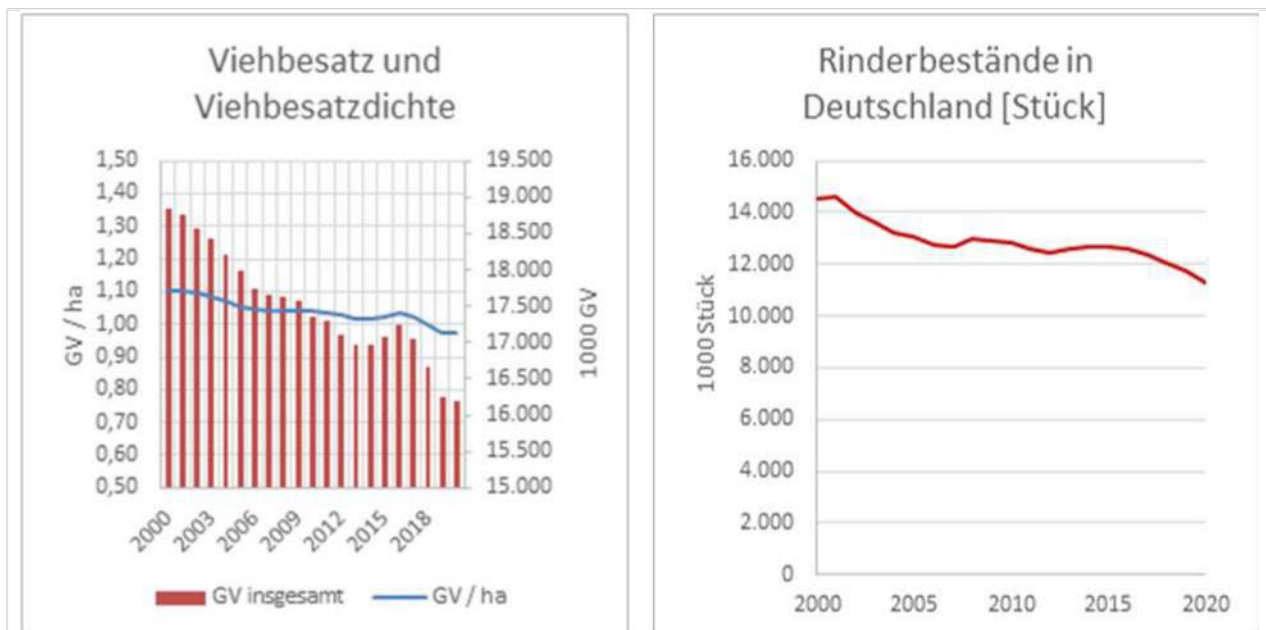


Abbildung 4-2: *Sektoraler Viehbesatz (links, dreijähriges Mittel, extrapoliert) und Rinderbestände (rechts) seit 2000 in Deutschland. Quellen: Stat. Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.1. Viehbesatzdichte berechnet mit GV-Schlüssel nach EUROSTAT: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Livestock_unit_\(LSU\)/de](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Livestock_unit_(LSU)/de)*

Mit abnehmenden Viehbeständen ist auch der Wirtschaftsdüngeranfall aus der Tierhaltung rückläufig. Beispielsweise bewirkt die Schrumpfung der Rinderbestände eine geschätzte Reduzierung des Stickstoffanfalls in den Ställen um etwa 150.000 t N (ca. 9,7 kg N/ha, ausgehend von im Mittel 88 kg N/GV). Der gesamte Rückgang des N-Anfalls aus tierischen Wirtschaftsdüngern liegt für den Zeitraum in ähnlicher Größenordnung.

Ergänzend ist in Abbildung 4-3 die regionale Verteilung der Viehhaltung in Deutschland (rechts) und der Raufutterfresser (links) dargestellt. Hohe Viehbesatzdichten und damit hohe Aufkommen an tierischen Wirtschaftsdüngern finden sich im Nordwesten und im Südosten Deutschlands. Rinderhaltung (dominierende Tierart in der Kategorie der Raufutterfresser) ist vor allem in den Küstenregionen der Nordsee, auf der Geest sowie im süddeutschen Raum präsent.

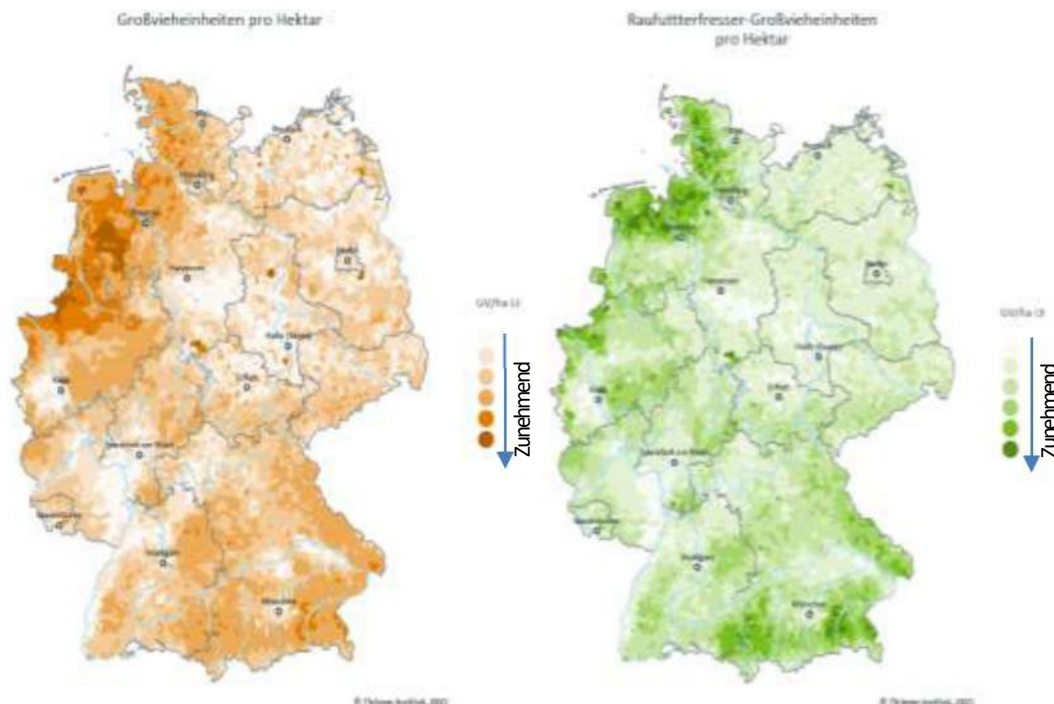


Abbildung 4-3: Regionale Viehbesatzdichte für alle Tiere (links) und für Raufutterfresser (rechts). Quelle: AGRUM-DE, Modell RAUMIS, Jahre 2014-2016

4.1.4 Biogaserzeugung

Gärreste sind nährstoffhaltige Rückstände aus Gärprozessen, die häufig in der Landwirtschaft als Dünger verwendet werden. Ihr Volumen hängt vorwiegend von der Kapazität einer Anlage ab, die in der Regel anhand der installierten elektrischen Leistung gemessen wird. Der über die Gärreste verbundene Nährstoffanfall (Anlagenoutput) entspricht dabei in etwa der Nährstoffmenge, die durch Gärsubstrate (Anlageninput) in die Anlagen gelangt.

Die Anlagenkapazitäten in Deutschland haben in Folge des Erneuerbare-Energien-Gesetzes von 2004 stark zugenommen (vgl. Abbildung 4-4). Die gesamte installierte Leistung beträgt derzeit etwa 3.800 MW und hat sich seit 2004 fast vervierfacht. In den letzten zehn Jahren hat sich allerdings der Zuwachs verlangsamt. So ist ab 2014 eine Stagnation der Leistungskapazitäten bei leicht wachsender Anlagenzahl zu beobachten. Dies ist insbesondere auf die fortlaufend angepassten Förderpolitiken zurückzuführen, bei der vor allem Vergütungssätze und der Anteil von Silomais als Input abgesenkt bzw. gedeckelt wurden. Dies hat eine Dämpfung der Neubaurate bei gleichzeitig konstantem oder bereits leicht steigendem Rückbau zur Folge.

Unter der Annahme etwa konstanter Substratinputs, insbesondere des Anteils von Wirtschaftsdüngern, kann von einer zur Entwicklung der Leistung analogen Entwicklung der Nährstoffzufuhr ausgegangen werden.

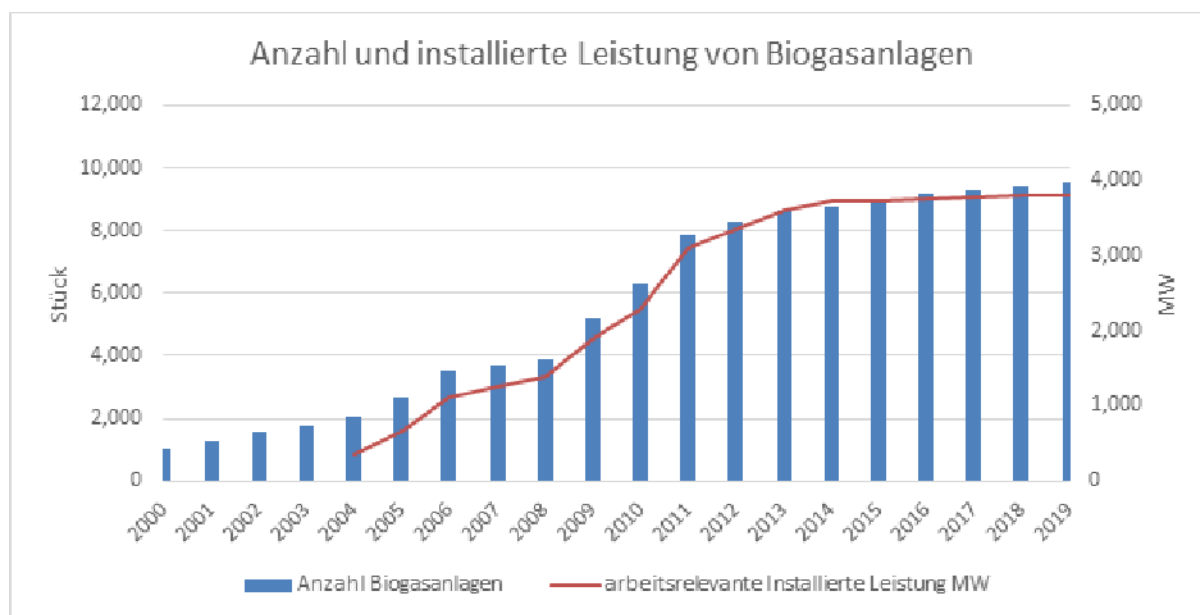


Abbildung 4-4: Entwicklung des Biogasanlagenbestandes und der installierten elektrischen Leistung (ohne Überbauung). Quelle: Eigene Darstellung mit Daten des Fachverbands Biogas. Entnommen aus: https://www.biogas.org/edcom/webfyb.nsf/id/de_branchenzahlen

4.1.5 Importe von Wirtschaftsdüngern aus Nachbarländern

Die Menge an importiertem Wirtschaftsdünger ist im Verhältnis zum Gesamtaufkommen von nachrangiger Bedeutung.³ In AGRUM-DE konnten außerdem für einige Bundesländer spezifische Daten zur Wirtschaftsdüngerverbringung ausgewertet werden. Danach liegt der Anteil von Wirtschaftsdüngerimporten bei der N-Zufuhr bei unter 1 % des N-Anfalls durch Wirtschaftsdünger insgesamt. Auf regionaler Ebene können Wirtschaftsdüngerimporte allerdings als Düngemittel oder Gärsubstrat bedeutend sein.

4.1.6 Entwicklung des Einsatzes sonstiger Düngemittel

Unter „sonstige Düngemittel“ wird der Einsatz von Sekundärrohstoffdüngern, Kultursubstraten, Bodenhilfsstoffen und Pflanzenhilfsmitteln berichtet, soweit dazu Informationen vorliegen bzw. eine nennenswerte Relevanz für landwirtschaftliche Emissionen gegeben ist. Derzeit stehen Zeitreihen zum Einsatz von Klärschlamm und Kompost sowie von Gärückständen aus Bioabfallvergärungsanlagen zur Verfügung (vgl. Abbildung 4-5). Sektoral sind diese Dünger von untergeordneter Bedeutung, ihr kumulierter Anteil an der Gesamtzufuhr an gedüngtem Stickstoff liegt deutlich unter 10 %.

Kompost wird seit einigen Jahren, besonders im ökologischen Landbau, vermehrt in der Landwirtschaft als Dünger eingesetzt. Neben seiner Düngewirkung ist Kompost aufgrund des

3 Vgl. <https://www.bundestag.de/resource/blob/527172/843713801f63311ed38a882384584c23/WD-5-056-17-pdf-data.pdf>.

hohen Anteils organischer Substanz aus pflanzenbaulicher Sicht positiv für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit zu bewerten. Das Einsatzvolumen stieg seit 2006 um ca. 800.000 t auf knapp 2,8 Mio. t Frischmasse 2018, was einer geschätzten Erhöhung der durchschnittlichen Nährstoffzufuhr durch Kompost um 0,7 kg N/ha bzw. 0,2 kg P₂O₅/ha entspricht.

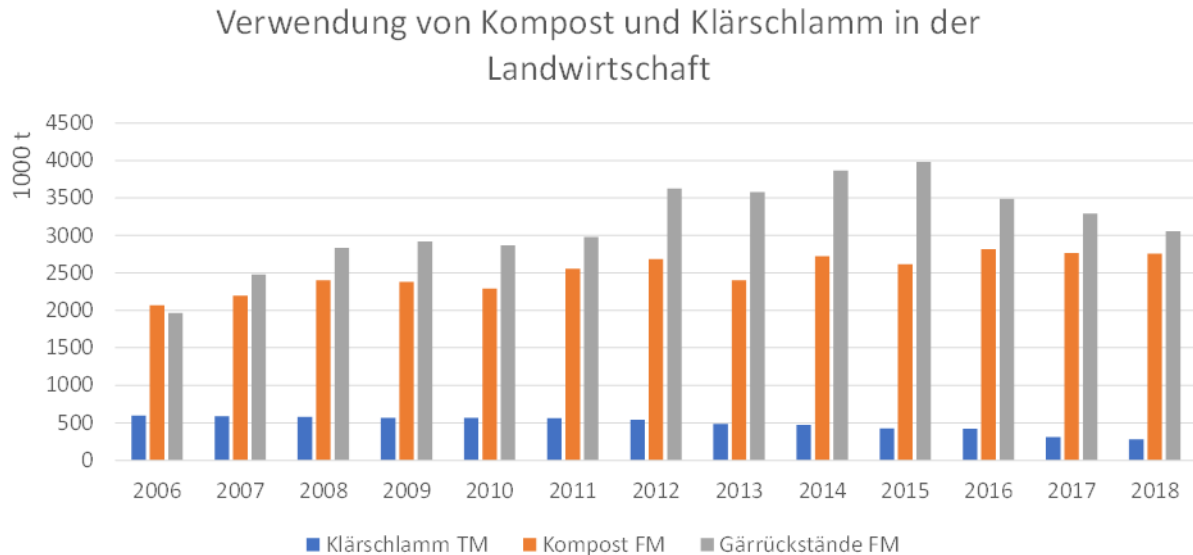


Abbildung 4-5: *Verwendung von Kompost (inkl. Klärschlammkompostierung) und Klärschlamm in der Landwirtschaft. Quelle: Stat. Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1. Angenommene Nährstoffgehalte: Klärschlamm 44 kg N/t TM, 66 kg P₂O₅/t TM; Kompost: 13 kg N/t TM, 3,9 kg P₂O₅/t TM; Gärrückstände: 10 kg N/t TM, 1,8 kg P₂O₅/t TM;*

Der Einsatz von Klärschlamm ist dagegen rückläufig. 2019 (286.000 t TM) wurde weniger als die Hälfte der Menge von 2006 (596.000 t TM) gedüngt. Klärschlämme sind vorwiegend als Phosphatdünger von ackerbaulichem Interesse, bergen aber das Risiko von Schadstoffeinträgen in den Boden (v. a. durch Schwermetalle) und in die Gewässer. Der entsprechende Rückgang der Nährstoffzufuhr wird auf 0,7 kg N/ha bzw. 1,2 kg P₂O₅/ha geschätzt.

Die Verbringung von Gärrückständen aus Bioabfallanlagen entspricht in ihrer Bedeutung für die Nährstoffzufuhr auf die Flächen in etwa der Zufuhr durch Kompost. Allerdings ist die Abschätzung der Zufuhr hier schwierig, da die Nährstoffgehalte in starkem Maße von den vergorenen Substraten abhängen. Seit 2015 ist allerdings auch ihr Einsatz rückläufig.

4.1.7 Ökologischer Landbau

Der ökologische Landbau ist eine ressourcenschonende Art der Landbewirtschaftung. Der Öko-Flächenanteil ist ein Indikator der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie. Der ökologische Landbau zeichnet sich durch positive Umwelteffekte aus, die durch im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft niedrigere Bewirtschaftungsintensitäten erreicht werden. Damit gehen geringere Nährstoffzufuhren und der Verzicht auf mineralische Düngung einher, durch in der Regel geringere Erträge allerdings auch niedrigere Abfuhr. Insgesamt ist eine höhere Nährstoffeffizienz im Vergleich zu konventionell wirtschaftenden Betrieben zu

erwarten, wobei zwischen Regionen und Betrieben große Heterogenität besteht. Der Flächenanteil unter ökologischer Bewirtschaftung steigt seit Ende der 1990er Jahre kontinuierlich an. Seit Mitte der 2010er-Jahre konnte der Zuwachs nochmals deutlich gesteigert werden (Abbildung 4-6). Derzeit liegt der Öko-Flächenanteil bei 9,7 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche, bis 2030 soll dieser auf 20 % steigen.

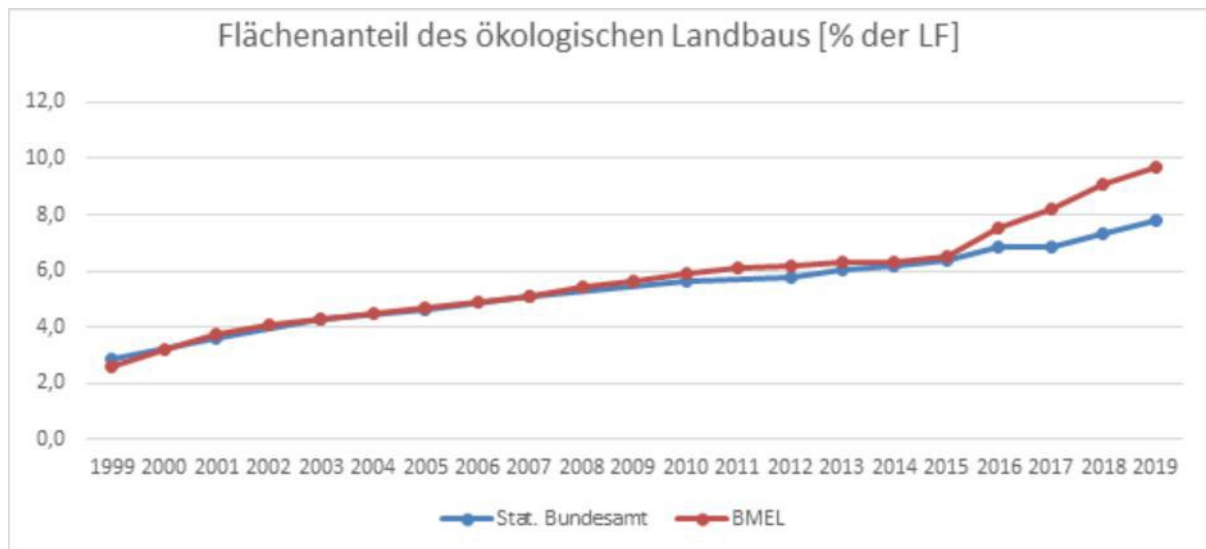


Abbildung 4-6: Flächenanteile des ökologischen Landbaus in Prozent der LF. Unterschiede in Erhebungsmethodik begründet. Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/oekologischer-landbau#okolandbau-in-deutschland>

Von den Flächen unter ökologischer Bewirtschaftung entfallen etwa 57 % auf Grünland, 43 % auf Ackerland. Eine quantitative Einschätzung zur Wirkung des ökologischen Landbaus auf landwirtschaftliche Emissionen, beispielsweise auf den Einsatz von Düngemitteln, ist an dieser Stelle mangels Daten nur schwer möglich.

4.2 Zukünftig erwartete Ergebnisse

Ab 2023 wird erwartet, dass Emissionsindikatoren mithilfe der neu zu erhebenden betrieblichen Düngedaten berechnet werden können. Diese umfassen inhaltlich flächen- und/oder betriebsscharfe Informationen aus der Düngedatenermittlung bzw. der Dokumentation der Düngung sowie zu den betrieblichen Durchschnittserträgen, ergänzt durch statistische Erhebungen wie der „Besonderen Ernte- und Qualitätsermittlung (BEE)“. Daraus lassen sich Einsichten zur betrieblichen Nährstoffzufuhr und der korrespondierenden Abfuhr gewinnen. Ab dem Folgejahr können dann auch Zeitreihen für einzelne Raumbezüge generiert werden.

Aus diesen Daten werden sich zusätzliche räumliche Indikatoren gewinnen lassen und die geforderte besondere Betrachtung von mit Nitrat belasteten Gebieten ermöglichen. Dadurch können die oben dargestellten sektoralen Indikatoren mit zusätzlichen Informationen im Raum unterlegt und eingeordnet werden. Von diesem Vorgehen wird erwartet, ein datengetriebenes,

umfassendes, realitätsnahes Bild der landwirtschaftlichen Emissionen zeichnen zu können, ohne dabei an dieser Stelle auf Modellergebnisse zurückgreifen zu müssen.

5 Zweite Monitoringebene: Immissionen

5.1 Kulissen und Maßnahmen

Grundwasser

Die Ausweisung von mit Nitrat belasteten Gebieten nach AVV GeA erfolgte in einem ersten Schritt auf Grundlage der Grundwasserkörper nach EU-Wasserrahmenrichtlinie, die wegen Nitrat in einem schlechten chemischen Zustand sind. Im letzten Bewirtschaftungszyklus (Stand 2016) waren das 27,1 % der Grundwasserkörper in Deutschland. Die Gebietsausweisung 2020 erfolgte auf Grundlage aktuellerer Daten des dritten Bewirtschaftungszyklus. Eine Zusammenfassung dieser Ergebnisse auf Bundesebene ist in Vorbereitung und wird 2022 vorgelegt und veröffentlicht. Die Ergebnisse des letzten Nitratberichts 2020 zeigen insbesondere an den unter landwirtschaftlichem Nutzungseinfluss stehenden Messstellen des EU-Nitratmessnetzes, bei denen rund 27 % den Schwellenwert überschreiten, ein hohes Belastungsniveau. Hauptquelle für die Belastung sind Stickstoffüberschüsse durch Düngung. In einigen Regionen Deutschlands, insbesondere in den Viehhaltungsregionen Nordwestdeutschlands, wo große Mengen an tierischen Wirtschaftsdüngern anfallen, wird die Qualitätsnorm zum Teil erheblich überschritten. Verstärkt wird diese Situation durch den in den letzten Jahren erfolgten Zuwachs an Biogasanlagen in den Viehhaltungsregionen. Diese verwenden neben Wirtschaftsdüngern vor allem Mais als Gärsubstrat für die Stromerzeugung. Die anfallenden Gärreste sind nährstoffreich und werden zusätzlich zu den anfallenden Wirtschaftsdüngern auf die Flächen ausgebracht. Obwohl neben der Düngung weitere, auch naturräumlich bedingte Faktoren für die Nitratbelastung des Grundwassers ursächlich sind, wird der Landwirtschaft der größte Handlungsbedarf, aber auch das größte Minderungspotenzial zur Reduzierung der Nitratreinträge in das Grundwasser zugesprochen. Zur Verringerung der Belastungssituation (Trendumkehr) sind deshalb umfassende Maßnahmen im Rahmen der Bewirtschaftung notwendig. Hierzu gehört zur Umsetzung der Nitratrichtlinie die Düngeverordnung im Bereich der Landwirtschaft einschließlich der erwähnten Ausweisung von mit Nitrat belasteten Gebieten. In den ausgewiesenen Gebieten gelten strengere Anforderungen an die Düngung, um lokale Nährstoffeinträge weiter zu reduzieren. Eine deutschlandweite Darstellung der regionalen Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete ist in der folgenden Karte (Abbildung 5-1) abgebildet:

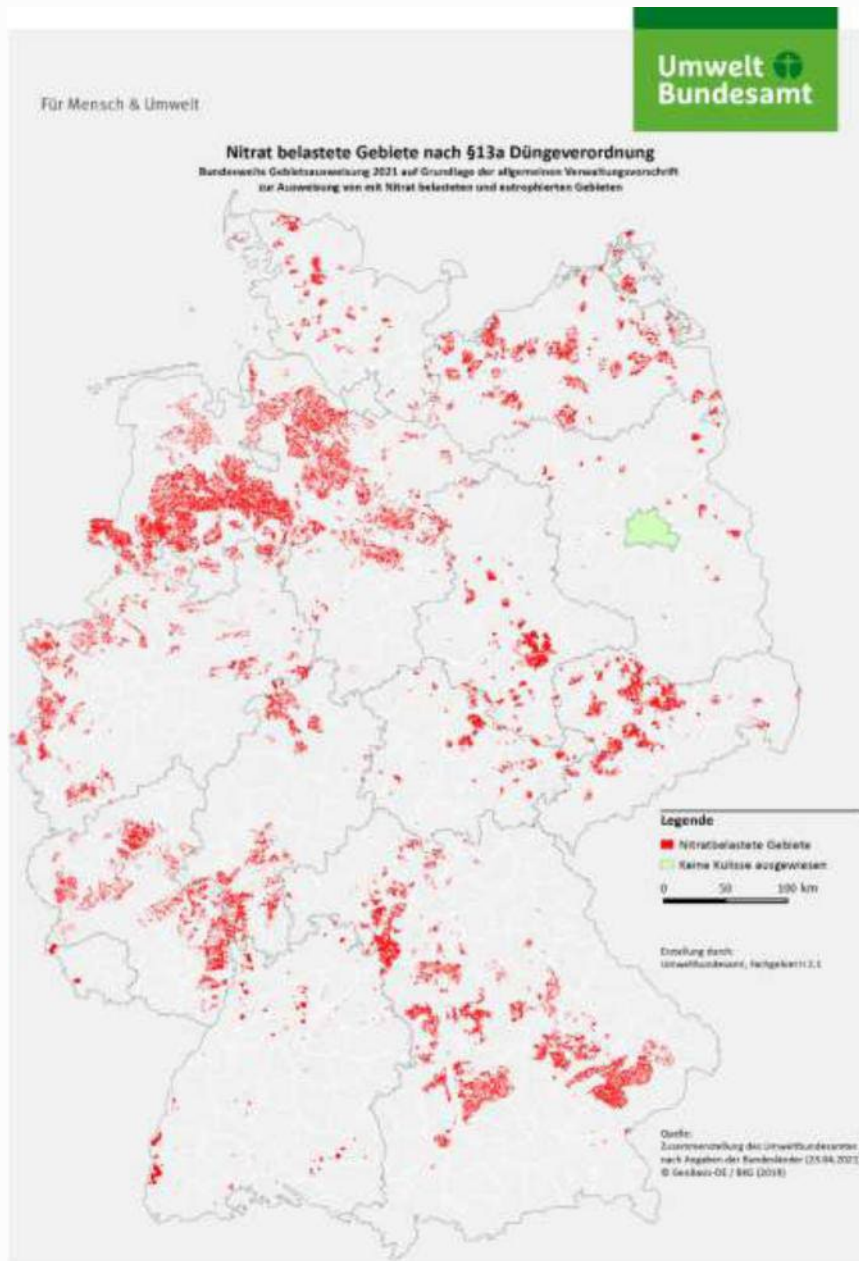


Abbildung 5-1: Regionale Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete in Deutschland.

