Emsland

Erfassung der Stickstoffbelastungen aus der Tierhaltung zur Erarbeitung innovativer Lösungsansätze für eine zukunftsfähige Landwirtschaft bei gleichzeitigem Schutz der sensiblen Moorlandschaft (ERNST)

2013

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um die Kurzfassung.
Informationen über das vollständige Gutachten erhalten Sie beim
Landkreis Emsland (Tel.: +49 (0)5931 442277).

Oldenburg/ Meppen 2013

Auftraggeber:
Landkreis Emsland
Ordeniederung 1
49716 Meppen

Auftragnehmer:
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Mars-la-Tour Str. 1-13
26121 Oldenburg

Inhalt

1 Zielsetzung 1

2 Finanzierung 1

3 Beteiligte 1

4 Vorgehensweise 3

4.1 Untersuchungsgebiet 3

5 Ergebnisse 5

5.1 Biotoptypenkartierung 5

5.2 Messung der NH_3-Konzentrationen mit Passivsammlern und Berechnung der NH3–Depositionen in der bodennahen Atmosphäre 5

5.3 Ermittlung standortbedingter Unterschiede der N-Bestandesniederschläge in Hochmoorgebieten 7

5.4 Mikrometeorologische Ermittlung der NH_3-Konzentrationen und N-Depositionen in der bodennahen Atmosphäre 8

5.5 Ermittlung der Stickstoffdepositionen mit dem ITNI-Verfahren 9

5.6 Biomasseexport durch Pflegemaßnahmen 10

5.7 Inventarisierung der NH_3-Emissionen 11

5.8 Modellierung der N-Depositionen 13

6 Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen 15

1 Zielsetzung

Ammoniak (NH_3) ist ebenso wie sein Reaktionsprodukt Ammonium (NH_4^+) ein essentieller Pflanzennährstoff, der sowohl über die Wurzel als auch direkt aus der Atmosphäre über das Blatt aufgenommen wird und das Pflanzenwachstum anregt. In höheren Konzentrationen kann NH_3 Pflanzen jedoch schädigen und zur Eutrophierung empfindlicher Ökosysteme beitragen. Als besonders stickstoffempfindlich gelten Hochmoore, deren Pflanzenarten generell an Stickstoffmangel angepasst sind.

Der im deutsch-niederländischen Grenzgebiet liegende „Internationale Naturpark Bourtanger Moor-Bargerveen“ zeichnet sich durch noch verbliebene Moorflächen eines der ehemals größten Hochmoore Europas aus. Die Lage der Moorgebiete inmitten einer landwirtschaftlich intensiv genutzten Region stellt aufgrund der erhöhten Stickstoffeinträge eine zusätzliche Belastung für die durch Torfabbau und Wassermangel z.T. bereits stark degradierten Moorgebiete dar.

Ziel dieser Studie ist es, anhand verschiedener Messmethoden und Computermodelle die Belastung der Moore durch Ammoniak und die daraus resultierenden atmosphärischen Stickstoffeinträge (N-Depositionen) offen zu legen und Möglichkeiten zu ihrer Minderung aufzuzeigen. Die Maßnahmen sollen die Moore vor einer zu hohen Stickstoffbelastung schützen und zugleich den Entwicklungsspielraum der Landwirte erhalten.

2 Finanzierung

Gefördert wurde das Projekt im Rahmen des INTERREG IV a - Programms Deutschland-Nederland mit Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) als Baustein im Projekt „NPE – Nachhaltige Entwicklung von Natur und Landschaft im Internationalen Naturpark Bourtanger Moor – Bargerveen“.

Die nationale Kofinanzierung wurde vom Land Niedersachsen und von der Provinz Drenthe getragen.

Die Eigenmittel wurden finanziert vom Landkreis Emsland (Projektträger) sowie der Emsländischen Naturschutzstiftung, den Gemeinden Twist, Geeste und den Städten Haren (Ems) und Meppen (Projektpartner).

LEAD-Partner, und damit zuständig für die Organisation und Administration, war der Internationale Naturpark Bourtanger Moor – Bargerveen e.V.

Das Projekt wurde begleitet durch das Programmmanagement der Ems Dollart Region (EDR).

3 Beteiligte

Mit der Umsetzung des Projektes wurden die **Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Oldenburg), das Johann Heinrich Von Thünen - Institut (Braunschweig)** und das **niederländische Forschungsinstitut der Universität Wageningen, Alterra**, beauftragt. Diese haben für die Erarbeitung zwei weitere Projektpartner hinzugezogen, die **Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) sowie das Büro Woesner, beide Oldenburg**.

Parallel zu der in Deutschland durchgeführten Studie wurde in den Niederlanden an vergleichbaren Fragestellungen gearbeitet. Hierzu beauftragte die Provinz Drenthe – ebenfalls aus dem INTERREG-Projekt „NPE“ - vier weitere Gutachter mit Untersuchungen zu Stickstoffeinträgen aus der Landwirtschaft. Das Büro **Promonitoring aus Barneveld** führte eine Ammoniakuntersuchung an einem Milchvieh-Stall durch. Das **Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu** untersuchte die Konzentrationen und Depositionen von Ammoniak im Bargerveen. Weiterhin wurde die **Stichting Bargerveen aus Nijmegen**

beauftragt, die nachhaltige Entwicklung von Hochmoorgrünland im Bargerveen zu untersuchen. Der **Dienst Landelijk Gebied** brachte die Ergebnisse anschließend in einer Untersuchung nach der Trechtermethode zusammen. Die Ergebnisse der einzelnen deutschen und niederländischen Untersuchungen wurden zusammengeführt und in die grenzüberschreitende Modell-Kalibrierung eingebracht.

Begleitet wurde der Prozess durch zahlreiche deutsche und niederländische Akteure, Experten, Interessens- und kommunale Vertreter im Arbeitskreis, bilaterale Gespräche sowie Vor-Ort-Termine, um eine größtmögliche Beteiligung und Transparenz zu sichern.

Die Arbeiten im Gelände konnten nur dank der großen logistischen Unterstützung der Staatlichen Moorverwaltung (Geländearbeiten) sowie des Unternehmens ExxonMobil (Stromversorgung) durchgeführt werden.

