

Mehrjährige Effekte einer unterschiedlich terminierten Herbst- bzw. Wintergülledüngung auf Stickstoffauswaschung und N-Verwertung im Primäraufwuchs von Dauergrünland

Loges, R., Lorenz, E., Kluß, C. & Taube, F.

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

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel

rloges@email.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Der Schutz des Grundwassers vor Nitratreinträgen aus der Landwirtschaft ist noch immer von aktueller Brisanz (BMU und BMELV, 2012). Laut TAUBE *et al.* (2013) weist der Nitratbericht 2012 auf steigende Nitratbelastungen sowohl der Küstengewässer sowie des Grundwassers in Veredlungs-/ Biogas- und Futterbauregionen. Die Autoren sehen ohne maßgebliche Einschnitte keine kurz- oder mittelfristige Trendwende in der Nitratproblematik. Sie verweisen darauf, dass bisher der bis 2010 nicht zu überschreitende nationale N-Saldo von maximal +80 kg N pro Hektar bis zum Jahr nicht erreicht worden ist, und statt dessen für 2011 mit einem Wert von +96 kg N pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche sogar einen kurzfristig steigenden Trend festgestellt wird, nachdem im Jahr 2010 erstmals ein Wert von unter +90 kg N/ha erzielt wurde. Neben einer noch drastischeren Absenkung der N-Bilanzsalden sind Landwirte und Wissenschaftler gefordert Strategien zu entwickeln die vermeidbare N-Auswaschungsverluste deutlich reduzieren. Als ein Werkzeug werden die Sperrfristen für die Gülleapplikation gesehen und im Zuge der Neuauflage der Düngeverordnung z.T. von den Betroffenen heftig diskutiert. Die Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Evaluierung der Düngeverordnung kam hierbei zu dem Schluss, dass betreffend der optimalen Ausbringzeitpunkte von Gülle auf Grünland momentan in der Wissenschaft kein Konsens besteht (BLAG, 2012). Dies betrifft demnach explizit die Regelungen der Sperrfristen auf Grünland. Aktuell darf auf Grünland sowie auf Flächen mit mehrjährigem Feldfutterbau keine Gülle im Zeitraum vom 15. November bis 31. Januar ausgebracht werden (DüV, 2006). Im Zuge der Neuauflage der Düngeverordnung wird es voraussichtlich zu einer Verlängerung des Zeitraums ohne Gülleausbringung auf Grünland betreffend die Zeit vom 1. November bis 31. Januar kommen (TAUBE *et al.*, 2013). Umweltpolitische Erwägungen haben dazu geführt, dass in Anrainerstaaten von Deutschland zum Teil schärfere Fristen gelten als in Deutschland (Tab. 1).

Tab. 1: Sperrzeiten der Gülleausbringung auf Grünland in ausgewählten Ländern

Land	Sperrfrist auf Grünland	Quelle
Dänemark	1. Okt. – 31. Jan.	Danish Nitrate Action Programme (2008-2015)
Niederlande	1. Sept – 15. Feb.	4 th Action Programme Nitrate Directive (2010-13)
Belgien	1. Sept – 15. Feb..	VAN DIJK und TEN BERGE (2009)
Frankreich	1. Okt. – 15. Jan.	VAN DIJK und TEN BERGE (2009)

Während im Ackerbau (insb. bei Wintergetreide und Mais ohne Zwischenfrüchte) wissenschaftlich einheitlich die Meinung vertreten wird, dass Güllegaben im Herbst und in den frühen Wintermonaten im Regelfall zu erhöhten N-Auswaschungen führen (z.B. SIELING und KAGE, 2006), existiert über die optimalen Ausbringungszeitpunkte von Gülle auf Grünland momentan in der Wissenschaft kein Konsens. Verschiedene Argumentationsstrukturen und Versuchsergebnisse führen entweder zu einer Befürwortung oder Ablehnung von Güllegaben während der Herbst- und Wintermonate. Diskutiert wird sowohl die Umweltwirkung durch N-Verluste, als auch die N-Wirkung (bzgl. Ertrag und Qualität der Grasnarbe) der verschiedenen Zeitpunkte. Hierbei wird häufig der Schluss gezogen, dass je höher die N-Wirkung, desto geringer die N-Verluste. Der Begriff einer Risiko:Vorteils-

