

# Oberirdische Biomasseproduktion und Mineralstoffhaushalt von Salzwiesen der niedersächsischen Küste

Peter Janiesch

**Abstract:** The above-ground production and mineral budget of three salt marsh communities were analysed by repeated clipping during the vegetation period of three successive years. Stands were selected according to a vegetation map which was drawn up of a phytosociological analysis. The maximum productions were: *Puccinellietum* 743 g / m<sup>2</sup>, *Festucetum* 784 g / m<sup>2</sup>. The nitrogen content of the above-ground biomass varied in the communities investigated. The highest amount i.e. 15,9 g / m<sup>2</sup> was found in *Triglochin* stands. The mineral budget of the communities underlines the importance of salt marshes for land-sea interaction.

## Einleitung

Salzwiesenökosysteme sind einem ständigen Wechsel ihrer Umweltbedingungen ausgesetzt. Durch periodische und aperiodische Überflutung mit Meerwasser kommt es zu einer für ihre Böden typischen Sedimentation und Bodenbildung verbunden mit hohen pflanzenverfügbaren Salzgehalten (GIANI 1991). Darüber hinaus müssen die wechselnden reduktiven Bodenbedingungen, verbunden mit hohen Eisen- und Mangangehalten sowie geringen oder fehlenden Sauerstoffgehalten im Boden, als Standortfaktoren berücksichtigt werden (ROZEMA et al. 1985, SINGER u. HAVILL 1985, JANIESCH 1991). Diese besonderen edaphischen Bedingungen haben zu einer typischen zonalen Anordnung der Vegetation geführt.

Nährstoffökologische Untersuchungen in Salzwiesenökosystemen wurden bisher nur unzureichend durchgeführt. Angaben zur Biomasseproduktion liegen aus den Niederlanden (KETNER 1972, HUSSEY u. LONG 1982, GROENENDIJK 1984, WOLF et al. 1980), Südschweden (WALLENTINUS 1973) und Kanada (GLOOSCHENKO 1978) vor. Nährstoffökologische Untersuchungen auf der Grundlage einer exakten Beschreibung und Kartierung der Vegetation fehlen jedoch vollständig.

Basis für jede kausalökologische Arbeit sollte die Erfassung und synsystematische Gliederung der Vegetation des Untersuchungsraumes, deren großmaßstäbliche Kartierung sowie die Beschreibung der Bodenverhältnisse sein. Diese besonderen Bedingungen waren für den Elisabeth-Außengroden gegeben. Die in dieser Arbeit untersuchten Probeflächen sind seit etwa 20 Jahren von jeglicher Nutzung ausgenommen (BLINDOW 1989). Die besonderen Boden- und Sedimentationsbedingungen wurden von GIANI (1991) ausführlich untersucht. Auf der Basis von Kartierungen im Elisabeth-Außengroden (VON GLAHN et al. 1989) wurden drei typische Bereiche der oberen und unteren Salzwiese zur Erfassung der oberirdischen Biomasseproduktion und des Mineralstoffhaushaltes der Gesellschaften sowie einzelner Arten ausgewählt. In einem ersten Schritt wird in der vorliegenden Arbeit der Gesamtmineralstoffhaushalt der Gesellschaften besprochen. Mineralstoffbilanzen der einzelnen Arten werden zur Zeit zusammengestellt.

## Material und Methoden

### 1. Das Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsfächen (Mahn 35-38) liegen im Elisabeth-Außengroden an der niedersächsischen Nordseeküste zwischen Harlesiel und Schillig. Der Untersuchungszeitraum erstreckt

sich auf die Jahre 1988-1990. In diesem Zeitraum wurden insgesamt ca. 3500 Proben\* entnommen und analysiert. Die Arbeit wurde dadurch erschwert, daß aus ornithologischen Gründen die Flächen zeitweise nicht betreten werden durften.

Vegetationskundlich beschrieben und kartiert wurden die Untersuchungsgebiete durch von GLAHN et al. (1989). Für die vorliegenden Untersuchungen wurden drei für den Elisabeth-Außengroden typische Flächen der unteren und oberen Salzwiese ausgewählt:

#### Standort A

*Puccinellietum maritima typicum* (CHRISTIANSEN 27), Typische Variante, *Aster tripolium*-Ausbildung (v. GLAHN et al. 1989, Tab. 1 Synt.-Nr. 16-19)

#### Standort B

*Puccinellietum maritima typicum* (CHRISTIANSEN 27) Variante von *Triglochin maritimum* im Übergang zur Variante von *Festuca \*litoralis* (v. GLAHN et al. 1989, Tab. 1 Synt.-Nr. 18-19)

#### Standort C

*Armerio-Festucetum \*litoralis ass. nov. prov.* (v. Glahn 1989) *puccinellietosum* (v. GLAHN et al. 1989, Tab. 1, Synt.-Nr. 39-42)

#### Ernte der Pflanzenproben

Als Probestellen wurden jeweils Flächen von 1 m<sup>2</sup> gewählt und das Pflanzenmaterial bodengleich im Abstand von vier Wochen abgeschnitten (clipping method: WIEGERT u. EVANS 1964, LOMNICKI et al. 1968, TYLER 1971, WALLENTINUS 1973). Die Pflanzen wurden an Ort und Stelle in Polyäthylenbeutel verpackt. Das Material wurde soweit wie möglich nach Arten und Pflanzenteilen sortiert, gewogen und bei 80 Grad 48 Stunden getrocknet. Zur weiteren Verarbeitung wurde es mit einer Schlagmühle pulverfein vermahlen.

#### 3. Mineralstoffanalysen

Die Bestimmung des C- und N-Gehaltes erfolgte im C/N-Autoanalyser ANA 1500 von Carlo Erba. Die Bestimmung der Mineralstoffe Kalium, Calcium, Magnesium, Natrium, Mangan und Eisen erfolgte nach feuchter Veraschung mit Salpetersäure im Mikroaufschluß mit der Atomabsorption (Varian AA 1275), beim Calcium und Magnesium unter Zusatz von 1 % Lanthannitrat. Die Bestimmung des Cl-Gehaltes erfolgte nach Extraktion des Pflanzenmaterials mit 0,1 % Ameisensäure mit einer ionensensitiven Elektrode der Firma Orion.

#### 4. Bodenanalysen

Alle Untersuchungen wurden nach GIANI (1991) durchgeführt. Die Bodenproben wurden mit einem Stechzylinder (250 ccm) an den Probestellen im Abstand von acht Wochen entnommen. Die pflanzenverfügbaren Nährstoffe wurden in der Bodengleichgewichtslösung bestimmt.

