

# Bedeutung einer Ernährung von *Carex*-Arten mit Ammonium oder Nitrat für deren Vorkommen in Feuchtgesellschaften

Peter Janiesch

## Zusammenfassung

Untersucht wurden *Carex*-Arten aus Bruchwaldgesellschaften und deren Kontaktgesellschaften hinsichtlich ihres Stickstoffbedarfs. Arten sehr feuchter Bereiche (*C. pseudocyperus*, *C. elata*, *C. acutiformis*) bevorzugen Ammonium, während *C. remota* Nitrat bevorzugt. *C. elongata* kann beide Stickstoffquellen gut verwerten. Ursache für dieses Verhalten ist die unterschiedlich hohe Induzierbarkeit der Nitratreduktase. Arten der sehr feuchten Böden besitzen nur eine geringe Aktivität, während Arten der frischen Böden hohe Aktivitäten aufweisen können. Die Stickstoffgehalte der Pflanzen der Laborexperimente weisen gute Übereinstimmungen mit denen vom natürlichen Standort auf.

## 1. Einleitung

Erlenbrücher und deren Kontaktgesellschaften bilden in unserer Landschaft ein abwechslungsreiches Mosaik verschiedener Pflanzengesellschaften mit unterschiedlichen ökologischen Bedingungen (JANIESCH 1978, 1981). Innerhalb der einzelnen Assoziationen, Subassoziationen und Varianten sowie deren Kontaktgesellschaften ist die Menge des verfügbaren Stickstoffs sowie die Verteilung von Ammonium und Nitrat sehr unterschiedlich (JANIESCH 1980). Mit steigendem Bodenwassergehalt nimmt die Nitrifikation stetig ab, während sie beim Absinken des Bodenwassergehaltes im Sommer sehr hohe Werte erreichen kann. *Carex*-Arten stellen auf diesen Böden eine diagnostisch wichtige Gruppe dar. Um so erstaunlicher ist es, daß die Physiologie und der Mineralstoffhaushalt dieser Gattung bisher kaum untersucht worden ist. Ziel ökophysiologischer Forschung ist es, unter anderem physiologische Eigenschaften von Pflanzen in Beziehung zu ihrem Vorkommen am natürlichen Standort zu setzen. In den folgenden Untersuchungen soll dies bei *Carex*-Arten für den Standortfaktor Ammonium und Nitrat nachgewiesen werden.

## 2. Material und Methoden

Alle untersuchten Pflanzen wurden aus Saatgut vom natürlichen Standort im Labor auf Sand gezogen. Für die einzelnen Versuche wurden acht Wochen alte Pflanzen in einer Nährlösung n. Bruch (mod. siehe JANIESCH 1981) kultiviert. Stickstoff wurde in gestaffelter Form als Kaliumnitrat und Ammoniumsulfat zugesetzt. Der pH-Wert wurde täglich kontrolliert und auf pH 6.0 gehalten. Die Kulturexperimente wurden in einer Klimakammer durchgeführt (Tag 22 Grad, Nacht 18 Grad, Hell/Dunkel 16 zu 8 Stunden).

Der N-Gehalt wurde mit dem Mikro-Rapid-N/Automaten (Hereus) bestimmt. Die Extraktion und Bestimmung der verschiedenen N-Formen erfolgte nach einem

speziellen Extraktionsschema wie bei JANIESCH (1981) beschrieben. Die Extraktion und Reinigung der Nitratreduktase wurde nach BEEVERS et al. (1965), STULEN (1970) und JANIESCH (1973) durchgeführt. Die Enzymextraktion erfolgte immer zur gleichen Tageszeit, um Schwankungen der Nitratreduktase durch den diurnalen Rhythmus auszuschalten (JANIESCH 1973).

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Stoffproduktion bei steigender Ammonium- oder Nitratversorgung

Mineralstickstoff ist in der Lage, bei den hier untersuchten *Carex*-Arten eine den edaphischen Bedingungen entsprechende Reaktion hervorzurufen. Alle *Carex*-Arten reagieren zunächst positiv auf eine Ammonium- oder Nitratversorgung (Abb. 1 u. 2). Mit ansteigender Stickstoffversorgung wird die Stoffproduktion durch die beiden N-Formen unterschiedlich stark positiv oder negativ beeinflusst. *Carex*-Arten der sehr feuchten Verlandungsbereiche, *C. pseudocyperus*, *C. elata* und *C. acutiformis*, werden durch steigende Ammoniumversorgung stärker gefördert als durch Nitrat. So ist bei *C. pseudocyperus* die Biomasse bei 3 mmol Ammoniumangebot um 143%, bei *C. elata* um 171% und bei *C. acutiformis* um 171% höher als bei der entsprechenden Nitratversorgung (Abb. 1). Insbesondere ergeben die Wurzeln eine höhere Biomasse.

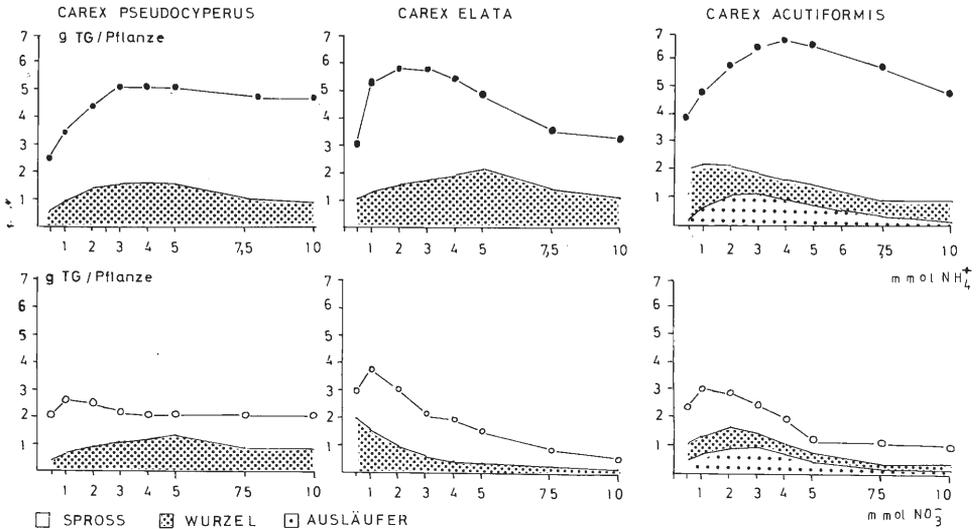


Abb. 1: Stoffproduktion verschiedener *Carex*-Arten bei steigender Ernährung mit Ammonium- oder Nitratsalzen in einer Wasserkultur (Kulturdauer 4 Wochen mit 12 Wochen alten Pflanzen).