Analyse wird in diesem Zusammenhang von COOKSON *et al.* (2001) verwendet. Hierbei werden die N-Verluste der N-Wirkung gegenübergestellt. Bezüglich der N-Wirksamkeit haben die Versuchsergebnisse von BERENDONK (2011a und 2011b), DIEPOLDER (2011), ELSÄßER (2011) und NEFF (2011) gezeigt, dass Güllegaben im Herbst oder Winter keine grundsätzlich schlechtere N-Wirkung aufweisen als die Gülleausbringung im Frühling. Jedoch wird auch kein eindeutiger Vorteil einer Güllegabe im Winter dokumentiert.

Als Befürworter von Gülledüngung während der Wintermonate ist THOMET (2011) zu nennen. In seinem Plädoyer verweist er auf verschiedene Versuchsergebnisse, die (I) eine gute N-Wirksamkeit von Güllegaben ab Dezember und (II) eine nicht signifikante Erhöhung der Nitratauswaschung bei ordnungsgemäßen Güllemengen im Winter belegen. Des Weiteren führt er an, dass die Ammoniak-Ausgasungen umso geringer sind, desto niedriger die Temperaturen während der Gülleausbringung sind. Höhere N-Auswaschungswerte wurden hingegen von SMITH *et al.* (2002) in England unter Böden mit einem hohen Auswaschungsrisiko dokumentiert. In dieser Studie wurden unterschiedlich terminierte Güllegaben über die Wintermonate bezüglich ihrer N-Auswaschung und Ertragswirkung in der folgenden Vegetationsperiode verglichen. Es konnte ein signifikanter Effekt zwischen den Applikationsterminen festgestellt werden. Die N-Auswaschung war in 10 von 15 Fällen bei Güllegaben von September bis November signifikant höher als bei Güllegaben von Dezember bis Januar und im vorhergehenden Juni. Die Unterschiedlichkeit der Aussagen und bisher fehlende Studien zu diesem Thema unter den wintermilden Klimaverhältnissen Norddeutschlands bilden die Grundlage für die hier vorgestellte Untersuchung.

Auf der Basis von mehrjährigen Feldversuchen wurden hierzu die folgenden Fragestellungen bearbeitet:

- I. Welchen Einfluss hat der Gülleapplikationstermin auf die Stickstoffauswaschung unter schleswig-holsteinischen Witterungs- und Bodenverhältnissen?
- II. Hat eine unterschiedlich terminierte Gülledüngung Auswirkungen auf den im Frühjahr für die Pflanzen verfügbaren Stickstoffgehalt im Boden?
- III. Beeinflussen die unterschiedlichen Gülleapplikationstermine quantitativ und qualitativ den ersten Siloschnitt?

Material und Methoden

Die Ergebnisse basieren auf einem Feldversuch, der in den Jahren 2008 bis 2013 im östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsgut „Lindhof“ der Universität Kiel mit den in Tabelle 2 dargestellten Faktoren und Faktorstufen durchgeführt wurde.

Tab. 2: Versuchsfaktoren und Faktorstufen

Faktor	Faktorstufe
1. Begüllungstermin	1.1 = Ende August 1.2 = Ende September 1.3 = Ende Oktober 1.4 = Ende November 1.5 = Ende Dezember 1.6 = Ende Januar 1.7 = Ende Februar 1.8 = Ende März 1.9 = Ende April
2. Gülleapplikation	2.1 ohne 2.2 mit 80 kg ha ⁻¹ als Rindergülle aus Extensivhaltung
4. Beobachtungsperiode	3.1 2008/09, 3.2 2009/10 (extensive Beprobung) 3.3 2010/11, 3.4 2011/12, 3.5 2012/13 (intensive Beprobung)

