

**Datenauswertung zur Quantifizierung
diffuser Stickstoffemissionen aus der Landwirtschaft
im Rahmen des Projekts „Integriertes Monitoring
des chemischen Zustandes des Grundwassers“
in Niedersachsen**

**Top-Down-Ansatz
mit Daten der Agrarstrukturerhebungen 1999 und 2003
und Analyse des Landnutzungswandels**

Thomas G. Schmidt, Bernhard Osterburg und Andreas Laggner

Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie

02/2007

Dr. Thomas G. Schmidt, Institut für Ländliche Räume, FAL, Bundesallee 50,
38116 Braunschweig,
e-mail: th.schmidt@fal.de

Bernhard Osterburg, Institut für Ländliche Räume, FAL, Bundesallee 50,
38116 Braunschweig,
e-mail: bernhard.osterburg@fal.de

Andreas Laggner, Institut für Ländliche Räume, FAL, Bundesallee 50, 38116
Braunschweig,
e-mail: andreas.laggner@fal.de

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung	1
2	Zielsetzung	3
3	Vorgehensweise	5
3.1	„Top-down“- und „Bottom-up“-Ansatz	5
3.2	Datengrundlagen und Methoden	6
3.2.1	Top-down-Ansatz	6
3.2.2	Bottom-up-Ansatz	7
4	Betriebsdatenauswertung	9
4.1	Schätzung der Stickstoffabfuhr durch Grundfutter	9
4.2	Schätzung der Stickstoffzufuhr durch N-Mineraldünger	9
5	Konzept zum Stickstoff-Emissionsmonitoring der Landwirtschaft Niedersachsens	11
5.1	Berechnungsansatz	11
5.2	Statistik-, Verwaltungs- und Normdaten	11
5.3	Unsicherheiten	19
6	Ergebnisse	21
7	Weitere Stickstoff-Quellen und -Senken	25
7.1	Melioration	25
7.2	Landnutzungswandel	26
8	Datenschutzaspekte im Monitoring-Projekt	31
9	Ausblick	33
10	Literatur	35
11	Anhang	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Düngemittelversorgung Niedersachsen (Stickstoff).....	12
Abbildung 2:	Richtwerte für die Nährstoffausscheidung der Milchkühe und Mastschweine aus verschiedenen Literaturquellen	16
Abbildung 3:	Berechnete N-Abfuhr über Grundfutter in den Gemeinden Niedersachsens.....	18
Abbildung 4:	Auf Basis von Hoftorbilanzen berechnete N-Abfuhr in Futterbau- betrieben der Wasserschutzgebiete Liebenau und Ristedt.....	18
Abbildung 5:	Stickstoff-Bilanzüberschuss 2003.....	21
Abbildung 6:	Stickstoff aus Wirtschaftsdünger 2003	22
Abbildung 7:	Mineralisationsraten durch Melioration von organischen Böden.....	26
Abbildung 8:	Landnutzungsänderung in den drei Pilotgebieten (Vergleich Basis-DLM 1994 zu InVeKoS 2004)	28
Abbildung 9:	Beispiel für den Landnutzungswandel anhand eines Kartenausschnitts (Vergleich Basis-DLM 1994 zu InVeKoS 2004)	30

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Richtwerte für die Nährstoffausscheidungen von Kälbern.....	17
Tabelle 2:	Informationsquellen zur Berechnung der N-Bilanz.....	19
Tabelle 3:	Unsicherheiten der Bilanzglieder.....	20
Tabelle 4:	Stickstoff-Bilanzierung für Niedersachsen.....	23
Tabelle 5:	Bilanzierung der Stickstoff-Quellen und –Senken in den Pilotgebieten aufgrund Landnutzungsänderung	29

Abkürzungsverzeichnis

AL	Ackerland
ASE	Agrarstrukturerhebung
BGK	Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVEL	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
BÜK	Bodenübersichtskarte
CIS	Common Implementation Strategy
DLM	Digitales Basis-Landschaftsmodell
EEA	European Environment Agency
AbfVerbrV	Abfallverbringungsverordnung
FAL	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
FFH	Fauna – Flora – Habitat
FN	Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V.
GL	Grünland
GV	Großvieheinheit
haLF_oB	Landwirtschaftlich genutzte Fläche in Hektar, ohne Brache
HDLGN	Hessisches Dienstleistungszentrum für Landwirtschaft Gartenbau und Naturschutz
HE	Hessen
InVeKoS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LF	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LWK	Landwirtschaftskammer
MUNLV	Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucher
MVV	Muster-Verwaltungsvorschrift
N	Stickstoff
NDS	Niedersachsen
NH ₃	Ammoniak
NLfB	Nds. Landesamt für Bodenforschung (heute →LBEG)
NLÖ	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (heute →NLWKN)
NLS	Niedersächsischen Landesamtes für Statistik
NLWKN	Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NRW	Nordrhein-Westfalen
RAUMIS	Regionalisiertes Agrar- und Umweltinformationssystem
StJB	Statistisches Jahrbuch
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
TH	Thüringen
TM	Trockenmasse
UBA	Umweltbundesamt
WRRl	EU-Wasserrahmenrichtlinie
WSG	Wasserschutzgebiet

1 Problemstellung

Für die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in Niedersachsen sind landesweite Monitoringsysteme mit Eignung für eine über die bisherige Bestandsaufnahme hinausgehende qualifizierte stoffliche Zustandsbeschreibung zu entwickeln (NLWKN und NLFb, 2005b). Im Sinne eines integrierten Monitorings sollen in Niedersachsen nicht nur Immissionen, sondern auch die Emissionen erfasst werden, um eine ausreichende Entscheidungsgrundlage für die anschließende Maßnahmenplanung entsprechend Artikel 11 der EG-WRRL und für die Aufstellung von Bewirtschaftungsplänen entsprechend Artikel 13 bereitzustellen. Da ein Emissionsmonitoring laut WRRL und CIS-Empfehlungen (EC, 2004) nicht explizit vorgesehen ist, müssen entsprechende Methoden entwickelt und validiert werden. Im Projekt 'Integriertes Monitoring des chemischen Zustandes des Grundwassers' (Monitoring-Projekt) wurde u.a ein Konzept für das Monitoring diffuser Stickstoffemissionen aus der Landwirtschaft erstellt (vgl. Teilkonzept 'Erkundung – Emissionen').

2 Zielsetzung

Im Monitoring-Projekt wird eine Überprüfung und Fortentwicklung des flächendeckenden Ansatzes zur Abschätzung diffuser Stickstoff-Emissionen aus der Landwirtschaft für die weitergehende Beschreibung vorgenommen. Die diesbezüglichen Berechnungen sollen auf verfügbare Daten aufbauen, fortschreibungsfähig und auf andere Gebietseinheiten übertragbar sein, beispielsweise auf andere Bundesländer. Weiterhin sollen die Auswertungen als Datengrundlage für Schwachstellenanalysen zum Düngungsmanagement und zur Abschätzung von Anpassungsspielräumen geeignet sein. Im Rahmen der Validierung der Monitoringmethoden wurden Plausibilitätskontrollen in drei Pilotgebieten¹ unter Einbeziehung von Düngeverordnungs-Kontrolldaten durchgeführt. In diesem Arbeitsbericht werden der aktuelle Stand der Diskussion zu Datenquellen und Methoden sowie Arbeitsschritte zur landwirtschaftlichen N-Bilanzierung beschrieben. Schwerpunkte der Entwicklungsarbeiten bilden die Bereiche Quantifizierung der Nährstoffabfuhr über das Grundfutter, Schätzung der regional eingesetzten N-Mineraldüngermengen sowie Wirtschaftsdüngerex- und -importe.

¹ Lager Hase, Große Aue und Ilmenau/Jeetzel

3 Vorgehensweise

Die Untersuchungen werden sowohl mit aggregierten Statistikdaten als auch mit einzelbetrieblichen Daten durchgeführt. Die daraus abgeleiteten Aussagen werden für räumliche Betrachtungseinheiten (Gemeinden, Landkreise) dargestellt, die in ihrer Summe die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche Niedersachsens repräsentieren.

3.1 „Top-down“- und „Bottom-up“-Ansatz

Im Folgenden wird die in Teilen neu entwickelte und flächendeckend anwendbare Vorgehensweise als „**top-down**“-Ansatz bezeichnet. Im ersten Schritt werden Emissionen abgeschätzt, die sich aus jährlichen Nährstoffbilanzüberschüssen ergeben, wobei die Quellen- und Senkenfunktion des Bodens sowie die N-Deposition nicht berücksichtigt werden.

Zusätzlich wurde innerhalb der ausgewählten Pilotgebiete ein „**bottom-up**“-Ansatz verfolgt. Die hier vorliegenden detaillierten Informationen, Expertenwissen sowie Möglichkeiten für zusätzliche Erhebungen erlauben es, eine regionale Einschätzung der diffusen Emissionen vorzunehmen. Für eine allgemeine Übertragbarkeit auf größere Gebietseinheiten dürfte dieser bottom-up-Ansatz jedoch zu aufwändig sein. Daher wurden die Ergebnisse des top-down- mit denen des bottom-up-Ansatzes abgeglichen, um Schlussfolgerungen bezüglich folgender Teilaspekte ziehen zu können:

- Verbesserungsmöglichkeiten für den top-down-Ansatz
- Abwägung zwischen Gewinn an Genauigkeit und Aussagekraft auf der einen und Aufwand für Datenbeschaffung und Probleme der Datenqualität und Verfügbarkeit auf der anderen Seite
- Darauf aufbauend Abschätzung der Aussagekraft der im top-down-Ansatz berechneten Daten und verbleibender Unsicherheiten
- Prioritätensetzung für die Datenbeschaffung zur Eingrenzung des Aufwands bei der Datenerhebung bzw. Beschaffung und Auswertung (auch für den bottom-up-Ansatz)

Die weiterentwickelten Ansätze liefern eine zeitlich und räumlich disaggregierte Stickstoff-Flächenbilanz. Diese Informationen dienen als Ausgangspunkt für die Analyse des Verbleibs der Emissionen aus dem 'System Landwirtschaft' in die angrenzenden Umweltkompartimente (Wasser, Boden, Luft).

3.2 Datengrundlagen und Methoden

3.2.1 Top-down-Ansatz

Als Basis für den top-down-Ansatz werden Statistikdaten der Agrarstrukturerhebung (ASE) und der Flächenerhebung herangezogen. Die Angaben zur Agrarstruktur beschreiben die Pflanzen- und Tierproduktion, d.h. sie beinhalten Anbauflächen der Kulturarten und Tierzahlen sowie einige qualitative Angaben zum Wirtschaftsdüngereinsatz und zu ökologischer Wirtschaftsweise. Die Datenerhebung erfolgt betriebssitzbezogen und wird für das Monitoring-Projekt nach Gemeinden ausgewertet. Die Flächennutzung der Betriebe erlaubt keine gesicherte Aussage über die tatsächliche Flächennutzung innerhalb der jeweiligen Gemeinde, da Flächen in anderen Gemeinden der jeweiligen Gemeinde zugezählt werden, in der der bewirtschaftende Betrieb seinen Sitz hat (Betriebssitzprinzip). Weiterhin fehlen Ertragsangaben auf Gemeindeebene, diese liegen durch die 'Besondere Ernterhebung' NLS, 2004a nur auf Landkreisebene vor und werden unverändert auf die jeweiligen Gemeinden eines Landkreises übertragen.

Auf diesen flächendeckenden Informationen basiert die Berechnung der Stickstoff-Salden auf Gemeindeebene. Die Ausführung erfolgt in Anlehnung an die Methodenbeschreibung zur erstmaligen Beschreibung der niedersächsischen Grundwasserkörper nach EG-WRRL (NLfB et al., 2004). Ein Element des Berechnungsansatzes ist die Schätzung der Nährstoffabfuhr mit dem Grundfutter, die in einem plausiblen Zusammenhang mit den regionalen Raufutter fressenden Tierbeständen stehen muss. Die Agrarstatistik liefert hier nur unzureichende Informationen insbesondere zum Grünlandertrag. Deshalb wird ein Schätzverfahren entwickelt, um plausible Werte für die regionale N-Abfuhr über das Grundfutter zu schätzen (s. Anhang 7).

Die Agrarstatistik enthält nur Handelsstatistiken zum Mineraldüngerabsatz auf Bundes- und Landesebene, aber keine Angaben über den einzelbetrieblichen Stickstoff-Mineraldüngereinsatz. Auf Basis einer Auswertung einzelbetrieblicher Buchführungsdaten wird daher ein Berechnungsalgorithmus entwickelt, der eine Schätzung der Mineraldüngermenge in Abhängigkeit struktureller Daten ermöglicht. Die Analysen zum betrieblichen Düngereinsatz basieren auf einer Auswertung von über 7.000 niedersächsischen Buchführungsdatensätzen (Osterburg et al., 2004) und darauf aufbauenden, weitergehenden Analysen (s. Anhang 8). Aus den Betriebsdaten wurde ein allgemeines Verhaltensmodell für die Mineraldüngung abgeleitet. Vor Ort erhobene Betriebsdaten aus dem Bottom-up-Ansatz sollen dazu beitragen, den gewählten Ansatz zu validieren.

Die Auswertung der Agrarstrukturerhebung erfolgte für das Kalenderjahr 2003, so dass für jede Flächeneinheit (Gemeinde) ein mit Hilfe der weiterentwickelten Methoden berechneter N-Saldo mit den dazugehörigen Bilanzgliedern vorliegt.

3.2.2 Bottom-up-Ansatz

Als lokale Informationen aus den Pilotgebieten sollen die folgenden Datengrundlagen herangezogen werden:

- Nährstoffaufzeichnung nach Düngeverordnung (nach Betriebsform, Grobinformationen über Flächennutzung und Tierhaltung) mit Angaben zum Mineraldüngereinsatz und zum Wirtschaftsdüngerexport und -import, Klärschlamm- und Komposteinsatz.
- Hoftorbilanzen aus der Wasserschutzberatung
- Andere (Experten-)Informationen zum betrieblichen Düngungsmanagement, z. B. zum Wirtschaftsdüngerexport und -import, zur Verteilung von Wirtschaftsdünger nach Flächennutzungen, Klärschlamm- und Komposteinsatz.

Die aufgestellten lokalen und einzelbetrieblichen Stoffbilanzen dienen zum einen dem Vergleich mit Ergebnissen der Berechnungen im top-down-Ansatz. Dabei sind Fragen der Repräsentativität, mögliche Schwankungsbreiten und die zugrundeliegenden landwirtschaftlichen Strukturen zu berücksichtigen. Voraussetzung für solche Vergleiche ist die Differenzierung der jeweiligen Daten nach betrieblichen Merkmalen, um sachgerechte Vergleiche zwischen vergleichbaren strukturellen Bedingungen (z. B. bezüglich Betriebsform, Viehdichte) vornehmen zu können. Weiterhin können diese Auswertungen wichtige Hinweise über kausale Zusammenhänge zwischen Betriebsstrukturen, Standorten, Düngungsmanagement und Bilanzüberschüssen liefern. Darauf aufbauend können (in einem späteren Arbeitsschritt) Potentiale für die Minderung der Bilanzüberschüsse identifiziert und in ihrer Größenordnung abgeschätzt werden.

4 Betriebsdatenauswertung

Für die Schätzung der N-Abfuhr mit dem Grundfutter sowie der N-Mineraldüngereinsatzmenge werden Betriebsdatenauswertungen genutzt. Dazu liegen Buchführungsdaten der LandData GmbH für die Jahre 1999/2000 sowie 2000/2001 vor, die über zwei Jahre gemittelt wurden und bereits für erste Auswertungen des Stickstoff-Mineraldüngereinsatzes genutzt wurden (Osterburg et al., 2004). Obwohl mit über 6.000 Buchführungsabschlüssen ca. 10 % aller Betriebe Niedersachsens ausgewertet werden konnten, sind die vorliegenden Betriebsdaten auf Ebene einzelner Landkreise nicht repräsentativ. Einige Regionen, darunter die Landkreise Vechta und Cloppenburg, sind im Datensatz nur mit wenigen Betrieben vertreten. Eine Ableitung der regionalen N-Zufuhr oder Abfuhr direkt aus den Betriebsdaten ist daher nicht sinnvoll. Statt dessen wurden aus den Daten zwei verallgemeinerbare Modelle abgeleitet, mit denen die Parameter N-Abfuhr mit dem Grundfutter sowie Mineraldüngereinsatzmenge geschätzt werden können. Die aus den empirischen Betriebsdaten abgeleiteten Modelle müssen so formuliert sein, dass sie sich auf regionale Datensätze auf Basis der Agrarstatistik anwenden lassen.

4.1 Schätzung der Stickstoffabfuhr durch Grundfutter

Da für die Grundfüttererträge und insbesondere die Erträge vom Grünland keine ausreichend genauen Statistiken vorliegen, und zudem die N-Gehalte im Erntegut stark schwanken können, wird ein Verfahren für die plausible Schätzung der N-Abfuhr mit dem Grundfutter entwickelt. Dafür wird das Bilanzgleichgewicht zwischen den an Raufutter fressende Tiere verfütterten Futtermengen und den tierischen Produkten sowie tierischen Exkrementen berechnet. Die genaue Vorgehensweise für die Ableitung der Schätzung wird in Anhang 7 beschrieben, die Ergebnisse fließen in die Bilanzberechnung ein, die detailliert in Anhang 10 dargestellt wird. Die so geschätzte N-Abfuhr über das Grundfutter liegt im Durchschnitt für Niedersachsen um mehr als 15 kg N/ha der gesamten LF unterhalb des Abfuhrwertes, der in der erstmaligen Beschreibung zugrunde gelegt wurde. Dies liegt daran, dass die bisher verwendeten Abfuhrwerte nicht durch die Raufutter fressenden Tierbestände erklärt werden können. Der entwickelte Rechenansatz führt dagegen zu einer plausibleren Einschätzung der Abfuhr mit dem Grundfutter.

4.2 Schätzung der Stickstoffzufuhr durch N-Mineraldünger

Auch für die betrieblichen und regionalen N-Mineraldüngereinsatzmengen liegen keine statistischen Daten vor. Anhand von einzelbetrieblichen Daten mit Angaben zur physischen N-Mineraldüngereinsatzmenge wird deshalb ein verallgemeinerbares Modell abgeleitet, das auf regionale Datensätze übertragbar ist. Die Vorgehensweise der Modellschätzung sowie Ergebnisse werden in Anhang 8 beschrieben, die Parameter wurden wiederum in die Bilanzberechnung übernommen (s. Anhang 10).

5 Konzept zum Stickstoff-Emissionsmonitoring der Landwirtschaft Niedersachsens

Das Konzept beschreibt die Datenherkunft und einen Prototyp zur Datenauswertung innerhalb einer Access-Datenbank für die N-Bilanzierung des niedersächsischen Agrarsektors auf Gemeindeebene.

5.1 Berechnungsansatz

Zur Berechnung einer Flächenbilanz sind neben den Daten der Agrarstatistik, wie Flächengröße, Ernteerträge und Tierzahlen, die Koeffizienten der Nährstoffgehalte von vorrangiger Bedeutung. Die Koeffizienten sollten, bezogen auf die zu betrachtende Flächeneinheit und verfügbare Datenbasis, einen mittleren Wert widerspiegeln. Eine Flächenbilanz kann auf Betriebsebene sehr viel detaillierter und genauer durchgeführt werden als in großen Betrachtungseinheiten, da die Datenbasis mit zunehmender Skalengröße im Allgemeinen abnimmt. Während bei einer betriebsbezogenen Bilanzierung die Leistungsmerkmale oder die Fütterung von Tieren in feinen Abstufungen berücksichtigt werden können, sind in einer flächendeckenden Betrachtung nur die Angaben der Agrarstatistik verfügbar. Die Bilanzglieder, die in diese Kalkulation des Flächensaldos eingehen, orientieren sich an den Stoffflüssen innerhalb des Agrarsektors und berücksichtigen nicht die Einflussgrößen Deposition und Denitrifikation:

$$\begin{aligned} \text{N-Bilanzüberschuss} = & \quad \text{tierische N-Ausscheidungen abzügl. Ammoniakverluste} \\ & + \text{Mineraldünger} \\ & + \text{Sekundärrohstoffdünger (Klärschlamm, Kompost)} \\ & + \text{legume N-Bindung abzügl. Ammoniakverluste} \\ & +/\text{- Gülle und Festmist - Im- und Export} \\ & - \text{Abfuhr von Marktfruchtprodukten und Raufutter} \end{aligned}$$

Die formelle Dokumentation des Berechnungsansatzes befindet sich in Anhang 10 und die Beschreibung der technischen Umsetzung in einer Access-Datenbank enthält Anhang 11.

5.2 Statistik-, Verwaltungs- und Normdaten

Agrarstrukturerhebung

Die Strukturdaten der niedersächsischen Landwirtschaft (Flächennutzung und Tierhaltung) beruhen auf der Agrarstrukturerhebung des Jahres 2003 (Auswertung des Niedersächsischen Landesamtes für Statistik (NLS)). Die Daten sind für den projektinternen Gebrauch auf Gemeindeebene vor Geheimhaltung verfügbar. Nach dem Agrarstatistikgesetz werden

nur landwirtschaftliche Betriebe mit mindestens 2 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF) bzw. einer Mindestzahl von Tieren (z. B. 8 Rinder) erhoben. Diese Erfassungsgrenzen und die Begrenzung auf landwirtschaftliche Betriebe hat insbesondere im Bereich Pferdehaltung zur Folge, dass nur ein Teil des tatsächlichen Tierbestandes erfasst wird. Das Marktforschungsinstitut Ipsos hat für das Jahr 2001 in Niedersachsen und Bremen einen Bestand von 226.262 Pferden gezählt (FN, 2001), während die Agrarstatistik ca. 99.300 Pferde meldet. Gleichzeitig klafft eine Lücke zwischen Bodennutzungshaupterhebung und Flächenerhebung, die den Schluss nahe legt, dass zumindest ein Teil der nicht erfassten Tiere von den nicht erfassten (Grünland-)Flächen ernährt werden. In dem hier vorliegenden Projektbericht werden ausschließlich die in der Agrarstatistik gelisteten Umfänge, sowohl für Tiere als auch für die LF berücksichtigt.

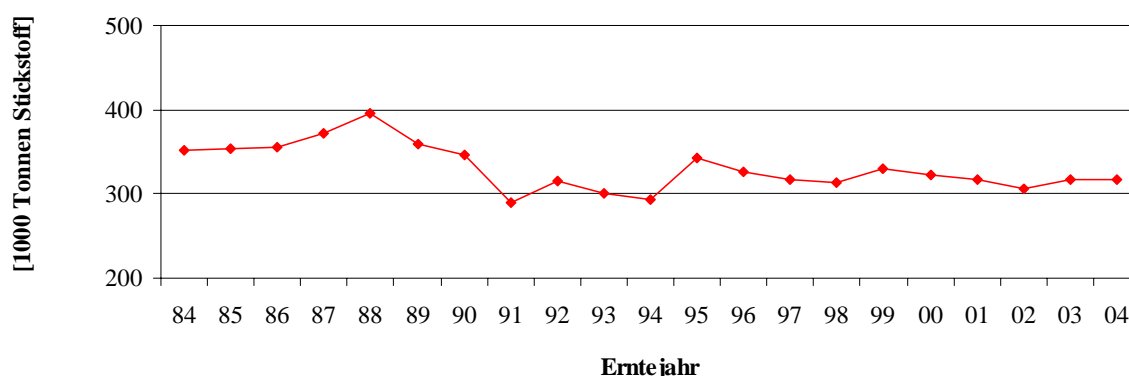
Ertragsstatistik

Daten zur besonderen Erntermittlung (NLS, 2003a) und zur durchschnittlichen Milchleistung (NLS, 2003b) liegen auf Kreisebene vor. Die Futterbau- und Grünlanderträge werden in Abhängigkeit von der Agrarstruktur berechnet (s. Anhang 7).

Mineraldünger

Das Statistische Bundesamt veröffentlicht in der Fachserie 4 'Produzierendes Gewerbe', Reihe 8.2 'Düngemittelversorgung' die Verkäufe von Mineraldünger in physischen Einheiten. Die Verkaufszahlen von Stickstoff-Mineraldünger waren Ende der 80er Jahren leicht rückläufig. Seither bleibt der Absatz, trotz leicht steigender Erträge, vergleichsweise konstant zwischen 289 und 343 tsd. Tonnen (Abbildung 1).

Abbildung 1: Düngemittelversorgung aus Stickstoff-Mineraldünger in Niedersachsen



Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 8.2, Düngemittelversorgung (div. Jgg.).

Grenzüberschreitende Abfallverbringung

Die grenzüberschreitende Abfallverbringung ist nur aufgrund des Imports von Hühnertrockenkot aus den Niederlanden von Bedeutung. Die Rechtslage inkl. Aufzeichnungspflicht wird durch die EG-Abfallverbringungsverordnung (EG-AbfVerbrV) geregelt, die sich aus dem Basler Übereinkommen vom 22. März 1989 über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung ableitet. Im Jahr 2003 wurden ca. 11.000 Tonnen 'Gülle, Jauche und Stallmist' aus den Niederlanden zur 'Aufbringung auf den Boden' im Bundesland Niedersachsen registriert (UBA, 2001). Dies entspricht einer durchschnittlichen Ausbringungsmenge von 6 kg Frischmasse/ha Ackerland (= ca. 0,13 kg N/ha LF ohne Bracheflächen² bei einem mittleren N-Gehalt von 2,8 % für Hühnertrockenkot). Die Bedeutung des Imports von Hühnertrockenkot im grenznahen Bereich zu den Niederlanden dürfte besonders hoch liegen. Die regionale Verteilung grenzüberschreitender Dungimporte konnte nicht berücksichtigt werden, da hierzu keine verfügbaren Datenauswertungen vorliegen.

Klärschlammverwertung

Die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung lag in den Jahren 1998 bis 2000 bei ca. 75 % des Gesamtanfalls. Ca. 175 tsd. Tonnen Trockenmasse (TM) wurden auf den Ackerflächen ausgebracht; eine Aufbringung auf Dauergrünland und im Gemüseanbau ist ausgeschlossen. Dies entspricht einer durchschnittlichen Menge von ca. 5 kg N/ha*a, bezogen auf die Ackerfläche Niedersachsens. Da 1998 ca. 16 % des landwirtschaftlich verwerteten Klärschlammes Niedersachsens exportiert wurden (Gunreben, 2000), liegt der N-Eintrag in den niedersächsischen Agrarsektor tendenziell niedriger.

