



Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

BAND 92 | Ausgabe 3

Dezember 2014

AGRARWISSENSCHAFT

FORSCHUNG

—
PRAXIS



Konsequenzen aus der Anrechnung von Gärresten pflanzlicher Herkunft auf die N-Ausbringungsobergrenze organischer Düngemittel und auf die Derogation – Status quo und Empfehlungen

Von RICHARD WÜSTHOLZ, SEBASTIAN AUBURGER, ENNO BAHRs, Stuttgart

1 Einleitung

Die Einführung des Gesetzes für den Vorrang der Erneuerbaren-Energien (89) im Jahr 2000 hat zu einem starken Ausbau der regenerativen Energiequellen in Deutschland geführt. Einen großen Anteil am Aufschwung der erneuerbaren Energien hatte der Ausbau der Biogasproduktion (79, S. 3). Mit dem Wachstum in der Biogasbranche war auch eine entsprechende Ausdehnung des Biomasseanbaus zur Energiegewinnung verbunden (52, S. 236; 75, S. 13). Mittlerweile werden die ökologischen Auswirkungen der intensivierten Biogasproduktion aus wasserwirtschaftlicher Sicht zunehmend kritisch betrachtet. Befürchtet werden unter anderem Nährstoff- und/oder Schadstoffeinträge in Grund- und Oberflächengewässer in Folge des verstärkten Biogassubstratanbaus (33, S. 15).

Der Landwirtschaft kommt in diesem Kontext eine hohe Bedeutung zu, da sie für den größten Anteil an Nitrateinträgen in das oberflächennahe Grundwasser verantwortlich ist (2, S. 15; 9, S. 5). Die Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) zur Evaluierung der Düngeverordnung (DüV) (92) greift diesen Punkt auf und erarbeitete Vorschläge für ordnungsrechtliche Verschärfungen, die auch Auswirkungen auf die Nährstoffflüsse von und zu Biogasanlagen (BGA) induzieren können (6). Diese ordnungsrechtlichen Verschärfungen sind auch im Kontext der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) (90) zu sehen. Diese legt fest, dass bis spätestens 2027 der gute Zustand für alle Gewässer erreicht werden muss. In einigen Regionen Deutschlands zeigt sich allerdings immer noch Handlungsbedarf, um den gemäß WRRL anvisierten guten Gewässerzustand zu erreichen (10, S. 6f).

Gegenstand der Vorschläge der BLAG ist unter anderem, dass zukünftig die für Stickstoff (N) aus tierischen Ausscheidungen geltende Ausbringungsobergrenze von 170 Kilogramm (kg) N pro Hektar (ha) auf alle organischen Düngemittel angewendet werden soll (6, S. 51). Dadurch würden insbesondere Gärreste pflanzlichen Ursprungs aus BGA stärker in den Fokus der Düngemittelanwendung gerückt werden (71, S. 3). Diese bei Bedarf in naher Zukunft veränderten umweltpolitischen Rahmenbedingungen könnten mit zusätzlichen Kosten für eine Vielzahl von landwirtschaftlichen Betrieben verbunden sein. Denkbar ist beispielsweise, dass in Regionen mit intensiver Tierhaltung und/oder Biogasproduktion die bereits angespannte Nährstoffproblematik durch die Anrechnung von Gärresten pflanzlicher Herkunft auf die 170 kg-N-Ausbringungsobergrenze verschärft wird und demzufolge die Wirtschaftsdüngerverbringungs- und Flächenkosten weiter ansteigen. Neben der Anrechnung von Gärresten pflanzlicher Herkunft auf die N-Applikationsgrenze können die gemäß § 6 DüV (92) maximal zulässigen Nährstoffsalden für Stickstoff und Phosphat ebenfalls mit Auswirkungen auf die regionalen Nährstoffströme verbunden sein. Die Auswirkungen dieser Restriktionen sind jedoch aufgrund begrenzter Datenverfügbarkeit nur schwer zu quantifizieren und wurden deshalb nicht berücksichtigt. Darüber hinaus werden die nachfolgenden Ausführungen aufzeigen, dass aus bundesweiter Perspektive, zukünftig die N-Ausbringungsobergrenze die höhere Maßgeblichkeit in Kontext der Wirtschaftsdüngerausbringung besitzt (Kapitel 2.4, Tabelle 1).

Mit der Anrechnung von Gärresten pflanzlicher Herkunft könnten Struktureffekte auf die Tierhaltung sowie die Biogasproduktion verbunden sein. Durch die Integration der Gärreste auf die Nährstoffausbringungsobergrenzen würde die in der Vergangenheit anwendbare – aber derzeit ausgesetzte – Derogationsregelung erheblich an Bedeutung gewinnen. In diesem Beitrag werden deshalb Überlegungen angestellt, für welche Regionen die Derogation an Bedeutung gewinnen würde und ob die Derogation auch in einer zukünftigen Düngeverordnung aus ökologischer und naturwissenschaftlich-technischer Sicht legitim ist. Dabei soll auch der Frage nachgegangen werden, inwieweit eine vergleichbare Ausnahmeregelung für Betriebe sinnvoll sein kann, die auf Grünland- und/oder Ackerflächen Biomasse für die energetische Verwertung in Biogasanlagen anbauen und die anfallenden Gärreste wieder auf den entsprechenden Flächen ausbringen. Denn abseits der Vorschläge der BLAG wird eine solche Ausnahmeregelung für den Substratanbau zur energetischen Verwertung diskutiert (34).

Die Beantwortung obiger Fragestellungen findet auf Grundlage einer deutschlandweiten Analyse der N-Nährstoffströme auf kommunaler Ebene statt, die sowohl den N-Anfall aus der Tierhaltung als auch aus der Biogas- und Biomethanproduktion berücksichtigt. Auf der Ebene der Kommunen lassen sich regionale Strukturen und Betroffenheiten genauer abbilden, als dies zum Beispiel Kreisdaten zulassen würden (6, S. 157f). Damit sind gleichermaßen Anpassungsmaßnahmen einzelner Akteure und damit zusammenhängende Empfehlungen besser abbildbar. Das heißt, die ökonomischen Konsequenzen einer novellierten DüV im Allgemeinen sowie im Kontext erhöhter N-Ausbringungsobergrenzen im Speziellen können aufgezeigt werden, sodass eine aus dieser Perspektive holistische Betrachtung einer novellierten DüV möglich ist. Wenngleich die BLAG (6) bereits diesbezügliche Analysen dargelegt hat, sind bislang keine umfassenden Analysen oder Veröffentlichungen bekannt, die auf Basis aktuellster kleinräumiger Daten zur Tierhaltung (Landwirtschaftszählung 2010) und Biogas-/Biomethanproduktion auf Gemeindeebene mögliche Konsequenzen einer novellierten DüV betrachten und dabei auch die Derogation stärker ins Kalkül zieht.

Insbesondere die Berücksichtigung des Nährstoffanfalls aus Biomethananlagen¹ (BMA), deren räumliche Auswirkungen auf Nährstoffströme nicht zu unterschätzen sind, sowie die Auswirkungen und das Potenzial von erhöhten Ausbringungsobergrenzen auf Flächen, die für den Energiepflanzenbau genutzt werden, stellen dabei ein Novum dar. Aufgrund der genannten Punkte bieten die Ergebnisse zusätzlichen

Interpretationsspielraum und können somit zum aktuellen Diskussionsprozess beitragen.

2 Evaluierung der Düngeverordnung im Kontext der organischen Düngeranwendung

Bei der Düngeverordnung (DüV) handelt es sich um die Umsetzung der Europäischen Nitratrichtlinie 91/676/EWG (NRL) (91) in nationales Recht. Die DüV definiert dabei die "gute fachliche Praxis" der Düngung (76, S. 2), und soll auf diese Weise zur Erreichung verschiedener umweltpolitischer Ziele beitragen (6, S. 1). Sie unterstützt damit auch die Umsetzung der WRRL. Um einen substanziellen Beitrag der DüV zur Erreichung der umweltpolitischen Ziele weiterhin sicherzustellen, hat die BLAG die DüV evaluiert. Damit soll ein Beitrag zur strategischen Umweltprüfung geleistet werden, die wiederum als Grundlage für das nächste deutsche Aktionsprogramm zur Umsetzung der NRL gefordert wird (6, S. 2). Die Evaluierung zeigt deutlichen Verbesserungsbedarf und -möglichkeiten der derzeit gültigen ordnungsrechtlichen Vorgaben seitens der DüV (80, S. 11). Auf alle Vorschläge und Forderungen seitens der BLAG soll hier nicht im Detail eingegangen werden. Vielmehr sollen im Folgenden ausschließlich die Sachverhalte im Mittelpunkt stehen, die im direkten Zusammenhang zur N-Ausbringungsobergrenze zu sehen sind.

2.1 N-Ausbringungsobergrenzen für organische Dünger aus umweltpolitischer Sicht

Gemäß § 4 Abs. 3 DüV (92) dürfen bisher im Durchschnitt der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) eines Betriebes maximal 170 kg Gesamt-N aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft je Hektar (ha) ausgebracht werden. Das bedeutet, dass N aus pflanzlicher Substanz derzeit nicht berücksichtigt werden muss. Dieser Sachverhalt stellt insbesondere aus der Sicht des Wasserschutzes ein Defizit dar (75, S. 47; 18, S. 23f; 76, S. 7). Die BLAG fordert deshalb, dass die N-Ausbringungsobergrenze auf alle organischen Düngemittel angewendet werden soll. Mit diesem Vorschlag soll der in Deutschland wachsenden Bedeutung von Gärresten Rechnung getragen werden (6, S. 56). Die BLAG begründet diese Forderung mit der abnehmenden Verwertung des N, insbesondere bei hohen Anteilen an organisch gebundenen N. Die Herkunft des organischen Stickstoffs, ob pflanzlich oder tierisch, spielt dabei keine Rolle (6, S. 51).

Hinsichtlich der Derogation wurden von der BLAG keine konkreten Vorschläge zur Fortschreibung vorgelegt. Die seit 2006 existierende – aber derzeit ausgesetzte – Derogation erlaubt gemäß § 4 Abs. 4 DüV (92) unter definierten Bedingungen für Rinder haltende Betriebe² eine erhöhte Ausbringung von maximal 230 kg Stickstoff pro Hektar tierischer Herkunft auf intensiv genutztem Grünland und Ackergras. Eine Verlängerung der seit Ende 2013 ausgesetzten Ausnahmegenehmigung kann nur auf Basis eines von der EU-Kommission akzeptierten, neuen Aktionsprogramms zur Umsetzung der NRL durchgeführt werden. Da voraussichtlich erst gegen Ende 2014 ein Entwurf für eine novellierte DüV von der deutschen Bundesregierung vorgelegt wird, ist momentan nicht absehbar ob und unter welchen Bedingungen eine Derogation in 2015 beantragt werden kann (42).

In der Vergangenheit spielte die Derogation deutschlandweit betrachtet eine untergeordnete Rolle. Im Jahr 2013 haben insgesamt 1.469 Betriebe eine Ausnahmegenehmigung für eine Fläche von insgesamt 44.004 Hektar erhalten (8). Das entspricht etwa ein Prozent des deutschen Dauergrünlands oder rund 1,1 Prozent der deutschen Futterbaubetriebe (66, S. 25; 64, S. 30).

2.2 N-Ausbringungsobergrenzen für organische Dünger aus der Sicht des Pflanzenbaus

Bei Wirtschaftsdüngern handelt es sich um wertvolle Mehrnährstoffdünger, die eine wichtige Quelle für die Pflanzenernährung darstellen (31, S. 1). Dazu gehören neben tierischen Ausscheidungen auch Gärreste aus Biogasanlagen, sofern sie nur tierische Wirtschaftsdünger, landwirtschaftliche Nebenerzeugnisse sowie gezielt für die Biogasanlage erzeugte pflanzliche Materialien enthalten (82, S. 47). Während die enthaltenen Phosphat (P)- und Kalium (K)-Mengen langfristig die gleiche Wirkung wie die entsprechenden Nährstoffe in Mineraldüngern erbringen, ist der Wirkungsgrad des enthaltenen N von zahlreichen Einflussgrößen abhängig (60, S. 70).

Das liegt unter anderem daran, dass der in Wirtschaftsdüngern enthaltene N zum Teil in mineralischer Form und zum Teil in organisch gebundener Form vorliegt. Der in der organischen Substanz gebundene N wird durch biologische Abbauprozesse erst nach und nach mineralisiert und somit pflanzenverfügbar. Langjährige, hohe Wirtschaftsdüngergaben können somit zu einer starken N-Anreicherung im Boden und einer ansteigenden N-Nachlieferung führen (82, S. 65). Die zeitlich verzögerte Wirkung des organisch gebundenen N führt außerdem dazu, dass die erforderliche Brutto-N-Menge erhöht wird, um eine ausreichende Sofortwirkung der Nährstoffapplikation zu erreichen (11, S. 8). Dadurch besteht die Gefahr, dass es zu erhöhten N-Auswaschungen, Lachgas- und weiteren N-Emissionen kommen kann (6, S. 52). Die 170 kg N-Grenze für Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft zielt deshalb darauf ab, eine zu hohe Brutto-N-Menge je Flächeneinheit und eine zu starke N-Anreicherung/N-Mobilisierung im Boden zu verhindern und somit die Gefahr von Verlusten zu verringern (3, S. 1).

2.3 Derogationsregelung für intensiv genutzte Grünlandflächen

Rinder haltende Betriebe, die ihre Grünlandflächen mit vier und mehr Schnitten oder drei Schnitten plus Beweidung intensiv nutzen, konnten in der Vergangenheit von der Derogation Gebrauch machen. Diese Ausnahmeregelung kann mit dem hohen N-Bedarf der Grünland- und Ackergrasflächen aufgrund der intensiven Schnittnutzung begründet werden. Der N-Bedarf ist in erster Linie abhängig von der Leistungsfähigkeit des Standortes, der Narbenzusammensetzung, der Nutzungsform sowie der Futtermenge, die produziert werden soll (48). Demzufolge sind weidelgrasreiche, intensiv genutzte Grünlandbestände durch einen N-Bedarf von deutlich über 300 kg N/ha gekennzeichnet (16, S. 151; 82, S. 57). Solche Grünlandbestände sind in der Lage, unter günstigen Wachstumsbedingungen hohe N-Gaben zu verwerten, ohne dass es dabei zu erhöhten N-Verlusten kommt (44, S. 40; 72, S. 237).

BACKES und ALBERS (3), konnten beispielsweise im Rahmen eines mehrjährigen Praxisversuchs auf fünf verschiedenen Grünlandstandorten in Niedersachsen feststellen, dass die unterschiedlichen Nährstoffkonzentrationen im Bodenwasser einen wesentlich höheren Standort- als Düngungseinfluss zeigen. Sie kommen zu dem Schluss, dass das Risiko von N-Verlusten bei einer jährlichen Gülledüngung von 230 kg N/ha auf geeigneten Standorten relativ gering ist. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch von LASER et al. (38, S. 338ff) mit Hilfe eines Praxisversuchs in Nordrhein-Westfalen erzielt, bei dem geprüft wurde, ob eine Gabe von 230 kg im Vergleich zu 170 kg N/ha aus Rindergülle zu höheren N-Auswaschungsverlusten führt. Bezogen auf die Nitratkonzentration im Bodenwasser sowie die N-Effizienz konnten die Autoren allerdings kein erhöhtes Risiko feststellen. Ergebnisse eines fünfjährigen Düngungsversuchs im Allgäuer Alpenvorland von DIEPOLDER und RASCHBACHER (17, S. III-18ff) kommen zu einem ähnlichen Ergebnis. Hier wurden die Nitratgehalte unter weidelgrasreichen Beständen mit vier und mehr Schnitten quantifiziert. Dabei konnten die Autoren bei güllebetonter Düngung auch bis in Höhe von 230 kg N/ha keine

Gefährdung für das Grundwasser feststellen. Untersuchungen von SVOBODA et al. (69, S. 43ff) bestätigen diese Aussagen. Die Autoren ermittelten im Rahmen eines zweijährigen Düngungsversuches, dass eine Ausbringungsmenge in Höhe von 230 kg N/ha aus Rindergülle auf Grünland nur zu einer marginalen Erhöhung (0,2 mg NO₃ pro Liter) der Nitratkonzentration im Sickerwasser gegenüber der Ausbringungsmenge von 170 kg N/ha führt. Die Autoren kommen deshalb zu dem Schluss, dass hohe N-Gaben aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft auf intensiv genutzten Grünlandflächen zu keinem erhöhten N-Auswaschungsrisiko führen.