#### Ergebnisse

##### 1. Die Bodenverhältnisse der Probeflächen

Die Bodenbedingungen der Salzwiesen üben einen sehr starken Einfluß auf die Vegetationsentwicklung aus. Durch periodische und aperiodische Überflutungen werden neben hohen Natriumchloridmengen durch das Meerwasser auch andere Nährstoffe in die Salzwiesen eingetragen. Sind zunächst die Sedimentationsbedingungen entscheidend, kommt es bei abnehmender Überflutungshäufigkeit und besserer Durchlüftung zu einer verstärkten Bodenbildung. Ausführliche Bodenanalysen und Beschreibungen liegen für den Elisabeth-Außengroden bei GIANI (1991) vor. Daher wurden nur einfache Bodenanalysen durchgeführt, um die Standortbedingungen an den Probestellen zu kennzeichnen.

Die Standorte unterscheiden sich deutlich durch die jährliche Überflutungshäufigkeit (Abb. 1). Die untersuchte Typische Variante des *Puccinellietum maritima typicum* (Standort A) wurde durchschnittlich 218 mal überflutet. Im Armerio-Festu-

\*Zu den Ergebnissen haben Analysen von B. RÖBEN-WEISS (1989) beigetragen.

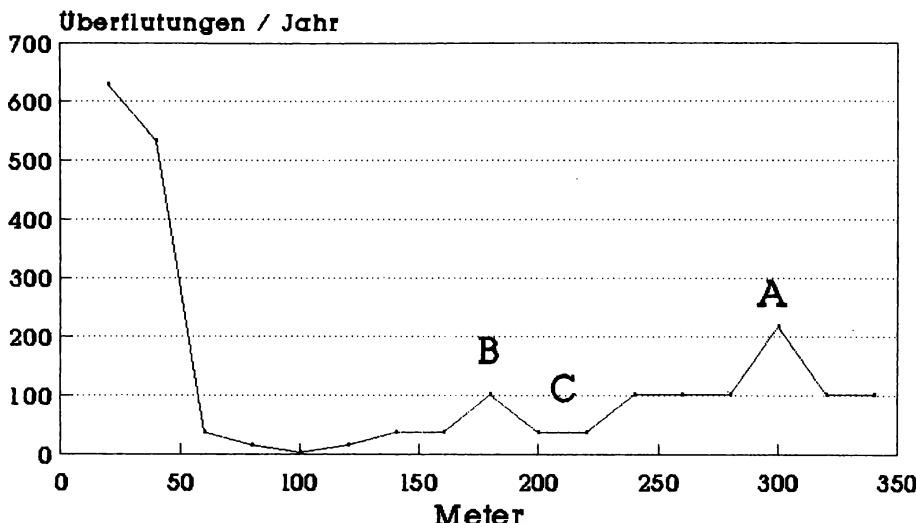


Abb. 1: Überflutungshäufigkeit in Mahn 35-38 des Elisabeth-Außengrodens im Verlauf eines Jahres im Bereich der Vegetationskarte von VON GLAHN et al. (1989) (A, B, C = Standorte).

cetum \*litoralis (Standort C) wurden im gleichen Zeitraum nur 37 Überflutungen jährlich registriert. Die *Triglochin maritimum*-Variante des *Puccinellietum maritima typicum* (Standort B) nahm mit 101 Überflutungen eine mittlere Stellung ein. Der pH-Wert der Böden wird stark von der Anzahl der Überflutungen geprägt. So weist der am häufigsten überflutete Standort A pH-Werte zwischen 7,5 und 7,7 auf. Am Standort B werden größere Jahresschwankungen mit pH-Werten von 7,7 bis 8,0 nachgewiesen. Die höchsten Werte werden am Standort C mit 8,0 bis 8,3 gemessen. Durch die Überflutungshäufigkeit werden auch die Mineralstoffgehalte der Böden verändert. Deutlich wird dies insbesondere im Jahresverlauf der Natriumchlorid- und Eisengehalte (Tab. 1). Insgesamt treten im Frühjahr und Herbst höhere pflanzenverfügbare Gehalte als in den Sommermonaten auf. Die höchsten Chloridgehalte wurden am Standort A im Februar mit 690 mmol und November mit 616 mmol Chlorid gemessen. Im gleichen Zeitraum traten am Standort C nur 154 bzw. 136 mmol auf. Der Standort B nimmt mit 253 bzw. 197 mmol eine mittlere Stellung ein. Die niedrigsten Gehalte wurden am Standort C mit 56 mmol im Juli gemessen (Tab. 1). Die Natriumgehalte in den Böden sind in den Frühjahrs- und Wintermonaten niedriger als die Chloridgehalte; im Sommer dagegen übersteigen sie häufig die Chloridgehalte. Sie sind nicht so starken Schwankungen ausgesetzt, weil sie an den Bodenkolloiden stärker gebunden werden und nicht so stark von Aussüßungen durch Regenwasser betroffen sind (Giani 1988). Am Standort A schwanken sie zwischen Sommer- und Wintermonaten von 378 bis 595 mmol. Am Standort C werden nur noch Gehalte von 195 bis 339 mmol bestimmt.

Tab. 1 Natriumchlorid- und Eisengehalte in der Bodengleichgewichtslösung im Verlauf eines Jahres (Mittelwerte 1988-1990)

Standort	mmol / 1000 g						$\mu\text{mol} / 1000$		
	Na			Cl			Fe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Februar	601	380	360	625	240	165	1965	2370	1815
April	556	350	201	575	213	98	1473	2400	1690
Juni	543	369	173	419	197	56	1125	2596	522
August	521	426	195	366	253	70	833	1397	629
Oktober	378	221	252	211	70	84	915	1129	985
Dezember	595	359	339	616	253	154	1684	2059	1808

Aufschlußreich sind die Eisengehalte in den Böden. Sie sind ein direktes Maß für deren Redoxverhältnisse. In Analogie zu Pflanzengesellschaften mit hohen Bodenwassergehalten (Janiesch 1991) sind die Gehalte an pflanzenverfügbarer Fe(II) bei häufigen Überflutungen am höchsten. Neben den hohen Natriumchloridgehalten können sie durch ihre Toxizität wichtige Standortfaktoren sein (Janiesch 1979). In den hier untersuchten Salzwiesen wurden hohe, für Pflanzen nicht überfluteter Wuchsorte toxische Konzentrationen nachgewiesen. Während in den Sommermonaten Gehalte von 522 bis 933 µmol Fe pro 1000 g gemessen wurden, konnten bei häufigen Überflutungen Werte bis zu 2596 µmol nachgewiesen werden (Tab. 1).

