

Futterbau in Niedersachsen im Spannungsfeld zwischen Produktionsfunktion und landschaftsökologischen Funktionen

Johannes Isselstein¹, Matthias Benke², Gerd Lange², Manfred Kayser¹

¹ Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität Göttingen

² Landwirtschaftskammer Niedersachsen

1. Einleitung

Die Landnutzung mit dem Ziel der Futtererzeugung unterliegt in Deutschland aber auch in Europa einem starken Wandel. Produktionsrichtung, Produktionsumfang und Produktionssysteme passen sich kontinuierlich an geänderte Rahmenbedingungen an (BMVEL 2010). Diese werden maßgeblich geprägt durch Preis-Kostenrelationen der vom Futterbau abhängigen Tierhaltung bzw. Bioenergieerzeugung, durch Opportunitätskosten anderer, vor allem ackerbaulicher Landnutzungsformen (Marktfruchtbau), aber auch durch die Kostenstruktur des Futterbaus selber. Die futterbauliche Landnutzung wird zusätzlich und in zunehmendem Maße durch weitere Größen gesteuert, die die von der Gesellschaft geforderten nicht marktfähigen Leistungen der Fläche betreffen. Hierzu zählen landschaftsökologischen Leistungen wie der Erhalt und die Entwicklung biotischer Diversität, die verlustarme und effiziente Nährstoffnutzung, die Reinhaltung von Grund- und Oberflächenwasser, der Schutz der Böden, insbesondere der Erhalt seiner Puffer- und Umsetzungsfunktionen, und die Bindung klimarelevanter Gase in Biomasse und Boden. Weiterhin soll die Attraktivität der Agrarlandschaft für erholungssuchende BürgerInnen gesichert und entwickelt werden. Diese Faktorenkonstellation und die davon abhängigen Produktionsprozesse ändern sich standortabhängig. Dabei spielen sich ändernde klimatische Voraussetzungen bisher offensichtlich noch keine entscheidende Rolle; der antizipierte Klimawandel könnte mittel- bis langfristig aber zu einer weiteren wichtigen Steuerungsgröße für den Futterbau werden.

Die Gewährleistung der vielfältigen Funktionen der landwirtschaftlichen Nutzfläche ist - weltweit gesehen - eine Überlebensfrage der Menschheit. Eine nachhaltige Landnutzung hat die Sicherung der Vielfalt der Funktionen der Fläche zum Ziel. Bezogen auf Deutschland oder Europa können unbefriedigende Leistungen der Fläche zum Teil kompensiert werden, indem beispielsweise die Produktionsfunktion durch den Zukauf von Ressourcen (Futtermittel) auf globalen Märkten ganz oder teilweise ersetzt wird (vgl. auch Taube et al.

2011). Letztlich sind solche Kompensationen auch Ausdruck nicht gelöster oder schwer zu lösender Zielkonflikte. Je größer die verschiedenen Anforderungen an die Fläche werden umso größer ist die Wahrscheinlichkeit zunehmender Zielkonflikte.

Ziel des vorliegenden Beitrages ist es, Veränderungen der futterbaulichen Erzeugung und der Produktionsbedingungen darzustellen, Zielkonflikte zu analysieren und Möglichkeiten der Integration der verschiedenen Anforderungen an die futterbauliche Fläche zu untersuchen. Dies geschieht schwerpunktmäßig am Beispiel des Bundeslandes Niedersachsen. Niedersachsen bietet sich für eine solche Betrachtung an, nicht nur weil es Gastland der diesjährigen Grünlandtagung ist, sondern weil Produktionsumfang und Produktionsintensität des Futterbaus im Vergleich zu anderen Bundesländern hoch sind und hohe Flächenkosten und Flächenkonkurrenz die Lösung von Zielkonflikten erschweren. Ein Fokus wird auf das Grünland gelegt. Dieses hat eine große flächenmäßige Bedeutung in Niedersachsen und die landschaftsökologischen Anforderungen haben ein größeres Gewicht als im Ackerbau; im Allgemeinen sind daher Zielkonflikte markant ausgeprägt.

2. Dynamik der futterbaulichen Erzeugung und der Rahmenbedingungen

Der Flächen- und Produktionsumfang des Futterbaus unterliegt einem kontinuierlich starken Wandel. Betrachtet man alle Kulturen, die der Rauhfuttererzeugung dienen, so ist ein Rückgang im Anbauumfang festzustellen. Dabei gibt es jedoch erhebliche Verschiebungen zwischen den verschiedenen Kulturen. In Abbildung 1 ist der Flächenumfang von Dauergrünland, Mais und Feldgras (einschließlich Klee gras) dargestellt. In Niedersachsen sind die Veränderungen der letzten 20 Jahre wesentlich stärker ausgeprägt als im gesamten Bundesgebiet. So nahm in Niedersachsen der Maisanteil um fast 70% zu, im Bundesgebiet jedoch nur um etwa 30%. Im gleichen Zeitraum ging der Anteil Dauergrünland im Bund um etwa 7, in Niedersachsen um deutlich über 20% zurück. Während bei Feldgras (einschließlich Klee gras) der Anbauumfang im Bund leicht abnahm, stieg er in Niedersachsen um den Faktor drei an. Insgesamt verlagerte sich damit die Rauhfuttererzeugung vom Grünland auf den Acker. Dieser Befund ist Ausdruck für die veränderten Ansprüche der Landwirtschaft an die Rauhfuttererzeugung. Maßgeblich hierfür sind einerseits veränderte Produktionsleistungen v.a. bei den Wiederkäuern, zum anderen ist es der zunehmende Bedarf von Biomasse für die Biogaserzeugung.

In Abbildung 2 ist am Beispiel von Niedersachsen gezeigt, wie sich in den zurückliegenden Jahren wesentliche Kenngrößen der Leistung und Struktur der Milcherzeugung verändert haben. Die Milcherzeugung wird hier gewählt, da sie den höchsten ökonomischen

Stellenwert bei der Rohfuttermittelverwertung innehat. Während die gesamt erzeugte Milchmenge und auch der Auszahlungspreis für die Milch im Trend nahezu unverändert sind (Milchmenge) bzw. leicht abnehmen (Milchpreis) sind bei allen anderen Kenngrößen klare entweder stark negative (Anzahl Milchvieh-haltende Betriebe, Anzahl Kühe in Niedersachsen) oder stark positive Trends (Anzahl Kühe je Betrieb, Milchleistung je Kuh) zu erkennen. Vor allem die individuellen Milchleistungen sind offensichtlich eine wichtige Triebfeder für die dynamische Entwicklung bei den Futterflächen. Bei insgesamt hoher Viehdichte besteht insbesondere in Niedersachsen unter den Bedingungen hoher Flächenkosten und einer starken Flächenkonkurrenz die Notwendigkeit, die mengenmäßige Futtererzeugung und die Futterqualität gleichzeitig zu steigern. Aufgrund des ausgeprägten Konfliktes zwischen Masse und Futterqualität ist das stärkere Ausweichen auf den Ackerfutter- und insbesondere den Maisanbau daher eine logische Konsequenz.

