

Nährstoffdynamik auf extensiv genutzten Niedermoorweiden - Weide und Lysimeterversuche -

A. BEHRENDT, G. SCHALITZ, L. MÜLLER und U. SCHINDLER

Zusammenfassung

Auf Niedermoorgrünland und in Lysimetern wurden Untersuchungen zur Nährstoffdynamik bei extensiver Weidenutzung durchgeführt.

Die Freisetzung von Stickstoff, Kalium und Phosphor aus der Torfmineralisation ist hinsichtlich des Pflanzenbedarfs verhältnismäßig unausgewogen. Um den freigesetzten Stickstoff für die Vegetation nutzbar machen zu können, muss vor allem eine ausreichende Kaliumversorgung gewährleistet sein. Eine Kaliumdüngung in Höhe des zu erwartenden Ernteentzuges ist auf jeden Fall zu empfehlen. Die Nährstoffrücklieferung über die Exkremente muss bei der Mineraldüngung Berücksichtigung finden. Bevorzugte Aufenthaltsorte der Weidetiere sollten bei der Düngung ausgelassen werden, um Grundwasserbelastungen zu reduzieren.

Abstract

On fen grassland and in lysimeters, investigations were carry out to nutrient dynamic by low productiv pasture utilization.

The release from nitrogen, potassium and phosphorus out of the peat mineralisation is relatively unbalanced regarding to plant supply. In order to make the released nitrogen useful for the vegetation enough potassium has to be given. A potassium fertilization in a meseasure from expected K-output by yield is at least advisable. The nutrient return supply by cattle excrements must be considered on fertilization. The prefered residence area of cattle should be left out during fertilization to reduce groundwater pollution

1. Einleitung und Problemstellung

Zu Beginn der 90er-Jahre wurden die Tierzahlen im Osten Deutschlands aus

agrarpolitischen Gründen drastisch reduziert. Seit dem sind auch in den traditionellen Weidegebieten Brandenburgs, den ausgedehnten Niedermoorgebieten, geringe Besatzstärken an Weidetieren die Regel. Da bei geringen Besatzstärken dem einzelnen Tier mehr Fläche zur Verfügung steht und somit im Allgemeinen auch relativ viel Futter und weil Auflagen für Extensivierungsprämien mineralische Düngung verbieten, wird oft auf die Düngung des Grünlandes verzichtet.

Beim Niedermoorgrünland gibt es im Vergleich zu Mineralbodenstandorten die Besonderheit, dass durch die Zersetzung der organischen Substanz, entsprechend der Torfzusammensetzung die darin gespeicherten Nährstoffe anteilig in sehr großen Mengen freigesetzt werden können. Das Nährstoffverhältnis aus der Torfmineralisation ist jedoch meist nicht pflanzenbedarfsgerecht.

Wieviel tatsächlich freigesetzt wird, hängt auf den ungedüngten Niedermoorweiden entscheidend von den Grundwasserständen und der Bodenverdichtung ab (BEHRENDT et al., 1998). Auf beweideten Flächen wird zusätzlich von einer gewissen Nährstoffrücklieferung durch die Exkrementablagerung der Tiere ausgegangen. Diese ist jedoch in Abhängigkeit von der Anzahl der Weidetiere pro Zeiteinheit und Fläche und der Unregelmäßigkeit ihres Aufenthaltes differenziert zu bewerten.

An bevorzugten Aufenthaltsorten, wie zum Beispiel Liegeplätzen, Tränk- und Futterstellen kann es auch schon bei geringen Besatzstärken zur Nährstoffanhäufung und in der Folge zu Grundwasserbelastungen kommen.

Die durchgeführten Untersuchungen sollen dazu beitragen, die Nährstoffdynamik der Niedermooere unter extensiver Weidenutzung etwas aufzuklären.

2. Material und Methoden

Die Weideversuche wurden auf den Niedermoorgrünlandflächen der ZALF-Forschungsstation für Landwirtschaft Paulinenaue durchgeführt. Es handelt sich hier um 37 ha reliefiertes Niedermoorgrünland, wie es häufig im nordostdeutschen Raum anzutreffen ist.