Tab. 2 Mineralstoffgehalte der Böden der Probeflächen (Jahresmittelwerte 1988-1990)

Standort	C	N	K	Ca	Mg
		%		mmol/1000 g	
A	6.8 ±1.4	0.51 ±0.11	22.3 ±1.6	57.9 ±3.1	67.2 ±8.8
B	5.9 ±0.7	0.43 ±0.07	17.1 ±1.2	36.5 ±2.5	47.8 ±3.9
C	4.3 ±0.5	0.25 ±0.01	9.9 ±1.8	26.3 ±0.1	36.5 ±4.9

Die übrigen Nährstoffe in den Böden weisen im Verlauf des Jahres nur geringe Schwankungen auf und werden daher als Jahresmittelwerte angegeben (Tab. 2). Insgesamt nimmt der Nährstoffgehalt vom Standort A nach C ab. Die C-Gehalte nehmen von 6,8 % auf 4,3 % ab. Die Stickstoffgehalte sind erwartungsgemäß niedriger und nehmen von 0,51% auf 0,25% ab (Tab. 2). Von den übrigen Makronährstoffen zeigen das Magnesium am Standort A mit 67,2 mmol, gefolgt vom Calcium mit 57,9 und dem Kalium mit 22,3 mmol die höchsten Gehalte (Tab. 3). Auch diese Gehalte nehmen vom Standort A zu C kontinuierlich ab.

## 2. Die oberirdische Biomasseproduktion

Alle untersuchten Pflanzengesellschaften weisen eine hohe Produktivität auf. Eine Begrenzung durch das unterschiedliche Mineralstoffangebot an den einzelnen Standorten

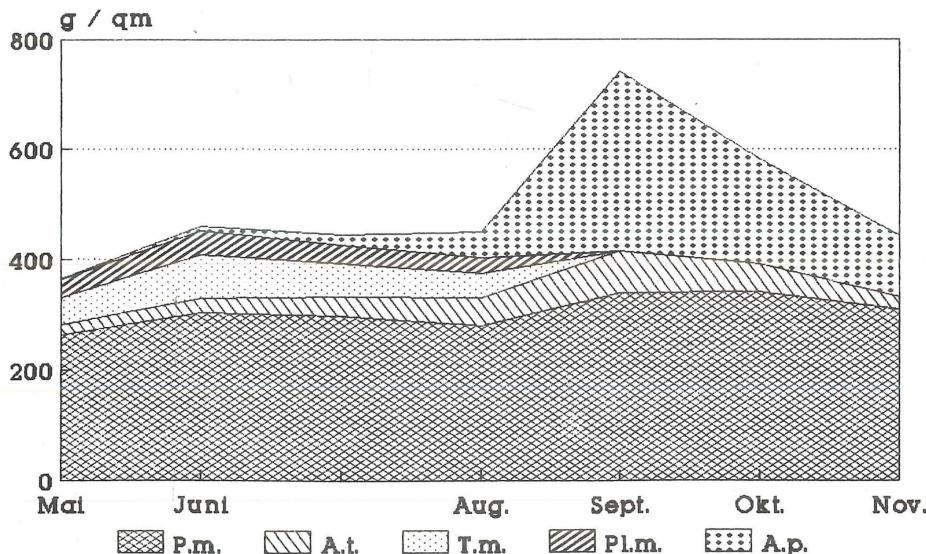


Abb. 2: Oberirdische Biomasseproduktion der Typischen Variante des Puccinellietum maritimae typicum pro m<sup>2</sup> im Verlauf eines Jahres (Mittelwerte 1988-1990); P.m. = *Puccinellia maritima*, A. t. = *Aster tripolium*, T. m. = *Triglochin maritimum*, Pl.m. = *Plantago maritima*, A. p. = *Atriplex prostrata*, F. l. = *Festuca littoralis*, A.s. = *Agrostis stolonifera*).

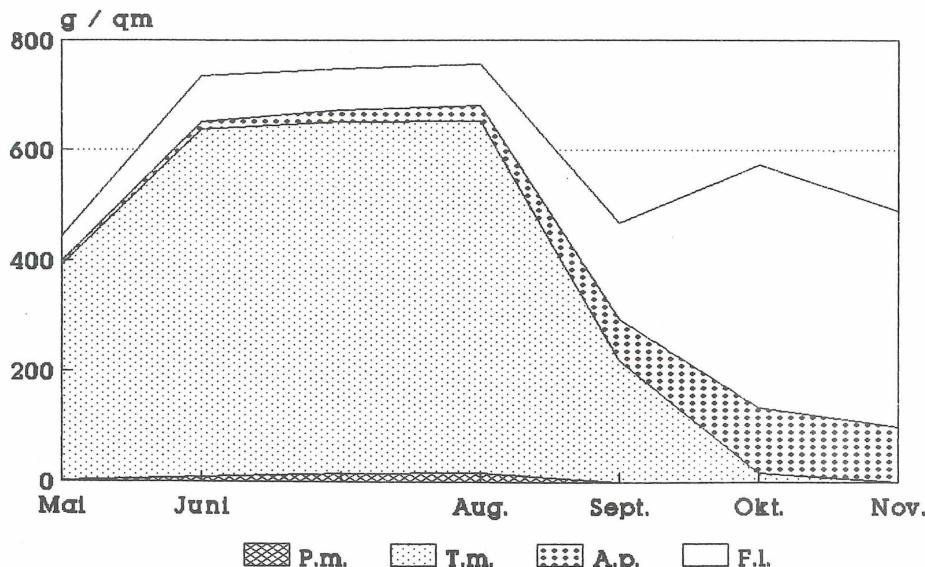


Abb. 3: Oberirdische Biomasseproduktion der Variante von *Triglochin maritimum* des *Puccinellietum maritimae typicum* pro m<sup>2</sup> im Verlauf eines Jahres (Mittelwerte 1988-1990; vgl. Legende zu Abb. 2).

