

CO₂-Gaswechsel und Transpiration von Schilf bei abgestuften Stickstoff- und Phosphorgaben

Dieter Overdieck

Net CO₂-assimilation and transpiration rates were measured on the leaves of *Phragmites australis* (CAV.) TRIN. ex STEUD. plants, which had been grown in hydroculture at varying concentrations of nitrogen and o-phosphate. In addition, the content of total carbon, total phosphorus, TCA-soluble nitrogen, and TCA-insoluble nitrogen of these leaves was determined. CO₂-uptake was found to be closely and positively correlated with the nitrogen content of both, the substrate and the leaves. Leaves with a nitrogen content equal to that of *Phragmites* (reed) in natural eutrophic habitats took up nearly twice as much CO₂ as leaves from hydrocultures low in nitrogen. At high o-phosphate concentrations (10 times that of eutrophic lakes), a marked reduction in the net CO₂-assimilation rate was observed. Low CO₂-uptake was also measured on leaves from water nearly free of phosphate. No effect upon CO₂-metabolism was observed at intermediate o-phosphate concentrations. The respiration rates were not significantly different among the various groups of plants in hydroculture. The transpiration rates of those plants supplied with above-average amounts of nitrogen and phosphorus were below the normal rates of plants in both hydroculture and natural sites.

1. Einleitung

Ob Röhrichte steigende anthropogene Belastungen ohne Schaden zu nehmen ertragen können, hängt wesentlich davon ab, wie sehr Photosynthese und Wasserhaushalt der bestandsbildenden Pflanzen beeinflusst werden. Der gesamte Stoffwechsel - und besonders die Photosyntheseleistung - ist unter anderem auch von der Zufuhr der wichtigsten "eutrophierenden" Elemente Stickstoff und Phosphor abhängig. Es ist daher von Interesse, genauere Vorstellungen über die Wirkung dieser Nährstoffe auf den Stoffwechsel der dominierenden Röhrichtpflanze *Phragmites australis* (CAV.) TRIN. ex STEUD. zu gewinnen. Deshalb wurde der Gaswechsel dieses "emersen Hydrophyten" (GESSNER 1959) in Gefäßkultur bei unterschiedlichen Konzentrationen von Stickstoff und Phosphor in der Nährlösung untersucht. Über die CO₂-Netto-Assimilationsraten des Schilfs in diesem Kulturversuch haben bereits OVERDIECK u. RAGHI-ATRI (1976) berichtet. Im folgenden werden diese Ergebnisse durch Daten über CO₂-Abgabe (Respiration) und Transpiration ergänzt. Die CO₂-Gaswechsel-Raten von gut wüchsigem Schilf sind dank umfangreicher Untersuchungen von BÜRIAN (1971/1973) am Neusiedler See bekannt. Kenntnisse über Transpirations-Raten liegen ebenfalls von Berliner Gewässern vor (KIENDL 1953). Diese Messungen sind an wenig belasteten Gewässern durchgeführt worden und können mit den Ergebnissen aus der Versuchsanlage verglichen werden, in der die Pflanzen niedrigen und hohen Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen ausgesetzt waren.

2. Material und Methoden

Messungen und chemische Analysen erfolgten an Schilfpflanzen in Hydrokultur. Versuchsanlage, Auswahl und Vorbehandlung der Pflanzen sind bei OVERDIECK u. RAGHI-ATRI (1976) beschrieben. Aus der Anlage wurden vier unterschiedliche Versuchsgruppen ausgewählt (s. Abb. 1): Eine Gruppe umfaßte drei Kulturgefäße mit jeweils den gleichen überhöhten Phosphatgaben (Symbol: P₊)* in Lösung, drei weitere erhielten die gleichen überhöhten Stickstoffmengen (N₊)* und zwei Kulturen mittlere Konzentrationen beider Elemente, wie sie häufig bei Standard-Hydrokulturen (St) angewendet werden (Angaben für *Zea mays*-Hydrokulturen, modifiziert nach MARSCHNER, Inst. f. Nutzpflanzenforschung TU Berlin). Zusätzlich wurden zwei Gefäße mit entphosphatisiertem Wasser aus dem Abflußgraben der Berliner Rieselfelder im Norden Berlins gefüllt. Die Konzentrationen der Nährlösungen sind bei OVERDIECK u. RAGHI-ATRI (1976) zusammengestellt.