Kompostverwertung

Die Kompostverwertung spielt hinsichtlich des Nährstoffkreislaufs eine untergeordnete Rolle, da es sich nur um ca. 775.000 Tonnen TM bundesweit handelt, die potentiell auf über 17 Mio. ha Landfläche ausgebracht werden können. Dies entspricht einer durchschnittlichen Ausbringungsmenge von ca. 43 kg TS/ha oder ca. 0,5 kg N/ha. In Niedersachsen wurden im Jahr 2003 433.175 Tonnen Komposte aus 1,1 Mio. t Bioabfälle erzeugt (NLS, 2004b). Etwa 44 % der erzeugten Kompostmenge wurden landwirtschaftlich verwertet (BGK, 2005). Durch zusätzliche Anforderungen bei der Ausbringung auf Dauergrünland (§ 7, Bioabfallverordnung, BMU, 1998) ist davon auszugehen, dass der überwiegende Anteil dieser Komposte auf ackerbaulich genutzten Flächen ausgebracht wurden. Der durchschnittliche N-Gehalt von Kompost liegt etwa bei 0,85 % und die potentiell zur Verfügung stehende Ackerfläche in Niedersachsen betrug im Jahr 2003 ca. 1,82 Mio. ha. Daraus resultiert eine durchschnittliche N-Zufuhr von ca. 2 kg/ha Ackerfläche.

² Brache mit und ohne Begrünung (Code 244 der ASE).

Strohverwertung

Die innerbetriebliche Strohverwertung mit Abfuhr vom Feld und Einstreu in Festmist-Stallsystemen wird als weitestgehend bilanzneutral betrachtet, da es sich i.d.R. um einen geschlossenen Kreislauf mit Rückführung des Festmistes auf das Feld handelt. Gasförmige Verluste und Ernteverluste werden dabei vernachlässigt.

Strohabfuhr in Verbindung mit Strohverkauf z. B. an Geflügelbetriebe kann sich einzelbetrieblich signifikant auf das Bilanzergebnis auswirken, und Stroh ist in diesem Fall als Erntegut zu verbuchen. Zum Strohverkauf liegt aber keine statistische Datengrundlage vor. Im hier beschriebenen Flächenansatz wirkt sich der Strohexport nur sehr gering aus. Eine Ausnahme bildet die Veredelungsregion Cloppenburg/Vechta, wo nach Schätzungen des Arbeitskreises Lager Hase 10 % des Strohertrages durch Geflügelbetriebe genutzt und teilweise anschließend als Hühnertrockenkot über längere Distanzen in andere Regionen transportiert werden. Rechnerisch ergibt sich dadurch ein Potenzial von 164 t Stickstoff³ bzw. ca. 1 kg N/ha LF, das evtl. exportiert wird. Da es sich hierbei um einen Anteil von 0,8% der Gesamtabfuhr handelt und sich die Abfuhr aus relativ unsicheren Pauschalkoeffizienten berechnet, die dadurch mit großen Unsicherheiten behaftet ist, wird die Stroh-abfuhr im Projekt nicht berücksichtigt. In zukünftigen Berechnungen kann jedoch diese Größe in die Gesamtkalkulation einbezogen werden, v.a. wenn sie regional von Bedeutung ist und stichhaltige Daten zur Strohverwendung vorliegen.

N-Deposition

Große Unsicherheiten bestehen bei der Berechnung der atmosphärischen N-Deposition. Während Depositionsraten von über 70 kg/ha*a gemessen wurden, die die gasförmige-, partikuläre- und nasse Deposition berücksichtigen (Böhme und Russow, 2002), zeigt eine flächendeckende Kartierung in Deutschland Werte zwischen 10 und 52 kg/ha*a für Nass-, Trocken- und Feuchtdeposition (Gauger, 2002). Im Monitoring-Projekt werden diese externen Faktoren berechnet (s. Methodenbeschreibung, Grundwasser, zur EG-WRRL Bericht 2005; NLWKN und NLfB, 2005a). In der Kalkulation der landwirtschaftlichen Flächenbilanz wird diese Position jedoch nicht berücksichtigt.

Legume N-Bindung

Eine pauschale Mengenangabe für die legume N-Bindung (symbiontische N₂-Fixierung) je Hektar Grünlandfläche wird aus der Musterverwaltungsvorschrift (BMVEL, 1996a) ent-

³ Kalenderjahr 2003, Kreise Cloppenburg und Vechta: Strohaufkommen = Getreideertrag = 327.567 t, davon 10 % Stroh-abfuhr = 32.757 t; mit 0,5 % N = 164 t N; entspricht ca. 0,8 % der Gesamtabfuhr von 19.819 t N.

nommen. Gleiches gilt für Futtererbsen, Ackerbohnen und sonstige Hülsenfrüchte (s. Anhang 3).

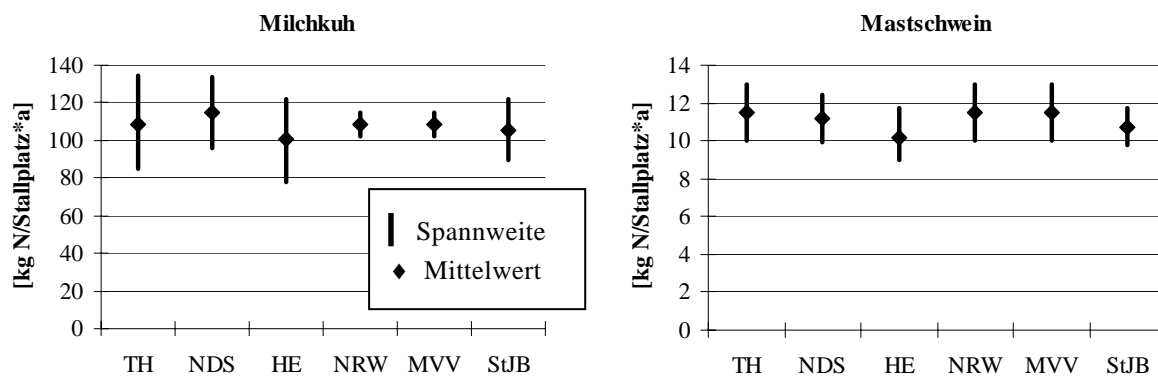
Netto-Mineralisation

Im Zuge einer sich ändernden Landnutzung (z. B. Grünlandumbruch, Neueinsaat, Melioration von Moorstandorten) wird pflanzenverfügbare Stickstoff freigesetzt oder festgelegt. In einer dynamischen Betrachtung der Stickstoffflüsse nach einzelnen Kalenderjahren sollten der jährliche Bilanzüberschuss bzw. das Bilanzdefizit einbezogen werden. Wegen zu geringer Datendichte von Boden und Klima in Kombination mit der tatsächlichen Landnutzung können keine gesicherten quantitativen Aussagen hierzu abgeleitet werden. Eine erste Abschätzung wird in Kapitel 7 (Weitere Stickstoff-Quellen und -Senken) beschrieben.

Nährstoffausscheidung

Für die Berechnung der Nährstoffausscheidungen der Tiere wurden von der Landwirtschaftskammer vorgelegte Koeffizienten verwendet. Die N-Ausscheidungen je Tier bzw. Stallplatz und Jahr variieren in Abhängigkeit des Alters der Tiere und der Rasse sowie der Haltungs- und Fütterungsart. Verschiedene Richtlinien, Merkblätter, Verwaltungsvorschriften und andere Kalkulationsgrundlagen von ausgewählten Bundesländern spiegeln den entsprechenden Detaillierungsgrad wider. Die Feld-Stallbilanz der Landwirtschaftskammern Hannover und Weser-Ems unterscheidet z. B. Milchkühe von 5-, 7- und 9 tsd. kg Milch pro Jahr, während die Muster-Verwaltungsvorschrift Milchkühe mit einer durchschnittlichen Milchleistung von 6.000 kg jährlich ansetzt und zwischen Grünland- und Ackerregionen differenziert. Abbildung 2 zeigt einen Vergleich von Richtwerten verschiedener Literaturquellen. Die Spannweite der angegebenen Nährstoffausscheidungen liegt zwischen 78 und 134 kg pro Milchkuh und Jahr. Die Ausscheidungen von Mast Schweinen liegen zwischen 9 und 13 kg N/Stallplatz und Jahr. Die Mittelwerte liegen zwar jeweils auf vergleichbarem Niveau, jedoch zeigen sie auch die relativen Unsicherheiten auf, die aus regional unterschiedlichen Ansätzen resultieren. Unklarheit besteht insbesondere über die Ausscheidungskoeffizienten von Schweinen bei N-reduzierte Fütterung.

Abbildung 2: Richtwerte für die Nährstoffausscheidung der Milchkühe und Mast Schweine aus verschiedenen Literaturquellen



Quellen: TH (Thüringen): TLL, 2002

NDS (Niedersachsen): LWK Weser-EMS und LWK Hannover, 1997

HE: (Hessen) HDLGN und RP Kassel, 2004

NRW (Nordrhein-Westfalen): MUNLV, 2003

MVV (Muster-Verwaltungsvorschrift): BMVEL, 1996a

StJB (Statistisches Jahrbuch): BMVEL, 2004.

Bei der Auswahl geeigneter Koeffizienten sollte auf eine möglichst differenzierte, aber allgemein anerkannte Vorgehensweise geachtet werden. Im Hinblick auf eine Verwendung dieser Parameter, sowohl beim Emissions-Monitoring als auch bei späteren Szenariosimulationen sind szenarienrelevante Einflussgrößen zu berücksichtigen. Dies können Leistungsparameter (z. B. Milchleistung pro Kuh), aber auch Fütterungsparameter sein, wenn sie zwischen Szenarios veränderlich sind und somit das Endergebnis beeinflussen können, und wenn entsprechende Datengrundlagen verfügbar sind.

Ein weiterer Unsicherheitsfaktor ist die Einstufung der Tiere in Alterskategorien. Die Agrarstatistik weist Kälber unter 6 Monaten als eine Tierkategorie aus. Je nach Quelle gibt es jedoch deutliche Unterschiede bei den Koeffizienten der N-Ausscheidung:

Tabelle 1: Richtwerte für die Nährstoffausscheidungen von Kälbern

Tierartengruppe	kg N/Tier*a	Quelle
Kalb bis 3 Mon. (ohne Mastkalb), 45...90 kg LM	13,2	Anleitung und Richtwerte für Nährstoffvergleiche nach Düngeverordnung - Thüringer Landesamt für Landwirtschaft (TLL)
Kalb 3...6 Mon. (ohne Mastkalb), 90...185 kg LM	26,4	
Kalb, Aufzucht 4 Mon. 45...125 kg LM, 3 Durchgänge/Jahr	16	
Mastkalb bis 6 Mon. (45...200 kg LM)	23,5	
Kalb bis 6 Mon. (45...185 kg LM)	21,6	
Kalb (Milchviehhaltung/Bullenmast), Aufzucht 4 Mon. 45-125 kg LM, 3 Durchgänge/Jahr	16	Muster - Verwaltungsvorschrift und Nährstoffvergleich auf Feld-Stall-Basis (LWK Hannover, LWK Weser-Ems)
Färse (Milchviehhaltung) 5-27 Mon., Grünlandregion	48	
Färse (Milchviehhaltung) 5-27 Mon., Ackerregion (Mais-silage)	40	
Kalb, Vormast bis 30 kg Zuwachs in 7 Wo.	4,4	Qualifizierter Flächen-nachweis (LWK Hannover, LWK Weser-Ems)
Mastkalb bis 230 kg LM	10	
Kalb, 0-4 Monate, Aufzucht bis 125 kg LM	16	

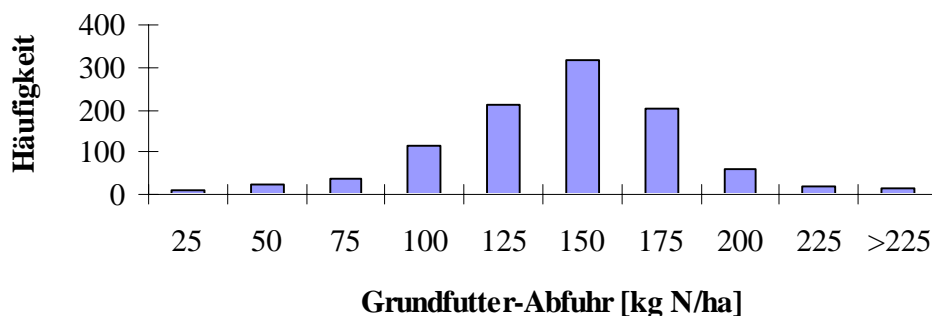
Dieses Beispiel zeigt, dass in den Ländervorgaben (hier N-Ausscheidung Kälber) und der Musterverwaltungsvorschrift zur Umsetzung der Düngeverordnung von 1996 (MVV) vergleichbare Ansätze zugrunde gelegt wurden. Auch wenn manche Angaben detailliertere Berechnungen ermöglichen, so ist die Übertragbarkeit dieses Ansatzes auf ein gesamtes Flusseinzugsgebiet nur mit den relativ groben Annahmen, z. B. der MVV zweckmäßig. Anhang 1 listet die im Monitoring-Projekt verwendeten Koeffizienten auf.

Nährstoffabfuhr

Bei der Nährstoffbilanzierung steht die Abfuhr über die pflanzlichen Produkte zusammen mit den Ammoniak-Verlusten der gesamten Zufuhr gegenüber. Die Abfuhrmenge setzt sich aus der Summe aller Entzüge über die geerntete Biomasse, multipliziert mit dem jeweiligen Nährstoffgehalt, zusammen. Dafür müssen zunächst für alle Fruchtarten spezifische Koeffizienten festgelegt werden (s. Anhang 3), die in Multiplikation mit den Erträgen und Flächenumfängen (beide Informationen aus der Agrarstatistik) die gesamte Nährstoffabfuhr für Marktfrüchte ergeben. Im Projekt wurden abgestimmte Koeffizienten verwendet, die in erster Linie durch die Landwirtschaftskammer zur Verfügung gestellt wurden. Als Abfuhr wird hier nur die Nährstoffabfuhr von den landwirtschaftlichen Flächen in Form von Erntegut betrachtet. Der Ertrag von Grünland und Ackerfutter dagegen wird für die Agrarstatistik von Ernteberichterstatern geschätzt, d.h. nicht die tatsächlich in diesem Jahr verwerteten N-Entzüge werden geschätzt, sondern das Ertragspotenzial aufgrund des Witterungsverlaufs und der Wetterbedingungen zu den Schnitfterminen. In der vorliegenden Bilanzierung erfolgt demgegenüber eine Bedarfsermittlung. Es werden Bedarfswerte

auf Gemeindeebene in Abhängigkeit von der gegebenen Agrarstruktur (Tierzahlen, Leistung und Kraftfuttereinsatz) und abgeleiteten Koeffizienten aus Buchführungsdaten (s. Anhang 7) berechnet. Diese Werte liegen durchschnittlich bei 150 kg pro ha und Jahr.

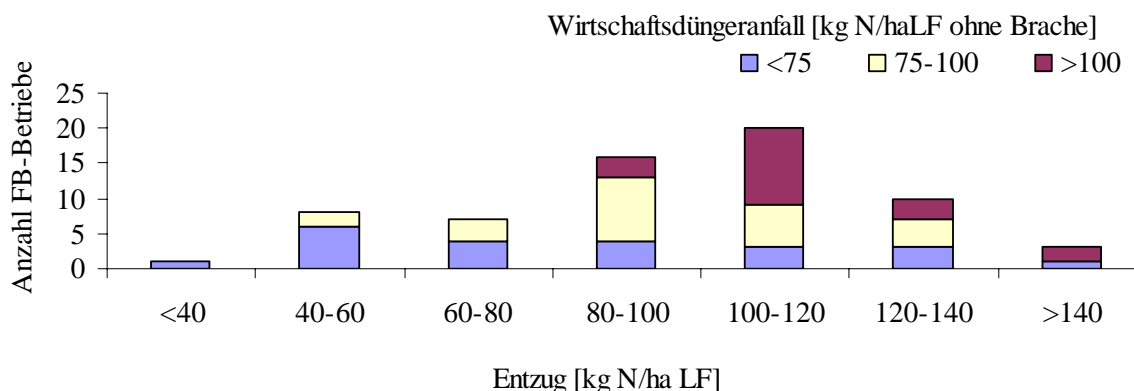
Abbildung 3: Berechnete N-Abfuhr über Grundfutter in den Gemeinden Niedersachsens



Quelle: Eigene Berechnungen

Zu Vergleichszwecken wurde eine Auswertung von 65 Futterbau-Hoftorbilanzen aus den Wasserschutzgebieten Liebenau und Ristedt durchgeführt, die die hier getroffenen Annahmen näherungsweise bestätigen (Abbildung 4): Die mittlere N-Abfuhr je Hektar LF ohne Brache liegt bei 98 kg/ha*a, wobei eine extreme Schwankungsbreite aufgrund unterschiedlicher Intensitäten festzustellen ist.

Abbildung 4: Auf Basis von Hoftorbilanzen berechnete N-Abfuhr in Futterbaubetrieben der Wasserschutzgebiete Liebenau und Ristedt



Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von anonymisierten Hoftorbilanzen (Ingenieurbüro INGUS, Hannover)

Im Vergleich zu Abbildung 3 liegen die Ergebnisse für die Wasserschutzgebiete Liebenau und Ristedt auf einem niedrigeren Niveau, da die Werte auf die gesamte LF bezogen sind (incl. Marktfrüchte, die meist geringere N-Entzüge aufweisen) und es sich hierbei um Betriebe mit relativ geringen Viehdichten handelt.

Überblick

Tabelle 2 gibt einen Überblick über alle verwendeten Daten und ihre Herkünfte.

Tabelle 2: Informationsquellen zur Berechnung der N-Bilanz

Information	Aggregationsebene	Einheit	Quelle
Mineraldüngerversorgung	Bundesland	t	Stat. Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 8.2
Mineral-Düngereinsatz	Betrieb	t	Betriebsdatenauswertung (aufbauend auf Osterburg et al., 2004 und weiterführende Analysen, s. Anhang 8)
Fruchtartenspektrum	Gemeinde	ha	Stat. Landesämter, Reihe C III (Bodennutzung und Ernte)
Ertragsdaten	Kreis	t/ha kg	Besondere Ernteermittlung (NLS, 2003a) Milchleistung (NLS, 2003b), Grundfutter-Abfuhr wird anhand des Viehbestands und der Milchleistung geschätzt (s. Anhang 7)
Viehbestand	Gemeinde	Stück	Stat. Landesämter, Reihe C III (Tierische Erzeugung)
Klärschlamm	Bundesland	t	Nds. Umweltministerium, Klärschlammbericht
Kompost	Bundesland	t	Quelle: BGK, 2005.
Grenzüberschreitende Abfallverbringung	Bundesland	t	UBA, Fachgebiet III 3.1, Übergreifende Angelegenheiten der Abfallentsorgung
Legume N-Bindung	Gemeinde	t	Stat. Landesämter, Reihe C III (Bodennutzung und Ernte) + Normdaten der Verwaltungsvorschrift zur Düngeverordnung

5.3 Unsicherheiten

Berechnungen und Simulationen auf großer Skalenebene sind mit entsprechend großen Unsicherheiten behaftet. Grundsätzlich ist das Intervall um den wahrscheinlichsten Wert der Zielgröße (hier: N-Saldo) durch zwei Arten von Unsicherheitsgrößen bestimmt: 1. Landesweit einheitliche Annahmen zu Parametern (N-Ausscheidung der Tiere, N-Gehalt der Pflanzen) und 2. Aggregationsfehler wie z. B. die auf Landkreisebene einheitli-

che Ertragsermittlung und das Betriebssystemprinzip der Agrarstrukturerhebung. In Tabelle 3 sind die Unsicherheiten aller Bilanzglieder aufgeführt.

Tabelle 3: Unsicherheiten der Bilanzglieder

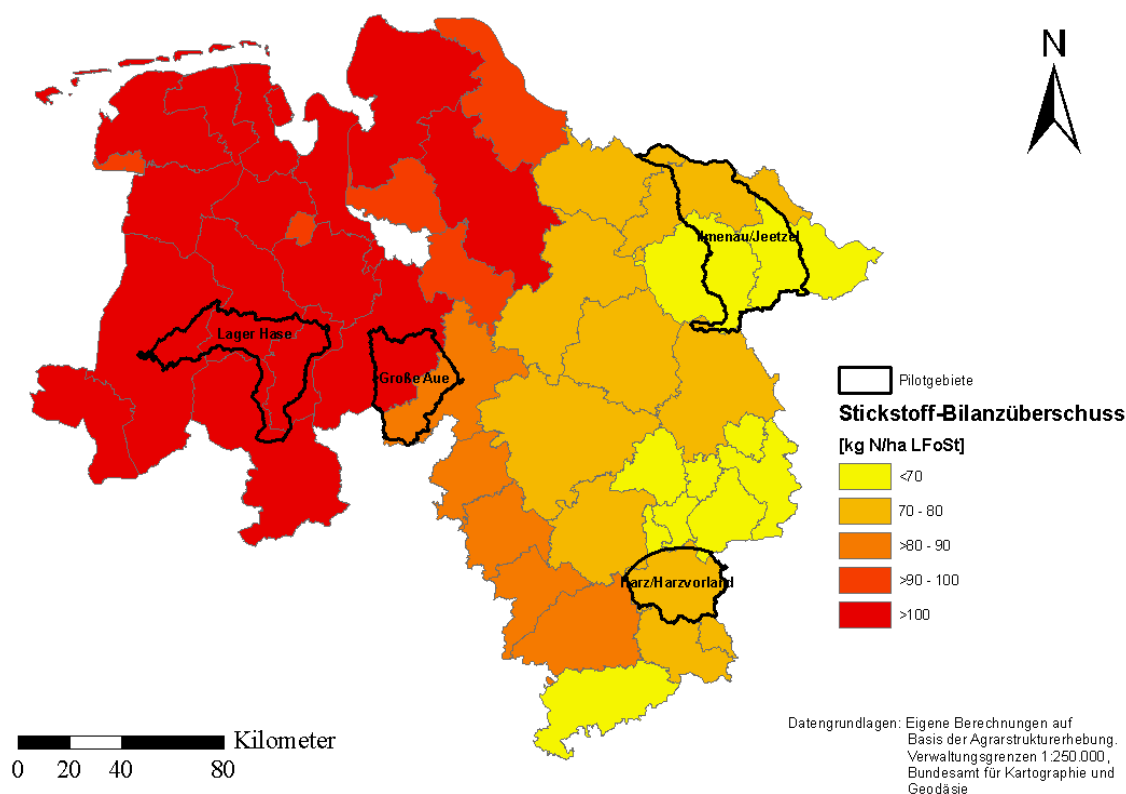
tierische Ausscheidungen	aus Normdaten berechnet, die für alle Regionen und Betriebssysteme gleich angenommen werden. N-reduzierte Fütterung (z. B. RAM-Futter) bleibt unberücksichtigt.
davon Ammoniak-Verluste aus Stall, Weide und Lagerung	Mittelwert aller Stallhaltungssysteme
davon Ammoniak-Ausbringungsverluste aus eigenem Wirtschaftsdünger	Mittelwert aller Ausbringtechniken
Wirtschaftsdünger-Exporte	Exporte und Importe von Wirtschaftsdünger werden aus Potenzialen der liefernden und aufnehmenden Betriebe berechnet. Welche Mengen tatsächlich transferiert werden ist nicht bekannt.
Wirtschaftsdünger-Importe	
davon Ammoniak-Ausbringungsverluste	Mittelwert aller Ausbringungstechniken
legume N-Bindung	ist vor allem vom Leguminosenanteil im Grünland abhängig, der je nach Düngungsintensität sehr stark variiert.
davon Ammoniak-Verluste	Annahme nach EEA, 2004, 1 % der legumen N-Bindung
Klärschlamm	da keine flächendeckend verfügbaren Informationen zum Verbleib des landwirtschaftlich verwerteten Klärschlammes vorliegen, werden die in der Statistik auf Landesebene ausgewiesenen Mengen auf alle potenziell zur Verfügung stehenden Flächen gleich verteilt.
Kompost	Dito
Grenzüberschreitende Abfallverbringung	Dito
Mineraldünger	Ein Modell in Abhängigkeit von der N-Abfuhr und des organischen Düngereinsatzes wurde aus Betriebsdaten abgeleitet und auf die Landfläche Niedersachsens angewendet.
davon Ammoniak-Verluste	Der Nationale Inventarbericht für das Jahr 2003 weist 5,5 % des Mineraldüngereinsatzes als NH ₃ -Verluste aus (Dämmgen, 2003). In der hier vorliegenden Studie bleibt diese Größe unberücksichtigt.
Abfuhr Marktfrüchte	Ertragsstatistik liegt nur auf Landkreisebene vor, N-Gehalts-Parameter landesweit einheitlich, Differenzen in den Flächenangaben (s. Anhang 9).
Abfuhr Raufutter	Ein Modell wird in Abhängigkeit des Kraftfüttereinsatzes (aus Betriebsdaten), der tierischen Ausscheidungen sowie des Exports tierischer Produkte (nach Normdaten) abgeleitet und auf die Landfläche Niedersachsens angewendet.

