

Reaktionen charakteristischer Flußauengräser auf verschiedene Stressoren in Abhängigkeit von der Streßinduktion

Axel Gzik

Synopsis

Reactions of characteristic floodplain grasses on different stressors in dependence on stress induction.

Short-term or shock responses versus long-term adaptation of intact floodplain plants to water-limiting conditions were studied in pot experiments. An abrupt induction of moderate stress initiated a rapid accumulation of proline in high rates, an increase of α -amino nitrogen level and a substantial reduction of photosynthetic rate while a gradual increase of stress intensity over a long period resulted in a stabilisation and normalisation of proline level, although growth parameters were considerable inhibited especially under drought stress conditions. But the α -amino nitrogen content remained enhanced during the whole vegetation period. Differences in stress reactions of investigated plant species on several stressors were discussed.

Agrostis stolonifera, *Carex gracilis*, *Phalaris arundinacea*, Streßinduktion, α -Aminostickstoffgehalt, Prolin, Photosynthese, Trockenstreß, osmotischer Streß, Salzstreß, Polyethylenglycol

Agrostis stolonifera, *Carex gracilis*, *Phalaris arundinacea*, stress induction, α -amino nitrogen content, proline, photosynthesis, drought stress, osmotic stress, salt stress, polyethylene glycol

1 Einleitung

Als Feuchtgebiet internationaler Bedeutung (RAMSAR-Konvention) zählt die Untere Havelaue mit ihrer reichhaltigen Naturlandschaft zu den besonders schutzwürdigen Flußauen Mitteleuropas. Die Zunahme von Trockenperioden im Rahmen des prognostizierten Klimawandels (GERSTENGARBE & WERNER 1996), verbunden mit einer verringerten Wasserverfügbarkeit während der Hauptvegetationsperiode (BECKER & al. 1996), stellen auf längere Sicht eine Gefährdung dieser sensiblen Biotope dar.

Zur Erarbeitung von Empfehlungen für ein wissenschaftlich begründetes Management der Unteren

Havelaue wurden Untersuchungen zum Reaktionspotential der z.T. kleinräumig dominanten Flußauengräser *Agrostis stolonifera* (weißes Straußgras), *Phalaris arundinacea* (Rohrglanzgras) und *Carex gracilis* (schlanke Segge) auf Belastungen des Wasserhaushaltes durchgeführt. In Gefäßversuchen unter kontrollierten Bedingungen reagierten die Pflanzen auf eine plötzliche Verringerung der Wasserverfügbarkeit (Schockbehandlung) mit einer starken Akkumulation von Prolin, einer Erhöhung im α -Aminostickstoffgehalt und mit der Hemmung der Photosynthese (GZIK, im Druck). Vergleichbare Beeinflussungen des Stoffwechsels sind für verschiedene Pflanzenarten beschrieben worden (LEVY 1983, RHODES 1987, GZIK 1996).

Durch Langzeituntersuchungen mit allmählich ansteigender Streßstärke, was bei Trockenperioden eher die Regel ist, sollte geklärt werden, ob die Pflanzen in gleicher Weise in den genannten Stoffwechselparametern reagieren oder ob, wie von LEONE & al. (1994) an Zellkulturen von Kartoffeln gezeigt werden konnte, bei ausreichender Adaptationszeit andere Strategien der Streßbewältigung realisiert werden.

2 Material und Methoden

2.3 Pflanzenanzucht und Streßapplikation

Versuchsreihe A: schnelle (plötzliche) Streßinduktion

Jungpflanzen von *Agrostis stolonifera* und *Phalaris arundinacea* wurden in Quarzkies (Korngröße 0,6 bis 1,2 mm) unter Zusatz von Vollnährlösung (Wopil, 2 g l⁻¹) über 3 Wochen im Gewächshaus kultiviert. Die plötzliche Streßinduktion erfolgte nach Adaptation der Pflanzen an die Bedingungen in der Klimakammer (16h Licht, 240 μ mol Photonen m⁻² s⁻¹, 22°C, 60% relative Luftfeuchtigkeit und 8h Dunkelheit, 18°C, 80% relative Luftfeuchtigkeit) über die Rhizosphäre, indem die Vollnährlösung durch Nährlösung mit definierten Mengen an Polyethylenglycol 6000 (= osmotischer Streß) oder NaCl (= Salzstreß) ersetzt bzw. nicht mehr ergänzt wurde, so daß das Substrat schnell austrocknete (Trockenstreß). Bei den Kontrollen wurde der Stand der Nährlösung auf einer

Höhe von 5 cm unterhalb der Substratoberfläche einreguliert. Die Segge *Carex gracilis*, die wie die beiden o.g. Süßgräser in Flutmulden und an Altgewässern dominierende Bestände ausbildet, konnte nicht in diese Untersuchungen einbezogen werden, da aus der vegetativen Vermehrung zur Applikationszeit keine Jungpflanzen zur Verfügung standen.

Versuchsreihe B: langsame Streßinduktion

Für die Untersuchungen bei allmählich ansteigender Streßstärke wurden pro Versuchsgefäß je 8 Jungpflanzen von *Agrostis stolonifera*, *Phalaris arundinacea* und *Carex gracilis* in einer Freilandanlage unter Zusatz von Vollnährlösung (Polycrescal, 3g l⁻¹) kultiviert. Als Substrate wurden in der Serie (1) Boden einer Feuchtwiese, in den Serien (2) und (3) Quarzkies (Korngröße 0,6 bis 1,2 mm) verwendet. Die Versuchsanlage war mit Folie überspannt, um Störungen der Experimente durch Niederschläge zu vermeiden. Bei den Kontrollen wurde der Stand der Nährlösung wie bei der Versuchsreihe A auf einer Höhe von 5 cm unterhalb der Substratoberfläche einreguliert. Die Streßapplikation war in den Serien (1) und (2) identisch. Bei der Serie (3) wurde die doppelte Streßstärke induziert.

