

Stellungnahme zur Umsetzung der Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV Gebietsausweisung – AVV GeA)

*angefordert von Dr. Sylva Rahm-Präger, MdL
Ausschuss für Klimaschutz, Landwirtschaft und Umwelt zum 25.04.2023*

Diese Einschätzung wurde vom Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft (IPB) der Landesforschungsanstalt bearbeitet durch:

*Dr. Ines Bull 0385-588 60210
Dr. Hubert Heilmann 0385-588 60200*

*i.bull@lfa.mvnet.de
h.heilmann@lfa.mvnet.de*

Die Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA) ist eine Einrichtung der anwendungsorientierten Agrarforschung. Im Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft werden Themen zu landwirtschaftlichen Anbauverfahren, ihrer Umweltwirkung und ihrem Beitrag zum ökonomischen Ergebnis sowie zur Wirtschaftlichkeit von Landwirtschaftsbetrieben bearbeitet. Fragen aus dem zugesandten Katalog, die diese Themen betreffen, werden nachstehend beantwortet. Fragen, die die hydrologischen Grundlagen, die Messstellen und die Umsetzung der AVV GeA 2022 betreffen, liegen in der Fachkompetenz des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz u. Geologie (LUNG) und können von uns nicht beantwortet werden.

Die Antworten beschränken wir auf die Aspekte zur Ausweisung der mit Nitrat belasteten Gebiete, der Stickstoffdüngung und der Stickstoffauswaschung, da in MV mit Phosphor belastete Gebiete nicht gesondert ausgewiesen sind und in MV ein aktueller Düngungseinfluss auf die Phosphorbelastung in der Regel nicht anzunehmen ist.

Fragenkatalog

1. Warum ist der Anteil nitratbelasteter Flächen mit 32 % an der landwirtschaftlichen Fläche verglichen mit anderen Bundesländern so hoch? Ist bekannt, nach welchen Verfahren die anderen Bundesländer die §§ 5 bzw. 15 der AVV GeA 2022 umsetzen?

-

2. Wie können Initiativen von Landwirtschaftsbetrieben, die Grundwassermessstellen auf ihren landwirtschaftlichen Flächen einrichten möchten, hinsichtlich der Übernahme dieser Messstellen in das Messnetz zur Ausweisung nitratbelasteter Gebiete unterstützt werden?

Hilfreich wären eine öffentlich einsehbare Beschreibung Anforderungen/Qualitätskriterien für die entsprechenden Messstellen, eine Handlungsanleitung für die Übernahme von Messstellen sowie regionale Ansprechpartner für Landwirtschaftsbetriebe.

Es ist aus ökonomischen Gründen abzuwägen, ob durch eine Förderung/Bezuschussung von Landwirtschaftsbetrieben, die eine Messnetz-geeignete Grundwasser-Messstelle (Vorab-Eignungsprüfung durch LUNG) einrichten möchten, Landeshaushaltsmittel zur Verfügung gestellt werden sollten/können (z.B. pauschaler Zuschuss bzw. Prozentsatz der Errichtungskosten). Dabei ist in jedem

Einzelfall abzuwägen, ob es aus Landessicht von Vorteil ist (Hydrologie, Binnen-Differenzierung), die Errichtungskosten zusätzlicher Messnetz-geeigneter Messstellen zumindest teilweise zu fördern.

3. Halten Sie die Vorgaben der AVV Gebietsausweisung für ausreichend und sachgerecht, um einen wirksamen, EU-konformen Gewässerschutz zu erreichen?

Die hydrologischen Annahmen in der AVV GeA können von der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei nicht bewertet werden.

Mithilfe der AVV GeA werden Grundwassermessstellen Feldblöcken zugeordnet, die diese Messstelle beeinflussen. Es ist bekannt, dass Sickerwasser unter landwirtschaftlichen Nutzflächen in MV fast flächendeckend hohe Nitratgehalte aufweist. Dabei sind kaum Regionen mit besonders hohen Konzentration gegenüber weniger betroffenen Regionen abzugrenzen, wie das aus anderen Bundesländern mit Viehhaltungsregionen bekannt ist. Regionen mit geringeren Nitratkonzentrationen im Sickerwasser finden sich in MV allenfalls in den großen Niederungen Friedländer Große Wiese, Lewitz sowie entlang der Urstromtäler (TETZLAFF et al. 2020). Ebenso weisen landwirtschaftliche N-Bilanzen auf Ackerland kaum Differenzierung in der Fläche auf (LMS-Agrarberatung 2020). Geringe Nitratkonzentrationen im Sickerwasser sind in MV vor allem geologisch bedingt (hohe Denitrifikation im Niedermoor) sowie auf geologisch bedingte Nutzungsunterschiede (Grünland auf Niedermoor versus Ackernutzung auf Mineralboden) zurückzuführen. Grünland wird in MV überwiegend extensiv mit geringer Düngungshöhe bewirtschaftet. Eine auf der Grundlage der AVV durchgeführte Gebietsabgrenzung ist daher nicht auf Unterschiede in der Ackernutzung zurückzuführen und erscheint damit aus landwirtschaftlicher Sichtweise willkürlich, auch wenn die landwirtschaftliche Herkunft der N-Austräge nicht bestritten wird.

Da die nach AVV GeA differenzierten Gebiete nicht auf Unterschiede der landwirtschaftlichen N-Bilanzen zurückzuführen sind, scheint es fraglich, ob die zusätzlichen N-Düngungsregulierungen zu einer Verbesserung in Sicker- und Grundwasser beitragen können. Für die Verringerung diffuser N-Austräge aus landwirtschaftlichen Flächen wird die Umsetzung der Bundes-Düngeverordnung mit den Regelungen, die alle Gebiete gleichermaßen betreffen, in Mecklenburg-Vorpommern wichtiger als die Ausweisung von Gebieten nach §13a und die dort geltenden Regelungen sein. Wahrscheinlich aber werden in diesen Gebieten mehr Zwischenfrüchte als außerhalb angebaut werden (siehe Antwort auf Frage 6). Der positive Effekt des „biologischen Schutzpotenzials“ der Zwischenfrüchte wird größere positive Sanierungseffekte in den belasteten Grundwasserkörpern bewirken als die pauschale Stickstoff-Reduzierungsverpflichtung durch die DüV und so vielleicht messbare Verbesserungen im Grundwasser bewirken (siehe Antwort 7 d).