Eine weitere wichtige Ursache für die Entwicklung der statistischen Kenngrößen ist die starke Zunahme der Biogasproduktion. In Niedersachsen liegt der Flächenbedarf der Biomasseerzeugung für Biogasanlagen bei fast 10% der landwirtschaftlichen Nutzfläche. In einzelnen Landkreisen liegt dieser Wert bereits bei deutlich über 20% (NMELV 2010). Bereits über 30% des Maisanbaus dient der Energiemaisproduktion.

Die durch diese Veränderungen bedingte starke Betonung der Produktionsfunktion der futterbaulich genutzten landwirtschaftlichen Fläche macht deutlich, dass sich die Zielkonflikte zwischen der Produktion von Futter und Biomasse und der ‚Erzeugung‘ landschaftsökologischer Leistungen erheblich verschärfen.

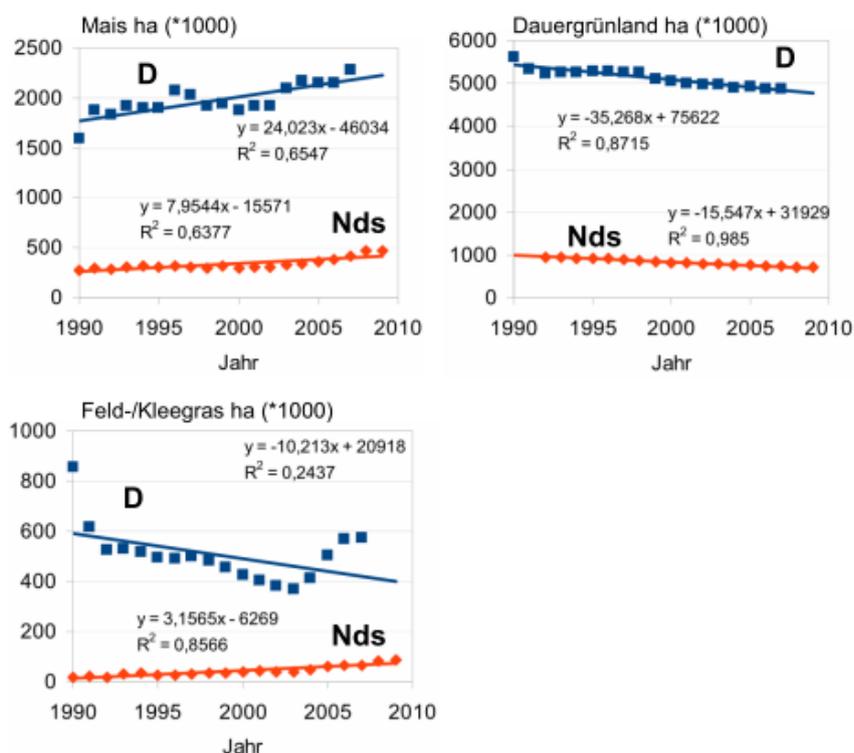


Abb. 1: Entwicklung des Flächen- bzw. Anbauumfangs von Mais (Körner- und Silomais), Dauergrünland und Feld- und Klee gras im gesamten Bundesgebiet (D) sowie in Niedersachsen (Nds) (Statistisches Bundesamt Deutschland, Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen)

