

Wachstum und Inhaltsstoffe von Schilf bei abgestuften Gaben von Stickstoff, Phosphor und Bor

Reinhard Bornkamm und Freidun Raghi-Atri

Reed plants had been cultivated in pots on different concentrations of boron, phosphate and nitrogen. Boron lead to an increased boron content of the plant only, whereas high phosphate concentrations diminished plant height, stand density and stem diameter. Increasing nitrogen, however, raised plant height, stand density, stem diameter and leaf length, leaf width, leaf area, and mineral contents as well. It decreased the percentage of sclerenchyma within the stems. It is shown, that many features of growth and chemical composition of reed plants corresponding with water eutrophication can be attributed to excess of nitrogen rather than to excess of phosphate.

1. Einleitung

In vielen Teilen Mitteleuropas, besonders aber am Rande der Gewässer Berlins, ist ein starker Rückgang des Schilfs, *Phragmites australis* (CAV.) TRIN. ex STEUD., zu verzeichnen (SUKOPP 1963, SUKOPP u. KUNICK 1969, SUKOPP et al. 1975). Seit TOBLER 1943 feststellte, daß mit Stickstoff gedüngte Schilfpflanzen einen wesentlich geringeren Verholzungsgrad aufwiesen, stellte sich die Frage, ob und in welchem Maße die Eutrophierung des Wassers und die nachfolgende Veränderung des Sediments an dem Schilfrückgang ursächlich beteiligt sein kann. Zwar kommt es bei erhöhtem Nährstoffangebot zunächst zu einer Erhöhung der Biomasse (vgl. HÜRLIMANN 1951, BJÖRK 1967, HASLAM 1971), jedoch ist die Ausbildung des Sklerenchyms und damit die Festigkeit der Halme verringert (KLÖTZLI 1971, SUKOPP et al. 1975). Treten dann mechanische Belastungen durch Wellenschlag allein oder verstärkt in Verbindung mit Getreibsel auf (KLÖTZLI 1973), so werden die Schilfhalme geknickt, und die Biomasse ist nicht erhöht, sondern - besonders im Spätjahr - erniedrigt (RAGHI-ATRI u. BORNKAMM 1978a). Um eine genauere Kenntnis über die Wirkung wichtiger eutrophierender Faktoren zu erhalten, wurden von uns seit 1975 Schilfpflanzen bei unterschiedlichen Gaben von N, P und B kultiviert und auf Wachstumsgrößen, Gewebeausstattung und einige Inhaltsstoffe untersucht.

2. Material und Methoden

Die Schilfpflanzen wurden im Herbst 1974 aus dem Feiland (Gräben bei Berlin-Gatow) entnommen, in Quarzsand vorkultiviert und am 25.4.1975 in Kunststoffgefäße von 75 l Rauminhalt (Müllkübel Typ 430 der Firma Gespo) umgepflanzt. Die Gefäße wurden mit einem Abflussschlauch versehen, der in eine Sammelstelle in einem Graben führte, und am Boden mit ca. 10 cm Styromoll (Korngröße 2-20 mm) gefüllt, das mit einem 10 mm starken Kunststoffvlies bedeckt wurde. Der Hauptraum enthielt Quarzsand (geglüht und gewaschen), der mit 14 g Weißtorf je kg Sand vermischt wurde. Die Zusammensetzung der Nährlösung ist bei OVERDIECK u. RAGHI-ATRI 1976 wiedergegeben, die wesentlichen Abwandlungen sind aus Tab. 1 zu ersehen. Alle Nährlösungen wurden wegen der großen Mengen mit Leitungswasser angesetzt, das maximal 0.01 mM/l N und 0.002 mM/l P enthielt (Auskunft von Dr. H. Kowalski, Berliner Wasser-Werke). Von den acht möglichen Kombinationen aus B⁺ oder B⁻, P⁺ oder P⁻ und N⁺ oder N⁻ wurden je drei Parallelen angesetzt, zwei Gefäße enthielten die Standardnährlösung (St); zwei Gefäße (P₀) wurden im Jahre 1975 mit nahezu phosphatfreiem Wasser versetzt, wie es sich an Gewässern bei Einsatz einer Phosphateliminierungsanlage ergeben würde¹⁾, und 1976 und 1977 mit Leitungswasser beschickt (L). Die Nährlösung wurde Ende April 1975 erstmalig zugegeben; in der Folgezeit wurde jeweils im Hochsommer bzw. Frühjahr der Rest abgelassen, dreimal mit Leitungswasser gewaschen und die Nährlösung erneuert. Der Transpirationsverlust wurde in regelmäßigen Abständen mit Leitungswasser ausgeglichen.

