

## **Lachgasemissionen auf intensiv genutztem Grünland in Abhängigkeit von Bodenverdichtung und Stickstoffdüngung**

M. Schmeer<sup>1</sup>, R. Loges<sup>1</sup>, D. Nannen<sup>1</sup>, M. Senbayram<sup>2</sup> und F. Taube<sup>1</sup>

Christian-Albrechts-Universität Kiel

<sup>1</sup>Institut für Pflanzenbau und –Züchtung, Grünland & Futterbau/ Ökologischer Landbau

<sup>2</sup>Institut Für Pflanzenernährung und Bodenkunde

Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel

E-Mail: mschmeer@email.uni-kiel.de

### **Einleitung und Problemstellung**

In den letzten Jahrzehnten ist eine Intensivierung der Landwirtschaft zu verzeichnen, die auch den Bereich der Grundfutterproduktion betrifft. Innerhalb dieser Entwicklung führt der vermehrte Einsatz großer und schwerer Maschinen zu einem Anstieg der Bodenbelastung. Dabei sind Grünland- und Futterbauflächen im Hinblick auf die Frequenz der Überfahrten häufig stärker betroffen als Ackerflächen. Bodenverdichtung hat in der Regel eine Reduzierung des Porensystems zur Folge und begünstigt Denitrifikationsvorgänge, die zu einem Anstieg der Emissionen von Lachgas führen können (SITLAULA & HANSEN, 2000; YAMULKI & JARVIS, 2002). Ebenso begünstigt das hohe Stickstoffdüngungsniveau auf intensiv genutzten Grünlandstandorten eine gesteigerte N<sub>2</sub>O-Emission (BREITENBECK & BLACKMER, 1980; VELTHOF et al, 1997). Der Anteil der klimarelevanten Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft beträgt derzeit rund 50% der Gesamtlachgasemissionen. In Deutschland wurden 2006 41 Mio. t N<sub>2</sub>O (in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) aus der Landwirtschaft emittiert (UBA 2007).

Den negativen Effekten durch Bodenverdichtung auf Grünlandflächen wurde bislang weniger Bedeutung als auf Ackerflächen zugesprochen. Es wird angenommen, dass Böden unter Grünland regenerationsfähiger und strukturstabiler sind.

Bislang fehlen Untersuchungen zum Einfluss der Bodenverdichtung bei gleichzeitig hoher Stickstoffdüngung. Ziel des hier vorgestellten, aktuellen Projektes ist es daher, die Wechselwirkung zwischen Bodenverdichtung und Stickstoffdüngung bezüglich der Lachgasemissionen auf einem intensiv genutzten Grünlandbestand darzustellen.

### **Material und Methoden**

Auf dem Versuchsstandort Hohenschulen (östliches Hügelland Schleswig-Holstein, Bodenart: sL mit durchschnittlich 49 BP, Jahresmitteltemperatur 8,3°C, Jahresniederschlag 777mm) wurde auf einem einheitlichen Ausgangsbestand ein Feldversuch mit den folgenden Faktoren durchgeführt:

1. Verdichtung (mit versus ohne),
2. langjährige N-Düngung mit Kalkammonsalpeter (0 versus 360 kg N/ha)
3. Versuchsjahr der Erstverdichtung (2006, 2007 bzw. 2008).

Die Bodenverdichtung erfolgte zu Vegetationsbeginn mit einer Radlast von 6t. Die Lachgasemissionen wurden mittels „Close-Chamber“-Methode nach HUTCHINSON & MOSIER (1981) ermittelt. Die Gasproben wurden wöchentlich, nach Verdichtungs- und Düngungsereignissen über zwei Wochen täglich, entnommen.

### Ergebnisse und Diskussion

Aus dem Verlauf der Lachgasemissionen während der Messperiode 2008 ist zu entnehmen, dass die Variante „Verdichtung – 360 kg N/ha“ deutlich auf das Verdichtungsereignis zu Beginn der Vegetationsbeginn reagiert. Dagegen ist in der Variante „Verdichtung – 0 kg N/ha“ keine Veränderung der Emissionen induziert durch die Verdichtung zu erkennen (Abb. 1). Im nicht dargestellten Versuchsjahr 2006 wurde ein ähnlicher Verlauf beobachtet, es ist dabei zu beachten, dass die bodenverdichtende Maßnahme im Frühjahr sowohl 2008 als auch 2006 zu feuchten Bedingungen stattgefunden hat.