Bei der Bodenart der Versuchsfläche des Lindhofes handelt es sich um aus weichseleiszeitlichem Geschiebemergel entstandenen sandigen Lehm mit ca. 40 Bodenpunkten. Die wichtigsten Witterungsdaten im Jahresmittel sind eine Durchschnittstemperatur von 8,8°C bei 769 mm Jahresniederschlag. Der Versuch wurde auf einer zuvor zwei Jahre als grasreiches Weißklee gras genutzten Ackerfläche als randomisierte Spaltanlage mit 4 Wiederholungen angelegt. Innerhalb der Wiederholungen waren die 9 Stufen des Faktors Gülleapplikationstermin als Großteilstücke zufällig angeordnet. Die beiden Stufen des Faktors Gülleapplikation (gedüngt bzw. nicht gedüngt) waren als Kleinteilstücke innerhalb der Großteilstücke in unmittelbaren Nachbarschaft systematisch angelegt.

Statt nur einer ungedüngten Referenzparzelle je Wiederholung, beinhaltete die Versuchsanlage somit für jede der zu unterschiedlichen Terminen begüllten Einzelparzellen eine eigene jeweils unbegüllte Referenzparzelle. Durch diesen Umstand wurde der am Standort auftretenden kleinräumigen Variabilität der Bodeneigenschaften Rechnung getragen und für die statistische Analyse balancierte Datensätze geschaffen. In jedem der aufeinander folgenden 5 Versuchsjahre wurden die gleichen Parzellen zum selben Termin gedüngt. Diese Abhängigkeit wurde in Form eines sog. gemischten Modells bei der statistischen Analyse berücksichtigt. Der Effekt der Versuchsfaktoren wurde für folgende Parameter ermittelt: Konzentration und Fracht an $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, sowie $\text{N}_{\text{org-N}}$ im Sickerwasser (basierend auf keramischen Saugkerzen) und die Parameter TM- , N- und NEL- Ertrag, sowie RP- und NEL- Gehalt im ersten Aufwuchs.

