



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

3. 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

November 2022

Inhaltsverzeichnis

A. Teilbericht A: Aktuelle Entwicklungen zu den landwirtschaftlichen Emissionen sowie den Immissionen in das Grundwasser und in die Oberflächengewässer	1
A.1 Aktuelle Ergebnisse zu landwirtschaftlichen Emissionsindikatoren	1
A.1.1 Entwicklung des Mineraldüngerabsatzes	1
A.1.2 Entwicklung des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern	2
A.1.3 Viehbestände	3
A.1.4 Biogaserzeugung	4
A.1.5 Importe von Wirtschaftsdüngern aus Nachbarländern	5
A.1.6 Entwicklung des Einsatzes sonstiger Düngemittel	5
A.1.7 Ökologischer Landbau	7
A.2 Zweite Monitoringebene: Immissionen	8
A.2.1 Grundwasser	8
A.2.2 Oberflächengewässer	12
A.3 Dritte Monitoringebene: Teilbereich Modellierung der regionalen Nährstoffsituation	15
A.4 Dritte Monitoringebene: Teilbereich Modellregionen	15
A.4.1 Modellregion „Ilmenau Lockergestein rechts“ (Exemplarisch)	18
A.4.2 Aktuelle Ergebnisse aus der Modellregion „Ilmenau“	22
B. Teilbericht B: Sachstandsbericht zum Aufbau des Monitoringsystems	24
B.1 Erste Monitoringebene: Emissionen (TI)	24
B.2 Zweite Monitoringebene: Immissionen	24
B.2.1 Grundwasser	24
B.2.2 Oberflächengewässer	25
B.3 Dritte Monitoringebene: Modellierung und Modellregionen	31
B.3.1 Sachstand bei der Weiterentwicklung der Modellierung	31
B.3.2 Sachstand beim Aufbau der Modellregionen	34
B.4 Ausblick auf den 4. Bericht im November 2023	35
B.4.1 Emissionen	35
B.4.2 Immissionen	35
B.4.3 Modellierung	36
B.4.4 Modellregionen	36

Verzeichnis der Abbildungen

- Abbildung A-1: Mineraldüngerabsatz in Deutschland in 1.000 t Nährstoffe bzw. je kg/ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF), als gleitendes Mittel (drei Jahre).
Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=statistikTabellen&selectionname=42321> (letzter Zugriff am 04.11.2022). 2
- Abbildung A-2: Entwicklung des Viehbestands in Deutschland, insgesamt und in Großvieheinheiten (GV) je ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF). Reihe interpoliert. Sonstige Tiere (Schafe, Ziegen, Pferde) aufgrund der Datenlage und der geringen Bedeutung vernachlässigt. Geflügelzahlen für 2021 aus dem Vorjahr übernommen. Anmerkung: Abweichungen zur Darstellung im 1. Monitoringbericht möglich, da hier auf das dreijährige Mittel verzichtet wurde. Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=find&suchanweisung_language=de&query=vieh#abreadcrumb (letzter Zugriff am 04.11.2022). 4
- Abbildung A-3: 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 (letzter Zugriff am 12.10.2022). 5
- Abbildung A-4: Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm aus der öffentlichen Abwasserentsorgung. Quelle: Eigene Darstellung aus Daten aus <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Tabellen/liste-klarschlammverwertungsart.html> (letzter Zugriff am 04.10.2022). 6
- Abbildung A-5: Landwirtschaftliche Verwertung von Gärrest und Kompost aus biologischen Behandlungsanlagen. Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallentsorgung-2190100177004.html> (letzter Zugriff am 12.10.2022). 7
- Abbildung A-6: Flächenanteile des ökologischen Landbaus in Prozent der LF. Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus <https://www.umweltbundesamt.de/daten/landforstwirtschaft/oekologischer-landbau#okolandbau-in-deutschland> (letzter Zugriff am 04.10.2022). Verwendet wird die Erfassung des BMEL. 8
- Abbildung A-7: Verteilung der Nitratkonzentration an Messstellen des EU-Nitratmessnetzes für das Jahr 2021 anhand fünf verschiedener Konzentrationsklassen. Quelle: Eigene Darstellung. 9

- Abbildung A-8: Verteilung der Nitratkonzentration an Messstellen des EU-Nitratmessnetzes für den Zeitraum 2012–2021 anhand fünf verschiedener Konzentrationsklassen. Quelle: Eigene Darstellung. 10
- Abbildung A-9: Trenduntersuchung der Nitratkonzentration an Grundwassermessstellen des EU-Nitratmessnetzes mit einer mittleren Nitratkonzentration $> 37,5$ mg/l für den Zeitraum 2012–2021 basierend auf dem Mann-Kendall Test. Dargestellt sind Messstellen mit signifikant ($p < 0.05$) abnehmendem (grüne Punkte) und zunehmendem (blaue Punkte) Trend sowie Messstellen an denen im betrachteten Zeitraum kein Trend beobachtet werden konnte (graue Punkte). Quelle: Umweltbundesamt. 11
- Abbildung A-10: Box-Whisker-Plots der Nitratkonzentration an Grundwassermessstellen des EU-Nitratmessnetzes mit Überschreitung des Schwellenwertes ($\text{NO}_3^- > 50$ mg/l) für den Zeitraum 2012–2021. Die mittleren jährlichen Nitratkonzentrationen aller Grundwassermessstellen mit Überschreitung des Grenzwertes sind durch einen roten Stern gekennzeichnet. Die zugrundeliegenden Messdaten sind durch grüne Punkte dargestellt. Zu beachten ist die logarithmische Skala der y-Achse. Quelle: Eigene Darstellung. 12
- Abbildung A-11: Auswertung des Indikators Eutrophierungseinstufung für die Messstellen des repräsentativen Messnetzes (Stand: 2020). Quelle: Eigene Darstellung. 13
- Abbildung A-12: Auswertung des Indikators Phosphor-Konzentration in Fließgewässern für die Messstellen des repräsentativen Messnetzes. Quelle: Eigene Darstellung. 14
- Abbildung A-13: In den Modellregionen durchgeführtes Messprogramm mit Zuordnung zur vertikalen Bezugsebene Quelle: Eigene Darstellung. 17
- Abbildung A-14: Verbreitung der gruppierten Hauptbodentypen nach BÜK 50 und Lage der 144 Testflächen der zwölf Modellbetriebe in der Modellregion „Ilmenau“. Quelle: Eigene Darstellung. 19
- Abbildung A-15: Monatliche Temperatur- und Niederschlagsverteilung in der Modellregion „Ilmenau“ für den Zeitraum 2017 bis Juli 2022 und das langjährige Mittel (LJM) für 1981–2010. Quelle: Eigene Darstellung. 20
- Abbildung A-16: Betriebsgröße, durchschnittliche Testschlaggröße sowie der Anteil der durch das Messprogramm erfassten Fläche an der Gesamtbetriebsfläche in der Modellregion „Ilmenau“ Quelle: Eigene Darstellung 21
- Abbildung A-17: Anteile der bedeutendsten Feldfrüchte in der Modellregion „Ilmenau“ an der Gesamtanbaufläche (alle Testflächen) für den Zeitraum von 2014–2021. Quelle: Eigene Darstellung. 21
- Abbildung A-18: Ergebnisse der Indikatoren des Messprogramms in der Modellregion „Ilmenau“. 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. Quelle: Eigene Darstellung.

23

Abbildung B-19: Workflow des Datenmanagements im FZJ hinsichtlich der Arbeiten zum Wirkungsmonitoring. Quelle: Eigene Darstellung..

32

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle B-1: Anzahl repräsentativer Messstellen pro Bundesland	27
Tabelle B-2: Einstufung in die Eutrophierungsklassen der Berichterstattung zum Nitratbericht 2020	30
Tabelle B-3: Einstufung der mittleren Phosphorkonzentrationen nach Anlage 7 OGewV	30

Vorbemerkung

Ähnlich zum 2. Monitoringbericht vom November 2021 ist dieser Bericht aus zwei Teilen aufgebaut:

Teilbericht A: *Aktuelle Ergebnisse zu den Wirkungen der Maßnahmen der Düngeverordnung (DüV)*

Teilbericht B: *Sachstandsbericht zum Aufbau des Monitoringsystems und Ausblick auf den 4. Monitoringbericht (November 2023)*

Schwerpunkt des Teilberichtes A sind die aktuellen quantitativen Ergebnisse zur Wirkung der Maßnahmen der Düngeverordnung (DüV). Damit ist Teilbericht A analog zum Teilbericht A des 2. Berichts vom November 2021. Teilbericht B dokumentiert den derzeitigen Sachstand beim Aufbau des Monitoringsystems. Er ist damit als Erweiterung des Teilberichts B des vorangegangenen Berichts zu sehen, in dem der methodische Entwicklungsstand des Monitoringsystems berichtet wurde.

A. Teilbericht A: Aktuelle Entwicklungen zu den landwirtschaftlichen Emissionen sowie den Immissionen in das Grundwasser und in die Oberflächengewässer

A.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 Maß für landwirtschaftliche Emissionen (Absatz von Mineraldünger, Klärschlamm und Kompost) oder lassen zumindest Schlüsse auf diese zu (Viehbesatz, Biogasanlagenbestand). Die Daten sind gegenüber dem letzten Monitoringbericht vom November 2021 so weit wie möglich aktualisiert worden. Diejenigen Unterkapitel aus dem letzten Monitoringbericht, zu denen keine neuen Informationen vorliegen, wurden gekennzeichnet. Auf eine erneute Berichterstattung der bereits bekannten Daten wurde verzichtet. Die hier berichteten Daten beziehen sich auf die Jahre 2021 und 2020 bzw. auf das Wirtschaftsjahr 2021/22.

A.1.1 Entwicklung des Mineraldüngerabsatzes

Der Mineraldüngerabsatz ist als gleitendes dreijähriges Mittel dargestellt (vgl. Abbildung A-1), 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. Die folgenden Aussagen zum Mineraldüngereinsatz beziehen sich auf das dreijährige Mittel.

Im vorhergehenden Monitoringbericht wurde die Absatzmenge an mineralischem Stickstoffdünger auf 1,32 Mio. t N (80 kg N/ha LF¹) im Wirtschaftsjahr 2020/21 beziffert. Dieser reduzierte sich zum Wirtschaftsjahr 2021/22 noch einmal um etwa 80.000 t N auf 1,24 Mio. t N (75 kg N/ha LF). Der Absatz von mineralischem Phosphat reduzierte sich im Wirtschaftsjahr 2021/22 im Vergleich zum Vorjahr um rund 29.000 t, von 214.000 t P₂O₅ (13 kg P₂O₅ / ha LF) auf 185.000 t P₂O₅ (11 kg P₂O₅ / ha LF).

1 LF: landwirtschaftlich genutzte Fläche.

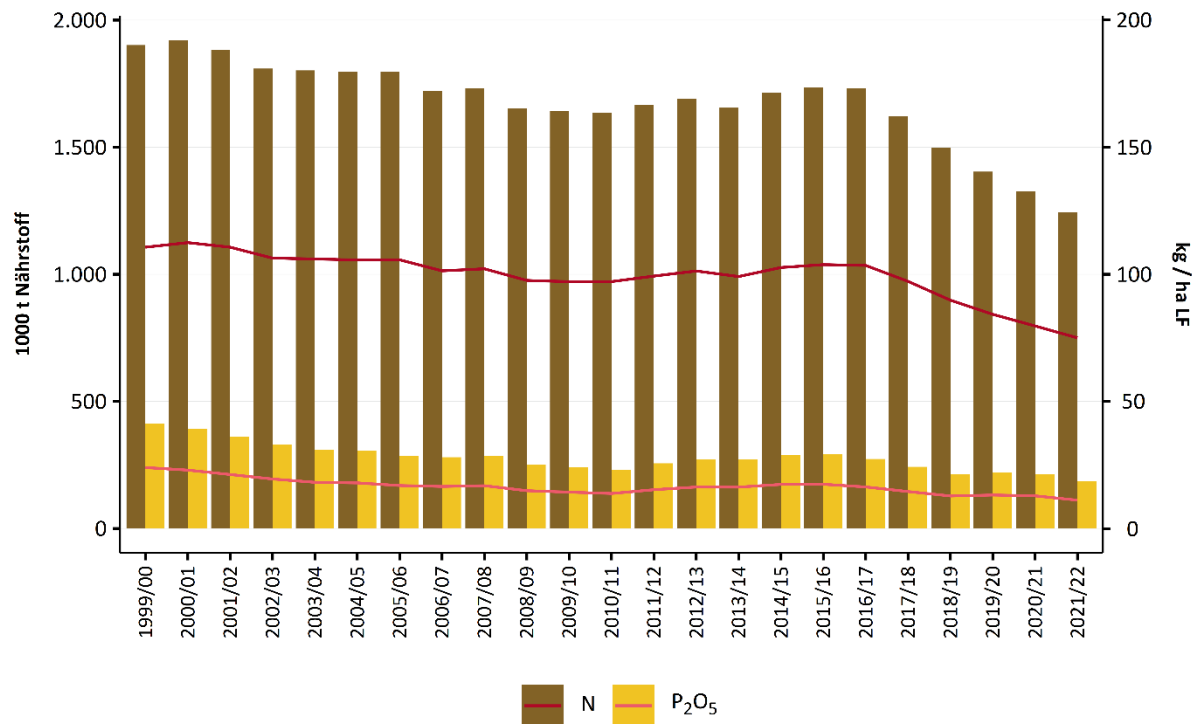


Abbildung A-1: Mineraldüngerabsatz in Deutschland in 1.000 t Nährstoffe bzw. je kg/ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF), als gleitendes Mittel (drei Jahre). Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=statistikTabellen&selectionname=42321> (letzter Zugriff am 04.11.2022).

Der seit 2016 zu beobachtende deutliche Rückgang beim Absatz mineralischer Düngemittel hat sich auch im Wirtschaftsjahr 2021/22 weiter fortgesetzt. Während die verschärften Düngeregeln der DüV von 2017 und die Trockenheit der letzten Jahre wichtige Gründe für den Rückgang der mineralischen Düngemittel, insbesondere von mineralischen Stickstoffdüngern waren, kommen nun zwei weitere hinzu. Zum einen sind im Jahr 2021 die schärferen Regeln für mit Nitrat belastete Gebiete nach § 13a DüV in Kraft getreten. Damit musste auf rund 2 Mio. ha LF die Stickstoffdüngung um 20 % eingeschränkt werden. Zum anderen haben der Krieg in der Ukraine und die Energiekrise mineralische Düngemittel stark verteuert und deren physische Verfügbarkeit mitunter erheblich eingeschränkt.

Inwiefern sich dieser Trend auch in den kommenden Jahren fortsetzen wird, ist derzeit nicht abzusehen. Zwar werden sich die als mit Nitrat belastet eingestuft Flächen durch die überarbeitete Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV GeA) um etwa 45 % erhöhen (Stand: Frühjahr 2022). Allerdings ist nicht absehbar, wie sich der Krieg, die Energiepreise und damit die Preise für mineralische Düngemittel in Zukunft entwickeln werden.

A.1.2 Entwicklung des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern

Der Wirtschaftsdüngeranfall wird in Deutschland bislang in der Agrarstrukturerhebung erfasst, welche in unregelmäßigen Abständen (zuletzt alle 5 Jahre) durchgeführt wird. In der jüngsten

Erhebung von 2020 wurde der Wirtschaftsdüngereinsatz auf rund 188 Mio. m³ beziffert. Er befindet sich damit leicht unter dem Niveau von 2010 (191 Mio. m³) und deutlich unter dem von 2015 (204 Mio. m³). Die Ergebnisse dieser Erhebungen wurden bereits für den Monitoringbericht vom November 2021 ausgewertet und dargestellt. Eine neuere Datenerhebung liegt nicht vor. Es ist davon auszugehen, dass sich der Wirtschaftsdüngeranfall analog zu den Viehbeständen und der Biogaserzeugung entwickelt, zu denen aktuelle Daten vorliegen (vgl. Kapitel A.1.3 und A.1.4).