Die Belastung des Wasserhaushaltes erfolgte wöchentlich durch

1. langsames Absenken des Wasserstandes (unvollständiger Ausgleich der Evapotranspiration),
2. Applikation von NaCl (in Vollnährlösung),
3. Applikation von PEG (in Vollnährlösung).

Mit Hilfe von Umwälzpumpen wurde eine schnelle Durchmischung der höher konzentrierten Applikationslösungen mit den Restflüssigkeiten in der Rhizosphäre gesichert. Nach 8 Wochen lag das Wasserpotential der Applikationslösungen in der Serie (3) beim PEG-Streß bei -0,5 MPa, beim Salzstreß bei -1,0 MPa.

2.2 Wachstumsmessungen und Probennahme

Die Sproßlängen und die Anzahl der Sprosse je Pflanzenhorst wurden unmittelbar vor der Streßapplikation, danach wöchentlich und ab der 6. Woche in größeren Zeitabständen bestimmt. Gleichzeitig wurde eine Zustandsbeschreibung der Pflanzenbestände vorgenommen (Färbung der Blätter, Welkeerscheinungen, Vertrocknung von Blättern und einzelnen Sprossen, Schädlingsbefall).

In festgelegten zeitlichen Intervallen wurde die Photosyntheserate an den intakten Pflanzen gemessen und Blattmaterial für die Bestimmung von Stoffwechselparametern entnommen.

2.3 Aufarbeitung der Proben

Zur Extraktion der löslichen Aminosäuren wurde das Pflanzenmaterial mit 3%-iger Sulfosalizylsäure im gekühlten Mörser (-18°C) unter Zusatz von Quarzsand homogenisiert. Nach Zentrifugation der Homogenate (30 min bei 10000xg und 0°C) wurden die klaren Überstände für die quantitativen Prolinbestimmungen verwendet. Ein Teil der Extrakte wurde zur späteren Analyse des Aminosäuremusters bei -80°C eingefroren. Die Probenaufarbeitung zur Ermittlung des Gesamtgehaltes an α -Aminostickstoff wurde in gleicher Weise durchgeführt. Als Extraktionsmittel verwendeten wir jedoch anstelle von Sulfosalizylsäure einen 0,05M Phosphatpuffer (pH 6,0).

2.4 Prolinbestimmung

Der Prolingehalt wurde in Anlehnung an die Methode von BATES et al. (1973) bestimmt. Dabei handelt es sich um eine modifizierte Ninhydrinreaktion, die durch die löslichen primären Aminosäuren nur in geringem Maße (Fehler < 2%) gestört wird. Diese quantitative Prolinbestimmung ist einfach durchzuführen, zuverlässig und kostengünstig, so daß sie für ein umfangreiches Screening auf Streßbelastungen bei verschiedenen Pflanzenarten im Biotop eingesetzt werden kann.

2.5 Bestimmung des α -Aminostickstoffs

Die von uns modifizierte Methode nach NEHRING & HOCK (1971) beruht auf der Reaktion der freien Aminogruppen mit 1,2-Naphthochinon-4-sulfonsäure unter nucleophiler Substitution der Sulfonsäuregruppe. Beim Übergang der o-chinoiden in die p-chinoide Struktur ändern sich die Absorptionseigenschaften (Farbwechsel von gelborange nach braunrot), so daß der Gehalt an primären Aminosäuren kolorimetrisch ermittelt werden kann.

2.6 Photosynthese

Die Photosyntheseraten wurden in der Klimakammer und im Freiland mit dem tragbaren Photosynthese- und Transpirationsmeßplatz LCA 4 der Firma ADC (Analytical Development Company, U.K.) bei einer PAR-Intensität von 600 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ bestimmt. Die relative Luftfeuchtigkeit betrug in der Blattkammer $60 \pm 3\%$. Die Blattoberflächentemperaturen lagen bei den Arbeiten in der Klimakammer zwischen 25°C und 28°C, während sie bei den Freilandversuchen in Abhängigkeit von der Lufttemperatur zwischen 22°C und 34°C variierten.

3 Ergebnisse

3.1 Reaktionen bei schneller Streßinduktion

Nach Applikation von Polyethylenglycol 6000, das nach HOHL & SCHOPFER (1991) in der Rhizosphäre osmotischen Streß auslöst, aber nicht in den Symplasten der Wurzeln eindringt, steigt der Prolingehalt bei *Agrostis stolonifera* und bei *Phalaris arundinacea* in den Blättern in Abhängigkeit von der Streßstärke (−0,6 MPa = milder Streß, −1,2 MPa = mäßiger Streß) und der Streßdauer stark an (Abb. 1). *Agrostis stolonifera* reagierte bei diesem Stoffwechselfparameter etwas empfindlicher als *Phalaris arundinacea*.

Der Gehalt an α-Aminostickstoff erhöhte sich unter gleichen experimentellen Bedingungen ebenfalls in Abhängigkeit von der Streßstärke und der Streßdauer, aber bei weitem nicht in so starkem Maße wie der Prolinspiegel (Abb. 2). Die Unterschiede in der Reaktion der beiden untersuchten Pflanzenarten waren gering.