4. Wie bewerten Sie die Umsetzung der AVV Gebietsausweisung in M-V?

-

5. Ist eine Veränderung der derzeit festgelegten Gebietskulisse bei der Anwendung des zukünftig vorgeschriebenen geostatischen Regionalisierungsverfahrens möglich?

-

6. Welche Wirkung erwarten Sie mit der Umsetzung der Düngeverordnung M-V u. a. auf die Anbaustruktur, Fruchtfolge, Qualität der Erzeugnisse, Einkommen der Landwirte?

Auswirkungen auf Anbaustruktur und Fruchtfolge

Mit ihren Anbauentscheidungen reagieren die Landwirte auf vielfältige äußere Einflüsse. Dabei sind Vermarktungsparameter (Verkaufsoptionen, Preise, Marktzugang), Betriebsstruktur (Tierhaltung, verfügbare Flächen...) und politische Rahmenbedingungen (GAP) wichtiger als die Landes-Düngeverordnung MV. In den nach AAV GeA als mit Nitrat belasteten ausgewiesenen Gebieten werden

die Landwirte sicher besonders sorgfältig prüfen, welche freiwilligen Förderprogramme zur Unterstützung des Betriebsergebnisses genutzt werden können. Auf Ackerland werden das voraussichtlich die Programme Vielfältige Kulturen (ÖR 2 und AUKM FP 520) und z. T. Ökologischer Landbau (FP 528) sein. Fruchtfolgen und Anbaustrukturen werden die Betriebe an diese Programme bzw. an die Anforderungen des Ökologischen Landbaus anpassen. Weder in der 1. (Öko-Regelungen) noch in der 2. Säule finden sich spezielle Angebote für §13a-Gebiete zur gezielten Sanierung belasteter Grundwasserkörper.

Besonders in den §13a-Gebieten wird aufgrund der Auswirkungen auf den Proteingehalt der Anbau von Qualitätsweizen leicht zurückgehen. Es wird dabei überwiegend zu einer Verschiebung im Sortenspektrum, also zum vermehrten Anbau proteinstärkerer Sorten und der Vermarktung als B- oder Futterweizen kommen. Für den Winterweizenanteil in der Fruchtfolge erwarten wir aus diesem Grund wenig Veränderung.

Betriebe, die über nennenswerte Flächenumfänge sowohl innerhalb wie außerhalb der §13a-Gebiete verfügen, werden Fruchtarten mit geringen Protein- bzw. Qualitätsansprüchen (z.B. Sommergetreide, Körnerleguminosen) und/oder hoher N-Effizienz (v.a. Mais, Zuckerrüben) vermehrt in die §13a-Gebiete verlegen. Damit dürfte sich der Zwischenfruchtanbau in diesen Arealen durch die Konditionalitäten der neuen GAP-Reform (GLÖZ 6) tendenziell stärker erhöhen als in den Arealen außerhalb.

Einfluss auf Ertrag und Qualität der Ernteprodukte

Eine Reduzierung der Düngung unter den in der Düngeverordnung als maximal zulässigen Wert wird auf verschiedenen Ebenen wirksam. Unter der Annahme der vollständigen schlag- und kulturbezogenen Umsetzung der Vorgabe ist zwischen kurz- und langfristig wirkenden Effekten zu unterscheiden.

Kurzfristige Effekte, die im Zeitraum von ein bis drei Jahren zu erwarten sind, lassen sich durch Feldversuchsergebnisse gut abschätzen. Sie werden in der Praxis von Einflüssen der Jahreswitterung überlagert. Die Ertrags- und Qualitätsschwankungen aufgrund solcher Jahreseinflüsse sind deutlich größer als die kurzfristig zu erwartenden Effekte durch die Düngungsreduzierung. Dazu kommen nicht kalkulierbare Preisentwicklungen wie im letzten Jahr, so dass die Mindereinnahmen im einzelnen Betrieb auch rückwirkend kaum quantifizierbar sind. Aus Feldversuchen des IPB/LFA MV kann für mittlere Standortbedingungen in MV abgeleitet werden, dass kurzfristig mit Ertragseinbußen im Kornertrag von zwei bis fünf Prozent bei den Mähdruschfrüchten zu rechnen ist. Dabei liegen die Verluste bei Intensivkulturen Winterraps und Winterweizen eher im höheren Bereich bei ca. 5% Kornertrag. Bei Futterkulturen, Zuckerrüben und Leguminosen ist kurzfristig nicht von Ertragswirkungen auszugehen.

Langfristig (ab drei Jahren) verstärken sich die Effekte. Durch eine langfristige Unterdüngung der Pflanzen erhöht sich die Stickstoffausnutzung des eingesetzten Düngers, die N-Salden verringern sich, der im Boden-Pool organisch gebundene Stickstoff nimmt ab, der Humusvorrat wird abgebaut, die aus dem Boden-Pool im Laufe eines Jahres mineralisierten Stickstoffmengen verringern sich und die Nitratauswaschung aus dem Boden nimmt ab.

Das führt dazu, dass die Proteineinlagerung in die pflanzliche Biomasse verringert wird. Geringe Proteingehalte sind insbesondere beim Winterweizen, aber auch bei Futterpflanzen problematisch. Beim Winterweizen kann aus Feldversuchen mittelfristig (ca. 3 Jahre) ein Abfall des Proteingehaltes im Korn von 0,5 – 1%-Punkten abgeleitet werden. Langfristig wäre mit ähnlichen Auswirkungen wie in Dänemark zu rechnen, wo bei entsprechender Düngungsreduzierung über die Dauer von 27 Jahren (1988-2015) die Proteingehalte in allen Getreiden um ca. 5%-Punkte sanken. Landwirte können

in gewissem Umfang einer Verringerung der Proteingehalte durch geschickte Düngungsverteilung entgegenwirken, müssen dafür jedoch zusätzliche Kornertragsverluste in Kauf nehmen. Welche finanziellen Einkommenswirkungen langfristig entstehen, kann derzeit kaum geschätzt werden. Sicher ist, dass sowohl die Backqualität als auch der Futterwert des Getreides deutlich sinken.