A.1.3 Viehbestände

In Abbildung A-2 ist die Entwicklung des Viehbestands in Deutschland seit 1990 in Großvieheinheiten (GV) insgesamt bzw. je ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (GV/ha LF) dargestellt. Insgesamt sind die Viehbestände seit Anfang der 1990er-Jahre rückläufig, wobei die Bestände phasenweise wieder geringfügig gestiegen sind. Seit 2014 ist ein deutlich negativer Trend zu beobachten. 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), die sich erhöhenden Anforderungen an Stallungen (Luftreinhaltung, Tierwohl) sowie die derzeitige Energiekrise bieten den Betrieben wenig Anreize für einen Ausbau der Viehhaltung. Lediglich die Geflügelhaltung ist in den vergangenen Jahren gewachsen; sie hat aber am gesamten Viehbesatz nur einen geringen Anteil im Vergleich zu Rindern und Schweinen.

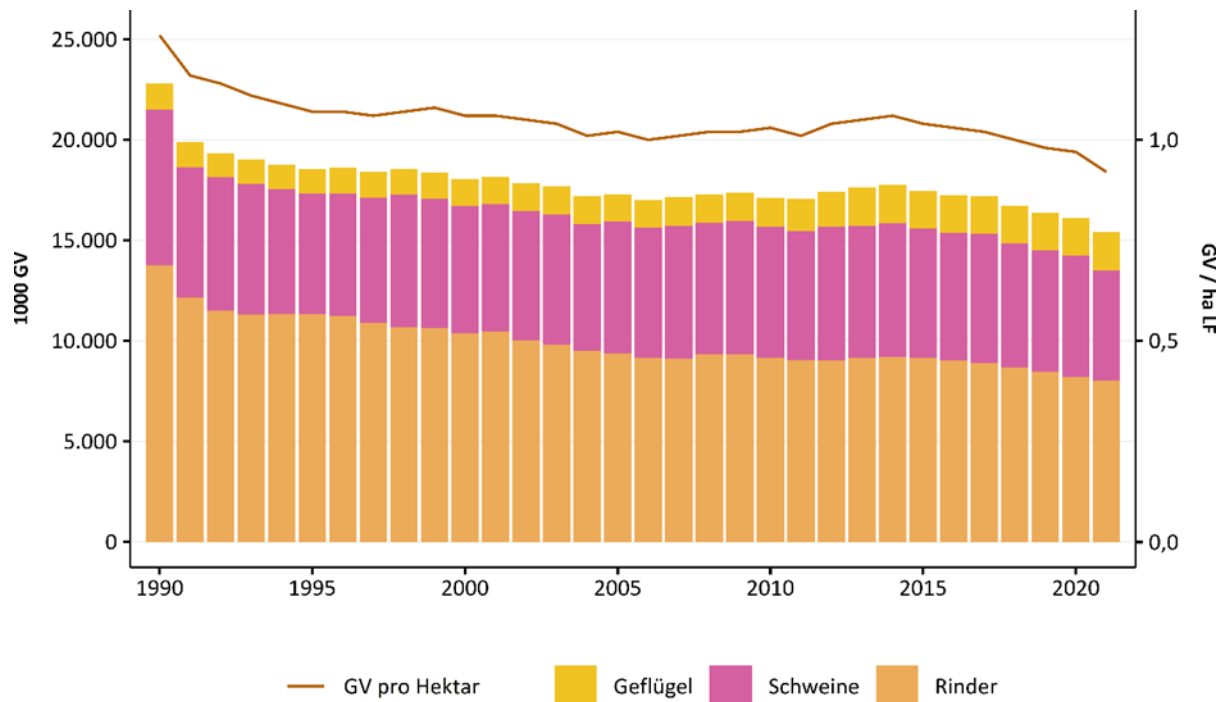


Abbildung A-2: Entwicklung des Viehbestands in Deutschland, insgesamt und in Großvieheinheiten (GV) je ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF). Reihe interpoliert. Sonstige Tiere (Schafe, Ziegen, Pferde) aufgrund der Datenlage und der geringen Bedeutung vernachlässigt. Geflügelzahlen für 2021 aus dem Vorjahr übernommen. Anmerkung: Abweichungen zur Darstellung im 1. Monitoringbericht möglich, da hier auf das dreijährige Mittel verzichtet wurde. Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=find&suchanweisung_language=de&query=vieh#abreadcrumb (letzter Zugriff am 04.11.2022).

Der Rückgang des Viehbestands ist zu großen Teilen auf die Entwicklung in der Rinderhaltung zurückzuführen, die im Betrachtungszeitraum kontinuierlich rückläufig ist. Betrug die Anzahl der gehaltenen Rinder um die Jahrtausendwende noch knappe 15 Millionen, wurden im Jahr 2021 noch rund 11,2 Mio. Rinder in Deutschland gehalten. Das entspricht einem Rückgang von rund 250.000 Rindern im Vergleich zum Jahr 2020.

Seit einigen Jahren ist auch der Schweinebestand rückläufig. Waren die Bestände seit Anfang der 1990er-Jahre bis Mitte der 2010er-Jahre recht stabil, ist seitdem ein deutlicher Rückgang zu beobachten. Im Jahr 2021 wurden in Deutschland rund 24,7 Mio. Schweine gehalten, knapp 800.000 weniger als im Vorjahr. Im Vergleich zum Jahr 2015 ist der Schweinebestand des Berichtszeitraums um 12 % geringer.

A.1.4 Biogaserzeugung

Gärreste sind nährstoffhaltige Rückstände aus Gärprozessen zur Biogaserzeugung, 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 infolge des Erneuerbare-Energien-

Gesetzes von 2004 stark zugenommen (vgl. Abbildung A-3), der Zuwachs ist aber seit Mitte der 2010er-Jahre deutlich geringer als noch ein Jahrzehnt zuvor.

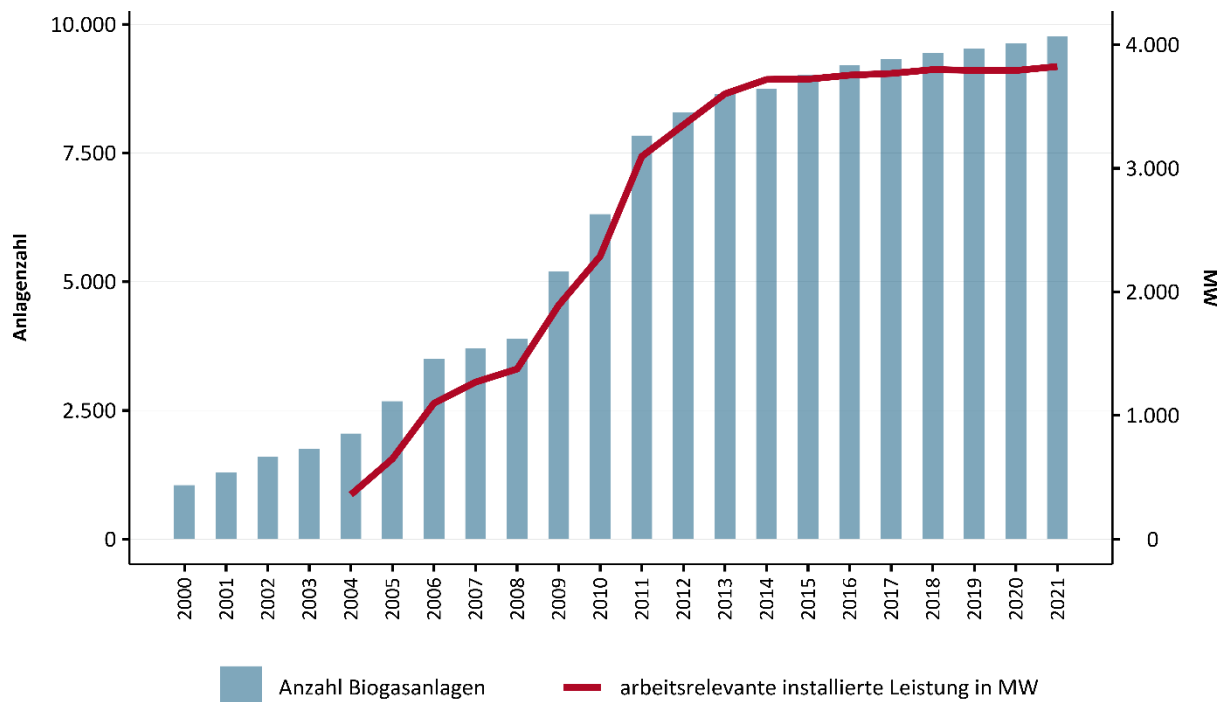


Abbildung A-3: Entwicklung des Biogasanlagenbestandes und der installierten elektrischen Leistung (ohne Überbauung). Quelle: Eigene Darstellung mit Daten des Fachverbands Biogas. Entnommen aus: https://www.biogas.org/edcom/webfwb.nsf/id/de_branchenzahlen (letzter Zugriff am 12.10.2022).

Die gesamte installierte Leistung betrug im Jahr 2021 etwa 3.825 MW und ist gegenüber dem Vorjahr nur leicht gestiegen. Die Zahl der Anlagen ist 2021 im Vergleich zum Vorjahr um 62 Anlagen von 9.632 auf 9.770 Anlagen geringfügig gewachsen.

A.1.5 Importe von Wirtschaftsdüngern aus Nachbarländern

Zu Wirtschaftsdüngerimporten stehen, gegenüber dem Bericht vom November 2021, keine aktuelleren Informationen zur Verfügung. Obwohl Importe von Wirtschaftsdüngern regional erheblich zum Nährstoffanfall beitragen können, sind sie auf Sektorebene von untergeordneter Bedeutung ($< 2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$).

A.1.6 Entwicklung des Einsatzes sonstiger Düngemittel

Unter „Sonstige Düngemittel“ wird über den Einsatz von Klärschlamm, Kompost und Gärresten aus biologischen Behandlungsanlagen, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln berichtet, soweit dazu Informationen vorliegen bzw. sofern eine nennenswerte Relevanz für landwirtschaftliche Emissionen gegeben ist. Sektoral sind diese Dünger von untergeordneter Bedeutung und per Definition teilweise „Stoffe ohne wesentlichen Nährstoffgehalt“, ihr kumulierter Anteil an der Gesamtzufuhr an gedüngtem Stickstoff liegt deutlich unter 10 %.

Klärschlamm

Der Einsatz von Klärschlamm ist seit Mitte der 2000er-Jahre aufgrund strengerer gesetzlicher Vorgaben stark rückläufig. 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. Im Jahr 2020 wurden in Deutschland rund 260.000 t Klärschlamm (bezogen auf die Trockenmasse) landwirtschaftlich verwertet (vgl. Abbildung A-4). Das sind rund 28.000 t weniger als im Vorjahr und weniger als die Hälfte der Menge von 2006 (ca. 612.000 t).

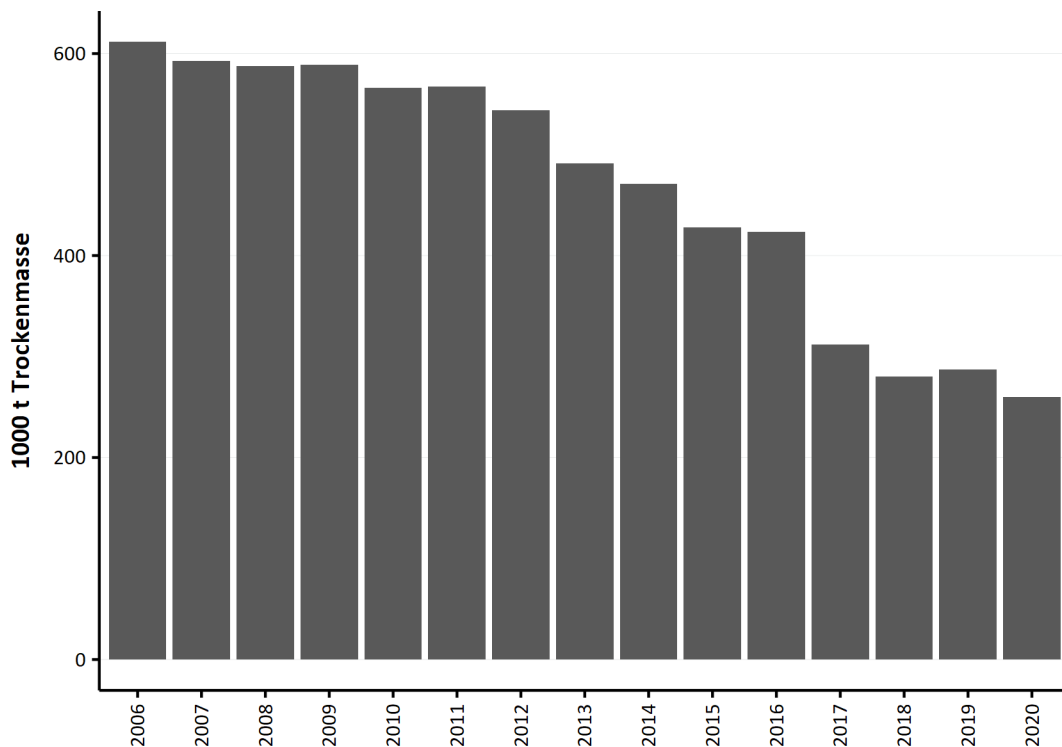


Abbildung A-4: Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm aus der öffentlichen Abwasserentsorgung. Quelle: Eigene Darstellung aus Daten aus <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Tabellen/liste-klärschlammverwertungsart.html> (letzter Zugriff am 04.10.2022).

Kompost und Gärreste aus biologischen Behandlungsanlagen

Kompost und Gärreste aus biologischen Behandlungsanlagen sind im ökologischen Landbau und, in Zeiten hoher Mineraldüngerpreise, auch in der konventionellen Landwirtschaft zunehmend gefragte Düngemittel. Neben seiner Düngewirkung ist Kompost aufgrund des hohen Anteils organischer Substanz aus pflanzenbaulicher Sicht positiv für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit zu bewerten. Die in der Landwirtschaft als Dünger verwertete Menge hat im Jahr 2020 im Vergleich zum Vorjahr um etwa 240.000 t zugenommen (vgl. Abbildung A-5). Damit erreicht die landwirtschaftlich verwertete Kompostmenge mit rund 3,2 Mio. t im Jahr 2020 einen neuen Höchststand.

Die Düngung mit Gärresten aus biologischen Behandlungsanlagen ist dagegen seit 2015 rückläufig und betrug im Jahr 2020 rund 3 Mio. t, was etwa dem Niveau des Vorjahrs entspricht.

