

Naturraumpotential Neusiedler See
Auswirkungen des Grünschnittes auf den Schilfgürtel

**PRODUKTIONS BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN
AN PHRAGMITES-BESTÄNDEN
IM GESCHLOSSENEN SCHILFGÜRTEL
DES NEUSIEDLER SEES**

von **H. SIEGHARDT** und **R. MAIER**

Projektleiter: Univ. Prof. Dr. Karl BURIAN
Mitarbeiter: Univ. Doz. Dr. Rudolf MAIER
Dr. Helmuth SIEGHARDT
Dr. Oswald HAMMER
Gerhard TEUSCHL

Anschrift der Verfasser: Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien
Althanstraße 14, A-1090 Wien

1. Einleitung

Die in den letzten Jahren wieder viel diskutierte Frage, ob durch gezielte Maßnahmen (z. B. Schilfschnitt/Schilfverwertung) die Eutrophierung des Neusiedler Sees (man spricht in diesem Zusammenhang von annähernd 100 Jahrestonnen Gesamtphosphoreintrag in den See) verringert und damit das Ökosystem stabilisiert werden kann, hat sowohl bei Wissenschaftlern als auch bei Naturschützern das gemeinsame Streben nach Interessenausgleich von Ökonomie und Ökologie im Sinne der Erhaltung des Lebensraumes „Neusiedler See“ neu aktualisiert. Mit der Gründung der „Arbeitsgemeinschaft Gesamtkonzept Neusiedler See“ (AGN) im Jahre 1980 wurde der Versuch unternommen, in gemeinschaftlicher Verantwortung Strategien zur „Rettung des Neusiedlersees und seines Schilfgürtels“ zu erarbeiten (vgl. GROSINA, 1983).

Im Vordergrund pflanzenphysiologischer Untersuchungen über die Stoffproduktion von Phragmites im geschlossenen Schilfgürtel des Neusiedler Sees stand die Frage (Arbeitshypothese), ob durch eine großflächige Ernte grünen Schilfs (Sommerschnitt) dem See ohne allzugroßen Schaden jene Menge an Nährstoffen entzogen werden kann, die zu einer Restaurierung notwendig ist. Zur Beantwortung bzw. Lösung dieses spezifischen Problems mußten die Forschungen in mehrere Richtungen durchgeführt werden:

- + Produktionsbiologische Untersuchungen über Wachstum und Stoffproduktion von Phragmites;
- + Vergleichsstudien an naturnahen (unbewirtschafteten) und bewirtschafteten (im Winter geschnittenen) Schilfbeständen;
- + Auswirkungen eines großflächigen Sommerschnittes auf Entwicklung und Biomasseproduktion von Phragmites-Beständen;
- + Untersuchungen zum Mineralstoffhaushalt von Phragmites; Bestimmungen des Nährstoffgehaltes in erntbaren Schilfteilen.

Anhand der vorliegenden Ergebnisse¹⁾ soll versucht werden, die Rolle von Phragmites im Ökosystem „Schilfgürtel“ darzustellen und zielführende Maßnahmen für ein Erntemanagement zu beschreiben.

2. Material und Methodik

2.1. Das Schilfrohr [*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel]

2.1.1. Zur Morphologie und Physiologie der Schilfpflanze

Die enorme Biotopbreite, die große morphologisch-anatomische und physiologische Variabilität des Schilfs und die Fähigkeit, unter den gegebenen Standortbedingungen ausgedehnte monospezifische Bestände zu bilden, unterstreichen die Sonderstellung der zu den Gräsern zählenden Gattung *Phragmites* (vgl. BJÖRK, 1967; HÜRLIMANN, 1951; RODEWALD-RUDESCU, 1974); sie ist Hauptbestandteil eines landschaftsformenden Makrophytengürtels am Neusiedler See. Seine weite Ausdehnung (CSAPLOVICS, 1982, gibt die Größe des auf österreichischem Staatsgebiet befindlichen Schilfgürtels derzeit mit 103 km² an) ist durch die hauptsächlich vegetative Vermehrung dieser Pflanze durch Rhizomausläufer zu verstehen. Eine generative Vermehrung ist prinzipiell zwar möglich, doch geht die Mehrzahl schwimmender Samen bald zugrunde. Die rein vegetative Vermehrung führt zur Ausbildung zahlreicher, gut differenzierter Klone, von denen GEISLHOFER und BURIAN (1970) eine größere Anzahl unterscheiden konnten.

¹⁾ Abbildungen siehe Anhang

Die Abb. 1 zeigt die morphologische Gliederung einer voll entwickelten Schilfpflanze. Die Rhizome, morphologisch mehr oder weniger verdickte Sproßachsen, dienen in der Hauptsache als Speicherorgane für die in den Blättern gebildeten Photosynthate, in der Mehrzahl Kohlenhydrate. Je nach Substratspezifität und Bodenwassergehalt wachsen diese Organe mehrere Dezimeter in den Boden ein und bilden eine in seiner Dicke wechselnde Rhizomschichte aus. Im Bereich des Purbacher Schilfgürtels konnten bis zu drei Rhizomhorizonte festgestellt werden. Die eigentlichen Rhizomwurzeln, die aus Gruppen von Adventivwurzeln bestehen, entspringen aus den Knoten dieser unterirdischen Organe.

Divergenz herrscht unter den Autoren hinsichtlich des Alters der Rhizome: BJÖRK und GRANÉLI (1978), DYKYJOVÁ und KVĚT (1970), FIALA (1973 a und b und 1976), HASLAM (1970), WESTLAKE (1965 und 1968) geben ein Durchschnittsalter von 3 — 6 Jahren an, SZCZEPAŃSKI (1969) spricht von 8 — 10 Jahren. Eine genaue Altersbestimmung scheint deshalb schwierig, weil die unterirdische Biomasse von Phragmites das Ergebnis einer mehrjährigen Produktion ist, die Feldmethoden zur Bestimmung der Nettoproduktion (= jährlicher Nettozuwachs an Biomasse) z. T. beträchtlich variieren und sog. „Kulturmaßnahmen“ (z. B. Bewirtschaftung größerer Areale) die Wachstumsgeschwindigkeit der Rhizomausläufer beeinflussen können. Erste methodische Ansätze zur Quantifizierung der unterirdischen Biomasse mit Hilfe der Bohrkernanalyse werden derzeit überprüft (vgl. SIEGHARDT et al., 1984).

Eine für die halbsubmers lebende Schilfpflanze typische morphologische Erscheinung sind die Adventivwurzeln. Das Auftreten dieser Organe hängt in erster Linie davon ab, ob und wie lange die basalen Internodien des Halmes vom Wasser bedeckt sind. Diese Wurzeln dienen vor allem zur Ionenaufnahme aus dem Wasser. Nach den Angaben von DYKYJOVÁ (1973) kann durch sie die Effizienz der Mineralstoffaufnahme bis zum Zehnfachen der Aufnahme durch die Wurzeln alleine gesteigert werden.

Der kräftige, durch Cellulose und Kieselsäure versteifte Schilfhalm dient als Trägerorgan der Blätter und Infloreszenz. Sein Habitus ist geprägt durch lange Internodien, deren Zahl meist direkt proportional der Länge des Schilfhalmes ist (vgl. Abb. 9). Der Schilfhalm ist hohl; die Internodien sind durch eine parenchymatische Gewebeplatte (Diaphragma), die von den Knoten gebildet wird, voneinander getrennt. Am voll entwickelten Halm sitzen in der Regel 12 — 16 Blätter, die, typisch für das Grasblatt, in Blattscheide, Blattspreite und die sogenannte Ligula, die in Form eines mehrreihigen Haarkranzes ausgebildet ist, gegliedert sind. Eine Besonderheit sind die häufig anzutreffenden „Ersatztriebe“. Dabei handelt es sich um ein Wiederaufrichten von nach einer Verletzung niedergedrückten oberen Halmteilen. Ermöglicht wird dies durch eine am Grund jeder Blattscheide befindliche interkalare Wachstumszone (Gelenkknoten), die das Wiederaufrichten herbeiführen kann. Die Blattspreite entspricht morphologisch und anatomisch dem Gramineentypus. Die Fahne (Blütenstand = Infloreszenz) erscheint in der Regel in der Zeit zwischen Mitte und Ende Juli und signalisiert den Abschluß der vegetativen Entwicklung. Die Infloreszenz ist eine aus zahlreichen Ährchen zusammengesetzte, reich verzweigte Rispe. Die Einzelblüten selbst entsprechen in ihrem Aufbau dem Schema der Gramineenblüte.

Das grüne Blatt ist die eigentliche „biochemische Fabrik“ zur Bildung energiereicher Zwischenprodukte, die sowohl im Betriebsstoffwechsel (Prozeß der Energiegewinnung) als auch im Baustoffwechsel (Aufbau zelleigener Substanzen) Verwendung finden. Von zentraler Bedeutung ist dabei die Photosynthese, jener Prozeß, bei dem mit Hilfe des Blattgrüns (Chlorophyll), Kohlendioxid und Wasser, absorbierte Strahlungsenergie in Form von energiereichen organischen Verbindungen festgelegt wird (vgl. Abb. 1 B). Nach Untersuchungen von BURIAN (1973) ist die photosynthetische Leistung von Phragmites vor allem in der ersten

Hälfte der Produktionsperiode sehr hoch: im Mittel werden in der Zeit zwischen Mitte Mai und Mitte Juli 24 bis 30 kg oberirdische Trockenmasse pro ha und Lichtstunde gebildet (Nettogewinn der Produktivität). Offenbar wird während dieser Zeit zu gleichen Teilen in die ober- und unterirdischen Organe investiert. Erst später (Ende Juli —August) wird der Überschuß an Assimilaten in die unterirdischen Organe verlagert. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird ein Teil dieser Energiereserven noch in die „Herbstschößlinge“ investiert. Eine weitere Besonderheit des Schilfrohes ist die unterschiedliche Photosynthese-Intensität in der Vertikalgliederung der Assimilationsfläche am Schilfhalm. Vergleicht man die Photosynthese-Aktivität hinsichtlich der Blattinsertion am Einzelhalm, so läßt sich ein Gradient von der Basis zur Spitze feststellen: die Blattmittelzone erbringt die größte photosynthetische Leistung, während die jüngsten, an der Spitze des Halmes befindlichen Blätter, eine geringe Photosyntheseleistung zeigen. Diese Mittelzone ist zugleich auch jene mit der stärksten Transpirationsrate. Nach den Angaben von TUSCHL (1970) und RYCHNOVSKÁ (1978) beträgt die tägliche Transpirationsleistung eines durchschnittlichen Schilfbestandes zwischen 5 und 8 kg Wasser pro m² in der Vegetationsperiode. Phragmites bleibt also hinsichtlich des Photosyntheseverhaltens bzw. der CO₂-Aufnahme durchaus im Rahmen mitteleuropäischer Wildgräser (z. B. Schwingel und Quecke), die ähnlich hohe Leistungen vollbringen können.

2.2. Die Charakteristik der Schilfstandorte

Als 1981 im Rahmen des AGN-Projekts mit den periodischen Schilfernten im Purbacher Schilfgürtel begonnen wurde, konnte bereits auf Erfahrungswerte aus früheren Untersuchungen im Schilfgürtel bei Rust/See (Projektstudie im Rahmen des Internationalen Biologischen Programmes, vgl. BURIAN, 1973; MAIER, 1973; SIEGHARDT, 1973) zurückgegriffen werden, die die Feldarbeiten aus praktischer Sicht erleichtern sollten. Sehr bald mußte jedoch erkannt werden, daß die Auswahl der Erntestandorte, sollten sie zur Charakterisierung der Produktionsverhältnisse im Schilfgürtel repräsentativ sein, sehr schwierig werden würde. Die enorme Breite des Purbacher Schilfgürtels (Transektlänge ca. 3,5 km) und das mosaikartig aufgelockerte Bild zahlreicher, in sich geschlossener, kleinerer Schilfflächen innerhalb des Schilfgürtels sind die typischen Merkmale dieser monospezifischen Gesellschaft. In der Folge wurden 3 Standorte ausgewählt, die auch der Limnologie als Basisstationen für ihre Untersuchungen dienen:

- + Erntegebiet 1: inmitten der landseitigen Randzone des Schilfgürtels gelegen; ein Gebiet kontinuierlicher Verlandung, geringem Wasserstand und zunehmender Konkurrenz für Phragmites. Dieses Gebiet ist als Standort 1 für die periodischen Schilfernten und die chemische Analytik ausgewiesen.
- + Erntegebiet 2: im zentralen Teil des Scirpo-Phragmitetum; ständig überflutet von humatreichem, bräunlich-klaarem Wasser; Phragmites wächst hier halbsubmers, begleitet vom wurzellosen Wasserschlauch (*Utricularia vulgaris*) und der Wasserlinse (*Lemna trisulca*); an größeren, offenen Wasserstellen siedelt der Rohrkolben (*Typha angustifolia*) und tritt hier in Konkurrenz zu Phragmites. Die Ausbildung eines für die Ionenaufnahme geeigneten und z. T. sehr dichten Adventivwurzelgeflechtes an den vom Wasser zeitweilig oder dauernd bedeckten Knoten des Schilfhalmes ist sehr typisch. In diesem Gebiet befindet sich der Erntestandort 3 (ober- und unterirdische Biomasseerhebung und chemische Analytik).
- + Erntegebiet 3: innerhalb der seeseitigen Randzone des Schilfgürtels im unmittelbaren Einfluß des offenen Sees und des Wellenschlages; Phragmites bildet hier artspezifische Reinbestände, die vor allem durch sehr geraden Wuchs der Einzelhalme, geringe Seitensproßbildung und hohe Wuchsleistung der einzelnen Klone gekennzeichnet sind (vgl. GEISLHOFER und BURIAN, 1970). Der Erntestandort 5 befindet sich in dieser Zone.