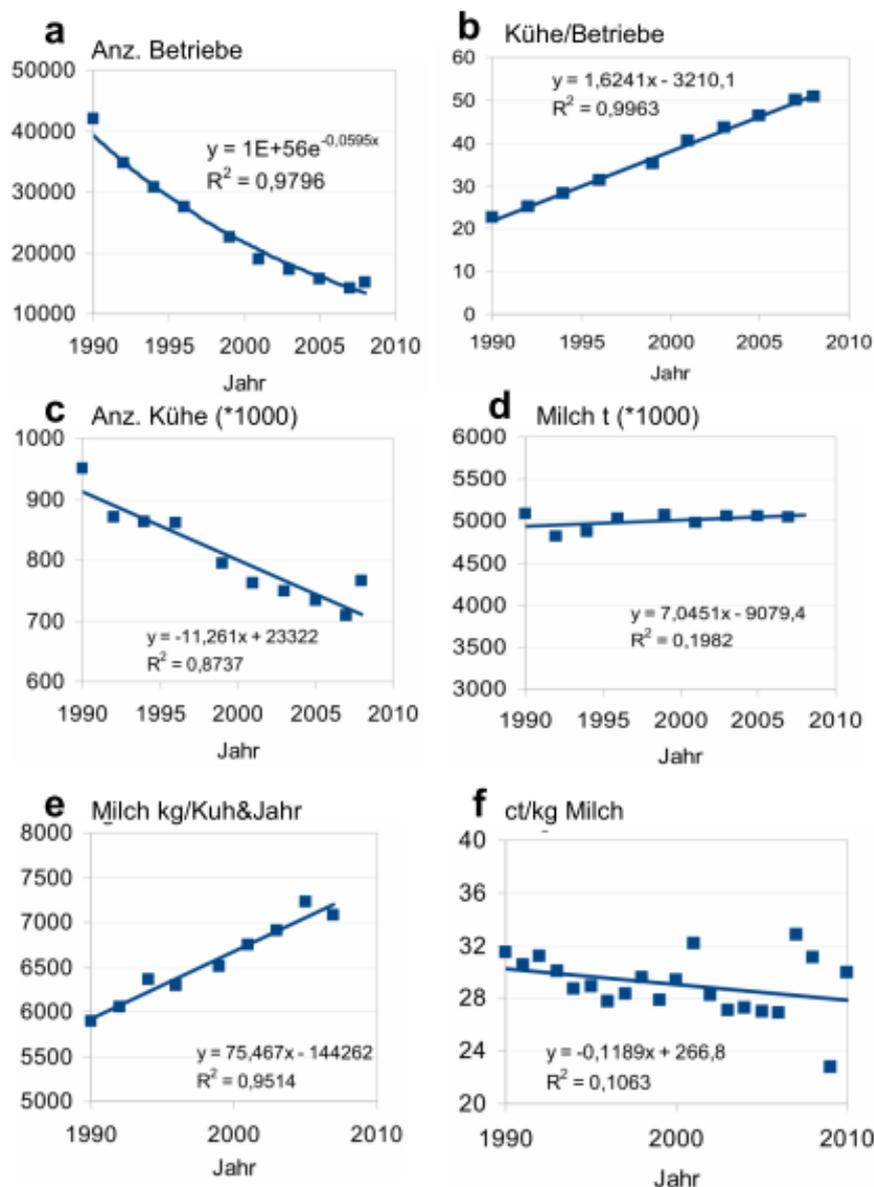


Abb. 2: Entwicklung der Milcherzeugung und der Produktionsstrukturen in Niedersachsen.

a) Anzahl Milchviehhaltender Betriebe, b) Anzahl Kühe je Milchviehbetrieb, c) Anzahl Kühe in Niedersachsen, d) Milchanlieferung in Niedersachsen, e) durchschnittliche Milchmenge je Kuh und Jahr, f) Auszahlungspreis für Milch (Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen).

3. Zielkonflikte Produktionsfunktion vs. landschaftsökologische Funktionen

Biotische Vielfalt am Beispiel der Grünlandvegetation

In Deutschland und auch in Niedersachsen hat das Grünland einen sehr hohen Stellenwert für die Biodiversität. Ein Drittel der heimischen Gefäßpflanzenflora kann dem Grünland zugeordnet werden. Begründet ist dies durch die Vielfalt der Standortbedingungen, unter denen Grünland anzutreffen ist, kombiniert mit einer Vielzahl traditionell extensiver Nutzungsformen (Isselstein et al., 2005). Die Intensivierung der Grünlandwirtschaft im letzten Jahrhundert hat zu einer Vereinheitlichung der Standortbedingungen und auch der Nutzungssysteme geführt mit der Folge des Artenverlustes und erheblicher Umschichtungen der Vegetationszusammensetzung. Die für Niedersachsen typische große Variabilität der

Standort- und insbesondere Bodenbedingungen des Grünlandes spiegelt sich bei intensiver Wirtschaftsweise kaum mehr in der Vegetation wieder. Zwar sind Moor-, Marsch- und Geestgrünland durch die oftmals unterschiedlichen Dominanzverhältnisse der futterbaulich wichtigen Arten noch zu differenzieren; die nicht angesäten, boden- und standortstypischen Arten sind aber rar. Vor allem viele so genannte Spezialisten, also Pflanzenarten, die bei einer stärkeren Begrenzung der Verfügbarkeit von Wachstumsfaktoren oder bei Wasserüberschuss vorkommen, sind in ihrem Bestand gefährdet. Eine Verbesserung der Wachstumsbedingungen etwa durch ein erhöhtes Nährstoffangebot oder durch die Regelung der Wasserverhältnisse begünstigt Pflanzenarten, die Ressourcen effizient nutzen und in Biomasse umsetzen können (sog. Konkurrenzstrategen, C-Strategen), während ungünstige Wachstumsbedingungen (z.B. anhaltender Nährstoffmangel) Pflanzenarten begünstigt, die Stress tolerieren (Stresstoleranz-Strategen, S-Strategen). Dominieren im Grünland C-Strategen, dann sind die Bestände eher artenarm, dominieren dagegen S-Strategen, sind sie eher artenreich (Marini et al. 2007). Entsprechend ist Grünland auf fruchtbaren Standorten und unter dem Einfluss einer erhöhten Stickstoffdüngung artenärmer als unter marginalen Bedingungen. In einer Untersuchung von Dauergrünlandflächen in Süd-Niedersachsen konnten Klimek et al. (2007) bestätigen, dass produktive Standortbedingungen, die u.a. auch an den pflanzenverfügbaren Phosphatmengen im Boden festgemacht werden können (Critchley et al. 2002), und insbesondere der Umfang der Stickstoffdüngung die Artenvielfalt im Grünland begrenzen (Abb. 3). Zugleich wurde aber auch festgestellt, dass moderate Stickstoffdüngung und Artenvielfalt sich nicht grundsätzlich ausschließen. Hier wird deutlich, dass weitere Faktoren die Diversität beeinflussen. Eine wichtige Größe ist die Art und Intensität der Nutzung.

Die enge Verbindung von Artenvielfalt und Grünlandnutzung eröffnet Möglichkeiten der gezielten Förderung der Vielfalt durch landwirtschaftliche Nutzung. Studien haben gezeigt, dass auf moderat intensiv bewirtschaftetem Grünland die Artenvielfalt bei Beweidung größer ist als bei einer reinen Schnittnutzung (Abb. 4). Vor allem seltenere Arten kommen offensichtlich mit einer größeren Wahrscheinlichkeit auf Weiden vor. Das gilt sowohl für den Vergleich einzelner Schläge als auch für die Summe der auf Weiden bzw. Wiesen in einer Region vorkommenden Arten (Klimek et al., 2008). Die Ursache für diesen Befund liegt darin, dass Weidetiere durch das selektive Grasens, durch Tritt sowie durch räumlich konzentrierte Nährstoffrückführung über die Exkremente die Heterogenität der Wachstumsbedingungen in einer Grasnarbe erhöhen. Konkurrenzstarke Futtergrasarten werden durch den Verbiss

durch die Weidetiere in ihrer Kampfkraft geschwächt, unterlegene und weniger präferierte Arten haben damit verbesserte Entwicklungsmöglichkeiten.

Es ist vielfach belegt, dass Rinder und Schafe auf der Weide aufgrund der in der Regel hohen Verdaulichkeit des angebotenen (und überwiegend jungen) Futters und der Möglichkeit der Futterselektion hohe Grundfutterleistungen erzielen können. Die Ausweitung der Weidewirtschaft auch für intensivere Produktionssysteme könnte damit eine Möglichkeit sein, akzeptable Produktionleistungen zu erzielen und gleichzeitig eine größere Artenvielfalt als in reinen Schnittsystemen zu erreichen.