Die Photosyntheserate war bei den PEG-behandelten Pflanzen sehr stark verringert (Abb. 3). Die Gaswechselbilanz ging bei beiden Pflanzenarten zu Versuchsende bei moderatem Streß gegen Null. *Agrostis stolonifera* reagierte auch hier etwas empfindlicher als *Phalaris arundinacea*. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch bei Trocken- und bei Salzstreß beobachtet (GZIK, im Druck).

3.2 Reaktionen bei langsamer Streßinduktion

Das Sproßlängenwachstum und das Austreiben von Achselknospen waren innerhalb der Serien 1 bis 3 (s.o.) mit steigender Streßstärke zunehmend gehemmt. *Agrostis stolonifera* und *Phalaris arundinacea* reagierten auf die Stressoren deutlich empfindlicher als *Carex gracilis*. In der Tab. 1 sind die Ergebnisse zum Sproßwachstum aus der stärksten Belastung (Serie 3) für die drei Arten vergleichend dargestellt. Während der ersten 6 Wochen der Streßeinwirkung waren die Sproßlängen bei *Agrostis stolonifera* und bei *Phalaris arundinacea* z.T. stark gehemmt. Nach 9 Wochen beobachteten wir bei beiden Arten trotz weiter ansteigender Streßstärke ein beschleunigtes Längenwachstum bei den gestreßten Pflanzen, so daß der Wachstumsrückstand zu den Kontrollen verringert wurde. Im Gegensatz dazu wurde bei *Carex gracilis* bei allen 3 Stressoren bis zur Meßwertbestimmung nach 6 Wochen eine Wachstumsförderung beobachtet. Erst danach wirkte sich die zunehmende Belastung hemmend auf das Wachstum aus.

Das Austreiben von Achselknospen (Tab. 2) blieb jedoch bei Trockenstreß während der gesamten Versuchsdauer bei allen 3 Arten stark gehemmt. Während *Phalaris arundinacea* auch bei Salzbelastung und bei osmotischem Stress eine verringerte Anzahl an Sprossen aufwies, lagen die Werte für

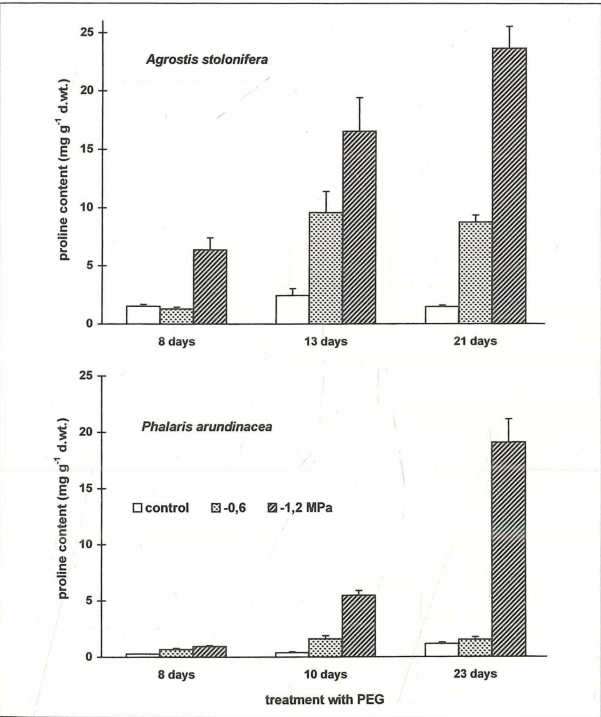


Abb. 1
Prolinakkumulation in Blättern von *Agrostis stolonifera* und *Phalaris arundinacea* nach plötzlicher Streßeinwirkung. Die Pflanzen wurden auf Quarzkies kultiviert. Zur Induktion von osmotischem Streß wurde zu Versuchsbeginn die Nährlösung durch PEG-haltige Nährlösungen ersetzt (Versuchsbedingungen: 16h Licht, 240 µmol Photonen m⁻² s⁻¹, 22°C, 60% relative Luftfeuchtigkeit und 8h Dunkelheit, 18°C, 80% relative Luftfeuchtigkeit. Statistik: Standardabweichung bei n = 6).

Fig. 1
Proline accumulation in leaves of *Agrostis stolonifera* and *Phalaris arundinacea* after abrupt stress induction. Plants were cultivated on fine gravel. At the onset of treatment, nutrient solutions were replaced by PEG-added solutions (experimental conditions: 16hrs. light, photon fluence of 240 µmol m⁻² s⁻¹, 22°C, 60% relative humidity and 8hrs. darkness, 18°C, 80% relative humidity. Statistics: standard deviation at n = 6).

Abb. 2
Wirkung von osmotischem Streß auf den α -Aminostickstoffgehalt in Blättern von *Agrostis stolonifera* und *Phalaris arundinacea* (Versuchsbedingungen und Statistik s. Abb. 1).

Fig. 2
Effect of osmotic stress on α -amino nitrogen content in leaves of *Agrostis stolonifera* and *Phalaris arundinacea* (experimental conditions and statistics as described in Fig. 1).

