

Nährstoffbericht des Landes Schleswig-Holstein

F. Taube, C. Henning, E. Albrecht,
T. Reinsch und C. Kluß

Im Auftrag des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft,
Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein



Foto: H.D. Habbe

Nährstoffbericht des Landes Schleswig-Holstein

F. Taube*, C. Henning**, E. Albrecht** , T. Reinsch* und C. Kluß*

Kiel, im Dezember 2015

Im Auftrag des MELUR

* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Grünland und Futterbau/
Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität, Hermann-Rodewaldstr. 9, 24118
Kiel

** Institut für Agrarökonomie, Abteilung Agrarpolitik, Christian-Albrechts-Universität,
Wilhelm-Seelig-Platz 6/7, 24118 Kiel

Inhalt

Teil I

Nährstoffbericht des Landes Schleswig-Holstein

1. Veranlassung und Ausgangssituation.....	1
2. Methodik und Datengrundlagen zu Flächen-Bilanzierungen in der Landwirtschaft .	11
2.1 Ist-Zustand Datenverfügbarkeit Schleswig-Holstein.....	11
2.2 Schätzung der Flächenbilanz-Salden nach „top-down“ Ansatz	13
2.3 Schätzung der Flächenbilanz-Salden nach „bottom-up“ Ansatz	14
3. Ergebnisse	17
3.1 Vergleichende Analyse der N-Salden 2010 nach unterschiedlichen Quellen	17
3.2 Phosphat-Salden 2010	20
3.3. Resultierende Umweltbelastungen aus Stickstoffüberschüssen	22
4. Plausibilitätsanalyse der „bottom-up“ und „top-down“ Datenableitung	24
5. Abschließende Bewertung	27
Literatur	29

Teil II

Auswirkungen der Berücksichtigung von Gärresten auf den Anfall organischer Dünger in einer novellierten Düngeverordnung – dargestellt am Beispiel Schleswig-Holstein

1. Einleitung	34
2. Die Nitratrichtlinie – Stand der Umsetzung in Deutschland.....	34
3. Der Nitratbericht Deutschland 2012 als Basis für die Novellierung der DüV.....	35
4. Aktuelle Vorschläge einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Novellierung der DüV..	36
5. Konsequenzen der BLAG-Vorschläge zur Berücksichtigung der Gärreste.....	37
6. Kalkulation der zu transportierenden organischen Düngermengen	43
7. Anpassungsstrategie.....	47
8. Fazit	49
Literatur	53

1. Veranlassung und Ausgangssituation

Die europäische und deutsche Umwelt- und Düngegesetzgebung (EU-Nitratrichtlinie, EU-Wasserrahmenrichtlinie, EU-Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie, Düngeverordnung) verfolgt seit mehr als 20 Jahren das übergeordnete Ziel, die Umweltbelastungen durch Nährstoffüberschüsse bei gleichzeitig hohem landwirtschaftlichen Produktionsniveau zu reduzieren. Zentraler Ansatzpunkt der europäischen Umweltgesetzgebung, die auch in Deutschland umzusetzen ist, ist die Verbesserung der Wasserqualität im Grundwasser, in Fließgewässern, Seen und den Meeren.

Nach Inkrafttreten der EU-Nitratrichtlinie im Jahr 1991, die in Deutschland durch die Düngeverordnung umgesetzt wird, war zunächst bundesweit über etwa ein Jahrzehnt hinweg ein deutlich abnehmender Trend der Nährstoffbelastungen in allen relevanten Gewässerkategorien zu beobachten. Danach nahm dieser Trend deutlich ab. Zusätzlich zeigt der Nitratbericht des BMU/BMELV aus dem Jahr 2012 (Nitratbericht Deutschland, 2012) im Vergleich zum vorherigen Bewertungszeitraum eine deutlicher werdende regionale Differenzierung. Im Beobachtungszeitraum 2008-2010 sinken die Konzentrationen überdurchschnittlich überwiegend in Ackerbauregionen, während sie in Gemüseanbauregionen und unter den Sanderflächen der norddeutschen Tiefebene, die durch Tierhaltung und Biogaserzeugung geprägt sind, zum Teil deutlich ansteigen. Die Abbildung 1 zeigt die Qualität des oberflächennahen Grundwassers in Deutschland für 2010.

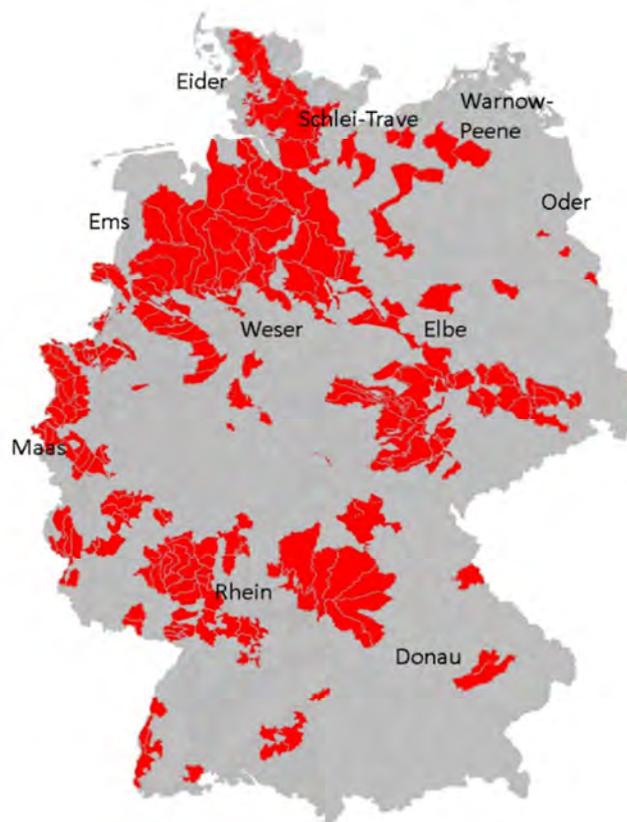


Abbildung 1. Grundwasserkörper in Deutschland, die den guten chemischen Zustand aufgrund zu hoher Nitratkonzentrationen (> 50 mg/l) verfehlen (SRU, 2015)

Die im Jahr 2000 verabschiedete EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000) zielte darauf ab, bis zum Jahr 2015 einen guten chemischen und ökologischen Zustand der Gewässer zu gewährleisten. Nach Abschluss der ersten Monitoringphase hat das Land Schleswig-Holstein die sensiblen Gebiete ausgewiesen, in denen die Erfüllung der Vorgaben zur WRRL nicht gesichert sind und in diesen Regionen zusätzliche Wasserschutzberatungsangebote und Pilotmaßnahmen etabliert (Abb. 2).

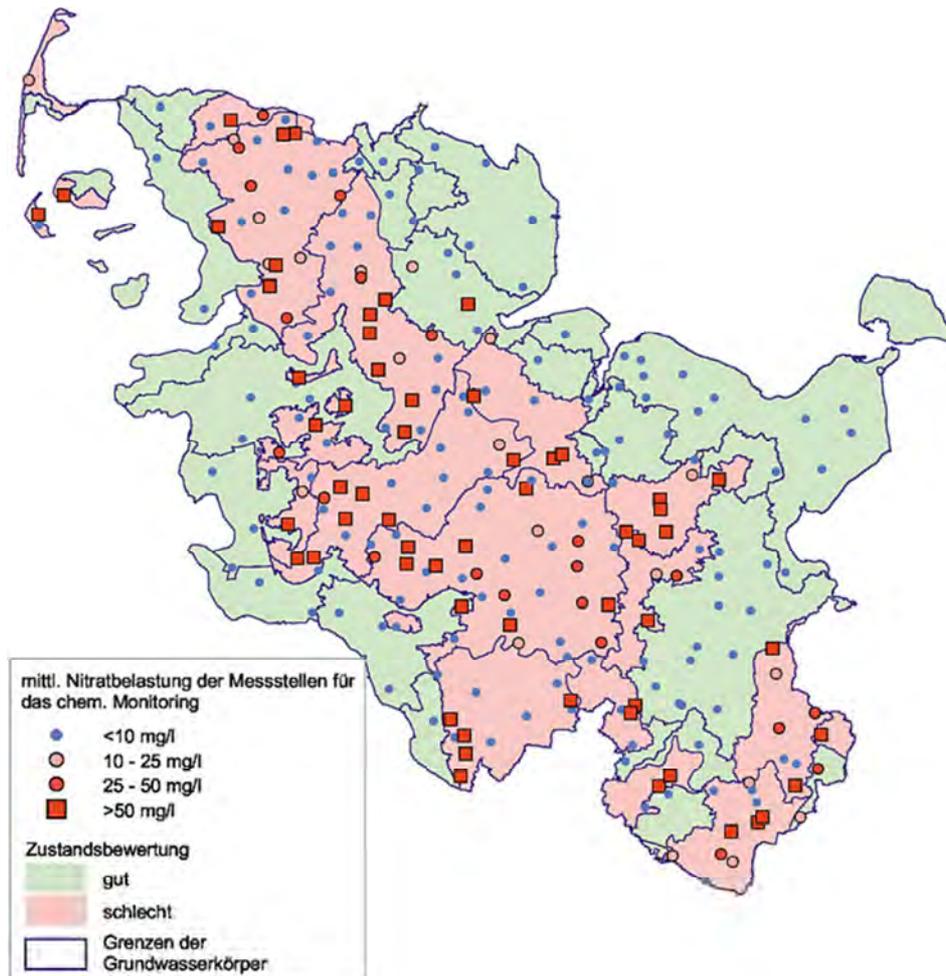


Abbildung 2. Aktuelle Zustandsbewertung der Grundwasserkörper in Schleswig- Holstein inklusive der Darstellung der mittleren Nitratbelastung an Messstellen des chemischen Monitorings (Steinmann, 2014)

Die Daten aus diesen Beratungsaktivitäten und damit verbundenen Pilotprojekten stellen seit 2008 eine wichtige Quelle für die Abschätzung der Nährstoffsituation im Lande dar. Dieses zwar mit der Einschränkung, dass weder die Marsch noch das ostholsteinische Hügelland damit repräsentativ abgedeckt sind, aber mit den nun über 6 Jahre vorliegenden Informationen, ob und wie landwirtschaftliche Unternehmen unterschiedlicher Spezialisierung ihre Düngungsmuster über die Zeit beibehalten bzw. verändert haben. Wir werden auf diese Daten in Kapitel 4 bezüglich der Einordnung der von uns abgeleiteten Nährstoffsalden eingehen.

Ein zentrales Element der WRRL ist das so genannte „Verschlechterungsverbot“. Dies bedeutet, dass die Qualität der untersuchten Wasserkörper über die Zeit keine Verschlechterung ausweisen darf. Die Abbildung 3 gibt die Entwicklung der Nitratkonzentrationen in den oberflächennahen Grundwasserkörpern des operativen Messnetzes zur Umsetzung der WRRL in Schleswig-Holstein wieder. Dabei fällt auf, dass seit 2005 keine Verbesserung der Situation zu beobachten ist. Das operative Messnetz zur Umsetzung der WRRL ist nur eines von drei Messnetzen in Schleswig-Holstein zur dynamischen Erfassung der Gewässerbelastung. Auch die anderen beiden Messnetze (8 Messstellen zur Umsetzung der Nitratrichtlinie und 36 Messstellen zur Meldung an die Europäische Umweltagentur EUA) weisen gleichbleibend hohe bzw. tendenziell steigende Werte für Nitrat im oberflächennahen Grundwasser aus (Steinmann, 2014).

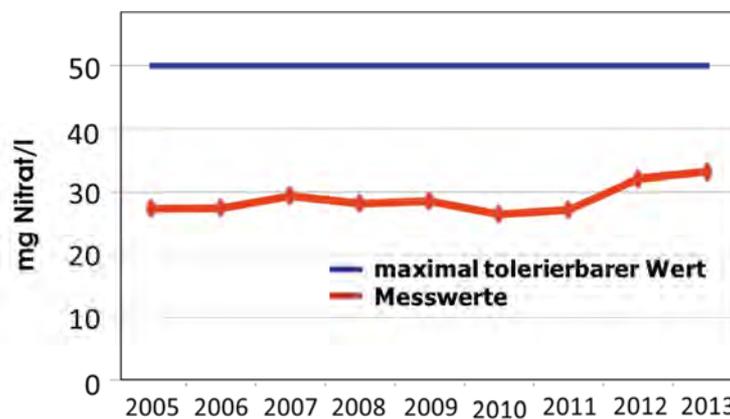


Abbildung 3. Entwicklung der Nitratkonzentrationen an den Messstellen des operativen Messnetzes zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Schleswig-Holstein (Steinmann, 2014)

Aus den vorliegenden Befunden ist abzuleiten, dass sich die Gesamtsituation für den Bereich des Grundwasserschutzes in Schleswig-Holstein im letzten Jahrzehnt nicht zum Besseren verändert hat. Dieses Problem betrifft vornehmlich die Bereiche der Vorgeest und der hohen Geest. Gleichwohl ist die Gewässerproblematik auch im Bereich der Ackerbauregionen des östlichen Hügellandes evident. Allerdings nicht für den Bereich des Grundwassers, da dort hohe Denitrifikationspotentiale im Unterboden die Reduktion von Nitrat vor Übertritt in den Grundwasserkörper befördern, sondern im Bereich der Fließgewässer, die maßgeblich durch Wasser aus landwirtschaftlichen Dränagen gespeist werden ebenso wie für den Bereich der Ostsee. Ein großer Anteil der Fließgewässer im östlichen Hügelland ist in einem mäßigen bis schlechten chemischen Zustand (UBA, 2014) und auch die Messstellen der Ostsee vor der schleswig-holsteinischen Küste weisen durchweg einen nicht befriedigenden Zustand auf (Nitratbericht Deutschland, 2012).

Um den Beitrag der Landwirtschaft zu negativen Umweltwirkungen quantitativ und regional einordnen zu können, wird in der Regel die Nährstoffbilanzierung herangezogen. Vorausgesetzt, die regionalen landwirtschaftlichen Produktionssysteme befinden sich bezüglich der Nährstoffspeicherpotentiale im Boden in einer „steady-state“ Situation, also einer dynamischen Gleichgewichtssituation, kann davon ausgegangen werden, dass Nährstoffüberschüsse weitestgehend in andere Umweltkompartimente verfrachtet werden. Eigene

Messungen auf intensiv bewirtschafteten Futterbaustandorten der schleswig-holsteinischen Vorgeest zeigen, dass sich positive N-Bilanzsalden ab einer gewissen Größenordnung quantitativ zu mehr als 80% über die Verlustpfade Sickerwasser (Nitrat, Ammonium, gelöster organischer Stickstoff), Ammoniak-, Lachgas- und N₂-Emissionen wieder finden lassen (Rotz et al., 2005). Unklar ist die Situation bezüglich weiterer C/N-Speicherpotentiale im Oberboden auf den Ackerbaustandorten des östlichen Hügellandes und der Marsch, insbesondere auf Standorten mit hohen Tongehalten, da diesbezüglich keine längeren Zeitreihenmessungen in Abhängigkeit der historischen Nutzung für Schleswig-Holstein vorliegen.

Die Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der nationalen Stickstoffsalden Deutschlands seit 1990. Die Entwicklung der N-Salden über die Zeit bestätigt die zeitliche Entwicklung der Nitratproblematik im Grundwasser. Deutliche Abnahme der N-Salden im Jahrzehnt nach der Wiedervereinigung und Stagnation auf einem Niveau von etwa + 100 kg/ha seit 2001.

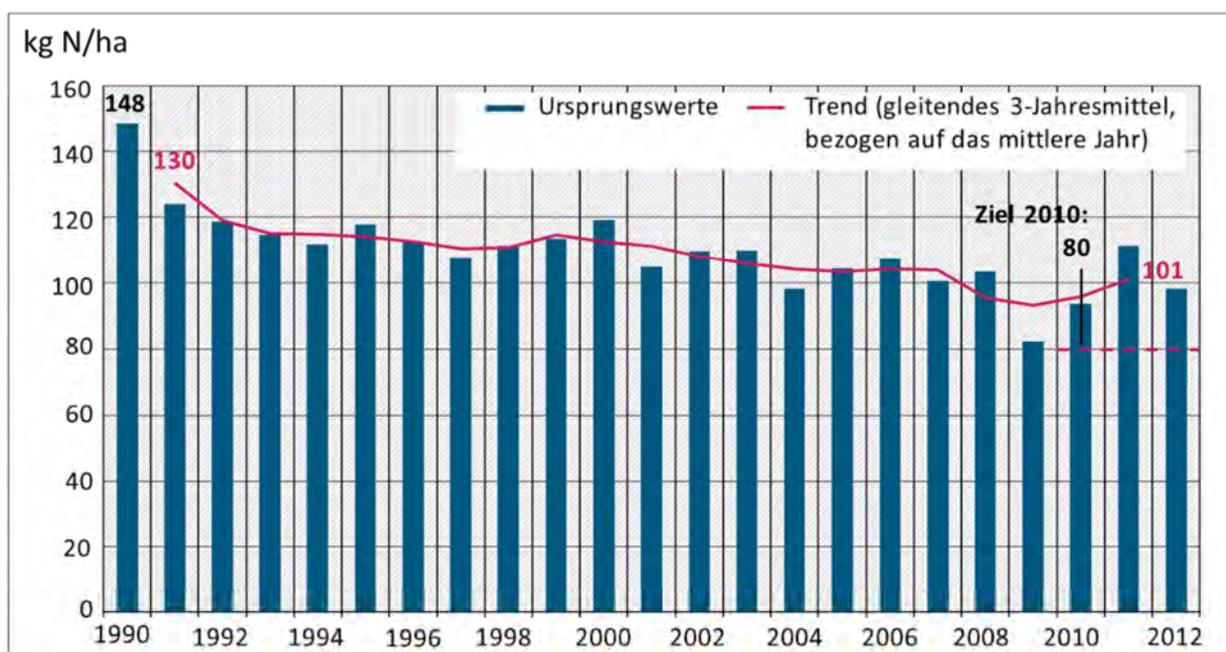


Abbildung 4. Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft Deutschlands (Quelle: Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn Institut (JKI) Braunschweig und Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement (ILR), Universität Gießen, 2014)

Über welche Verlustpfade Nährstoffüberschüsse in andere Umweltkompartimente verfrachtet werden, hängt wesentlich von den regionalen Standort- und Klimaverhältnissen ab. Schleswig-Holstein ist durch vergleichsweise hohe Grundwasserneubildungsraten bzw. Sickerwassermengen im Winterhalbjahr gekennzeichnet, die innerhalb des Bundeslandes und von Jahr zu Jahr erheblich variieren (150 – 350 mm). Dieser Umstand führt dazu, dass die Verfrachtung von Stickstoffverbindungen über den Pfad Sickerwasser eine zentrale Verlustquelle für Stickstoffüberschüsse im Lande darstellt. Empirisch kann abgeleitet werden, dass sowohl unter ackerbaulicher Nutzung als auch unter Grünlandnutzung aufgrund dieser klimatischen Gegebenheiten eine vergleichsweise enge Beziehung zwischen dem Nährstoff-

überschuss auf der Fläche und den N-Frachten über das Sickerwasser besteht. Die Abbildung 5 zeigt diesen Sachverhalt für zwei langjährige Versuchsserien auf Basis mineralischer Düngung zum einen im östlichen Hügelland mit der Fruchtfolge Raps–Winterweizen–Wintergerste (5a) nach Sieling und Kage (2006) und zum anderen auf der Vorgeest für Maisselbstfolgen (5b) nach Wachendorf et al. (2006). Die Ergebnisse zeigen jeweils, dass im Bereich positiver N-Salden etwa 50% des Überschusses im Sickerwasser wiedergefunden werden und positive N-Salden jenseits von +50 kg/ha in der Regel durchgängig mit Nitratkonzentrationen im Sickerwasser oberhalb des EU-Trinkwassergrenzwertes assoziiert sind. Diese Befunde zeigen bezüglich des Grundwasserschutzes, dass vor allem die unterschiedlichen Nitratreduktionspotentiale im Unterboden den Unterschied ausmachen, da die Nitratkonzentrationen an der Saugkerze unterhalb des durchwurzelten Bodenhorizontes in den verschiedenen Naturräumen sehr ähnlich sein können. Beispielsweise sind am Maisstandort aus 5b (Bad Bramstedt) die Ziele des WRRL für den Grundwasserschutz nicht erfüllt. Der Standort 5a (Achterwehr) erfüllt dagegen derzeit diese Ziele, da er aufgrund von Deckschichten im Unterboden außerhalb der Gebietskulisse liegt, obwohl die N-Frachten bei einzelnen Kulturen ein höheres Niveau erzielen können als am Standort Bad Bramstedt. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass (i.) die Nitratreduktionspotentiale im Unterboden endlich sind und (ii.) Nitratreduktionspotentiale ein „pollution swapping“ induzieren können, also eine Verringerung der Grundwasserbelastung mit Nitrat, jedoch statt dessen eine zusätzliche Klimabelastung mit dem wichtigen Treibhausgas Lachgas (N_2O). So bleibt festzuhalten, dass unter den schleswig-holsteinischen Klimabedingungen und typischen Produktionsintensitäten etwa 50% des Stickstoffüberschusses einer Flächenbilanz dem Verlustpfad N-Auswaschung über Sickerwasser zuzuordnen sind. Untersuchungen von van Groenigen et al. (2010) bestätigen, dass auch die Emissionen des wichtigen Spurengases N_2O exponentiell mit einer zunehmend positiven N-Bilanz ansteigen und somit neben dem Grundwasserschutz die Ziele des Klimaschutzes bei einem schlechten N-Management verfehlt werden (Abbildung 6).

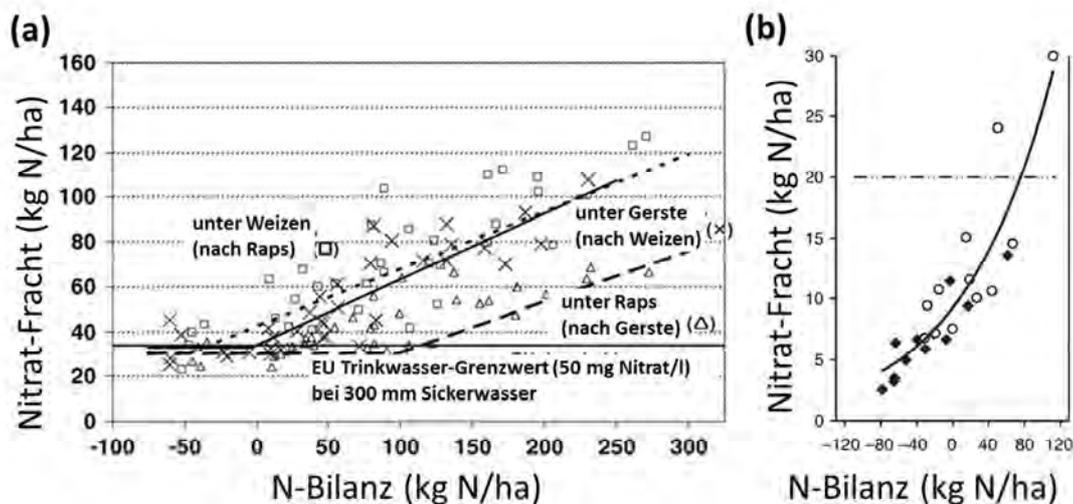


Abbildung 5. Beziehung zwischen N-Bilanz und N-Auswaschung (kg N/ha) bei (a) Fruchtfolge Raps–Winterweizen–Wintergerste (Sieling u. Kage 2006) und (b) Maisselbstfolge (Wachendorf et. al 2006)

Die aufgeführten Zusammenhänge insbesondere zwischen Stickstoffsaldo und Umwelteffekten machen die Bereitstellung von Daten zur regional differenzierten Abschätzung der Umweltbelastungspotentiale durch Nährstoffeinträge notwendig. Entsprechend haben verschiedene andere Bundesländer wie Niedersachsen (LWK, 2013) und Nordrhein-Westfalen (LWK, 2014) Nährstoffberichte vorgelegt. Diese konzentrieren sich allerdings primär auf den regionalen Anfall organischer Stickstoffdünger. Um die tatsächlich für die Bereiche Wasser- und Klimaschutz relevanten Belastungspotentiale für die Umwelteinordnen zu können, ist jedoch die Abschätzung der absoluten Nährstoffüberschüsse auf regionaler Ebene ebenso notwendig wie die Ableitung der Beziehungen zwischen Nährstoffsaldo und spezifischen Umweltwirkungen.