Ergebnisse und Diskussion

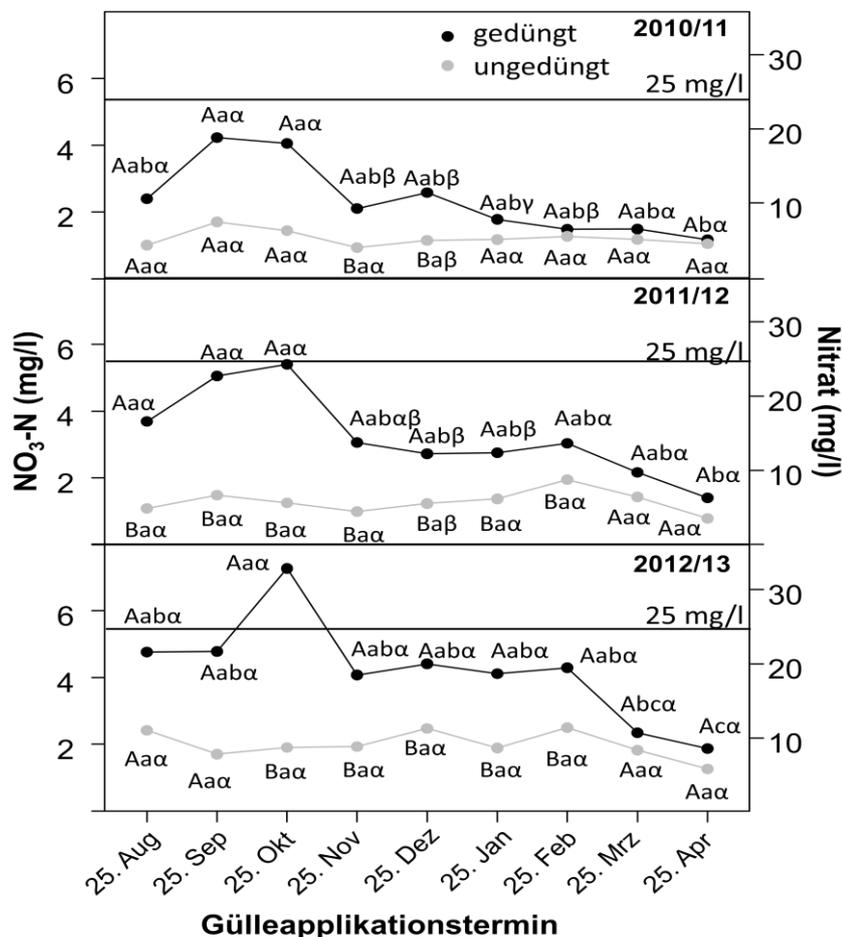


Abb. 1: Nitrat- und Nitrat-N-Konzentration im Sickerwasser in Abhängigkeit der Faktoren: Gülleapplikation, Gülleapplikationstermin und Versuchsperiode. (Großbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede in Bezug auf die Gülleapplikation zu einem Applikationstermin innerhalb einer Periode. Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede in Bezug auf den Gülleapplikationstermin innerhalb einer Gülleapplikationsstufe und einer Periode. Griechische Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede in Bezug auf die Versuchsperiode zu einem Applikationstermin innerhalb einer Gülleapplikationsstufe.)

In Abbildung 1 ist die Nitrat- und Nitrat-N-Konzentration im Sickerwasser in Abhängigkeit der Faktoren: Gülleapplikation, Gülleapplikationstermin und Versuchsperiode dargestellt. Es handelt sich dabei um Durchschnittswerte der jeweiligen Gesamtsickerwasserperiode von Anfang Oktober bis Ende März. Die ermittelten Durchschnittskonzentrationen im Sickerwasser lagen insgesamt auf einem geringen Niveau. Der Frühwarnwert der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für erhöhte Nitratgehalte von über 25 Nitrat mg/l (LÄNDERINITIATIVE KERNINDIKATOREN, 2015) wurde nur in den beiden letzten Sickerwasserperioden von im Oktober begüllten Parzellen berührt oder überschritten. Alle vor der Jahreswende begüllten Parzellen wiesen unabhängig von der Be-

obachtungsperiode signifikant höhere Nitratgehalte als die jeweils unbegüllten Vergleichsparzellen auf. Je später im Winter bzw. Frühjahr begüllt wurde desto geringer war die durchschnittliche Nitratkonzentration im Sickerwasser. Es ist dabei zu bedenken, dass es sich dabei nicht ausschließlich um direkte Auswaschung aus der einen Güllegabe der Beobachtungsperiode handelt. Es fließen vermutlich auch Nachwirkungen der Herbst- und Winterbegüllungen der Vorjahre mit ein. Abb. 2 zeigt für die alternativen Begüllungstermine die Mehrauswaschungen an Nitrat-N in kg ha^{-1} nach Abzug der unvermeidbaren N-Auswaschungen der jeweils unbegüllten Parallelpzellen. Unter den Standortbedingungen führte eine für keinen direkten Folge-Herbst-aufwuchs relevante Begüllung im September bzw. Oktober zu signifikant höheren Nitratauswaschungen als in direkt auf Frühlingsaufwuchse gerichtete Begüllungen ab Ende Dezember.

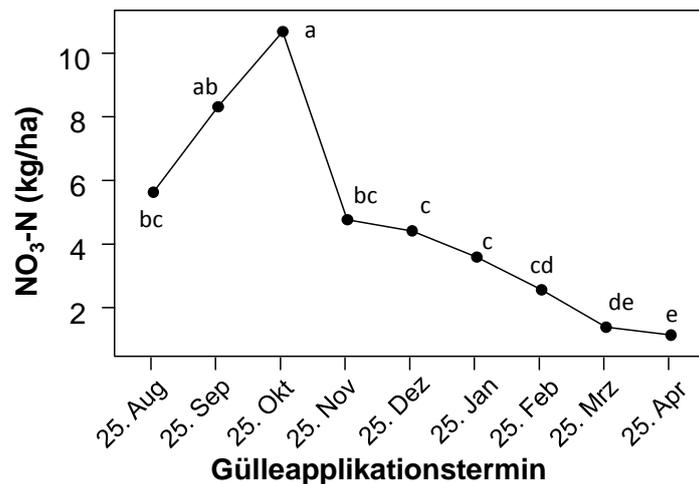


Abb. 2: Unterschiede der Nitrat-N-Menge im Sickerwasser zwischen den über Winterhalbjahr gedüngten und ungedüngten Parzellen in Abhängigkeit des Faktors Gülleapplikationstermin (im Mittel von 3 Beobachtungsperioden / unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede in Bezug auf den Gülleapplikationstermin.)