2.3. Durchführung der Freilanduntersuchungen (Erntestudien und Probenwerbung für die chemische Analytik)

In den Vegetationsperioden 1981 und 1982 wurden entlang eines Transekts von der landseitigen Randzone bis zur seeseitigen Progressionszone des Schilfgürtels an insgesamt drei Stellen die biometrischen Größen und Primärdaten erhoben (vgl. Abb. 2 und 3). Im Jahr 1983 erfolgte die methodische Überprüfung anhand ausgewählter Erntequadrate sowohl in ungeschnittenen als auch in geschnittenen Phragmites-Beständen. Die Probenwerbung für die chemischen Analysen fand mit der Ernte der oberirdischen Organe des Schilfrohrs statt.

- a) Periodische Schilfernten in geschnittenen und ungeschnittenen Röhricht-Beständen: in ca. 2-4wöchigem Ernterhythmus von April — Oktober/ November (1981 und 1982); Auswahl der Erntequadrate nach „random sampling technique“ (zur Methodik vgl. SIEGHARDT, 1981). Bestimmung spezifischer Wachstums- und Produktionsparameter im Freiland und Labor; Pegelstandsmessungen am Standort.
- b) Analytik der chemischen Parameter erntbarer Schilforgane: Probenwerbung im Freiland (Mischproben von Blättern, Halmen, Rhizomen und Wurzeln); untersuchte Makronährstoffe: Gesamtstickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium und Calcium (Angaben in % Trockenmasse). Die Methodik der Nährstoffanalysen richtet sich nach den Analysenvorschriften landwirtschaftlicher Bundesanstalten (vgl. MAIER, 1982).
- c) Großflächiger Grünschnitt von Phragmites (1981 und 1982): Überprüfung der Testflächen auf bestandesstrukturelle Veränderungen der Nachfolgegengeneration und mögliche Folgeschäden durch maschinellen Geräteeinsatz (z. B. Vitalitätseinbußen verbunden mit größeren Produktionsausfällen); Wahl des richtigen Zeitpunktes für die optimale Ernte der oberirdischen Biomasse von Phragmites.

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisse der Wachstumsanalyse in unbewirtschafteten und bewirtschafteten Schilfbeständen

3.1.1. Bestandesdichte und Bestandeshöhe von Phragmites (Auswirkungen auf den „standing crop“)

Die höchste Halmdichte (Alt- und Jungschilf) konnte in ungeschnittenen Schilfbeständen der Zentralzone des Scirpo-Phragmitetum (Erntestandort 3) mit mehr als 230 Halmen pro m² festgestellt werden. Nur etwa 30 % der Gesamthalmzahl entfallen auf das Jungschilf, das zum Höhepunkt der oberirdischen Trockenmasse mit einer mittleren Bestandesdichte von 69 Halmen pro m² zu den am schwächsten bestockten Schilfflächen dieser Zone gehört. Dies ist eine der Ursachen für die im Vergleich zur landseitigen Progressionszone des Schilfgürtels geringere oberirdische Stoffproduktion; im Mittel macht sie nur 75 % der Produktion von Zone 1 aus.

Das Gebiet der landseitigen Schilfzone ist durch wesentlich höhere Bestandesdichten als in Zone 3 ausgewiesen; mit 55 % (= 105 Halme) ist der Anteil an Junghalmen um ca. 2/3 höher. Der „standing crop“ ist mit über 1200 g Trockenmasse der höchste aller drei Standorte.

Die seeseitig exponierte Randzone des Schilfgürtels (Erntestandort 5) nimmt in diesem Fall eine Mittelstellung ein; 77 Halme pro m² (Sommerschilf) und eine mittlere oberirdische Produktion von 1066 g pro m² (ungeschnittenes Schilf) weisen diese Bestände als typische Vertreter des Scirpo-Phragmitetum phragmitosum aus (Abb. 3; WEISSER, 1970).

Die wichtigsten Unterschiede zwischen bewirtschaftetem und unbewirtschaftetem Schilf liegen in der größeren Bestockungsdichte, der stets höheren oberirdischen Stoffproduktion und in den höheren LAI-Werten (leaf area index) des geschnittenen Bestandes (vgl. Abb. 3 und 9). Eine Ursache ist wahrscheinlich im besseren Lichtklima zu suchen, weil die jungen Schößlinge bzw. Halme nicht von den Althalmen beschattet werden (HÜBL, 1966). Eine ungehinderte Sonneneinstrahlung, verbunden mit einer besseren Erwärmung des Wassers und des Bodens könnte in geschnittenen Beständen bessere Startbedingungen schaffen und damit den schnelleren Austrieb der neuen Schilfgeneration veranlassen. So berichten auch DYKYJOVÁ und HRADECKÁ (1976), daß die Sprosse an einem litoralen Standort mit hohen Wasser- und Bodentemperaturen früher austreiben als an einem limosalen Standort (vgl. MOOK und van der TOORN, 1982).

Im einzelnen liegt die Ursache für die höhere oberirdische Stoffproduktion geschnittenen Schilfs in einer höheren Halmzahl pro Flächeneinheit, wobei die standortsabhängigen Unterschiede in den jeweiligen Erntequadraten nicht so ausgeprägt sind wie in ungeschnittenen Beständen, und in einem unterschiedlichen idealisierten Einzelhalmgewicht. Nach den Untersuchungen von KLÖTZLI (1973) und KRISCH et al. (1979) scheinen manche ungeschnittenen Röhrichte eine höhere Produktion zu haben. Beide Autoren führen dies vor allem auf die Schutzfunktion der vielen Althalme und Überstände gegen allzu große Temperaturextreme und mechanische Schäden (z. B. Wellenschlag) zurück.

In allen Fällen ist die landseitige Randzone des Schilfgürtels jenes Gebiet mit dem höchsten durchschnittlichen Sproßgewicht und standing crop. Ob durch die relative Nähe landwirtschaftlich genutzter Kulturlächen mit größeren Auswirkungen auf die Schilfpflanzen zu rechnen ist (z. B. auf das Wachstum und die chemische Zusammensetzung des Schilfs in Abhängigkeit von der Eutrophierung), kann derzeit nicht mit Sicherheit gesagt werden (vgl. RAGHI-ATRI und BORNKAMM, 1979; SUKOPP und MARKSTEIN, 1981).

Aus den vorliegenden Ergebnissen lassen sich auch im Hinblick auf die Stoffproduktion von Phragmites mehrere Schlußfolgerungen ableiten:

- + die unterschiedliche Bestockungsdichte pro Flächeneinheit hat sowohl in nicht geschnittenen wie in geschnittenen Beständen Auswirkungen auf die oberirdische Stoffproduktion (standing crop).
- + Junghalme unbewirtschafteter Schilfbestände konkurrieren mit den Althalmen bzw. Überständen, die bei Phragmites mehrere Jahre stehen bleiben und zur Bildung der sogenannten „Knickschichte“ führen, um den Faktor Licht. Schilfhalme der Erntezone 2 werden im Durchschnitt 10 bis 20 % höher als die der Erntezonen 1 und 3 (vgl. Abb. 5 und 7).
- + Das stärkere Längenwachstum ungeschnittenen Schilfs wird in erster Linie durch eine stärkere Internodienstreckung des Schilfhalmes erzielt und nicht durch vermehrte Blatt- und Internodienneubildung. Neueste Forschungsergebnisse lassen vermuten, daß das Lichtklima in natürlichen Beständen für das stärkere Längenwachstum junger Sprosse, die sich zwischen den Althalmen und Überständen den „Weg ans Licht“ erst erobern müssen, mitbestimmend ist: die Autoren MANDOLI und BRIGGS (1984) vermuten im Phytochrom (Hellrot/Dunkelrot-System) den eigentlichen Sitz dieser Photoperzeption; sie glauben, daß das „Dunkelrot-Environment“ beschatteter Pflanzen ein stärkeres Streckungswachstum induziert.
- + Der höchste Anteil an Junghalmen (Sommerschilf) pro Grundfläche läßt sich in der landseitigen Randzone des Schilfgürtels feststellen; eine Ausnahme bilden lediglich geschnittene Bestände in der seeseitig exponierten Zone. Diese Bestände sind sowohl mikroklimatisch als auch edaphisch begünstigt, ein Umstand, der sich auch in einer höheren oberirdischen Stoffproduktion erkennen läßt (Abb. 3).

- + Die Bestandesstruktur geschnittener Schilfflächen ist homogen; die Halmdichte ist in allen drei untersuchten Erntezonen annähernd gleich hoch; lediglich Schilfflächen der seeseitigen Randzone haben im Durchschnitt eine höhere Bestandesdichte. Der größte Unterschied in der Halmdichte zwischen geschnittenen und nichtgeschnittenen Beständen ist in den Erntezonen 2 und 3 festzustellen. Die höhere Stoffproduktion im geschnittenen Bestand scheint hauptsächlich auf einer höheren Halmzahl pro Flächeneinheit zu beruhen.

3.1.2. Frischmasse- und Trockenmasseanalysen

Aus methodischen Gründen wurde im festgelegten Ernterhythmus von Mai bis September/Okttober nur die Halm- und Blattmasse bestimmt. Aus den vorliegenden Primärdaten wurden die spezifischen Parameter der Produktion und Produktivität errechnet. Im folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse dieser Analysen dargestellt (vgl. SIEGHARDT et al., 1984).

Die saisonalen Änderungen in der oberirdischen Stoffproduktion von *Phragmites* (Abb. 3 und 4) sind das Ergebnis eng miteinander verwobener Beziehungen mikroklimatischer Faktoren mit dem stoffwechselphysiologischen Geschehen in der Pflanze. Vergleicht man die drei Standorte, so fällt auf, daß trotz hoher Unterschiede im standing crop die Frischmassemaxima stets vor den Trockenmassemaxima erreicht werden. Der Höhepunkt der Frischmasseentwicklung — zeitlich eng begrenzt auf ca. 1 — 2 Wochen im Juni — fällt mit der höchsten photosynthetischen Aktivität der Schilfpflanzen zusammen. Wie BURIAN (1973) feststellen konnte, ist die Bandbreite der Temperatur-Strahlungs-Abhängigkeit der CO₂-Aufnahme im Juni wesentlich größer als im Mai. Das Nutzungsniveau ist trotz hoher Temperaturen im Bestand relativ hoch. Der steile Anstieg der Frischmassekurven ist durch das intensive Internodienwachstum und die rasche Blattentfaltung bedingt. Bemerkenswert erscheint der steile Abfall der Frischgewichtskurven, der in erster Linie auf das höhere Sättigungsdefizit der erwachsenen Blätter und die beginnende Seneszenz der basalen Blätter zurückzuführen ist. Der Sproßaustrrieb dürfte aber bei *Phragmites* in mehreren Phasen während der Vegetationsperiode ablaufen. Besonders deutlich wird dies in ungeschnittenen Schilfbeständen (Abb. 3). Der zweite Gipfel der Frischgewichtskurven Ende August/Anfang September signalisiert einen zweiten Neutrieb junger Sommer/Herbstschößlinge, die aber nicht mehr zur vollen Entwicklung, d. h. bis zur Infloreszenzbildung gelangen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird dabei ein Teil des Assimilatüberschusses in diesen Neutrieb junger Sprosse investiert, der ja nach den Beobachtungen von BURIAN (1973) etwa ab Juli/August verstärkt der Untergrundmasse zugute kommt.