Die gesamte Fläche wurde in Rasterquadrate (RQ) eingeteilt, die immer nach dem gleichen System, zweimal diagonal mit je 30 Bohrstockeinstichen in zwei Tiefen (0-30 cm und 30-60 cm) beprobt wurden. Eine Hälfte wurde bis zur N_{min} -Analyse bodenfrisch und gekühlt aufbewahrt, der zweite Teil der Proben für die N_p , C_p , P_{DL} und K_{DL} -Untersuchungen wurde vor der Analyse im Zentrallabor getrocknet und gemahlen. Das Zentrallabor des ZALF verwendete Standardanalyseverfahren nach VDLUFA-Vorschrift.

An den bevorzugten Aufenthaltsstellen der Weidetiere wurden Saugkerzen und Piezometer sowie ein Netz von Grundwasserrohren installiert, um die Tiefenverlagerung der Nährstoffe und ihre flächige Ausbreitung beurteilen zu können.

Die Weideflächen blieben seit 1990 ungedüngt, bis auf eine Teilfläche, die zur Heugewinnung diente und aufgrund starker Ertragsdepressionen eine Kaliumdüngung in Höhe des zu erwartenden Pflanzenentzuges (150 kg K/ha) erhielt.

Das Weidemanagement kann als ganzjährige, extensive Mäh-Standweide bezeichnet werden. Die maximale Besatzstärke lag unter 1 GV/ha.

Einige Niedermoorlysimeter wurden mit Tierexkrementen behandelt, um die Höhe einer möglichen Überdüngung zu ermitteln.

Autoren: Dr. Axel BEHRENDT und Dr. Gisbert SCHALITZ, ZALF Müncheberg, Forschungsstation Landwirtschaft Paulinenaue, Gutshof 7, D-14641 PAULINENAUE, Dr. Lothar MÜLLER und Dr. Uwe SCHINDLER, ZALF Müncheberg, Institut für Bodenlandschaftsforschung, Eberswalder Str. 84, D-15374 MÜNCHEBERG

3. Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 verdeutlicht, dass dem Stickstoff im Moorboden besonderes Augenmerk geschenkt werden muss.

In einer linearen Regressionsanalyse wurde die Beziehung zwischen den absoluten Stickstoffwerten und dem Anteil organischer Substanz aller Mischproben der Weidefläche getestet. Das Ergebnis, ein hochsignifikantes Bestimmtheitsmaß (r^2) von 0,99 lässt erkennen, dass eine sehr enge Abhängigkeit besteht. Kommt es nun infolge von Entwässerung zur oxidativen mikrobiellen Zersetzung der organischen Torfsubstanz, werden neben Kohlenstoff und Wasser auch anteilig die gespeicherten Stickstoffmengen frei. Ein Teil dieses mineralisierten Stickstoffs wird als Nitrat oder Ammonium (N_{\min}) im Boden pflanzenverfügbar.

Auch Regressionsanalysen in denen die Beziehung zwischen der organischen Substanz im Boden und den N_{\min} -Werten geprüft wurde, ergaben für NO_3 -N ein Bestimmtheitsmaß von 0,59 und für NH_4 -N von 0,38, wobei beide signifikant waren. Es besteht demzufolge mit großer Sicherheit eine Abhängigkeit der N_{\min} -Werte von der Moormineralisation. In Anbetracht der Bestimmtheitsmaße wird jedoch klar, dass noch andere Fak-

toren die N_{\min} -Werte beeinflussten, bzw. bei der Stickstofffreisetzung gasförmige N-Verluste und Immobilisierungsprozesse von Bedeutung waren.

Der direkte Vergleich der N_{\min} -Werte aus den Frühjahrsbeprobungen 1994 und 1998 ließ erkennen, dass sich unter Weidebedingungen die Ammoniumwerte erhöht hatten. Im Durchschnitt der gesamten Fläche wurde eine Zunahme um 71 % ermittelt. Wesentlich höhere Steigerungen waren an den bevorzugten Aufenthaltsorten festzustellen, dort erhöhten sich die Ammoniumwerte um mehr als das 4-fache. Die Nitratwerte im Boden nahmen in der gleichen Versuchszeit eher ab. Im Mittel aller Rasterquadrate konnte ein Rückgang um 22,3 % errechnet werden. Eine besonders starke Abnahme der Nitratgehalte war auf den mit Kalium gedüngten Flächen zu beobachten, die verstärkt der Heuwerbung dienten. Hier konnte die Vegetation wegen der höheren Kaliumversorgung auch den Nitratstickstoff besser ausnutzen.