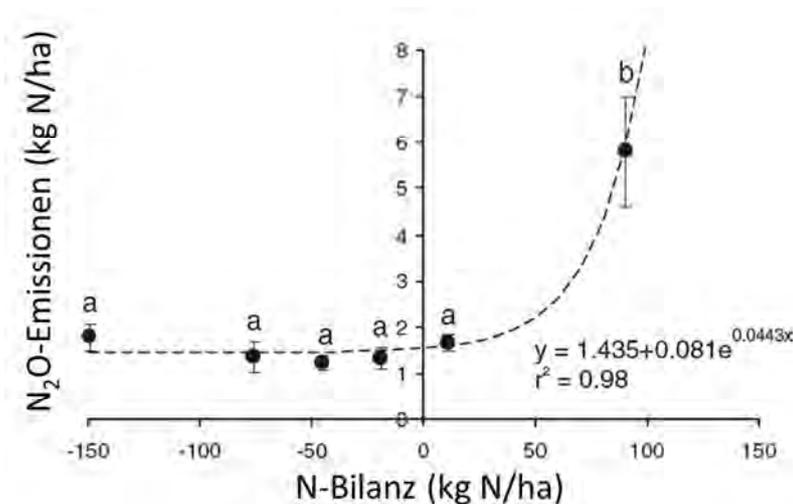


Abbildung 6. Beziehung zwischen der flächenbezogenen N-Bilanz und N₂O-Emissionen (kg N/ha) von Ackerkulturen (van Groenigen et. al 2000).

Angesichts dieser umweltrechtlichen Rahmenbedingungen einerseits und einer tendenziell zunehmenden Intensität der landwirtschaftlichen Bodennutzung andererseits, ist eine dezidierte Kenntnis der Nährstoffströme in der Landwirtschaft Schleswig-Holsteins unabdingbar.

In einer Vorstudie (Taube et al., 2013), die wir als zweiten Teil dieses Nährstoffberichtes mit Genehmigung des Herausgebers „Berichte über Landwirtschaft“ komplett abdrucken, wurden die regionalen Anfälle an organischen Düngemitteln tierischer Herkunft sowie der zusätzlich zu berücksichtigenden Gärresteanfall pflanzlicher Herkunft aus der Erzeugung von Biogas erfasst und für den Bereich Stickstoff dokumentiert. Dabei stellte sich heraus, dass in mehreren Landkreisen insbesondere im Landesteil Schleswig die Kapazitäten zur Ausbringung organischer N-Dünger nach einer Novellierung der Düngerverordnung (DüV) als ausgeschöpft einzuschätzen sind und mithin Gülle- bzw. Gärresttransporte in andere Landkreise notwendig werden dürften (Abb. 7).

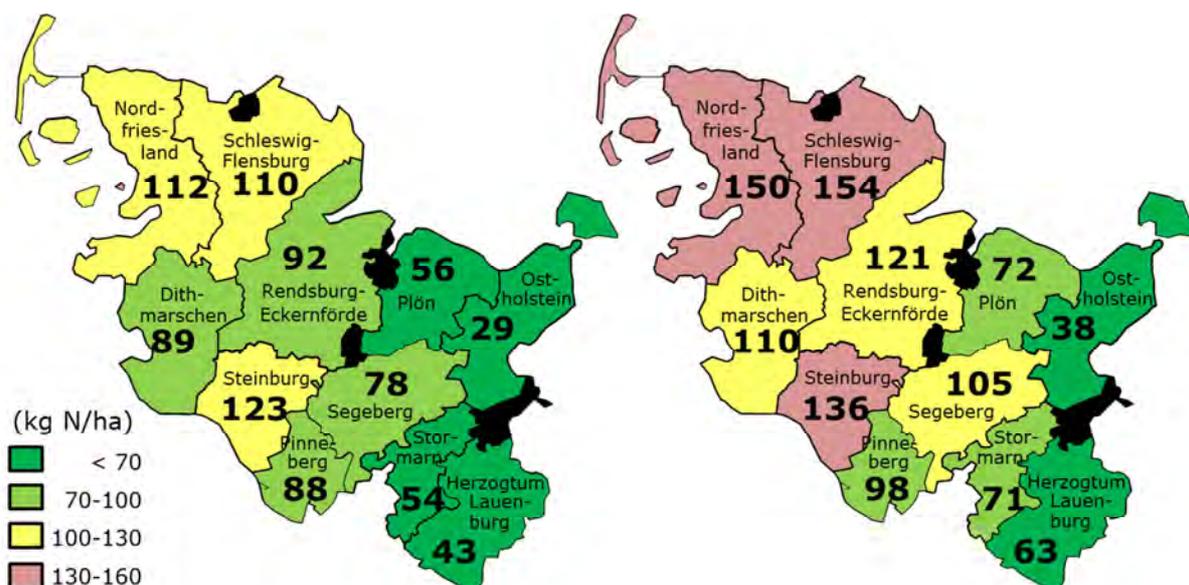


Abbildung 7. Stickstoff-Anfall organischer Dünger (ohne Ausbringverluste) nach aktueller DüV (links) sowie nach Vorschlägen der Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) zur Novellierung der DüV (rechts) (Taube et al. 2013)

Tabelle 1. Anzurechnender N-Anfall organischer Dünger in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden effektiven Landwirtschaftlichen Nutzfläche (100-70%). Szenario* 1-4 mit Gülle-/Gärrest-N Kalkulation nach DüV, Anlage 5, für das Jahr 2010 (Taube et al. 2013)

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
	100 %	90 %	80 %	70 %
	(kg N/ha)	(kg N/ha)	(kg N/ha)	(kg N/ha)
Schleswig-Holstein	110	122	138	157
Dithmarschen	110	123	138	158
Herzogtum Lauenburg	63	70	78	89
Nordfriesland	150	166	187	214
Ostholstein	38	43	48	55
Pinneberg	98	109	122	140
Plön	72	80	90	102
Rendsburg-Eckernförde	121	134	151	172
Schleswig-Flensburg	154	171	192	219
Segeberg	105	116	131	150
Steinburg	136	151	170	194
Stormarn	71	78	88	101
Transport				
Menge	-	20.191 t	1.036.449 t	2.485.969 t
Strecke bei 27t Nutzlast	-	24.678 km	1.546.996 km	4.971.938 km
Strecke/t	-	33,0 km/t	40,3 km/t	54,0 km/t
Kosten	-	79.956 €	5.007.678 €	16.115.427 €
Emission (CO ₂ -Äquivalent)	-	42 t	2.646 t	8.514 t

* Die Szenarien 1 bis 4 unterstellen, dass 100, 90, 80 oder 70 % der effektiven landwirtschaftlichen Nutzfläche zur Applikation von 170 kg N/ha aus organischen Düngern zur Verfügung stehen.

Die Landesregierung und der Bauernverband Schleswig-Holstein haben auf diese Sachverhalte reagiert. Über die Einrichtung einer Gewässerschutzallianz, Runder Tische und Güllebörsen sowie Informationsveranstaltungen wird versucht, die anzusetzenden Transportmengen von konservativ geschätzt gut einer Million Tonnen aus dem Szenario 3 in Tabelle 1

(80% der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) stehen für 170 kg N/ha aus org. Düngern zur Verfügung) über Kreisgrenzen hinweg zu transportieren. Über den Erfolg dieser Maßnahmen können bisher noch keine Aussagen getroffen werden. Die in Tabelle 1 dargestellten Berechnungen beziehen sich auf das Jahr 2010 ebenso wie die in den folgenden Kapiteln folgenden Kalkulationen aufgrund einer vollständigen Datenverfügbarkeit für dieses Jahr (exakte Tierzählungen etc.).

Die seitdem erfolgten Veränderungen und Trends auf der Datenbasis für das Jahr 2013 sind folgendermaßen einzuschätzen: Der Biogassektor hat bis zum Jahr 2012 einen weiter deutlichen Anstieg erfahren. Nach unseren Kalkulationen dürften die von 2011 bis 2013 um 15 % angestiegenen Einspeisungen an elektrischer Leistung aus Biomasse (MELUR 2014) zu einer weiteren Steigerung des Anfalls an organischen N-Düngern pflanzlicher Herkunft in Höhe von mindestens 2 kg N/ha auf dann 22 kg N/ha im Jahr 2013 geführt haben. Nachdem jedoch mit der letzten Novellierung des EEG 2013 eine massive Reduktion des Zubaus an Biogasanlagen eingetreten ist, ist davon auszugehen, dass auch in den kommenden Jahren das Niveau der anfallenden N-Mengen aus Gärresten pflanzlicher Herkunft nicht wesentlich weiter ansteigen wird.

Auch im Bereich der Tierhaltung haben sich zwischen 2010 und 2014 Veränderungen ergeben. Mit dem Auslaufen der Quotenregelung im Bereich der Milcherzeugung im Jahr 2015 dürfte mit weiter zunehmenden Milchkuhzahlen im Bereich der Rinderhaltung zu rechnen sein, nachdem sich die landwirtschaftlichen Unternehmen mit dem Schwerpunkt Milcherzeugung offensichtlich bereits in der jüngeren Vergangenheit an die neuen Rahmenbedingungen anpassen. Nur so sind die Steigerungen der Milchkuhzahlen in den letzten Jahren von ca. 365,000 im Jahr 2009 auf 400,000 im Jahr 2013 (Abb. 8) zu erklären.

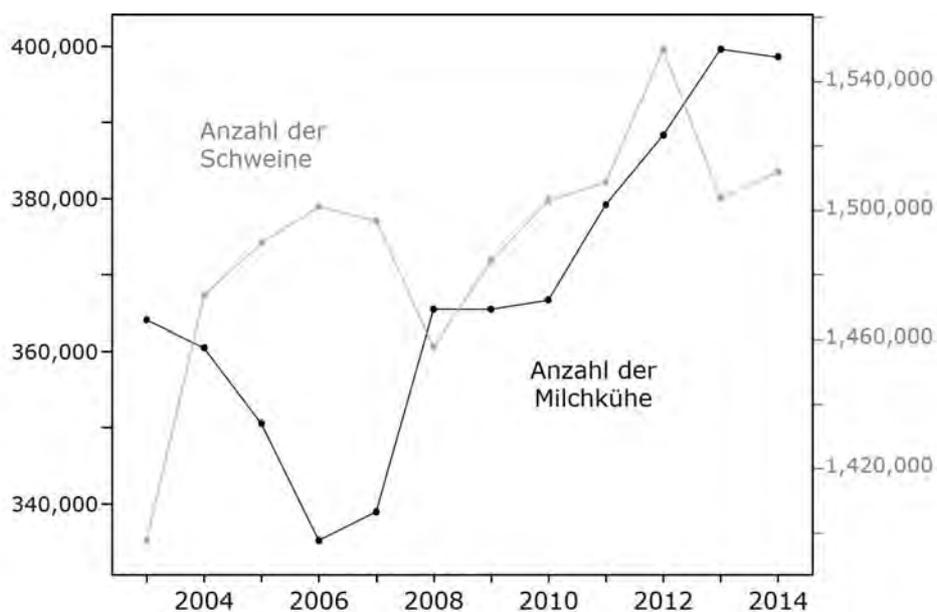


Abbildung 8. Anzahl der Milchkühe und Schweine in Schleswig-Holstein (Statistikamt Nord, 2014)

In der jüngsten Vergangenheit wurde diese Zunahme durch Abnahmen im Bereich der Schweinehaltung zum Teil kompensiert. In Summe dürfte der seit 2010 abzuschätzende zusätzliche Anfall von organischen Düngern tierischer Herkunft eine Größenordnung von 2 kg N/ha ausmachen, so dass auf das Jahr 2013 bezogen mit einem zusätzlichen N-Anfall aus organischen Düngern tierischer und pflanzlicher Herkunft von mindestens 4 kg N/ha auszugehen ist. Die in der folgenden Abhandlung dargestellten Berechnungen auf der Basis von 2010 sind insofern – auf die aktuelle Situation übertragen - als konservativ einzuschätzen (auch, weil im Folgenden u.a. Saatgut, Klärschlamm und Tiermehle aufgrund mangelnder regionaler Daten nicht berücksichtigt sind – die entsprechende Größenordnung dürfte im Bereich von insgesamt ca. 5 kg/ha angesiedelt sein).

Die zentrale Größe zur Abschätzung der Belastung der Umwelt durch Nährstoffe aus der Landwirtschaft ist, wie oben ausgeführt, die Nährstoffbilanz. Insbesondere in landwirtschaftlichen Intensivregionen kann bei engen C/N-Verhältnissen im Boden davon ausgegangen werden, dass positive Stickstoff-Salden weitgehend mit Verlusten bzw. hohen Verlustpotentialen gleichzusetzen sind. Abb. 9 zeigt die Entwicklung der Überschüsse der Stickstoff-Flächenbilanz für Schleswig-Holstein und für den Durchschnitt Deutschlands nach Bach (2014).

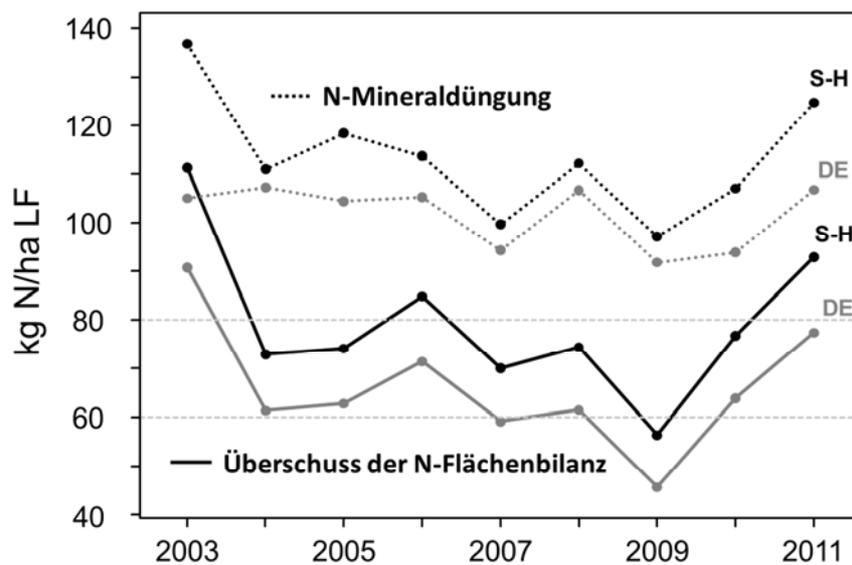


Abbildung 9. Durchschnittlich aufgewendeter mineralischer Stickstoff (N) und Netto-N-Flächenbilanz der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein und Deutschland gesamt nach Bach (2014) für die Jahre 2003 bis 2011 (kg N/ha)

Schleswig-Holstein liegt hinsichtlich der N-Salden deutlich über dem Durchschnitt der 16 Bundesländer und bildet hinter Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen mit weitem Abstand die Spitzengruppe der positiven N-Salden.

Häufig wird der Befund, dass Schleswig-Holstein im Vergleich zum Durchschnitt der Bundesländer ein absoluter Hohertragsstandort sei, als Grund für die damit einhergehenden hohen mineralischen N-Düngereinsätze angeführt, dem muss jedoch widersprochen werden. Zwar ist Schleswig-Holstein tatsächlich im Bereich Getreide und Raps bei den Erträgen führend, bei weitem jedoch nicht in den Bereichen Zuckerrüben, Mais und Grünland und da Futterbauflächen mehr als 60% der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) in Schleswig-

Holstein ausmachen, gilt die Aussage „Hohertragsstandort“ nur begrenzt. Zum anderen weist Schleswig-Holstein neben Niedersachsen und NRW die höchsten Tierdichten (~1,1 GV/ha LN) und damit den höchsten Anfall an zusätzlichen organischen Düngern aus. Diese können zwar zum Teil die erhöhten N-Salden erklären (geringere Stickstoffnutzungseffizienz), nicht jedoch die höchsten N-Mineraldüngereinsätze aller Flächenländer, da bei optimiertem organischem Düngemanagement eine Reduktion des mineralischen N-Düngereinsatzes folgerichtig wäre, was jedoch insbesondere in den Jahren von 2009 bis 2011 immer weniger der Fall zu sein scheint (vgl. Abb. 9).

Hervorzuheben ist weiterhin, dass seit mehr als 10 Jahren für die N-Salden kaum ein Trend in eine günstige Richtung zu identifizieren ist. Lediglich das Jahr 2009 bietet eine positive Ausnahme, die Osterburg (BLAG, 2012) auf das niedrige Verhältnis zwischen Weizenpreis und Kosten für Betriebsmittel zurückführt. Negativ hervorzuheben sind die Jahre 2003 und 2011, die durch geringe Erträge bei gleichbleibender Düngung zu erklären sind. Auf Basis dieser zeitlichen Entwicklung der Nährstoffsalden ist abzuleiten, dass für eine regionale Analyse der Nährstoffsalden in Schleswig-Holstein entweder mehrjährige Daten mit Mittelwertbildung einbezogen werden müssen, um den Effekt von Extremjahren in beide Richtungen zu minimieren oder bei begrenztem Datenzugang solche Jahre ausgewählt werden müssen, die nicht durch Extremsituationen geprägt sind. Für Schleswig-Holstein wäre 2010 ein solches Jahr, da die N-Salden nach Bach mit ca. + 77 kg N/ha etwa 2 kg N/ha unter dem 9jährigen Mittelwert (2003-2011) liegen. Da 2010 das Basisjahr für die Erfassung der organischen N-Düngermengen nach Taube et al. (2013) darstellte und für dieses Jahr auch umfangreiche Daten im Rahmen der Agrarstrukturerhebung des Statistikamts Nord vorliegen, dient dieses Jahr 2010 als Grundlage für die folgende regionale Differenzierung der Nährstoffsalden.

2. Methodik und Datengrundlagen zu Flächen-Bilanzierungen in der Landwirtschaft

2.1 Ist-Zustand Datenverfügbarkeit Schleswig-Holstein

Nährstoffbilanzen können auf verschiedenen Skalenebenen (Feld, Betrieb, Region, Land) und mit verschiedenen Bezugsgrößen (Fläche, Hoftor, Produkt) gerechnet werden. Verbindlich für die landwirtschaftlichen Betriebe im Rahmen der Umsetzung der DüV ist die Flächenbilanz für Stickstoff und Phosphat im Rahmen so genannter Nährstoffvergleiche. Die Berechnung der Nährstoffvergleiche setzt per se eine solide Datengrundlage sowohl die Erträge als auch den Düngereinsatz betreffend für die einzelnen Kulturarten bzw. Flächen voraus. Dies ist auf den landwirtschaftlichen Betrieben (insbesondere Futterbaubetrieben) sehr häufig nicht in ausreichendem Maße gegeben, so dass die Ergebnisse der Nährstoffvergleiche aus der Breite der landwirtschaftlichen Praxis, soweit sie verfügbar sind, als nicht valide einzustufen sind (BLAG, 2012; WBA, 2013; Taube et al., 2013) und somit eine geringe Aussagefähigkeit haben. Darüber hinaus führen die unterschiedlichen Berechnungsverfahren der Bundesländer zu den betrieblichen Nährstoffvergleichen zu einer weiteren Einschränkung der Datenvergleichbarkeit (Machmüller und Sundrum; 2014).

Da es ansonsten im Bund und in Schleswig-Holstein seit mehr als 10 Jahren keine verbindlichen Verpflichtungen einer Datenermittlung der Nährstoffflüsse z. B. auf Basis der Hoftorbilanzen gibt, geschweige denn, die Verpflichtung der entsprechenden Datenübermittlung an eine zentrale Stelle wie z.B. in Dänemark oder in den Niederlanden, ist die aktuelle flächendeckende Datenverfügbarkeit zu Stickstoff- und Phosphatsalden auf landwirtschaftlichen Betrieben im Sinne einer statistisch nachvollziehbaren Größe de facto nicht gegeben. Für die Futterbaubetriebe im Lande wurden über einen langen Zeitraum seitens der Rinderspezialberatung Nährstoffbilanzen im Rahmen der Berichte des Rinderreports erstellt, dies wurde jedoch vor mehr als 10 Jahren eingestellt. Für die Marktfruchtbetriebe liegen seitens der Marktfruchtspezialberatungsrings keine publizierten Nährstoffsalden vor. Die „historischen Daten“ der Rinderreporte weisen für spezialisierte Futterbaubetriebe einen Netto-Hoftorbilanzsaldo auf der Basis von mehr als 500 ausgewerteten Betrieben für die Jahre 1995 bis 2000 von gleichbleibend + 120 kg N/ha/Jahr und + 40 kg Phosphat/ha/Jahr aus (Taube et al., 2013).

Als Alternative zu aktuell nicht offiziell verfügbaren Betriebsdaten bleiben indirekte Methoden, die von großskaligen statistischen Zahlen zu Erträgen, Düngeverkäufen etc. ausgehen und diese nach Plausibilitätskriterien auf kleinskalige Ebenen bis zur Gemeinde herunterbrechen. Bach (2014) ermittelt nach diesem Verfahren die nationalen N-Flächensalden für Deutschland mit einer Herabskalierung bis auf Kreisebene. Heidecke et al. (2012) sind technisch ähnlich vorgegangen, führen die räumliche Auflösung jedoch eine Stufe weiter, indem sie auf Basis der InVeKoS-Daten (Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem) auf Gemeindeebene N-Bilanzen rechnen. Die räumliche Genauigkeit nimmt mit diesem Schritt jedoch nicht prinzipiell zu, da aufgrund von Datenschutzgründen („Geheimhaltungseffekte“) bis zu 20% der Daten nicht zur Verfügung stehen. Heidecke et al. (2012) ermitteln so im Durchschnitt der Gemeinden Schleswig-Holsteins einen Flächenbilanzsaldo von +64 kg N/ha für 2010 und eine Varianz zwischen nahe 0 in

Gemeinden Ostholsteins bzw. Werten über 170 kg N/ha LN für Gemeinden auf der Schleswiger Geest.

Eine andere Näherung ist diejenige über Versuchsergebnisse der Forschungsinstitutionen basierend auf realistischen Managementszenarien aus der landwirtschaftlichen Praxis. Kage und Taube (2007) und Sieling und Kage (2006) zeigen auf Basis solcher Ansätze für Marktfruchtbetriebe erhebliche Probleme auf, den maximal zu tolerierenden Bilanzsaldo von +60 kg N/ha in der typischen schleswig-holsteinischen Marktfruchtfruchtfolge Raps-Weizen-Gerste bzw. Raps-Weizen-Weizen bei ökonomischer Ertragsmaximierung einzuhalten. Insbesondere in dem Fall, wo ein Weizen als Brot- und nicht als Futterweizen kultiviert werden soll, ist die Einhaltung des +60 kg N/ha Bilanzsaldos in dieser Fruchtfolge ohne Ertragsverluste nur sehr knapp möglich und damit in der Praxis unwahrscheinlich. Bestätigt wird diese Größenordnung (ca. +70 kg N/ha) für Marktfruchtbetriebe mit den Daten des COMPASS-Projektes (Kelm et al., 2007). Da z. B. Ostholstein durch Ackerbau und diese Fruchtfolgen dominiert ist, erscheinen die Kalkulationen von Heidecke (unter +10 kg N/ha) für typische Ackerbauregionen als unrealistisch. Dies wird ebenfalls durch die deutlich höheren Zahlen der Testbetriebsauswertung Marktfruchtbetriebe in Mecklenburg-Vorpommern gestützt (Ziesemer und Schulz, 2012). Umgekehrt dokumentieren Heidecke et al. (2012) für von Futterbaubetrieben dominierte Gemeinden auf der Schleswiger Geest N-Flächensalden von über 170 kg N/ha. Diese Werte erscheinen unrealistisch hoch, wenn auf entsprechende Untersuchungen aus dem N-Projekt Karkendamm zurückgegriffen wird (vgl. Trott et al., 2004; Rotz et al., 2005) bzw. ebenfalls wieder die Betriebsanalysen der Futterbaubetriebe im COMPASS-Projekt genutzt werden (ca. +109 kg N/ha). Erklärbar sind diese hohen Überschüsse bei Heidecke et al. durch die Kalkulationsvorgabe, dass organische Dünger nur mit einem Mineraldüngeräquivalent von 25% angesetzt und zudem zusätzliche Ammoniakverluste in Abzug gebracht werden, wodurch der Mineraldüngereinsatz erheblich ansteigen muss, um den Bedarf der Kulturen zu decken.