Ein ganz ähnliches Bild zeigt die jahreszeitliche Änderung der oberirdischen Trockenmasse; eine nicht so starke Zunahme in der ersten Hälfte der Produktionsperiode bis zum Erreichen des Trockenmassemaximums. Dieses wird aber durchschnittlich später erreicht als das der Frischmasse (Abb. 4). Der Abfall der Trockengewichtskurven im Herbst scheint jedenfalls nicht im selben Ausmaß zu erfolgen wie der der Frischmasse. Als Ursachen können einerseits das erhöhte Wassersättigungsdefizit und andererseits die stete Trockengewichtszunahme des Schilfhalmes angeführt werden. Diese Zunahme des Trockenmasseanteils an der Frischmasse des Sprosses (Abb. 6) wird durch eine fortlaufende Einlagerung mineralischer Substanzen in die Blätter (transpirationsgesteuerte Deposition von Mineralstoffen) und durch den Einbau von Kieselsäure und Calcium in die Zellwände des Gewebes der basalen Internodien verursacht, wodurch die mechanische Festigkeit des Halmes erhöht wird (RAGHI-ATRI und BORNKAMM, 1980).

An drei Schilfbeständen wurde die Entwicklung geschnittener und nichtgeschnittener Flächen verglichen. In nicht bewirtschafteten Beständen ist die oberirdische Produktion im Durchschnitt um 13 bis 44 % niedriger, was in erster Linie auf die geringere Halmzahl pro Flächeneinheit zurückzuführen ist.

Ein im Hinblick auf die wirtschaftliche Nutzung von *Phragmites* nicht uninteressanter Aspekt sind die in der Trockensubstanz chemisch gebundenen Energieäquivalente. Wie aus früheren Untersuchungen bekannt ist (vgl. SIEGHARDT, 1977; BURIAN und SIEGHARDT, 1979), wandelt die Schilfpflanze im Durchschnitt zwischen 1 und 3 % der eingestrahlten Sonnenenergie (PhAR, photosynthetisch wirksame Strahlung) in chemisch gebundene Energie um. Rechnet man die in 1 Gramm Trockensubstanz gebundene Energie von 4.200 cal (= 17,6 kJ) auf den Bestand hoch, so ergeben sich etwa zum Zeitpunkt der oberirdischen Trockensubstanzmaxima Energiegehalte (Heizwerte) zwischen 15000 und 20000 kJ pro m² (vgl. Abb. 8). Vergleicht man diese Werte mit Kulturgramineen, z. B. mit der hochproduktiven Reisepflanze, so fällt auf, daß das Schilfrohr durchaus mithalten kann, und nur wenige Kulturgramineen höhere Werte erreichen. Allerdings werden solche Nutzungsgrößen nur in optimaler Umgebung erreicht.

3.2. Auswirkungen des großflächigen Schilfschnittes auf *Phragmites*

*3.2.1. Der Einfluß auf die Entwicklung der *Phragmites*-Bestände*

Ein Grundgedanke in den Überlegungen, den Schilfgürtel des Neusiedler Sees durch eine maschinelle Bewirtschaftung zu restaurieren und den See damit gleichzeitig zu sanieren, war, das Schilfrohr im Sommer großflächig zu schneiden. Damit sollte zweierlei erreicht werden: eine Verbesserung der Bestandesstruktur durch den Abtransport des Altschilfs und der Überständer mit der oberirdischen Biomasse und eine merkliche Entlastung des Ökosystems durch Nährstoffentzug. Ein Management des Grünschnittes muß aber alle jene Faktoren mitberücksichtigen, die das Wachstum von *Phragmites* beeinflussen oder steuern und die Produktivität dieser Pflanze auch längerfristig garantieren können. Es darf und kann nicht der Zweck des Grünschnittes sein, den gesamten Schilfgürtel zu gefährden oder weite Teile davon zu zerstören. Auf Grund der bisherigen Erfahrungswerte darf wohl angenommen werden, daß die oben erwähnte Arbeitshypothese aus mehreren Gründen nicht zielführend ist. Wir werden versuchen, dies im folgenden zu begründen.

Die bisherige Praxis, das Schilfrohr im Winter möglichst bei Niedrigwasser auf Eis zu schneiden hat zweifellos einen günstigen Effekt auf die Bestandesentwicklung (z. B. eine vertikale und horizontale Strukturverbesserung durch eine uniforme Halmentwicklung und längerfristig durch die Reduktion des anfallenden Detritus im See (vgl. HUSÁK, 1978 und van der TOORN und MOOK, 1975). Als Bedingung muß vorausgesetzt werden, daß das Rohr nicht zu knapp über Eis abgeschnitten wird. RODEWALD-RUDESCU (1974) empfiehlt, die Halme bei mehr als 20 cm über Eis abzuschneiden, um die Gefahr einer Beschädigung der Bestände zu minimieren. Bekanntlich ist der Schilfhalm hohl und nur die Diaphragmen, die vom Knoten entwickelt werden, trennen die Internodien voneinander. Werden die Schilfhalme zu knapp über Wasser geschnitten, besteht die Gefahr, daß Wasser in die Halme eindringt, und damit die Rhizome von der zum Kohlenhydratabbau benötigten Sauerstoffquelle abgeschnitten werden. In der Folge kann es zu Gärungsprozessen kommen (anaerobe Dissimilation), wobei als Endprodukte nicht, wie üblich, Kohlendioxid und Wasser sondern Äthanol (und andere Produkte) und Kohlendioxid gebildet werden. Wie aus den Untersuchungen von BRÄNDLE (1983) bekannt ist, gehört *Phragmites* zu den flut- und anoxiatoleranten Helophyten, doch lassen sich nach mehreren Tagen anaerober Bedingun-

gen im Rhizombereich (durch Sauerstoffausschluß) gesteigerte Gärungskapazitäten feststellen, was zur Schädigung und bei längerfristiger Wirkungsdauer zum Absterben der Rhizome führen kann. In der Folge kann es zu größeren Produktionsausfällen kommen. BJÖRK und GRANÉLI (1978) empfehlen, das Schilfrohr im Winter auf Eis zu schneiden, weil nur so mit geringeren Folgeschäden zu rechnen ist. Die Autoren betonen, daß durch ein geeignetes Erntemanagement (z. B. der Einsatz von Amphibienfahrzeugen) alte Schilfbestände, die durch erhöhten Insekten- und Pilzbefall gefährdet sind, beseitigt und damit dem Jungschilf bessere Wuchsbedingungen und erhöhte Konkurrenzkraft eingeräumt werden können.

Die Auswirkungen des Grünschnittes auf die Umwelt sind bisher kaum untersucht worden (vgl. SCHRÖDER, 1984). Lediglich in Südböhmen und Südmähren (ČSSR) wurden in größerem Umfang Sumpfpflanzengesellschaften in Fischteichen während der Sommermonate periodisch geschnitten, um die Größe und die Fläche der Helophytengesellschaften zu kontrollieren bzw. größere Teichflächen für die Fischzucht offen zu halten (DYKYJOVÁ und HUSÁK, 1973).

Ein Sommerschnitt hätte den Vorteil, relativ große Mengen an Biomasse und damit auch Nährstoffe aus dem Schilfgürtel herauszubringen und damit zur Entlastung des Ökosystems beizutragen. Die Nachteile einer maschinellen Bewirtschaftung so großer Flächen des Schilfgürtels überwiegen aber bei weitem die Vorteile dieses Managements. Durch die vollbeladenen Erntefahrzeuge (die heutzutage Flächendrucke bis zu 100 g pro cm² und mehr auf den Boden bringen) werden in erster Linie die Rhizome (Rhizom- und Halmknospen) irreparabel geschädigt. Die Folge sind großflächige Produktionsausfälle, deren Regeneration mehrere Jahre dauert. Nach Angaben von HUSÁK (1978), RODEWALD-RUDESCU (1974) und SCHAMATONOV (1964) dauert es in der Regel 3 — 4 Jahre, ehe die ursprüngliche Produktion wieder erreicht ist, bzw. sich die Rhizomschicht wieder geschlossen hat; das gilt aber nur für 1 — 2 mal befahrene Flächen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Zeitpunkt, zu dem das Schilfrohr geschnitten werden muß, um mit der Biomasse die entsprechenden Mengen Mineralstoffe aus dem Schilfgürtel zu entfernen: Mitte bis Ende Mai, wenn die unterirdischen Reservespeicher fast entleert sind und der Nährstoffgehalt der oberirdischen Organe am höchsten ist (vgl. Kap. 3.3.1.), müßte das Schilf schon geschnitten werden, um zur maximalen Nährstoffbeseitigung beizutragen; aus mehreren Gründen ist aber ein großflächiger Grünschnitt zu diesem Zeitpunkt nicht anzuraten: der standing crop, also die gesamte oberirdische Ernte, ist um diese Zeit noch zu gering; der Höhepunkt wird ca. 3 — 4 Wochen später erreicht (vgl. Abb. 3). Der Zeitraum Mitte bis Ende Mai ist im übrigen mit der höchsten Photosyntheseaktivität von Phragmites gekoppelt; eine Ernte müßte, da das Schilfrohr in seiner kritischen Entwicklungsphase steckt, einen schädigenden Einfluß auf die Nachfolgegeneration haben: zu diesem Zeitpunkt sind die unterirdischen Reservedepots weitgehend entleert, ein ausreichender Nachschub an Assimilaten via Blätter wäre nicht gewährleistet, es könnte nicht genug an verwertbarer Energie in die neue Schößlingsgeneration investiert werden, in der Folge müßte es zu starken Produktionseinbußen kommen (vgl. Abb. 9). Nach den Angaben von HUSÁK (1978) sinkt die oberirdische Stoffproduktion auf solcherart beernteten Flächen um mehr als die Hälfte verglichen, mit unbehandelten Kontrollflächen, ab. Erst nach Jahren hatten sich diese Flächen wieder soweit erholt, daß die Produktion annähernd die von nicht geschnittenen Beständen erreicht. Einzig positiver Effekt wären nur die uniformen Schilfhalme der Nachfolgegeneration. Ein Erntetermin nach dem Erreichen der höchsten Trockenmasse (Mitte Juli bis Mitte August) hätte nur den einen positiven Effekt, daß viel Biomasse aus dem Schilfgürtel herauszubringen wäre, aber vergleichsweise wenig an Mineralstoffen. Der Großteil an mobilen Nährstoffen ist um diese Zeit aus den oberirdischen Organen bereits in die Rhizome und Wurzeln abgeleitet und somit dem unmittelbaren Zugriff über eine Schilfernte entzogen (vgl. Kap. 3.3.).

Über die Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften im Schilfgürtel, die physikalisch-chemischen Langzeitwirkungen und die Nährstoffkreisläufe im Schilfgürtel sind wir aber noch viel zuwenig unterrichtet, als daß ein so großes Experiment ohne Gefahr für den gesamten Lebensraum gestartet werden sollte. Einzig die Strukturverbesserung (im ökonomischen Sinn) ist es, die einen großflächigen Schilfschnitt rechtfertigen könnte; um sie zu erreichen, wäre wohl ein Winterschnitt die wirksamste Maßnahme.

3.3. Nährstoffverteilung in Schilfpflanzen und Kalkulation des Nährstoffaustrages durch den Schilfschnitt

Zur grundsätzlichen Fragestellung, ob durch maschinellen Grünschnitt von *Phragmites* zum Nährstoffaustrag aus dem Neusiedler See beizutragen ist, wird ein kinetisches Modell des Mineralstoffgehaltes in erntbaren Schilfteilen während der gesamten Vegetationszeit benötigt, um den Zeitpunkt der optimalen Ernte und der maximalen Nährstoffbeseitigung zu erfassen (vgl. Kap. 3.2.1.). Darüberhinaus muß zur Beurteilung der Nährstoffaufnahme- und Rückhaltekapazität des Schlammersedimentes und seiner Biocoenosen die Dynamik der Nährstoffkreisläufe bekannt sein. Die Situation wird dadurch komplizierter, daß beträchtliche Mengen an Nährstoffen mit dem Sediment aus dem offenen See in den Schilfgürtel transportiert und dort deponiert werden. Diesen Pool an verfügbaren Nährstoffen kann *Phragmites* teilweise nützen, einerseits mit seinen Rhizomwurzeln, die in tiefere Schichten des Schlammgrundes reichen und andererseits mit seinen Adventivwurzeln, die die Effizienz der Nährstoffaufnahme noch vergrößern können. Der Nährstoffgehalt in erntbaren Schilfteilen läßt somit bis zu einem gewissen Grad Rückschlüsse über die Dynamik des Mineralstoffgehaltes in diesem Ökosystem zu.