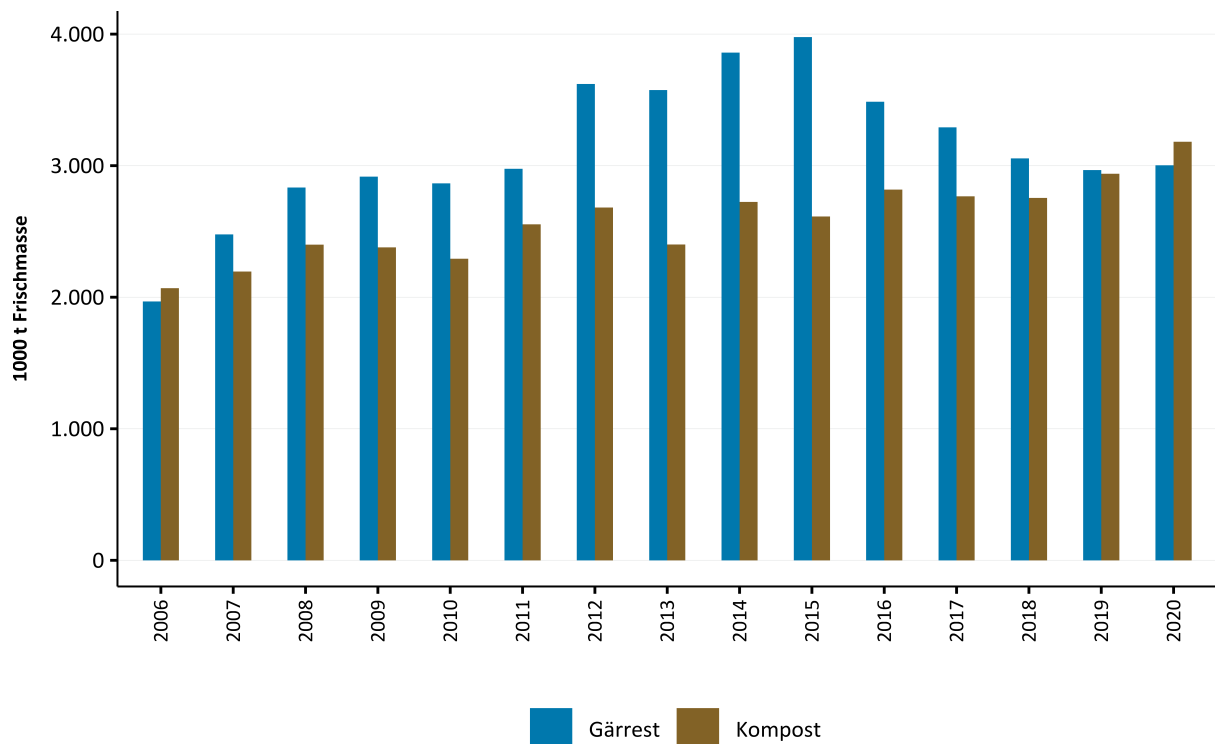


Abbildung A-5: Landwirtschaftliche Verwertung von Gärrest und Kompost aus biologischen Behandlungsanlagen. Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallentsorgung-2190100177004.html> (letzter Zugriff am 12.10.2022).

A.1.7 Ökologischer Landbau

Der ökologische Landbau gilt als 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 synthetische Düngemittel einher. Durch in der Regel geringere Erträge sind allerdings auch die Nährstoffabfuhr geringer. Insgesamt ist aber eine positive Wirkung des ökologischen Landbaus auf den Gewässerschutz zu erwarten, insbesondere bei der Verminderung von Einträgen von Nitrat und Pflanzenschutzmitteln.

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 (vgl. Abbildung A-6). Im Jahr 2021 lag der Öko-Flächenanteil bei 10,9 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche, das bedeutet einen Anstieg um 0,6 Prozentpunkte im Vergleich zum Vorjahr. Die Zunahme des Flächenanteils ist seit 2015 relativ konstant.

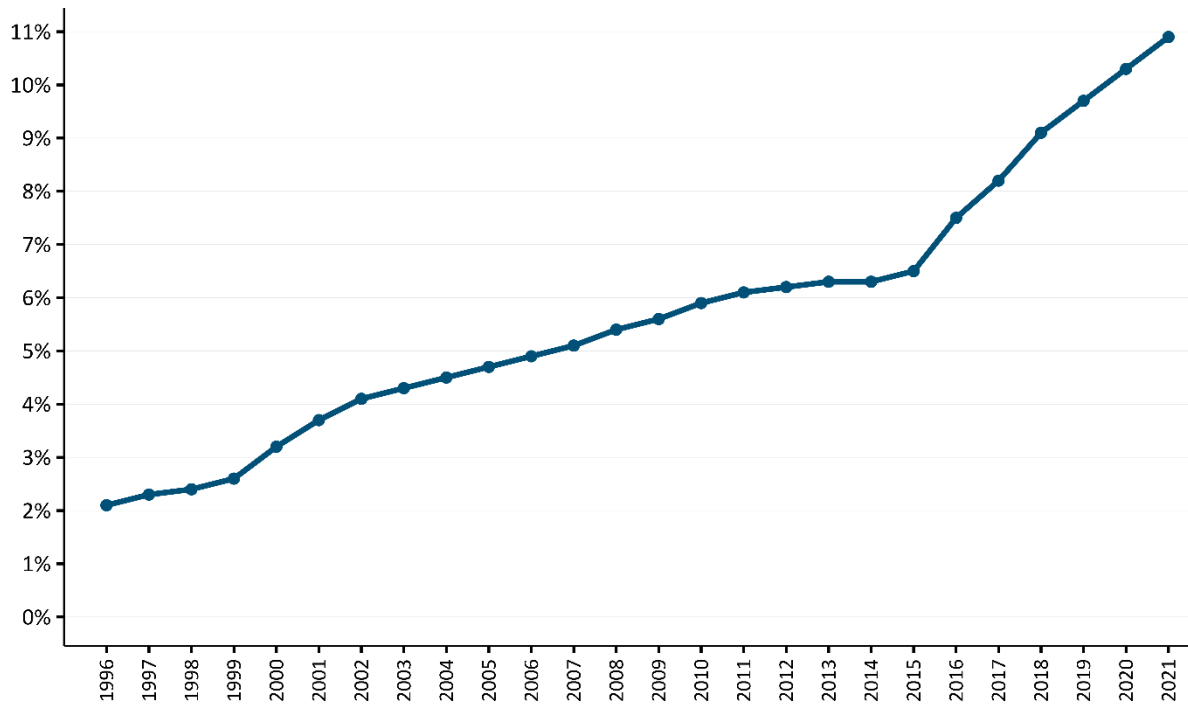


Abbildung A-6: Flächenanteile des ökologischen Landbaus in Prozent der LF. Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/oekologischer-landbau#okolandbau-in-deutschland> (letzter Zugriff am 04.10.2022). Verwendet wird die Erfassung des BMEL.

A.2 Zweite Monitoringebene: Immissionen

In den beiden folgenden Unterkapiteln werden Status und Entwicklung der Nitratkonzentration im Grundwasser sowie der Phosphorkonzentration in Fließgewässern dargestellt. Ziel des Abschnitts ist, die Belastungssituation zu dokumentieren und Entwicklungstrends aufzuzeigen. Stickstoff und Phosphor stellen die wichtigsten Nährelemente für Primärproduzenten dar. Zu hohe Nährstoffkonzentrationen gefährden die Qualität des Grundwassers als wichtigste Trinkwasserressource und führen zur Eutrophierung von Oberflächengewässern. Die Landwirtschaft stellt dabei eine wesentliche diffuse Eintragsquelle für Nitrat und Phosphat in das Grundwasser und die Oberflächengewässer dar.

A.2.1 Grundwasser

Die Nitratkonzentration im Grundwasser lag im Jahr 2021 an 75 % der Messstellen (Nitratmessnetz, Anzahl Messstellen = 640; Messstellen sind repräsentativ für landwirtschaftlich bewirtschaftete Flächen in Deutschland) unter 50 mg/l, wobei Konzentrationen kleiner als 10 mg/l an mehr als jeder dritten Messstelle verzeichnet wurden. An knapp jeder zwölften Messstelle lag die Nitratkonzentration höher als 100 mg/l (vgl. Abbildung A-7).

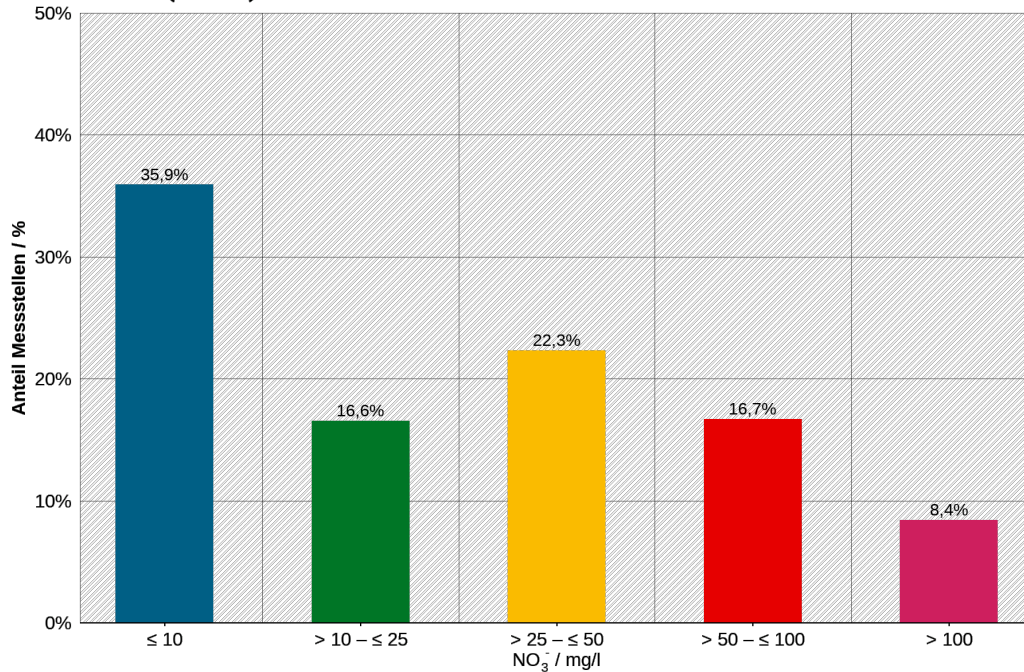
Nitratkonzentration an Grundwassermessstellen, 2021.**Nitratmessnetz (n = 640)**

Abbildung A-7: Verteilung der Nitratkonzentration an Messstellen des EU-Nitratmessnetzes für das Jahr 2021 anhand fünf verschiedener Konzentrationsklassen. Quelle: Eigene Darstellung.

Betrachtet man die Verteilung der Nitratkonzentration anhand von fünf Konzentrationsklassen (≤ 10 mg/l; $> 10 - \leq 25$ mg/l; $> 25 - \leq 50$ mg/l; $> 50 - \leq 100$ mg/l; > 100 mg/l) über die vergangenen 10 Jahre (vgl. Abbildung A-8), zeigen sich leichte Verbesserungen. Der Anteil von Messstellen mit Nitratkonzentrationen größer als 50 mg/l verringerte sich in diesem Zeitraum um 5 % von 30 % auf 25 % aller Messstellen. Gleichzeitig konnte eine leichte Zunahme (+4 %) an Messstellen mit Nitratkonzentrationen zwischen 10 und 50 mg/l beobachtet werden. Der Anteil Messstellen mit Nitratkonzentrationen unter 10 mg/l blieb im betrachteten Zeitraum nahezu konstant.

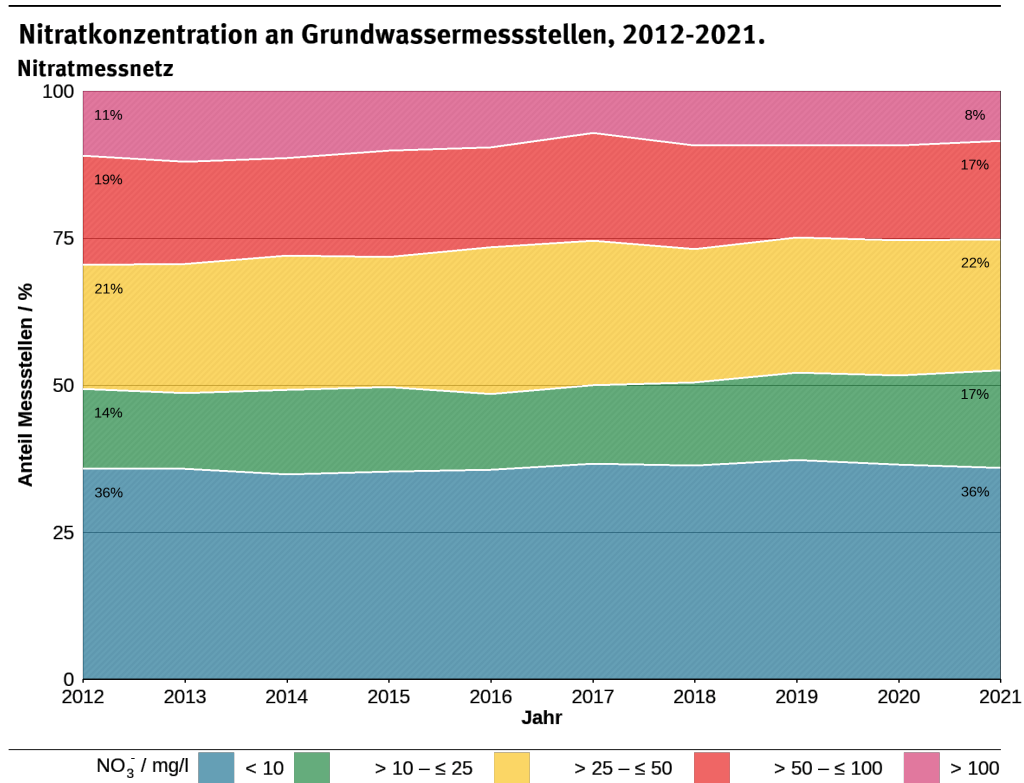


Abbildung A-8: Verteilung der Nitratkonzentration an Messstellen des EU-Nitratmessnetzes für den Zeitraum 2012–2021 anhand fünf verschiedener Konzentrationsklassen. Quelle: Eigene Darstellung.

Eine messstellenscharfe Trenduntersuchung auf Basis der Grundwassermessstellen des Nitratmessnetzes mit einer mittleren Nitratkonzentration > 37.5 mg/l im Zeitraum 2012–2021 (Mann-Kendall Test, $p < 0.05$) ergab für 82 Messstellen einen signifikant abnehmenden und für 32 Messstellen einen signifikant zunehmenden Trend. An 151 Messstellen konnte kein statistisch abgesicherter Trend ermittelt werden (vgl. Abbildung A-9).