*C. elongata* nimmt bei den untersuchten Arten eine Mittelstellung ein. Zwar wird bei Ammoniumernährung im Durchschnitt eine höhere Stoffproduktion erreicht, es ergibt sich jedoch auch ein Optimum bei mittleren Nitratkonzentrationen von 2.5 mmol (Abb. 2). Ähnlich wie bei den *Carex*-Arten der sehr feuchten Bereiche ist der hohe Anteil der Wurzelbiomasse an der Gesamtstoffproduktion bei Ammoniumernährung bemerkenswert.

Völlig anders reagiert dagegen *C. remota* (Abb. 2). Zunächst steigt die Stoffproduktion bis zu einer Ernährung von 2 mmol an, verringert sich aber bei noch weiter steigen-

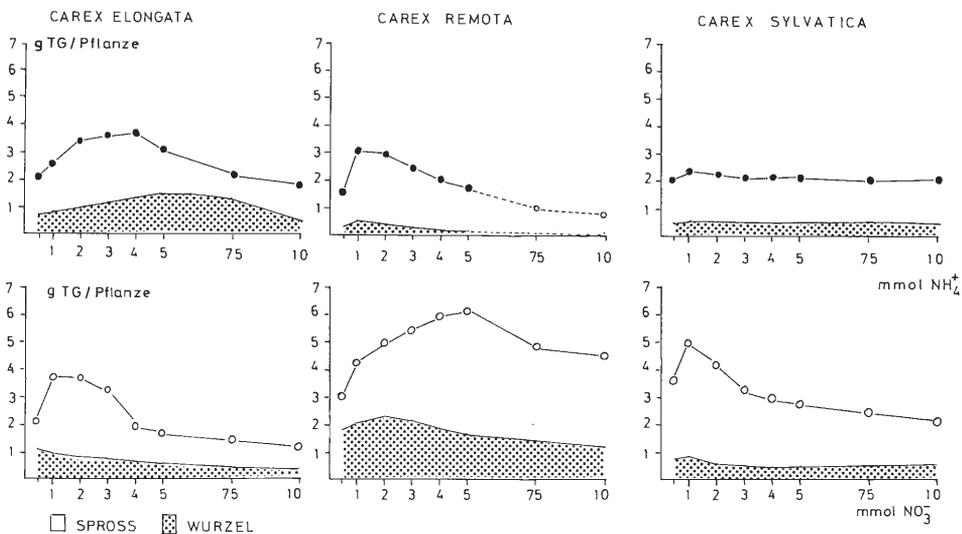


Abb. 2: Stoffproduktion verschiedener *Carex*-Arten bei steigender Ernährung mit Ammonium- oder Nitratsalzen in einer Wasserkultur (Kulturdauer 4 Wochen mit 12 Wochen alten Pflanzen).

dem Ammoniumangebot. Besonders ausgeprägt ist dies bei den Wurzeln. Bei einer Ernährung über 5 mmol Ammonium werden die Pflanzen bei länger dauernden Kulturen letal geschädigt. Anders dagegen reagiert sie auf ein Nitratangebot. Von 0.5 bis 5.0 mmol Nitrat wird die Stoffproduktion kontinuierlich gesteigert. Bei 5 mmol Nitratangebot wird gegenüber einer Versorgung mit Ammonium 258% mehr Biomasse produziert (Abb. 2).

*C. sylvatica* wird durch eine steigende Stickstoffernährung nicht so nachhaltig beeinflusst wie die bisher besprochenen Arten. Bei einer Ernährung mit 1 mmol Nitrat wird bereits das Optimum erreicht. Darüber hinaus wird weniger Biomasse produziert. Gleiches gilt für die gesamte Pflanze bei Ammoniumernährung von 0.5-10.0 mmol.

### 3.2 Die Gehalte der Blätter und Wurzeln an verschiedenen Stickstoffverbindungen

Die unterschiedliche Wachstumsförderung der einzelnen *Carex*-Arten durch Ammonium- oder Nitrationen weist auf eine verschiedene Assimilation beider Mineralstoffe hin. Dabei muß zwischen der eigentlichen Aufnahme und der enzymatischen Assimilation, die schließlich zum Aufbau von Proteinen führt, unterschieden werden. Erste Hinweise ergeben die Bestimmung wichtiger Stickstoffverbindungen in den einzelnen Organen.

Besprochen werden sollen in diesem Zusammenhang *C. elata*, *C. elongata* und *C. remota* (Tab. 1, 2, 3). Der Gesamtstickstoffgehalt der Pflanzen läßt nur wenig Rückschlüsse auf den Stickstoffwechsel zu. Mit steigender Ammonium- oder Nitraternährung nimmt der Gesamtstickstoffgehalt aller Pflanzen zu. Innerhalb der einzelnen Stickstoffverbindungen ergeben sich jedoch artspezifische Unterschiede. Steigende Nitraternährung führt bei allen Arten zu einer verstärkten Anreicherung von Nitrat vorzugsweise in den Blättern. Die Konzentration in den Wurzeln steigt stets langsamer

und in unterschiedlicher Weise bei den einzelnen Arten. Bei der Ammoniumart *C. elata* (Tab. 1) steigt der Nitratgehalt in den Wurzeln in gleicher Weise wie das Nitratangebot in der Nährlösung. Die nitratbevorzugende Art *C. remota* (Tab. 3) speichert ebenfalls in den Blättern vermehrt Nitrat, in den Wurzeln hingegen bleibt die Nitratkonzentrationen bei allen Nitratstufen weitgehend gleich. Erstaunlich ist jedoch der verhältnismäßig hohe Ammoniumgehalt bei Nitraternährung.

Tab. 1 Stickstoffgehalte der Blätter und Wurzeln von *Carex elata* bei steigender Nitrat- und Ammoniumernährung in einer Wasserkultur. (Kulturdauer 4 Wochen mit 12 Wochen alten Pflanzen)

mg N / 1g Trockengewicht						
NO <sub>3</sub> -Angebot mmol	Gesamt-N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	lös.-N	Lösliche unlösliche Proteine	
Blätter						
0.5	15.781	0.140	0.709	0.378	10.497	4.057
1.0	15.238	0.166	0.201	1.016	8.462	5.393
2.5	14.948	0.380	0.336	1.640	8.401	4.191
5.0	15.720	0.587	1.940	3.495	6.620	3.078
10.0	13.477	1.158	1.973	5.613	4.719	1.056
Wurzeln						
0.5	5.435	0.138	0.436	- - -	3.869	0.992
1.0	6.869	0.194	0.517	1.704	3.311	1.143
2.5	8.540	0.279	1.997	1.703	3.152	1.409
5.0	9.418	0.689	1.948	2.353	2.917	1.511
10.0	9.619	0.947	1.857	3.272	2.056	1.487
NH <sub>4</sub> -Angebot mmol						
Blätter						
0.5	20.757	0.097	1.473	0.253	10.473	8.471
1.0	22.632	0.093	2.383	0.248	10.589	9.319
2.5	25.721	0.144	2.684	0.289	10.147	12.487
5.0	26.786	0.113	3.739	0.471	8.987	13.481
10.0	22.349	0.113	3.461	0.639	7.947	10.189
Wurzeln						
0.5	13.787	0.107	0.987	0.147	2.073	10.473
1.0	19.065	0.121	1.845	0.273	2.137	14.689
2.5	24.243	0.127	4.739	0.498	2.006	16.873
5.0	31.321	0.125	9.131	0.487	1.847	19.731
10.0	29.146	0.125	10.476	0.631	1.763	16.151