3.3.1. Die Verteilung der Makronährstoffe (N, P, K, Ca und Mg) in verschiedenen Organen von *Phragmites*

Die Investition von Nährstoffen in die jungen Schößlinge bzw. Halme und Blätter von *Phragmites* am Beginn der Vegetationsperiode wird sowohl in den Jahrgängen 1981 wie auch 1982 vor allem bei N, P und K sehr deutlich (1981: Abb. 10 — 12; 1982: Abb. 15 — 17). Dieses Einwandern kommt in der ersten Phase der Entwicklung besonders zum Ausdruck: die jungen, im Streckungswachstum befindlichen Schößlinge am Standort 1 (landseitige Randzone des Schilfgürtels) und 3 (zentraler Teil des Scirpo-*Phragmitetum*, Abb. 15 — 19) haben am 4. 3. 1982 noch niedrigere NPK-Werte als am 26. 4. — zu einem Zeitpunkt, da der Sproß weiter entwickelt ist und bereits Blätter trägt. Die jungen Pflanzen am Standort 5 (seeseitige Randzone des Röhrichts) zeigen einen kontinuierlichen Anstieg des Mineralstoffgehaltes. Diese Pflanzen dürften, um die größere Wassertiefe zu überwinden, schon früher ihr Streckungswachstum forcieren. Den hohen Startwerten in den Blättern und Halmen folgt eine Abnahme gegen den Herbst zu. Auffallenderweise setzt diese Reduktion bei den Halmen schon im Sommer sehr stark ein, während bei den Blättern eher ein allmählicher, erst im Herbst verstärkter Abfall zu registrieren ist. Ca und Mg passen sich diesem Schema nicht an. Zumindest vom Calcium ist bekannt, daß es ein nur wenig bewegliches Nährelement darstellt, das vorwiegend mit dem Transpirationsstrom durch die Pflanze transportiert wird und in den Blättern im Laufe der Zeit akkumuliert. Der relativ hohe Gehalt des Neusiedler Sees an Ca und Mg (NEUHUBER, 1971; PREISINGER, 1979) könnte z. T. die hohen Gehalte an diesen Nährelementen in den Wurzeln verursachen. An der herbstlichen Verlagerung mobiler Nährelemente in die überdauernden Organe, wie dies bei N, P und K der Fall ist, dürfte das Mg nicht beteiligt sein (FISCHER, 1967).

Mit der Ausbildung der Infloreszenz ist die vegetative Phase der Entwicklung weitgehend abgeschlossen. Die Neubildung der Rispen erfordert einen neuerlichen Schub von Nährstoffen (Stickstoff, Phosphor und Kalium) in diese Organe. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird dabei ein großer Anteil an Nährstoffen aus den zu diesem Zeitpunkt noch grünen Blättern bzw. Blattscheiden abgezogen und in die Blütenbildung investiert. Die Abnahme der NPK-Gehalte in den Blättern und Halmen läßt jedenfalls diese Interpretation zu.

In den Wurzeln, undeutlicher in den Rhizomen, ist der Gehalt an N, P und K im Jahre 1982 (Röhricht nach vorjährigem Sommerschnitt) niedriger als im Jahre 1981 (nicht bewirtschaftetes Röhricht). Der geringere Gehalt an N, P und K in den unterirdischen Organen im „Schnittschilf“ (1982), verglichen mit nicht geschnittenem Schilf (1981), könnte durch eine Entleerung der Speicherorgane und eine verstärkte Investition in die oberirdischen Organe begründet sein, um vor allem Blätter mit den erforderlichen Nährstoffen zu versorgen. Die Zunahme von Ca im Jahre 1982 im Vergleich zu 1981 in den Adventivwurzeln kann nur so erklärt werden, daß als Folge des Grünschnittes (Wegfall der natürlichen Barriere aus alten und toten Schilfhalmen) verstärkt sedimentreiches Wasser aus dem „offenen“ See in den Schilfgürtel eindringen konnte. In den Jahreskurven 1981 ist zu sehen, daß der Ca-Gehalt in den Wurzeln des Schilfs umso höher ist, je näher die Versuchsfläche der schilffreien Seefläche liegt. Wenn üblicherweise die Magnesiumkonzentration in den Schilfwurzeln höher ist als die des Calciums, so kehrt sich das Verhältnis am Standort 5, der den intensiven Kontakt mit dem offenen See hat, um: der Calciumgehalt liegt höher als der Magnesiumgehalt (Abb. 13 und 14). Der stark schwankende Ca-Gehalt in den Wurzeln kann ebenso als Reaktion auf das wechselnde Ca-Angebot im Wasser des Schilfgürtels — abhängig von der Driftstärke bzw. der Sedimentfracht — gewertet werden. Landwärts nehmen diese Schwankungen der Ca-Gehalte in den Wurzeln dementsprechend ab. Ja, es fällt auf, daß im Jahre 1981 bis Anfang August die Ca-Gehalte in den Wurzeln an den Standorten 1 und 3 nur geringe Schwankungen aufweisen und dann plötzlich starke Gehaltsunterschiede auftreten. Zu dieser Zeit muß sich die Drift gegen das Land vor allem durch den Kanal verstärkt haben, und durch die Dammdurchstiche dürfte das „trübe Wasser“ die Versuchsstandorte erreicht haben. Vorläufig bleibt die Frage offen, wie weit die Schnittstraße diese Seedrift verstärkt hat. Jedenfalls werden auch die gegenüber 1981 höheren Ca-Gehalte in den Schilfwurzeln im Jahre 1982 (Abb. 18) auf eine verstärkte Einschwemmung von Ca-Ionen aus dem schilffreien Seebereich zurückgeführt — möglicherweise gilt ähnliches auch für das Magnesium. Der Effekt des Einschwemmens sedimentreichen Wassers in den Schilfgürtel ist im Gehalt von N, P und K weder 1981 noch im Jahre 1982 in den Schilforganen festzustellen, da diese Nährelemente im Vergleich zu Ca und Mg im offenen Seewasser in geringer Konzentration vorhanden sind (STEHLIK, 1972; NEUHUBER et al., 1979). Hohe Ca-Werte in den Wurzeln wurden auch im März 1983 gemessen; sie lagen zwischen 0,9 (Standort 3) und 1,9 ‰ (Standort 5) und sind damit durchwegs höher als die N- und K-Werte; auch hohe Mg-Werte sind festzustellen. Die hohen Ca- und Mg-Gehalte in diesen Wurzeln (vgl. Abb. 22 und 23) können wiederum nur durch das Eindringen von sedimentreichem Wasser in den Schilfgürtel erklärt werden, was einerseits durch die extreme Wassersituation zu Beginn 1983 und durch den großflächigen Winterschnitt im Bereich der Testflächen andererseits begünstigt worden ist. In den Rhizomen ist der Ca- und Mg-Gehalt niedrig (1982 etwas höher als 1981) und zeigt eine nur geringe Jahresschwankung.

3.3.2. Nährstoffverlust durch „leaching“

Letztlich muß bei der Interpretation des Jahresganges der Nährstoffgehalte in Erwägung gezogen werden, daß ein Teil der Nährstoffe auch in den lebenden Organen der Schilfpflanzen der Auswaschung unterliegt. Dadurch werden Nährionen wieder direkt in den See zurückgeführt. Wie hoch dieses „leaching“ in den Blättern ist, wird zur Zeit noch untersucht. Vor allem im Herbst, wenn die Blätter zu vergilben beginnen, dürfte das „leaching“ nicht unbedeutend sein: nur so wird erklärbar, daß der starken Abnahme der Nährstoffgehalte in den herbstlichen Blättern zwar eine Zunahme in den unterirdischen Organen der Schilfpflanze folgt, diese relative Akkumulierung aber nicht ganz den Erwartungen entspricht.

3.3.3. Nährstoffgehalte im Neutrieb des Schilfes nach Sommerschnitt und im Schilfhalm der Zweitbestockung naturnaher Röhrichte.

Im Sommer 1982 wurde ein Teil der Schnittflächen von 1981 wiederum maschinell geschnitten. Etwa 2 Monate später wurden im neugewachsenen Schilf Proben geworben und analysiert. Wie Abb. 20 zeigt, ist der Stickstoff- und der Kaliumgehalt in den Wurzeln leicht erhöht, nur der Phosphorgehalt bleibt annähernd auf gleichem Niveau wie im „Altschilf“ des Jahres 1981. Der Ca- und Mg-Gehalt ist dagegen deutlich erniedrigt. Der Nährstoffgehalt in den Rhizomen zeigt ein gleiches Bild: N ist leicht erhöht, die Werte für P und K liegen unter jenen des Vorjahres. Die oberirdischen Organe weisen durchwegs niedrigere Gehalte an N, P und K auf als im Schnittschilf 1981. Aus diesen Daten kann man schließen, daß im neuerlich geschnittenen Schilf der Gehalt an Nährstoffen im Vergleich zum ungeschnittenen Schilf vor allem in den Blättern und Halmen deutlich abgenommen hat. Möglicherweise investiert die geschnittene Schilfpflanze in diesen Neutrieb im Sommer wesentlich weniger als in jene Sprosse, die im nächsten Jahr gebildet werden.

Vergleicht man dieses Ergebnis mit Analysendaten von Schilfpflanzen aus natürlichen Beständen, so zeigt sich folgendes Bild: ein verstärkter Neutrieb von Schößlingen etwa ab dem Zeitpunkt der Blütenbildung führt zur Bildung zahlreicher „Sommerhalme“, die sich in ihrem Habitus aber sehr deutlich von den Frühjahrssprossen unterscheiden. Eine Stichprobe vom 19. 8. 1981 ergab, daß in dieses Sommerschilf sehr viel an Nährstoffen investiert wird; vor allem der N-, P- und K-Gehalt in Blatt und Halm ist im Vergleich zu den Frühjahrstrieben deutlich erhöht (Abb. 21). Diese offensichtlichen Unterschiede im Nährstoffgehalt des Sommerschilfs zum „Schnittschilf“ könnten zumindest von zwei Ansätzen her diskutiert werden: der Lichtgenuß der Zweitbestockung ist weitaus ungünstiger und damit auch die Wachstumsbedingungen (junge Triebe werden vom Altschilf beschattet); die Abnahme des Nährstoffgehaltes in den Blättern des Altschilfs im Verlauf des Jahres könnte u. a. auch eine Umlenkung des Nährstoffweges direkt in die Sommerhalme bedeuten und damit eine neuerliche Investition in die neuen Photosyntheseorgane (vgl. Kap. 3.1.1.).

3.3.4. Nährstoffverteilung in den unterirdischen Organen in verschiedener Bodentiefe

Auf Grund der Anaerobie im Sedimentbereich werden die in der organischen Masse gebundenen Nährstoffe nur sehr langsam in den Nährstoffkreislauf eingeschleust. Der anfallende Detritus unterliegt auf Grund der Sauerstoffknappheit im Sediment einer langen Zersetzungsphase, wie der meist mehrere cm dicke Belag aus toten Schilfblättern und anderem Detritus über dem Sediment beweist (vgl. FARAHAT und NOPP, 1966; NEUHUBER und HAMMER, 1979).

Dem Rhizomgeflecht in verschiedener Bodentiefe entnommene Proben zeigten in den Wurzeln eine deutliche Abnahme von N, P und K sowie eine Zunahme von Ca und Mg mit zunehmender Bodentiefe. Diese Zunahme von Ca und Mg zeigt sich auch bei den Rhizomen, während bei N, P und K kein gleichläufiger Trend abzulesen ist (Abb. 22 und 23). In diesem Zusammenhang ist aber zu berücksichtigen, daß das Probenmaterial altersmäßig uneinheitlich war; die Untergrundmasse von Phragmites ist bekanntlich das Ergebnis einer mehrjährigen Produktion (vgl. Kap. 2.1.1.). Eine Altersbestimmung war nicht möglich, sodaß eine Mischprobe unterschiedlich alter Rhizome und Wurzeln geworben wurde.

3.3.3.5. Maximale und minimale Nährstoffgehalte in Blatt und Halm

Eine Übersicht der Maximal- und Minimalwerte von Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium zum Zeitpunkt des jeweils maximalen „standing crop“ gibt Tab. (vgl. Kap. 3.1.).