Die Messstellenauswahl für die erstmalige Gebietsausweisung und das Wirkungsmonitoring orientieren sich an den Vorgaben des § 5 AVV GeA. Darin ist das Ausweisungsmessnetz definiert, das für eine immissionsbasierte Abgrenzung von belasteten und unbelasteten Gebieten in den Grundwasserkörpern nach § 4 Absatz 1 Nummer 1 bis 3 AVV GeA auf Basis der gemessenen Nitratkonzentration heranzuziehen ist. Das Ausweisungsmessnetz umfasst mindestens alle landwirtschaftlich beeinflussten Grundwassermessstellen des Wasserrahmenrichtlinienmessnetzes, des EUA-Messnetzes und des EU-Nitratmessnetzes. Zusätzlich haben einige Bundesländer Messstellen Dritter (z. B. Wasserversorger) für die Gebietsausweisung verwendet. Ausgenommen sind Messstellen im Abstrom von dominierenden Punktquellen anthropogenen, nicht-landwirtschaftlichen Ursprungs, die zur wesentlichen Veränderung der hydrochemischen Verhältnisse führen und damit Nitratwerte

über 50 mg Nitrat pro Liter bzw. steigende Trends ab 37,5 mg Nitrat pro Liter verursachen. Weiterhin muss gewährleistet sein, dass an den Messstellen kein signifikanter Zufluss von ungefiltertem Oberflächenwasser über Schadstellen, Drainagen oder Fremdwasser erfolgt. Die Messstellen müssen im Hauptgrundwasserleiter, also dem oberflächennächsten wasserwirtschaftlich bedeutsamen Grundwasserleiter, verfiltert sein und dürfen keine Mehrfachfilter oder Grundwasserleiter übergreifende Filter in unterschiedlichen Stockwerken haben. Die Messstellen müssen gemäß den allgemein anerkannten Regeln der Technik ausgebaut sein. In den Messstellendatenbanken der Länder sind die Angaben zur Funktionstüchtigkeit der Messstellen zu dokumentieren. Alle weiteren Anforderungen ergeben sich aus den Regelungen des Anhangs 1 der AVV GeA. Da mit dem Ausweisungsmessnetz nicht überall die Entwicklung außerhalb der ausgewiesenen mit Nitrat belasteten Gebieten überwacht werden kann, verbleiben im Messstellenpool des zukünftigen Wirkungsmonitorings auch Messstellen der bisher unbelasteten Gebiete. Damit soll im Rahmen des Monitorings sichergestellt werden, dass sich diese Gebiete nicht negativ entwickeln. Zur Gebietsausweisung wurden deutschlandweit rund 13.600 Messstellen verwendet. Bezogen auf die Gesamtfläche Deutschlands⁴ entspricht das einer mittleren Messstellendichte von rund 26 km² je Messstelle. Wird nur die landwirtschaftliche Fläche betrachtet, sind es 13 km² je Messstelle. Teile dieses Messnetzes werden in Zukunft auch für die Berichterstattung zum Wirkungsmonitoring und zusätzlich für die Berichterstattung zur EU-Nitratrichtlinie verwendet. Um die notwendige Messstellendichte in allen Bundesländern zu erreichen, werden die Länder in den kommenden Jahren ihre Landesmessnetze weiter optimieren und wo nötig weitere Messstellen einrichten.

Gebietsanteile an Landnutzungs- und Naturraumkategorien

Nachfolgend werden die Flächenanteile der Gebietsausweisungen durch die Bundesländer in Bezug zu verschiedenen Landnutzungskategorien und naturräumlichen Faktoren gegenübergestellt. Der Anteil der mit Nitrat belasteten Gebiete an Acker- und Grünlandflächen ist in Abbildung 5-2 dargestellt. Dabei wird deutlich, dass der überwiegende Teil der Flächen einer ackerbaulichen Nutzung unterliegt.

4 357.600 km² Landesfläche gesamt, 181.303 km² landwirtschaftliche Fläche, Quelle: DESTATIS 2021. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/inhalt.html>

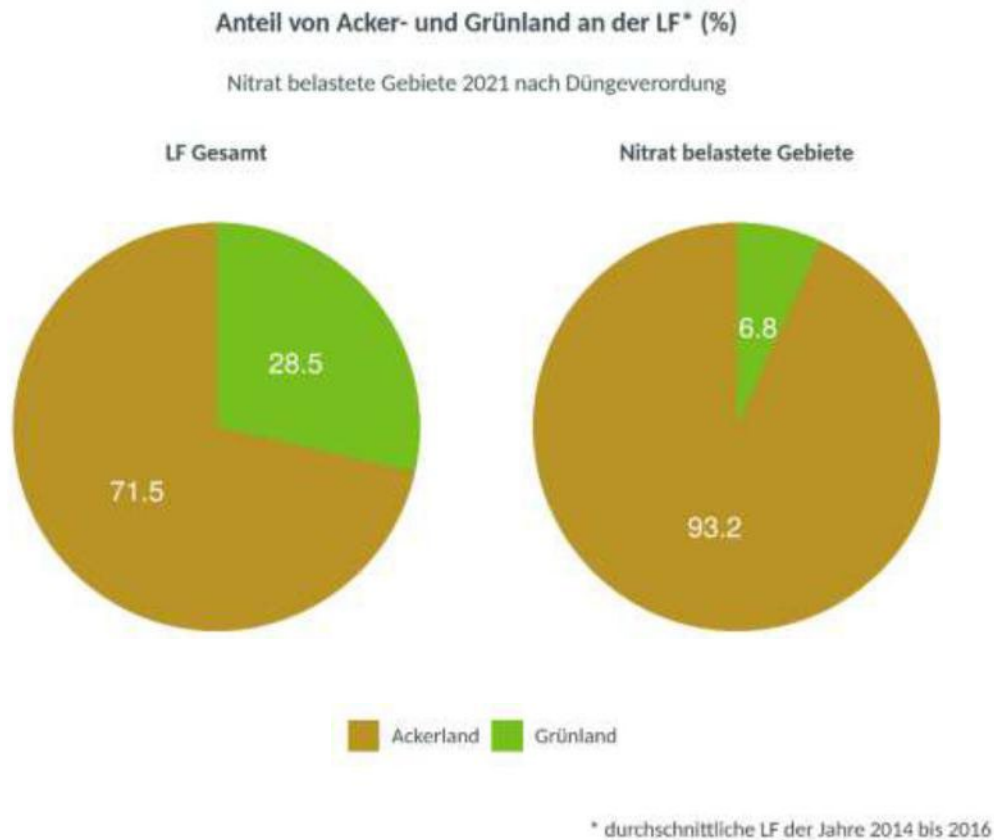


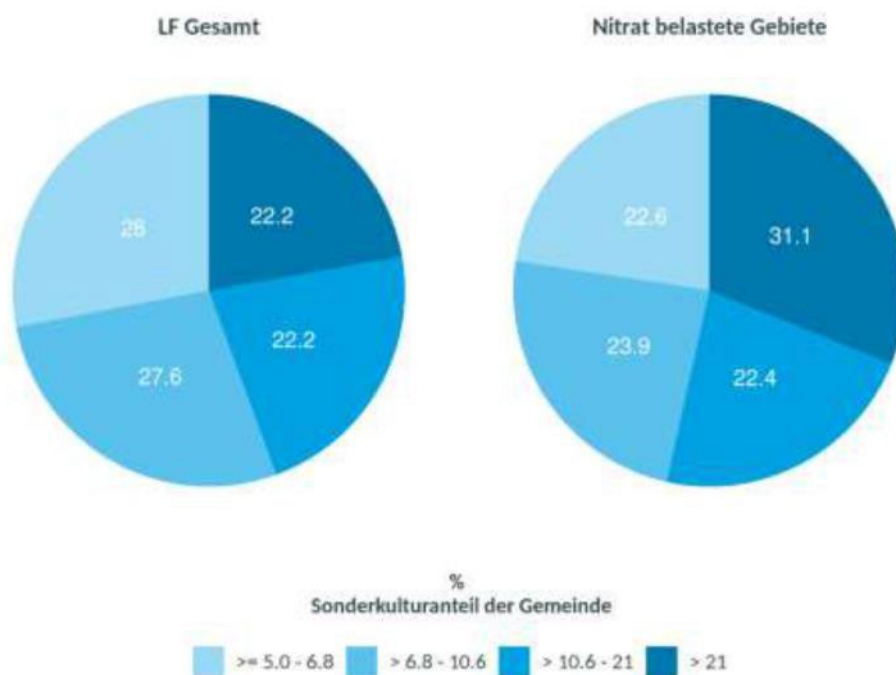
Abbildung 5-2: Anteile der mit Nitrat belasteten Gebiete an Acker- und Grünlandflächen. Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021

Neben Acker- und Grünlandgebieten sind auch einige Regionen mit einem hohen Anteil von Sonderkulturen⁵, die zur Erreichung der Qualitäten teilweise intensiv gedüngt werden müssen, von hohen Nitratreinträgen in das Grundwasser betroffen. Die folgende Abbildung 5-3 zeigt, dass bei der Gebietsausweisung diese Regionen besonders berücksichtigt wurden. Mehr als die Hälfte der ausgewiesenen Flächen, die sich in Regionen mit einem relevanten Sonderkulturanbau befinden, liegen in Gemeinden mit einem hohen oder sehr hohen Anteil Sonderkulturanbau.

5 Dazu zählen: Weinbau, Gemüsebau (inkl. Spargel, Artischocken), Obstbau (inkl. Freilanderdbeeren), Zierpflanzen, Dauerkulturen, Heilpflanzen, Kräuter, Rollrasen und Grasvermehrung, Hanf, Tabak, Faserflachs

Flächenverteilung der LF* nach dem Anteil an Sonderkulturen der jeweiligen Gemeinde (%)
(für Gemeinden mit min. 5 % Sonderkulturfläche)

Nitrat belastete Gebiete 2021 nach Düngeverordnung



* durchschnittliche LF der Jahre 2014 bis 2016

Abbildung 5-3: Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete in Gemeinden mit einem relevanten Anteil Sonderkulturflächen | Klassengrenzen als Quartile der Grundgesamtheit (Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021).

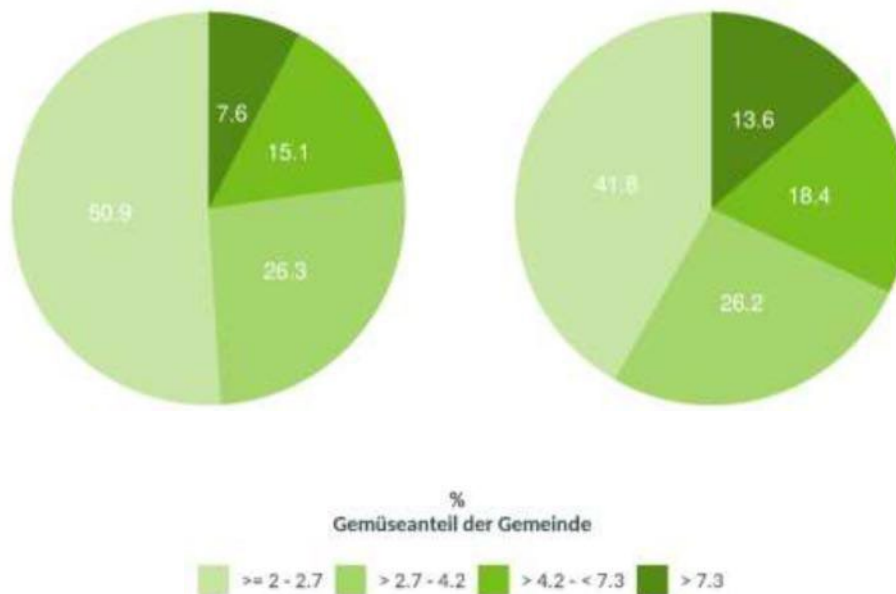
Bei einer ausschließlichen Betrachtung der Gemüsebauregionen zeigt sich ein ähnliches Bild (s. Abbildung 5-4). In Regionen mit einem hohen Anteil Gemüseanbau sind auch entsprechend viele belastete Gebiete ausgewiesen worden.

Flächenverteilung der LF* nach dem Anteil an Gemüse der jeweiligen Gemeinde (%)
(für Gemeinden mit min. 2 % Gemüsefläche)

Nitrat belastete Gebiete 2021 nach Düngeverordnung

LF Gesamt

Nitrat belastete Gebiete



* durchschnittliche LF der Jahre 2014 bis 2016

Abbildung 5-4: Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete in Gemeinden mit einem relevanten Anteil Gemüsebau | Klassengrenzen als Quartile der Grundgesamtheit. Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021

Abbildung 5-5 verdeutlicht, dass sich ein Schwerpunkt der ausgewiesenen Gebiete in Regionen mit hohen Viehbesatzdichten befindet. Während der Flächenanteil in Regionen mit sehr geringem Viehbesatz bis maximal 0,3 GVE/ha in beiden Diagrammen nahezu identisch ist, ist in Regionen mit hohen Viehdichten mit rund 50 % ein deutlich höherer Anteil der mit Nitrat belasteten Gebiete verortet. Ein ähnliches Bild zeigt sich in Regionen mit vielen Biogasanlagen (s. Abbildung 5-6) und Silomaisanbau (s. Abbildung 5-7).

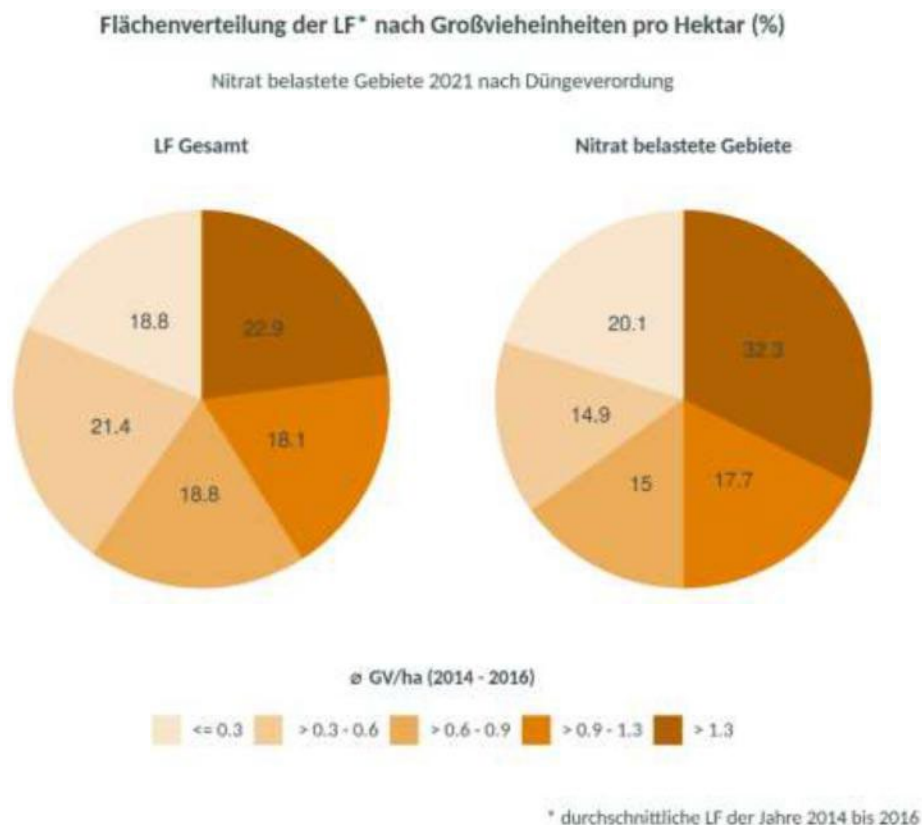


Abbildung 5-5: Deutschlandweite Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete nach Anteil der GVE/ha auf Gemeindeebene | Klassengrenzen als Quantile der Grundgesamtheit. Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021

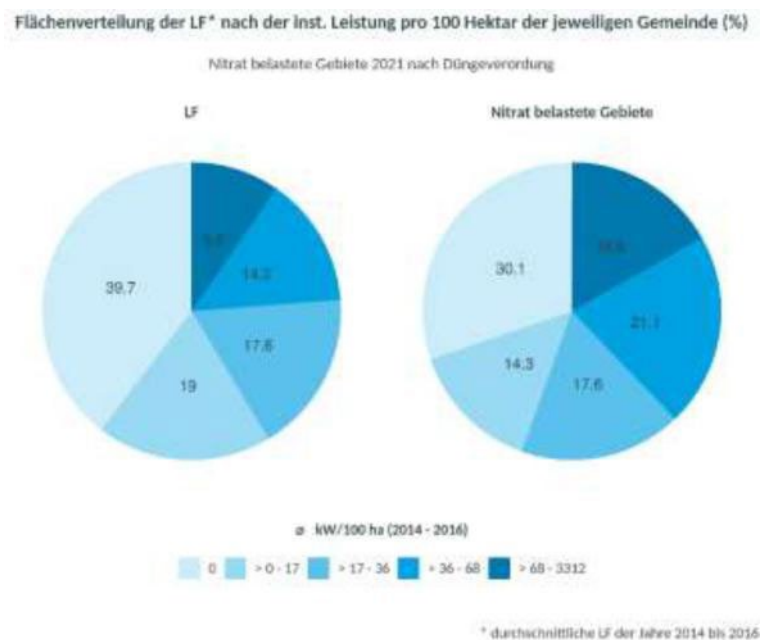


Abbildung 5-6: Deutschlandweite Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete nach gemeindebezogenen Flächenanteilen von Biogasanlagen (Leistung je 100/ha) | Klassengrenzen als Quartile der Grundgesamtheit. Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021

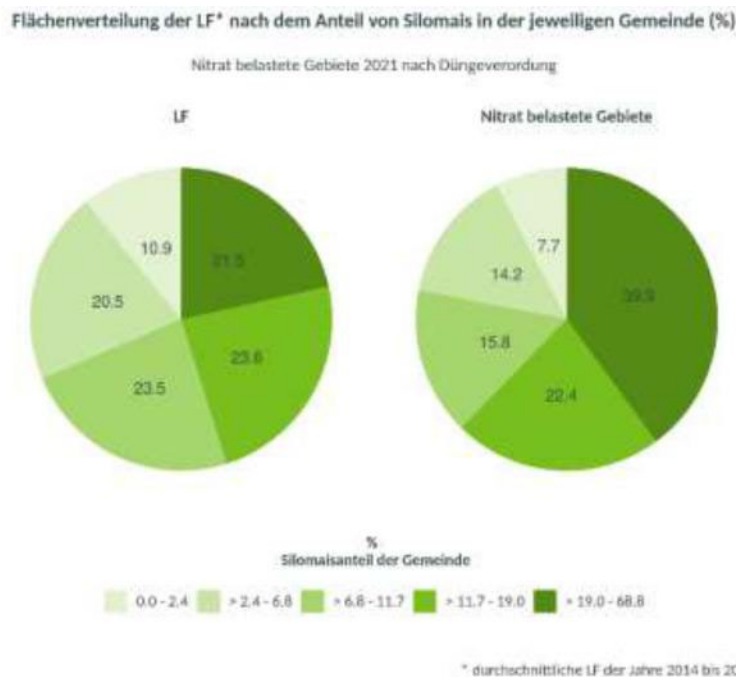


Abbildung 5-7: Deutschlandweite Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete nach gemeindebezogenen Flächenanteilen für Silomais | Klassengrenzen als Quantile der Grundgesamtheit. Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021

Neben den anthropogen bedingten Ursachen spielen auch naturräumliche Faktoren für die Nitratreinträge ins Grundwasser eine wichtige Rolle.

Die deutschlandweite Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete nach flächenbezogenen Niederschlagsmengen ist in Abbildung 5-8 dargestellt. Besonders in trockenen Regionen können aufgrund des fehlenden Verdünnungseffektes bereits geringe Stickstoffüberschüsse zu erhöhten Nitratkonzentrationen führen. Diese müssen aber nicht zwingend immer mit erhöhten Einträgen in das Grundwasser verbunden sein.

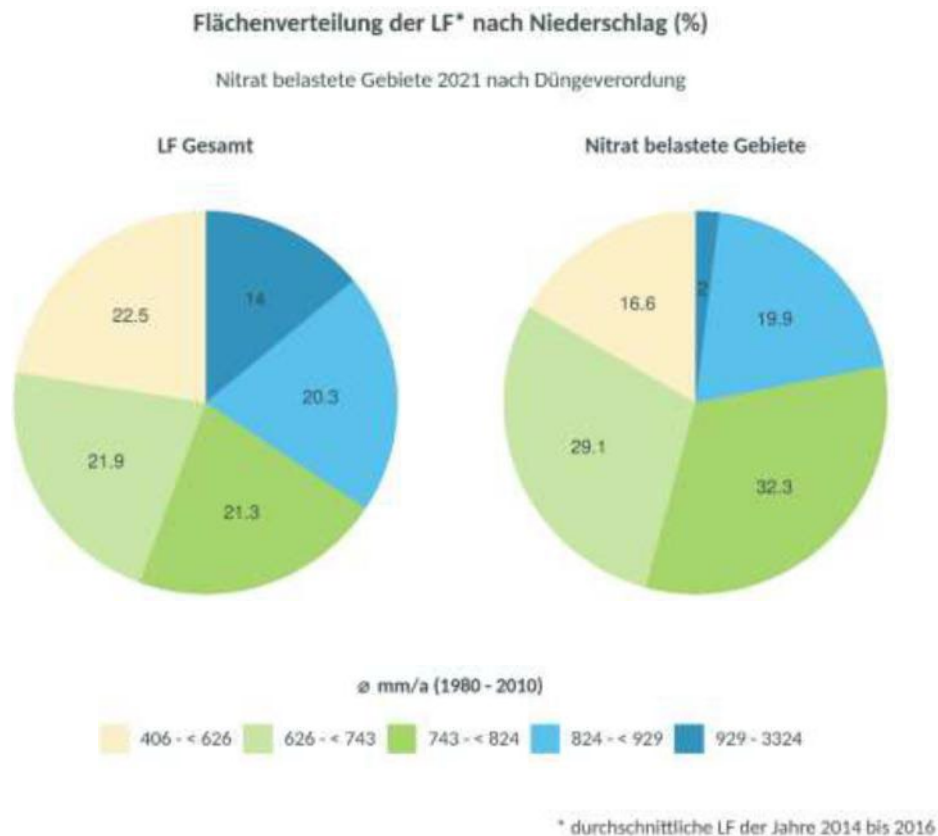


Abbildung 5-8: Deutschlandweite Verteilung der mit Nitrat belasteten Gebiete nach flächenbezogenen Niederschlagsmengen | Klassengrenzen als Quantile der Niederschlagsverteilung für Gesamtdeutschland nach den durchschnittlichen jährlichen Niederschlägen 1980-2010 laut DWD. Quelle: Thünen-Institut/UBA, eigene Berechnung 2021

Die Auswertungen zeigen in ihrer Gesamtheit, dass die von Deutschland ausgewiesenen Gebiete sich zu einem überwiegenden Teil auch tatsächlich in den Regionen befinden, in denen durch entsprechende landwirtschaftliche Tätigkeiten – häufig in Verbindung mit verschiedenen Produktionsschwerpunkten innerhalb einer Gemeinde – oder aufgrund von Standortbedingungen (Trockenstandorte) ein hohes Belastungsniveau vorliegt. Damit bildet die Gebietsausweisung in Deutschland eine maßgebliche Grundlage, um den Anforderungen des Artikels 1 der Nitratrichtlinie vollumfänglich gerecht zu werden.

Fließgewässer und Seen

Phosphorverbindungen gelangen über unterschiedliche Eintragspfade in Fließgewässer und Seen und fördern dort das Pflanzen- und Algenwachstum. Neben Einträgen aus der Abwasserbehandlung, der Kanalisation oder dem Niederschlag tragen insbesondere auch Einträge aus der Landwirtschaft zur Eutrophierung bei. Zur Verbesserung der Nährstoffsituation sind Maßnahmen an allen quantitativ bedeutsamen Eintragspfaden notwendig. Hierzu gehört die Umsetzung der Düngeverordnung im Bereich der Landwirtschaft

mit der Ausweisung von eutrophierten Gebieten, sowie die Umsetzung von Maßnahmen der Wasserrahmenrichtlinie im Bereich Landwirtschaft und aus anderen Verursacherbereichen.

Eutrophierte Gebiete sind nach § 13a Absatz 1 Nr. 4 DüV (2020) auszuweisen, wenn drei Kriterien erfüllt sind:

(I) Der Anteil landwirtschaftlich bedingter Phosphoreinträge in einem Einzugsgebiet ist „signifikant“. Verstanden wird darunter ein Wert von größer als 20 %, der sich aus der Rechtsprechung des EuGH herleitet. Der Landwirtschaft werden die diffusen Eintragspfade Erosion und Abschwemmung sowie Dränagen zugeordnet. Die Eintragspfade Zwischenabfluss (Interflow) oder Grundwasser können von den Bundesländern berücksichtigt werden, wenn sie nachweislich landwirtschaftlich bedingt sind. Die Ermittlung der Eintragspfade ist nur mit an Messdaten der Gewässerüberwachung validierten Modellsystemen, wie zum Beispiel AGRUM, MONERIS, MoRe oder STOFFBILANZ möglich. Für die Ausweisung in 2020 konnten die Länder ihre eigenen Modellansätze verwenden, weil diese vom Systemverständnis grundsätzlich vergleichbar sind. Ab 2024 sollen Berechnungsergebnisse einheitlich aus dem Modellsystem AGRUM-DE verwendet werden, wenn dieses bis dahin die Darstellungsebenen der Ländermodelle erreicht hat.

(II) Die Orientierungswerte für die ortho-Phosphat-Konzentration in Fließgewässern und die Gesamt-Phosphor-Konzentration in Seen werden nach der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) 2016 nicht eingehalten. Die Orientierungswerte wurden für Gewässertypen aufgestellt. Bei Überschreitungen kann der gute ökologische Zustand gemäß WRRL meistens nicht erreicht werden. Die Prüfung, ob die Orientierungswerte eingehalten sind, basiert auf regelmäßigen Messungen in den Oberflächengewässern, die im Rahmen des WRRL-Monitorings nach den Vorgaben der OGewV 2016 durchgeführt werden.

(III) Der Zustand der Gewässerflora ist mit schlechter als „gut“ eingestuft; hier wird ebenfalls auf Ergebnisse der WRRL-Bewertung bezogen auf die Wasserkörper für den ökologischen Zustand zurückgegriffen.

Nur wenn alle drei Bedingungen erfüllt sind, kann ein Einzugsgebiet in eine Kulisse der eutrophierten Gebiete aufgenommen werden. Zudem muss der regionalabhängig definierte flächenspezifische Phosphoreintrag aus der Landwirtschaft einen Schwellenwert überschreiten, da Phosphoreinträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen nicht vollständig vermeidbar sind. Diese Schwellenwerte sind im norddeutschen Tiefland niedriger, weil hier der Haupteintrag über Dränagewasser mit leichter bioverfügbarem ortho-Phosphat erfolgt und im Mittelgebirge und der Alpenregion höher, weil hier der Haupteintrag über Erosion erfolgt und diese Einträge nicht unmittelbar bioverfügbar sind.

Für die so ausgewiesenen Gebiete müssen in der Landesdüngeverordnung mindestens zwei Maßnahmen festgelegt werden, die geeignet sind, den landwirtschaftlich bedingten Phosphoreintrag in Gewässer wirksam zu reduzieren. Weist ein Bundesland keine Kulissen aus,

erhöhen sich nach § 13a Absatz 5 DüV 2020 landesweit die Abstände zu Oberflächengewässern in Abhängigkeit von der Hangneigung.

In Deutschland haben sieben Bundesländer (Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt, Thüringen) eine Kulisse der eutrophierten Gebiete ausgewiesen. Fünf Bundesländer (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Sachsen, Schleswig-Holstein) nutzen § 13a Absatz 5 DüV (2020). Niedersachsen hat für Seen eine Kulisse ausgewiesen und nutzt für Fließgewässer § 13a Absatz 5 DüV (2020). In Berlin, Bremen und Hamburg werden keine Kulissen ausgewiesen, da die dafür erforderlichen Kriterien nicht erfüllt sind. Die ausgewiesenen Kulissen sind je nach regionalen Verhältnissen unterschiedlich groß und reichen von 1,3 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) in Niedersachsen, über etwa 7 % LF in Sachsen-Anhalt, bis zu etwa 29 % LF in Bayern oder 45 % LF in Thüringen.

Eine deutschlandweite Darstellung der regionalen Verteilung der eutrophierten Gebiete ist in der folgenden Karte dargestellt (Abbildung 5-9):

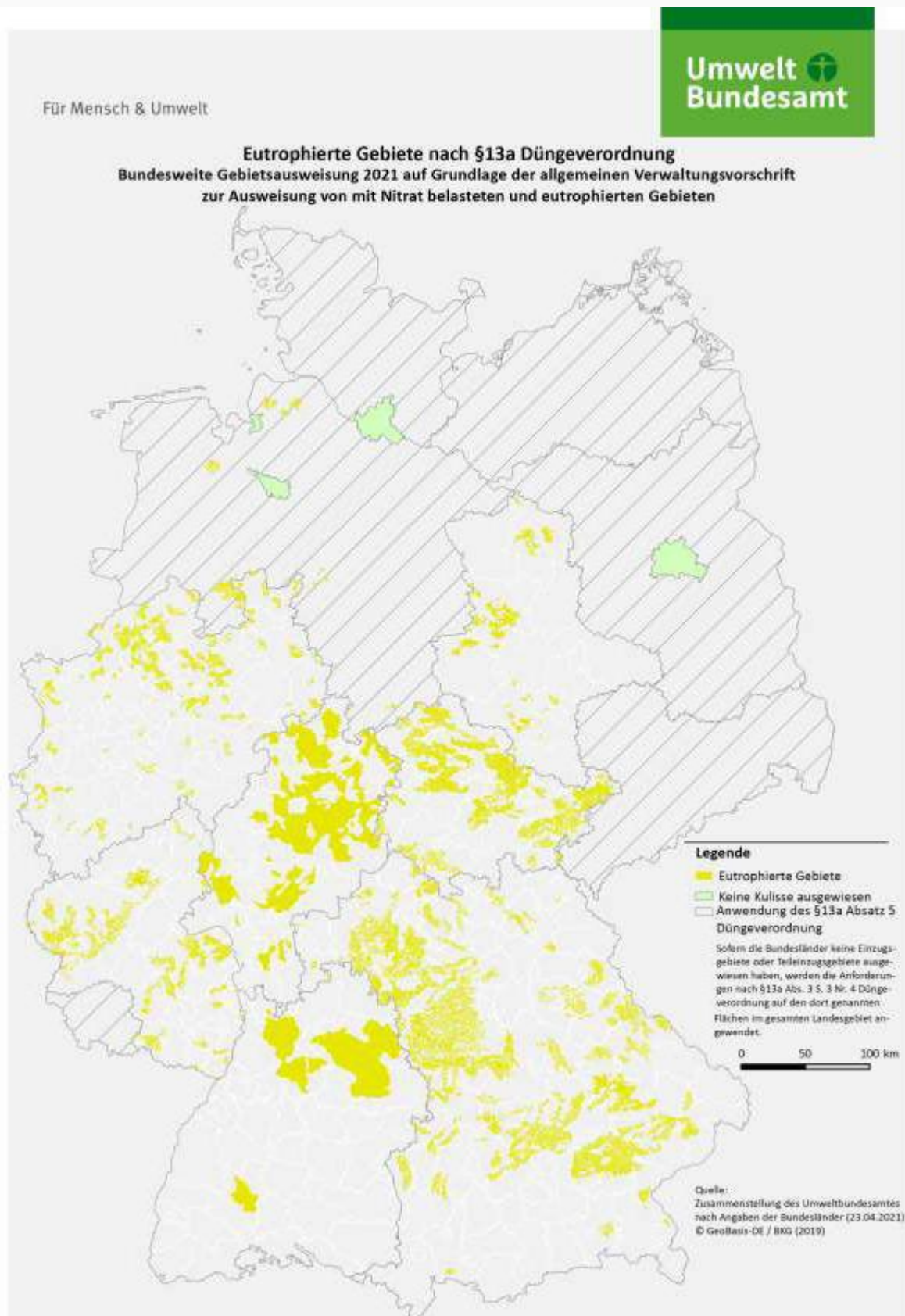


Abbildung 5-9: Regionale Verteilung mit eutrophierten Gebieten in Deutschland.