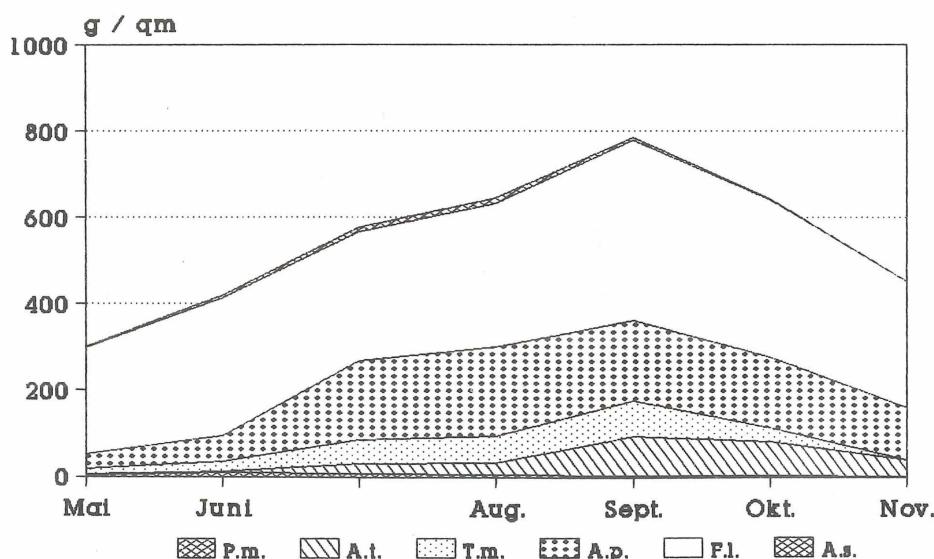


Abb. 4: Oberirdische Biomasseproduktion des Armerio-Festucetum \*litoralis pro m<sup>2</sup> im Verlauf eines Jahres (Mittelwerte 1988-1990, vgl. Legende zu Abb. 2).

scheint nicht vorzuliegen. Die Jahressrhythmisik der Stoffproduktion ist jedoch sehr unterschiedlich. In der Typischen Variante des *Puccinellietum maritimae typicum* wurde im September mit 743 g oberirdische Biomasse pro m<sup>2</sup> das Optimum erreicht (Abb. 2). Zu dieser Zeit ist *Puccinellia maritima* mit 46 %, *Atriplex prostrata* mit 44 % und *Aster tripolium* mit 10 % an der oberirdischen Biomasse beteiligt. Im Frühling und Frühsommer sind bei geringer Stoffproduktion mehr Arten in der oberirdischen Biomasse vertreten. *Puccinellia maritima* weist auch hier mit 63 % den höchsten Anteil auf. Die restlichen Anteile sind nahezu gleichmäßig: *Triglochin maritimum* mit 12 %, *Aster tripolium* mit 8 %, *Plantago maritima* mit 8 % und *Atriplex prostrata* mit 6 %. Das Armerio-Festucetum \*litoralis erreicht im September mit 784 g pro m<sup>2</sup> nur eine

geringfügig höhere Stoffproduktion (Abb. 4). Den Hauptanteil an der Biomasse stellt dabei *Festuca \*litoralis* mit 55 %. Die restlichen Anteile verteilen sich auf *Atriplex prostrata* mit 23 %, *Aster tripolium* mit 12 %, *Triglochin maritimum* mit 10 % und *Agrostis stolonifera* mit 1 %. Der Anstieg der Produktivität ist dabei im Gegensatz zur Typischen Variante des *Puccinellietum typicum* für alle Arten gleichmäßig über das Jahr verteilt. Im November hat die oberirdische Biomasse an beiden Standorten bereits um 60 % bzw. 57 % abgenommen und ist entweder mineralisiert oder durch das Meer abtransportiert worden.

Anders verläuft die Stoffproduktion in der Übergangsgesellschaft von der *Triglochin*-Variante zur *Festuca*-Variante des *Puccinellietum typicum* (Abb. 3). Hier wird die maximale Produktivität zwischen Juni und August mit 766 g pro m<sup>2</sup> erreicht. Ursache ist das Wachstumsverhalten von *Triglochin maritimum*, das mit 86 % den weitaus größten Anteil einnimmt. *Festuca \*litoralis* ist mit 10 %, *Atriplex prostrata* mit 3 % und *Puccinellia maritima* mit 2 % beteiligt. Ab August sterben die oberirdischen Pflanzenteile von *Triglochin maritimum* schnell ab, so daß im Oktober Pflanzenteile von *Triglochin* nur noch vereinzelt in der Biomasse zu finden sind. Dies führt zu einem Verlust an Biomasse von 43 % innerhalb eines Monats. Durch das Absterben der oberirdischen Teile von *Triglochin maritimum* kommt es zu einer raschen Produktivitätssteigerung von *Festuca \*litoralis* mit einem Maximum im Oktober. Insgesamt steigt die oberirdische Biomasse im Oktober auf 575 g pro m<sup>2</sup>. Im Oktober ist *Festuca \*litoralis* mit 76 % im Gegensatz zu 10 % im Juli an der Produktion beteiligt. Von den anderen Arten nimmt nur noch *Atriplex prostrata* mit 21 % einen nennenswerten Anteil an der Biomasse ein. Die Stoffproduktion ist damit trotz unterschiedlicher Mineralstoff- und Überflutungsverhältnissen im Bereich der unteren und oberen Salzwiese sehr ähnlich. Sie wird jedoch von anderen Arten erreicht. Ungeklärt ist, inwieweit der Rückgang der Biomasseproduktion zu einer Mineralisation und Nährstoffzufuhr im Boden führt oder aber Anteile davon durch das Meer entfernt werden. Untersuchungen darüber werden zur Zeit vorbereitet.

### 3. Mineralstoffhaushalt

#### 1. Der Stickstoff- und Kohlenstoffhaushalt

Der Stickstoff- und Kohlenstoffhaushalt sind wichtige Parameter zur Beurteilung der Leistung von Ökosystemen. Während der Stickstoff allein aus dem Boden aufgenom-

Tab. 3 Gesamt-N-Gehalte in der oberirdischen Biomasse der Probeflächen in g pro m<sup>2</sup> im Verlauf eines Jahres (Mittelwerte der Jahre 1988-1990)

	Mai	Juni	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Standort A						
<i>Puccinellia maritima</i>	2,33	3,81	4,05	4,37	4,41	2,41
<i>Aster tripolium</i>	0,27	0,39	1,25	1,05	0,75	0,34
<i>Atriplex prostrata</i>	0,04	0,17	1,13	4,83	3,97	1,71
<i>Triglochin maritimum</i>	0,89	2,47	2,00			
<i>Plantago maritima</i>	0,41	0,61	1,39			
Standort B						
<i>Puccinellia maritima</i>	0,09	0,18	0,22	0,18		
<i>Atriplex prostrata</i>	0,47	0,21	0,53	1,97	1,50	0,48
<i>Triglochin maritimum</i>	11,75	15,37	13,97	3,97	0,19	
<i>Festuca *litoralis</i>	0,57	1,57	1,17	3,51	8,73	4,27
Standort C						
<i>Puccinellia maritima</i>	0,18	0,22	0,13	0,12	0,35	
<i>Atriplex prostrata</i>	0,84	1,42	3,57	4,00	3,50	1,59
<i>Triglochin maritimum</i>	0,41	0,65	1,37	1,53	0,57	0,21
<i>Festuca *litoralis</i>	3,26	5,31	4,90	6,35	6,51	4,46
<i>Agrostis stolonifera</i>			0,15	0,41	0,12	

men wird, wird der Kohlenstoff durch die Leistung der Photosynthese aus dem CO<sub>2</sub> der Luft in die organische Biomasse eingebaut. Der Stickstoff nimmt in jedem Ökosystem eine Sonderstellung ein, da er in Form von Ammonium und/oder Nitrat von allen aus dem Boden aufgenommenen Nährstoffen in den größten Mengen benötigt wird (MARSCHNER 1986).