Der CO₂-Gaswechsel von Blattspreiten (dritt- oder viertjüngstes Blatt) annähernd gleicher Exposition wurde mit Hilfe der für Freiland-Messungen konstruierten SIRIGOR-Anlage (Siemens) gemessen. Die CO₂-Netto-Assimilation wurde kontinuierlich an demselben Oberblatt von 12-17 Uhr und am nächsten Tag von 8-11 Uhr ermittelt. Die CO₂-Respiration wurde nach Abdunkeln des Meßblattes in der Klimaküvette (schwarze Plastikfolie) in der Zeit von 17-21 Uhr erfaßt. Gemessen wurde pro Gefäß an drei aufeinanderfolgenden Tagen an verschiedenen Pflanzen (9 Tagesgänge für N₊ und P₊, 6 Tagesgänge für St und P₀). Die CO₂-Konzentrationen in Klima-Küvette und Außenluft wurden absolut bestimmt und die

* P₊ entspricht P⁺N⁻ und N₊ entspricht N⁺P⁻ bei BORNKAMM u. RAGHI-ATRI (1978).

von den Spreiten aufgenommenen CO_2 -Mengen in Abständen von 15-30 Min. berechnet und alle Werte eines Tagesganges gemittelt. Einzelheiten über Entwicklung, Arbeitsweise, Leistung und Handhabung der CO_2 -Gaswechsel-Meßanlage finden sich z.B. bei KOCH et al. (1968). Gleichzeitig wurde die Transpiration der Spreiten mit Hilfe der in die Anlage eingebauten Lithiumchlorid-Feuchtefühler nach LANGE u. SCHULZE (1971) gemessen. Als Bezugsgrößen für CO_2 -Gaswechsel und Transpiration diente die einseitige Blattfläche (durch Wiegen ausgeschnittener Xerokopien bestimmt); zusätzlich wurden die CO_2 -Aufnahmeraten auf das Trockengewicht (105°C) und die H_2O -Abgabe auf das Frischgewicht der Blätter bezogen. Als Gehalt an freiem Wasser galt die Differenz zwischen Frisch- und Trockengewicht. Während der Meßperiode schwankte die Temperatur zwischen 22.5 und 29°C , die rel. Luftfeuchte zwischen 35 und 45% , und die Windgeschwindigkeit in der Küvette lag bei $0.3 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$. Die photosynthetisch aktive Strahlung wurde mit Hilfe von zwei Halogen-Metall dampflampen (HQI TS 440 W, Osram) annähernd konstant gehalten ($772 \pm 145 \text{ microeinsteins} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$).

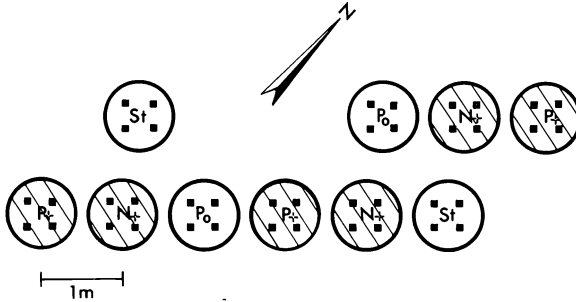


Abb. 1: Anordnung der Versuchsgefäße

P_+ = "Phosphor"-, N_+ = "Stickstoff"-, P_0 = "Phosphormangel"- und St = "Standardgefäß".
(aus: OVERDIECK u. RAGHI-ATRI 1976).

Nach den Messungen wurden die getrockneten Blätter gemahlen, Gesamt-Kohlenstoff-, TES- (= TCE = Trichloressigsäure) -lösliche und TES-unlösliche (Protein) Stickstoff-Gehalte bestimmt (Näheres s. OVERDIECK u. RAGHI-ATRI 1976). Zusätzlich wurden an sechs verschiedenen Standorten Berliner Gewässer (Unterhavel, Oberhavel, Tegeler See) Blattspreiten gesammelt und in gleicher Weise chemisch analysiert (s. RAGHI-ATRI u. BORNKAMM 1978).

3. Ergebnisse

3.1 CO_2 -Gaswechsel

In ihrer mittleren CO_2 -Respiration bei Verdunkelung am Tage unterscheiden sich alle Versuchsgruppen nur geringfügig voneinander. Die Atmungsverluste der Blätter aus den Gefäßen mit entphosphatisiertem Wasser (P_0) liegen im Mittel etwas niedriger als bei den übrigen Kulturen (s. Abb. 2).

Deutlich unterscheiden sich hingegen alle vier Gruppen in ihren gemittelten CO_2 -Netto-Assimilations-Raten (s. Abb. 2). Die geringsten Aufnahme-Raten sind bei den stark mit PO_4^{3-} überdüngten Gefäßen (P_+) festzustellen. Nur wenig höhere Raten erreichen die Spreiten aus den nährstoffärmsten Gefäßen mit entsphosphatisiertem Wasser (P_0). Zwischen den beiden letztgenannten Kulturen läßt sich kein signifikanter Unterschied nachweisen (s. Tab. 1). Die CO_2 -Aufnahme-Raten bei P_+ reichen von sehr niedrigen bis zu vergleichsweise hohen Werten (s. Abb. 2). Gegenüber P_+ und P_0 deutlich höhere CO_2 -Netto-Assimilations-Raten zeigen die Blätter aus den Standardgefäßen (St) (statistisch gesicherte Unterschiede), und die höchsten Assimilations-Raten erzielen schließlich die mit Stickstoff reichlich versorgten Pflanzen (s. Abb. 2).