Tab. 1: Minimum und Maximum von N, P, K, Ca und Mg in der Zeit vom 15. 7. — 10. 9. in den Blättern und Halmen des Schilfs (Zusammenfassung der Ergebnisse entsprechend den Jahrgängen 1981 und 1982) in % Trockenmasse.

% TM	Stickstoff Min. — Max.	Phosphor Min. — Max.	Kalium Min. — Max.	Calcium Min. — Max.	Magnesium Min. — Max.
Blätter	2,59 - 3,43	0,14 - 0,22	0,85 - 2,14	0,16 - 0,58	0,15 - 0,34
Jahresminimum	1,52 (Nov.)	0,04 (Nov.)	0,25 (Nov.)	0,16 (Aug.)	0,15 (Mai/Aug.)
Halme	0,12 - 0,53	0,04 - 0,13	0,24 - 0,92	0,03 - 0,05	0,05 - 0,12
Jahresminimum	0,12 (Aug.)	0,01 (Nov.)	0,12 (Nov.)		

3.3.6. Nährstoffgehalte des Altschilfs

In Tabelle 2 sind die Nährstoffgehalte der Althalme in % Trockenmasse aus den Jahren 1981 und 1982 wiedergegeben.

Tab. 2: Halm-Nährstoffgehalte im November/Dezember. (% der Trockenmasse)

	Min. - Max.
Stickstoff	0,21 - 0,47
Phosphor	0,01 - 0,05
Kalium	0,12 - 0,37
Calcium	0,03 - 0,05
Magnesium	0,01 - 0,03

3.3.7. Nährstoffgehalte der Zweitbestockung (Sommerschilf)

Das Sommerschilf, der Neutrieb ab dem Sommer (Juli/August) liegt zum Teil in den Nährstoffgehalten über den für die Hochrechnung in Tab. 1 angeführten Maximalwerten (siehe in Abb. 21 und in Tab. 3 wiedergegeben).

Tab. 3: Maximale Nährstoffgehalte des Sommerschilfs in Blatt und Halm (% Trockenmasse).

% TM	N	P	K	Ca	Mg
Blatt	3,50	0,24	2,31	0,29	0,31
Halm	1,13	0,19	2,88	0,10	0,13

3.3.8. Nährstoffzug durch den Schilfschnitt

Der maximale standing crop des Röhrichts liegt je nach Erntestandort zwischen 911 und 2180 g/m² (vgl. Kap. 3.1.). Im Hinblick auf die Kalkulation des gesamten Nährstoffaus- trages ist noch das Altschilf hinzuzurechnen; dieser Anteil macht 30 — 50 % aus. Das ergibt ein Trockengewicht zwischen 273,3 und 1090 g.

Der Anteil des Sommerschilfes am standing crop an den Purbacher Standorten ist sehr gering, sodaß es trotz z. T. höherer Nährstoffgehalte aus dem Gesamt-standing-crop nicht herausgelöst und einer gesonderten Berechnung unterzogen wurde. Vergleichsweise ist aber anzumerken, daß an anderen Stellen des Schilfgürtels, wie z. B. im Ruster Raum im dauer- überfluteten Bereich, allerdings im Spätherbst mit der höchsten Sommerschilfdichte ein Trockenmasseanteil von 7 % errechnet wurde (MAIER und SIEGHARDT, 1977).

Eine Hochrechnung der Nährstoffgehalte in Blättern, Halmen sowie für die blattlosen Halme des Altschilfes ergibt somit den in Tab. 4 ausgewiesenen Nährstoffentzug durch einen Schnitt bei maximaler Entwicklung des Röhrichtbestandes.

Tab.4: Nährstoffaustrag durch eine Schilfernte bei maximaler Entwicklung des Schilfbestandes

g.m ⁻²	Stickstoff	Phosphor	Kalium	Calcium	Magnesium
	Min. - Max.				
Blätter	5,4 - 24,0	0,3 - 1,5	1,8 - 15,0	0,3 - 4,1	0,3 - 2,4
Halme	0,8 - 7,8	0,3 - 1,9	1,7 - 13,6	0,2 - 0,7	0,4 - 1,8
Altschilf	0,6 - 5,1	0,03 - 0,5	0,3 - 4,0	0,1 - 0,5	0,03 - 0,3

Unter der Voraussetzung, daß weder ein winterliches Abbrennen noch ein Schneiden des Altschilfes erfolgt, werden durch den Sommerschnitt und Abtransport des Schilfs zum Zeit- punkt der höchsten oberirdischen Biomasse von Phragmites dem Ökosystem „Schilfgürtel“ zwischen 68 — 369 kg Stickstoff, 6 — 39 kg Phosphor, 38 — 326 kg Kalium, 6 — 53 kg Calcium und 7 — 45 kg Magnesium pro ha Schilffläche entzogen.

4. Zusammenfassung

Im Gebiet des Purbacher Schilfgürtels wurden 1981, 1982 und 1983 entlang eines Transekts von der Landseite bis zur seeseitigen Randzone des Schilfgürtels Phragmites- Bestände nach der Erntemethode untersucht.

Der Sproßaustrieb erfolgt hauptsächlich im April und dauert bei ungünstiger Witterung bis in den Mai an, wie überhaupt der Sproßaustrieb bei Phragmites eher weit gestreut ist, sodaß es während der ganzen Vegetationszeit auch Pflanzen in jüngeren Stadien gibt.

Aus der Wachstumsanalyse geht hervor, daß Schilf der Erntezone 1 (landseitiger Übergangsbereich des Scirpo-Phragmitetum) sowohl in ungeschnittenen als auch in geschnittenen Beständen am produktivsten ist; pro m² Schilffläche wachsen im Durchschnitt 113 Halme in ungeschnittenen Beständen und 128 Halme in geschnittenen Beständen. Hochgerechnet auf einen Hektar Schilffläche erzielen Röhrichte nichtgeschnittener Flächen der Erntezone 1 zum Zeitpunkt der höchsten oberirdischen Biomasseproduktion (Juli bis Mitte August) eine durchschnittliche Trockenmasse von 12 t und Röhrichte geschnittener Flächen von 22 t.

Die Erntezone 2, inmitten des nach beiden Seiten expandierenden Scirpo-Phragmitetum, zeichnet sich durch eine im Vergleich zur Zone 1 und 3 geringere oberirdische

Stoffproduktion aus: durchschnittlich 68 bzw. 125 Schilfhalme/m² aus nicht bewirtschafteten bzw. bewirtschafteten Flächen und einer oberirdischen Biomasseproduktion von 9 bzw. 10 t pro ha weisen dieses Gebiet als eine in ihrer Bestandesstruktur sehr inhomogene Gesellschaft aus.

Die seeseitig-exponierte Randzone des Schilfgürtels nimmt mit ihren monospezifischen Phragmites-Beständen eine Mittelstellung ein: bis zu 77 bzw. 140 Halme pro m² wachsen auf nicht geschnittenen bzw. geschnittenen Flächen. Die oberirdische Biomasseproduktion beträgt im Durchschnitt zwischen 11 und 16 t pro ha auf nicht geschnittenen bzw. geschnittenen Flächen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit gelingt nur in dieser Zone längerfristig ein Nettosubstanzgewinn auf Kosten der offenen Seefläche.

Der biologische Begriff des standing crop (gesamte oberirdische Biomasse) ist mit dem ökonomischen Begriff der Schilfernte nicht gleichzusetzen; eine Schilfernte für industrielle Zwecke muß die z. T. beträchtlichen Verluste (z. B. durch Variation der Schnitthöhe) bei der Ernte und dem Transport des grünen Schilfs in Rechnung stellen.

Die höchste Biomasse (als Frischmasse pro m²) wird mit großer Regelmäßigkeit vor den Trockenmassemaxima sowohl in ungeschnittenen wie auch in geschnittenen Röhrichtbeständen gemessen und ist im Durchschnitt in bewirtschafteten Beständen deutlich höher. Eine Ausnahme bildet lediglich der Standort 5: in ungeschnittenen Beständen fällt das Frischmassemaximum zeitlich mit dem Trockenmassemaximum zusammen.

Die höchste Trockenmasse wird in der Regel im Juli bzw. im August gemessen. Der prozentuelle Anteil des Trockengewichtes nimmt bis in den August gleichmäßig zu, steigt aber in Folge eines allmählichen Vertrocknens der Blätter noch bis in den Oktober weiter an. Mit dem Erreichen der oberirdischen Trockenmassemaxima setzt auch die Blütenbildung ein.

Die wichtigsten Unterschiede zwischen geschnittenen und ungeschnittenen Beständen sind der stets uniforme Bestandescharakter, die höhere Bestockungsdichte pro Flächeneinheit und die höhere oberirdische Stoffproduktion geschnittener Schilfbestände.

Aus den Ergebnissen der Nährstoffanalysen ist abzuleiten, daß die höchsten Gehalte an Nährstoffen (Stickstoff, Phosphor, Kalium) in den oberirdischen Organen von Phragmites am Beginn der Vegetationsperiode zu beobachten sind. Der Nährstoffgehalt des Sekundäraustriebes ist bei geschnittenen Beständen deutlich erniedrigt; mit hoher Wahrscheinlichkeit investiert die Pflanze wesentlich weniger an Depotnährstoffen in diese Nachfolgegeneration. Der maximale Nährstoffzug hängt sowohl vom Schnittermin als auch vom jeweiligen Erntestandort ab; je früher der Schnitt erfolgt, umso größer ist die Nährstoffmenge, die gleichzeitig mit der grünen Biomasse entfernt werden kann. Allerdings ist im Frühjahr die Biomasse noch zu gering, um einen wirksamen Entlastungseffekt zu erzielen. Eine Ernte zum Zeitpunkt der höchsten oberirdischen Nettoproduktion brächte den Vorteil, zwar viel an Biomasse, aber den Nachteil, relativ wenig an Makronährstoffen mit der Ernte aus dem Schilfgürtel herauszutransportieren. Am wenigsten kann durch einen Winterschnitt zur Nährstoffbeseitigung bzw. Nährstoffentlastung des Systems über die Biomasseentnahme beigetragen werden.

Auf Grund der Erkenntnisse über den großflächigen Sommerschnitt von Phragmites muß davon ausgegangen werden, daß weder ein frühzeitiger noch ein späterer Schnittermin die eingangs erwähnte Arbeitshypothese — Nährstoffentzug durch Abtransport der oberirdischen Biomasse von Phragmites — im Hinblick auf eine zielführende Sanierung des Ökosystems bestätigen konnte, ganz abgesehen davon, daß die Spätfolgen eines maschinellen Ernteeinsatzes durch die Zerstörung der obersten Rhizom- und Wurzelschichte (bei den derzeit in Verwendung stehenden Erntefahrzeugen) noch nicht ausreichend abzuschätzen sind. Zur Beseitigung alter Schilfbestände, die vor allem durch vermehrten Insekten- und Pilzbefall gefährdet sind, kann ein Winterschnitt auf Eis zum gewünschten Erfolg wohl am besten mitbeitragen.

Dank: Für die finanzielle Unterstützung des Projektes haben wir dem BMWF und dem Land Burgenland zu danken. Weiters möchten wir der Gemeinde Purbach für die kostenlose Benützung der Dammstraße zum offenen See unseren Dank aussprechen.