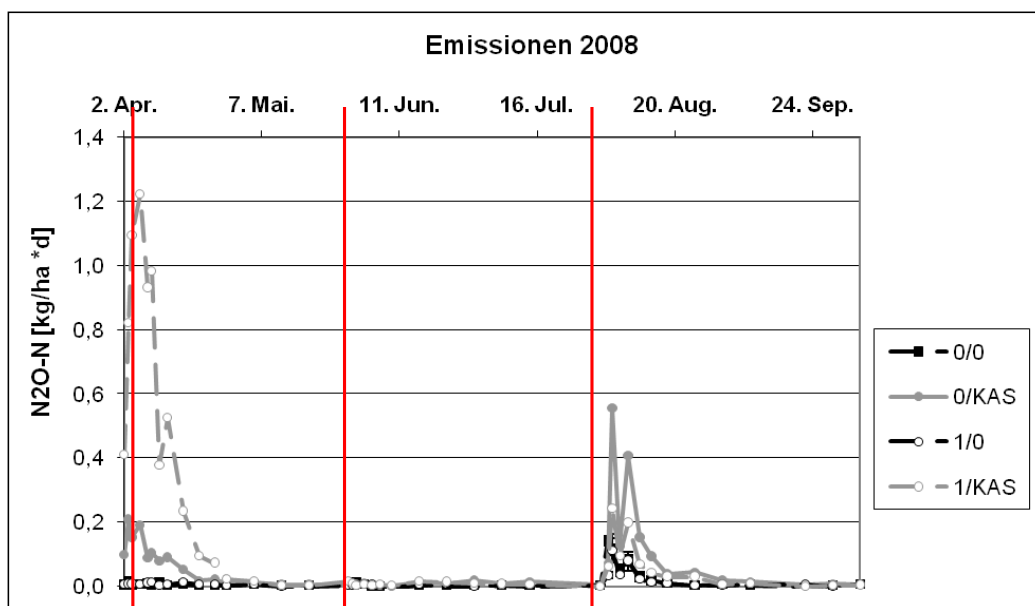


Abb. 1: Verlauf der Lachgasemissionen während der Meßperiode 2008 in kg N<sub>2</sub>O-N/ha/d.

Dagegen fand die Verdichtung im Jahr 2007 zu Beginn der Vegetationsperiode bei trockenen Bodenverhältnissen statt, sodass im zeitlichen Verlauf der Lachgasemissionen keine Reaktion auf die Bodenbelastung zu erkennen ist. Der Anstieg der Lachgasverluste Ende Mai und im Juli 2007 lässt sich auf hohe Niederschläge zu diesen Zeitpunkten, die auf sehr trockene Perioden folgten, zurück führen (Abb. 2).