Die Verluste an CO_2 (Atmung), verglichen mit der CO_2 -Brutto-Aufnahme, sind bei den mit Phosphor überdüngten Kulturen am höchsten. In Tab. 2 sind die CO_2 -Atmungsverluste den aus CO_2 -Netto-Assimilation und CO_2 -Abgabe (bei Verdunkelung) errechneten Brutto-Assimilations-Leistungen gegenübergestellt.

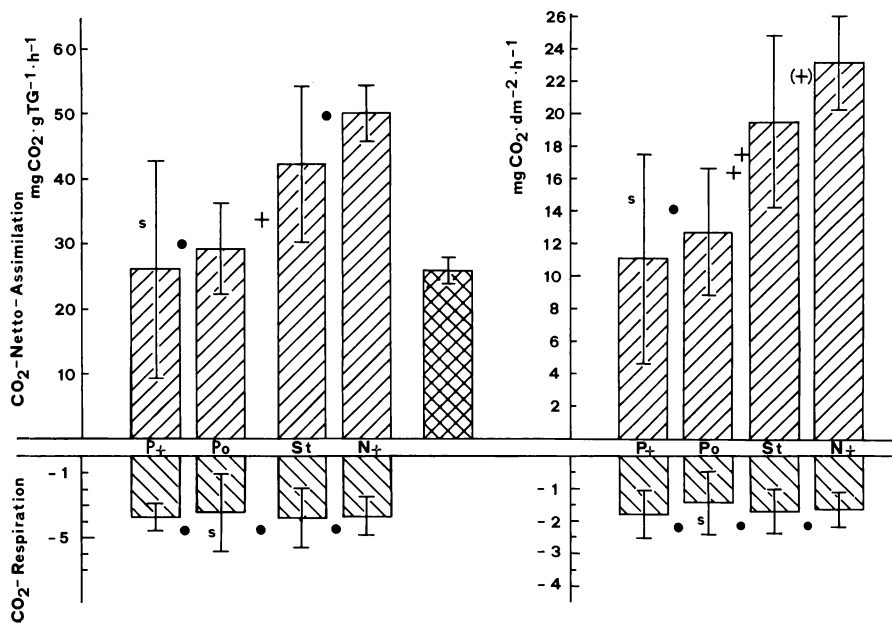


Abb. 2: CO₂-Netto-Assimilation und CO₂-Respiration (mg · g Trockengewicht⁻¹ · h⁻¹ und mg · dm einfache Blattfläche⁻² · h⁻¹) der Blätter von unterschiedlich mit Stickstoff und Phosphor versorgtem *Phragmites australis* (CAV.) TRIN. ex STEUD. Gekreuzt schraffierte Säule: CO₂-Assimilations-Raten (Juli) von Schilfblättern am Neusiedler See (übernommen von BURIAN 1973, graphisch verändert). (s = Standardabweichung; • = Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha > 10\%$; (+) = $\alpha < 10\%$; + = $\alpha < 5\%$; ++ = $\alpha < 1\%$; Symbole P₊, P₀, ... s. Kap. 2).

Tab. 1: Statistiken zum Vergleich der durchschnittlichen CO₂-Respirations- und Netto-Assimilations-Raten (mg CO₂ · g TG⁻¹ · h⁻¹) von Schilfblättern aus Hydrokulturen mit abgestuften Stickstoff- und Phosphorgeben.
t-Wert: Prüfgröße des t-Tests, F-Wert: Prüfgröße der Varianzanalyse.
• = Unterschied nicht signifikant, (+) = ... annähernd signifikant, + = ... signifikant, ++ = ... gut signifikant, +++ = ... sehr gut signifikant.

	Vergleich	Freiheitsgrade	Test-Größe	Irrtumswahrscheinlichkeit
CO ₂ -Respiration	P ₊ / P ₀	11	0.35	➤ 10% •
	P ₀ / St	10	0.28	➤ 10% •
	St / N ₊	11	0.13	➤ 10% •
	P ₊ / St	11	0.01	➤ 10% •
	P ₊ / N ₊	12	0.18	➤ 10% •
	P ₀ / N ₊	11	0.22	➤ 10% •
	F-Wert:			
CO ₂ -Netto-Assimilation	P ₊ / P ₀	1/13	0.19	➤ 10% •
	P ₀ / St	1/10	5.21	< 5% +
	St / N ₊	1/13	3.35	> 10% •
	P ₊ / St	1/13	4.15	< 10% (+)
	P ₊ / N ₊	1/16	17.56	< 1% ++
	P ₀ / N ₊	1/13	51.36	< 0.1% +++

Tab. 2: CO₂-Brutto-Assimilations-Raten und CO₂-Atmungsverluste von Schilfblättern aus Hydrokulturen mit abgestuften Stickstoff- und Phosphorgaben.