2.4 Erhöhte N-Ausbringungsobergrenzen für Flächen zur Biomasseerzeugung für BGA

Neben der Derogation wird über erhöhte N-Ausbringungsobergrenzen für Acker- und Grünlandflächen diskutiert (bis 250 kg N/ha), die zur Biomasseerzeugung für Biogasanlagen genutzt werden und auf denen im Gegenzug Gärreste ausgebracht werden (34). Eine solche Vorgehensweise ist zwar nicht Gegenstand der Vorschläge der BLAG, dennoch ist sie Bestandteil des derzeitigen politischen Entscheidungsprozesses zur Novellierung der DüV.

Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei Gärresten pflanzlicher Herkunft um keinen "Dung" im Sinne der NRL handelt, könnten in einem solchen Szenario im Gegensatz zur Derogation Ausbringungsmengen von über 170 Kilogramm Gesamt-N je Hektar aus organischen Düngemitteln ohne explizite Genehmigung durch die EU-Kommission zulässig sein, sofern der Bedarf des dazugehörigen Aufwuchses diesen N-Einsatz rechtfertigt. Eine Ausbringungsmenge von bis 250 kg N/ha bedeutet eine 47-prozentige Steigerung der möglichen organischen Düngermengen gegenüber der 170 kg N-Grenze.

Im Folgenden soll erörtert werden, ob und inwieweit eine solche Ausnahmeregelung für Biogasflächen fachlich vertretbar ist. Dabei kann nicht der Anspruch erfüllt werden, diese Fragestellung abschließend zu beantworten. Stattdessen sollen Zusammenhänge und Voraussetzungen aufgezeigt werden, die eine solche Vorgehensweise für sinnvoll erscheinen lassen oder dagegen sprechen. Dazu müssen zunächst die wesentlichen Eigenschaften von Gärresten, die die Höhe der Nährstoffgaben beeinflussen, kurz thematisiert werden.

Nach Ansicht von MÖLLER et al. (51, S. 5) und REINHOLD et al. (57, S. 8) werden die Nährstoffgehalte von Gärresten insbesondere von der Zusammensetzung der Eingangssubstrate, deren Nährstoffgehalte und den Gärbedingungen beeinflusst. Während des Biogasprozesses wird die in den Ausgangssubstraten enthaltene organische Substanz über mehrere Stufen mikrobiell abgebaut und im Wesentlichen in Methan und Kohlendioxid umgewandelt. Die absoluten Mengen an N, P und K ändern sich durch den anaeroben Abbau allerdings kaum (51, S. 4). Die Art der einzelnen Substrate sowie deren Mengenanteile am gesamten Substratinput der Anlage bestimmen somit die Nährstoffmengen im Gärrest (26, S. 77; 32, S. 7). Aufgrund dessen existieren für Gärreste keine allgemeingültigen Tabellenwerte und es bedarf somit regelmäßigen Nährstoffanalysen, um die Gärreste fachgerecht einsetzen zu können (24, S. 8).

Grundsätzlich lässt sich allerdings festhalten, dass der Abbau der organischen Trockenmasse während des Fermentationsprozesses sowie der dabei stattfindende Wasserverlust zu einer Aufkonzentrierung der Nährstoffe im Gärrest führen (39, S. 99). Der Fermentationsprozess hat außerdem zur Folge, dass Gärreste im Vergleich zu unvergorener Gülle in der Regel durch einen höheren pH-Wert und einen höheren Ammonium-N-Anteil am Gesamt-N-Gehalt gekennzeichnet sind (1, S. 184ff; 5, S. 38; 50, S. 11). Dadurch besitzen Gärreste das Potenzial, eine rasche und hohe N-Aufnahme durch die Pflanzen zu gewährleisten und somit relativ hohe Mineraldüngeräquivalente (MDÄ) zur generieren (22, S. 439ff; 25, S. 449ff), womit ein gezielter Düngemiteleinsatz ermöglicht wird (24, S. 8).

Die erhöhten Ammoniumgehalte haben allerdings zur Folge, dass die gasförmigen N-Verluste während und nach der Ausbringung ansteigen können (53, S. 262) und dass darüber hinaus die Gefahr von N-Auswaschungen zunimmt, insbesondere dann, wenn keine zeitliche Übereinstimmung zwischen dem N-Bedarf der Pflanzen und dem Ausbringungszeitpunkt besteht (59, S. 50).

Bislang existieren vergleichsweise wenige wissenschaftliche Untersuchungen, die die mit der Ausbringung von Gärresten verbundenen Umwelteffekte (insbesondere N-Auswaschung) sowie die aus ökologischer und naturwissenschaftlich-technischer Sicht sinnvollen Ausbringungsobergrenzen näher betrachten (70, S. 70). Deshalb sind eine umfassende Bewertung und insbesondere ein Vergleich mit anderen Düngemitteln hinsichtlich der vertretbaren Brutto-N-Mengen noch problematisch. Allerdings spiegeln die bisher durchgeführten Studien eine erste Tendenz wider. In einer mehrjährigen Studie auf Grünlandstandorten in Österreich wurde ermittelt, dass Gärreste verglichen mit den traditionellen Wirtschaftsdüngern bei dem untersuchten Düngenniveau in Höhe von 120 kg N/ha kein höheres Risiko einer Nitratauswaschung aufweisen (55, S. 24).

Zu vergleichbaren Ergebnissen kommt eine Untersuchung, in der unvergorene Gülle und Gärrest auf Getreide ausgebracht und keine signifikant unterschiedlichen Nitratauswaschungen zwischen den eingesetzten Wirtschaftsdüngern festgestellt werden konnten (12, S. 45f). Bestätigt werden diese Erkenntnisse von SVOBODA et al. (69, S. 42ff; 70, S. 75f), die in einem zweijährigen Düngungsversuch auf Mais- und Grünlandflächen in Norddeutschland hinsichtlich des N-Auswaschungspotenzials keine signifikanten Unterschiede zwischen Schweine-/Rindergülle und Gärresten ableiten konnten.

Die Autoren stellten außerdem fest, dass sich die N-Auswaschungsmengen auf den untersuchten Grünlandflächen selbst bei sehr hohen N-Applikationen aus Gärresten (320 bis 480 kg N/ha) auf einem sehr niedrigen Niveau befinden (< 6 kg NO₃-N pro Hektar und Jahr).

Demgegenüber zeigen die Ergebnisse, dass für Maisflächen die Nitrat-N-Auswaschungsmengen mit zunehmender N-Applikationsmenge exponentiell ansteigen. So konnten die Autoren bei einer N-Ausbringung von 240 kg N/ha durch Gärreste eine N-Auswaschung von über 50 kg NO₃-N pro Hektar ermitteln. Nachdem die bisher genannten Forschungsergebnisse keine signifikanten Unterschiede zwischen unvergorener Gülle und Gärresten feststellen können, ist hingegen aus den Ergebnissen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (59, S. 52) und von JØRGENSEN et al. (30, S. 50f) abzuleiten, dass die N-Auswaschungsverluste bei Anwendung von Gärresten aus Biogasanlagen geringer sind als bei unvergorener Gülle und dass sich der höhere Ammoniumanteil am Gesamt-N-Gehalt sogar verlustsenkend auswirken kann.

Aufgrund der Tatsache, dass die bisher bekannten Untersuchungen hinsichtlich der Düngerwirkung und dem N-Auswaschungspotenzial von Gärresten auf Grünland und Ackerland ein vergleichbares Niveau gegenüber unvergorener Gülle aufzeigen, erscheint eine Übertragung der für Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft geltenden N-Ausbringungsobergrenzen auf Gärreste aus Biogasanlagen für angebracht. Da Grassilage ein wertvolles Kosubstrat in Biogasanlagen darstellen kann (58, S. 1; 19, S. 5) und Grünland demzufolge eine zunehmende Bedeutung als Rohstoffquelle für die Biogaserzeugung zukommt (78, S. 66), kann eine erhöhte Ausbringungsobergrenze für Grünlandflächen, die intensiv genutzt werden für sinnvoll erachtet werden.

Dagegen stellt sich eine erhöhte N-Ausbringungsobergrenze auf Ackerflächen, die zum Energiepflanzenanbau genutzt werden, differenzierter

dar. Der flächen- und mengenmäßig bedeutendste nachwachsende Rohstoff, der in Biogasanlagen vergoren wird, ist Silomais (14, S. 52). Silomais weist allerdings einige Besonderheiten auf, die das Nitrataustragsrisiko erhöhen können. Während der Jugendentwicklung (April bis Juni) ist Silomais durch einen vergleichsweise niedrigen N-Bedarf gekennzeichnet (68, S. 17). Somit besteht die Gefahr, dass die vor der Saat ausgebrachten N-Mengen ausgewaschen werden können. Diese Gefahr ist umso größer, je höher die N-Gaben ausfallen (13, S. 77; 20, S. 6). Zur Bemessung des N-Düngebedarfs hat sich in der Praxis das N-Sollwertverfahren als praktikables Vorgehen erwiesen. Der N-Sollwert bezieht sich dabei auf den N-Gesamtbedarf der Pflanze an Nitrat- und Ammonium-N aus Boden- und Dünge-N, um ein optimales Pflanzenwachstum zu gewährleisten (73, S. 1). Bei einem Frischmasseertrag von etwa 500 bis 600 dt/ha weist Silomais einen N-Sollwert von rund 190 kg N/ha auf (85, S. 27f; 46, S. 1). Unter Berücksichtigung der häufig mit mineralischen N/P-Düngern durchgeführten Unterfußdüngung in Höhe von ungefähr 30 kg N/ha (49, S. 2; 43, S. 76f), einem angenommenen N_{\min} -Bodenvorrat im Frühjahr von rund 70 kg N/ha sowie unter Anrechnung eines Abschlagfaktors von etwa 40 kg N/ha (4) aufgrund von langjähriger organischer Düngung ergibt sich ein zusätzlicher Düngebedarf von etwa 50 kg N/ha. Für den Fall, dass dieser Düngebedarf ausschließlich über Gärreste abgedeckt werden soll und ein Gärrest-MDÄ (bezogen von den Gesamt-N-Gehalt) von ungefähr 50 Prozent der Gärreste veranschlagt wird (25, S. 456; 84, S. 3), errechnet sich daraus eine notwendige N-Menge in Höhe von rund 100 kg N/ha. Werden für die Unterfußdüngung keine mineralischen N/P-Dünger sondern organische Dünger verwendet, erhöht sich die Gesamt-N-Menge in Form von Gärresten auf etwa 160 kg N/ha, bleibt allerdings unterhalb von 170 kg N/ha.

Eine Erhöhung der N-Ausbringungsobergrenze auf 250 kg N/ha für Energiemaisflächen erscheint unter diesen Annahmen nicht gerechtfertigt, zumal eigene Berechnungen auf Basis regionaler Hektarerträge auf der Landkreisebene Deutschlands ergeben, dass rund 77 Prozent der Landkreise von 2007 bis 2011 durch durchschnittliche Silomaiserträge von unter 500 dt Frischmasse (FM) pro Hektar gekennzeichnet waren und deren N-Bedarf somit niedriger liegt als in der Beispielskalkulation (62). Eine Steigerung der maximalen Ausbringungsmenge wäre allenfalls durch ein Ertragsniveau von deutlich über 650 dt FM/ha zu rechtfertigen (86, S. 6). Allerdings offenbaren die genannten Daten auf Landkreisebene, dass keiner der Landkreise durch durchschnittliche Silomaiserträge von über 600 dt FM/ha gekennzeichnet ist, wenngleich einzelne Landkreisregionen oder Betriebe weit darüber liegen können. Somit lässt sich festhalten, dass eine großflächig zulässige Ausbringungsobergrenze von 250 kg N/ha für Ackerflächen von Biogasbetrieben aus fachlicher Sicht derzeit nicht begründet werden kann und dass ausschließlich intensiv genutzte Grünlandflächen die dafür notwendigen Anforderungen erfüllen.

Für den Fall, dass in einer novellierten DüV abseits obiger Ausführungen für beide Flächennutzungen (Acker- und Grünland) eine Ausbringungsmenge von 250 kg N/ha durch Gärreste zulässig sein sollte, so hätte dies Auswirkungen auf die regionalen Nährstoffflüsse in Deutschland. Diese Nährstoffflüsse sollen in den folgenden Kapiteln genauer betrachtet werden. Der Fokus liegt dabei auf dem Nährstoff N, wohl wissend, dass die maximalen Applikationsmengen durch den Nährstoff begrenzt werden, dessen Düngebedarf zuerst abgedeckt ist und dass insbesondere in Veredelungsregionen die Phosphatüberschüsse der begrenzende Faktor für die Wirtschaftsdüngerausbringung sein können (6, S. 151). Aktuell wird allerdings in der landwirtschaftlichen Fachpresse darüber berichtet, dass die anzurechnenden Mindestwerte in Prozent der Ausscheidungen an Gesamt-N für flüssige Wirtschaftsdünger aus der Schweinehaltung in einer novellierten DüV um zehn Prozent erhöht werden sollen (61, S. 37).

Tabelle 1 zeigt in diesem Zusammenhang für verschiedene Feldfrüchte stellvertretend für den Betriebszweig Veredelung die maximale Anzahl an Schweinemastplätzen (MP) je Hektar, um die Vorgaben der bestehenden und möglicherweise zukünftigen DüV hinsichtlich P-Saldo, N-Saldo und N-Ausbringungsobergrenze einzuhalten. Es lässt sich erkennen, dass zukünftig die N-Ausbringungsobergrenze ähnlich limitierend wirken kann wie der maximale P-Saldo. Der zulässige N-Saldo wirkt für die Veredelung am wenigsten restriktiv. Das gilt auch dann, wenn für Getreide, abseits der Darstellungen in Tabelle 1, unterstellt wird, dass etwa 40 Prozent des N-Entzugs (73, S.3) über Mineraldünger zugeführt werden. Die in dem Beitrag gewählte Fokussierung auf die N-Ausbringungsobergrenze für organische Dünger entfaltet somit aus bundesweiter Perspektive die höchste Maßgeblichkeit.

Tabelle 1: Begrenzende Faktoren für die Wirtschaftsdüngerausbringung

| Feldfrucht | Silomais | Körnermais | Winterweizen ohne Stroh | Winterweizen mit Stroh | Durchschnitt |
|--|----------|------------|-------------------------|------------------------|--------------|
| Ertrag (dt FM/ha) | 550 | 100 | 85 | 85 | |
| P-Nettoentzug (kg P ₂ O ₅ /ha) | 99 | 80 | 68 | 88 | 84 |
| N-Nettoentzug (kg N/ha) | 237 | 151 | 154 | 188 | 182 |
| Schweinemast | | | | | |
| Brutto-N-Ausscheidung ³⁾ (kg N/MP) | 12,4 | 12,4 | 12,4 | 12,4 | 12,4 |
| Anzurechnende N/P-Ausscheidung | | | | | |
| 170 kg N-Grenze [alte DüV] (kg N/MP) | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 8,7 |
| 170 kg N-Grenze [neue DüV] (kg N/MP) | 9,9 | 9,9 | 9,9 | 9,9 | 9,9 |
| 60 kg N-Saldo [alte DüV] (kg N/MP) | 7,4 | 7,4 | 7,4 | 7,4 | 7,4 |
| 60 kg N-Saldo [neue DüV] (kg N/MP) | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 8,7 | 8,7 |
| 20 kg P-Saldo (kg P ₂ O ₅ /MP) | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 6,1 | 6,1 |
| Maximale Anzahl an Mastplätzen | | | | | |
| 170 kg N-Grenze [alte DüV] (MP/ha) | 19,6 | 19,6 | 19,6 | 19,6 | 19,6 |
| 170 kg N-Grenze [neue DüV] (MP/ha) | 17,1 | 17,1 | 17,1 | 17,1 | 17,1 |
| 60 kg N-Saldo [alte DüV] (MP/ha) | 39,9 | 28,4 | 28,7 | 33,3 | 32,6 |
| 60 kg N-Saldo [neue DüV] (MP/ha) | 29,9 | 21,3 | 21,6 | 25,0 | 24,4 |
| 20 kg P-Saldo (MP/ha) | 19,7 | 16,5 | 14,5 | 17,9 | 17,2 |

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von LfL (41) und Düngeverordnung (92)

3 Material und Methoden bezüglich der N-Nährstoffflüsse

Die Auswirkungen der zuvor skizzierten Rahmenbedingungen sollen im Folgenden für Deutschland auf regionaler Ebene abgebildet werden. Die Basis für die regionalen Analysen der Nährstoffströme aus der Tierhaltung bilden die Daten der Landwirtschaftszählung (LZ) 2010. Dabei handelt es sich um einen Datensatz, der die wichtigsten Kategorien der Flächennutzung und der Tierbestände auf Gemeindeebene beinhaltet. In der LZ wurde neben der Totalerhebung zur Anzahl der gehaltenen Tiere je Betrieb auch eine Stichprobenbefragung zum Haltungssystem oder der Aufstallungsart durchgeführt. Die Zuordnung der tierischen Ausscheidungen auf Gülle-/Festmistssysteme sowie Weidegang wird für die Rinderhaltung auf Grundlage dieser Angaben vorgenommen, wenngleich die Stichprobenbefragung nur eine eingeschränkte Repräsentativität auf Gemeindeebene zulässt.