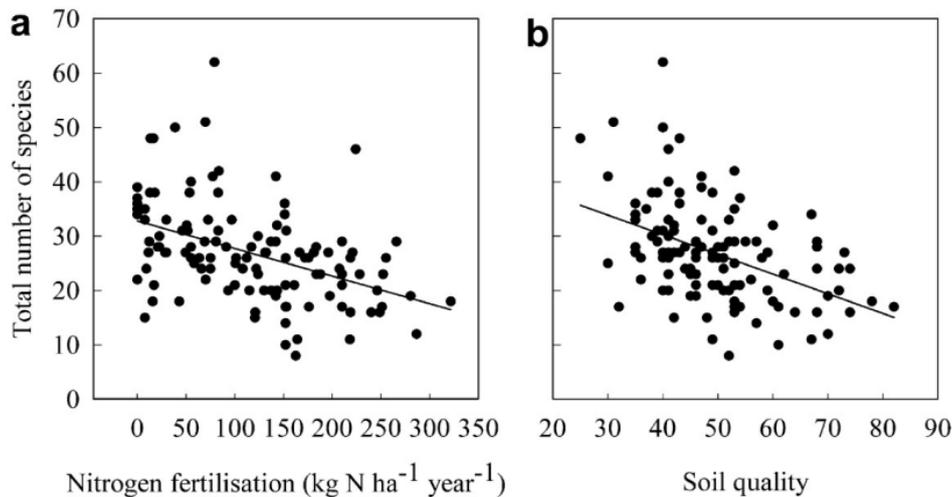
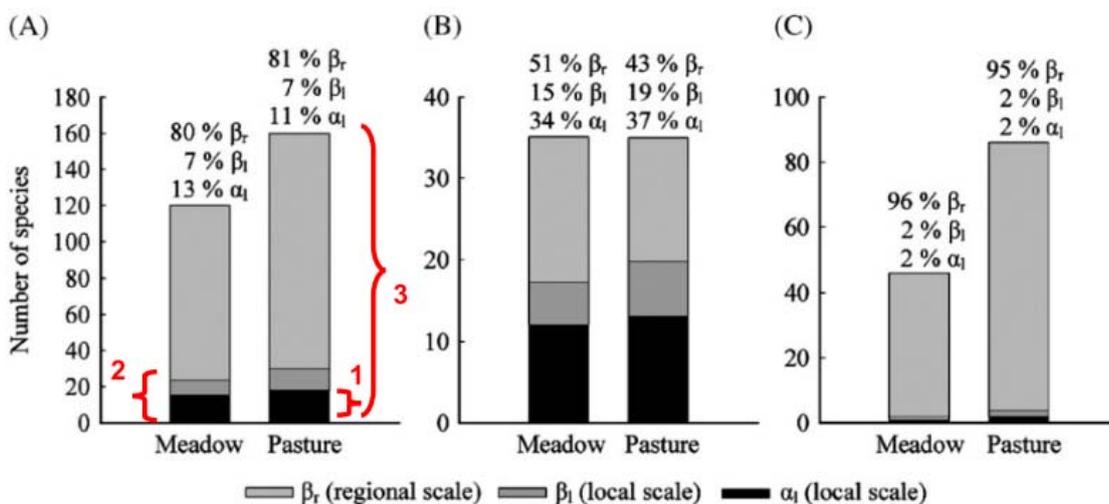


Abb. 3: Einfluss von (a) Stickstoffdüngung und (b) Bodenqualität (Ackerzahl) auf die Pflanzenartenvielfalt von Dauergrünland, Untersuchung an 120 Grünlandschlägen im Landkreis Northeim (Klimek et al., 2007)



1=12,6m², 2=Schlag, 3=Region

Abb. 4: Einfluss der Skalenebene auf den Pflanzenartenreichtum von Wiesen und Weiden im Landkreis Northeim; n=60 (30 Wiesen/30 Weiden); A=alle Arten, B=gewöhnliche Arten, C=seltene Arten (Klimek et al. 2008)

Für den wirksamen Erhalt der Vielfalt im Grünland reicht die Betrachtung der einzelnen Fläche aber nicht aus. Vielmehr muss der landschaftliche und betriebliche Kontext einbezogen werden. In einer Analyse von Milch- und Fleisch-erzeugenden Betrieben in der landwirtschaftlichen Praxis in Süd-Niedersachsen prüften Stroh et al. (2009) die Hypothese, dass die Phytodiversität des Grünlandes auf der Betriebsebene im Milchviehbetrieb nicht geringer ist als im Mutterkuhbetrieb, auch wenn die Bewirtschaftungsintensität in der Milcherzeugung generell höher ist. Tatsächlich wurde festgestellt, dass im Mittel der Grünlandflächen eines Betriebes (α -Diversität) die Pflanzenartenvielfalt auf den Mutterkuhbetrieben größer war als auf den Milchkuhbetrieben. In Bezug auf die Summe der Pflanzenarten des Grünlandes eines Betriebes (γ -Diversität) bestanden hingegen keine Unterschiede. Das bedeutet, dass auch Milchviehbetriebe artenreicheres Grünland verwerten können, z.B. über die niederleistenden Tiere wie Färsen und trockenstehende Kühe.

Nährstoffflüsse

Nährstoffflüsse in futterbaulichen Systemen sind ein Kernbereich für die Beurteilung ihrer Nachhaltigkeit. Eine umfassende Analyse und Bewertung erfordert die Berücksichtigung eines komplexen Faktorengefüges auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalenebenen. In diesem Beitrag kann nur ein Ausschnitt der Problematik angesprochen werden.

Grundsätzlich zeichnet futterbauliche Systeme aus, dass große Nährstoff- insbesondere Stickstoff- und Kalium-Mengen umgesetzt aber nur geringe Mengen durch die Verkaufsprodukte Milch und Fleisch aus dem System abgeführt werden. Auf der Betriebsebene ist die Nährstoffeffizienz damit davon abhängig, wie gut es gelingt, die im System Boden-Pflanze-Tier umgesetzten aber nicht mit den Verkaufsprodukten aus dem Betrieb abgeführten Nährstoffe verlustarm zirkulieren zu lassen. Verluste mindern die Rentabilität der Produktion, als Emissionen aus dem Agrarökosystem tragen sie häufig zur Verschlechterung der Umweltqualität, d.h. zur Belastung von Atmosphäre und Gewässern bei. Das Ausmaß solcher Verluste ist in hohem Maße bewirtschaftungsabhängig. Im Folgenden sollen daher Beispiele für den Bewirtschaftungseinfluss auf Verluste gezeigt werden. Dabei geht es wegen seiner sehr reaktiven chemischen Bindungsformen in der Umwelt um Stickstoff.