Beim **Gemüseanbau** ist sowohl kurz- als auch langfristig mit enormen Problemen zu rechnen. Es ist kaum vorstellbar, dass die Qualitätsanforderungen des Handels in den betroffenen Betrieben überhaupt einen wirtschaftlichen Gemüseanbau zulassen.

Einfluss auf das Einkommen der Landwirte

Zuerst entstehen den betroffenen Betrieben Kosten v.a. durch schlagbezogene Nmin-Proben, bei organischen Düngern durch Analysen der Nährstoffgehalte sowie durch Lagerneubau bzw. -erweiterungen aufgrund verlängerter Sperrfristen. Die zusätzlichen Kosten können nicht kalkuliert werden, da hierzu die Datenbasis fehlt. Darüber hinaus hängen die monetären Auswirkungen eng mit den acker- und pflanzenbaulichen Konsequenzen einer pauschalen, reduzierten N-Düngung zusammen.

Das IPB/LFA MV hat anhand von komplexen Modellrechnungen auf Basis langjähriger Ertrags- und Preisniveaus (2011-2020) für regionaltypische Fruchtfolgen die **kurz- bis mittelfristigen Auswirkungen** der Stickstoffdüngungsreduzierung um 20 % in einer Größenordnung von ca. 30 - 50 €/ha AF ermittelt, was zwar nicht unbedeutend, aber nur als bedingt existenzgefährdend einzustufen ist. Auf einzelne Kulturen bezogen fallen die Auswirkungen recht differenziert aus. Winterraps und Winterweizen sind die beiden Kulturen mit den höchsten Beeinträchtigungen, die allerdings in MV die fruchtfolgebestimmenden Marktfrüchte darstellen (siehe hierzu auch Antwort zu Frage 35 e). Die Verluste entstehen durch Absinken des Ertragsniveaus und Verringerung der Vermarktungsfähigkeit (Preis). Da in MV derzeit ca. 430 Tausend Hektar in den sog. §13a-Gebieten liegen, ergibt sich für das Land MV insgesamt ein kalkulatorischer Einkommensverlust von ca. 13 bis 22 Millionen € je Jahr (HEILMANN 2020).

Die durch Öko-Regelung 2 sowie AUKM FP 520 geförderte Anbau von Körnerleguminosen und anderen Sommerkulturen wird teilweise zur zulässigen Verschiebung von N-Düngermengen zu den Winter-Mähdruschfrüchten (Winterraps, Wintergetreide) genutzt werden. Ackerbaubetriebe ohne die Möglichkeit eines überbetrieblich vermarkteten Futteranbaus (z.B. für Biogasanlagen) haben hier jedoch nur geringe Optionen. Sie können in der Regel auch kaum von mehrjährig positiv ausgleichender organischer Düngung profitieren. Bei Ackerbaubetrieben werden deshalb der Einkommensverluste (durch geringeren Ertrag und Qualität) am größten sein und schneller eintreten.

Durch eine tendenzielle Vergrößerung der Weizenmengen mit (zu) geringen Proteinwerten in einer Erzeugungsregion erhöhen sich voraussichtlich die Qualitätszuschläge für Aufmischpartien. Dadurch können möglicherweise gewisse Kompensationseffekte außerhalb der §13a-Gebiete eintreten, die die Einkommensverluste innerhalb der §13a-Gebietskulisse mindern.

Langfristig wird der Wert von Flächen in §13a-Gebieten relativ zum allgemeinen Bodenmarkt sinken, d.h. der Kaufpreis sowie der Pachtzins werden sich zunehmend von der allgemeinen Entwicklung auf dem Boden- und Pachtmarkt differenzieren.

Viehhaltende Betriebe mit großer Betroffenheit (hohen Anteilen in roten Gebieten) werden stärker in emissionsenkende Technik bei der Lagerung und Ausbringung wirtschaftseigener Dünger (z.B. Schlitztechnik) investieren, um möglichst hohe N-Ausnutzungsraten zu erzielen.

7. Welche Maßnahmen sind geeignet, um die Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Oberflächengewässer und das Grundwasser zu minimieren bzw. zu verhindern? Wie können die Landwirte bei der Umsetzung dieser Maßnahmen unterstützt werden?

Stickstoff wird in MV ganz überwiegend als Nitrat mit dem Sickerwasser in der vegetationsfreien Zeit ausgewaschen. Auf Ackerflächen wird Nitrat im Herbst und Winter aus dem organischen Stickstoffpool des Bodens ($N_t = 1000-5000 \text{ kg/ha}$) mineralisiert. Die tatsächlich ausgewaschene Stickstoffmenge hängt von der Niederschlagsmenge und der Bodenart am Standort ab. Wie viel auswaschungsgefährdeter Stickstoff (Nitrat) zu Vegetationsende im Boden vorhanden ist, bestimmen vor allem **a) die Witterung im Herbst und Winter**, **b) die Intensität der Bodenbearbeitung**, **c) die Menge an leicht mineralisierbarer organischer Substanz** und **d) die Stickstoffaufnahme durch die im Herbst/Winter auf dem Acker stehenden Kulturen**.

a) Witterung ist nicht beeinflussbar, jedoch wird für die Zukunft mit einer Niederschlagsverschiebung in die Wintermonate und länger warmen Temperaturen im Herbst gerechnet. Stickstoffmineralisation und -auswaschung werden also zukünftig witterungsbedingt zunehmen.

b) Es ist bekannt, dass durch Bodenlockerung die Stickstoffmineralisation angeregt wird. Eine Reduzierung der Bodenbearbeitung könnte also die Stickstoffauswaschung verringern. Es besteht allerdings ein Zielkonflikt zur Pflanzenschutzreduktionsstrategie bzw. dem Verbot des Wirkstoffes Glyphosat. Systeme reduzierter Bodenbearbeitung bis zur Direktsaat sind in der Regel auf die Option des Einsatzes von Totalherbiziden angewiesen. Ausnahmeregeln für die Anwendung von begrenzten Mengen Glyphosat in Direktsaat- oder Strip-Till-Systemen könnten zur Verringerung der Stickstoffauswaschung beitragen.

c) Dass die Menge leicht mineralisierbarer organischer Substanz durch organische Düngung erhöht wird, liegt auf der Hand. Insofern ist es sinnvoll, dass mit der Bundes-Düngeverordnung verbindliche Regeln zur Terminierung und Mengenbegrenzung organischer Düngung festgesetzt wurden. Trotzdem wird organische Düngung durch die Witterungsabhängigkeit der Mineralisation unvermeidbar mit höherem Stickstoffauswaschungsrisiko als mineralische Düngung bei gleichem Düngungsniveau verbunden sein. Dieser Fakt wird auch in den Sickerwasseruntersuchungen der Landesforschungsanstalt durch höhere Nitratkonzentrationen im Sickerwasser zu Beginn der Sickerwasserperiode bestätigt (FENGLER et al. 2023; BULL 2023). Landwirte können bei der Umsetzung der Maßnahmen der Düngeverordnung durch Förderung des Lagerstättenbaus und moderner Ausbringtechnik unterstützt werden. Wichtig sind ebenfalls Beschleunigungen der Genehmigungsverfahren für Lagerstätten und weiträumig wirksame Kontrollen der Düngeverordnungsregeln.