Tab. 1: Mitglieder im Arbeitskreis „Stickstoffstudie“

Institution	Mitglied
Landkreis Emsland	Ludger Pott Dr. Niels Gepp Andreas Cordes Ute Schreiber
Gemeinde Twist	Ernst Schmitz Heinz Greve Michael Schröter Martin Müller
Gemeinde Geeste	Hans-Josef Leinweber Hans Hanenkamp Siegfried Gaida
Stadt Meppen	Jan Erik Bohling Theo Gebben Jürgen Giese
Stadt Haren (Ems)	Dieter Sturm
Staatliche Moorverwaltung	Dr. Eberhard Masch
Landwirtschaftskammer Niedersachsen	Jan Wulkotte
LGLN	Anita Schleper
Emsländisches Landvolk	Hermann Wester Lambert Hurink Michael Feld Ansgar Tappel Stefan Esters
Provincie Drenthe	Joop Smittenberg Wim Wesseling
Dienst Landelijk Gebied	Christina Schipper Sies Krap
Ministerie Economische Zaken	Cees van den Brand
Staatsbosbeheer	Erwin Adema Jans de Vries
LTO - Noord	Roel Visser
LTO - Drenthe	Bauke Durk Wilms
Int. Naturpark Bourtanger Moor - Bargerveen	Petra Rosenbach Claudia Westermann Ellen Farwick

4 Vorgehensweise

Die Studie wurde im Rahmen eines längeren Prozesses eng mit den Fachbehörden und beteiligten Kommunen abgestimmt. Dabei wurde festgestellt, dass die Vergleichbarkeit und Vollständigkeit der Daten auf deutscher und niederländischer Seite des Untersuchungsgebietes nicht gegeben war. Erhebliche Vorarbeiten waren nötig. Am 17.03.2010 wurden die Landwirtschaftskammer Niedersachsen und das niederländische Forschungsinstitut Alterra zunächst mit der Erstellung einer Vorstudie beauftragt.

Die Vorstudie setzte Schwerpunkte im Hinblick auf zukünftige Modellrechnungen und Szenarien. Weiterhin wurden neun Projektmodule herausgearbeitet, die im Rahmen der Hauptstudie bearbeitet wurden. Dazu wurden nach europäischer Ausschreibung im November 2010 die entsprechenden Aufträge vergeben.

4.1 Untersuchungsgebiet

Das ca. 50.000 ha große Untersuchungsgebiet liegt innerhalb des deutsch-niederländischen Grenzgebietes im niedersächsischen Landkreis Emsland und der niederländischen Provinz Drenthe (Abbildung 1). Es wird überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Die Mehrzahl der Hochmoorflächen (in Abbildung 1 rot hervorgehoben) steht unter Naturschutz. Sie haben einen Flächenanteil von insgesamt ca. 11 % mit ca. 2.100 ha auf niederländischer und 3.350 ha auf deutscher Seite. Das Bargerveen (NL) sowie zehn weitere Moorgebiete auf deutscher Seite wurden in die Untersuchungen einbezogen.

Tab. 2: Bezeichnungen der untersuchten Moorgebiete

BV	Bargerveen
DM	Dalum-Wietmarscher Moor
GM	Geestmoor
HK	Hengstkampkuhlen
MK	Meerkolk
NW	Neuringer Wiesen

RM	Rühler Moor
SM	Südliches Versener Moor
TM	Tausendschrittmoor
VH	Versener Heidesee
WM	Wesuweer Moor

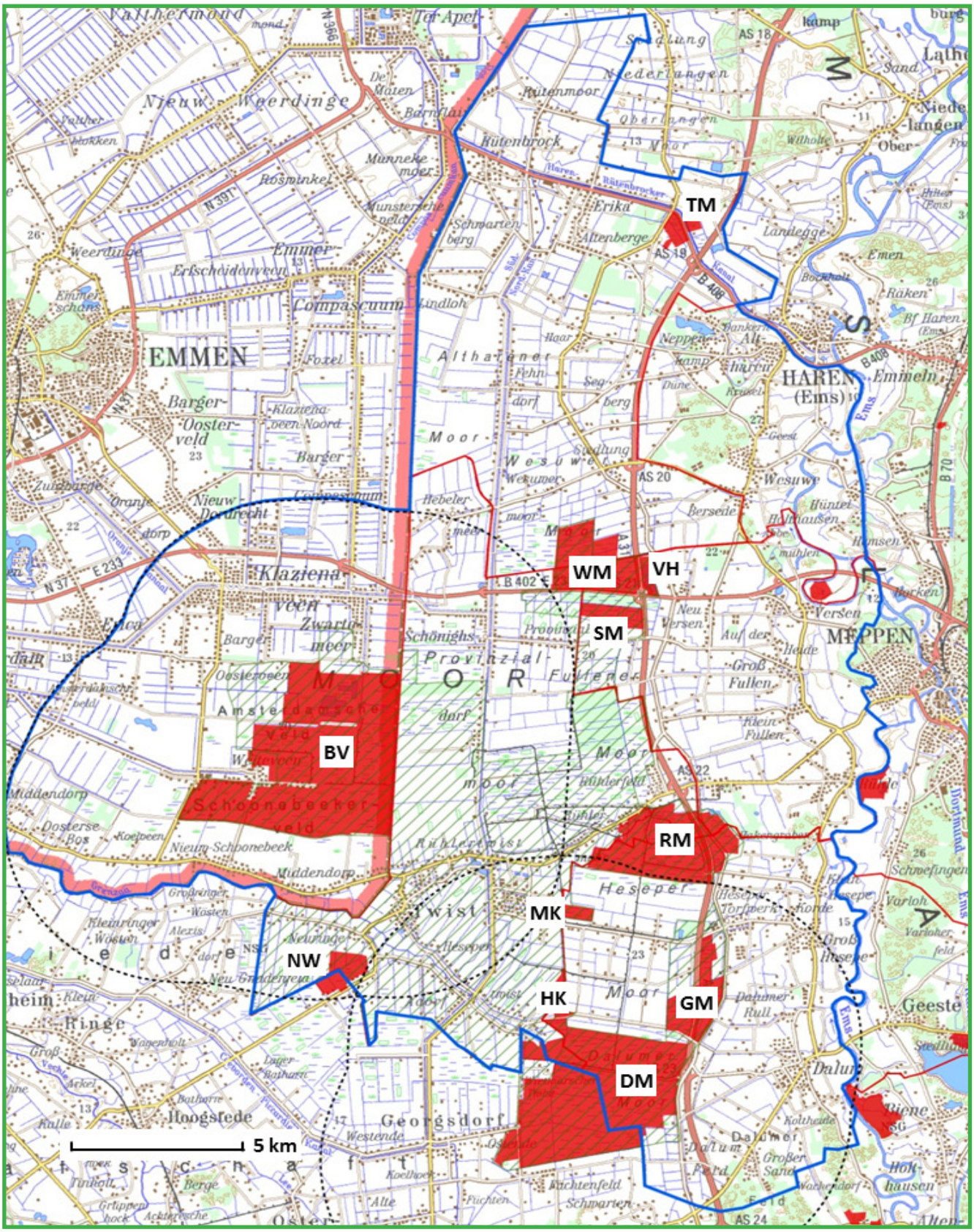

Abb.1: Abgrenzung des Untersuchungsgebietes (blau) mit den geschützten Moorflächen (rot); Bezeichnung siehe Tabelle 2

5 Ergebnisse

5.1 Biotoptypenkartierung nach Drachenfels (Büro Woesner, Oldenburg)

Methode

Die Höhe der Stickstoff-Depositionen wird u.a. von der vorhandenen Vegetation bestimmt. Diese lässt sich über eine Biotopkartierung räumlich dokumentieren. Die sich hieraus ableitenden Vegetationsstrukturen sind Grundlage für die Modellierung der N-Depositionen und weiterer Auswertungen. In Niedersachsen werden Biotopkartierungen auf der Basis des von der Fachbehörde für Naturschutz herausgegebenen Kartierschlüssels für Biotoptypen (Drachenfels, O. v. 2011) durchgeführt. Die Kartierung der Moorgebiete erfolgte im Zeitraum von April bis Juni 2011.