Für die restlichen Tierarten erfolgt der Berechnung auf Basis des Statistischen Bundesamtes (65). Dadurch ist es möglich, unter Berücksichtigung der in Abhängigkeit von den Haltungsformen unterschiedlichen anrechenbaren N-Verluste im Stall und bei der Lagerung,

die durchschnittliche N-Zufuhr aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft auf die landwirtschaftliche Fläche einer Gemeinde zu ermitteln. Die dabei verwendeten Koeffizienten der N-Ausscheidungen der Tierarten und Altersgruppen findet auf Basis von Anlage 5 DüV sowie den "Stammdaten Tier" des Nährstoffbilanzierungsprogramm "NäBi" (40) statt.

Für die Schweine- und Geflügelhaltung wurde in Anlehnung an LWK Niedersachsen (47, S. 21) eine hälftige Aufteilung auf Standardfutter und N/P-reduzierter Fütterung unterstellt. Neben dem N-Anfall aus der Tierhaltung müssen auch Gärreste aus Biogas- und Biomethananlagen berücksichtigt werden. Zunächst wird in Anlehnung an die Vorgehensweise von TAUBE et al. (71, S. 6f) die Methodik der BGA-Nährstoffströme erläutert. Da die Menge an Gärresten bisher statistisch nicht erfasst wird, werden die anfallenden N-Mengen aus Biogasanlagen mit Hilfe regionaler Daten der Übertragungsnetzbetreiber, über die Lage und die elektrische Leistung der zum 31. Dezember 2011 in Deutschland betriebenen Biogasanlagen geschätzt.

Dazu werden für die Anlagen, in Abhängigkeit von der Tatsache, ob es sich um eine Biogas- und Biomethananlage handelt, zwei⁴ unterschiedliche Substratrationen unterstellt, auf Basis derer der N-Anfall wie folgt berechnet werden kann (Tabelle 2): Mit Hilfe der Masseanteile der einzelnen Substrate im Substratmix und den jeweiligen Biogasausbeuten lässt sich ermitteln, welche Substratmasse zur Erzeugung von $7.650 \text{ kWh}_{\text{el}}$ ⁵ notwendig ist. Durch Multiplikation der jeweiligen Substratmasse mit dem entsprechenden N-Gehalt je Tonne FM und unter Berücksichtigung der während der Vergärung und Lagerung stattfindenden N-Verluste, wird als funktionelle Einheit der jährliche N-Anfall je Kilowatt installierter elektrischer Leistung (kW_{el}) errechnet. Für die N-Verluste wird in Anlehnung an REINHOLD et al. (57, S. 4ff), VOGt (77, S. 3ff) und VON BUTTLAR et al. (75, S. 40) ein Verlustkoeffizient von zehn Prozent angenommen. Da die in den BGA eingesetzten N-Mengen aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft bereits bei der Berechnung der N-Mengen aus der Tierhaltung berücksichtigt wurden, bleiben sie bei der Berechnung des N-Anfalls aus Gärresten pflanzlicher Herkunft außen vor. Der N-Anfall aus Gärresten pflanzlicher Herkunft ergibt sich demnach ausschließlich aus den N-Gehalten der sonstigen eingesetzten Substrate. Bei der Berechnung der N-Mengen aus Gärresten müssen auch die Mengen aus den rund 130 Biomethananlagen berücksichtigt werden, die somit fast vollständig über das gesamte Bundesgebiet erfasst werden (15). Mit Hilfe der Informationen über die Aufbereitungskapazität der Anlagen und dem jeweiligen Methangehalt der eingesetzten Substrate (37, S. 132ff), lässt sich mit der in Tabelle 2 unterstellten Substratration der N-Output der Biomethananlagen auf ähnliche Art und Weise wie für die Biogasanlagen ermitteln. Als funktionelle Einheit dient hier allerdings der jährliche N-Anfall bezogen auf die stündliche Biomethan-Aufbereitungsleistung der Anlagen in Kubikmetern (m^3).

Tabelle 2: Substratationen und N-Gehalte für die verschiedenen Biogasanlagentypen

| | Substratanteile FM-bezogen (Prozent) | Gasausbeute m ³ Biogas oder Methan je Tonne FM Substrat | Stromausbeute kWh _{el} pro Tonne Substrat | Substratanteil in Tonne FM zur Erzeugung von 7.650 kWh _{el} oder 7.650 m ³ Biomethan | N-Gehalt in Kilogramm Stickstoff pro Tonne Substrat | N-Anfall je ein kW installierter elektrischer Leistung od je 1 m ³ Einspeiselei je Stunde |
|-------------------------|--|--|---|---|--|---|
| Biogasanlagen | | | | | | |
| Maissilage | 38,5 | 200 | 412 | 11,4 | 4,5 | 46,0 |
| Grassilage | 5,8 | 190 | 392 | 1,7 | 10,0 | 15,4 |
| GPS-Getreide | 3,7 | 190 | 392 | 1,1 | 4,5 | 4,4 |
| Getreidekorn | 0,5 | 620 | 1.278 | 0,2 | 17,0 | 2,4 |
| Zuckerrübe | 1,6 | 150 | 309 | 0,5 | 1,8 | 0,8 |
| ZF, sonstige NaWaRo | 1,1 | 160 | 330 | 0,3 | 1,8 | 0,5 |
| Rindergülle | 29,7 | 30 | 62 | 8,8 | | |
| Schweinegülle | 6,0 | 20 | 41 | 1,8 | | |
| Mist Geflügel, HTK | 1,3 | 150 | 309 | 1,4 | | |
| Mist Rind, Pferd | 3,0 | 100 | 206 | 0,9 | | |
| sonstige Exkremente | 3,0 | 30 | 62 | 0,9 | | |
| Landschaftspflege | 1,6 | 130 | 268 | 0,5 | 2,0 | 0,8 |
| Bioabfall | 3,8 | 120 | 247 | 1,1 | 6,0 | 6,1 |
| sonstige Reststoffe | 0,3 | 120 | 247 | 0,1 | 3,9 | 0,3 |
| Summe | 100 | | | 29,6 | | 76,7 |
| Biomethananlagen | | | | | | |
| Maissilage | 62,9 | 110 | | 50,2 | 4,5 | 202 |
| Grassilage | 3,9 | 100 | | 3,1 | 10,0 | 28 |
| GPS-Getreide | 6,2 | 110 | | 5,0 | 4,5 | 20 |
| Getreidekorn | 1,6 | 320 | | 1,2 | 17,0 | 19 |
| Zuckerrübe | 0,8 | 75 | | 0,6 | 1,8 | 1 |
| ZF, sonstige NaWaRo | 2,3 | 88 | | 1,9 | 1,8 | 3 |
| Wirtschaftsdünger | 10,7 | 22 | | 8,5 | | |
| Bioabfall | 8,4 | 74 | | 6,7 | 6,0 | 36 |
| sonstige Reststoffe | 3,2 | 66 | | 2,6 | 3,9 | 9 |
| Summe | 100 | | | 79,8 | | 318 |

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von DBFZ (14, S. 52ff und 78f), BiomasseV (93), KTBL (35, S. 17ff; 37, S. 132ff), FNR (21, S. 76), LEL (40), Anlage 5 und 6 DüV (92) sowie eigenen Annahmen

Für die Kalkulation der N-Mengen wurden sonstige organische Dünger, wie zum Beispiel Komposte, Klärschlämme oder Wirtschaftsdüngerimporte nicht berücksichtigt, da hierfür keine Daten auf Ebene der Gemeinden vorliegen. Im Jahr 2011 wurden insgesamt 54.000 Tonnen Stickstoff aus diesen Herkünften ausgebracht (29). Dies entspricht einem Anteil von etwa sechs Prozent des Netto-N-Aufkommens aus Wirtschaftsdüngern. Sie erhöhen somit in einzelnen Regionen den Nährstoffdruck. Die berechneten N-Mengen je Gemeinde werden anschließend auf die effektiv zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Fläche (LF) bezogen, auf der Wirtschaftsdünger ausgebracht werden können. Diese effektive LF (nachfolgend als LF_{eff} bezeichnet) errechnet sich aus der LF abzüglich von Sonder-/Dauerkulturflächen (zum Beispiel Gemüse-, Obst- und Weinbauflächen). Wenngleich diese Annahme nicht für alle Obst- und Gemüseflächen zutrifft, wird im Folgenden von dieser Vereinfachung ausgegangen. Neben den berücksichtigten Sonder-/Dauerkulturflächen kann die effektive Flächenverfügbarkeit für die organische Düngerausbringung noch durch weitere Einschränkungen limitiert werden (zum Beispiel Vertragsnaturschutzprogramme oder Auflagen seitens des Wasserschutzes). Diese Sachverhalte bleiben bei der Berechnung der LF_{eff} allerdings aufgrund von begrenzter Datenverfügbarkeit auf Gemeindeebene unberücksichtigt, obwohl sie regional eine bedeutende Rolle spielen können (6, S. 216).

Neben der Betrachtung, dass sowohl für Ackerland als auch für Grünland die gleichen Ausbringungsobergrenzen für Wirtschaftsdünger-N gelten, so sollen darüber hinaus die Auswirkungen einer möglichen Derogation für Grünlandflächen (230 kg N/ha) sowie die Auswirkungen einer Ausbringungsobergrenze von 250 kg N/ha auf Acker- und Grünlandflächen, die für den Energiepflanzenbau nutzbar sind, betrachtet werden. Dazu müssen zunächst die jeweiligen Flächenanteile für die einzelnen Ausnahmeregelungen ermittelt werden. Bezüglich der Derogation gilt es die Grünlandflächen zu bestimmen, die die Voraussetzungen für eine Inanspruchnahme erfüllen können. Die Derogation für Ackergraskulturen bleibt aus Vereinfachungsgründen und aufgrund ihrer relativ geringen Bedeutung (54; 56; 27; 7) unberücksichtigt.

Gemäß § 4 Abs. 4 DüV (92) basiert die Derogation auf der Bedingung, dass die jeweiligen Grünlandflächen mit vier und mehr Schnitten oder drei Schnitten plus Beweidung intensiv genutzt werden. Unter der Annahme, dass diese Bedingung in einer novellierten DüV wiedergegeben ist, müssen bei der Berechnung der möglichen Derogationsgrünlandfläche alle weniger intensiv genutzten Grünlandflächen mit maximal ein bis zwei Schnittnutzungen ausgeschlossen werden. Da flächendeckende Erhebungen zu Nutzungshäufigkeit und Erträgen von Grünlandflächen nicht vorliegen, müssen die Grünlandflächenanteile, die mindestens drei und mehr Schnitte zulassen, geschätzt werden. In Anlehnung an TAUBE et al. (71, S. 9) und HARTMANN (23) wird deshalb angenommen, dass ungefähr 50 Prozent der (regionalen) Grünlandflächen das Potenzial für eine solche intensivierete Nutzung aufweisen. Bei der Berechnung des N-Anfalls je Hektar wird daher für diesen Teil der Grünlandflächen eine Ausbringungsmenge von 230 kg N/ha angenommen. Erst wenn deren Aufnahmekapazität erreicht ist, findet die Zuteilung der restlichen N-Mengen auf den Teil der LF_{eff} statt, der von der Derogationsregelung ausgeschlossen ist (nachfolgend als " $LF_{\text{eff},D.50\%}$ " bezeichnet).

Im Kontext der 250 kg-N-Ausbringungsobergrenze wird der Umfang der Flächen, für die diese erhöhte Ausbringungsmenge in Anspruch genommen werden könnte, auf Grundlage des theoretischen Substratbedarfs der Anlagen und dem damit zusammenhängenden Energiepflanzenanbau berechnet. Dabei wurde folgende Vorgehensweise gewählt: Zunächst wurde für jede Gemeinde in Abhängigkeit von den kW_{el} der Biogasanlagen oder der stündlichen Biomethanaufbereitungsleistung (m^3 pro Stunde) der Biomethananlagen ein jährlicher Substratbedarf für jede in Tabelle 2 enthaltene pflanzliche Substratkomponente ermittelt, die auf Acker- oder Grünlandflächen angebaut werden. Anschließend wurde unter Zuhilfenahme durchschnittlicher Ertragsdaten der Regionalstatistik (62) sowie unter Annahme von zwölf Prozent Silier- und Lagerverlusten (36, S. 331) für jede Gemeinde und Substratkomponente ein jährlicher Anbauflächenbedarf je kW_{el} und je stündlicher Biomethanaufbereitungsleistung (m^3/h) errechnet. Da die Ertragsdaten der Regionalstatistik lediglich auf Landkreisebene zur Verfügung stehen, wurde vereinfachend angenommen, dass alle Gemeinden innerhalb eines Landkreises ein identisches Ertragsniveau erzielen und somit je kW_{el} oder m^3 pro Stunde der Biogas- und Biomethananlagen den gleichen Flächenbedarf aufweisen.

Da für Grassilage, Getreide-Ganzpflanzsilage (GPS) und zum Teil auch für Zuckerrüben keine regionalen Ertragsdaten vorliegen, wurde für die drei Komponenten der Substratationen der Biogas- und Biomethananlagen folgende Berechnungsmethode gewählt: Der GPS-Ertrag wurde auf Grundlage der ausgewiesenen Kornerträge für Winterweizen sowie mit Hilfe eines unterstellten Korn-Stroh-Verhältnis von 1 : 0,8 errechnet (41, S. 2). Für Grassilage wurde für alle Regionen ein einheitlicher Ertrag in Höhe von 81 dt Trockenmasse (TM) oder 231 dt Frischmasse (bei 35 Prozent Trockensubstanz; vgl. KTBL (37, S. 141)) angenommen (67). Im Fall von fehlenden Zuckerrüben-ertragsdaten wurde die Annahme getroffen, dass der theoretische Substratbedarf an Zuckerrüben durch die Menge an Silomais ersetzt wird, die zum gleichen Biogasertrag führt. Mit Hilfe dieser Vorgehensweise kann für jede Substratkomponente ein jährlicher Anbauflächenbedarf ausgewiesen werden. Für diese Anbaufläche wird anschließend eine Ausbringungsmenge von 250 kg N/ha angenommen. Dabei wird unterstellt, dass auf 100 Prozent der Substratanbauflächen eine Ausbringungsmenge von 250 kg N/ha möglich ist, wohl wissend, dass diese Ausbringungshöhe nur bei einem entsprechenden N-Bedarf gerechtfertigt ist (Kapitel 2.4). Mit Hilfe dieser Vorgehensweise soll der maximal mögliche Effekt eine 250 kg-Ausbringungsobergrenze für Substratanbauflächen aufgezeigt werden. Entsprechend der Vorgehensweise zur Berücksichtigung der Derogation findet eine Zuteilung der N-Mengen auf die restliche LF_{eff} einer Gemeinde (nachfolgend als $LF_{\text{eff,BG}}$) erst dann statt, wenn die Aufnahmekapazität der Substratanbauflächen erreicht ist.

4 Ergebnisse zu den N-Nährstoffströmen im Kontext der DüV

Die folgenden Darstellungen zeigen die Ergebnisse bezüglich der Analysen des regionalen N-Anfalls aus Wirtschaftsdüngern. Da für Rheinland-Pfalz, Bremen, Berlin sowie einzelne Gemeinden in anderen Bundesländern aus datenschutzrechtlichen Gründen keine Informationen vorliegen, sind diese Regionen von den folgenden Ausführungen ausgeschlossen. Diese Regionen sind jedoch für die wesentlichen Aussagen dieser Analysen von geringer Bedeutung.

4.1 Ergebnisse bezüglich des regionalen N-Anfalls aus Wirtschaftsdüngern

Abbildung 1 zeigt links den gemäß § 4 Abs. 3 DüV anzurechnenden N-Anfall aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft. Regionale Schwerpunkte eines verstärkten N-Anfalls zeigen sich insbesondere im Nordwesten Deutschlands sowie im Allgäu und Voralpenland. Vereinzelt lassen sich aufgrund von größeren Tierhaltungsbetrieben in Ostdeutschland Gemeinden mit einem erhöhten Wirtschaftsdüngeraufkommen erkennen.