Tabelle 1: Übersicht der Maßnahmen zur Minderung landwirtschaftlicher Phosphoreinträge nach §13a Düngeverordnung. Der Anteil bezieht sich auf die bundesweite Landwirtschaftsfläche (Stand: 26. Januar 2021).

Maßnahme	Bundesland
Erweiterte Gewässerabstände bei der Düngung * flächendeckend nach § 13a Absatz 5 DüV 2020	BB*, BW, BY, HE, MV*, NI*, SL*, SN*, SH*
Analyse der Wirtschaftsdünger	BW, HE, NW, RP, ST, TH
Zwischenfruchtanbau im Herbst des Vorjahrs	BY
5 m Randstreifen begrünt ohne Düngung	TH
Schulung P-Düngung alle drei Jahre	NW
Sperrzeitenverlängerung um 1 Monat	ST
Phosphat-Bodenuntersuchungspflicht für alle Schläge	RP
Aufzeichnungspflicht kleine Betriebe	RP
Meldepflicht für Düngebedarfsermittlung, Dokumentation der Düngung	NI
Reduzierte P-Düngung	NI

Die Bundesländer haben zur Verminderung der Eutrophierung zehn verschiedene Maßnahmen zur Verringerung der landwirtschaftlich bedingten Phosphoreinträge ergriffen (s. Tabelle 1). Bundesweit gelten auf mehr als der Hälfte der LF erweiterte Abstände zur Böschungsoberkante von Gewässern bei der Düngung nach §13a Abs. 5 DüV (2020): Die Maßnahme wurde von neun Bundesländern gewählt; sie gilt in sechs Ländern landesweit und in drei Bundesländern innerhalb der Kulissen. Die Pflicht, Wirtschaftsdünger vor der Ausbringung auf Stickstoff- und Phosphorgehalte zu analysieren, wurde von sechs Bundesländern gewählt und gilt häufig nicht nur in deren Kulissen für die eutrophierten Gebiete (~ 8 % der LF), sondern meist auch in den Nitrat-Kulissen. Die übrigen sechs Maßnahmen wurden von jeweils einem Bundesland ergriffen und gelten bundesweit jeweils auf weniger als 5 % der LF; dabei sind die Maßnahmen auf die jeweiligen Verhältnisse im Bundesland zugeschnitten.

Zum Beispiel führt Rheinland-Pfalz eine Aufzeichnungspflicht für kleinere Betriebe ein und setzt damit an der besonders kleinteiligen Agrarstruktur in den Weinbaugebieten an. Niedersachsen führt eine Pflicht zur Absenkung der Düngegaben auf hoch und sehr hoch

versorgten Boden auf 1,3 % der LF ein, um die Austräge dieser Flächen langfristig zu verringern. Rheinland-Pfalz und Niedersachsen haben drei Maßnahmen angeordnet.

Die Regelungen der Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung eutrophierter Gebiete tragen dazu bei, dass die landwirtschaftlich bedingten Phosphorausträge in Deutschland zurückgehen werden.

5.2 Grundwasser

Ziel des Moduls

Im Rahmen der Umsetzung des Wirkungsmonitorings ist die Dokumentation der Entwicklung des Grundwasserzustandes von zentraler Bedeutung. Maßgeblich ist der in der Nitratrichtlinie festgelegte Schwellenwert von maximal 50 mg Nitrat pro Liter bzw. eine Trendumkehr bei steigenden Werten oberhalb von 37,5 mg/l. Ziel dieses Moduls ist es, die Entwicklung der Belastungssituation zu dokumentieren, positive Entwicklungstrends aufzuzeigen und negative Entwicklungen frühzeitig zu erkennen. Auch soll über die Dokumentation der Nitratbelastung an den Grundwassermessstellen ein Zusammenhang zu den landwirtschaftlichen Emissionen hergestellt werden, um zielgerichtete Minderungsmaßnahmen vornehmen zu können. Hierbei gilt es im Rahmen des Wirkungsmonitorings auch jene Bereiche in den Blick zu nehmen, in denen bislang keine Überschreitung des Nitratgrenzwertes im Grundwasser gemessen wurde, in denen aber anhand der Modellierungen (vgl. Kapitel 6.2) Minderungsbedarfe bei den Nährstoffüberschüssen ermittelt wurden. Mittelfristig soll an allen Messstellen der Schwellenwert der Richtlinie eingehalten und an nicht-belasteten Messstellen der gute Zustand erhalten werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Änderung der Grundwasserbeschaffenheit stark von den geologischen/hydrogeologischen Gegebenheiten abhängt. Maßnahmen an der Oberfläche können mitunter erst mit mehrjährigen Verzögerungen im Grundwasser Wirkung zeigen. Damit wird eine Zielerreichung oder Trendänderung unter Umständen erst mit zeitlicher Verzögerung an Messstellen ablesbar sein.

Kurze Beschreibung Untersuchungsansatz

Um die Entwicklung der Nitratbelastung an diesen Messstellen beurteilen zu können und für das Monitoring zu verwenden, ist eine gute Datenbasis notwendig. Die Datenerhebung erfolgt durch die Bundesländer. Ausgangsbasis für den Parameterumfang, Beprobungsturnus und die erforderlichen Stammdateninformationen ist der Anhang 1 der AVV GeA.

Messnetzkonzeption

Die Auswahl und die Verwendung der Messstellen sind in Kapitel 5.1 bereits beschrieben.

Beispielhafte Ergebnisse aus vorhandenen Messergebnissen

Die Abbildung 5-10 zeigt beispielhaft, wie zukünftig die jährliche Verteilung der Nitratkonzentrationen nach der Klassifizierungsvorgabe des Berichtsleitfadens für die Nitratrictlinie dargestellt werden kann. Die in dieser Abbildung verwendeten Daten stellen die Ergebnisse der Messstellen des deutschen EU-Nitratmessnetzes für das Jahr 2019 dar. Dieses Messnetz beschreibt repräsentativ den Einfluss der landwirtschaftlichen Nutzung auf die Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers in Deutschland. Die Darstellung ist eine Fortschreibung der im Nitratbericht 2020 publizierten Ergebnisse, bei welchem Messwerte bis einschließlich 2018 berücksichtigt wurden.

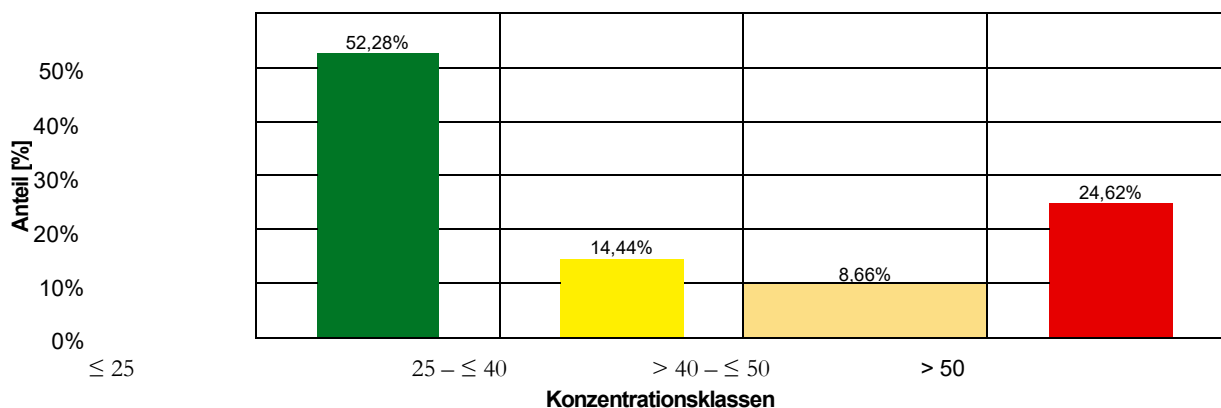


Abbildung 5-10: Beispielhafte Darstellung der Verteilung der Nitratkonzentrationen der Messstellen des EU-Nitratmessnetzes (in mg/l) für das Jahr 2019 in den Klassen des Berichtsleitfadens für die Umsetzung der Nitratrictlinie.

Eine weitere Möglichkeit, um auch die Entwicklungen steigender Trends im Bereich > 37,5 mg/l Nitrat in den Blick zu nehmen, ist eine weitere Aufteilung der Klassen, um ein differenziertes Gesamtbild der Belastungssituation zu erhalten – wie in Abbildung 5-11 dargestellt.

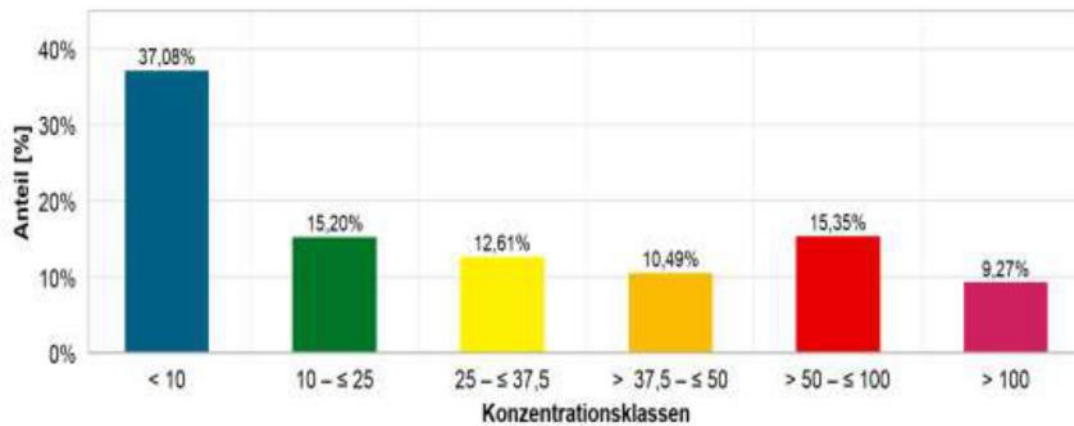


Abbildung 5-11: Beispielhafte Darstellung der Verteilung der Nitratkonzentrationen der Messstellen des EU-Nitratmessnetzes (in mg/l) für das Jahr 2019 in verschiedenen Konzentrationsklassen.

Um Belastungstrends über die Zeit aufzuzeigen, kann über ein Liniendiagramm die Entwicklung in den einzelnen Konzentrationsklassen dokumentiert werden. Dieses Diagramm kann jährlich fortgeschrieben werden. Die Abbildung 5-12 zeigt ein solches Diagramm auf Basis der Daten des EU-Nitratmessnetzes für die Jahre 2017-2019. Die gezeigte Entwicklung der letzten Jahre bestätigt den im Nitratbericht aufgezeigten positiven Trend.

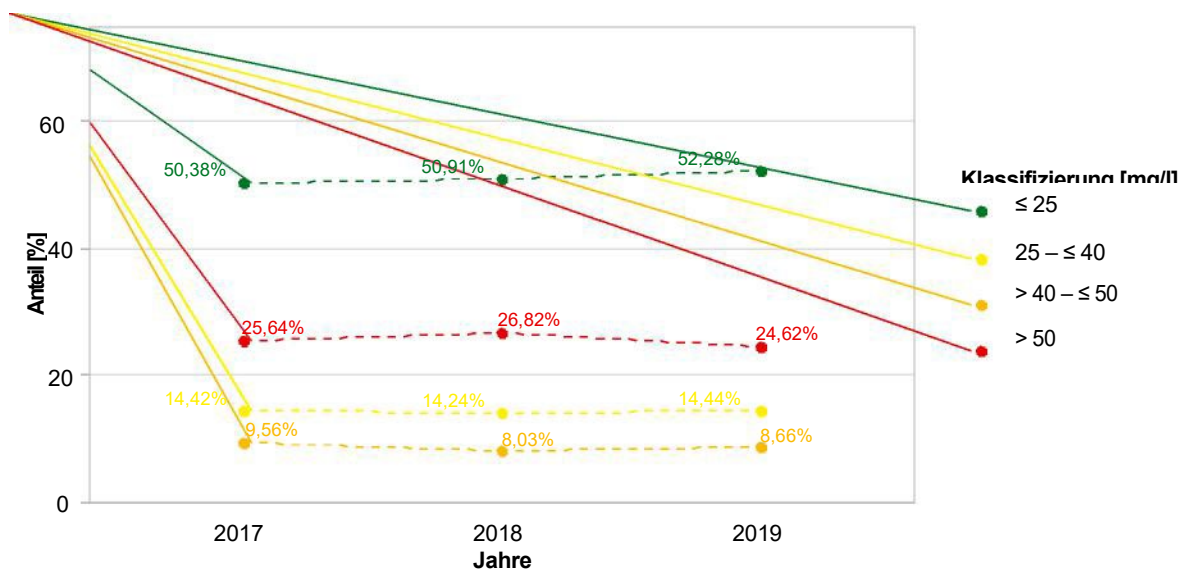


Abbildung 5-12: Beispielhafte Darstellung der Entwicklung der Nitratkonzentrationen der Messstellen des EU-Nitratmessnetzes (in mg/l) für die Jahre 2017-2019 in den Klassen des Berichtsleitfadens für die Umsetzung der Nitratrichtlinie.

Zusätzlich zu den Auswertungen zum EU-Nitratmessnetz 2019 werden im Folgenden beispielhaft auch die Daten des repräsentativen EUA-Messnetzes, mit dem die Belastungssituation über alle Landnutzungen abgebildet wird, dargestellt (s. Abbildung 5-13, Abbildung 5-14, Abbildung 5-15).

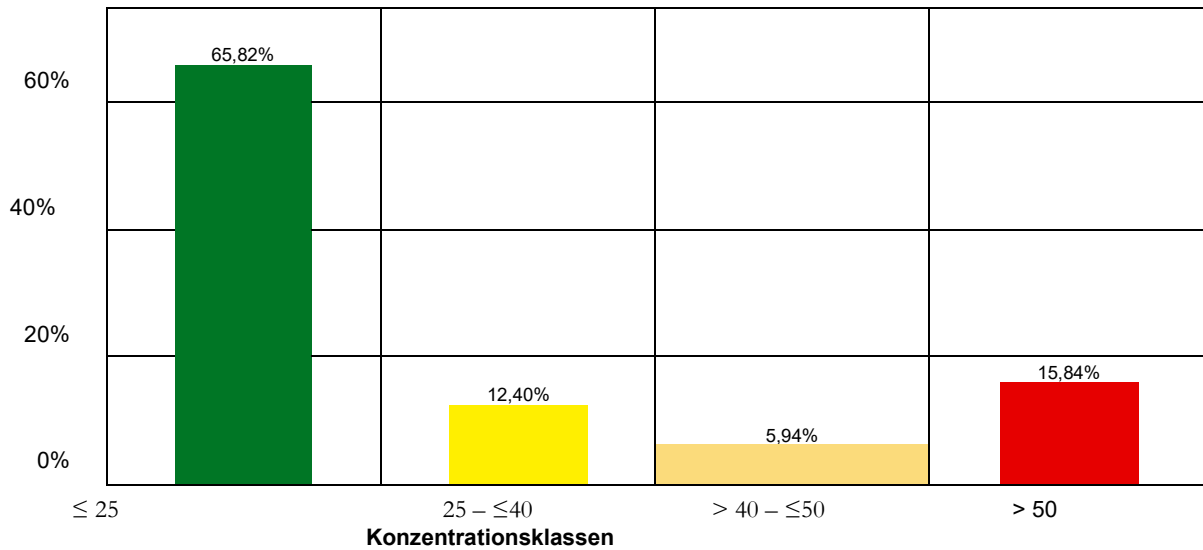
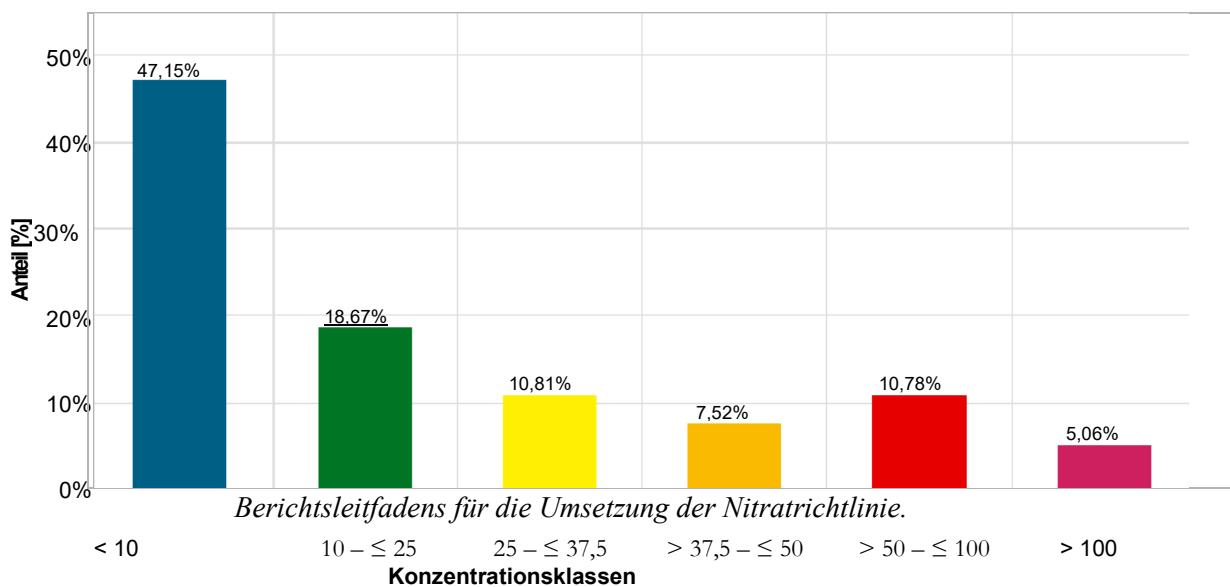


Abbildung 5-13: Beispielhafte Darstellung der Verteilung der Nitratkonzentrationen der Messstellen des EUA-Messnetzes (in mg/l) für das Jahr 2019 in den Klassen des



Berichtsleitfaden für die Umsetzung der Nitratrichtlinie.

Abbildung 5-14: Beispielhafte Darstellung der Verteilung der Nitratkonzentrationen der Messstellen des EUA-Messnetzes (in mg/l) für das Jahr 2019 in verschiedenen Konzentrationsklassen.

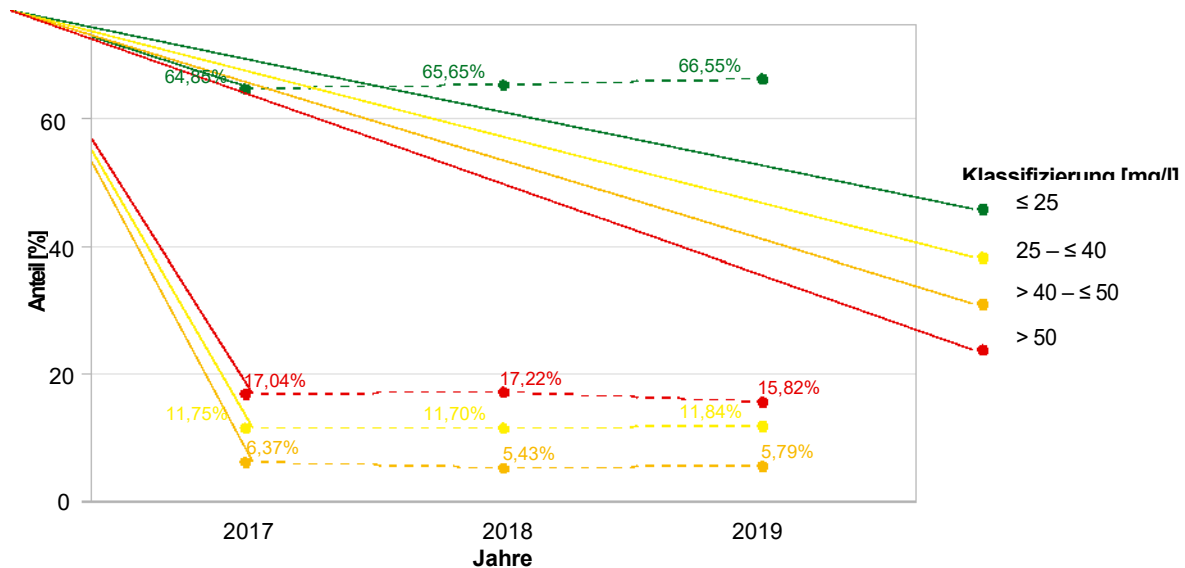


Abbildung 5-15: Beispielhafte Darstellung der Entwicklung der Nitratkonzentrationen der Messstellen des EUA-Messnetzes (in mg/l) für die Jahre 2017-2019 in den Klassen des Berichtsleitfadens für die Umsetzung der Nitratrichlinie.

Die für diesen Bericht verwendeten Daten des EU-Nitrat- bzw. EUA-Messnetzes haben exemplarischen Charakter und stellen noch kein finales Ergebnis im Sinne des Endzustandes des Wirkungsmonitorings dar. Die Anzahl der Messstellen für das dauerhafte Wirkungsmonitoring wird deutlich umfangreicher sein. Die Daten dafür liegen zum jetzigen Zeitpunkt aber noch nicht vollständig vor. Detailliertere Ergebnisse auf Basis eines weiter ausgebauten Messnetzes werden frühestens mit dem übernächsten Bericht bereitgestellt werden können.

Zukünftig erwartete Ergebnisse

Zukünftig werden im Rahmen der Auswertung der Nitratgehalte an den Grundwassermessstellen für das Wirkungsmonitoring folgende Ergebnisse in den Bericht einfließen:

- Jährliche Entwicklung der Nitratbelastung im gesamten Messnetz anhand feststehender Konzentrationsklassen wie im voranstehenden Teil (s. Abbildung 5-11 und 4-12) dargestellt
- Jährliche Beschreibung der Entwicklungstrends im gesamten Messnetz orientiert an den Jahresmittelwerten der Messstellen
- Anteile steigender/sinkender Werte adäquat zum Nitratbericht
- Darstellung der aktuellen Situation und Trendbetrachtung der Belastungssituation in den roten Gebieten
- Darstellung der aktuellen Situation und Trendbetrachtung der Belastungssituation in den unbelasteten Gebieten, ,

- Individuelle statistische Betrachtung der Standorte mit hoher Belastung . Darstellung der Entwicklung der mittleren Konzentrationen an hoch belasteten Messstellen.
- Weitere Konkretisierung des Messnetzes im Hinblick auf die landwirtschaftlichen Nutzungseinflüsse und die Betrachtung der Denitrifikationsstandortbedingungen
- Aufzeigen von Zusammenhängen zwischen der Entwicklung landwirtschaftlicher Emissionen und der Belastungssituation im Grundwasser

Ferner bilden die verwendeten Daten die Grundlage für den vierjährigen Nitratbericht.

5.3 Fließgewässer und Seen

Ziel des Moduls

Im Rahmen der Umsetzung des Wirkungsmonitorings ist die Dokumentation der Entwicklung der Eutrophierung in den Fließgewässern und Seen entsprechend als eigenständiger Bestandteil zu berücksichtigen. Maßgeblich sind hier die der Nitratrichtlinie folgenden und in der AVV GeA festgelegten Einstufungskriterien – Bezugsgröße ist jeweils der Wasserkörper und dessen Einzugs- oder Teileinzugsgebiet. Hierzu gehören die ortho-Phosphat-Konzentration in Fließgewässern, die Gesamt-Phosphor-Konzentration in Seen sowie Ergebnisse der floristischen Zustandserhebung. Die Qualitätsziele entsprechen den Anforderungen der WRRL und sind in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV, 2016) festgelegt.

Ziel dieses Moduls ist es, die Entwicklung der Belastungssituation der Fließgewässer und Seen inner- und außerhalb der Kulissen der eutrophierten Gebiete zu dokumentieren, positive Entwicklungstrends aufzuzeigen und negative Entwicklungen frühzeitig zu erkennen. Auch soll über die Dokumentation der Phosphor- und Phosphatbelastung an repräsentativen Messstellen der Fließgewässer und Seen ein Zusammenhang zu den landwirtschaftlichen Emissionen hergestellt werden, um die Wirksamkeit der ergriffenen Minderungsmaßnahmen zu überwachen und bei Bedarf nachsteuern zu können.

Der Teil Oberflächengewässer im Bericht zum Wirkungsmonitoring umfasst die Beurteilung der Entwicklung von Phosphorkonzentrationen und der biologischen Qualitätskomponenten Makrophyten und Phytobenthos sowie – falls relevant – Phytoplankton in Fließgewässern. Seen werden nicht betrachtet, weil deren Chemismus zu langsam auf Belastungsänderungen reagiert und durch Freisetzung von Phosphor aus dem Sediment beeinflusst sein kann.

Es ist zu erwarten, dass sich i.d.R. kein direkter und vor allem auch messbarer Zusammenhang zwischen den Monitoringergebnissen (Änderung der Phosphorkonzentrationen, Änderung der biologischen Einstufungen) im Gewässer und der alleinigen Wirkung der Düngeverordnung (DüV) herstellen und ermitteln lässt. Gründe dafür sind:

- an einer Messstelle werden alle Phosphoreinträge im Einzugsgebiet des Gewässers (z.B. auch die von Kläranlagen) erfasst,
- die Konzentrationen von Phosphor in Fließgewässern sind abflussabhängig und können daher von Jahr zu Jahr stark schwanken,
- eine Reduzierung der Phosphor-Einträge spiegelt sich erst mit Zeitverzug in den chemischen Messwerten und den biologischen Qualitätskomponenten wider.

Kurze Beschreibung Untersuchungsansatz

Um die Entwicklung der Phosphat- und Phosphorbelastung an den Messstellen der Fließgewässer und Seen beurteilen zu können und für das Monitoring zu verwenden, ist eine gute Datenbasis notwendig. Die Datenerhebung erfolgt durch die Bundesländer. Der Parameterumfang, Überwachungsfrequenzen und die erforderlichen Qualitätssicherung ergeben sich unter anderem aus § 12 und § 13 der AVV GeA in Verbindung mit den Anforderungen aus OGewV.

In diesem Modul werden die bei den Ländern für diese Fragestellung vorhandenen Daten zentral beim UBA zusammengeführt. Die zusammengeführten Daten werden ausgewertet, um zu prüfen, ob Zusammenhänge zwischen den Phosphat- oder Phosphorkonzentrationen und landwirtschaftlichen bedingten Emissionen bestehen und wie sich die Konzentrationen entwickeln.

Messnetzkonzeption

Neben den Messstellen des bisherigen Messnetzes des Nitratberichts (repräsentatives Messnetz) werden die Untersuchungsergebnisse zusätzlicher Messstellen für den Bericht zum Wirkungsmonitoring berücksichtigt. Durch Einbindung der Messstellen, die für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie eingerichtet worden sind, werden Synergien genutzt und Kongruenzen geschaffen.

Repräsentatives Messnetz

Das repräsentative Messnetz umfasst i.d.R. die Messstellen der überblicksweisen Überwachung nach OGewV Anlage 10. Für diese Messstellen liegen langjährige Datenreihen vor, die hinsichtlich der Phosphorkonzentrationen seit 2016 Bestandteil der Auswertung der deutschen Nitratberichte sind. Das repräsentative Messnetz dient der Beobachtung und Prüfung der längerfristigen Entwicklung der Phosphorgehalte in Fließgewässern sowie der Kontrolle, dass sich in den jeweiligen Gewässern die Phosphorkonzentrationen nicht erhöhen.

Die Datenreihen werden auch für die Validierung und Kalibrierung der Modellierungen mit AGRUM-DE und deren Weiterentwicklung im Rahmen des Wirkungsmonitorings genutzt.

Auswahl zusätzlicher Messstellen

Für die Erstellung des Berichts zum Wirkungsmonitoring der DüV werden in Fließgewässern ergänzend zum o.g. repräsentativen Messnetz durch die Bundesländer jeweils 10 Messstellen ausgewählt. Sie sind i.d.R. Bestandteil des Ausweisungsmessnetzes nach AVV GeA oder des Messnetzes nach OGewV.