Diese Ausführungen machen deutlich, dass die Kalkulationsgrundlagen für die Bilanzierung in der Literatur sehr unterschiedlich ausgestaltet sind und damit gleichermaßen wenig vergleichbare oder verlässliche Daten generiert werden. Schließlich stehen als Informationen über die Düngungspraxis auf landwirtschaftlichen Betrieben auch Daten zur Grundwasserschutzgebietsberatung im Rahmen der Umsetzung der WRRL zur Verfügung. Hier ist jedoch zu bedenken, dass diese Betriebe im Basisjahr 2010 bereits seit mehr als 2 Jahren intensiv beraten wurden und mithin für die Nährstoffproblematik sensibilisiert gewesen sein dürften, also eine gewisse Positivselektion der Grundgesamtheit nicht ausgeschlossen werden kann.

Vor diesem Hintergrund werden für die Kalkulation des Nährstoffberichts Schleswig-Holstein bewusst zwei methodisch verschiedene gut dokumentierte Datengrundlagen genutzt und parallel eingesetzt sowie vergleichend bewertet.

Unser Ziel ist es, plausible Nährstoffsalden über zwei Wege abzuleiten. Zum einen mittels statistischer Daten auf Bundes- und Landesebene und entsprechender Herabskalierung auf Kreisebene („top-down“ Ansatz), zum anderen über modellierte Betriebsdaten aus dem Datenfundus der kompletten Daten aus der InVeKoS Datenbank von 14.700 landwirt-

schaftlichen Betrieben aus dem Jahr 2004, die in jedem Kreis von typischen Einzelbetrieben auf die Kreisebenen hoch skaliert werden („bottom-up“ Ansatz).

Darüber hinaus werden die Nährstoffsalden für Stickstoff und Phosphat zum einen nach den Standards der Nährstoffvergleiche entsprechend Anlage 1 und 5 der DüV (2006) und Basisdaten zur Umsetzung der Düngeverordnung (LfL, 2013) durchgeführt, um Anhaltspunkte zur Einhaltung der guten fachlichen Praxis der Düngung auf Kreisebene zu liefern. Zum anderen werden Brutto-N-Bilanzen unter Berücksichtigung zusätzlicher Inputs wie trockene und nasse Deposition gerechnet, um die tatsächliche ökosystemare Belastung durch Nährstoffüberschüsse im Land Schleswig-Holstein auszuweisen.

2.2 Schätzung der Flächenbilanz-Salden nach „top-down“ Ansatz

Der „top-down“ Ansatz nutzt zunächst die Daten aus der Publikation Taube et al. (2013) zur Ableitung des Anfalls organischer Dünger tierischer und pflanzlicher Herkunft basierend auf den Daten des Statistischen Landesamtes und weiteren Kalkulationen. Diese Daten wurden den Kalkulationen von Bach (2014) für Schleswig-Holstein gegenübergestellt, wobei festzustellen war, dass die Abweichungen vergleichsweise gering sind. Daher wurden für den „top-down“ Ansatz ausschließlich die Daten nach Bach (2014) genutzt, allerdings mit einer wichtigen Abweichung: Da wie oben ausgeführt, zunächst ein Bezug zur Anlage 7 der DüV hergestellt werden sollte, wurden die von Bach (2014) eingesetzten Werte für Atmosphärische N-Deposition in der Größenordnung von ca. 20 kg N/ha nicht berücksichtigt. Daraus ergibt sich folgender „top-down“ Kalkulationsansatz in Anlehnung an Bach (2014):

Tabelle 2. Bilanzgrößen der Flächenbilanz nach DüV (2006, Anlage 7) und Bach (2014, Tabelle 13)

	DüV (2006)	Bach (2014)	Notation
Zufuhr			
Mineralische Düngemittel	+	+	Min _{Dgg}
Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft	+	+	Wi _{Dgg}
Sonstige organische Düngemittel (Kompost, Klärschlamm, Tiermehl) Gärreste Biogasanlagen	+	+	SeRo _{Dgg} Gärrest
Stickstoffbindung durch Leguminosen	+	+	BiolFix
Atmosphärische N-Deposition (NO _x und NH _y)	-	+	AtmDep
Saat- und Pflanzgut	-	+	Saat
Boden-, Pflanzen-hilfsmittel, Kultursubstrate, Abfälle zur Beseitigung	+	-	
Abfuhr			
Ernteprodukte Nebenprodukte (wie Stroh, Zuckerrübenblatt)	+	+	Ernte
Flächenbilanz-Saldo = Summe Zufuhr – Summe Abfuhr			

Als Hauptdatengrundlage für die Bilanzschätzung verwendet Bach (2014) Ertrags- und Flächendaten des Statistischen Bundesamtes, sowie Pflanzen- und Tierparameter der aktuellen Düngeverordnung (DüV 2006). Die N-Bilanz wird nach Schätzformel (1) berechnet.

$$\text{Flächenbilanz} = \text{Min}_{\text{Dgg}} + \text{Wi}_{\text{Dgg}} + \text{Gärrest} + \text{BiolFix} + \text{SeRo}_{\text{Dgg}} + \text{Saat} - \text{Ernte} \quad (1)$$

Die Sekundärrohstoff-Dünger (SeRo_{Dgg}) (zusammengesetzt aus Kompost, Klärschlamm, Tiermehl) werden als konstante N-Zufuhr angenommen (3,4 kg N/ha). Die Schätzung der N-Zufuhr über die biologische N-Fixierung (BiolFix) und das Saatgut basiert auf der Anbaufläche und den Hektarerträgen der jeweiligen Kulturen. Die Datengrundlage dafür liegt auf Kreisebene vor. Ebenso wie auch die Daten zur Schätzung der N-Ausscheidungen aus der Nutztierhaltung, die auf Umrechnungen in Großvieheinheiten nach DüV und dem Tierbestand beruhen. Die tatsächliche N-Zufuhr durch Wirtschaftsdünger (Wi_{Dgg}) ergibt sich aus der Menge der N-Ausscheidungen dieser Tiere, vermindert um tierartspezifische Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste.

Für die eingesetzte Mineraldüngemenge (Min_{Dgg}) nutzt Bach (2014) eine Düngebedarfsschätzung (2).

$$\text{Min}_{\text{Dgg}} = 1,06 \cdot \text{Ernte} - 0,6 \cdot (\text{Wi}_{\text{Dgg}} + \text{Gärrest}) - 0,8 \cdot \text{BiolFix} \quad (2)$$

Das heißt, dass der N-Bedarf der Pflanzen, der nicht durch N-Fixierung (BiolFix) und Wirtschaftsdünger (Wi_{Dgg}) gedeckt ist, durch Mineraldünger (Min_{Dgg}) aufgefüllt wird. Die konstanten Faktoren dieser Formel (2) sind so zu interpretieren, dass 60% des Stickstoffs aus Wirtschaftsdünger (Wi_{Dgg}) und 80% der N-Bindung (BiolFix) als aktuell düngewirksam angenommen werden. Zur Schätzung der N-Zufuhr über Gärrest werden die elektrische Leistung und die Substratzusammensetzung der Biogasanlagen einbezogen. Es wird dabei von einem gasförmigen Verlust von 10% des Gesamtstickstoffs bei der offenen Lagerung ausgegangen.

Mit der in Deutschland verkauften N-Mineraldüngermenge ermittelt Bach (2014) einen N-Bedarf der Pflanzen von 106% der Ernte-N-Abfuhr. Da die Pflanzen- und Tierbestände auf Kreisebene vorliegen, kann mit Schätzgleichung (2) auch die Mineraldüngemenge (Min_{Dgg}) auf Kreisebene berechnet werden.

Als Berechnungs-Ungenauigkeiten gibt Bach (2014) u.a. an, dass der Transfer von Wirtschaftsdüngern und Biomasse (auch für Biogasanlagen) über Kreis- und Landesgrenzen nicht berücksichtigt wird.

2.3 Schätzung der Flächenbilanz-Salden nach „bottom-up“ Ansatz

Um die landwirtschaftliche Produktionsstruktur in Schleswig-Holstein abzubilden, wird ein regionales, integriertes ökologisch-ökonomisches Modell verwendet (Albrecht und Henning, 2013; Albrecht et al., 2014 und Henning et al., 2004). Bei dem Modell handelt es sich um ein Lineares Programmierungsmodell (LP) mit Modellbetrieben für 22 Unternaturräume, 8 Betriebstypen und 4 Betriebsgrößenklassen. Diese 22 Unternaturräume von Schleswig-Holstein stellen homogene, räumliche Einheiten mit ähnlichen natürlichen Bedingungen in

Höhenlage, Oberflächenform, Boden, Klima und Vegetation dar. Die Einteilung der Betriebe in die verschiedenen Betriebstypen beruht auf Standarddeckungsbeiträgen. Die Modellbetriebe können aus ca. 1.800 verschiedenen Produktionsaktivitäten auswählen, wobei alle wichtigen Aktivitäten des Pflanzenbaus, der Tierhaltung und der Biogasproduktion abgedeckt werden. Für den Pflanzenbau stehen alle relevanten Marktfrüchte sowie Futterbaufrüchte zur Verfügung. Die Nährstoffversorgung wird über eigene Aktivitäten bereitgestellt, wobei sowohl Mineraldünger als auch auf dem Betrieb anfallender organischer Dünger genutzt werden kann. Im Rahmen der Düngemittelverordnung und produktionstechnischer Beschränkungen kann jeder Betrieb selber auswählen, wie die Nährstoffzufuhr erfolgen soll. Außerdem wird eine Auswaschung von Stickstoff- und Kali-Dünger insbesondere bei organischem Dünger und auf leichten Böden beachtet.

In der Tierhaltung stehen Milchproduktion, Rindermast bzw. Aufzucht, Schafhaltung sowie Schweinemast und Ferkelproduktion zur Auswahl. Über den Grundfutterbedarf der Rinderhaltung und den anfallenden organischen Dünger sind die Tierhaltung und der Pflanzenbau miteinander verknüpft. Ähnlich wie bei der Rinderhaltung Raufutter als Input benötigt wird, ist bei der Biogasproduktion die innerbetriebliche Verwendung z. B. von Mais als Substrat vorgesehen. Anders als bei der Rinderhaltung kann zusätzlich auch Substrat von außerhalb zugekauft werden. Vereinfacht wird angenommen, dass Biogasanlagen nur mit Mais oder Mais und Gülle als Substrat genutzt werden. Außerdem wird auch von Biogasanlagen organischer Dünger für pflanzenbauliche Aktivitäten geliefert. Es stehen sechs Biogasanlagentypen zur Verfügung; dabei wird zwischen den Größen 190 kW_{el}, 350 kW_{el} und 540 kW_{el} und den Substratnutzungen Mais und Mais plus Gülle unterschieden. Von den anderen Produktionsalternativen unterscheidet sich die Biogaserzeugung vor allem darin, dass die jeweiligen Betriebe bei einer Aufnahme dieser Aktivität erst in eine Biogasanlage investieren müssen. Für alle anderen Produktionsaktivitäten werden die entsprechenden Betriebsausstattungen als gegeben angenommen. Begrenzt werden die Aktivitäten durch die jeweilige Ausstattung der Betriebe (Boden, Stallplätze, Arbeit usw.), gesetzliche Vorgaben (Düngerverordnung, Cross- Compliance usw.) oder Beziehungen wie zum Beispiel Vorfruchtbedingungen. Insgesamt liegen ca. 540 verschiedenen Restriktionen vor. Die Preise bzw. Kosten der Aktivitäten und Faktoransprüche sind in Form von Mittelwerten aus Zeitreihen der letzten 10 Jahre abgeleitet (KTBL, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein). Die Produktionsstruktur der Betriebe wird aus den Aktivitäten so modelliert, dass als Zielfunktion der Gesamtdeckungsbeitrag (GDB) maximiert wird.

$$\max: GDB = \sum_j C_j \cdot X_j \quad (3)$$

Wobei C_j den Deckungsbeitrag und X_j den Umfang der Aktivität j darstellt.

Als Datengrundlagen für die Modellbetriebe werden 14.700 reale landwirtschaftliche Betriebe (InVeKoS-Daten) herangezogen. Es wurden also alle landwirtschaftlichen Betriebe in Schleswig-Holstein berücksichtigt, die im Jahr 2004 Prämien beantragt haben. Für diese Betriebe liegen Daten über den Unternaturraum, die landwirtschaftliche Nutzfläche, Information über die Milchquote, Mineraldüngereinsatz usw. vor. Da die Berechnung des Modells mit allen 14.700 Betrieben nicht in angemessener Zeit möglich wäre, werden die Betriebe durch die oben bereits genannten Merkmale unterschieden und in 416 Klassen eingeteilt (vgl. Henning et al., 2004). Mit Hilfe dieser 416 Modellbetriebe wird der landwirtschaftliche Sektor von Schleswig-Holstein abgebildet und es lassen sich aggregierte Ergebnisse für die Unternaturräume bzw. für Schleswig-Holstein ermitteln. Hierzu werden die Ergebnisse der Modellbetriebe mit der Anzahl der Betriebe in der jeweiligen Klasse multipliziert.

Um die speziellen regionalen Bodenverhältnisse im Modell zu berücksichtigen wurden 15 Bodenklassen für die pflanzenbaulichen Aktivitäten in das Modell eingeführt. Die einzelnen Klassen basieren auf einer Einteilung nach Bodenpunkten und der Unterscheidung in „Mineralboden“ und „Niedermoorboden“. Auf den 10 Klassen des Mineralbodens können alle pflanzenbaulichen Aktivitäten betrieben werden, während auf den 5 Niedermoorklassen nur Grünlandaktivitäten möglich sind. Die Deckungsbeiträge und Faktoransprüche der Aktivitäten werden in Abhängigkeit dieser Bodenklassen bestimmt. In welchen Bodenklassen die Flächen eines Betriebes liegen, wird durch den Unternaturraum des Betriebes bestimmt, dadurch wird der regional stark heterogenen Landschaft von Schleswig-Holstein Rechnung getragen.

Die Datengrundlage dieses Modells beruht somit auf realen Betriebsdaten von 14.700 Betrieben aus dem Jahr 2004. Im Rahmen der Parametrisierung wurden die eingesetzten mineralischen N- und P_2O_5 -Mengen aus den anteiligen Düngerkosten abgeleitet und für die typischen Betriebstypen in den jeweiligen Unternaturräumen modelliert. Da diese Datenstruktur für die Tierbestände und installierte elektrische Leistung aus Biogasanlagen des Jahres 2007 kalibriert worden war, wurde in einem zweiten Schritt das Modell auf der Grundlage der nach Taube et al. (2013) für 2010 erfassten organischen N- und P_2O_5 -Mengen neu kalibriert. Auf der Grundlage des neu kalibrierten Modells wurden die resultierenden Effekte auf den Mineraldüngereinsatz und den N-/Phosphatsaldo simuliert. Diese simulierten Daten wurden schließlich mit ausgewählten Daten des Buchführungsverbandes auf Validität überprüft. Dieses Vorgehen erlaubt einen unmittelbaren Vergleich mit dem „top-down“ Ansatz nach Bach (2014).

3. Ergebnisse

3.1 Vergleichende Analyse der N-Salden 2010 nach unterschiedlichen Quellen

Wie in Kapitel 2 ausgeführt, wurden die Stickstoffsalden auf Basis der Flächenbilanz zum einen nach dem Modell nach Bach (2014) berechnet, zum anderen nach dem Modell Henning et al. (2004). Der wesentliche Unterschied beider Modellierungsansätze liegt in der Kalkulation des mineralischen N-Düngereinsatzes. Während Bach aufgrund mangelnder einzelbetrieblicher Datenverfügbarkeit die verkauften N-Düngermengen in Deutschland nach Plausibilitätskriterien auf die Bundesländer und innerhalb der Bundesländer auf die Landkreise verteilt, nutzt Henning eine Ursprungsdatenbasis von über 14.000 Betrieben aus dem Jahr 2004. Dieser Modellierungsansatz wurde für 2010 mit den Daten zum Anfall organischer Dünger und Gärreste nach Taube et al. (2013) kalibriert und auf dieser Datenbasis der Mineraldüngereinsatz auf den Betrieben geschätzt. Wir werden in Kapitel 4 die Plausibilität der jeweiligen Datensätze bzw. Kalkulationsgrundlagen an ausgewählten Beispielen einordnen und überprüfen. Weiterhin wurden Modifikationen dahingehend vorgenommen, dass die zu berücksichtigenden Größen in der Bilanz mit den Vorgaben zur Erfassung der Nährstoffvergleiche nach DüV übereinstimmen plus der zu erwartenden Berücksichtigung der Gärreste, jedoch ohne Berücksichtigung der trockenen und nassen Deposition, um so die Einordnung der Zahlen im Sinne der Überprüfung der guten fachlichen Praxis der Düngung zu gewährleisten.

Die Tabelle 3 zeigt die Kenngrößen der N-Bilanzen für die Landkreise Schleswig-Holsteins in Anlehnung an Bach (abzüglich der N-Deposition, da diese nicht bei der Flächenbilanz nach DüV gerechnet wird.). Die Tabelle 4 zeigt die entsprechenden Daten nach Henning/Taube.

Tabelle 3. Stickstoff-Flächenbilanz 2010 für die Landkreise in S-H nach Bach (2014)

	Zufuhr (kg N/ha)				Abfuhr Ernte (kg N/ha)	Saldo nach DüV (kg N/ha)
	Tieraus- scheid.	Gärrest (o.Tierauss.)	Mineral- dünger	Biolog. Bindung		
Schleswig-Holstein	74	16	107	14	160	51
Dithmarschen	83	9	98	16	154	52
Herzogtum Lauenburg	36	13	129	10	155	33
Nordfriesland	100	27	84	17	161	67
Ostholstein	27	8	151	8	166	28
Pinneberg	79	4	85	17	138	47
Plön	49	10	134	11	165	38
Rendsburg- Eckernförde	79	11	110	15	164	51
Schleswig-Flensburg	94	34	87	15	162	67
Segeberg	67	13	95	13	142	46
Steinburg	105	9	97	17	168	62
Stormarn	47	8	124	11	154	36

Tabelle 4. Stickstoff-Flächenbilanz 2010 für die Landkreise in Schleswig-Holstein nach Henning et al. (2004) unter Berücksichtigung organischer Dünger nach Taube et al. (2013)

	Zufuhr (kg N/ha)				Abfuhr Ernte (kg N/ha)	Saldo nach DüV (kg N/ha)
	Tieraus- scheid.	Gärrest (o. Tierauss.)	Mineral- dünger	Biolog. Bindung		
Schleswig-Holstein	72	20	136	11	159	80
Dithmarschen	75	18	138	14	156	90
Herzogtum Lauenburg	37	14	156	5	151	61
Nordfriesland	95	31	130	16	164	107
Ostholstein	25	7	183	4	167	52
Pinneberg	75	8	116	16	139	76
Plön	48	13	156	7	162	61
Rendsburg- Eckernförde	78	20	129	12	164	76
Schleswig-Flensburg	94	36	114	11	157	98
Segeberg	66	22	124	10	136	86
Steinburg	104	11	106	17	173	65
Stormarn	46	13	145	7	153	58

Die Größenordnungen für die Kategorien N-Ausscheidungen tierischer Herkunft unterscheiden sich nur marginal (72 nach Taube et al. versus 74 kg N/ha nach Bach), wobei die Unterschiede auf eine differenzierte Kalkulation der N-Ausscheidungen z. B. beim Jungvieh in der Rinderhaltung zurück zu führen sein dürften. Auch die Zahlen für die Gärreste pflanzlicher Herkunft sind in ähnlicher Größenordnung angesetzt (16 nach Bach versus 20 nach Taube), wobei der etwas höhere Wert nach Taube darauf zurück zu führen ist, dass Bach den Substratmix nach FNR (2014) für den Durchschnitt Deutschlands kalkuliert, während Taube et al. dezidiert erhobene Daten für Schleswig-Holstein nutzen (Miehe 2008).

Die N-Fixierungsleistung legumer Pflanzen aus beiden Ansätzen unterscheidet sich relativ in vergleichsweise erheblichem Maße, absolut jedoch nur um ca. 3 kg N/ha. Eine Ursache ist, dass nach Henning/Taube die Koeffizienten der DüV (2006) und die Dauergrünland-Fläche und Anbaufläche der Leguminosen zur Ganzpflanzenernte (Statistikamt Nord, 2014) genutzt werden, während Bach zusätzlich 4 kg N/ha auf die gesamte Fläche schätzt und die Leguminosen-Anbaufläche mit Hilfe der Futterpflanzenfläche überschlägt. Die Abfuhr mit Ernteprodukten entspricht aufgrund der gleichen Datenbasis (Statistikamt Nord) bis auf Rundungsabweichungen identischen Zahlen in beiden Ansätzen. Allein der Einsatz mineralischer N-Dünger verursacht erhebliche Differenzen in den abgeleiteten N-Salden der beiden Kalkulationsansätze. Nach Bach beträgt der durchschnittliche N-Mineraldüngereinsatz 107 kg N/ha und der daraus resultierende N-Saldo der Flächenbilanz für SH + 51 kg N/ha. Diese Werte liegen also das ganze Land betreffend innerhalb der Größenordnung von N-Salden, die laut DüV eine gute fachliche Praxis der Düngung erwarten lassen dürften und nur 3 Landkreise, nämlich Nordfriesland, Schleswig-Flensburg und Steinburg überschreiten den Toleranzwert von + 60 kg N/ha/Jahr. Im Übrigen sind dies die Landkreise, die auch

bezüglich des N-Anfalls aus organischen Düngern im kritischen Bereich nahe der 170 kg N/ha liegen.

Völlig abweichend gestalten sich die Einsätze mineralischer N-Dünger auf Basis der modifizierten Datengrundlage von Henning et al. (2004). Der durchschnittliche mineralische N-Düngereinsatz ist um knapp 30 kg N/ha höher ausgewiesen bzw. kalkuliert als in dem Ansatz nach Bach, was zu N-Salden führt, die für den Kreis Nordfriesland über + 100 kg N/ha liegen und nur in den Kreisen Stormarn und Ostholstein innerhalb des seitens der DüV derzeit akzeptierten Niveaus von ≤ 60 kg N/ha liegen. Die Abbildung 10 zeigt die N-Salden auf Kreisebene nach Bach (2014) und Henning et al. (2004) modifiziert und kalibriert mit den organischen N-Mengen nach Taube et al. (2013). Eine Analyse im Hinblick auf Plausibilität der verwendeten Datensätze erfolgt in Kapitel 4.