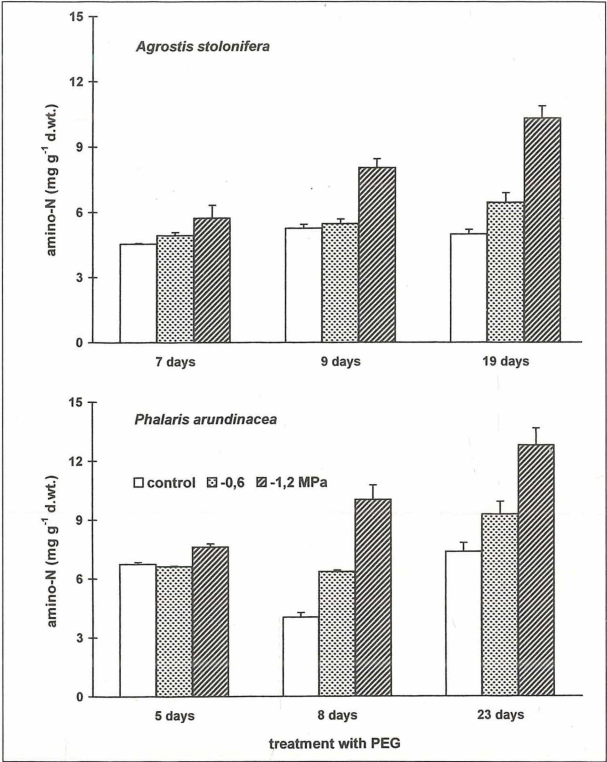
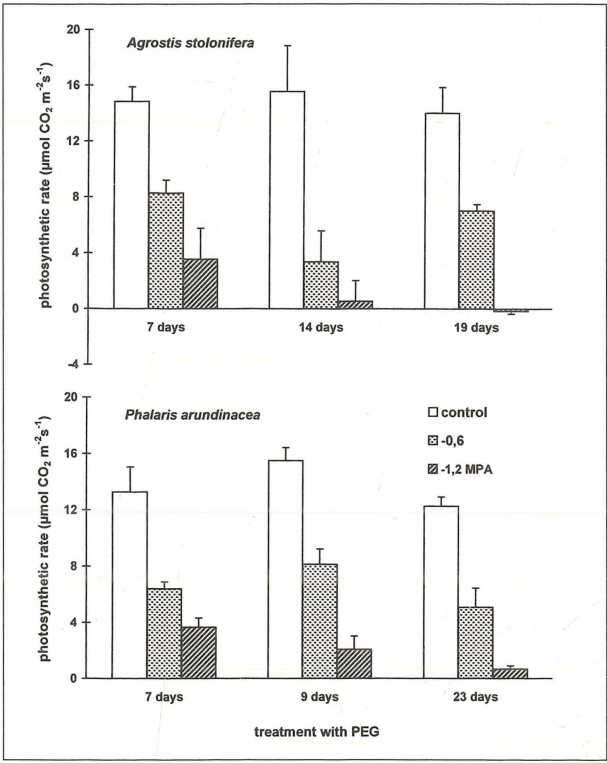


Abb. 3
Hemmung der Photosyntheseaktivität intakter Pflanzen von *Agrostis stolonifera* und *Phalaris arundinacea* durch osmotischen Streß (Versuchsbedingungen wie bei Abb. 1, Statistik: $n = 15$).

Fig. 3
Inhibition of photosynthetic activity of intact plants of *Agrostis stolonifera* and *Phalaris arundinacea* by osmotic stress (experimental conditions as described in Fig. 1, statistics: standard deviation at $n = 15$).



Tab. 1

Wirkung verschiedener Stressoren (Trockenstreß, Salzstreß, osmotischer Streß) auf das Längenwachstum der Sprosse von *Agrostis stolonifera*, *Phalaris arundinacea* und *Carex gracilis* (Serie 3: Pflanzen auf Quarzkies in überdachter Gefäßversuchsanlage unter Freilandbedingungen bei allmählich ansteigender Streßstärke, Mai bis Juli. Statistik: Standardabweichung bei n = 8).

Table 1

Effect of different stress conditions (drought stress, salt stress, osmotic stress) on shoot growth of *Agrostis stolonifera*, *Phalaris arundinacea* and *Carex gracilis* (Series 3: plants were cultivated on gravel in roofed pots under field conditions with increasing stress strength, May to July. Statistics: standard deviation at n = 8).

treatment		shoot length (mm)			
weeks		2	4	6	9
<i>Agrostis stolonifera</i>					
control		240 ± 45	360 ± 59	579 ± 109	631 ± 169
drought		249 ± 50	315 ± 73	398 ± 73	641 ± 182
NaCl		215 ± 67	363 ± 122	353 ± 79	576 ± 157
PEG		236 ± 34	291 ± 63	363 ± 64	591 ± 87
<i>Phalaris arundinacea</i>					
control		530 ± 104	611 ± 106	790 ± 131	1078 ± 144
drought		480 ± 63	569 ± 57	623 ± 88	915 ± 69
NaCl		494 ± 80	530 ± 144	640 ± 96	905 ± 95
PEG		440 ± 53	503 ± 43	568 ± 94	878 ± 160
<i>Carex gracilis</i>					
control		508 ± 81	535 ± 83	575 ± 59	601 ± 150
drought		515 ± 114	574 ± 125	623 ± 94	650 ± 131
NaCl		559 ± 46	588 ± 45	584 ± 63	465 ± 85
PEG		546 ± 78	588 ± 60	576 ± 77	536 ± 97

Tab. 2

Wirkung verschiedener Stressoren (Trockenstreß, Salzstreß, osmotischer Streß) auf das Austreiben der Sprosse bei *Agrostis stolonifera*, *Phalaris arundinacea* und *Carex gracilis* (Versuchsbedingungen und Statistik s. Tab. 1)