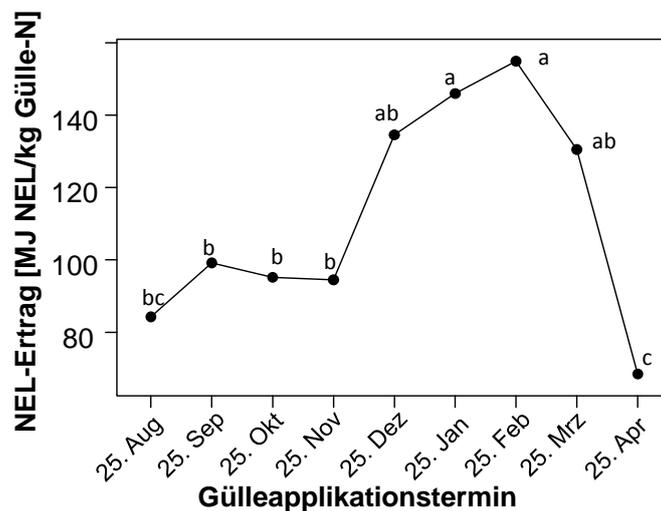


Abb. 3: Scheinbare Effizienz der N-Düngung in Bezug auf die NEL-Ertragsbildung des ersten Siloschnittes im Mittel der Versuchsperioden 2010/11, 2011/12 und 2012/13 in Abhängigkeit des Faktors Gülleapplikationstermin.

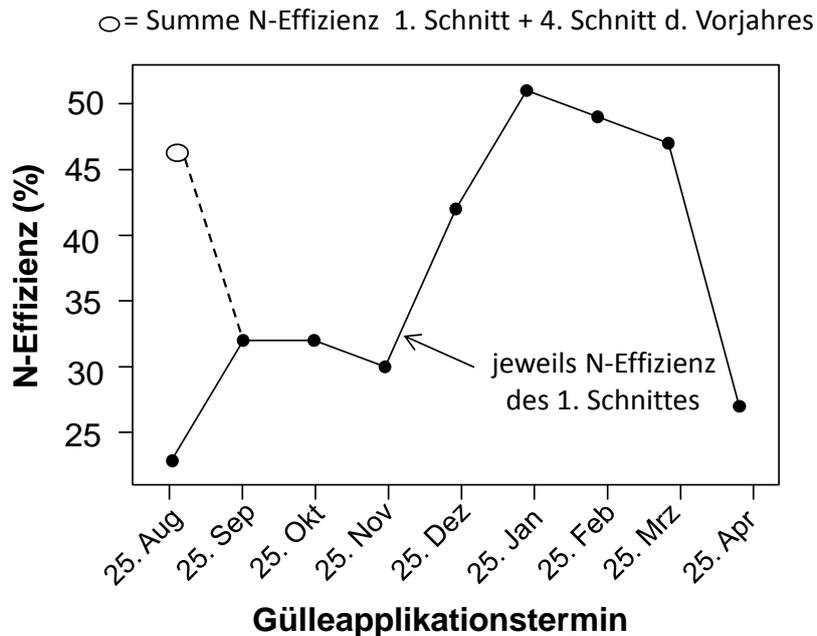


Abb. 4: Scheinbare N-Ertragseffizienz von Güllestickstoff in Bezug auf relevante Siloschnitte im Mittel der Versuchsperioden 2010/11, 2011/12 und 2012/13 in Abhängigkeit des Faktors Gülleapplikationstermin (Die schwarz gefüllten Kreise beziehen sich auf den Frühlingsaufwuchs nach der Begüllu ng. Der nicht gefüllte Kreis bzw. die gestrichelte Linie bezieht sich auf die Summe des Frühlingsaufwuchs nach der Begüllu ng und vierten Aufwuchses des Vorjahres.)