6 Ergebnisse

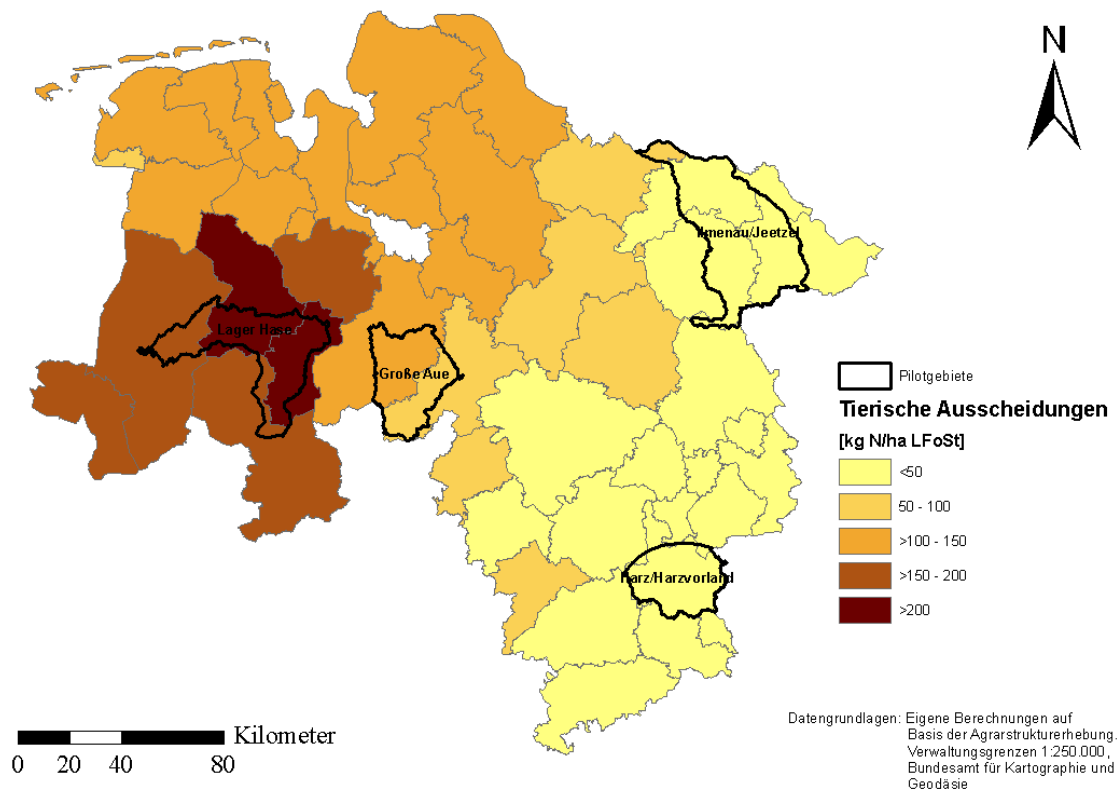
Die Ergebnispräsentation besteht aus zwei Übersichtskarten zum Saldo und zum Wirtschaftsdüngeranfall sowie einer tabellarischen Aufstellung der Bilanzglieder mit aggregierten Werten für Niedersachsen. Die Ergebnisse für ausgewählte Landkreise enthält Anhang 6. In einer Access-Datenbank (niedersachsen.mdb) werden alle Einzelergebnisse für die Kalenderjahre 1999 und 2003 auf Landkreis- und Gemeindeebene berechnet. Die Gemeindeergebnisse sind aus Datenschutzgründen nur projektintern verfügbar.

Erwartungsgemäß nimmt der N-Überschuss tendenziell von West nach Ost ab. Im östlichen Teil Niedersachsens finden sich Regionen mit N-Salden unter 60 kg pro Hektar und Jahr, während für fast alle westlichen Landkreise Salden von über 100 kg berechnet wurden (Abbildung 5).

Abbildung 5: Stickstoff-Bilanzüberschuss 2003



Die höchsten N-Bilanzüberschüsse sind im Pilotgebiet Lager Hase zu finden, während in Ilmenau/Jeetzel N-Salden von ca. 80 kg/ha*a ausgewiesen werden. Dies hängt mit sehr unterschiedlichen Viehbestandsdichten zusammen, die in der nächsten Abbildung 6 anhand des Wirtschaftsdüngeranfalls abzulesen sind.

Abbildung 6: Stickstoff aus Wirtschaftsdünger 2003

Während der Mineraldüngereinsatz bisher nicht limitiert war, konnten entsprechend der bisherigen Fassung der Düngeverordnung (BMVEL, 1996b, gültig bis 2005) nur bis zu 170 kg N/ha aus Wirtschaftsdünger (abzüglich 28 % Ammoniak-Verluste) ausgebracht werden. Es bestand eine Ausnahmegenehmigung für Grünlandflächen, die einen Grenzwert von 210 kg N/ha erlaubt (Berechnungsgrundlage der vorliegenden Studie auf Grundlage der geltenden Regelungen der Jahre 1999 und 2003). Diese Restriktion bewirkt einen Transfer zwischen Betrieben bzw. Regionen, der unter Berücksichtigung der agrarstatistischen Angaben zu Aufnahme und Abgabe von Wirtschaftsdünger einzelner Betriebe in die Berechnungen eingeht. Nach der aktuell gültigen Fassung der Düngeverordnung aus dem Jahr 2006 gilt eine Ausbringungsobergrenze von 170 kg N/ha, und nur unter bestimmten Voraussetzungen können bis zu 230 kg N/ha und Jahr auf Grünland und Feldgras ausgebracht werden (vgl. Anon., 2006, DüV § 4).

Tabelle 4 gibt einen Überblick über alle N-Bilanzglieder und weist die absoluten Werte (Aggregat aus Gemeindebilanzen) sowie Angaben je Hektar LF für Niedersachsen aus.

Tabelle 4: Stickstoff-Bilanzierung für Niedersachsen*

Nr.			1999		2003	
			t	kg/ha**	t	kg/ha**
1	tierische Ausscheidungen	+	267.704	107	265.435	107
2	davon Ammoniak-Verluste aus Stall, Weide und Lagerung	-	48.422	19	49.117	20
3	davon Ammoniak-Ausbringungsverluste aus eigenem Wirtschaftsdünger	-	24.763	10	24.504	10
	<i>Überregionaler Gülle- u. Mist-Transfer***</i>		<i>5.340</i>	<i>2</i>	<i>6.252</i>	<i>3</i>
4	davon Ammoniak-Ausbringungsverluste	-	274	0	392	0
5	legume N-Bindung	+	27.068	11	25.468	10
6	davon Ammoniakverluste	-	271	0	255	0
7	Klärschlamm	+	8.536	3	8.300	3
8	Kompost	+	1.910	1	1.963	1
9	Grenzüberschreitende Abfallverbringung	+	248	0	310	0
10	Mineraldünger	+	329.275	131	317.726	128
	<i>Abfuhr Marktfrüchte</i>		<i>171.831</i>	<i>125</i>	<i>157.654</i>	<i>112</i>
	<i>Abfuhr Raufutter</i>		<i>153.719</i>	<i>138</i>	<i>147.141</i>	<i>139</i>
11	Abfuhr insgesamt	-	325.550	130	304.795	123
	Saldo	=	235.461	94	240.139	96

* Die Netto-Mineralisation durch Melioration und Landnutzungswandel sowie die N-Deposition und Denitrifikation sind in dieser Aufstellung noch nicht berücksichtigt.

** kg N je ha LF ohne Brache.

*** kursiv gedruckte Bilanzglieder gehen nicht in die Berechnung ein (Überregionaler Gülle- u. Mist-Transfer ist auf Landesebene bilanzneutral; Abfuhr Markt- und Futterfrüchte sind in Bilanzglied 11 enthalten).

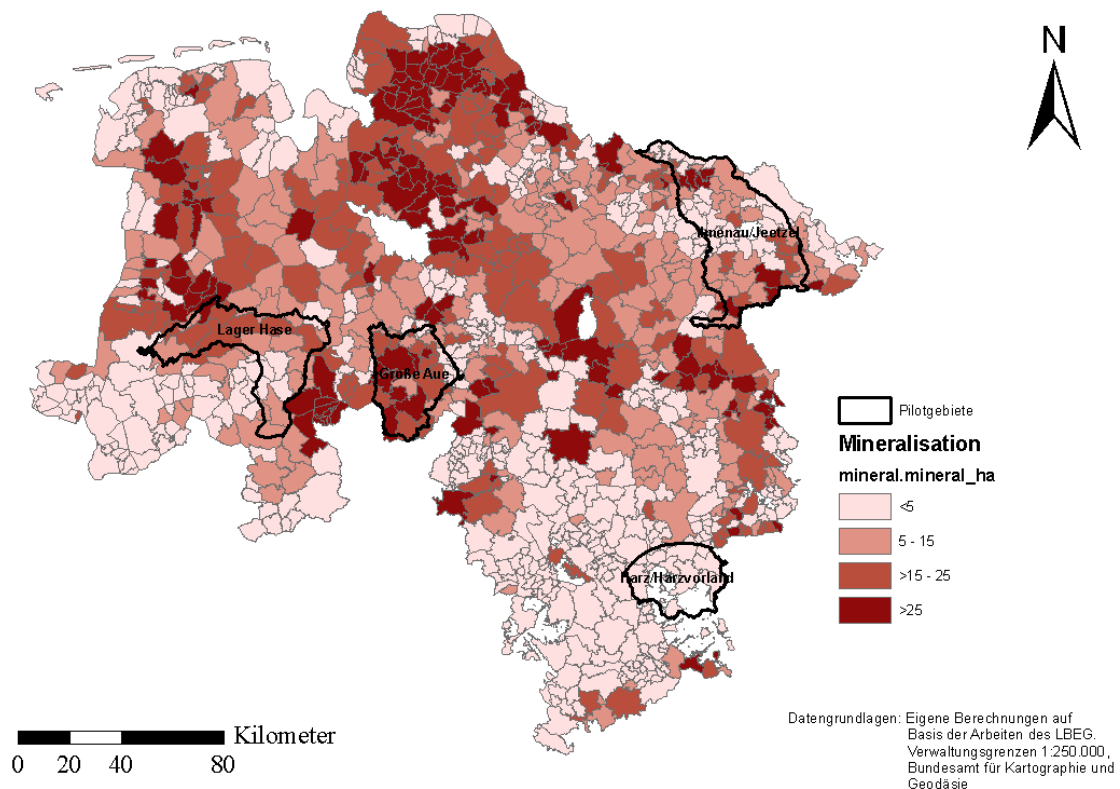
Die Gesamt-Flächenbilanz für Niedersachsen liegt bei ca. 100 kg N je ha und Jahr. Ammoniak-Verluste sind hierbei in Abzug gebracht worden. Die Berücksichtigung der Luftdeposition von gasförmigen N-Verlusten aus der Landwirtschaft geschieht in weiterführenden Analysen innerhalb des Projektes.

7 Weitere Stickstoff-Quellen und -Senken

Neben den Bilanzgliedern einer landwirtschaftlichen N-Bilanzierung im engeren Sinne werden an dieser Stelle zwei N-Quellen beschrieben, die neben anderen, hier nicht weiter untersuchten Bilanzgliedern (N-Deposition, asymbiotischer N-Bindung, Saatgut und Denitrifikation) einen bedeutenden Anteil am Stickstoff-Kreislauf haben können. Dies ist einerseits die Nutzbarmachung von Moorböden durch Melioration, also eine Kulturmaßnahme zur langfristigen Erhöhung oder Erhaltung der Fruchtbarkeit eines landwirtschaftlich genutzten Bodens und zum Urbarmachen, und andererseits der Wechsel zwischen ackerbaulicher Landnutzung, die meistens mit wendender oder zumindest lockernder Bodenbearbeitung einhergeht, und Dauergrünland, das durch eine ganzjährige flächendeckende Grasnarbe gekennzeichnet ist und i. d. R. höhere N-Gehalte im Oberboden aufweist.

7.1 Melioration

Durch die Trockenlegung von Moorböden durch Dränung wird ein Mineralisationsvorgang verursacht, der über viele Jahre anhält. Auf der Grundlage mehrerer Untersuchungen hat das niedersächsische 'Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie' Netto-Mineralisationsraten in Abhängigkeit des langjährigen mittleren Grundwasserniedrigstandes und der Nutzung Acker/Grünland aus der Bodenübersichtskarte 1:50.000 (BÜK 50) abgeleitet. Die gemeindebezogenen Summenwerte wurden ins Verhältnis zur landwirtschaftlichen Nutzfläche gesetzt, um die Relevanz des Bilanzgliedes 'Netto-Mineralisation durch Melioration' zu bewerten. Dabei zeigte sich, dass fast 50 % aller Gemeinden in Niedersachsen eine mittlere N-Freisetzung im Boden von unter 5 kg/ha LF*a aufweisen und ca. 18 % der Gemeinden liegen über 25 kg/ha LF*a (Abbildung 7).

Abbildung 7: Mineralisationsraten durch Melioration von organischen Böden

Wegen des nicht zu unterschätzenden Ausmaßes an mineralisiertem Stickstoff, der zusätzlich zum N-Bilanzüberschuss ins Grundwasser ausgewaschen wird oder gasförmig entweicht, sollte diese Bilanzgröße näher untersucht und in der weiteren Kausalkette berücksichtigt werden.

7.2 Landnutzungswandel

Diffuse Emissionen und Nährstofffestlegungen sind auf die Quellen- und Senkenfunktion des Bodens zurückzuführen. Zentrale Fragestellungen sind Humusauf- und -abbau durch Landnutzungsänderungen, wobei die Einsaat und der Umbruch von Grünland im Mittelpunkt der hier vorgestellten Analyse stehen. Im Gegensatz zur Berechnung jährlicher Stoffumsätze im Rahmen der Düngung und Ertragsbildung wurden in dieser Untersuchung historisch und standörtlich bedingte Emissionen betrachtet.

Um die Veränderungen der Landnutzung darzustellen, sollten die zu vergleichenden Daten etwa 10 Jahre auseinander liegen. Eine Analyse des Landnutzungswandels ist nur auf Grundlage von GIS-Daten möglich, die eine flächenexplizite Auswertung über zwei Zeit-

punkte erlauben. Die Daten der Agrarstatistik sind dafür keine geeignete Grundlage, weil lediglich die Netto-Flächenveränderungen auf Gemeinde- oder Kreisebene, aber keine parzellenscharfen Nutzungsveränderungen ausgewiesen werden können. Die regionale Zuordnung der Daten wird durch das Betriebssystemprinzip der Erfassung erschwert. Für den ersten Zeitpunkt wurde das erste Basis-DLM⁴ ausgewählt, bereitgestellt vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) im Jahr 2000. In diesem Datensatz liegen die Erhebungszeitpunkte für die Flächen in Niedersachsen zwischen dem 07.07.1993 und dem 22.11.1996. Der Vergleichsdatsatz ist die Grundkarte des neuen InVeKoS⁵-GIS aus dem Jahr 2004 (bereitgestellt vom Niedersächsischen Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)), somit wird die Nutzungsänderung in einer Zeitspanne von etwa 10 Jahren verglichen. In der InVeKoS-Grundkarte sind lediglich Informationen über die Lage von Acker- und Grünland, aber keine einzelbetrieblichen Angaben enthalten. Die methodische Beschreibung, wie aus den Rohdaten ein einheitlicher Datensatz hergestellt und daraus die Landnutzungsänderung abgeleitet wurde, befindet sich in Anhang 12.

Zusätzliche Informationen über die Standorte und mögliche Ursachen der Landnutzungsänderungen können durch die bodenkundliche Karte im Maßstab 1:50000 (BÜK50), bereitgestellt vom LBEG, und durch Schutzgebiete, bezogen vom Bundesamt für Naturschutz, gewonnen werden. Die Daten zu Schutzgebieten sind im Einzelnen: FFH-Gebiete⁶, Nationalparks, Naturschutzgebiete, Vogelschutzgebiete – auf dem Stand von 2005, Landschaftsschutzgebiete und Wasserschutzgebiete auf dem Stand von 2003.

Außerdem wurden zwei Landsat Satellitenaufnahmen vom 25.05.1989 und vom 15.05.2000 für die Pilotgebiete Lager Hase und Große Aue ausgewertet. Diese Rohdaten waren im Internet frei verfügbar (<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>). Die aus den Satellitenbildern abgeleiteten Landnutzungen unterschieden sich erheblich von den Daten aus dem Basis-DLM und InVeKoS. Aufgrund der Abweichungen und einer fehlenden Erklärung für diese Unterschiede wurde auf die Verwendung der Ergebnisse aus den Satellitenbildern verzichtet.

Erste Ergebnisse zum Landnutzungswandel zwischen Acker- und Grünland liegen für die drei Pilotgebiete vor. Daraus lässt sich die besondere Relevanz des Grünlandumbruchs in Niedersachsen für die Stickstoff-Bilanzierung ableiten. Im Falle der Freisetzung relevanter N-Mengen aus dem Oberboden können diese Analysen auch für den Aufbau einer Kausal-

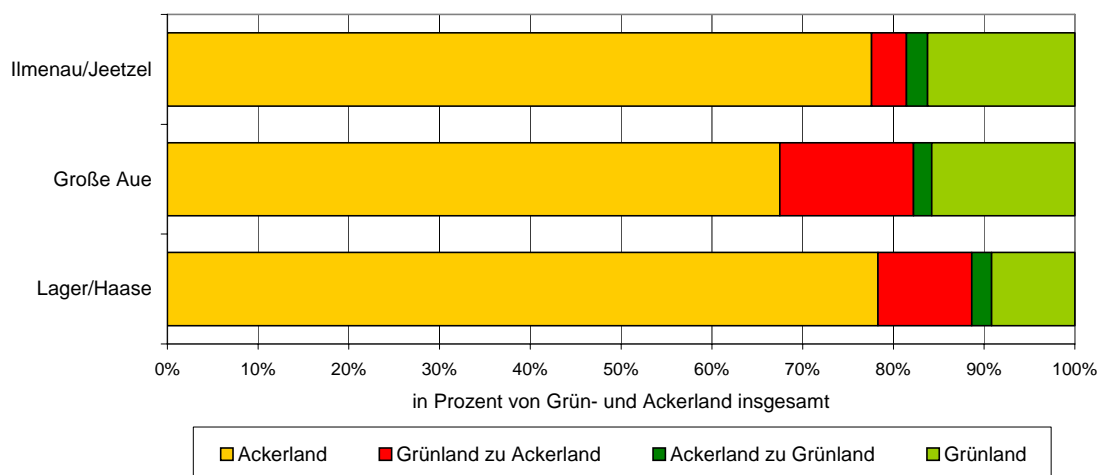
⁴ DLM - Digitales Basis-Landschaftsmodell, entspricht dem Datenbestand von ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem)

⁵ InVeKoS - Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem

⁶ FFH - Fauna – Flora – Habitat, FFH-Richtlinie: Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen.

kette auf Grundlage von Emissions- und Immissionswerten Bedeutung erhalten. Der durch Vergleich zwischen Basis-DLM und InVeKoS ermittelte Landnutzungswandel innerhalb von 10 Jahren wird in Abbildung 8 für die drei untersuchten Pilotgebiete ausgewiesen. Der größte Teil der betrachteten Flächen ist im Betrachtungszeitraum Ackerland geblieben. In den Gebieten Große Aue und Lager Hase wurde ein erheblicher Teil des Grünlandes in Ackerland umgebrochen. Die Umwandlung von Ackerland in Grünland konnte dies nicht annähernd kompensieren.

Abbildung 8: Landnutzungsänderung in den drei Pilotgebieten (Vergleich Basis-DLM 1994 zu InVeKoS 2004)



Eine nach Bodentyp differenzierte Betrachtung zeigt einerseits, dass die Acker- und Grünlandnutzung verschiedener Bodentypen zwischen den näher untersuchten Pilotgebieten Große Aue und Lager Hase sehr ähnlich sind. Die Umwandlung von Grünland in Ackerland konzentriert sich auf die Bodentypen mit höher Bedeutung der Grünlandnutzung, vor allem Pseudogley, Gley und Moorböden (vgl. Anhang 12). Auf diesen Standorten dürfte auch die Denitrifikation sehr hoch liegen, so dass die aus den Daten zum Landnutzungswandel abgeleiteten N-Freisetzungen nicht unbedingt zu einer Grundwasserbelastung führen müssen.

Bei der Analyse des Landnutzungswandels in Schutzgebieten ist zu bedenken, dass für Schutzgebiete nur eine aktuelle Karte vorlag, die keine Rückschlüsse über den Schutzstatus in der Vergangenheit zulässt. Die Untersuchung ergab, dass in Naturschutzgebieten die Grünlandnutzung deutlich überproportional vertreten ist und die Grünlandflächen tendenziell stärker erhalten wurden. In Wasserschutzgebieten wird dagegen eher die durchschnittliche Landnutzung repräsentiert, wobei der Grünlandumbruch tendenziell geringer ausfällt, die Umwandlung von Ackerflächen in Grünland tendenziell höher. Schutzgebiete machen mit Ausnahme von Landschaftsschutzgebieten einen Anteil von unter 10 % der

betrachteten Flächen aus. Da die Schutzgebietsflächen nicht die durchschnittlichen Standortbedingungen repräsentieren dürften, soll zu einem späteren Zeitpunkt eine statistische Analyse zur Standortabhängigkeit des Landnutzungswandels vorgenommen werden. Diese soll auf die hier vorgestellten Arbeiten aufbauen, aber auch andere Regionen Niedersachsens einschließen.

Tabelle 5 zeigt die auf den analysierten Landnutzungswandel zurückzuführenden Größenordnungen der N-Quellen und Senken sowohl als absolute Zahlen als auch in kg Stickstoff je ha landwirtschaftlicher Nutzfläche und Jahr [kg N/ha LF*a]. Dabei wurden Koeffizienten für die Quellen- und Senkenwirkung bei Einsaat und Umbruch von Grünland verwendet, die vom Niedersächsischen Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) bereitgestellt wurden. Die geschätzten jährliche Netto-Freisetzung von Stickstoff im Mittel der betrachteten 10 Jahre können Größenordnungen erreichen, die den berechneten jährlichen N-Überschüssen aus der landwirtschaftlichen Bilanzierung entsprechen.

Tabelle 5: Bilanzierung der Stickstoff-Quellen und –Senken in den Pilotgebieten aufgrund Landnutzungsänderung

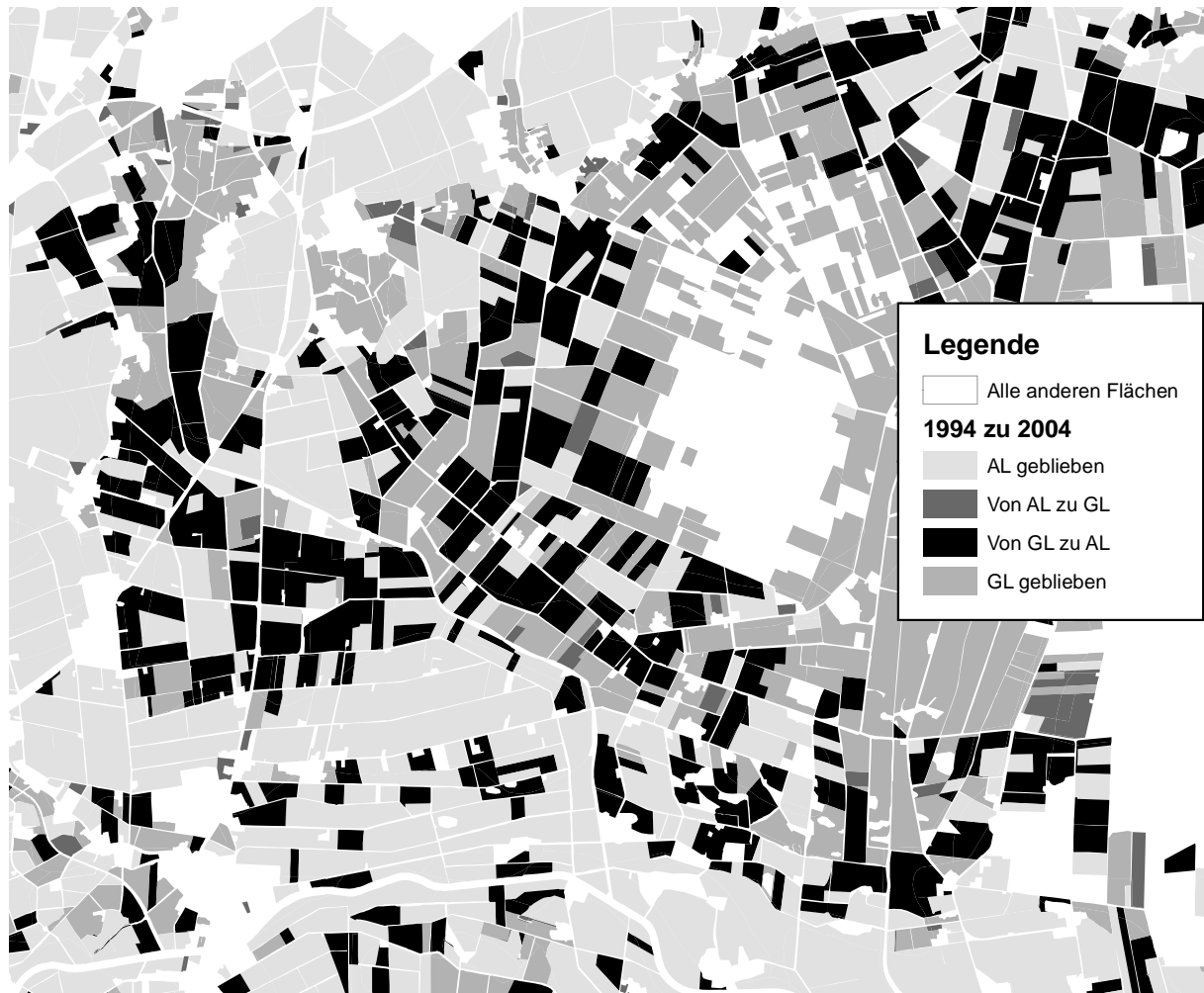
Pilotgebiet	Fläche GL&AL [ha]	Senken	Quellen [t N/a]	Netto Bilanz	Gemeinden		
					min	max	
					[kg N/ha LF*a]		
Lager Hase	95.844	-152	5.550	5.398	56	24	103
Große Aue	69.297	-100	5.578	5.478	79	7	144
Ilmenau/ Jeetzel	109.637	-189	2.332	2.142	20	-2	119

Quellen: Eigene Berechnungen auf Grundlage von Informationen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG), Niedersächsisches Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG).

Im Pilotgebiet Große Aue spielt die Netto-Mineralisation mit fast 80 kg N/ha LF*a eine sehr bedeutende Rolle, wobei die Werte zwischen den verschiedenen Gemeinden extrem variieren. Nach der vorgenommenen Schätzung muss davon ausgegangen werden, dass zumindest in einer Gemeinde des Pilotgebietes durchschnittlich 144 kg N/ha LF*a mineralisiert werden. Nur eine Gemeinde im Pilotgebiet Ilmenau/Jeetzel weist nach dieser Berechnung eine negative Mineralisationsrate auf, d. h. die Umwandlung von Ackerland in Grünland dominiert in dieser Region.