Ergebnisse

Durch Trockenlegung und Torfabbau sind die meisten Hochmoore mehr oder minder degradiert und heute nur noch in wenigen Bereichen als natürlich zu bezeichnen. Die Zusammensetzung der Hochmoorvegetation variiert aufgrund natürlicher Gegebenheiten, aber auch aufgrund vielfältiger anthropogener Einflüsse (z. B. Abtorfung, Renaturierung) erheblich. Sie unterscheidet sich in ihrer Lage und Struktur vielerorts von den Angaben aus dem vorliegenden Kartenmaterial und Luftbildern. Insgesamt wurden 42 Biotoptypen in allen 7 Moorflächen festgestellt. Am stärksten vertreten sind mit 24% Flächendeckung überstaute Renaturierungsflächen ohne oder mit lückenhafter Pioniervegetation (MI) sowie noch in Torfabbau befindliche Moorflächen bzw. offene Torfflächen (DT, 18%). Darüber hinaus sind folgende Biotoptypen häufig anzutreffen: Hochmoordegenerationsstadien mit Heide (MG, 12%), Pfeifengras-Moorstadium (MP, 7%), sonstige Moordegenerationsstadien vorwiegend als Gehölzjungwuchs auf entwässertem Moor (MD, 7%) sowie Moorbirkenwälder (5%).

5.2 Messung der NH_3-Konzentrationen mit Passivsammlern und Berechnung der NH_3–Depositionen in der bodennahen Atmosphäre

(Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt, Oldenburg)

Abb. 2: Passivsammler im Untersuchungsgebiet

Methode

Mit dem Ziel, das großräumige NH_3-Belastungsniveau in der Region zu ermitteln, wurden Messungen der NH_3-Konzentrationen an 11 Orten im deutschen Teil des Untersuchungsgebietes durchgeführt. Zudem wurde an einem Moorstandort beispielhaft die abschirmende Wirkung von Gehölzpflanzung gegenüber Ammoniakimmissionen von den unmittelbar angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen ermittelt. Die Messung erfolgte auf deutscher Seite des Untersuchungsgebietes mit Passivsammlern der Bauart IVL nach der VDI-Richtlinie 3869, Blatt 4 (VDI 2010 a).

Ergebnisse

Die NH_3-Konzentrationen lagen zwischen 3,9 µg m^{-3} im niederländischen Bargerveen und 5,6 µg m^{-3} im Rühler Moor/Hesepe bei einem Gebietsmittel von 4,8 µg m^{-3} etwas unter dem hohen Niveau anderer agrarisch intensiv geprägter Regionen Nordwestdeutschlands (GAA 2012). Bei der überwiegenden Zahl der Messstandorte wurden mit Werten zwischen 4 und 5 µg m^{-3} nur geringe Unterschiede festgestellt. Der Trend der NH_3-Konzentrationen zeigt einen sehr ähnlichen jahreszeitlichen Verlauf an den einzelnen Messstellen, in denen sich die großräumig wirkenden Effekte wie Witterung und der Ferntransport von Ammoniak widerspiegeln. Die höchsten NH_3-Konzentrationen mit Werten regelmäßig über 8 µg m^{-3} wurden während der Düngeperiode in den Frühlingsmonaten festgestellt, wodurch erhebliche NH_3-Mengen emittiert werden. In den darauffolgenden Frühjahrs- und Sommermonaten sanken die NH_3-Konzentrationen trotz steigender Lufttemperaturen, die generell mit höheren NH_3-Freisetzungen aus den Stallanlagen in Verbindung stehen. Erst mit der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern in den Herbstmonaten stiegen die NH_3-Konzentrationen erneut an, bevor sie infolge sinkender Temperaturen auf das niedrigste Niveau im Winter fallen.

