

TELMA	Band 40	Seite 167 - 182	5 Abb., 8 Tab.	Hannover, November 2010
-------	---------	-----------------	----------------	-------------------------

Wirkung der Nutzung von Niedermoor-Grünland auf Vegetation und Ertrag

Effect of grassland utilisation of a low peat on vegetation and yield

EYAD ALABSI, RENATE SCHÖNFELD-BOCKHOLT,
LISA DITTMANN und JÜRGEN MÜLLER

Zusammenfassung

In einer langjährigen Studie auf einem für Mecklenburg typischen Niedermoorstandort sind die Auswirkungen verschiedener Bewirtschaftungen auf den Pflanzenbestand und dessen Ertragsfähigkeit untersucht worden. Variiert wurden die Nährstoffversorgung und die Nutzung. Die Aufzeichnung von Witterung und Grundwasserflurabständen dienten der Abschätzung der Einflüsse des Wasserdargebotes auf den Ertrag.

Der markanteste Einfluss auf die botanische Zusammensetzung des Grünlandes ging von der Nutzungsart und der Kalium-Düngung aus. Der Ertrag (bei Schnitt ohne Düngung 69 dt TM ha⁻¹, mit NPK-Düngung 100 dt TM ha⁻¹ und bei Weide ohne Düngung 59 dt TM ha⁻¹, mit NPK-Düngung 74 dt TM ha⁻¹) wurde hingegen ungeachtet signifikanter Bewirtschaftungseffekte am stärksten vom Wasserdargebot während der Sommermonate beeinflusst.

Es wird gefolgert, dass für die Beurteilung der Ertragsfähigkeit von dränierten Niedermoorstandorten sowohl Nutzung als auch Witterung zu berücksichtigen sind, um zu realitätsnahen Richtwerten zu gelangen.

Abstract

The effects of different grassland management on vegetation pattern and yield potential were investigated in a long-term study on a low peat site typical for the county of Mecklenburg (Northeast-Germany). For this purpose we varied nutrient supply and the utilisation regime (cutting and grazing). Recordings of weathering data and soil water table were additional used to explain water-supply effects on grassland yields.

Utilisation and K-supply were identified as the strongest predictors of vegetation patterns, whereas above ground biomass depends mainly from water supply during mid and late summer despite of significant management effects.

We concluded that distinguishing between combined effects of vegetation utilisation and site condition water supply had necessarily to taken into account to got reliable information about grassland yield on drained low peat soils.

1. Einleitung

Das Land Mecklenburg-Vorpommern verfügt über 290.000 ha Moor, überwiegend Niedermoor, welche etwa 12 % der Landesfläche bedecken (ANONYMUS 2009). Die wirtschaftliche Nutzung entwässerter Niedermoores hat in zunehmendem Maße Aspekten des abiotischen und biotischen Ressourcenschutzes Rechnung zu tragen (KRATZ & PFADENHAUER 2001). Maßnahmen der Wiedervernässung werden als Mittel der Wahl zur Drosselung des mikrobiellen Kohlenstoffverzehr sowie zur Restitution von Feuchtgrünland angesehen (HÖPER 2007). Da jedoch nur ein Teil der Mooregebiete Nordostdeutschlands die rechtlichen und hydrologischen Voraussetzungen für eine Wiedervernässung erfüllen, kommt der Art und Weise der landwirtschaftlichen Grünlandnutzung auch weiterhin eine hohe Bedeutung zu. Während bei landwirtschaftlicher Nutzung nordostdeutscher Niedermoores der Kohlenstoffabbau nur begrenzt zu drosseln ist (COUWENBERG et al. 2008), besteht offenbar kein grundsätzlicher Widerspruch zwischen einer hohen Phyto Diversität sowie dem Ziel der Erzeugung verwertbarer Biomasse (MÜLLER et al. 2009).

Vor diesem Hintergrund wurde ein 8-jähriger Parzellenversuch initiiert. Die Versuchsfrage bestand darin, auf einem typischen Niedermoorstandort den Einfluss von Nutzung, Düngung und Witterung auf Ertrag und botanische Zusammensetzung zu quantifizieren.

2. Methodik

2.1 Standort

Der Niedermoorstandort Petschow bei Rostock ist typisch für das Klimagebiet „Ostseeküste“ in Mecklenburg-Vorpommern. Es handelt sich bei diesem Versuchsstandort um ein mittel- bis tiefgründiges, dräniertes Durchströmungsmoor. Profilaufnahmen der Blöcke A und C der Versuchsanlage werden in Tabelle 1 vorgestellt.

Tab. 1: Bodentypen und Horizontfolgen innerhalb der Versuchsanlage (Angaben nach Anonymus 2005)
Types of soil and horizon characteristics at the study site (Classification according to Anonymus 2005)

Block	Bodentyp	Horizontfolge (cm)	Horizonttyp	Carbonatgehalt	Org. Masse (%) von Boden (Lutro)
A	Kalkerdniedermoor	0-25	Hv	c3.3	50
		25-70	Hr	c3.3	87
		70-100	Hw	c3.4	89
C	Kalkmulmniedermoor	0-10	Hmc	c3.3	72
		10-90	Hv	c3.3	86
		90-120	Hw	c4	37

c3.3: mittel carbonathaltig, c3.4: stark carbonathaltig, c4: carbonatreich

Der Verlauf der Witterung während der Versuchsjahre 1999 bis 2006 wurde von der nahe gelegenen Wetterstation Groß-Lüsewitz erfasst (Tab. 2).