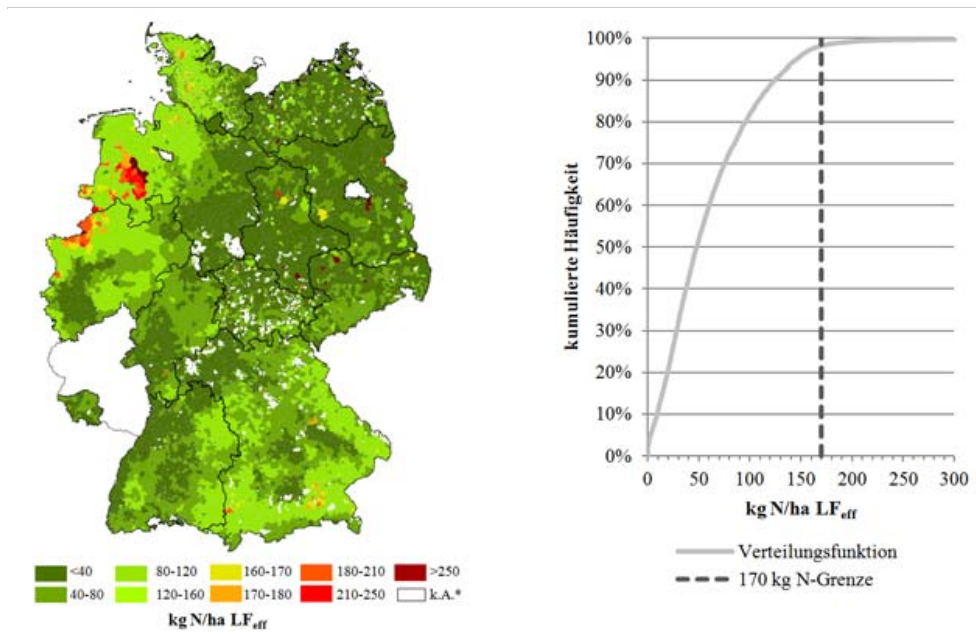


Abbildung 1: Regionaler Anfall an anzurechnendem Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft in Kilogramm N/ha LF_{eff} im Jahr 2010 auf Gemeindeebene (links) sowie die Verteilungsfunktion des Anfalls an anzurechnendem Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft auf Gemeindeebene (rechts)

Quelle: eigene Darstellung

Anmerkung: Für Rheinland-Pfalz, Bremen, Berlin und einzelne Gemeinden liegen aus datenschutzrechtlichen Gründen keine Informationen vor.

Wie dem rechten Teil der Abbildung außerdem zu entnehmen ist, sind insgesamt etwa 1,9 Prozent der Gemeinden durch einen N-Anfall tierischer Herkunft von über 170 kg N/ha LF_{eff} gekennzeichnet. Unter Beachtung der LF_{eff} der betroffenen Gemeinden, ergibt sich daraus eine überschüssige N-Menge von rund 14 Millionen Kilogramm. Unter Berücksichtigung der 170 kg N-Grenze entspricht dies einem Flächenbedarf zur ordnungsgemäßen Wirtschaftsdüngerverbringung von ungefähr 82.000 Hektar LF. Bei dieser Kalkulation wird davon ausgegangen, dass Nährstoffe erst dann als überschüssig bezeichnet werden und demzufolge aus der Gemeinde exportiert werden müssen, wenn die 170 kg N-Grenze im Gemeindedurchschnitt überschritten ist. Dabei handelt es sich um eine optimistische Annahme, da die N-Mengen in der Regel nicht gleichmäßig über LF_{eff} einer Gemeinde anfallen. Sie ist deshalb als eine Mindestmenge zu verstehen, die exportiert werden muss, damit der Gemeindedurchschnitt die Vorgaben der DüV einhält. Rund elf Prozent der Gemeinden weisen einen sehr niedrigen N-Anfall von unter 10 N/ha LF_{eff} auf.

Für den Fall, dass die Ausbringungsobergrenze von 170 kg N/ha auf alle organischen Düngemittel ausgeweitet werden sollte, gewinnt das regionale N-Aufkommen aus Gärresten zum Teil erheblich an Bedeutung. Abbildung 2 zeigt deshalb links den anzurechnenden N-Anfall aus Gärresten pflanzlicher Herkunft und rechts den gesamten anzurechnenden N-Anfall aus Wirtschaftsdüngern sowohl tierischer Herkunft als auch Gärresten pflanzlicher Herkunft. Unter Berücksichtigung der für Abbildung 1 genutzten Daten lässt sich erkennen, dass ein beachtlicher Teil der Gärrestmengen in Regionen anfällt, die bereits durch ein großes Wirtschaftsdüngeraufkommen aus der Tierhaltung gekennzeichnet sind.

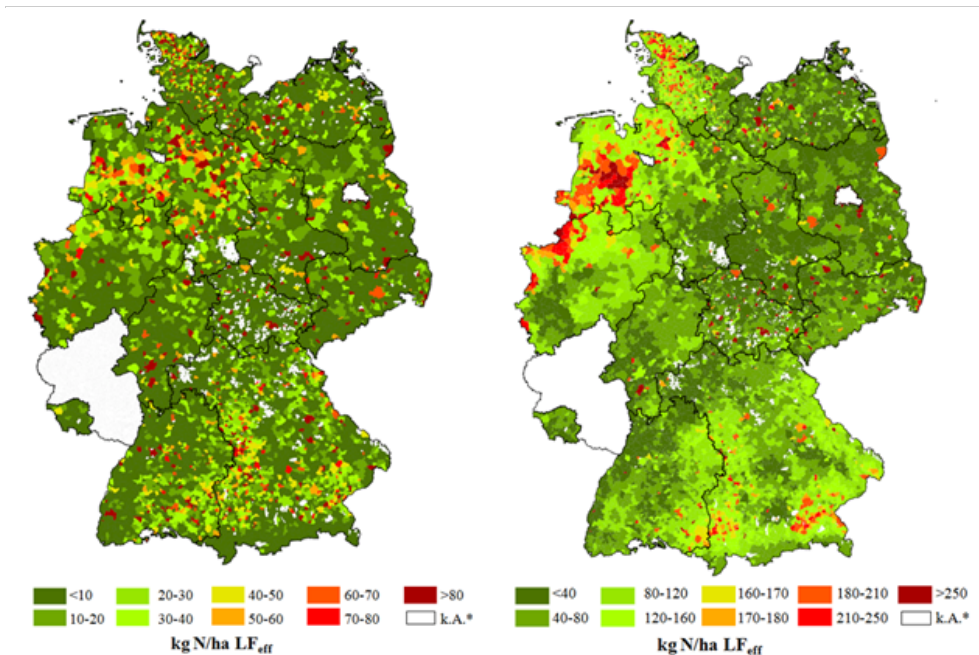


Abbildung 2: Regionaler Anfall an anzurechnendem Stickstoff aus Gärresten pflanzlicher Herkunft auf Gemeindeebene in kg N/ha LF_{eff} im Jahr 2011 (links) sowie regionaler Anfall an anzurechnendem Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Gärresten pflanzlicher Herkunft auf Gemeindeebene in kg N/ha LF_{eff} im Jahr 2010 und 2011 (rechts)

Quelle: eigene Darstellung

Anmerkung: Für Rheinland-Pfalz, Bremen, Berlin und einzelne Gemeinden liegen aus datenschutzrechtlichen Gründen keine Informationen vor.

Um die regionalen Unterschiede zwischen einer Anrechnung von Gärresten pflanzlicher Herkunft und den gegenwärtigen ordnungsrechtlichen Vorgaben noch deutlicher herauszustellen, beinhaltet Abbildung 3 auf der linken Seite braun dargestellt die Gemeinde, die durch einen regionalen Anfall an Wirtschaftsdünger-N tierischer Herkunft von über 170 kg N/ha gekennzeichnet sind, und grün dargestellt alle die Gemeinden, die bei einer Berücksichtigung von Gärresten pflanzlicher Herkunft zusätzlich diesen Schwellenwert überschreiten würden. Außerdem zeigt der rechte Teil der Abbildung diesen Sachverhalt in Form eines Histogramms. Darin enthalten ist der relative Anteil der Gemeinden, die einen Anfall von Wirtschaftsdünger-N von über 170 kg N/ha aufweisen. Während es nach aktuell gültiger DüV etwa 1,9 Prozent der Gemeinden den Schwellenwert von 170 kg N/ha LF_{eff} überschreiten, so wären es bei einer Anrechnung von Gärresten pflanzlicher Herkunft 6,6 Prozent.

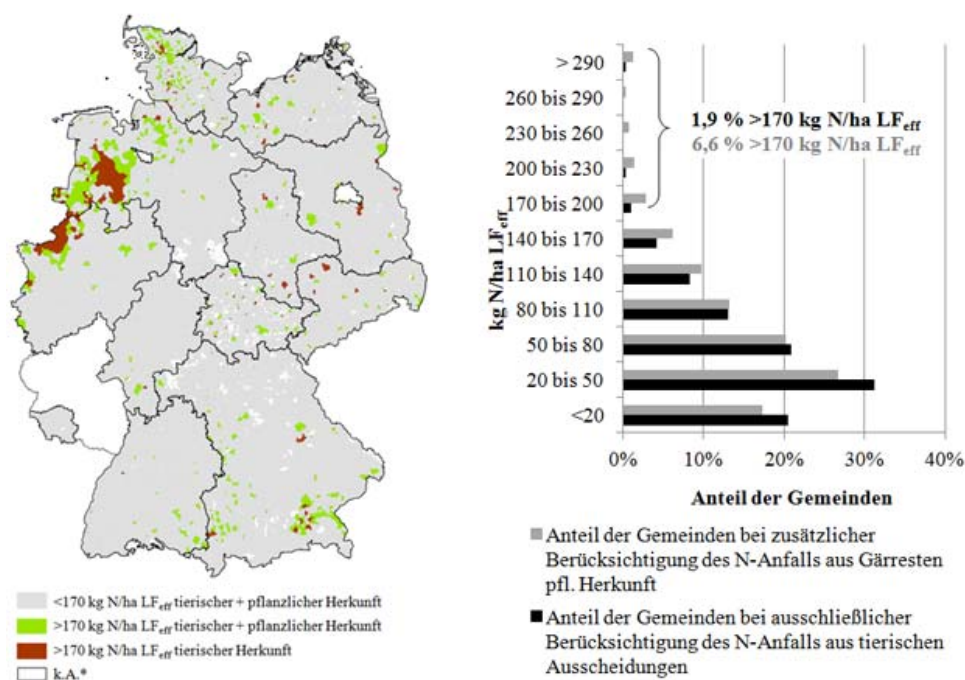


Abbildung 3: Gemeinden, die mit oder ohne Berücksichtigung von Gärresten pflanzlicher Herkunft durch einen regionalen Anfall an Wirtschaftsdünger-N von über oder unter 170 kg N/ha LF_{eff} gekennzeichnet sind (links) sowie Häufigkeitsverteilung des anzurechnenden N-Anfalls aus Wirtschaftsdüngern dieser Gemeinden mit und ohne Berücksichtigung von Gärresten pflanzlicher Herkunft (rechts)

Quelle: eigene Darstellung

Anmerkung: Für Rheinland-Pfalz, Bremen, Berlin und einzelne Gemeinden liegen aus datenschutzrechtlichen Gründen keine Informationen vor.

Unter Berücksichtigung der LF_{eff} der entsprechenden Gemeinden induziert die Berücksichtigung der Gärreste pflanzlicher Herkunft einen Anstieg des rechnerischen Stickstoffüberschusses in Deutschland von ungefähr 14 auf rund 51 Millionen Kilogramm. Das bedeutet, dass unter Berücksichtigung der bereits zuvor genannten 82.000 Hektar ein zusätzlicher Flächenbedarf zur Verbringung der überschüssigen N-Mengen von mindestens 220.000 Hektar LF entsteht. In der Summe wird demnach eine Gesamtfläche von mindestens 300.000 Hektar LF zur ordnungsgemäßen Verbringung der überschüssigen N-Menge benötigt. Dies entspricht in etwa der 4-fachen LF des Saarlandes (66, S. 25). Da allerdings davon auszugehen ist, dass zur Verbringung der überschüssigen N-Mengen nicht die gesamte LF_{eff} zur Verfügung steht (71, S. 9) und die durchschnittliche N-Nährstoffapplikation auf dem Großteil der Ausbringungsflächen der Gemeinden weniger als 170 kg N/ha beträgt, ergibt sich in der Praxis ein tatsächlicher Flächenbedarf, der unter Umständen deutlich über den zuvor genannten 300.000 Hektar LF liegt.

Anhand von Abbildung 2 und 3 lässt sich erkennen, dass von den regionalen N-Überschüssen insbesondere die Bundesländer Bayern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein betroffen sind. Deshalb beinhaltet Tabelle 3 die Summe der überschüssigen N-Mengen auf Gemeindeebene für diese vier Bundesländer sowie die Mindestfläche (MF), die zur Verbringung der überschüssigen N-Mengen bei der Ausbringobergrenze von 170 kg/ha LF erforderlich ist. Dabei wird deutlich, dass Niedersachsen am stärksten betroffen ist.

Tabelle 3: Überschüssige Wirtschaftsdünger-N-Mengen und dafür erforderliche Verbringungsflächen in einzelnen Bundesländern

| Bundesland | Überschüssiger N tierischer Herkunft auf Gemeindeebene (in kg N) | Überschüssiger N tierischer Herkunft und Gärreste pflanzlicher Herkunft auf Gemeindeebene (in kg N) | Mindestfläche zur Verbringung der überschüssigen N-Mengen bei 170 kg N/ha (in ha) | Landwirtschaftliche Fläche je Bundesland (in ha) | Anteil Mindestfläche an landwirtschaftlicher Fläche (in Prozent) |
|---------------------|--|---|---|--|--|
| Bayern | 283.514 | 4.585.129 | 26.971 | 3.115.141 | 0,9 |
| Niedersachsen | 8.725.960 | 22.841.130 | 134.360 | 2.548.047 | 5,2 |
| Nordrhein-Westfalen | 1.803.158 | 6.694.284 | 39.378 | 1.449.860 | 2,7 |
| Schleswig-Holstein | 317.187 | 6.369.013 | 37.465 | 979.361 | 3,8 |
| Summe | 11.129.819 | 40.489.557 | 238.174 | 8.092.409 | |

Quelle: eigene Berechnungen und Statistisches Bundesamt (66, S. 23)

4.2 Ergebnisse bezüglich des regionalen N-Anfalls aus Wirtschaftsdüngern unter Berücksichtigung der Derogation

Basieren die bisherigen Darstellungen und Kalkulation auf der Annahme, dass sowohl für Ackerland als auch für Grünland die gleichen Ausbringungsobergrenzen für Wirtschaftsdünger-N gelten, so sollen im Folgenden die Auswirkungen auf die Nährstoffflüsse betrachtet werden, wenn auf 50 Prozent der Grünlandfläche einer Gemeinde eine Ausbringmenge von 230 kg N/ha möglich wäre. Entsprechend den Ausführungen in Kapitel 3 beziehen sich die nachfolgend dargestellten Abbildungen hauptsächlich auf die $LF_{eff,D,50\%}$ der Gemeinden.

Abbildung 4 beinhaltet in diesem Kontext den N-Anfall aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Gärresten pflanzlicher Herkunft je Hektar $LF_{eff,D,50\%}$.

Bei der Gegenüberstellung von Abbildung 4 (links) und Abbildung 2 (rechts) lässt sich erkennen, dass die erhöhte Ausbringungsobergrenze für Wirtschaftsdünger auf 50 Prozent der Grünlandflächen zumindest teilweise zu einer Reduzierung der regionalen N-Überschüsse führen kann. Während bei einer Berücksichtigung der Gärreste pflanzlicher Herkunft ohne Derogation etwa 6,6 Prozent der Gemeinden den Schwellenwert von 170 kg N/ha LF_{eff} überschreiten, so sind es in dem beschriebenen Szenario mit Derogation ungefähr 5,3 Prozent (Abbildung 4 rechts). Dadurch sinkt der rechnerische N-Überschuss auf rund 44 Millionen Kilogramm und es verringert sich der erforderliche Flächenbedarf zur Verbringung der überschüssigen N-Mengen auf insgesamt etwa 255.000 Hektar. Diese Wirkungsweise wäre insbesondere dann zutreffend, wenn die Derogation auch im Zusammenhang mit Gärresten, und nicht allein für Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft maßgeblich wäre.