Bei Ammoniumernährung ist in den Pflanzen der Nitratgehalt erwartungsgemäß niedrig. Die Ammoniumkonzentrationen erreichen nur bei *C. elata* ähnlich hohe Werte wie bei Nitraternährung. Anders dagegen verhält sich *C. remota*. Die Ammoniumkonzentrationen in den Blättern erreichen bei der höchsten Ammoniumstufe 12.87 mg pro 1g Trockengewicht und sind damit viermal so hoch wie der Durchschnitt bei den Ammonophyten (Tab. 3). Noch höher sind die Konzentrationen in den Wurzeln mit 24.72 mg pro 1g Trockengewicht. Die toxischen Schäden bei *C. remota* sind wohl auf diese hohen Konzentrationen zurückzuführen, die zu erheblichen osmotischen Problemen führen müssen.

Auffälligster Unterschied bei Ammonium- oder Nitraternährung ist die Konzentration an pufferlöslichen und unlöslichen Proteinen in den einzelnen Pflanzenorganen. Bei dem Ammonophyten *C. elata* wird bei einer Ernährung mit 0.5 mmol Nitrat in den Wurzeln eine Konzentration von 0.992 mg pro 1g Trockengewicht erreicht (Tab. 1)

während es bei Ammoniumernährung mit 10.473 mg mehr als das 10-fache ist (Tab. 3). *C. remota* erweist sich auch bei der Bildung von Proteinen als Art mit besserer Nitratverwertung. Nur bei ausreichendem Nitratangebot werden dabei größere Mengen an Proteinen gebildet. So steigt die Konzentration an pufferunlöslichen Proteinen bei einer Ernährung von 0.5 mmol bis 2.5 mmol Nitrat von 10.405 bis 20.836 mg pro 1g Trockengewicht an. Bei gleicher Ammoniumernährung ist die Konzentration an Proteinen mehr als die Hälfte niedriger.

Tab. 2 Stickstoffgehalte der Blätter und Wurzeln von *Carex elongata* bei steigender Nitrat- und Ammoniumernährung in einer Wasserkultur. (Kulturdauer 4 Wochen mit 12 Wochen alten Pflanzen)

mg N / 1g Trockengewicht						
NO <sub>3</sub> -Angebot mmol	Gesamt-N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	lös1.-N	lösliche unlösliche Proteine	
Blätter						
0.5	13.049	0.483	0.387	0.743	3.344	8.092
1.0	17.223	0.819	0.745	1.360	3.930	10.092
2.5	17.946	0.835	0.806	1.491	3.794	10.360
5.0	19.432	2.212	1.040	2.352	3.491	10.337
10.0	20.719	2.973	1.237	3.679	2.783	10.047
Wurzeln						
0.5	9.428	0.943	0.432	- - -	1.017	7.036
1.0	10.879	0.960	0.244	0.821	1.032	7.840
2.5	11.705	0.992	0.308	1.962	1.069	7.374
5.0	10.442	1.091	0.338	2.117	1.070	5.826
10.0	10.310	1.539	0.376	3.378	1.070	3.947
NH <sub>4</sub> -Angebot mmol						
Blätter						
0.5	12.029	0.238	0.959	0.438	2.818	7.576
1.0	14.830	0.332	1.417	1.087	3.128	8.866
2.5	16.849	0.344	1.683	2.495	3.533	8.794
5.0	16.734	0.433	2.435	1.922	3.744	8.504
10.0	17.757	0.407	3.173	1.921	3.739	8.517
Wurzeln						
0.5	10.187	0.167	0.732	- - -	3,772	5.516
1.0	18.420	0.168	1.062	0.023	3.048	13.119
2.5	22.761	0.151	3.188	1.473	3.332	14.617
5.0	23.789	0.139	3.535	1.431	3.309	15.375
10.0	25.228	0.079	6.431	2.915	2.087	13.716

### 3.3. Die Nitratreduktaseaktivität in den Blättern und Wurzeln von *Carex*-Arten

Die Assimilation der Ammonium- oder Nitrationen erfolgt, wenn sie einmal aufgenommen sind, auf unterschiedlichem Wege. Ammonium wird in den meisten Pflanzen nicht gespeichert, sondern kann über den Glutamat-Dehydrogenase Weg oder die Reaktionskette Glutamin-Synthetase/Glutamat-Synthase zur Bildung von Glutamat und Glutamin führen (MIFLIN & LEA 1976). Im Falle des Nitrats, das in einigen Pflanzen in größeren Mengen gespeichert werden kann, ist eine Reduktion mittels Nitratreduktase/Nitritreduktase vorgeschaltet. Ursache für die Unterschiede im Stickstoffwechsel der einzelnen Arten dürfte in erster Linie die Fähigkeit sein, Nitrat zu reduzieren.

In vielen Versuchen konnte eine Substratinduzierung der Nitratreduktase nachgewiesen werden. Bei *Carex*-Arten mit Bevorzugung der Ammoniumernährung (*C. pseu-*

Tab. 3 Stickstoffgehalte der Blätter und Wurzeln von *Carex remota* bei steigender Nitrat- und Ammoniumernährung in einer Wasserkultur. (Kulturdauer 4 Wochen mit 12 Wochen alten Pflanzen)

mg N / g Trockengewicht						
NO <sub>3</sub> -Angebot mmol	Gesamt-N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	lösli.-N	lösliche Proteine	unlösliche Proteine
Blätter						
0.5	15.380	0.391	1.091	0.489	3.004	10.405
1.0	20.201	0.423	1.280	0.489	3.155	14.854
2.5	27.157	0.552	1.560	0.892	3.317	20.836
5.0	24.097	0.885	1.824	0.974	3.402	17.012
10.0	18.676	1.243	1.671	0.702	3.951	11.109
Wurzeln						
0.5	14.751	0.151	0.167	0.231	5.165	9.037
1.0	16.011	0.149	0.153	0.841	2.467	11.661
2.5	23.449	0.143	0.893	1.305	2.189	18.919
5.0	24.051	0.142	1.011	1.471	1.866	19.561
10.0	25.308	0.167	2.137	1.671	1.547	19.756
NH <sub>4</sub> -Angebot						
mmol	Blätter					
0.5	12.513	0.274	2.947	0.710	4.004	4.582
1.0	16.036	0.274	4.653	2.359	4.054	4.696
2.5	24.599	0.273	8.638	5.979	4.406	5.303
5.0	31.968	0.298	12.870	8.448	4.348	6.004
10.0	alle Pflanzen abgestorben					
Wurzeln						
0.5	17.047	0.164	9.231	0.617	2.286	4.749
1.0	30.733	0.128	16.714	1.819	3.197	8.882
2.5	33.712	0.091	19.837	3.137	3.208	7.439
5.0	32.680	0.043	24.719	3.715	2.017	2.186
10.0	alle Pflanzen abgestorben					