Die Gesamtkohlenstoffgehalte weisen insgesamt geringere Unterschiede auf (Tab. 4). Auch hier fällt *Triglochin* durch seine hohe Stoffproduktion auf. Im Juli befinden sich in der oberirdischen Biomasse 322,5 g C pro m<sup>2</sup>. Davon entfallen auf *Triglochin* 74 %. Deutlich ist auch hier das zweite Optimum mit 269 g C pro m<sup>2</sup>, wovon allein auf *Festuca \*litoralis* 80 % entfallen. Die C-Fixierung erreichte auch an den anderen Standorten hohe Werte, die mit dem Maximum der Biomasseproduktion zusammenfallen. In der Typischen Variante des *Puccinellietum typicum* wurden maximal 334,6 g und im *Armerio-Festucetum* 309,2 g C pro m<sup>2</sup> in der Biomasse bestimmt. Wie schon beim Stickstoff nimmt auch hier der C-Gehalt in der Biomasse bis November kontinuierlich ab.

Die höchsten N-Gehalte in der Biomasse wurden in der *Triglochin*-Variante des *Puccinellietum typicum* gefunden. Zur Zeit der optimalen Biomasseproduktion wurden pro m<sup>2</sup> 17,33 g N pro m<sup>2</sup> bestimmt (Tab. 3). Davon entfallen allein auf *Triglochin* 89 %. Zur gleichen Zeit waren es in der Typischen Variante des *Puccinellietum typicum* und im *Armerio-Festucetum* nur 7,45 bzw. 7,75 g N pro m<sup>2</sup>. In diesen Gesellschaften wurde der höchste N-Gehalt erst im September mit 10,25 bzw. 12,12 g pro m<sup>2</sup> erreicht. Bis November nehmen die N-Gehalte in der oberirdischen Biomasse wieder deutlich ab. In der Typischen Variante des *Puccinellietum typicum* findet ein Rückgang von 57 %, im *Armerio-Festucetum* von 40 % und in der *Triglochin*-Variante des *Puccinellietum typicum* von 73 % statt.

Tab. 4 Gesamt-C-Gehalte in der oberirdischen Biomasse der Probeflächen in g pro m<sup>2</sup> im Verlauf eines Jahres (Mittelwerte der Jahre 1988-1990)

	Mai	Juni	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Standort A						
<i>Puccinellia maritima</i>	112,3	134,7	128,7	155,4	145,3	121,4
<i>Aster tripolium</i>	3,1	9,5	25,9	34,5	21,7	14,3
<i>Atriplex prostrata</i>	0,8	2,9	17,3	144,7	54,8	23,7
<i>Triglochin maritimum</i>	16,4	35,3	25,1			
<i>Plantago maritima</i>	8,7	15,4	18,4			
Standort B						
<i>Puccinellia maritima</i>	0,9	2,1	7,4	3,1		
<i>Atriplex prostrata</i>	15,4	35,8	11,3	28,5	47,3	26,4
<i>Triglochin maritimum</i>	155,7	237,4	253,6	90,5	5,3	
<i>Festuca *litoralis</i>	12,4	47,2	63,8	83,4	216,41	55,2
Standort C						
<i>Puccinellia maritima</i>	2,1	4,9	3,1	1,5		
<i>Atriplex prostrata</i>	14,7	22,1	75,3	81,7	77,3	37,1
<i>Triglochin maritimum</i>	2,4	8,7	24,2	28,7	2,1	
<i>Festuca *litoralis</i>	115,2	144,7	147,8	195,3	155,1	105,4
<i>Agrostis stolonifera</i>	4,6	6,0	7,1	2,0		

#### Die Kationengehalte

Als Kationen wurden Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium und als Mikronährstoff Mangan und Eisen bestimmt. Zusätzlich wurde als Anion das Chlorid angegeben. Erwartungsgemäß sind in allen Gesellschaften die Natriumchloridgehalte am höchsten. Dabei unterscheiden sich die Typische Variante des *Puccinellietum typicum* und das *Armerio-Festucetum* nur geringfügig voneinander (Abb. 5, 7). Erstaunlicher-

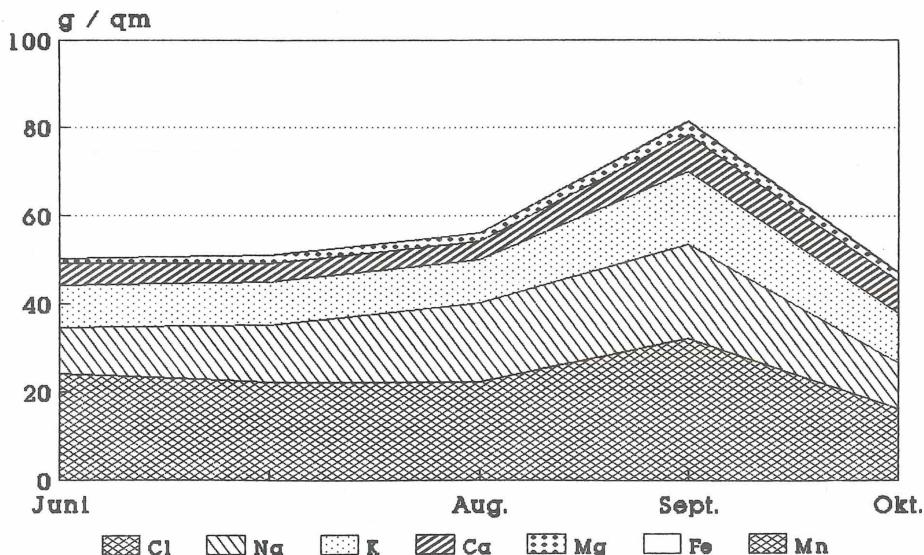


Abb. 5: Mineralstoffgehalte in der oberirdischen Biomasse der Typischen Variante des *Puccinellietum maritima typicum* pro m<sup>2</sup> im Verlauf eines Jahres (Mittelwerte 1988-1990).