Wie sich die Verlagerung von Nitrat und Ammonium in die Tiefe und in die Fläche darstellt, wurde mit einem Netz von Grundwasser- und Piezometerrohren untersucht.

Während sich die Ammoniumwerte im oberflächennahen Grundwasser in Gren-

zen halten, kommen beim Nitrat oft Werte vor, die weit über dem Trinkwassergrenzwert (50 mg NO_3 /l bzw. 11,3 mg NO_3 -N/l) liegen. Bei einigen Proben wurde sogar das 9- bis 11-fache des Grenzwertes erreicht. Nitrat ist gut löslich und wird deshalb, auch weil der Moorboden kaum Sorptionsplätze für Anionen hat, leicht verlagert und ausgelesen (SCHEFFER, 1977). Die höchsten Nitratbelastungen waren unmittelbar unter den Tränk- und Futterstellen zu finden. Eine Nährstoffverlagerung bis weit in die Fläche war jedoch nicht zu beobachten. Nicht selten waren in 25 m Entfernung vom hoch belasteten Grundwasser nur noch Spuren (< 0,1 mg/l) vom Nitratstickstoff zu finden. Lediglich in die Richtung des Vorfluters (Süden) deutete sich eine geringe Verlagerung an.

Eine Tiefenverlagerung der Nährstoffe in Abhängigkeit von der Zeit lässt sich anhand von Saugkerzenuntersuchungen, die bereits im Sommer 1993 installiert wurden, gut verdeutlichen. Der dargestellte Saugkerzenstandort (Abbildung 2) befindet sich 20 m südlich von Tränke und Schutzhütte in Bodentiefen von 30 und 50 cm.

Bei der Betrachtung der beiden Stickstoffkomponenten, im siebenjährigen Untersuchungszeitraum, stellte sich heraus, dass es insbesondere zu einer Ni-