Die Abbildung 9 veranschaulicht am Beispiel eines Kartenausschnitts einer niedersächsischen Region, wie massiv Grünland (GL) in Ackerland (AL) umgewandelt wurde. Die Umwandlung von Ackerland in Grünland spielt im Zeitraum 1994 bis 2004 hingegen kaum eine Rolle. Dieser Ausschnitt steht beispielhaft für viele Regionen Niedersachsens.

Abbildung 9: Beispiel für den Landnutzungswandel anhand eines Kartenausschnitts (Vergleich Basis-DLM 1994 zu InVeKoS 2004)



Quellen: Eigene Berechnungen auf Grundlage von Informationen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG), Niedersächsisches Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG).

In weiteren Arbeitsschritten sollte der Zusammenhang zwischen N-Bilanzüberschuss, Netto-Mineralisation und Denitrifikation bzw. dem im Projekt eingeführten 'Grünlandfaktor'⁷ untersucht werden. Im Mittelpunkt sollte dabei die Einschätzung der Höhe der Netto-Mineralisation, die Frage einer Doppelzählung von N-Überschüssen und Mineralisationspotentialen sowie der Verbleib freigesetzter Stickstoffmengen stehen.

⁷

Der Grünlandfaktor korrigiert den Nährstoffüberschuss, der für Grünlandregionen berechnet wird, aber nur anteilig in den auf Immissionen bezogenen Monitoringdaten nachgewiesen werden kann.

8 Datenschutzaspekte im Monitoring-Projekt

Im Monitoringprojekt wurden an verschiedenen Stellen Einzeldaten landwirtschaftlicher Betriebe verwendet. Deren Nutzung steht unter den Vorbehalten des Datenschutzes und ist i. d. R. mit einer Zweckbindung an das Projekt verbunden. Eine Nutzungsberechtigung liegt z. T. nur für eine der am Projekt beteiligten Institutionen vor. Datenauswertungen und Ergebnisdarstellungen dürfen aus Datenschutzgründen keine Rückschlüsse über einzelne Betriebe erlauben, sondern sollten in dieser Hinsicht anonym bleiben. Im Projekt wurden die Einzeldaten daher nur von den Institutionen gehalten und verarbeitet, die dazu berechtigt sind. Für den projektinternen Abgleich von Ergebnissen war allerdings ein Austausch erforderlich. Dieser bezog sich aber auf aggregierte Daten und berechnete Indikatoren, die genauso wie bei der öffentlichen Darstellung von Ergebnissen keine Rückschlüsse über Einzelbetriebe zulassen.

9 Ausblick

Aufbauend auf dem Bericht der Bestandsaufnahme zur Grundwassersituation in Niedersachsen wurde im Monitoring-Projekt ein erweiterter top-down-Ansatz zur Berechnung der N-Bilanzen im niedersächsischen Agrarsektor entwickelt. Die regionalen Unterschiede des Düngereinsatzes können durch eine Betriebsdatenauswertung und die Nutzung von Gemeindestatistiken nun besser berücksichtigt werden. Darüber hinaus wurde eine Schätzung der Grundfutturmengen entwickelt, die in einem plausiblen Verhältnis zu den Raufutter fressenden Tierbeständen stehen müssen. Die Transfers von organischem Dünger zwischen Landwirtschaftsbetrieben konnten wegen fehlender Datenbasis nur näherungsweise abgebildet werden.

Damit ist es gelungen, einen neuen Berechnungsansatz zu entwickeln, der einerseits die Genauigkeit und Aussagekraft gegenüber bekannten Bilanzansätzen deutlich erhöht und andererseits den Aufwand der Datenbeschaffung (Dateninput ist die vorhandene Agrarstatistik) gering hält.

Die Funktion des Bodens als Stickstoff-Quelle bzw. –Senke spielt beim Aufbau einer Kausalkette vom N-Überschuss auf der Bodenoberfläche ins Grundwasser eine entscheidende Rolle. Daher ist bei der Validierung von Modellergebnissen zur Grundwasserbelastung neben den jährlichen Bilanzüberschüssen der landwirtschaftlichen Flächennutzung eine entsprechende Zeitreihe über Melioration und Landnutzungswandel zu berücksichtigen.

Trotz der relativen Unsicherheiten, die noch bestehen, ist bei der vorliegenden Bilanzierungsgrundlage ein flächendeckendes und detailliertes Emissionsmonitoring zur Umsetzung der WRRL möglich. Die langfristige Wirksamkeit von Bewirtschaftungsplänen kann dadurch relativ zeitnah, d. h. bevor Auswirkungen im Grundwasser messbar sind, beobachtet werden. Darüber hinaus sollte ein weiteres Monitoringsystem zu einzelbetrieblichen N-Bilanzen und Umweltparametern (wie z. B. Herbst- N_{\min}) installiert bzw. angepasst werden, um kurzfristige und regional differenzierte Aussagen zur Wirksamkeit von Wasserschutzmaßnahmen zu erhalten. Bereits durchgeführte Beprobungen (Tiefenbohrungen, N_{\min} , Bilanzergebnisse) sollten zusammengefasst und einer weiteren Auswertung zugeführt werden.

Angesichts der großen Streuung der Bilanzüberschüsse selbst innerhalb von Gruppen vergleichbar strukturierter landwirtschaftlicher Betriebe müssen allerdings sehr große Stichproben erfasst werden, um ausreichend genaue und sichere Ergebnisse zu erhalten. Vor diesem Hintergrund sind die Vergleiche berechneter Daten mit lokalen Kontrolldaten und Experteneinschätzungen zur „Validierung“ mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren. Lokale Daten und Einschätzungen sollten künftig stärker bezüglich ihres Stichprobenumfangs, ihrer Repräsentativität und der zugrunde liegenden Streuung der relevanten Bilanz-

elemente hinterfragt werden. Der Monitoringansatz könnte durch Nutzung zusätzlicher Informationen zum Gülleex- und -import sowie zum einzelbetrieblichen Mineraldüngereinsatz verbessert werden. Grundlage dafür könnten z. B. Daten der Güllebörse und die Nährstoffvergleiche gemäß Düngeverordnung sein. Ein wichtiger Beitrag des ‚bottom-up‘-Ansatzes ist der Vergleich von Bilanzrechnungen in Kooperation mit Landwirten, die Hinterfragung und Verbesserung der Methoden im ‚top-down‘-Ansatz und nicht zuletzt die Erkennung von betrieblichen Anpassungsmöglichkeiten zum Abbau von N-Bilanzüberschüssen.

10 Literatur

- Anon. Umweltwirkungen: # Produktionskosten/Einkommen: # (2006): Bekanntmachung der Neufassung der Düngeverordnung: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln nach Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (DüV). In: Seehofer, H. [Hrsg.]: [I, Nr. 2], S. 33-43. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006, Bonn. Schlussfolgerungen/sonstiges: #
- Bach, M., Frede, H.-G., Schweikart, U. und Huber, A. (1999): Regional differenzierte Bilanzierung der Stickstoff- und Phosphorüberschüsse der Landwirtschaft in den Gemeinden/Kreisen in Deutschland. In: Behrendt, H., Huber, H., Oplitz, D., Schmoll, O., Scholz, G., und Uebe, R. [Hrsg.]: Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. UBA-Texte 75/99, Umweltbundesamt, Berlin.
- BGK - Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (2005): Verbrauch von Düngemitteln in Deutschland und Substitutionspotential von Kompost. (Zugriff 22.04.2005), (http://www.bgkev.de/infodienste/artikel.htm?kat=verschiedenes&inoid=04_4_273) Köln.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1998): Bioabfallverordnung (BioAbfV). Bonn.
- BMVEL - Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (1996a): Muster-Verwaltungsvorschrift für den Vollzug der Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26.01.1996 (BGBl. I S. 118), unveröffentlicht. Bonn. I.
- BMVEL - Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (1996b): Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (DüngeVO i.d.F. vom 36. Januar 1996 BGBl. I S. 2141). Bonn.
- BMVEL - Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (2004): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2004. 45, Landwirtschaftsverl., Münster-Hiltrup.
- Böhme, F. und Russow, R. (2002): Formen der atmosphärischen N-Deposition und deren Bestimmung in Agrarökosystemen unter besonderer Berücksichtigung der ¹⁵N-Isotopenverdünnungsmethode (ITNI) Stickstoff - ein Nährstoff aus dem Gleichgewicht: Ergebnisse aus dem Workshop 'N-Deposition in Agrarökosystemen'. In: Franko, U. [Hrsg.]: 16/2002, S. 6-17. UFZ-Berichte. UFZ - Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Leipzig.
- Dämmgen, U. [Hrsg.] (2003): Nationaler Inventarbericht 2004 - Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen - Teilbereich für die Quellengruppe Landwirtschaft. 260, Landbauforschung Völkenrode, Braunschweig. (Aktualisierte Version 2004)

- Döhler, H., Eurich-Menden, B., Dämmgen, U., Osterburg, B., Lüttich, M., Bergschmidt, A., Berg, W. und Brunsch, R. (2002): BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahre 2010. Forschungsbericht 299 42 245/02, UBA-FB 000249, UBA-Texte. Umweltbundesamt, Berlin.
- EC - European Commission (2004): Monitoring under the Water Framework Directive, Guidance Document No 7. Produced by Working Group 2.7 – Monitoring, Common Implementation Strategy For The Water Framework Directive (2000/60/EC). Brussels.
- EEA - European Environment Agency (2004): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2004. Copenhagen, Denmark.
- FN - Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V. (2001): Menschen und Pferde - Marktanalyse 2001, (unveröffentlichte Untersuchung des Marktforschungsinstitutes Ipsos). Warendorf.
- Gäth, S., Antony, F., Becker, K.W., Geries, H., Kersebaum, C. und Nieder, R. (1997): Bewertung des standörtlichen Denitrifikations- und Minerslisations-/Immobilisations-Potentials von Böden. Mitt.Dt.Bodenkd.Ges. 85, S. 1373-1376.
- Gauger, T. (2002): Flächendeckende Kartierung der Gesamtdeposition von Stickstoff in Deutschland. In: Franko, U. [Hrsg.]: 16/2002, S. 72-89. UFZ-Berichte. UFZ - Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Leipzig.
- Gunreben, M. (2000): Landwirtschaftliche Klärschlammverwertung in Niedersachsen. Ein Beitrag zur umweltgerechten Stoffstrombewirtschaftung - Endbericht. 10, Nachhaltiges Niedersachsen - Dauerhaft umweltgerechte Entwicklung. NLO - Landesamt für Ökologie, Hildesheim.
- HDLGN und RP Kassel - Hessisches Dienstleistungszentrum für Landwirtschaft Gartenbau und Naturschutz und Regierungspräsidium Kassel, Dezernat Landwirtschaft, Fischerei (2004): Leitfaden zur Umsetzung der Düngeverordnung in Hessen. Kassel.
- LWK Weser-EMS und LWK Hannover - Landwirtschaftskammer Weser-Ems und Landwirtschaftskammer Hannover (1997): Nährstoffvergleich auf Feld-Stall-Basis - § 5 Düngeverordnung. 6/97, Hannover.
- MUNLV - Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2003): Aufbringung von Nährstoffen auf landwirtschaftliche Flächen (Nährstoffbeurteilungsblatt). RdErl. II - 5 - 2220.20.03 / IV - 8 - 1573 - 29993 v. 12.11.2003, Düsseldorf.
- NLFB, NLO und BR Hannover - Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Bezirksregierung Hannover

- (2004): Methodenbeschreibung - Grundwasser. EG-WRRL Bericht 2005, Hannover.
- NLS - Niedersächsisches Landesamt für Statistik (2003a): Bodennutzung und Ernte 2003.
- NLS - Niedersächsisches Landesamt für Statistik (2003b): Tierische Erzeugung 2003 - Schlachtungen, Milcherzeugung und -verwendung, Brut, Schlupf und Schlachtungen von Geflügel, Legehennenhaltung und Eierzeugung.
- NLS - Niedersächsisches Landesamt für Statistik (2004a): Bodennutzung und Ernte 2003 - Die Bodennutzung der landwirtschaftlichen Betriebe in Niedersachsen / Anbau und Erntemengen auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen. C I 1, C II 1, C II 2, C II 3,
- NLS - Niedersächsisches Landesamt für Statistik (2004b): Niedersächsische Abfallbilanz 2003. Statistische Berichte - Niedersachsen. Hannover.
- NLWKN und NLfB - Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz; Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (2005b): Grobkonzept - Grundwassermonitoring; Chemischer und mengenmäßiger Zustand für Grundwasserkörper in Niedersachsen/Bremen. Hannover/Bremen.
- NLWKN und NLfB - Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz; Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (2005a): Grobkonzept - Grundwassermonitoring; Chemischer und mengenmäßiger Zustand für Grundwasserkörper in Niedersachsen/Bremen. Hannover/Bremen.
- Osterburg, B., Schmidt, T.G. und Gay, S.H. (2004): Auswertung betrieblicher Daten zur Ermittlung des Stickstoffmineraldünger-Einsatzes [Endbericht für ein Forschungsvorhaben im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums]. 06/2004, Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für ländliche Räume, Braunschweig.
- TLL - Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2002): Anleitung und Richtwerte für Nährstoffvergleiche nach Düngeverordnung. 10/2002, Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen. Jena.
- UBA - Umweltbundesamt (2001): Grenzüberschreitende Abfallverbringung - Datenerhebung nach dem Umweltstatistikgesetz-Import-Deutschland gesamt. Berlin.

11 Anhang

Anhang 1:	N-Ausscheidungen je Tier bzw. Stallplatz und in % nach den Tierkategorien der Agrarstrukturerhebung 2003.....	39
Anhang 2:	Mengen und N-Gehalte von sonstigen organischen Düngern und Mineraldünger.....	40
Anhang 3:	Nährstoffgehalte von Pflanzenprodukten und legume N-Bindung.....	41
Anhang 4:	Umrechnungsschlüssel für Großvieheinheiten (GV).....	43
Anhang 5:	NH ₃ -N-Emissionen von tierischer Ausscheidung.....	44
Anhang 6:	Stickstoff-Bilanzen ausgewählter Landkreise für das Jahr 2003.....	45
Anhang 7:	Schätzung von Grundfuttererträgen.....	46
Anhang 8:	Schätzung der N-Mineraldüngermenge	55
Anhang 9:	Vergleich der gemeldeten Landwirtschaftsfläche im Kataster und der Agrarstatistik für den Landkreis Cloppenburg	67
Anhang 10:	Berechnungsansatz (formelle Dokumentation)	68
Anhang 11:	Auswertung in einer Access-Datenbank (niedersachsen.mdb).....	77
Anhang 12:	Methode zur Quantifizierung des N-Umsatzes aufgrund der Landnutzungsänderung	79

Anhang 1: N-Ausscheidungen je Tier bzw. Stallplatz und in % nach den Tierkategorien der Agrarstrukturerhebung 2003

Tierart			Code	[kg N/a*Stallplatz]	% N-Ausscheidung	
Pferde	Ponys und Kleinpferde		101	68	0,49	2,41
	unter 1 Jahr alt		102	68	0,15	
	1 bis unter 3 Jahre alt		103	68	0,37	
	3 bis unter 14 Jahre alt		104	68	1,12	
	14 Jahre alt		105	68	0,28	
Rinder	Kälber	unter 6 Monate	107	11	1,94	56,94
	6 Monate bis unter 1 Jahr alt	Männlich	108	20	1,83	
		Weiblich	109	14	1,09	
	1 bis unter 2 Jahre alt	Männlich	110	28	3,48	
		weiblich zum Schlachten	111	46	0,52	
		weibliche Nutz- und Zuchttiere	112	49	6,04	
	2 Jahre und älter	Bullen und Ochsen	113	48	0,56	
		Schlachtfärsen	114	46	0,20	
		Nutz- und Zuchtfärsen	115	46	2,59	
		Milchkühe	116	(s. Anhang 10)	36,01	
		Ammen- und Mutterkühe	117	84	2,30	
Schlacht- und Mastkühe	118	46	0,39			
Schafe	unter 1 Jahr alt	(einschließlich Lämmer)	120	5	0,18	0,80
	1 Jahr und älter	weibliche Schafe	121	10	0,58	
		Schafböcke zur Zucht	122	10	0,01	
		Hammel und sonstige Schafe	123	10	0,03	
Schweine	Ferkel	(Saug-, Baby-, Systemferkel)	125	3,9	2,29	30,17
	Jungschweine	unter 50 kg Lebendgewicht	126	4,7	3,48	
	Mastschweine einschließlich ausgemerzte Zucht-tiere	50 bis unter 80 kg Lebendgew.	127	11,7	7,93	
		80 bis unter 110 kg Lebend-gew.	128	11,7	6,83	
		110 und mehr kg Lebendgew.	129	11,7	0,75	
	Eber zur Zucht		130	11,7	0,06	
	Zuchtsauen trächtig	Jungsauen zum 1. Mal trächtig	131	36	1,05	
		Andere trächtige Sauen	132	36	5,18	
	Zuchtsauen nicht trächtig	Jungsauen noch nicht trächtig	133	36	0,79	
		Andere nicht trächtige Sauen	134	36	1,81	
Hühner	Hühner (ohne Trut-, Perl- und Zwerg-hühner)	Legehennen ½ Jahr und älter	136	0,61	3,10	6,78
		Junghennen unter ½ Jahr	137	0,28	0,58	
		Schlacht- und Masttiere	138	0,29	3,09	
Sonstiges Geflügel	Gänse		140	0,8	0,03	2,90
	Enten		141	0,55	0,20	
	Truthühner		142	1,5	2,68	

Anhang 2: Mengen und N-Gehalte von sonstigen organischen Düngern und Mineraldünger

Beschreibung	N-Gehalt	1999	2003	
	[%]	[t]	[t]	
Kompost	1,7	112.372	115.482	Trockensubstanz
Grenzüberschreitende Abfallverbringung	2,8	8.840	11.080	Frischmasse
Klärschlamm	4,8	177.833	172.916	Trockensubstanz
Mineraldünger	100,0	329.275	317.726	Rein-Stickstoff

Anhang 3: Nährstoffgehalte von Pflanzenprodukten und legume N-Bindung

Code	Beschreibung	N [%]	Legume N- Bindung [N/ha*a]
201	Winterweizen	1,95	
202	Sommerweizen	2,6	
203	Durum	2	
204	Triticale	1,65	
205	Roggen	1,51	
206	Wintergerste	1,65	
207	Sommergerste	1,65	
208	Hafer	1,51	
209	Wintermengengetreide	1,65	
210	Sommermengengetreide	1,65	
212	Körnermais	1,38	
213	CCM	1	
214	Futtererbsen	3,6	176
215	Ackerbohnen	4,1	200
216	Alle anderen Hülsenfrüchte	4,1	120
217	Industriekartoffeln	0,35	
218	Kartoffeln früh	0,35	
219	Kartoffeln spät	0,35	
220	Zuckerrüben	0,18	
221	Runkelrüben	0,18	
222	Alle anderen Hackfrüchte	0,18	
223	Gemüse, i.W.m. Feldgemüse	0,34	
224	Gemüse, i.W.m.a.Gg. im Freiland	0,34	
225	Gemüse, i.W.m.a.Gg. unter Glas	0,34	
226	Blumen, im Freiland	0,3	
227	Blumen, unter Glas	0,3	
228	Gartenbausämereien	0,3	
229	Winterraps	3,35	
230	Sommerraps	3,3	
231	Flachs	3,5	
232	Andere Ölfrüchte	3	
233	Körnersonnenblumen	2,91	
234	Hopfen	3	
235	Tabak	3	
236	Rüben z. Samengewinnung	1,8	
237	Heil- und Gewürzpflanzen	0,5	
238	Alle anderen Handelsgewächse	2	
239	Kleegras	0,57	135
240	Luzerne	0,6	285
241	Grasanbau	0,48	
242	Silomais	0,43	
243	Alle anderen Futterpflanzen	0,4	
244	Brache	0,5	
246	Nutz- und Hausgarten	2	
247	Obstanlage	0,2	
248	Baumschulen	2	
249	Dauerwiesen	2,8	30
250	Mähweiden	2,7	30
251	Weiden	1,3	30
255	Hutungen	0,5	30
256	Bestockte Weinreben	2	

Code	Beschreibung	N [%]	Legume N- Bindung [N/ha*a]
257	Weihnachtsbaumkulturen	2	
258	LF		
259	nicht mehr genutzte LF		
267	Stilllegung insgesamt	0,5	
268	Brache, mit und ohne Begrünung		
269	Stilllegung AL/DK	0,5	
270	sonstige stillgelegte Fläche		
300	Industriekartoffeln (Speisezwecke)	0,35	
301	Lupinen	5,2	250
340	Winterbraugerste	1,65	
341	Sommerbraugerste	1,38	

Anhang 4: Umrechnungsschlüssel für Großvieheinheiten (GV)

Tierart	GV
Ponys und Kleinpferde	0,7
Andere Pferde unter 1 bis unter 3 Jahre	0,7
Andere Pferde 3 Jahre und älter	1,1
Kälber unter 6 Monate	0,3
Jungrinder 6 Monate bis unter 1 Jahr	0,3
Rinder 1 bis unter 2 Jahre	0,7
Rinder 2 Jahre und älter	1,0
Schafe unter 1 Jahr (einschl. Lämmer)	0,05
Schafe 1 Jahr und älter	0,1
Ferkel	0,02
Schweine unter 50 kg Lebendgewicht (ohne Ferkel)	0,06
Mastschweine 50 kg und mehr Lebendgewicht	0,16
Zuchtschweine	
50 kg und mehr Lebendgewicht, Eber	0,3
Jungsauen zum 1. Mal trächtig	0,3
Andere trächtige Sauen	0,3
Jungsauen nicht trächtig	0,3
Andere nicht trächtige Sauen	0,3
Legehennen ½ Jahr und älter	0,004
Junghennen unter ½ Jahr und zur Aufzucht	
als Legehennen bestimmte Küken	0,004
Schlacht- und Masthähne und -hühner einschl.	
die hierfür best. Küken u. sonstige Hähne	0,004
Gänse	0,004
Enten	0,004
Truthühner	0,004

Anhang 5: NH₃-N-Emissionen von tierischer Ausscheidung

	NH ₃ -Emission in % der tierischen N-Ausscheidung insgesamt	davon (insgesamt = 100%)			
		Stall	Lagerung	Weide	Ausbringung
Rinder	20 %	25 %	19 %	7 %	49 %
Schweine	35 %	58 %	25 %	0 %	17 %
Geflügel	50 %	59 %	4 %	0 %	37 %
Pferde und Schafe	35 %	25 %	30 %	15 %	30 %

Anhang 6: Stickstoff-Bilanzen ausgewählter Landkreise für das Jahr 2003

kg N/ha LF ohne Brache

Nr.		DIEPHOLZ	NIENBURG	LÜCHOW-DANNENBERG	LÜNEBURG	UELZEN	CLOPPENBURG	VECHTA	
1	tierische Ausscheidungen	+	116	89	46	44	30	248	297
2	davon Ammoniak-Verluste aus Stall, Weide und Lagerung	-	24	18	8	7	6	61	80
3	davon Ammoniak-Ausbringungsverluste aus eigenem Wirtschaftsdünger	-	10	8	4	4	3	22	26
4	Wirtschaftsdünger-Exporte	-	0	0	0	0	0	19	42
5	Wirtschaftsdünger-Importe	+	6	3	3	6	5	3	1
6	davon Ammoniak-Ausbringungsverluste	-	0	0	0	0	0	0	0
7	legume N-Bindung	+	7	8	9	9	4	6	4
8	davon Ammoniakverluste	-	0	0	0	0	0	0	0
9	Klärschlamm	+	4	4	4	4	5	2	0
10	Kompost	+	1	1	1	1	1	1	0
11	Mineraldünger	+	127	122	117	123	150	84	69
	<i>Abfuhr Marktfrüchte</i>		109	101	94	100	114	103	104
	<i>Abfuhr Raufutter</i>		153	138	104	108	125	153	137
12	Abfuhr insgesamt	-	123	112	97	102	115	123	114
	Saldo	=	103	89	71	74	71	119	110
	Wirtschaftsdünger-Ausbringung	+	121	92	49	50	35	225	241
	davon Summe NH ₃ -Verluste	+	41	33	18	18	17	88	110

Quelle: Eigene Berechnungen

Anhang 7: Schätzung von Grundfuttererträgen

Bernhard Osterburg

Für Erträge von Grünland, Feldgras, Klee gras und Luzerne liegen keine ausreichend genauen Statistiken auf regionaler Ebene für die Verwendung in Stickstoffbilanzen vor. Ergebnisse der agrarstatistischen Ertragsschätzung werden i. d. R. nicht auf Kreisebene veröffentlicht. Durch die Ganzpflanzenernte auf diesen Flächen können große Nährstoffmengen von der Fläche abgefahren werden, wobei die Nährstoffgehalte je nach Futterqualität stark schwanken können. Daher sind Annahmen über die Erträge auf diesen Flächen sowie die Nährstoffgehalte der Ernteprodukte entscheidend für die Berechnung von Nährstoffbilanzüberschüssen. Weil die Menge und Qualität der Grundfuttererträge stark schwanken können und auch die Landwirte selbst i. d. R. keine genauen Informationen über die Grundfuttermengen besitzen, soll keine exakte Bestimmung der tatsächlichen Mengen vorgenommen werden. Stattdessen wird ein Weg zur plausiblen Schätzung der N-Abfuhr mit dem Grundfutter vorgeschlagen.

Die angenommenen Grundfuttermengen und Nährstoffgehalte müssen in einem konsistenten Verhältnis zum Grundfutter verwertenden Tierbestand, der zusätzlich zum Grundfutter eingesetzten Menge an Kraftfutter, den berechneten tierischen Nährstoffausscheidungen und den aus dem Betrieb exportierten tierischen Produkten stehen. Grundüberlegung ist hierbei, dass „nicht mehr in die Tiere hineingehen kann als aus ihnen wieder herausgeht“. Die Schätzungen sollen also zur Gewährleistung der Bilanzwahrheit im N-Bilanzierungsansatz beitragen.