Tab. 2

Effect of different stress conditions (drought stress, salt stress, osmotic stress) on initiation and development of shoots (shoot number per plant) of *Agrostis stolonifera*, *Phalaris arundinacea* and *Carex gracilis* (Experimental conditions and statistics as described in Tab. 1).

treatment		shoot number			
weeks		2	4	6	9
<i>Agrostis stolonifera</i>					
control		6,0 ± 1,41	19,4 ± 6,28	34,4 ± 13,14	36,3 ± 34,57
drought		5,5 ± 2,33	9,9 ± 4,64	16,5 ± 6,68	15,5 ± 6,37
NaCl		7,1 ± 2,10	18,6 ± 3,66	30,6 ± 7,96	32,6 ± 18,36
PEG		8,1 ± 2,36	20,6 ± 9,86	39,3 ± 21,22	36,9 ± 27,57
<i>Phalaris arundinacea</i>					
control		5,1 ± 1,13	13,0 ± 3,74	21,5 ± 4,81	22,3 ± 7,23
drought		4,0 ± 1,41	5,8 ± 1,58	6,0 ± 2,00	5,6 ± 2,77
NaCl		4,3 ± 1,75	9,4 ± 2,83	17,3 ± 3,62	16,8 ± 4,40
PEG		4,9 ± 1,55	8,8 ± 2,92	17,5 ± 3,30	14,1 ± 2,10
<i>Carex gracilis</i>					
control		1,4 ± 0,74	3,5 ± 1,20	4,5 ± 1,20	4,8 ± 1,28
drought		1,1 ± 0,35	2,3 ± 1,16	3,9 ± 0,83	3,6 ± 0,74
NaCl		1,6 ± 0,74	2,9 ± 1,81	5,4 ± 1,77	3,5 ± 1,69
PEG		1,5 ± 0,76	3,0 ± 1,31	5,6 ± 1,19	4,6 ± 1,30

Agrostis stolonifera bei diesen Stressoren in der Nähe der Kontrollen. Bei *Carex gracilis* deutet sich bei Salzbelastung nach Langzeitbehandlung ebenfalls eine Hemmung des Austreibens neuer Sprosse an. Die Werte sind jedoch auf Grund der vergleichsweise geringen Austriebsintensität bei dieser Art wenig aussagekräftig.

Der Prolingehalt der Blätter von *Agrostis stolonifera* war bei osmotischem und bei Salzstreß in allen drei Versuchsserien erhöht (Abb. 4). Im natürlichen Substrat (Serie 1) fielen die Werte in den Blättern streßbehandelter Pflanzen mit zunehmender Streßdauer trotz steigender Streßstärke auf die Kontrollwerte ab. Auch bei der Kultivierung der Pflanzen auf Quarzkies (Serie 2) wurde trotz steigender Streßstärke eine Stabilisierung des Prolinspiegels auf erhöhtem Niveau beobachtet. Nur bei der stärksten Belastung (Serie 3) fanden wir nach Applikation von PEG vergleichbar hohe Akkumulationsraten für Prolin wie bei plötzlicher Belastung (unterschiedliche Skalierung der Ordinate beachten). Überraschend war der Befund, daß bei Trockenheit, bei der das Wachstum wesentlich stärker gehemmt war als bei den beiden anderen Stressoren (Tab. 1), praktisch keine Erhöhung des Prolingehaltes erfolgte.

Der Vergleich der Daten von *Agrostis stolonifera* (Abb. 4) mit den beiden anderen untersuchten Arten zeigte bei stärkster Belastung (Serie 3), daß das weiße Straußgras am empfindlichsten, die schlanke Segge hingegen nur relativ schwach auf die Stressoren reagierte (Abb. 5). Der Gehalt der Blätter an freiem Prolin blieb bei *Carex gracilis* auch unter Streßbedingungen sehr niedrig. Bei *Phalaris arundinacea* verursachte Salzstreß und etwas später auch osmotischer Streß wie bei *Agrostis stolonifera* signifikante Erhöhungen des Prolinspiegels. Die Werte näherten sich jedoch mit zunehmender Versuchsdauer wieder den Kontrollen an. Eine so dramatische Prolinakkumulation wie beim osmotisch-gestreßten weißen Straußgras (Abb. 4, Serie 3) wurde jedoch nicht beobachtet.

Der α -Aminostickstoffgehalt der Blätter war auch nach Langzeitbelastung (10 Wochen) nahezu bei allen Proben erhöht (Abb. 6). Nach osmotischem Streß wurden besonders hohe Werte gemessen. Auffallend war, daß wiederum beim stark wachstumshemmenden Trockenstreß nur sehr geringe Erhöhungen in diesem Parameter beobachtet wurden. *Carex gracilis* zeigte auch hier eine deutlich schwächere Reaktion als die beiden anderen Arten. Die Photosyntheseraten der streßbehandelten Pflanzen lagen während der Langzeitbehandlung mit langsam ansteigender Streßstärke überwiegend unter den Werten der Kontrollen. Die Hemmung war jedoch bei allen drei Pflanzenarten wesentlich geringer als bei plötzlichem Streß.

4 Diskussion

Die Modelluntersuchungen mit Polyethylenglycol 6000 haben gezeigt, daß in den Blättern bei Belastungen des Wasserhaushalts verschiedene Stoffwechselparameter in z.T. beträchtlichem Maße verändert werden. Die starke Prolinakkumulation (Abb. 1), die nach DELAUNEY & VERMA (1993) durch Entkopplung der Feedback-Inhibition unter Streßbedingungen ausgelöst wird, dürfte sowohl für die Speicherung freigesetzten reduzierten Stickstoffs als auch für den Schutz von Makromolekülen und zur Stabilisierung des Turgors bedeutsam sein (SHEVYAKOVA 1983, RHODES 1987, YOSHIBA et al., 1997).