Gefäßtyp	CO ₂ -Brutto-Assimilation mg CO ₂ · g TG ⁻¹ · h ⁻¹	Atmungsverlust in %
P ₊	19.9	12.7
P ₀	32.8	10.5
St	46.1	9.0
N ₊	53.9	6.8

3.2 Transpiration

Die Wasserdampfabgabe der Schilfblätter aus den verschiedenen Versuchsgruppen differiert nicht so eindeutig wie die CO₂-Netto-Assimilations-Raten. Mit einigem Abstand zu den anderen Gruppen transpirieren die Spreiten aus den Standardgefäßen am meisten. Mangel (P₀)-, Stickstoff (N₊)- und Phosphorkulturen (P₊) lassen sich zu einer Gruppe zusammenfassen; ihre Mittelwerte weichen nur zufällig voneinander ab. Alle drei Gruppen zeigen geringere Transpirationsraten als sie von KIENDL (1953) am Freilandstandort in Berlin gefunden worden sind (gekreuzt schraffierte Säule in Abb. 3). Bezogen auf die Blattfläche geben die Blätter aus den Phosphormangelkulturen (P₀) am wenigsten Wasserdampf an ihre Umgebung ab.

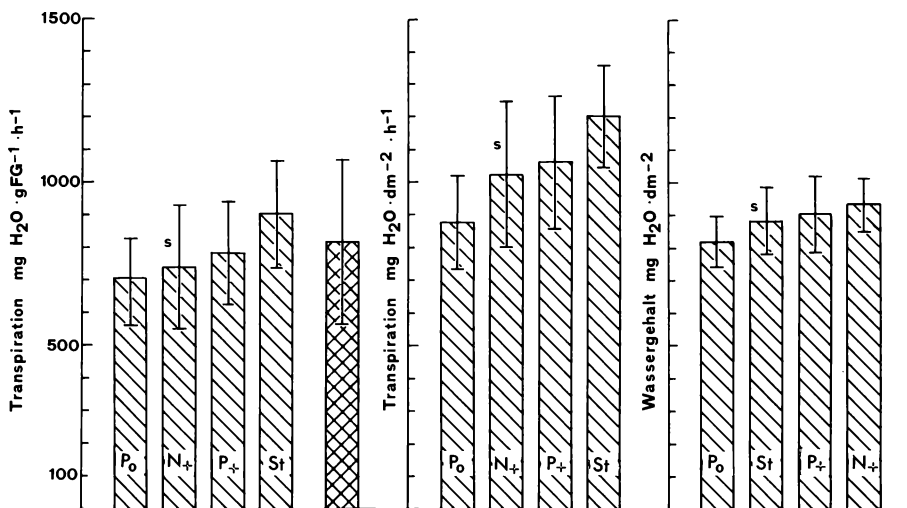


Abb. 3: Transpiration (mg H₂O · g FG⁻¹ · h⁻¹ und mg H₂O · dm⁻² · h⁻¹) und Wassergehalt (mg H₂O · dm⁻²) der Spreiten von unterschiedlich mit Stickstoff und Phosphor versorgtem Schilf.

(s = Standardabweichung, FG = Frischgewicht, Symbole P₀, N₊ ... s. Kap. 2)

Gekreuzt schraffierte Säule: Transpiration von Schilfblättern an Berliner Gewässern (übernommen von KIENDL 1953, graphisch verändert).

Eine Beziehung zwischen Gehalt an freiem Wasser und Höhe der Transpirationsrate läßt sich nur bei den P₀-Gefäßen annehmen, die im Mittel die geringsten Wassergehalte aufweisen. Die hohen Wassergehalte der Spreiten aus den N₊-Gefäßen gehen keineswegs einher mit entsprechend hohen Transpirationsraten, und die in Relation geringeren Wassergehalte der Standardgefäße (St) entsprechen nicht den hohen Transpirationsleistungen der Spreiten aus diesen Gefäßen (s. Abb. 3). In Tab. 3 sind die Ergebnisse der statistischen Mittelwertsvergleiche (einfache Varianzanalysen) zusammengefaßt.