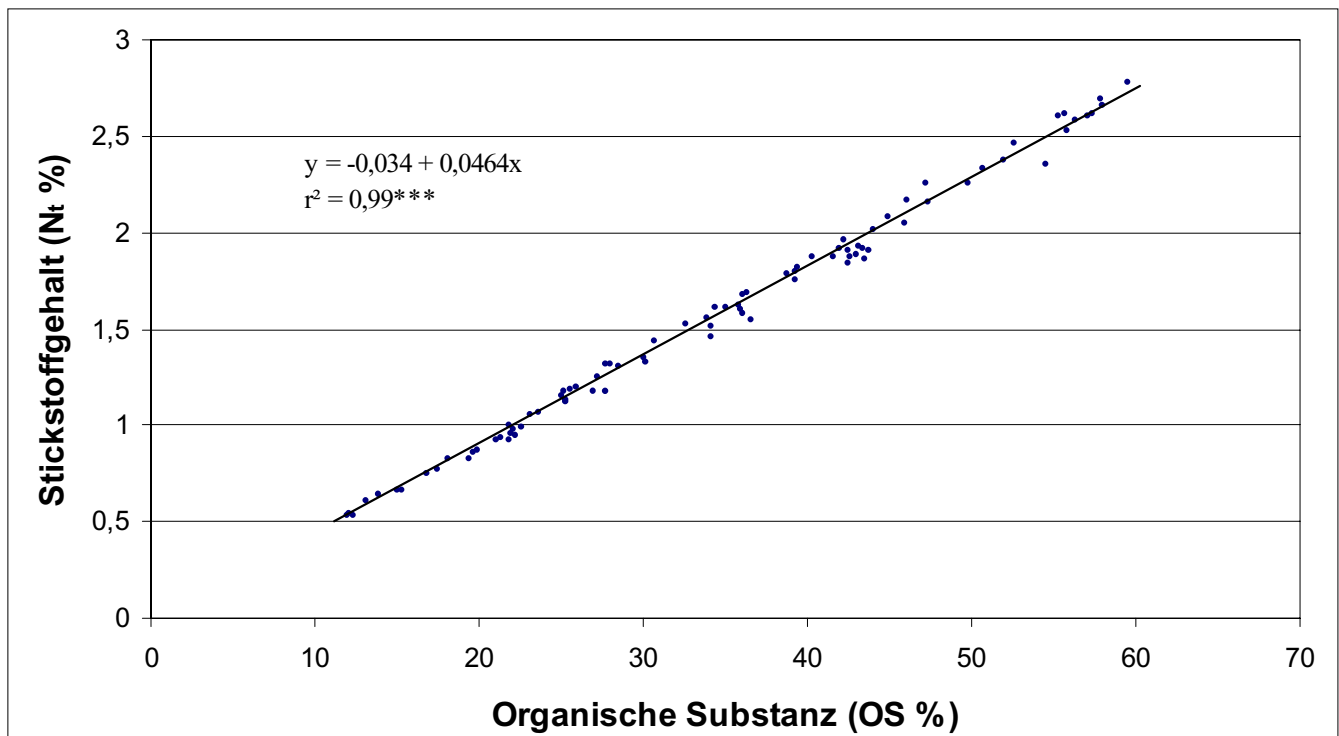


Abbildung 1: Beziehung zwischen organischer Substanz und Stickstoffgehalt (total) im Moorboden

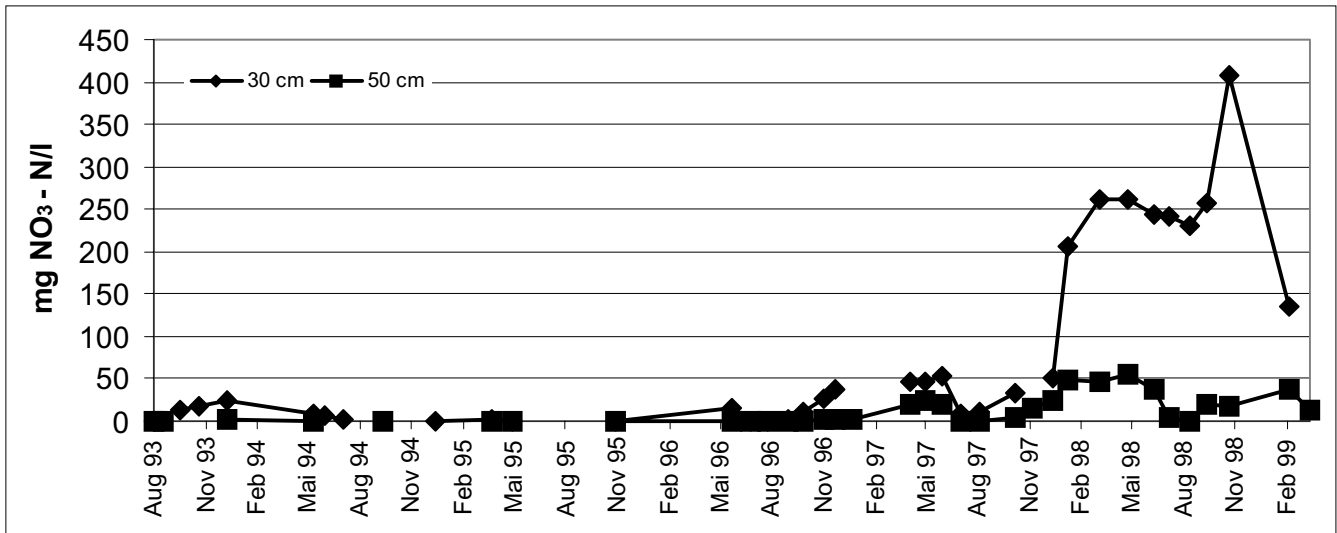


Abbildung 2: Saugkerzenuntersuchungen in 30 und 50 cm Bodentiefe

tratverlagerung kommt. Die analysierten Ammoniumwerte lagen meist unter 0,5 mg NH₄-N/l. Die Tiefenverlagerung des Nitrats ist in den ersten Jahren noch relativ schwach ausgeprägt, wobei jedoch schon 1993 der Trinkwassergrenzwert überschritten wird. Erst zum Ende 1996 ist ein deutlicher Anstieg zu sehen. Im Laufe der Vegetationsperiode 1997 nehmen die Nitratwerte im Sickerwasser wieder etwas ab und steigen im sechsten Versuchsjahr auf enorme Werte an, die den Grenzwert der Trinkwasserschutzverordnung um das 20- bis 50-fache überschreiten. Die Ergebnisse zeigen, dass es selbst bei einer relativ geringen Bodentiefe einige Jahre dauern kann, bis das Gros der Nährstofffracht dort ankommt.