Die Klimawasserbilanz (KWB) wurde nach der Formel: $KWB \text{ (mm)} = \text{gemessener Niederschlag (mm)} - \text{kalkulierte Verdunstung (mm)}$ berechnet.

Tab. 2: Jahresmittel der Lufttemperatur, Jahressumme der Niederschläge und jährliche Klimawasserbilanz des Versuchszeitraums
Mean temperature, sum of precipitation and climatic water balance over the experimental years

Jahr	Lufttemperatur (°C)	Niederschläge (mm)	Klimawasserbilanz KWB (mm)
1999	9,2	677	203
2000	9,3	769	250
2001	8,4	838	323
2002	9,1	824	291
2003	8,9	524	-100
2004	8,8	717	178
2005	8,7	756	161
2006	9,3	676	36
Mittel (1988-2006)	8,7	776	168

2.2 Versuchsanlage

Der Versuch wurde im Herbst 1998 als zweifaktorielle Blockanlage mit den Faktoren Nutzung (Schnitt, Weide) und Düngung (12 Stufen) in 3-facher Wiederholung angelegt (Tab. 3). Die Parzellengröße betrug 30 m². Auf dem Versuchsstandort gibt es drei unterschiedliche Grundwasserganglinien (A: 0-60 cm unter Flur, B: 10-60 cm unter Flur und C: 40-120 cm unter Flur), die bei der Blockbildung berücksichtigt wurden. Somit sind etwaige Blockeffekte stark von der Grundwasserganglinie geprägt. Düngungsvarianten und Nutzung siehe Tabelle 3. Die Beweidung wurde mit weiblichen Jungrindern in 3 bis 4 Umtrieben je Sommerhalbjahr durchgeführt.

2.3 Bestimmung von Nährstoffgehalt, Ertrag und Artmächtigkeit

Die Bestimmung der Gehalte an P₂O₅, K₂O und Mg (Doppellaktat-Methode) sowie des pH-Wertes (CaCl₂-Methode) erfolgte vor Versuchsbeginn (1998) sowie jährlich in den jeweiligen Tiefen (0-10 cm) in Form von Mischproben (VDLUF 1991).

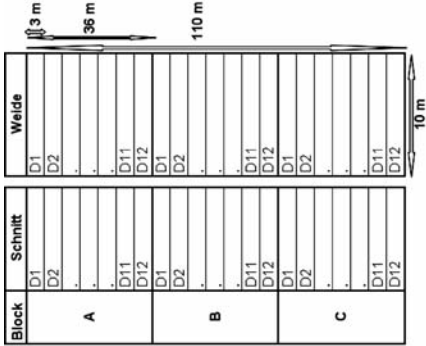
Der Trockenmasseertrag ist für die Weideparzellen über die Wuchshöhe und eine repräsentative Teilprobe und für die Schnittparzellen aus dem Gesamt-Frischmasseertrag (Frontmäher, Schnitthöhe 6 cm) durch Trocknung (65 °C bis zur Gewichtskonstanz) ermittelt worden. Die Artmächtigkeiten erfolgten als Deckungsgradschätzungen.

Tab. 3: Versuchsaufbau mit Faktoren- und Stufencharakteristika
Experimental design

Faktor 1 Düngung	Nährstoffe (kg ha ⁻¹ a ⁻¹) *)	Faktor 2 Nutzung
D1= ohne Düngung	(n)	3 x Schnitt
D2= N (KAS)	(k) 150 N	3 bis 4 Weide
D3= P (TSP)	(k) 69 P ₂ O ₅	
D4= K (KCl: 60er Kali)	(k) 180 K ₂ O	
D5= K (Mg-Kaimit)	(ö) 180 K ₂ O, 450 Na ₂ O, 83 MgO, 196 SO ₄	
D6= NK (KAS, KCl: 60er Kali)	(k) 150 N, 180 K ₂ O	
D7= PK (TSP, KCl: 60er Kali)	(k) 69 P ₂ O ₅ , 180 K ₂ O	
D8= PK (Patent-PK)	(ö) 137 P ₂ O ₅ , 180 K ₂ O, 58 MgO, 312 SO ₄	
D9= PK (Thomaskali)	(k) 60 P ₂ O ₅ , 180 K ₂ O, 58 MgO, 99 SO ₄	
D10= NP (KAS, TSP)	(k) 150 N, 69 P ₂ O ₅	
D11= NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	(k) 150 N, 69 P ₂ O ₅ , 180 K ₂ O	
D12= NPK (Ammonsulfat, TSP, KCl: 60er Kali)	(k) 150 N, 69 P ₂ O ₅ , 180 K ₂ O, 513 SO ₄	

*) Art der Bewirtschaftung (n)= naturschutzgerecht, (k)= konventionell, (ö)= ökologischer Landbau, KAS= Kalkammonsalpeter, TSP= Tripelsuperphosphat

Skizze der Versuchsanlage
Field plot design of the experiment



2.4 Mathematisch-Statistische Methoden

Die Einflüsse der Faktoren ‚Düngung‘ und ‚Nutzung‘ auf die verschiedenen Prüfmerkmale des Versuches wurden mit Hilfe varianzanalytischer Methoden (allg. lineares Modell, zweifaktoriell mit Hauptwechselwirkungen) geprüft. Der Einfluss der Witterung ist als Zufallsfaktor im Varianzanteil des Jahres enthalten, wenn nach Schnitt und Weide getrennt analysiert wird (Tab. 7). Die Mittelwertvergleiche der faktoriell beeinflussten Prüfmerkmale sind mit dem Duncan-Test vorgenommen worden (ANONYMUS 2006).