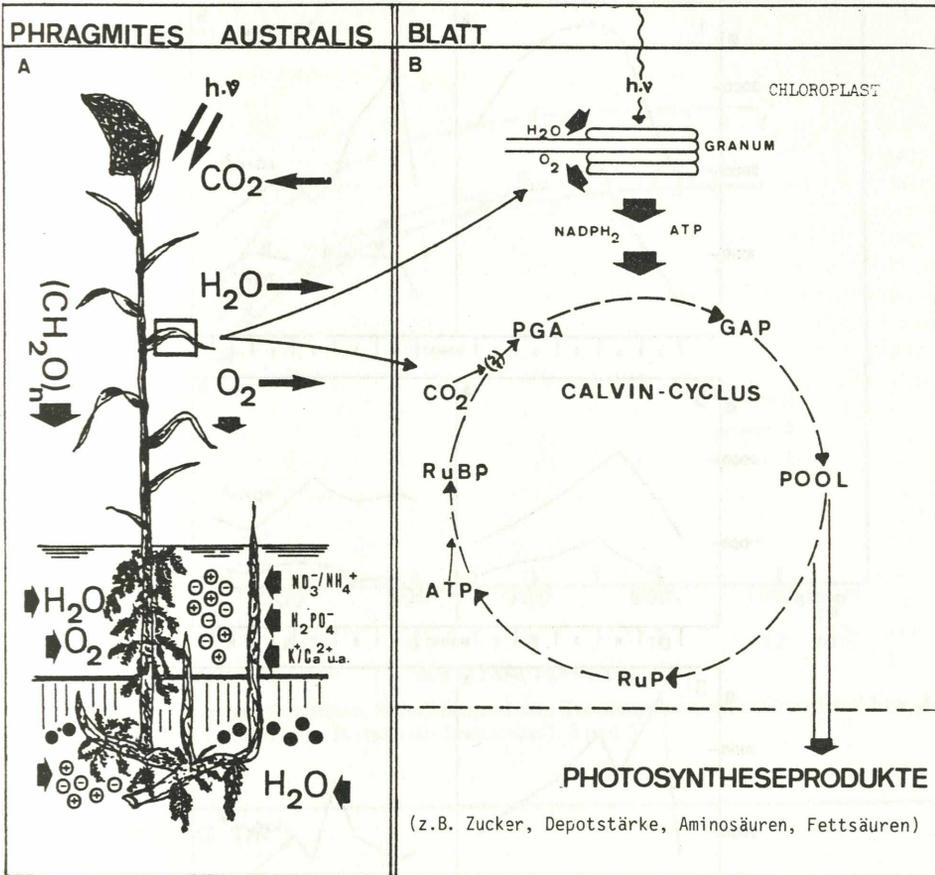


Abb. 1: Das Schilfrohr (*Phragmites australis*). A: Gesamtbild einer adulten Pflanze. B: Vereinfachtes Schema der CO₂ Fixierung und Assimilation. Umwandlung von Kohlendioxid in Kohlenhydrat erfolgt über den CALVIN-Cyclus in den Chloroplasten grüner Blattzellen (Erläuterungen siehe Text).

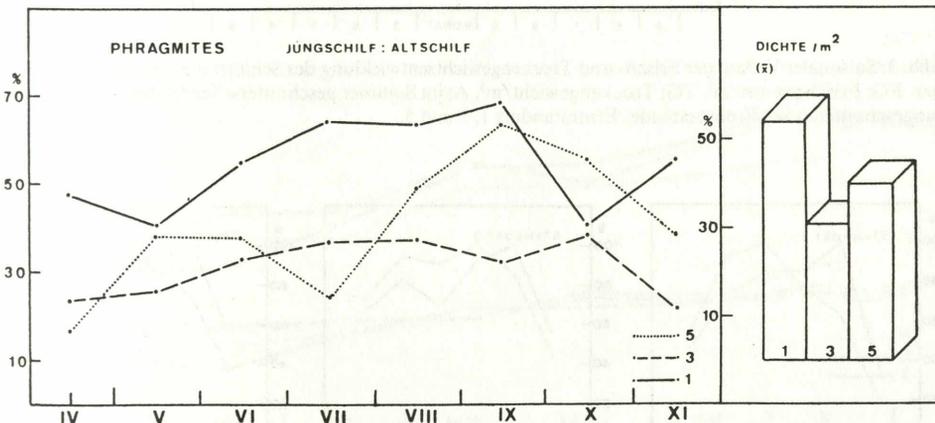


Abb. 2: Verhältnis von Jungschilf:Altschilf in % der gesamten Halmdichte/Einheitsfläche von April – November. Erntestandorte 1,3 und 5 entlang eines Transekts von der Landseite bis zur seeseitigen Randzone des Schilfgürtels.

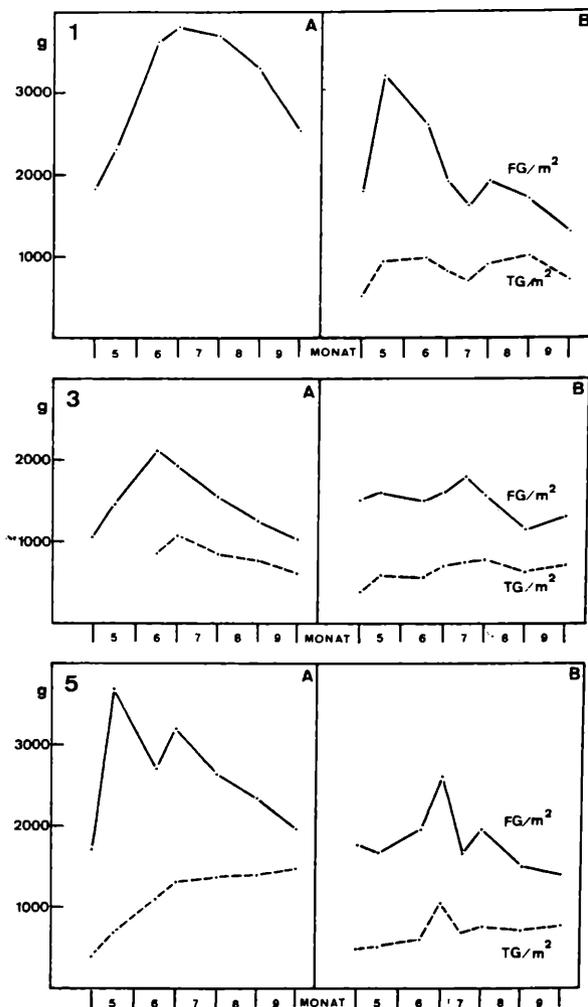


Abb. 3: Saisonaler Verlauf der Frisch- und Trockengewichtsentwicklung des Schilfrohes von Mai — September. FG: Frischgewicht/m². TG: Trockengewicht/m². A: im Sommer geschnittene Testflächen; B: naturnah (ungeschnittene) Schilfrohrbestände. Erntestandort 1, 3 und 5.

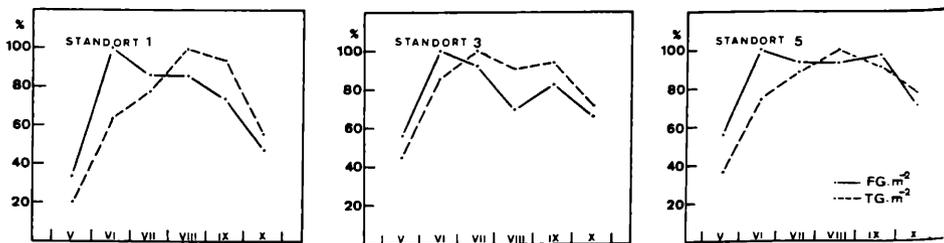


Abb. 4.: Verlauf der Frisch (FG/m²)- und Trockengewichte (TG/m²) von Phragmites in % der maximalen oberirdischen Halmbiomasse. Erntestandort 1, 3 und 5.

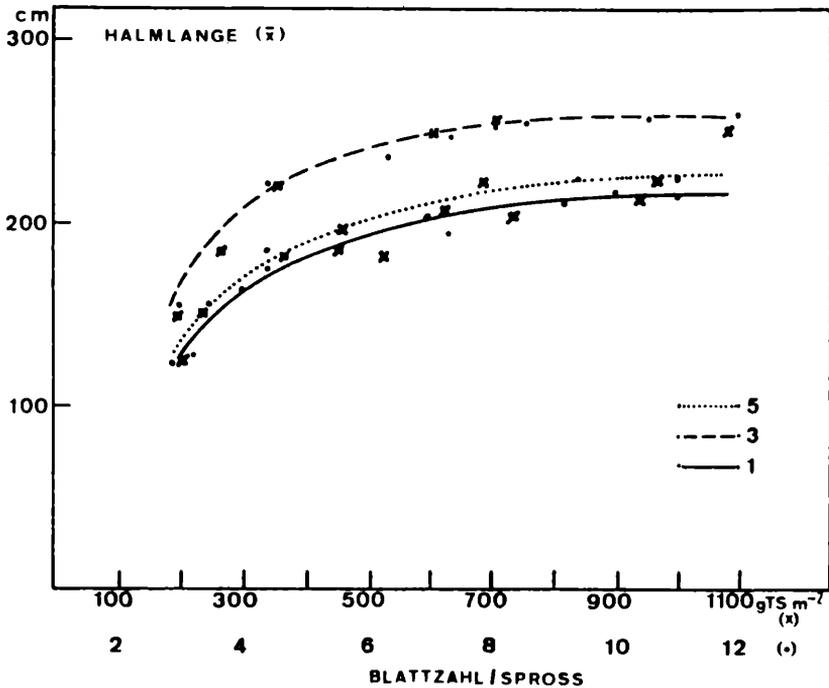


Abb. 5: Beziehung zwischen der mittleren Sproßhöhe und dem Trockengewicht (x) in Gramm/m² bzw. der Blattzahl/Sproß (·) im geschlossenen Bestand der Erntezonen 1, 3 und 5.

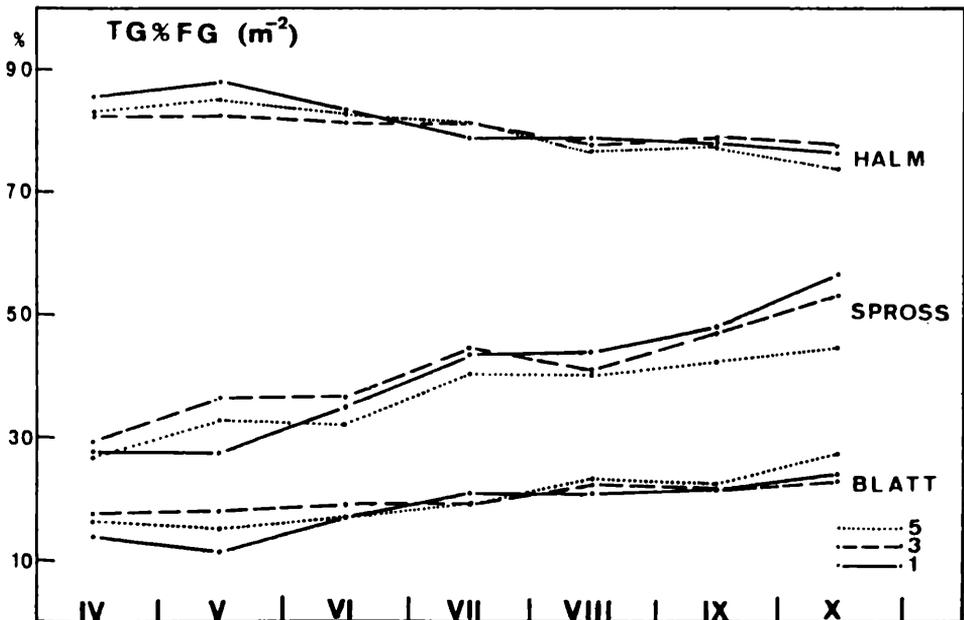


Abb. 6: Trockengewicht in % Frischgewicht der oberirdischen Organe von Phragmites in der Produktionszeit (April — Oktober). Erntestandort 1, 3 und 5.

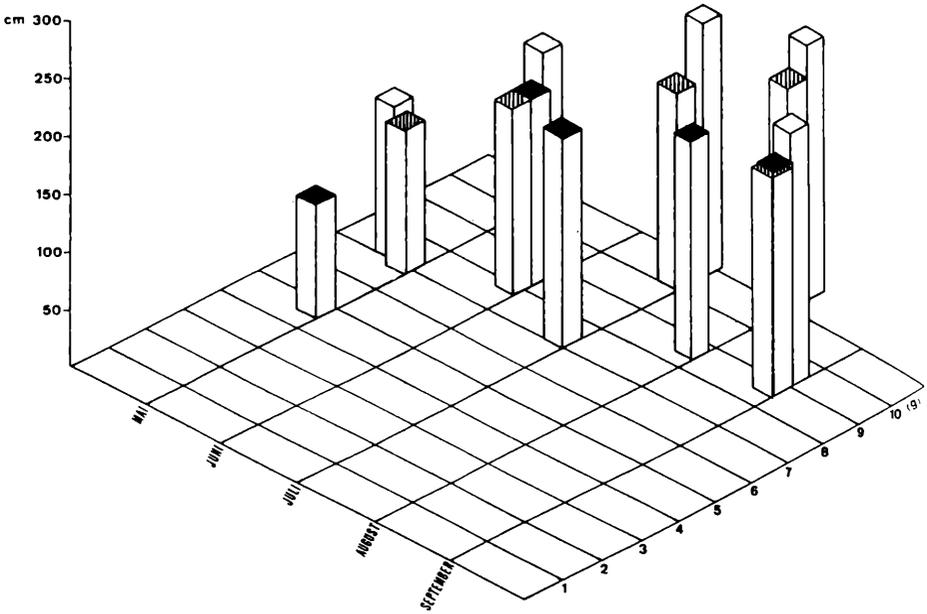


Abb. 7: Beziehung zwischen der mittleren Halmhöhe (cm) und dem individuellen Sproßgewicht (g) in geschlossenen Schilfbeständen der Erntezonen 1 (■), 3 (□) und 5 (▨).