*docyperus*, *C. elata*, *C. acutiformis*) wird trotz steigenden Nitratangebotes und eines Anstiegs des Nitrats in der Pflanze nur ein geringer Anstieg der Gesamtaktivität festgestellt (Tab. 4). Die Aktivitäten sind mit 513 bis 595 nmol NO/2 pro Stunde und 1g Frischgewicht bei *C. pseudocyperus* und *C. elata* sehr gering. *C. acutiformis* erreicht mit 898 nmol NO/2 nur geringfügig höhere Werte. Ebenso sind die spezifischen Aktivitäten der gereinigten Enzymextrakte bei den drei Arten erwartungsgemäß niedrig und übersteigen 176 nmol NO/2 pro Stunde pro mg Protein nicht. Noch geringer sind die Aktivitäten der Nitratreduktase in den Wurzeln.

Die geringe Nitratreduktaseaktivität der Blätter und Wurzeln ist jedoch nicht für alle *Carex*-Arten typisch. Im Gegensatz zu den drei Arten der sehr feuchten Bereiche lassen sich in den Blättern von *C. elongata*, *C. remota* und *C. sylvatica* höhere Gesamt- und spezifische Aktivitäten induzieren (Tab. 5). Die höchsten Gesamtaktivitäten wurden bei *C. remota* gefunden. Bei einem Nitratangebot von 5 mmol in der Nährlösung wurde mit 6032 nmol NO/2 pro Stunde und 1g Frischgewicht die höchste Aktivität festgestellt. Gegenüber *C. elata* erreicht die Aktivität etwa 10-fach höhere Werte. Demnach ist *C. remota* in der Lage, entsprechend mehr Nitrat zu reduzieren und schließlich über die Bildung von Aminosäuren in Proteine umzusetzen. Der vermehrte Nitratumsatz bezieht sich jedoch nur auf die oberirdische Biomasse, da in den Wurzeln nur geringe Aktivitäten der Nitratreduktase gemessen wurden. *C. elongata* ist ebenfalls in der Lage, bei steigender Nitraternährung die Aktivität der Nitratreduktase in den Blättern zu stei-

Tab. 4 Nitratreduktase-Aktivität der Blätter und Wurzeln von Carex-Arten der feuchten Subassoziationen und Varianten von Erlenbruchwald-Gesellschaften bei steigender Nitratversorgung von 0.5 - 10.0 mmol NO<sub>3</sub> unter kontrollierten Bedingungen einer Wasserkultur. (Kulturdauer 14 Tage mit 12 Wochen alten Pflanzen)

Blätter			Wurzeln	
Nitratreduktase - Aktivität nmol NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> pro Stunde				
Nitrat-Angebot	Gesamt g/FG	spezifisch mg Prot.	Gesamt g/FG	spezifisch mg Prot.
<i>Carex pseudocyperus</i>				
0.5	193 ± 21	17 ± 5	537 ± 57	172 ± 32
1.0	272 ± 24	24 ± 5	937 ± 41	228 ± 41
2.5	326 ± 26	22 ± 4	960 ± 74	265 ± 51
5.0	513 ± 41	176 ± 21	1075 ± 124	412 ± 53
10.0	423 ± 61	140 ± 33	988 ± 107	397 ± 46
<i>Carex acutiformis</i>				
0.5	217 ± 31	30 ± 3	Gesamt - Aktivität unter 50	
1.0	739 ± 56	96 ± 12		
2.5	898 ± 61	133 ± 22		
5.0	743 ± 48	116 ± 16		
10.0	473 ± 26	45 ± 6		
<i>Carex elata</i>				
0.5	439 ± 21	52 ± 3	130 ± 12	104 ± 9
1.0	569 ± 24	68 ± 6	105 ± 8	52 ± 6
2.5	595 ± 31	83 ± 9	105 ± 11	52 ± 4
5.0	471 ± 46	68 ± 13	118 ± 15	68 ± 7
10.0	115 ± 26	11 ± 2	120 ± 16	82 ± 11

Tab. 5 Nitratreduktase - Aktivität der Blätter und Wurzeln von Carex - Arten der Erlenbruchwaldgesellschaften und deren Kontaktgesellschaften bei steigender Nitratversorgung von 0.5 - 10.0 mmol NO<sub>3</sub> unter kontrollierten Bedingungen einer Wasserkultur. (Kulturdauer 14 Tage mit 12 Wochen alten Pflanzen)

Blätter			Wurzeln	
Nitratreduktase - Aktivität nmol NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> pro Stunde				
Nitrat-Angebot	Gesamt g/FG	spezifisch mg Prot.	Gesamt g/FG	spezifisch mg Prot.
<i>Carex elongata</i>				
0.5	445 ± 74	46 ± 2	343 ± 53	148 ± 17
1.0	906 ± 46	101 ± 9	393 ± 78	170 ± 26
2.5	2227 ± 133	285 ± 17	372 ± 64	202 ± 19
5.0	1268 ± 57	141 ± 9	352 ± 58	239 ± 17
10.0	386 ± 16	37 ± 4	296 ± 38	209 ± 14
<i>Carex remota</i>				
0.5	946 ± 31	168 ± 7	668 ± 31	783 ± 31
1.0	2136 ± 131	547 ± 13	843 ± 29	369 ± 17
2.5	5035 ± 127	834 ± 14	547 ± 23	262 ± 16
5.0	6032 ± 98	1434 ± 22	578 ± 21	478 ± 21
10.0	2909 ± 47	649 ± 9	419 ± 19	267 ± 14
<i>Carex sylvatica</i>				
0.5	2282 ± 79	247 ± 6	437 ± 23	338 ± 11
1.0	2746 ± 68	294 ± 8	461 ± 26	215 ± 13
2.5	2827 ± 71	286 ± 7	467 ± 17	230 ± 9
5.0	3022 ± 60	339 ± 8	315 ± 21	240 ± 16
10.0	3017 ± 63	268 ± 8	215 ± 14	205 ± 12

gern (Tab. 8). Die Aktivität ist jedoch gegenüber *C. remota* um 63 % niedriger. Sie zeigt in den Wurzeln keine Besonderheiten. Die Aktivität der Nitratreduktase in den Blättern von *C. sylvatica* erreicht ähnlich hohe Werte wie bei *C. elongata*. Auffällig ist jedoch, daß die Aktivität weitgehend unabhängig vom Nitratangebot ist. Schon bei geringer Nitraternährung (0.5 mmol) wurde eine Gesamtaktivität von 2282 nmol NO<sub>2</sub> pro Stunde pro 1g Frischgewicht erreicht. Bei der höchsten Nitratstufe stieg die Aktivität insgesamt nur um 25 %. Die Aktivitäten der Wurzeln sind denen der anderen Pflanzen vergleichbar.