Nicht nur mit organischer Düngung, auch mit steigender Düngungshöhe nimmt das Risiko von Nährstoffausträgen zu. Dieses Risiko lässt sich mit einer mehriährigen Nährstoffbilanz, bezogen auf eine Fläche, gut einschätzen. Entsprechend der Ertragsgesetze* nimmt das Nährstoffsaldo mit steigender Düngungshöhe jedoch in einem nichtlinearen Verhältnis zu (KUNDLER et al. 1970). Auch der Zusammenhang zwischen Stickstoffbilanz und Stickstoffauswaschung ist, wie von KAGE et al. 2022 dargestellt, sehr wahrscheinlich nicht linear und führt erst oberhalb eines Düngungsoptimums zu überproportional hoher Stickstoffauswaschung. Aus beiden Gesetzmäßigkeiten folgt, dass erstens nicht die Düngungshöhe, sondern die Stickstoffbilanz und zweitens die Stickstoffbilanz erst oberhalb eines Düngungsoptimums einen starken Einfluss auf die Stickstoffauswaschung hat. Die mit der Düngeverordnung 2020 für alle verbindlich festgesetzten Obergrenzen für die Stickstoffdüngung sollen das Düngungsoptimum beschreiben. Wenngleich einzelne Werte der zugrundeliegenden Kalkulation wissenschaftlich in der Kritik stehen, ist die generelle Notwendigkeit der Begrenzung der Stickstoffdüngung zur Verminderung von Stickstoffauswaschung unstrittig. Unsicherheit besteht bei der

Berechnung des Düngungsoptimums, da dieses von vielen Faktoren beeinflusst wird (Standort, Witterung, Bodenfruchtbarkeit, Anteil langjährig organischer Düngung, Zuchtfortschritt...). Die Obergrenzen für die Stickstoffdüngung werden in relevantem Umfang zur Reduzierung der Stickstoffauswaschung beitragen, da durch sie überproportional hohe Stickstoffauswaschung oberhalb von Düngungsoptima vermieden werden. Wichtig wird auch hier eine wirksame Kontrolle sein. Obergrenzen für flächenbezogene Stickstoffbilanzen sind aus fachlicher Sicht allerdings sinnvoller als Düngungsobergrenzen.

Aus den oben dargelegten Zusammenhängen folgt jedoch auch, dass eine Reduzierung der Düngung unterhalb eines Düngungsoptimums – z.B. auf 80% in §13a-Gebieten – zu einem überproportional zunehmenden Ertragsabfall und zu einer unterproportional abnehmenden Reduzierung der Stickstoffauswaschung führt. Dabei verringert sich an auswaschungsgefährdeten Standorten die Stickstoffauswaschung nur noch um 10–20% des mehrjährigen Stickstoff-Saldos. Diese Werte wurden von der Landesforschungsanstalt durch reale Messungen im Sickerwasser bei unterschiedlicher Stickstoffdüngung für MV bestätigt (FENGLER et al. 2023; BULL 2023).

d) Den größten Einfluss auf die Nitrat-Konzentration im Sickerwasser bei Düngung nicht oberhalb des Düngungsoptimums (siehe c) haben die in der Sickerwasserperiode (Zeitraum der Grundwasserneubildung zwischen Oktober/November bis Vegetationsbeginn im Frühjahr) angebauten Kulturen. Gut entwickelte Bestände mit hoher Stickstoff-Aufnahme wie Winterraps und Zwischenfrüchte wirken reduzierend auf die Nitrat-Konzentrationen. Zur Reduzierung von Nährstoffeinträgen in das Grundwasser sollten in der Sickerwasserperiode mehr Flächen mit Kulturen bestellt werden, die eine möglichst hohe Stickstoff-Aufnahmekapazität („mit biologischer Schutzfunktion“) besitzen. Eine Schwarzbrache über Winter ist unbedingt zu vermeiden. Für eine relevante N-Aufnahme im Herbst müssen die Zwischenfrüchte aus überwiegend nichtlegumenn Arten bestehen, ausreichend früh gesät und nicht vor Februar umgebrochen werden. Mit Winterraps und Ackergras können ähnlich positive Effekte wie mit Zwischenfrüchten erzielt werden. Dagegen sollten die Anbauumfänge von Kulturen, die nur über sehr begrenzte Aufnahmekapazitäten in diesem Zeitraum verfügen (v.a. Winterweizen), in diesen Arealen reduziert werden. Da die Vermeidung von Winterweizen nach Raps und der notwendige stringente Fruchtwechsel (Winterung/Sommerung mit Zwischenfrucht) mit erheblichen Einkommenswirkungen bei den Landwirten (ca. 150 - 200 €/ha AF) verbunden wäre, ist dies ohne staatliche Unterstützung/Förderung nicht umsetzbar. Auch die dänischen Regelungen zur Umsetzung der Nitratrichtlinie umfassten neben Stickstoff-Obergrenzen eine deutliche Erhöhung des Zwischenfruchtanbaus.

Neben auf der Ackerfläche ansetzenden Maßnahmen können Schutzstreifen unbeabsichtigten Düngereintrag in Gewässer verhindern. Die GLÖZ 4-Regelung (Pufferstreifen entlang von Wasserläufen) in der neuen GAP wird zu einem größeren Umfang von Pufferstreifen mit einem größeren Mindestabstand als bisher führen. Da diese Pufferstreifen und -flächen auch potenziell zur Erfüllung der GLÖZ 8-Regelung (4% unproduktive Fläche) genutzt werden können, sind kurzfristig positive Effekte bezüglich des Eintrags von Nährstoffen und Pflanzenschutz-Wirkstoffen in Oberflächengewässer zu erwarten.