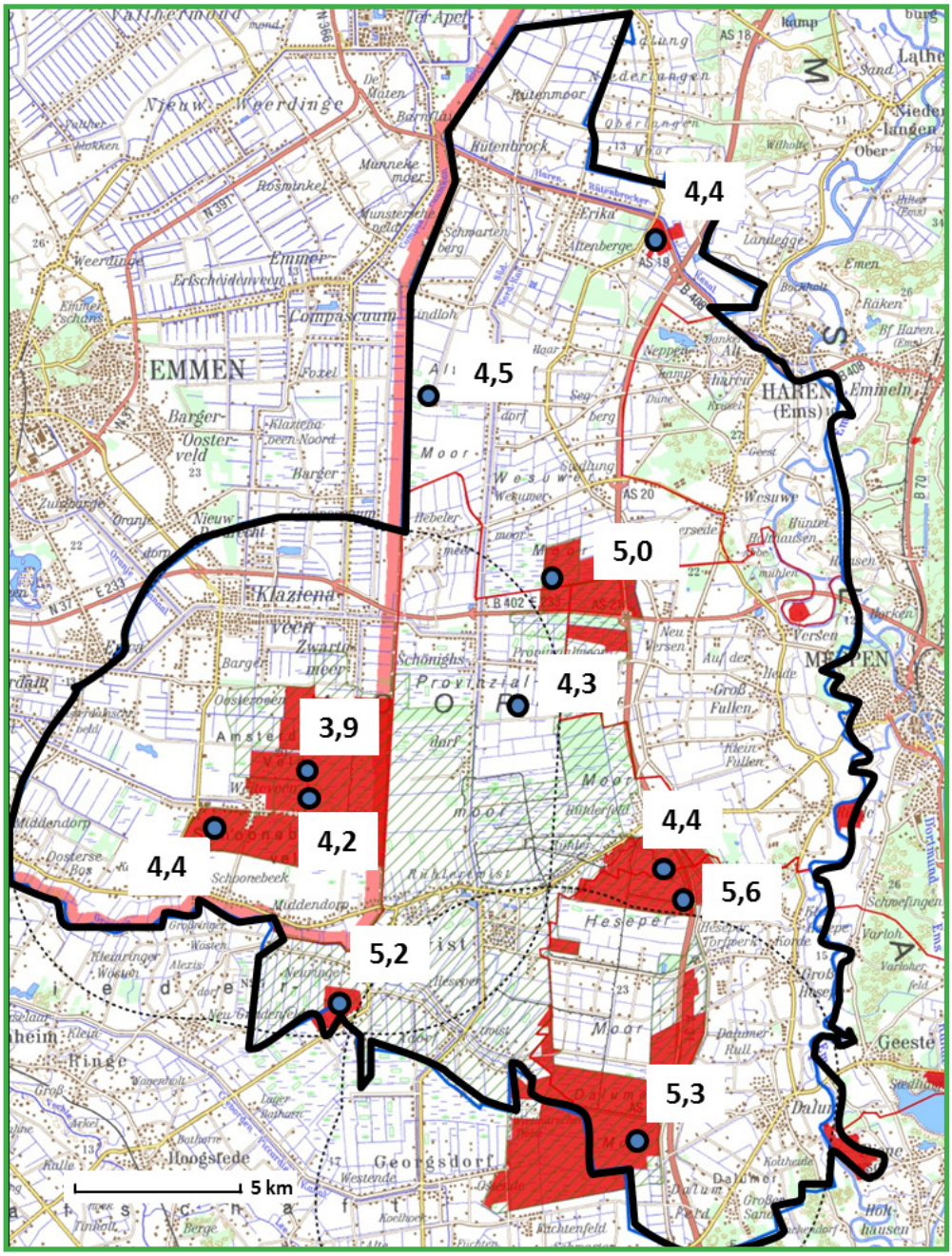

Abb. 3: Verteilung der NH_3-Konzentrationen im Untersuchungsgebiet. Mittelwerte 21-monatiger Messungen

Aus den Ergebnissen der NH_3-Messungen lassen sich die NH_3-Depositionen nach der sog. Inferentialmethode berechnen (Tabelle 3). Dieses Vorgehen gestattet – unter der Annahme einer einheitlichen Depositionsgeschwindigkeit – einen Überblick über die regionale Verteilung der NH_3-Stickstoff-Depositionen in den untersuchten Mooren.

Tab. 3: Trockene Deposition von NH_3 –Stickstoff ermittelt aus den mittleren NH3-Konzentrationen und N-Gesamtdepositionen in deutschen Moorgebieten

Messort	NH_3-Konzentration [µm m^{-3}]	NH_3-N-Deposition [kg ha^{-1} a^{-1}	N-Deposition [kg ha^{-1} a^{-1}]
Bargerveen (AN)	3,9	10,1	25,3
Bargerveen (AZ)	4,2	10,9	26,1
Bargerveen (SV)	4,4	11,2	26,6
Tausendschrittmoor	4,4	11,4	26,6
Fullener Moor	4,5	11,7	26,9
Neuringer Wiesen	5,2	13,5	28,7
Dalum-Wietmarscher Moor	5,3	13,8	29,0
Rühler Moor	4,4	11,4	26,6
Heseper Moor	5,6	14,6	29,8
Südliches Versener Moor	4,3	11,2	26,4
Wesuweer Moor	5,0	13,0	28,2

Der Effekt eines am Randbereich vieler Moorflächen vorhandenen Gehölzriegels auf die NH_3-Konzentrationen im Moor wurde beispielhaft im Wesuweer Moor untersucht. Die Messungen erfolgten entlang eines Transsektes leeseitig eines ca. 5 m breiten und 10 m hohen Gehölzstreifens. Für Vergleichsmessungen an einem zweiten Messtranssekt wurde südlich hiervon der Gehölzstreifen entfernt. Luvseitig des Gehölzstreifens befand sich eine weite Ackerfläche. An den leeseitig einer großen, in beiden Messjahren mit Kartoffeln bestellten Ackerfläche exponierten Transsekten wurden ganzjährige signifikante Unterschiede der NH_3-Konzentrationen festgestellt. Im Mittel lagen die am 300 m langen Transsekt leeseitig des Birkengehölzes gemessenen NH_3-Konzentrationen mit 6 µg m^{-3} um 0,6 µg m^{-3} unter den am ungeschützten Transsekt ermittelten NH_3-Konzentrationen. Dies stellt eine mittlere Minderungswirkung von ca. 11% dar. Unmittelbar am Rand der Moorfläche war der Immissionsschutzeffekt des Gehölzes mit ca. 15% am größten, aber auch in 300 m Entfernung vom Feldrand lag der Unterschied immer noch bei 7%.

5.3 Ermittlung standortbedingter Unterschiede der N-Bestandesniederschläge in Hochmoorgebieten

(Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt, Oldenburg)

Methode

Die Ergebnisse von Niederschlagsmessungen geben die N-Depositionen nur näherungsweise wieder und werden daher als „N-Bestandesniederschlag“ bezeichnet. Die Erfassung der N-Bestandesniederschläge erfolgte am Standort Rühler Moor im Wald, unter Solitär-Bäumen und im Freiland. Hierzu wurde der vom Niedersächsischen Landesamt für Ökologie eingesetzte Sammlertyp „Osnabrück“ (NLÖ 1993) verwendet. Der Vorteil dieser Messungen liegt in der Möglichkeit, die durch die Vegetation selbst verursachten, kleinräumigen Unterschiede der N-Depositionen mit vertretbarem Aufwand nachzuzeichnen, denn die Höhen der N-Depositionen können durch die abweichende Struktur der Pflanzenbestände bei gleicher Luftschadstoffkonzentration erheblich variieren.

Die Probenentnahmeintervalle betrugen bei mittleren Außentemperaturen von über 10°C maximal 2 Wochen. Die Proben von zwei aufeinanderfolgenden Perioden wurden volumengewichtet zu einer 4-Wochen-Mischprobe vereinigt. Bei niedrigeren Außentemperaturen wurden die Niederschlagsproben in Abständen von 4 Wochen beprobt.

Abb. 4: Bulksammler im Freiland und unter Solitärbäumen (im Hintergrund)

Ergebnisse

In Tabelle 4 sind die an den 4 unterschiedlichen Pflanzenformationen im Rühler Moor gemessenen N-Bestandesniederschläge zusammengestellt. Mit 13 kg ha^{-1} a^{-1} wurden die geringsten Stickstoff-Eintragsraten im Freiland festgestellt. Unter Solitärbäumen wurden nahezu kontinuierlich die höchsten Eintragsraten (22 kg ha^{-1} a^{-1}) erfasst.