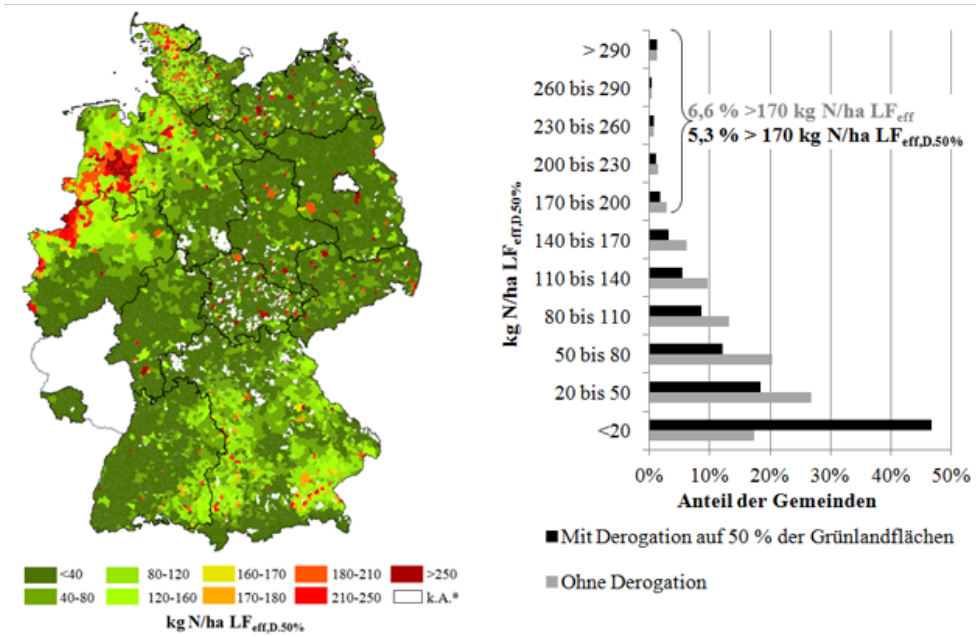


Abbildung 4: Regionaler Anfall an anzurechnendem Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Gärresten pflanzlicher Herkunft auf Gemeindeebene in kg N/ha LF_{eff,D.50%} in 2010 und 2011 (links) sowie Häufigkeitsverteilung des anzurechnenden N-Anfalls aus Wirtschaftsdüngern dieser Gemeinden mit und ohne Berücksichtigung einer Derogation für 50 Prozent der Grünlandflächen (rechts)

Quelle: eigene Darstellung

Anmerkung: Für Rheinland-Pfalz, Bremen, Berlin und einzelne Gemeinden liegen aus datenschutzrechtlichen Gründen keine Informationen vor.

Wie Abbildung 5 zu entnehmen ist, ist der Effekt der Derogation umso größer, desto höher der Grünlandflächenanteil der jeweiligen Region ist. Auf der linken Seite dieser Abbildung sind alle die Gemeinden blau dargestellt, bei denen die erhöhte Ausbringungsobergrenze von 230 kg N/ha auf Grünlandflächen zu einer Unterschreitung des Schwellenwertes von 170 kg N/ha LF_{eff,D.50%} führen würde. Diese Gemeinden befinden sich hauptsächlich im Norden von Niedersachsen sowie im Süden Bayerns, allesamt Regionen mit bedeutenden Grünlandflächenanteilen (rechter Teil der Abbildung). Im Umkehrschluss bedeutet diese Erkenntnis allerdings auch, dass eine Derogation kaum Abhilfe in N-Überschussregionen schafft, die durch niedrige Grünlandflächenanteile charakterisiert sind (Abbildung 5 rechts). Deshalb offenbaren die in Abbildung 5 (links) rot dargestellten Gemeinden unabhängig von einer Derogation einen regionalen Anfall an Wirtschaftsdünger-N (inklusive Gärrest pflanzlicher Herkunft) von über 170 kg N/ha LF_{eff} oder LF_{eff,D.50%}. Die Gemeinden sind insbesondere in den veredlungsintensiven Regionen Niedersachsens (Weser-Ems) sowie im Münsterland in Nordrhein-Westfalen lokalisiert.

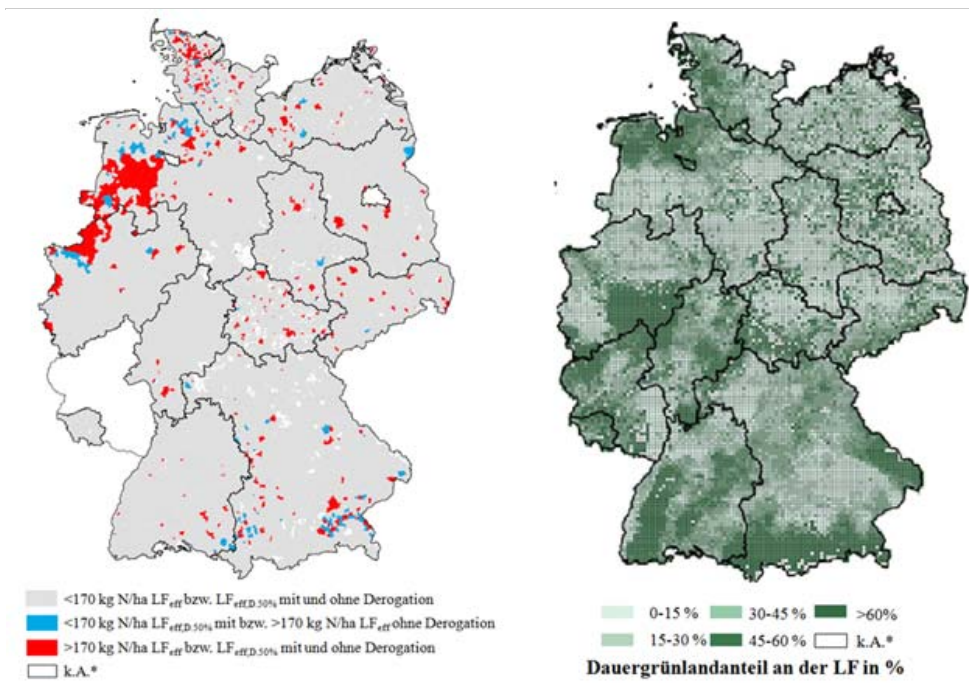


Abbildung 5: Gemeinden, die mit oder ohne Berücksichtigung einer Derogation auf 50 Prozent der Grünlandflächen durch einen regionalen Anfall an Wirtschaftsdünger-N von über oder unter $170 \text{ kg N/ha LF}_{\text{eff},D.50\%}$ gekennzeichnet sind (links) und der Anteil der Dauergrünlandfläche an der LF im Jahr 2010 in einem 5 km-Raster (rechts)

Quelle: links: eigene Darstellung; rechts: Modifizierte Darstellung nach Statistische Ämter des Bundes und der Länder (63)

Anmerkung: Für Rheinland-Pfalz, Bremen, Berlin und einzelne Gemeinden liegen aus datenschutzrechtlichen Gründen zum Teil keine Informationen vor.

4.3 Ergebnisse bezüglich des regionalen N-Anfalls aus Wirtschaftsdüngern unter Berücksichtigung einer 250 kg N-Ausbringungsobergrenze für Biogasflächen

Entsprechend den obigen Ausführungen zur Derogation sollen im Folgenden die Auswirkungen betrachtet werden, wenn auf Flächen, die zur Substraterzeugung für Biogasanlagen angebaut werden, eine Ausbringungsmenge von 250 kg N/ha möglich wäre. Gemäß den Darstellungen in Kapitel 3 beziehen sich die nachfolgend thematisierten Abbildungen hauptsächlich auf die $LF_{\text{eff},BG}$ der Gemeinden. Abbildung 6 beinhaltet in diesem Zusammenhang den N-Anfall aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Gärresten pflanzlicher Herkunft je Hektar $LF_{\text{eff},BG}$. Eine zulässige Ausbringungsmenge von 250 kg N/ha auf Substratanbauflächen würde dazu führen, dass der Anteil der Gemeinden, die im Gemeindedurchschnitt die 170 kg N -Grenze je Hektar LF_{eff} oder $LF_{\text{eff},BG}$ überschreiten, von 6,6 auf 4,5 Prozent sinkt.

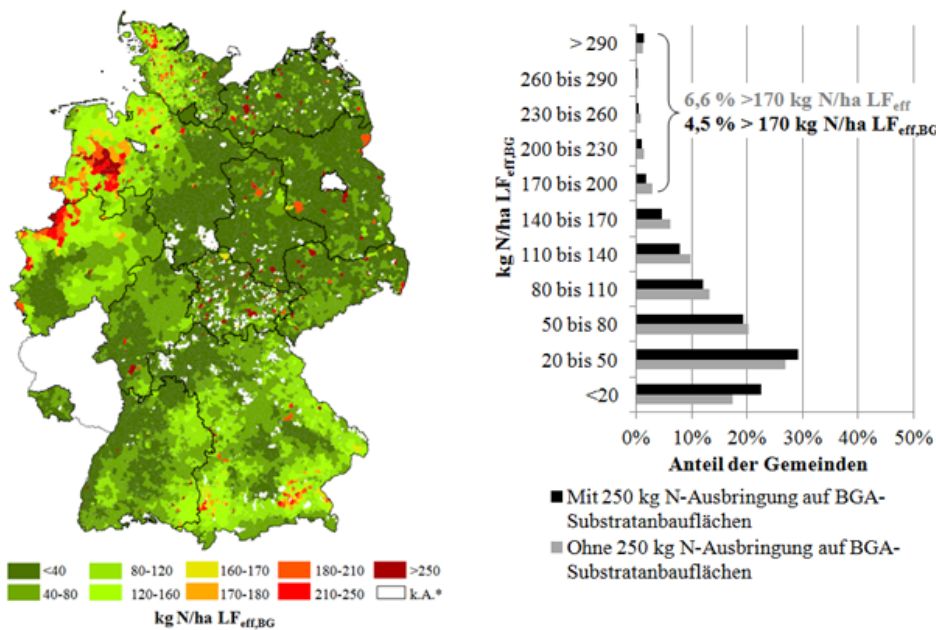


Abbildung 6: Regionaler Anfall an anzurechnendem Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Gärresten pflanzlicher Herkunft auf Gemeindeebene in $\text{kg N/ha LF}_{\text{eff},BG}$ in 2010 und 2011 (links) sowie Häufigkeitsverteilung des anzurechnenden N-Anfalls aus Wirtschaftsdüngern dieser Gemeinden mit und ohne Berücksichtigung einer 250 kg N -Ausbringung auf Substratanbauflächen (rechts)

Quelle: eigene Darstellung

Anmerkung: Für Rheinland-Pfalz, Bremen, Berlin und einzelne Gemeinden liegen aus datenschutzrechtlichen Gründen keine Informationen vor.

Noch deutlicher als beim Anteil der Gemeinden zeigt sich jedoch beim rechnerischen N-Überschuss, welchen Effekt eine solche Vorgehensweise hätte. Während bei einer Ausbringungsobergrenze von ausschließlich 170 kg N/ha der rechnerische N-Überschuss bei der Berücksichtigung von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Gärresten pflanzlicher Herkunft bei ungefähr 51 Millionen Kilogramm Stickstoff liegt, so geht er bei Anwendung der 250 kg N -Ausbringungsobergrenze für die entsprechenden Flächen auf etwa 29 Millionen Kilogramm zurück. Dadurch sinkt der erforderlich Flächenbedarf zur Verbringung der überschüssigen Wirtschaftsdüermengen auf rund 170.000 Hektar.

Die erhöhte Ausbringungsobergrenze für Biogasflächen hat demnach einen größeren Effekt auf die N-Überschüsse als die in Kapitel 4.2 thematisierte Derogation auf 50 Prozent des Grünlandes. Der Grund dafür ist, dass die 250 kg N -Regelung sowohl für Ackerland als auch Grünland gelten würde und sich somit ihr Effekt nicht wie bei der Derogation vom Grünlandflächenanteil abhängig ist. Um den Effekt dieser Ausnahmeregelung im Hinblick auf die 170 kg N -Grenze noch deutlicher herauszustellen, sind in Abbildung 7 alle Gemeinden blau dargestellt, bei denen die erhöhte Ausbringungsobergrenze von 250 kg N/ha auf Substratanbauflächen zu einer Unterschreitung des Schwellenwertes von $170 \text{ kg N/ha LF}_{\text{eff},BG}$ führen würde, sowie rot dargestellt alle die Gemeinden, die unabhängig von einer erhöhten Ausbringungsobergrenze auf Substratanbauflächen durch einen regionalen Anfall an Wirtschaftsdünger-N (inklusive Gärrest pflanzlicher Herkunft) von über $170 \text{ kg N/ha LF}_{\text{eff}}$ oder $LF_{\text{eff},BG}$ charakterisiert sind.

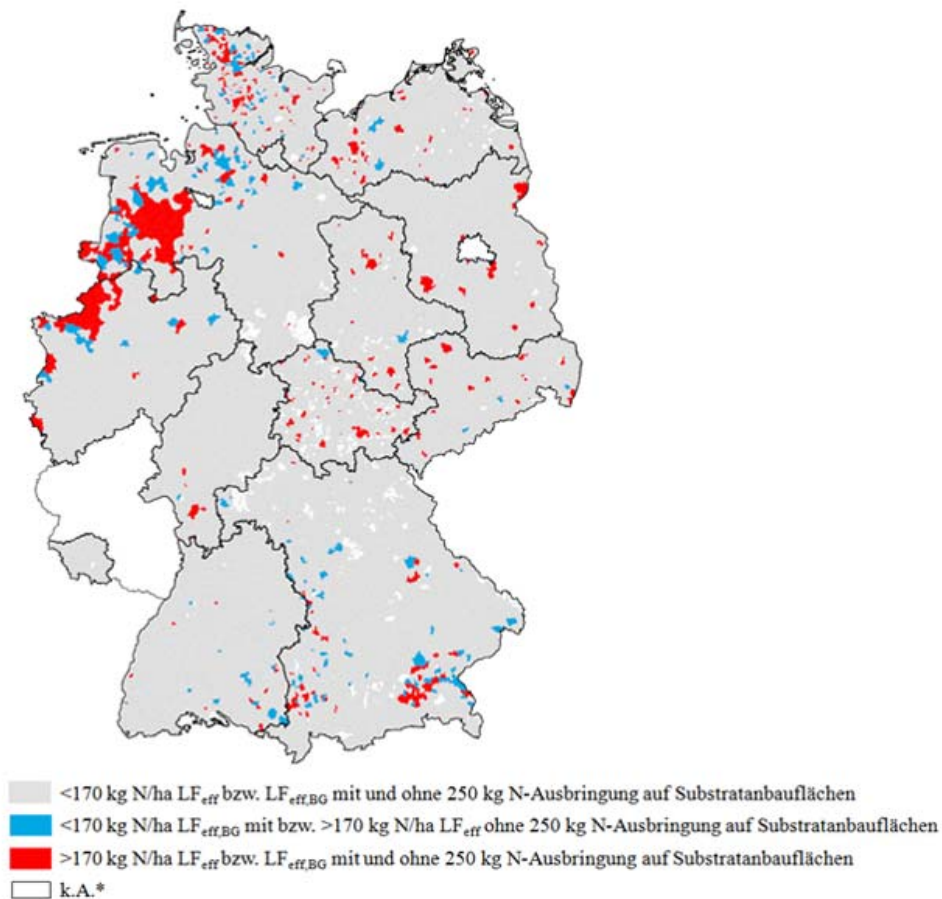


Abbildung 7: Gemeinden, die mit oder ohne Berücksichtigung einer 250 kg N-Ausbringung auf Substratanbauflächen durch einen regionalen Anfall an Wirtschaftsdünger-N von über oder unter $170 \text{ kg N/ha LF}_{\text{eff}}$ oder $LF_{\text{eff,BG}}$ gekennzeichnet sind

Quelle: eigene Darstellung

Anmerkung: Für Rheinland-Pfalz, Bremen, Berlin und einzelne Gemeinden liegen aus datenschutzrechtlichen Gründen keine Informationen vor.