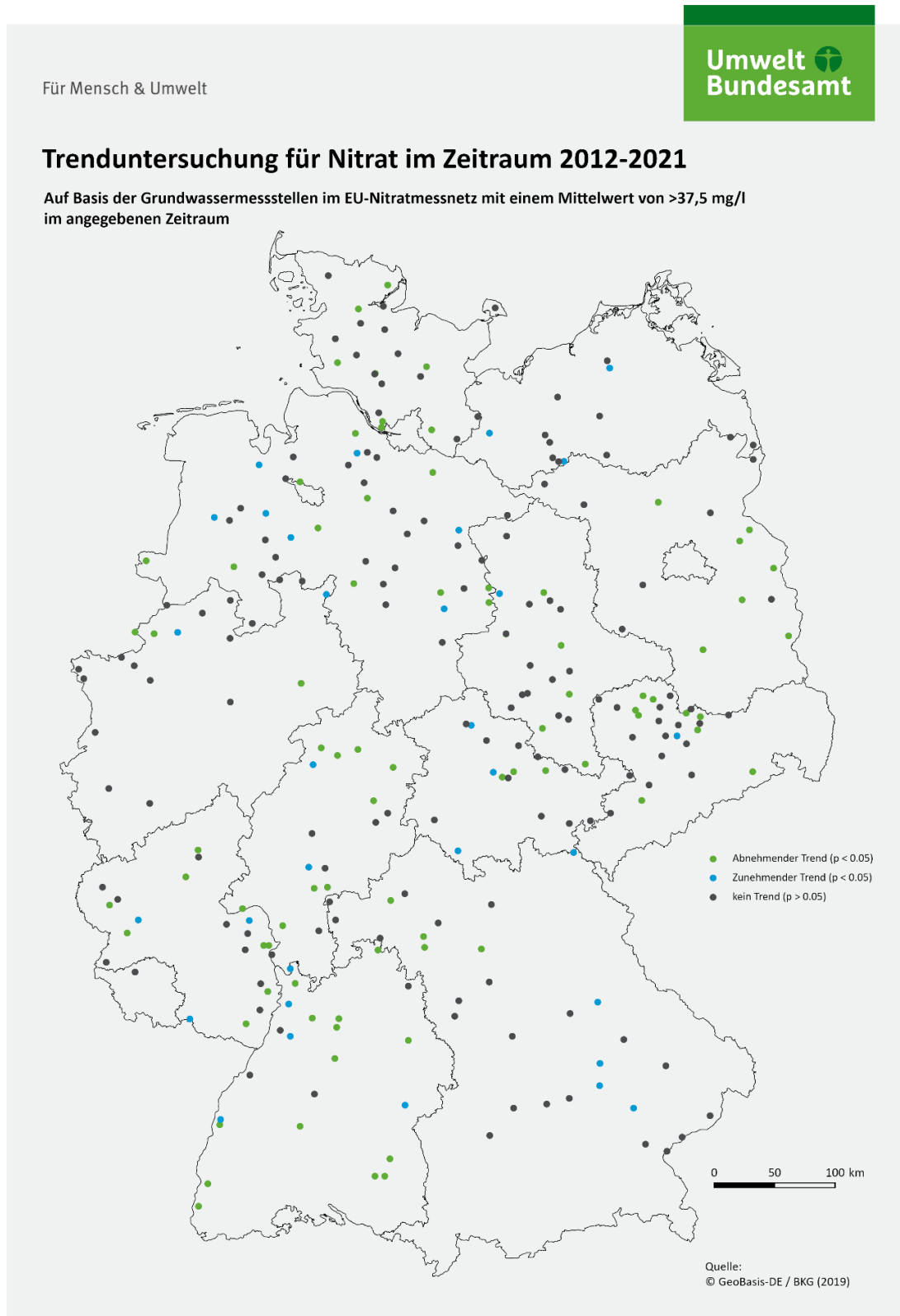


Abbildung A-9: Trenduntersuchung der Nitratkonzentration an Grundwassermessstellen des EU-Nitratmessnetzes mit einer mittleren Nitratkonzentration $> 37,5$ mg/l für den Zeitraum 2012–2021 basierend auf dem Mann-Kendall Test. Dargestellt sind Messstellen mit signifikant ($p < 0.05$) abnehmendem (grüne Punkte) und zunehmendem (blaue Punkte) Trend sowie Messstellen an denen im betrachteten Zeitraum kein Trend beobachtet werden konnte (graue Punkte). Quelle: Umweltbundesamt.

Die Anzahl Grundwassermessstellen, die Überschreitungen des Grenzwertes aufwiesen ($\text{NO}_3^- > 50 \text{ mg/l}$), hat sich zwischen den Jahren 2012 und 2021 von ca. 200 auf ca. 170 Messstellen verringert (vgl. Abbildung A-10). An diesen Messstellen lag die Nitratkonzentration im betrachteten Zeitraum im Mittel zwischen 94 mg/l und 101 mg/l, wobei weder ein fallender noch ein steigender Trend der mittleren Konzentrationen auszumachen waren. Vereinzelt traten deutlich höhere Nitratkonzentrationen auf, für die neben der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung sowohl Trockenheit als auch andere naturräumliche Gegebenheiten ursächlich sein können.

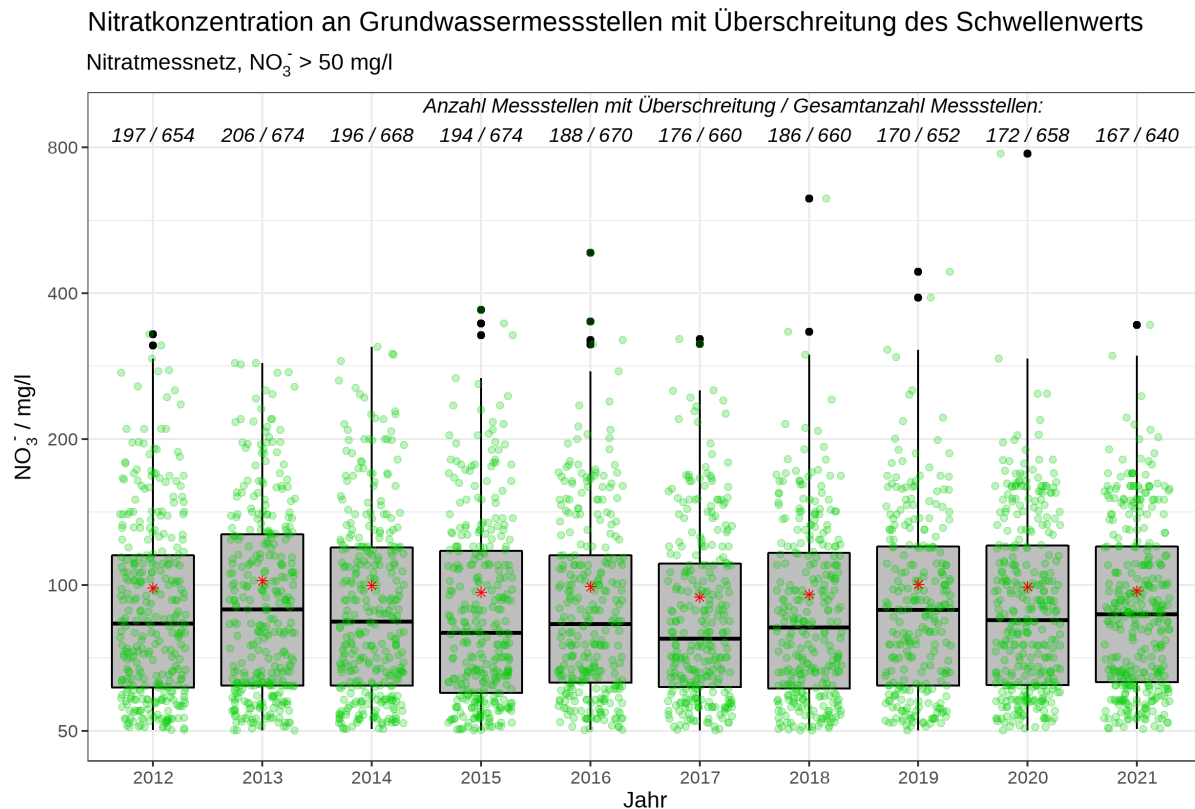


Abbildung A-10: Box-Whisker-Plots der Nitratkonzentration an Grundwassermessstellen des EU-Nitratmessnetzes mit Überschreitung des Schwellenwerts ($\text{NO}_3^- > 50 \text{ mg/l}$) für den Zeitraum 2012–2021. Die mittleren jährlichen Nitratkonzentrationen aller Grundwassermessstellen mit Überschreitung des Grenzwertes sind durch einen roten Stern gekennzeichnet. Die zugrundeliegenden Messdaten sind durch grüne Punkte dargestellt. Zu beachten ist die logarithmische Skala der y-Achse. Quelle: Eigene Darstellung.

A.2.2 Oberflächengewässer

Die Untersuchungen an den repräsentativen Messstellen für die Berichterstattung nach Nitratrichtlinie ergeben für den Indikator „Eutrophierungseinstufung“ (siehe Nitratberichterstattung 2020):

- 20 % der Messstellen werden als „non-eutrophic“ eingestuft,
- 28 % der Messstellen sind als „in the near future may become eutrophic“ eingestuft und
- 52 % der Messstellen müssen mit „eutrophic“ bewertet werden.

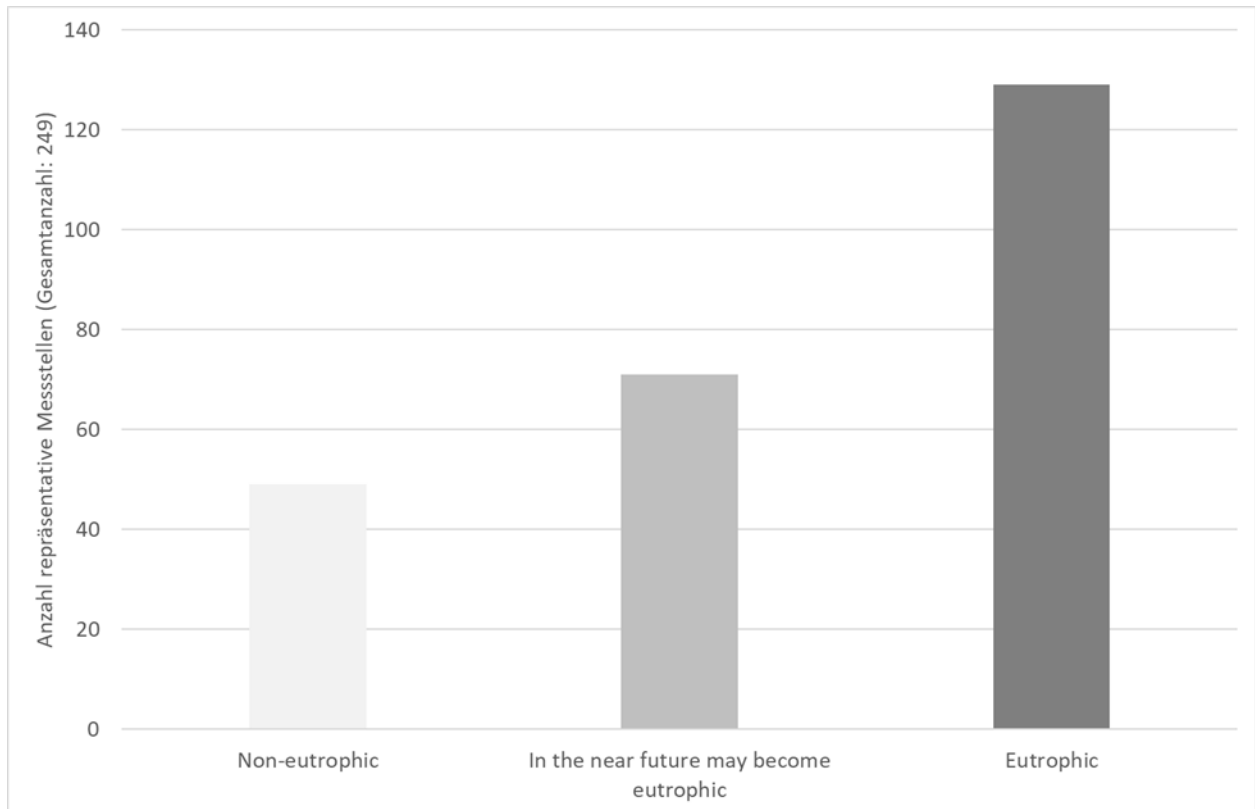


Abbildung A-11: Auswertung des Indikators Eutrophierungseinstufung für die Messstellen des repräsentativen Messnetzes (Stand: 2020). Quelle: Eigene Darstellung.

Der Indikator „Phosphor-Konzentration in Fließgewässern“ für die Berichterstattung nach Nitratrichtlinie wird jährlich berechnet. Die nachfolgende Abbildung zeigt, dass nicht für jede Messstelle in jedem Jahr Daten vorliegen und die Konzentrationen aufgrund z. B. Abfluss und Witterung schwanken. Für 2020 liegen für 203 der repräsentativen Messstellen Phosphordaten vor. An 14 % dieser Messstellen wird die Klasse „sehr gut“ erreicht, 46 % sind als „gut“ einzustufen und 40 % als „schlechter als gut“.

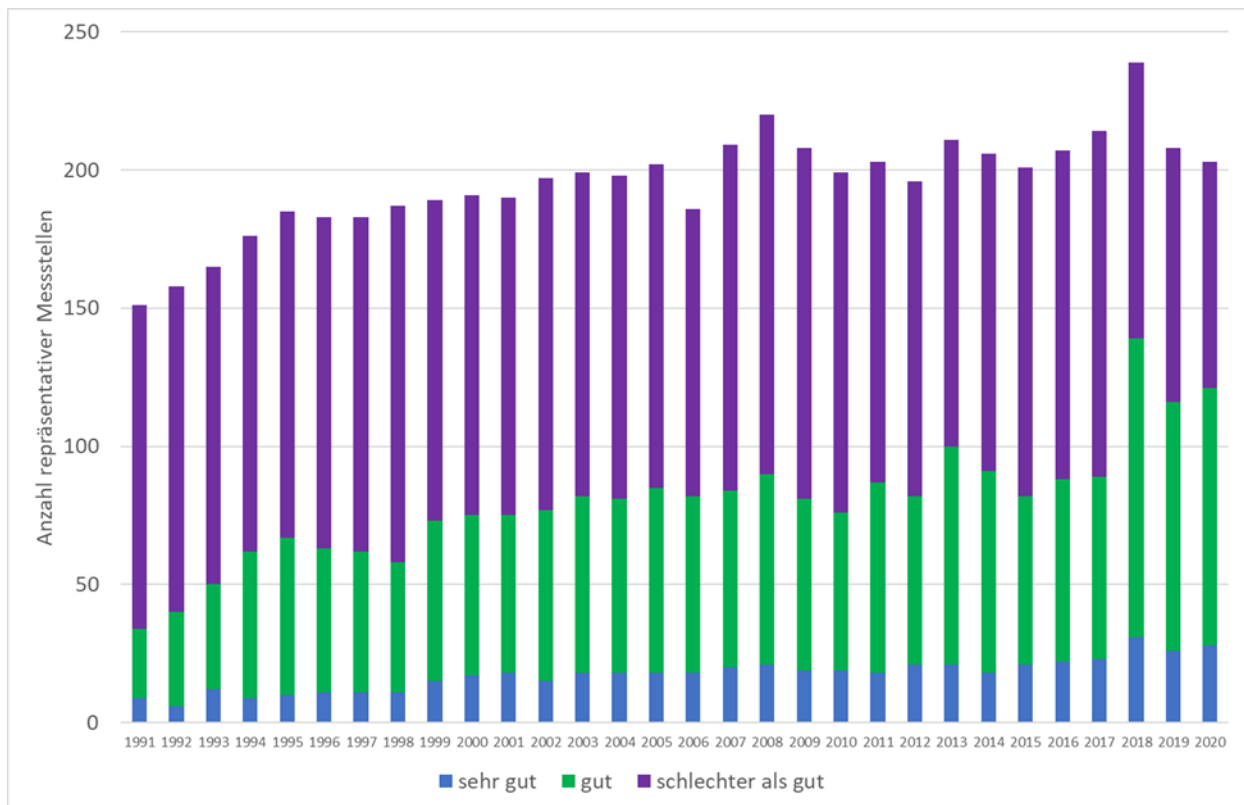


Abbildung A-12: Auswertung des Indikators Phosphor-Konzentration in Fließgewässern für die Messstellen des repräsentativen Messnetzes. Quelle: Eigene Darstellung.

A.3 Dritte Monitoringebene: Teilbereich Modellierung der regionalen Nährstoffsituation

Die Modellierung stellt, zusammen mit den Modellregionen, das Bindeglied zwischen den landwirtschaftlichen Emissionen und den Immissionen in die Gewässer dar.

Die Modellierung wurde im Forschungsprojekt AGRUM-Deutschland erstmals bundesweit angewendet. Die Endergebnisse wurden den Bundesländern vorgestellt und in drei unveröffentlichten Teilberichten dokumentiert. Die Veröffentlichung eines gemeinsamen Abschlussberichts, in dem die drei Teilberichte zusammengeführt werden, ist für Ende 2022 / Anfang 2023 geplant. Die Vorgehensweise bei der Modellierung und der Modellverbund AGRUM-DE wurden im letzten Bericht vom November 2021 mit exemplarischen Ergebnissen vorgestellt.