Für Grünland kann grundsätzlich gesagt werden, dass es infolge der ganzjährig vorhandenen Vegetationsdecke und des sofort einsetzenden Wachstums der Grasnarbe sobald die Temperaturen drei bis fünf °C überschritten haben, über gute Voraussetzung für eine

effiziente Stickstoffnutzung verfügt. Um den Einfluss der Bewirtschaftung auf die Stickstoffeffizienz beurteilen zu können, ist das Grünlandssystem zusammen mit der daran gekoppelten Tierhaltung zu betrachten.

Die grünlandbasierte Tierproduktion reicht von einer eher extensiven, fast ganzjährigen, Weidehaltung auf Dauergrünland bis zu einer intensiven reinen Stallhaltung und ausschließlicher Schnittnutzung von Dauergrünland und Ackergras. Dabei sind die Verlustpfade N Auswaschung und gasförmige Emissionen, vornehmlich NH_3 und N_2O , unterschiedlich ausgeprägt. Die bei der Stallhaltung und der Ausbringung von Wirtschaftsdünger entstehenden NH_3 Verluste, stehen in der Regel einer relativ geringen N Auswaschung gegenüber (Benke 1992; Anger 2001). Eine Erhöhung der Effizienz kann hier vor allem durch technische Lösungen bei der Lagerung und Ausbringung erreicht werden (Anger und Kühbauch 1999). Cuttle und Jarvis (2005) berichten von höheren NH_3 Verlusten im Stall gegenüber der Ausbringung. Bei Weidehaltungssystemen sind erhöhte N Auswaschungen, bedingt durch die hohen N Einträge an Exkrementflecken unvermeidbar und lassen sich recht gut anhand der zu erwartenden Harnausscheidungen der Tiere abschätzen. Neben der Aufnahme von N in die Pflanze und der N-Auswaschung sind NH_3 -Verflüchtigung, Denitrifikation und mikrobielle N-Immobilisation weitere Verlustpfade bzw. Senken für die N-Ausscheidungen. Je später in der Weidsaison, je höher die Besatzstärke und die zusätzliche mineralische und organische Düngung mit N, umso größer ist in der Regel die Gesamtbelastung des Systems durch N Auswaschung (Benke 1992, Landwehr 2002; Wachendorf et al. 2006a, b; Kayser et al. 2008c). Auch die Verluste durch N_2O sind bei Weidegang in der Regel höher als bei Schnittnutzung unter sonst gleichen Bedingungen (Oenema et al. 1997). Die Minderung von N Verlusten bei Weidesystemen ist eher durch Veränderungen in der Bewirtschaftung zu erreichen. Durch angepasste N Düngung und die Kombination von Schnitt und Weidegang sowie durch die zeitliche Anordnung des Nutzungswechsels kann die Nitratauswaschung aber auch die Entstehung von N_2O reduziert werden (Landwehr 2002; Anger et al. 2003) (Tab. 1).

Tab. 1: Einfluss der N-Versorgung (WKL = Weißklee-basiert, KAS 320 = Mineraldünger-basiert, 320 kg/ha u. Jahr) und des Weidesystems (Mahdanteil und Mahdzeitpunkt, WW=Weide/Weide in 1. Hälfte/2.Hälfte der Vegetationsperiode, WS=Weide/Mahd, SW=Mahd/Weide) auf die Weideleistung von Färsen und die NO₃-Auswaschung über Winter einer Rinder-Mähweide, Mittel aus drei Jahren (Landwehr 2002)

	WKL			KAS 320		
	WW	WS	SW	WW	WS	SW
Weide-Ertrag [dt TM ha ⁻¹]	78	67	83	104	101	92
Weidefutteraufnahme [dt ha ⁻¹]	51	27	22	64	41	19
Weidetage [GV ha ⁻¹]	526	318	218	680	444	231
Herbst N _{min} -Gehalt [kg ha ⁻¹]	57	29	46	107	69	81
davon NO ₃ -N [kg ha ⁻¹]	34	15	21	91	59	69
NO ₃ ⁻ -N Auswaschung [kg ha ⁻¹]	40	14	30	94	71	84
NO ₃ ⁻ -N Konzentration [mg l ⁻¹]	12	4	9	28	21	25

Ein erhebliches Risiko für Nitratauswaschung geht vom Umbruch von Dauergrünland aus. Dabei ist jedoch zu unterscheiden zwischen dem Grünlandumbruch zur nachfolgenden ackerbaulichen Nutzung, und damit einer langfristigen Landnutzungsänderung, und dem Umbruch zur Regeneration der Grasnarbe. Die Neuanlage von Grasland durch Zerstörung der Grasnarbe zeigt eher kurzfristig das Potential für höhere N Auswaschungen, die vom Zeitpunkt des Umbruchs und der N Düngung abhängig sind und wirksam abgemildert werden können (Abb. 5, Seidel et al. 2007; Seidel et al. 2009). Die Umwidmung von Grünland in Ackerland ist ein drastischer Einschnitt. Neben nahezu unvermeidlich erhöhten N Auswaschungen entstehen auch klimarelevante Verluste an C und anderen klimarelevanten Gasen (Kayser et al. 2008a, b; Wegener 2006). Langfristig ist ein erhöhtes Mineralisierungspotential zu erwarten, was eine wenigstens mittelfristig angepasste Bewirtschaftung, reduzierte N Düngung, reduzierte Bodenbearbeitung und den Einsatz von Zwischenfrüchten erfordert, um N und C Emissionen zu mindern (Kayser et al. 2008a ; Vertes et al 2007). Das ist in der Praxis oftmals nicht gewährleistet, da die Landnutzungsänderung in der Regel mit einer Intensivierung der Produktion für Futter, Marktfrüchte oder dem Maisanbau zur Biogaserzeugung gekoppelt ist.