Die folgende Formel beschreibt diese den weiteren Kalkulationen zugrunde liegende Beziehung: Die N-Aufnahme der Tiere im Futterbaubetrieb über Kraftfutter und Grundfutter liegt in gleicher Höhe wie die N-Ausscheidungen über Wirtschaftsdünger (Harn und Kot) zuzüglich der N-Menge in der Milch sowie im Lebendgewichtszuwachs der Tiere. Bei gleich bleibendem Tierbestand entspricht die in Milch und Fleischzuwachs gebundene N-Menge dem Export über tierische Produkte.

$$N_{org(t)} + N_{export(t)} = N_{intake(zKF+zKF)} + N_{intake(zGF+eGF)}$$

- mit $N_{org(t)}$ tierische N-Ausscheidungen der Grundfutter verwertenden Tiere
- $N_{export(t)}$ in Milch und Fleischzuwachs gebundene Stickstoffmenge, entspricht Export tierischer Produkte
- $N_{intake(zKF+eKF)}$ Stickstoffaufnahme der Grundfutter verwertenden Tiere aus Kraftfutter (Zukaufkraftfutter sowie betriebseigenes Kraftfutter, z.B. Getreide)

$N_{\text{intake}(zGF+eGF)}$ Stickstoffaufnahme der Grundfutter verwertenden Tiere aus Grundfutter (Zukaufgrundfutter sowie betriebseigene Produktion: Erträge des Grünlands und des Ackerfutterbaus einschließlich Silomais)

Die von den Tieren über das Grundfutter aufgenommenen N-Mengen können sich von den Brutto-N-Erträgen der Hauptfutterfläche unterscheiden, es handelt sich also nur um die tatsächlich verwertete Futtermenge. Diese entspricht der tatsächlichen Abfuhr in der N-Flächenbilanz. Diese N-Menge kann wie folgt berechnet werden:

$$N_{\text{intake}(eGF)} = N_{\text{org}(t)} + N_{\text{export}(t)} - N_{\text{intake}(zKF+zGF)} - N_{\text{intake}(zGF)}$$

Die tierischen N-Ausscheidungen werden auf Grundlage von festgelegten, fixen Koeffizienten berechnet und liegen somit vor. Für die Zukauffuttermittel und Kraftfutter aus Eigenproduktion sowie über die in tierischen Produkten exportierte N-Menge gibt es dagegen keine festgelegten Koeffizienten. Daher sollen diese Werte im Folgenden mit dem Ziele untersucht werden, ob über Annahmen zu diesen beiden Größen eine bessere Eingrenzung plausibler Werte für die Nährstoffabfuhr über Grundfüttererträge möglich ist. Zur Bestimmung der notwendigen Werte wird auf veröffentlichte Hoftorbilanzen von Anger (1997) und Scheringer und Isselstein (2001a und 2001b) sowie auf Auswertungen von Hoftorbilanzen für das Pilotgebiet Große Aue zurückgegriffen, die durch INGUS erhoben wurden. Nicht zuletzt werden bezüglich des Kraftfuttermitelesinsatzes ca. 4.400 einzelbetriebliche Buchführungsabschlüsse der LandData GmbH von Niedersächsischen Futterbaubetrieben ausgewertet.

Zukauf von Grundfutter

Der Zukauf von Grundfutter wird in den Kraftfutterzukauf einbezogen, er macht in der Summe der einzelbetrieblichen Buchführungsabschlüsse allerdings nur unter 5 % der Summe der Ausgaben für den Zukauf von Kraft- und Grundfutter für Rinder aus und fällt somit nicht ins Gewicht.

Kraftfuttereinsatz

Zum Kraftfuttereinsatz wurden monetäre Werte über den Kraftfutterzukauf für Rinder sowie den Eigenfutterumsatz der als Kraftfutter eingesetzten, innerbetrieblich erzeugten Futtermittel (Getreide, Hülsenfrüchte) ausgewertet. Während der Kraftfutterzukauf ausschließlich auf die Rinder bezogen ist, wurde der Innenumsatz an im jeweiligen Betrieb erzeugten Futtermitteln noch mit dem Anteil der Rinder-GV an allen Großvieheinheiten gewichtet, um eine Näherung an die Menge zu erhalten, die tatsächlich für Rinder verwendet wurde. In den untersuchten Futterbaubetrieben stellen die Rinder-GV fast 98 % an allen gehaltenen Großvieheinheiten, so dass diese Aufteilung wenig Einfluss auf das Ergebnis hat. Zur Umrechnung monetärer Werte in Stickstoffmengen wurde wie in der Vor-

studie ein Wert von ca. 7,5 Euro pro kg Stickstoff in Futtermitteln verwendet. Dies entspricht in etwa der N-Menge bei Zukauf von Futtergerste. Anhand der Eigenfuttermittelumsätze kalkulierte durchschnittliche N-Gehalte des innerbetrieblich erzeugten Kraftfutters lagen um ca. 10 % über dem so berechneten Wert, die geschätzten N-Mengen sind somit nicht überschätzt. Die N-Menge im eingesetzten Kraftfutter ist vielmehr leicht unterschätzt, zumal wenn berücksichtigt wird, dass Zukauffutter oft deutlich höhere N-Mengen je Euro enthält, z. B. im Fall von Soja. Die folgenden Abbildungen zeigen einige Zusammenhänge zwischen Kraftfuttereinsatz und Rinderbestand, Viehbestandsdichten und Milchleistung auf.

Auf Grundlage erster Analysen auf Basis von Einfachkorrelationen wurde schließlich mit Hilfe einer linearen Regression ein Modell zur Bestimmung der durchschnittlich zu erwartenden Kraftfuttermenge pro Rinder-Großvieheinheit geschätzt. Für das Modell werden der Anteil an Milchvieh, Bullen und Kälbern an den Rinder-GV sowie die Milchmenge und die Viehbestandsdichte als erklärende Variablen verwendet. Die Milchleistung wurde unter der Annahme einer entsprechenden Grundfutterleistung mit der über 3000 kg pro Kuh und Jahr liegenden Menge ins Modell eingeführt. Der Zusammenhang des Kraftfuttereinsatzes mit der Milchleistung wird anhand der Abbildung A7-1 deutlich. Als Indikator für die Tierbestandsdichte wurden die tierischen Ausscheidungen bezogen auf die Hauptfutterfläche verwendet (zu diesem Zusammenhang vgl. Abbildung A7-2). Die Werte entsprechen einer Kraftfuttermenge pro GV bzw. pro kg produzierter Milch, die Werte für die Tierbestandsdichte einem Wert pro ausgeschiedener N-Menge in Abhängigkeit von der Relation zur verfügbaren Hauptfutterfläche.

Abbildung A7-1: Zusammenhang zwischen je GV geschätzter N-Menge im Kraftfutter und Milchleistung in 4.443 Futterbaubetrieben

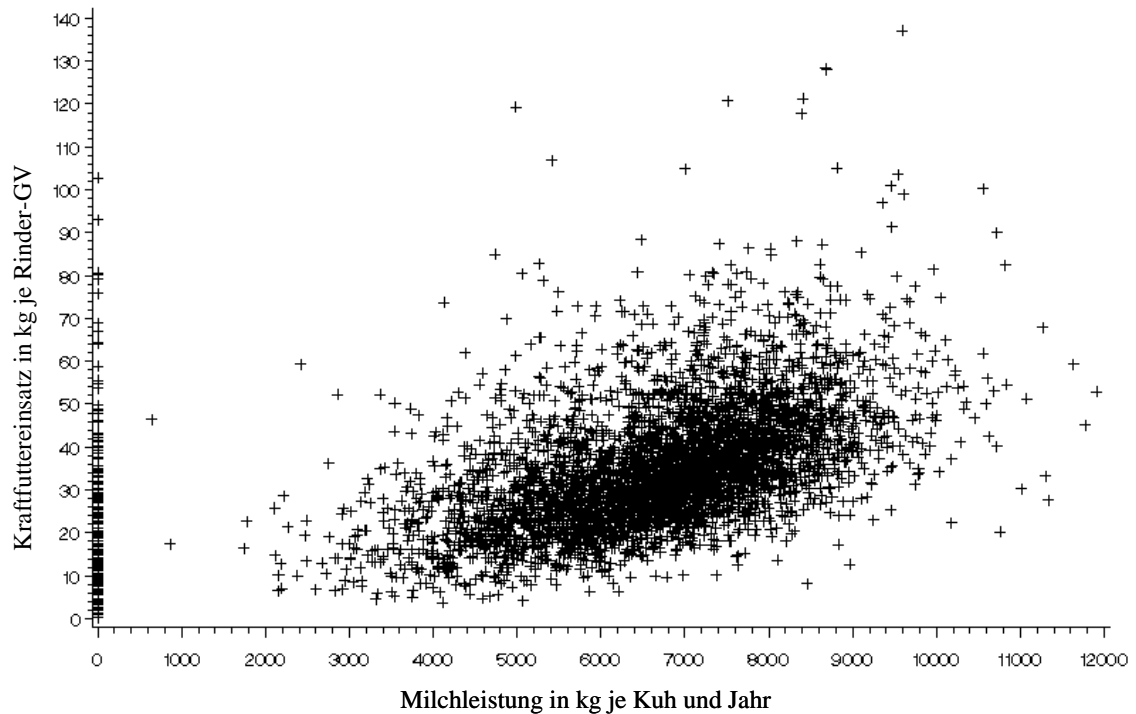
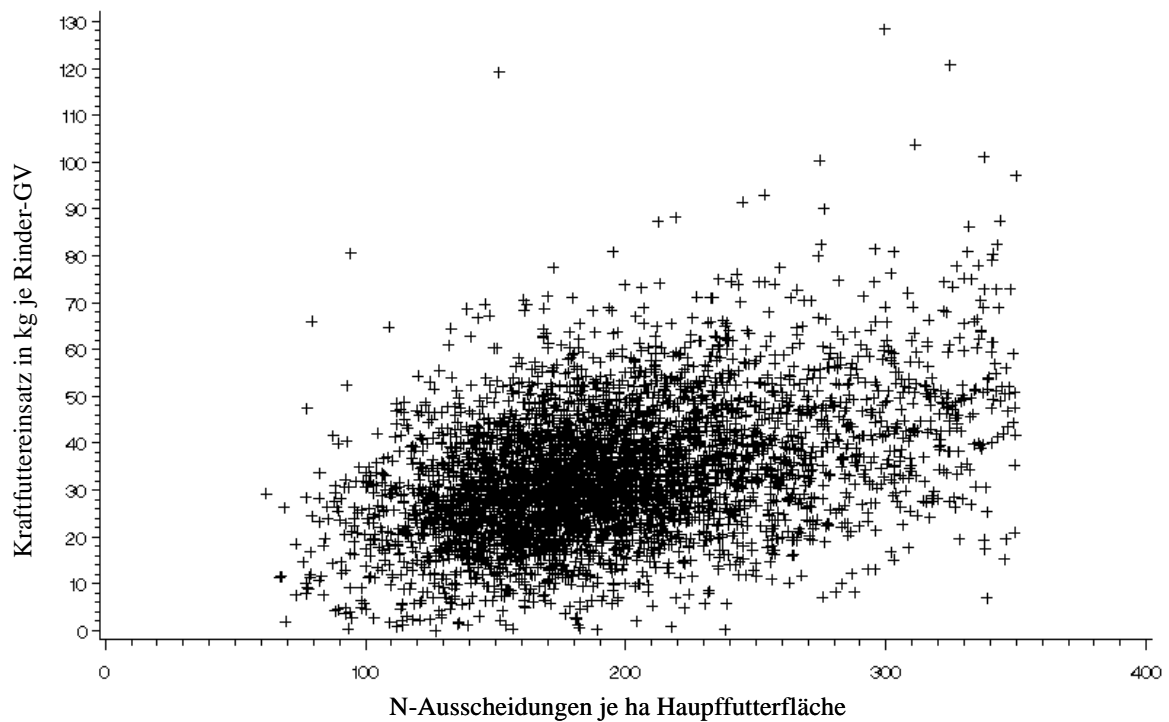


Abbildung A7-2: Zusammenhang zwischen Kraftfuttermittelsatz und tierischer N-Ausscheidung pro Hektar Hauptfutterfläche in 4.443 Futterbaubetrieben



Die folgende Tabelle gibt die Ergebnisse der Modellschätzung wieder. Das Bestimmtheitsmaß des Modells beträgt 0,44. Dies bedeutet, dass durch das Modell nur ein Teil der vorhandenen Varianz erklärt wird, was auf die hohe Streuung des Kraftfuttereinsatzes pro GV auch innerhalb von Betriebsgruppen mit ähnlichen Merkmalen zurückzuführen ist. Es wird aber angenommen, dass die Schätzgleichung für die Ermittlung des Mittelwerts in Betriebsgruppen bzw. in Regionen hinreichend genau ist.

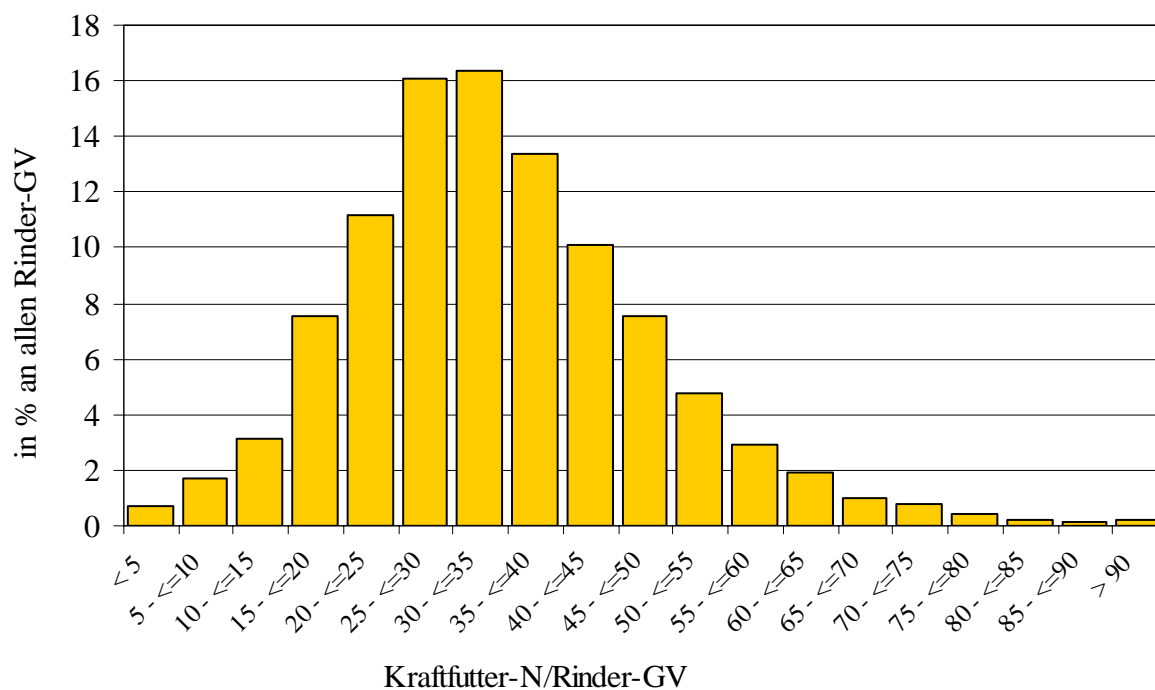
Tabelle A7-1: Endogene Variablen und Koeffizienten des Modells zur Schätzung der Stickstoffaufnahme aus Kraftfuttereinsatz pro Rinder-GV

Endogene Variable	Schätzkoeffizient kg Kraftfutter-N/Einheit	Anteile	N ges	Schätzfehler (%)
Milchkuh-GV	11,3	0,508	5,8	9,1%
Bullen-GV	23	0,103	2,4	6,1%
Kälber-GV	30	0,065	1,9	14,4%
Milchmenge über 3000 kg/Kuh	0,0086	1952	16,8	2,3%
Tierische N-Ausscheidung in kg N/ha HFF	0,039	191	7,3	4,6%
Ergebnis: N-Import KF in kg N/GV			34,2	

HFF = Hauptfutterfläche (Silomais, Feldgras, Klee gras, Luzerne, Futterrübe, Grünland), zugrunde liegende Anzahl von Beobachtungen n = 4443 niedersächsische Futterbaubetriebe

Der Schätzfehler für die Parameter (die geschätzte Standardabweichung für den Modellparameter), vor allem die produzierte Milch und die Tierbestandsdichte, ist vergleichsweise gering, d. h. dass die Schätzungen auch unter Einbeziehung der möglichen Abweichungen zu stabilen Ergebnissen mit geringer Schwankungsbreite führen. Mit dem Modell können somit plausible Werte über die Höhe des Kraftfuttereinsatzes geschätzt werden. Die Abbildung A7-3 zeigt die Verteilung der beobachteten Werte. Der Durchschnittswert liegt bei ca. 34 kg N aus Kraftfutter und Getreide pro Rinder-GV. Für Pferde und Schafe wurde aus den Betriebsdaten eine durchschnittliche N-Aufnahme über Kraftfutter in Höhe von 10,2 kg N/Tier und Jahr für Pferde und von 0,9 kg N/Tier und Jahr für Schafe ermittelt.

Abbildung A7-3: Verteilung des Kraftfuttereinsatzes in kg N aus Kraftfutter (Zukauffutter und Eigenfuttermittel wie Getreide) in 4.900 Futterbaubetrieben



Export tierischer Produkte

Der Export tierischer Produkte wurde über eine einfache Überschlagsrechnung ermittelt. Grundlage bilden Koeffizienten aus der Musterverwaltungsvorschrift zur Umsetzung der Düngeverordnung von 1996. Für Milch wird ein N-Gehalt von 5,3 g/kg bei 3,4 % Proteingehalt angenommen, für Rindfleisch ein Wert von 25,6 g/kg bei 16 % Proteingehalt.

Tabelle A7-2: Parameter zur Schätzung des N-Exports über tierische Produkte

Tierkategorie	kg N pro GV und Jahr
Milchkühe	2,0
Bullen	16,0
Kälber	13,0
Färsen	10,0
Andere Kühe	2,0
	kg N/kg Milch
Milch	0,0053
	kg N pro Tier und Jahr
Pferde	3,4
Schafe	1,5

Vergleich mit Werten aus Hoftorbilanzen

In den Hoftorbilanzen, die durch Anger (1997) und Scheringer und Isselstein (2001a und 2001b) veröffentlicht wurden, ergeben sich für den Kraftfutterzukauf Werte zwischen 20 bis 40 kg Stickstoff pro Rinder-GV, im ökologischen Landbau liegt dieser Wert bei ca. 15 kg/GV. Innerbetrieblich erzeugtes Kraftfutter wie Getreide ist dabei noch nicht berücksichtigt. Für die Exporte tierischer Produkte werden Werte zwischen 20 bis 30 kg N/GV angegeben. Diese Werte sind mit den aus den Buchführungsabschlüssen abgeleiteten Schätzwerten sowie mit den Näherungswerten für N-Exporte über tierische Produkte vergleichbar.

Anhand einer durchschnittlichen Hoftorbilanz für Futterbaubetriebe aus dem Gebiet Große Aue, die vom Büro INGUS bereitgestellt wurde, lässt sich der Rechengang zur Ermittlung der Grundfüttererträge (hier: innerbetrieblich erzeugte Futtermittel) nachvollziehen:

$$\begin{array}{rclcl} N_{\text{innerbetrieblich erzeugte Futtermittel}} & = & N_{\text{tier.Ausscheidungen}} & + & N_{\text{tier.Produkte}} & - & N_{\text{Kraftfutterzukauf}} \\ 84 & & = 102 & & + 26 & & - 44 \end{array}$$

Die Angaben aus der Hoftorbilanz erlauben unter Ergänzung der tierischen N-Ausscheidungen die Ermittlung des Innenumsatzes an betrieblich erzeugten Futtermitteln von 84 kg N/ha (vgl. Tabelle A7-3). Daraus lässt sich eine N-Abfuhr von 124 kg N/ha errechnen, der sich bei einem durchschnittlichen Grünlandanteil von 40 % in etwa auf 100 kg N/ha Ackerland und 160 kg N/ha Grünland aufteilen lässt. Durch die konsistente Darstellung von Futtermittel-Innenumsatz, tierischen Ausscheidungen und N in tierischen Produkten kann auch für die Flächen-Stall-Bilanz eine Übereinstimmung zur Hoftorbilanz hergestellt werden (vgl. Tabelle A7-3).

Im entwickelten Berechnungsansatz erfolgt die Ermittlung des Grundfutter-Innenumsatzes allerdings auf anderem Weg, da keine Hoftorbilanzen als Datengrundlage zur Verfügung stehen: Zunächst wird der gesamte Kraftfüttereinsatz einschließlich des selbst erzeugten Getreides und der Hülsenfrüchte auf Grundlage der Buchführungsangaben geschätzt, die Ausscheidungen und die N-Exporte über tierischen Produkte anhand des Tierbestandes und der Milchleistung ermittelt und anschließend der Stickstoff im innerbetrieblich erzeugten Grundfutter berechnet.

Tabelle A7-3: Überprüfung des Rechenwegs anhand von Hoftorbilanzen

Hoftorbilanz		Flächen/Stallbilanz	
	kg N/ha		kg N/ha
Import		Zufuhr	
Mineraldünger	100	Mineraldünger	100
Futtermittel	44	Tierische Ausscheidungen	102
Export		Abfuhr	
Tier. Produkte	26	Pfl. Entzüge	124
Pfl. Produkte	40	NH ₃ -Verluste	25,5
NH ₃ -Verluste	25,5		
Saldo	52,5		52,5
Saldo & NH₃-Verluste	78		78

Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von anonymisierten Hoftorbilanzen (Ingenieurbüro INGUS, Hannover)

Die dargestellten Kalkulationen zur Abschätzung von Kraftfuttereinsatz und Exporten über tierische Produkte können unter Nutzung der ermittelten Formeln auch auf die agrarstatistischen Daten auf Gemeindeebene übertragen werden und dazu beitragen, dass bezüglich der Raufutter-N-Entzüge die Bilanzwahrheit hergestellt wird. Neben dem tatsächlich an die Raufutter fressenden Tiere verfütterten Grundfutteraufkommen, wie es in der Berechnung ermittelt wird, kann es bei der Futterwerbung oder beim Weidegang zu Verlusten kommen. Verluste, die auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche verbleiben, sind nicht als Abfuhr anzusehen. Solche Verluste dagegen, die während der Lagerung und aufgrund von Futterresten auftreten, sind differenziert zu betrachten. Ein großer Teil der N-Mengen aus nicht verfütterten Verlusten gelangt mit dem Wirtschaftsdünger wieder auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen. Nur ein geringer Teil des N in Grundfutterkonserven geht durch gasförmige Verluste verloren, vor allem als Ammoniak. Diese Menge dürfte deutlich unter 5 % der ermittelten N-Abfuhr durch Grundfutter bleiben und liegt damit im Schwankungsbereich der Schätzung, die aufgrund der Annahmen zur N-Menge im Kraftfutter tendenziell zu einer Überschätzung der verfütterten Grundfuttermenge führt.

Eine offene Frage bleibt dagegen die Größenordnung in andere Regionen exportierter Grundfuttermengen und deren Abschätzung und Anrechnung in den Bilanzen, insbesondere wenn durch Grundfutterexporte in relevantem Umfang N-Mengen regional verlagert werden. Die Ergebnisse der Betriebsdatenanalyse zeigen allerdings, dass Grundfutterimporte in den betrachteten Futterbaubetrieben nur eine geringe Bedeutung haben. Grundfutterexporte könnten auch zur Ernährung von außerhalb der Landwirtschaft gehaltenen Pferden dienen. Selbst unter der extremen Annahme, dass die nicht in Landwirtschaftsbetrieben gehaltenen Pferde Niedersachsens vollständig mit Grundfutter aus dem niedersächsischen Landwirtschaftssektor ernährt werden, und kein Wirtschaftsdünger zurück in den

Agrarsektor fließt, würde die N-Abfuhr in Niedersachsen nur um weniger als 0,3 kg N/ha ansteigen (vgl. Kapitel 5.2). Grundfutterexporte dürften also allenfalls einzelbetrieblich und lokal von Bedeutung sein, insgesamt haben sie aber keine Relevanz für die N-Bilanz in Niedersachsen.

Literatur

- Anger, M. (1997): Hoftorbilanzierung konventioneller und extensiver Grünlandbetriebe des Mittelgebirgsraumes. In: VDLUFA-Schriftenreihe 46, Kongressband 1997, S. 347-350.
- Scheringer, J.; Isselstein, J. (2001a): Nitrogen Budgets of Organic and Conventional Dairy Farms in North-West Germany. In: Grassland Science in Europe, Vol. 6: Organic grassland farming (Vortragsmanuskript).
- Scheringer, J.; Isselstein, J. (2001b): Zur Variabilität der Stickstoffeffizienz in Futterbaubetrieben Niedersachsens. (unveröffentlichtes Manuskript zu einem Vortrag auf der VDLUFA-Tagung 2001).

Anhang 8: Schätzung der N-Mineraldüngermenge

Bernhard Osterburg

Für die einzelbetrieblich und regional eingesetzten N-Mineraldüngermengen liegen keine statistischen Daten vor. Deshalb wird auf Grundlage von über 6.607 Buchführungsabschlüssen niedersächsischer landwirtschaftlicher Betriebe, die Angaben zu den eingesetzten, naturalen Düngermengen enthalten, ein verallgemeinerbares Modell zur Schätzung des N-Mineraldüngereinsatzes entwickelt, wobei auf Vorarbeiten von Osterburg et al. (2004) aufgebaut wird. Zur Berechnung der aus den Betriebsdaten ableitbaren N-Bilanzgrößen werden die tierischen N-Ausscheidungen nach Anhang 1 und die N-Gehalte pflanzlicher Produkte nach Anhang 3 verwendet. Die Schätzung der N-Abfuhr mit dem Grundfutter erfolgt unter Berücksichtigung der jeweiligen betrieblichen Raufutter fressenden Tierbestände, der Kraftfutterzukäufe und der innerbetrieblich erzeugten Kraftfuttermengen (vgl. Anhang 7). N-Gehalte im Mineraldünger wurden, soweit nicht in den Buchführungsdaten abgelegt, anhand von Informationen über Mineraldünger in Broschüren zur Umsetzung der Düngeverordnung sowie von Angaben über handelsübliche Düngemittel im Internet ergänzt. Als N-Mineraldüngereinsatz wurde die in den zwei betrachteten Wirtschaftsjahren zugekaufte, mit dem jeweiligen N-Gehalt gewichtete N-Mineraldüngermenge zugrunde gelegt. Für die legume N-Bindung wurden pauschale Werte verwendet. Dem Wert für Grünland mit einer N-Bindung in Höhe von 30 kg/ha kommt aufgrund der hohen Flächenumfänge eine besondere Bedeutung zu. Hülsenfrüchte und Klee gras weisen dagegen nur geringe Flächenanteile auf. Weitere, meist weniger bedeutende Bilanzelemente wie atmosphärische N-Deposition, Stickstoff aus Klärschlamm und Kompost werden nicht berücksichtigt. Bei Klärschlamm und Kompost liegt dies darin begründet, dass die betrieblich eingesetzten Mengen und N-Gehalte nicht bekannt sind. Da auf nicht genutzter Flächenstilllegung weder gedüngt noch eine pflanzliche Abfuhr erzielt wird, werden die Bilanzwerte auf die tatsächlich genutzte Fläche bezogen.