### 3.4 Stickstoffkonzentration in den Pflanzen am natürlichen Standort

Untersuchungen im Labor unter kontrollierten Bedingungen können nicht mit letzter Sicherheit über die Bedingungen am natürlichen Standort Aufschluß geben. Zum einen wirken am Standort eine Reihe unterschiedlicher Faktoren gleichzeitig, zum anderen sind auch Veränderungen besonders der Mineralstoffkonzentrationen im Verlauf der Vegetationsperiode zu erwarten. Daher ist es notwendig, physiologische Vorgänge und Mineralstoffgehalte von Pflanzen aus Laborversuchen mit denen am natürlichen Standort zu vergleichen. Für diesen Vergleich wurden *C. elata*, *C. elongata* und *C. remota* ausgewählt, die unterschiedliche Stickstoffarten darstellen.

Die Analysen der Konzentrationen verschiedener Stickstoffverbindungen der Blätter und Wurzeln der einzelner *Carex*-Arten ergeben gute Übereinstimmungen mit den Laborergebnissen (Tab. 6). Die Konzentrationen an Nitrat und Ammonium spiegeln die jahreszeitlichen Veränderungen dieser Nährstoffe im Boden wieder. In den Sommermonaten Juli/August werden bei *C. remota* die höchsten Nitratkonzentrationen in den Blättern und Wurzeln gefunden. Anfang des Jahres tritt bei dieser Art auch eine Erhöhung des Ammoniumgehaltes auf. In den übrigen Jahreszeiten ist der Ammoniumgehalt gering.

Die *Carex*-Arten der feuchten Bereiche *C. elata* und *C. elongata* speichern bedeutend weniger Nitrat im Verlauf der Vegetationsperiode als die Art der frischen Bereiche (Tab. 6). In diesen Arten werden besonders in den Frühjahrsmonaten beträchtliche Ammoniumkonzentrationen vornehmlich in den Blättern gespeichert. Bei *C. elongata* wird der Wechsel zur Nitraternährung im Juli durch den Anstieg der Nitratkonzentration in den Blättern deutlich. Sie erweist sich auch hier, wie bei den Laboruntersuchungen, als Art, die beide Nährstoffe nutzen kann.

Die Konzentrationen an Proteinen sind einem jahreszeitlichen Wechsel unterworfen. Junge Pflanzen besitzen geringere Gehalte, die im Verlauf des Jahres zunehmen. Am Ende der Vegetationsperiode kommt es zu einer Verringerung der unlöslichen Proteine bei allen Pflanzen. Ursache dürfte wohl eine Verlagerung von Stickstoffverbindungen in die unterirdischen Organe sein.

Die Konzentrationen der Wurzeln an verschiedenen Stickstoffverbindungen ergeben dagegen keine ausreichende Übereinstimmung mit Laborergebnissen. Zwar werden vergleichbare Konzentrationen an Ammonium und Nitrat bestimmt, die Konzentrationen an unlöslichen Proteinen sind am Standort geringer. Auch waren bei den Wurzelanalysen die statistischen Streuungen der Einzelwerte höher als bei den Blättern. Dies ist wohl auf methodische Schwierigkeiten bei der Erfassung repräsentativer Wurzelmen gen zurückzuführen. Da die Pflanzen, anders als im Kulturexperiment, mehr oder weniger ungehindert ein großes Bodenvolumen durchwurzeln können, treten am

Standort große Unterschiede in der Größe und dem Alter der Wurzeln auf. Ohne einen Standort, der in den meisten Fällen in einem Naturschutzgebiet liegt, völlig zu zerstören, lassen sich keine differenzierten vergleichenden Gesamtwurzelnanalysen vorlegen.

Tab. 6 Stickstoffgehalte der Blätter und Wurzeln von *Carex elata*, *Carex elongata* und *Carex remota* am natürlichen Standort eines *Carici eleongatae* - alnetum glutinosae im Verlauf der Vegetationsperiode.

	Gesamt-N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	lös1.-N	lösliche Proteine	unlösliche Proteine
CAREX ELATA						
Blätter						
Februar	19.106	- ---	1.123	0.931	9.947	7.105
Mai	19.230	- ---	0.847	- ---	4.557	13.826
Juli	21.937	0.205	0.105	- ---	4.483	17.144
August	20.287	0.120	- ---	- ---	6.175	14.093
Oktober	24.185	0.120	1.261	0.437	9.544	12.823
Wurzeln						
Februar	6.287	- ---	0.406	- ---	4.163	1.718
Mai	6.004	- ---	0.054	- ---	4.057	1.893
Juli	7.987	0.103	0.067	- ---	3.819	3.998
August	8.437	0.117	0.067	- ---	3.824	4.432
Oktober	9.240	0.054	1.135	0.138	5.437	2.476
CAREX ELONGATA						
Blätter						
Februar	29.962	0.091	1.623	1.487	12.738	14.023
Mai	25.204	0.043	0.737	0.846	11.105	12.473
Juli	20.064	0.215	0.091	0.437	7.505	11.816
August	21.068	0.187	0.171	0.415	8.750	11.545
Oktober	30.314	0.091	0.359	1.798	12.728	15.338
Wurzeln						
Februar	10.387	0.062	0.567	- ---	5.523	4.235
Mai	7.183	0.034	0.089	- ---	5.301	1.759
Juli	7.239	0.115	0.054	- ---	5.193	1.877
August	7.468	0.215	0.054	- ---	5.158	2.041
Oktober	10.571	0.127	0.745	- ---	5.481	4.218
CAREX REMOTA						
Blätter						
Februar	26.940	0.203	0.194	0.216	15.031	11.296
Mai	28.448	0.417	0.069	- ---	8.960	19.002
Juli	18.991	0.704	0.050	- ---	4.376	13.861
August	18.828	0.867	0.057	- ---	4.095	13.809
Oktober	28.746	1.641	0.057	0.319	17.391	9.338
Wurzeln						
Februar	7.056	0.011	0.479	- ---	2.480	4.095
Mai	7.797	0.123	0.089	- ---	6.239	1.435
Juli	6.811	0.819	0.017	- ---	4.301	1.674
August	6.201	0.847	0.014	- ---	4.666	0.674
Oktober	8.290	0.215	0.419	- ---	.542	3.114

## 4. Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungen stellen den Versuch dar, Beziehungen zwischen pflanzensoziologischer Gliederung, edaphischen Bedingungen und der Physiologie von *Carex*- Arten darzustellen. *Carex*-Arten sind bisher kaum ökophysiologisch untersucht worden. Ebenso fehlen stoffwechselphysiologische Untersuchungen über diese

Pflanzengattung. Ausnahme bilden die Arbeiten von ATWELL et al. (1980) sowie VEERKAMP & KUIPER 1982a, b) über die Phosphat- und Kaliumaufnahme von *Carex*-Arten oligotropher und eutropher Standorte. Dies ist um so bedauerlicher, da sie häufig pflanzensoziologisch wichtige diagnostische Arten sind. Ihre besondere Eignung für ökologische Fragestellungen ergibt sich dadurch, daß innerhalb der Gruppe verschiedene Arten unter unterschiedlichen ökologischen Bedingungen wachsen können. So werden die Faktoren naß bis trocken und mineralstoffarm bis reich von *Carex*-Arten repräsentiert.