Tab. 4: N-Einträge über den Bestandsniederschlag unterschiedlicher Standorte im Rühler Moor. (*N-Eintrag unter Berücksichtigung der mit Heide bewachsenen Freiflächen)

Messstandort	Birkenwald	Freiland	Solitär stehende Bäume*	Besenheide
N [kg ha^{-1} a^{-1}]	23	13	22	15

5.4 Mikrometeorologische Ermittlung der NH_3-Konzentrationen und N-Depositionen in der bodennahen Atmosphäre

(Johann Heinrich von Thünen- Institut (vTI), Braunschweig)

Methode

Mikrometeorologische Untersuchungen stellen eine Kombination aus der Messung der Konzentrationen verschiedener Stickstoffverbindungen in der Atmosphäre und der für den Stickstoffeintrag verantwortlichen (mikro-)meteorologischen Prozesse dar. Die Ermittlung wöchentlich integrierter NH_3-Konzentrationen in der bodennahen Atmosphäre am Standort Rühler Moor erfolgte seit dem 30.03.2011 nach dem KAPS-Denuder-Verfahren. Die chemische Bestimmung der NH_3-Konzentrationen sowie der atmosphärischen Reaktionspartner (HNO_2, HNO_3, partikuläres NH_4 und partikuläres NO_3) erfolgte mittels ionenchromatografischer Analyse im Zentrallabor des Von Thünen-Instituts in Braunschweig. Der erforderliche Wechsel und Versand der Denuder-Röhrchen wurde am Messstandort durch Personal des Naturparks Bourtanger Moor-Bargerveen durchgeführt. Basierend auf den gemessenen N-Konzentrationswerten werden die jeweiligen Depositionsraten unter Verwendung gemessener mikrometeorologischer Parameter wie Strahlung, Lufttemperatur, fühlbarer Wärmestrom sowie Turbulenz und atmosphärische Schichtung in Anlehnung an das PLATIN-Modell von Grünhage & Haenel (1997, 2008) bestimmt.

Abb. 5: Aufbau des KAPS-Denudersystems in zwei Messhöhen (1,5 und 6 m) am Standort Rühler Moor (links) sowie Nahansicht eines Denuderpärchens (rechts).

Ergebnisse

Die über einen Zeitraum von jeweils einer Woche integrierten NH_3-Gesamtkonzentrationen lagen im Verlauf der ersten Monate bis Mitte Oktober 2011 permanent unter 10 µg m^{-3}. Ende Oktober zeichnete sich ein erhöhtes Konzentrationsniveau mit Spitzenwerten bis zu 15 µg m^{-3} ab. Nach einer Reduzierung der Werte im Dezember 2011 und Januar 2012 auf <5 µg m^{-3} stiegen die Konzentrationen Ende Februar 2012 wieder an und bildeten Ende März 2012 ein erneutes Maximum mit Höchstwerten >13 µg m^{-3}. Das Konzentrationsniveau der anderen N-Verbindungen (pNH_4, pNO_3, HNO_2, HNO_3) lag deutlich unter dem von NH_3.

5.5 Ermittlung der Stickstoffdepositionen mit dem ITNI-Verfahren

(Johann Heinrich von Thünen- Institut (vTI), Braunschweig)

Methode

Mithilfe des ITNI-Verfahrens können Stickstoffmengen ermittelt werden, die von Pflanzen direkt aus der Atmosphäre aufgenommen werden und technisch nicht direkt messbar sind. Bei der Anwendung dieses Verfahrens wird der gesamte atmosphärische Stickstoffeintrag in ein geschlossenes Modellökosystem bestehend aus N-freiem Quarzsand und ^{15}N-markierten Pflanzen sowie einer zum Pflanzenwachstum benötigten Nährlösung bestimmt. Zu diesem Zweck wurde 2011 und 2012 unterschiedliche Grasarten (Welsches Weidelgras, Scheidiges Wollgras) im Versuchsgelände exponiert (Abbildung 6). Die Expositionsdauer betrug ca. 14 Wochen. Die Düngung erfolgte automatisiert im geschlossenen Kreislauf, mit unterschiedlichen N-Mengen von 0,1 g bis 0,5 g N pro Gefäß. Zur Quantifizierung der Stickstoffaufnahme einzelner Bestandteile wurden die Modell-Ökosysteme in die Fraktionen Pflanze (ober- und unterirdisch), Sandauflage und Sand sowie Nährlösung getrennt. Die Laboranalytik erfolgte mittels Elementaranalysator (Gesamt-N-Gehalt) und Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (^{15}N-Gehalt).

Abb. 6: ITNI-Gefäße mit Bewässerungsanlage

Ergebnisse

Nach 14-wöchiger Exposition des Weidelgras im ersten Untersuchungsjahr 2011 wurde eine mittlere Stickstoff-Deposition von 3.96 ± 0.8 mg g-1 N Trockenmasse (TM) festgestellt, wobei die oberirdische Biomasse die größten Stickstoffeinträge aufweist. Die Hochrechnung des atmosphärischen Stickstoffeintrags vom Gefäß auf eine Fläche von einem Hektar, basierend auf der Gefäßoberfläche von 0.038 m² und einem Jahr ergab eine Gesamt-Stickstoffdeposition von 24,062 +/- 3,55 kg N ha^{-1} a^{-1}.

Die Ergebnisse aus 2012 bestätigen im Grundsatz diese Ergebnisse für das Weidelgras, wobei sich durch unterschiedliche Düngung ein differenziertes Bild ergab. Bei dem neu hinzugezogenen hochmoortypischen Wollgras lagen die in der Vegetationsperiode festgestellten N-Depositionen um bis zu ca. 50% über den mit dem Weidelgras ermittelten Eintragsraten. Gering gedüngte Kulturen wiesen die höchsten N-Depositionen auf, welches auf höhere N-Aufnahmen über das Blatt schließen lässt. Die divergierenden Stickstoffaufnahmen in 2011 und 2012 resultieren vermutlich aus einer methodischen Abweichung und lassen zunächst keine weiteren Schlüsse zur jährlichen Gesamt-Stickstoffdeposition zu.

5.6 Biomasseexport durch Pflegemaßnahmen

(Landwirtschaftskammer (LWK), Oldenburg)

Methode

Die Wiedervernässung und mechanische Beseitigung von Gehölzen zählen zu den ge-bräuchlichsten Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen. Mechanische Landschaftspflegemaß-nahmen wie Entkusselung, Fällen von Bäumen, Beweidung und Mahd halten die Flächen offen. Sie fördern die moortypische Vegetation, indem der Beschattung und der Austrocknung des Bodens Einhalt geboten wird. Darüber hinaus können bei der Räumung der gefällten Gehölze nicht unerhebliche N-Mengen von den Flächen exportiert werden. Da Gehölze höhere Schadstoffmengen aus der Atmosphäre „kämmen“, kann ihre Entfernung zu einer lokalen Verminderung der N-Depositionen beitragen. Die Untersuchungen erfolgten in den häufigen und repräsentativen Biotoptypen. Die Probenentnahmen erfolgten im Rühler Moor und im Tausendschrittmoor. Aufgrund der hohen Heterogenität der Biotoptypen hinsichtlich Pflanzenartenzusammensetzung und Deckungsanteil erfolgte die Probenentnahme der Biomasse artspezifisch und fand überwiegend im September 2011 statt. Die saisonale Variabilität der Stickstoffkonzentrationen und Biomassebildung in der Bodenvegetation wurde durch separate Untersuchungen an drei Terminen des Jahres 2011 (Frühling/Sommer/Herbst) ermittelt. Alle Proben der oberirdischen Biomasse wurden in den Laboren der LUFA Nord-West analysiert. Dabei wurden Trockensubstanzgehalte gravimetrisch ermittelt und der Gesamtstickstoffgehalt nach Kjeldahl bestimmt (VDLUFA (1976), Bd. III, Kap. 4.1.1).