1) Herrn Prof. Dr. Hässelbarth, Bundesgesundheitsamt danken wir für Herstellung und Übermittlung dieser Lösung.

Im Juli 1976 wurden je Gefäß fünf repräsentative Halme entnommen und zur Bestimmung der Biomasse und der Mineralstoffe verwendet. Zur Bestimmung der Gewebeanteile im Halm dienten entsprechende Proben von Oktober 1975 und Oktober 1976. Halmzahl und Höhenwachstum wurde 1977 verfolgt, Halmdicke (Durchmesser des jeweils 3. Internodiums von unten der fünf höchsten Halme) und Blattgrößen (jeweils 4. Blatt von oben) am 9.8.1977 einmalig ermittelt. Entsprechend dem oberen Gefäßdurchmesser von 47 cm bedeutet 1 Halm/Gefäß 5.7 Halme/m². Da sich zwischen B⁺ und B⁻ außer im Borgehalt keine Unterschiede ergaben, wurden diese Kombinationen in der Regel bei der Auswertung zusammengefaßt, so daß sich für die verbleibenden vier Kombinationen aus N⁺, N⁻, P⁺ und P⁻ je 6 Parallelen ergaben mit der Ausnahme von N⁺ P⁺, wo 1977 drei Gefäße wegen mechanischer Schäden ausfielen.

3. Ergebnisse

3.1 Biomasse

Die Werte der Biomasse/Gefäß, die der oberirdischen Substanzproduktion etwa entspricht, des Halmgewichts und der Halmzahl 1976 (Tab. 1) zeigen deutlich zwei Gruppen: Alle

Tab. 1: Trockensubstanz (TS) und Halmzahl 1976 von Schilf bei unterschiedlichen Zugaben von Stickstoff, Phosphat und Bor.

Kombination B N P	g TS/Gefäß	g TS/Halm	Halme/Gefäß
+ - +	6.9	0.8	9
+ + +	7.5	0.6	12
- + +	7.9	0.7	12
- - +	9.8	0.5	19
L L L	41.2	1.6	26
- - -	77.0	1.9	40
+ + -	101.0	2.9	35
- St St	103.3	2.0	52
+ - -	121.7	2.5	49
- + -	157.7	2.6	60

L Leitungswasser ab 1976, 1975 phosphatfreie Nährlösung P₀;
 St = 2.88 mM/l N, 1.43 mM/l P und 0.003 mM/l B, jeweils + L;
 N⁻ = 0.14 mM/l N, N⁺ = 14.76 mM/l N, jeweils + L;
 P⁻ = 0.14 mM/l P, P⁺ = 16.62 mM/l P, jeweils + L;
 B⁻ ohne B, B⁺ mit 0.032 mM/l B.

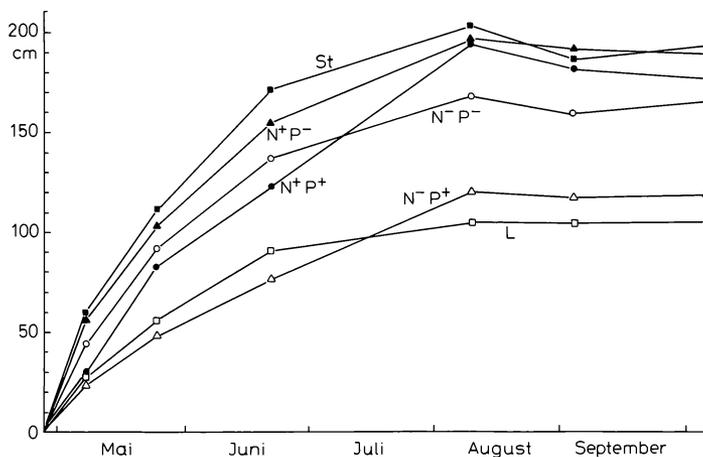


Abb. 1: Mittlere Höhe der jeweils fünf höchsten Halme von Schilf bei unterschiedlichen Gaben von Stickstoff und Phosphat (Abk. s. Tab. 1).