Zur besseren Vergleichbarkeit mit Daten anderer Erhebungen zur Phytodiversität wurde das Pflanzeninventar des Versuches in Abhängigkeit von der Parzellenanzahl dargestellt (species-area-function). Die diesbezüglichen Schätzungen wurden mit vier Methoden (Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 und Bootstrap) vorgenommen (COLWELL & CODDINGTON 1994).

Die Zuordnung der Bestandesbildner zu den einzelnen Prüfvarianten entsprechend deren Häufigkeit resp. Rarität wurde mittels der Seriation-Routine „Mao tau“ nach COLWELL et al. (2004) realisiert. Eine lineare Mehrfachregression diente der Ermittlung signifikanter Einflüsse von Witterungsparametern und Grundwasserflurabständen sowie der Düngung getrennt nach Schnitt- und Weidenutzung.

3. Ergebnisse

3.1 Bodennährstoffgehalte

Vor Versuchsbeginn 1998 wurde die gesamte Fläche vorwiegend als Weide genutzt und wies überhöhte Phosphor- und Kaliumgehalte auf (Tab. 4, Abb. 1 und 2).

Die größten Differenzen waren nach 8-jähriger Versuchsdurchführung im Kaliumgehalt vorhanden, wobei ein Anstieg der Gehalte in den mit Kalium gedüngten Schnittvarianten und ein genereller Anstieg der Kaliumgehalte in den Weideparzellen zu verzeichnen war. Auf nicht mit Kalium gedüngten Schnittparzellen verringerte sich der Kaliumgehalt in 8 Jahren um eine Versorgungsstufe auf C.

Unterlassung der Rückführung von Phosphor auf die Parzellen führte hingegen auch nach 8 Jahren nicht zur Aushagerung in der oberen Krumenschicht. Phosphordüngung führte hingegen zu einem unnötigen Anstieg der Phosphorgehalte um eine Versorgungsstufe bei beiden Nutzungsarten.

Tab. 4: Entwicklung der mittleren Bodennährstoffgehalte während des Versuchszeitraums in Abhängigkeit von der Nutzung
 Development of averaged soil nutrient contents over the experiments duration as effected by utilisation

Jahr	Nutzung	pH-Wert	Mg (mg 100 g ⁻¹)	K ₂ O (mg 100 g ⁻¹)		P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹)	
				mit K*	ohne K*	mit P*	ohne P*
1998	Vor Beginn	5,8 (E)	55 (E)	20 (D)	20 (D)	9 (D)	9 (D)
2001	Schnitt	5,7 (E)	55,3 (E)	20 (D)	14 (C)	13,4 (E)	9,4 (D)
2004	Schnitt	5,6 (E)	57,7 (E)	23,4 (E)	14,8 (C)	17,4 (E)	10,4 (D)
2006	Schnitt	5,7 (E)	54,6 (E)	25,9 (E)	13,3 (C)	13,4 (E)	9,1 (D)
1998	Vor Beginn	5,8 (E)	55 (E)	20 (D)	20 (D)	9 (D)	9 (D)
2001	Weide	5,8 (E)	56,3 (E)	54,5 (E)	37,3 (E)	8,4 (D)	7,4 (D)
2004	Weide	5,7 (E)	64,9 (E)	94,9 (E)	39 (E)	14,3 (E)	9,2 (D)
2006	Weide	5,7 (E)	67,9 (E)	92,3 (E)	78 (E)	17,2 (E)	9 (D)

* Es wurden die Varianten (D4, D5, D6, D7, D8, D9, D11, D12) als mit K, die Varianten (D1, D2, D3, D10) als ohne K, die Varianten (D3, D7, D8, D9, D10, D11, D12) als mit P und die Varianten (D1, D2, D4, D5, D6) als ohne P zusammengefasst (vgl. Tabelle 2), unterschiedliche Buchstaben weisen auf Unterschiede der Versorgungsstufen hin

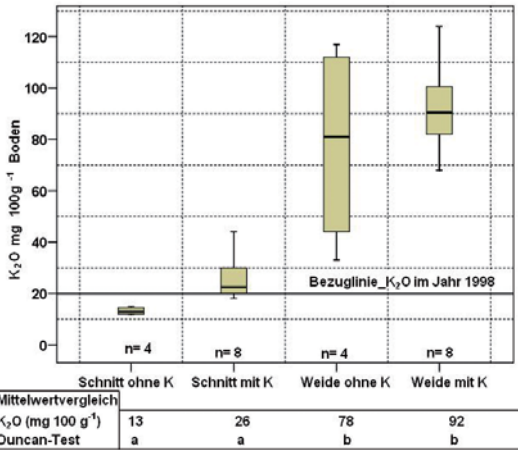


Abb. 1: Boxplot der K₂O-Gehalte des Bodens im Jahr 2006 in Abhängigkeit von der Nutzung (Dargestellt sind Minima, Maxima, 25- und 75 %-Quantile, Mediane [Strich], unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Mittelwertunterschiede der Düngungsvarianten hin, p<0,05)
 Boxplot of the soil potassium content in 2006 as affected by different grassland utilisation (presented are minima, maxima, 25- and 75%-quantiles, medians (line), different letters indicate significant differences, p<0.05)