Ergebnisse
Durch die Entfernung der Vegetation kann in Abhängigkeit von Anteil und Größe der Gehölze der N-Eintrag um 2 bis 10 kg N ha^{-1} a^{-1} gemindert werden (Tabelle 5). Über die mit den Maßnahmen verbundenen Kosten berechnen sich einmalige Kosten von 60 bis 425 Euro pro reduziertes kg N-Deposition. Zur Aufrechterhaltung des Minderungseffektes sind die Maßnahmen in regelmäßigen Abständen zu wiederholen.

Tab. 5: Landschaftspflegemaßnahmen, Wirkung auf den N-Eintrag (Bestandesniederschlag) und Minderungskosten

Pflanzenbestand	**Aktueller N-Bestandesniederschlag** kg N ha^{-1} a^{-1}	**Minderungseffekt (N-Bestandesniederschlag)** kg N ha^{-1} a^{-1}	**Einmalige Kosten für Depositionsminderung** € kg N^{-1} ha^{-1}	**Wiederholungszeitraum** Jahr	**langfristige Kosten für Depositionsminderung** € kg N^{-1} ha^{-1} a^{-1}
Pfeifengras-Stadium (MP, baumfrei)	15	2	425	2	425
Pfeifengras-Stadium (MP, Gehölzanteil 30%)	18	5	240	7	69
Moorheide-Stadium (MG, Gehölzanteil 40%)	19,5	6,5	185	7	53
Degenerations-Stadium (MD, Gehölzanteil 55%)	21	8	175	7	50
Birkenwald (WV, Gehölzanteil 100%)	23	10	60	30	4

Auch der atmosphärische N-Eintrag wird durch diese Maßnahmen gemindert. In Abhängigkeit von Anteil und Größe der Gehölze sinken die N-Einträge um 2 bis 10 kg N ha^{-1} a^{-1} (Tabelle 5). Pro reduziertes kg N-Deposition liegen die langfristigen Kosten unter Berücksichtigung der abweichenden Wiederholungszeiträume zwischen 4 und 425 Euro. Dabei stellt die Rodung der vorhandenen Moorbirkenwäldern ebenfalls die effektivste Maßnahme dar. Zu berücksichtigen ist, dass durch das Nachwachsen der Vegetation der Minderungseffekt im Laufe der Zeit abnimmt.

5.7 Inventarisierung der NH_3-Emissionen (Landwirtschaftskammer (LWK), Meppen)

Methode
Das überwiegend aus den Stallanlagen, Mistlagern und gedüngten Böden freigesetzte Am-moniak wird aufgrund seiner hohen Depositionsgeschwindigkeit schon in geringer Entfernung in vergleichsweise großen Mengen deponiert. Somit spielen die im Untersuchungsgebiet vorhandenen NH3-Quellen für die Modellierung der Belastungssituation eine große Rolle.

Anders als in den Niederlanden existiert in Deutschland kein flächendeckendes Kataster zur Tierhaltung und anderen NH3-Quellen. Diese Daten mussten daher auf deutscher Seite des Untersuchungsgebietes separat erhoben werden.

Die Inventarisierung der landwirtschaftlichen Betriebe auf deutscher Seite erstreckte sich auf das Untersuchungsgebiet sowie einen 5 km breiten Saum um die Moorflächen (UG+). Die Erhebung bezog sich auf Tierhaltungsanlagen, Mist- bzw. Güllelager, Biogasanlagen und landwirtschaftlich genutzte Flächen.

Daten zur Tierhaltung (Anzahl und Art der Nutztiere, Fütterung, Haltungsform, Lagerung des Wirtschaftsdüngers, Abluftführung und ggf. –reinigung) wurden der vorliegenden Betriebs-dokumentation entnommen. Daten über die Flächenbewirtschaftung, Düngemengen, Verfahren der Düngerausbringung wurden auf der Grundlage des CORINE-Katasters sowie repräsentativer Befragungen von 40 Betrieben und Lohnunternehmern aus der Düngungspraxis erhoben. Die Datensätze wurden anonymisiert in eine Datenbank exportiert und dem niederländischen Projektpartner Alterra für die Modellierung übermittelt.

Ergebnisse

Allgemeine Angaben zu Viehhaltung, Biogasanlagen, Wirtschaftsdüngerlagerung und -ausbringung sind nachfolgend zusammengefasst:

- Bei den **Rindviehbetrieben** werden die Milchkühe in Beständen (unter 50 Kühe) vereinzelt noch in Anbindehaltung gehalten. Größere Bestände mit mehr als 50 Kühen stehen zu mehr als 95 % in Boxenlaufställen. Bullen stehen zu 95 % in Laufställen mit Flüssigmistverfahren.

- **Schweine** werden zu 90 % in Ställen mit Zwangslüftung (forced ventilation) und Flüssigmistverfahren gehalten. 10 % stehen in Ställen mit Festmistverfahren. Im Untersuchungsraum gibt es lediglich einen Außenklimastall. Der Anteil des Einsatzes von eiweißreduziertem Futter (RAM-) beträgt in der Schweinemast 95 %, in der Ferkelerzeugung (Sauen mit Ferkelaufzucht bis 30 kg) etwa 90 %.

- Die **Hähnchen** werden in Bodenhaltungssystemen gemästet. 26 Betriebe im Untersuchungsgebiet halten Legehennen, davon 7 Betriebe Elterntiere. Fast alle Legehennen zur Konsumeierproduktion werden in Freilandhaltungssystemen gehalten. In diese Ställe sind offene Volierenetagen (Legenester) integriert, die auch mit belüfteten Kotbändern ausgerüstet sind. Drei Konsumeierproduzenten halten die Hennen in geschlossenen Ställen auf dem Boden. Elterntierställe zur Bruteierproduktion werden in Bodenhaltungssystemen gehalten. In der Geflügelmast wird nahezu 100 % RAM-Futter eingesetzt, in der Legehennenhaltung (Ausnahmen sind die 9 Biobetriebe) sind es 70 %.

- Im Untersuchungsgebiet sind derzeit 34 **Biogasanlagen** am Netz. Die Befragung der Eigentümer ergab, dass lediglich drei Biogasanlagen Trockenfermentation betreiben, d. h. deren Substrate (nur Mais) werden mit über 30 % TS (Trockensubstanz) gefahren. Alle anderen 31 Biogasanlagen arbeiten mit Mais, anderen Energiepflanzen und mit Gülle, also auch mit Substraten unter 30 % TS. Wesentlich für die Emissionen ist die Erkenntnis, dass alle Behälter geschlossen sind. Offene Endlagerbehälter gibt es auf den Biogasanlagen im Untersuchungsraum nicht.

- **Wirtschaftsdüngerlagerung:** Nach Recherche der LWK bei 40 Betrieben bilden etwa 45% der offenen Hochbehälter Schwimmschichten (floating cover > 10 cm), die die NH3-Emissionen einschränken.