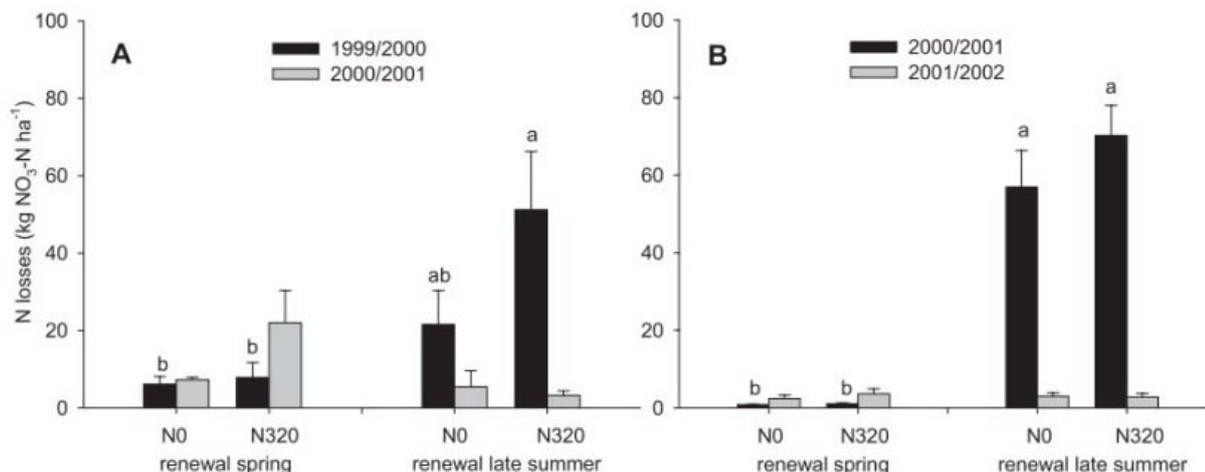


Abb. 5: Einfluss des Umbruchzeitpunkt von Grünland zur Regeneration (Frühjahr oder Spätsommer) und nachfolgender N-Düngung auf die NO₃-N Verluste mit dem Sickerwasser im Winterhalbjahr (Seidel et al. 2008)

Wie oben dargestellt, hat der Anteil der mit Mais bestellte Fläche in Deutschland in den letzten Jahren stetig zugenommen, ein Trend, der sich voraussichtlich fortsetzen wird. Die Zunahme des Silomaisanbaus 1999–2007 deckt sich weitgehend mit der Zunahme der Ackerfläche in diesem Zeitraum. Generell ist Mais in der Lage mineralischen und organischen Stickstoff gut auszunutzen, wenn das Angebot in der Höhe und zeitlichen Verteilung die begrenzte Aufnahmekapazität nicht überschreitet. Dabei sind die an sich wirksamen Steuerungsmechanismen wie Begrenzung der N Düngung und Einsatz von Untersaat und Zwischenfrüchten nur wirksam solange nicht zusätzlich größere Mengen an N aus dem Boden durch Mineralisierungsvorgänge bereitgestellt werden (Richards et al. 1999; Kayser et al. 2011). Die N Auswaschungsverluste bei Maisanbau streuen dementsprechend erheblich: während Wachendorf et al. (2006b) durch angepasste N Düngung und Einsatz von Untersaaten niedrige N Verluste von weniger als 30 kg N/ha erreichen konnten, fanden Kayser et al. (2011) auf einem stark mineralisierenden Standort nur geringe Reaktionen auf eine Einschränkung der N Düngung und eine hohe Auswaschung von 86-152 kg N/ha im Winterhalbjahr.

Die bislang weitgehende Konzentration auf Mais für die Erzeugung von Biogas stößt zunehmend an Grenzen auch in der Akzeptanz der Bevölkerung, wenn das Landschaftsbild deutlich verändert wird. Über den Anbau alternativer Pflanzen und den Einbau von Mais in Fruchtfolgen können negative Aspekte des Maisanbaus abgemildert werden (Benke und Kayser 2009; Wilking und Kayser 2010). Versuche haben gezeigt, dass durch die Einbettung in Fruchtfolgesystemen mit Gras und Kleegrass und eine angepasste N Düngung, Mais

effizient und ressourcenschonend angebaut werden kann (Kalmlage et al. 2010). Die Abschätzung der zu erwartenden Mineralisierung für eine vorsorgliche Absenkung der Düngergabe ist allerdings nicht unproblematisch.

Kohlenstoffbindung

Die Bindung von organischem Kohlenstoff im Boden wird als eine wichtige Vermeidungsstrategie der Anreicherung des klimarelevanten CO₂ in der Atmosphäre angesehen. Da das Ausmaß der C-Bindung in hohem Maße durch die Landnutzung beeinflusst wird, ist die Landwirtschaft hier vorrangig gefordert.

Viele Untersuchungen stimmen darin überein, dass bis zu 40% der oberirdischen Biomasseproduktion, das sind etwa 1-3 t C/ha, jährlich dem Boden zurückgeführt werden (Vertes et al. 2007). Die Rate und die Dauer der Akkumulation von organischer Substanz im Boden von Grasland sind abhängig vom Ausgangsgehalt an C und N und werden weiter variiert durch den Nährstoffinput, die Bodenart, das Klima und insbesondere den Bodenwasserhaushalt. Im Hinblick auf die Bewirtschaftung ist aber vor allem die Häufigkeit des Eingriffs in den Boden entscheidend. Aufgrund der Bodenruhe und der ganzjährige Vegetationsbedeckung des Bodens speichern Grünlandstandorte relativ große Mengen an organischem Kohlenstoff. Daher gilt der Erhalt und die Anlage von Grünland als eine wichtige Klimaschutzstrategie. In mehreren jüngeren Untersuchungen und Metastudien konnte gezeigt werden, dass die jährlichen Raten der Kohlenstoffbindung im Boden im Grünland mindestens doppelt so hoch sind wie im Ackerland (Goidts und van Wesemae, 2007, Billen et al. 2009). Dabei spielt es allerdings eine Rolle, wie lange eine bestimmte Art der Nutzung auf einer Fläche durchgeführt wurde bzw. ob es einen Nutzungswechsel gab (Abb. 6).