Tab. 3: Statistiken zum Vergleich der mittleren Transpirations-Raten ($\text{mg H}_2\text{O} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) und der Wassergehalte ($\text{mg H}_2\text{O} \cdot \text{dm}^{-2}$) von Schilfblättern aus Hydrokulturen mit abgestuften Stickstoff- und Phosphorgaben.
 F-Wert: Prüfgröße der Varianzanalyse; ● = Unterschied nicht signifikant, (+) = ... annähernd signifikant, + = ... signifikant, ++ = ... gut signifikant.

	Vergleich	Freiheits- grade	F-Wert	Irrtumswahr- scheinlichkeit	
Transpiration	P ₀ / N ₊	1/13	2.03	> 10%	●
	N ₊ / P ₊	1/16	0.14	» 10%	●
	P ₊ / St	1/13	2.00	> 10%	●
	P ₀ / P ₊	1/13	3.65	< 10%	(+)
	P ₀ / St	1/10	13.87	< 1%	++
	N ₊ / St	1/13	2.84	> 10%	●
Wassergehalt	P ₀ / St	1/10	1.46	> 10%	●
	St / P ₊	1/13	0.13	» 10%	●
	P ₊ / N ₊	1/16	0.41	» 10%	●
	P ₀ / P ₊	1/13	2.40	> 10%	●
	P ₀ / N ₊	1/13	7.57	< 5%	+
	St / N ₊	1/13	1.18	> 10%	●

3.3 Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorgehalte der Blätter

Ausgedrückt in Prozent der gemittelten Trockengewichte enthalten die aus den P₊-Kulturen ausgewählten Schilfblätter (Abb. 4) am wenigsten Gesamtkohlenstoff und die Spreiten aus den nährstoffärmsten Gefäßen (P₀) am meisten. Bezogen auf die Flächen gilt: Blätter aus P₊ und P₀ enthalten weniger Kohlenstoff als die Blattspreiten aus St und N₊. Die beiden letztgenannten erreichen annähernd die gleichen Werte. Die niedrigsten Gehalte an TES-löslichem (gekreuzt schraffierte Teile der Säulen in Abb. 4) und an Protein-Stickstoff wurden in Blättern von Pflanzen aus den phosphorarmen Gefäßen gefunden. Die Spreiten aus den Kulturen mit überhöhten Phosphatkonzentrationen des Substrats (P₊) sind schon deutlich reicher an Gesamtstickstoff als die der P₀-Kulturen. Noch wesentlich höhere Gehalte werden bei den Standardkulturen festgestellt, und erwartungsgemäß lassen sich in den Spreiten der mit den hohen Stickstoffgaben versorgten Pflanzen die größten Stickstoff-Mengen nachweisen. Der Anteil des TES-löslichen Stickstoffs am Gesamt-Stickstoffgehalt ist bei den drei letztgenannten Versuchsgruppen nicht unterschiedlich. Die Phosphorgehalte von Blättern der Pflanzen aus entphosphatisiertem Wasser (P₀) ist am niedrigsten. Etwa die doppelte Menge findet sich in den Spreiten der Standardpflanzen (St). Noch höhere Gehalte werden in den Blättern der Stickstoff-pflanzen (N₊) gefunden, und bei weitem am reichsten an Phosphor sind die Blätter aus den mit Phosphor überdüngten Gefäßen (P₊). In Abb. 4, Teil B sind zusätzlich die Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen der Nährlösungen über den Gehaltsangaben dargestellt. Parallel mit dem Anwachsen der Konzentrationen bis zu 60.5 mg · l⁻¹ steigen auch die Stickstoffgehalte der Spreiten an. Eine Steigerung der Nährlösungs-Konzentration auf das Vierfache dieses Wertes bewirkt allerdings keinen entsprechend hohen Anstieg der Blatt-Gehalte; hier setzt sich lediglich die Zunahme annähernd linear fort. Bei Phosphat scheint im Bereich der niedrigeren Konzentrationen kein Zusammenhang zwischen Angebot in den Nährlösungen und Blattgehalten zu bestehen. Eine extreme Erhöhung der Konzentration bewirkt allerdings starke Anreicherungen.

Die Gesamt-Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorgehalte der Spreiten, die an sechs Standorten an Berliner Gewässern gesammelt worden sind (schraffierte Säulen in Abb. 4), liegen in der gleichen Größenordnung wie die Werte von den Standard (St)- und Stickstoffkulturen (N₊) der Versuchsanlage, während die Daten von den Spreiten aus den phosphatarmen (P₀) und aus den sehr reichlich mit Phosphat versorgten Kulturen (P₊) erheblich von denen der natürlichen Standorte abweichen.