Abbildung A8-1 zeigt, dass ein Zusammenhang zwischen N-Zufuhr und N-Abfuhr besteht, allerdings bei starker Streuung. Diese ist nicht zuletzt auf die N-Mineraldüngung zurückzuführen, die auch innerhalb von Betriebsgruppen mitvergleichbarer Spezialisierung und Tierbestandsdichte einer großen Schwankungsbreite unterliegt. Die Streuung des Mineraldüngereinsatzes kommt in Abbildung A8-2 zum Ausdruck. Auch bei gleicher Höhe tierischer Ausscheidungen schwankt der Mineraldüngereinsatz zwischen den Betrieben in erheblichem Maße, bei zunehmendem N-Aufkommen aus der Tierhaltung nimmt es aber tendenziell ab. Für Futterbau- und Veredlungsbetriebe liegt die Standardabweichung für den Mineraldüngereinsatz je Hektar innerhalb der gleichen Betriebsform und der gleichen Klasse für die tierischer Ausscheidungen (in 50-kg-N-Schritten) etwa doppelt so hoch wie die Standardabweichung der tierischen Ausscheidungen je Hektar.

Abbildung A8-1: Streuung der N-Zufuhr über Mineraldünger und tierische Ausscheidungen (brutto) in Abhängigkeit von der N-Abfuhr mit dem Erntgut

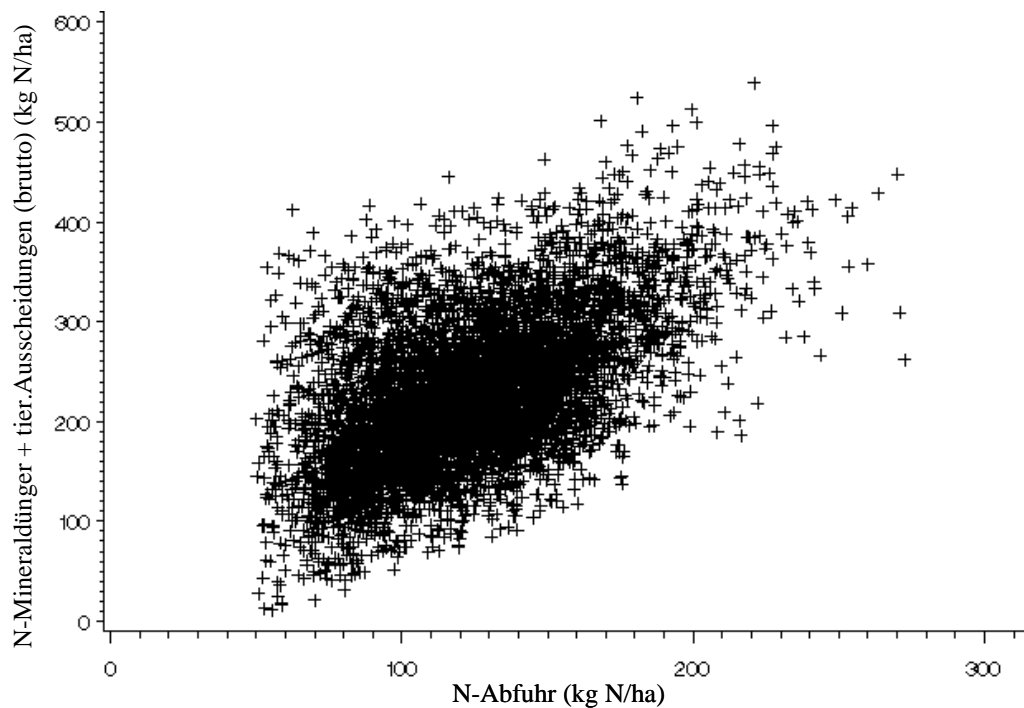
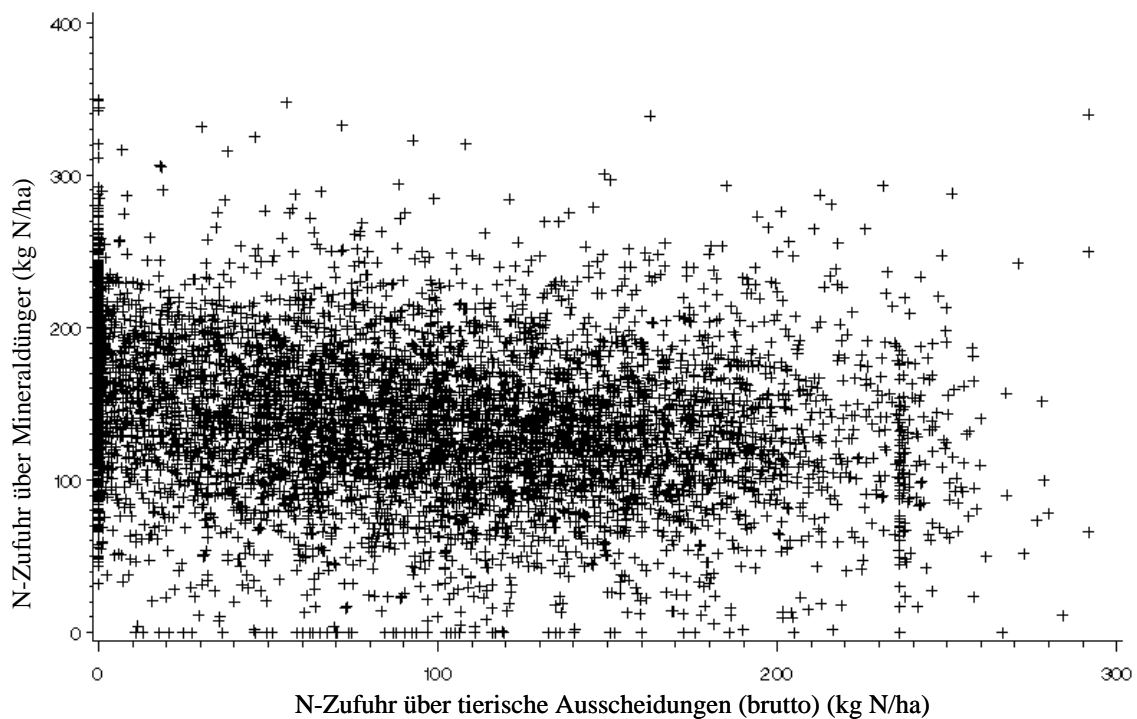
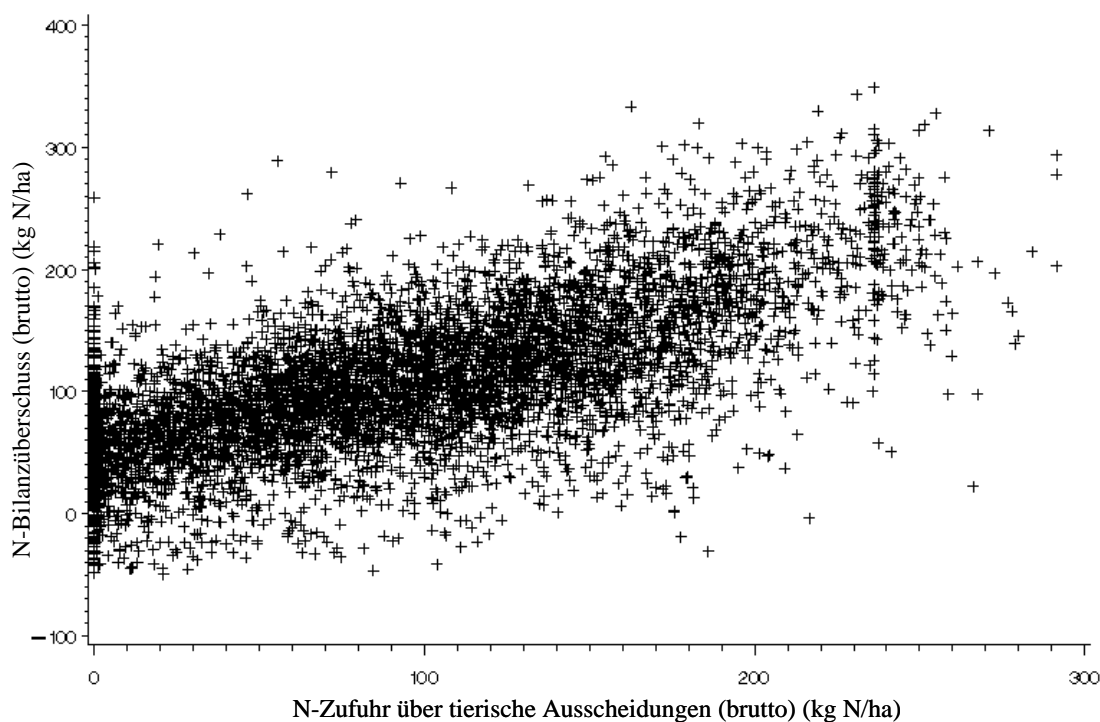


Abbildung A8-2: Streuung des N-Mineraldüngereinsatzs in Abhängigkeit von den tierischen Ausscheidungen



Die hohe Varianz des N-Mineraldüngereinsatzes impliziert eine entsprechend hohe Streuung des Bilanzüberschusses bei gleicher Höhe der tierischen Ausscheidungen je Hektar. Anhand von Abbildung A8-3 wird deutlich, dass die Bilanzüberschüsse mit steigender Viehdichte ansteigen, allerdings bei hoher Streuung der einzelbetrieblichen Überschüsse. Zu vergleichbaren Ergebnissen bezüglich einer hohen Streuung kommt Hege (2003) auf Basis der Analyse von Hoftorbilanzen aus Bayern. Die Streuung der beobachteten Werte bedeutet für die Schätzung des N-Mineraldüngereinsatzes anhand eines verallgemeinerbaren Modells, dass verlässliche Werte nur für große Gruppen zufällig ausgewählter Betriebe geschätzt werden können. Die Schätzung eines verallgemeinerbaren Modells, das für eine Übertragung auf regionale Daten geeignet ist, setzt voraus, dass keine systematischen regionalen Zusammenhänge bestehen, die im Modell aufgrund fehlender regionaler Parameter nicht berücksichtigt werden.

Abbildung A8-3: Streuung des Brutto-N-Bilanzüberschusses in Abhängigkeit von den tierischen Ausscheidungen



Die Varianz des Mineraldüngereinsatzes hat auch Implikationen für die Überprüfung der Modellergebnisse anhand betrieblicher Daten aus anderen Quellen. Um den Stichprobenfehler gering zu halten, müssen bei Merkmalen, die eine hohe Varianz aufweisen, entsprechend größere Stichproben erhoben werden. Soll z. B. für einen erwarteten N-Mineraldüngereinsatz von durchschnittlich ca. 100 kg N/ha bei einer Standardabweichung von 36 % ein Wert ermittelt werden, der mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von unter 5 % innerhalb eines Konfidenzintervalls von +/- 10 kg N/ha liegt, müssen mindestens 50 zufäl-

lig ausgewählte Betriebe erhoben werden. Soll die Aussagegenauigkeit auf ± 5 kg N/ha eingegrenzt werden, so müssen ca. 200 Betriebe erhoben werden. Werden dagegen kleinere Stichproben nicht zufällig ausgewählter Betriebe verglichen, können erhebliche Abweichungen zu den modellierten Werten auftreten, die aber nicht darauf zurückzuführen sind, dass das Schätzmodell fehlerhaft ist. Aus diesen Beispielen wird ersichtlich, dass für die Überprüfung lokaler Verhältnisse je nach der Anzahl von Betrieben, für die eine Aussage getroffen werden soll, und in Anhängigkeit von der angestrebten Aussagegenauigkeit in vielen Fällen eine Totalerhebung aller Betriebe notwendig werden kann. Schließlich bedeutet die hohe Varianz des N- Mineraldüngereinsatzes innerhalb von Gruppen vergleichbarer Betriebe, dass offenbar noch Effizienzreserven für die Einsparung von Mineraldünger bzw. die bessere Anrechnung organischer Stickstoffmengen bestehen. Möglicherweise bestehen also vergleichsweise kostenwirksame Optionen für eine Reduzierung der N-Bilanzüberschüsse, was bei der Konzeption von Maßnahmen zu berücksichtigen sein wird.

Bei der Modellschätzung wird auf den Ansatz von Bach und Frede (2002, vgl. auch Bach et al. 2003) aufgebaut. Ein Vergleich der Ansätze ist in Tabelle A8-1 wiedergegeben.

Im normativen Ansatz von Bach und Frede (2002) wird für sektorale und regionale Bilanzrechnungen ein „Mehrbedarfskoeffizient“ von 1,2 für den Nährstoffbedarf angesetzt. Dies entspricht einer Anrechnung von Mineraldünger von 83 %. Darauf aufbauend werden durchschnittliche Anrechnungsfaktoren für organische N-Quellen festgelegt, die aus Werten der Stickstoff-Gesamtbilanz für Deutschland abgeleitet werden. Im Gegensatz dazu werden im hier vorgestellten Ansatz die Mehrbedarfs- und Anrechnungskoeffizienten empirisch durch ein multiple Regressionsverfahren geschätzt. Dabei wurden auch mögliche erklärende Parameter getestet, allerdings unter der Maßgabe, ein mit dem Rechenansatz von Bach und Frede vergleichbares und möglichst einfaches Modell zu erhalten.

Die Koeffizienten des Modells werden in Tabelle A8-2 vorgestellt. Positive Vorzeichen der Koeffizienten bedeuten, dass die Variable zu einem steigenden, zu erwartenden Mineraldüngereinsatz beiträgt, negative Werte senken den geschätzten Mineraldüngereinsatz. Neben einem Mehrbedarfskoeffizienten von 1,33 zur Berechnung des Nährstoffbedarfs aus der Abfuhr, der einer Mineraldüngeranrechnung von 75 % entspricht, werden Koeffizienten für das Aufkommen an Stickstoff aus der Rinderhaltung, der Schweinehaltung sowie von sonstigen Tieren ermittelt. Da die Anrechnung von Stickstoff aus der Rinder- und Schweinehaltung bei zunehmendem Aufkommen tendenziell zunimmt, wird eine nicht-lineare Formulierung gewählt. Der natürliche Logarithmus des N-Aufkommens aus der Rinder- bzw. Schweinehaltung erhält im Modell ein positives Vorzeichen, bei geringem Dungaufkommen resultiert dadurch eine geringe oder sogar keine Anrechnung. Bei der Modellschätzung wurde jedoch Sorge getragen, dass es nicht zu einem Mehrbedarf aufgrund des organischen Dungs aus der Rinder- und Schweinehaltung kommt. Die Salden

der Werte (Koeffizient * Wert der Variable) für die Variablen 3 und 6 sowie 4 und 7 sind daher jeweils kleiner oder gleich Null.

Tabelle A8-1: Ermittlung der Stickstoffbilanzen in der vorliegenden Untersuchung sowie nach Bach und Frede (2002)

	in der vorliegenden Untersuchung verwendeter Ansatz	Ansatz BACH und FREDE (2002)
Bezugseinheit	Betrieb	Region (Kreis, Gemeinde)
Datengrundlage	Buchführungsabschluss	Agrarstatistik
Organische Düngung	tierische Ausscheidungen ohne Abzug von geschätzten Lagerungs- und Ausbringungsverlusten Wirtschaftsdünger-Export anhand der N-Ausbringungsobergrenzen pro Hektar geschätzt, Import nicht berücksichtigt	Organische Düngung = tierische Ausscheidungen * Verfügbarkeit nach Abzug von Lagerungs- und Ausbringungsverlusten Wirtschaftsdünger-Export und -Import nicht berücksichtigt
Ernteabfuhr	Ernteabfuhr = Erntemenge der Hauptprodukte * N-Gehalt (oder Pauschalwert pro Hektar) Sonderberechnung für Grundfütterverfahren (Silomais, Klee- und Feldgras, Grünland): Ernteabfuhr (a) = + Ausscheidungen (Rinder, Schafe, Pferde) + tierische Produkte (Milch, Lebendgewichtszuwachs) - Summe Zukauf- und Kraftfutter-N mit Summe N im Kraftfutter = Summe (Euro Aufwand für Zukauf Grund- und Kraftfutter + Aufwand innerbetrieblich verwertetes Getreide + Hülsenfrüchte * (Rinder-GV/gesamt-GV) / 7,669 (Faktor 7,669 entspricht €/kg N-Relation für Gerste)	Ernteabfuhr = Erntemenge der Hauptprodukte * N-Gehalt (oder Pauschalwert pro Hektar) Silomais wird anhand statistischer Erntemenge berechnet, Grünland, Klee- und Feldgras nach Pauschalwerten
Mineralische Düngung	Ist-Werte nach Buchführungsabschluss als zu erklärende Variable für Modell, geeignete erklärende Variablen werden endogen ermittelt.	Geschätzt nach Nährstoffgesamtbedarf (Ernteabfuhr * 1,2) = <i>Mineraldünger</i> + org. Düngung * Anrechnungsfaktor (0,4) + SeRo-Dünger + legume N-Bindung

Quelle: Aktualisiert auf Grundlage von Osterburg et al., 2004.

Tabelle A8-2: Endogene Variablen und Koeffizienten des Modells zur Schätzung des Mineraldüngereinsatzes pro Hektar

Endogene Variablen	Koeffizient	Durchschnittswert der Geschätzter min. Schätzfehler		
		Variablen	N-Einsatz	(%)
1 N-Abfuhr (kg N/ha)	1.33	124.3	165.1	0.5%
2 Legume N-Bindung (kg N/ha)	-0.357	10.3	-3.7	69.4%
3 N von Rindern (kg N/ha)	-0.591	58.8	-34.7	5.1%
4 N von Schweinen (kg N/ha)	-0.184	30.0	-5.5	47.6%
5 N von sonstigen Tieren (kg N/ha)	-0.849	0.8	-0.7	12.9%
6 LN von 3 (LN von kg N/ha) *	4.748	2.7	13.0	1.8%
7 LN von 4 (LN von kg N/ha) *	1.990	1.6	3.1	8.4%
8 Regionale Bodenklimazahl (BKZ)	0.203	43.0	8.7	38.9%
9 Regionale Anzahl Schweine/ha LF	-2.897	3.0	-8.7	2.8%
Geschätzter Mineraldüngereinsatz (kg N/ha)			136.6	

* Summe aus 3 und 6 sowie aus 4 und 7 bleibt immer ≤ 0 (also kein Mehrbedarf aufgrund org. Dung).

Der prozentuale Schätzfehler der Koeffizienten liegt für die legume N-Bindung, N aus der Schweinehaltung sowie die Bodenklimazahl (BKZ) besonders hoch. Bezüglich der legumen N-Bindung, die in erster Linie aus dem Grünlandanteil resultiert, ist anzunehmen dass sich in dem Schätzfehler auch Unsicherheiten über die Anrechnung von Rinderdung niederschlagen. Die Berücksichtigung der regionalen Bestandsdichte von Schweinen pro Hektar LF trägt der Tatsache Rechnung, dass in einer Schätzung ohne diese endogene Variable die N-Mineraldüngung in den Futterbau- und Marktfrucht-betrieben, die in Veredlungsregionen liegen, deutlich überschätzt wurde. Der geringere Einsatz von N-Mineraldünger in Futterbau- und Marktfruchtbetrieben der Veredlungsregionen kann durch Wirtschaftsdüngerimporte oder eine höhere N-Deposition aus der Luft erklärt werden. Durch die Aufnahme der Schweinebestandsdichte als Indikator für Veredlungsregionen wurde die Modellschätzung insgesamt verbessert. Da Wirtschaftsdüngerimporte aufgrund fehlender Informationen für die Einzelbetriebe im Modell nicht direkt berücksichtigt werden können, erscheint die gewählte Vorgehensweise grundsätzlich sinnvoll.

In Veredlungsbetrieben zeigte sich allerdings kein entsprechender, systematisch geringerer N-Mineraldüngereinsatz in Veredlungsregionen. Da für die Region Vechta und Cloppenburg kaum Betriebsdaten zur Verfügung stehen, konnte diese Spezifizierung für diese Region nicht überprüft werden. Aufgrund der weit überdurchschnittlichen Schweinebestandsdichte wirkt sich der Koeffizient in dieser Region mit ihrem hohen Anteil an Veredlungsbetrieben jedoch besonders stark aus. Im Landkreis Vechta wird durch die Einbeziehung von BKZ und Schweinebestandsdichte im Saldo ein Minderbedarf von 35 kg N/ha berechnet, im Kreis Cloppenburg sind es 28 kg N/ha. Angesichts dieser starken Auswirkungen auf das Modellergebnis wäre eine weitere Überprüfung anhand von betrieblichen Daten aus anderen Quellen wünschenswert.

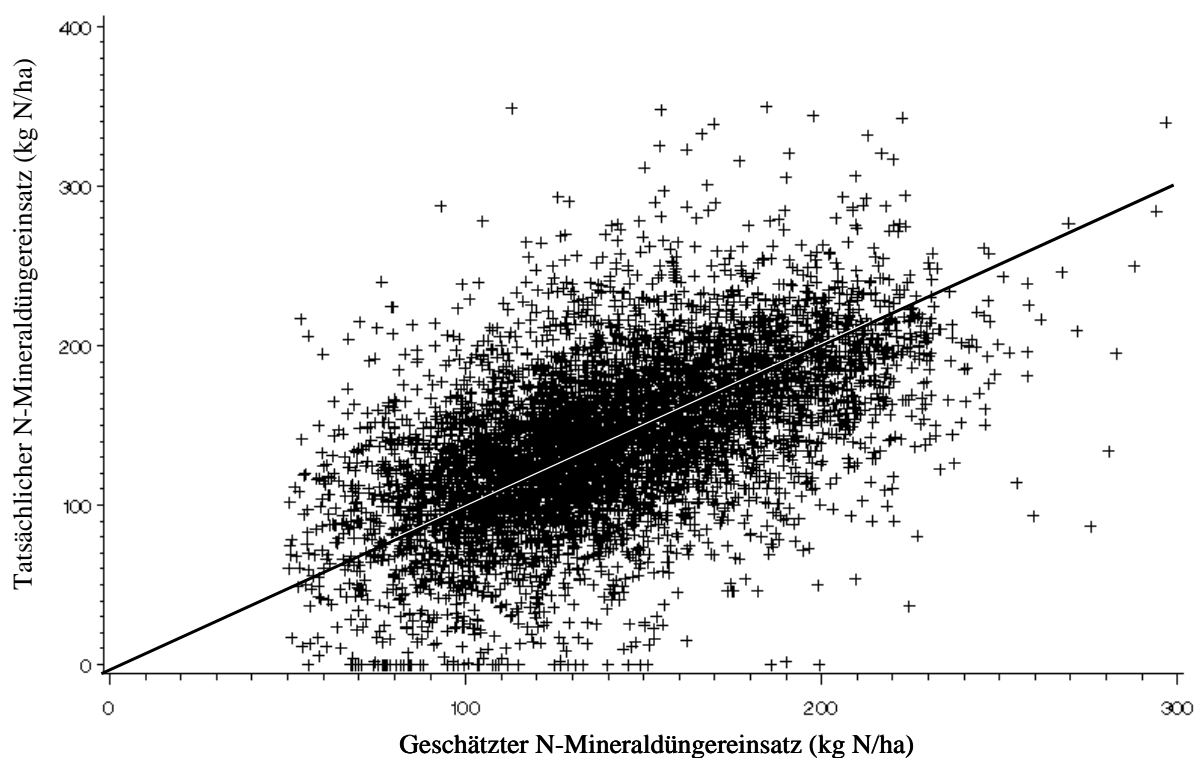
Das Bestimmtheitsmaß des Modells beträgt 0,27, ein großer Teil der vorhandenen Varianz des N-Mineraldüngereinsatzes wird also durch die endogenen Variablen nicht erklärt. Eine umfassende Analyse der Residuen (Differenz zwischen beobachteten und durch das Modell berechneten Werten) stellt allerdings sicher, dass für Betriebsgruppen der Mittelwert der Schätzung nicht systematisch von der tatsächlich beobachteten Ausprägung der Mineraldüngung abweicht. Die untersuchten Schichtungen und die Ergebnisse werden im Text weiter unten sowie in Tabelle A8-2 dargestellt. Das entwickelte Modell kann somit auf die regionale Ebene übertragen werden und erreicht bei größeren Betriebsgruppen eine vergleichsweise hohe Treffsicherheit und Genauigkeit der Aussage.

Die Ermittlung des durchschnittlichen natürlichen Logarithmus für das N-Aufkommen aus Rinder- und Schweinehaltung konnte auf Grundlage der verfügbaren Gemeindedaten allerdings nur behelfsmäßig gelöst werden. Eine Berechnung aus einem regionalen Mittelwert ohne Berücksichtigung der Tierbesatzdichten in den Einzelbetrieben ist nicht möglich, da sich hierdurch für die beiden Variablen erhebliche Verzerrungen ergeben können.

Die Berechnung der Logarithmuswerte direkt aus den Betriebsdaten der Agrarstrukturerhebung mit anschließender Bildung eines arithmetischen Mittelwerts wäre künftig ein wesentlich eleganterer Weg, die benötigten Variablen bereitzustellen.

Aufgrund der hohen Streuung der tatsächlichen Einsatzmengen liegen 80 % der beobachteten Werte in einem Bereich von ± 50 kg N/ha um den geschätzten Wert. Diese erheblichen Abweichungen zwischen beobachtetem und geschätztem N-Mineraldüngereinsatz sind in Abbildung A8-4 wiedergegeben. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Abbildung Abweichungen für Einzelbetriebe wiedergibt. Entscheidend ist aber, wie gut die Schätzung im Mittel von Betriebsgruppen ausfällt. Dabei sind unterschiedliche Schichtungen nach Betriebsstruktur und regionaler Zugehörigkeit zu untersuchen.