Kombinationen mit P⁺ zeigen niedrige, alle Kombinationen mit P⁻ sowie St hohe Werte; die Leitungswasserserie nimmt eine mittlere Stellung ein. Bei der Höhenentwicklung 1977 (Abb. 1) wirkt P⁺ hemmend, N⁺ deutlich fördernd; St verhält sich wie N⁺, L wie N⁻ P⁺. Das Maximum wird in allen Fällen im August erreicht (Einzelwert 253 cm bei N⁺ P⁻), während die Höhen zum September hin infolge Absterben einiger Spitzen und durch Halmneigung im Mittel wieder geringfügig abnehmen. 1975 und 1976 wurden keine Blütenstände entwickelt; 1977 erschienen an zwei relativ kräftigen Halmen (je einer bei L und St) junge Rispen, die jedoch keine vollständigen Blüten bildeten. Die stärkere Ausbildung der Schilfpflanzen mit zunehmender Versuchsdauer zeigt sich auch daran, daß die Anzahl der Halme je Gefäß (Abb. 2) 1977 deutlich höher lag als 1976. Auch auf die Halmzahl wirkt N⁺ deutlich fördernd, P⁺ erniedrigend, und St verhält sich wie N⁺ P⁺, L wie N⁻ P⁺. Das Maximum liegt wie bei der Halmhöhe im August. Zum Herbst hin sterben einige, zumeist kleine Halme ab, so daß sich die Halmzahl zum September hin verringert, zum Oktober hin aber wieder ansteigt, da zahlreiche junge Halme neu erscheinen.

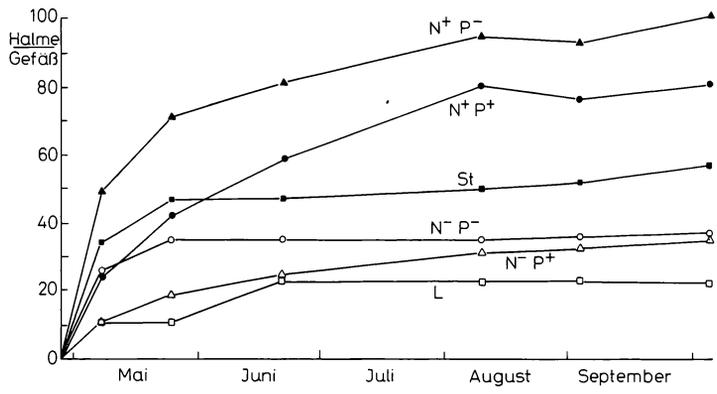


Abb. 2: Mittlere Anzahl der Halme je Gefäß von Schilf bei unterschiedlichen Gaben von Stickstoff und Phosphat (Abk. s. Tab. 1).

Tab. 2: Entwicklungsstand der 5 höchsten Halme am 9.8.1977

Korr = Korrelation des Merkmals mit der N-Konzentration; F = Freiheitsgrade; übrige Abk. s. Tab. 1. Innerhalb einer Zeile sind mit den gleichen Kleinbuchstaben versehene Werte schwach signifikant (p < 0.05), mit den gleichen Großbuchstaben versehene Werte signifikant verschieden (p < 0.01).