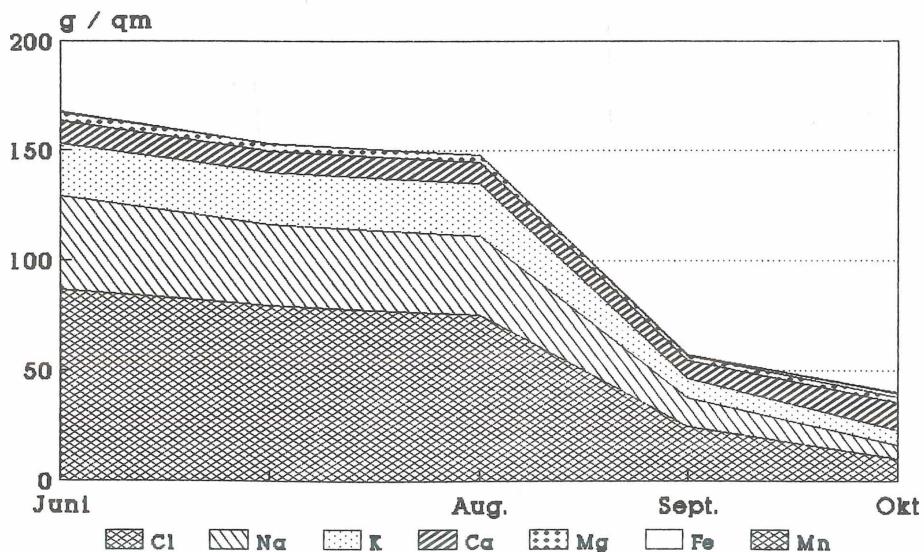


Abb. 6: Mineralstoffgehalte in der oberirdischen Biomasse der Variante von *Triglochin maritimum* des *Puccinellietum maritima typicum* pro m<sup>2</sup> im Verlauf eines Jahres (Mittelwerte 1988-1990).

weise sind im Armerio-Festucetum bei geringerer jährlicher Salzbelastung der Böden schon im Frühjahr ähnlich hohe Gehalte wie in der Typischen Variante des *Puccinellietum typicum* zu finden. In der Jahresbilanz sind in beiden Gesellschaften maximal Werte von 45 bis 50 g NaCl pro m<sup>2</sup> in der oberirdischen Biomasse nachzuweisen. Auch die anderen Nährstoffe erreichen verhältnismäßig hohe Konzentrationen. Dies trifft besonders auf das Kalium und Calcium zu.

Andere Verhältnisse herrschen in der *Triglochin*-Variante des *Puccinellietum typicum*. Hier sind bereits Anfang Juni die höchsten Mineralstoffgehalte in der Biomasse enthalten (Abb.6). Sie liegen mit insgesamt 165 g pro m<sup>2</sup> fast doppelt so hoch wie in

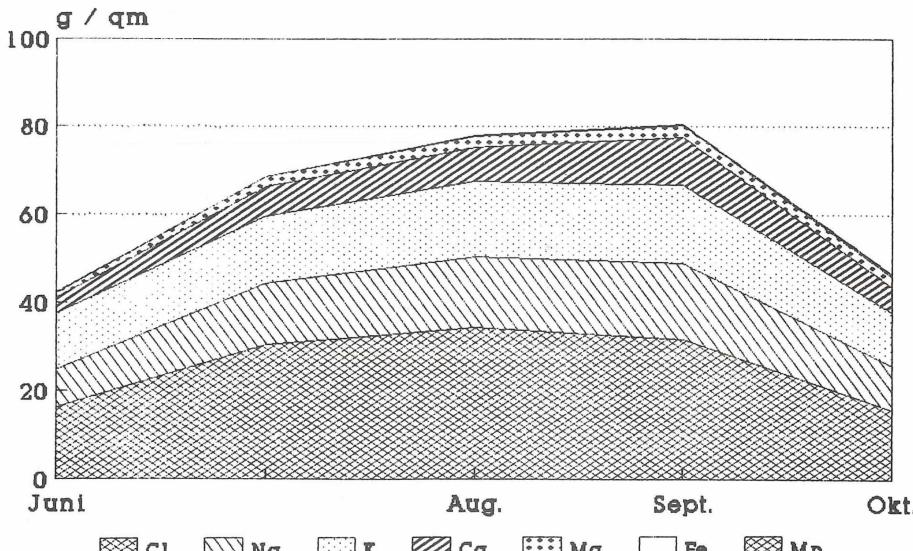


Abb. 7: Mineralstoffgehalte in der oberirdischen Biomasse des Armerio-Festucetum \*litoralis pro m<sup>2</sup> im Verlauf eines Jahres (Mittelwerte 1988-1990).

den anderen Gesellschaften. Natriumchlorid nimmt mit 128 g pro m<sup>2</sup> im Juli den großen Anteil ein und ist damit mehr als doppelt so hoch wie in den beiden anderen Gesellschaften. Die Jahresbilanz verläuft in der *Triglochin*-Variante des *Puccinellietum typicum* ebenfalls anders (Abb. 6). Hier nimmt der Mineralstoffgehalt kontinuierlich über das Jahr hin ab. Das Wachstumsoptimum von *Festuca* im September ist nicht durch eine erhöhte Mineralstoffaufnahme gekennzeichnet. Die C- und N-Gehalte verhalten sich dagegen anders und verlaufen parallel zur Stoffproduktion.

Im Gegensatz zu den Bodenverhältnissen sind die Eisen- und Mangangehalte in der Vegetation gering und treten in der Gesamtbilanz kaum in Erscheinung, so daß hier wie bei Pflanzen aus Feuchtgesellschaften besondere Mechanismen der Aufnahme vermutet werden müssen (JANIESCH 1991).

## Diskussion

Die Biomasseproduktion ist eine wichtige Kenngröße für den Stoffkreislauf und den Energiefluß eines Ökosystems (KREEB 1983). Biomasseuntersuchungen werden in sehr unterschiedlicher Weise durchgeführt. Zu einer vollständigen Bilanz gehören neben der oberirdischen Biomasseentwicklung auch der Anteil der unterirdischen Pflanzenteile während der Vegetationsperiode. In den hier vorliegenden Untersuchungen hätte die Erfassung der unterirdischen Biomasse zu einer weitgehenden Zerstörung der ursprünglichen Struktur der Salzwiesen geführt und war so schon aus der Sicht des Naturschutzes nicht akzeptabel. Nach Angaben von TYLER (1971) muß jedoch mit einem Anteil von 70-75 % der unterirdischen Pflanzenproduktion an der Gesamtproduktion gerechnet werden. Aus ähnlichen Gründen liegen daher auch in Untersuchungen anderer Autoren weitgehend nur Angaben zur oberirdischen Biomasseproduktion in Salzwiesen vor (WALLENTINUS 1973, GLOOSCHENKO 1978, GROENENDIJK 1984).