Diese Messstellen müssen folgende 3 Kriterien erfüllen:

- 1.) An den Messstellen sind die Werte für den guten Zustand für den Parameter Orthophosphat-Phosphor (OGewV, Anlage 7) in den Ländern mit P-Kulisse nach § 13a Abs. 1 Nr. 4 DüV bzw. für den Parameter Gesamtphosphor (OGewV, Anlage 7) in den Ländern mit den landesweiten Anforderungen nach § 13a Abs. 5 DüV überschritten.
- 2.) Die Messstellen liegen in Wasserkörpern, für die die biologischen Qualitäts-komponenten Makrophyten und Phytobenthos oder Phytoplankton schlechter als gut eingestuft werden.
- 3.) Bezüglich des Eintrags von Phosphor gelten dabei folgende Vorgaben:
 - Für Länder, die § 13a Abs. 5 DüV anwenden (Sachsen, Brandenburg, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Schleswig-Holstein) ist der Phosphoreintrag aus landwirtschaftlichen Quellen am Gesamtphosphoreintrag im Einzugsgebiet der Messstellen größer als 20 %.
 - In den Ländern, die eutrophierte Gebiete ausgewiesen haben (Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) sollten die Messstellen in unmittelbaren Zusammenhang mit den nach AVV GeA ausgewiesenen eutrophierten Gebieten liegen. Das heißt, im Einzugsgebiet der Messstellen liegt mindestens ein nach AVV GeA ausgewiesenes eutrophiertes Gebiet.

Darüber hinaus sollten die untersuchten Gewässer voneinander möglichst unabhängig sein (nicht mehrere voneinander abhängige Messstellen in einem Gewässer).

In Berlin, Bremen und Hamburg sind die Kriterien zur Ausweisung nach § 13a Abs. 1 Nr. 4 DüV nicht gegeben. Daher werden von diesen Bundesländern auch keine zusätzlichen Messstellen für den Bericht zum Wirkungsmonitoring benannt.

Zusammen mit der Evaluierung der AVV GeA erfolgt eine Evaluierung der Auswahl der zusätzlichen Messstellen. Sind die Belastungen gesunken, so dass die o.g. Kriterien nicht mehr erfüllt sind, wird die betreffende Messstelle aus dem Messnetz „Wirkungsmonitoring“ herausgenommen.

Messungen

Um die Entwicklung der Eutrophierung und der Phosphorbelastung an den Messstellen des Wirkungsmonitorings beurteilen zu können, ist eine gute Datenbasis notwendig. Daher sind an diesen Messstellen sowohl die Konzentrationen von Orthophosphat als auch von Gesamtphosphor jährlich durch 12 Messungen zu bestimmen. Mindestens eine der biologischen Qualitätskomponenten, die eine Eutrophierung indizieren (Phytoplankton, Makrophyten/Phytobenthos), wird innerhalb von 3 Jahren einmal an den repräsentativen

Messstellen des zugehörigen Wasserkörpers untersucht, um eine Einstufung der Zustandsklasse zu ermöglichen.

Die Messungen ab 2022 gehen in den Bericht zum Wirkungsmonitoring ein. Ab diesem Jahr sollten an den Messstellen die Parameter Orthophosphat und Gesamtphosphor jährlich gemessen werden.

Datenübermittlung

Die erhobenen Messungen zu Gesamtphosphor bzw. Orthophosphat der zusätzlichen Messstellen werden - wie die der repräsentativen Messstellen bisher - dem Umweltbundesamt in der vereinbarten Form (Anhang „Gewässergütedaten“ der Verwaltungsvereinbarung zum Datenaustausch zwischen Bund und Ländern) jeweils bis zum 31.7. des Folgejahres übermittelt. Die Einstufung der biologischen Qualitätskomponenten wird nach der Validierung innerhalb des Folgejahres übermittelt.

Kosten / Rechtsgrundlagen

Durch die höhere Messintensität (jährlich) und -frequenz (12 Messungen pro Jahr) für die Phosphorparameter im Vergleich zu den Festlegungen in der OGewV Anlage 10 entstehen für die Probenahme und Untersuchungen zusätzliche Kosten.

Das über die OGewV hinausgehende Monitoring soll in der noch zu erarbeitenden MonitoringVO verankert werden, um eine rechtliche Grundlage für den Mehraufwand zu haben.Zukünftig erwartete Ergebnisse

Zukünftig werden im Rahmen der Auswertung der Oberflächenwasserkörper für das Wirkungsmonitoring folgende Ergebnisse in den Bericht einfließen:

- Jährliche Entwicklung der Phosphatbelastung der zu betrachtenden Fließgewässer und Gesamt-Phosphorbelastung der zu betrachtenden Seen auf der Gesamtfläche sowie in eutrophierten Gebieten
- Jährliche Beschreibung der Entwicklungstrends (Anteile steigender/sinkender Werte adäquat zum Nitratbericht) auf der Gesamtfläche sowie in eutrophierten Gebieten

Ferner bilden die verwendeten Daten die Grundlage für den vierjährigen Nitratbericht.

6 Dritte Monitoringebene: Teilbereich Modellierung der regionalen Nährstoffsituation (AGRUM-DE)

Die Ergebnisse der ersten und der zweiten Monitoringebene können sich (kurzfristig) unterschiedliche Entwicklungen aufzeigen (vgl. Kapitel 3). Wirkungsprozesse in der Landwirtschaft, im Boden sowie unterschiedliche Verweilzeiten lassen keinen direkten Bezug zwischen der ersten Ebene der Emissionen und der zweiten Ebene der Immissionen zu. Aus diesem Grund werden die beiden ersten Ebenen durch eine dritte Ebene „Modellierung und Modellregionen“ ergänzt. Die Modellierung sowie die Modellregionen soll als Bindeglied zwischen der Ebene 1 (Emissionen) und der Ebene 2 (Immissionen) dienen und darüber hinaus Aussagen zu sehr kurzfristigen Wirkungen der DüV erlauben. .

6.1 Modellverbund (Kurzdarstellung)

Um die regionale Nährstoffsituation realitätsnah und flächendeckend modellieren zu können, ist es erforderlich, dass alle relevanten N- und P-Eintragsquellen (Emissionen) sowohl landwirtschaftliche als auch nicht-landwirtschaftliche erfasst werden. Nur so können die Fracht- und Konzentrationsberechnungen für die Einträge in die Umweltmedien Luft, Boden, Grundwasser, Oberflächengewässer und Randmeere unter Berücksichtigung der jeweiligen Retentions- und Abbauprozesse vollständig und konsistent zu den gemessenen Werten (Immissionen) im Grundwasser/Oberflächengewässer modelliert werden (s. Abbildung 6-1).

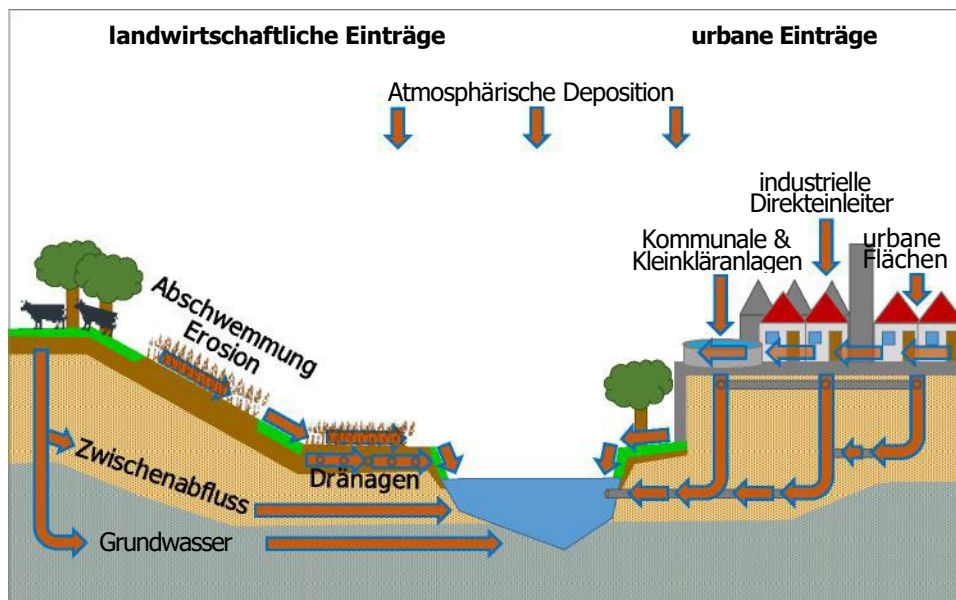


Abbildung 6-1: Nährstoffeintragsquellen und -pfade aus diffusen und punktuellen Quellen sowie aus urbanen Systemen. Quelle: Schmidt et al. 2020

Die modellhafte Abbildung der regionalen Nährstoffsituation erfolgt aufgrund der Komplexität durch die Nutzung von drei Modellen mit unterschiedlichen Abbildungsbereichen, die über detaillierte Schnittstellen miteinander verbunden sind (vgl. Abbildung 6-2).



Abbildung 6-2: Ablaufschema im Modellverbund AGRUM. Quelle: eigene Darstellung

Nachfolgend werden beispielhafte Ergebnisse der Modelle zu den jeweiligen Abbildungsbereichen aufgezeigt. Die Modelle werden in der zweiten Phase hinsichtlich der Datengrundlage und der regionalen Auflösung weiterentwickelt und zu einer weiteren Verbesserung der Abbildungsgüte führen.

6.2 Landwirtschaftliche Modellierung (RAUMIS)

Die landwirtschaftliche Modellierung erfolgt mit dem regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland (**RAUMIS**). Im Folgenden werden die Herangehensweise und exemplarische Modellergebnisse aus AGRUM-DE (für die Jahre 2014-2016) skizziert. Die Modellergebnisse aus RAUMIS können in den zukünftigen Berichten in ähnlicher Form, sowie für Phosphor, dargestellt werden.

RAUMIS ermöglicht eine vollständige, regional differenzierte Beschreibung des landwirtschaftlichen Sektors, u. a. die gesamte Produktion, alle Vorleistungen, Bewirtschaftungsintensitäten, innersektorale Verflechtungen, z. B. zwischen Tierhaltung und Pflanzenproduktion, Umweltindikatoren sowie das landwirtschaftliche Einkommen. Die

räumliche Differenzierung und die Abbildungsgüte des Modells hängen von der regionalen Datenverfügbarkeit ab.

Ein Teil der in RAUMIS abgebildeten Umweltindikatoren sind Nährstoffbilanzen, insbesondere für Stickstoff und Phosphor, die derzeit auf Gemeindeebene berechnet werden. Abbildung 6-3 zeigt in vereinfachter Form, wie die Nährstoffbilanzierung in RAUMIS durchgeführt wird.

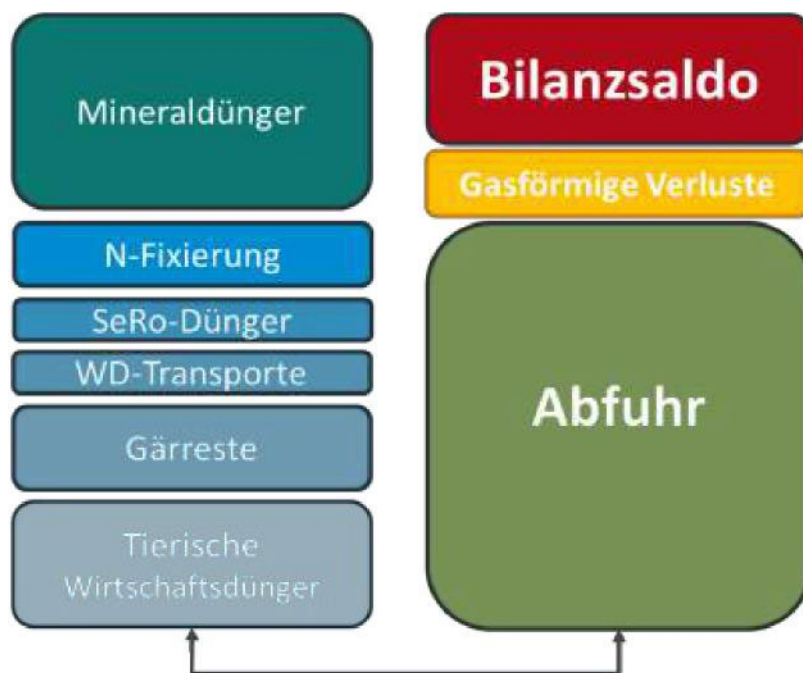


Abbildung 6-3: Schematische Darstellung der Nährstoffbilanzierung in RAUMIS. SeRo-Dünger bezeichnet sonstige Düngemittel, bspw. Klärschlamm und Kompost. Quelle: Thünen-Institut für Ländliche Räume.

Die gesamte Nährstoffzufuhr ergibt sich aus der Summe der einzelnen Komponenten (blau). Von der Gesamtzufuhr abgezogen werden die gasförmigen Emissionen der organischen Düngemittel sowie die Abfuhr über das Erntegut, daraus resultiert der Flächenbilanzsaldo bzw. -überschuss.

Die einzelnen Modellergebnisse für Stickstoff werden im Folgenden kurz dargestellt und sollen eine schrittweise Nachvollziehbarkeit der Modellierung in AGRUM-DE ermöglichen. Die regionale Bilanzierung in RAUMIS ist eine konsistente Disaggregation der nationalen Stickstoffflächenbilanz ohne atmosphärische Deposition (s. Abbildung 6-4). Die Summe der modellierten Regionalbilanzen entspricht, innerhalb einer relativ engen Toleranzgrenze für methodische Abweichungen und datenbedingte Unsicherheiten, der durchschnittlichen Sektorbilanz. Die in der Folge gezeigten beispielhaften Ergebnisse entsprechen dem Mittel der Jahre 2014-2016.



Abbildung 6-4: Nationaler Stickstoffflächenbilanzüberschuss für Stickstoff nach Berechnungen des JKI. Darstellung ohne atmosphärische Deposition. Quelle: Nitratbericht 2020 https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2016_bf.pdf

Abbildung 6-5 zeigt links den aggregierten N-Bedarf, der mittels standort- und ertragsabhängiger Bedarfsfunktionen unter Berücksichtigung der Vorfrucht je Kultur berechnet und dann auf Gemeindeebene aggregiert wird. Der Bedarf wird zur Modellierung des Mineraldüngereinsatzes berechnet.

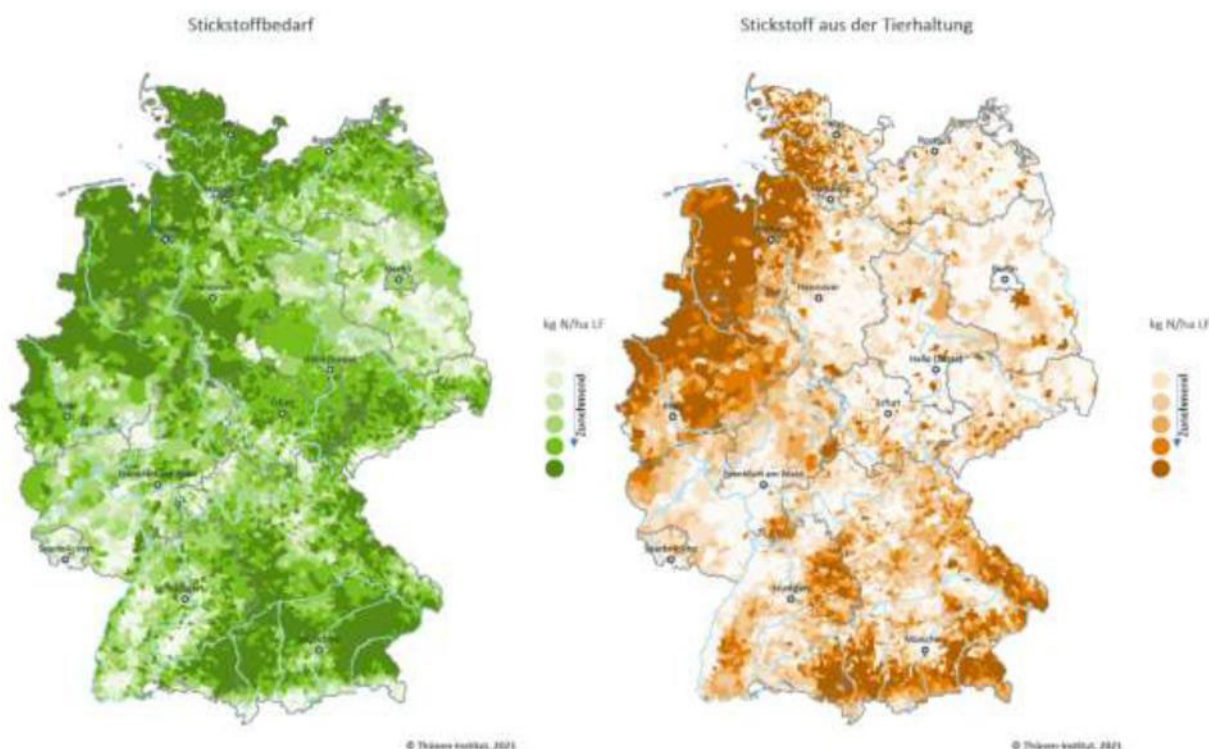


Abbildung 6-5: Regionaler aggregierter Stickstoffbedarf (links) und Stickstoffzufuhr aus der Viehhaltung (rechts). Quelle: AGRUM-DE, Modell RAUMIS, Jahre 2014-2016.

Im zweiten Schritt wird die N-Zufuhr aus tierischem Wirtschaftsdünger (rechts) modelliert. Der Anfall im Stall wird aus Viehbestandsdaten unter Berücksichtigung von Informationen

zur Haltungsform und zu gasförmigen Verlusten berechnet. Davon wird dann der als Gärsubstrat verwendete Wirtschaftsdünger abgezogen.

Die Stickstoffzufuhr durch Gärreste ist in Abbildung 6-6 links dargestellt. Dieser ist bestimmt durch die Anzahl und die installierte Leistung der Vergärungsanlagen in den Gemeinden sowie durch die Substratzusammensetzung aus nachwachsenden Rohstoffen und Wirtschaftsdüngern.

Wenn Biogasanlagen mit sehr großer Kapazität in einer Gemeinde betrieben werden und/oder Gemeinden sehr hohe Viehbesätze aufweisen, können sehr hohe Mengen an Wirtschaftsdüngern anfallen. Der anfallende Wirtschaftsdünger wird dann in der Regel nicht ausschließlich auf den betriebseigenen Flächen ausgebracht, sondern an benachbarte Betriebe oder Biogasanlagen (im Falle von Geflügelkot auch weit entfernte Betriebe oder Biogasanlagen) abgegeben. Diese Transportbewegungen werden im Modell berücksichtigt, entweder durch die Verarbeitung von Wirtschaftsdüngertransportdaten, in welchen auch Importe aus Nachbarländern registriert sind, oder durch die Simulation von überregionalen Transporten. Der Anteil der Wirtschaftsdünger und Gärreste an der gesamten modellierten N-Zufuhr beträgt 42 %.

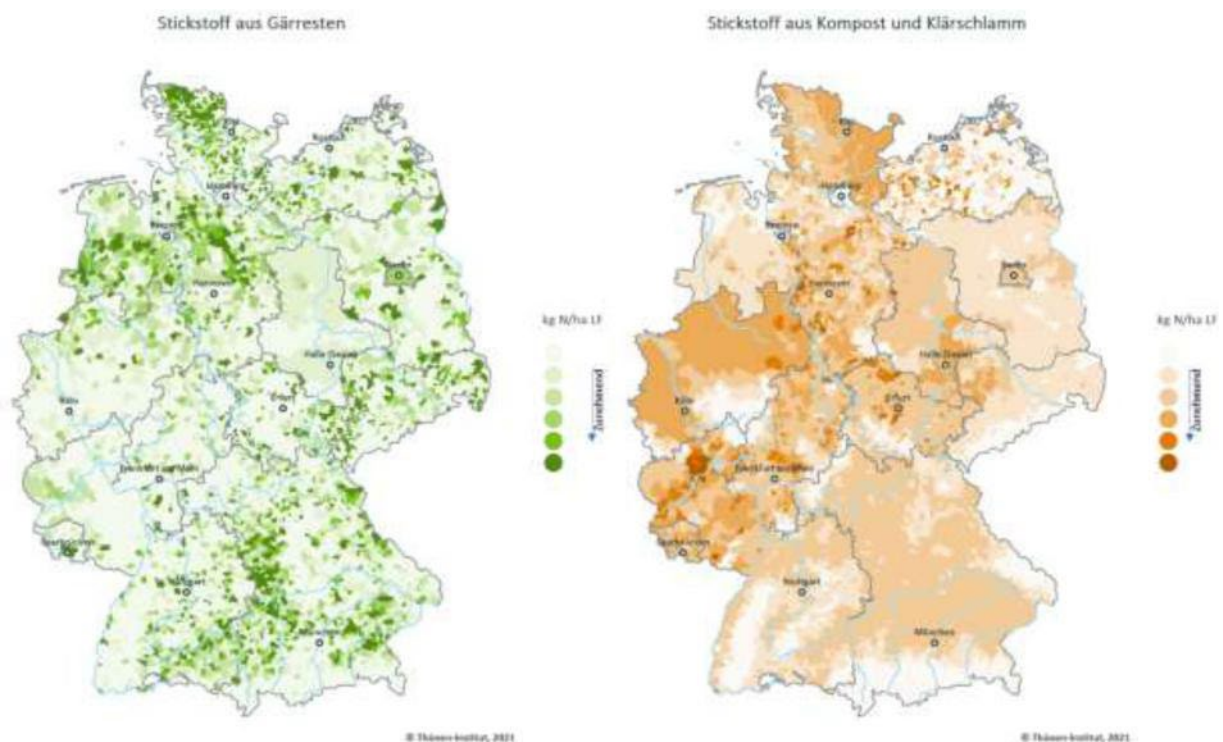


Abbildung 6-6: Stickstoffzufuhr aus Gärresten (links) und Stickstoffzufuhr aus sonstigen organischen Düngemitteln (rechts). Quelle: AGRUM-DE, Modell RAUMIS, Jahre 2014-2016.

In Abbildung 6-7 ist rechts die aggregierte Stickstoffzufuhr aus Klärschlamm und Kompost dargestellt. Die Heterogenität zwischen den einzelnen Regionen bedingt sich durch die unterschiedliche Qualität der Eingangsdaten, die von feldblockspezifischen Angaben bis zu

aggregierten Daten auf Landesebene reichen. Diese Bilanzglieder machen zusammen weniger als 2 % der gesamten N-Zufuhr im Betrachtungszeitraum aus.

Der Anteil der N-Zufuhr aus organischen Düngemitteln (inklusive Saatgut – hier nicht dargestellt, da Größenordnung vernachlässigbar – und nach Abzug der gasförmigen Verluste) beträgt insgesamt etwa 44 % der gesamten N-Zufuhr. Die restlichen Teile entfallen auf die symbiotische N-Fixierung (5 %) und den Einsatz von mineralischen Stickstoffdüngern (51 %, vgl. Abbildung 6-8).

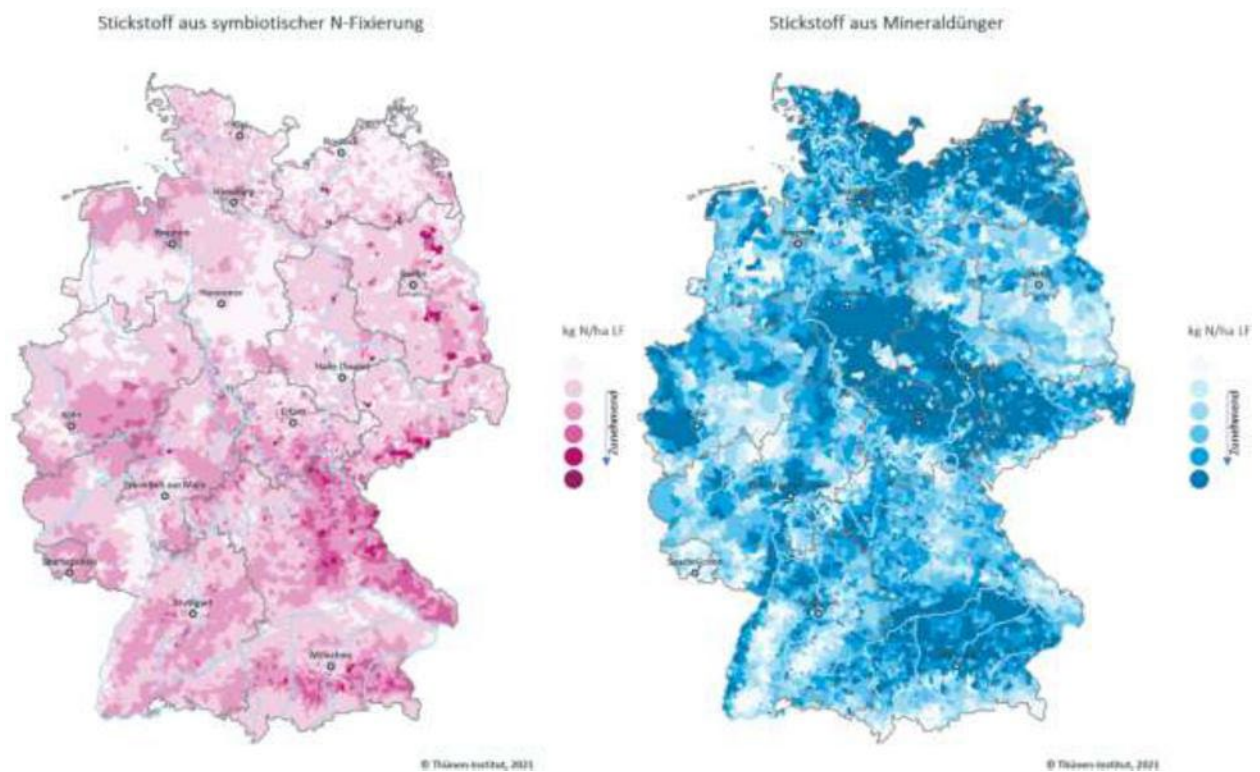


Abbildung 6-7: Stickstoffzufuhr durch symbiotische N-Fixierung (links) und Stickstoffzufuhr durch Mineraldünger (rechts). Quelle: AGRUM-DE, Modell RAUMIS, Jahre 2014-2016. Quelle: eigenen Berechnungen

Die symbiotische N-Fixierung wird mit Hektarpauschalen zur Fixierungsleistung und den Angaben zur Landnutzung berechnet. Die Zufuhr aus mineralischem Stickstoff wird als Differenz zwischen dem N-Bedarf und dem anrechenbaren Stickstoff der organischen Düngemittel und der N-Fixierung berechnet. Der anrechenbare Stickstoff als Anteil an der gesamten organischen N-Zufuhr wird mit einem Anrechnungsfaktor ermittelt. Dieser Faktor ($0 < \alpha < 1$) wird so gewählt, dass die in der Sektorstatistik angegebene Menge für den Mineraldüngereinsatz vollständig wiedergefunden wird.

Die gesamte Stickstoffzufuhr ergibt sich aus der Summe der vorgenannten Bilanzglieder (s. Abbildung 6-3 links). Nicht enthalten ist die atmosphärische Stickstoffdeposition, die im AGRUM-Modellverbund in der hydrologischen Modellierung berücksichtigt wird. Die Zufuhr wird als Netto-Zufuhr berechnet, d. h., gasförmige Verluste sind bereits abgezogen. Die Abfuhr

durch Ernteprodukte wird aus den regionalen Erträgen, den produkt- und qualitätsspezifischen N-Gehalten und den Anbauumfängen in jeder Gemeinde ermittelt.

Die Differenz aus Stickstoffzufuhr (vgl. Abbildung 6-8 links) und -abfuhr (vgl. Abbildung 6-8 rechts) ergibt den Flächenbilanzüberschuss auf Gemeindeebene (s. Abbildung 6-9 links). Dieser repräsentiert den frei im Boden vorliegenden und damit potenziell auswaschungsgefährdeten Anteil der Stickstoffzufuhr. Festlegungs- und Denitrifikationsprozesse werden bei der hydrologischen Modellierung berücksichtigt.