Nachdem in den obigen Ausführungen die Wirkungen der Derogation sowie der 250 kg N-Ausbringungsobergrenze für Biogassubstratflächen getrennt voneinander betrachtet wurden, so soll im Folgenden dargestellt werden, welcher Effekt zu erwarten wäre, wenn beide Ausnahmeregelungen angewendet werden können. Abbildung 8 zeigt auf der linken Seite den N-Anfall aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Gärresten pflanzlicher Herkunft je Hektar $LF_{\text{eff,D.50\%+BG}}$ sowie auf der rechten Seite das entsprechende Histogramm. Anhand von Abbildung 8 lässt sich erkennen, dass durch eine Kombination der Derogation und der 250 kg N-Regelung der größte Effekt auf die regionalen N-Überschüsse zu erzielen ist. Der Anteil der Gemeinden, die im Gemeindedurchschnitt die $170 \text{ kg N/ha LF}_{\text{eff}}$ oder $LF_{\text{eff,D.50\%+BG}}$ überschreiten, beträgt in diesem Szenario 3,7 Prozent. Gegenüber dem Szenario ohne Derogation und ohne 250 kg N-Regelung für Substratanbauflächen (Abbildung 2) sinkt der Anteil dieser Gemeinden um fast 50 Prozent. Dementsprechend sinkt auch der rechnerische N-Überschuss aller Gemeinden auf etwa 25,5 Millionen Kilogramm und der erforderliche Flächenbedarf zur Verbringung der überschüssigen Wirtschaftsdüngermengen sinkt auf rund 150.000 Hektar.

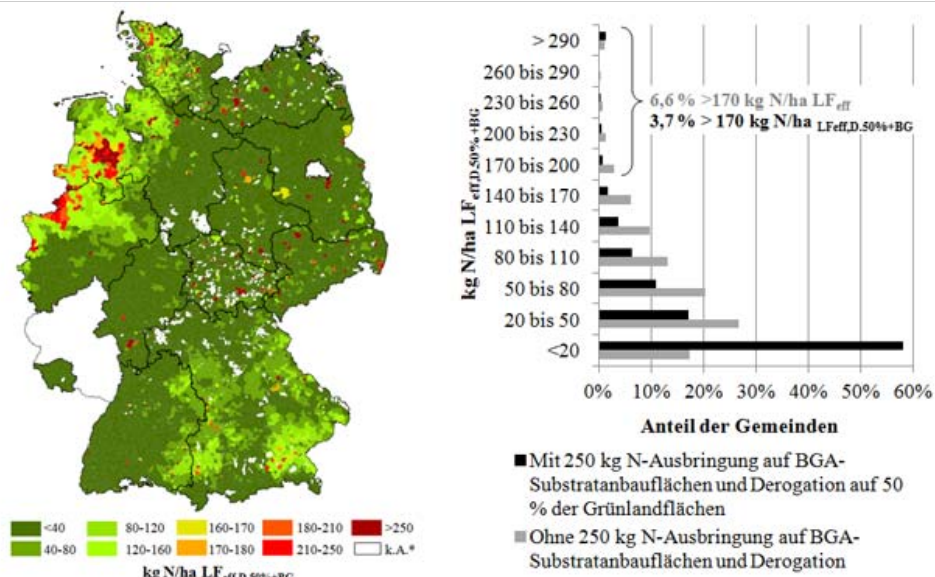


Abbildung 8: Regionaler Anfall an anzurechnendem Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Gärresten pflanzlicher Herkunft auf Gemeindeebene in $\text{kg N/ha LF}_{\text{eff,D.50\%+BG}}$ in 2010 und 2011 (links) sowie Häufigkeitsverteilung des anzurechnenden N-Anfalls aus Wirtschaftsdüngern dieser Gemeinden mit und ohne Berücksichtigung einer Derogation auf 50 Prozent der Grünlandflächen und einer 250 kg N-Ausbringung auf Substratanbauflächen (rechts).

Quelle: eigene Darstellung

Anmerkung: Für Rheinland-Pfalz, Bremen, Berlin und einzelne Gemeinden liegen aus datenschutzrechtlichen Gründen keine Informationen vor.

4.4 Betriebswirtschaftliche Wirkungen veränderter N-Ausbringungsobergrenzen für die Verwertung von Wirtschaftsdüngern

Nachdem in dem zurückliegenden Kapitel der regionale N-Anfall sowie die Auswirkungen von erhöhten Ausbringungsobergrenzen für einzelne Flächennutzungen und Betriebsformen thematisiert wurde, wird im Folgenden aufgeführt, welche Auswirkungen die Derogation für Grünlandflächen oder eine 250 kg N-Regelung für den Biomasseanbau zur energetischen Verwertung in Biogasanlagen auf die Kostenstruktur auf einzelbetrieblicher Ebene haben könnten. Dabei liegt der Fokus zunächst auf der 250 kg N-Ausbringungsobergrenze.

Mit Hilfe der in Kapitel 3 erläuterten Methodik zur Berechnung des Substratflächenbedarfs konnte ermittelt werden, dass je kW_{el} von Biogasanlagen eine Anbaufläche von durchschnittlich 0,42 Hektar Substratfläche (SF) benötigt wird. Unter Berücksichtigung der in Tabelle 2 dargestellten Gärsubstratzusammensetzung resultiert daraus ein anzurechnender N-Anfall aus Gärresten pflanzlicher Herkunft von ungefähr $77 \text{ kg N/kW}_{\text{el}}$ oder 182 kg N/ha SF . Das bedeutet, dass bereits bei ausschließlicher Berücksichtigung des pflanzlichen Anteils der Gärreste die 170 kg N-Grenze je Hektar SF überschritten wird. Unter zusätzlicher Berücksichtigung des tierischen Anteils im Gärrest (etwa $50 \text{ kg N/kW}_{\text{el}}$ oder 120 kg N/ha SF) steigt der gesamte anzurechnende N-Anfall aus Gärresten tierischer und pflanzlicher Herkunft auf durchschnittlich ungefähr $127 \text{ kg N/kW}_{\text{el}}$ oder 300 kg N/ha SF . Für den Fall, dass zukünftig der pflanzliche Anteil der Gärreste auf die 170 kg N-Grenze anzurechnen ist, müssten etwa 130 kg N/ha SF oder im Falle einer 250 kg N-Ausbringungsobergrenze etwa 50 kg N/ha SF aus dem Nährstoffkreislauf "BGA↔Substratfläche" exportiert werden, um die Vorgaben der DüV im Gemeindedurchschnitt einzuhalten.

Dies kann entweder über eine überbetriebliche Wirtschaftsdüngerverwertung sichergestellt werden oder, so weit möglich, über die Vergrößerung der Ausbringungsfläche, die die SF übersteigt. Regionen mit intensiver Tierhaltung und/oder Biogasproduktion weisen allerdings aufgrund der bereits angespannten Nährstoffsituation oft keine ausreichenden Flächenkapazitäten auf, die eine ordnungsgemäße Verwertung zulassen würden (Abbildung 2). Deshalb dürfte insbesondere in den intensiven Tierhaltungs-/Biogasregionen der überbetrieblichen Wirtschaftsdüngerverwertung, zum Beispiel mit Hilfe von Nährstoffbörsen, die größte Bedeutung zukommen. Nach Auskunft einiger Nährstoffbörsen in nährstoffintensiven Regionen Deutschlands ist im Falle der Anrechnung von Gärresten pflanzlicher Herkunft auf die Ausbringungsobergrenze je nach Wirtschaftsdüngerart, Jahreszeit und Transportentfernung bei einer überbetrieblichen Verwertung mit Hilfe von Dienstleistungsunternehmen von Kosten zwischen 5 und 20 Euro je m^3 auszugehen. Auf dieser Grundlage zeigt Abbildung 9 die Verbringungskosten je kW_{el} , die unter der Annahme eines anzurechnenden N-Gehalt im Gärrest von 6 kg N/m^3 in Abhängigkeit verschiedener Verbringungskosten je m^3 sowie der zulässigen Ausbringungsobergrenze anfallen.

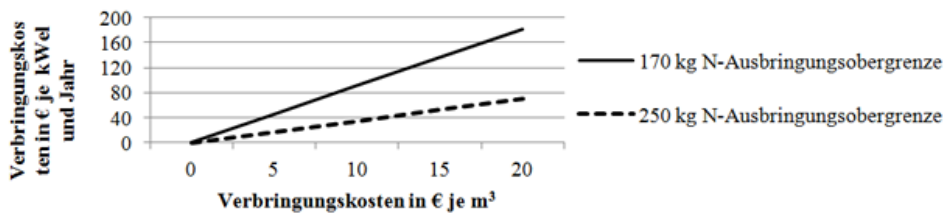


Abbildung 9: Verbringungskosten je kW_{el} in Abhängigkeit von der zulässigen N-Ausbringungsobergrenze je Hektar sowie den Kosten der Wirtschaftsdüngerverbringung je m³

Quelle: eigene Darstellung

Anhand von Abbildung 9 lässt sich erkennen, dass für die Biogaserzeugung zusätzliche Produktionskosten von bis zu 200 Euro pro kW_{el} anfallen können (die eingesparten Kosten der innerbetrieblichen Wirtschaftsdüngerausbringung sowie bei Bedarf anfallende Kosten für notwendige Mineraldüngerkäufe sowie Kosten der Mineraldüngerausbringung sind dabei nicht berücksichtigt). Außerdem lässt sich erkennen, dass eine Ausbringungsobergrenze von 250 kg N/ha zu einer Reduzierung der Verbringungskosten führen würde. In Abhängigkeit von den Verbringungskosten je m³ kann diese Reduzierung bis zu 100 Euro pro kW_{el} betragen.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den obigen Ausführungen um eine Durchschnittsbetrachtung auf Basis des in Kapitel 3 vorgestellten Datenmaterials handelt. Auf einzelbetrieblicher Ebene können die Ergebnisse in Abhängigkeit von der eingesetzten Substratration zum Teil deutlich davon abweichen. Dabei gilt, dass mit steigendem Gülleanteil im Substratmix der Nährstoffanfall je kW_{el} und je Hektar Substratanbaufläche (SF) ansteigt, da Gülle im Vergleich zu pflanzlichen Substraten nährstoffreich und energiearm ist.

Um diesen Sachverhalt zu verdeutlichen, beinhaltet Tabelle 4 den N-Anfall je kW_{el} für drei Modell-Biogasanlagen (A, B und C), die sich hinsichtlich des Gülleanteils unterscheiden (0, 30 und 50 Prozent) und für die vereinfachend angenommen wird, dass als Substratkomponenten ausschließlich Maissilage und Rindergülle zum Einsatz kommen.

Tabelle 4: N-Anfall und Verbringungskosten je kW_{el} in Abhängigkeit von den unterstellten Substratrationen von Biogasanlagen

| Biogasanlage | A | B | C |
|--|------|------|------|
| Anteil Gülle in der Substratration (Prozent) | 0 | 30 | 50 |
| Anteil Maissilage in der Substratration (Prozent) | 100 | 70 | 50 |
| Menge an Gülle (Tonne je kW _{el}) | 0 | 7,5 | 16,1 |
| Menge an Maissilage (Tonne je kW _{el}) | 18,6 | 17,4 | 16,1 |
| Benötigte SF bei 480 dt FM/ha Maisertrag und 12 Prozent Silier- und Lagerverlusten (Hektar pro kW _{el}) | 0,44 | 0,41 | 0,38 |
| Stickstoff-Anfall je kW _{el} (Kilogramm N pro kW _{el}) | 75 | 93 | 115 |
| Stickstoff-Anfall je ha SF (Kilogramm N pro ha SF) | 170 | 227 | 302 |
| zu exportierende Stickstoff-Menge je ha SF bei 170 kg N/ha (Kilogramm N pro ha SF) | 0 | 57 | 132 |
| zu exportierende Stickstoff-Menge je ha SF bei 250 kg N/ha (Kilogramm N pro ha SF) | 0 | 0 | 52 |
| Verbringungskosten bei 10 Euro pro m ³ und 170 kg N/ha und Nährstoffgehalt 6 kg N/m ³ (Euro pro kW _{el}) | 0 | 39 | 84 |
| Verbringungskosten bei 10 Euro pro m ³ und 250 kg N/ha und Nährstoffgehalt 6 kg N/m ³ (Euro pro kW _{el}) | 0 | 0 | 33 |

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von KTBL (35, S. 17ff und 37, S. 132ff), BiomasseV (93), LEL (40), Wendland (83, S. 4) sowie eigenen Annahmen

In Abhängigkeit von den einzelbetrieblichen Gegebenheiten können die Verbringungskosten auch Einfluss auf die Höhe des Pacht- und Kaufpreinsniveaus von landwirtschaftlicher Fläche in der jeweiligen Region haben. Denn Biogasbetriebe, die über keine ausreichenden Wirtschaftsdünger-Nachweisflächen verfügen, werden die Frage, ob es für sie vorzüglicher ist, Fläche zur Gärrestverbringung hinzu zu pachten oder den Wirtschaftsdünger überbetrieblich zu verwerten, unter anderem von der Höhe der jeweiligen Verbringungskosten abhängig

machen, sofern die jeweiligen Produktionsverfahren ausreichend erfolgreich sind, diese zusätzlichen Kosten zu kompensieren.

Neben der 250 kg N-Ausbringungsobergrenze soll im Folgenden die Derogation im Hinblick auf die Produktionskosten landwirtschaftlicher Betriebe betrachtet werden. Eine N-Ausbringungsmenge von 230 kg N/ha anstatt von 170 kg N/ha bedeutet, dass die maximal mögliche Ausbringungsmenge um etwa 35 Prozent je Hektar erhöht wird. Betriebe, die auf diese erhöhte Ausbringungsobergrenze angewiesen sind, sind im Falle einer geltenden Ausbringungsobergrenze von 170 kg N/ha dazu gezwungen, bei Bedarf mit Hilfe folgenden Anpassungsstrategien die Vorgaben der DüV einzuhalten:

- Flächenaufstockung um 35 Prozent,
- Verringerung des Nährstoffanfalls um 35 Prozent, zum Beispiel mit Hilfe von Viehbestandsabstockungen und
- überbetriebliche Wirtschaftsdüngerverwertung.

Da für die meisten Betriebe eine 35-prozentige Flächenaufstockung kurzfristig kaum zu realisieren ist und die Grenzerlöse bereits bestehender Betriebszweige, die mit dem Wirtschaftsdüngeranfall verbunden sind, in der Regel höher sind als die Kosten einer überbetrieblichen Wirtschaftsdüngerverbringung, werden im Folgenden lediglich die ökonomischen Auswirkungen letzterer Anpassungsmöglichkeit betrachtet. In diesem Kontext zeigt Abbildung 10 die zusätzlichen jährlichen Kosten der überbetrieblichen Wirtschaftsdüngerverbringung in Abhängigkeit von der einzelbetrieblich möglichen Derogationsfläche (DF) sowie in Abhängigkeit von den Kosten der Wirtschaftsdüngerverbringung je m³.

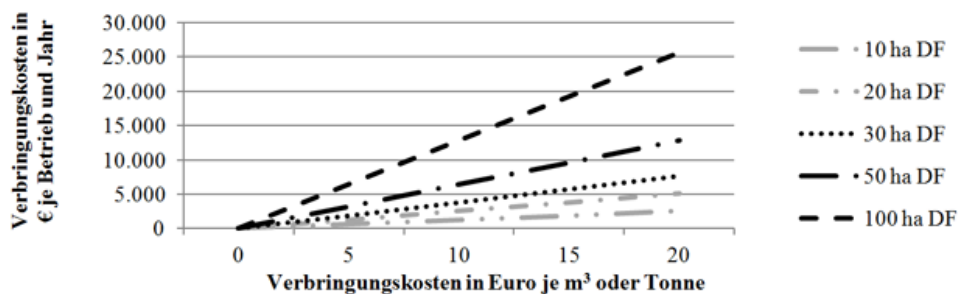


Abbildung 10: Verbringungskosten in Abhängigkeit von der möglichen Derogationsfläche (DF) eines Betriebes sowie der Verbringungskosten je m³Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von LEL (40), Anlage 5 und 6 DüV (92) sowie eigenen Annahmen

Im Jahr 2013 betrug die durchschnittliche Derogationsfläche der Betriebe, die von der Ausnahmeregelung Gebrauch machten, rund 30 Hektar. Werden für die überbetriebliche Wirtschaftsdüngerverbringung Grenzkosten in Höhe von zehn Euro pro m³ unterstellt, ermöglicht die Derogationsregelung Kosteneinsparung in Höhe von ungefähr 3.700 Euro pro Betrieb oder 125 Euro pro Hektar Derogationsfläche. Bei dieser Kalkulation wurden bei Bedarf anfallende Kosten für notwendige Minereraldüngerzukaufe sowie Kosten der Minereraldüngerausbringung nicht berücksichtigt. In Abhängigkeit von den einzelbetrieblichen Voraussetzungen können darüber hinaus Transaktionskosten anfallen, die sich aus der jährlichen Antragstellung ergeben. Im Kontext des möglichen einzelbetrieblichen Kosteneinsparungspotentials spielen diese Transaktionskosten allerdings eine untergeordnete Rolle.