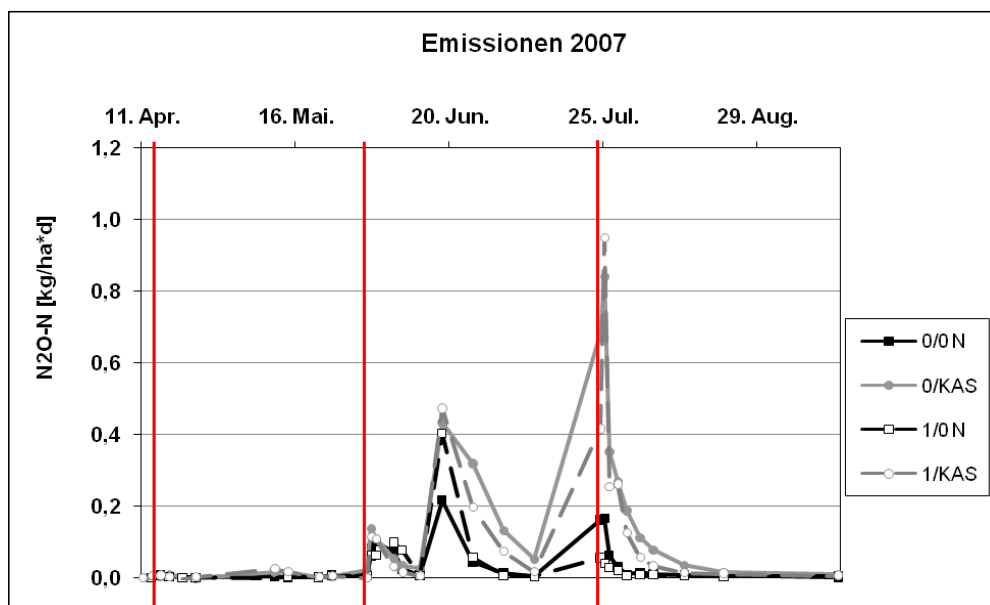


Abb. 2: Verlauf der Lachgasemissionen während der Meßperiode 2007 in kg N<sub>2</sub>O-N/ha/d

Die Varianzanalyse (Tabelle 1) zeigt einen signifikanten Einfluss der Faktoren Jahr, Verdichtung und Stickstoffdüngung. Darüber hinaus treten Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren auf.

Tabelle 1: F-Werte und Signifikanzniveaus der Varianzanalyse des Parameters Lachgasemission (J = Jahr, Ver = Verdichtung, N = N-Düngung); F-Wert Gesamtmodell: 11,74<sup>\*\*\*</sup>

	J	Ver	N	J*Ver	J*N	Ver*N	J*Ver*N
N <sub>2</sub> O	13,84 <sup>***</sup>	4,73 <sup>*</sup>	76,21 <sup>***</sup>	5,94 <sup>**</sup>	1,45 <sup>ns</sup>	5,82 <sup>*</sup>	6,34 <sup>**</sup>

Die Wechselwirkung zwischen Stickstoffdüngung und Verdichtung werden besonders bei der kumulativen Darstellung der jährlichen Lachgasemissionen (Abb. 3) deutlich. In den ungedüngten Varianten ist kein Effekt durch die Bodenbelastung auf die Lachgasemissionen zu erkennen. Findet die verdichtende Maßnahme jedoch auf einem hoch gedüngten Standort statt, ist ein deutlicher Anstieg der Emissionen zu registrieren. Im Jahr 2007 liegen die Lachgasemissionen tendenziell für alle Varianten über denen der beiden anderen Jahre. Da die Bodenverdichtung 2007 jedoch bei trockenen Verhältnissen stattgefunden hat und keinen Anstieg der Emissionen zur Folge hatte, resultieren sie hier somit vor allem aus der Stickstoffdüngung.

## Sektion Düngung und Nährstoffflüsse

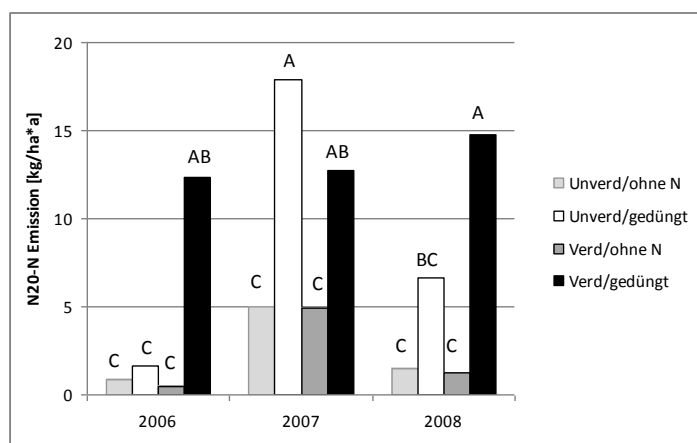


Abb. 3: Kumulative Lachgasemissionen der 3 Versuchsjahre in kg N<sub>2</sub>O-N pro ha und Jahr in Abhängigkeit von Verdichtung und N-Düngung.