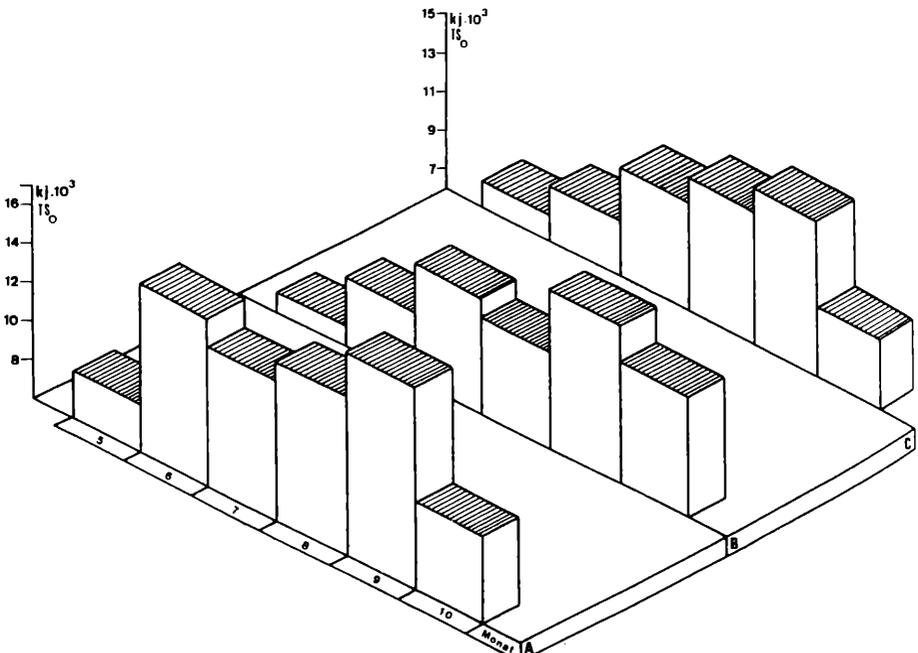


Abb. 8: Kalkulierte Energiegehalte der gesamten oberirdischen Phytomasse (TS_0) von Phragmites in KJoule. Die Zonen A, B und C korrespondieren mit den Standorten 1, 3 und 5 (siehe Text).

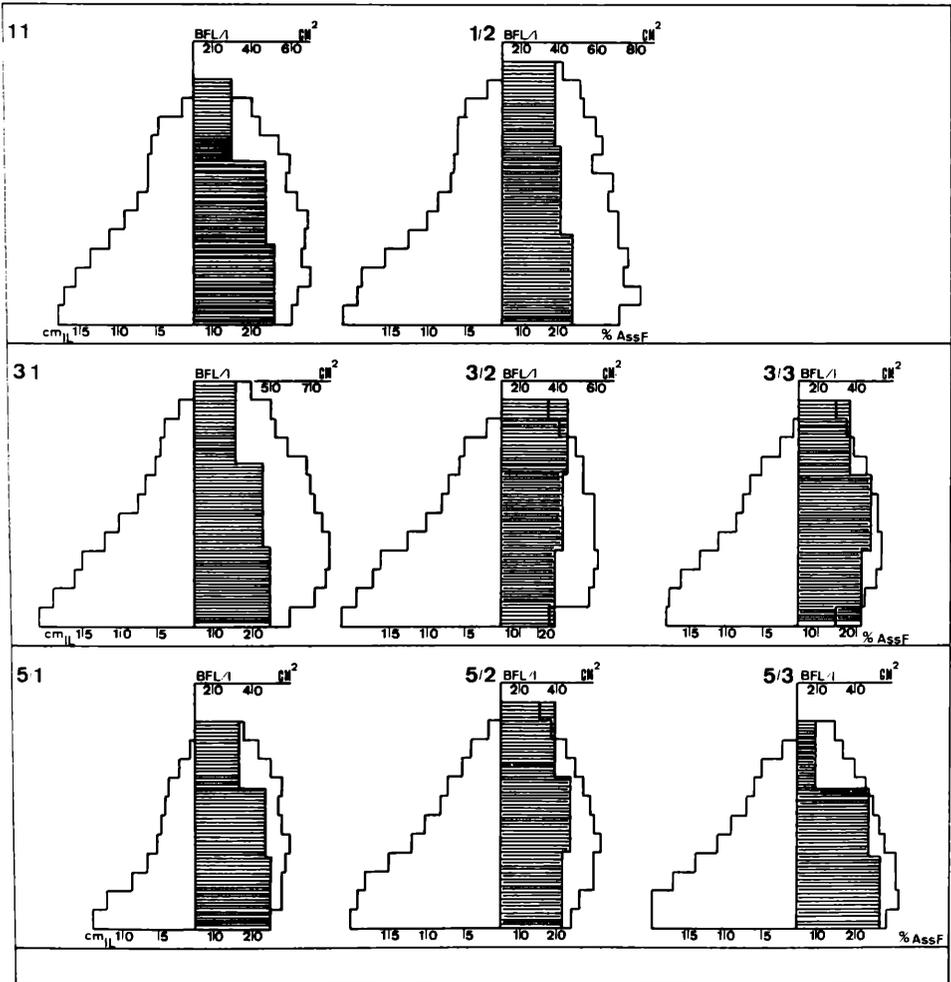


Abb. 9: Vertikaldiagramme biometrischer Parameter von *Phragmites* (Internodienzahl und -länge IL, mittlere Blattfläche/Internodienlänge BFL/1, und kumulative Assimilationsfläche in %) entlang eines Transekts durch den Schilfgürtel bei Purbach/See (weitere Erläuterungen siehe Text).

nicht bewirtschaftetes Röhricht (1981)

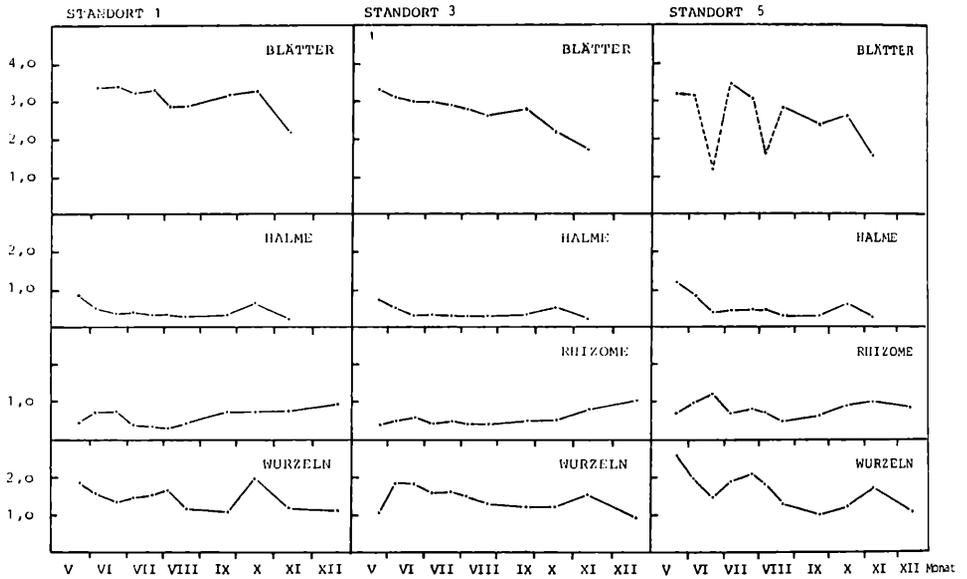


Abb. 10: Stickstoff in % Trockensubstanz im nicht bewirtschafteten Röhricht (1981).

nicht bewirtschaftetes Röhricht (1981)

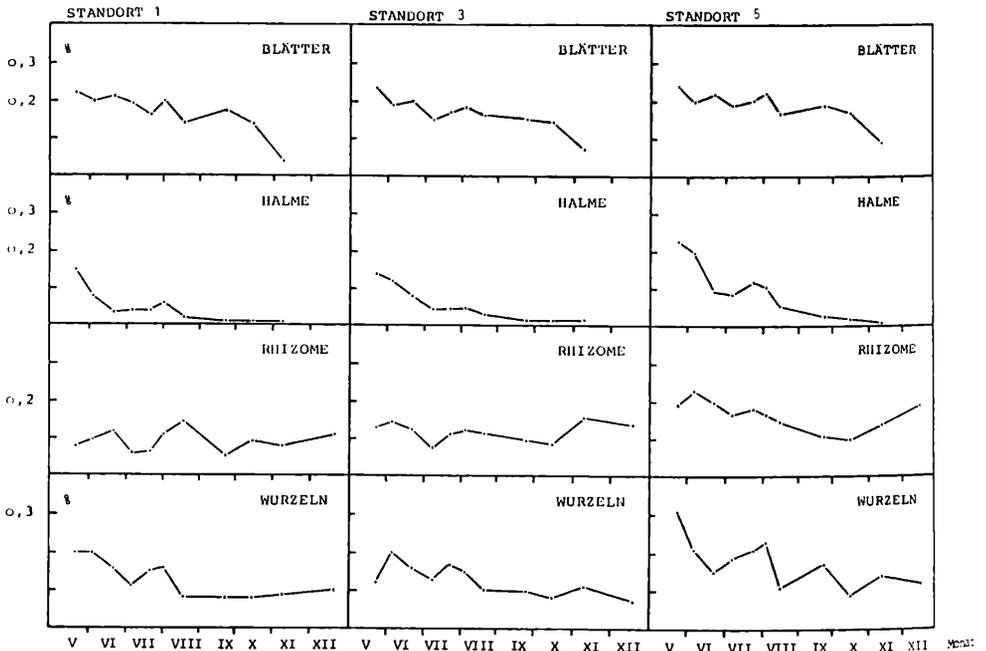


Abb. 11: Phosphor in % Trockensubstanz im nicht bewirtschafteten Röhricht (1981).

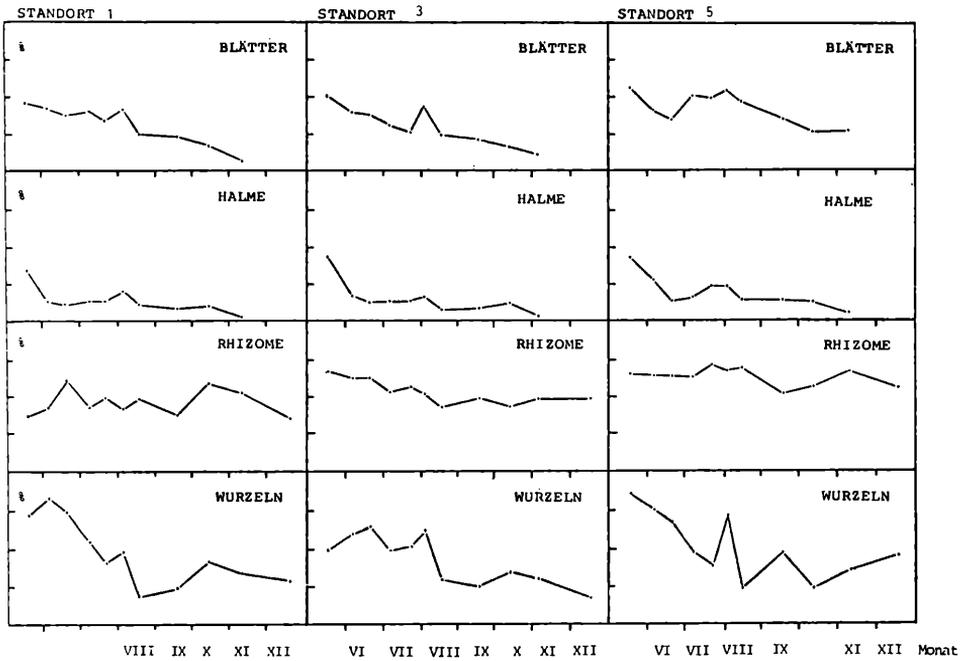


Abb. 12: Kalium in % Trockensubstanz im nicht bewirtschafteten Röhricht (1981).