Der dramatische Rückgang der Photosyntheserate (Abb. 3) bei angespanntem Wasserhaushalt muß relativ schnell durch Verknappung der Atmungssubstrate zur Beeinträchtigung des Energiestatus der Zellen führen. Der Anstieg im Gehalt an α -Aminostickstoff weist auf eine streßinduzierte Proteinhydrolyse als frühzeitig auftretende Streßreaktion hin (vgl. TULLY & al. 1979). Ein Teil der freigesetzten Aminosäuren wird wahrscheinlich desaminiert und veratmet, um den erhöhten Energiebedarf zur Streßabwehr bei gleichzeitig gehemmter Photosynthese decken zu können. Die Anreicherung an freien Aminosäuren dürfte vergleichbar dem Prolin (s.o.) zur Stabilisierung des Turgors und zum Schutz von Makromolekülen beitragen. Eigene Untersuchungen zum Aminosäuremuster der Blätter verschiedener Spezies unter Belastungssituationen haben gezeigt, daß besonders die basischen Aminosäuren und die Säureamide Asparagin und Glutamin unter Streßbedingungen akkumuliert werden (Gzik, unveröff.), was wiederum auf die Notwendigkeit der Refixierung freigesetzten reduzierten Stickstoffs hinweist (RAMANJULU & SUDHAKAR 1997).

Die geringeren Veränderungen in den untersuchten Stoffwechselparametern bei nur allmählich zunehmender Streßstärke (Versuchsreihe B) weisen auf Adaptationsreaktionen der Pflanzen hin, die möglicherweise weniger kostenaufwendig sind als die Veränderungen im Aminosäure-/Proteinstoffwechsel bei schneller Streßinduktion. Die Angleichung der unter Salz- und osmotischem Streß zunächst erhöhten Prolinwerte an die Kontrollen bei steigender Streßstärke (Abb. 4 und 5) spricht ebenfalls für besondere Adaptationsreaktionen. Die nur mäßigen Erhöhungen im Prolin- und im α -Aminostickstoffgehalt können mit verzögertem Abbau und verringerter Proteinsynthese erklärt werden (RHODES, 1987). Eine Entkopplung der Feedback-Inhibition der Prolinbiosynthese setzt wahrscheinlich erst nach Erreichung eines Streßschwellenwertes ein (IBARRA-CABALLERO et al., 1988), der bei allmählich steigender Streßstärke nur bei osmotisch gestreßten Pflanzen von *Agrostis stolonifera* bei stärkster Belastung (Serie 3) überschritten

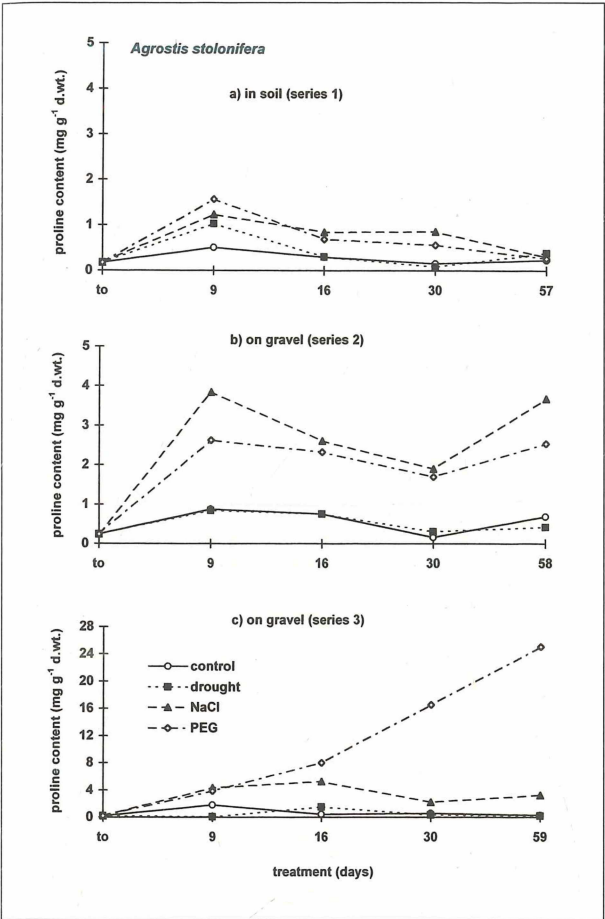


Abb. 4
Veränderungen im Prolingehalt der Blätter von *Agrostis stolonifera* bei allmählich ansteigender Streßbelastung. Die Streßstärke wurde durch langsames Absenken des Wasserstandes in den Gefäßen (Trockenstreß) bzw. durch wöchentliche Applikation von PEG (osmotischer Streß) oder NaCl (Salzstreß) fortlaufend erhöht. Die Pflanzen wurden in Erde (a) bzw. Quarzkies (b, c) in überdachten Gefäßen unter Freilandbedingungen kultiviert.
Streßstärken nach 8 Wochen: osmotischer Streß bei a) und b) = -0,25 MPa, bei c) = -0,5 MPa, Salzstreß bei a) und b) = -0,5 MPa, bei c) = -1,0 MPa.