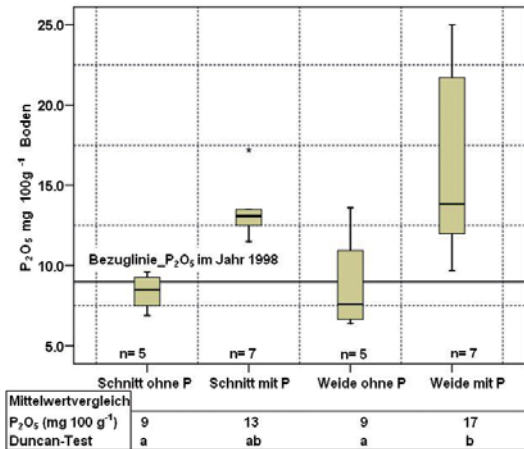


Abb. 2: Boxplot der P₂O₅-Gehalte des Bodens im Jahr 2006 in Abhängigkeit von der Nutzung (Dargestellt sind Minima, Maxima, 25- und 75 %-Quantile, Mediane [Strich], unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Mittelwertunterschiede der Düngungsvarianten hin, p<0.05)
 Boxplot of the soil phosphorus content in 2006 as affected by different grassland utilisation (presented are minima, maxima, 25- and 75%-quantiles, medians (line), different letters indicate significant differences, p<0.05)

3.2 Botanisches Arteninventar und dessen Bewertung

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Deckungsgradschätzung nach 8-jähriger Versuchsdauer dargestellt. Insgesamt wurden auf der 2160 m² großen Versuchsfläche 26 Pflanzenarten gefunden, von denen 25 auf den 1080 m² umfassenden Schnittflächen und 15 auf den 1080 m² Weideflächen vorkamen (Tab. 5)

Das Artenpotential des Versuchsstandortes ist mit Hilfe von Rarefaction-Funktionen in Abhängigkeit von der Anzahl an Aufnahmeflächen berechnet und dargestellt worden (Abb. 3). Demnach würde auch eine sehr starke Erhöhung der Anzahl an Boniturflächen kaum mehr als 30 Arten auf diesem Standort erwarten lassen.

Im Vergleich mit gedüngten Varianten resultierten aus dem Düngungsverzicht sowohl bei 3-maligem Schnitt als auch bei 3-4-maliger Weide eine tendenziell höhere Artenzahl und signifikant verschiedene Dominance-Indizes (Tab. 6).

Tab. 5: Deckungsgrade ausgewählter Bestandesbildner nach 8-jähriger Nutzung
Ground coverage of selected species after 8 years of grassland utilisation

Deutscher Name	Botanischer Name	Schnitt (%)	Weide (%)
Gräser %		68,8	80,8
Gemeine Quecke	<i>Agropyron repens</i>	4,2	3,1
Knickfuchsschwanz	<i>Alopecurus geniculatus</i>	6,8	10,6
Knaulgras	<i>Dactylis glomerata</i>	3,8	-
Flutender Schwaden	<i>Glyceria fluitans</i>	1,7	0,3
Welsches Weidelgras	<i>Lolium multiflorum</i>	15	-
Deutsches Weidelgras	<i>Lolium perenne</i>	0,02	18,9
Rohrglanzgras	<i>Phalaris arundinacea</i>	1,3	-
Wiesenlieschgras	<i>Phleum pratense</i>	0,9	0,3
Wiesenrispe	<i>Poa pratensis</i>	16,7	23,3
Gemeine Rispe	<i>Poa trivialis</i>	16,7	21,9
Kräuter %		29,7	9,5
Kriechender Hahnenfuß	<i>Ranunculus repens</i>	18,3	4,3
Stumpfbältriger Ampfer	<i>Rumex obtusifolius</i>	0,3	-
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i>	7,4	2,2
Große Brennnessel	<i>Urtica dioica</i>	1	-
Leguminosen %		1,4	9,7
Weiß-Klee	<i>Trifolium repens</i>	1,4	9,7

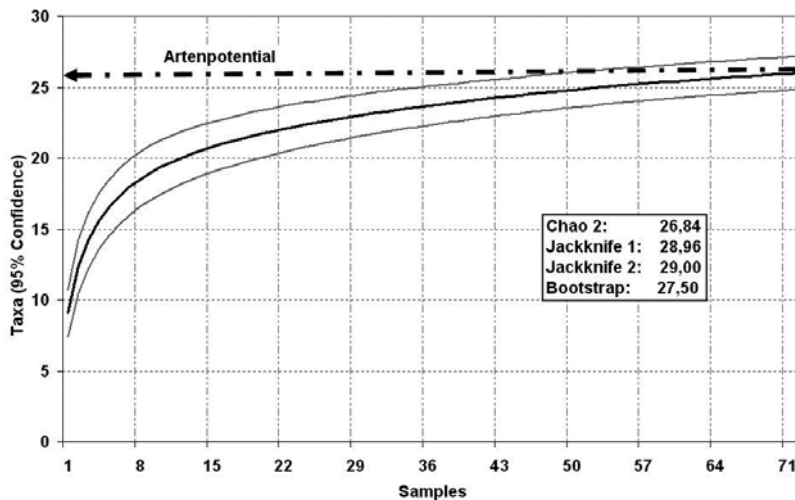


Abb. 3: Das Artenpotential (95%iges Vertrauensintervall) des Versuchsstandortes in Abhängigkeit von der Anzahl an Aufnahmeflächen (Samples)
Species number of the experimental site as a function of relevés

Tab. 6: Diversitätsvergleich von Parzellen nach Düngung und Nutzung (Bootstrapping, Endsituation 2006)

Comparison of diversity as influenced by utilisation and fertilisation (Bootstrapping, final situation 2006)