	N ⁺ P ⁺	N ⁺ P ⁻	N ⁻ P ⁺	N ⁻ P ⁻	L	St	Korr.	F
Halmhöhe (cm)	193 ^{a,b}	195 ^{c,d}	119 ^{a,c}	168 ^e	105 ^{b,d}	202 ^{e,f}	+0.74	123
Halmdurchmesser (cm)	0.52 ^a	0.44 ^b	0.32	0.35	0.28 ^{a,b}	0.42 ^c	+0.66	123
Halme/Gefäß	80 ^{a,A} _{B,b}	95 ^{C,D} _{E,F}	31 ^{a,C}	35 ^{A,D}	23 ^{B,E} _G	50 ^{b,F} _G	+0.89	23
Anzahl grüner Blätter	9.8	9.0	10.9	9.5	4.8	5.8		
Anzahl abgestorb. Blätter	4.3	9.4	6.2	5.4	7.0	9.9		
Gesamtanzahl der Blätter	14.1	18.4	17.1	14.9	11.8	15.7		
Blattlänge L (cm)	39.9 ^a	36.4	26.3	28.7	22.9 ^a	35.7	+0.66	123
Blattbreite B (cm)	2.73 ^A	2.02	1.55	1.66	1.21 ^A	2.02	+0.53	123
Blattfläche = L x B x 0.6	65.4 ^a	44.1	24.4	28.6	16.6 ^a	43.3	+0.62	123
Leghalme/Gefäß (5.9.)	4.0	3.0	1.5	0.3	0.5	4.0	+0.61	123

In Tab. 2 sind die Mittelwerte des Halmzustandes am 9.8.77 aufgetragen. Die meisten von ihnen sind mit der Stickstoff-Konzentration in der Nährlösung sehr gut gesichert korreliert. Wie weit auch Einzelwerte statistisch gesichert sind, ist der Tab. 2 zu entnehmen. N⁺ führt nicht nur zu längeren, sondern auch zu dickeren Halmen. Die Zahl

der Blätter scheint nicht von der Stickstoff- und Phosphatzugabe abzuhängen, jedoch sind die Blätter bei N⁺ länger, breiter und dadurch viel flächengrößer als bei N⁻. Eine deutliche Wirkung von P⁺ ist nicht zu erkennen. L zeigt für fast alle Parameter sehr niedrige Werte, die am ehesten mit N⁻ P⁺ vergleichbar sind; St zeigt sehr hohe Werte, die mit N⁺ P⁻ vollständig übereinstimmen.

Im Spätsommer zeigte sich eine zunehmende Tendenz zur Ausbildung liegender oder nur schwach aufsteigender Halme. Eine Auszählung am 5.9. (Tab. 2) ergab, daß auch dies besonders für die N⁺-Kulturen (und St) zutraf.

3.2 Mineralstoffe

Die Zusammensetzung der Nährlösung wirkte sich naturgemäß deutlich auf die chemische Zusammensetzung der Pflanzen aus. Bei N⁺ waren TES-löslicher N, Protein-N und damit Gesamt-N in allen Pflanzenteilen erhöht (Tab. 3), zugleich aber auch die Gehalte an

Tab. 3: Gehalt des Schilfs an Inhaltsstoffen (in % des Trockengewichts) bei unterschiedlichen Stickstoffgaben.

Abkürzungen s. Tab. 1.

S = Signifikanz der Differenz (n = 6)