In den Lysimetern mit Weidesimulation wurden bei 50 cm und 90 cm Grundwasserstand je Variante 9,0 kg/m² Rinderkot (30,7 g N/m² pro Jahr) bzw. 15 kg/m² Rinderharn (26,7 g N/m² pro Jahr) verabreicht. Das entspricht etwa dem Fünffachen der durchschnittlichen Exkrementrückführung pro GV und Jahr. Diese recht hohen Nährstoffgaben führten aufgrund sehr hoher Ernteentzüge zu keiner deutlich verstärkten Stickstoffauswaschung. Lediglich in der tieferen Grundwasservariante waren die Nitratausträge leicht erhöht, was aber auf eine größere Torfmineralisationsrate zurückzuführen ist.

Infolge der geringen Besatzstärke von weniger als 1 GV/ha konnte davon ausgegangen werden, dass es auf den Weideflächen langfristig eher zu einer Nähr-

stoffaushagerung als zu einer Nährstoffanreicherung kommen würde, obwohl aus der Moormineralisation eine nicht unerhebliche Nährstoffnachlieferung zu erwarten war. Eigene Untersuchungen (BEHRENDT, 1995) und Literaturwerte (KUNTZE, 1984; SCHEFFER und BARTELS, 1985; MUNDEL, 1992; KÄDING, 1996; SCHUPPENIES, 1996) verdeutlichen jedoch ein sehr unausgewogenes Verhältnis der einzelnen Nährstoffe im Torf.

Langjährige Moorschwindmessungen auf einer benachbarten Grünlandfläche ließen einen jährlichen Höhenverlust von etwa 0,5 cm erkennen (BEHRENDT et al., 1998). Auf einen Hektar umgerechnet wären das bei einer durchschnittlichen Trockenrohdichte von 400 g/l, Mengen an organischer Substanz von 20.000 kg/ha die zersetzt werden. Legt man einen mittleren N_t-Gehalt von 2,5 % zugrunde, kommt man auf 500 kg N/ha, die aus der Moormineralisation freigesetzt werden, vorausgesetzt, dass Sackungsprozesse nach fast 300 Jahren Entwässerung keine Rolle mehr spielen.

Kalium hingegen wird im Torf kaum gespeichert, weil hier zumeist die mineralische Sorptionskomponente fehlt und nach EHLERS et al. (1967) eine hohe Ca⁺⁺-Selektivität organischer Austauscher in kalkreichen Mooren vorherrscht. Das wird auch im Ergebnis einer Regressionsanalyse deutlich, in der die Beziehung zwischen organischer Substanz im Boden und dem Kaliumgehalt geprüft wurde.

Da das Bestimmtheitsmaß nur 0,06 erreicht, kann man davon ausgehen, dass hier kaum ein Zusammenhang besteht. Die K_t-Gehalte liegen nur zwischen 0,03 und 0,1 % K und erreichen somit im besten Fall ein 25stel des Stickstoffanteils. Im Vergleich zu den totalen Kaliumgehalten im Torf machen die pflanzenverfügbaren (doppellaktatlöslichen) K-Mengen nur etwa ein Zehntel aus. Da Kalium etwa in gleichen Mengen wie Stickstoff aufgenommen wird, muss es bei unterlassener K-Düngung recht schnell zu Mangelerscheinungen im Moorboden und damit auch in der Pflanzensubstanz kommen.

Der Weideertrag ging infolge der fehlenden Düngung innerhalb weniger Jahre von anfangs 80 dt TS/ha auf etwa 60 dt TS/ha zurück. Die Kaliumgehalte der Gräser verringerten sich im Zuge dieser Entwicklung von 2,5 % auf unter 1,6 % K. Der Versorgungszustand der Pflanzen bewegte sich demnach von einem mittleren auf ein sehr geringes Niveau (KERSCHBERGER, 1986; KÄDING, 1996). Sehr geringe Werte im Pflanzenmaterial wurden auch für Stickstoff (1,83 %) und Phosphor (0,26 %) auf den Weideparzellen ermittelt.

Bei einer unterstellten Futteraufnahme von 10 kg TS/GV und Tag (PRIEBE und HENNING, 1999), nimmt eine 500 kg Kuh unter extensiven Weidebedingungen bei den genannten Pflanzeninhaltsstoffen etwa 67 kg N, 9,5 kg P und 45 kg K im Jahr zu sich. Setzt man voraus, dass durch die Exkrementrückführung der Weidetiere 85 bis 95 % der Haupt-

nährstoffe (N, P, K) auf der Fläche bleiben (ERNST und RIEDER, 1990) und aus der Moormineralisation noch ein erheblicher Teil dazu kommt, muss es an der ungleichmäßigen Verteilung liegen, dass die Nährstoffversorgung der Pflanzen im Flächendurchschnitt so nachgelassen hat.