	Schnitt			Weide		
	Ohne Düngung	NPK-Düngung	Signifikanz	Ohne Düngung	NPK-Düngung	Signifikanz
Artenzahl	9,67	8,83	n.s.	9,66	8,17	n.s.
Dominance	0,19	0,21	n.s.	0,16	0,23	*
Shannon H	1,86	1,77	n.s.	1,96	1,64	*
Evenness	0,83	0,82	n.s.	0,87	0,79	n.s.
	Ohne Düngung	PK-Düngung	Signifikanz	Ohne Düngung	PK-Düngung	Signifikanz
Artenzahl	9,67	10,11	n.s.	9,66	8,11	n.s.
Dominance	0,19	0,16	n.s.	0,16	0,20	n.s.
Shannon H	1,86	1,98	n.s.	1,96	1,75	*
Evenness	0,83	0,87	n.s.	0,87	0,84	n.s.
	Ohne Düngung	K-Düngung	Signifikanz	Ohne Düngung	K-Düngung	Signifikanz
Artenzahl	9,67	11,00	n.s.	9,66	8,83	n.s.
Dominance	0,19	0,18	n.s.	0,16	0,18	n.s.
Shannon H	1,86	1,88	n.s.	1,96	1,85	n.s.
Evenness	0,83	0,78	n.s.	0,87	0,85	n.s.

*Anmerkung: Der Shannon-Index ist ein Maß für die Mannigfaltigkeit der Arten (Shannon 1948), der Evenness-Index (Gleichmäßigkeit) ergibt sich aus dem Shannon-Index dividiert durch den Logarithmus der Artenzahl, Dominance ist ein Maß für die Vorherrschaft einzelner Arten, n.s.= nicht signifikant; *= $p < 0,05$

3.3 Trockenmasseerträge

3.3.1 Ertrag und Düngewirkung im Vergleich von Schnitt und Weide

Der Ertrag an Biomasse ohne Düngung betrug bei Schnitt 69 dt TM ha⁻¹ und bei Weide 59 dt TM ha⁻¹ (Tab. 7). Es traten statistisch hoch signifikante Wechselwirkungen zwischen Nutzung und Düngung auf. Im Vergleich von Düngungsvarianten zur 0-Variante (69 dt TM ha⁻¹) blieben bei Schnitt nur 2 Varianten (Phosphordüngung, Stickstoffdüngung) ohne signifikanten Mehrertrag. Alleinige Kaliumdüngung und alle Nährstoffkombinationen führten zu statistisch gesicherten Mehrerträgen. Die Kombination von Stickstoff und Kalium (NK= Kalkammonsalpeter + 60er Kali) erhöhte den Ertrag auf 102 dt TM ha⁻¹. Die beiden Varianten der im ökologischen Landbau zugelassenen Düngemittel Mg-Kainit und Patent-PK erbrachten im Vergleich zu gebräuchlichen Düngemitteln aus dem konventionellen Landbau sowohl bei Schnitt als auch bei Weide keine statistisch gesicherten Mehrerträge.

	Weide				Weide				Schnitt				Schnitt			
	GWF				GWF				GWF				GWF			
	30 cm				67 cm				30 cm				67 cm			
	oD	K	PK	NPK	oD	K	PK	NPK	oD	K	PK	NPK	oD	K	PK	NPK
<i>Lolium perenne</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Carex hirta</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Rumex crispus</i>	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Trifolium repens</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0
<i>Alopecurus geniculatus</i>	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alopecurus pratensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glyceria fluitans</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Poa pratensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Poa trivialis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Stellaria media</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Ranunculus repens</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Taraxacum officinale</i>	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
<i>Festuca pratensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Agropyron repens</i>	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Rumex acetosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phleum pratense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
<i>Rumex obtusifolius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
<i>Phalaris arundinacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Lolium multiflorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Deschampsia cespitosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dactylis glomerata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Urtica dioica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Veronica chamaedrys</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Glechoma hederacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Agrostis stolonifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abb. 4: Darstellung der Präsenz der Pflanzenarten geordnet nach dem Grundwasserflurabstand (GWF), der Nutzung und der Düngung (Seriation) (0= Pflanzenart ist nicht vorhanden, 1= Pflanzenart ist vorhanden, oD= ohne Düngung, K= Mg-Kainit, PK= Patent-PK, NPK= Ammonsulfat, Tripelsuperphosphat, KCl: 60er Kali)

Present/absent-plot of the main plant species arranged due to utilisation, fertilisation and ground water table below surface (seriation)

(0=specie is absent, 1=specie is present, oD-non fertilised, K= Mg-kainit, PK= patent-PK, NPK= ammonsulfat, triple super phosphate, potassium clorid)

Unter Weide unterschieden sich von den 12 Düngungsvarianten nur 5 statistisch signifikant. Im Vergleich zum Schnitt wurden bei 3-4 maligem Weideumtrieb ca. 15-25 % geringere Erträge ermittelt, womit die nach Schnitt und Weide getrennte Analyse der Haupteinflussfaktoren auf die jeweiligen Jahreserträge begründet wird.