- Die Befragung von 40 repräsentativen Betrieben zur **Ausbringtechnik** ergab folgendes Ergebnis: 15 % der Betriebe nutzen Güllewagen, die mit Prallverteiler (die nach unten gerichtet sind) ausgerüstet sind. Etwa 60 % verteilen mit Schleppschlauchsystemen und 25 % mit Drillverfahren (Schlitzschare oder Schlitzscheiben), vorwiegend in NAU-Gebieten. Auf Grünland erfolgt die Düngung zu 85 % über Breitverteilung bzw. Schleppschlauch auf den Boden und zu 15 % über Drilltechnik (Schlitzschare oder Schlitzscheiben) in den Boden. Bei Ackerland wird 95 % der Wirtschaftsdünger auf Brachflächen vor der Bestellung gedüngt, lediglich 5 % wird als Reihen- oder Kopfdüngung in oder auf den Pflanzenbestand gebracht. Auf Brachflächen erfolgt die Einarbeitung unverzüglich, spätestens 4 Stunden nach Aufbringung (gem. Düngeverordnung).

- Der **Festmist** von Rindvieh wird größtenteils an Biogasanlagen abgegeben. Im Schweine- und Geflügelbereich wird der Festmist zu 90 % mit den größeren Exaktstreuern, in vielen Fällen von Lohnunternehmen, verteilt. Der Rest wird über kleinere Miststreuer mit Breitverteiler gedüngt. Durchschnittlich wird von den Betrieben im Untersuchungsraum 10 Tage im Jahr Gülle und Mist gedüngt. Die Schwankungsbreite (3 bis 40 Tage) ist hoch.

5.8 Modellierung der N-Depositionen

(Alterra, Wageningen UR (NL) und RIVM, Bilthoven (NL))

Methode

Der atmosphärische Stickstoffeintrag in die Hochmoore des Untersuchungsgebietes wird von einer Vielzahl Faktoren, d. h. von den Eigenschaften der Quelle(n), des Transmissionspfades und des Immissionsortes, bestimmt. Insbesondere in einer Region mit einer hohen Nutztierdichte sind die Ergebnisse von Modellierungen zur großräumigen Verteilung der N-Depositionen, die auf groben Angaben zur Lage und Stärke der N-Quellen basieren, ebenso wie die auf Einzelmessungen beruhenden Daten mit großen Unsicherheiten behaftet.

Gegenstand dieses Moduls ist es daher, die Ammoniakemissionen innerhalb des Untersu-chungsgebietes möglichst genau zu berechnen und auf der Grundlage genauer Standortkenntnisse die Stickstoffdepositionen in den Mooren zu berechnen (=modellieren).

Darüber hinaus soll der Einfluss möglicher landwirtschaftlicher Maßnahmen zur Minderung der NH_3-Emissionen auf die Höhe der N-Depositionen in den Moorgebieten untersucht wer-den. Hierbei handelt es sich u.a. um in den Niederlanden evaluierte Abluftreinigungstechniken zur Reduzierung von NH_3-Emissionen aus Anlagen zur Schweine- und Geflügelhaltung, emissionsreduzierte Rindviehställe, eiweißreduzierte Fütterung sowie emissionsreduzierte Düngung. Die Abluftreinigung und Konstruktion emissionsreduzierter Rindviehställe sind in Deutschland zwar nicht Stand der Technik, unabhängig hiervon sollte jedoch – in einem Szenario – der Einfluss maximaler Minderungsstrategien auf die regionale Belastungssituation und die damit verbundenen Kosten ermittelt werden.

Das für die Berechnung der Stickstoffdepositionen eingesetzte OPS-Modell (Operational Prioritiy Substances) lag in der Version OPS 4.3.12. vor, die erweitert wurde, um auch den deutschen Teil der Naturparkregion abzudecken. Das Modell berechnet die atmosphärischen Prozesse wie Verteilung, Transport, chemische Umsetzung und Deposition für ein großes Schadstoff-Spektrum wie SOx, NOy, NHx und Feinstaub. Das ursprünglich für das niederländische Gebiet ausgelegte Modell wurde hinsichtlich der Rauigkeitslängen und der vorherrschenden Landnutzungen für den deutschen Teil des Untersuchungsgebietes erwei-tert. Die im Modell festgelegte Auflösung von 250 m x 250 m, basierend auf den niederländi-schen LGN 6-Landnutzungskarten (Hazeu, 2010), wurde ersetzt durch eine Rasterauflösung von 1 km x 1 km, basierend auf der europäischen Landnutzungskarte CLC2000 (EEA, 2009).

Ergebnisse

Die modellierte N-Deposition in den Moorgebieten betrug im Jahr 2010 im Mittel 21 kg ha^{-1} a^{-1} mit Werten zwischen 20 kg ha^{-1} a^{-1} in den relativ großen Mooren BV, WM und DM und 29 kg ha^{-1} a^{-1} in den kleineren Mooren TM und NW (Tabelle 6).

Tab. 6: Mittlere Depositionen von NH_x-N , NO_y-N und Gesamt-N im Bourtanger Moor und Bargerveen und ihre Quellen im Jahr 2010. Angaben in kg ha^{-1} a^{-1}.

NH_x-N					**NO_y-N**	**N**
	Tierhaltung	Düngung [1)]	Hintergrund	Gesamt		
Bargerveen (BV)	1.1	1.7	10.2	13	6.6	20
Tausenschrittmoor (TM)	2.5	9.1	11.1	23	6.5	29
Wesuweer Moor (WM)	1.8	3.1	8.7	14	6.6	20
Versener Heidesee (VH)	2.8	6.3	9.7	19	6.7	25
Borkener Paradies (BP)	3.6	9.7	9.3	23	6.6	29
Südliches Versener Moor (SM)	2.4	6.8	9.5	19	6.7	25
Rühler Moor (RM)	2.1	4.3	8.8	15	6.6	22
Meerkolk (MK)	3.9	6.5	8.8	19	6.6	26
Hengstkampkuhlen (HK)	3.3	7.1	9.3	20	6.5	26
Geestmoor (GM)	3.4	5.7	9.5	18	6.7	25
Dalum-Wietmarscher Moor (DM)	2.2	2.7	8.9	13	6.6	20
Neuringer Wiesen (NW)	1.6	9.1	11.2	22	6.6	29
Mittel	**2.6**	**6.0**	**9.6**	**18.2**	**6.6**	**24,7**

[1)] Summe aus Düngung (Mineral-, Wirtschaftsdünger) und Beweidung

Der größte Anteil aus den NH_3-Quellen im Untersuchungsgebiet stammt aus der Anwendung von Wirtschaftsdüngern auf deutscher Seite. Dies sind etwa 13 %, gefolgt von Tierhaltungsanlagen auf deutscher Seite, die ca. 7 % zu den N-Depositionen beitragen. Der niederländische Anteil ist deutlich niedriger. Nur 1,6 % stammen von der Düngerausbringung und nur 0,9 % von der Tierhaltung. Die Unterschiede erklären sich auch durch die insgesamt deutlich niedrigere Zahl der in Betrieb befindlichen niederländischen Stallanlagen (75 gegen über 566) innerhalb des UG+. Über 45% der Stickstoffdepositionen im Naturpark Bourtanger Moor-Bargerveen stammen aus Ammoniakquellen außerhalb des Untersuchungsgebietes und ca. 32 % der Stickstoffdeposition resultieren aus NO-Quellen (z.B. Verkehr, Industrie); in der Summe also 77%.