**Mit den Ertragsgesetzen wird der Zusammenhang zwischen Düngung und Ertrag beschrieben. Die bekanntesten sind das Gesetz vom Minimum und das Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs. Diese Gesetzmäßigkeiten wurden im 19. Jahrhundert wissenschaftlich erkannt und gehören seit den 50er Jahren zum Lehrbuchwissen im Pflanzenbau.*

8. Wie hoch schätzen Sie die Ertragseinbußen für die betroffenen Betriebe ein?

Diese Frage ist mit der Antwort auf Frage 6 beantwortet, siehe dort.

9. Wie bewerten Sie die Transparenz des Messstellennetzes?

-

10. In welchem Turnus wäre aus ihrer Sicht eine Neubewertung des Messstellennetzes notwendig?

-

11. Wie erklären Sie sich die signifikanten Unterschiede in der Ausweisung „roter Gebiete“ im Vergleich zu den angrenzenden Bundesländern?

-

12. Wie sollte aus Ihrer Sicht eine Festlegung der Düngemengen erfolgen?

Wichtig ist, dass Obergrenzen im Bereich des Düngungsoptimums festgelegt und eingehalten werden. Wichtig ist ebenfalls eine einfache und häufige Kontrolle. Das System der Düngedarfsermittlung nach DüV ist kompliziert und nicht ideal, kann aber jetzt als in der Praxis eingeführt betrachtet werden. Grundlegende Änderungen sollten im Interesse einer verlässlichen Politik nicht erfolgen. Wichtig ist dagegen eine wie in DüV §3 (1) vorgesehene regionale Begleitforschung, um notwendige Nachjustierungen aufgrund von Klimawandel und wissenschaftlichem Fortschritt fachlich fundiert vornehmen zu können.

13. Sollte aus Ihrer Sicht das Verursacherprinzip der Bewertung der Nitratbelastung angewandt werden?

Die Frage impliziert eine Möglichkeit des Zuordnens erhöhter Nährstoffgehalte im Sickerwasser-/Grundwasserqualität zu bestimmten landwirtschaftlichen Verursachern. Dies ist in MV wie zu Frage 3 ausgeführt, nicht möglich. Deshalb kann ein Verursacherprinzip nicht angewandt werden.

Wahrscheinlich gemeint ist die Frage nach einer Ausnahmeregel von den §13a-Regeln für Betriebe, die festzulegende Nährstoffbilanzsalden einhalten. Eine solche Forderung ist aus wissenschaftlich Sicht zu unterstützen, da bei der Düngungsreduzierung um 20% der Einkommenseffekt bedeutend, der Effekt auf die Verringerung der Stickstoffauswaschung aber relativ gering ist. Da diese Herangehensweise in der Bundes-Düngeverordnung nicht vorgesehen ist, wird sie in MV nicht angewendet werden dürfen.

14. Wie schätzen Sie die Konkurrenzfähigkeit der Agrarbetriebe in Mecklenburg-Vorpommern auf dem Weltmarkt ein?

Dies ist eine recht pauschale Frage, deren Beantwortung sehr vielschichtig ist (Marktfruchtbau, Tierproduktion) und von vielen äußeren Rahmenbedingungen abhängt. In MV sind im nationalen und europäischen Binnenmarkt die Voraussetzungen zur Wettbewerbsfähigkeit recht gut. Ein Großteil der landwirtschaftlichen Erzeugung von MV wird auf den europäischen und internationalen Märkten gehandelt, was die Konkurrenzfähigkeit belegt.

Mit zunehmenden Auflagen und Restriktionen (infolge hohem Niveau von Umwelt-, Tierwohl-, Sozialstandards u.v.m.) für die nationale Landwirtschaft bei gleichzeitig sinkendem Außenschutz (z.B. durch CETA-, Mercosur-Abkommen) erhöht sich der Preisdruck bei gleichzeitigem Anstieg der Erzeugungskosten (Auflagen & Restriktionen = Kosten). Damit verschlechtert sich die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Landwirtschaft im globalen Vergleich sukzessiv. Die Konsequenzen des

Klimawandels treffen auch die heimische Landwirtschaft, möglicherweise nicht so hart wie im globalen Maßstab.

Durch die Förderpolitik der EU wird ein Großteil dieser Wettbewerbsnachteile unserer Landwirtschaft im globalen Wettbewerb ausgeglichen. Da jedoch auch hier mit der neuen GAP-Reform der einkommenswirksame Anteil wiederum abgesenkt wird (ca. -100 €/ha), verschlechtert sich somit auch die globale Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. Neue agrarpolitische Vorgaben (Green Deal, F2F, NAP etc.) werden vermutlich wieder zulasten der (globalen) Konkurrenzfähigkeit gehen, da ein einkommensneutraler Ausgleich kaum finanzierbar sein dürfte.

15. Inwieweit gehen Sie davon aus, dass die Ausweisung sogenannter „roter Gebiete“ mittels der Düngelandesverordnung auf eine „fachlich begründete Methodik“ basiert?

-

16. Wie bewerten Sie die Abkehr vom Verursacherprinzip bei der aktuellen Ausweisung der „roten Gebiete“?

Siehe Antwort auf Frage 13

17. Woraus resultieren nach ihrer Ansicht die unterschiedlichen Ausweisungen in den einzelnen Bundesländern (Brandenburg 5,6 %, Schleswig-Holstein 9,5%, Mecklenburg-Vorpommern 32 %)?

-

18. Inwieweit sehen Sie bei der Anwendung der AVV GeA Ermessensspielräume und wie wurden diese in Mecklenburg-Vorpommern ausgenutzt?

-

19. Inwieweit entspricht die Messstellendichte in Mecklenburg-Vorpommern den Vorgaben gemäß Paragraf 15 AVV GeA (eine Messstelle auf 20 km²)?

-

20. Inwieweit gehen Sie davon aus, dass eine Denitrifikationsbetrachtung bei der Ausweisung „roter Gebiete“ zulässig ist?