### Schlussfolgerungen

Erfolgte die Bodenverdichtung zu feuchten Bedingungen (2006 bzw. 2008), so führte dies im Falle der gedüngten Varianten zu signifikant höheren, kumulativen Lachgasemissionen. Wurde dagegen die Bodenverdichtung in einem trockenen Frühjahr durchgeführt (2007), blieb diese ohne Einfluss auf die Lachgasemissionen. Auf den leguminosenreichen ungedüngten Varianten ist in allen Jahren kein Effekt durch die Bodenverdichtung zu verzeichnen. Somit sind im Hinblick auf die Lachgasemission besonders bei einem hohen Stickstoffeinsatz bei wassergesättigten Böden bodenverdichtende Bewirtschaftungsmaßnahmen zu vermeiden.

### Literatur

- BREITENBECK, G. A., BLACKMER, A. M., BREMNER, J. M. (1980), Effects of Different Nitrogen Fertilizers on Emission of Nitrous Oxide from Soil, *Geophys. Res. Lett* 7, 85 - 88.
- HUTCHINSON, G. L., MOSIER, A. R. (1981), Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous Oxide Fluxes, *Soil Science Society of America*, 45, 311 - 316.
- SITAU, B.K., HANSEN, S., SITAU, J.I.B, BAKKEN, L.R. (2000), Effects of soil compaction on N<sub>2</sub>O emission in agricultural soil. *Chemosphere - Global Change Science* 2, 367-371.
- STAHL, H. (2009): Bodendruck im Grünland, Gute fachliche Praxis im Grünland: Bodengefüge- und Narbenschutz; *Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen* Heft 3/2009
- UMWELTBUNDESAMT (2007): Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2005; *Climate Change* 04/07
- VELTHOF, G. L. OENEMA, O. P., POSTMA, R., VAN BEUSICHEM, M. L (1997), 'Effects of type and amount of applied nitrogen fertilizer on nitrous oxide fluxes from intensively managed grassland', *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 46, 257-267.
- YAMULKI, S. JARVIS, S. C. (2002), 'Short-term effects of tillage and compaction on nitrous oxide, nitric oxide, nitrogen dioxide, methane and carbon dioxide fluxes from grassland', *Biol Fertil Soils* 36, 224-231.

# **Einfluss von Bodenverdichtung, Nutzungshäufigkeit, Stickstoff- und Kalidüngung auf botanische Zusammensetzung und Ertrag von intensiv genutzten Grünlandbeständen**

M. Schmeer, R. Loges, D. Nannen und F. Taube<sup>1</sup>

Christian-Albrechts-Universität Kiel

Institut für Pflanzenbau und –Züchtung, Grünland & Futterbau/ Ökologischer Landbau

Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel

E-Mail: mschmeer@email.uni-kiel.de

## **Einleitung und Problemstellung**

Für einen intensiv, auf hohem Leistungsniveau wirtschaftenden Milchviehbetrieb ist ein überaus produktiver, stabiler Grünlandbestand von essentieller Bedeutung. Die in den letzten Jahren stattgefundene Intensivierung der Landwirtschaft hat sich im Bereich der Grünlandbewirtschaftung gleichermaßen vollzogen. Grünlandflächen sind oftmals deutlich stärker durch häufiges Überfahren mit schweren Maschinen von einer Bodenverdichtung betroffen als Ackerflächen. Im Bereich der Grünlandforschung wurde den Folgen der Bodenverdichtung bisher kaum Bedeutung zugesprochen; es wurde oftmals angenommen, dass Böden unter Grünland strukturstabiler sind und ein höheres Regenerationsvermögen aufweisen. Allerdings zeigten bereits Untersuchungen (DIEPOLDER et al 2005, GŁĄB 2007), dass Ertragsrückgänge auf Grünland zu verzeichnen sind welche auf Verdichtung des Bodens zurückzuführen sind.