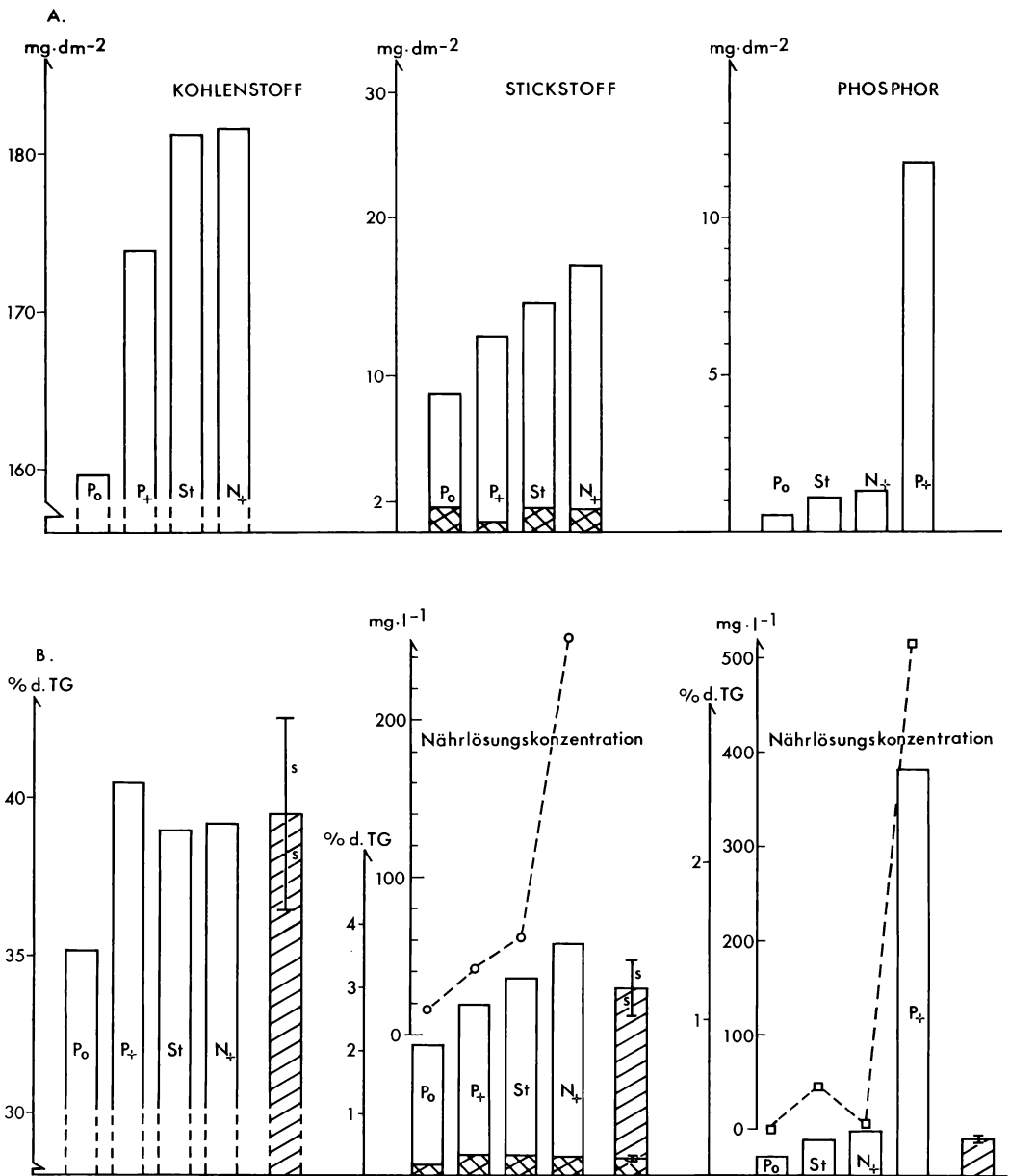


Abb. 4: Gesamt-Kohlenstoff-, -Stickstoff- und -Phosphorgehalte von Schilfblättern aus Hydrokulturen im Vergleich zu Gehalten von Blättern an eutrophierten Gewässern (Abb.-Teil A., einfach schraffierte Säulen) und im Vergleich zu den Nährstoffkonzentrationen zu Beginn des Versuchs (Abb.-Teil B.).
 A.: Gehalte bezogen auf die einseitige Blattfläche. B.: Gehalte in % des Trockengewichtes.
 (P₀, P₊, St, N₊ ... s. Kap. 2; gekreuzt schraffierte Säulen: Gehalte an TES-löslichem Stickstoff). (Aus: OVERDIECK u. RAGHI-ATRI 1976).