Einen gegensätzlichen Verlauf zeigt die Reaktion der Ertragsleistung (Abb. 3) und die scheinbare N-Ertragseffizienz in Bezug auf den Gülleapplikationstermin (Abb. 4). Eine Güll egabe im Zeitraum Ende Dezember bis Ende März zeigt deutlich höhere Effizienzen in Bezug auf den Ertrag an Nettoenergie im ersten Aufwuchs, als Begüllu ngen vor Anfang Dezember. Tendenziell überlegen zeigen sich Güll egaben die im Zeitraum Ende Januar bis Ende Februar appliziert wurden. Der Vollständigkeit halber soll erwähnt werden, dass eine Güll egabe Ende April in den wachsenden Aufwuchs der generell in der letzten Maidekade geernteten Bestände keine sinnvolle Verwertung von Güll e darstellte. Abb. 4 zeigt die scheinbare N-Ertragseffizienz des zu unterschiedlichen Terminen eingesetzten Güll estickstoffs. Höhere Erträge mit höheren Rohproteingehalten führten im Dreijahresmittel zu N-Wiederfindungsraten im Erntematerial von über 45%. Im Gegensatz dazu wurden mit Begüllu ng im Herbst nur Wiederfindungsraten von ca. 30% erreicht. Hier soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass es sich hierbei um scheinbare Wiederfindungsraten handelt in die auch langjährige Nachlieferungen aus Güll egaben vergangener Jahre einfließen bzw. die auch von Interaktionen mit dem zweiten Hauptbestandbildner Weißklee geprägt sind. In Bezug auf die Wiederfindung von Güll estickstoff der Ende August appliziert wurde, finden sich lediglich etwas über 20% des applizierten N-Menge im ersten Aufwuchs des Folgejahres wieder. Trotzdem ist diese Variante einer Begüllu ng in den Monaten September bis November vorzuziehen. Wie Abb. 4 zeigt werden ca. 25% des im August applizierten Güll estickstoffs bereits sinnvoll vom letzten Aufwuchs des Vorjahres in Rohproteinmehrerträge verwandelt und damit vor Auswaschung und anderen Verlusten geschützt. Als Summe des Frühlingsaufwuchs nach der Begüllu ng und des vierten Aufwuchses des Applikationsjahres erzielen die im August begüllu tten Bestände N-Effizienzen die um 15% höher als die der alternativen Herbstbegüllu ngstermine liegen. Diese höheren N-Effizienzen liegen somit auf dem Niveau der Effizienz von Güll eapplikationen im Winter bzw. frühen Frühjahr.

Schlussfolgerungen

In Übereinstimmung mit Untersuchungen in England von SMITH *et al.* (2002) führen unter norddeutschen Klima- und Bodenverhältnissen Güll egaben im Herbst zu erhöhten Auswaschungen und unbefriedigenden Ertragswirkungen beim 1. Aufwuchs des Folgejahres. In der vorliegenden Untersuchung ergaben sich die Monate Januar bis März als optimale Anwendungszeitpunkte von Güll e zum ersten Grünlandaufwuchs. Eine Güll esperrfrist, so wie sie für Grünland im Rahmen der Neu-

aufgabe der Düngeverordnung vom 1. November bis zum 31. Januar vorgeschlagen wird, wird nicht durch die vorgestellten Ergebnisse bestätigt. Gemäß der Untersuchungsergebnisse wäre unter den Standortbedingungen ein Ausbringungsverbot von Gülle ab Mitte September sinnvoll, da später ausgebrachte Gülle nicht mehr durch den Herbstfolgeaufwuchs genutzt werden kann. Im Gegenzug erscheint die Ausbringung ab Anfang Januar deutlich sinnvoller und sollte bei entsprechenden Bedingungen (nicht tief gefrorener bzw. nicht schneebedeckter Boden) erlaubt sein. Es gilt allerdings in weiteren Untersuchungen zu prüfen, ob auf den dann meist wassergesättigten Böden nach Gülleapplikation nicht Lachgasverluste eine andere relevante Umweltgefährdung darstellen.