-

21. Welche ökonomischen Auswirkungen erwarten sie durch die mit der Ausweisung als rotes Gebiet einhergehenden Einschränkungen für die Landwirtschaftsunternehmen?

Dies wurde in den vorangegangenen Fragen beantwortet.

22. Wie bewerten Sie das Verfahren hinsichtlich des Ordnungsverfahrens zur Ausweisung der „roten Gebiete“ durch die Landesregierung vor dem Hintergrund der Beteiligung von Betroffenen?

-

23. Ist für Sie die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV GeA) im Grundsatz ein geeignetes Instrument, um der Überfrachtung des Grundwassers mit Nitrat zu begegnen? Wo sehen Sie eventuell noch Defizite?

Siehe Antwort auf die Frage 3.

24. Bildet die Düngelandesverordnung Mecklenburg-Vorpommern die AVV GeA aus Ihrer Sicht ausreichend ab oder kam es zu Abschwächungen?

-

25. Warum war aus Ihrer Sicht die mit der überarbeiteten AVV GeA erfolgte Abkehr vom bisherigen emissionsbasierten Ansatz über die sogenannte Modellierung nach AGRUM DE bei der Gebietsausweisung ein Fortschritt?

-

26. Wie entwickelten sich die Aufwendungen Ihrer Mitgliedsbetriebe (Wasserversorgungsunternehmen) in den letzten 10 Jahren bei der Aufarbeitung von nitratbelastetem Grundwasser für die Trinkwassererzeugung?

-

27. Welche Vorschläge möchten Sie neben der Verschärfung des Düngerechts machen, um das Grundwasser vor Überfrachtung mit Nitrat zu schützen? Welche weiteren Maßnahmen zum Beispiel im Bereich der Landnutzung regen Sie an?

Am wichtigsten wird eine ausreichend häufige und dauerhafte Kontrolle der bestehenden Regelungen, die für alle Gebiete gelten, sein. Für die Umsetzung und Akzeptanz in der Praxis sind außerdem erreichbare Zielgrößen, ein zumutbares Verhältnis von Aufwand und Wirkung sowie eine verlässliche und mehrjährig stabile Regelung ohne ständige Verschärfungen wichtig.

28. Wie bewerten Sie die Ausstattung Mecklenburg-Vorpommerns mit Nitratmessstellen, um spätestens bis zum 31.12.2028 ein geostatistisches Regionalisierungsverfahren zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten in Mecklenburg-Vorpommern anwenden zu können, wie es die 2022 geänderte AVV GeA fordert?

-

29. Wie bewerten Sie das EU-Messnetz und die Datenerhebung zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten Gebieten in Mecklenburg-Vorpommern hinsichtlich der Repräsentanz wie die EU-Kommission sie einfordert?

-

30. Welche Regelungen aus der neuen Düngelandesverordnung Mecklenburg-Vorpommerns, die durch landwirtschaftliche Betriebe in mit Nitrat belasteten Gebieten eingehalten werden müssen, halten Sie aus wissenschaftlicher Perspektive für wirksam bzw. nicht wirksam zur Erreichung einer geringeren Nitratkonzentration im Grundwasser?

Neben den für alle Bundesländer verpflichtenden Anforderungen für §13a-Gebiete sind in Landesdüngeländerverordnungen mindestens zwei zusätzliche Anforderungen zu formulieren. In der DüLVO M-V sind bislang die folgenden zwei Anforderungen benannt:

DüLVO M-V §2 1. = DüV §13a (3) 1. Analyse der Nährstoffgehalte in organischen Düngern:

Diese Maßnahme ist sinnvoll, aber aus fachlicher Sicht zur Optimierung der Düngungsplanung ohnehin allen Betrieben zu empfehlen.

DüLVO M-V §2, 2. = DüV §13a (3) 3. Analyse der Nmin-Gehalte auf allen Schlägen/Bewirtschaftungseinheiten:

Diese Maßnahme ist im Prinzip fachlich sinnvoll und zur Optimierung der Düngungsplanung allen Betrieben zu empfehlen. Der Bezug auf die Bewirtschaftungseinheit ermöglicht die sinnvolle innerbetriebliche Übertragung der Nmin-Ergebnisse auf gleichartige Schläge.

Probleme können im Detail entstehen. Die Bewirtschaftungseinheit ist u.a. durch „vergleichbare Standortverhältnisse“ (u.a. Bodenart, Humusgehalt) definiert. In den Grund- und Endmoränengebieten sind die Ackerflächen kleinräumig sehr heterogen. Eine Nmin-Beprobung je abgrenzbarer

Bodenart ist praktisch nicht möglich. Es müssen also immer möglichst repräsentative Teilflächen beprobt werden. Dafür wird eine regelungsrechtliche Toleranz und eine fachlich sinnvolle Auswahl durch die Betriebe benötigt. Letzteres ist nicht kontrollierbar.

Viele Betriebe reagieren auf die natürliche Heterogenität mit fachlich unbedingt zu begrüßender teilflächenspezifischer Düngungsplanung. Eine denkbare Forderung nach einer separaten N_{\min} -Beprobung für jede unterschiedlich geplante Teilfläche wäre kontraproduktiv und ist unbedingt zu vermeiden.

Bei hohen Bodenwasseraustauschraten, wie sie für die mittleren sandigen Standorte MVs noch typisch sind, und den in der Regel frühen Bodenprobennahmeterminen (Januar, Februar) sind geringe N_{\min} -Gehalte normal. Ob der hohe Aufwand zur Ermittlung dieser regelmäßig geringen Werte gerechtfertigt ist, scheint fraglich. An besseren methodischen Lösungen wird gearbeitet (z.B. Kalkulationen auf der Grundlage von Standort, Witterung, Düngung, Anbauhistorie), bisher wurde aber außer in Bayern noch keine Methode anerkannt.