Tab. 7: Mittelwerte des jährlichen Trockenmasseertrages bei Schnitt- und Weidenutzung (mehrfaktorielle Varianzanalyse und Duncan-Test)
Means of annual dry matter yields under cutting and grazing (ANOVA and Duncan-test)

	Schnitt n= 252		Weide n= 288	
	dt TM ha⁻¹		dt TM ha⁻¹	
Gesamtmittel	87		67	
Jahr	***	Sign.	***	Sign.
1999	87	c	51	A
2000	92	c	82	F
2001	115	d	78	E
2002	92	c	71	D
2003	72	a	66	C
2004	71	D		
2005	80	b	57	B
2006	69	a	65	C
Partielles Eta-Quadrat	0,40		0,48	
Düngungsvarianten	***		***	
D1 Ohne Düngung	69	a	59	A
D2 N KAS	73	ab	67	Cd
D3 P TSP	68	a	61	Ab
D4 K1 KCl: 60er Kali	89	cd	64	Abc
D5 K2 Mg-Kainit	86	cd	64	Abc
D6 NK KAS, KCl: 60er Kali	102	e	77	E
D7 PK1 TSP, KCl: 60er Kali	90	cd	67	Cd
D8 PK2 Patent-PK	95	de	66	Bc
D9 PK3 Thomaskali	90	cd	66	Bc
D10 NP KAS, TSP	81	bc	72	De
D11 NPK1 KAS, TSP, KCl: 60er Kali	99	e	76	E
D12 NPK2 Ammonsulfat, TSP, KCl: 60er Kali	100	e	74	E
Partielles Eta-Quadrat	0,25		0,15	

Sign. = Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) der Düngungsvarianten hin, ***= $p < 0,001$, das Partielle Eta-Quadrat beschreibt den Anteil der Gesamtvariabilität, der einem Faktor zugeschrieben werden kann

Different letters indicate significant differences; characteristic of fertilisation regime

3.3.2 Lineare Mehrfachregressionen unter Einbeziehung von Witterung, Grundwasserniveau und Düngung

Der Verlauf der Witterung während der Versuchsjahre 1999 bis 2006 zeigt Differenzen. Auffallend war insbesondere die Witterung der Versuchsjahre 2001 und 2003 (Abb. 5). Im Jahr 2001 wurden mit 838 mm überdurchschnittlich hohe Jahresniederschläge gemessen. Das Jahr 2003 war mit 524 mm durch geringere Jahresniederschläge und überdurchschnittlich hohe Jahrestemperaturen von 8,9 °C charakterisiert.

Es wurde versucht, die Effekte von Düngung, Klimawasserbilanz und Grundwasserflurabstand mit Hilfe einer Mehrfachregression zu quantifizieren (Tab. 8). Dabei wurden die von den Einflussfaktoren der ersten Spalte ausgehenden mittleren Effekte auf den Jahresertrag, getrennt nach den Nutzungsarten Weide und Schnitt, dargestellt. Während der mitt-

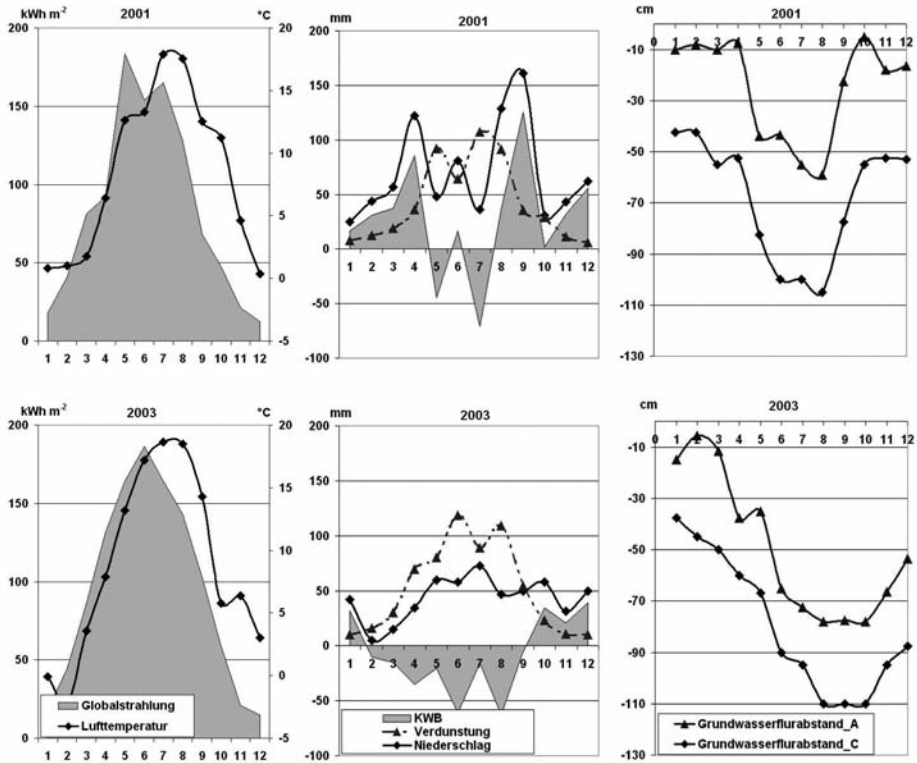


Abb. 5: Vergleich des Witterungsverlaufes von 2001 und 2003: Globalstrahlung [kWh m⁻²]; Lufttemperatur [°C]; Niederschläge [mm]; Verdunstung [mm]; Klimawasserbilanz [mm] sowie des Grundwasserflurabstandes der Versuchsblöcke A und C [cm unter Flur]
 Comparison of weathering data recorded from the two contrasting experimental years 2001 and 2003: global radiation, air temperature, precipitation, kettle transpiration, climatic water balance per month and development of ground water table below surface of the blocks A and C