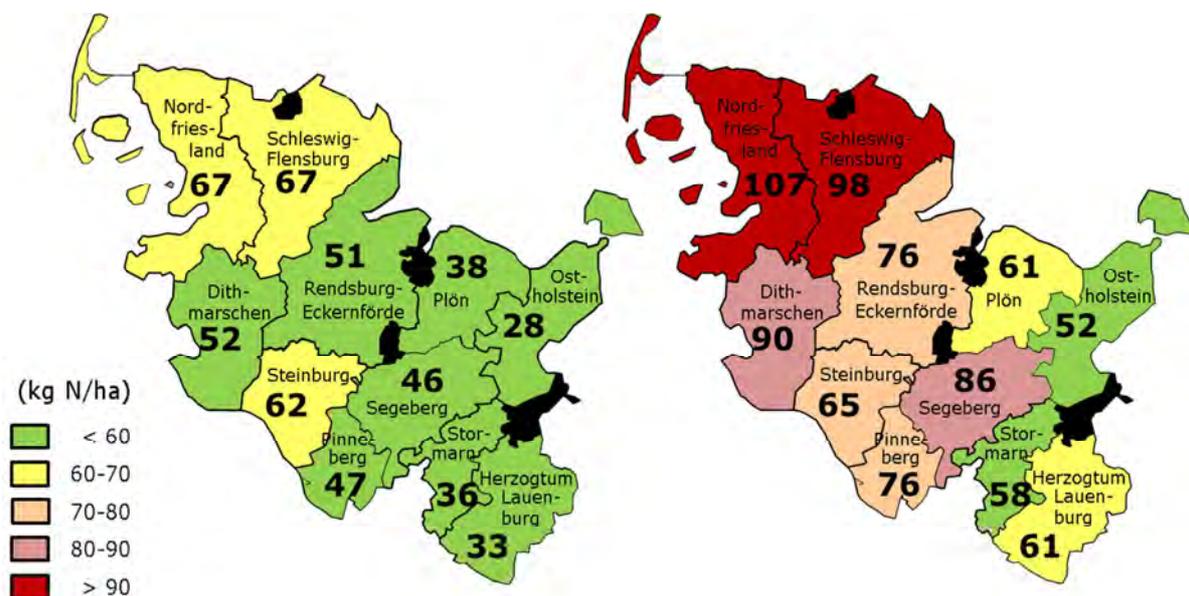


Abbildung 10. Stickstoff-Flächenbilanz-Salden 2010 auf Kreisebene (nach DüV, 2006) nach Bach (links) und Henning/Taube (rechts)

Wird unterstellt, dass die derzeit diskutierten Maximalwerte von + 50 kg N/ha Bilanzsaldo als Ausweis der guten fachlichen Praxis der N-Düngung Eingang in eine novellierte Düngeverordnung finden werden, dann weisen nach unseren Kalkulationen zukünftig nur die Kreise Ostholstein und Stormarn keinen deutlichen Anpassungsdruck zur Reduktion der N-Salden auf.

Wie in Kapitel 2 ausgeführt, sind die N-Salden nach Henning ursprünglich auf der Datenbasis von Unternaturräumen gerechnet und wurden danach erst auf die Kreisebene transformiert. Die Abb. 11 zeigt daher die N-Salden für die 22 Unternaturräume in Schleswig-Holstein.

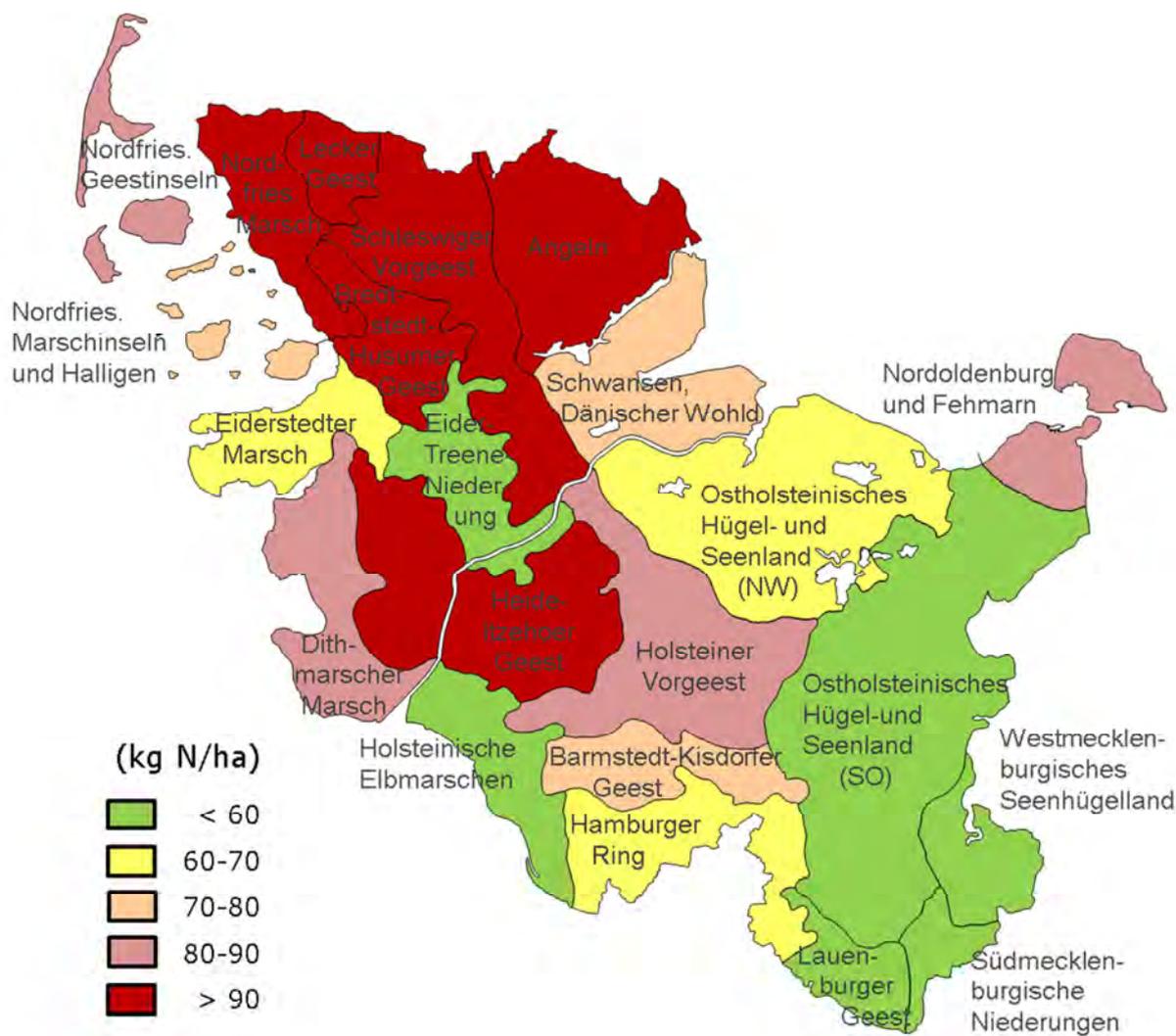


Abbildung 11. Stickstoff-Flächenbilanz-Salden 2010 auf Naturraumebene nach Henning/Taube (Aufteilung der Gärrestmenge analog zu Taube 2013 mit Viehbestand und Ernte nach Statistikamt Nord (2011, 2013, 2014) und installierter elektrischer Leistung aus Biomasse auf Naturraumebene nach TenneT (2014))

3.2 Phosphat-Salden 2010 auf Basis der modellierten Daten nach Henning/Taube

Während die Nährstoffberichte für Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen allein auf den Anfall organischer N- und P_2O_5 -Mengen abzielen und keine Angaben zu mineralischem N-Düngereinsatz und zum mineralischen Phosphatkomplex beisteuern, haben wir die uns zur Verfügung stehende Datenstruktur genutzt, den Themenkomplex Phosphat sowohl hinsichtlich des Anfalls über organische Dünger regional zu quantifizieren als auch eine Abschätzung der Phosphatsalden entsprechend der Nährstoffvergleiche nach DüV vorzunehmen. Der Anfall an Phosphat aus organischen Düngern tierischer und pflanzlicher Herkunft (Gärreste) wurde entsprechend der Vorgehensweise nach Taube et al. (2013) mit den jeweiligen P_2O_5 -Koeffizienten nach LfL (2013) im Erntegut bzw. in den Exkrementen geschätzt. Danach fallen Schleswig-Holstein weit 50 kg P_2O_5 /ha an, wobei organische Dünger pflanzlicher Herkunft (Gärreste) mit 11 kg P_2O_5 /ha beitragen und tierischer Herkunft mit 39 kg P_2O_5 /ha.

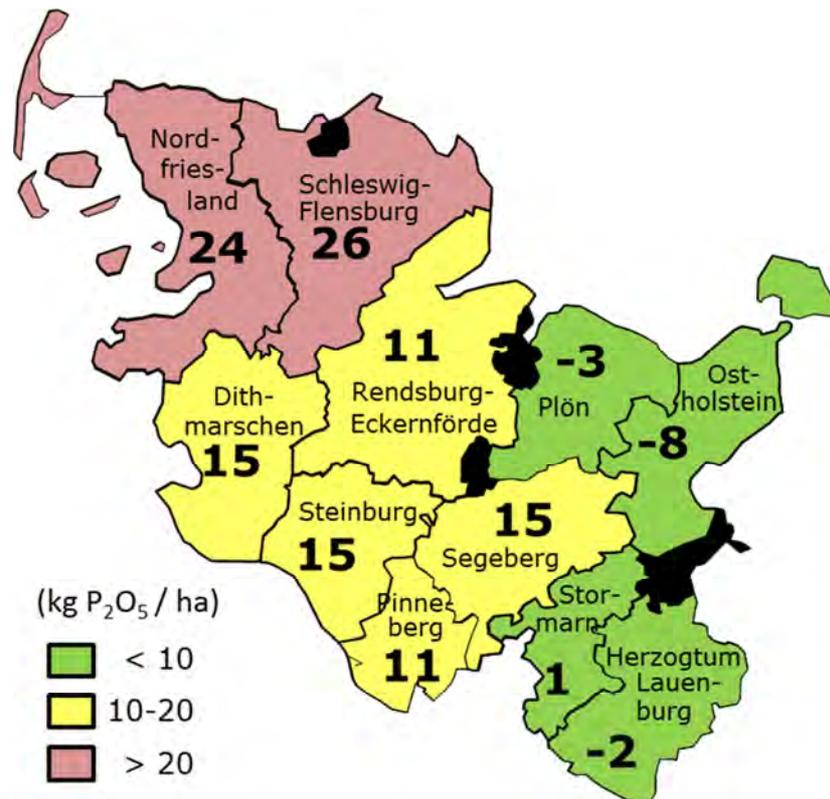


Abbildung 12. Flächenbilanz Phosphat (kg P₂O₅/ha) für die Kreise in Schleswig-Holsteins (Datengrundlage: Modellierung nach Henning et al. (2004) und Taube et al. (2013))

Die Phosphatbilanz wurde unter Verwendung der Daten der organischen Dünger, der P₂O₅-Gehalte und der Flächenenerträge der verschiedenen Kulturen und der mineralischen Phosphatapplikationsmengen nach dem Modell Henning et al. (2004) geschätzt. Die Abbildung 12 zeigt die Phosphatsalden für die Landkreise in Schleswig-Holstein. Danach sind insbesondere die Landkreise Schleswig-Flensburg und Nordfriesland nicht nur bezüglich der Stickstoff-Salden als problematisch einzustufen, sondern auch bezüglich der Phosphatsalden, die laut DüV und dortigen Nährstoffvergleichen derzeit 20 kg Phosphatüberschuss pro Hektar im mehrjährigen Mittel in der Bodenversorgungsstufe „C“ nicht überschreiten soll. Nach dem derzeitigen Stand der Vorschläge zur Novellierung der DüV wird zukünftig unabhängig von der Bodenphosphatversorgungsstufe einen Wert von +10 kg Phosphatüberschuss je ha als obere Grenze der Einhaltung der fachlichen Praxis der P-Düngung angesetzt werden. Diese verschärfte Regelung dürfte in Schleswig-Holstein dazu führen, dass landwirtschaftliche Betriebe in 2/3 der Landkreise des Landes einem Anpassungsdruck hinsichtlich zu reduzierender P-Salden ausgesetzt sein dürften und dies, obwohl nach Lausen und Gosch (2012) nur etwa 10 – 15% der zur Phosphatanalyse eingesandten Bodenproben den Versorgungsstufen D und E zuzuordnen sind (Abb. 13). Da die betroffenen Betriebe in Regionen intensiver Tierhaltung lokalisiert sein dürften, kann daraus einzelbetrieblich die Notwendigkeit von primär durch Phosphat- statt durch Stickstoffüberschüsse induzierten Gülleexporten ausgelöst werden.

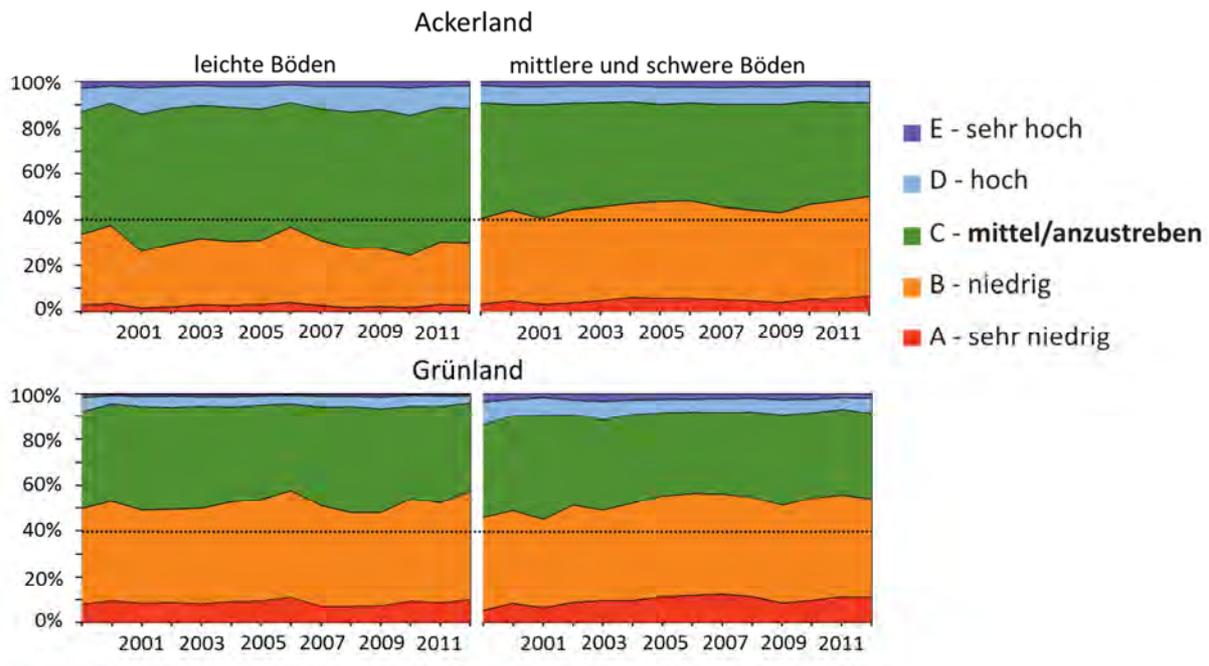


Abbildung 13. Gehaltsklassenverteilung Phosphat (Lausen und Gosch 2012)

3.3. Resultierende Umweltbelastungen aus Stickstoffüberschüssen aus der Landwirtschaft

Im Kapitel 3.1 wurden die N-Salden auf Basis der Nährstoffvergleiche nach DüV ausgewiesen. Diese Zahlen lassen die Immissionen aus der trockenen und nassen Deposition ebenso unberücksichtigt wie die so genannten unvermeidbaren Verluste über den Pfad Ammoniakemissionen. Diese Emissionen wirken jedoch auf lokaler Ebene (Nährstoffeinträge in Ökosysteme) und auch auf globaler Ebene (Umwandlung von Ammoniak in Lachgas und andere Klimagase). Um eine Größenordnung der Umwandlung von Ammoniak in klimarelevante Stickoxide aufzuzeigen, werden in der Abbildung 14 die Brutto-N-Flächenbilanz-Salden (Netto-Salden plus „unvermeidbare Verluste“) für Schleswig-Holstein und die einzelnen Landkreise nach Henning/Taube ausgewiesen. Die trockene und nasse Deposition wird nicht berücksichtigt, weil diese größtenteils aus den Ammoniakemissionen resultiert und eine zusätzliche Berücksichtigung dieser Größe damit einer „Doppelbuchung des Ammoniaks“ entspräche. In der Konsequenz lässt sich festhalten, dass die potentiellen Ammoniakemissionen etwa 38 kg N/ha in Schleswig-Holstein ausmachen und damit der durchschnittliche N-Überschuss auf eine Größenordnung von 118 kg N/ha in Schleswig-Holstein ansteigt. Die Landwirtschaft Schleswig-Holsteins verursacht damit auf dieser Kalkulationsbasis jährliche N-Überschüsse von maximal ca. 175.000 Tonnen. Diese Größenordnung der N-Überschüsse bestätigt älteren Kalkulationen von Flessa (2012) für das Jahr 2003, wobei die Werte im nördlichen Landesteil offensichtlich tendenziell eher angestiegen sind. Eine zentrale Stellschraube zur Reduktion dieser Ammoniakemissionen und zur gleichzeitigen Steigerung der Stickstoffnutzung aus organischen Düngern ist die optimale Terminierung und optimierte Applikationstechnik bei der Gülleausbringung. Diese kann die so genannten „unvermeidbaren Verluste“ bei der Ausbringung von obligatorischen 15% in der DüV auf deutlich unter 10% absenken (Pacholski et al, 2013) bzw. bei Gülleinjektion in den Boden sogar auf bis zu unter 3% des applizierten Ammoniumstickstoffs reduzieren

(Dosch und Gutser, 1996). Neuere Ergebnisse von Kayser et al. (2015) in Nordwestdeutschland zeigen auf Dauergrünland bei jährlichen Gülleapplikationsmengen von ca. 160 kg N/ha im Vergleich zum Pralltellereinsatz einen um 8 dt/ha höheren Trockenmasseertrag, eine um knapp 30 kg N/ha erhöhte Stickstoffaufnahme der Pflanzenbestände und dadurch eine um 22% erhöhte Stickstoffnutzungseffizienz des Güllestickstoffs. Mit dieser Technik wird langfristig nahezu eine vergleichbare Nährstoffausnutzung wie beim Einsatz von mineralischem Stickstoffdünger erreicht. Diese Daten zeigen an, dass die so genannten ‚unvermeidbaren Verluste‘ insbesondere bei der Ausbringung organischer Dünger in erheblichem AusmaÙe vermeidbar sind.

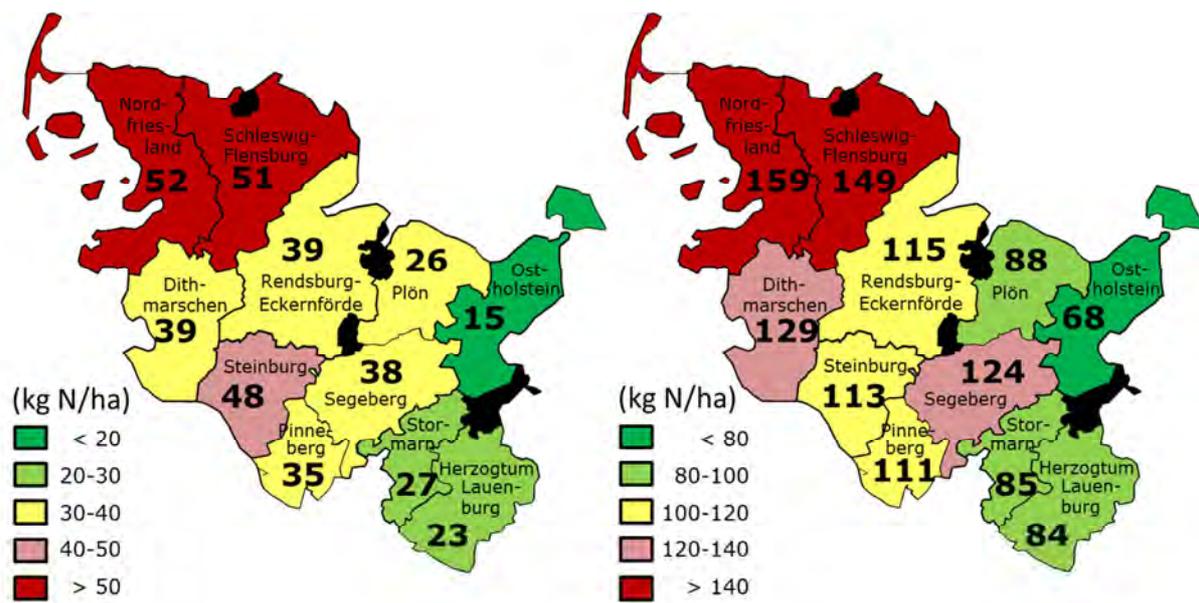


Abbildung 14. Potentielle Ammoniakemissionen (links), abgeleitet aus der Differenz von Brutto- und Nettosaldo, und Brutto-N-Flächenbilanzsalden (rechts) der Landkreise in Schleswig-Holstein nach Henning et al. (2004) und Taube et al. (2013)

4. Plausibilitätsanalyse der „bottom-up“ und „top-down“ Datenableitung

Die in Kapitel 3 nach „bottom-up“ bzw. „top-down“-Ansatz durchgeführten Kalkulationen kommen insbesondere bezüglich der eingesetzten mineralischen N-Düngermengen zu unterschiedlichen Ergebnissen und damit auch zu unterschiedlichen N-Salden.

Zum Teil dürften diese Unterschiede von bis zu 30 kg N/ha mineralischem N-Dünger in der Tatsache begründet sein, dass nach „bottom-up“ Ansatz die landwirtschaftlichen Unternehmen auf Basis der InVeKoS-Daten erfasst werden und Kleinstbetriebe (z.B. Pferdehalter) mit Extensivnutzungen ohne Anträge auf Transfers aus der ersten Säule der EU-Agrarpolitik im Datenpool der zur Verfügung gestellten Daten aus dem MELUR nicht enthalten sind und daher in der Modellierung nach Henning et al. ebenfalls nicht. Selbst wenn dem so ist, weisen die (höheren) Zahlen des „bottom-up“ Ansatzes jedoch die Situation von mehr als 95% der Flächen in den Landkreisen aus - das heißt, es handelt sich dabei maximal um eine methodisch bedingte Überschätzung der mineralischen N-Düngermengen in der Größenordnung von 5%.

Obwohl die Modellentwicklung nach Henning et al. ingenieurwissenschaftlich auf Validität überprüft worden ist, soll am Beispiel des Kreises Ostholstein aufgrund der dort vergleichsweise einfachen Produktionsstrukturen und der verfügbaren Daten aus der Beratung (Obenauf, 2013) bzw. aus Testbetrieben (Ziesemer und Schulz, 2012), überprüft werden, ob eher die N-Düngungsintensitäten und resultierenden Mineraldüngermengen nach Bach (151 kg N/ha) oder nach Henning (183 kg N/ha) diesen Beratungs- und Testbetriebszahlen näher kommen. Die Tabelle 5 zeigt die Kulturarten mit der jeweiligen Anbaufläche und den aus Testbetriebsdaten (Ziesemer und Schulz, 2012) bzw. aus Daten von langjährigen Exaktversuchen abgeleiteten N-Mineraldüngereinsätze, die als Beratungsgrundlagen dienen (Kage et al., 2013). Das Interessante an letzterem Datensatz (der im Modell nach Henning seine Bestätigung findet) ist, dass insbesondere in spezialisierten Ackerbaubetrieben eine geringe jährliche Variabilität der optimalen N-Düngungsintensität gegeben ist, weil weder Dünger- noch Produktpreise über einen weiten Bereich die spezielle optimale Intensität eines Landwirts in der ex ante Projektion verändern. Dies wird durch Sensitivitätsanalysen von Henning et al. (2004) bestätigt. Die Düngungsdaten für die Futterbaukulturen Dauergrünland, Mais und Ackergras sind den Daten der Rinderspezialberatung für 2010/2011 (Rinderreport, 2011) entnommen und spiegeln so die praxisrelevanten N-Düngungsintensitäten für diese Kulturen wider. Werden diese Kennzahlen der N-Düngung auf Kreisebene aufsummiert und die organische N-Düngung ebenfalls nach Plausibilitäten/Betriebsdaten auf die Kulturarten aufgeteilt, so resultiert daraus ein durchschnittlicher N-Mineraldüngereinsatz von über 200 kg N/ha. Abzüglich einer Fläche von 5% der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) des Kreises, die in der Tabelle nicht erfasst ist und für die unterstellt wird, dass sie extensiv ohne Mineraldüngereinsatz bewirtschaftet wird, würde eine Größenordnung von 193 kg N/ha resultieren. Selbst bei unterstellten 10% der LN, die extensiv und ohne jegliche N-Versorgung genutzt werden, übertrüfe der N-Einsatz die nach Henning kalkulierte N-Düngermenge knapp.