Zur Überprüfung der Datenqualität wurden die modellierten Werte (NH_3-Konzentrationen, N-Depositionen) mit den an 11 verschiedenen Orten durch Messungen ermittelten Daten verglichen. Die Mittelwerte der über beide Ansätze ermittelten NH_3-Konzentrationen liegen auf sehr ähnlichem Niveau. Mit 5,2 µg m^{-3} lagen die modellierten NH_3-Konzentrationen deutlich über den gemessenen Werten von 4,µg m^{-3}.

6 Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen

Der Internationale Naturpark Bourtanger Moor-Bargerveen liegt in einer Region mit überdurchschnittlicher Tierhaltungsintensität. Die enge Nachbarschaft der stickstoffempfindlichen Ökosysteme „Hochmoor“ zu den zahlreichen landwirtschaftlichen NH_3-Punkt- und Flächenquellen erfordert verträgliche Lösungsansätze für Landwirtschaft und Moorschutz.

Durch die Vielzahl der angewandten Methoden und die grenzüberschreitende Herangehensweise wurde in dieser Studie eine in Deutschland bislang einmalige, valide und detaillierte Datengrundlage geschaffen, die es ermöglicht, die nachfolgenden Handlungsempfehlungen zur Verringerung der Immissionsbelastung zu entwickeln. Einige der Maßnahmen sind rechtlich geregelt (in Deutschland z.B. BauGB, BImSchG; DüVo , RdErl d. MU, d. MS u. d. ML v. 22.3.2013), weshalb darüber hinaus gehenden Anforderungen nur über freiwillige Vereinbarungen entsprochen werden kann. Derartige Vereinbarungen über konkret durchzuführende Maßnahmen sollen insbesondere der Landwirtschaft Entwicklungen ermöglichen und gleichzeitig Umweltbelastungen reduzieren. Speziell die 23% N-Immissionen gilt es dabei ins Auge zu fassen und mit landwirtschaftlichem Sachverstand konkrete, wirkungsvolle und möglichst zeitnah umzusetzende Maßnahmen zu benennen.

Handlungsempfehlungen

1. Konsequente Umsetzung der guten fachlichen Praxis bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern:

a. Ausbringung von Wirtschaftsdüngern bei feuchter und/oder kühler Witterung
b. Einarbeitung der Wirtschaftsdünger innerhalb kürzester Zeit im selben Arbeitsgang oder Parallelverfahren
c. vollständiger Verzicht von Breitverteilern zugunsten bodennaher Ausbringung (z.B. Schleppschlauch)
d. verstärkter Anbau von Zwischenfrüchten

2. Einsatz weiterer emissionsmindernder Verfahren zur Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, Abdeckung von Güllelagern:

Die effizientesten Maßnahmen sind mit jährlich 2,30 Euro pro reduziertes kg NH_3 die emissionsoptimierte Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (Injektionsverfahren). Auf deutscher Seite des Untersuchungsgebietes lassen sich durch Gülleeinarbeitung etwa 70% des gesamten Reduktionspotenzials erreichen. Wegen der sehr bodennahen Freisetzung von NH_3 sind die an gedüngte Flächen angrenzenden Moorflächen besonders betroffen. Daher ist der Einsatz dieser Maßnahmen im Umkreis von 1 km der Moore am effektivsten.
Auch die Abdeckung von Güllelagern ist mit 2,70 Euro kg NH_3 a^{-1} vergleichbar wirkungsvoll und sollte, beginnend in der Nähe zu den Hochmooren, durch Zeltdächer oder ähnliche Systeme vorgenommen werden.

3. Der Einsatz von Abluftreinigung und der Bau emissionsreduzierter Rinderställe:

Der Einsatz von Abluftreinigung und der Bau emissionsreduzierter Rinderställe gelten aufgrund ihrer geringen Effizienz (7 € kg NH_3 a^{-1} kg^{-1} NH_3 a^{-1} bzw. 12 € kg NH_3 a^{-1} kg^{-1} NH_3 a^{-1}) und des geringen Beitrags zur Gesamtbelastung nur als mittelfristiges Ziel für die Emissionsminderung von Neubauten. Die Nachrüstung der im Gebiet zahlreichen kleinen Stallanlagen mit Abluftreinigungsanlagen ist deutlich teurer als in der vorgenannten pauschalen Schätzung, so dass diese Technik lediglich für größere Stallanlagen realisierbar und im Nahbereich (<500 m) der Hochmoore zweckmäßig ist.

Auf deutscher Seite kommen dafür zurzeit nur die für Schweineställe (geregelt in einem Erlass niedersächsischer Ministerien: RdErl d. MU, d. MS u. d. ML v. 22.3.2013) und Stallanlagen für die Hähnchenkurzmast zertifizierten Abluftreinigungsanlagen infrage.

4. Landschaftspflegemaßnahmen:

Durch Mahd, Entkusselung und Rodung können erhebliche N-Mengen aus den Hochmooren entfernt und die N-Deposition gesenkt werden. Die Landschaftspflegemaßnahmen sind dort am effektivsten, wo bereits ein erhöhter Verbuschungsgrad in den Mooren eingesetzt hat. Dabei sind die gebietsspezifischen Naturschutzbestimmungen zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass diese Maßnahmen zu einer Minderung der NH_3-Emission und N-Immissionsbelastung beitragen können. Sie werden aber, aufgrund der hohen Hintergrundbelastung, nicht ausreichen, um die N-Deposition in der Region auf das Niveau der critical loads zu verringern. Dennoch sollte auf kooperativer, freiwilliger Basis eine Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen angestrebt werden, um alle Möglichkeiten zur erforderlichen Emissionsminderung auszuschöpfen.

Landkreis Emsland
Ordeniederung 1 • 49716 Meppen

internationaler naturpark
bourtanger moor – bargerveen

LEAD-Partner: Int. Naturpark Moor
Tel.: +49 (0)5931 - 44 22 77 • www.naturpark-moor.eu

Unterstützt durch/ Mede mogelijk gemaakt door:

INTERREG Deutschland Nederland

INTERREG - Grenzregionen gestalten Europa
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung der Europäischen Union
INTERREG - Grensregio's bouwen aan Europa
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling van de Europese Unie

Niedersächsisches Ministerium
für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

provincie Drenthe

EDR

www.deutschland-nederland.eu