Als zusätzliche Anforderung, die in die DüLVO MV aufgenommen werden sollte, empfehlen wir:

DüV §13a (3) 7. Verlängerung von Sperrfristen auf Acker- und Grünland in Abhängigkeit von den bodenklimatischen Verhältnissen und Standortbedingungen um vier Wochen

Diese Maßnahme sollte in MV nur auf Niedermoorstandorten und so angewandt werden, dass hier eine Herstdüngung nach der letzten Futternutzung nicht mehr zulässig ist. Sollte das nicht möglich sein, sollte eine eigenständige Landesforderung formuliert werden. Niedermoorstandorte sind bei warm-feuchten Bedingungen (im Herbst) durch enorme Mineralisationsraten gekennzeichnet. Ein Stickstoffdüngbedarf besteht hier nicht. Jegliche organische oder mineralische Stickstoffdüngung nach der letzten Ernte vergrößert hier nur das Austragsrisiko, zumal auf diesen Standorten ein Wasserüberstau im Spätherbst nicht ungewöhnlich ist.

Die weiteren in der Bundes-Düngeverordnung vorgeschlagenen Maßnahmen (siehe Auflistung) zielen nicht auf die grundlegenden Ursachen für Nährstoffausträge in MV und werden von uns deshalb nicht zur Übernahme empfohlen.

- DüV §13a (3) 2. Weitere Begrenzung der Phosphatdüngung
- DüV §13a (3) 4. Vergrößerung der Abstandsflächen
- DüV §13a (3) 5. Verkürzung der Einarbeitungsfrist
- DüV §13a (3) 6. Weitere Verlängerung der Sperrfrist für Festmist und Kompost
- DüV §13a (3) 8. Früherer Beginn der Sperrfrist für Obst und Gemüse
- DüV §13a (3) 9. Verringerung der ausgenommenen Betriebe
- DüV §13a (3) 10., 11. Erweiterung der nachzuweisenden Lagermöglichkeit um je einen Monat
- DüV §13a (3) 12. Begrenzung der organischen Düngung auf 130 kg/ha und Schlag

Neben der Verpflichtung zum Zwischenfruchtanbau vor Sommerkulturen durch die GAP-Konditionalitäten könnten eine Begrenzung des Winterweizenanteils in der Anbaustruktur und ein stringenter Fruchtwechsel (Winterung/Sommerung) zur deutlichen Minderung von Nährstoffausträgen beitragen. Diese Maßnahmen sind, wie in der Antwort auf Frage 7 d) dargelegt, mit extremen wirtschaftlichen Nachteilen verbunden. Deshalb sollten sie besser im Förderrecht mit finanzieller Unterstützung der Betriebe verankert werden.

31. Welche Regionalisierungsverfahren und/oder Interpolationsansätze zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten Gebieten bewerten Sie als die Verursachergerechtesten?

Wie zu Frage 3 dargelegt, sind die unterschiedliche Belastungen des Grundwassers in MV nicht einer unterschiedlichen Bewirtschaftung zuzuordnen. Eine Abgrenzung von Gebieten wird in MV deshalb nicht verursachergerecht sein können, sondern nur Standortunterschiede widerspiegeln.

32. Wie bewerten Sie die Auswirkungen einer Ausweisung als mit Nitrat belastetes Gebiet auf den wirtschaftlichen Ertrag pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche? Welche Faktoren berücksichtigen Sie dabei?

Die Frage auf den wirtschaftlichen Ertrag wurde zu Frage 6 beantwortet. Die Ökonomische Bewertung bezieht sich auf die Einkommenseinbußen durch die Stickstoffdüngungsreduzierung um 20%. Wie dort erwähnt, benutzen wir ein Fruchtfolge-Kalkulationsmodell am IPB/LFA MV. Darin fließen unter anderem die langjährigen Daten des Referenzbetriebsnetzes (seit 1992 stellen Praxisbetriebe alle erforderlichen produktionstechnischen und ökonomischen Daten ihres Betriebes dem IPB zur Verfügung), Ergebnisse von Feldversuchen (z.B. der Saugkerzenanlage im Rahmen des EIP Drainfit) sowie offizielle Daten des Statistischen Amtes MV neben regionalen Richtwerten und Notierungen von Erzeuger- sowie Betriebsmittelpreisen ein.

33. Welche Auswirkungen hat aus Ihrer Sicht die Berücksichtigung von denitrifizierenden Verhältnissen in der neuen Düngelandsverordnung Mecklenburg-Vorpommerns hinsichtlich der Nitratkonzentration im Grundwasser und wie bewerten Sie in diesem Kontext die Anwendung der N₂-Argon-Methode? Welche Auswirkungen hat eine geringere Stickstoffdüngung auf das N₂/Argon-Verhältnis im Grundwasser?

-

34. Wie schätzen Sie die verschiedenen Varianten von Denitrifikation im Boden hinsichtlich Kapazität, Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit ein?

-

35. Wie bewerten Sie die betrieblichen Stickstoffsalden in Mecklenburg-Vorpommern

a. im Vergleich zu anderen Bundesländern?

Da in MV einerseits das Fruchtfolgesegment Winterraps/Winterweizen eine fruchtfolgedominierende Bedeutung hat, ist bei unseren regionaltypischen Fruchtfolgen von relativ hohen N-Salden auszugehen. Andererseits werden aufgrund der in MV geringen Viehdichte extrem hohe N-Salden, wie sie z.T. in den Tierhaltungsregionen gefunden werden, selten sein.

b. hinsichtlich der Betriebsstrukturen der landwirtschaftlichen Betriebe?

In MV ist seltener als in anderen Bundesländern ein fachlicher Zusammenhang zwischen betrieblichen N-Salden und Betriebsstrukturen erkennbar und nachweisbar. Das liegt vor allem am geringen Anteil der Viehhaltung und Gemüseanbau im Land. In der Regionalisierung der Nährstoffbilanzen 2012-2017 wurden nur einem Grundwasserkörper erhöhte N-Bilanzsalden aufgrund höherer Anteile der organischen Düngung zugeordnet. Anhand der Ist-Stickstoffbilanzüberhänge nach Feldblöcken wird der räumliche Bezug noch deutlicher. Da Grünland in MV überwiegend extensiv bewirtschaftet wird, trägt der bewirtschaftete Grünlandanteil an der landwirtschaftlichen Fläche meist zur Verringerung der betrieblichen Stickstoffbilanz bei. Ökologischer Landbau ist in MV aufgrund der hier ebenfalls geringen Viehdichte und ohne Gemüsebau mit geringeren Stickstoffsalden als konventioneller Landbau verbunden (LMS-Agrarberatung 2020).

c. hinsichtlich der Viehdichte?