Tabelle 5. Ableitung der N-Düngungsintensitäten für den Kreis Ostholstein auf Basis von Beratungs- und Testbetriebsdaten

Kultur	Anbaufläche (ha)	Min_{Dgg} (kg N/ha)	Wi_{Dgg} + Gärrest (kg N/ha)
Raps ⁽¹⁾	22385	220	20
Weizen ⁽¹⁾	39243	220	10
Gerste ⁽¹⁾	7543	160	10
Ackergras ⁽²⁾	1630	200	130
Mais ⁽²⁾	3838	57	130
Dauergrünland ⁽²⁾	11413	188	90
Gesamt	86052	203	31

(1) Nach Ziesemer und Schulz (2012) sowie Kage et al. (2006, 2013)

(2) Nach Rinderreport (2011)

Tabelle 6. Stickstoffdüngungsniveaus der wichtigsten Kulturen 2010, für den Landkreis Rendsburg-Eckernförde, basierend auf 395 Datensätzen der GWS Nord, mit über die Anbaufläche der Kulturen gewichtetem Mittelwert und Schätzwerten von Bach (2014) und Henning/Taube (2014) in kg N/ha

Kultur	Wi_{Dgg} + Gärrest (kg N/ha)	Min_{Dgg} (kg N/ha)	Dünger gesamt (kg N/ha)
Mais	106	37	143
Dauergrünland	160	127	287
Ackergras	137	144	281
Winterweizen	48	161	209
Wintergerste	35	142	177
Winterraps	57	182	239
Winterroggen	55	81	136
Mittel	108	118	226
Bach	90	110	200
Henning/Taube	98	129	227

Tabelle 7. Stickstoffdüngungsniveaus aus der Beratung für Schleswig-Holstein, basierend auf 121 Datensätze des MELUR und Schätzwerten von Bach (2014) und Henning/Taube (2014) in kg N/ha

	Wi_{Dgg} + Gärrest (kg N/ha)	Min_{Dgg} (kg N/ha)	Dünger gesamt (kg N/ha)
Beratung (MELUR)	109	122	231
Bach	90	107	197
Taube/Henning	92	136	228

Vor diesem Hintergrund erscheinen die nach Bach (2014) kalkulierten mineralischen N-Mengen von 151 kg N/ha im Durchschnitt eines pflanzenbaulich hoch ertragreichen Landkreises, der durch die N intensiven Kulturen Raps und Winterweizen dominiert wird und mit rund 30 kg N/ha vergleichsweise wenig Gülle- und Gärrestanfalle ausweist, die zudem noch vornehmlich im Futterbau eingesetzt werden dürften, vergleichsweise sehr niedrig. Es liegt vor diesem Hintergrund der Schluss nahe, dass die in Bach (2014) dokumentierten Berechnungsverfahren, um aus den Mineraldungerabsatzen in den Bundesländern auf die eingesetzten Dungemengen in denselben zu schließen, zu ungenau sein könnten.

Auch ein Vergleich der Daten für den Kreis Rendsburg-Eckernförde mittels der Nutzung von ca. 400 Einzelschlagauswertungen der zuständigen Grundwasserschutzberatung führt in diese Richtung. Danach liegt der Einsatz mineralischer N-Dünger mit 118 kg/ha um knapp 10% höher als nach Bach kalkuliert und 10% niedriger als nach Henning et al. modelliert (Tab. 6). Der Gesamteinsatz an N-Düngern wird nach Henning exakt getroffen, nach Bach aber um 20 kg/ha unterschätzt. Auch ein weiterer Datensatz aus der Gewässerschutzberatung (MELUR, 2014) mit 121 kulturartspezifischen Daten (jeweils organischer plus mineralischer Düngereinsatz und Salden) bestätigt in der Gesamt-N-Aufwandmenge unsere „bottom-up“ Kalkulationen (Tab. 7).

Es bleibt somit festzuhalten, dass aus der Perspektive der typischen landwirtschaftlichen Betriebe sehr viel für die Validität der im Modell Henning ausgewiesenen applizierten mineralischen N- Mengen und die daraus resultierenden Nährstoffsalden spricht. Aber auch die Validität der P₂O₅-Salden nach Henning/Taube in den durch Futterbau und Mais dominierten Landkreisen Schleswig-Flensburg und Nordfriesland wird bestätigt durch die etwas älteren Zahlen aus den Rinderreporten bis 2000, wonach der Phosphatsaldo in futterbaulich dominierten Regionen mit + 40 kg N/ha auf Basis einer Hoftorbilanzierung angegeben wird. Da der Maisanbau seit 2000 erheblich zugenommen hat und damit auch die nach wie vor praktizierte mineralische Unterfudungung zu Mais, erscheinen die geschätzten Phosphatsalden für diese Landkreise noch vergleichsweise konservativ.

Eine Bestätigung der Kalkulationen nach Henning/Taube bedeutet im Vergleich zu den Zahlen nach Bach eine deutlich andere Einschätzung der Nährstoffsituation im Lande und aus unserer Sicht erscheinen diese Zahlen realistischer als diejenigen nach Bach. Letztendlich machen diese Unsicherheiten deutlich, dass eine flächendeckende Erfassung und Dokumentation der Nährstoffflüsse auf den Betrieben nach den Kriterien der Hoftorbilanz und der Flächenbilanz notwendig ist.

5. Abschließende Bewertung

Die Ausführungen zu den Stickstoff- und Phosphatsalden in Schleswig-Holstein zeigen sehr deutlich, dass vor allem eines fehlt: Eine valide Datenbasis repräsentativer Betriebe im Lande, die den politischen Entscheidungsträgern stets aktualisiert zur Verfügung steht. Die dargestellte Bandbreite der N-Salden von durchschnittlich + 51 kg N/ha nach Bach (2014) auf Basis von kalkulierten Nettoflächensalden, die eine scheinbare „gute fachliche Praxis der Düngung“ im Lande suggerieren und + 118 kg N/ha nach Henning/Taube auf Basis von Bruttosalden, die die potentiell negativen Umwelt-Effekte abbilden, machen dies überdeutlich. Diese Unsicherheiten untermauern die Forderungen verschiedener wissenschaftlicher Beiräte, das Düngerecht zu ändern und im Rahmen der Novellierung der DüV die Hoftorbilanz verpflichtend ab 2018 zu implementieren. Nur die Hoftorbilanz kann die Nährstoffsituation und Nährstoffeffizienz des Gesamtbetriebes valide abbilden. Die Flächenbilanz dient darüber hinaus lediglich zur Überprüfung der Düngplanung auf der Skalenebene einzelner Feldschläge. Alle Vergleiche zwischen aggregierten Flächenbilanzen und Hoftorbilanzen weisen insbesondere für Futterbaubetriebe eine systematische Abweichung aus, die darin begründet ist, dass mit der Flächenbilanz zwar die potentiell geernteten Erträge auf der Fläche erfasst sind, nicht jedoch die Nährstoffverluste, die bis zur Verwertung durch das Tier auftreten. Die Größenordnung der methodisch bedingten Differenz der resultierenden Erträge bez. N-Salden nimmt durchaus eine Größenordnung von bis zu 30% ein. Daher sind wir überzeugt, dass die von uns dargestellten Bilanzsalden die tatsächlichen Größenordnungen eher wiedergeben als die Kalkulationen nach Bach (2014).

Wenn die Bereitstellung einer Datenbasis nach Hoftorbilanz über das Düngerecht auf nationaler Ebene nicht verpflichtend geleistet wird (beziehungsweise bevor dies geschieht), wird empfohlen, dies auf anderen Wegen auf Ebene des Bundeslandes Schleswig-Holstein zu organisieren. Bei einer Grundgesamtheit von ca. 13.000 landwirtschaftlichen Betrieben ist ein Testbetriebsnetz in der Größenordnung von 100 - 200 Betrieben anzustreben, welches sowohl die standörtliche als auch die strukturelle Vielfalt der Betriebe widerspiegelt. Mit Hilfe des Modells von Henning et al. sowie der jeweils aktualisierten statistischen Daten über Tierzahlen etc. des Statistikamtes Nord wäre es dann möglich, ausgehend von diesen Testbetrieben die Entwicklungen der N- und P₂O₅-Salden für die Gesamtheit der Betriebe laufend anzupassen und auf Kohärenz bezüglich paralleler Entwicklungen umweltrelevanter Parameter abzugleichen, zum Beispiel im Rahmen der weiteren Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie und auch der anstehenden Umsetzung der EU-Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie. Ob dieses Testbetriebsnetz über die Landwirtschaftskammer zu entwickeln und zu pflegen wäre, ist eine Option, die das Land im Rahmen von Zielvereinbarungen mit der Landwirtschaftskammer überprüfen könnte. Wir haben seinerzeit mit 32 Betrieben des COMPASS-Projektes gezeigt, dass eine entsprechende Umsetzung grundsätzlich möglich ist und auch die bis zum Jahr 2000 seitens der Rinderspezialberatung dokumentierten Auswertungen belegen dies.

Wir sehen für die Bereitstellung derartiger Daten aus zwei Gründen eine absolute Notwendigkeit. Zum einen ist es unabdingbar, den landwirtschaftlichen Betrieben die tatsächlichen Größenordnungen der Bilanzsalden aufzuzeigen, um so eine gesteigerte

Sensibilität gegenüber der Problematik deutlich zu machen und den Betrieben zu ermöglichen, von solchen Berufskollegen und -kolleginnen zu lernen, die nicht nur „ihre N-Salden im Griff haben“, sondern damit sehr häufig auch die höchsten Erträge erzielen (vgl. Daten COMPASS-Projekt). Zum anderen ist es notwendig, diese Daten bereit zu stellen, weil die politischen Entscheidungsträger nur so in der Lage sein werden, auf die absehbaren weiteren Konzentrationsprozesse in der Tierhaltung im Lande in Kombination mit hohen Bewirtschaftungsintensitäten angemessen im Sinne des Vorsorgeprinzips zu reagieren.

Die in Kapitel 1 dargestellten Trends des N-Anfalls aus organischen Düngern (+4 kg/ha zwischen 2010 und 2013) werden sich voraussichtlich weiter verstärken und lassen bereits heute bei weiterer Entwicklung in diese Richtung negative Implikationen für die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Schleswig-Holstein erwarten.

Literatur

- Albrecht, E. und Henning, C.H.C.A., 2013. Biogasproduktion und nachhaltige Landnutzung: Ein Widerspruch? - eine Modellgestützte Analyse am Beispiel von Schleswig-Holstein. Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie 22 (2), 55–64. <http://oega.boku.ac.at/index.php?id=228>
- Albrecht, E., Zarnekow, N. und Henning, C.H.C.A., 2014. Tatsächliche Kosten und gesellschaftliche Zahlungsbereitschaften für Ökologische Leistungen landwirtschaftlicher Betriebe: Eine modellgestützte Analyse für Schleswig-Holstein. Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel, Heft 121. <http://www.agrar.uni-kiel.de/de/forschung/publikationen>
- Bach M., Hillebrecht B., Hunsager E.A. und Stein M., 2014. Berechnung von Stickstoff-Flächenbilanzen für die Bundesländer - Jahre 2003 bis 2011. Methodenbeschreibung zum Indikator der Länder-Initiative Kernindikatoren (LIKI). 2., überarbeitete Fassung.
- BLAG, 2012. Evaluierung der Düngeverordnung – Ergebnisse und Optionen zur Weiterentwicklung. Abschlussbericht. Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG). Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucher-schutz. http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn051542.pdf
- Dosch, R. und Gutser R. 2006. Reducing N losses (NH₃, N₂O, N₂) and immobilization from slurry through optimized application techniques. Fertilizer research 43, 1-3, 165-171 [10.1007/BF00747697](http://dx.doi.org/10.1007/BF00747697)
- DüV, 2006. Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV). www.gesetze-im-internet.de/d_v/
- DüngG, 2009. Düngegesetz www.gesetze-im-internet.de/d_ngg/
- DüMV, 2012. Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung - DüMV) www.gesetze-im-internet.de/d_mv_2012/
- EU-Nitratrichtlinie, 1991. Richtlinie 91/676/EWG des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen. eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1991:375:0001:0008:DE:PDF
- EU-Wasserrahmenrichtlinie, 2000. Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32000L0060
- Flessa, H., Müller, D., Plassmann, K., Osterburg, B., Techen, AK., Nitsch, H., Nieberg, H., Sanders, J., Meyer zu Hartlage, O., Beckmann, E., Anspach, V., 2012. Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. Braunschweig: vTI, 472 S, Landbauforschung vTI agriculture and forestry research - Sonderheft 461 <http://d-nb.info/1026898811>
- FNR, 2014. Basisdaten Bioenergie Deutschland. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). 11. Auflage. www.fnr.de/basisdaten/bioenergie/

- MELUR, 2014. Tabellen und Grafiken zum Bericht der Landesregierung Drucksache 18/889
http://www.schleswig-holstein.de/Energie/DE/Energiewende/Indikatoren/Monitoring_SH/Monitoring_SH_node.html
- van Groenigen, J.W., Velthof, G.L., Oenema, O., van Groenigen, K.J., 2000 Towards an agronomic assessment of N₂O emissions: a case study for arable crops. European Journal of Soil Science, 2010, 61, 903–913 [10.1111/j.1365-2389.2009.01217.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2009.01217.x)
- Heidecke C., Wagner A. und Kreins, P., 2012. Entwicklung eines Instruments für ein landesweites Nährstoffmanagement in Schleswig-Holstein. Arbeitsberichte aus der TI-Agrarökonomie. Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) für Ländliche Räume. http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/bitv/dn051508.pdf
- Henning C.H.C.A., Henningsen A., Struve C. und Müller-Scheeßel J., 2004. Auswirkungen der Mid-Term-Review-Beschlüsse auf den Agrarsektor und das Agribusiness in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern, Agrarwirtschaft, Sonderheft 178, Agrimedia, Bergen/Dumme. 3-86037-236-X.
- Kage H., Sieling K. und Henke J., 2006. Gefährden positive Stickstoffsalden den Rapsanbau? Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel. Heft 108.
- Kage H., Sieling K., Pahlmann I. und Böttcher U., 2013. Stickstoffbilanzen im Ackerbau. (Vortrag). Inst. f. Pflanzenbau und -züchtung, Universität Kiel. www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Pflanze/Teaser/Duengung/Kage_Ackerbau_NBilanz5.pdf
- Kayser, M., Breitsameter, L., Benke, M., Isselstein, J. (2015): Nitrate leaching is not controlled by the slurry application technique in productive grassland on organic-sandy soil. Agronomy For Sustainable Development, 35 (1). 35. 213-223.
- Kelm M., Taube F., Hüwing H., Kemper, N. und Neumann H., 2007. Wissen, wo man steht. Ergebnisse des Projektes „COMPASS“. Breitschuh und Kock GmbH, Kiel. http://orgprints.org/11002/1/CAU_Kiel_Broschuere_COMPASS.pdf
- Lausen P. und Gosch K., 2012. Bodengehalte in Schleswig-Holstein untersucht. Sonderdruck 30/2012. Bauernblatt. www.kali-gmbh.com/de/pdf-articles/article-20120912-bauernblatt-die-bodenfruchtbarkeit-ist-vielfach-ruecklaufig.pdf
- LfL, 2013. Basisdaten zur Umsetzung der Düngeverordnung. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. www.lfl.bayern.de/iab/duengung/031245/
- LWK, 2013. Nährstoffbericht in Bezug auf Wirtschaftsdünger für Niedersachsen 2012/2013. Bericht der Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Fachbereich Nachhaltige Landnutzung, Ländlicher Raum. www.ml.niedersachsen.de/download/81408
- LWK, 2014. Nährstoffbericht über Wirtschaftsdünger und andere organische Düngemittel für Nordrhein-Westfalen. Landwirtschaftskammer NRW. www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/pdf/naehrstoffbericht-nrw-2014.pdf
- Machmüller A. und Sundrum A., 2014. Der Einfluss länderspezifischer Berechnungsverfahren auf den betrieblichen Nährstoffvergleich gemäß Düngeverordnung. Landbau-forschung, 64, 1, 17-30. [10.3220/LBF_2014_17-30](https://doi.org/10.3220/LBF_2014_17-30)
- Miehe A.-K., 2008. Biogaserzeugung aus landwirtschaftlichen Rohstoffen -Monitoring des Substratanbaus und der Gärrestverwertung in Schleswig-Holstein. Masterarbeit, Universität Kiel.

- NEC-Richtlinie, 2001. Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (ABl. EG L309, S. 22-30)
eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:309:0022:0030:DE:PDF
- Nieder R., Köster W, Kersebaum KC 2007. Brennpunkt Stickstoff I: Beitrag der Landwirtschaft zu diffusen N-Einträgen, WasserWirtschaft 1-2/2007, 53-57
www.soil.tu-bs.de/download/downloads/pubs/2007.Nieder-etal.WasserWirtschaft.pdf
- Nitratbericht Deutschland, 2012: Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz www.bmu.de/N49277
- Obenauf, 2013. Weizenanbau in Schleswig-Holstein Rückblick und Ausblick. Landwirtschaftskammer S-H (LKSH). Vortrag Weizentag 2013 www.lksh.de/fileadmin/dokumente/.../Weizentag_2013/1_-_Obenauf_Weizentag_SH_06-2013.pdf
- Pacholski A., Seidel A., Kage H. und Augustin J. 2013. Ammonia emission after field application of biogas digestates: measurements in two energy crop rotations across 5 sites in Germany. Proceedings of RAMIRAN 2013, 15th International conference Versailles, 2013, www.ramiran.net/doc13/Proceeding_2013/homepage.html
- Rinderreport, 2011. Ergebnisse der Vollkostenauswertung der Rinderspezialberatungsringe in Schleswig-Holstein. Auswertungsjahr 2010/2011. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (LKSH). Abteilung Tierzucht und Tierhaltung http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Rinder/Rinderreports/Rinderreport_2011.pdf
- Rotz C.A., Taube F., Russelle M.P., Oenema J., Sanderson M.A. und Wachendorf M., 2005. Whole-Farm Perspectives of Nutrient Flows in Grassland Agriculture. Crop Sci. 45(6), 2139. [10.2135/cropsci2004.0523](https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0523)
- Sieling und Kage, 2006. N balance as an indicator of N leaching in an oilseed rape – winter wheat – winter barley rotation. Agriculture, Ecosystems and Environment 115 (2006) 261–269. [10.1016/j.agee.2006.01.011](https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.01.011)
- SRU, 2015. Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU). www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.html
- Statistikamt Nord, 2011. Bodennutzung und Ernte in Schleswig-Holstein 2010. Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (C_I_1_C_II_1_j10)
www.statistik-nord.de/uploads/tx_standocuments/C_I_1_C_II_1_j10.pdf
- Statistikamt Nord, 2013. Naturraum- und Gemeindeergebnisse in Schleswig-Holstein 2010. Endgültige Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010. Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (C_IV_LZ2010_Teil8_Korr_x)
www.statistik-nord.de/uploads/tx_standocuments/C_IV_LZ2010_Teil8_Korr_x.pdf
- Statistikamt Nord, 2014. Viehbestand und tierische Erzeugung. Statistische Berichte. Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein.
www.statistik-nord.de/daten/landwirtschaft/viehbestand-und-tierische-erzeugung/
- Statistikamt Nord, 2014. Ernteberichterstattung über Feldfrüchte und Grünland in Schleswig-Holstein. Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (C_II_1_m1311_SH)
www.statistik-nord.de/uploads/tx_standocuments/C_II_1_m1311_SH.pdf

- Stellungnahme, 2013. Novellierung der Düngeverordnung - Nährstoffüberschüsse wirksam begrenzen. Kurzstellungnahme der Wissenschaftlichen Beiräte für Agrarpolitik (WBA) und für Düngungsfragen (WBD) beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und des Sachverständigenrates für Umweltfragen der Bundesregierung (SRU) zur Novellierung der Düngeverordnung (DüV). http://www.umweltrat.de/.../2013_08_AS_Novellierung_Duengeverordnung.pdf
- Steinmann, 2014 Gewässerschutzberatung in Schleswig-Holstein. Hochwertiges Trinkwasser. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) Bauernblatt. 6. Sep. 2014 www.schleswig-holstein.de/.../Bauernblatt_Artikelserie_2014_Nr_4_blob
- Taube F. und Kage H., 2007. Auswirkungen der EU-Umweltpolitik auf die pflanzliche Produktion in Schleswig-Holstein. Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel. Heft 112, 35-44.
- Taube F., 2013. Anmerkungen zum Entwurf eines Gesetzes zur Erhaltung von Dauergrünland in Schleswig-Holstein (DGLerhG S-H). Schleswig-Holsteinischer Landtag. Umdruck 18/1712. www.gfo.uni-kiel.de/.../umdruck-18-1712_Taube_Anmerkungen.pdf
- Taube F. und Schütte J., 2013. Sind die Milchviehbetriebe in Schleswig-Holstein auf die Novellierung der Düngeverordnung vorbereitet? Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel. Heft 120, 95-107. www.agrar.uni-kiel.de/de/forschung/publikationen
- Taube F., Schütte J. und 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. Sonderheft 219. 10.12767/buel.v0i219.29
- TenneT, 2014, Einspeisung und Anlagenregister. Anlagenstammdaten Jahresmeldung. nach § 77 EEG 2014. TenneT TSO GmbH. www.tennet.eu/de/kunden/eegkwk-g/erneuerbare-energien-gesetz/eeg-daten-nach-52/einspeisung-und-anlagenregister.html
- Trott H., Wachendorf M., Ingwersen B. und Taube F., 2004. Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. Grass Forage Sci. 59(1), 41-55. 10.1111/j.1365-2494.2004.00405.x
- UBA, 2014. Oberflächengewässer ATLANTIS. Chemisch-physikalische Gewässergüte. Umweltbundesamt. http://gis.uba.de/website/web/atlantis/karten/chem_phys_gewguete.htm
- Wachendorf M, Büchter M, Volkers K, Bobe J, Loges R, Rave G, and Taube F (2006). Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. V. Impact of grass understorey, slurry application and mineral N fertilizer on nitrate leaching under maize for silage. Grass and Forage Science 61(3), 243-252. 10.1111/j.1365-2494.2006.00528.x
- WDüngV, 2010. Verordnung über das Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdünger www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/wd_ngv/
- Ziesemer A und Schulz R.-R., 2012. Ökonomische und ökologische Aspekte von Rapsfruchtfolgen. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft www.landwirtschaft-mv.de/.../ZS_Schulz_Nachhaltiger_Rapsanbau.pdf

Teil II



Berichte über Landwirtschaft
Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

Auswirkungen der Berücksichtigung von Gärresten auf den Anfall organischer Dünger in einer novellierten Düngeverordnung – dargestellt am Beispiel Schleswig-Holstein

Friedhelm Taube, Johan Schütte, Christof Kluß

Veröffentlichung mit freundlicher Genehmigung

Berichte über Landwirtschaft
Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft
Sonderheft 219, September 2013

[10.12767/buel.v0i219.29.g76](https://doi.org/10.12767/buel.v0i219.29.g76)

1. Einleitung

Die Düngeverordnung (DüV; 9) in Deutschland dient zweierlei Zielen: Zum einen regelt sie die Düngung nach guter fachlicher Praxis (§1 der Düngeverordnung) im Sinne der sachgerechten Anwendung aller Düngemittel. Dies gilt für alle Nährstoffe, ist jedoch lediglich für N und P explizit konkretisiert. Zum anderen dient die DüV der Umsetzung gemeinschaftsrechtlicher Vorgaben im Rahmen der EU-Nitratrichtlinie (11) und der EU-Wasser-Rahmenrichtlinie (12) und ist somit wesentlicher Teil des Aktionsprogramms Deutschland zur Umsetzung dieser Richtlinien. Die Nitratrichtlinie zielt darauf ab, die Wasserqualität zu schützen, indem die Grund- und Oberflächengewässer vor Nitrat-Verunreinigungen aus landwirtschaftlichen Quellen bewahrt und gute landwirtschaftliche Praktiken in der Landwirtschaft gefördert werden.