4. Diskussion

Am vergleichsweise nährstoffarmen Neusiedler See hat BURIAN (1973) CO_2 -Netto-Assimilations-Raten gefunden (Abb. 2, gekreuzt schraffierte Säule), wie sie in ähnlicher Größenordnung auch an den Blättern aus den Versuchsgefäßen mit der geringsten Phosphat- und Gesamtstickstoff-Versorgung gemessen werden konnten. Man muß allerdings berücksichtigen, daß unsere Versuchspflanzen während der Messung konstant über die Strahlungssättigung der CO_2 -Assimilation hinaus künstlich bestrahlt worden sind, während das Schilf am Neusiedler See häufig vermutlich auch schwächer bestrahlt war und sich so die dort durchschnittlich niedrigeren Assimilations-Raten erklären lassen. Dennoch macht der Vergleich deutlich, daß Schilf auch bei einem geringeren Angebot der beiden Nährelemente Stickstoff und Phosphor gut wüchsig ist. Eine verstärkte Stickstoffzufuhr bewirkt gesteigerte CO_2 -Netto-Assimilations-Raten, keineswegs aber höhere Atmungsverluste. Die von den Blättern der Pflanzen in den stickstoffreichsten Gefäßen aufgenommenen CO_2 -Mengen waren im Vergleich zu den Raten am natürlichen Standort (Neusiedler See) so groß, daß von einem "überhitzten" Stoffwechsel gesprochen werden kann. Die Atmungsverluste fallen bei den in ihrer Nettoassimilation leistungsschwächeren Pflanzen aus den mit Phosphat überdüngten und den nährstoffarmen Gefäßen stärker ins Gewicht, obwohl sich die Mittelwerte der CO_2 -Dissoziation von Gruppe zu Gruppe nur unwesentlich voneinander unterscheiden. Nur die mit sehr wenig Phosphat versorgten Pflanzen weisen eine durchschnittlich etwas geringere CO_2 -Respiration auf als die übrigen; ihre Gesamtbilanz ist daher relativ günstig. Auch hierin zeigt sich, daß Schilf in sehr nährstoffarmem Wasser gedeihen kann.

Die Transpirationsraten sind - wie bei einem "emersen Hydrophyten" (GESSNER 1959) zu erwarten - bei allen Versuchsgruppen groß. Im internen Vergleich liegen die Werte bei den Pflanzen mit den größten Blattflächen und den höchsten CO_2 -Netto-Assimilations-Gewinnen, den N_4 -Pflanzen, sehr niedrig. Die starke Versorgung mit Stickstoff könnte die osmotischen Verhältnisse im Assimilations-Gewebe nachhaltig beeinflussen haben; es wird überdurchschnittlich viel Wasser zurückgehalten (hohe Wassergehalte). Dementsprechend transpirieren auch die mit Phosphat übersättigten Pflanzen weniger als die "normal" ernährten in den Standardgefäßen; auch sie sind vergleichsweise wasserreich. Die relativ stickstoff-, vor allem aber phosphorarmen Pflanzen haben die wasserärmsten Spreiten. Sie geben allerdings auch am wenigsten Wasserdampf an ihre Umgebung ab. Trotz des ungünstigen Nährstoffangebots werden hier anscheinend physiologisch günstige Konzentrationen in den Geweben aufrechterhalten. Die von KIENDL (1953) mit Hilfe der Schnellwägemethode an zwei Berliner Standorten gefundenen Raten liegen im Mittel deutlich über denen der drei letztgenannten Gruppen. Man kann annehmen, daß zur Zeit der Untersuchungen von KIENDL (1953) das Phosphor- und Stickstoffangebot in den Berliner Seen noch wesentlich geringer gewesen ist als 1975.

Auf Grund der Ergebnisse der chemischen Analysen läßt sich das Schilf aus der Versuchsanlage den Beständen an eutrophen, großstadtnahen Flachlandseen gegenüberstellen: Zwei Probennahme-Standorte lagen am Tegeler See mit einem Gesamtstickstoff-Gehalt von $6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Mittel der Sommerhalbjahre 1969-1973, s. Gewässerkundliche Jahresberichte des Landes Berlin) und einem Phosphatgehalt von $3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. An den übrigen Standorten sind zwischen 1.4 (Oberhavel) und $4.3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Unterhavel) Phosphat festgestellt worden. Die dort gesammelten Blattproben enthalten Gesamt-Stickstoff in ähnlich großen Mengen wie die Proben aus den Versuchsgefäßen mit den höchsten Stickstoff-Gaben. Auch der Phosphorgehalt der Schilfblätter aus den Berliner Röhrchen ist etwa so hoch wie bei den mit mittleren Phosphatgaben versorgten Pflanzen des Gefäßversuchs. Die elementaren Stoffwechselvorgänge, die von der Stickstoff- und Phosphorzufuhr abhängen, können in den Pflanzen an den belasteten Gewässern ähnlich intensiv ablaufen wie in dem mit diesen beiden Nährelementen reichlich versorgten Schilf der Versuchsanlage.