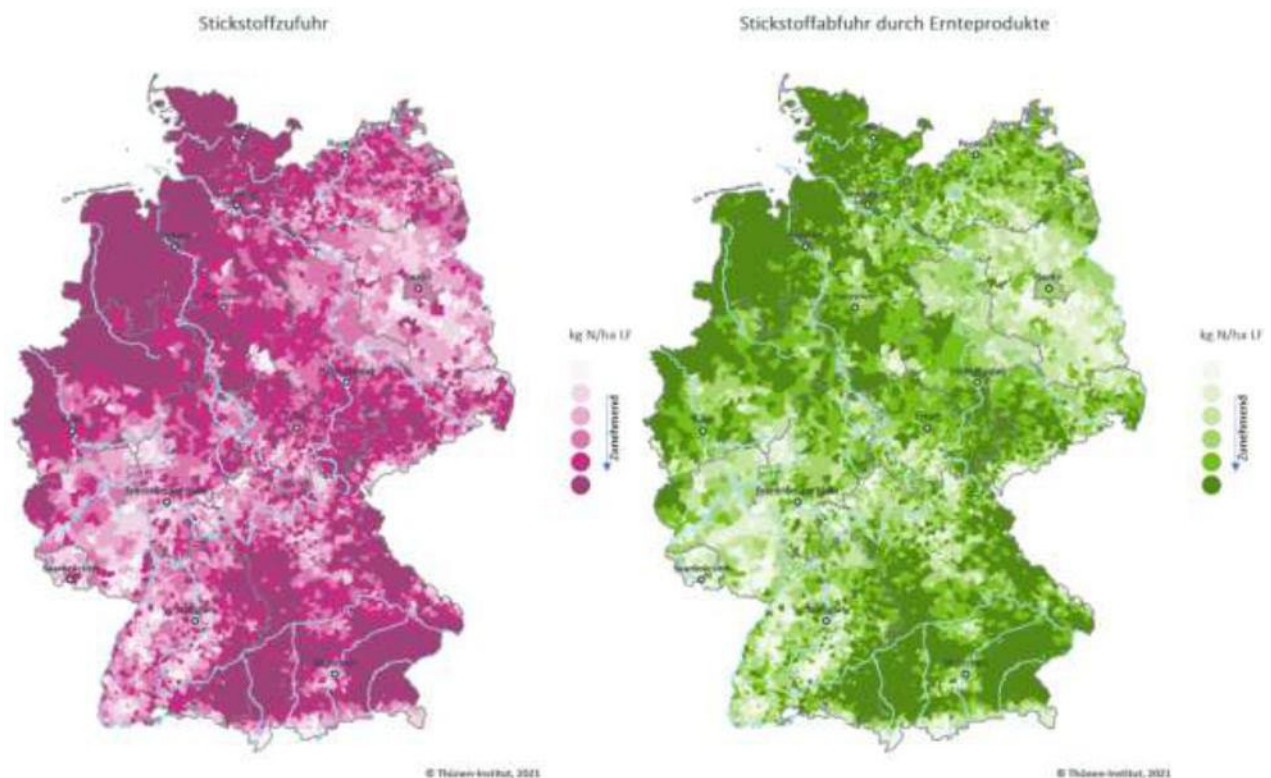


Abbildung 6-8: Gesamte Stickstoffzufuhr (links) und Stickstoffabfuhr (rechts). Quelle: AGRUM-DE, Modell RAUMIS, Jahre 2014-2016

Der Flächenbilanzüberschuss wird mittels eines durch InVeKoS-Geometrien generierten Rasters (s. Abbildung 6-9 rechts) an die hydrologischen Modelle übergeben. Die speziell in AGRUM-DE entwickelte Schnittstelle stellt den konsistenten Austausch von Informationen zwischen dem landwirtschaftlichen und den hydro(geo)logischen Modellen sicher. Diese repräsentiert die bundesweite Landnutzung gemäß der InVeKoS-Flächennutzung in jenem 100x100m-Raster, welches der hydrologischen Modellierung als Bezugsebene dient.

Die Qualität der Bilanzierung in RAUMIS wird wesentlich durch die Qualität der Eingangsdaten, insbesondere zur Landnutzung, zu Viehbeständen,

Wirtschaftsdüngertransporten und Erträgen, bestimmt. In Zukunft soll die bislang verwendete Datengrundlage sukzessive durch hochwertigere, präzisere Eingangsdaten ersetzt werden. Es wird erwartet, dadurch die Belastbarkeit der aus den Modellergebnissen abgeleiteten Aussagen weiter zu erhöhen.

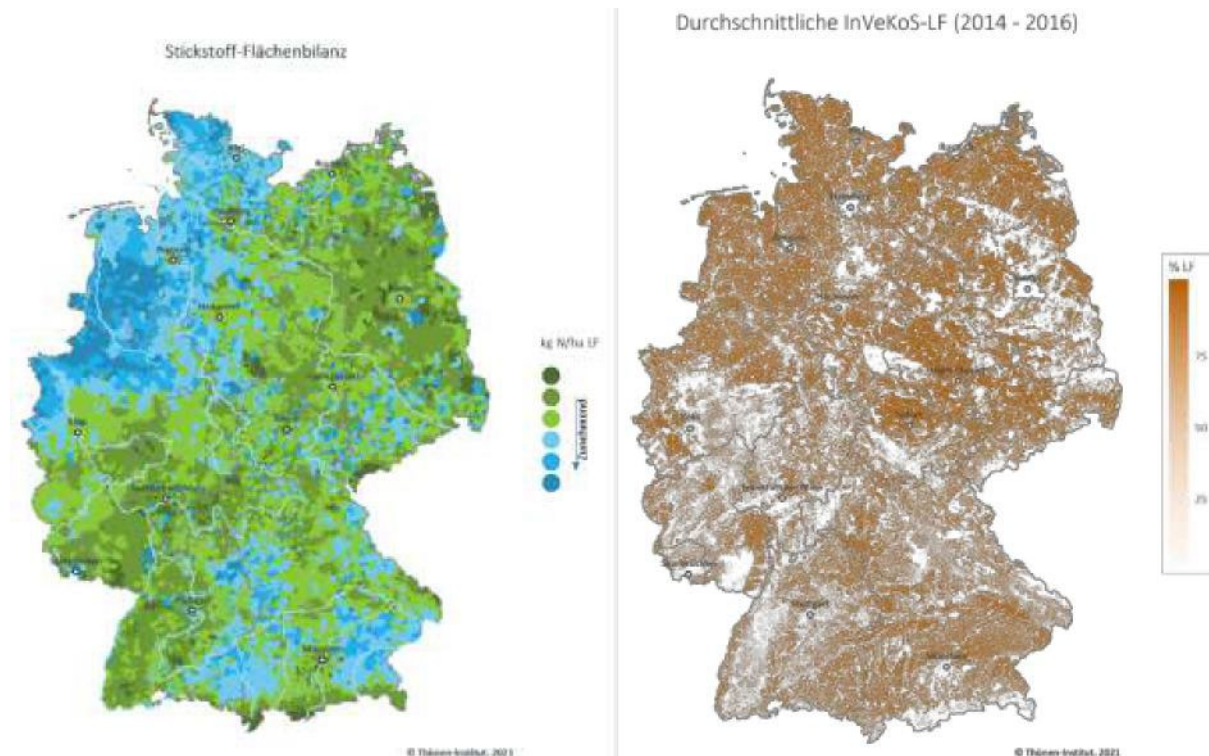


Abbildung 6-9: Stickstoff-Flächenbilanzüberschuss (links) und Schnittstellenraster (rechts). Quelle: AGRUM-DE, Modell RAUMIS, Jahre 2014-2016.

6.3 Diffuse Stickstoffeinträge (mGROWA-DENUZ-WEKU)

Die Berechnung der diffusen N-Einträge in das Grundwasser und die Oberflächengewässer erfolgt flächendeckend in hoher räumlicher Auflösung (z. B. mindestens 100x100 Meter). Kern dieses Ansatzes bildet eine umfassende Modellierung des Wasserhaushalts differenziert nach Abflusskomponenten und Eintragspfaden. Hierbei werden neben den landwirtschaftlichen Stickstoffquellen (N-Bilanzüberschuss, atmosphärische N-Deposition landwirtschaftlichen Ursprungs, z. B. NH_x) auch alle weiteren relevanten N-Quellen, die nicht landwirtschaftlichen Ursprungs sind (Leckagen im Abwassersystem, Kleinkläranlagen, atmosphärische N-Deposition nicht-landwirtschaftlichen Ursprungs, z. B. NO_x) betrachtet.

Unter Berücksichtigung relevanter standortbezogener Informationen (Klima, Bodeneigenschaften, Aquifereigenschaften etc.) erfolgt eine Berechnung des N-Eintrages in die Umweltmedien Grundwasser und Oberflächengewässer für alle relevanten diffusen Eintragspfade (natürlicher Interflow, Drainagen, Erosion, Abschwemmung, Sickerwasser, urbaner Direktabfluss, atmosphärische Deposition auf Gewässerflächen, Eintrag ins Grundwasser, grundwasserbürtiger Austrag in Oberflächengewässer). Hierbei wird eine Konsistenz- und Plausibilitätsüberprüfung zu Messwerten im Grundwasser und in Oberflächengewässern sichergestellt. Zudem erfolgt eine explizite Ausweisung von Verweil- und Fließzeiten sowie von Retentions- und Abbauprozessen im Boden und im Grundwasser zur Ableitung sensibler Räume.

Abbildung 6-10 zeigt schematisch die Kopplung der einzelnen Modellbausteine des AGRUM-Modellverbundes zur Quantifizierung der diffusen und punktförmigen N-Einträge in die Grund- und Oberflächengewässer. Schwerpunkt der Darstellung ist die Simulation der diffusen N-Austräge mit den Modellen mGROWA-DENUZ und WEKU.

Grundlage für eine nach den Abflusskomponenten differenzierende, eintragspfadbezogene Quantifizierung der diffusen N-Einträge ins Grundwasser und die Oberflächengewässer ist die flächendifferenzierte Simulation der Wasserhaushaltssituation mit dem mGROWA-Modell. Zur Ermittlung der diffusen N-Einträge werden die Modelle DENUZ (Kunkel u. Wendland, 2006) und WEKU (Kunkel und Wendland, 1997) mit dem RAUMIS-Modell verknüpft.

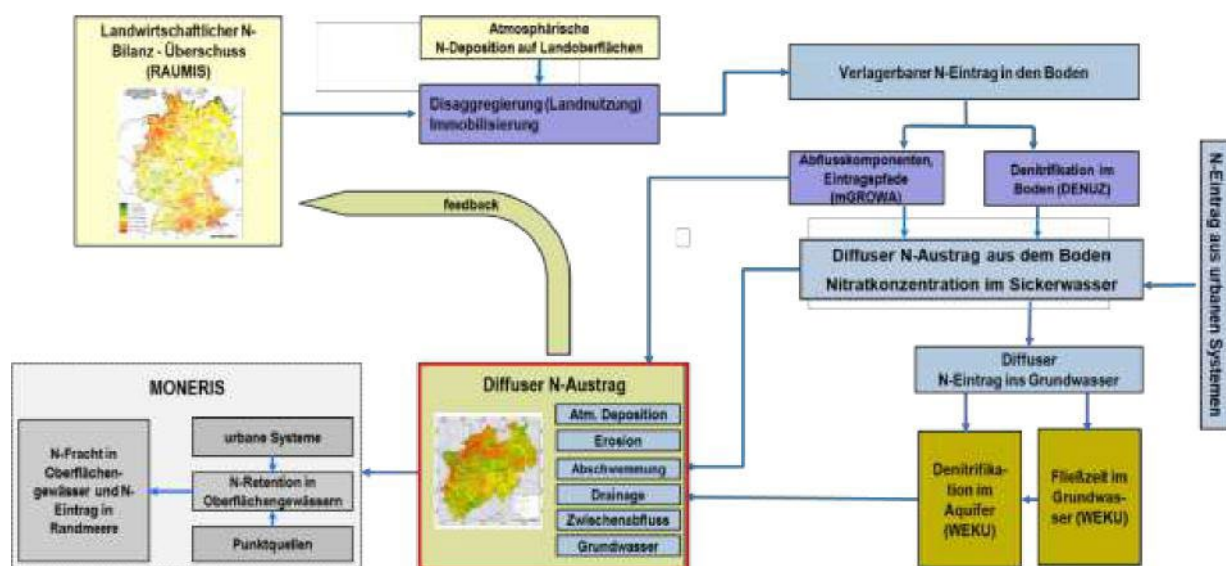


Abbildung 6-10: Schematische Darstellung des AGRUM Modellverbundes (RAUMIS – mGROWA – DENUZ – WEKU – MoNERIS) zur Simulation der N-Einträge in die Oberflächengewässer mit Fokus auf die Simulation des diffusen N- Austräge. Quelle: eigene Darstellung

Simulation der austragsrelevanten Abflusskomponenten (mGROWA)

Die räumlich hoch aufgelöste Simulation der hydrologischen Situation erfolgt basierend auf dem mGROWA-Modell (Herrmann et al., 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2021). Die mit dem mGROWA-Modell simulierten austragsrelevanten Abflusskomponenten sind eine Grundvoraussetzung für eine nach den Austragspfaden differenzierende Modellierung der N- und P-Einträge ins Grundwasser und die Vorfluter.

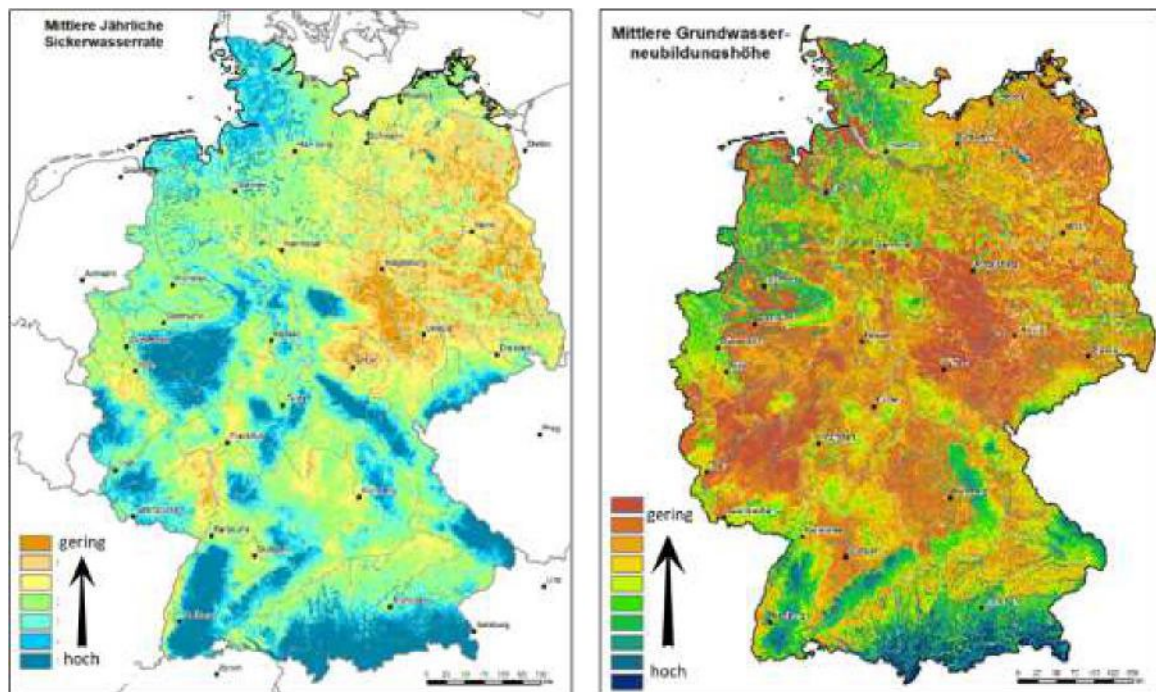
Die wichtigsten erwartbaren mGROWA-Modellergebnisse im Überblick

- Reale Verdunstungshöhe
- Gesamtabflusshöhe
- Sickerwasserhöhe

- Grundwasserneubildungshöhe
- Direktabflusshöhe aufgetrennt in:
 - *Oberflächenabflusshöhe*
 - *Höhe des Abflusses über Dränagen*
 - *Höhe des natürlichen Zwischenabflusses*
 - *Höhe des Direktabflusses aus urbanen Flächen.*

Exemplarische mGROWA-Modellergebnisse

Abbildung 6-11 zeigt exemplarische mGROWA-Modellergebnisse aus dem AGRUM-DE-Projekt im 100x100m-Raster. Durch die hohe räumliche Auflösung ist sichergestellt, dass die im Rahmen der Berichterstattung für unterschiedliche Gebietskulissen (GWK, Flussgebiete etc.) zu erstellenden Auswertungen hinsichtlich der N- und P-Austragsgefährdung aggregiert werden können und dennoch konsistent zueinander sind.



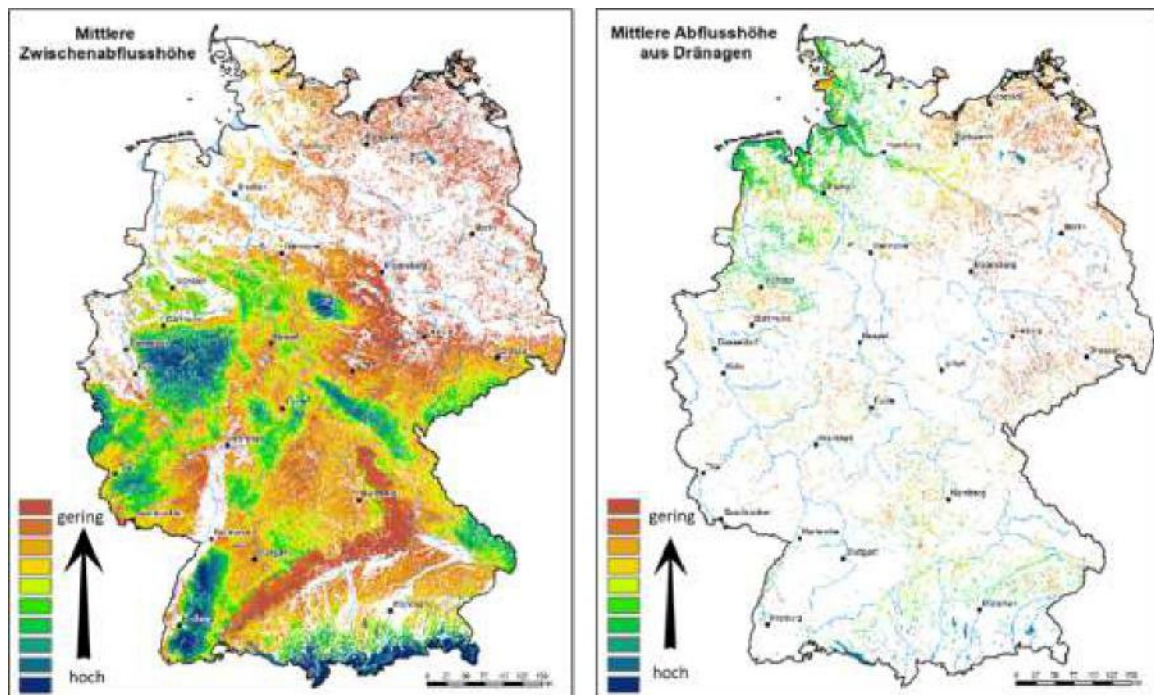


Abbildung 6-11: Exemplarische mGROWA-Modellergebnisse.

Abbildung 6-11 links oben zeigt die räumliche Verteilung der berechneten mittleren Sickerwasserhöhen, die sich als Differenz aus Gesamtabflusshöhe und Oberflächenabflusshöhe und urbanem Direktabfluss ergibt. Die in den Boden einsickernden Abflussanteile gelangen als natürlicher Zwischenabfluss (s. Abbildung 6-11 rechts oben), Drainageabfluss (s. Abbildung 6-11 links unten) oder mit der Grundwasserneubildung ins Grundwasser (s. Abbildung 6-11 rechts unten) in die Oberflächengewässer.

Die aus dem Boden ausgetragene N-Menge teilt sich dabei nach dem Verhältnis der Abflusskomponenten zueinander auf die einzelnen Eintragspfade auf. In der bisherigen AGRUM-DE-Modellierung wurde folglich davon ausgegangen, dass die N-Austräge aus dem Boden nach der Passage der Wurzelzone festgelegt sind, sodass sich die N-Einträge ins Grundwasser bzw. in die Oberflächengewässer entsprechend den Ergebnissen des mGROWA-Modells für das Verhältnis Grundwasserneubildung/Direktabfluss aufteilen. Ein Teil gelangt über den Direktabfluss, d. h., die schnell abfließenden Wasserhaushaltskomponenten gelangen ohne weitere Denitrifikation in die Oberflächengewässer, der andere Teil gelangt über die Grundwasserneubildung in den Aquifer.

6.3.1 Simulation der diffusen N-Einträge ins Grundwasser und die Oberflächengewässer (DENUZ-WEKU)

Mit den Modellen DENUZ-WEKU wird eine räumlich differenzierte und eintragspfadspezifische Quantifizierung der diffusen N-Einträge in das Grundwasser und in die Oberflächengewässer über die mit dem mGROWA-Modell simulierten austragsrelevanten Abflusskomponenten unter Berücksichtigung des Nitratabbaus in Boden und Grundwasser vorgenommen. Wenn im Folgenden von N-Einträgen gesprochen wird, sind damit N-

Emissionen aus der Fläche in die Oberflächengewässer gemeint. Als N-Quellen gehen die regional differenzierten mit dem RAUMIS-Modell berechneten N-Bilanzen, die atmosphärische N Deposition aus der PINETI3-Modellierung (Schaap et al., 2018) und die mit dem MONERIS-Modell berechneten N-Austräge aus urbanen Systemen ein.

Bei der Modellierung des verlagerbaren N-Eintrags in den Boden wird vereinfachend davon ausgegangen, dass ackerbaulich genutzte Böden durch die jahrelange Düngung eine N-Sättigung aufweisen, sodass die N-Gehalte in der Bodensubstanz des Oberbodens nahezu konstant bleiben. Der verlagerbare N-Eintrag ackerbaulich genutzter Böden entspricht dann genau den nicht von der Erntesubstanz aufgenommen N- Zufuhren (vor allem N-Überschüsse aus der RAUMIS-N-Bilanz und atmosphärische Deposition). Für Grünland sowie bewaldete Flächen wird unterstellt, dass ein Teil der N-Zufuhren im Boden gespeichert wird und zum Aufbau der organischen Bodensubstanz beiträgt.

Der verlagerbare N-Austrag aus dem Boden gelangt im Allgemeinen nicht vollständig in das Grundwasser bzw. die Oberflächengewässer. Durch mikrobielle Umsetzungsprozesse im Boden kann ein Teil der organischen und mineralischen Stickstoffverbindungen in reduzierte gasförmige Stickstoffverbindungen umgewandelt werden, die den Bodenraum in die Atmosphäre verlassen können. Ausmaß und Kinetik der Denitrifikation im Boden hängen in komplexer Weise von einer Vielzahl verschiedener Einflussfaktoren ab. Begünstigend für eine Denitrifikation im Boden sind beispielsweise eine hohe Bodenfeuchte, hohe Bodendichten und hohe Bodentemperaturen. Im Gegensatz dazu ist mit einer gehemmten Denitrifikation bei zur Versauerung neigenden Böden und mit einem reduzierten Humusgehalt zu rechnen (Hoffmann, 1991; Köhne u. Wendland, 1992; Kreins et al., 2010; Kunkel u. Wendland, 2006; Wendland, 1992; Wendland et al., 1993). Für die Modellierung der Denitrifikation im Boden wird eine Michaelis-Menten-Kinetik zugrunde gelegt. Da der Nitratabbau in der ungesättigten Zone unterhalb des durchwurzelten Bereichs in modellhafter Annahme vernachlässigt wurde, sind die N-Einträge in die Oberflächengewässer über den natürlichen Zwischenabfluss sowie über den Dränabfluss damit bereits an dieser Stelle bestimmt.

Zur Bestimmung der grundwasserbürtigen N-Einträge in die Vorfluter wird zunächst der Anteil der Grundwasserneubildung am Gesamtabfluss bestimmt. Wenn die Wasserhaushaltsmodellierung mit mGROWA also ergeben hat, dass der Gesamtabfluss in einer Rasterzelle zu 80 % zur Grundwasserneubildung beiträgt, so bedeutet dies gleichsam, dass 80 % der N-Austräge aus dem Boden über die Grundwasserneubildung in den Aquifer gelangen.

Für die über die Grundwasserneubildung in den Grundwasserleiter ausgewaschenen N-Mengen ist der reaktive N-Transport im Aquifer zu berücksichtigen. Dies erfolgt über das Modell WEKU (Kunkel und Wendland 1997; 2000; 2006; Wendland et al. 2004). Die WEKU-Modellierung beinhaltet eine flächendifferenzierte Analyse der Fließwege und Fließzeiten im oberen Grundwasserleiter. Diese Fließzeitenanalyse ist nicht nur für die Simulation der u. a. zeitabhängigen Nitratabbauvorgänge im Grundwasser reduzierter Grundwässer bedeutsam,

sondern auch für die Prognose der zeitlichen und räumlichen Wirkung von Maßnahmen zur Verminderung von Stoffeinträgen. Die Einstufung in reduzierte und oxidierte Aquifere erfolgt auf der Basis von Grundwassergütedaten (vgl. Wendland und Kunkel, 1999, Wendland et al, 2008; Kunkel et al., 2016).

Die wichtigsten erwartbaren DENUZ-WEKU-Modellergebnisse im Überblick

Bei den mit den Modellen DENUZ-WEKU in hoher räumlicher Auflösung und unter Berücksichtigung des Nitratabbaus in Boden und Grundwasser simulierten diffusen N-Einträge ins Grundwasser und die Oberflächengewässer über die verschiedenen Abflusskomponenten handelt es sich um:

- Diffuser N-Eintrag in die Oberflächengewässer über Abschwemmung
- Diffuser N-Eintrag in die Oberflächengewässer über Erosion
- Diffuser N-Eintrag in die Oberflächengewässer über Dränagen
- Diffuser N-Eintrag in die Oberflächengewässer über den natürlichen Zwischenabfluss
- Diffuser N-Eintrag ins Grundwasser mit der Grundwasserneubildung
- Diffuser N-Eintrag in die Oberflächengewässer über den grundwasserbürtigen Abfluss
- Direkte atmosphärische N-Deposition auf Gewässerflächen
- Gesamte diffuse N-Einträge in die Oberflächengewässer
- Wichtige Zwischenschritte der Modellierung:
 - *Verlagerbarer N-Eintrag in den Boden*
 - *Diffuser N-Austrag aus dem Boden*
 - *Nitratabbaubedingungen/Denitrifikationsraten im Boden*
 - *Nitratabbaubedingungen/Denitrifikationsraten im Grundwasser*
 - *Verweilzeiten im Boden*
 - *Fließzeiten im Grundwasser*

Exemplarische DENUZ-WEKU-Modellergebnisse

zeigt exemplarische Ergebnisse der DENUZ-WEKU-Modellierung im 100x100m-Raster. Durch die hohe räumliche Auflösung ist sichergestellt, dass die im Rahmen der Berichterstattung für unterschiedliche Gebietskulissen (GWK, Flussgebiete etc.) zu erstellenden Auswertungen hinsichtlich der N- Austragsgefährdung problemlos aggregiert werden können und dennoch konsistent zueinander sind.

Der in Abbildung 6-12 oben links dargestellte N-Austrag aus dem Boden unterhalb der durchwurzelten Bodenzone entspricht der Nitratmenge, die über die Komponenten des Abflusses ins Grundwasser bzw. die Oberflächengewässer eingetragen werden. Abbildung 612 oben rechts zeigt die N-Menge, die mit der Grundwasserneubildung in den Aquifer eingetragen wird. Abbildung 6-12 unten links zeigt den N-Eintrag in Gewässer von Flächen mit natürlichem Zwischenabfluss, Abbildung 6-12 unten rechts den N-Eintrag in Gewässer von dränierten Flächen.

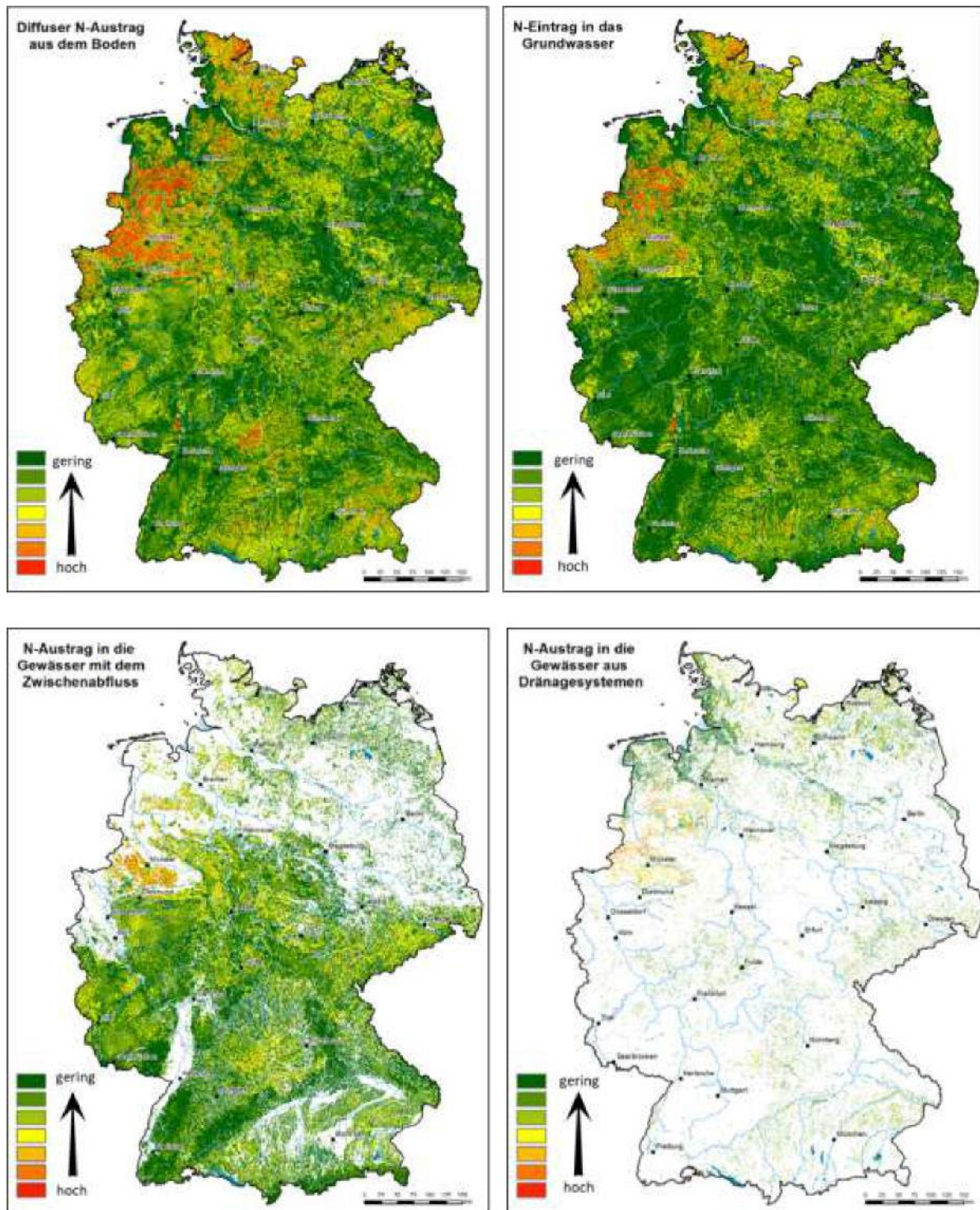


Abbildung 6-12: Exemplarische DENUZ-WEKU-Modellergebnisse (weiß = keine Austräge).