*** p < 0.1%; ** 0.1 < p < 1%; * 1% < p < 5%; o 5% < p.

		N ⁻	N ⁺	S	St	L
Blatt	löslicher N	2.5 ± 0.3	4.7 ± 0.7	**	3.7	2.8
	Protein - N	18.0 ± 0.5	22.4 ± 0.6	***	22.0	16.8
	Gesamt - N	20.5 ± 0.4	27.1 ± 0.4	***	25.7	19.6
Blattscheide	löslicher N	1.1 ± 0.1	3.2 ± 0.5	**	2.6	0.8
	Protein - N	6.2 ± 0.4	12.8 ± 2.4	*	9.6	6.2
	Gesamt - N	7.3 ± 0.5	16.0 ± 2.3	**	12.2	7.0
Halm	löslicher N	1.0 ± 0.1	5.0 ± 0.3	***	3.5	0.8
	Protein - N	3.4 ± 0.2	5.8 ± 0.9	*	6.1	4.6
	Gesamt - N	4.4 ± 0.3	10.8 ± 1.0	***	9.6	5.4
Blatt	Na	0.45 ± 0.04	1.01 ± 0.12	**	0.73	0.57
	K	17.7 ± 1.3	14.4 ± 0.9	o	19.7	16.7
	Ca	4.83 ± 0.40	7.37 ± 0.85	*	6.26	4.38
	Mg	1.75 ± 0.09	2.16 ± 0.25	*	2.42	1.35
	P	1.65 ± 0.07	1.42 ± 0.15	*	1.82	1.64
	Asche	78.8 ± 5.3	83.3 ± 5.3	o	87.9	94.8
	Blattscheide	Na	0.77 ± 0.02	3.19 ± 0.55	**	1.00
K		19.7 ± 1.6	22.2 ± 1.5	o	22.4	15.5
Ca		2.49 ± 0.27	6.88 ± 0.48	***	4.82	3.24
Mg		0.94 ± 0.06	2.97 ± 0.31	***	1.45	0.87
P		0.80 ± 0.10	1.04 ± 0.11	o	1.65	0.84
Asche		116.2 ± 9.0	135.8 ± 11.5	o	133.3	129.3
Halm		Na	0.74 ± 0.08	3.41 ± 0.64	**	0.99
	K	13.2 ± 1.7	12.1 ± 1.1	o	20.3	8.0
	Ca	1.15 ± 0.19	1.99 ± 0.25	*	1.64	0.86
	Mg	0.53 ± 0.03	1.31 ± 0.08	***	1.19	0.48
	P	1.28 ± 0.17	1.04 ± 0.14	o	2.43	1.33
	Asche	50.3 ± 5.5	60.0 ± 6.3	o	78.7	54.1

Na, Ca und Mg. Die Pflanzen im Leitungswasser (L) zeigten meist Werte wie bei N⁻, während sich in der Standardkultur (St) mittlere Werte ergaben. Bei den Pflanzenorganen lagen die höchsten Werte für die N-Fractionen, Ca, Mg und P im Blatt, für K in Blattscheide und für Na in Blattscheide und Halm. Die B-Gehalte wurden für zwei Termine ermittelt¹⁾, wobei sich ein Anstieg in den Blättern von Juli zu November ergab (Tab. 4). Bei B⁺ lagen die Werte etwas höher als bei B⁻, jedoch ließen sich die Unterschiede nach den vorliegenden Werten nicht statistisch sichern.

3.3 Anatomie des Halms

Im Herbst 1975 und 1976 wurden Proben 5 repräsentativer Halme aus jeweils dem 3. Internodium von unten zur anatomischen Untersuchung entnommen. Durch 5 Messungen an jedem Internodium wurden der Anteil von Epidermis, Sklerenchymring, Leitbündel samt Parenchym und der Markhöhle am Gesamtradius sowie die entsprechenden Anteile an der Querschnittsfläche ermittelt. Dabei ergaben sich (Tab. 5, Werte von 1976) recht gleichmäßige Flächenanteile, nur erwies sich der Sklerenchymanteil bei N⁺ gesichert niedriger als bei N⁻. Zwischen P⁺ und P⁻ bestand kein Unterschied, jedoch führte P⁺ zur Ausbildung dünnerer Halme, während bei N⁺ die Halmdicke erhöht war (Abb. 3, Werte 1976). Im Jahre 1975 war der P-Effekt bereits entwickelt, der N-Effekt jedoch noch nicht. Die Standardkulturen (St) gleichen in ihrem Verhalten N⁺, die Kultur mit phosphatfreiem Wasser (P₀, 1975) bzw. Leitungswasser (L, 1976) entsprach N⁻.

1) Herrn Dr. T. Kempf. (Bundesgesundheitsamt) danken wir für die Ausführung der Analysen.

Tab. 4: Borgehalt von Schilf (ppm = $\mu\text{g B/g}$ Trockengewicht) in einer Nährlösung mit (B^+) und ohne (B^-) Zugabe von Bor unter Verwendung von Leitungswasser (Jeder Einzelwert stellt das mittlere Ergebnis von 6 Proben dar).