Die hier vorgelegten mehrjährigen Untersuchungen geben einen ersten Einblick in die Produktivität und den Mineralstoffhaushalt einer seit 20 Jahren ungenutzten Salzwiese an der niedersächsischen Nordseeküste. Sie werden zur Zeit durch weitere Untersuchungen - insbesondere der Ein- und Austräge durch periodische und aperiodische Überflutungen - ergänzt.

Erstmals werden hier Untersuchungen zur oberirdischen Biomasse auf der Basis einer

großmaßstäblichen vegetationskundlichen Kartierung durchgeführt. Dadurch war es möglich, eine gezielte Probenahme in kurzen Zeitabständen vorzunehmen. Nach Angaben von LOMNICKI et al. (1968) wird durch kurze Probenahmeintervalle eine sehr genaue Bilanzierung von Produktion und Verlust ermöglicht. Außerdem entfallen aufwendige statistische Erhebungen wie bei WIEGERT und EVANS (1964) durch die gezielte Probenahme auf der Basis einer Vegetationskartierung.

Die vorliegenden Untersuchungen belegen, daß Salzwiesengesellschaften zu den produktivsten Pflanzengesellschaften gehören. Die höchste Produktionsrate wurde im Armerio-Festucetum \*litoralis mit 784 g lebende oberirdische Biomasse pro m<sup>2</sup> erreicht. Aber auch in den anderen Gesellschaften werden ähnlich hohe Produktionsraten gemessen. Dies ist umso erstaunlicher, da die Bodenverhältnisse der drei Standorte sich deutlich voneinander unterscheiden. Die optimale Produktivität wird jeweils im September erreicht. Ausnahme ist nur die von *Triglochin maritimum* dominierte Fläche, die ihr Maximum im Juli aufweist. Im Vergleich mit niederländischen Salzwiesen werden insgesamt höhere Produktionsraten erreicht. So bestimmten WOLF et al. (1980) für das Puccinellietum 576 g pro m<sup>2</sup> und Rahmann et al. (1987) 363 g pro m<sup>2</sup>. Nur für *Spartina anglica* gibt GROENENDUJK (1984) mit 1162 - 1649 g pro m<sup>2</sup> im Jahr eine wesentlich höhere Produktionsleistung an. Hier muß jedoch berücksichtigt werden, daß *Spartina* als C4-Pflanze eine Ausnahme ist.

Erstaunlich ist, daß so hohe Produktionsraten unter Salzstreuß und bei unterschiedlicher Überflutungshäufigkeit erreicht werden. YEO (1983) berechnet, daß etwa 40 % der durch die Photosynthese gewonnenen Energie für die Salzpumpen zur Osmoregulation genutzt wird. Die hohe Produktivität dieser Gesellschaften läßt daher auf besondere physiologische Leistungen der einzelnen Pflanzen schließen. Auch die hohen C-Gehalte der einzelnen Pflanzengesellschaften belegen einen hohen Energieumsatz durch die Photosynthese. Im Armerio-Festucetum stellen 40 % der Gesamtproduktion C-Verbindungen, in der Typischen Variante des Puccinellietum typicum sogar 45 % dar.

Die N-Gehalte in der Vegetation weisen auf einen hohen N-Umsatz in den einzelnen Gesellschaften hin. Im Maximum der Biomasseproduktion sind in der Typischen Variante des Puccinellietum typicum allein in der oberirdischen Biomasse 102 kg N pro ha, im Armerio-Festucetum 121 kg und in der *Triglochin*-Variante des Puccinellietum typicum 173 kg enthalten. TYLER (1971) nimmt an, daß 70-75% der Gesamtproduktion auf die unterirdische Biomasse entfallen. Da Wurzeln im Durchschnitt 1/2 bis 1/3 weniger N enthalten als die Sprosse (JANIESCH 1986), kann man annehmen, daß die N-Umsätze etwa um 25 % höher liegen müssen. Damit erreichen Salzwiesen eine ähnlich hohe Umsatzrate wie gut mit Mineralstoffen versorgte Waldgesellschaften (ELLENBERG 1977, JANIESCH 1991, JANIESCH et al. 1991). Eine Limitierung des Wachstums durch mangelnde N-Versorgung, wie sie VALIELA u. TEAL (1979) fordern, scheint hier nicht vorzuliegen.

Im Verlauf der Vegetationsperiode verringert sich die Biomasse durch Absterben, Mineralisation und Verluste durch Überflutungen. Aus den vorliegenden Untersuchungen lassen sich nur Verluste der oberirdischen Biomasse berechnen. So gehen 58 kg N pro ha in der Typischen Variante des Puccinellietum typicum und Armerio-Festucetum durch Verlagerung in die unterirdischen Teile, durch Mineralisation oder durch Überflutungen verloren. Die hohen N-Verluste in der oberirdischen Biomasse der *Triglochin*-Variante des Puccinellietum typicum von 14 kg N / ha allein im August, werden offensichtlich an Ort und Stelle mineralisiert und führen zu einer Produktionssteigerung von *Festuca litoralis*. In zukünftigen Untersuchungen wird es daher notwendig sein, Verluste durch geeignete Methoden zu bilanzieren, um die Bedeutung der Salzwiesen für den Stoffaustausch Meer-Land zu kennzeichnen.

Die zuvor erfolgte vegetationskundliche Erfassung (VON GLAHN et al. 1989) der Untersuchungsflächen hat den Erfolg der Untersuchungen wesentlich beeinflußt. Die wechselweise Beziehung der *Triglochin*-Variante zum Puccinellietum und Festucetum läßt sich durch die nährstoffökologischen Untersuchungen belegen. Gerade an diesen Nahtstellen zwischen Vegetationseinheiten sind Stoffflüsse deutlicher zu erkennen.

Die Stoffumsätze in den Salzwiesen lassen an dem Begriff "Streßfaktor" für den Einfluß des Meeres auf dort lebende Pflanzen zweifeln. Hier handelt es sich offensichtlich nicht um eine Streßsituation, sondern um eine Anpassung pflanzlichen Lebens an einen Lebensraum, zu dessen Stabilität hohe Salzkonzentrationen und Überflutungen notwendig sind. ROZEMA et al. (1985) kommen bei autökologischen Untersuchungen zum Salzbedarf und zur Überflutungstoleranz von Halophyten zu ähnlichen Ergebnissen. Individuelle Eigenschaften wie der hohe N-Gehalt bei *Triglochin* oder der geringe Salzgehalt von *Puccinellia* sind entscheidender als der Standortfaktor. In zukünftigen Untersuchungen sollten daher die spezifischen autökologischen Anpassungen einzelner Arten stärker berücksichtigt werden, um das Ökosystem Salzwiese zu verstehen.