Aus der Vielzahl der an einem Standort auftretenden Faktoren stellt der Stickstoff, in Form von Ammonium und/oder Nitrat, in Feuchtgesellschaften einen wichtigen Standortfaktor dar (ELLENBERG 1978). Stickstoff wird dabei von allen Nährstoffen aus dem Boden quantitativ am meisten aufgenommen (LEE & STEWART 1978, BAUMEISTER & ERNST 1978). Die hier untersuchten *Carex*-Arten wachsen auf sehr nassen bis hin zu frischen Standorten. Innerhalb dieser Böden ist Ammonium und Nitrat sehr unterschiedlich verteilt (JANIESCH 1981). Ähnliches gilt für Phosphat und Kalium (ATWELL et al. 1980). *Carex*-Arten der verschiedenen Standorte reagieren deutlich unterschiedlich auf eine Ernährung mit Nitrat oder Ammonium als Stickstoffquelle. Äußerlich erkennbares Zeichen dieser Reaktion ist die veränderte Stoffproduktion bei steigender Ammonium- oder Nitraternährung. In vielen Untersuchungen wird diese Reaktion vom pH-Wert der Kulturlösung abhängig gemacht. So wird bei neutraler bis alkalischer Reaktion die Ammoniumaufnahme und bei saurer die Nitrataufnahme bevorzugt (MICHAEL et al. 1966, MERKEL 1973, CLARKSON & WARNER 1979). Dieses Verhalten entspricht meist nicht den ökologischen Gegebenheiten. So tritt Ammonium häufig in armen und sauren Böden als alleinige Stickstoffquelle auf. So findet man z. B. in Bruchwäldern (JANIESCH 1978, 1980, 1981) Ammonium in größeren Mengen in sauren bis schwach sauren Böden. In den hier vorgelegten Versuchen wurde der pH-Wert entsprechend den natürlichen Verhältnissen konstant auf pH 6 gehalten.

Bei diesen Bedingungen wachsen Arten der sehr feuchten Bereiche wie *C. elata*, *C. pseudocyperus* und *C. acutiformis* besser mit Ammonium als mit Nitrat und ergeben somit eine Parallele zu den edaphischen Bedingungen an ihren natürlichen Standorten (JANIESCH 1978, 1981). *C. remota* als Kennart einer vergleichsweise trockenen Variante eines *Carici elongatae* Aletum (JANIESCH 1981) bevorzugt dagegen Nitrat als Stickstoffquelle, was in diesen Böden auch während der Sommermonate in hohen Konzentrationen auftreten kann. Ammonium führt bereits bei Konzentrationen über 5 mmol zu toxischen Reaktionen. Diese Konzentrationen können aber zu bestimmten Jahreszeiten in wassergesättigten Böden typischer Erlenbruchwälder auftreten und sind somit wohl auch Ursache für den Ausschluß dieser Art von solchen Standorten. Auf der anderen Seite führt die schlechte Ausnutzung des Nitrats durch *C. elata*, *C. acutiformis* und *C. pseudocyperus* zu einer geringeren Konkurrenzkraft an den im Verlauf des Jahres trockener werdenden Standorten. Das häufig zahlreiche Vorkommen von *C. elongata* über einen weiten Bereich mit wechselnden Bodenbedingungen innerhalb eines *Carici elongatae* Aletum hängt wohl mit der Möglichkeit zusammen, Ammonium als auch Nitrat in einen gewissen Umfang positiv zu nutzen. *C. sylvatica* weist keine so ausgeprägte Reaktion auf die N-Versorgung eines Standortes auf und macht sie so zu keiner zuverlässigen Art zur Beurteilung der Stickstoffverhältnisse eines Standortes.

Die Reaktion der *Carex*-Arten auf eine Ernährung mit Nitrat oder Ammonium weist auf eine unterschiedliche Leistungsfähigkeit einzelner Stoffwechselwege hin. CLARKSON & WARNER (1979) nehmen für Ammonium und Nitrat unterschiedliche Aufnahmemechanismen an. Es wäre denkbar, daß sich Ammonophyten und Nitrophyten bereits bei der Aufnahme unterscheiden. Bei der Nitrataufnahme spricht jedoch