Das Aktionsprogramm für Deutschland zur Erfüllung der Ziele der Nitratrichtlinie umfasst die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche (LF), basiert auf einem flächendeckenden Nitratmessnetz und hat eine Gültigkeit von jeweils 4 Jahren. In diesem 4-Jahreszyklus ist eine Berichtspflicht der Mitgliedstaaten der EU an die EU-Kommission verpflichtend. Die EU-Kommission prüft die nationalen Vorschläge zur Umsetzung der Nitratrichtlinie und notifiziert dieselben, wenn überzeugend hinterlegt worden ist, dass die nationalen Maßnahmen mit der Zielerreichung im Einklang stehen. Der aktuelle Berichtszeitraum betrifft die Jahre 2009-2013. Daraus resultiert, dass Deutschland gegenüber der EU-Kommission einen Vorschlag für die Weiterführung der DüV ab 2014 unterbreiten muss, der von der EU-Kommission akzeptiert wird. Die Berichtspflicht gegenüber der EU Kommission bezieht sich ausschließlich auf Vorgaben bezüglich des Nährstoffs Stickstoff.

2. Die Nitratrichtlinie als Teil eines umfassenden rechtlichen Rahmenwerks der EU und Deutschlands zum Schutz der Umwelt – Stand der Umsetzung in Deutschland

Überschüsse an reaktiven N-Verbindungen aus der landwirtschaftlichen Produktion belasten die Umwelt auf mehrfache Weise. Neben der Belastung der Gewässer mit Nitrat sind negative Klima-Effekte in Form von Lachgas- und Ammoniakemissionen zu nennen. Letztere unterliegen der europäischen EU-NEC-Richtlinie (10), die für Deutschland Zielwerte von maximal 550.000 t/Jahr ausweist. Dieser Zielwert wurde 2010 erstmals nahezu erreicht, aber im Jahr 2011 wieder deutlich überschritten (27). Reaktive N-Verbindungen gefährden darüber hinaus über Immissionen die nationalen Ziele der Strategie zur biologischen Vielfalt (5) sowie die Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie Deutschland (6).

Über die Regeln der guten fachlichen Praxis der Düngung soll darüber hinaus im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie Deutschland der Zielwert der nationalen N-Salden von maximal +80 kg N/ha bis zum Jahr 2010 erreicht werden. Dieser Zielwert wurde bisher nicht erreicht, sondern weist für 2011 mit einem Wert von +96 kg N/ha landwirtschaftliche Nutzfläche einen kurzfristig steigenden Trend aus, nachdem im Jahr 2010 erstmals ein Wert von unter +90 kg N/ha erzielt wurde (26). Damit ist zu konstatieren, dass jenseits der direkten Ziele der Nitratrichtlinie die oben angeführten weiterführenden Ziele bisher in Deutschland nicht in gewünschtem Maße erreicht wurden.

3. Der Nitratbericht Deutschland 2012 als Basis für die Novellierung der DüV

Im September 2012 publizierten das BMELV und das BMU den Nitratbericht Deutschland 2012 (27). Der Nitratbericht differenziert die Gewässerbelastung nach verschiedenen Kategorien. Während die Situation der Fließgewässer und Seen einen insgesamt guten bis befriedigenden Status ausweisen, stellt sich die Bewertung der Küstengewässer- und Grundwassermessstellen deutlich abweichend dar. So steigen die Nitratbelastungen in den Küstengewässern der Nordsee seit dem letzten Berichtszeitraum deutlich und alle 28 bewerteten deutschen Übergangs- und Küstengewässerkörper der Nordsee verfehlen 2008 aufgrund von Eutrophierungseffekten den guten ökologischen Zustand nach EU-Wasser-rahmenrichtlinie (12).

Die Nitratbelastung des Grundwassers sinkt zwar im Durchschnitt der ausgewerteten landesweiten Messstellen im Vergleich zum letzten Berichtszeitraum geringfügig, zeigt jedoch für das sogenannte Belastungsmessnetz (langjähriges Messnetz in Regionen intensiver landwirtschaftlicher Bodennutzung) erstmals eine deutliche Differenzierung in unterschiedliche Cluster. Während an etwa 48 % der Messstellen mäßige bis deutliche Abnahmen der Nitratkonzentrationen zu konstatieren sind, steigen bei 40 % der Messstellen diese Werte mäßig bis deutlich an. Tendenziell können die Abnahmen eher Ackerbauregionen zugeordnet werden, während Zunahmen eher in Veredlungs-/Biogas- und Futterbauregionen sowie Regionen mit intensivem Sonderkulturanbau zu beobachten sind. Es wird konstatiert, dass „der Einfluss der Landwirtschaft den mit Abstand bedeutendsten Eintragspfad für die hohen Nitratkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser darstellt“.

Der Nitratbericht deutet die Ergebnisse abschließend dahingehend, dass die Daten „auf die Wirksamkeit der Maßnahmen des Aktionsprogramms hinweisen“.

Dies ist eine Lesart, die auf Basis einer differenzierten Analyse der Daten des Nitratberichts bzw. auf Basis vorliegender Daten zur Entwicklung regionaler N-Salden in Tierhaltungs- und Biogasregionen (11) durchaus zu hinterfragen ist.

4. Aktuelle Vorschläge einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Novellierung der DüV

Zur Vorbereitung der Novellierung der DüV hat eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe im Auftrag des BMELV unter Federführung des Thünen-Instituts in Braunschweig die bestehende Düngeverordnung evaluiert und Optionen zu deren Weiterentwicklung in einem Abschlussbericht im November 2012 publiziert (3).

Diese Arbeitsgruppe kommt zu dem Schluss, dass die aktuell bestehende DüV in verschiedenen Punkten nicht der Zielsetzung entspricht, und unterbreitet „Änderungsoptionen“, die eine Verbesserung der Situation im Hinblick auf die Gewässergüte basierend auf dem Nitratbericht 2012 gewährleisten sollen. Die zentralen Vorschläge lassen sich wie folgt zusammenfassen:

4.1 Bilanzierungsverfahren

Die BLAG konstatiert, dass das derzeitige Bilanzierungsverfahren der Feld-Stall-Bilanz insbesondere in Futterbaubetrieben erhebliche Schwächen aufweist, da die Ertragsermittlung auf den meisten Betrieben nicht seriös durchführbar ist. In der Konsequenz führt dies häufig zu einer Überschätzung der Erträge und damit der N- und P-Entzüge und mithin zu einer Unterschätzung der Nährstoffüberschüsse. Die BLAG schlägt deshalb optional entweder die Wiedereinführung der Hoftorbilanz oder als Alternativoption eine um die „Grundfutteraufnahme plausibilisierte Flächenbilanz“ vor, um die geringe Aussagefähigkeit der bisherigen Flächenbilanzen zu verbessern. Der maximal tolerierbare N-Saldo soll weiterhin +60 kg/ha betragen, die Koeffizienten für die Berechnung des N-Saldos werden angepasst. Eine Begrenzung des Mineraldüngereinsatzes wie in Dänemark oder in den Niederlanden wird abgelehnt. Die maximal erlaubten Phosphatsalden werden dahingehend modifiziert, dass in der Bodenversorgungsstufe „C“ ein maximaler Saldo von +20 kg/ha erlaubt sein wird, während für Flächen, die die durchschnittlichen Versorgungsstufe „D“ oder „E“ aufweisen, ein ausgeglichener Saldo zu dokumentieren ist.

4.2 Einsatz organischer Dünger

Die Sperrfristen für die Gülleapplikation werden ausgedehnt. So werden Gülleapplikationen auf Ackerland nach der Ernte der Hauptfrucht im Spätsommer/Herbst nur noch zu den Kulturen Raps (bis 30.9.), etablierten Zwischenfrüchten (bis 15.9.) und etablierten Feldgrasbeständen (bis 1.10.) erlaubt sein. De facto bedeutet dies für den Großteil der Milchvieh-/Futterbaubetriebe die Notwendigkeit, Güllelagerkapazitäten in der Größenordnung von bis zu 9 Monaten (statt bisher 6 Monaten) vorzuhalten, insbesondere für solche Betriebe, die relativ wenig Grünland und viel Ackerland (Mais) aufweisen (die Sperrfristen für Grünland bleiben unberührt). Die Verlustkoeffizienten bei Weidehaltung werden auf das Niveau von Gülle verringert. Eine zentrale Veränderung betrifft insbesondere die spezialisierten Milchvieh-/Futterbau-/Biogasbetriebe, da Gärreste aus der Biogasproduktion sowie Komposte und Klärschlämme künftig wie organische Dünger zu behandeln sind. Bei Neubauten von Gülle-/Gärrestlagerkapazitäten sind die oben angeführten notwendigen Lagerkapazitäten zu berücksichtigen. Für die Optimierung der Gülleapplikationstechnik (Injektion, Schleppschuh, Schleppschlauch) werden Übergangsfristen bis zum Jahr 2020 (Acker) bzw. 2025 (Grünland) vorgeschlagen.

5. Konsequenzen der BLAG-Vorschläge zur Berücksichtigung der Gärreste für die Milchvieh- und Biogasbetriebe in Schleswig-Holstein

5.1 Kalkulationsgrundlagen

Da die Gesamtheit der BLAG-Vorschläge zur Novellierung der DüV in ihren regionalen Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Betriebe aufgrund begrenzter Datenverfügbarkeit (z.B. flächendeckende Nährstoffvergleiche für N und P) nur schwer zu quantifizieren ist, sollen die Effekte beispielhaft anhand der Applikationsobergrenzen für Stickstoff aus organischen Düngemitteln dokumentiert werden, wohl wissend, dass insbesondere in Tierhaltungsregionen auch Phosphatüberschüsse eine limitierende Wirkung hinsichtlich der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern entfalten können (3).

Wie ausgeführt, sehen die Vorschläge der BLAG vor, zusätzlich zu den organischen Düngern tierischer Herkunft auch solche pflanzlicher Herkunft zu berücksichtigen. Letzteres betrifft insbesondere die Gärreste pflanzlichen Ursprungs aus der Biogaserzeugung, aber auch Klärschlämme. Die gesetzliche Obergrenze der Applikation organischer Dünger auf Ackerland und Grünland entspricht einem Äquivalent von 170 kg N/ha. Auf Grünland können die Betriebe auf entsprechenden Antrag hin die sogenannte Derogationsregelung in Anspruch nehmen, die bedeutet, dass bei hoher Nutzungsfrequenz des Grünlands sowie entsprechender Düngeplanung, Applikationstechnik und Aufzeichnung bis zu 230 kg N/ha an organischen Düngern ausgebracht werden können. Diese Regelung wird jedoch bisher in Deutschland nur von einer kleinen Minderheit der Betriebe in Anspruch genommen (3) und wird daher in den folgenden Kalkulationen zunächst nicht berücksichtigt. In einem speziellen Szenario kalkulieren wir jedoch später in dieser Abhandlung diesen Effekt. Die Kalkulation der regionalen Auswirkungen der zusätzlichen Berücksichtigung von Gärresten und Klärschlämmen in der DüV ist deshalb vergleichsweise verlässlich möglich, weil

- seitens der Statistischen Landesämter die Zahlen für die Tierbestände differenziert nach Tierart und Altersgruppen auf Kreisebene verfügbar sind;
- die Koeffizienten der Stickstoffausscheidungen für sämtliche Tierarten und Altersklassen dokumentiert sind (9; 21) und
- die Rationsgestaltung der Biogasanlagen in Schleswig-Holstein bekannt und vergleichsweise einheitlich ist sowie die resultierenden N-Koeffizienten für die Gärreste bekannt sind. Gleiches gilt für Klärschlämme.

In Schleswig-Holstein werden von ca. 986.000 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche im Jahr 2010 ca. 90.000 ha Silomais zur Erzeugung von Biogas angebaut (2; 31) und nach Schätzungen des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (MELUR) noch einmal zusätzliche Flächen-Äquivalente in der Größenordnung von ca. 20.000 ha Silomais aus Dänemark importiert, ohne dass eine nennenswerte Rückführung der Gärreste nach Dänemark erfolgen würde. Zusätzlich sind 38.600 t Trockenmasse aus Klärschlämmen zu berücksichtigen (32). Auf Basis der BLAG-Vorschläge bedeutet dies, dass diese Flächen in die 170 kg N/ha Gülleregelung neu einbezogen werden, mithin auf solchen Milchvieh-Biogasbetrieben, die derzeit bereits nah an

der 170 kg N/ha Grenze liegen, weniger Fläche für die Gülle- und Gärrestapplikation zur Verfügung steht. Bezüglich der effektiven Flächenverfügbarkeit der landwirtschaftlichen Nutzfläche zur Ausbringung organischer Dünger in Höhe von maximal 170 kg N/ha ist zudem zu berücksichtigen, dass von der Gesamt-LN von ca. 986.000 ha die Flächen abzuziehen sind, die aufgrund von Vertragsnaturschutzprogrammen (23.700 ha) komplett von der organischen Düngung ausgeschlossen sind (~15.800 ha) bzw. aufgrund ökologischer Anbauverfahren (Gesamtumfang 32.400 ha) nur anteilig (~10.800 ha) zur Ausbringung dieser N-Mengen zur Verfügung stehen. Daraus resultiert die maximale effektive LN für die Applikation organischer Dünger in Höhe von ca. 948.600 ha. Auf Basis dieser Rahmenbedingungen wurde in der Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau der Universität Kiel der Effekt der BLAG-Vorschläge zur Novellierung der DüV auf Landes- und Landkreisebene in Schleswig-Holstein untersucht.

Tabelle 1: Jährlicher N-Anfall an organischen Düngern in Tonnen differenziert nach Tierarten, Gärresten (ohne Gülle) und Klärschlamm in Schleswig-Holstein

Quelle: (1; 9; 30; 31); eigene Darstellung

	eff. Ges- fläche (ha)	Futter- fläche (ha)	N-Anfall (t N/Jahr)				
			Rinder	Schweine	Schafe +Pferde +Hühner	Gär- reste o. Gülle	Klär- schlam m
SH ohne Städte	948.568	548.818	63.262	13.343	3.559	22.587	1.738
Dithmarschen	95.390	58.857	7.280	527	649	2.023	53
Herzogtum Lauenburg	64.291	21.180	1.623	959	192	1.069	179
Nordfriesland	132.440	103.076	11.956	2.045	798	4.777	254
Ostholstein	88.746	17.701	1.425	988	193	753	45
Pinneberg	34.201	23.661	2.655	168	190	325	11
Plön	65.662	23.349	2.710	663	317	976	43
Rendsburg- Eckernförde	138.846	90.996	10.962	1.325	443	3.296	715
Schleswig- Flensburg	142.543	101.432	12.175	3.301	220	5.970	228
Segeberg	74.034	41.947	3.947	1.559	278	1.880	97
Steinburg	66.196	50.033	6.968	993	156	820	46
Stormarn	46.218	16.586	1.563	815	123	699	66

Tabelle 2: Jährlicher N-Anfall in kg/ha in Schleswig-Holstein mit und ohne Berücksichtigung der Gärrest- und Klärschlamm-N-Mengen bezogen auf die gesamte effektive Landwirtschaftliche Nutzfläche bzw. auf die Hauptfutterfläche nach DüV

Quelle: (9); eigene Darstellung

	eff. Ges.- fläche (ha)	Futter- fläche (ha)	N-Anfall Wirtsch.-dünger (kg/ha/Jahr)		
			effektive Gesamtfläche ohne Gärrest u. Klärschlamm	inkl. G u. K	Futterfläche inkl. G u. K.
S-H ohne Städte	948.568	548.818	85	110	190
Dithmarschen	95.390	58.857	89	110	179
Herzogtum Lauenburg	64.291	21.180	43	63	190
Nordfriesland	132.440	103.076	112	150	192
Ostholstein	88.746	17.701	29	38	192
Pinneberg	34.201	23.661	88	98	142
Plön	65.662	23.349	56	72	202
Rendsburg- Eckernförde	138.846	90.996	92	121	184
Schleswig- Flensburg	142.543	101.432	110	154	216
Segeberg	74.034	41.947	78	105	185
Steinburg	66.196	50.033	123	136	180
Stormarn	46.218	16.586	54	71	197

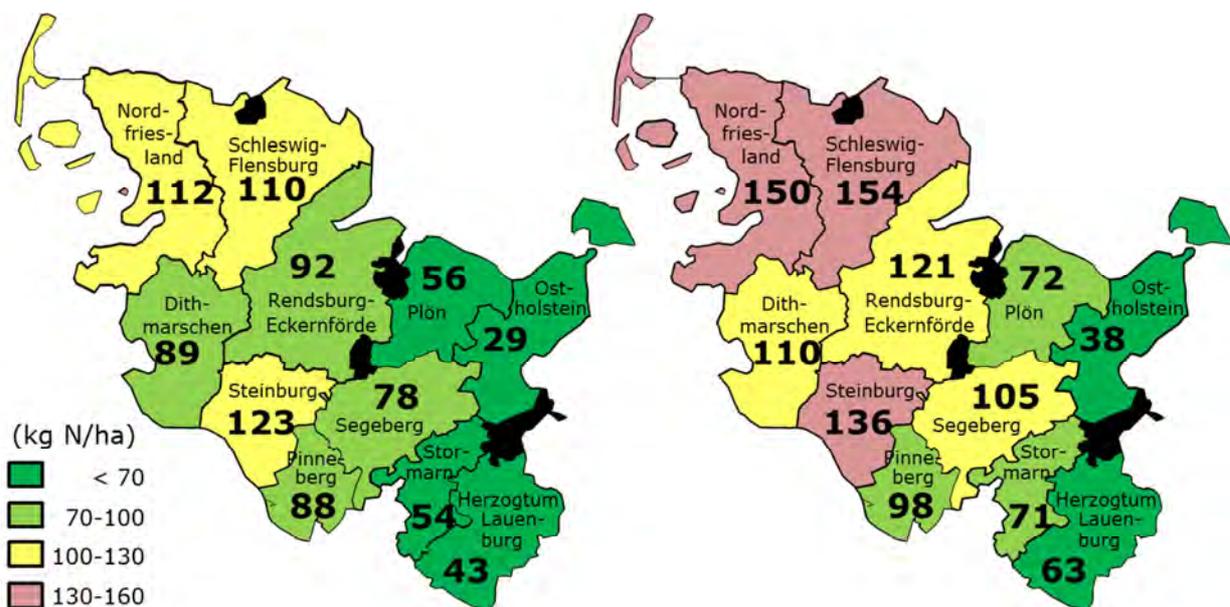


Abbildung 1: N-Anfall organischer Dünger nach aktueller DüV (links) sowie nach Vorschlägen der Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) zur Novellierung der DüV (rechts)

Quelle: (3; 9); eigene Darstellung

Den in den Tabelle 1 und 2 bzw. Abbildung 1 aufgeführten Daten liegen folgende Berechnungen zugrunde: Es wird die Stickstoffmenge betrachtet, die in den Landkreisen Schleswig-Holsteins aus Wirtschaftsdüngern auf den effektiv zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Flächen für die organische Düngung anfällt. Die Städte werden hierbei nicht berücksichtigt. Zur Futterfläche wurden die Flächen des Dauergrünlandes und der Pflanzen zur Grünernte gezählt.

Die Kalkulation der anrechenbaren N-Ausscheidungen der Tierhaltung (N-Ausscheidungen abzüglich Stall- und Lagerverluste) erfolgte auf zweierlei Wegen, um die Sensitivität der Ergebnisse in Abhängigkeit von der Datenbasis zu verdeutlichen. Es werden sowohl die anrechenbaren N-Ausscheidungen für die jeweiligen Tierarten und Altersgruppen nach der Anlage 5 der DüV kalkuliert (9), als auch die Kalkulationsdaten des KTBL herangezogen, die auf Großvieheinheiten basieren. Die Anwendung zweier verschiedener Kalkulationsansätze ist weiterhin damit zu begründen, dass einige Standard-N-Ausscheidungen in der Anlage 5 der DüV bei der Nutztierhaltung vergleichsweise niedrig angesetzt erscheinen. Dies betrifft insbesondere die Bereiche der weiblichen und männlichen Nachzucht bzw. Mast in der Rinderhaltung. Verschiedene Autoren (7; 29) kalkulieren in diesen Kategorien mit deutlich höheren Werten ebenso wie dies auch beim KTBL-Schlüssel (21) der Fall ist.

Im KTBL-Modell wurden die Tierzahlen vom Statistikamt Nord (30) mittels des GVE Schlüssels des KTBL (21) in Großvieheinheiten umgerechnet. Je Rinder GVE wurde ein N-Anfall je Jahr von 100 kg angesetzt, wovon 85 % anzurechnen sind (15 % Stall- und Lagerverluste), was einem N-Anfall von 85 kg N/Jahr je GVE entspricht. Schleswig-Holsteinweit fallen somit nach KTBL über 75.000 t Stickstoff aus Rindergülle an. Analog wurde je Schweine-GVE ein N-Anfall von 34 kg N/Jahr angesetzt, wovon 70 % angerechnet wurden. Dies entspricht einem anzurechnenden N-Anfall von 24 kg N/Jahr je Schweine-GVE. Es ergibt sich somit nach KTBL für Schleswig-Holstein ein N-Anfall von über 14.000 t aus Schweinegülle. Die Anzahl der GVE multipliziert mit dem N-Anfall je GVE ergibt den gesamten aus der Rinder- bzw. Schweinehaltung resultierenden N-Anfall auf Landkreisebene. Zusätzlich wurden die Daten für Schafe, Hühner und Pferde analog kalkuliert.

Nach den Vorschlägen der BLAG zur Novellierung der Düngeverordnung müssen auch die Gärreste als Wirtschaftsdünger mit angerechnet werden. Da der Stickstoff aus der Gülle schon vollständig bei den GVE angerechnet wurde, muss bei der Berechnung des zusätzlichen N-Anfalls aus Gärresten der Gülle-N-Anteil abgezogen werden. Der zusätzliche N-Anfall ergibt sich folglich aus den Stickstoffgehalten der eingesetzten Substrate (außer Gülle). Der Stickstoff verbleibt bei der Vergärung bis auf vernachlässigbare Ammoniak-Verluste in den Substraten, daher wurde konservativ geschätzt ein Verlustkoeffizient von 5 % für die Lagerung von Gärresten angesetzt. Die durchschnittliche Ration der Biogasanlagen besteht aus 43 % Gülle, 49 % nachwachsenden Rohstoffen, 7 % Bioabfall und 1% industriellen und landwirtschaftlichen Reststoffen (13). Die Biogasausbeuten der verschiedenen Substrate wurden entsprechend der Angaben des KTBL kalkuliert (21). Als nachwachsende Rohstoffe werden in Schleswig Holstein etwa 95 % Mais, 3,1 % Getreide-Ganzpflanzensilage und 1,9 % Grassilage eingesetzt (17; 26). Daraus ergibt sich eine für Schleswig-Holstein repräsentative Biogasration (Tab. 3).

Tabelle 3: Kalkulationsdaten zum N-Anfall aus Gärresten ohne Gülle
Quelle: (9; 13; 17; 25; 26); eigene Darstellung

Substrat	Masse Anteil (%)	m ³ Biogas/t Substrat	kWh _{el} /t Substrat	t Substrat /MWh _{el}	ge-lieferte kWh _{el}	kg N /t FM	t N/ MWh _{el}
Gülle	43,0	27,5	60,5	13.131	794.416		
Maissilage	46,6	200	440	14.219	6.256.201	4,2	59,01
Getreide	1,5	190	418	460	192.452	5,6	2,58
Grassilage	0,9	190	418	284	118.712	9,2	2,60
Bioabfälle	7,0	120	264	2.138	564.321	6,0	12,83
Reststoffe	1,0	110	242	305	73.899	3,9	1,21
Summe	100,0			30.537	8.000.000		78,22

Die Multiplikation der Masseanteile mit den jeweiligen N-Gehalten je Tonne Frischmasse ergibt den N-Anfall aus den einzelnen Substraten, die für ein Megawatt installierte elektrische Leistung bei 8000 Volllaststunden eingesetzt werden müssen. Je Megawatt installierter elektrischer Leistung fallen bei der angenommenen Ration folglich 78 t Stickstoff (exklusive der Gülleanteile) an, unter Berücksichtigung der Lagerungsverluste von 5% sind 74 t Stickstoff anrechenbar. Wird dieser Wert mit der installierten Leistung multipliziert, ergibt sich der N-Anfall aus den Gärresten ohne Gülle für die einzelnen Landkreise. Insgesamt fallen in Schleswig-Holstein somit über 22.500 t Stickstoff aus Gärresten an (Tab. 1). Die Daten zu der aus Biogasanlagen installierten elektrischen Leistung in Megawatt auf Landkreisebene stammen vom MELUR (25).