lere Tabellenteil die partiellen Korrelationskoeffizienten enthält, finden sich die Schätzwerte der mittleren Faktoreinflüsse auf den Jahresertrag in den letzten beiden Spalten. Sie erlauben einen Vergleich der Wirkungsstärke der geprüften Einflussfaktoren. So hat im Fall der Weide der mittlere Grundwasserstand von Januar bis März einen markanten Einfluss auf den Jahresertrag. Unter Schnitt erwies sich auch die klimatische Wasserbilanz im Spätsommer als ertragsrelevant. Der mittlere Stickstoffeffekt (75 kg N ha⁻¹) variierte zwischen den Nutzungsarten nicht, wohl aber der des Kaliums. Bei Schnitt vermochte Kalidüngung den Ertrag im Mittel um ungefähr 11 dt TM ha⁻¹ zu erhöhen. Ein Verzicht auf Stickstoff und Kalium führt bei Schnittnutzung nach 4-5 Jahren zu Mindererträgen von ca. 15 dt TM ha⁻¹. Von den Phosphorgaben gingen, weitgehend unabhängig von der Nutzungsart, keine messbaren Effekte auf den Ertrag aus.

Tab. 8: Ergebnisse der linearen Mehrfachregression zur Abschätzung partieller Faktoreffekte auf den Jahresertrag (Ertrag = f(Jahr; Grundwasserstand; Klimawasserbilanz; Düngung))
 Results of the linear multi-regression model aimed to assess partial factor effects on the dry matter yield (yield as a function of year, ground water table, climatic water balance and fertilization)

Einflussfaktor(j)	Faktorvariabilität		Lineare Mehrfachregression			Schätzung				
			Gesamtertrag dt TM ha ⁻¹		mittlerer Effekt					
	Min.	Max.	Mittel.	Regression b(j)	Korrelation partiell r(j)	Regression b(j)	Korrelation partiell r(j)	Weide	Schnitt	
Konstante dt TM ha ⁻¹				69		91		69	91	
GWF_Januar_März	2	73	28	0,94	0,52	0,46	0,25	26,40	12,99	
GWF_April_Mai	18	89	49	-0,44	-0,25			-21,71	0,00	
GWF_Juni_Juli	35	104	75			-0,42	-0,26	0,00	-31,65	
GWF_August_September	41	110	76	-0,15	-0,24			-11,17	0,00	
KWB_April_Mai	-27	7	-11	0,51	0,31			-5,57	0,00	
KWB_August_September	3	87	45	0,10	0,29	0,37	0,58	4,41	16,70	
Jahr t= 0 bei 1998	1	8	4,5	0,00	0,00	-3,17	-0,42	0,00	-14,27	
N/kg ha ⁻¹	0	150	75	0,07	0,52	0,07	0,32	4,88	4,95	
P/kg ha ⁻¹	0	60	30					0,00	0,00	
K/kg ha ⁻¹	0	150	75	0,04	0,31	0,15	0,59	2,78	11,10	
Bestimmtheitsmaß der Regressio				0,67				0,60		
Standardfehler der Regression				8				14		
n				288				252		

GWF= Grundwasserflurabstand/ cm unter Flur; KWB= Klimawasserbilanz/ mm, b(j) =signifikante (p<0,05) Regressionskoeffizienten des Einflussfaktors (j); r(j)= partielle Korrelationskoeffizienten

4. Diskussion und Schlussfolgerungen

4.1 Effekte der Düngung

Aufgrund der durch Mineralisation bedingten Freisetzung von im Substrat des Oberbodens vorhandenen Nährstoffen waren keine gravierenden Düngeeffekte zu erwarten. Wirtschaftlich relevante Mindererträge wurden lediglich bei Verzicht auf Kaliumzufuhr unter Schnitt festgestellt. Dies deckt sich mit Ergebnissen von EICH (2000), HERTWIG & SCHUPPENIES (2003) sowie KÄDING & PETRICH (2005, 2006). Da das im ökologischen Landbau zugelassene Kaliumdüngemittel auf dem Versuchsstandort ertraglich überzeugte, bestehen auf Niedermoorstandorten grundsätzlich gute Möglichkeiten der Sorptionsschwäche der Niedermoorsubstrate für Kalium auf ökologisch akzeptable Art und Weise zu begegnen.

Sowohl die Bodennährstoffgehalte als auch die weitgehend ausgebliebene Ertragsreaktion lassen die Phosphorzufuhr als wenig zielführende Maßnahme des Grünlandmanagements auf Niedermoorstandorten erscheinen. Selbst bei deutlich geringeren P-Gehalten im Oberboden konnten MÜLLER et al. (2006) keine gravierend negativen Einflüsse auf die Verwertbarkeit des Grünlandes ausmachen. Offenbar stellt sich selbst bei begrenzten P-Vorräten der laktatlösliche P-Anteil im Oberboden so rasch wieder ein, dass es nicht zu einem Mangel an pflanzenverfügbarem P kommt. Aus diesem Grund und wegen der starken Eutrophierungsgefährdung auf grundwassernahen Moorböden ist dort auf P-Düngung zu verzichten.

4.2 Bestandeszusammensetzung und Grünlandbewirtschaftung

Intensiv bis semi-intensiv genutzte Niedermoorstandorte weisen allgemein ein begrenztes Potential an Phytodiversität auf. Dies ist im Wesentlichen auf die Kombination von standorttypischen abiotischen Stressfaktoren mit ausgeprägten biotischen Konkurrenzeffekten zurückzuführen, an die nur eine begrenzte Anzahl an Arten hinreichend adaptiert ist. Im Falle des Versuchsstandortes liegt die maximale Artenzahl bei ca. 30.