Die modellierten diffusen N-Einträge in die Oberflächengewässer werden auf Ebene der Teileinzugsgebiete aufsummiert und ans MONERIS-Modell übergeben. Dort werden die modellierten Werte anhand von im Flusslauf gemessenen Nitratkonzentrationen nach Anwendung der Methode der OSPAR-Commission (1998) auf Plausibilität überprüft. Bei der Plausibilitätsüberprüfung der Modellrechnungen ist zu berücksichtigen, dass die in einem Flusslauf realisierten Nährstofffrachten sich nicht nur aus den diffusen Einträgen zusammensetzen, sondern immer auch einen Anteil an punktuellen Einträgen aufweisen.

Dementsprechend werden die N-Einträge über Trennkanalisationen, kommunale Kläranlagen, industrielle Direkteinleitungen, Bürgermeisterkanäle sowie über Mischwasserentlastungen im MONERIS gesondert ausgewiesen. Zudem wird dort die gewässerinterne N-Retention berücksichtigt.

6.3.2 Simulation der diffusen Phosphoreinträge in die Oberflächengewässer (MEPhos-Modell)

Das Modell MEPhos wurde entwickelt, um mehrjährige mittlere Phosphoreinträge aus diffusen und punktuellen Quellen in meso- und makroskaligen Flusseinzugsgebieten zu quantifizieren (Tetzlaff 2006; Tetzlaff et al., 2009). Das Ziel der MEPhos-Anwendung besteht in der flächendifferenzierten Ermittlung der P-Belastung und im Ausweisen von räumlichen Belastungsschwerpunkten (Hotspots) innerhalb von Flussgebieten. MEPhos basiert auf einem pfad- und flächendifferenzierten Emissionsansatz, bei dem die folgenden diffusen Eintragspfade berücksichtigt werden: Dränagen, grundwasserbürtiger Abfluss, Abschwemmung, Erosion, Zwischenabfluss und atmosphärische Deposition auf Wasserflächen (s. Abbildung 6-13). Eine detaillierte MEPhos-Modellbeschreibung findet sich im Feinkonzept im Anhang. Auf die Eintragspfade und Berechnungsansätze zur Abbildung von Einträgen über Punktquellen und urbane Systeme wird an dieser Stelle nicht eingegangen, da diese im AGRUM-DE-Projekt über das Modell MONERIS abgebildet werden.



Abbildung 6-13: Schematische Darstellung der Modellierung des mehrjährigen mittleren P-Eintrags mit MEPhos.

Durch Multiplikation der Stoffkonzentrationen der Phosphotope (Teilflächentypen) mit den Abflusshöhen nach mGROWA (vgl. Kapitel 6.2.3) ergeben sich rasterzellenweise die mittleren jährlichen Einträge in der Einheit kg/(ha·a). Die Modellierung erfolgt im Rasterformat, da die Modellergebnisse des Wasserhaushaltsmodells mGROWA diese Form der räumlichen Diskretisierung vorgeben. Die Phosphotope besitzen als meist größere, zusammenhängende Flächen den Charakter von Raster-Clustern. Die multiplikative Verknüpfung auf Rasterbasis erfolgt separat für die einzelnen Pfade. Dagegen wird der erosionsbürtige Eintrag von P_{gesamt} durch Multiplikation des Bodenerosionspotenzials nach ABAG mit dem Sedimenteintragsverhältnis, dem P-Gehalt im Oberboden sowie dem Anreicherungsfaktor bestimmt.

Die wichtigsten erwartbaren MEPhos-Modellergebnisse im Überblick

Mit dem Modell MEPhos erfolgt eine räumlich hoch aufgelöste Simulation der diffusen P-Einträge in die Oberflächengewässer über die verschiedenen Abflusskomponenten:

- Diffuser P-Eintrag in die Oberflächengewässer über Abschwemmung
- Diffuser P-Eintrag in die Oberflächengewässer über Erosion
- Diffuser P-Eintrag in die Oberflächengewässer über Dränagen
- Diffuser P-Eintrag in die Oberflächengewässer über den natürlichen Zwischenabfluss
- Diffuser P-Eintrag in die Oberflächengewässer über den grundwasserbürtigen Abfluss
- Direkte atmosphärische P-Deposition auf Gewässerflächen
- Gesamte diffuse P-Einträge in die Oberflächengewässer
- Wichtige Zwischenschritte der Modellierung:
 - *Potenziell dränierte Gebiete*
 - *Mittlere Bodenabtragsgefahr*
 - *ABAG-Faktoren*

Exemplarische MEPhos-Modellergebnisse

Abbildung 6-14 zeigt exemplarische Ergebnisse der MEPhos-Modellierung im 100x100m-Raster. Durch die hohe räumliche Auflösung ist sichergestellt, dass die im Rahmen der Berichterstattung für unterschiedliche Gebietskulissen (GWK, Flussgebiete etc.) zu erstellenden Auswertungen hinsichtlich der P-Austragsgefährdung aggregiert werden können und dennoch konsistent zueinander sind.

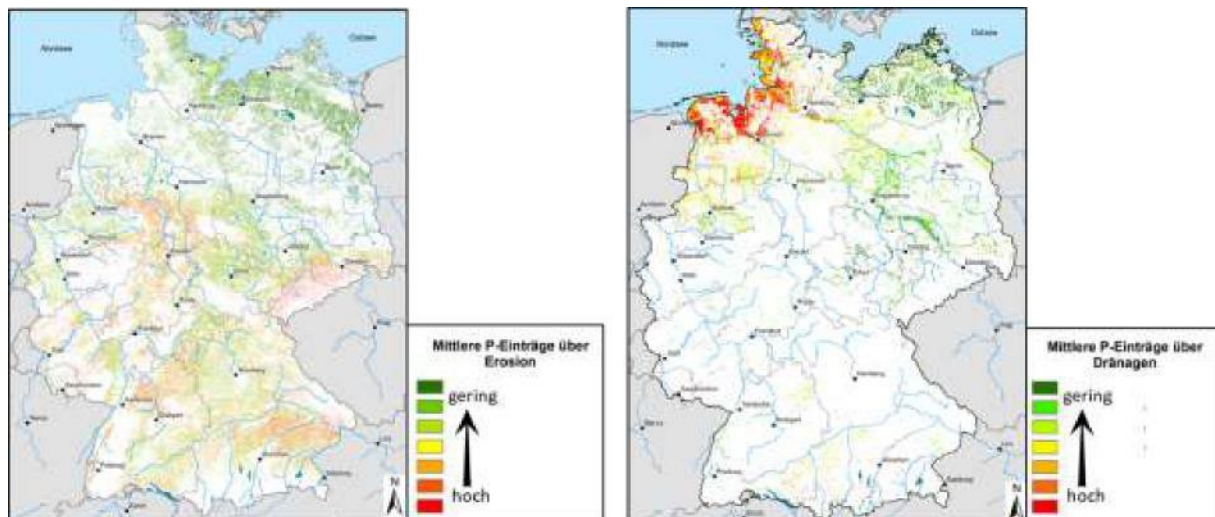


Abbildung 6-14: Exemplarische MEPhos-Modellergebnisse.

Nach Berechnung des P-Eintrags über alle diffusen Pfade werden die einzelnen Emissionen zur Berechnung der P-Belastung auf Ebene der Teileinzugsgebiete aufsummiert und an das Modell MONERIS übergeben. Im MONERIS-Modell erfolgt die Abbildung von P-Einträgen über Punktquellen und urbane Systeme Um die Validität der modellierten P-Einträge eines

Einzugsgebiets überprüfen zu können, werden diese mit Frachten verglichen, die für Gütemessstellen nach Anwendung der Methode der OSPAR-Commission (1998) ermittelt wurden.

6.3.3 Modellierung der Nitrataustragsgefährdung

Die Ermittlung der Nitrataustragsgefährdung erfolgt basierend auf dem Modellsystem AGRUM-DE ausgehend von der Nitratkonzentration im Sickerwasser. Die Nitratkonzentration im Sickerwasser gibt an, mit welcher Konzentration das aus dem Boden ausgetragene Nitrat mit der Grundwasserneubildung ins Grundwasser bzw. über die Direktabflusskomponenten in die Oberflächengewässer eingetragen wird. Zur Beurteilung, ob das Grundwasserschutzziel von 50 mg NO₃/l erreicht werden kann, ist die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser ein guter Indikator.

Für niederschlagsbenachteiligte Gebiete und in Abhängigkeit von der Mächtigkeit bindiger Deckschichten ist jedoch die Entwicklung weiterer Bewertungskriterien erforderlich. So könnte beispielsweise eine boden-klimatische Differenzierung der „Untergrenze“ des maximal tolerierbaren Stickstoffsaldos als weiteres Bewertungskriterium entwickelt werden. In der zweiten Aufbauphase des Monitoringsystems ist bereits die Entwicklung und Festlegung von weiteren Bewertungskriterien in Abstimmung mit dem Begleitarbeitskreis vorgesehen. Auf der Grundlage dieser Bewertungskriterien soll zukünftig die Wirkungsabschätzung der DüV vorgenommen und ggü. der EU-Kommission berichtet werden.

Die wichtigsten Modellergebnisse und Modellzwischenergebnisse zur Herleitung von Bewertungskriterien zur Nitrataustragsgefährdung im Überblick

- Nitratkonzentration im Sickerwasser
- Maximal tolerierbare N-Austräge zur Gewährleistung einer Nitratkonzentration im Sickerwasser von unter 50 mg NO₃/l
- N-Minderungsbedarf zur Gewährleistung einer Nitratkonzentration im Sickerwasser von unter 50 mg NO₃/l

Exemplarisches Modellergebnis zur Nitrataustragsgefährdung

Abbildung 6-15 zeigt die Nitratkonzentration im Sickerwasser und damit ein exemplarisches Ergebnis zur Nitrataustragsgefährdung im 100x100m-Raster. Durch die hohe räumliche Auflösung ist sichergestellt, dass die im Rahmen der Berichtserstattung für unterschiedliche Gebietskulissen (GWK, Flussgebiete etc.) zu erstellenden Auswertungen hinsichtlich der N-Austragsgefährdung problemlos aggregiert werden können und dennoch konsistent zueinander sind.

Die Nitratkonzentration im Sickerwasser gibt an, mit welcher Konzentration das Bodenwasser die durchwurzelte Bodenzone verlässt. Durch die unterschiedlich hohen Sickerwasserraten (vgl. Abbildung 6-11) weisen die modellierten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser je nach

Region erhebliche Unterschiede auf, die nicht nur von der Höhe des Nitrataustrags aus dem Boden (vgl. Abbildung 6-12) abhängen. So ist die Verdünnung des gleichen Nitrataustrags aus dem Boden im Rheinischen Schiefergebirge, d. h. bei Sickerwasserhöhen um (oder sogar über) 500 mm/a, mindestens fünfmal so hoch wie in weiten Teilen des Oberrheingebiets und in Rheinhessen, wo die Sickerwasserhöhe selten 100 mm/a übersteigt.

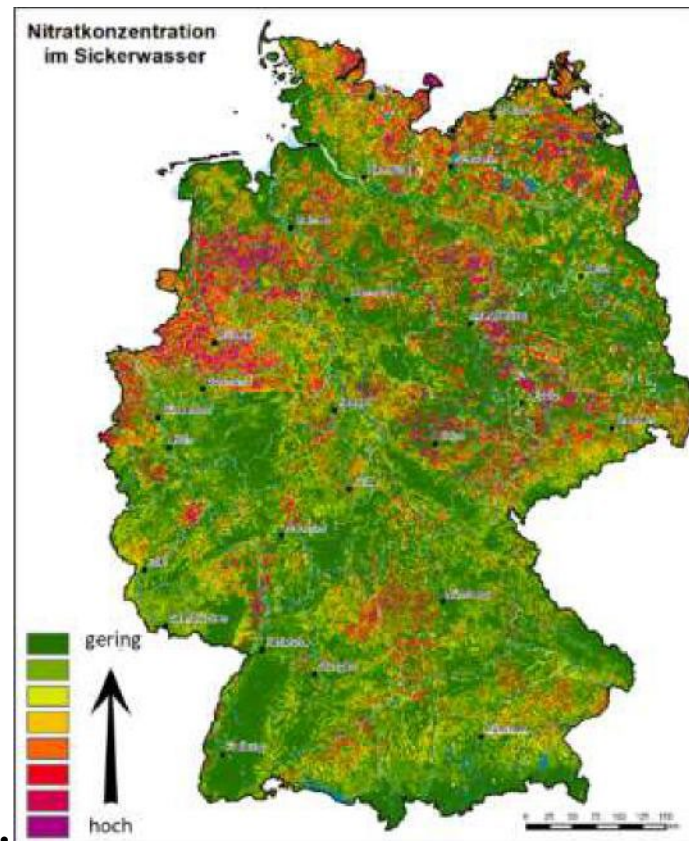


Abbildung 6-15: Exemplarisches Ergebnis zur Nitrataustragsgefährdung.

6.4 Einträge aus urbanen Systemen sowie aus Punktquellen (MONERIS)

6.4.1 N- und P-Einträge aus urbanen Systemen sowie aus Punktquellen

Inhalt dieses Moduls ist die Quantifizierung von N- und P-Einträgen aus urbanen Systemen inklusive der Einträge aus Punktquellen, wie z. B. Kläranlagen oder industriellen Direkteinleitern. Die Berechnung der Einträge aus urbanen Systemen berücksichtigt verschiedene Eingangsdaten und unterscheidet sieben Teilpfade: kommunale Kläranlagen (> 2000 EW), kleine Kläranlagen (50 bis 2000 EW), Klein-Kläranlagen (< 50 EW), Regenwasser der Trennkanalisation, Mischkanalisationsüberläufe, Exfiltrationsverluste aus Kanalleckagen und nicht an die Kanalisation angeschlossene urbane Flächen.

Da zentrale flächendeckende Eingangsdaten aggregiert auf Gemeindeebene vorliegen, werden die Berechnungen grundsätzlich auf Gemeindeebene durchgeführt. Dabei sind jedoch z. B.

Niederschlag (bereitgestellt durch das FZJ) oder auch Landnutzung und Versiegelungsgrade in deutlich höherer räumlicher Auflösung verfügbar und somit eine weitere Binnendifferenzierung möglich. Die Darstellung der Einträge aus urbanen Gebieten erfolgt in der Regel für die nach Landbedeckungskarte ausgewiesenen urbanen Flächen. Einträge aus kommunalen Kläranlagen und industrielle Direkteinleiter werden nicht aggregiert, sondern für die jeweiligen Einleitstellen gezeigt. Die erwartbaren Ergebnisse aus diesem Modul werden auf Basis der aktuellen Ergebnisse aus AGRUM-DE dargestellt.

Kanalisationssysteme werden in Misch- und Trennkanalisation unterschieden. Während die Trennkanalisation Regenwasser und häusliches Abwasser in getrennten Rohren abführt, wird in der Mischkanalisation beides in einem Rohr gesammelt. Während das Regenwasser der Trennkanalisation, ggfs. nach einer Vorreinigung in z. B. eine Retentionsbodenfilter, direkt in ein Oberflächengewässer eingeleitet wird, wird das häusliche Abwasser der Trennkanalisation und das gesamte Abwasser der Mischkanalisation an eine Kläranlage geleitet. Das häusliche Abwasser der Trennkanalisation wird vollständig in der Kläranlage behandelt und ist somit in den Einträgen aus Punktquellen enthalten. Bei der Mischkanalisation kann während Starkniederschlagsereignissen die Abwassermenge so weit ansteigen, dass eine Behandlung in der Kläranlage nicht unmittelbar möglich ist. Daher verfügen Mischkanalsysteme meist über Zwischenspeicher (Regenrückhaltebecken), in denen das Abwasser vorübergehend zurückgehalten wird. Sollten diese Zwischenspeicher ebenfalls volllaufen, kann es zu einem Entlastungsereignis und somit zu einem Direkteintrag von ungereinigtem Abwasser in ein Oberflächengewässer kommen. In Abhängigkeit von Bevölkerungszahl, Anschlussverhältnissen, der Größe der angeschlossenen versiegelten Fläche, jährlicher Niederschlagssummen und des Speichervolumens werden somit die Einträge über Misch- und Trennkanalisation ermittelt.

Nicht-versiegelte urbane Flächen ergeben sich als Restgröße aus der nach Landschaftsbedeckungsmodell ausgewiesenen urbanen Fläche und deren Versiegelungsgrad. Hierbei handelt es sich um jegliche Art von urbanen Grünflächen, wie Straßenbegrünung, Stadtparks, Friedhöfe, Gärten o. ä. Für diese Flächen werden nur die atmosphärische Deposition und zusätzlich Einträge aus Laubfall und Exkrementen angesetzt. Die ermittelten Einträge werden im Folgenden an das FZJ weitergegeben, um dort den Transport und Abbau während der Boden-Grundwasserpassage zu berechnen.

Als Beitrag zur Diskussion um die DüV werden die Sickerwasserverluste aus der städtischen Kanalisation in das Grundwasser abgeschätzt. Diese Berechnungen basieren im Wesentlichen auf Alter und Art der Kanalisation, Bevölkerungsdichte, Anschlussverhältnissen und Niederschlagsmenge. Zustand, Schadensdichte und Sickerwassermengen werden sowohl für die öffentliche als auch die private Kanalisation basierend auf einer umfassenden Literaturstudie festgelegt und unter Berücksichtigung von gemeindespezifischen Datengrundlagen deutschlandweit konsistent übertragen.

Die Berechnung erfolgt nach einem zweistufigen Ansatz, der zuerst eine Exfiltration aus der privaten Kanalisation und anschließend eine Exfiltration aus der öffentlichen Kanalisation berechnet. Als Berechnungsgrundlage dienen die Abwassermengen, effektiven Starkniederschlagstage und Anschlussverhältnisse in der Trenn- und Mischkanalisation. Zur Berechnung der Exfiltration von Stickstoff und Phosphor wurden die berechneten Konzentrationen in der Trennkanalisation sowie der Mischkanalisation während Überlaufereignissen verwendet. Die Exfiltrationsverluste in das Grundwasser werden durch FZJ bei der Grundwassertransport und -retentionsmodellierung weiterverwendet.

Bei Kleinkläranlagen (KKA) werden drei verschiedene Systeme unterschieden

- Einleitung nach Vorreinigung über ein Rohr oder einen Graben
- Einleitung nach Vorreinigung über eine öffentliche Kanalisation
- Einleitung nach Vorreinigung über eine Boden-Grundwasserpassage

Für die ersten beiden Systeme erfolgt nach der Reinigung in der KKA eine direkte Einleitung in die Oberflächengewässer. Beim dritten System erfolgt, bevor die Einträge in die Oberflächengewässer gelangen, ein weiterer Rückhalt der mitgeführten Nährstoffe während der Boden-Grundwasserpassage. Innerhalb AGRUM-DE werden dieser Transportweg und die betroffenen Prozesse durch das FZJ abgebildet. So erfolgt hier die Berechnung der Fracht bei Verlassen der KKA und diese wird anschließend zur weiteren Modellierung an das FZJ übergeben.

Da die Behandlung von nicht-häuslichem Abwasser in KKA (z. B. Niederschlagswasser) untersagt ist, wird die Fracht in die KKA aus dem personenspezifischen Wasserverbrauch und den personenspezifischen Nährstoffabgaben berechnet. Die Anforderungen an dezentrale Abwasseranlagen (Kleinkläranlagen), die häusliches Abwasser behandeln, sind in den gesetzlichen Regelungen des Bundes und der Länder festgelegt. Differenzierte Angaben zum Bautyp einzelner Kleinkläranlagen sind nicht flächendeckend verfügbar. Die Reinigungsleistung von Kleinkläranlagen muss daher vereinfachend geschätzt werden. Nach Anhang 1 der Abwasserverordnung sind Kleinkläranlagen in die Größenklasse 1 einzuordnen. Die danach geltenden Anforderungen für die Einleitkonzentrationen sind in der Regel nur durch eine biologische Reinigungsstufe erreichbar. Unter Annahme einer biologischen Vorreinigung wird die Retentionsleistung basierend auf einer aktuellen Literaturstudie auf jeweils 50 % für Stickstoff und Phosphor festgelegt. Unter Berücksichtigung der Bevölkerungszahl, Anschlussverhältnissen, des personenspezifischen Wasserverbrauchs und der täglichen Nährstoffabgabe sowie der Reinigungsleistung ergeben sich demnach die Einträge aus Kleinkläranlagen.

Einträge aus kleinen Kläranlagen mit 50 bis 2000 angeschlossenen Einwohnern werden als jährliche Nährstofffrachten auf Gemeindeebene aggregiert über das Forschungsdatenzentrum bezogen. Für AGRUM-DE II sollen diese als Einzeldaten berücksichtigt werden. Die Einträge über kommunale Kläranlagen und industriellen Direkteinleitern werden auf Ebene von Einzeldaten durch das UBA bezogen und über die Lage (Koordinaten) den Gemeinden oder Teileinzugsgebieten zugewiesen.

Die wichtigsten Modellergebnisse zu Einträgen aus urbanen Systemen im Überblick

Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Boden-Grundwasserpassage über (zur weiteren Verwendung durch das FZJ)

- Kleinkläranlagen mit Bodenversickerung
- Nicht-versiegelten urbanen Flächen
- Kanalleckagen

Stickstoff und Phosphoreinträge in die Oberflächengewässer über

- Trennkanalisation
- Mischkanalisationsüberläufe
- Kleinkläranlagen mit Einleitung über ein Rohr oder Graben bzw. mit Anschluss an die öffentliche Kanalisation
- Kleinen Kläranlagen mit 50-2000 EWG
- Kommunale Kläranlagen mit > 2000 EWG
- Industrielle Direkteinleiter

Exemplarische Modellergebnisse zu Einträgen aus urbanen Systemen

Alle ermittelten Ergebnisse, ausgenommen der Einträge aus kommunalen Kläranlagen und industriellen Direkteinleitern, werden für die nach Landschaftsbedeckungsmodell ausgewiesenen urbanen Flächen ausgewiesen. Abbildung 6-16 zeigt exemplarisch die Stickstoffeinträge aus Trenn- und Mischkanalisation. Urbane Flächen, die nicht an eines der beiden Kanalsysteme angeschlossen sind (Legende „keine“), werden in dunkelgrau dargestellt. Mischkanalsysteme wurden bei Einführung der ersten Kanalisationssysteme häufiger verbaut als Trennkanalsysteme und sind daher häufiger in Altstädten zu finden. Darüber hinaus dominiert die Trennkanalisation meist in den Lockergesteinsregionen, während Mischkanalisationssysteme häufiger im Festgesteinsbereich und den Mittelgebirgen zu finden ist. Wie in Abbildung 6-17 gezeigt, werden die Einträge über kommunale Kläranlagen und industriellen Direkteinleitern individuell für die Lage der jeweiligen Anlagen berücksichtigt und dargestellt.

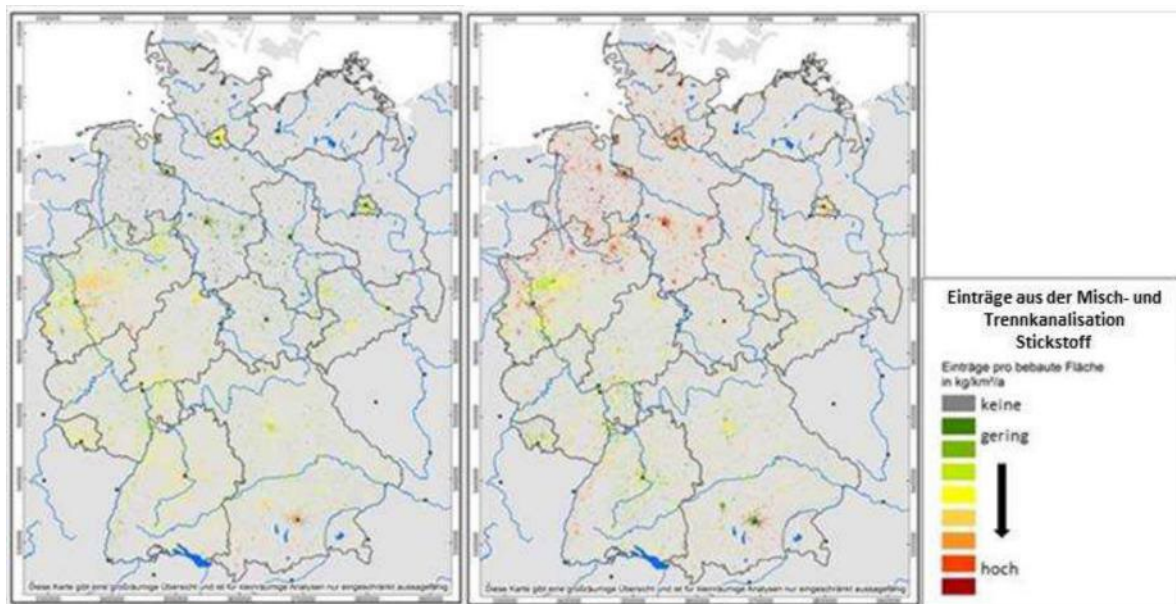


Abbildung 6-16: Exemplarisches Ergebnis zu Stickstoffeinträgen aus der Mischkanalisation (links) und Trennkanalisation (rechts).

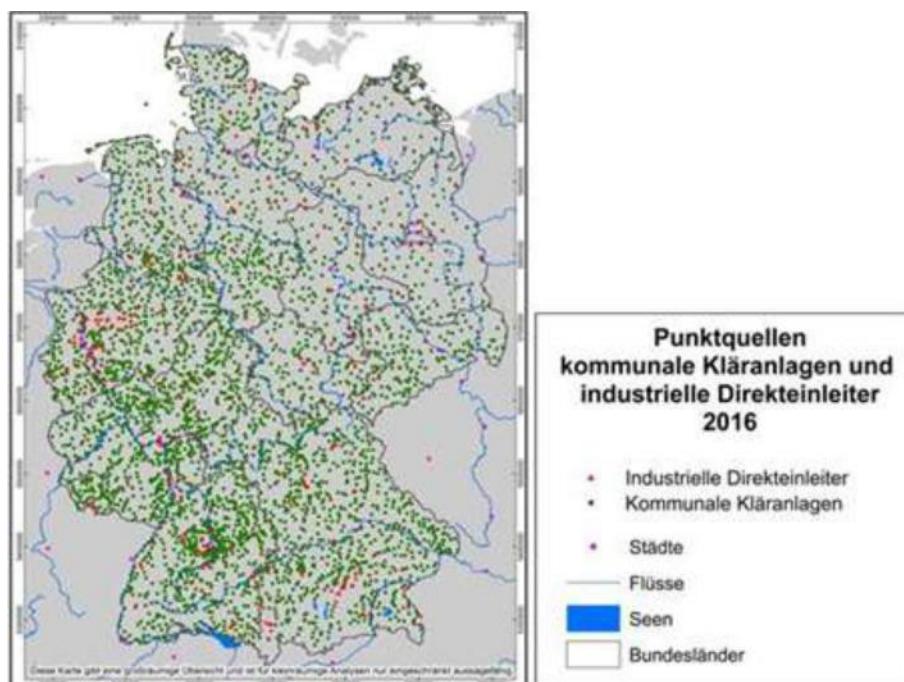


Abbildung 6-17: Exemplarisches Ergebnis zu Stickstoffeinträgen aus kommunalen Kläranlagen und industriellen Direkteinleitern.

6.4.2 Berechnung der gesamten Einträge aus diffusen Quellen und urbanen Systemen

Aus den in Kapitel 6.4.1 dargestellten Ergebnissen wurden zunächst die Einträge aus urbanen Systemen in die Boden-Grundwasserzone zusammengefasst und zur weiteren Modellierung der Retention und des Transports im Grundwasser an das FZJ übergeben (s. Kapitel 6.3.3).

Abschließend werden dem IGB die gesamten diffusen Einträge in Oberflächengewässer durch das FZJ zur Verfügung gestellt und zusammen mit den Einträgen aus urbanen Systemen in die Oberflächengewässer und Punktquellen zusammengeführt, um die Gesamteinträge in die Oberflächengewässer zu ermitteln. Für die weitere Modellierung der Retention und des Transports in Oberflächengewässern bis zur Küste werden die Einträge auf hydrologische Einzugsgebiete aggregiert.

Die wichtigsten Modellergebnisse zu den Gesamteinträgen in Oberflächengewässer im Überblick

Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Boden-Grundwasserpassage über (zur weiteren Verwendung durch das FZJ)

- Stickstoff- und Phosphoreinträge auf Ebene hydrologischer Teileinzugsgebiete, bzw. aggregiert auf Koordinierungsraum- oder Bundeslandebene
- Anteil der berücksichtigten Eintragspfade an den Gesamteinträgen

Exemplarische Modellergebnisse zu den Gesamteinträgen in Oberflächengewässer

Abbildung 6-18 zeigt exemplarisch die Gesamtstickstoff- und Gesamtphosphoreinträge in die Oberflächengewässer, aggregiert auf durch das UBA bereitgestellte Teileinzugsgebiete.