Klärschlämme werden in einem Umfang von ca. 38.600 Tonnen eingesetzt (32), die N-Gehalte werden mit 45 kg N/(t Trockenmasse) angesetzt (19). Daraus ergeben sich anzurechnende N-Mengen aus Klärschlamm von über 1.700 t für Schleswig-Holstein.

5.2 Ergebnisse

Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass der Großteil des Stickstoffes aus Wirtschaftsdüngern, trotz des massiven Zubaus von Biogasanlagen in den letzten Jahren, aus der Rinderhaltung stammt. Durch die BLAG-Vorschläge im Rahmen der Novellierung der Düngeverordnung Gärreste und Klärschlämme als Wirtschaftsdünger anzurechnen, erhöht sich das Aufkommen an anzurechnendem Stickstoff um etwa 30 %.

Auf Basis dieser Kalkulationen ergibt sich nach DüV-Kalkulationsdaten der Tierhaltung ein anzurechnender N-Anfall aus organischen Düngern von durchschnittlich 110 kg je Hektar effektiver landwirtschaftlicher Nutzfläche in Schleswig-Holstein (Tab. 2). Werden diese Kalkulationen auf die Landkreisebene herunter gebrochen, so zeigt die Abbildung 1 den Effekt der Berücksichtigung der Gärreste und Klärschlamm insbesondere für die Kreise Nordfriesland (NF) und Schleswig-Flensburg (SL-FL) mit Zunahmen von 38 bzw. 44 kg N/ha, insbesondere der Kreis SL-FL nähert sich damit der Grenze von 170 kg N/ha (~154 kg N/ha). Wird die Rechnung auf Basis der KTBL-Datenkalkulation durchgeführt, steigt der N-Anfall im Vergleich zur Datengrundlage DüV erheblich und überschreitet in drei Landkreisen (NF, SL-FL und Steinburg) den Wert von 150 kg N/ha (Abbildung 2).

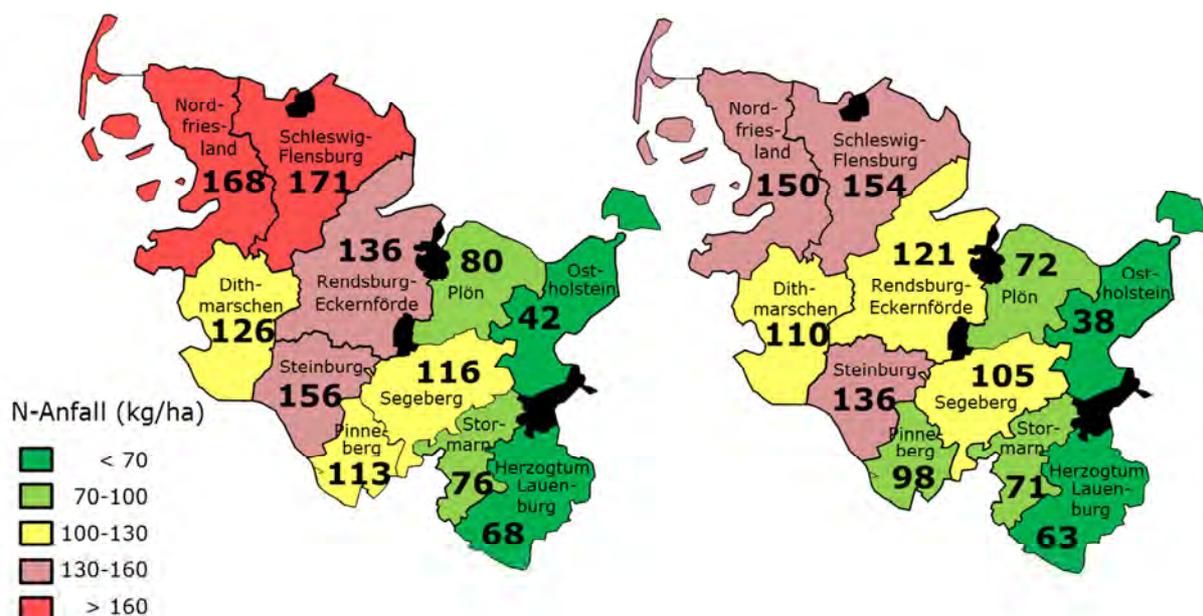


Abbildung 2: Anzurechnender N-Anfall aus organischen Düngern nach verschiedenen Kalkulationsgrundlagen (links nach KTBL; rechts nach DüV, Anlage 5. auf Basis der Vorschläge der Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) zur Novellierung der DüV
Quelle: (3; 9; 21); eigene Darstellung

Wird realistischerweise unterstellt, dass nicht jeder effektiv verfügbare Hektar LN in einem Landkreis für Gülleapplikationen zur Verfügung steht, zumindest nicht in der Größenordnung von 170 kg N/ha, ist festzustellen, dass in den oben genannten drei Landkreisen Gülleexporte in andere Landkreise notwendig werden. Wird zusätzlich unterstellt, dass ein hoher Spezialisierungsgrad der Milchvieh-/Futterbaubetriebe gegeben ist und somit auf diesen Betrieben kaum Marktfruchtflächen zur Gülleapplikation zur Verfügung stehen, werden auf einzelbetrieblicher Ebene die in Spalte 5 bzw. 6 der Tabelle 2 aufgeführten anzurechnenden organischen N-Dünger je Hektar Hauptfutterfläche relevant. Auf Basis dieser Kalkulationsgrundlage liegt der organische N-Anfall der spezialisierten Milchviehbetriebe in allen Landkreisen deutlich oberhalb der 170 kg N/ha. Besonders deutlich wird am Vergleich der Spalten 5 und 6 zum Beispiel für den Landkreis SL-FL der zusätzliche Effekt der Gärreste, der sich mit zusätzlich über 62 kg N/ha Hauptfutterfläche niederschlägt. In der Konsequenz bedeutet dies, dass spezialisierte Milchvieh-/Biogasbetriebe in erheblichem Umfang Gülleexporte von den Betrieben vornehmen müssen, um die zu erwartenden Vorgaben einer novellierten DüV erfüllen zu können. Erschwerend dürfte hinzukommen, dass aufgrund der räumlichen Clusterbildung der Milch- und Biogasproduktion (Geeststandorte) der Gülletransport aus den Milchviehregionen heraus führen muss, also relativ große Transportentfernungen relevant werden dürften, um die Gülle- und Gärrestmengen in Ackerbau- regionen zu transferieren. Dies ist ein Kostenfaktor, der für die Milchviehbetriebe ebenso evident wird wie die zusätzlichen Investitionskosten für Gülle-/Gärrestlagerraum, da die aus pflanzenbaulicher wie wasserwirtschaftlicher Sicht sinnvolle Ausdehnung der Applikations- sperrfristen kompensiert werden muss.

6. Kalkulation der zu transportierenden organischen Düngermengen bei Umsetzung der BLAG-Vorschläge zur Novellierung der DüV

6.1 Kalkulationsgrundlagen

Die obigen Ausführungen haben gezeigt, dass in mehreren Landkreisen Schleswig-Holsteins selbst bei einer unterstellten maximalen Applikation von Gülle und Gärresten von 170 kg N/ha auf jedem effektiv verfügbaren ha LN des Kreises die anfallenden organischen N-Mengen eine Größenordnung je nach Berechnungsmodell (DüV; KTBL) zwischen 154 und 170 kg N/ha erreichen und somit nah an der maximalen Kapazität liegen. Wie oben ausgeführt, ist die Flächenverfügbarkeit zur Gülleapplikation in diesem Maße jedoch nicht gegeben. Wir haben daher für unterschiedliche Flächenverfügbarkeiten zur Gülleapplikation die daraus resultierenden notwendigen Gülleexporte aus den jeweiligen Kreisen kalkuliert und deren ökonomische und ökologische Kosten (Treibhausgasemissionen für Transport) abgeschätzt. Für diese Modellrechnungen wurden 5 Szenarien unterstellt: Die Szenarien 1 bis 4 unterstellen, dass 100, 90, 80 oder 70 % der LN zur Applikation von 170 kg N/ha aus organischen Düngern zur Verfügung stehen. Nach verschiedenen derzeit nicht verifizierbaren Angaben aus der landwirtschaftlichen Beratung dürfte aktuell das Szenario 3 (80 %) als vergleichsweise realistisch einzuschätzen sein. Im Szenario 5 wird schließlich der Effekt einer intensiven Akzeptanz der Derogationsregelung (vorbehaltlich der Verlängerung derselben in einer novellierten DüV) simuliert, indem angenommen wird, dass 80 % der effektiv verfügbaren LN als verfügbare Applikationsflächen für organische Dünger genutzt werden und zusätzlich unterstellt wird, dass auf 50 % der Grünlandflächen eines jeden Landkreises von der Derogationsregelung (230 kg N/ha aus organischen Düngern) Gebrauch gemacht wird.

Zur Ermittlung des Transportaufwandes wurden für die 5 Szenarien folgende Annahmen getroffen:

- Es werden nur die notwendigen zusätzlichen Transporte über die Landkreisgrenzen hinaus berechnet, die notwendigen Transporte innerhalb eines Kreises z.B. zwischen Futterbau- und Ackerbaubetrieben werden nicht erfasst. Diese Vorgehensweise wurde auch deshalb gewählt, weil die notwendigen Nährstoffflüsse innerhalb eines Kreises auf Basis der Daten auf Gemeindeebene aufgrund von Geheimhaltungseffekten (14) einer erheblichen Unsicherheit unterliegen. Entsprechende Abschätzungen auf Basis von Gemeindedaten wurden Rahmen der Evaluierung der DüV (3) durchgeführt.
- 1 m³ Gülle/Gärreste entspricht dem Gewicht von 1t.
- Die Kosten für den Transport von 1 t/km werden mit 0,12 € angesetzt, wobei nur der Transport zwischen abgebendem und aufnehmendem Güllelager, ohne Ausbringungskosten, unterstellt wird (22).
- Als Emissionen werden 0,063 kg je Tonnenkilometer angesetzt (Last-/Sattelzug (24-40 t) mit 0,02 Liter Dieselverbrauch je Tonnenkilometer und einer Emission von 3,15 kg CO₂-Äquivalent pro Liter Diesel (8))
- Es werden zur Berechnung der Transportkosten die Wegstrecken zwischen den Kreissitzen der Landkreise zur Vereinfachung als Transportentfernung betrachtet.

Für die anteilige Rückrechnung der N-Anfälle auf die Transportmengen werden N-Gehalte von 3,8, 5,3 und 4,5 kg/(t Frischmasse) (Rinder-, Schweinegülle und Gärreste ohne Gülle) und 45 kg/(t Trockenmasse) für Klärschlamm angenommen (1; 19).

Die berechneten N-Anfälle aus der Tierhaltung sowie aus Gärresten der Landkreise Schleswig-Holsteins wurden auf die gesamten landwirtschaftlichen Nutzflächen verteilt. Unter Berücksichtigung der Grenze für die Ausbringung von organischen Düngemitteln von 170 kg/ha ergeben sich für die einzelnen Landkreise entweder Aufnahmekapazitäten (positive Werte) oder aus dem Kreis heraus zu transportierende Überschüsse (negative Werte). Die Überschüsse/Aufnahmekapazitäten der einzelnen Landkreise berechnen sich hierbei aus dem Produkt der für organische Düngung zur Verfügung stehenden LN mit der Differenz der durchschnittlich je Hektar anfallenden N-Menge und den erlaubten 170 kg N/ha (z.B. Schleswig-Flensburg: $142.543 \text{ ha LN} \cdot 80 \% \text{ LN-Nutzung} \cdot (192 \text{ kg N/ha} - 170 \text{ kg N/ha}) = 2.508 \text{ t N-Überschuss}$).

Um die zu transportierende Menge zu bestimmen, wurde zunächst für den N-Anfall aus der Tierhaltung sowie aus Gärresten jeweils ein Transportäquivalent errechnet. (z.B. bei einem Rindergülle N-Gehalt von 3,8 kg N/t werden 263 t Gülle transportiert, um eine Tonne Stickstoff zu bewegen). Im nächsten Schritt wurden die relativen Anteile des Stickstoffs aus Tierhaltung sowie Gärresten und Klärschlamm am insgesamt anfallenden Stickstoff je Landkreis ermittelt. Mit diesen Werten wurden die Transportäquivalente gewichtet und anschließend mit den Überschüssen/Aufnahmekapazitäten multipliziert. Das Ergebnis hieraus ist die Transport- oder Aufnahmemenge für Wirtschaftsdünger in Tonnen für die einzelnen Landkreise.

In einem weiteren Schritt wurde der Transportaufwand berechnet. Hierzu wurden die Wegstrecken zwischen den Kreissitzen nach der Entfernung sortiert und die Überschüsse auf möglichst kurzem Wege in die kapazitativen Landkreise verteilt, bis alle Überschüsse ausgeglichen waren. Um eine durchschnittliche Transportentfernung zu ermitteln, wurden die Transportstrecken zwischen den Kreissitzen nach dem relativen Anteil des zu transportierenden Wirtschaftsdüngers gewichtet. Durch Multiplikation der durchschnittlichen Transportentfernung mit den zu transportierenden Mengen und den Transportkosten in Euro je Tonnenkilometer ergeben sich die nach dieser Modellrechnung zu erwartenden Transportkosten und Transportkilometer sowie die resultierenden CO₂-Äquivalente für den Transport auf Basis der DüV bzw. KTBL Kalkulationsdaten (9; 21; 30; 31).

6.2 Ergebnisse

Die Szenarien 1 bis 4 unterstellen, dass 100, 90, 80 oder 70 % der effektiven LN zur Applikation von 170 kg N/ha aus organischen Düngern zur Verfügung stehen.

Tabelle 4: Anzurechnender N-Anfall organischer Dünger in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden effektiven Landwirtschaftlichen Nutzfläche (100-70 %) - Szenario 1 bis 4 mit Gülle-/Gärrest-N Kalkulation nach DüV, Anlage 5

Quelle: (9); eigene Darstellung

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
	100 %	90 %	80 %	70 %
	(kg N/ha)	(kg N/ha)	(kg N/ha)	(kg N/ha)
S-H ohne Städte	110	122	138	157
Dithmarschen	110	123	138	158
Herzogtum Lauenburg	63	70	78	89
Nordfriesland	150	166	187	214
Ostholstein	38	43	48	55
Pinneberg	98	109	122	140
Plön	72	80	90	102
Rendsburg-Eckernförde	121	134	151	172
Schleswig-Flensburg	154	171	192	219
Segeberg	105	116	131	150
Steinburg	136	151	170	194
Stormarn	71	78	88	101
Transport				
Menge	-	20.191 t	1.036.449 t	2.485.969 t
Strecke bei 27t Nutzlast	-	24.678 km	1.546.996 km	4.971.938 km
Strecke/t	-	33,0 km/t	40,3 km/t	54,0 km/t
Kosten	-	79.956 €	5.007.678 €	16.115.427 €
Emission (CO ₂ -Äquivalent)	-	42 t	2.646 t	8.514 t

Tabelle 5: Anzurechnender N-Anfall organischer Dünger in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden effektiven Landwirtschaftlichen Nutzfläche (100–70 %) - Szenario 1 bis 4 mit Gülle-/Gärrest-N Kalkulation über Großvieheinheiten (GVE) nach KTBL

Quelle: (21); eigene Darstellung

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
	100 %	90 %	80 %	70 %
	(kg N/ha)	(kg N/ha)	(kg N/ha)	(kg N/ha)
S-H ohne Städte	124	137	154	177
Dithmarschen	126	140	158	180
Herzogtum Lauenburg	68	76	85	97
Nordfriesland	168	187	210	240
Ostholstein	42	47	52	60
Pinneberg	113	126	141	162
Plön	80	88	99	114
Rendsburg-Eckernförde	136	151	170	194
Schleswig-Flensburg	170	190	214	244
Segeberg	116	129	145	166
Steinburg	156	174	195	223
Stormarn	78	86	97	111
Transport				
Menge	-	1.155.744 t	2.569.291 t	4.158.919 t
Strecke bei 27t Nutzlast	-	1.660.847 km	8.745.105 km	Transport über
Strecke/t	-	38,8 km/t	91,9 km/t	Landes-grenzen
Kosten	-	5.385.255 €	28.348.989 €	Schleswig-
Emission (CO ₂ -Äquivalent)	-	2.845 t CO ₂	13.269 t CO ₂	Holsteins notwendig

Die Zahlen der Tabellen 4 und 5 machen zwei Dinge sehr deutlich: Zum einen den deutlichen Effekt der Berechnungsgrundlage der N-Ausscheidungen in der Tierhaltung nach DüV bzw. KTBL. Im Sinne einer verlässlichen Datengrundlage ist anzuregen, dass zukünftig ein verbindlicher einheitlicher Schlüssel genutzt wird. Zum anderen zeigen die absoluten Zahlen der zu transportierenden Mengen an organischen Düngern über Landkreisgrenzen hinweg, dass beim konservativen Ansatz nach DüV bereits ab dem Szenario 2 (90 % der effektiven LN für maximale organische Düngung verfügbar) Transporte über Kreisgrenzen hinweg einsetzen müssen. In einem derzeit realistischen Szenario 3 (80 % der effektiven LN für Gülleapplikationen in Höhe von 170 kg N/ha verfügbar) sind die Transportmengen bereits erheblich. Etwa eine Million Tonnen sind dort zu transportieren und lösen damit Transportkosten von etwa 5 Millionen Euro und über 1,5 Millionen LKW-Transportkilometer aus, die Treibhausgasemissionen in der Größenordnung von 2.600 Tonnen CO₂-Äquivalente induzieren. Selbst bei Nutzung der Derogationsregelung auf Grünland (Szenario 5, Tab. 6) sind bei diesen Ausgangsbedingungen Transporte in geringem Umfang notwendig. Im ungünstigen Szenario 4 (70 % effektive LN verfügbar) steigen diese Werte im Vergleich zum Szenario 3 (80%) etwa um den Faktor drei an.

Tabelle 6: Simulation des anzurechnenden organischen N-Anfalls bei Nutzung der Derogationsregelung, mit der Annahme, dass 80 % der effektiv verfügbaren Landwirtschaftliche Nutzfläche als verfügbare Applikationsflächen für organische Dünger genutzt werden und, dass auf 50 % der Grünlandflächen eines jeden Landkreises von der Derogationsregelung (230 kg N/ha aus organischen Düngern) Gebrauch gemacht wird

Quelle: (9; 21); eigene Darstellung

	Szenario 5	
	DüV (kg N/ha)	KTBL (kg N/ha)
S-H ohne Städte	138	154
Dithmarschen	138	158
Herzogtum Lauenburg	78	85
Nordfriesland	187	210
Ostholstein	48	52
Pinneberg	122	141
Plön	90	99
Rendsburg-Eckernförde	151	170
Schleswig-Flensburg	192	214
Segeberg	131	145
Steinburg	170	195
Stormarn	88	97
Transport		
Menge	76.141 t	726.392 t
Stecke	2.512.653 km	27.675.535 km
Strecke/t	33,0 km/t	38,1 km/t
Kosten	301.518 €	3.317.746 €
Emission (CO ₂ -Äquivalent)	159 t	1.753 t

Das Szenario 3 (80%) erscheint regional auch deshalb als konservativ realistisch, weil es in der Konsequenz bedeutet, dass ca. 50% aller Marktfruchtflächen (Getreide; Raps) mit organischen Düngern in Höhe von 170 kg N/ha versorgt werden. Dies dürfte zurzeit kaum der Fall sein und mit den zu erwartenden Änderungen im Rahmen der Novellierung der DüV bezüglich der Einschränkung der Applikationszeiträume für organische Düngung (keine organische Düngung auf Ackerland nach Ernte der Hauptfrucht) stehen weitere Einschränkungen an, da ein erheblicher Teil dieser Flächen aufgrund der guten Befahrbarkeit der Böden bisher nach der Ernte mit organischen Düngern versorgt wurde. In Landkreisen wie NF (Marschböden) dürfte die eingeschränkte Befahrbarkeit der Böden mit hohen Lasten im Frühjahr die Gülleapplikation auf Ackerland eher zusätzlich einschränken. Ähnliche Verhältnisse sind im Kreis SL-FL gegeben, der sich zudem durch einen hohen Spezialisierungsgrad der Betriebe auszeichnet (Futterbaubetriebe im Landschaftsraum Geest; Marktfruchtbetriebe im Landschaftsraum Hügelland).

7. Anpassungsstrategie

Die obigen Ausführungen verdeutlichen, dass Optimierungsstrategien notwendig sind, um die Problematik der Nährstoffüberschüsse an organischen N-Düngern regional zu reduzieren. Aufgrund der geringen Transportwürdigkeit von Rohgülle bzw. Gärresten kompensieren bereits Transportentfernungen jenseits von etwa 10–20 km in der Regel den Düngewert der organischen Dünger. Die durchgeführten Kalkulationen, die durchweg nur Transportentfernungen deutlich jenseits dieser Distanzen berücksichtigen, weisen diese Transporte (Straßentransport per LKW) sowohl ökonomisch als auch ökologisch als fragwürdig aus.

Mittelfristig ist somit die derzeit weiter fortschreitende regionale Konzentration der Tierhaltung/Biogaserzeugung in Frage zu stellen. Dies umso mehr, als die Nährstoffüberschüsse aus dem Futterbau und der Tierhaltung/Biogaserzeugung mit entsprechenden Defiziten an organischen Düngern in Ackerbauregionen korrespondieren, die durch Mineraldüngerzukauf kompensiert werden müssen und damit die nationalen Nährstoffsalden zusätzlich belasten. Die mittelfristige Anpassungsstrategie sollte daher, unabhängig vom Gesamtumfang der Tierhaltung in Deutschland, darauf abzielen, Tierhaltungsanlagen präferenziell in Ackerbauregionen anzusiedeln und parallel auch die positiven Allokationseffekte intensiver Tierhaltung (Infrastruktur, Beratung, etc.) in der Fläche auszudehnen. Damit ist die Notwendigkeit gekoppelt, die Akzeptanzproblematik gegenüber Tierhaltungsanlagen und dem Einsatz organischer Dünger in Ackerbauregionen sowohl innerhalb als auch außerhalb des agrarischen Sektors zu lösen. Mit einem solchen Ansatz wären weitere positive Koppelwirkungen verbunden wie eine Erweiterung von engen Fruchtfolgen um Futterpflanzen in Marktfruchtregion und damit eine Reduktion von zunehmenden Problemen im Pflanzenschutz (z.B. Resistenzen von Acker-Ungräsern gegen Herbizide im Getreideanbau).

Kurzfristig sind bei den gegebenen Strukturen in den Tierhaltungsregionen vornehmlich technische Optimierungen zu prüfen. Neben der weiteren Optimierung in den Futterrationen (Reduktion N/P) dürfte der technischen Gülle- und Gärrestaufbereitung eine besondere Bedeutung zukommen. Mit dem derzeitigen technischen Stand der Gülle-/Gärrestseparierung können etwa 25 % des Stickstoffs und des Phosphats aus der Rohgülle extrahiert und in die feste Phase überführt werden. Wird die feste Phase zudem einem Trocknungsprozess

unterworfen, ist eine deutlich höhere Transportwürdigkeit gegeben. Neben der Steigerung der technischen Effizienz sind jedoch erhebliche Kostenreduktionen notwendig, um das Verfahren in der Fläche in größerem Umfang einsetzen zu können.