## Zusammenfassung

Im Verlauf von drei Jahren wurde die oberirdische Biomasseproduktion an drei Standorten der oberen und unteren Salzwiese bestimmt. Grundlage der Probenahme war eine Vegetationskarte auf der Basis einer pflanzensoziologischen Analyse. Die höchsten Produktionsraten wurden im Puccinellieturn mit 743 g / m<sup>2</sup> und im Festucetum mit 784 g / m<sup>2</sup> jeweils im September erreicht. Die höchsten Stickstoffgehalte in der Biomasse wurden an *Triglochin*-Standorten mit 15,9 g / m<sup>2</sup> bestimmt. Die Untersuchungen zum Mineralstoffhaushalt von Salzwiesengesellschaften belegen die Bedeutung der Salzwiesen für den Stoffaustausch zwischen Meer-Land.

## Literatur

- BLINDOW, H. (1987): Frieslands Salzwiesen. Bedeutung und Schutz. - pp. 93. Mettcker & Söhne. Jever.
- ELLENBERG, H. (1977): Stickstoff als Standortfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzengesellschaften. - Oecol. Plant. **12**: 1 - 22.
- GIANI L. (1991): Entwicklung und Eigenschaften von Marschböden im Deichvorland der südlichen Nordseeküste. - Habilitationsschrift. FB 7 Biologie, Universität Oldenburg.
- GIANI, L. (1988): Redoxpotentiale von Böden des Deichvorlandes und Redoxpotentiale junger, mariner Sedimente/Böden bei beginnender Bodenentwicklung im Lysimeter.- Mittgl. Dtsch. Bodenk. Ges. **43**: 733 - 738.
- GLAHN, VON, DAHMEN, R., LEMM, R. VON & WOLFF, D. (1989): Vegetationssystematische Untersuchungen und großmaßstäbliche Vegetationskartierungen in den Außengroden der niedersächsischen Nordseeküste. - Drosera '89: 145 - 168.
- GLOOSCHENKO, W.A. (1978): Above-ground biomass of vascular plants in a subarctic James Bay salt marsh. - Can. Field. Natural. **92**: 30 - 37.
- GROENENDIJK, A.M. (1984): Primary production of four dominant salt-marsh angiosperms in the SW Netherlands. - Vegetatio **75**: 143 - 152.
- HUSSEY, A. & LONG, P.S. (1982): Seasonal changes in weight of above and below ground vegetation and dead plant material in a salt marsh at Coline Point, Essex. - J. Ecol. **70**: 757 - 771.
- JANIESCH, P. (1979): Eisen als Standortfaktor in Erlenbruchwäldern. - Verh. Ges. Ökol. **7**: 403 - 406.
- JANIESCH, P. (1986): Bedeutung einer Ernährung von Carex - Arten mit Ammonium oder Nitrat für deren Vorkommen in Feuchtgesellschaften. - Abhandl. Landesmus. Münster **48**: 342 - 354.
- JANIESCH, P. (1991): Ecophysiological adaptations of higher plants in natural communities to waterlogging. - In: ROZEMA, J. & VERKLEIJ, J.A.C. (eds.) Ecological responses to environmental stresses, 50-60. Kluwer Acad. Pub.
- JANIESCH, P., MELLIN, Chr. & MÜLLER, E. (1991): Die Stickstoff-Netto-Mineralisation in naturnahen und degenerierten Erlenbruchwäldern als Kenngröße zur Beurteilung des ökologischen Zustandes. - Verh. Ges. Ökol. **20**: 353 - 359.
- KETNER, P. (1972): Primary production of salt marsh communities on the island of Terschelling. - Ph.D.Thesis Univ. Nijmegen.
- KREEB, K.H. (1983): Vegetationskunde. UTB. Ulmer
- LOMNICKI, A. BANDOLA, E. & JANKOWSKA, K. (1968): Modification of the Wiegert-Evans method for estimation of net primary production. - Ecology **49**: 147 - 149.
- MARSCHNER, H. (1986): Mineral nutrition of higher plants. pp 674. Acad. Press. London. New York.

- RAHMANN, M., RAHMANN, H. KEMPF, N., HOFFMANN, B. & GLOGER, H. (1987): Auswirkungen unterschiedlicher landwirtschaftlicher Nutzung auf die Flora und Fauna der Salzwiesen an der ostfriesischen Wattenmeerküste. - *Senckenbergiana* **19**: 163 - 193.
- RÖBEN-WEISS, B. (1989): Stoffproduktion und Bioelementgehalte von Pflanzengesellschaften des Deichvorlandes. - Diplomarb. FB 7 Biologie. Univ. Oldenburg.
- ROZEMA, J., BIJWAARD, P., PRAST, G. & BROEKMAN, R. (1985): Ecophysiological adaptations of coastal halophytes from foredunes and salt marshes. - *Vegetatio* **62**: 499 - 521.
- SINGER, E.C. & HAVILL, D.C. (1985): Manganese as an ecological factor in salt marshes. - *Vegetatio* **62**: 287 - 292.
- TYLER, G. (1971): Distribution and turnover of organic matter and minerals in a shore meadow ecosystem. - *Oikos* **22**: 265 - 291.
- VALIELA, I. & TEAL J.M. (1979): The nitrogen budget of a salt marsh ecosystem. - *Nature* **280**: 652 - 656.
- WALLENTINUS, H.G. (1973): Above-ground production of a *Juncetum geradi* on an baltic sea-shore meadow. - *Oikos* **24**: 200 - 219.
- WIEGERT, R. & EVANS, F. (1964): Primary production and disappearance of dead vegetation on an old field. - *Ecology*. **45**: 49 - 63.
- WOLF, W.J., EEDEN, M.J. VAN & LAMMENS, E. (1980): Primary production and import of particulate organic matter on a salt marsh in the Netherlands. - *Neth. J. Sea Res.* **13**: 242 - 255.
- YEO, A.R. (1983): Salinity resistance: Physiology and prices. - *Physiol. Plant.* **58**: 214 - 222.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Peter Janiesch, Universität Oldenburg, FB Biologie, Postfach 2503,  
D-2900 Oldenburg

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Drosera](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [1991](#)

Autor(en)/Author(s): Janiesch Peter

Artikel/Article: [Oberirdische Biomasseproduktion und Mineralstoffhaushalt von Salzwiesen der niedersächsischen Küste 127-138](#)