Die bislang im Rahmen von AGRUM-DE durchgeführte Modellierung ist die Grundlage für das bundesweite Modellsystem, das in Zukunft im Wirkungsmonitoring angewendet werden soll. Um die Abbildungsgüte und die Belastbarkeit der Ergebnisse zu verbessern, hat man sich darauf verständigt, das Modellsystem AGRUM-DE weiterzuentwickeln und die Datengrundlage erheblich zu verbessern. Diese Arbeiten sind im Rahmen des von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) geförderten Projektes RELAS (Abbildung regionaler landwirtschaftlicher Stickstoffflüsse als Basis für die Entwicklung und Optimierung agrarpolitischer Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele) am 1. September 2022 angelaufen und werden in den kommenden Jahren fortgeführt (siehe Sachstandsbericht in Kapitel B.3).

A.4 Dritte Monitoringebene: Teilbereich Modellregionen

In den Modellregionen sollen Maßnahmenwirkungen der DüV auf der Ebene der Anwendung, also auf Betriebs- und Schlagebene, abgebildet werden. Dazu wird ein System von Frühindikatoren, welches bewirtschaftungsbedingte Änderungen von Nitratfrachten unter Berücksichtigung der spezifischen Standortbedingungen zeitnah auf Einzelbetriebs- und Schlagebene anzeigt, angewendet. Zudem soll in kleineren Wassereinzugsgebieten innerhalb der Modellregionen eine räumliche und zeitliche Verknüpfung der Emissionen und Immissionen entlang der hydrologischen Pfade erfolgen.

Der Teilbereich Modellregionen befindet sich derzeit noch im Aufbau. Die konkrete Anzahl und die Verortung der Untersuchungsgebiete stehen daher noch nicht fest. Nach Möglichkeit soll ein Teil der Modellgebiete aus dem noch bis Ende des Jahres 2023 geförderten Demonstrationsvorhaben des Bundes „Multiparametrisches Monitoring von Nitratfrachten aus der Landwirtschaft (MoNi)“ perspektivisch in das Wirkungsmonitoring zur DüV überführt werden. Dabei soll auch das im Demonstrationsvorhaben entwickelte und angewendete Messprogramm mit dem laut Feinkonzept vorgesehenen Vorgehen (siehe auch 2. Monitoringbericht von November 2021) übernommen werden. Dadurch liegen bereits

mehrjährige Daten, insbesondere auch für den Zeitraum vor den Novellierungen der DüV, die Jahre 2017 und 2020 betreffend, vor.

In den Modellregionen wird auf repräsentativen Betrieben ein bundesweit einheitliches Messprogramm bestehend aus rechnerischen und analytischen Indikatoren angewendet. 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 Sicker- und Dränwasser in der ungesättigten Bodenzone. Die Erhebungen dienen zunächst einer differenzierten Erfassung des Ist-Zustandes und der spezifischen bewirtschaftungs- und standortortbedingten Faktoren, welche eine Nitratbelastung oder Eutrophierung bedingen. Hieraus kann bereits eine erste Prognose auf die voraussichtliche Wirkung bestimmter Maßnahmen getroffen werden. Im zeitlichen Verlauf werden dann auch Entwicklungstrends zunehmend betrachtet werden können.

Im 1. Monitoringbericht wurden exemplarisch Ergebnisse des Messprogramms für die bayerische Modellregion „Vorlandmolasse Aichach“, welche im Rahmen des Demonstrationsvorhabens MoNI zusammen mit zehn weiteren Modellregionen hinsichtlich der Veränderung von Nitratfrachten betrachtet wird, vorgestellt. Im vorliegenden 3. Monitoringbericht werden aktuelle Entwicklungen des betrieblichen Stickstoffeinsatzes aus der Modellregion „Ilmenau Lockergestein rechts“ in Niedersachsen präsentiert. Die Modellregionen repräsentieren stichprobenartig für die Nitrat- und Phosphorbelastung bedeutsame agrarstrukturelle Räume. Bei der Verortung der Modellregionen werden sowohl belastete Bereiche gemäß § 13a DüV sowie unbelastete Gebiete einbezogen.

Als Modellbetriebe werden sechs bis zwölf Vollerwerbsbetriebe mit für die Modellregion repräsentativer landwirtschaftlicher Produktionsausrichtung ausgewählt. Die Modellbetriebe innerhalb einer Modellregion weisen eine relativ homogene Struktur (Produktionsschwerpunkt, Anbaufolge, Bodeneigenschaften) auf, sodass die Anzahl der Betriebe im Sinne einer gerichteten Stichprobe 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.

Das in den Modellregionen zur Anwendung kommende Messprogramm beinhaltet die Erhebung sowohl rechnerischer (Stoffstrombilanz, Schlagbilanzen, Fruchtbilanzen) als auch analytischer Indikatoren (Frühjahrs-, Ernte- und Herbst- N_{min} -Werte, Nitrattiefenprofile und, sofern Dränsysteme vorhanden sind, Dränagemessungen) (vgl. Abbildung A-13). Das Messprogramm ist modular aufgebaut, sodass z. B. Nitrattiefenprofile bei gedränten Flächen durch Dränmessungen 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 zum Sicker- und Dränwasser in der ungesättigten Bodenzone.

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

Das Messprogramm wird in ausgesuchten Teilbereichen um weiterführende hydrogeologische Untersuchungen zur Aufklärung der zeitlichen und räumlichen Zusammenhänge zwischen Emissionen und Immissionen ergänzt werden. Die konkrete Methodik kann erst nach der endgültigen Verortung der Modellregionen festgelegt werden.

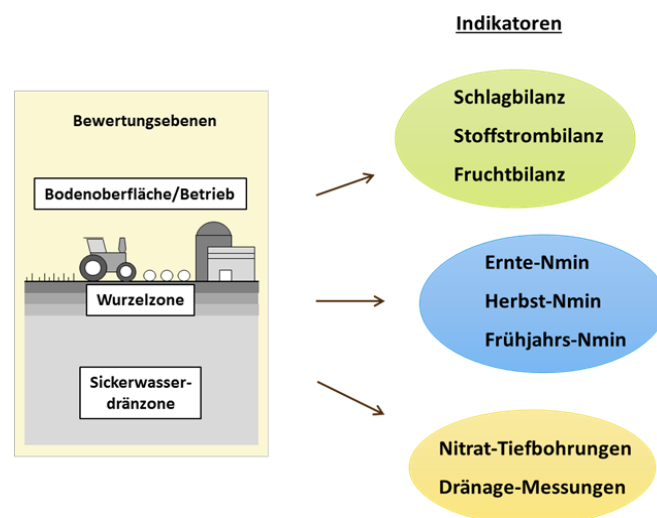


Abbildung A-13: In den Modellregionen durchgeführtes Messprogramm mit Zuordnung zur vertikalen Bezugsebene Quelle: Eigene Darstellung.

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 Dränmessungen. Aufbauend auf den einzelbetrieblichen Analysen werden die Ergebnisse auf die Ebene der Modellregionen nach Standorttypen aggregiert und so für die Berichterstattung zusammengefasst. Die Bewertung der Wirksamkeit spezifischer Maßnahmen erfolgt erforderlichenfalls auf Ebene einzelner Betriebe oder Schläge.

In eutrophierten Gebieten werden Modellregionen in Einzugsgebieten von Oberflächengewässern eingerichtet. Das Messprogramm wird 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 und der Charakterisierung des Einzugsgebiets von Messstellen. Die genaue Struktur dieser Modellregionen und das

anzuwendende Messprogramm werden im Zuge der Weiterentwicklung des Monitoringkonzeptes fortlaufend konkretisiert.

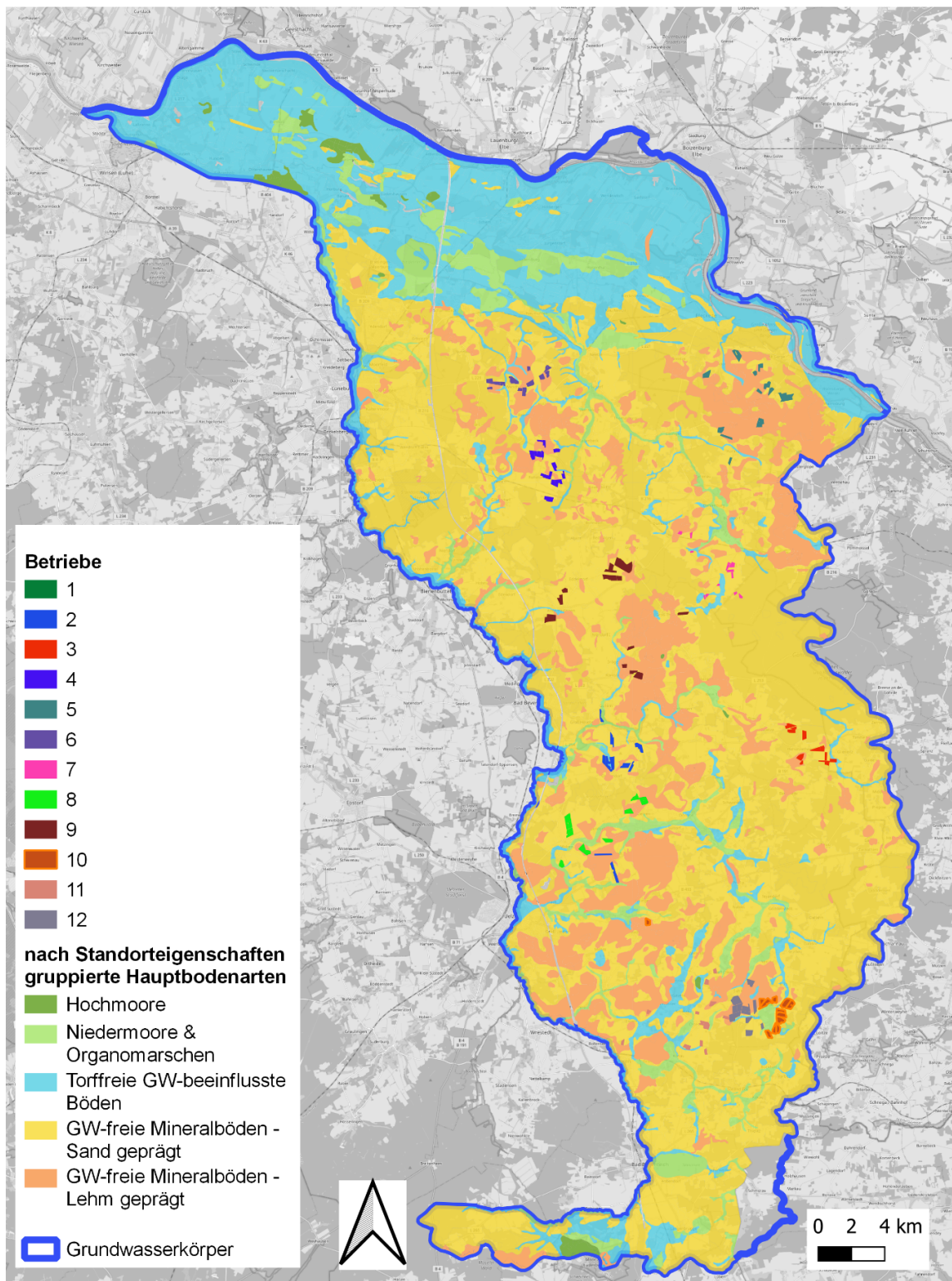
A.4.1 Modellregion „Ilmenau Lockergestein rechts“ (Exemplarisch)

A.4.1.1 Bodenkundlich geo-hydrologische Voraussetzungen

Die Modellregion „Ilmenau“ repräsentiert einen Grundwasserkörper, der in Teilbereichen eine erhöhte Nitratbelastung aufweist. Das ca. 1.464 km² große Gebiet liegt im Nordosten Niedersachsens und erstreckt sich von der Elbe im Norden bis nach Bad Bodenteich im Süden. Die West-Ost-Erstreckung reicht von der Hansestadt Lüneburg bis zur Landesgrenze Niedersachsens im Osten.

Der größte Bereich der Modellregion wird von den vorwiegend grundwasserfernen Geestplatten und Endmoränen eingenommen, welchen eine geringmächtige Geschiebedecksandschicht aufliegt. Es dominieren grundwasserfreie Mineralböden (72 %, vgl. Abbildung A-14). Davon sind 57 % sandgeprägt und 15 % schluff- oder lehmgeprägt. Diese Unterscheidung ist insbesondere hinsichtlich der Stoffaustragsgefahr und der Einschätzung der Denitrifikation von Bedeutung. Bei den im Untergrund durch Sand geprägten Böden dominieren Podsolböden mit Übergängen zu Braunerden. Pseudogleyen, Parabraunerden inklusive deren Übergangsbodentypen lassen sich den lehmgeprägten Böden aus oberflächennaher Grundmoräne und Sandlössauflagen zuordnen.

Die grundwasserfreien Mineralböden mit sandgeprägtem Untergrund zeigen mit einer mittleren bis hohen Durchlässigkeit und gleichzeitig geringem Denitrifikationspotenzial die höchste Standortsensibilität gegenüber Stoffausträgen. Bei den Mineralböden mit schluff- oder lehmgeprägtem Untergrund kann das Denitrifikationspotenzial als mittel bis hoch eingestuft werden, bei geringer Durchlässigkeit.



Testgebiet Ilmenau in Niedersachsen

Abbildung A-14: Verbreitung der gruppierten Hauptbodentypen nach BÜK 50 und Lage der 144 Testflächen der zwölf Modellbetriebe in der Modellregion „Ilmenau“. Quelle: Eigene Darstellung.

A.4.1.2 Klima

Die Niederschlagssummen in der Modellregion „Ilmenau“ erreichen im langjährigen Mittel 680 mm bei einer Lufttemperatur von 9,5 °C (vgl. Abbildung A-15). In den Jahren des Demonstrationsvorhabens betrugen die Jahresniederschlagssummen 889 mm (2017), 421 mm (2018), 636 mm (2019), 580 mm (2020) und 687 mm (2021). Die Jahre 2018, 2019 und 2020 waren somit im Vergleich zum langjährigen Mittelwert, aber vor allem in der Hauptwachstumsphase der Kulturen, relativ trocken. Die Temperaturen lagen häufig deutlich über dem langjährigen Mittel.

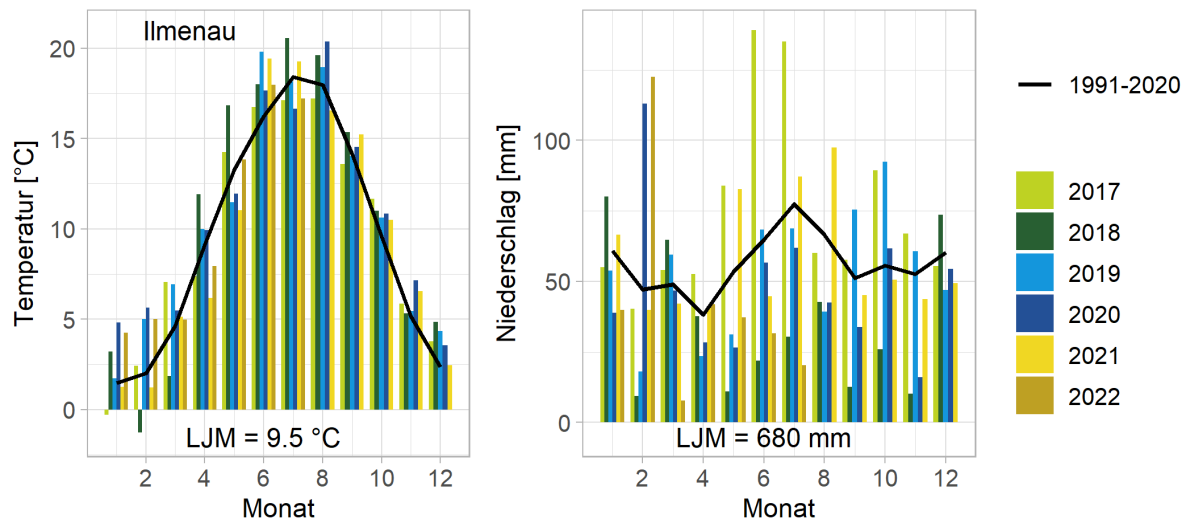


Abbildung A-15: Monatliche Temperatur- und Niederschlagsverteilung in der Modellregion „Ilmenau“ für den Zeitraum 2017 bis Juli 2022 und das langjährige Mittel (LJM) für 1981–2010. Quelle: Eigene Darstellung.