	B^-			B^+			\emptyset		
	Juli	Nov.	\emptyset	Juli	Nov.	\emptyset	Juli	Nov.	\emptyset
Blatt	5.1	13.3	9.2	5.9	16.3	11.1	5.5*)	14.8*)	10.2
Blattscheide	3.2	2.3	2.8	4.0	6.2	5.1	3.6	4.3	3.9
Halm	2.5	1.8	2.2	1.4	1.4	1.4	2.0	1.6	1.8

*) Differenz schwach gesichert ($p < 0.05$)

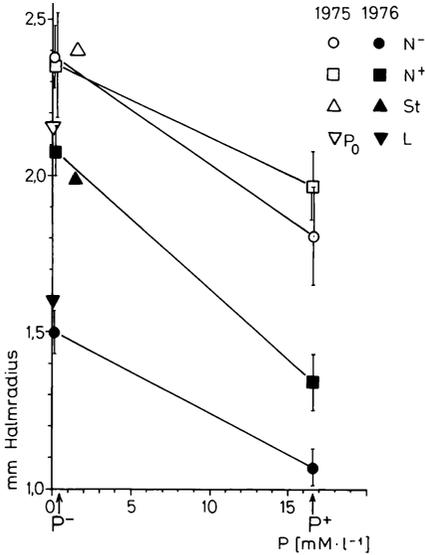


Abb. 3: Mittlerer Radius je fünf repräsentativer Halme von Schilf bei unterschiedlichen Gaben von Stickstoff und Phosphat (Abk. s. Tab. 1).

Tab. 5: Anteile der Gewebepartien an der Querschnittsfläche der Schilfhalme
Abkürzungen für die Nährlösungen s. Tab. 1.
E = Epidermis, S = Sklerenchymring, LP = Leitbündel + Parenchym, M = Markhöhle

	E	S	LP	M
N^+	1.3	6.3*)	31.3	61.1
N^-	1.6	7.8*)	30.9	59.7
P^+	1.6	7.0	32.3	59.1
P^-	1.2	7.1	30.2	61.5
B^+	1.5	6.8	30.9	60.8
B^-	1.4	7.3	31.5	59.8
St	1.0	7.1	28.4	63.5
L	1.2	8.9	26.5	63.4
Gesamt	1.4	7.2	30.7	60.7

*) $\text{N}^+ 6.28 \pm 0.26$; $\text{N}^- 7.78 \pm 0.34$;
Sicherung der Differenz $p < 1\%$.

3.3 Schädlingbefall

Die Versuchspflanzen sind seit 1975 durch Blattläuse befallen (Mehlige Pflaumenblattlaus, *Hyalopterus pruni* GEOFFR.), seit 1977 auch durch Dipteren-Larven (*Lipara spec.*). Die Befallsstärke wurde am 19.9.77 protokolliert (Tab. 6) und zeigt sehr deutlich den höheren Besatz bei den N⁺-Kulturen.

Tab. 6: Befall der Schilfpflanzen mit Schädlingen am 19.9.77
(angegeben ist die Anzahl der Gefäße)

		N ⁺ P ⁺	N ⁺ P ⁻	N ⁻ P ⁺	N ⁻ P ⁻	L	St
<i>Hyalopterus pruni</i>	stark	5	6	3	1	1	0
	schwach oder fehlend	0	0	3	5	1	2
<i>Lipara spec.</i>	stark	4	4	1	1	0	0
	schwach oder fehlend	1	2	5	5	2	2

4. Diskussion

Die Zugabe von Bor führte zu einer gewissen Erhöhung des Borgehalts der Blätter und Blattscheiden, ließ sich allerdings statistisch nicht sichern. In den Blättern wurde Bor während der Vegetationsperiode akkumuliert und erreichte bei B⁺ mit 16.3 µg B/g Trockensubstanz einen relativ hohen Wert. Auf die übrigen Meßgrößen wirkte sich die Borzugabe nicht aus.

Zugabe von hohen Konzentrationen von Phosphat (P⁺) führt zu niedrigeren und weniger dichten Beständen. (Inhaltsstoffe wurden nicht untersucht.) Bei der Auswertung repräsentativer (mittlerer) Halme war der Halmdurchmesser verringert (Abb. 3), bei der Auswertung nur der 5 höchsten Halme jedoch nicht (Tab. 2). Auf Blattzahl und Blattgröße ergaben sich keine erkennbaren Einflüsse.