Wie BORNKAMM u. RAGHI-ATRI (1978) gezeigt haben, ist bei einer fortschreitenden Eutrophierung eines Gewässers vor allem das wachsende Stickstoffangebot verantwortlich für größere Halmhöhen, Halmdurchmesser und Blattflächen, aber auch für die geringere Standfestigkeit (weniger Sklerenchym) und größere Anfälligkeit gegenüber Schädlingen. Durch Konzentrationen $> 1.4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ Nitratstickstoff im Wasser - unter der Voraussetzung eines ausreichenden Angebots aller anderen Nähr- und Spurenelemente - werden bereits Stickstoffkonzentrationen in den Assimilationsgeweben erreicht, die überdurchschnittliche CO_2 -Aufnahme-Raten und damit ein übersteigertes Wachstum zur Folge haben.

Zwischen CO_2 -Gaswechsel und Phosphatangebot besteht kein so enger Zusammenhang, wie er bei Stickstoff nachzuweisen ist. Außerdem scheint eine andere Beziehung zwischen o-Phosphat des Wassers und Phosphorgehalt der Blätter zu existieren als zwischen Nitrat-/Ammoniumangebot und Stickstoffgehalt der Spreiten: In den photosynthetisch aktivsten Spreiten aus den Kulturgefäßen mit den höchsten Stickstoffgaben ist trotz eines geringen Phosphat-Angebots mehr Phosphor gefunden worden als in den weniger aktiven Standardpflanzen mit einem etwas höheren Phosphat-Angebot.

Die Schädigung des Schilfs durch sehr hohe Phosphorgaben ist, gemessen an der CO_2 -Netto-Assimilation, eindeutig, wenn auch graduell sehr unterschiedlich. Ein Teil der Spreiten hat sogar noch durchschnittlich gut assimiliert (s. Abb. 2: Streuungen bei P_4), ein anderer muß als "nahezu tot" bezeichnet werden. Kurzfristige, geringe Erhöhungen der Phosphatkonzentration eines Gewässers würde wahrscheinlich nur indirekt über ein vermehrtes Algenwachstum und die dadurch entstehenden belastenden Algenwatten Schilf-Röhrchen schädigen, wenn das Stickstoffangebot unverändert bleibt. Nur wenig mehr Stickstoff im Gewässer regt das Schilf zu verstärktem Wachstum an, fördert aber gleichzeitig seine Empfindlichkeit gegenüber mechanischen Belastungen und gefährdet damit die Röhrchen.

Literatur

- BORNKAMM R., RAGHI-ATRI F., 1978: Wachstum und Inhaltsstoffe von Schilf bei abgestuften Gaben von Stickstoff, Phosphat und Bor. Verh. Ges. f. Ökologie (Kiel 1977).
- BURIAN K., 1971: Primary production, carbon dioxide exchange and transpiration in *Phragmites communis* TRIN. on the lake Neusiedler See, Austria. Hidrobiologia 12: 203-218.
- , 1973: *Phragmites communis* TRIN. im Röhricht des Neusiedler Sees. Wachstum, Produktion und Wasserverbrauch. In (Ed. H. Ellenberg): Ökosystemforschung: 60-78. Berlin/Heidelberg/New York (Springer).
- GESSNER F., 1959: Hydrobotanik. Die physiologischen Grundlagen der Pflanzenverbreitung im Wasser. II. Stoffhaushalt. Berlin.
- KIENDL J., 1953: Zum Wasserhaushalt des *Phragmitetum communis* und des *Glycerietum aquaticae*. Ber. Dt. Bot. Ges. 66: 246-262.
- KOCH W., KLEIN E., WALZ H., 1968: Neuartige Gaswechsel-Meßanlage für Pflanzen in Laboratorium und Freiland. "Siemens-Zeitschrift" 42: 392-404.
- LANGE O.-L., SCHULZE E.-D., 1971: Measurement of CO₂ gas-exchange and transpiration in the beech (*Fagus silvatica* L.). Ecol. Studies 2: 16-28.
- OVERDIECK D., RAGHI-ATRI F., 1976: CO₂-Netto-Assimilation von *Phragmites australis* (CAV.) TRIN. ex STEUD.-Blättern bei unterschiedlichen Mengen an Stickstoff und Phosphor im Nährsubstrat. Angew. Botanik 50: 267-283.
- RAGHI-ATRI F., BORNKAMM R., 1978: Wachstum und chemische Zusammensetzung von Schilf im Freiland bei unterschiedlicher Gewässerbelastung. Verh. Ges. f. Ökologie (Kiel 1977).

Adresse

Dr. Dieter Overdieck
Institut f. Ökologie (Botanik), TU
Rothenburgstr. 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): Overdieck Dieter

Artikel/Article: [C02-Gaswechsel und Transpiration von Schilf bei abgestuften Stickstoff- und Phosphorgaben 369-376](#)