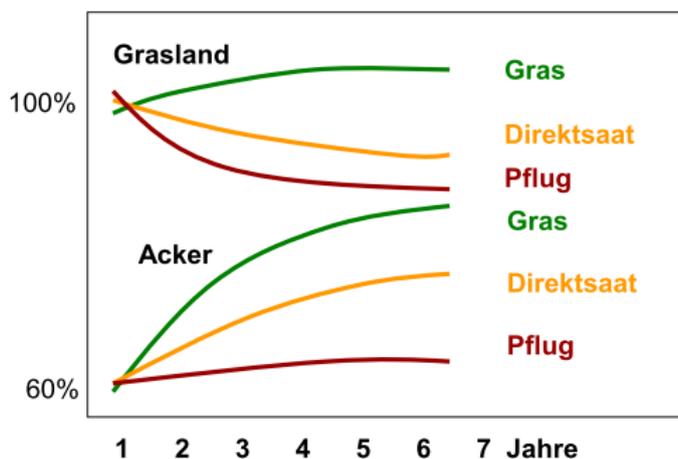


Abb. 6: Veränderung im organischen Kohlenstoff im Boden in Abhängigkeit von der Bodennutzung auf einem Lehmstandort bei Göttingen (nach Lawane 1984)

Aus der Perspektive Niedersachsens haben Wechselwirkungen zwischen der Bindung von C im Boden und der Bodenart eine besondere Relevanz. Die Umwidmung der Nutzung von Grünland zu Acker birgt auf Böden mit hohen C-Mengen (v.a. Hoch-, Niedermoor, anmoorige und humose Sandstandorte) ein besonderes Emissionsrisiko.

Auch wenn im Grünland grundsätzlich mehr klimarelevante Gase im Boden gebunden werden als im Ackerland, so muss jedoch die Freisetzung solcher Gase keineswegs geringer als im Ackerland sein. Vielmehr finden sich unter Praxisbedingungen erhebliche Schwankungsbreiten, die sowohl mit dem Standort als insbesondere auch mit der Bewirtschaftung des Grünlandes zusammenhängen. Zu berücksichtigen sind der Mechanisierungsgrad der Grünlandwirtschaft, die Art der Grünlandnutzung sowie Art und Umfang der Stickstoffdüngung. Die Kohlendioxidmenge, die durch Grünlandwirtschaft freigesetzt wird, hängt unmittelbar mit dem Dieserverbrauch beim Befahren der Flächen zusammen, also bei der Düngung, der Pflege, der Mahd sowie den verschiedenen Fahrten bei der Heu- und Silagebereitung. Ebenso belastet reichlich eingesetzter mineralischer Stickstoffdünger, der mit fossilen Energieträgern produziert wird, die Kohlenstoffbilanz der Grünlandwirtschaft. Wird hingegen eine Weidewirtschaft betrieben und die Fläche nur wenig befahren, dann fällt die Kohlenstoffbilanz deutlich günstiger aus. Dies wird noch verstärkt, wenn gleichzeitig nur moderat oder kein mineralischer Stickstoff gedüngt wird. Auf der Weide verbleibt ja ca. 90% des Stickstoffs, den die Tiere mit dem Futter aufnehmen auf der Fläche bzw. wird mit den Exkrementen ausgeschieden und ist damit düngewirksam.

Neben dem Kohlendioxid haben auch Methan und Lachgas eine hohe Klimarelevanz in der Grünlandwirtschaft.

4. Schlussfolgerungen

Die Rahmenbedingungen für die Futterproduktion sowie die darauf basierende Tierhaltung und Energieerzeugung führen zu einer Verschärfung von Zielkonflikten zwischen der Produktionsfunktion und den landschaftökologischen Funktionen der futterbaulich genutzten Fläche. Dies hat Konsequenzen, die sich am Beispiel Niedersachsens klar zeigen. Grünland wird zugunsten der Anbaufläche von Feldfutterpflanzen, insbesondere Mais, zurückgedrängt, da der Steigerung der Produktivität des Dauergrünlandes engere Grenzen gesetzt sind als das im Feldfutterbau der Fall ist. Damit sind die mit dem Grünland verbundenen landschaftsökologischen Leistungen direkt gefährdet. Hierzu zählen v.a. der gegenüber dem Acker allgemein größere Artenreichtum von Dauergrünland, die hohe

Kohlenstoffbindung im Boden und der Schutz des Bodens vor Erosion und oberflächlichem Wasserabfluss.

Um Dauergrünland langfristig erhalten zu können, stellt allerdings auch eine Intensivierung und Nutzung für die Milchproduktion eine Möglichkeit dar. Dabei bleiben grundsätzlich positive landschaftsökologische Funktionen, wenn auch teilweise eingeschränkt, erhalten.

In Niedersachsen besteht der Trend zu einer weiteren Konzentration der Milchproduktion in den klassischen Grünlandregionen. Arbeitswirtschaftliche und ökonomische Vorteile unterstützt durch technische Innovationen lassen die Beweidung auch in der intensiven Milchproduktion mit größeren Herden zu einem aktuellen Thema werden. Wie sich der Weidegang konkret in die Betriebsabläufe integrieren lässt, dazu besteht dringender Forschungsbedarf.

Der prognostizierte Klimawandel wird sich regional unterschiedlich auf die Grünlandproduktion auswirken. Phasen der Frühsommertrockenheit werden wahrscheinlich häufiger und verstärkt auftreten und gerade in kontinental beeinflussten Klimabereichen zu weiteren Stressbelastungen führen. Dagegen werden in maritim beeinflussten Klimabereichen die positiven Effekte wie Verlängerung der Vegetationsperiode und höhere Ertragspotenziale neue Möglichkeiten für eine effiziente Milchproduktion eröffnen.

Literatur

- Anger, M. (2001): Kalkulation der umweltbelastenden Stickstoffverluste auf Dauergrünland und Bewertung des nachhaltigen Stickstoffeinsatzes im Grünlandbetrieb. Habil.-Schrift Univ. Bonn
- Anger, M., Hoffmann, C., Kühbauch W. (2003) Nitrous oxide emissions from artificial urine patches applied to different N-fertilized swards and estimated annual N₂O emissions for differently fertilized pastures in an upland location in Germany. *Soil Use and Management* 19, 104-111.
- Anger, M. und Kühbauch W. (1999): Modellrechnungen zur Senkung von Stickstoffverlusten und Nährstoffüberschüssen im Milchviehbetrieb auf Grünland. *Agribiological Research* 52 85-96.
- Benke, M. (1992): Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugkerzenmethode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung, Kiel.
- Benke, M. and M. Kayser (2009): Research into practice: the role of research and agricultural advisory service. In: Taube, F. (ed.). *Modelling forage production systems*, pp. 137–143. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Heft 66. (ISSN: 1435-2613).
- Billen, N., Röder, C., Gaiser, T., Stahr, K. (2009): Carbon sequestration in soils of SW-Germany as affected by agricultural management - Calibration of the EPIC model for regional simulations. *Ecological Modelling* 220, 71–80
- BMVEL (2010): Die deutsche Landwirtschaft - Leistungen in Daten und Fakten. Oktober 2010, 40 Seiten.
- Cuttle S.P., Jarvis S.C. (2005): Use of a systems synthesis approach to model nitrogen losses from dairy farms in south-west England. *Grass and Forage Science* 60, 261-273