Abbildung A8-4: Abweichungen zwischen beobachtetem und geschätztem N-Mineraldüngereinsatz (Diagonallinie entspricht beobachtetem = geschätztem Wert)



Die Ergebnisse einer Untersuchung der Treffsicherheit der Schätzung für verschiedene Betriebsgruppen werden in Tabelle A8-3 dargestellt. In der Tabelle werden durchschnittliche Abweichungen zwischen geschätztem und beobachtetem N-Mineraldüngereinsatz für Betriebsgruppen ausgewiesen. Für folgende Schichtungen wurden Betriebsgruppen gebildet und in die Auswertung einbezogen:

- Betriebsform (Futterbau, Markt²frucht, Veredlung, Gemischt) und tierische Ausscheidungen pro Hektar (in 50-kg-Schritten)
- Betriebsform und regionale Bodenklimazahl (in 5 Klassen)
- Betriebsform und Schweinebestandsdichte (in 4 Klassen)
- Summe der Betriebe je Landkreis

Durch die Einbeziehung unterschiedlicher Schichtungen werden die einzelnen Betriebe bis zu viermal betrachtet. Wie in der Tabelle A8-3 gezeigt, steigt die Treffsicherheit des Modells in großen Betriebsgruppen merklich an, was am sinkenden Anteil von Betriebsgruppen mit einer durchschnittlichen Abweichung von über +/- 10 kg N/ha je Betriebsgruppe und an der abnehmenden Abweichung zwischen beobachteten und geschätzten Werten im Durchschnitt über alle Betriebsgruppen abzulesen ist. Ein erheblicher Teil der verbleibenden Abweichungen geht auf die Unterschätzung der Mineraldüngung in Veredlungsbetrieben zurück, die auf Grundlage der vorliegenden Daten mit dem vorgestellten Schätzmodell in Veredlungsregionen eintritt.

Tabelle A8-3: Endogene Variablen und Koeffizienten des Modells zur Schätzung des Mineraldüngereinsatzes pro Hektar

Anzahl Betriebe je Gruppe	Anzahl Betriebsgruppen	Anteil an Betriebsgruppen mit durchschnittlicher Abweichung größer +/- 10 kg N/ha zwischen beobachtetem und geschätztem N-Mineraldüngereinsatz	Durchschnittliche absolute Abweichung zwischen beobachtetem und geschätztem N-Mineraldüngereinsatz in allen hier betrachteten Betriebsgruppen in kg N/ha
N >= 50	71	17%	6,99
N >= 100	59	15%	6,09
N >= 200	41	7%	4,69
N >= 250	34	3%	3,99

Die Höhe des durchschnittlichen Schätzfehlers in den einzelnen Betriebsgruppen wird in den Tabellen A8-4 und A8-5 ausgewiesen. Positive Werte bedeuten eine Überschätzung gegenüber den beobachteten Werten, negative eine Unterschätzung. Bei einer Schätzung sollte der Mittelwert des Fehlers bei Null liegen und die Streuung des Fehlers normalverteilt sein. Diese Kriterien sind nicht für alle Einzelgruppen erfüllt. Die ebenfalls ausgewiesene Standardabweichung des Schätzfehlers ist mit regelmäßig über 35 kg N/ha sehr hoch und weist auf eine sehr hohe Streuung der beobachteten, einzelbetrieblichen Werte hin. Auch in Betriebsgruppen mit vergleichbarer Spezialisierung und Viehbesatzdichte tritt eine sehr hohe Streuung des Mineraldüngereinsatzes auf. Wie erläutert fällt die Schätzgüte aufgrund der starken Streuung besonders in Gruppen mit geringer Betriebszahl im Vergleich zu größeren Gruppen geringer aus.

Tabelle A8-4: Schätzfehler (durchschnittliche Abweichung zwischen beobachtetem und geschätztem N-Mineraldüngereinsatz in kg N/ha), Standardabweichung und Normalverteilung für verschiedene Schichtungen

Tierische Ausscheidungen (in kg N/ha im Einzelbetrieb)

Betriebsform	kg N/ha	Betriebe	Schätzfehler	Standardabweichung	normalverteilt?
Futterbau	0-<50	51	8.4	49	ja
Futterbau	50-<100	744	-0.5	39	nein
Futterbau	100-<150	1064	3.8	43	nein
Futterbau	150-<200	656	2.7	53	nein
Futterbau	200-<250	173	-5.9	62	ja
Marktfrucht	0	784	-8.7	44	nein
Marktfrucht	0-<50	1259	2	39	nein
Marktfrucht	50-<100	674	0.4	41	nein
Marktfrucht	100-<150	163	11.3	39	nein
Veredlung	100-<150	147	-9.2	38	ja
Veredlung	150-<200	178	-8.2	47	nein
Veredlung	200-<250	85	-8	42	ja
Gemischt	50-<100	135	-5.8	36	ja
Gemischt	100-<150	125	-7	36	nein
Gemischt	150-<200	80	-10.5	48	ja

Regionale Bodenklimazahl (BKZ)

Betriebsform	BKZ	Betriebe	Schätzfehler	Standardabweichung	normalverteilt?
Futterbau	0 - <35	387	3.5	42	nein
Futterbau	35 - <45	1292	4.8	47	nein
Futterbau	45 - <50	521	-2.6	49	nein
Futterbau	50 - <60	275	-1.7	49	nein
Futterbau	60 - <70	234	-1	46	ja
Marktfrucht	0 - <35	319	-3.9	37	ja
Marktfrucht	35 - <45	1104	-1.3	43	nein
Marktfrucht	45 - <50	332	-1.5	44	nein
Marktfrucht	50 - <60	386	-6.9	42	nein
Marktfrucht	60 - <70	523	4.7	39	nein
Marktfrucht	>70	245	10.1	42	ja
Veredlung	0 - <35	74	-1.2	42	ja
Veredlung	35 - <45	389	-11.5	45	nein
Gemischt	0 - <35	70	-16.6	30	ja
Gemischt	35 - <45	252	-5.1	43	nein

Regionale Schweinebestandsdichte (Schweine/ha)

Betriebsform	Schweine/ha	Betriebe	Schätzfehler	Standardabweichung	normalverteilt?
Futterbau	0-1	540	-3.0	50	nein
Futterbau	1-2	1080	0.4	48	nein
Futterbau	2-5	905	7.4	42	nein
Futterbau	5-10	198	0.0	48	ja
Marktfrucht	0-1	822	-3.4	42	nein
Marktfrucht	1-2	1271	-2.2	40	nein
Marktfrucht	2-5	741	6.6	42	nein
Marktfrucht	5-10	75	-3.3	46	ja
Veredlung	1-2	102	1.6	35	ja
Veredlung	2-5	257	-6.6	45	nein
Veredlung	5-10	160	-15.3	49	nein
Gemischt	1-2	101	-5.3	37	ja
Gemischt	2-5	203	-7.9	36	ja
Gemischt	5-10	68	-8.9	49	ja

Tabelle A8-5: Schätzfehler (Durchschnittliche Abweichung zwischen beobachtetem und geschätztem N-Mineraldüngereinsatz in kg N/ha), Standardabweichung und Normalverteilung nach Landkreisen

Landkreise	Betriebe	Schätzfehler	Standardabweichung	normalverteilt?	
3151	GIFHORN	250	-4.0	39	nein
3152	GOETTINGEN	309	-5.1	40	nein
3154	HELMSTEDT	104	-17.9	49	ja
3155	NORTHEIM	359	-3.5	41	nein
3156	OSTERODE AM HARZ	108	-3.4	38	nein
3157	PEINE	95	4.4	39	ja
3251	DIEPHOLZ	829	5.9	44	nein
3252	HAMELN-PYRMONT	77	0.0	43	ja
3253	HANNOVER	420	-0.9	40	nein
3254	HILDESHEIM	225	11.4	41	ja
3256	NIENBURG (WESER)	442	-0.1	39	nein
3257	SCHAUMBURG	214	15.9	38	nein
3351	CELLE	207	-3.9	32	nein
3352	CUXHAVEN	74	12.8	63	ja
3353	HARBURG	276	-7.9	38	ja
3354	LUECHOW-DANNENBERG	280	3.5	39	nein
3355	LUENEBURG	195	-14.0	40	nein
3357	ROTENBURG (WUEMME)	191	3.5	47	ja
3358	SOLTAU-FALLINGBOSTEL	415	-2.6	38	nein
3359	STADE	102	11.8	43	ja
3360	UELZEN	63	-1.2	40	ja
3451	AMMERLAND	52	68.2	59	ja
3452	AURICH	217	-6.5	59	nein
3457	LEER	103	-28.5	48	ja
3458	OLDENBURG	55	2.8	37	ja
3459	OSNABRUECK	441	-7.0	49	nein
3461	WESERMARSCH	127	10.4	48	Ja
3462	WITTMUND	159	-7.5	46	Ja

Die Daten in Tabelle A8-2, A8-3 und A8-4 machen deutlich, dass bei den untersuchten Schichtungen nach Betriebsstrukturen und Regionen in Betriebsgruppen mit ausreichend großer Anzahl an Beobachtungen keine wesentlichen, systematischen Verzerrungen auftreten. Angesichts der hohen Streuung bleibt die Vorhersagemöglichkeit für den Mineraldüngereinsatz aber insbesondere für kleine Betriebsgruppen begrenzt. Werden die in Tabelle A8-4 und A8-5 dargestellten Schichtungen für Gruppen mit über 50 Beobachtungen als Untersuchungseinheiten betrachtet (und nicht die Einzelbetriebe), lässt sich ein Bestimmtheitsmaß für die Modellschätzung von 0,8 errechnen. Bezüglich der späteren Maßnahmenplanung sei angemerkt, dass angesichts der gezeigten Streuungsmaße offenbar noch erhebliche einzelbetriebliche Anpassungsspielräume für eine Steigerung der N-Ausnutzung bestehen.

Die Vorstellung der mit Hilfe der hier vorgestellten Methode ermittelten Schätzwerte in den Pilotgebietskooperationen und deren Vergleich mit anderen Daten ergab für die Gebiete Große Aue und Ilmenau-Jeetzel keine wesentlichen Abweichungen. Im Pilotgebiet Lager Hase (im Gebiet der Landkreise Vechta und Cloppenburg) dagegen wurden 470 Datensätze aus der Kontrolle der Düngeverordnung (DüV) ausgewertet, die erhebliche Abweichungen der Werte für den N-Mineraldüngereinsatz und die N-Abfuhr aufwiesen. Während der N-Mineraldüngereinsatz diesen Daten zufolge unter den von der FAL für diese Region geschätzten Werten liegt, fällt die N-Abfuhr wesentlich höher aus als für die Gemeinden der Landkreise Vechta und Cloppenburg anhand der Agrarstatistik und der Schätzung für die Abfuhr über Grundfutter berechnet. Eine abschließende Klärung dieser Abweichungen war nicht möglich, da keine Angaben zur Betriebsform der kontrollierten Betriebe gemacht werden konnten. U. a. um die auffällig niedrigen DüV-Angaben für den Mineraldüngereinsatz zu berücksichtigen, wurde die Variable ‚regionale Schweinebestandsdichte‘ in das vorgestellte Modell eingeführt.

Abweichungen zwischen den Schätzwerten für den Mineraldüngereinsatz und den DüV-Kontrolldaten treten vor allem in Veredlungsbetrieben auf – auch unter Berücksichtigung der Modellvariable ‚regionale Schweinebestandsdichte‘. Im Fall von Futterbaubetrieben liegen dagegen nur geringe oder keine Abweichungen vor. Die bereitgestellten, nach organischer N-Zufuhr differenzierten DüV-Daten weisen einen Rückgang der Mineraldüngung bei steigendem Wirtschaftsdüngeranfall pro Hektar auf, was auf die Anrechnung der ansteigenden organischen N-Einsatzes zurückzuführen ist. Wird die Abnahme des mineralischen Stickstoffs bei erhöhtem organischen N-Input in Relation zum zusätzlichen organischen N gesetzt, lässt sich für Betriebsgruppen mit gleicher N-Abfuhr anhand der DüV-Daten ein durchschnittlicher Anrechnungsfaktor für den zusätzlichen organischen Stickstoff errechnen. Dieser liegt zwischen 18 und 26 % und entspricht damit recht genau den Werten, die sich aus den hier vorgestellten empirischen Analysen einzelbetrieblicher Daten ergeben haben.

Die Anrechnung des organischen Stickstoffs bei einem Wirtschaftsdüngeraufkommen von 50 kg N/ha erscheint mit Werten von 100 bis 150 % dagegen unrealistisch hoch. Daraus lässt sich schließen, dass die Abweichungen in erster Linie auf sehr hohe Angaben zur N-Abfuhr zurückzuführen sind. Wird unterstellt, dass die Abfuhr in den FAL-Daten um 20 kg N/ha unterschätzt bzw. in den DüV-Daten überschätzt wird, treten kaum noch Differenzen zwischen den geschätzten Bilanzwerten und den DüV-Kontrolldaten auf. Eine nähere Analyse der Unterschiede bleibt weiteren Arbeitsschritten vorbehalten. Dabei sollte auf Datensätze aufgebaut werden, die nach Betriebsform und –struktur differenziert werden können und die auch Betriebe aus anderen Regionen als dem Pilotgebiet Lager Hase enthalten.

Literatur

- Bach, M.; Frede, H.-G. (2002): Methodik zur Berechnung von Stickstoff- und Phosphorbilanzen für die Landwirtschaft in Deutschland. Universität Gießen, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement.
- Bach, M.; Grimm, M.; Frede, H.-G. (2003): Berechnung von Stickstoff-Flächenbilanzen für Gemeinden – Beispiel Hessen. In: Wasser & Boden 55, 120-126.
- Hege, U. (2003) Bewertung von Stickstoffsalden auf Betriebsebene – ein Lösungsvorschlag. Vortrag auf dem DLG-Kolloquium 2003: Nährstoff- und Energiemanagement in der Landwirtschaft. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising. Zugriff 20.03.2006 (<http://download.dlg.org/pdf/koll/hege.pdf>)
- Osterburg, B.; Schmidt, T.G.; Gay, S.H. (2004): Auswertung betrieblicher Daten zur Ermittlung des Stickstoffmineraldünger-Einsatzes [Endbericht für ein Forschungsvorhaben im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums]. 06/2004, Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für ländliche Räume, Braunschweig.

Anhang 9: Vergleich der gemeldeten Landwirtschaftsfläche im Kataster und der Agrarstatistik für den Landkreis Cloppenburg

Nr.	[ha LF]	Katasterfläche			Agrarstatistik	Anweichung	
		2001	2005	mittel	2003		
453	Cloppenburg	102106	101134	101620	95563	-6057	-5,96%
453001	Barßel	6397	6333	6365	4794	-1571	-24,68%
453002	Bösel	7133	7093	7113	6538	-575	-8,08%
453003	Cappeln	5947	5923	5935	5232	-703	-11,84%
453004	Cloppenburg,Stadt	4261	4161	4211	5070	859	20,40%
453005	Emstek	7007	6919	6963	6923	-40	-0,57%
453006	Essen	7405	7335	7370	6540	-830	-11,26%
453007	Friesoythe,Stadt	17926	17687	17806,5	17111	-695,5	-3,91%
453008	Garrel	8983	8919	8951	9479	528	5,90%
453009	Lastrup	6684	6641	6662,5	6795	132,5	1,99%
453010	Lindern	5208	5188	5198	4900	-298	-5,73%
453011	Löningen,Stadt	10081	9992	10036,5	9124	-912,5	-9,09%
453012	Molbergen	6749	6709	6729	5972	-757	-11,25%
453013	Saterland	8325	8234	8279,5	7085	-1194,5	-14,43%

Anhang 10: Berechnungsansatz (formelle Dokumentation)

Methodischer Ansatz zur Berechnung der jährlichen N-Bilanzen auf Gemeindeebene (in allen nachfolgenden Formeln steht das Suffix i für die Gemeinden Niedersachsens):

Wirtschaftsdüngereinsatz

1. Kalkulation der tierischen N-Ausscheidungen ($orgDg_i$):

$$orgDG_i = orgDG_{t_i} + orgDG_{MIKU_i} \quad [Gl. 1]$$

wobei:

$orgDg_{t_i}$ [kg N] = tierischen N-Ausscheidungen außer Milchkühe

$orgDg_{MIKU_i}$ [kg N] = N-Ausscheidungen von Milchkühen

Kalkulation der tierischen N-Ausscheidungen außer Milchkühe ($orgDg_{t_i}$):

$$orgDG_{t_i} = \sum_j Naus_j * Anz_{ji} \quad [Gl. 2]$$

wobei:

$Naus_j$ [kg N] = Nährstoffausscheidung der Tierart j

Anz_{ji} [-] = Anzahl der Tiere j

Die Berechnung der N-Ausscheidung von Milchkühen ($orgDg_{MIKU_i}$) erfolgt unter Berücksichtigung der Milchleistung.

$$orgDG_{MIKU_i} = (a * M_i + b) * c \quad [Gl. 3]$$

wobei:

a [-] = Regressionskoeffizient

M_i [kg] = mittlere Milchleistung

b [-] = Achsenabschnitt

c [-] = Koeffizient für Grundfütteration

Entsprechend der Annahmen in Osterburg et al., 2004, wird mit einem Regressionskoeffizient $a = 0,0095$ und einem Achsenabschnitt b von 45 gerechnet. Der Koeffizient für 'Grundfutter von Grünland' c beträgt 1,1275.

2. Ammoniak (NH₃)-Verluste entstehen im Stallbereich und bei der Lagerung sowie bei der Ausbringung auf dem Feld. Weidetiere emittieren zusätzlich Ammoniak während des Weidegangs. Die Höhe der NH₃-Verluste hängt von der Tierart, dem Fütterungs- und Stallhaltungssystem und der Lager- und Ausbringtechnik ab. Mittlere Koeffizienten der Ammoniakfreisetzung ermittelten Döhler et al., 2002 nach Normdaten von KTBL⁸ :

$$NH3_i = \sum_{t=1}^n orgDg_{t_i} * NH3_koeff_t \quad [Gl. 4]$$

wobei:

$orgDg_{t_i}$ [kg] = Wirtschaftsdüngeranfall der Tierart t
 $NH3_koeff_t$ [-] = tierartspezifischer NH₃-Emissionsfaktor

3. Wirtschaftsdünger wird exportiert ($orgDg_{exp_i}$), wenn das Aufkommen in einer Gemeinde die zugelassene Höchstmenge nach DVO überschreitet:

$$orgDg_{exp_i} = Min\left(orgDg_i - \frac{AL_i * \delta_i * 170 + GL_i * \delta_i * 210}{0,72} ; 0\right) \quad [Gl. 5]$$

wobei:

AL_i [ha] = Ackerland
 GL_i [ha] = Grünland
 δ_i [-] = prozentualer Anteil der genutzten Fläche im Verhältnis zu Gesamt-LF

4. Die Summe des exportierten Wirtschaftsdüngers wird auf jene Gemeinden verteilt, in denen importierende Betriebe gemeldet sind. Ausgenommen sind Gemeinden, die aufgrund der oben aufgeführten Flächenbilanzierung zwingend exportieren müssen. Das Importpotential ($orgDG_{imp_i}$) jeder Gemeinde wird nach den agrarstatistischen Angaben wie folgt berechnet:

$$orgDG_{imp_i} = (B_{imp_area_i} * 250 - B_{imp_gv_i} * 80) - (B_{exp_area_i} * 250 - B_{exp_gv_i} * 80) \quad [Gl. 6]$$

wobei:

B_{imp/exp_area_i} [-] = LF aller im- bzw. exportierenden Betriebe
 B_{imp/exp_gv_i} [-] = GV aller im- bzw. exportierenden Betriebe

⁸

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

Wirtschaftsdüngerüberschuss, der aufgrund des beschränkten Importpotentials innerhalb Niedersachsens nicht verteilt werden kann, wird als Export in Nachbarländer verbucht.

5. Nährstoffinput durch Sekundärrohstoffe (*SeRoDg*, Klärschlamm- und Kompostausbringung sowie grenzüberschreitende Abfallverbringung):

$$SeRoDg_i = \sum_l (Menge_l * N - Gehalt_l) * \frac{AL_i}{AL_{ges}} \quad [Gl. 7]$$

wobei:

$Menge_l$	[kg]	= Menge in Frischmasse des Produktes l
$N-Gehalt_l$	[%]	= Stickstoffgehalt des Produktes l
$AL_{i/ges}$	[%]	= Anteil der Ackerfläche in der Gemeinde AL_i in Bezug auf die Gesamtackerfläche Niedersachsens AL_{ges} .

Legume N-Bindung und Netto-Mineralisation

6. Die legume N-Bindung (n_leg_i) berechnet sich aus einem pauschalen Ansatz pro ha Landfläche, wobei zwischen Hülsenfrüchten, Klee gras, Luzerne und Grünland zu unterscheiden ist (vgl. Anhang 3).
7. Die Netto-Mineralisation (Min_{net_i} , Berechnung aus Informationen zum Landnutzungswandel erfolgt extern) berücksichtigt die Boden-N-Dynamik als Quelle und Senke von Stickstoff.
(Diese Position ist in der aktuellen Berechnung nicht enthalten)

Abfuhr

Die N-Abfuhr über Ernteprodukte setzt sich aus den Komponenten 'Marktfrüchte' und 'Raufutter' zusammen. Die Marktfrüchte umfassen alle potenziellen Marktprodukte, also auch diejenigen, die als Kraftfutter in die Tierproduktion gelangen. Während das Raufutter ausschließlich die Hauptfutterfläche (Silomais, Feldgras, Klee gras, Luzerne, Futterrübe, Grünland) repräsentiert.

8. Die N-Abfuhr von Marktprodukten (*AbfuhrMF*) berechnet sich aus der Summe aller Erträge*N-Gehalt*Flächenumfang:

$$AbfuhrMF_i = \sum_k Ertr_{k_i} * Ngeh_k * FLumf_{k_i} \quad [Gl. 8]$$

wobei:

$Ertr_{k_i}$ [kg] = Ertrag der Pflanzenart k (Landkreisdaten)

$Ngeh_k$ [kg N] = N-Gehalt der Pflanzenart k

$FLumf_{k_i}$ [-] = Flächenumfang der Pflanzenart k

9. Kalkulation der N-Raufutterabfuhr (*AbfuhrRF*) berechnet sich aus den tierischen Produkten Milch und Fleisch (TP_i) zuzüglich tierischer Ausscheidungen von raufutterfressenden Tieren und abzüglich dem Kraftfuttereinsatz (KF_i):

$$AbfuhrRF_i = TP_i + (Naus_j * Anz_{j(RF)_i}) - KF_i \quad [Gl. 9]$$

wobei:

$Naus_j$ [kg N] = Nährstoffausscheidung der Tierart j

$Anz_{j(RF)_i}$ [St.] = Anzahl der Raufutter fressenden Tiere j

$$\begin{aligned} KF_i = & MIKU_i * 11,3 + MIKU_i * (ML_i - 3000) * 0,0086 \\ & + BULL_i * 13,8 + KALB_i * 9 \\ & + (Naus_{j(RF)} * Anz_{j(RF)}) / haRF_i * 0,039 * GV_{RF_i} \\ & + Pferd_i * 10,2 + Schaf_i * 0,9 \end{aligned} \quad [Gl. 10]$$

$MIKU_i$ [St.] = Milchkühe

ML_i [kg] = Milchleistung

$BULL_i$ [St.] = Bullen

$KALB_i$ [St.] = Kälber

$haRF_i$ [ha] = Raufutterfläche

GV_{RF_i} [St.] = GV Raufutter fressender Tiere

$Pferd_i$ [St.] = Pferde

$Schaf_i$ [St.] = Schafe

$$\begin{aligned}
 TP_i = & MIKU_i * 2 + MIKU_i * ML_i * 0,0053 + BULL_i * 9,6 \\
 & + KALB_i * 3,9 + Faersen_i * 6 + MutterAlt_i * 2 \\
 & + Pferd_i * 3,4 + Schaf_i * 1,5
 \end{aligned}
 \tag{Gl. 11}$$

Faersen_i [St.] = Färsen
MutterAlt_i [St.] = Mutter- und Altkühe

Regionale Verteilung des Mineraldüngereinsatzes

Außer den sektoralen Verkaufszahlen gibt es keine Statistiken über den Mineraldüngereinsatz in Niedersachsen. Zur Regionalisierung des Düngereinsatzes können Informationen zum Anbauverhältnis und Viehbesatz dienen. Anhand von Daten zur N-Abfuhr über pflanzliche Erträge und dem Einsatz organischen Düngers wurden in einer Betriebsdatenauswertung Parameter zur beobachteten Düngepraxis empirisch abgeleitet (Anhang 8), die statt der Schätzung von (Bach et al., 1999) verwendet werden.