Die Verdichtungsneigung eines Bodens ist unter anderem von der Belegung der Kationenaustauscherplätze der Tonminerale abhängig. Somit fördern einwertige Kationen, wie Kalium, die Verschlammungsneigung von Böden und steigern das Verdichtungspotential (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 2002). Da viele hoch leistende Grünlandbestände eine hohe Kaliumkonzentration aufweisen, kann hier eine Gefährdung der Böden bestehen. Ebenso steigt mit sinkendem pH-Wert das Risiko einer Bodenverdichtung, sodass durch einen pH-Wert absenkenden Stickstoffdünger (Harnstoff) negativer Einfluss auf die Stabilität des Bodens genommen werden kann.

Ziel des vorgestellten Projektes ist die Auswirkungen von Bodenverdichtung auf Ertrag, Futterqualität und botanische Zusammensetzung in Abhängigkeit von Nutzungshäufigkeit sowie Stickstoff- und Kalidüngung darzustellen.

## **Material und Methoden**

Um die Veränderung in der Artenzusammensetzung als Folge der Bewirtschaftung darzustellen, wurde eine einheitliche Saatmischung bestehend aus den funktionellen Gruppen Gräser (Dt. Weidelgras, Wiesenschwingel, Wiesenrispe, Wiesenlieschgras, Knautgras und Rotschwingel), Leguminosen (Weißklee, Rotklee, Luzerne, Hornklee) und Kräuter (Zichorie) gewählt. Der

Versuch wurde auf dem Versuchsgut Hohenschulen (östliches Hügelland, Schleswig-Holstein, Bodenart: sL mit durchschnittlich 49 BP; Jahresmitteltemperatur 8,3 °C, Jahresniederschlag 777 mm) im August 2004 angelegt.

Tabelle 1: Versuchsfaktoren und Faktorstufen

Nutzungssystem	3-Schnitt-Nutzung 5-Schnitt-Nutzung
Verdichtung	Unverdichtet 1 Überfahrt zu Vegetationsbeginn (Radlast 6t) 1 Überfahrt zu Vege.beg + nach Julischnitttermin
Stickstoffdüngung	0 kg N/ha (0 N) 360 kg N/ha als Kalkammonsalpeter (KAS) 360 kg N/ha als Harnstoff (Harn)
Kalidüngung	300 kg K/ha 600 kg K/ha
Jahr der Erstverdichtung	2006 2007 2008

Die Bodenverdichtungen wurden mit einem Gespann aus Schlepper und Güllefass mit einem Gesamtgewicht von 22t durchgeführt. Als Parameter wurden die Jahreserträge, die Zusammensetzung des Bestandes aus den funktionellen Gruppen und Futterqualitätsparameter erhoben.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Hauptfaktoren Jahr, Nutzungssystem, Verdichtung und Stickstoffdüngung haben einen signifikanten Einfluß auf die Parameter Trockenmasseertrag, Stickstoffertrag und die botanische Zusammensetzung des Bestandes. Auf den Parameter Energiegehalt wirken nur die Faktoren Jahr und Nutzungssystem. Der Hauptfaktor Kaliumdüngung hat bei keinem der gewählten Parameter einen signifikanten Effekt (Tabelle 2). Viele der betrachteten Parameter unterliegen zusätzlich verschiedenen Wechselwirkungen von Hauptfaktoren.

Die Ertragsrückgänge bedingt durch die Bodenverdichtung liegen bei der 3-Schnitt-Nutzung bei 11 %, der 5-Schnitt-Nutzung bei 7,7 % (Abb. 1). Die Ertragsdepression ist vor allem im ersten Schnitt zu verzeichnen; in den folgenden Schnitten ist der Einfluss durch die Verdichtung deutlich kleiner.

Ebenso wird der Stickstoffertrag durch die Verdichtung reduziert; hier liegen die Ertragsrückgänge bei 12-13 % für beide Nutzungssysteme. Dagegen zeigt sich in Bezug auf die Energiekonzentration kein Einfluss durch die Bodenverdichtung.

Tabelle 2: F-Werte und Signifikanzniveaus der Varianzanalyse ausgewählter Ertragsparameter.