5 Anpassungsstrategien und Fazit

Die Untersuchungen im Rahmen dieses Beitrags zeigen vor allem für den Nordwesten Deutschlands aber auch für einige Regionen im Allgäu sowie im Südosten Bayerns einen bedeutenden großräumlichen N-Anfall aus Wirtschaftsdüngern tierischer und pflanzlicher Herkunft. Eine zusätzliche Anrechnung von Gärresten pflanzlicher Herkunft auf die zulässige N-Ausbringungsobergrenze für organische Dünger führt zu einem beachtlichen zusätzlichen Flächenbedarf zur Wirtschaftsdüngerverbringung. Allerdings weisen Regionen mit intensiver Tierhaltung und/oder Biogasproduktion oft keine ausreichenden Flächenkapazitäten zur Wirtschaftsdüngerverbringung auf (Abbildung 2).

Als eine mögliche Anpassungsstrategie bleibt unter sonst gleichen Bedingungen der N-Export in andere oder Ackerbauregionen, die einen ausgeprägten N-Bedarf aufweisen. Daran ist allerdings zum einen die Notwendigkeit gekoppelt, die teilweise eingeschränkte Akzeptanz gegenüber dem Einsatz von organischen Düngern in Ackerbauregionen sowohl innerhalb als auch außerhalb des agrarischen Sektors nachhaltig zu verbessern (71, S. 12). Zum anderen kann diese Anpassungsstrategie mitunter durch einen erheblichen Kostenaufwand für die Betriebe verbunden sein.

Als eine weitere sinnvolle Anpassungsstrategie bleibt zumindest für Regionen, die durch bedeutende Grünlandflächenanteile gekennzeichnet sind, die Derogation für intensiv genutzte Grünlandflächen. Diese Ausnahmegenehmigung von der 170 kg N-Ausbringungsobergrenze kann für die entsprechenden Regionen als wirksames und sinnvolles Instrument verstanden werden, das sowohl zur Entlastung der einzelbetrieblichen als auch der regionalen N-Problematik führt, ohne dabei die Belange des Wasserschutzes außer Acht zu lassen. Allerdings ist momentan nicht absehbar, ob und wenn ja in welcher Form diese ordnungsrechtliche Ausnahmegenehmigung zukünftig wieder anwendbar sein wird. Außerdem induziert die Derogation keine Entlastung der N-Problematik in Regionen, die durch niedrige intensiv genutzte Grünlandflächenanteile gekennzeichnet sind.

Als mittel- und langfristige Anpassungsstrategie kann die Derogation deshalb aus derzeitiger Sicht nur bedingt verstanden werden. Das gleiche gilt für eine 250 kg N-Ausbringungsobergrenze für Substratanbauflächen. Diese aktuell diskutierte Vorgehensweise könnte im Vergleich zur Derogation zu einer stärkeren Verringerung der zu exportierenden N-Mengen aus nährstoffintensiven Regionen führen. Allerdings basiert dieser Effekt insbesondere auf der erhöhten Ausbringungsmenge auf Ackerflächen. Im Gegensatz zu intensiv genutzten

Grünlandflächen ist eine Ausbringungsmenge von 250 kg Wirtschaftsdünger-N auf Ackerflächen jedoch aus ökologischer und naturwissenschaftlich-technischer kritisch zu hinterfragen.

Sowohl vor dem Hintergrund einer zu novellierenden Düngeverordnung aber auch vor dem Hintergrund der EU-Wasserrahmenrichtlinie, gilt es deshalb insbesondere für nährstoffintensive Regionen weitere, ergänzende Anpassungsstrategien zu entwickeln. Um den zeitlichen Vorgaben seitens der EU-Wasserrahmenrichtlinie gerecht zu werden, sollte der Fokus dabei auf Maßnahmen liegen, mit Hilfe derer kurz- bis mittelfristig eine Entlastung der N-Problematik möglich ist. Aus derzeitiger Sicht fallen unter diese Kategorie von Anpassungsstrategien alle Maßnahmen, die

- den N-Anfall insbesondere aus der Tierhaltung verringern, zum Beispiel durch Abstockung oder mit Hilfe von N/P-reduzierten Fütterungsverfahren (71, S. 13),
- die Transportwürdigkeit der anfallenden Wirtschaftsdünger erhöhen, zum Beispiel durch Aufbereitung mittels Gülle-/Gärrest-Separierung (81, S. 5; 37, S. 236ff),
- die Transportkosten je m³ oder Tonne verringern. Einen ersten Ansatz bieten beispielsweise sogenannte "Twin-Auflieger" zur höheren Auslastung der Logistikkette. Dabei handelt es sich um Auflieger deren Laderaum so unterteilt ist, dass sie beim Hintransport Wirtschaftsdünger und beim Rücktransport Schüttgüter wie Getreide transportieren können (28).
- die N-Effizienz des Wirtschaftsdüngereinsatzes steigern, zum Beispiel durch optimierte Ausbringungstechniken oder Maßnahmen, durch die Mineraldünger mittels Wirtschaftsdünger substituiert wird, zum Beispiel Gülleunterfußdüngung zu Mais. Mehrjährige Versuche der LWK Niedersachsen (45, S. 31) zeigen, dass die Gülleunterfußdüngung zu Mais in der Lage ist, Mineraldünger vollständig zu ersetzen.

Mit Hilfe dieser Maßnahmen lässt sich die N-Problematik in den entsprechenden Regionen Deutschlands zumindest kurz- bis mittelfristig abmildern. Für eine langfristige Lösung ist es allerdings sinnvoll, dass Erweiterungen oder Neuinvestitionen im Bereich der Tierhaltung oder der Biogasproduktion vorwiegend in Regionen vorgenommen werden sollten, die durch geringe Nährstofffrachten gekennzeichnet sind.

Zusammenfassung

Eine deutschlandweite Analyse des regionalen Wirtschaftsdüngeranfalls offenbart, dass insbesondere Regionen in Nordwestdeutschland durch einen beachtlichen Wirtschaftsdüngeranfall sowohl tierischer als auch pflanzlicher Herkunft gekennzeichnet sind. Bisher mussten Gärreste pflanzlicher Herkunft aus der Biogasproduktion im Hinblick auf die Ausbringungsobergrenze von 170 Kilogramm Stickstoff pro Hektar nicht berücksichtigt werden.

Mit der anstehenden Novellierung der Düngeverordnung soll dies allerdings geändert werden. Eine dabei diskutierte Ausbringungsmenge bis zu 250 Kilogramm Stickstoff für Acker- und Grünlandflächen von Biogaserzeugern würde teilweise zu einer betriebswirtschaftlichen Entlastung der ansonsten zukünftig sich verändernden regionalen Nährstoffproblematik und dem damit verbundenen Flächenbedarf zur Wirtschaftsdüngerverbringung führen. Allerdings wäre eine derartig generelle Vorgehensweise aus ökologischer und pflanzenbau-technischer Sicht fragwürdig. Demgegenüber kann die Derogation für intensiv genutzte Grünlandflächen als wirksames und sinnvolles Instrument verstanden werden, das sowohl zur Entlastung der einzelbetrieblichen als auch der regionalen N-Problematik beitragen kann, ohne dabei die Belange des Wasserschutzes außer Acht zu lassen.

Summary: Consequences of counting digestates of plant origin towards the upper ceiling of nitrogen use applicable to organic fertilizers, and consequences arising when considering the derogation – status quo and recommendations

A Germany-wide analysis focusing on the regional accumulation of farm manure reveals that particular regions, especially in the north-west of Germany, are characterized by a considerable digestate accumulation of plant and animal origin. Up to now, digestate of plant origin was not required to be counted towards the ceiling of 170 kg N that farmers are allowed to spread. However, this scheme will most likely be changed by the forthcoming amendment of the German Fertilizer Ordinance.

The amount under discussion, up to 250 kg N for arable land and grassland farmed by biogas producers, would to some extent take the economic burden off the farmers' shoulders as they face regional changes and problems when it comes to nutrients and the area required for spreading farm manure. From an environmental perspective and taking into account crop cultivation, however, this general approach would be questionable. In contrast, the derogation for intensively farmed grassland can be considered an effective and useful tool that can bring about a reduction in both the individual as well as the regional nitrogen problem without losing sight of the importance of water conservation.

Résumé: Conséquences de la prise en compte de résidus de digestion d'origine végétale sur la limite supérieure d'épandage d'azote par fertilisants organiques et sur la dérogation – Statu quo et recommandations

Une analyse à l'échelon de l'Allemagne de la production de fertilisants organiques fait apparaître que les régions du Nord-Ouest, notamment, se caractérisent par une production considérable de fertilisants organiques d'origine aussi bien animale que végétale. Jusqu'à présent, les résidus de digestion d'origine végétale provenant de la production de biogaz n'étaient pas pris en compte dans la limite supérieure d'épandage de 170 kg d'azote à l'hectare. La révision prochaine de la réglementation relative aux fertilisants se propose toutefois d'y remédier.

La limite d'épandage actuellement en discussion de 250 kg d'azote pour les surfaces cultivées et prairies des producteurs de biogaz aboutirait en partie à un allègement économique de la problématique régionale des nitrates, appelée sinon à s'intensifier à l'avenir, et par

conséquent de celle des surfaces nécessaires à l'épandage des fertilisants organiques. L'adoption générale d'une telle démarche serait toutefois équivoque du point de vue écologique et technico-cultural. À l'opposé, la dérogation pour les prairies à utilisation intensive peut être comprise comme moyen efficace et judicieux de contribuer à la fois à l'allègement des charges des exploitations et à celui de la problématique de l'azote, sans laisser de côté les intérêts de la protection des eaux.

Fußnoten

- 1) Unter dem Begriff "Biomethananlagen" werden Anlagen verstanden, die das entstehende Biogas nicht vor Ort verstromen, sondern aufbereitet in das Erdgasnetz einspeisen.
- 2) Gemäß der Entscheidung 2006/1013/EG (87) sowie 2009/753/EG (88) der EU-Kommission vom 22. Dezember 2006 und 12. Oktober 2009 galt die Derogationsregelung nur für Rinder haltende Betriebe mit mehr als drei Großvieheinheiten (GV), wobei mindestens zwei Drittel der GV Rinder sein mussten.
- 3) Häftige Teilung zwischen Standard- und N/P-reduziertem-Futter unterstellt; hinsichtlich der 170 N-Grenze wurden Stall- und Lagerverluste berücksichtigt; hinsichtlich des 60 Kilogramm N-Saldos wurden Stall-, Lager- und Ausbringungsverluste berücksichtigt.
- 4) Die unterstellten Substratrationen basieren auf den Ergebnissen der Betreiberbefragung des Deutschen Biomasseforschungszentrums im Jahr 2013 (14, S. 52ff und 78f).
- 5) Dies entspricht der Energiemenge, die je Kilowatt installierte elektrische Leistung der Biogasanlage und bei unterstellten 7.650 Volllaststunden pro Jahr erzeugt wird (14, S. 24).

LITERATUR

1. AMON, T.; DÖHLER, H.; GREBE, S.; KLAGES, S.; ROTH, U.; WILKEN, D.; WULF, S., 2013: Qualität und Verwertung des Gärückstandes. In: Leitfaden Biogas – Von der Gewinnung zur Nutzung. Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.), 6. Auflage, S. 184-201, Gülzow-Prüzen.
2. ARLE, J.; BLONDZIK, K.; CLAUSSEN, U.; DUFFEK, A.; Grimm, F.; HILLIGES, F.; HOFFMANN, A.; LEUJAK, W.; MOHAUPT, V.; NAUMANN, S.; Pirntke, U.; RICHTER, S.; SCHILLING, P.; SCHROETER-KERMANI, C.; ULLRICH, A.; WELLMITZ, J.; Werner, S.; WOLTER, R., 2013: Wasserwirtschaft in Deutschland. Teil 2 – Gewässergüte. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau.
3. BACKES, M.; ALBERS, D., 2012: 230 kg organischer N auf Grünland. Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.), Oldenburg. ► www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/tier/nav/1092/article/19733.html (15. November 2013)
4. BAUMGÄRTEL, G.; BENKE, M.; ELLER, T., 2010: Empfehlungen zur Stickstoffdüngung nach der Nmin-Methode. Stand März 2010. Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.), Oldenburg. ► www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/341/article/14022.html (31. März 2013)
5. BERENDONK, C., 2011: Vergleich von Gülle und Gärrest. In: Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, S. 38-42, Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (Hrsg.), Aulendorf.
6. BLAG, 2012: Evaluierung der Düngeverordnung – Ergebnisse und Optionen zur Weiterentwicklung. Abschlussbericht, Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Evaluierung der Düngeverordnung (BLAG), Johann Heinrich von Thünen-Institut (Hrsg.), Braunschweig.
7. BLUM, B., 2014: Telefonische Auskunft durch Birgit Blum. Düngerecht, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 09. April 2013, Oldenburg.
8. BMEL, 2014: Schriftliche Auskunft durch Christine Bauer, Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Referat L1 Pressestelle, 04. Februar 2014, Berlin.
9. BMU; BMELV, 2012: Nitratbericht 2012. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Bonn.
10. BORCHARDT, D.; MOHAUPT, V.; JEKEL, H.; ROHRMOSER, W.; RICHTER, S.; VÖLKER, J., 2013: Die Wasserrahmenrichtlinie – Eine Zwischenbilanz zur Umsetzung der Maßnahmenprogramme 2012. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.), Berlin.
11. BREITSCHUH, G.; REINHOLD, G.; BREITSCHUH, T., 2006: Ökologische Konsequenzen (einschließlich CC) des Anbaus und der Verwendung nachwachsender Biogasrohstoffe. Ausführung zum Vortrag im Rahmen der 15. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V. am 25.01.06, Hannover. ► www.til.de/ainfo/pdf/bio20206.pdf (28. November 2013)
12. BRENNER, A.; CLEMENS, J., 2005: Vergleich der Stoffflüsse mit ökologischer Bilanzierung von zwei Kofermentationsanlagen. Forschungsbericht Nr. 128, Lehr- und Forschungsschwerpunkt Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Hrsg.), Bonn.
13. BÜCHTER, M.; WACHDORF, M.; TAUBE, F., 2001: Nitratauswaschung unter Silomais in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform und der N-Düngungsintensität – Ergebnisse aus dem N-Projekt Karkendamm. In: Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, Band 3, S. 75-77.