Fig. 4
Changes of proline content in leaves of *Agrostis stolonifera* in dependence on gradually increasing stress. Stress was strengthened by reducing water level in pots (drought stress) or by a weakly application of PEG (osmotic stress) and NaCl (salt stress), respectively. Plants were cultivated in soil (a) or on gravel (b, c) in roofed pots under field conditions.
Stress strength after 8 weeks: osmotic stress in a) and b) = -0,25 MPa, in c) = -0,5 MPa, salt stress in a) and b) = -0,5 MPa, in c) = -1,0 MPa.

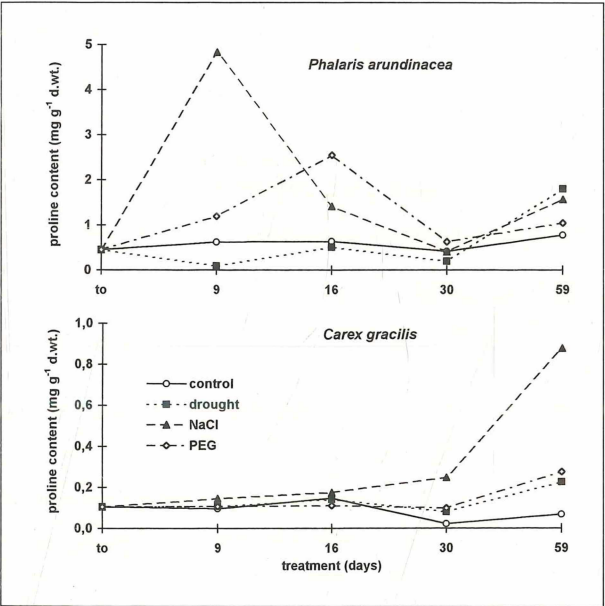
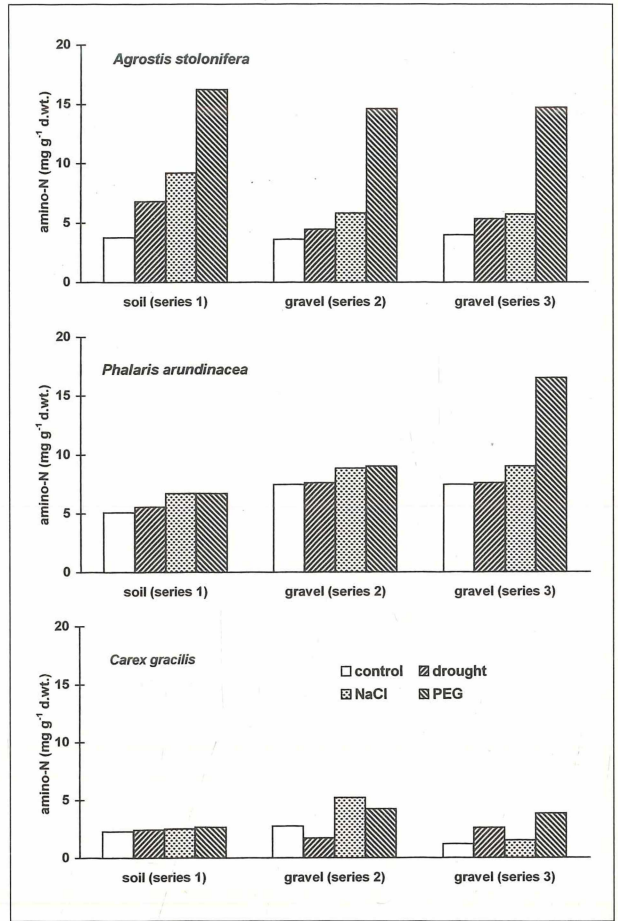


Abb. 5
Veränderungen der Prolingehalte der Blätter von *Phalaris arundinacea* und *Carex gracilis* bei allmählich ansteigender Streßstärke (Versuchsbedingungen s. Abb. 4, Serie 3).

Fig. 5
Changes of proline content in leaves of *Phalaris arundinacea* and *Carex gracilis* during gradual increase of stress intensity (experimental conditions as described in Fig. 4, series 3).

Abb. 6
Vergleich der α -Aminostickstoffgehalte der Blätter der drei untersuchten Arten nach 8-wöchiger Streßapplikation (Versuchsbedingungen s. Abb. 4).

Fig. 6
Comparison of α -amino nitrogen contents in leaves of investigated plant species after 8 weeks of stress treatment (experimental conditions as described in Fig. 4).



wurde. Die Ergebnisse aus den beiden Versuchsreihen zeigen außerdem, daß der Prolinspiegel in den Blättern der untersuchten Pflanzenarten nur bei plötzlichen, nicht aber bei allmählich ansteigenden Streßbelastungen ein markanter und zuverlässiger Streßindikator ist. Die insgesamt schwächeren Streßreaktionen in der Serie (1) sind auf die guten Absorptionseigenschaften des Bodens und die höhere Wasserkapazität im Vergleich zum Quarzkie (Serie 2) zurückzuführen.

Auch das verstärkte Sproßlängenwachstum (Tab. 1) der gestreßten Pflanzen von *Agrostis stolonifera* und *Phalaris arundinacea* zwischen der 6. und der 9. Applikationswoche stützt die Hypothese von Anpassungsreaktionen bei allmählich ansteigender Streßstärke. Die Pflanzen sind bei langsamer Streßinduktion offenbar fähig, trotz anhaltender oder weiter leicht ansteigender Streßbelastungen CO₂ zu assimilieren und Wachstumsprozesse zu realisieren. Die erhöhten Prolinwerte dürften auch unter diesen Bedingungen zur Streßabwehr von Bedeutung sein (Mechanismen s. HARE & CRESS, 1997).