	Jahr	Syste m	Verdi chtun g	N- Düngen g	K- Düngen g	Sys* Ver	Sys*N	Sys*K	Ver* N	Ver*K	N*K
TM- Ertrag	414,1 8 ***	698,0 2 ***	31,65 ***	25,25 ***	0,07 Ns	6,05 **	21,88 ***	0 ns	2,09 ns	0,53 ns	0,17 ns
N- Ertrag	152,9 4 ***	226,7 8 ***	22,37 ***	7,97 **	0,98 Ns	0,61 Ns	16,88 ***	0,19 ns	1,67 ns	0,74 ns	0,2
NEL	49,33 ***	144,4 1 ***	0,79 ns	0,45 ns	1,09 Ns	0,02 ns	0,14 ns	0,12 ns	0,18 ns	0,2 ns	4,69 **
Anteil Luzerne	22,67 ***	856,1 9 ***	4,1 **	281,8 ***	0,1 Ns	0,1 ns	28,21 ***	0,03 ns	2,02 ns	2,09 ns	2,43 ns

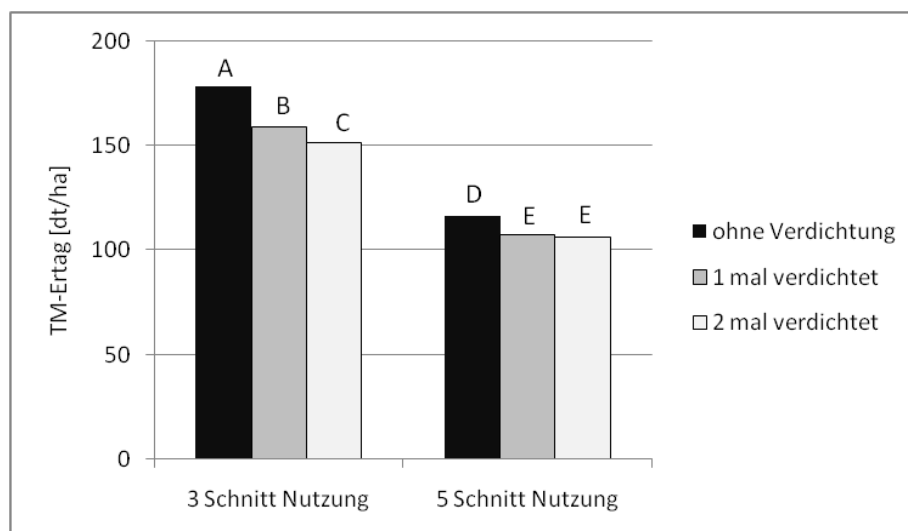


Abb. 1: Einfluss der Verdichtung auf Jahreserträge in dt TM/ha für die unterschiedlichen Nutzungssysteme (Im Mittel von 3 Jahren, 3 N- und 2-Kalidüngungsstufen)

Die botanische Zusammensetzung des Bestandes wird maßgeblich von der Nutzungshäufigkeit und der Stickstoffdüngung, weniger durch die Bodenverdichtung, bestimmt. Bei unterlassener N-Düngung weisen die Bestände hohe Leguminosenanteile auf. Während sich bei 3-Schnittnutzung ein im Wesentlichen aus Luzerne bestehender Leguminosenanteil einstellt, führen gleich hohe N-Gaben bei 5-Schnittnutzung zu einer fast vollständigen Verdrängung von Leguminosen. (Abb. 2).