Weide und Schnitt unterschieden sich dennoch im Vegetationsmuster. *Lolium perenne* kam vorwiegend unter Beweidung vor, während die Obergräser *Phleum pratense*, *Phalaris arundinacea*, *Dactylis glomerata* und *Lolium multiflorum* ihren Ausbreitungsschwerpunkt in der gemähten Variante aufwiesen.

Darüber hinaus zeigten zwei Arten innerhalb ihrer präferierten Nutzung eine ausgeprägte Reaktion auf den Grundwasser-Flurabstand: Sowohl *Dactylis glomerata* im Falle des Schnitts als auch *Agropyron repens* im Falle der Weide mieden hohe Grundwasserstände. Im Umkehrschluss kann beiden Arten daher eine gewisse Zeigerfunktion im Hinblick auf abgesenkte Grundwasserstände zugesprochen werden.

4.3 Wasserversorgung und Ertrag

Die Bedeutung einer guten Wasserversorgung für die Produktion vegetativer Biomasse ist hinlänglich bekannt. Auf dränierten und in Degradation befindlichen Niedermooren ist die Wasserversorgung des Grünlandes über Grundwasser allerdings nur bei Grundwasserflurabständen von weniger als 70 cm gewährleistet (SCHINDLER et al. 2003). Damit steigen insbesondere in den Sommermonaten bei tiefen Grundwasserständen die Bedeutung der Niederschläge für die Wasserversorgung und damit die Erträge. In unserer Untersuchung förderte eine positive klimatische Wasserbilanz von August bis September die Grünland-erträge namentlich bei Mahd, ohne dass in diesem Zeitraum ein Grundwassereffekt bei einem mittleren Grundwasserniveau von 76 cm uF zu beobachten war. Somit erfahren die Ergebnisse von SCHINDLER et al. (2003) eine Bestätigung.

Darüber hinaus konnte ein erwarteter negativer Einfluss erhöhter winterlicher Grundwasserstände auf den Ertrag festgestellt werden. Dieser war unter Weide doppelt so stark. Die Ursache dafür könnte im geringeren Porenvolumen der durch Viehtritt verdichteten Oberböden zu suchen sein, die damit eher zu einer Sauerstofflimitierung mit negativen Folgen für das Pflanzenwachstum neigen.

5. Literaturverzeichnis

- ANONYMUS (2005): Ad-hoc-AG Boden, Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Aufl.; Hannover.
- ANONYMUS (2006): SPSS für Windows, Version 15.0.1, SPSS Deutschland.
- ANONYMUS (2009): Agrarbericht 2009 des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Berichtsjahr 2008), Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz.
- COLWELL, R.K. & CODDINGTON, J.A. (1994): Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. - *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)* **345**: 101-118.
- COLWELL, R.K., MAO, C.X. & CHANG, J. (2004): Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. - *Ecology* **85**: 2717-2727.
- COUWENBERG, J., AUGUSTIN, J., MICHAELIS, D., WICHTMANN, W. & JOOSTEN, H. (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz; Schwerin.
- EICH, S. (2000): Futterwirtschaftliche und ökologische Auswirkungen der Extensivierung von Niedermoorgrünland auf Schwarz- und Sanddeckkulturen. – Unveröff. Dissertation Universität Rostock.
- HERTWIG, F. & SCHUPPENIES, R. (2003): Niedermoorgrünland nach Entzug mit Phosphor und Kalium düngen. - http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2331/dung_nm.pdf.
- HÖPER, H. (2007): Freisetzung von Treibhausgasen aus deutschen Mooren. - *Telma* **37**: 85-116; Hannover.

- KÄDING, H. & PETRICH, G. (2005): Wirkung von Düngung und Nutzungsfrequenz auf Erträge und Nährstoffgehalte auf Niedermoorgrünland. - Tagungsband 49. Jahrestagung AG Grünland und Futterbau, 81-84; Bad Elster.
- KÄDING, H. & PETRICH, G. (2006): Jährliche Schwankungen der Grünlanderträge. - Tagungsband 50. Jahrestagung AG Grünland und Futterbau, 51-54; Straubing (Niederbayern).
- KRATZ R. & PFADENHAUER, J. (2001): Ökosystemmanagement für Niedermoore; Stuttgart (Eugen Ulmer).
- MÜLLER, J., JURASINSKI, G. & DITTMANN, L. (2009): The long-term influence of fertilization on the botanical composition of a fen grassland. - Grassland Science in Europe **14**: 200-203.
- MÜLLER, J., SEIDEL, K., KAYSER, M. & KESTING, S. (2006): Nährstoffmanagement in geschützten Grünlandarealen am Beispiel eines Niedermoorgebietes mit dem Vorrang Wiesenvogelschutz. - In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften **18**: 302-303.
- SCHINDLER, U., MÜLLER, L. & BEHRENDT, A. (2003): Field investigations of soil hydrological properties of fen soils in North-East Germany. - Journal of Plant Nutrition and Soil Science, Jg. **166** (3): 364-369.
- SHANNON, C.E. (1948): A mathematical theory of communication. - Bell System Technical Journal **27**: 379-423 and 623-656.
- VDLUFA (1991): Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. Methodenbuch - Die Untersuchung von Böden, Band 1.; Darmstadt (VDLUFA-Verlag).

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. agr. E. Alabsi
Prof. habil. R. Schönfeld-Bockholt
Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau

Doz. Dr. sc. L. Dittmann
Professur für Geodäsie und Geoinformatik

Dr. J. Müller
Professur für Landschaftsökologie und Standortkunde

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Justus-von-Liebig-Weg 6
D-18059 Rostock
E-Mail: eyad.alabsi@uni-rostock.de

Manuskript eingegangen am 28. April 2010