A.4.1.3 Betriebsstrukturen

Zwölf Betriebe stellten jeweils zwölf Testflächen zur Verfügung, sodass insgesamt 144 Testflächen erfasst wurden. Die Betriebe in der Modellregion repräsentieren Marktfruchtbetriebe mit einer mittleren Betriebsgröße von 211 ha (vgl. Abbildung A-16). Zusätzlich unterhielt ein Betrieb eine Schweinemast (0,4 GV ha⁻¹), ein weiterer hielt Milchkühe (0,7 GV ha⁻¹). Die vorwiegend ackerbaulich wirtschaftenden Betriebe repräsentieren damit insgesamt die für diese Region typische betriebliche Ausrichtung. Die ausgewählten Testschläge haben eine mittlere Größe von 9 ha und stellen im Durchschnitt 55 % der Betriebsflächen dar.

Die Hauptanbauprodukte auf den Testflächen in Ilmenau sind Winterweizen, Kartoffeln, Mais, Zuckerrüben (vgl. Abbildung A-17).

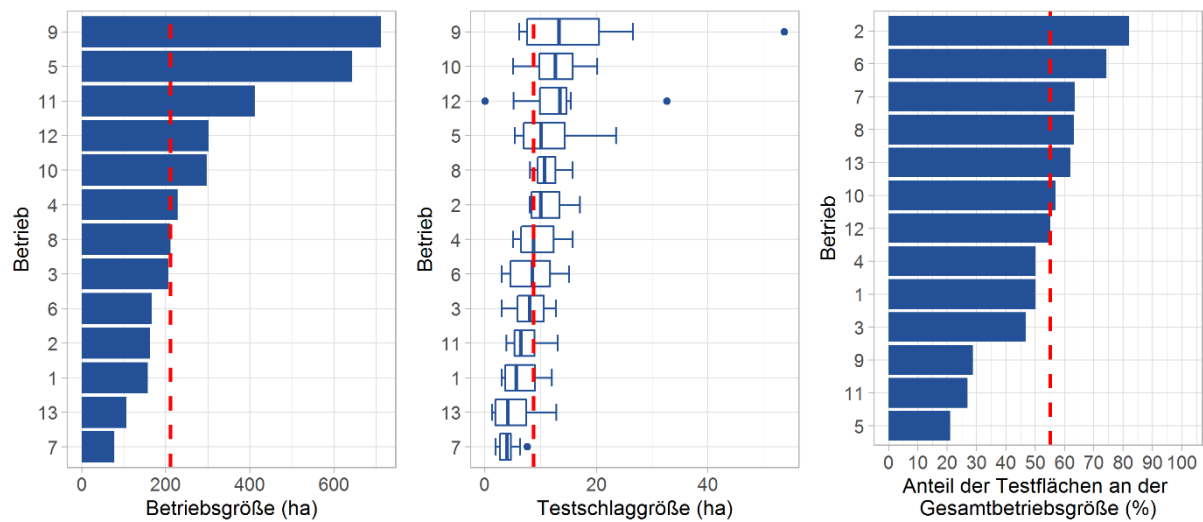


Abbildung A-16: Betriebsgröße, durchschnittliche Testschlaggröße sowie der Anteil der durch das Messprogramm erfassten Fläche an der Gesamtbetriebsfläche in der Modellregion „Ilmenau“ Quelle: Eigene Darstellung

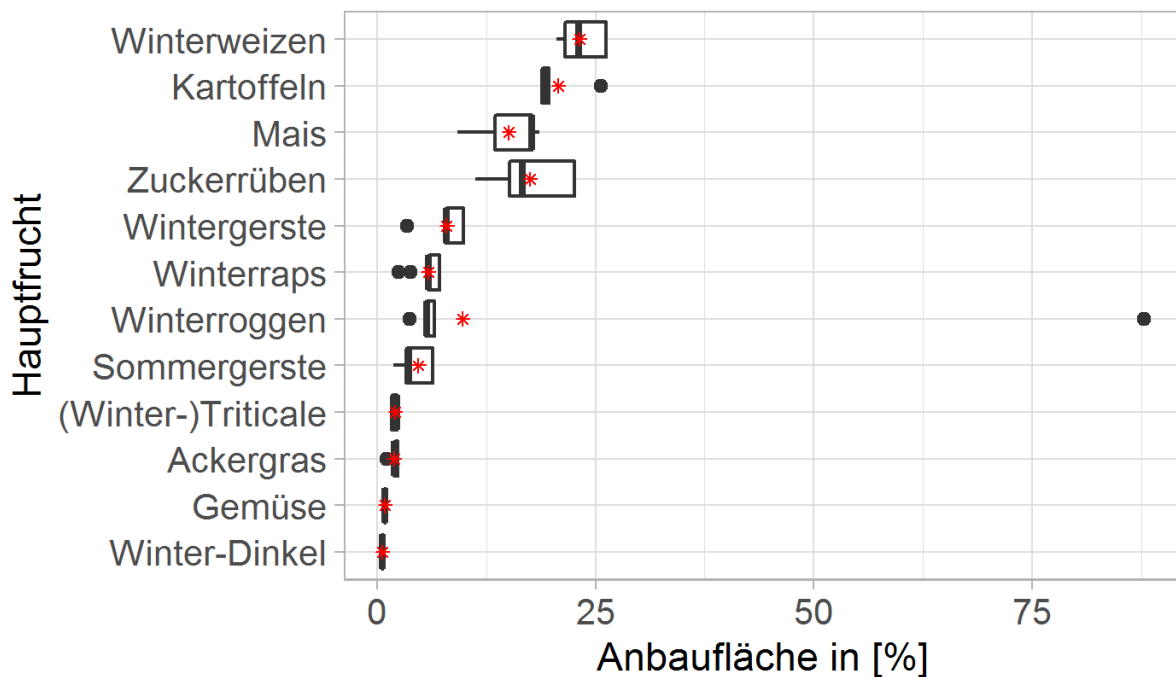


Abbildung A-17: Anteile der bedeutendsten Feldfrüchte in der Modellregion „Ilmenau“ an der Gesamtanbaufläche (alle Testflächen) für den Zeitraum von 2014–2021. Quelle: Eigene Darstellung.

A.4.2 Aktuelle Ergebnisse aus der Modellregion „Ilmenau“

Die mittleren Brutto-Schlagbilanzsalden in der Modellregion „Ilmenau“ lagen bei $51 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (vgl. Abbildung A-18). Die Werte waren seit dem Jahr 2017 rückläufig (vgl. Abbildung A-18, oben links). Dies ist vorwiegend auf eine verringerte Stickstoffzufuhr zurückzuführen. Dieser abnehmende Trend zeichnet sich mittlerweile auch deutlich in den sinkenden Ernte- $N_{\min}$ -Werten ab. Die Unterschiede hinsichtlich der Schlagbilanzüberschüsse waren zwischen den Modellbetrieben trotz ähnlicher Faktorausstattung und betriebswirtschaftlicher Schwerpunkte teils sehr hoch (vgl. Abbildung A-18, 2. Spalte oben).

Die besonders starke Trockenheit im Jahr 2018 wirkte sich in der Modellregion insgesamt negativ auf die Ernteabfuhr aus. Auf Einzelschlagebene bzw. fruchtartspezifisch kam es zu drastischen Ertragseinbußen, sodass die Schlagbilanzüberschüsse sowie $N_{\min}$ -Werte deutlich anstiegen.

Die Salden der Stoffstrombilanzen zeigen bislang keinen klaren Trend auf (vgl. Abbildung A-18, 1. Spalte, 2. Zeile). Die Stoffstrombilanzsalden lagen im Mittel der Modellregion bei rund 41 kg N/ha mit z. T. deutlich höheren einzelbetrieblichen Werten.

Die Herbst- $N_{\min}$ -Werte zeigten witterungsbedingt deutliche Schwankungen zwischen den Jahren, wobei das Trockenjahr 2018 mit besonders hohen Werten auffiel (vgl. Abbildung A-18, 1. Spalte, 3. Zeile). Im Vergleich zum Ernte- $N_{\min}$ wird deutlich, dass die $N_{\min}$ -Werte bis zum Messzeitpunkt im Herbst zumeist nochmal anstiegen, was die Bedeutung des Nachernte-Managements bzw. der nachfolgenden Frucht für die Höhe der residualen reaktiven Stickstoffmenge im Herbst verdeutlicht.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Stickstoffbilanzierung wiesen die Modellbetriebe relativ einheitliche mittlere Herbst- $N_{\min}$ -Werte auf. Die Herbst- $N_{\min}$ -Werte zeigten im Durchschnitt aller Testflächen in der Modellregion mit $55 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ähnlich hohe residuale Mengen an mineralischem Stickstoff an, wie die Bilanzüberschüsse gemäß Schlag- und Stoffstrombilanz. Betriebe mit hohen Schlagbilanzüberschüssen zeigten tendenziell auch hohe $N_{\min}$ -Werte im Herbst (vgl. Abbildung A-18, 2. Spalte).

Die Indikatoren in der Wurzelzone zeigten teils deutliche Stickstoffüberschüsse auf. Die Untersuchung des Sickerwassers in der ungesättigten Bodenzone im Tiefenbereich 120 bis 300 cm spiegeln diese Verluste hingegen nur teilweise wider und die Nitratkonzentrationen weisen keinen klaren Trend auf (vgl. Abbildung A-18, unten). Die Schwankungen zwischen den Jahren lassen sich reziprok den vorjährigen Herbst- $N_{\min}$ -Werten zuordnen. Wie eingangs bei der standörtlichen Beschreibung ausgeführt, ist für die Interpretation der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser die Unterscheidung zwischen sand- und schluff-/lehmgeprägtem 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 die Nitratkonzentration im Sickerwasser entsprechend unkritisch.

Die aus modellierten Sickerwassermengen und gemessenen Herbst- $N_{\min}$ -Werten abgeleiteten Nitratfrachten schwankten zwischen 0 und 58 kg N ha⁻¹ a⁻¹. Insgesamt ist davon auszugehen, dass in der Modellregion „Ilmenau“ vor allem in Flächen mit sandigem Untergrund hohe Nitratfrachten in Richtung Grundwasser verlagert werden.

Die exemplarischen Ergebnisse weisen darauf hin, dass sich die Situation im Testgebiet seit dem Jahr 2017 tendenziell verbessert.

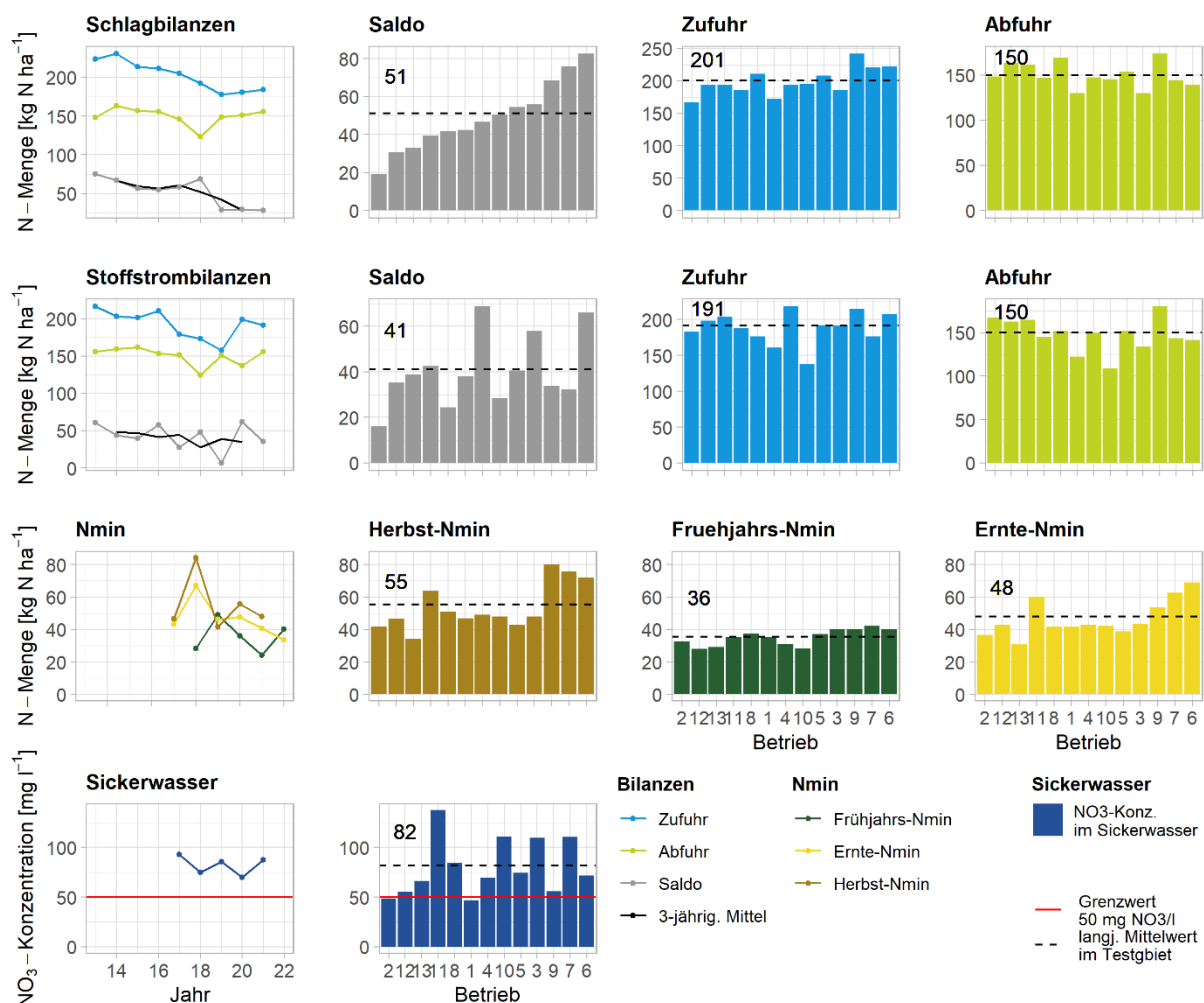


Abbildung A-18: Ergebnisse der Indikatoren des Messprogramms in der Modellregion „Ilmenau“. In der 1. Spalte ist der zeitliche Verlauf der Indikatorwerte im Mittel der Modellbetriebe dargestellt. Die schwarze Linie markiert das gleitende dreijährige Mittel der Salden. Die Spalten 2–4 zeigen die einzelbetrieblichen Werte. Die schwarze Linie markiert das Mittel aller Betriebe der Modellregion über den jeweiligen Erhebungszeitraum. Quelle: Eigene Darstellung.