10. Kalkulation des Mineraldüngereinsatzes ($minDg_i$):

$$\begin{aligned}
minDg_i &= Abfuhr_i * 1,33 \\
&+ legN_i * -0,357 \\
&+ Naus_{Rind_i} * \gamma_i * -0,591 * \alpha_i \\
&+ Naus_{SchweinGeflügel_i} * \gamma_i * -0,184 * \beta_i \\
&+ Naus_{PferdSchaf_i} * \gamma_i * -0,849 \\
&+ BKZ_i * 0,203 * haLF_oSt_i \\
&+ Schwein_ha_i * -2,897 * haLF_oSt_i
\end{aligned}
\tag{Gl. 12}$$

wobei:

$Abfuhr_i$	[kg N]	= Nährstoffabfuhr über die Ernteprodukte
$legN_i$	[kg N]	= legume N-Bindung
$Naus_{Rind_i}$	[kg N]	= N-Ausscheidung der Rinder
γ_i	[%]	= Anteil der ausgebrachten N-Menge am Gesamtanfall (Tierische Ausscheidungen minus Exporte)
α_i bzw. β_i	[-]	= Viehhaltungs-Intensitätsfaktor für Raufutter fressende Tiere bzw. für Schweine und Geflügel
$Naus_{SchweinGeflügel_i}$	[kg N]	= N-Ausscheidung von Schweinen und Geflügel
$Naus_{PferdSchaf_i}$	[kg N]	= N-Ausscheidung von Pferden und Schafen
BKZ_i	[-]	= Bodenklimazahl (entspricht der durchschnittlichen Ertragsmeßzahl pro ha, Landkreis-Mittelwert)
$Schwein_ha_i$	[St./ha]	= Schweinebestand je ha (Landkreis-Mittelwert)
$haLF_oSt_i$	[ha]	= Landw. Nutzfläche ohne Brache

$$\gamma_i = (orgDg_i - orgDg_{exp_i}) / orgDg_i$$

$$\begin{aligned}
\alpha_i &= \sum_{n=1}^{BG} \left(\frac{MAX(Nausha_{RF_BG_i} * \gamma_i * -0,591 + LN(Nausha_{RF_BG_i}) * \gamma_i * 4,748 ; 0) * \frac{GV_{RF_BG_i}}{GV_{RF_i}}}{Nausha_{RF_BG_i} * -0,591} \right) \\
\beta_i &= \sum_{n=1}^{BG} \left(\frac{MAX(Nausha_{SG_BG_i} * \gamma_i * -0,184 + LN(Nausha_{SG_BG_i}) * \gamma_i * 1,990 ; 0) * \frac{GV_{SG_BG_i}}{GV_{SG_i}}}{Nausha_{SG_BG_i} * \gamma_i * -0,184} \right)
\end{aligned}
\tag{Gl. 13}$$

wobei:

$Nausha_{RF_BG_i}$	[kg N]	= N-Ausscheidung Raufutter fressender Tier (Rinder, Schafe, Pferde) in einer Betriebsgruppe BG (Ackerbau-, Gartenbau-, Dauerkultur-, Futterbau-, Veredelungs-, Pflanzenbauverbund-, Viehhaltungsverbund-, Pflanzenbau-Viehhaltungsbetriebe)
$GV_{RF_BG_i}$	[GV]	= GV aller Raufutter fressender Tiere einer Betriebsgruppe
GV_{RF_i}	[GV]	= GV aller Raufutter fressender Tiere
$Nausha_{SG_BG_i}$	[kg N]	= N-Ausscheidung von Schweinen und Geflügel in einer Betriebsgruppe
$GV_{SG_BG_i}$	[GV]	= GV von Schweinen und Geflügel einer Betriebsgruppe
GV_{SG_i}	[GV]	= GV von Schweinen und Geflügel insgesamt

$$Nausha_{RF_BG_i} = \frac{GV_{BG_i}}{haLF_{BG_i}} * \frac{Naus_{RF_i}}{GV_{RF_i}} \quad [Gl. 14]$$

wobei:

GV_{BG_i}	[GV]	= alle GV einer Betriebsgruppe
$haLF_{BG_i}$	[ha]	= Hektar LF einer Betriebsgruppe
$Naus_{RF_i}$	[kg N]	= N-Ausscheidung Raufutter fressender Tiere in Gemeinde i
GV_{RF_i}	[GV]	= GV Raufutter fressender Tiere in Gemeinde i

$$Nausha_{SG_BG_i} = \frac{GV_{BG_i}}{haLF_{BG_i}} * \frac{Naus_{SG_i}}{GV_{SG_i}} \quad [Gl. 15]$$

wobei:

$Naus_{SG_i}$	[kg N]	= N-Ausscheidung von Schweinen und Geflügel in Gemeinde i
GV_{SG_i}	[kg N]	= GV Schwein und Geflügel in Gemeinde i

Annahme: GV in Futterbaubetrieben sind zu 100 % Raufutter fressender Tiere, in Veredlungsbetrieben zu 100 % Schweine und Geflügel:

$$\begin{aligned}
 GV_{RF_FB_i} &= GV_{RF_i} \\
 GV_{SG_VE_i} &= GV_{VE_i}
 \end{aligned}
 \tag{Gl. 16}$$

wobei:

$GV_{RF_FB_i}$	[GV]	= GV Raufutter fressender Tiere in Futterbaubetrieben
GV_{FB_i}	[GV]	= GV in Futterbaubetrieben (Annahme: zu 100 % Raufutter fressende Tiere)
$GV_{SG_VE_i}$	[GV]	= GV Schweine und Geflügel in Veredlungsbetrieben
GV_{VE_i}	[GV]	= GV in Veredlungsbetrieben (Annahme: zu 100 % Schweine und Geflügel)

Aufteilung der GV in anderen Betriebsformen (außer Futterbau- oder Veredlungsbetriebe):

$$\begin{aligned}
 GV_{RF_BG_i} &= GV_{BG_i} * \frac{GV_{RF_rest_i}}{GV_{rest_i}} \\
 GV_{RF_rest_i} &= \text{MIN}(GV_{RF_i} - GV_{FB_i} ; 0)
 \end{aligned}
 \tag{Gl. 17}$$

$$\begin{aligned}
 GV_{SG_BG_i} &= GV_{BG_i} * \frac{GV_{SG_rest_i}}{GV_{rest_i}} \\
 GV_{SG_rest_i} &= \text{MIN}(GV_{SG_i} - GV_{VE_i} ; 0)
 \end{aligned}$$

wobei:

$GV_{RF_BG_i}$	[GV]	= GV Raufutter fressender Tiere einer Betriebsgruppe <i>außer</i> Futterbau- und Veredlungsbetrieben
GV_{BG_i}	[GV]	= GV einer Betriebsgruppe
$GV_{RF_rest_i}$	[GV]	= GV Raufutter fressender Tiere in allen Betriebsgruppen <i>außer</i> Futterbau- und Veredlungsbetrieben
GV_{rest_i}	[GV]	= GV, die <i>nicht</i> in Futterbau- oder Veredlungsbetrieben gehalten werden
$GV_{SG_BG_i}$	[GV]	= GV Schweine und Geflügel einer Betriebsgruppe <i>außer</i> Futterbau- und Veredlungsbetrieben
$GV_{SG_rest_i}$	[GV]	= GV Raufutter fressender Tiere in allen Betriebsgruppen <i>außer</i> Futterbau- und Veredlungsbetrieben
GV_{SG_i}	[GV]	= GV Schweine und Geflügel insgesamt

11. Korrektur des Mineraldüngereinsatzes ($\min Dg_{\text{korr}}$, Korrekturfaktor aus berechnetem Mineraldüngereinsatz und statistische Absatzmenge für Niedersachsen):

$$\min Dg_{\text{korr}_i} = \min Dg_i * \frac{\text{Min}_{\text{Abs}}}{\sum_i \min Dg_i} \quad [\text{Gl. 18}]$$

wobei:

$\min Dg_{\text{korr}_i}$ [kg N] = korrigierter Mineraldüngereinsatz
 Min_{Abs} [-] = Mineraldüngerabsatz in Niedersachsen

12. Berechnung der N-Bilanzsalden (N_{saldo})

$$N_{\text{saldo}_i} = \text{orgDg}_i + \min Dg_{\text{korr}_i} + \text{SeRoDg}_i + n_{\text{leg}_i} + \text{orgDg}_{\text{imp}_i} - \text{orgDg}_{\text{exp}_i} - \text{AbfuhrMF}_i - \text{AbfuhrRF}_i - \text{NH}_3_i \quad [\text{Gl. 19}]$$

Analog werden die Ergebnisse je Hektar LF ohne Brache (im Sinne von nicht genutzter Fläche) berechnet.

Der Export von Wirtschaftsdünger in Nachbarländer berechnet sich aus dem organischen Dungaufkommen, das um den Betrag der maximal möglichen Ausbringmenge vermindert wurde.

Literatur

Bach, M., Frede, H.-G., Lang, G. (1999): Nährstoffbilanzen der Landwirtschaft in Deutschland. Aid-Heft 1404/1999. Bonn

Anhang 11: Auswertung in einer Access-Datenbank (niedersachsen.mdb)

Datenmodell

Alle agrarstatistischen Einzeldaten sind in eine Access-Datenbank mit Vertikalstruktur eingebunden. Die Ergebnistabellen entsprechen einer Kreuztabellenstruktur, so dass jedes Ergebnis über eine GIS-Schnittstelle verortet werden kann.

Tabellen der Datenbasis

gdata<jahr>: Daten aus der Agrarstrukturerhebung auf Gemeindeebene aggregiert.

para: Parameter für Nährstoffausscheidungen der Tiere, GV-Einheit je Tierart, Pflanzeninhaltsstoffe und legume N-Bindung. Zusätzlich werden hier die Anteile gasförmiger Verluste am gesamten Wirtschaftsdüngeraufkommen angegeben.

codes: Codes aus der Agrarstrukturerhebung mit Langtext und Angabe der Ausprägungen (Merkmal 1: Anzahl Betriebe, Merkmal 2: Mengenangabe, Merkmal 5: Ertrag, System 1: konventionelle Landwirtschaft, System 2: Ökologischer Landbau).

sonst: Sonstige Angaben (Modellparameter, Jahresangaben zur Klärschlamm- und Kompostausbringung, Mineraldüngereinsatz, Grenzüberschreitende Abfallverbringung)

gem: Alle 1020 Gemeinden Niedersachsens mit Gemeindeschlüssel, Gesamtfläche und zugehöriger Kreisnummer.

LK: Alle 38 Landkreise Niedersachsens mit Kreisnummer, mittlere Bodenklimazahl (BKZ) und Kürzel des RAUMIS-Modells.

Abfragen, Makros und Module

In sogenannten 'Abfragen' stehen die Algorithmen, die die Tabelleninhalte logisch miteinander verknüpfen und neue Tabellen entweder temporär oder permanent erstellen.

Zwei Makros (ASEimport<jahr>) importieren entsprechend vorbereitete Excel-Dateien in die Datenbank und erstellen die Grunddatentabellen *gdata1999* und *gdata2003*.

Module fassen eine Reihe von Einzelabfragen zu einer gesamten Prozedur zusammen, die Zwischen- und Endergebnisse produziert. Das Modul 'NDS_erg' berechnet den N-Bilanzüberschuss auf Gemeindeebene für das entsprechende Jahr. Alle Zwischenergebnisse, wie z. B. N-Abfuhr und organische Düngung je ha LF, werden gesondert ausgewiesen.

Ergebnistabellen

Die Ergebnisse werden sowohl auf Gemeindeebene als auch in aggregierter Weise auf Landkreis- und Länderebene in mehrere Excel-Tabellen exportiert.

Tabellenname/-format	Inhalt
GEMerg<jahr>.xls	N-Bilanz und Bilanzglieder auf Gemeindeebene
GemB<jahr>.dbf	Grunddaten der Gemeinden
Lkerg<jahr>.xls	N-Bilanz und Bilanzglieder auf Landkreisebene
LkergB<jahr>.xls	Grunddaten der Landkreise
Lkauswahl<jahr>.xls	Zusammenstellung ausgewählter Landkreise
NDSerg<jahr>.xls	N-Bilanz und Bilanzglieder für Niedersachsen
NDSergB<jahr>.xls	Grunddaten Niedersachsens
CLPauswahl<jahr>.xls	N-Bilanz und Bilanzglieder der Veredelungsregion des LK Clp.

Vorgehensweise

Sämtliche für die Auswertung notwendigen Daten der Agrarstrukturerhebung und Pflanzenbauerträge werden in einer Tabelle mit Vertikalstruktur zusammengefasst (*gdata<jahr>*)⁹. Die Ertragsdaten stellt das NLS im Rahmen der 'Besonderen Ernteerhebung' für die wichtigsten Fruchtarten zur Verfügung (*ertrag<jahr>*). Die Normdaten für Wirtschaftsdünger und Pflanzeninhaltsstoffe bauen auf den Kennzahlen der LWK Niedersachsen auf und spiegeln den Kompromissvorschlag der Arbeitsgruppe 'N-Bilanz' wider (*para*). Für die N-Effizienz des organischen Düngereinsatzes wird eine Betriebsdatenauswertungen (vgl. Anhang 7) verwendet. Daraus lassen sich Betriebstypen-spezifische Koeffizienten ableiten, die die Effizienz des organischen Düngereinsatzes für die einzelnen Gemeinden in Abhängigkeit der Betriebstypen und des Düngeranfalls je ha ausweisen. Mithilfe diverser Abfrage-Ereignisse in der Access-Datenbank werden die gemeindespezifischen Ausgangsdaten und die wichtigsten Zwischenergebnisse sowie Resultierende insgesamt für jede Gemeinde Niedersachsens und je Hektar LF zusammengefasst. Die Endergebnisse für den Stickstoff-Bilanzüberschuss und weitere Teilgrößen werden für die Kalenderjahre 1999 und 2003 ausgewiesen sowie mittels Verknüpfung mit einem GIS-Tool¹⁰ verortet und graphisch dargestellt.

⁹ Tabellennamen *kursiv* in Klammern

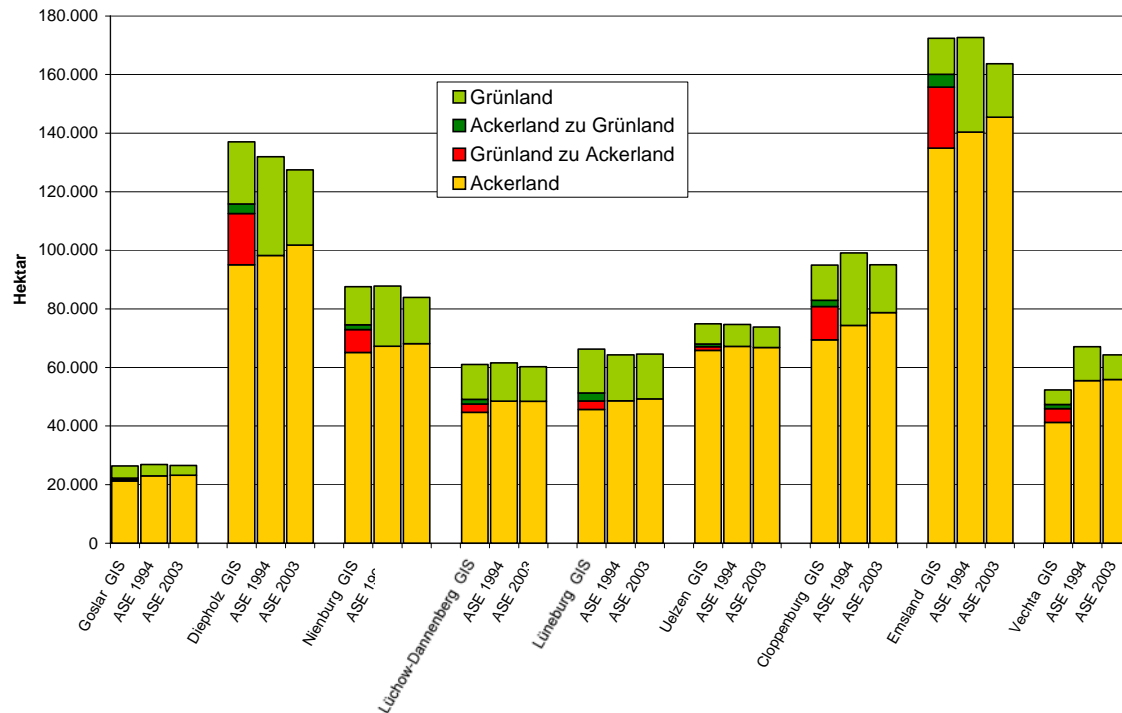
¹⁰ Das im Projekt eingesetzte GIS-Tool: ARC-GIS von der Firma ESRI.

Anhang 12: Methode zur Quantifizierung des N-Umsatzes aufgrund der Landnutzungsänderung

Aus dem Basis-DLM wurden mit Hilfe eines Scripts überlagerte Polygone identifiziert und zur Vermeidung von Doppelzählungen bereinigt. Daraufhin wurden diese Daten mit den InVeKoS-Daten und mit den Gemeindegrenzen verschnitten. Beim Basis-DLM grenzen die Polygone aneinander (Wege und Strassen unterhalb BAB sowie Ackerrandstreifen werden einfach den angrenzenden Landwirtschaftsflächen zugeordnet) und beim InVeKoS werden exakt die Feldblöcke wiedergegeben. Dadurch ist die Summe der Ackerland- und Grünlandflächen im InVeKoS kleiner, bei einer Verschneidung bleiben nur solche Flächen erhalten, die in beiden Datensätzen vorhanden sind. Kleinere Flächen ohne Gemeindezugehörigkeit (entstanden durch unterschiedliche Grenzverläufe der Daten) oder mit einem Flächeninhalt kleiner als 0,25 ha wurden ebenfalls aus dem Datensatz herausgenommen, weil es sich dabei kaum um landwirtschaftlich genutzte Flächen handeln kann). Anschließend wurden Informationen zu Bodenfeuchte und Bodentyp aus der bodenkundlichen Karte sowie der Schutzstatus in den Datensatz integriert.

In Abbildung A12-1 werden die auf Basis der GIS-Analyse ausgewerteten Landnutzungsdaten den Angaben der Agrarstrukturerhebung von 1994 und 2003 gegenübergestellt. Während bei den Daten der Agrarstrukturerhebung nur die Acker- und Grünlandnutzung der beiden Jahre dargestellt sind, wird für die GIS-Analyse die Umwandlung von Grünland in Ackerland und umgekehrt einbezogen. Wie sich zeigt, stimmen die Umfänge an Ackerland und Grünland zwischen den beiden Erhebungsgrundlagen annähernd überein. Im Kreis Vechta weist die Agrarstrukturerhebung allerdings im Vergleich zur GIS-Analyse ca. 20 % mehr Acker- und Grünland aus. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass viele Flächen außerhalb des Kreises aufgrund des Betriebsprinzips der Agrarstrukturerhebung im Kreis Vechta erfasst werden. Im Gegenzug werden für den benachbarten Kreis Diepholz in der Agrarstrukturerhebung weniger Flächen gemeldet als in der GIS-Analyse ausgewiesen werden. Die GIS-Daten zum Landnutzungswandel geben die nach Agrarstrukturerhebung zu erwartenden Verhältnisse nur näherungsweise wieder. Eine exakte Quantifizierung von Klassifizierungsfehlern in den GIS-Daten und den Wirkungen des Betriebsprinzips ist nicht möglich. Für eine Analyse der relativen Bedeutung des Landnutzungswandels sind die GIS-Daten aber als ausreichend anzusehen.

Abbildung A12-1: Acker- und Grünlandnutzung in ausgewählten Landkreisen nach Basis-DLM und InVeKoS-Daten („GIS“) sowie nach der Agrarstrukturhebung (ASE) 1994 und 2003



Die flächengenaue Abbildung des Landnutzungswandels mit Hilfe der GIS-Daten erlaubt eine nach Bodentypen differenzierte Analyse. Wie den Abbildungen A12-2 und 3 zu entnehmen ist, fanden die meisten Umwandlungen von Grünland in Ackerland auf den Bodentypen Pseudogley, Gley und Moor statt, die auch eine höhere Bedeutung der Grünlandnutzung aufweisen. Der Verbleib der durch Grünlandumbruch bedingten N-Freisetzungen ist nicht geklärt, sondern bedarf weitergehender Analysen. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass die am meisten betroffenen Bodentypen oft auf Standorten mit höherem Grundwasserstand und mit erheblichem Denitrifikationspotential auftreten. Der Entwässerungszustand der betreffenden Böden unter Ackernutzung verdient dabei besondere Beachtung, da hierdurch das Denitrifikationspotential herabgesetzt wird.

Abbildung A12-2: Landnutzungswandel zwischen Acker- und Grünland nach Bodentypen im Pilotgebiet Große Aue (nach Basis-DLM 1993-96 und InVeKoS-Daten 2004)

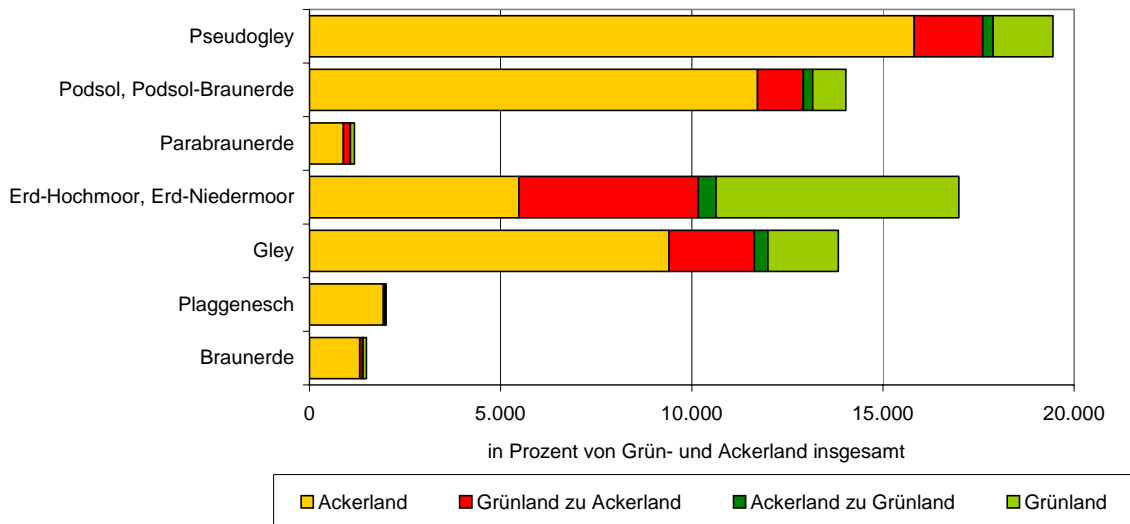
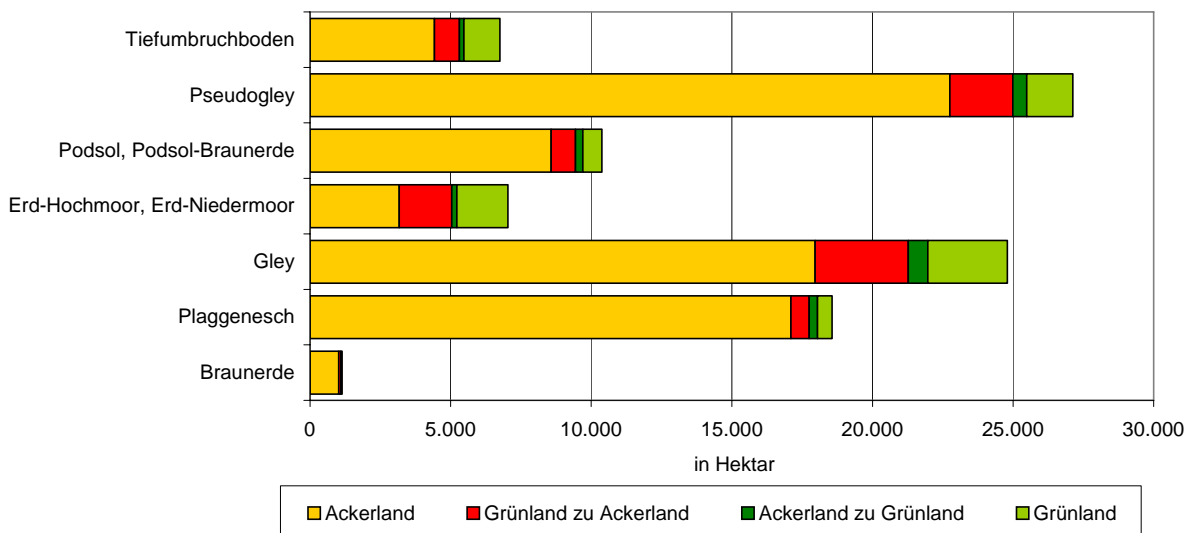


Abbildung A12-3: Landnutzungswandel zwischen Acker- und Grünland nach Bodentypen im Pilotgebiet Lager Hase (nach Basis-DLM 1993-96 und InVeKoS-Daten 2004)



Als Grundlage der Berechnung der Senken und Quellen von Stickstoff wurde der Landnutzungswandel vom Basis-DLM (Stand etwa 1994) zu InVeKoS (Stand 2004) verwendet. Pauschale Werte für die Vorratsänderung von Stickstoff in Abhängigkeit von der Nutzungsänderung wurde aus folgender Tabelle entnommen:

Tabelle A12-1: Bewertung der N-Vorratsänderung von Böden und Bodennutzungssystemen (nach Gäth et al., 1997, modifiziert von Höper, Schäfer und Anthony, 2000 (LBEG-Arbeitskreis "Bodenkundliche Beratung in WSG", Stand 21.11.2000)“

N-Vorrats- änderung	Systemtyp	Nutzungs- /Bearbeitungssystem	Boden-N-Vorratsänderung		Dauer nach Ein-führung
			Abnahme	Zunahme	
Bezeichnung			kg N/ha/30 cm/Jahr		Jahre
stark zunehmend	Senken- system	Umwandlung von AL in GL		50-100	5-10?
		Dauer-Grünbrachen		50-100	5-10?
abnehmend	Quelle	Grünlandumbruch (Jahr 4 - 20)	50		17
		Innutzungnahme Grünbrachen	ca. 50		
stark abnehmend	Quellen- system	Grünlandumbruch (Jahr 1 - 3)	1000-2500		ca. 3

Alle Flächen, die im betrachteten Zeitraum von Ackerland (AL) in Grünland (GL) umgewandelt worden sind, wurden als Stickstoffsene wie folgt berechnet: Fläche [ha] multipliziert mit -75 [kg N/ha/30 cm/Jahr] ergibt den Wert der Vorratsänderung, wobei die Zahl 75 dem Mittelwert der Angaben des LBEG von 50 bis 100 entspricht. Alle Flächen, auf denen Grünland zu Ackerland umgebrochen worden ist, wurden als Stickstoffquelle wie folgt berechnet: Fläche [ha] multipliziert mit 560 [kg N/ha/30 cm/Jahr] ergibt den Wert der Vorratsänderung. Hier kommt die Zahl 560 als Mittelwert über 10 Jahre wie folgt zustande: Der Mittelwert der Angaben des LBEG von 1000 bis 2500 über die ersten drei Jahre plus der Mittelwert der Angaben des LBEG von 50 bis 100 über die weiteren 7 Jahre $(3 \times 1750 + 7 \times 50) / 10$. Die Netto-Vorratsänderung von Stickstoff im Oberboden berechnet sich für jede Gemeinde aus der Summe aller Flächen der Gemeinde mit Vorratsänderungen.

Literatur

Gäth, S., Anthony, F., Becker, K.-W., Geries, H., Höper, H., Kersebaum, C. und Nieder, R. (1997): Bewertung des standörtlichen Denitrifikations- und Mineralisations/Immobilisations-Potentials von Böden. In: Mitt. Deutsche Bodenk. Gesellsch., Vol. 85, S. 1373-1376.