Die oben dargelegten Ausführungen zeigen weiterhin in Verbindung mit den Daten der Nitratbelastung des oberflächennahen Grundwassers, das insbesondere auf den sandigen Standorten der Geest in Schleswig-Holstein weiterhin deutlicher Optimierungsbedarf bezüglich des Düngemanagements in den Milchvieh-Futterbau- und Biogasbetrieben besteht. Es ist neben der geschilderten Problematik des organischen N-Düngeranfalls davon auszugehen, dass eine novellierte DüV nach den Vorschlägen der BLAG zusätzlichen Anpassungsbedarf im Hinblick auf die Einhaltung maximaler N-Salden (+60 kg N/ha) verursachen dürfte (18). Gleiches dürfte für hoch intensive Betriebe mit hohen Maisanteilen auch bezüglich der zu erwartenden Änderungen zu den akzeptierten Phosphatsalden (max. +20 kg Phosphat/ha bei Bodenversorgungsstufe „C“) gelten. Die Empfehlungen aus pflanzenbaulicher Sicht gehen diesbezüglich sogar noch deutlich weiter (33). Mit dem offensichtlich derzeit vom BMELV aus rechtlichen Gründen bevorzugten Ansatz der um die „Grundfutteraufnahme plausibilisierten Feld-Stall Bilanz“ (statt der Hoftorbilanz) soll sichergestellt werden, dass die von den Betrieben angegebenen Futtererträge der tatsächlich möglichen Grundfutteraufnahme der Tierbestände entsprechen. Das bedeutet in der Konsequenz, dass die Betriebe die Stickstoffnutzungseffizienz, aber auch die Phosphatnutzungseffizienz erhöhen müssen, um den Vorgaben zu entsprechen.

Der zentrale Schlüssel für beide Bereiche (N, P) ist das optimierte Gülle-Management in Futterbau- und Biogasregionen insbesondere beim Maisanbau. Mehrjährige Ergebnisse aus Niedersachsen zeigen, dass die Gülle-Unterfußdüngung zu Mais in der Lage ist, den Zukauf von mineralischen Phosphat- und Stickstoffdüngern durch Gülle zu substituieren, zudem die Ammoniakemissionen nachhaltig zu reduzieren und so die Nährstoffverwertungseffizienz deutlich zu steigern. Da Mais auf den sandigen Böden der Geest zu großen Anteilen in Selbstfolge angebaut wird, ist zudem der „kritische Rohproteingehalt“ in den Maissilagen als Indikator für die gute fachliche Praxis der Düngung zu nutzen (15). Der „kritische Rohproteingehalt“ ist der Proteingehalt in der Pflanze zur Siloreife, der den maximalen Trockenmasse-Ertrag sichert. Dieser Wert beträgt nach eigenen Untersuchungen zwischen 6,6 und 7 % Rohprotein zur Silomaisernte. Liegen die Rohproteinwerte über 7 %, ist von einer Überversorgung der Bestände mit Stickstoff sowie steigenden N-Auswaschungsverlusten auszugehen (16; 34) und es sind Abschläge in der Düngeplanung für das Folgejahr vorzunehmen. Nach Auswertungen der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein sind auf dieser Kalkulationsbasis mehr als 70 % der Maisbestände im Lande mit Stickstoff überversorgt (36). Hier bestehen somit erhebliche Reserven für die Betriebe, die zu nutzen sind. Unsere Untersuchungen zeigen weiterhin, dass alternativ zum Maisanbau in Selbstfolge der Einsatz von Ackerfutterbaufruchtfolgen auf sandigen Böden (z.B. Ackerklee-gras/Mais/Triticale) erhebliche Potentiale zur Erhöhung der Nährstoffnutzungseffizienz bei nur geringen Ertragseinbußen aufweist und dies mit reduzierten N-Austrägen über den Pfad Sickerwasser gekoppelt ist (4). Zudem wird damit sichergestellt, dass im Gegensatz zu Mais in Selbstfolge Flächen für die Gülleapplikation im Spätsommer/Herbst zur Verfügung stehen (Ackergras/Klee-gras).

Darüber hinaus zeigen unsere Untersuchungen, dass im Sinne des Wasserschutzes die Derogationsregelung (Ausnahmegenehmigung für höhere Gülle-N-Mengen (230 statt 170 kg N/ha) auf Grünland) wesentlich intensiver von den Betrieben genutzt werden könnte (vorbehaltlich der Verlängerung dieser Regelung). Mit 230 kg N/ha organischer N-Düngung auf intensiv genutztem Grünland (3-4 Schnitte), bodennah (Schleppschuh) bzw. Injektion in den Boden zum 1.-3. Aufwuchs appliziert, besteht keine Gefahr der Nährstoffausträge über das Sickerwasser (34). Daraus resultiert im Sinne des Wasserschutzes für Betriebe mit Dauergrünland und Maisflächen: so viel Gülle wie möglich auf das Grünland zu applizieren, um mineralischen N-Dünger zu substituieren und so wenig wie unbedingt für die Ertragsbildung notwendig zum Mais zu düngen. Für den Vergleich der Gülle-Applikationstechnik Schleppschlauch/Schleppschuh versus Gülleinjektion auf Grünland scheint einiges für das Gülleinjektionsverfahren zu sprechen, da selbst bei Schleppschlaucheinsatz noch erhebliche Ammoniakemissionen auftreten können (28) und andererseits die Lachgasemissionen nach Gülleinjektion nach neueren Erkenntnissen sehr niedrig sein dürften (36).

Insgesamt bedeutet ein optimiertes Güllemanagement, dass der Zukauf an mineralischen N- und P-Düngern auf den meisten Betrieben deutlich reduziert werden kann und so das Ziel, die N- und Phosphat-Salden rechtskonform zu gestalten, erreichbar ist.

8. Fazit

Die Kalkulationen zu den Auswirkungen einer erwarteten Ausgestaltung der novellierten DüV zeigen, dass in den Zentren der Milchvieh- und Biogaserzeugung in Schleswig-Holstein auf der Geest eine Modifikation der Wachstumsstrategien der Betriebe notwendig werden dürfte, wenn nicht sogar die weitere Ausweitung der Milchproduktion in diesen Regionen in Frage zu stellen ist. Aus betriebswirtschaftlicher Perspektive sind steigende Kosten für Güllelagerkapazitäten und Gülletransporte zu kalkulieren. Aus gesamtgesellschaftlicher Perspektive stellt sich mit der Novellierung der DüV noch deutlicher als bisher die Frage nach den Vor- und Nachteilen dieser Allokationseffekte, aber auch die Frage nach der Akzeptanz der zunehmenden Konzentration in der Tierhaltung und den damit verbundenen zusätzlichen Transporten von Gülle und Gärresten über weitere Strecken. Aus Sicht des Gewässerschutzes sind diese Limitierungen notwendig, da insbesondere die sandigen Böden in Norddeutschland die deutlichsten Probleme im Hinblick auf die Erfüllung der EU-Wasserrahmenrichtlinie aufzeigen.

Zusammenfassung

Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) wird die Düngeverordnung (DüV) novellieren. Vorschläge für Veränderungen wurden von einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) im Auftrag des BMELV erarbeitet. Diese Vorschläge sehen unter anderem vor, die Kategorie der anzurechnenden organischen Dünger um den Bereich der Gärreste aus Biogasanlagen und Klärschlämme zu erweitern.

Da insbesondere in den norddeutschen Veredlungs- und Milcherzeugungsregionen eine enge räumliche Verknüpfung zwischen der Tierhaltung und der Biogaserzeugung gegeben ist, wurden auf der Datenbasis des Bundeslandes Schleswig-Holstein die zu erwartenden Effekte entsprechend der Vorschläge der BLAG auf den Anfall organischer N-Dünger auf Landes- und Kreisebene kalkuliert.

Die zusätzliche Anrechnung der oben aufgeführten organischen N-Dünger erhöht den landesweiten N-Anfall aus organischen Düngern (N-Ausscheidungen abzüglich Stall- und Lagerverluste) um 25 kg N/ha auf 110 kg N/ha effektiv verfügbarer landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN). Die effektiv verfügbare LN ergibt sich aus der LN abzüglich der Flächen, die z.B. aufgrund von Agrarumweltmaßnahmen nicht für die Applikation organischer Dünger genutzt werden können. Unter Berücksichtigung der maximal zu applizierenden organischen Düngung in Höhe von 170 kg N/ha zeigen die Ergebnisse, dass in einigen Landkreisen mit gleichzeitig intensiver Tierhaltung und Biogaserzeugung die Flächenverfügbarkeit zur Ausbringung organischer N-Dünger limitiert ist.

Vorausgesetzt, die gesamte effektiv verfügbare LN eines jeden Landkreises stünde für die Applikation von 170 kg N/ha aus organischen Düngern zur Verfügung, würden die Flächen in allen Landkreisen ausreichen, um die Vorgaben einer novellierten DüV zu erfüllen.

Bereits bei einer Einschränkung der effektiven Flächenverfügbarkeit um 10 % sind jedoch Exporte aus einzelnen Landkreisen erforderlich.

Bei einer derzeit angenommenen realistischen Flächenverfügbarkeit von 80% der effektiven LN für die Applikation organischer Dünger müssen bereits Gülle und Gärreste in einem Umfang von ca. 1.000.000 Tonnen Frischmasse über Kreisgrenzen hinweg exportiert werden, was zu LKW-Transportkosten von mehr als 5 Millionen Euro und transportbedingten zusätzlichen CO₂-Emissionen von über 2.600 Tonnen CO₂ führen würde. Die daraus resultierenden Anpassungsstrategien werden diskutiert.

Summary

The Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV) is currently preparing an amendment of the Fertilizer Application Ordinance (DüV). In this context a Federal Government-Länder Working group has offered proposals regarding a better management of organic fertilizers. According to these proposals especially organic nitrogen fertilizers, which have not been accounted for yet, (as digestate (D) from biogas plants and sewage sludge (SS)) should be taken into account in the future.

We calculated the effect of these proposals in terms of figures for cumulative organic nitrogen fertilizers to be taken into account on a regional scale using data from all administration districts (AD) from the state Schleswig-Holstein. As Schleswig-Holstein does have a strong dairy and biogas industry as well, these data offer representative figures for agricultural regions dominated by animal husbandry and biogas production.

Adding D and SS to slurry and manure increased the total available organic nitrogen sources by 25 kg N/ha up to 110 kg N/ha all over the state's agricultural land. As the DüV gives a maximum figure of 170 kg N/ha to be applied from organic fertilizers it can be concluded, that enough agricultural land is available in all AD's, if each field can be fertilizer at the maximum level allowed.

However, if only a reduction of available land for spraying slurry or digestate in a range of 10 % occurs, farmers from some AD's are forced to export slurry to other ones. Assuming an available share of agricultural land of 80 % being suitable for slurry and digestate application up to the maximum level, more than 1.000.000 tonnes of slurry and digestate have to be exported to neighbour AD's causing additional expenses for transport of more than 5 million Euro and greenhouse gas emissions due to transport costs in a range of 2.600 tons CO₂ equivalents per year. Management strategies are discussed in order to deal with these surpluses on a regional scale.

Anhangstabellen

Anhangstabelle 1: Transportentfernungen zwischen den Kreissitzen in Schleswig Holstein in Kilometer

Quelle: eigene Darstellung

Kreisstadt	HEI	RZ	Husum	Eutin	PI	PLÖ	RD	SL	SE	IZ
RZ	159									
Husum	45	180								
Eutin	121	68	127							
PI	79	96	117	119						
PLÖ	106	82	112	15	115					
RD	43	133	59	81	80	66				
SL	59	155	37	102	142	88	33			
SE	105	55	125	37	84	39	78	103		
IZ	49	114	87	96	32	81	51	89	62	
OD	122	33	142	60	65	56	95	120	21	78

Anhangstabelle 2: Rinder und Schweine Großvieheinheiten (GVE) nach KTBL und die installierte Leistung aus Biomasse in Kilowatt.

Quelle: (21; 25); eigene Darstellung

	Rinder in GVE	Schweine in GVE	installierte Leistung aus Biomasse in kW
SH ohne Städte	886.429	516.795	303.960
Dithmarschen	103.222	19.436	27.230
Herzogtum Lauenburg	22.790	38.686	14.380
Nordfriesland	168.000	72.850	64.280
Ostholstein	19.917	37.562	10.130
Pinneberg	37.251	6.562	4.370
Plön	37.558	25.267	13.140
Rendsburg-Eckernförde	152.881	51.379	44.360
Schleswig-Flensburg	170.452	132.275	80.340
Segeberg	55.171	61.244	25.300
Steinburg	97.484	40.368	11.030
Stormarn	21.703	31.169	9.400
N-Anfall	100 kg N/GVE	34,17 kg N/GVE	78,22 kg N/kW
Lagerungsverlust	85 %	70 %	95 %
anrechenbarer N-Anfall	85 kg N/GVE	23,92 kg N/GVE	74,31 kg N/kW

Anhangstabelle 3: Die Landwirtschaftliche Flächennutzung in Schleswig-Holstein

Quelle: (22; 24; 31); eigene Darstellung

	LF gesamt (ha)	eff. LF gesamt (ha)	Vertrags-natur-schutz (ha)	Öko-landbau (ha)	Futter (Ackerfutter u. Grünland) (ha)	Dauer-grünland (ha)
SH ohne Städte	985.949	948.568	23.682	32.389	548.818	311.031
Dithmarschen	100.083	95.390	3.293	3.747	58.857	41.329
Herzogtum Lauenburg	67.397	64.291	898	3.760	21.180	10.329
Nordfriesland	141.925	132.440	9.018	5.210	103.076	65.409
Ostholstein	90.791	88.746	849	2.219	17.701	11.413
Pinneberg	34.751	34.201	330	495	23.661	15.666
Plön	67.998	65.662	1.000	2.504	23.349	12.000
Rendsburg-Eckernförde	143.358	138.846	2.398	4.370	90.996	48.814
Schleswig-Flensburg	146.406	142.543	1.262	4.532	101.432	42.569
Segeberg	76.812	74.034	1.707	2.460	41.947	20.391
Steinburg	68.606	66.196	2.835	780	50.033	33.882
Stormarn	47.822	46.218	93	2.312	16.586	9.229

Anhangstabelle 4: Schätzung der Rinder-N-Ausscheidungen nach DüV und mittels Großvieheinheiten (GVE) nach dem KTBL-Schlüssel

Quelle: (21; 31); eigene Darstellung

	GVE nach KTBL-Schlüssel	kg N-Ausscheidung pro Jahr	
		KTBL-Schlüssel mit 100kg N/GVE	nach DüV, Anlage 5
Milchkühe	1,20	120	105,5
sonstige Kühe	1,20	120	95,0
Kälber m	0,30	30	18,0
Kälber w	0,19	19	18,0
Jungrinder m	0,50	50	41,0
Jungrinder w	0,40	40	39,5
Rinder 1-2 Jahre m	0,70	70	59,0
Rinder 1-2 Jahre w	0,60	60	60,0
Rinder >2 Jahre m	1,20	120	61,0
Rinder >2 Jahre w	1,20	120	69,0

Literatur

1. AGLW, 2009: Nährstoffgehalte der Gülleuntersuchungen 2004-2008. Arbeitsgemeinschaft Land- und Wasserwirtschaft (AGLW) im Landkreis Hersfeld – Rotenburg
2. Bauernverband Schleswig-Holstein e.V., 2011: Empfehlungen zur Optimierung des Maisanbaus in Schleswig-Holstein. Gemeinsam für Bioenergie. Broschüre. 2 S. www.bauernverbandsh.de/fileadmin/download/Flyer_Maisanbau_22112011.pdf
3. BLAG, 2012: Evaluierung der Düngeverordnung – Ergebnisse und Optionen zur Weiterentwicklung. Bund-Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) zur Evaluierung der Düngeverordnung. http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn051542.pdf
4. Bobe, J.; Wachendorf, M.; Büchter, M.; Taube, F., 2004: Nitrate leaching losses under a forage crop rotation. Grassland Science in Europe 9, 346-348. www.european-grassland.org/fileadmin/media/EGF2004_GSE_vol9.pdf
5. BMU, 2010: Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Referat Öffentlichkeitsarbeit. www.bmu.de/themen/natur-arten/naturschutz-biologische-vielfalt/nationale-strategie/
6. Die Bundesregierung, 2002: Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. 343 S. <http://bfm.de/fileadmin/NBS/documents/Nachhaltigkeitsstrategie-langfassung.pdf>
7. Dämmgen, U. (Hrsg.) 2009: Berechnungen der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft - Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2009 für 2007. Landbauforschung Sonderheft 324, 9-385. www.ti.bund.de/media/publikationen/landbauforschung-sonderhefte/lbf_sh324.pdf
8. DSLV, 2013: Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik gemäß DIN EN 16258. Begriffe, Methoden, Beispiel. 2. Aufl. Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. (DSLV) 67 www.verkehrsrundschau.de/sixcms/media.php/4513/DSLV-Leitfaden_Berechnung_von_THG-Emissionen_Stand_03-2013.pdf
9. DüV, 2006. Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV). www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/d_v/gesamt.pdf
10. EU-NEC, 2001: Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über nationale Emissionshöchstmenge für bestimmte Luftschadstoffe. (National Emission Ceilings). <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:309:0022:0030:DE:PDF>
11. EU-Nitratrichtlinie, 1991: Richtlinie 91/676/EWG des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen. eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1991:375:0001:0008:DE:PDF
12. EU-Wasserrahmenrichtlinie, 2000: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:DE:NOT
13. FNR, 2012: Basisdaten Bioenergie Deutschland August 2012. Festbrennstoffe, Biokraftstoffe, Biogas. <http://mediathek.fnr.de/basisdaten-bioenergie.html>

14. Heidecke, C.; Wagner, A.; Kreins, P., 2012: Entwicklung eines Instruments für ein landesweites Nährstoffmanagement in Schleswig-Holstein. Arbeitsberichte aus dem Johann Heinrich von Thünen Institut – Agrarökonomie, 08/12 http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/bitv/dn051508.pdf
15. Herrmann, A.; Taube, F., 2005: Nitrogen concentration at maturity - an indicator of nitrogen status in forage maize. *Agronomy J* 97 201-210 [10.2134/agronj2005.020](http://dx.doi.org/10.2134/agronj2005.020)
16. Herrmann, A.; Kersebaum, K.; Taube, F., 2005: Nitrogen fluxes in silage maize production: relationship between nitrogen content at silage maturity and nitrate concentration in soil leachate. *Nutr Cycl Agroecosys* 73 [10.1007/s10705-005-7961-6](http://dx.doi.org/10.1007/s10705-005-7961-6)
17. Herrmann, A.; Mieke, K.; Taube, F., 2008: Potentielle ökologische Konsequenzen der Biogasproduktion – Monitoring zu Substratanbau und Gärrestverwertung in Schleswig-Holstein. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*. Bd. 20. Biodiversität in der Pflanzenproduktion. S. 95. www.gpw.uni-kiel.de/de/jahrestagung/tagungsbaende/tagungsband_2008.pdf
18. Kelm, M.; Loges, R.; Taube, F., 2007: Vergleichende Analyse konventioneller und ökologischer Anbausysteme: N-Bilanzsalden und N-Auswaschungsverluste -Ergebnisse aus dem Projekt COMPASS. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 19, 250-251 www.gpw.uni-kiel.de/de/jahrestagung/tagungsbaende/tagungsband_2007.pdf
19. Klärschlammbericht 2013: Klärschlammbericht Baden-Württemberg für 2012. www.landkreis-karlsruhe.de/media/custom/1636_2165_1.PDF
20. KTBL, 2010: Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen KTBL-Heft 88 2010, 36, 978-3-941583-42-9 www.ulmer.de/Artikel.dll?AID=2463975&MID=3210
21. KTBL, 2013: Großvieheinheitenrechner 2.1 <http://daten.ktbl.de/gvrechner/>
22. Landesregierung Schleswig-Holstein 2013: Vertragsnaturschutz in S-H (Bewirtschaftungsverträge Stand 31.12.2012) www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/NaturschutzForstJagd/08_VertragsNatSchutz/ein_node.html
23. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2005: Übersicht: Transportkosten mit Schlepperzug bzw. Miet-LKW. Eigene Kostenberechnung z. T. nach KTBL Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/05 www.lwk-niedersachsen.de/download.cfm/file/360.pdf_zu_dltransport2005~pdf.html
24. MELUR, 2013: Betriebe mit Öko-Landbau 2010: Acker- und Dauergrünland in den Kreisen und Naturräumen. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (MELUR) www.umweltdaten.landsh.de/agrar/bericht/ar_tm_tabelle.php?ntabid=1147
25. MELUR, 2013: Tabellen und Grafiken zum Bericht der Landesregierung Drucksache 18/889. Energiewende und Klimaschutz in Schleswig-Holstein - Ziele, Maßnahmen und Monitoring. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (MELUR). Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. www.schleswig-holstein.de/Energie/DE/Energiewende/Indikatoren/Monitoring_SH/Monitoring_SH_node.html
26. Mieke, A.-K., 2008: Biogaserzeugung aus landwirtschaftlichen Rohstoffen - Monitoring des Substratanbaus und der Gärrestverwertung in Schleswig-Holstein. Masterarbeit, Universität Kiel.

27. Nitratbericht Deutschland, 2012: Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz www.bmu.de/N49277
28. Quakernack, R.; Pacholski, A.; Techow, A.; Herrmann, A.; Taube, F.; Kage H., 2012: Ammonia volatilization and yield response of energy crops after fertilization with biogas residues in a coastal marsh of northern Germany. *Agric. Ecosyst. Environ.* 160, 66-74. [10.1016/j.agee.2011.05.030](https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.05.030)
29. Rösemann, C.; Haenel, H.-D.; Dämmgen, U., 2013: Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990–2011. Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2013. [10.3220/REP_1_2013](https://doi.org/10.3220/REP_1_2013)
30. Statistikamt Nord, 2012a: Statistische Berichte. Die Rinderbestände und Rinderhaltungen in Hamburg und Schleswig-Holstein am 3. Mai 2012. www.statistik-nord.de/uploads/tx_standuments/C_III_3_hj_121.pdf
31. Statistikamt Nord, 2012b: Statistische Berichte. Bodennutzung in Hamburg und Schleswig-Holstein 2010. Endgültige Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 www.statistik-nord.de/uploads/tx_standuments/C_IV_LZ2010_Teil1_Korr.pdf
32. Statistikamt Nord, 2012c: Statistische Berichte. Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Hamburg und Schleswig-Holstein 2011. Teil 3: Klärschlamm. www.statistik-nord.de/uploads/tx_standuments/Q_I_1_j11_T3.pdf.
33. Stellungnahme, 2013: Novellierung der Düngeverordnung: Nährstoffüberschüsse wirksam begrenzen. Kurzstellungnahme der Wissenschaftlichen Beiräte für Agrarpolitik (WBA) und für Düngungsfragen (WBD) beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und des Sachverständigenrates für Umweltfragen der Bundesregierung (SRU) zur Novellierung der „Düngeverordnung“ (DüV) www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Duengungsfragen/NovelleDuengeverordnung.html
34. Svoboda, N., 2011. Auswirkung der Gärrestapplikation auf das Stickstoff-Auswaschungspotential von Anbausystemen zur Substratproduktion. Dissertation, Uni Kiel.
35. Taube, F.; Kelm, M.; Verreet, J.-A. (Hrsg.), 2007: Wissen wo man steht. Landwirtschaftliche Produktionssysteme in Schleswig-Holstein: Leistungen und ökologische Effekte. Ergebnisse des Projektes COMPASS. www.uni-kiel.de/phytomed/pdf/COMPASS_Ergebnisse.pdf
36. Techow, A.; Dittert, K.; Senbayram, M.; Quakernack, R.; Pacholski, A.; Kage, H.; Taube, F.; Herrmann, A., 2012: Biogas-Expert: Nitrous oxide emission from biogas production systems on a coastal marsh soil. Proc RAMIRAN 2010 www.ramiran.net/ramiran2010/docs/Ramiran2010_0113_final.pdf
37. VDLUFA, 2012: Arbeitskreis für Nachhaltige Nährstoffhaushalte. Vorschlag zur Novellierung der Düngeverordnung. März 2012. www.vdlufa.de/download/AK_Nachhaltige_Naehrstoffhaushalte.pdf

Autorenanschrift

Prof. Dr. Friedhelm Taube, Johan Schütte, Christof Kluß, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian Albrechts Universität zu Kiel, Hermann Rodewald Str. 9, 24118 Kiel. E-Mail: ftaube@gfo.uni-kiel.de