## Sektion Düngung und Nährstoffflüsse

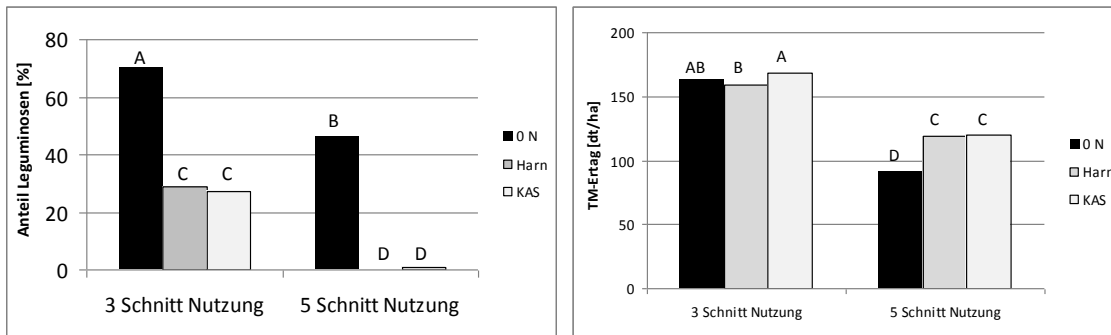


Abb. 2: Prozentualer Leguminosenanteil und Ertrag in Abhängigkeit der Stickstoffdüngung im Vergleich von 3- und 5-Schnittnutzung

Aus dem Anteil der Leguminosen, dabei im Besonderen der Luzerne, ergibt sich eine deutliche Wechselwirkung zwischen Stickstoffdüngung und Nutzungshäufigkeit: Während in der 5-Schnittnutzung Ertragszunahmen durch die Stickstoffdüngung zu verzeichnen sind (Abb. 2), verschiebt sich in der 3-Schnittnutzung die botanische Zusammensetzung des Bestandes, sodass in den ungedüngten Beständen die ertragstarke Luzerne dominiert und keine Ertragszuwächse durch zusätzliche Stickstoffdüngung entstehen. Die Erträge der 3-Schnittnutzung liegen in allen Varianten über denen der 5-Schnittnutzung.

Die Stickstoffdüngerform (Harnstoff versus Kalkammonsalpeter) hat nur einen geringfügigen und die differenzierte Kalidüngung keinen Einfluss auf die Trockenmasseertragsleistung und botanische Zusammensetzung.

### Schlussfolgerungen

Ein leguminosenreicher, mit geringer Stickstoffintensität bewirtschafteter Bestand kann selbst bei negativen Einflüssen durch Bodenverdichtung ein höheres Trockenmasse- und Stickstoffertragsniveau aufweisen als ein grasdominierter intensiv bewirtschafteter Bestand. Somit sind Leguminosen-Gras-Mischungen günstiger zu beurteilen als hoch gedüngte Grasbestände.

JORAJURIA & DRAGHI (1997) konnten nachweisen, dass auf die Fläche betrachtet ein leichter Traktor mit einer großen Anzahl an Überfahrten auf Grünland sich negativer auswirkt, als ein schwerer Traktor mit wenigen Überfahrten. Aus diesem Grund empfiehlt STAHL (2009) zum Schutz des Grünlandbestandes möglichst bodenschonende Fahrwerke zu wählen und die Arbeitsbreiten, um eine Reduzierung der Überfahrten zu erreichen, zu erhöhen. Erste zukunftsweisende Schritte in diese Richtung werden beispielsweise in Dänemark mit einer Normierung der Arbeitsbreiten sämtlicher auf dem Grünland anfallenden Bewirtschaftungsmaßnahmen und GPS eingeleiteter Fahrgassen getätigt.



## Literatur

- DIEPOLDER, M., SCHRÖPEL, R., BRANDHUBER, R., BAUCHHENß, J., JAKOB, B. (2005), Wie wirkt sich zunehmende mechanische Belastung im Intensivgrünland aus?, *SuB* 8-9, 6-10.
- GLĄB, T. (2007), Effect of soil compaction on root system development and yields of tall fescue, *Int. Agrophysics* 21, 233-239.
- JORAJURIA, D., DRAGHI, L (1997): The effect of vehicle weight on the distribution of compaction with depth and the yield of Lolium/Trifolium grassland, *Soil & Tillage Research* 41, 1-12
- SCHEFFER, F, SCHACHTSCHABEL, P (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Aufl./ neu bearb. und erw. von H-P Blume. Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2002
- STAHL, H. (2009): Bodendruck im Grünland, Gute fachliche Praxis im Grünland: Bodengefüge- und Narbenschutz; *Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen* Heft 3/2009.