Literatur

- BLAG (2012): Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Evaluierung der Düngeverordnung – Ergebnisse und Optionen zur Weiterentwicklung. Abschlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 265 S. www.ti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/vTI/Bilder/Aktuelles/Downloads_2011/121217_Bericht_Evaluierung_DüV.pdf
- BERENDONK, C. (2011a+b): a) Stickstoffwirkung der Gülledüngung auf dem Dauergrünland in Abhängigkeit vom Ausbringungstermin im Herbst, Winter und Frühjahr. bzw. b) Verschiebung der Sperrfrist der Gülleausbringung. In: ELSÄßER, M., DIEPOLDER, M., HUGUENIN-ELIE, O., PÖTSCH, E., NUßBAUM, H., MESSNER, J. (Hrsg.) Gülle 11: Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. a: 164-166; b:325-329..
- BMU, BMELV (2012): Nitratbericht 2012; Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bonn.
- COOKSON, W.R., ROWARTH, J.S. & CAMERON, K.C. (2001): The fate of autumn-, late winter- and spring-applied nitrogen fertilizer in a perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) seed crop on a silt loam soil in Canterbury, New Zealand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84, 67-77.
- Danish Nitrate Action Programme (2008-2015): Danish Ministry of Environment and Food: <http://eng.mst.dk/topics/agriculture/nitrates-directive/nitrate-action-programme-2008-2015/>
- DIEPOLDER, M. (2011): Zeitlich gestaffelte Güllegaben und Wachstumsverlauf. In: ELSÄßER, M., DIEPOLDER, M., HUGUENIN-ELIE, O., PÖTSCH, E., NUßBAUM, H., MESSNER, J. (Hrsg.) Gülle 11: Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. 138-139.
- DüV, (2006): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV). www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/d_v/gesamt.pdf.
- ELSÄßER, M. (2011): Effekte von im Herbst und frühem Frühjahr gegebenen Güllegaben auf zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Frühjahr geerntete Aufwüchse von Deutschem Weidelgras. In: ELSÄßER, M., DIEPOLDER, M., HUGUENIN-ELIE, O., PÖTSCH, E., NUßBAUM, H. & MESSNER, J. (Hrsg.) Gülle 11: Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. 344-347.
- LÄNDERINITIATIVE KERNINDIKATOREN (2015): C5 - Nitrat im Grundwasser <http://www.lanuv.nrw.de/liki-newsletter/index.php>
- MINLNV (2010): Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. Fourth Dutch Action Programme (2010-2013) Concerning the Nitrates Directive; 91/676/EEC.
- NEFF, R. (2011): Gülledüngung im Herbst. In: ELSÄßER, M., DIEPOLDER, M., HUGUENIN-ELIE, O., PÖTSCH, E., NUßBAUM, H., MESSNER, J. (Hrsg.) Gülle 11: Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. 353-354.
- SIELING, K. and KAGE, H. (2006) N balance as an indicator of N leaching in an oilseed rape – winter wheat – winter barley rotation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115, 261-269.
- SMITH, K.A., BECKWITH, C.P., CHALMERS, A.G. & JACKSON, D.R. (2002): Nitrate leaching following autumn and winter application of animal manures to grassland. *Soil Use and Management* 18, 428-434.
- TAUBE, F. SCHÜTTE, J & KLUB C. (2013): Auswirkungen der Berücksichtigung von Gärresten auf den Anfall organischer Dünger in einer novellierten Düngeverordnung - dargestellt am Beispiel Schleswig-Holstein. *Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft Sonderheft* 219. 10.12767/buel.v0i219.29.
- THOMET, P. (2011) Länderspezifische Sicht der Problematik: Schweiz. Plädoyer für die Gülleausbringung auf Grünland während der Wintermonate. In: ELSÄßER, M., DIEPOLDER, M., HUGUENIN-ELIE, O., PÖTSCH, E., NUßBAUM, H. & MESSNER, J. (Hrsg.) Gülle 11: Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. 313-316.
- VAN DIJK, W. and TEN BERGE, H. (2009): Agricultural nitrogen use in selected EU countries. *Applied Plant Research*. Wageningen UR. PPO no. 382.