Die Zugabe hoher N-Konzentration (N⁺) erbrachte sehr deutliche Wirkungen. N⁺ führte zu höheren, viel dichteren Beständen, die dickere Halme mit einem geringeren Sklerenchymanteil und längere, breitere und (s. auch OVERDIECK u. RAGHI-ATRI 1976) somit größere Blätter aufwiesen als die Bestände in den N⁻-Gefäßen. Die Gehalte an löslichem N, Protein-N und Gesamt-N sowie an Na, Ca, Mg und Asche waren erhöht, die K-Gehalte jedoch nicht. Auch der Anteil des löslichen N am Gesamt-N war erhöht und erreichte mit 46% in den N⁺-Sprossachsen einen besonders hohen Wert. Die N⁺-Kulturen waren weitaus stärker von Schädlingen befallen (*Hyalopterus pruni*, *Lipara spec.*) als die N⁻-Kulturen. Dies entspricht den Beobachtungen im Freiland, nach denen an stärker eutrophierten Standorten ein stärkerer Befall von *Hyalopterus* (RAGHI-ATRI 1977) bzw. anderen Schädlingen (RAGHI-ATRI u. BORNKAMM i.Dr.) festzustellen war. Während in der Anfangszeit des Versuchs deutliche Wirkungen der Phosphat-Überdüngung auftraten, war in der Folgezeit die Wirkung von N⁺ absolut dominierend. Auch bei den Unterschieden zwischen den Kulturen St (mäßig N-reich) und L (N-arm) scheinen vor allem die unterschiedlichen Stickstoffgehalte maßgebend zu sein, da sich St wie N⁺, L aber wie N⁻ verhielt. Bei einem Teil der untersuchten Größen zeigten N⁺ und P⁺ gegensinnige Effekte. Es ist daher nicht verwunderlich, daß Freilanduntersuchungen zu undeutlichen oder widersprüchlichen Ergebnissen führen können.

Ein Vergleich der Wirkung von Nährlösungen mit der Wirkung eutrophierter Freilandgewässer ist sicher nur in großen Zügen möglich, da viele Faktoren differieren, er soll dennoch mit Vorsicht gezogen werden. An Berliner Freilandstandorten fanden wir (RAGHI-ATRI u. BORNKAMM i.Dr.) weitaus höhere Maximalwerte für die Gehalte an K, Ca, Protein-N und Asche als in den Kulturen. Andererseits zeigte das Schilf an den stärker eutrophierten Standorten größere Blattflächen, höhere Gehalte an Ca und Asche, höhere Gehalte an N, besonders löslichem N, einen stärkeren Rückgang der Halanzahl vom Sommer zum Herbst und stärkeren Schädlingbefall sowie auch höhere Gehalte an Kohlenstoff und Bor (RAGHI-ATRI u. BORNKAMM 1978). Die meisten dieser Unterschiede sind nach den Ergebnissen des Kulturversuchs eindeutig auf die Wirkung der N-Eutrophierung zurückzuführen. Das gilt auch für den Rückgang der Halanzahl bei mechanischer Belastung: N⁺ führt zwar zur Ausbildung dickerer Halme, die aber nur einen geringeren Sklerenchymanteil besitzen. Die Wirkungen der Phosphatzugabe sind nach den bisherigen Ergebnissen noch nicht so deutlich wie die der Stickstoffzugabe. Es wird daher bei der Fortführung des Versuchs eine vorrangige Aufgabe sein, auch die Rolle des Phosphats bei der Wirkung der Gewässer-eutrophierung auf das Schilf zu klären.