Da der Austrieb von Achselknospen jedoch während der ganzen Versuchsdauer außer bei PEG-behandelten Pflanzen von *Agrostis stolonifera* gehemmt blieb (Tab. 2), dürfte die Konkurrenzkraft beider Spezies bei limitierter Wasserverfügbarkeit deutlich verringert sein. Für diese Annahme spricht auch die im Vergleich zu *Carex gracilis* sehr empfindliche Reaktion dieser Arten gegenüber den verschiedenen Stressoren in allen untersuchten Stoffwechselfparametern. Konkurrenzpflanzungen mit den drei Feuchtwiesengräsern in den Jahren 1996 und 1997 haben bestätigt, daß die Segge unter Streßbedingungen die beiden Süßgräser aus dem Bestand verdrängt (Gzik, unveröff.). Die mit dem prognostizierten Klimawandel vorhergesagte Zunahme von Trockenperioden im Land Brandenburg (GERSTENGARBE & WERNER 1996), aber auch die geplanten wasserbaulichen Maßnahmen an den Flüssen, dürften nach diesen Ergebnissen die Pflanzengesellschaften in den Flußauen erheblich verändern. Zum Schutz der ökologisch bedeutsamen Feuchtwiesenbionosen sind deshalb geeignete Maßnahmen zur Rückhaltung des Wassers in der Landschaft erforderlich.

Literatur

- BATES, L. S.; WALDREN R. P. & J. D. TEARE, 1973: Rapid determination of free proline for water stress studies. – *Pl. Soil* 39: 205–207.
- BECKER & al. 1996: Hydrologische Verhältnisse und Verfügbarkeit der Wasserressourcen. In: Mögliche Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Land Brandenburg. [STOCK, M. und TÓTH, F. (Hrsg.)]. Berlin: ProduServ, 1996. S. 40–55.
- DELAUNEY, A. J. & D. P. S. VERMA, 1993: Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. – *The Plant Journal* 4: 215–223.
- GERSTENGARBE, F.-W. & P. C. WERNER 1996: Szenarien zur Klimaentwicklung im Land Brandenburg bis zum Jahr 2000. In: Mögliche Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Land Brandenburg. [STOCK, M. und TÓTH, F. (Hrsg.)]. Berlin: ProduServ, 1996. S. 28–39.
- GZIK, A., 1996: Accumulation of proline and pattern of α -amino acids in sugar beet plants in response to osmotic, water and salt stress. – *Environ. Exp. Bot.* 36: 29–38.
- GZIK, A.: Veränderungen im Stickstoffhaushalt von Wildgräsern der »Unteren Havelaue« in Abhängigkeit von der Wasserverfügbarkeit. Ökophysiologentagung, In: »Landschaftsentwicklung und Umweltforschung« Schriftenreihe TU Berlin, (im Druck).
- HARE, P. D. & W. A. CRESS 1997: Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants. – *Plant Growth Regulation* 21: 79–102.
- HOHL, M. & P. SCHOPFER, 1991: Water relations of growing maize coleoptiles. – *Plant Physiol.* 95: 716–722.
- IBARRA-CABALLERO, J., C. VILLANUEVA-VERDUZKO, J. MOLINA-GALAN & E. SANCHEZ-DE-JIMENEZ, 1988: Proline accumulation as a symptom of drought stress in maize: A tissue differentiation requirement. – *J. Exp. Bot.* 39: 889–897.
- LEONE, A., A. COSTA, M. TUCCI & S. GRILLO, 1994: Adaptation versus shock response to polyethylene glycol-induced low water potential in cultured potato cells. – *Physiol. Plant* 92: 21–30.
- LEVY, D., 1983: Water deficit enhancement of proline and α -amino nitrogen accumulation in potato plants and its association with susceptibility to drought. – *Physiol. Plant* 57: 169–173.
- NEHRING, H. & A. HOCK, 1971: Eine verbesserte Methode zur Bestimmung von Aminostickstoff. – *Pharmazie* 26: 616–619.
- RAMANJULU, S. & C. SUDHAKAR, 1997: Drought tolerance is partly related to amino acid accumulation and ammonia assimilation: A comparative study in two mulberry genotypes differing in drought sensitivity. – *J. Plant Physiol.* 150: 345–350.
- RHODES, D., 1987: Metabolic response to stress. – In: D. D. DAVIES (ed.): *Biochemistry of plants.* – Vol. XII, Academic Press, New York: 201–241.
- SHEVYAKOVA, N. I., 1983: Metabolism and the physiological role of proline in plants under conditions of water and salt stress. – *Sov. Plant Physiol.* 30: 597–608.
- TULLY, R. E., HANSON, A. D. & C. E. NELSEN, 1979: Proline accumulation in water-stressed barley leaves in relation to translocation and nitrogen budget. *Plant Physiol.* 63: 518–523.
- YOSHIBA, Y., KIYOSUE, T., NAKASHIMA, K., YAMAGUCHISHINOZAKI, K. & K. SHINOZAKI, 1997: Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. – *Plant Cell Physiol.* 38: 1095–1102.

Adresse

Prof. Dr. Axel Gzik
Institut für Ökologie und Naturschutz
Universität Potsdam
Maulbeerallee 2
D-14469 Potsdam
Tel.: (0331) 9771924
E-mail: gzik@rz.uni-potsdam.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: [28_1997](#)

Autor(en)/Author(s): Gzik Axel

Artikel/Article: [Reaktionen charakteristischer Flußbauengräser auf verschiedene Stressoren in Abhängigkeit von der Streßinduktion 397-405](#)