- Critchley, C. N. R., Chambers, B. J., Fowbert, J. A., Bogha, A., Rose, S. C., Sanderson R. A. (2002): Plant species richness, functional type and soil properties of grasslands and allied vegetation in English Environmentally Sensitive areas. *Grass and Forage Science* 57, 82–92.
- Goidts, E., van Wesemael, B. (2007): Regional assessment of soil organic carbon changes under agriculture in Southern Belgium (1955–2005). *Geoderma* 141, 341-354.
- Isselstein, J., Jeangros, B., Pavlu, V.(2005): Agronomic aspects of biodiversity targeted management of temperate grasslands in Europe – A review. *Agronomy Research* 3, 139-151.
- Kalmlage, T., Kayser, M., J. Isselstein (2010): Silage maize in crop rotations with different grass mixtures – N balances and N leaching. In: Schnyder, H., Isselstein, J., Taube, F., Auerswald, K., Schellberg, J., Wachendorf, M., Herrmann, A., Gierus, M., Wrage, N., Hopkins, A. (eds.) ,*Grassland in a changing world*, pp. 1046–1048. *Grassland Science in Europe* 15.
- Kayser, M., Benke, M., and Isselstein, J. (2011): Little fertilizer response but high N loss risk of maize growing on a productive organic-sandy soil. *Agronomy for Sustainable Development* (DOI:10.1007/s13593-011-0046-9 - in press).
- Kayser, M., Seidel, K., Müller, J., Isselstein, J. (2008a): The effect of succeeding crop and level of N fertilization on N leaching after break-up of grassland. *European Journal of Agronomy* 29, 200-207.
- Kayser M, Seidel K, Müller J, Isselstein J (2008b): The effect of grassland renovation and break up on nitrogen losses. *Grassland Science in Europe* 13, 123-125.
- Kayser, M., König, H.-P., Landwehr, B. und Isselstein J. (2008c): Zur Bedeutung punktueller N-Einträge für unterschiedlich intensive Weidesysteme. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 9 „Effiziente Nutzung von Grünland als Ressource für die Milch- und Fleischproduktion“*, pp. 47-50.
- Klimek, S., Richter gen. Kemmermann, A., Hofmann, M., Isselstein, J. (2007): Plant species richness and composition in managed grasslands: The relative importance of field management and environmental factors. *Biological Conservation* 134, 559-570.
- Klimek, S., Marini, L., Hofmann, M., Isselstein, J. (2008): Additive partitioning of plant diversity with respect to grassland management regime, fertilisation and abiotic factors. *Basic and Applied Ecology* 9, 626-634.
- Landwehr, B. (2002): Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Mähweiden in Abhängigkeit von der Stickstoffversorgung und dem Weidenutzungsanteil mit gesonderter Betrachtung der N-Dynamik an Harneintragsstellen. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen, Cuvillier-Verlag Göttingen (ISBN 3-89873-570-2).
- Lawane, G. (1984): Mengenänderung der organischen Bodensubstanz bei unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensität. Dissertation, Universität Göttingen. Isselstein et al. 2005
- Marini, L., Scotton, M., Klimek, S., Isselstein, J., Pecile, A. (2007): Effects of local factors on plant species richness and composition of Alpine meadows. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119, 281-288.
- NMELV (2010): Biogasnutzung in Niedersachsen – Stand und Perspektiven. 4. Auflage. 19 Seiten.
- Oenema, O., Velthof, G.L., Yamulki, S. , Jarvis S.C. (1997) Nitrous oxide emissions from grazed grassland. *Soil Use and Management* 13, 288-295.
- Richards, I.R., Turner, I.D.S., Wallace, P.A. (1999): Manure and fertilizer contributions to soil mineral nitrogen and the yield of forage maize. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 55: 175–185, 1999.
- Seidel, K., Kayser, M., Müller, J. Isselstein, J. (2009): The effect of grassland renovation on soil mineral nitrogen and on nitrate leaching during winter. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172, 512-519.
- Seidel, K., Müller, J., Kayser, M., and J. Isselstein (2007): The effect of fertilizer type and level of N fertilization before and after grassland renewal on N leaching. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 193, 30–36.
- Stroh, H.-G., Klimek, S., Isselstein, J., (2009): Farm structure and grassland phytodiversity - A comparison of beef and dairy cattle farms. *Grassland Science in Europe* 14, 46-49.
- Taube, F., Herrmann, A., Gierus, M., Loges, R., Schönbach, P. (2011): Nachhaltige Intensivierung der Futterproduktion zur Milcherzeugung. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, dieser Band*.
- Wachendorf M., Büchter M., Volkens K.C., Bobe J., Rave G., Loges R., Taube F. (2006a): Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. V. Impact of grass understorey, slurry application and mineral N fertilizer on nitrate leaching under maize for silage. *Grass Forage Sci.* 61, 243–252.

- Wachendorf, M., Volkers, K., Loges, R., Rave, G., and Taube, F. (2006b): Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. IV. Impact of slurry application, mineral N fertilizer and grass understorey on yield and nitrogen surplus of maize for silage. *Grass and Forage Science* 61[3], 232-242.
- Wegener, J.-K. (2006): Treibhausgas-Emissionen in der deutschen Landwirtschaft – Herkunft und technische Minderungspotenziale unter besonderer Berücksichtigung von Biogas (Dissertation). <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2007/wegener/wegener.pdf>, letzter Zugriff am 08.04.2009.
- Vertes, F., Hatch D., Velthof G., Taube F., Laurent F., Loiseau P., Recous S. (2007): Short-term and cumulative effects of grassland cultivation on nitrogen and carbon cycling in ley-arable rotations. *Grassland Science in Europe* 12, 227-246
- Wilking, J. und Kayser, M. (2010): Biogaserzeugung im Oldenburger Münsterland – Entwicklungen und Perspektiven. In: Heimatbund für das Oldenburger Münsterland (Ed.), pp. 196–219. *Jahrbuch für das Oldenburger Münsterland 2011*. ISBN 978-3-941073-07-4.