In MV liegt die durchschnittliche Viehdichte am unteren Ende der nationalen Skala. Im Land sind nur vereinzelte (punktuelle) hohe Viehdichten zu finden. Es gibt darüber hinaus im Land im Prinzip ausreichend regionale Möglichkeiten, einen einzelbetrieblichen Nährstoffüberhang bei organischen Düngern auszugleichen. Der Umfang der Tierhaltung spielt in MV daher eine deutlich geringere Rolle hinsichtlich der Grundwasserbelastung als in anderen Bundesländern (siehe auch 35 b).

d. hinsichtlich Bodenarten und -qualitäten?

In MV dominieren diluviale sandige Böden, die häufig relativ geringe Tonanteile aufweisen. Damit versickert Regenwasser relativ schnell im Untergrund, wodurch die Stickstoffauswaschung schneller abläuft als auf schwereren Böden (z.B. Bördeböden). Außerdem ist das Ertragsrisiko der sandigen Böden aufgrund der geringeren Wasserspeicherkapazität größer. Sowohl das höhere Ertragsrisiko als auch die höhere unvermeidbare Stickstoffauswaschung verursachen höhere betriebliche N-Salden bei sonst gleichen Bedingungen.

e. hinsichtlich Fruchtfolgegliedern?

Das Fruchtfolgesegment Winterraps/Winterweizen ist hinsichtlich seines relativ großen „Belastungspotenzial“ für das Grundwasser in MV von herausragender Bedeutung. Gleichzeitig stellt es mit derzeit etwa 30% einen hohen Anteil an der Ackerflächennutzung (siehe nachfolgende Tabelle) und die wichtigsten ökonomisch entscheidenden Kulturen in Ackerbaufruchtfolgen dar.

Tabelle: Anbauflächenverhältnisse in MV und Abschätzung des Anbauumfangs des Fruchtfolgesegments Winterraps/Winterweizen; 2017 bis 2021

Kulturart	ME	2017	2018	2019	2020	2021
Winterweizen (WW)	1000 ha	355,5	320,8	332,8	304,3	314,4
Winterraps (WRa)	1000 ha	224,8	196,5	167,7	178,7	173,6
Ackerbau gesamt	1000 ha	1.074,9	1.061,7	1.065,9	1.059,0	1.071,5
Anteil WW und WRa an AF	%	54	49	47	46	46
Rapsweizen*	1000 ha	191,1	167,0	142,5	151,9	147,5
WRa/WW-Umfang	1000 ha	415,9	363,5	310,2	330,6	321,1
Anteil WRa/WW an AF	%	39	34	29	31	30

* Annahme: auf 85% der Rapsfläche erfolgt danach WW; Quellen: StatA MV, Heilmann, 2023.

f. im historischen Vergleich?

Fundierte Auswertungen zu historischen betrieblichen Stickstoffsalden liegen uns nicht vor. Allerdings ist beim Vergleich von der Situation vor 1990 und heute von deutlichen Unterschieden auszugehen. Wesentliche Gründe sind die damals höhere Viehdichte mit zusätzlich hoher regionaler Konzentration, eine aufgrund von Ausbringungstechnik und -üblichkeiten geringe Düngewirkung der organischen Düngung, die deutlich geringere Höhe der mineralischen Stickstoffdüngung basierend auf der geringeren Verfügbarkeit von Mineraldüngern, die schlechtere Verteilung der Mineraldüngung durch die damalige Technik und der bis heute umgesetzte Zuchtfortschritt der angebauten Sorten. Eine Abschätzung der Unterschiede der Stickstoffauswaschungsmengen aus landwirtschaftlichen Flächen ist uns nicht möglich.

36. Welche Auswirkungen hat die Reduktion der Stickstoffdüngung in mit Nitrat belasteten Gebieten

a. auf Ertrag und Qualität der jeweiligen Kultur?

Siehe Antwort auf Frage 6.

b. auf die Nitratmenge im Grundwasser?

Siehe Antwort auf Frage 7, c.

Literatur

- Bull, I. (2023): Sickerwassermessungen: Aktuelles 2021/22 und Ausblick. In: Drainfit: Getreide oben, Wasser unten. Nitrat besser managen. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Heft 64, ISSN 1618-7938. 63-78.
- Fengler, F.; Buglowski, D.; Bull, I. (2023): Minderung diffuser Nährstoffausträge aus drainierten landwirtschaftlichen Flächen: Teilprojekt Sickerwasser. In: Drainfit: Getreide oben, Wasser unten. Nitrat besser managen. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Heft 64, ISSN 1618-7938. 30-62.
- Heilmann, H. (2023): Modellrechnungen zu den Kosten einer ergebnisorientierten Sanierung von Grundwasserkörpern im Rahmen landwirtschaftlicher Nutzung. In: Drainfit: Getreide oben, Wasser unten. Nitrat besser managen. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Heft 64, ISSN 1618-7938. 79-99
- Kage, H.; Rübiger, T.; Sieling, K. (2022): Stickstoffdüngung zu Winterraps und Winterweizen. Eine Evaluierung der Düngeverordnung, methodischer Aspekte der Auswertung von Düngeversuchen sowie der Beziehung zwischen Düngungshöhe und Stickstoffauswaschung (Berichte über Landwirtschaft, 100). In: *Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* (1), S. 1–38.
- Kundler, P.; Matzel, W.; Görlitz, H.; Specht, G.; Koriath, H.; Rinno, G. et al. (1970): Mineraldüngung. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- LMS-Agrarberatung (2020): Regionalisierte Flächenbilanzen für Stickstoff auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in Mecklenburg-Vorpommern. Rostock. Online verfügbar unter https://www.wrrl-mv.de/static/WRRL/Dateien/Dokumente/Service/Dokumente/2020_Bericht_Regionalisierung_landwirtschaftliche_Stickstoffbilanzen_MV_2012-2017_end.pdf.
- Tetzlaff, B.; Kunkel, R.; Ta, P.; Wendland, F.; Wolters, T.: Fortführung der Nährstoffmodellierung Mecklenburg-Vorpommern. Endbericht 2020. Jülich. Online verfügbar unter https://www.wrrl-mv.de/static/WRRL/Dateien/Dokumente/Service/Dokumente/2020_Naehrstoffmodellierung_Juelich.pdf, zuletzt geprüft am 27.03.2023.