5. Zusammenfassung

1. Schilf wurde in Nährlösungen mit abgestuften Gaben von Stickstoff (N^- 0.14 mM/l N; N^+ 14.76 mM/l N), Phosphor (P^- 0.14 mM/l P; P^+ 16.32 mM/l P) und Bor (B^- ohne B, B^+ 0.032 mM/l B) in Kunststoffgefäßen kultiviert und auf Wachstumsgrößen, Gewebeausstattung der Halme und einige Inhaltsstoffe untersucht.
2. B^+ wirkte sich auf keine der untersuchten Größen aus, außer auf den B-Gehalt selbst.
3. N^+ führte zu erhöhten Gehalten an N, besonders TES-löslichem N, Na, Ca, Mg und Asche. (Die Wirkung von P auf die Inhaltsstoffe wurde nicht untersucht.)
4. Auf die Ausbildung der Schilfpflanzen wirkte N^+ stark ein, indem es größere Halmhöhen, Halm Durchmesser, Halmdichten, Blattlängen, Blattbreiten und Blattflächen verursachte. P^+ hingegen führte zu geringeren Halmhöhen, Halmdichten und teilweise auch Halm Durchmessern, wirkte also häufig gegensinnig zu N^+ .
5. Ein Vergleich zeigt, daß die von uns früher beobachteten Veränderungen des Schilfs an eutrophierten Freilandstandorten im wesentlichen auf das Überangebot an Stickstoff zurückzuführen sind.

Literatur

- BJÖRK S., 1967: Ecologic investigations of *Phragmites communis*. Studies in theoretic and applied limnology. Folia Limnol. Scand. 14.
- HASLAM S.M., 1971: Shoot height and density in *Phragmites* stands. Hydrobiologia 12: 113-119.
- HÜRLIMANN H., 1951: Zur Lebensgeschichte des Schilfs an den Ufern der Schweizer Seen. Diss. Zürich.
- KLÖTZLI F., 1971: Biogenous influence on aquatic macrophytes especially *Phragmites communis*. Hydrobiologia 12: 107-111.
- 1973: Über Belastbarkeit und Produktion in Schilfröhrichten. Verh. Ges. f. Ökologie. Saarbrücken: 237-247.
- OVERDIECK D., RAGHI-ATRI F., 1967: CO_2 -Netto-Assimilation von *Phragmites australis* (CAV.) TRIN. ex STEUD. -Blättern bei unterschiedlichen Mengen an Stickstoff und Phosphor im Nährsubstrat. Angew. Botanik 50: 267-284.
- RAGHI-ATRI F., 1976: Einfluß der Eutrophierung auf den Befall von *Phragmites communis* TRIN. durch die Mehligke Pflaumenblattlaus (*Hyalopterus pruni* GEOFFR.) in Berlin. Zeitschr. f. Angew. Zool 63: 365-374.
- , BORNKAMM R., 1978: Wachstum und Zusammensetzung von Schilf im Freiland bei unterschiedlicher Gewässerbelastung. Verh. Ges. f. Ökologie (Kiel 1977)
- , - , (i.Dr.): Wachstum und chemische Zusammensetzung von Schilf (*Phragmites australis* (CAV.) TRIN. ex STEUD.) in Abhängigkeit von der Gewässereutrophierung. Arch. Hydrobiol.
- SUKOPP H., 1963: Die Ufervegetation der Havel. Berlin (Senator f. Bau- u. Wohnungswesen).
- , KUNICK W., 1969a: Veränderungen des Röhrichtbestandes der Berliner Havel 1962-1967. Berliner Naturschutzbl. 13: 303-313, 332-344.
- , - 1969b: Die Ufervegetation der Berliner Havel. Natur u. Landsch. 44, H. 10: 287-292.
- , MARKSTEIN B., TREPL L., 1975: Röhrichte unter intensivem Großstadteinfluß. Beitr. naturk. Forsch. Südw.-Dtl. 34: 371-385.
- TÖBLER F., 1943: Stengelbau, Festigkeits- und Verwertungsunterschiede beim Schilfrohr (*Phragmites communis* TRIN.). Angew. Bot. 25: 165-177.

Adressen

Prof. Dr. Reinhard Bornkamm
Dr. Freidun Raghi-Atri
Technische Universität Berlin
Institut für Ökologie
- Fachgebiet Botanik -
Rothenburgstraße 12
D-1000 Berlin 41

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [7_1978](#)

Autor(en)/Author(s): Bornkamm Reinhard, Raghi-Atri Freidun

Artikel/Article: [Wachstum und Inhaltsstoffe von Schilf bei abgestuften Gaben von Stickstoff, Phosphor und Bor 361-367](#)