B. Teilbericht B: Sachstandsbericht zum Aufbau des Monitoringsystems

In diesem Teilbericht wird der aktuelle Stand des Aufbaus des Monitoringsystems berichtet. Im Berichtszeitraum wurden auf allen Monitoringebenen überwiegend Abstimmungsarbeiten mit den Bundesländern zur Umsetzung des Monitoringkonzepts vorgenommen und Fragen der Finanzierung geklärt. Darüber hinaus wurden Datenschnittstellen abgestimmt und der Prozess der Datenbereitstellung der Länder an den Bund begonnen.

B.1 Erste Monitoringebene: Emissionen (TI)

Der Emissionsteil der Monitoringberichte umfasst bislang Informationen aus statistischen und anderen öffentlich zugänglichen Quellen zu Entwicklungen im Agrarsektor, die für die Nährstoffsituation relevant sind. Dazu zählen derzeit die Entwicklung des Absatzes mineralischer und organischer Düngemittel, die Entwicklung der Tierzahlen und der Biogasproduktion sowie der landwirtschaftlichen Fläche, die ökologisch bewirtschaftet wird.

Wie in den Berichten von Juni und November 2021 dargelegt, wird der Teilbericht zu den landwirtschaftlichen Emissionen künftig um betriebliche Daten zur Düngung ergänzt werden, differenziert nach belasteten und unbelasteten Gebieten. Diese Daten sind für die Betriebe seit der DüV 2020 dokumentationspflichtig und müssen auf Verlangen den Behörden zur Kontrolle vorgelegt werden, ausgenommen Betriebe, die unter eine Bagatellgrenze fallen. Eine systematische digitale Erfassung der betrieblichen Düngeinformationen soll nun in den Bundesländern aufgebaut werden, um die Daten an den Bund übermitteln zu können. Um die Daten bei den Betrieben zum Zweck des Monitorings erfassen zu können, muss zunächst die Rechtsgrundlage dafür geschaffen werden. Zu diesem Zweck wird das Düngegesetz des Bundes geändert. Das Düngegesetz und die hiermit verbundene, geplante Monitoringverordnung des Bundes soll die Basis für die landwirtschaftliche Datenerfassung und -verarbeitung des Monitorings bilden. Die von den Ländern erfassten Emissionsdaten werden dann zukünftig, zusammen mit den Daten der Modellregionen, der Messnetze und der Modellierung, am Thünen-Institut in der Bundesdatenbank zusammengeführt.

Die Einzelheiten zur Datenerfassung durch die Länder und die Datenübermittlung an den Bund werden in Kapitel B.3.1 erläutert.

B.2 Zweite Monitoringebene: Immissionen

B.2.1 Grundwasser

Grundlage für eine detaillierte Beschreibung der Belastungssituation im Grundwasser, die den heterogenen hydrogeologischen, bodenklimatischen und landnutzungsbedingten Verhältnissen in Deutschland gerecht wird, ist ein hinreichend dichtes Messstellennetz. Die Länder sind gemäß der neuen Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten

und eutrophierten Gebieten (AVV Gebietsausweisung – AVV GeA) vom 10. August 2022 dazu verpflichtet, das Messstellennetz zur Ausweisung mit Nitrat belasteter Gebiete (Ausweisungsmessnetz) so zu verdichten, dass bei stark variierenden hydrogeologischen Einheiten mindestens eine Messstelle je 20 km² und bei großflächig verbreiteten hydrogeologischen Einheiten mindestens eine Messstelle je 50 km² vorhanden ist. Von dieser Erweiterung des Messnetzes profitiert langfristig auch die Berichterstattung zur Belastungssituation des Grundwassers im Rahmen des Wirkungsmonitorings.

Um ein realistisches Bild der Nitratbelastung im Grundwasser zu zeichnen, müssen darüber hinaus zukünftig bei der Bewertung des chemischen Zustands der Grundwasserkörper – die die Grundlage für die Ausweisung mit Nitrat belasteter Gebiete darstellt – denitrifizierende Verhältnisse berücksichtigt werden. Um die Erhebung von Messdaten zur Denitrifikation zu gewährleisten, müssen diese gemäß Grundwasserverordnung (GrwV) spätestens ab Ende 2025 erhoben werden. Denitrifikation ist der wichtigste mikrobiell gesteuerte Abbauprozess zur Reduzierung der Nitratkonzentration im Grundwasser, durch die die gemessene Nitratkonzentration im Grundwasser von der tatsächlichen Belastungssituation abweichen kann. Da die Reaktionspartner für Denitrifikation endlich sind, ist es bei unveränderter Landbewirtschaftung nur eine Frage der Zeit, bis die Nitratbelastung im Grundwasser „durchbricht“, d. h., dass sie auch anhand der Nitratkonzentrationen im Grundwasser direkt messbar wird. Die Einbeziehung von Nitratwerten vor der Denitrifikation trägt damit in hohem Maße dem Vorsorgegedanken Rechnung.

Zur Beschreibung der Belastungssituation des Grundwassers ist vorgesehen, Daten des Ausweisungsmessnetzes heranzuziehen. Das Ausweisungsmessnetz umfasst mindestens alle landwirtschaftlich beeinflussten Grundwassermessstellen des Wasserrahmenrichtlinienmessnetzes, des EUA-Messnetzes und des EU-Nitratmessnetzes – aktuell insgesamt mehr als 11.000 Messstellen. Die hohe Messstellendichte ermöglicht eine detaillierte Auswertung innerhalb und außerhalb der mit Nitrat belasteten Gebiete und ist Grundvoraussetzung, um einen Zusammenhang zu den landwirtschaftlichen Emissionen herstellen zu können. Damit im Rahmen des Monitoringberichtes Daten des Ausweisungsmessnetzes künftig verwendet werden können, findet im aktuellen Berichtszeitraum ein intensiver Austausch des Bundes mit den Ländern statt, der bis zum nächsten Bericht im November 2023 abgeschlossen wird.

B.2.2 Oberflächengewässer

Ziel des Moduls

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.

Messnetzkonzeption

Neben den Messstellen des bisherigen Messnetzes des Nitratberichts (repräsentatives Messnetz) werden die Untersuchungsergebnisse zusätzlicher Messstellen für den Bericht zum Wirkungsmonitoring berücksichtigt. Durch Einbindung dieser Messstellen, die für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie eingerichtet worden sind, werden Synergien genutzt und Kongruenzen geschaffen. Das entspricht den Bestrebungen der EU-Kommission, ihre Richtlinien stärker zu verknüpfen (vgl. EU Action Plan: 'Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil').

Repräsentatives Messnetz

Das repräsentative Messnetz umfasst i. d. R. Messstellen der überblicksweisen Überwachung nach Oberflächengewässerverordnung (OGewV) Anlage 10 (vgl. Tabelle B-1). 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.

Tabelle B-1: Anzahl repräsentativer Messstellen pro Bundesland

Bundesland	Anzahl repräsentativer Messstellen	Länder mit landesweiten Anforderungen nach § 13a Abs. 5 DüV
BB	8	x
BE	2	
BW	24	
BY	42	
HB	1	
HE	13	
HH	3	
MV	12	x
NI	35	x
NW	47	
RP	10	
SH	16	x
SL	6	x
SN	11	x
ST	12	
TH	7	

Quelle: Eigene Darstellung.

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 zehn zusätzliche Messstellen ausgewählt. Sie sind i. d. R. Bestandteil der Messnetze für die operative Überwachung nach OGewV, Anlage 10 und werden i. d. R. auch für die Ausweisung eutrophierter Gebiete nach DüV verwendet.

Diese Messstellen müssen folgende drei 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 Gesamtposphor (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 Qualitätskomponenten 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 Gesamtposphoreintrag 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 unmittelbarem 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.

Das Saarland und Niedersachsen machen von § 13a (5) DüV Gebrauch. Somit ist hier die Anforderung nach § 13a Abs. 3 Satz 3 Nr. 4 auf den dort genannten Flächen im gesamten Landesgebiet anzuwenden.

Im Saarland konnte eine weitere Messstelle benannt werden, in deren Einzugsgebiet der Phosphoreintrag aus landwirtschaftlichen Quellen größer als 20 % eingeschätzt wird.

In Niedersachsen sind nahezu alle der 35 repräsentativen Messstellen bzgl. der Phosphoreinträge zu mehr als 20 % landwirtschaftlich beeinflusst. Daher werden acht dieser repräsentativen Messstellen auch im Messnetz der zusätzlichen Messstellen geführt und zwei weitere Messstellen benannt. Mit den zwei neu benannten zusätzlichen Messstellen sind alle Flusseinzugsgebiete Vechte/Rhein, Ems, Weser und Elbe entsprechend ihres Flächenanteils in Niedersachsen repräsentativ abgebildet. Alle weiteren Länder haben zehn zusätzliche Messstellen nach o. g. Kriterien ausgewählt.

Zusammen mit der Evaluierung der AVV GeA sechs Jahre nach Inkrafttreten der Verwaltungsvorschrift erfolgt eine Evaluierung der Auswahl der zusätzlichen Messstellen durch die Bundesländer. Sind die Belastungen gesunken, sodass die o. g. Kriterien nicht mehr erfüllt sind, wird die betreffende Messstelle aus dem Messnetz „Wirkungsmonitoring“ herausgenommen. Es wird dann auch geprüft, ob dafür neue oder weitere Messstellen in das Wirkungsmonitoring aufgenommen werden müssen.

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 Gesamtposphor jährlich durch zwölf Messungen zu bestimmen. Mindestens eine der biologischen Qualitätskomponenten, die eine Eutrophierung indizieren (Phytoplankton, Makrophyten/Phytobenthos), wird innerhalb von drei 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 im jeweiligen Folgejahr ein.

Indikatoren

Beurteilt werden Monitoringergebnisse der überwachten Messstellen. Diese spiegeln die örtliche Situation wider und sind nicht grundsätzlich auf Wasserkörper im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie übertragbar. Als Indikatoren zur Beurteilung der Monitoringergebnisse werden die Forderungen der Reporting Guidelines 2020 zur Beurteilung der Eutrophierung umgesetzt. Danach wird eine Einstufung in „non-eutrophic“, „eutrophic“ und „in the near future may become eutrophic“ gefordert. Um diese Einstufung mit den Bewertungsmaßstäben nach Wasserrahmenrichtlinie zu harmonisieren, wurde folgende Zuordnung getroffen (vgl. Tabelle B-2):

Tabelle B-2: Einstufung in die Eutrophierungsklassen der Berichterstattung zum Nitratbericht 2020

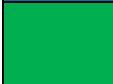
		Biologische Qualitätskomponenten i. d. R. Makrophyten/Phytobenthos		
		ÖZK 1 oder 2 (Bewertung „sehr gut“ oder „gut“)	ÖZK 3–5 (Bewertung schlechter als gut)	Nicht bestimmt
Orientierungswerte 1)	alle eingehalten	„non-eutrophic“	wenn Phytoplankton relevant und Zustand „gut“ oder „sehr gut“, dann i. d. R. „non-eutrophic“	Wenn WRRL Impact „Nutrient“, dann „in the near future may become eutrophic“
			wenn Phytoplankton nicht relevant und Hinweise vorliegen, dass Zielverfehlung von Makrophyten/ Phytobenthos nicht aufgrund zu hoher Nährstoffeinträge vorliegen (= bei WRRL keine Angabe Impact Nutrient), dann „non-eutrophic“	
			Ansonsten „in the near future may become eutrophic“	Ansonsten “non-eutrophic”
	nicht eingehalten	„in the near future may become eutrophic”	“eutrophic”	„in the near future may become eutrophic”
nicht bestimmt	kann nicht vorkommen			

1) Anforderungen nach OGewV, Anlage 7, Tabelle 2.1.2

Quelle: Eigene Darstellung. Anm.: ÖZK: Ökologische Zustandsklasse

Als zweiter Indikator werden die mittleren Phosphorkonzentrationen der Messstellen entsprechend den Anforderungen der Anlage 7 OGewV eingestuft (vgl. Tabelle B-3):

Tabelle B-3: Einstufung der mittleren Phosphorkonzentrationen nach Anlage 7 OGewV

Farbe	Einstufung	Kriterium
	sehr gut	Anforderungen an den sehr guten ökologischen Zustand und das höchste ökologische Potenzial erreicht (Absatz 1.1.2)
	gut	Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial erreicht (Absatz 2.1.2)
	schlechter als gut	Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial nicht erreicht

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Indikatoren geben die Gewässersituation wider und sind noch kein Hinweis auf die Belastungsursache. Eine Eutrophierung kann durch landwirtschaftliche Belastungen, aber auch durch andere Quellen verursacht sein. Eine als eutroph eingestufte Messstelle muss daher nicht zwangsläufig in einem eutrophierten Gebiet nach § 13a DüV liegen. Für die Ausweisung eutrophierter Gebiete werden zudem nicht nur Monitoringergebnisse an Messstellen, sondern

auch die Situation in Einzugsgebieten von Wasserkörpern betrachtet. In diesem Fall kann es vorkommen, dass eine als eutroph eingestufte Messstelle nicht direkt in einem eutrophierten Gebiet liegt, da sie nicht von ihrer unmittelbaren Umgebung, sondern von Agrarflächen im weiteren Einzugsgebiet beeinflusst wird.

B.3 Dritte Monitoringebene: Modellierung und Modellregionen

B.3.1 Sachstand bei der Weiterentwicklung der Modellierung

Für den Aufbau der Datenerfassung und die Weiterentwicklung der Modellierung in der Umsetzungsphase ist das o. g. Verbundprojekt RELAS initiiert worden, das von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung gefördert wird. Der Förderbeginn ist der 01.09.2022. Damit ist die Finanzierung für den Aufbau des Monitoringsystems in den kommenden drei Jahren sichergestellt; beteiligt sind das Thünen-Institut, das Forschungszentrum Jülich (FZJ) und das Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Berlin (IGB). BMEL und BMUV werden zeitnah über die Verstetigung des Monitoringvorhabens entscheiden.

Landwirtschaftliche Modellierung

Arbeiten am Thünen-Institut (TI)

Zentral für die Weiterentwicklung der landwirtschaftlichen Modellierung ist die Verbesserung der Datengrundlage. Das betrifft zum einen die Aktualisierung der Daten zur Agrarstruktur (z. B. Landnutzungsdaten aus dem InVeKoS, Tierbestandsdaten der Tierseuchenkassen, Wirtschaftsdüngertransportdaten etc.), zum anderen die Erschließung und Integration der betrieblichen Düngedaten.

Die düngerechtliche Überwachung und der Vollzug sind in Deutschland, ebenso wie die Errichtung und Beprobung der Gewässermessstellen, Sache der Bundesländer. Zwischen den Ländern wiederum sind die Voraussetzungen zur Bedienung des Datenbedarfs für das Monitoring sehr unterschiedlich. Das betrifft einerseits die sehr heterogene Ressourcenausstattung der zuständigen Behörden, andererseits aber auch den Grad der Digitalisierung und folglich die Möglichkeit, kurzfristig Daten bei den Betrieben digital abzufragen, zu prüfen, zu harmonisieren und an den Bund zu übermitteln. Darüber hinaus werden derzeit noch nicht alle erforderlichen Daten in allen Ländern bei den Betrieben erhoben, da die erforderliche Rechtsgrundlage erst geschaffen werden wird. Insgesamt stellt die geplante Erfassung der umfangreichen Daten einschließlich des Aufbaus von digitalen Datenerfassungssystemen in den Ländern, beim Bund und nicht zuletzt auch für die landwirtschaftlichen Betriebe selbst eine große Herausforderung dar, welche jedoch schrittweise angegangen wird.