dagegen, daß zum einen bei steigender Nitratversorgung auch steigende Nitratmengen in der Pflanze gefunden wurden, daß zum anderen die Nitratkonzentrationen in den Pflanzen nicht so hoch sind, daß bereits Schäden zu erwarten sind. Anders verhält es sich mit der Ammoniumaufnahme bei Nitrophyten wie *C. remota*. Steigende Ammoniumversorgung führt zu einer übermäßig starken Aufnahme bzw. Konzentration von Ammonium in den Blättern und Wurzeln. Bei Ammonophyten wie *C. elata* tritt das nicht auf. Möglicherweise fehlt Arten wie *C. remota* die Fähigkeit zu einer kontrollierten Aufnahme von Ammonium. Als wichtigstes Ergebnis sind jedoch die Unterschiede in der enzymatischen Stickstoffassimilation zu werten. Entscheidende Ursache der geringen Verwertbarkeit von Nitrat bei *C. elata*, *C. pseudocyperus* und *C. acutiformis* ist die geringe Aktivität bzw. Induzierbarkeit der Nitratreduktase. Dies hat Konsequenzen für die Stoffproduktion und die Konkurrenzkraft der Pflanzen. BLACKWOOD und HALLAN (1979) weisen in ihren Untersuchungen auf enge Beziehungen der Nitratreduktaseaktivität und der Stoffproduktion hin. Bei Untersuchungen der Nitratreduktaseaktivität halophiler Pflanzengesellschaften (STEWART et al. 1972, 1973) lassen sich ähnliche Beziehungen herleiten. Auf in ihrer Höhe unterschiedliche Aktivitäten weisen LEE & STEWART (1978) bei Arten vieler Pflanzengesellschaften hin. So werden bei Arten feuchter und saurer Standorte niedrige und bei Ruderalpflanzen hohe Nitratreduktaseaktivitäten bestimmt. Auf ökologisch relevante Unterschiede bei der Nitratreduktion von *Plantago lanceolata* und *Plantago major* weisen STULEN et al. (1981a, b) hin. Für Waldbodenarten geben HIPKIN et al. (1984) eine mittlere Aktivität von 4300 nmol NO<sub>2</sub>/2 pro Stunde und 1g Frischgewicht an, für Waldsaumarten 1300 nmol. Die *Carex*-Arten der sehr feuchten Bereiche weisen durchschnittlich niedrige, *C. remota* dagegen vergleichsweise ähnlich hohe Aktivitäten wie Ruderalpflanzen auf (HIPKIN et al. 1984). Typische Ruderalpflanzen wie *Chenopodium album* können dagegen auch mit 14000 nmol wesentlich höhere Aktivitäten aufweisen (AUSTENFELD 1972). Für *Anthriscus sylvestris* aus nitrophilen Säumen gibt JANIESCH (1973) ähnlich hohe Aktivitäten an. Hierbei kann die potentielle Aktivität der Nitratreduktase bei diesen Nitrophyten aus Saumgesellschaften ebenfalls als Indikator für einen Standortfaktor angesehen werden. Ob die fehlende Aktivität in den Blättern und Wurzeln auf mangelnde Bildung oder Hemmung des Enzyms zurückzuführen ist, läßt sich mit den hier angewandten Methoden nicht klären. WEISSMANN (1972) konnte zeigen, daß die Nitratreduktase durch Ammonium gehemmt wurde. Der vergleichsweise hohe Ammoniumgehalt der nitraternährten Ammonophyten *C. elata* macht eine solche Reaktion möglich. Eine Anhäufung von Nitrit konnte in den Blättern und Wurzeln nicht nachgewiesen werden, so daß eine Beeinträchtigung der Nitritreduktion nicht denkbar ist.

Neben der enzymatischen Reaktion der Pflanzen, die im Gelände schwierig zu bestimmen ist, läßt sich die ökologische Bedeutung einer Ammonium- oder Nitrater-nährung auch mittels der Proteinbilanz einer Art nachweisen (Tab. 7).

So haben die Untersuchungen ergeben, daß der Ammonophyt *C. elata* bei 2.5 mmol Ammonium eine maximale Proteinproduktion erreicht. Dabei wird in der ganzen Pflanze etwa die dreifache Menge Protein produziert wie bei der gleichen Nitrater-nährung. Noch deutlicher ist dies in den Wurzeln zu erkennen. In diesem Organ wird bei Ammoniumernährung 25 mal mehr Protein produziert als bei Nitrater-nährung. Damit ist eindeutig geklärt, daß *C. elata* Stickstoff in Form von Ammonium bevorzugt.

Ähnliche Beziehungen lassen sich auch bei Nitrophyten wie *C. remota* herleiten. (Tab. 8). Die von der Pflanze gebildete Proteinmenge ist bei Nitrater-nährung wesentlich höher als bei Ammoniumernährung. Bei einem Angebot von 5 mmol Nitrat wird in den Blättern das fünffache gegenüber einer Ernährung mit Ammonium erreicht. Auch hier sind die Unterschiede in den Wurzeln noch größer.

Damit eignet sich diese Methode der Proteinbilanz einer ganzen Pflanze sehr gut zur Klärung der Stickstoffansprüche. Die Einteilung nach punktuellen Mineralstoffanalysen (DUVIGNEAUD & DENAEYER-DE SMET 1962, HÖHNE 1978) kann, wie die Stickstoffanalysen dieser Untersuchung gezeigt haben, leicht zu Fehlinterpretationen führen. Gesamtanalysen von Mineralstoffen sind demnach kein geeignetes Mittel der Beurteilung von Standortfaktoren von Pflanzengesellschaften, zumindest nicht in Bezug auf den Stickstoff.

Tab. 7 Gehalte der Blätter und Wurzeln von *Carex elata* an löslichen- und unlöslichen Proteinen bei steigender Ammonium- oder Nitratversorgung bezogen auf die Biomasse einer ganzen Pflanze. (Kulturdauer 4 Wochen mit 12 Wochen alten Pflanzen in einer Wasserkultur)

N-Angebot in mmol	Ammonium			Nitrat		
	Protein mg pro			Pflanzenorgan		
	lös1.	unlös1.	Gesamt	lös1.	unlös1.	Gesamt
	Blätter					
0.5	19.899	16.095	35.994	9.447	3.651	13.098
1.0	42.356	37.276	79.632	18.616	11.865	30.481
2.5	41.603	51.197	92.800	21.003	10.478	31.481
5.0	24.479	36.399	60.664	7.282	3.386	10.668
10.0	16.479	21.397	37.876	1.888	0.422	2.310
	Wurzeln					
0.5	2.073	10.473	12.546	7.738	1.984	9.722
1.0	2.564	17.627	20.191	4.967	1.715	6.682
2.5	3.210	26.997	30.207	2.522	1.127	3.649
5.0	3.879	41.435	45.314	1.167	0.604	1.771
10.0	1.939	17.766	19.705	0.411	0.297	0.700

Die hier vorliegenden Ergebnisse ergeben deutliche Parallelen zwischen der Stoffproduktion der Proteinbildung und der Aktivität der Nitratreduktase. *C. pseudocyperus*, *C. elata* und *C. acutiformis* sind entsprechend den edaphischen Bedingungen in ihrem Stoffwechsel auf eine bevorzugte Assimilation von Ammonium eingestellt. *C. remota*

Tab. 8 Gehalte der Blätter und Wurzeln von *Carex remota* an löslichen- und unlöslichen Proteinen bei steigender Ammonium- oder Nitratversorgung bezogen auf die Biomasse einer ganzen Pflanze. (Kulturdauer 4 Wochen mit 12 Wochen alten Pflanzen in einer Wasserkultur)

N-Angebot in mmol	Ammonium			Nitrat		
	Protein mg pro			Pflanzenorgan		
	lös1.	unlös1.	Gesamt	lös1.	unlös1.	Gesamt
	Blätter					
0.5	4.404	5.040	9.444	3.605	12.486	16.091
1.0	10.540	12.210	22.750	6.941	32.679	39.620
2.5	10.574	12.727	23.301	9.951	62.508	72.459
5.0	6.522	9.006	15.528	14.969	74.853	89.822
10.0	alle Pflanzen abgestorben			11.969	36.660	48.629
	Wurzeln					
0.5	0.686	1.425	2.111	9.297	16.267	25.564
1.0	1.599	4.441	6.040	4.934	23.322	28.256
2.5	0.962	2.232	3.194	4.816	41.622	46.438
5.0	0.202	0.219	0.421	3.172	32.162	35.334
10.0	alle Pflanzen abgestorben			1.856	23.707	25.563

hingegen besitzt einen Stoffwechsel, der nur bei Nitraternahrung über eine ausreichende Nitratreduktaseaktivität als Ausgangsbasis zur Bildung von Proteinen verfügt. Eine

ausreichende und zügige Assimilation der verschiedenen Stickstoffquellen ist aber eine Voraussetzung für eine optimale Stoffproduktion und somit eine ausreichende Konkurrenzkraft an den einzelnen Standorten der *Carex*-Arten. Neben der Höhe der Stickstoffversorgung ist für die Verbreitung einzelner Arten auch die Stickstoffform (Ammonium und/oder Nitrat) von ausschlaggebender Bedeutung.