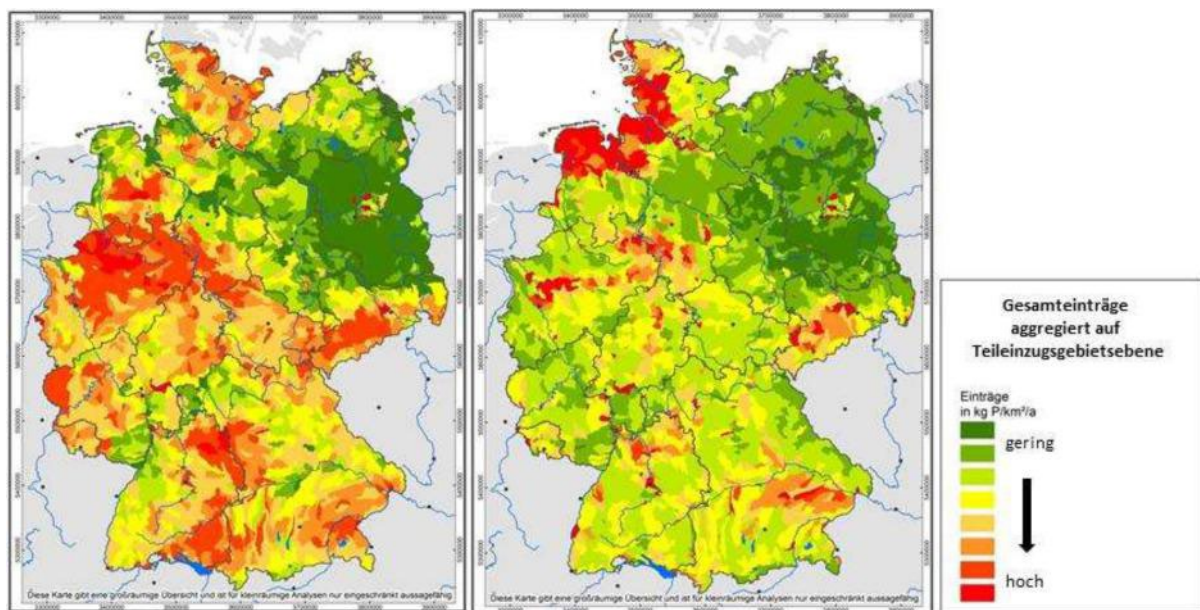


Abbildung 6-18: Exemplarisches Ergebnis zu Gesamteinträgen aus diffusen Quellen und urbanen Systemen in Oberflächengewässer für Stickstoff (links) und Phosphor (rechts).

6.4.3 Gewässerinterne Retention und Frachten (MONERIS)

Die Modellierung der gewässerinternen Retention beruht auf der Wasserflächenverteilung, den Abflussbedingungen sowie der Wassertemperatur und erfolgt auf Ebene hydrologischer Teileinzugsgebiete. Die Fracht ergibt sich dabei aus der Bilanz von Eintrag abzüglich der gewässerinternen Retention. Die gewässerinterne Retention wird hierbei separat für Nebenläufe (Vorfluter), Hauptläufe und, falls vorhanden, am Auslass eines Teileinzugsgebiets gelegenen Seen oder Stauhaltungen ermittelt. Hierbei wird zunächst die Retention in den Vorflutern und anschließend in den Hauptläufen berücksichtigt. Für die Fracht in den Hauptläufen anschließend wird sukzessive die Retention in den stromabwärtsgelegenen Gebieten über ein Routing berücksichtigt.

Zur Ermittlung der Frachten in den Hauptläufen bzw. in die Randmeere wurden, wo zutreffend, die Abflüsse und Frachten aus den hydrologisch verbundenen ausländischen Oberliegergebieten berücksichtigt. Die so ermittelte Fracht wird zur Validierung der Modellergebnisse herangezogen. Die Validierung erfolgt zusätzlich auf Basis verschiedener Gütekriterien wie Bestimmtheitsmaß, mittlere absolute Abweichung, Modelleffizienz nach Nash-Sutcliffe, und PBIAS.

Zur Überprüfung, ob die Umsetzung der Düngeverordnung bereits zur Erfüllung von anderen Wasserqualitätszielen genügt, werden zwei Berechnungsansätze angewendet. Zunächst wird unter Berücksichtigung der gewässerinternen Retention die Einhaltung gewässertypenspezifischen Zielkonzentrationen nach EU-Wasserrahmenrichtlinie auf Teileinzugsgebiets- bzw. Wasserkörperebene überprüft.

Zusätzlich erlaubt die Struktur des Algorithmus zur Bestimmung der gewässerinternen akkumulativen Retention eine vorwärts- (von Eintrag zur Fracht an der Küste) und eine rückwärtsgerichtete (von Küste zum Eintrag) Berechnung. Somit wird, ausgehend von einer Zielfracht am Übergabepunkt zu den Randmeeren, eine Obergrenze für die Frachten und Einträge in den Einzugsgebieten abgeleitet. Auf dieser Basis kann ein möglicher (zusätzlicher) Minderungsbedarf nach Umsetzung der Düngeverordnung zur Erreichung von oberflächengewässerspezifischer Reduktionsziele ermittelt werden.

Die wichtigsten Modellergebnisse zur gewässerinternen Retention und der Ergebnisvalidierung im Überblick

- Stickstoff- und Phosphorretention in den Vorflutern und Hauptläufen auf Teileinzugsgebietsebene
- Resultierende Frachten auf Teileinzugsgebietsebene
- Frachtvergleich und Modellvalidierung nach verschiedenen statistischen Gütekriterien
- Akkumulative Stickstoff- und Phosphorretention vom Eintrag in die Gewässer bis zur Küste
- Minderungsbedarf zur Einhaltung der Oberflächengewässer- und Küstenschutzziele

Exemplarische Modellergebnisse zu den Gesamteinträgen in Oberflächengewässer

Abbildung 6-19 zeigt exemplarisch den Vergleich zwischen, beobachteten Frachten (berechnet aus gemessener Konzentration und gemessenem Abfluss) und den modellierten Frachten sowie den Vergleich zwischen gemessenen und modellierten Konzentrationen. Hierbei werden zusätzlich Gütekriterien wie zum Beispiel Lageunterschiede zwischen Abflusspegel und Gütemessstelle oder Anzahl der Messungen pro Jahr berücksichtigt und wie hier durch eine gesonderte Markierung (roter Punkt) gekennzeichnet.

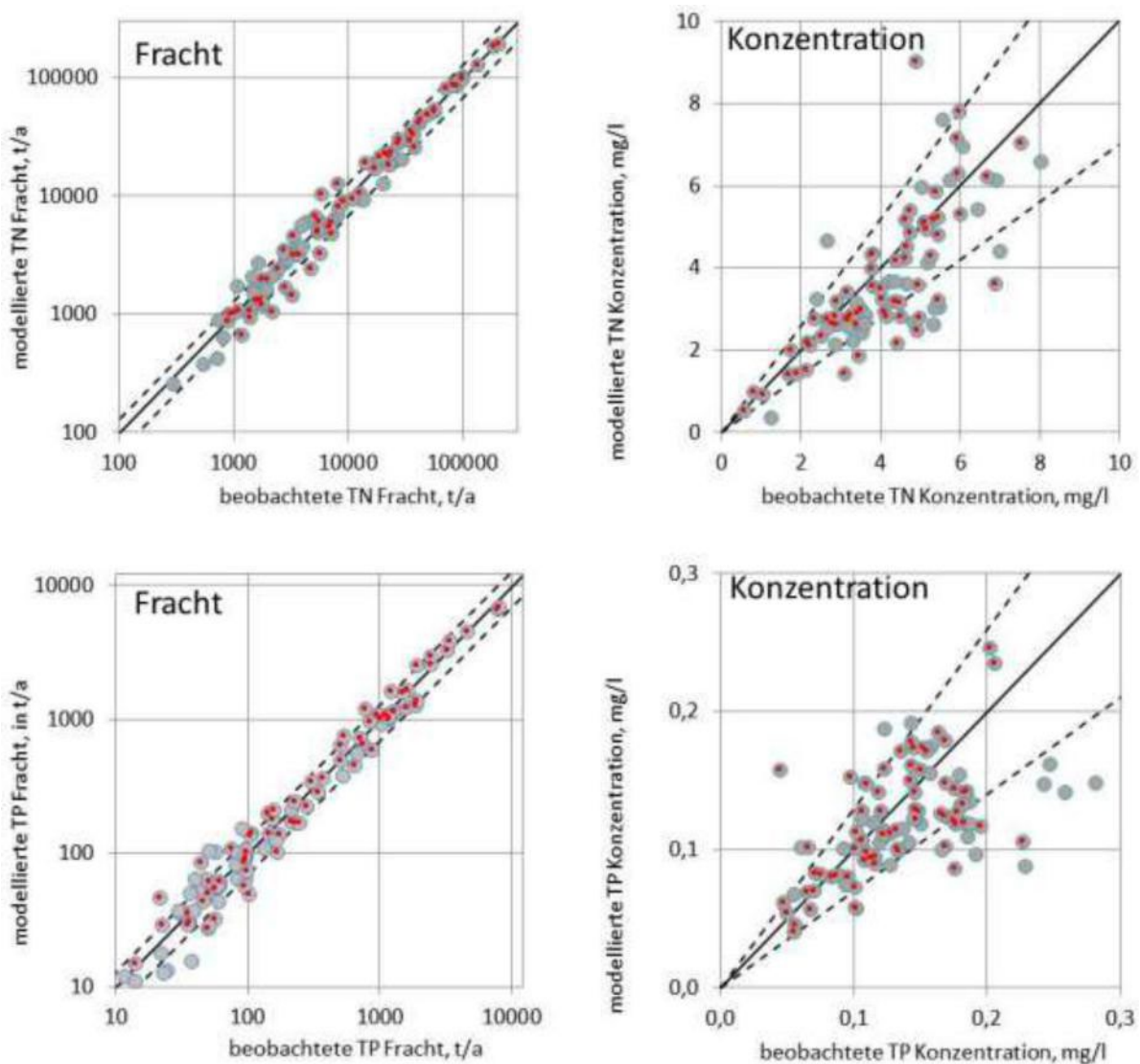


Abbildung 6-19: Exemplarische Ergebnisse zur Modellvalidierung mittels dem Vergleich von beobachteter Fracht und modellierter Fracht (links) und dem Vergleich von gemessener und modellierter Konzentration (rechts) für Stickstoff (oben) und Phosphor).

In Abbildung 6-20 wird exemplarisch die akkumulative Stickstoffretention auf Teileinzugsgebietsebene unter Berücksichtigung der hydrologisch verbundenen ausländischen Oberlieger dargestellt.

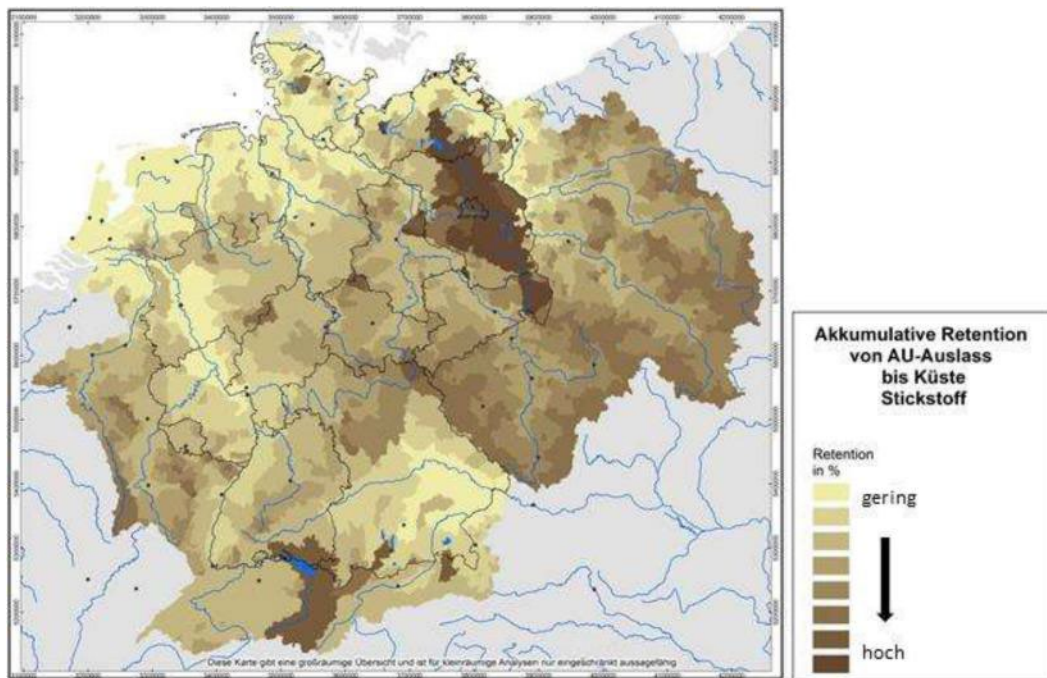


Abbildung 6-20: Exemplarische Ergebnisse zur akkumulativen gewässerinternen Retention von den Einträgen bis zum Randmeer auf Teileinzugsgebietsebene am Beispiel von Stickstoff.

7 Dritte Monitoringebene: Teilbereich Modellregionen (JKI)

Das Modul dient dazu, nachzuvollziehen, wie die Maßnahmen der DüV auf der Ebene der Anwendung, also auf Betriebs- und Schlagebene, wirkt. Dazu wurde ein System von Frühindikatoren, welches bewirtschaftungsbedingte Änderungen von Nitratfrachten unter Berücksichtigung der spezifischen Standortbedingungen zeitnah auf Einzelbetriebs- und Schlagebene anzeigt, entwickelt. Auf repräsentativen Betrieben in mindestens zehn Modellregionen soll ein bundesweit einheitliches Messprogramm bestehend aus rechnerischen und analytischen Indikatoren angewendet werden. Um frühzeitig Prognosen zu Maßnahmenwirkungen ableiten und einen direkten Bezug zur Bewirtschaftung herstellen zu können, konzentriert sich das Untersuchungsprogramm auf den Bereich der Wurzelzone sowie der Sickerwasser-Dränzone. Die Erhebungen dienen zunächst einer differenzierten Erfassung des Ist-Zustandes und der spezifischen bewirtschaftungs- und standortbedingten Faktoren, welche eine Nitratbelastung oder Eutrophierung bedingen. Hieraus kann bereits eine erste Prognose auf die voraussichtliche Wirkung bestimmter Maßnahmen getroffen werden. Im zeitlichen Fortlauf werden dann auch Entwicklungstrends zunehmend betrachtet werden können.

Innerhalb der Modellregionen können aufbauend auf dem einheitlichen Basis-Messprogramm in einigen ausgewählten Teilräumen zusätzliche geohydrologische Untersuchungen zum besseren Verständnis der zeitlichen und räumlichen Zusammenhänge zwischen Emissionen und Immissionen durchgeführt werden.

7.1 Methodik

Im Rahmen des Wirkungsmonitorings zur DüV sollen mindestens zehn Modellregionen etabliert werden. Diese repräsentieren stichprobenartig für die Nitrat- und Phosphorbelastung bedeutsame agrarstrukturelle Räume. Bei der Verortung der Modellregionen werden sowohl belastete Bereiche gemäß §13 DüV als auch sensible sowie unbelastete Bereiche einbezogen.

Als Modellbetriebe werden sechs bis zwölf Vollerwerbsbetriebe mit für die Modellregion repräsentativer landwirtschaftlicher Produktionsausrichtung ausgewählt. Die Modellbetriebe innerhalb einer Modellregion sollen eine möglichst homogene Struktur (Produktionsschwerpunkt, Anbaufolge, Flächenausstattung) aufweisen, sodass die Anzahl der Betriebe als statistische Wiederholung gewertet werden kann. Durch diese restriktive Stichprobenauswahl soll sichergestellt werden, dass die Variation der Bewirtschaftung und damit der Sickerwasserqualität zwischen den Betrieben möglichst gering ist, um Auswirkungen einer geänderten Bewirtschaftungsweise auf die Nährstofffrachten mit höherer Wahrscheinlichkeit feststellen zu können. Von jedem Modellbetrieb werden für die

Durchführung des Messprogramms zwölf repräsentative Ackerschläge bereitgestellt, die bestimmte Kriterien erfüllen müssen.

Das im Rahmen des Wirkungsmonitorings in den Modellregionen zur Anwendung vorgesehene Messprogramm beinhaltet die Erhebung sowohl rechnerischer (Stoffstrombilanz, Schlagbilanzen, Fruchtbilanzen) als auch analytischer Indikatoren (Frühjahrs-, Ernte- und Herbst- N_{min} -Werte, Nitrattiefenprofile und, wenn relevant, Dränagemessungen) (vgl. Abbildung 7-1). Das Messprogramm ist modular aufgebaut, sodass z. B. Nitrattiefenprofile bei drainierten Flächen durch Dränagemessungen ergänzt oder ggf. ersetzt werden können. Die Indikatoren werden auf der kleinsten räumlichen Einheit, dem Testschlag bzw. dem Modellbetrieb, erhoben und im Rahmen der Auswertungen bis hin zur Skala der Modellregion aggregiert. Dabei repräsentieren die Indikatoren unterschiedliche vertikale Ebenen von der Bodenoberfläche über die Wurzelzone bis zur Sickerwasserdränzone.

Um eine einheitliche Erhebung und regionsübergreifende Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, werden sogenannte Pflichtenhefte verwendet, die z. B. die Auswahl von Testflächen, das genaue Vorgehen bei der Datenerhebung sowie Regeln bei der Datenverarbeitung vorgeben.

Das Messprogramm kann in ausgesuchten Teilbereichen um weiterführende geo-hydrologische Untersuchungen zur Aufklärung der zeitlichen und räumlichen Zusammenhänge zwischen Emissionen und Immissionen ergänzt werden. Die regional anzupassenden Verfahren können erst nach der endgültigen Verortung der Modellregionen ausgewählt werden.

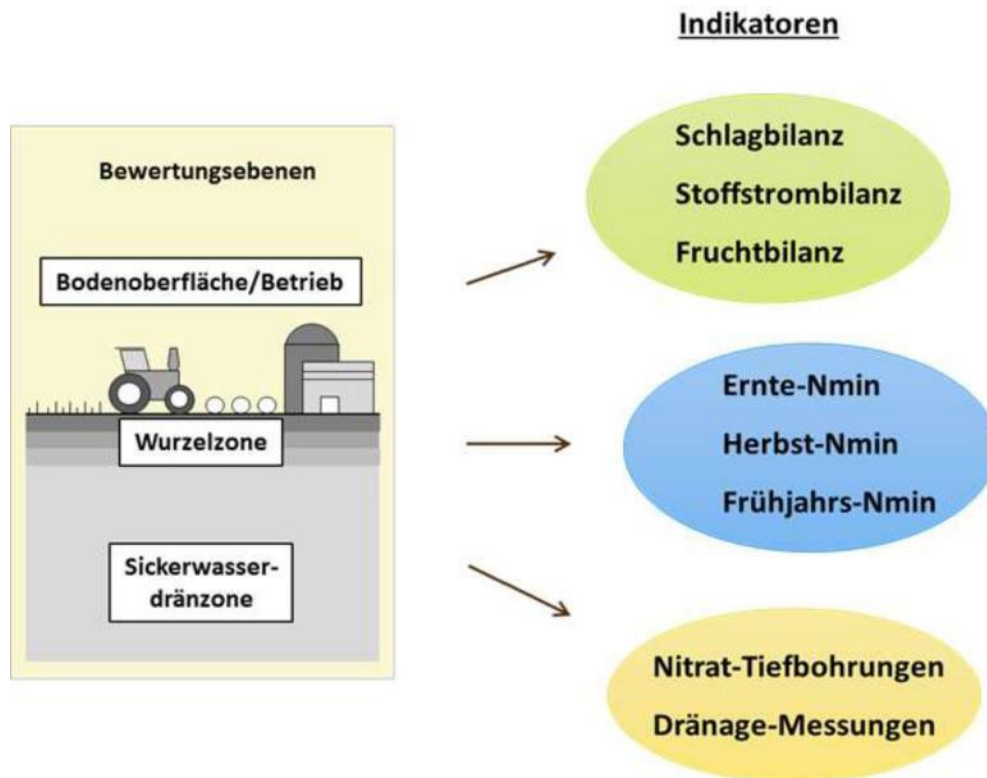


Abbildung 7-1: In den Modellregionen durchgeführtes Messprogramm mit Zuordnung zur vertikalen Bezugsebene.

Die Auswertung der Daten ist in zwei Bereiche untergliedert. Die einzelbetriebliche Auswertung umfasst in allen Modellregionen die Analyse der Schlagbilanzen, der Hoftorbilanzen, N_{min} -Messungen sowie der Tiefbohrdaten und Dränagemessungen. Aufbauend auf den einzelbetrieblichen Analysen werden die Ergebnisse auf die Ebene der Modellregionen aggregiert und so für die Berichterstattung zusammengefasst. Die Bewertung der Wirksamkeit spezifischer Maßnahmen erfolgt erforderlichenfalls auf Ebene einzelner Betriebe oder Schläge.

In eutrophierten Gebieten sollen Modellregionen in Einzugsgebieten von Oberflächengewässern eingerichtet werden. Das Messprogramm soll dabei auf zwei Ebenen basieren. Auf der ersten Ebene wird ein Messprogramm entsprechend dem Vorgehen beim Nitrat-Monitoring auf Schlag- bzw. Betriebsebene angewendet. Die zweite Ebene besteht aus hydrologischen Untersuchungen in Oberflächengewässern. Die genaue Struktur dieser Modellregionen und das anzuwendende Messprogramm werden im Zuge der Weiterentwicklung des Monitoringkonzeptes konkretisiert.

7.2 Zu erwartende Ergebnisse

Der Einzelbetrieb und der Einzelschlag sind in den Modellregionen grundsätzlich die initiale Skala sämtlicher weiterführender Berechnungen und Analysen. Damit stehen die kleinräumigen und detaillierten Erhebungen in den Modellregionen ergänzend zu den flächenhaften Betrachtungen der Modellierung mit AGRUM. Bei der Betrachtung auf der Schlagebene können gezielt die Effekte der Bewirtschaftung und das Wirken bestimmter Maßnahmen der DüV über die Interaktion der analytischen und rechnerischen Indikatoren hergeleitet werden.

Ein erster Eindruck von aus den Erhebungen ableitbaren Zusammenhängen wird nachfolgend anhand einer Modellregion aus einem Demonstrationsvorhaben des Bundes dargestellt. Die Ergebnisse erlauben zum gegenwärtigen Zeitpunkt aufgrund des kurzen Erhebungszeitraumes sowie der stark unterschiedlichen Witterungssituation im Erhebungszeitraum lediglich eine Ist-Zustandsbeschreibung, während erste Trends noch nicht ableitbar sind. Im Rahmen des Demonstrationsvorhabens werden elf Modellgebiete betrachtet, die zunächst bis zum Ende des Jahres 2023 als Ausgangsbasis für die Berichterstattung genutzt werden können. Bereits während dieser Zeit wird parallel mit Bund und Ländern geprüft, inwieweit diese Modellregionen ab 2024 weitergeführt oder abgelöst werden sollen.

7.3 Modellregion „Vorlandmolasse Aichach“

7.3.1 Bodenkundlich geo-hydrologische Voraussetzungen

Die Modellregion „Vorlandmolasse Aichach“ repräsentiert einen Grundwasserkörper, der in Teilbereichen eine hohe Nitratbelastung aufweist. Das ca. 1.142 km² große Gebiet liegt im Süden von Bayern und erstreckt sich von der Ortschaft Neuburg an der Donau im Norden bis nach Königsbrunn im Süden. Die West-Ost-Erstreckung reicht von Thierhaupten im Westen bis nach Reichertshofen im Osten.

Ein Großteil der Böden in der Modellregion besteht aus lössgeprägten periglazialen Deckschichten über unterschiedlich ausgeprägten Terrassen- und Molasseablagerungen. Es dominieren grundwasserfreie Mineralböden (76 %, s. Abbildung 7-2). Davon sind 47 % sandgeprägt und 29 % schluff- oder lehmgeprägt. Diese Unterscheidung ist insbesondere hinsichtlich der Stoffaustragsgefahr und der Einschätzung der Denitrifikationsleistung von Bedeutung. Bei den im Untergrund durch Sand geprägten Böden dominieren Braunerden. Bei den durch Schluff oder Lehm geprägten Böden sind neben Braunerden auch Pseudogleye und entsprechende Übergangsbodentypen verbreitet.

Die grundwasserfreien Mineralböden mit sandgeprägtem Untergrund zeigen mit einer mittleren bis hohen Durchlässigkeit und gleichzeitig geringen Denitrifikationskapazität die höchste Standortsensibilität gegenüber Stoffausträgen. Bei den Mineralböden mit schluff- oder

lehmgeprägtem Untergrund kann die Denitrifikationsleistung als mittel bis hoch eingestuft werden, bei geringer Durchlässigkeit.

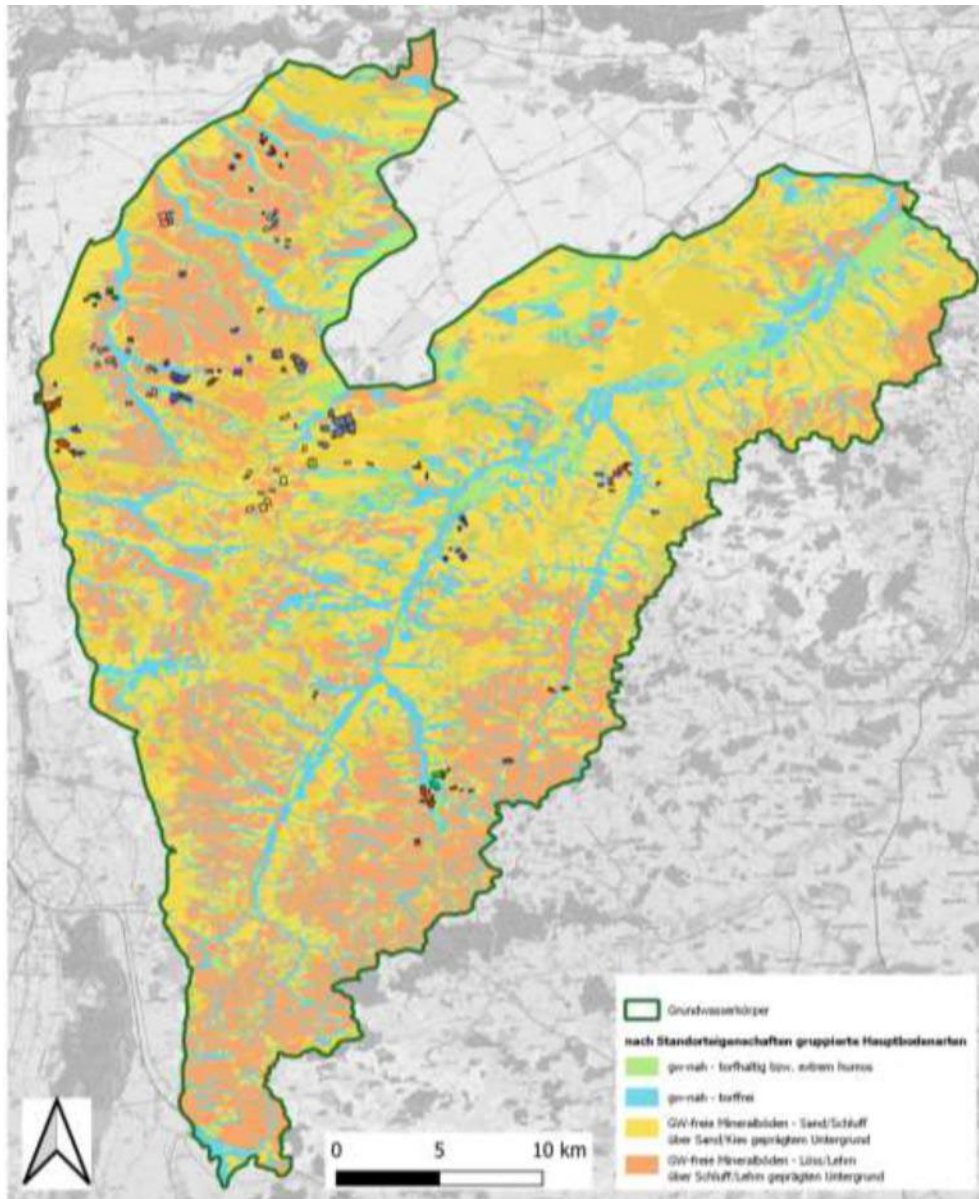


Abbildung 7-2: Verbreitung der gruppierten Hauptbodentypen nach ÜBK 25 (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2018) und Lage der 144 Testflächen der 12 Modellbetriebe in der Modellregion Aichach.

7.3.2 Klima

Die Niederschlagssummen in der Modellregion Aichach erreichen im langjährigen Mittel 773 mm bei einer Lufttemperatur von 8,6 °C (s. Abbildung 7-3). In den Jahren des Demonstrationsvorhabens betrugen die Jahresniederschläge 738 mm (2017), 648 mm (2018), 721 mm (2019) und 712 mm (2020) und lagen damit unter dem langjährigen Mittelwert. Knapp 40 % des Jahresniederschlags fallen gewöhnlich im Winterhalbjahr. Die Temperaturen lagen häufig deutlich über dem langjährigen Mittel.