Um dieser Herausforderung zu begegnen, wurde im Frühjahr 2022 eine Unterarbeitsgruppe zur Abstimmung der Übermittlung der landwirtschaftlichen Daten (UAG LW) ins Leben gerufen, welche auf mehreren Sitzungen ein Konzept für die Datenschnittstellen erarbeitet hat. Auf diesen Sitzungen wurden unter anderem Empfehlungen zu Inhalt, Art, Aufbereitung und Mindestqualität der relevanten Daten erarbeitet. Insgesamt wurden 23 Datenschemata für die Datenschnittstelle erarbeitet. Das Thünen-Institut hat den Bundesländern auf dieser Grundlage im September 2022 die Datenanfragen übermittelt. In einem nächsten Schritt wird das Thünen-Institut den Bundesländern Cloud-Zugänge bereitstellen, damit ein Austausch der landwirtschaftlichen Daten – soweit jeweils bereits heute in den einzelnen Bundesländern verfügbar – erfolgen kann.

Hydrologische Modellierung

Arbeiten am Forschungszentrum Jülich (FZJ)

Mit dem Projektbeginn von RELAS am 01.09.2022 konnten auch die Arbeiten der hydrologischen Modellierung fortgesetzt werden. Analog zur landwirtschaftlichen Modellierung konzentrierten sich die bisherigen Arbeiten des Projektpartners Forschungszentrum Jülich auf das Datenmanagement, sowohl intern als auch im Verbund mit den Projektpartnern.

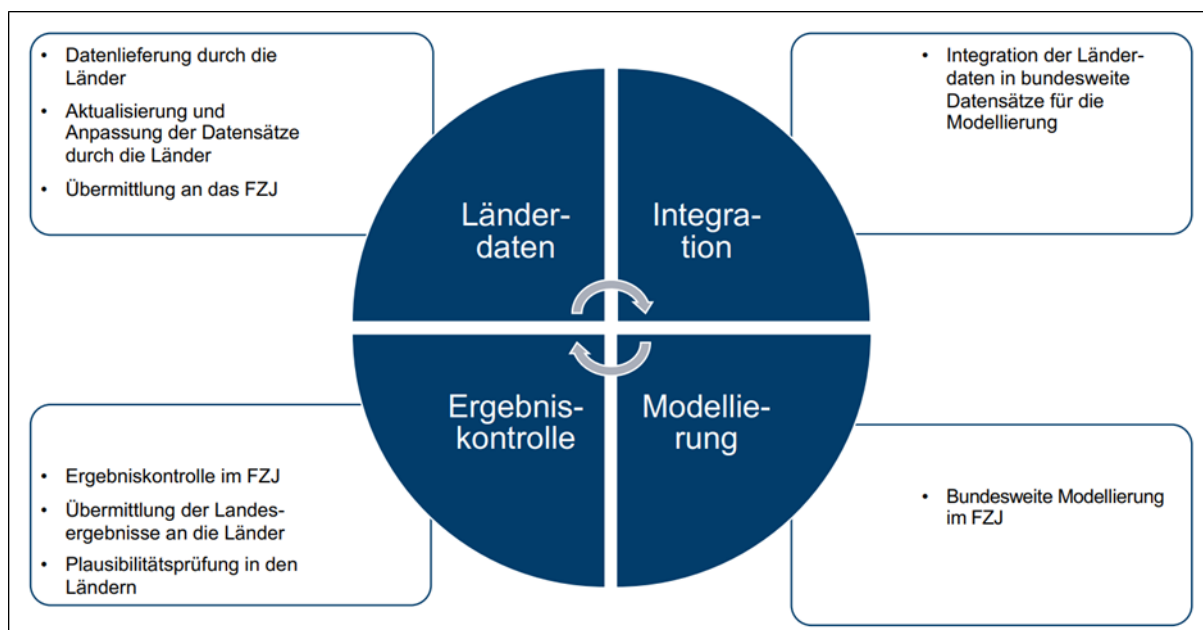


Abbildung B-19: Workflow des Datenmanagements im FZJ hinsichtlich der Arbeiten zum Wirkungsmonitoring. Quelle: Eigene Darstellung.

Wie Abbildung B-19 zeigt, umfasst das Datenmanagement vier größere Arbeitsbereiche: die Beschaffung von Daten der Bundesländer, deren Integration in bundesweite Datensätze, die bundesweite Modellierung des Wasserhaushalts und von Nährstoffeinträgen im FZJ sowie die Ergebniskontrolle und Qualitätssicherung.

Um sicherzustellen, dass reibungslos Daten mit den Ländern ausgetauscht werden können, müssen zwei technische Anforderungen erfüllt werden. Zum einen wird für die Bereitstellung der Daten ein ausreichend dimensionierter Cloud-Speicher benötigt, den das Thünen-Institut bereits vorhält. Zum anderen wird das FZJ eine zentrale E-Mail-Adresse einrichten, damit gebündelt Daten und Anfragen an das FZJ übermittelt werden können.

Gemäß dem im 2. Monitoringbericht vom November 2021 vorgestellten Konzept ist vorgesehen, dass die im FZJ bereits vorhandenen Geodaten den fachlich zuständigen Experten in den Bundesländern über die Cloud übermittelt werden, damit diese die Daten prüfen und ggf. genauere oder aktuellere Daten zur Verfügung stellen können. Wenn keine Daten im FZJ vorliegen, werden die Länder gebeten, direkt die entsprechenden Geodaten in die Cloud hochzuladen. Die Kommunikation erfolgt dabei zwischen dem Länderexperten und dem zuständigen Bearbeiter im FZJ unter zusätzlicher Nutzung der zentralen E-Mail-Adresse, um jeglichen Informationsverlust zu vermeiden.

Die übermittelten Länderdaten werden im FZJ aufbereitet und in bundesweite Eingabedatensätze für die Modellierung integriert. Dabei werden die für die bundesweiten Datensätze jeweils verwendeten Länderdaten sowie die Aufbereitungsschritte dokumentiert. Die Datensätze erhalten eine Versionierung. Anschließend werden die aufbereiteten Landesdaten den jeweiligen Ländern über den Cloud-Speicher mit entsprechender Dokumentation der am FZJ durchgeführten Aufbereitungen zur Prüfung zur Verfügung gestellt.

Auf Basis der aktuellen bundesweiten Eingabedatensätze werden im FZJ Modellläufe durchgeführt. Die Modellergebnisse werden ebenfalls durch eine Versionsnummer gekennzeichnet und dokumentiert.

Die Modellergebnisse werden im FZJ plausibilitätsgeprüft. Die landesbezogenen Modellergebnisse werden den jeweiligen Ländern mit entsprechender Dokumentation über den Cloud-Speicher zur Prüfung zur Verfügung gestellt. Ggf. erfolgen notwendige (regionale) Modellanpassungen, ggf. Adaptionen an die Datengrundlage sowie eine weitere Iteration und schließlich Finalisierung der Ergebnisse. Die Dokumentation finaler Datensätze durch das FZJ erfolgt konform zu den Anforderungen für Metadatenätze gemäß ISO 19115.

Arbeiten am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB)

Mit dem Förderbeginn von RELAS wurden auch am IGB die Arbeiten zur Modellierung der Einträge aus urbanen Gebieten und Punktquellen (im Folgenden zusammengefasst als „urbane Systeme“) sowie der gewässerinternen Retention fortgeführt. Zu besserer Verortung der Einträge aus urbanen Systemen werden in RELAS die Einleitungen aus kleinen Kläranlagen (50–2.000 EGW) spezifiziert. Diese Daten lagen bisher als summarische Angabe auf Gemeindeebene vor und sollen zukünftig lagegenau für Einzelanlagen durch die Bundesländer über das Umweltbundesamt (UBA) bereitgestellt werden. Sobald die Daten vollständig und geprüft beim UBA vorliegen, sollen sie dem IGB übermittelt werden.

Die bisherige Modellierung der Einträge aus urbanen Systemen erfolgte auf Gemeindeebene, da zentrale Eingangsdaten nur in dieser Auflösung vorliegen. Für RELAS ist jedoch die Berücksichtigung der Verteilung von z. B. Bevölkerung, Niederschlag und versiegelten Flächen vorgesehen, sodass eine räumliche Differenzierung der Einträge innerhalb der Gemeinden erfolgen kann. Hierzu werden derzeit die Datenstrukturen, die Aufbereiterungs-routinen und Modellansätze entsprechend angepasst. Die Anfrage von aktualisierten Eingangsdaten auf Gemeindeebene beim Forschungsdatenzentrum (FDZ) ist vorbereitet.

Für die Modellierung der gewässerinternen Retention und der resultierenden Frachten ist in RELAS eine flächendeckende Modellierung auf Ebene der Wasserkörpereinzugsgebiete vorgesehen; es ergeben sich Berührungspunkte zur WRRL und zur Meeresschutzstrategie-Rahmenrichtlinie. Somit wird die räumliche Auflösung der Retentionsmodellierung, aber auch der abgeleiteten Aussagen zu resultierenden Frachten deutlich erhöht.

Hierzu wurden bereits in AGRUM-DE, auf Basis von durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) bereitgestellten Gebietstopologien mit der Ausweisung der Wasserkörpereinzugsgebietsgrenzen begonnen. In den letzten Monaten wurden diese Arbeiten abgeschlossen und zusätzlich die hydrologische Fließrichtung (Abflussbaum) für die Gebiete erstellt. Zusätzlich wurden die Einzugsgebiete der im Ausland gelegenen hydrologisch angeschlossenen Oberlaufgebiete, als GIS-shape und logisch über die Fließrichtung mit den Wasserkörpergebieten zusammengeführt. Als Ergebnis liegt nun für alle Flüsse Deutschlands eine hochaufgelöste, flächendeckende Karte der gesamten hydrologischen Einzugsgebiete vor. Als nächster Schritt soll eine abschließende Konsistenzüberprüfung der Gebietstopologie durch einen Vergleich mit Pegel-Metadaten und Routing-Analysen erfolgen. Zusätzlich muss nun eine Zuweisung von verfügbaren Pegel- und Gütemessstellen zu den Auslässen der Wasserkörpereinzugsgebiete erfolgen. Dies wird in Abstimmung mit UBA und FZJ durchgeführt und erfordert voraussichtlich eine Abfrage von zusätzlichen Pegel- und Gütedaten (längere Zeitreihen oder zusätzliche Stationen) bei den Bundesländern.

Ähnlich, wie durch das FZJ dargestellt, werden dem IGB, durch UBA, FDZ oder die Bundesländer, bereitgestellte Daten zunächst auf Kompatibilität, Vollständigkeit und Konsistenz geprüft und anschließend für die weitere Verwendung für Modellierungen durch das IGB aufbereitet. Die abgeleiteten Eingangsdaten für die Modellierung und Modellvalidierung sowie die Modellergebnisse werden versioniert und den Projektpartnern sowie den Ländern über den Cloud-Speicher zur Kenntnisnahme und Prüfung zur Verfügung gestellt.

B.3.2 Sachstand beim Aufbau der Modellregionen

Entsprechend den Planungen im Feinkonzept werden mittlerweile in acht Bundesländern im Rahmen des BMEL-Projektes „Multiparametrisches Monitoring von Nitratfrachten in der Landwirtschaft“ zwölf potenzielle Modellregionen bezüglich Nitrat mit insgesamt 96 Betrieben

(Marktfrüchte, Tierhaltung, Gemüsebau) und 1.116 Testflächen betrieben. Die Zeitreihen laufen zum Teil bereits seit dem Jahr 2017, Datenerhebungen reichen bis in das Jahr 2013 zurück.

Auf Grundlage der langjährigen Zeitreihen sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt erste Trends hinsichtlich der Wirkung der DüV ableitbar. Die Weiterführung dieser Untersuchungen ist bis Ende 2023, finanziert durch den Bund, gesichert. Über die Fortführung oder Neueinrichtung von Modellregionen wird voraussichtlich nicht vor dem Jahr 2023 entschieden werden können.

Für die Einrichtung von Kleineinzugsgebieten für Nitrat und Phosphat werden derzeit Kriterien erarbeitet, die noch zwischen den beteiligten Bundesländern abgestimmt werden. Ziel ist eine weitgehende Harmonisierung bei der Verortung der Gebiete sowie dem Messprogramm. Die Einrichtung der Kleineinzugsgebiete für Nitrat soll innerhalb der Modellregionen erfolgen und kann daher erst nach der Entscheidung über deren Fortführung oder Neueinrichtung umgesetzt werden.

B.4 Ausblick auf den 4. Bericht im November 2023

Der 4. Monitoringbericht wird sich auf die Anwendung des bis dahin aufgebauten Monitoringsystems konzentrieren. Er ist ein wesentlicher Meilenstein, denn bis dahin werden wesentliche Teile des Monitoringsystems voraussichtlich umgesetzt werden können. Wenngleich die Datengrundlagen noch nicht für alle Bundesländer verbessert werden können, ist doch zu erwarten, dass eine erste Anwendung des Systems in einigen Bundesländern erfolgen kann.

B.4.1 Emissionen

Für einige ausgewählte Bundesländer wird voraussichtlich eine verbesserte Datengrundlage für den Berichtsteil der landwirtschaftlichen Emissionen zur Verfügung stehen. Diese Daten können dann als zusätzliche Information einfließen und die statistischen Daten ergänzen. Eine bundesweite Berichterstattung auf Grundlage der betrieblichen Düngedaten wird in den Folgejahren systematisch aufgebaut.

B.4.2 Immissionen

Die Beschreibung der landwirtschaftlich bedingten Nitratbelastung des Grundwassers auf Basis des EU-Nitratmessnetzes hat sich vielerorts als nicht ausreichend geeignet erwiesen, um ein vollständiges und räumlich differenziertes Bild der Nitratkonzentration im Grundwasser zu zeichnen. Um den heterogenen hydrogeologischen, bodenklimatischen und landnutzungsbedingten Verhältnissen in Deutschland gerecht zu werden und Belastungen differenziert darstellen zu können, ist – wie bereits im 2. Monitoringbericht zur Wirkung der Düngeverordnung auf das Grundwasser und die Oberflächengewässer beschrieben – die Verwendung von Daten des Ausweisungsmessnetzes (aktuell ca. 11.000 Messstellen)

vorgesehen. Spätestens für den 5. Monitoringbericht wird diese Datengrundlage für die Beschreibung der Belastungssituation im Grundwasser herangezogen werden. Darüber hinaus werden auch die neuen (auf Basis der novellierten AVV GeA vom 10.08.2022) rechtlich verbindlich festgesetzten Ausweisungen von mit Nitrat belasteten Gebieten und eutrophierten Gebieten vorgestellt.

B.4.3 Modellierung

Im 4. Monitoringbericht (November 2023) können voraussichtlich erste Ergebnisse aus der landwirtschaftlichen Modellierung dargestellt werden. Diese werden für einige ausgewählte Bundesländer bereits auf die verbesserte Datengrundlage zu den landwirtschaftlichen Emissionen und zur Agrarstruktur zurückgreifen können. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass erste Ergebnisse aus der hydrologischen Modellierung für einige Bundesländer vorliegen werden. Die bundesweite Anwendung der Modellierung erfolgt sukzessive über die drei folgenden Jahre und soll möglichst mit dem 6. Monitoringbericht (November 2025) weitestgehend abgeschlossen werden.

B.4.4 Modellregionen

Im 4. Monitoringbericht werden die zur Weiterführung bzw. Neuverortung vorgesehenen Modellregionen sowie Kleineinzugsgebiete für Nitrat und Phosphat voraussichtlich konkret benannt werden können. Die entsprechenden Gebiete werden dann im Bericht vor dem Hintergrund der jeweiligen stofflichen Belastungssituation vorgestellt.

Zudem werden wieder aktuelle Ergebnisse und Entwicklungen zur Wirksamkeit der DüV anhand einer Modellregion aus dem Demonstrationsvorhaben „MoNi“ vorgestellt.