Ausgehend von einer Kotstellengröße von 0,05 m² und 10 Abkotungen pro Tier und Tag ergibt sich bei ganzjähriger Beweidung mit 1 GV/ha eine bekotete Fläche von 182,5 m² pro Jahr, vorausgesetzt es finden keine Mehrfachbelegungen statt. Harnstellen sind etwa viermal so groß, dass im Jahr bei gleichen Voraussetzungen 730,0 m² betroffen sind. Rechnet man Kot- und Harnstellen zusammen, werden pro Jahr bei idealer Verteilung nicht einmal 10 % der Fläche erreicht.

Dieser Wert wird in der Praxis noch erheblich reduziert, da es natürlicherweise immer zu Mehrfachbelegungen kommt und an den präferenziellen Aufenthaltsorten der Tiere ein Großteil der Exkremate abgelagert wird.

Literatur

- BEHRENDT, A., 1995: Moorkundliche Untersuchungen an nordostdeutschen Niedermooren unter Berücksichtigung des Torfchwundes, ein Beitrag zur Moorerhaltung. Humboldt-Universität, Berlin, Diss.
- BEHRENDT, A., G. SCHALITZ und D. WARNCKE, 1998: Untersuchungen zur moorschonenden Weidetritt- und Fahrbelastung auf Niedermoorböden. ZALF-Bericht Nr. 33, 1-17.
- BEHRENDT, A., G. MUNDEL, G. SCHALITZ und D. HÖLZEL, 1999: 30 Jahre Paulinenaue Grundwasserlysimeter - eine Zusammenfassung ausgewählter Ergebnisse. Wiss. Vortragstagung "50 Jahre Wissenschaftsstandort Paulinenaue - Ergebnisse der Grünland- und Futterforschung", 161-174.
- EHLERS, W., B. MEYER und F. SCHEFFER, 1967: K-Selektivität und Fraktionierung des Austausch-Kaliums (Beitr. Z. K-Austausch des Bodens II). Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkd. 117: 1, 1-29.
- ERNST, P. und J.B. RIEDER, 1990: Grünland richtig nutzen. AID 1088, 28 S.
- KÄDING, H., 1996: Auswirkungen variiertes Kaliumdüngung auf Niedermoorgrünland. Arch. Acker- Pfl. Boden. 40: 205-215.
- KERSCHBERGER, M., D. RICHTER und B. WITTER, 1986: Neue Versorgungsstufen für die P-, K-, Mg-Gehalte und der pH-Werte des Bodens auf Acker- und Grünland. Feldwirtschaft 27: 366-368.
- KUNTZE, H., 1984: Bewirtschaftung und Düngung von Moorböden. Berichte des Bodentechnologischen Institutes des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, Bremen, 80 S.
- MUNDEL, G., 1992: Einflußfaktoren des Kaliumaustrages in landwirtschaftlich intensiv genutzten Niedermoorböden (Lysimeterergebnisse). Arch. Acker- Pfl. Boden. 36: 209-216.
- PRIEBE, R. und H. HENNING, 1999: Weideertrag und tierische Leistung. - In: Untersuchungen zur Nachhaltigkeit von Mähstandweidesystemen mit Mutterkühen. Verb. z. Förderung extensiver Grünlandwirtschaft e.V., 58-63.
- SCHEFFER, B., 1977: Stickstoff- und Phosphorverlagerung in nordwestdeutschen Niederungsböden und Gewässerbelastung. Geol. Jb. F 4, 203-221.
- SCHEFFER, B. und R. BARTELS, 1985: Ammonium- und Nitratumsetzungen in Niedermoorböden. Vorträge aus der Sitzung der Fachgruppen II Bodenuntersuchungen und X Bodenfruchtbarkeit, Landwirtschaft. Forsch. 37, 306-314.
- SCHUPPENIES, R., 1995: Die Bedeutung der Kaliumdüngung auf Niedermoorgrünland. 39. Jahrestagung der AG Grünland und Futterbau der Ges. f. Pflanzenbauwiss. 85-88.