14. DBFZ, 2013: Stromerzeugung aus Biomasse O3MAP250, Zwischenbericht. Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) (Hrsg.), Leipzig.
15. DENA, 2013: Biogaseinspeisung in Deutschland – Übersicht. Deutsche Energie Agentur. ► www.biogaspartner.de/einspeiseatlas/projektliste-deutschland.html (06. Dezember 2013)
16. DIEPOLDER, M.; RASCHBACHER, S., 2010: Leistungsfähiges Grünland und Verzicht auf mineralische Düngung – sind nachhaltig hohe Erträge und Futterqualitäten möglich?. In: Kongressband des 122. VDLUFA-Kongressbandes zum Generalthema: Landschaftselement und Rohstofflieferant – zur Multifunktionalität des Grünlandes. VDLUFA-Schriftenreihe Band 66/2010, Darmstadt, S. 51-156.
17. DIEPOLDER, M.; RASCHBACHER, S., 2011: Erträge, Futterqualität und Nährstoffgehalte des Sickerwassers bei unterschiedlicher Grünlanddüngung. Schule und Beratung, Heft 3-4/11, S. III 18-23, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), München.
18. DRECHSLER, H., 2011: Anwendung von Düngemitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen aus Sicht der DWA – Sachgerechte Ausbringung von Gärresten im Hinblick auf den Boden- und Gewässerschutz. In: Wirkung und Folgen der Nutzung von Biomasse zur Biogasgewinnung auf Böden und Gewässer. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Landesverband Nord (Hrsg.), Hildesheim, S. 15-30.
19. ELSÄBER, M.; MESSER, J.; KEYMER, U.; ROSBERG, R.; SETZER, F., 2012: Biogas aus Gras. DLG-Merkblatt 386, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (Hrsg.), Frankfurt am Main.
20. FIER, A.; SCHÄFER, W.; UHLMANN, J.; EILER, T., 2009: Stickstoffdüngung und Grundwasserschutz – Ergebnisse aus dem Feldversuch Thülsfelde. Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.), Oldenburg.
21. FNR, 2013: Leitfaden Biogas. Von der Gewinnung zur Nutzung. 6. Überarbeitete Auflage, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow.
22. GUTSER, R.; EBERTSEDER, T.; WEBER, A.; SCHRAML, M.; SCHMIDHALTER, U., 2005: Shortterm and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, Band 168, Ausgabe 4, S. 439-446.
23. HARTMANN, S., 2006: Biomassepotenzial für Biogas in den Grünlandregionen Bayerns, Futterpflanzen – Perspektiven für die energetische Nutzung. Vortrag im GFP-Workshop am 09./10. März 2006, Freising.
24. HARTMANN, S.; DIEPOLDER, M.; LICHTI, F., 2011: Grünland für die Biogasanlage. Biogas Forum Bayern, Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (Hrsg.), Freising.
25. HERRMANN, A.; SIELING, K.; WIENFORT, B.; TAUBE, F.; KAGE, H., 2013: Short-term effects of biogas residue application on yield performance and N balance parameters of maize in different cropping systems. In: Journal of Agricultural Science, Band 151, S. 449-462.
26. HOFFMANN, H.; HÜBNER, R.; THÖMMES, A., 2010: Auswirkungen nachwachsender Rohstoffe zur Energieerzeugung auf Natur und Landschaft in Bayern – unter Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Aspekte. Endbericht, Technische Universität München (TUM), Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues, Freising-Weihenstephan.
27. JACOBS, G., 2014: Telefonische Auskunft durch Günter Jacobs, Referat Landbau und nachwachsende Rohstoffe der LWK Nordrhein-Westfalen, 09. April 2014.
28. JANSEN-MINßEN, F., 2014: Nährstoffstrom-Management in Niedersachsen. Vortrag im Rahmen der DLG-Wintertagung 2014 in München, LWK Niedersachsen. ► www.dlg.org/dienstag_2014.html#c16310 (22. Januar 2014)
29. JKI; ILR, 2013: Flächenbilanz von 1990 bis 2011 – Kt N. Julius Kühn Institut (JKI), Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement (ILR). ► www.bmelv-statistik.de/index.php?id=139&stw=D%C3%BCngemittel (08. Januar 2013)
30. JØRGENSEN, U.; PETERSEN, B.M., 2006: Interactions between biomass energy technologies and nutrient and carbon balances at the farm level. In: DIAS report, 12th Ramiran International Conference, S. 49-56.
31. JUNK, J., 2008: Gülle im Grünland bei hohen N-Preisen. Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Eifel (Hrsg.), Bitburg.
32. KEYMER, U., 2012: Der Wert von Biogasgärresten. In: Düngung mit Biogasgärresten, Tagungsband der 10. Kulturlandschaftstagung am 15. November 2012 in Weichering, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Freising-Weihenstephan, S. 7-9.
33. KIEFER, J., 2011: Energie aus Biomasse im Einklang mit dem Gewässerschutz? In: Veröffentlichungen aus dem TZW. 50. Ausgabe, Karlsruhe, S. 15-40.
34. KLAUKIEN, J., 2014: Auswirkungen der anstehenden Novellierung der Düngeverordnung auf die sachgerechte Verwertung von Wirtschaftsdüngern. Vortrag am 15. Januar 2014 im Agrarforum 2014 in Dötlingen-Altona. LWK Niedersachsen. ► www.cultivent.de/fileadmin/cultivent_mais/redakteure/dokumente/mais/artikel/Agrarforen_2014/4_KLAUKIEN_Auswirkungen_der_anstehenden_Novellierung_der.pdf (24. März 2014)
35. KTBL, 2010: Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. KTBL-Heft 88, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt.
36. KTBL, 2012: Betriebsplanung in der Landwirtschaft 2012/2013. KTBL-Datensammlung, 23. Auflage, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
37. KTBL, 2013: Faustzahlen Biogas. 3. Ausgabe, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt.
38. LASER, H.; GRÖBLINGHOFF, F.; KIVELITZ, H., 2011: Einfluss der Erhöhung der Rindergülle-Gabe auf 230 Kilogramm N pro Hektar auf die Nitratkonzentration in verschiedenen Bodentiefen. In: Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland,

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (Hrsg.), Aulendorf, S. 338-342.

39. LEBHUHN, M.; EFFENBERGER, M., 2011: Gewässerschutz durch Biogastechnologie. In: Wirkung und Folgen der Nutzung von Biomasse zur Biogasgewinnung auf Böden und Gewässer, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Landesverband Nord (DWA) (Hrsg.), Hildesheim, S. 93-108.
40. LEL, 2012: Nährstoffvergleich 2011 für Landwirte. Version 6.0, Stand 07. März 2012, Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL), Schwäbisch Gmünd.
41. LfL, 2013: Basisdaten, für die Ermittlung des Düngebedarfs, für die Umsetzung der Düngeverordnung, zur Berechnung des KULAP-Nährstoff-Saldos, zur Berechnung des Nährstoffbilanz nach Hofort-Ansatz. Stand: 2013. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan.
42. LfL, 2014: Antragsverfahren 230 kg/ha aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan. ► www.lfl.bayern.de/iab/duengung/032347/ (09. April 2013)
43. LICHTI, F.; WENDLAND, M.; SCHMIDHALTER, U.; OFFENBERGER, K., 2012: Der effiziente Einsatz von Gärresten. In: Düngung mit Biogasgärresten, Tagungsband der 10. Kulturlandschaftstagung am 15. November 2012 in Weichering, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Freising-Weihenstephan, S. 17-20.
44. LOGES, R., 2005: Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Leguminosen-Gras-Bestände in Norddeutschland – Konsequenzen für die N-Bilanz. In: DLG-Grünlandtagung 2005 Optimierung von Nährstoffsalden im Futterbaubetrieb, Futterkamp, S. 35-44.
45. LWK Niedersachsen, 2011: Gülleunterfußdüngung im Maisanbau. In: WAgriCo – Gewässerbewirtschaftung in Kooperation mit der Landwirtschaft in niedersächsischen Pilotgebieten. Projektbericht, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.), Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Norden.
46. LWK Niedersachsen, 2012: Stickstoffdüngung zu Mais. Ratgeber 2012, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg.
47. LWK Niedersachsen, 2013: Nähstoffbericht im Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2012/13. Geschäftsbereich Landwirtschaft, Fachbereich Nachhaltige Landnutzung, Ländlicher Raum, Oldenburg.
48. LWK Nordrhein-Westfalen, 2012a: Güllendüngung auf Grünland. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.
49. LWK Nordrhein-Westfalen, 2012b: Unterfußdüngung im Mais. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. ► <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/mais/unterfussduengung-pdf.pdf> (27. März 2014)
50. MOKRY, M., 2011: Gärreste nachhaltig in der Pflanzenproduktion nutzen. In: Landinfo, Sonderheft zur 4. Wintertagung Ökologischer Landbau – Biogaserzeugung im ökologischen Landbau, Heft 1/1011, Schwäbisch Gmünd, S. 9-12.
51. MÖLLER, K.; SCHULZ, R.; MÜLLER, T., 2009: Mit Gärresten richtig Düngen – Aktuelle Informationen für Berater, Institut für Pflanzenernährung, Universität Hohenheim.
52. MÖLLER, K.; SCHULZ, R.; MÜLLER, T., 2011: Nährstoffinputs, -outputs und N-Verluste zweier überbetrieblich betriebener NawaRo-Biogasanlagen im süddeutschen Raum. In: Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW) (Hrsg.), Aulendorf, S. 236-238.
53. NI, K.; PACHOLSKI, A.; GERICKE, D.; KAGE, H., 2012: Analysis of ammonia losses after field application of biogas slurries by an empirical model. In: Journal of Plant Nutrition and Soil Science, Ausg. 175 (2), S. 253-264.
54. PFLEIDERER, H., 2014: Telefonische Auskunft durch Helga Pfeleiderer, Referat 23 Pflanzenproduktion, produktionsbezogener Umweltschutz, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR), 09. April 2013, Stuttgart.
55. PÖTSCH, E., 2005: Nährstoffgehalt von Gärrückständen aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen und deren Einsatz im Dauergrünland. Abschlussbericht, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
56. RAPPOLD, C., 2014: Schriftliche Auskunft durch Christian Rappold, Referat L1 - Ressourcenschutz in der Landwirtschaft, Düngung und Pflanzenschutz, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 15. April 2014, München.
57. REINHOLD, G.; RIEDEL, R.; ZORN, W.; KÖNIG, V., 2012: Merkblatt – Eigenschaften von Biogasgülle. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) (Hrsg.), Jena.
58. RÖSCH, C.; RAAB, K.; STELZER, V., 2006: Potenziale der Biogasgewinnung aus Gras von Überschussgrünland in Baden-Württemberg. Schriftliche Ausführung zum Vortrag in der Tagung "Bioenergienutzung in Baden-Württemberg – Auf dem Weg zum nachhaltigen Ausbau" am 12. Februar 2006, Stuttgart. ► www.itas.fzk.de/deu/lit/2006/roes06a.pdf (25. November 2013)
59. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 1999: Umweltwirkung von Biogasgülle. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt, Dresden.
60. SCHNEIDER-GÖTZ, N.; PFLEIDERER, H.; ELSÄBER, M.; BREUER, J., 2011: Beratungsgrundlagen für Düngung im Ackerbau und auf Grünland in Baden-Württemberg. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (Hrsg.), 1. Auflage, Karlsruhe.
61. SCHULZE PALS, L., 2014: Dünge-Verordnung: Die Eckpunkte stehen. In: Top-Agrar, Ausgabe März 2014, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, S. 36-37.
62. Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2014a: Hektarerträge ausgewählter landwirtschaftlicher Feldfrüchte – Jahressumme – regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte. Zeitraum 2007 bis 2011. ► <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/logon> (31. März 2014)
63. Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2014b: Anteil der Dauergrünlandfläche an der landwirtschaftlich genutzten Fläche 2010 in einem Raster mit 5 Kilometer Weite. ► www.atlas-agrarstatistik.nrw.de/ (02. Februar 2014)
64. StBA, 2011a: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Betriebswirtschaftliche Ausrichtung und Standardoutput Landwirtschaftszählung / Agrarstrukturerhebung, 2010. Fachserie 3 Reihe 2.1.4, Statistisches Bundesamt (StBA), Wiesbaden.

65. StBA, 2011b: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Wirtschaftsdünger, Stallhaltung, Weidehaltung. Landwirtschaftszählung/Agrarstrukturerhebung 2010. Fachserie 3, Heft 6, Statistisches Bundesamt (StBA), Wiesbaden.
66. StBA, 2013: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Landwirtschaftliche Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung, 2011. Fachserie 3 Reihe 3, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
67. StBA, 2014: Ernte- und Betriebsbericht: Feldfrüchte und Grünland, Tabelle 41231-0003. Statistisches Bundesamt (StBA), Wiesbaden.
68. STICKSEL, E.; MAIDL, F.-X.; VALTA, R., 1999: Untersuchungen zur verbesserten Gülleverwertung im Maisanbau. 2. Mitteilung: Einfluss des Düngungszeitpunktes auf die Ertragsbildung von Silo- und Körnermais. In: Pflanzenbauwissenschaften, Ausgabe 3 (1), Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, S. 17-21.
69. SVOBODA, N.; TAUBE, F.; KLUß, C.; WIENFORTH, B.; KAGE, H.; OHL, S.; HARTUNG, E.; HERRMANN, A., 2013a: Crop production for biogas and water protection – A trade-off? In: Agriculture, Ecosystems und Environment, Ausgabe 177, S. 36-47.
70. SVOBODA, N.; TAUBE, F.; WIENFORTH, B.; KLUß, C.; KAGE, H.; HERRMANN, A., 2013b: Nitrogen leaching losses after biogas residue application to maize. In: Soil & Tillage Research, Ausgabe 130, S. 69-80.
71. TAUBE, F.; SCHÜTTE, J.; KLUß, C., 2013: Auswirkungen der Berücksichtigung von Gärresten auf den Anfall organischer Dünger in einer novellierten Düngeverordnung – dargestellt am Beispiel Schleswig-Holstein. Berichte über Landwirtschaft, 219, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.), Berlin.
72. TEN BERGE, H.F.M.; VAN DER MEER, H.G.; CARLIER, L.; BAAN HOFMAN, T.; NEETESON, J.J., 2002: Limits to nitrogen use on grassland. In: Environmental Pollution, Ausgabe 118, S. 225-238.
73. TLL, (o. Datum): Merkblatt. Bewertung der mineraldüngeräquivalenten Stickstoffwirkung (N-MDÄ) von Wirtschaftsdüngern in der Pflanzenproduktion, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Jena.
74. TLL, 2000: Merkblatt zur Stickstoffdüngung mit der Stickstoff-Bedarfs-Analyse (SBA) im Pflanzenbau. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Jena.
75. V. BUTTLAR, C.; KRÄLING, B.; RODE, A.; MUND, H.; ROSKAM, A., 2010: Energiepflanzenanbau, Betrieb von Biogasanlagen und Gärrestmanagement unter den Anforderungen des Gewässerschutzes. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.), Grundwasser Band 10, Norden.
76. VDLUFA, 2012: Vorschlag zur Novellierung der Düngeverordnung. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA), Arbeitskreis Nachhaltige Nährstoffhaushalte.
77. VOGT, R., 2008: Basisdaten zu THG-Bilanzen für Biogas-Prozessketten und Erstellung neuer THG-Bilanzen. Ifeu – Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg.
78. WACHENDORF, M., 2010: Bioenergie vom Grünland. In: Kongressband des 122. VDLUFA-Kongressbandes zum Generalthema: Landschaftselement und Rohstofflieferant – zur Multifunktionalität des Grünlandes. VDLUFA-Schriftenreihe Band 66/2010, Darmstadt, S. 66-70.
79. WBA, 2011: Förderung der Biogaserzeugung durch das EEG – Stellungnahme zur geplanten Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik (WBA) beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, In: Berichte über Landwirtschaft, Band 89, Heft 2, S. 204-217.
80. WBA; WBD; SRU, 2013: Novellierung der Düngeverordnung: Nährstoffüberschüsse wirksam begrenzen. Kurzstellungnahme der Wissenschaftlichen Beiräte für Agrarpolitik (WBA) und Düngungsfragen (WBD) beim BMEL sowie des Sachverständigenrats für Umweltfragen der Bundesregierung (SRU) zur Novellierung der Düngeverordnung.
81. WEILAND, P., 2010: Flaschenhals Gärrestverwertung. Schriftliche Ausführung zum Vortrag im Rahmen des Symposiums "Aufbereitung von Gärresten" und Vorstellung der Studie "AD+plus" am 30. September 2010, S. 1-12, Universität für Bodenkultur (Hrsg.), Tulln, Österreich. ► http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn047034.pdf (17. November 2013)
82. WENDLAND, M.; DIEPOLDER, M.; CAPRIEL, P., 2011: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Gelbes Heft, 9. unveränderte Auflage, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hrsg.), Freising-Weihenstephan.
83. WENDLAND, M., 2012: Einsatz als Dünger und Inverkehrbringen der Gärrückstände. In: Biogashandbuch Bayern – Materialienband. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.), Kapitel 2.2.7, Stand März 2012, Augsburg.
84. WENDLAND, M.; LICHTI, F., 2012: Biogasgärreste – Einsatz von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel. Biogas Forum Bayern, Nr. 1 – 3/2012, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Freising-Weihenstephan.
85. WENDLAND, M.; DIEPOLDER, M.; CAPRIEL, P., 2012a: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Gelbes Heft, 10. unveränderte Auflage, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hrsg.), Freising-Weihenstephan.
86. WENDLAND, M.; FISCHER, K., 2013: Bei Mais die Düngung richtig berechnen. ► www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/stickstoffduengung_mais_2013.pdf (27. März 2014)
Rechtsquellenverzeichnis
87. Entscheidung 2006/1013/EG der EU-Kommission vom 22. Dezember 2006 über einen Antrag Deutschlands auf Genehmigung einer Ausnahmeregelung auf der Grundlage der Richtlinie 91/676/EWG des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrate aus landwirtschaftlichen Quellen. Amtsblatt der Europäischen Union L 381/1ff.
88. Entscheidung 2009/753/EG der EU-Kommission vom 12. Oktober 2009 zur Änderung der Entscheidung 2006/1013/EG über einen Antrag Deutschlands auf Genehmigung einer Ausnahmeregelung auf der Grundlage der Richtlinie 91/676/EWG des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrate aus landwirtschaftlichen Quellen. Amtsblatt der Europäischen Union L 268/35f.

89. Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Eneuerbare-Energien-Gesetz-EEG). Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 20. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2730) geändert worden ist.
90. Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, ABl. L 372 vom 22. Dezember 2000.
91. Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen, ABl. L 375 vom 31. Dezember 2013.
92. Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen. (Düngverordnung – DüV)
93. Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung – BiomasseV) vom 21. Juni 2001 (BGBl. I S. 1234), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 10 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.

Autorenanschrift

M.SC. RICHARD WÜSTHOLZ; M.SC. SEBASTIAN AUBURGER; PROF. DR. ENNO BAHRS, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre 410B, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart

► richard.wuestholz@uni-hohenheim.de; ► sebastian.auburger@uni-hohenheim.de; ► bahrs@uni-hohenheim.de