## 5. Literatur

- ATWELL, B. J., M. T. VEERKAMP, C. E. E. STUIVER & P. J. C. KUIPER (1980): The uptake of phosphate by *Carex* species from oligotroph to eutrophic swamp habitats. – *Physiol. plant.* **49**: 487-494.
- AUSTENFELD, F.-A. (1972): Untersuchungen zur Physiologie der Nitratspeicherung und Nitratassimilation von *Chenopodium album* L. – *Z. Pflanzenphysiol.* **67**: 271-281.
- BAUMEISTER, W. & W. ERNST (1978): Mineralstoffe und Pflanzenwachstum. – G. Fischer, Stuttgart, New York.
- BLACKWOOD, G. & C. R. HALLAN (1979): Nitrate reductase activity in wheat (*Triticum aestivum*). II. The correlation with yield. – *New Phytol.* **82**: 417-425.
- CLARKSON, D. T. & A. J. WARNER (1979): Relationship between root temperature and the transport of ammonium and nitrate ions by Italian and perennial ryegrass (*Lolium multiflorum* and *Lolium perenne*). – *Plant physiol.* **64**: 557-561.
- DUVIGNEAUD, P. & S. DENAEYER-DE SMET (1962): Distribution de certains éléments minéraux (K, Ca et N) dans les tapis végétaux naturels. – *Bull. Soc. frans. physiol. végét.* **8**: 96-103.
- ELLENBERG, H. (1977): Stickstoff als Standortfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzengesellschaften. – *Oecol. Plant* **12**: 1-22.
- HIPKIN, C., R. A. AL. GHARBI & K. P. ROBERTSON (1984): Studies on nitrate reductase in british angiosperm II. Variation in nitrate reductase activity in natural populations. – *New phytol.* **97**: 641-652.
- HÖHNE, H. (1978): Untersuchungen über Mineralstoff- und Stickstoffgehalt der Flora in einem Waldbestand auf Serpentin im sächsischen Grannulitgebirge, 167, 177-196.
- JANIESCH, P. (1973a): Beitrag zur Physiologie der Nitrophyten. Nitratspeicherung und Nitratassimilation bei *Anthriscus sylvestris*. Hoffm. – *Flora* **162**: 479-491.
- ,– (1973b): Ökophysiologische Untersuchungen an Umbelliferen nitrophiler Säume. – *Oecol. plant.* **8**: 335-352.
- ,– (1978): Ökophysiologische Untersuchungen von Erlenbruchwäldern. I. Die edaphischen Faktoren. – *Oecol. plant.* **13**: 43-57.
- ,– (1980): Standortfaktoren in Quell-Erlenwäldern und pflanzensoziologische Gliederung. – Intern. Sympos. Epharmonie. Rinteln 1978. Cramer, Vaduz.
- ,– (1981): Ökophysiologische Untersuchungen an *Carex*-Arten aus Erlenbruchwäldern. – Habilitationsschr. FB Biologie. Münster.
- LEE, J. A. & G. R. STEWART (1978): Ecological aspects of nitrogen assimilation. – *Advanc. in bot. res.* **6**: 1-43.
- MERKEL, D. (1973): Der Einfluß des NO<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>-Verhältnisses in der Nährlösung auf Ertrag und Gehalte an organischen und anorganischen Ionen von Tomatenpflanzen. – *Z. Pflanzenern. Bodenkd.* **134**: 236-245.
- MICHAEL, G., H. SCHUMACHER & H. MARSCHNER (1966): Aufnahme von Ammonium- und Nitratstickstoff aus markiertem Ammoniumnitrat und deren Verteilung in der Pflanze. – *Z. Pflanzenern., Düng. Bodenkd.* **110**: 225-238.
- MIFLIN, B. J. & P. J. LEA (1976): The pathway of nitrogen assimilation in higher plants. – *Phytochem.* **15**: 873-885.
- STEWART, G. R., J. A. LEE & T. O. OREBAMJO (1972): Nitrogen metabolism of halophytes. I. Nitrate reductase activity in *Suaeda maritima*. – *New Phytol.* **71**: 263-267.
- STEWART, G. R., J. A. LEE & T. O. OREBAMJO (1973): Nitrogen metabolism of halophytes. II. Nitrate availability and utilisation. – *New Phytol.* **72**: 539-546.
- STULEN, I. (1970): Interference of NADH with the reaction on nitrite in nitrate reductase estimation. – *Acta bot. Neerl.* **19**: 425-430.

- STULEN, I., L. LANTING, H. LAMBERS, F. POSTHUMUS, S. J. VAN DE DIJK & R. HOFSTRA (1981): Nitrogen metabolism of *Plantago lanceolata* as dependent on the supply of mineral nutrients. - *Physiol. Plant.* **51**: 93-98.
- STULEN, I., L. LANTING, H. LAMBERS, F. POSTHUMUS, S. J. VAN DE DIJK & R. HOFSTRA (1980): Nitrogen metabolism of *Plantago major* ssp. *major* as dependent on the supply of mineral nutrients. - *Physiol. plant.* **52**: 108-114.
- VEERKAMP, M. T. & P. J. C. KUIPER (1982a): The uptake of potassium by *Carex* species from swamp habitats varying from oligotrophic to eutrophic. - *Physiol. plant.* **55**: 237-241.
- VEERKAMP, M. T. & P. J. C. KUIPER (1982b): The effect of potassium on growth of *Carex* species from swamp habitats varying from oligotrophic to eutrophic; and comparison of physiological reactions of *Carex* to P stress and K stress. - *Physiol. plant.* **55**: 242-246.
- WEISMANN, G. S. (1972): Influence of ammonium and nitrate nutrition on pyridine and adenine nucleotides of soybeans and sunflower. - *Plant physiol.* **49**: 142-145.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Peter Janiesch, FB 7 Biologie, Abt. Physiologische Ökologie, Universität Oldenburg, Postfach 25 03, D-2900 Oldenburg.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen aus dem Westfälischen Provinzial-Museum für Naturkunde](#)

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: [48\\_2-3\\_1986](#)

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

Artikel/Article: [Bedeutung einer Ernährung von Carex-Arten mit Ammonium oder Nitrat für deren Vorkommen in Feuchtgesellschaften 341-354](#)