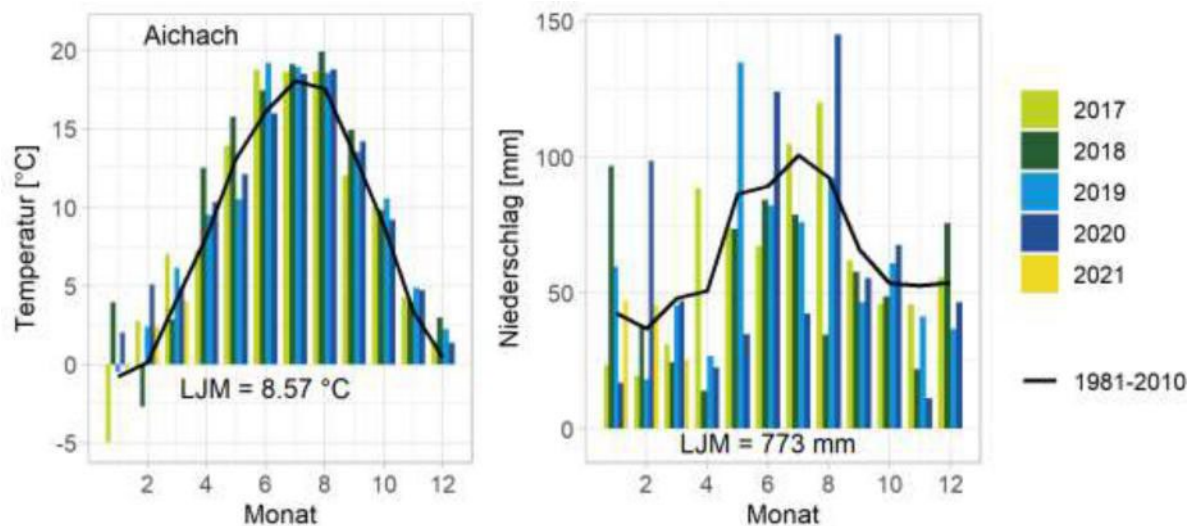


Abbildung 7-3: Monatliche Temperatur- und Niederschlagsverteilung in der Modellregion Aichach für den Zeitraum 2017 bis März 2021 und das langjährige Mittel (LJM) für 1981-2010.

7.3.3 Betriebsstrukturen

Zwölf Betriebe stellen jeweils zwischen sechs und 16 Testflächen zur Verfügung, sodass insgesamt 144 Testflächen erfasst werden. Die zwölf Betriebe in der Modellregion Aichach sind Marktfruchtbetriebe mit einer mittleren Betriebsgröße von 106 ha (s. Abbildung 7-4). Zwei Betriebe betreiben zudem Schweinemast mit 1,9 bzw. 1,2 GV/ha. In zwei weiteren Betrieben werden Rinder gemästet mit 0,4 und 0,2 GV/ha. Die vorwiegend ackerbaulich wirtschaftenden Betriebe repräsentieren damit insgesamt die für diese Region typische betriebliche Ausrichtung. Die ausgewählten Testschläge haben eine mittlere Größe von 4 ha und stellen im Durchschnitt 55 % der Betriebsflächen dar. Von den insgesamt 144 Testschlägen fallen nach AVV-GeA zukünftig 83 unter § 13a-DüV.

Die Hauptanbauprodukte auf den Testflächen in Aichach sind Winterweizen (37 %), Kartoffeln (17 %), Mais (13 %), Zuckerrüben (10 %), Leguminosen (10 %), Winterdinkel (9 %) und Wintergerste (7 %) (s. Abbildung 7-5).

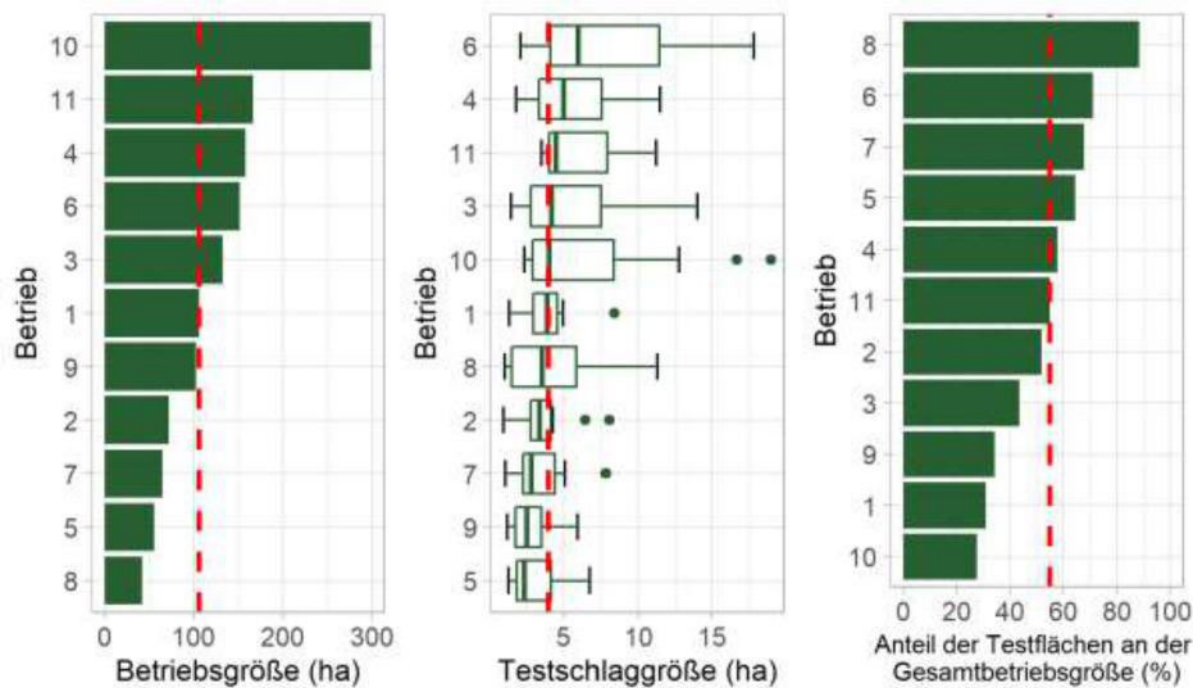


Abbildung 7-4: Betriebsgröße, durchschnittliche Testschlaggröße sowie der Anteil der durch das Messprogramm erfassten Fläche an der Gesamtbetriebsfläche in der Modellregion Aichach.

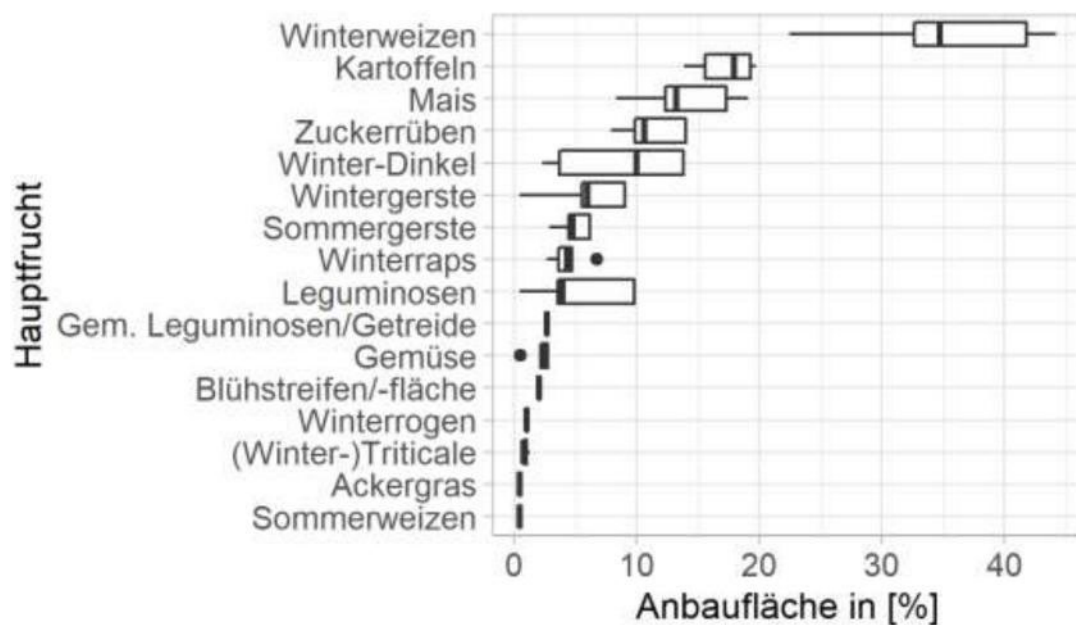


Abbildung 7-5: Anteile der bedeutendsten Feldfrüchte in der Modellregion Aichach an der Gesamtanbaufläche (alle Testflächen) für den Zeitraum von 2014-2020.

7.3.4 Exemplarische Ergebnisse des Früh-Indikatoren-Messprogramms

Die mittleren Schlagbilanzsalden in der Modellregion „Aichach“ lagen bei 45 kg N/ha und Jahr (s. Abbildung 7-6). Die Werte waren seit dem Jahr 2017 rückläufig (s. Abbildung 7-6, oben links). Dies ist vorwiegend auf eine verringerte Stickstoffzufuhr zurückzuführen. Die besonders starke Trockenheit im Jahr 2018 wirkte sich in der Modellregion insgesamt nicht negativ auf die Ernteabfuhr aus. Auf Einzelschlagebene bzw. fruchtartspezifisch kam es jedoch mitunter zu deutlichen Ertragseinbußen.

Die Unterschiede hinsichtlich der Schlagbilanzüberschüsse waren zwischen den Modellbetrieben trotz ähnlicher Faktorausstattung und betriebswirtschaftlicher Schwerpunkte teils sehr hoch (s. Abbildung 7-6, 2. Spalte oben: -23 kg N/ha bei Betrieb 4 gegenüber bis 118 kg N/ha bei Betrieb 8). So setzte Betrieb 8 beim Anbau von Mais teils ausschließlich überbetriebliche Wirtschaftsdünger und Gärreste ein, während Betrieb 4 kaum Wirtschaftsdünger oder Gärreste einsetzte und Mais in der Fruchtfolge des Betriebes eine geringere Anbauhäufigkeit aufwies.

Die Salden der Hoftorbilanzen zeigen bislang keinen klaren Trend auf. Während die Abfuhr über die Jahre relativ konstant waren, wurden die jährlichen Schwankungen vor allem durch Veränderungen der Stickstoffzufuhr bestimmt (s. Abbildung 7-6, 1. Spalte, 2. Zeile). Die Hoftorbilanzsalden lagen im Mittel der Modellregion bei rund 24 kg N/ha. Die einzelbetrieblichen Werte reichten jedoch von -13 bis zu 77 kg N/ha.

Die Herbst- $N_{\min}$ -Werte zeigten witterungsbedingt deutliche Schwankungen zwischen den Jahren, wobei das Trockenjahr 2018 mit besonders hohen Werten auffiel (Abbildung 7-6, 1. Spalte, 3. Zeile). Im Vergleich zum Ernte- $N_{\min}$ wird allerdings deutlich, dass die $N_{\min}$ -Werte erst nach der Ernte deutlich anstiegen.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Stickstoffbilanzierung wiesen die Modellbetriebe relativ einheitliche mittlere Herbst- $N_{\min}$ -Werte zwischen 65 und 95 kg N/ha auf. Die Herbst- $N_{\min}$ -Werte zeigten im Durchschnitt aller Testflächen in der Modellregion mit 77 kg N/ha deutlich höhere residuale Mengen an mineralischem Stickstoff auf als die Bilanzüberschüsse gemäß Schlag- und Hoftorbilanz. Des Weiteren zeigte sich, dass genau die Modellbetriebe, die negative Schlag- und Hoftorbilanzen erreichten, gleichzeitig die höchsten residualen Stickstoffmengen vor Beginn der winterlichen Auswaschung im Herbst aufwiesen (s. Abbildung 7-6, 2. Spalte).

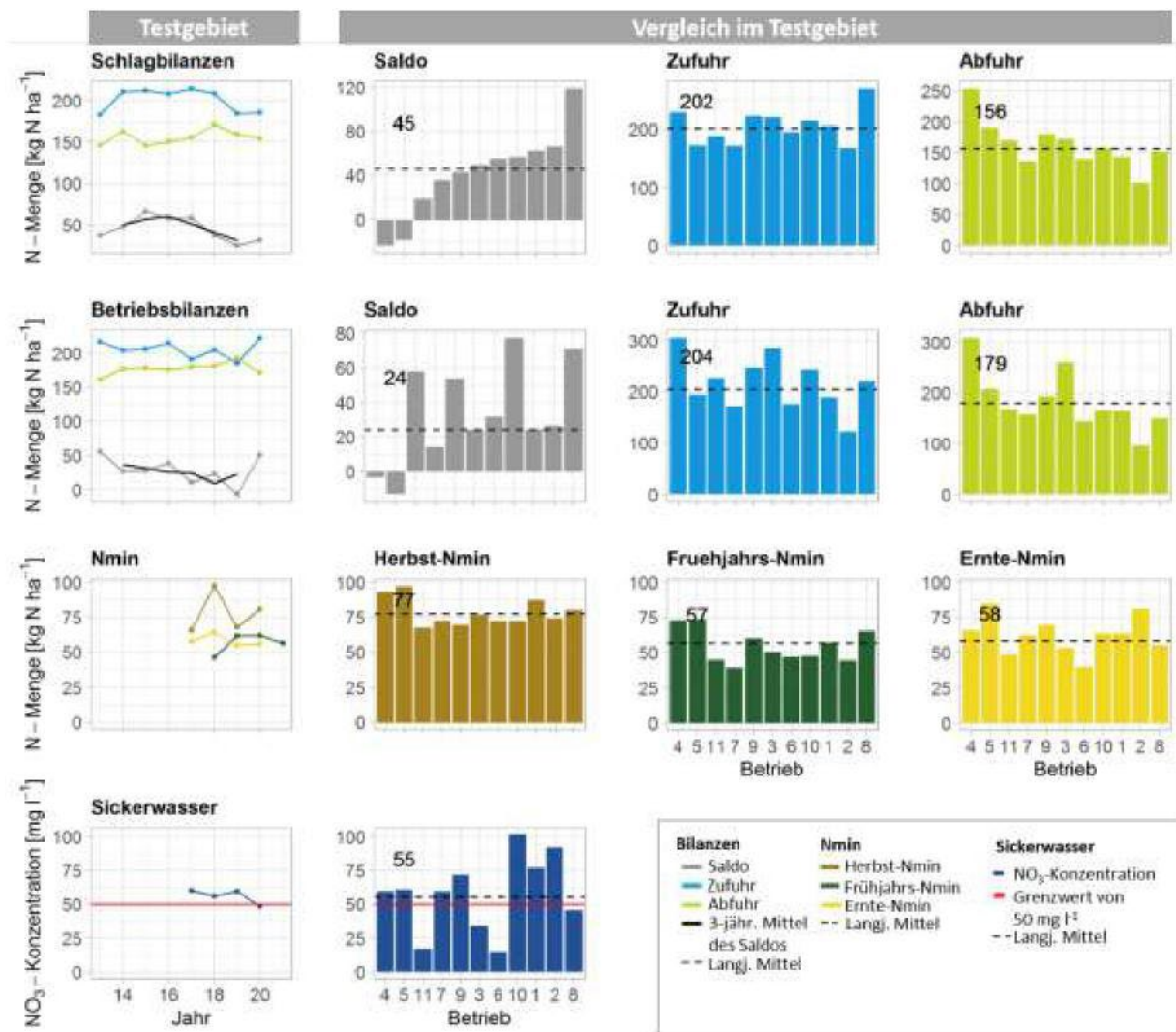


Abbildung 7-6: Ergebnisse der Indikatoren des Messprogramms in der Modellregion Aichach. In der 1. Spalte ist der zeitliche Verlauf der Indikatorwerte im Mittel der Modellbetriebe dargestellt. Die schwarze Linie markiert das gleitende dreijährige Mittel der Salden. Die Spalten 2-4 zeigen die einzelbetrieblichen Werte. Die schwarze Linie markiert das Mittel aller Betriebe der Modellregion über den jeweiligen Erhebungszeitraum.

Dieser vermeintliche Widerspruch lässt sich anhand der fruchtartspezifischen Betrachtung der Indikatoren aufklären (Abbildung 7-7 bis Abbildung 7-9). Die Beispiele machen deutlich, inwieweit das Nachernte-Management und die nachfolgende Anbaufrucht die Effekte der Frühjahrsdüngung, die sich in der Schlagbilanz niederschlägt, überlagern können.

Die flächenmäßig bedeutendste Frucht im Modellgebiet ist der Winterweizen. Die Fruchtbilanz zeigt auf, dass in den Jahren 2018 und 2019 aufgrund der Trockenheit Einsparungen bei der 3. Stickstoffgabe vorgenommen wurden, die nicht ertragsrelevant waren aber den Saldo entsprechend stark verringern konnten (s. Abbildung 7-7, oben links). Die Ernte-N_{min}-Werte nach Weizen lagen daher vor allem in den Jahren 2018 und 2019 im Durchschnitt der Modellregion sehr gering, während die Werte bis zum Herbst bei einigen Betrieben auf über

100 kg N/ha anstiegen. Dies war vor allem auf herbstliche Düngungsmaßnahmen zumeist zu Zwischenfrüchten oder auch den fehlenden Zwischenfruchtanbau vor nachfolgenden Sommerungen zurückzuführen.

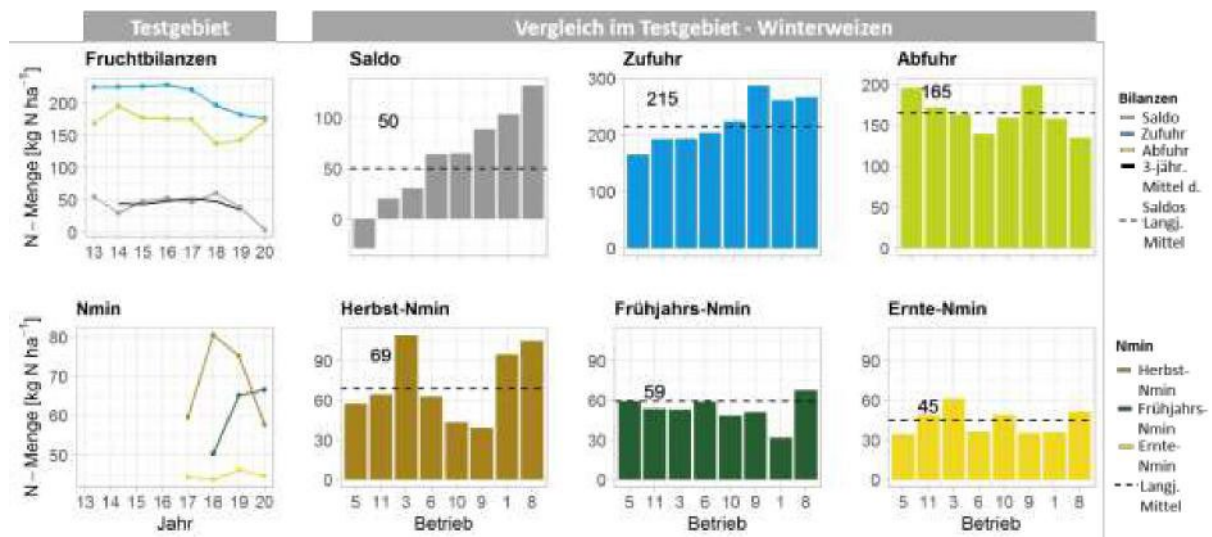


Abbildung 7-7: Fruchtartspezifische Ergebnisse der Indikatoren des Messprogramms für Winterweizen in der Modellregion Aichach. In der 1. Spalte ist der zeitliche Verlauf der Indikatorwerte im Mittel der Modellbetriebe dargestellt. Die schwarze Linie markiert das gleitende dreijährige Mittel der Salden. Die Spalten 2-4 zeigen die einzelbetrieblichen Werte. Die schwarze Linie markiert das Mittel aller Betriebe der Modellregion über den jeweiligen Erhebungszeitraum.

Die Kartoffel ist in Form von Speise- oder Industriekartoffeln in der Modellregion nach dem Weizen als zweithäufigste Frucht auf den Flächen vertreten. Während der Stickstoffbilanzüberschuss bei Kartoffeln meist sehr niedrig oder sogar negativ ausfiel, waren die Ernte- und Herbst-N_{min}-Werte häufig besonders hoch und variabel (s. Abbildung 7-8). Dies ist u. a. auf die mit dem Anbau und der Ernte einhergehende starke Bodenbewegung, den mitunter frühen Erntezeitpunkt und die verbleibenden Pflanzenreste zurückzuführen, wodurch die Stickstoff-Mineralisierung stark aktiviert wird.

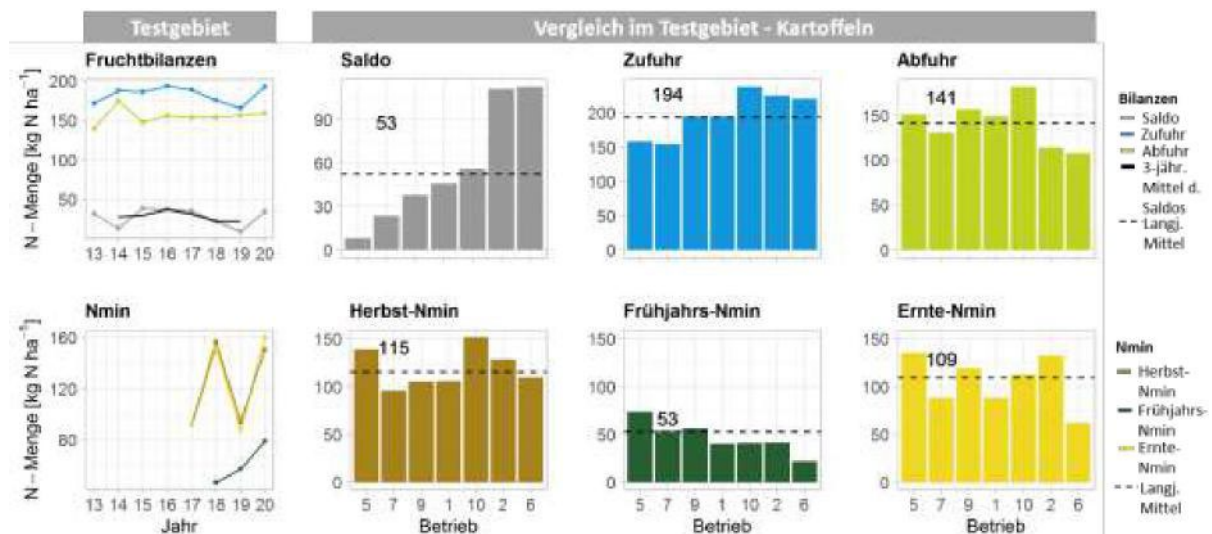


Abbildung 7-8: Fruchtartspezifische Ergebnisse der Indikatoren des Messprogramms für Kartoffeln in der Modellregion Aichach. In der 1. Spalte ist der zeitliche Verlauf der Indikatorwerte im Mittel der Modellbetriebe dargestellt. Die schwarze Linie markiert das gleitende dreijährige Mittel der Salden. Die Spalten 2-4 zeigen die einzelbetrieblichen Werte. Die schwarze Linie markiert das Mittel aller Betriebe der Modellregion über den jeweiligen Erhebungszeitraum.

Auch beim Anbau von Silo- oder Körnermais traten in der Modellregion große Differenzen zwischen Stickstoffsalden und Herbst-N_{min}-Werten auf (s. Abbildung 7-9). Die Schlagbilanzsalden fielen zumeist negativ aus, während zur Ernte im Mittel 77 kg N/ha auf den Flächen verblieben. Je nach Anwendungsintensität und -häufigkeit von Wirtschaftsdüngern und Gärresten stiegen die N_{min}-Werte zur Ernte und im Herbst. Zwischen Ernte- und Herbst-N_{min} kam es trotz des vergleichsweise kurzen Zeitraums zwischen den Probenahmen noch zu deutlichen Zunahmen auf durchschnittlich 94 kg N/ha. Dies war meist durch die Bodenbearbeitung (Bodenbearbeitungsmineralisation) zum nachfolgenden Weizen und vereinzelt auch die Düngung zu Zwischenfrüchten bedingt. Es wird deutlich, dass das einzelbetriebliche Management erheblichen Einfluss auf die Höhe der potenziellen Nitratfrachten im Herbst hat. Die Frühjahrs-N_{min}-Werte zeigen, dass bei der Düngebedarfsermittlung noch Einsparungspotenziale vorliegen.

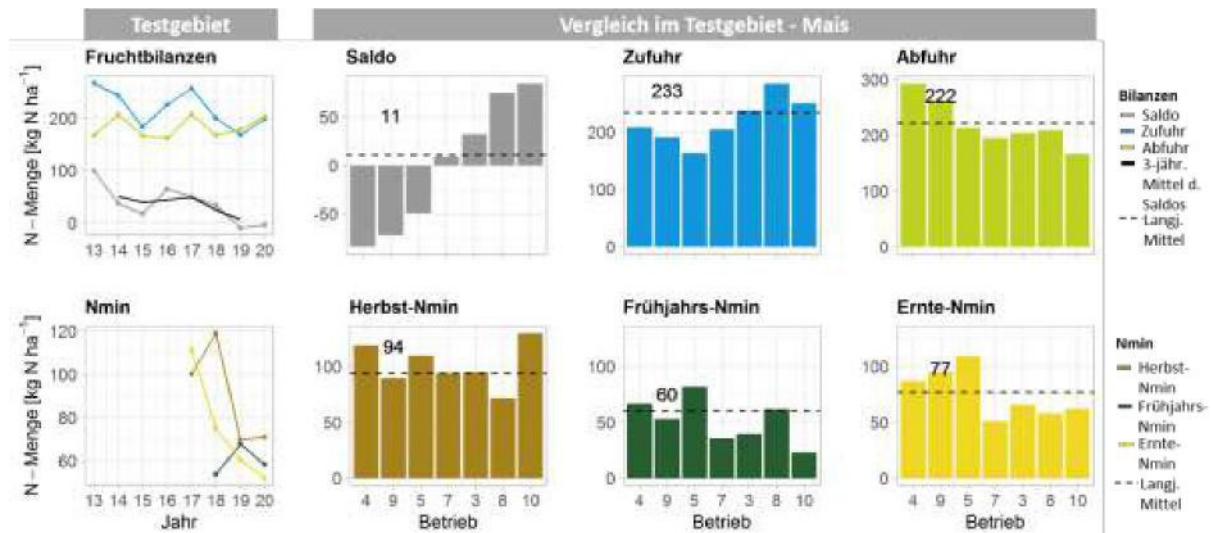


Abbildung 7-9: Fruchtartspezifische Ergebnisse der Indikatoren des Messprogramms für Mais in der Modellregion Aichach. In der 1. Spalte ist der zeitliche Verlauf der Indikatorwerte im Mittel der Modellbetriebe dargestellt. Die schwarze Linie markiert das gleitende dreijährige Mittel der Salden. Die Spalten 2-4 zeigen die einzelbetrieblichen Werte. Die schwarze Linie markiert das Mittel aller Betriebe der Modellregion über den jeweiligen Erhebungszeitraum.

Nitratkonzentration im Sickerwasser

Die Indikatoren in der Wurzelzone zeigten teils deutliche Stickstoffüberschüsse bzw. hohe potenzielle Nitratfrachten auf. Die Untersuchungen in der Sickerwasser-Dränzone im Tiefenbereich 120 bis 300 cm spiegeln diese Verluste hingegen nur teilweise wider (s. Abbildung 7-6, unten). Die Nitratkonzentration im Sickerwasser ist im Mittel der Modellregion seit 2017 leicht rückläufig und lag im Jahr 2020 sogar unter 50 mg NO₃/l. Wie eingangs bei der standörtlichen Beschreibung ausgeführt, ist für die Interpretation der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser die Unterscheidung zwischen sand- (47 % der LF in der Modellregion) und schluff-/ lehmgeprägtem (29 %) Unterböden für die Beurteilung der Stoffaustragsgefahr entscheidend. So wiesen vorrangig Flächen mit sandigem Unterboden hohe Nitratkonzentrationen auf, sofern die Bewirtschaftung im Herbst regelmäßig zu hohen N_{min}-Werten führte. Bei Testflächen über Sand, auf denen in Einzeljahren geringere N_{min}-Werte im Herbst vorlagen, war anschließend die Nitratkonzentration im Sickerwasser entsprechend unkritisch.

Betrieb 10 wirtschaftet beispielsweise durchweg über sandiger Molasse (Slu, Su4 und Sl3) und baut Winterweizen, Mais und Kartoffeln mit hohen residualen N_{min}-Werten im Herbst an (vgl. Abbildung 7-7 bis Abbildung 7-9). Der überschüssige mineralische Stickstoff wird in den Sandböden schnell aus der Wurzelzone ausgewaschen. Die Belastung des Sickerwassers lag für diesen Betrieb im Durchschnitt der Flächen und des Untersuchungszeitraums bei 100 mg NO₃/l.

Hingegen liegen bei den Testflächen von Betrieb 8 vorwiegend bindige Böden mit hoher Wasserhaltefähigkeit (lehmig-tonige Molasse, Löss mit einer Textur Ut2, Ut3, Uls) im Unterboden vor. Durch diese z. T. stauenden Schichten sowie eine höhere Verweilzeit des Sickerwassers wird Denitrifikation begünstigt und die Nitratkonzentration im Sickerwasser spiegelt somit nicht unmittelbar die Bewirtschaftungssituation wider (vgl. Abbildung 7-6).

Insgesamt ist also davon auszugehen, dass in der Modellregion Aichach vor allem in Regionen mit sandigem Untergrund hohe Nitratfrachten in Richtung Grundwasser verlagert werden. Die exemplarischen Ergebnisse weisen darauf hin, dass sich die Situation im Testgebiet seit Einführung der DüV 2017 tendenziell verbessert.