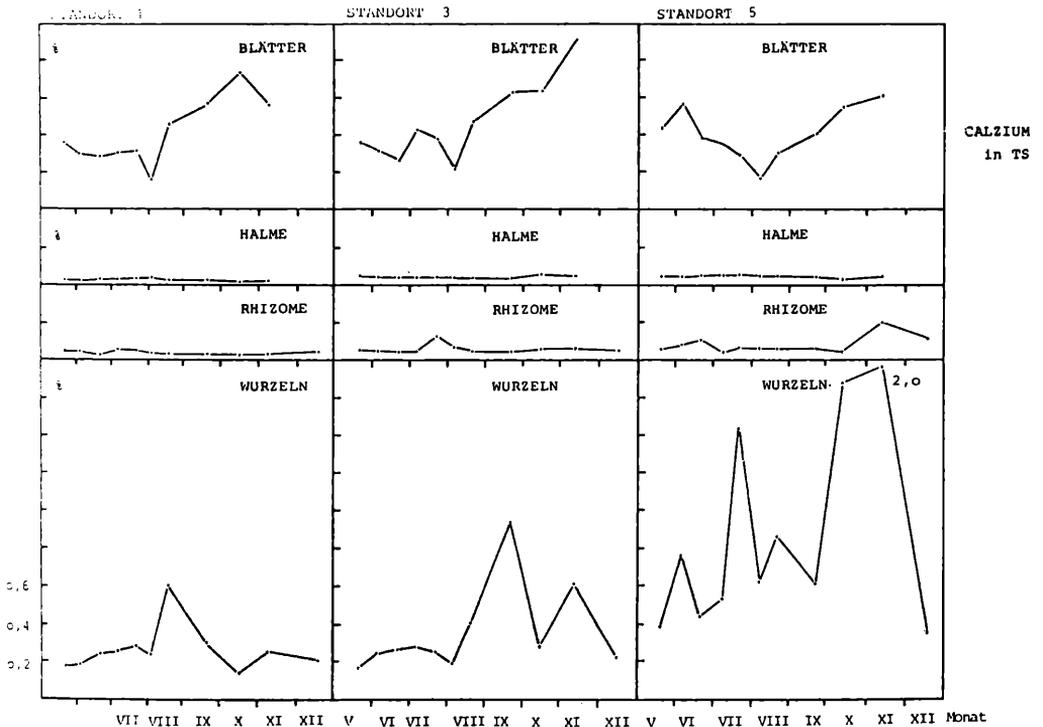


Abb. 13: Calcium in % Trockensubstanz im nicht bewirtschafteten Röhricht (1981).

nicht bewirtschaftetes Röhricht (1981)

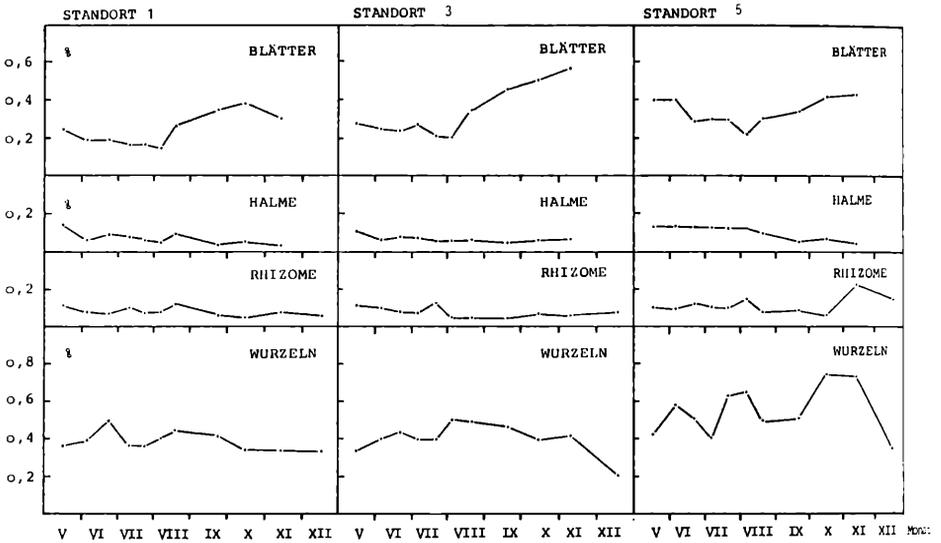


Abb. 14: Magnesium in % Trockensubstanz im nicht bewirtschafteten Röhricht (1981).

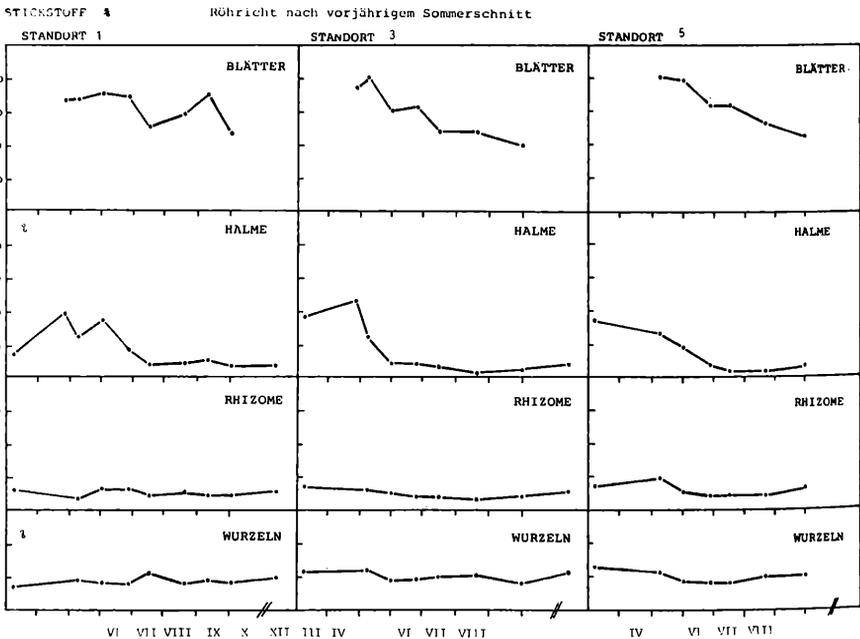


Abb. 15: Stickstoff in % Trockensubstanz im Röhricht nach vorjährigem Sommerschnitt (1982).

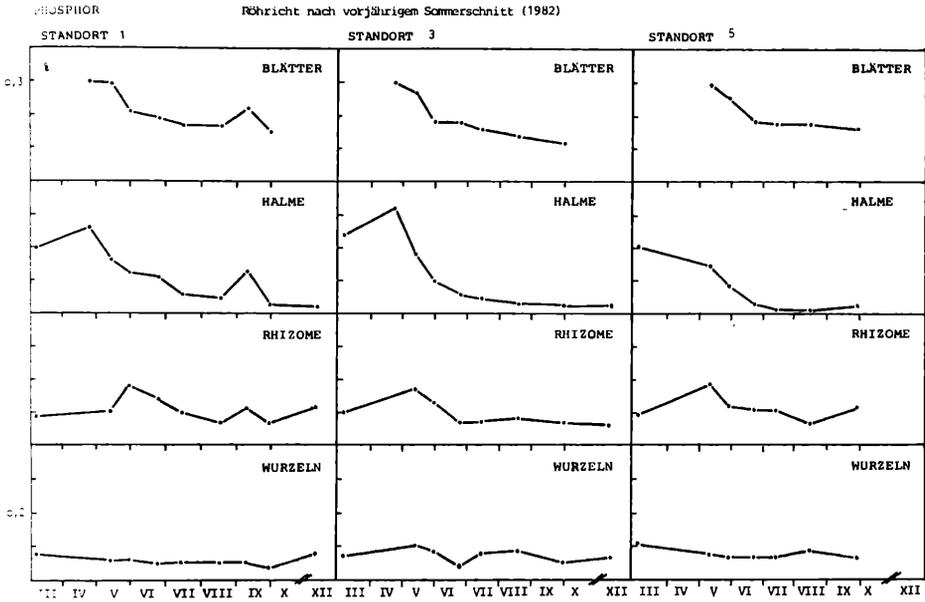


Abb. 16: Phosphor in % Trockensubstanz im Röhricht nach vorjährigem Sommerschnitt (1982).

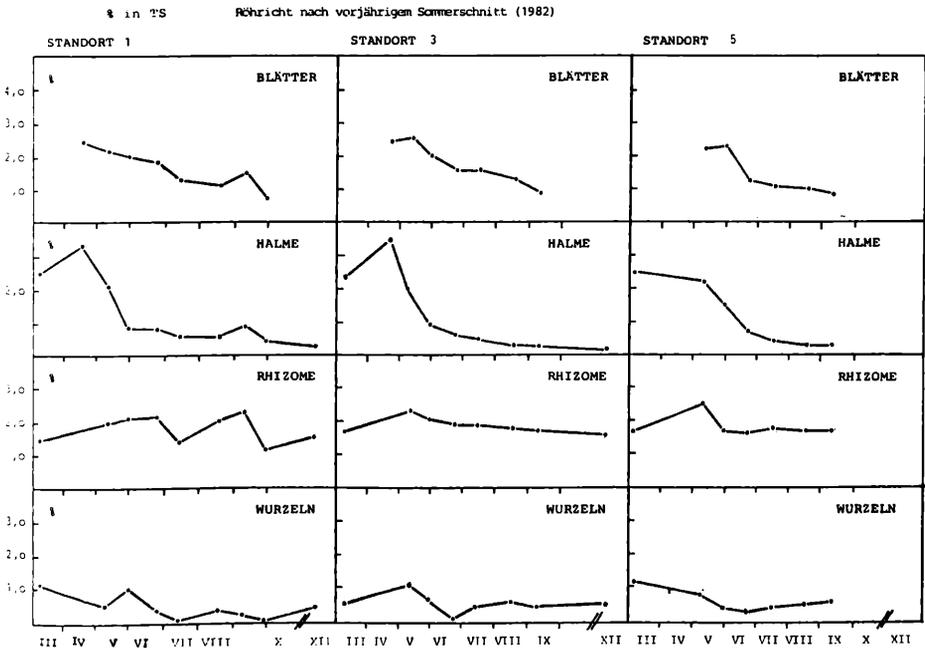


Abb. 17: Kalium in % Trockensubstanz im Röhricht nach vorjährigem Sommerschnitt (1982).

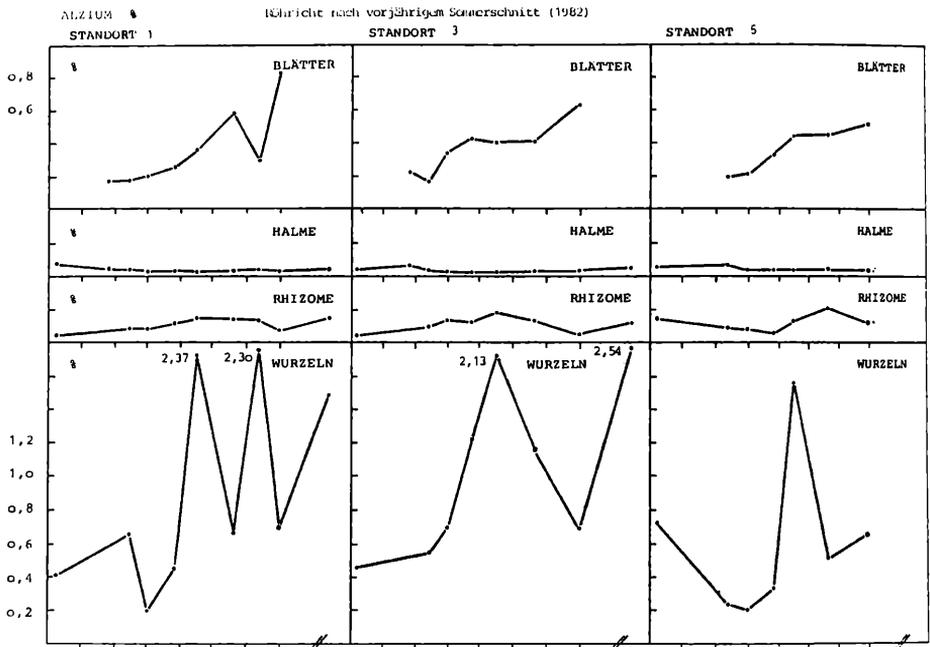


Abb. 18: Calcium in % Trockensubstanz im Röhricht nach vorjährigem Sommerschnitt (1982).

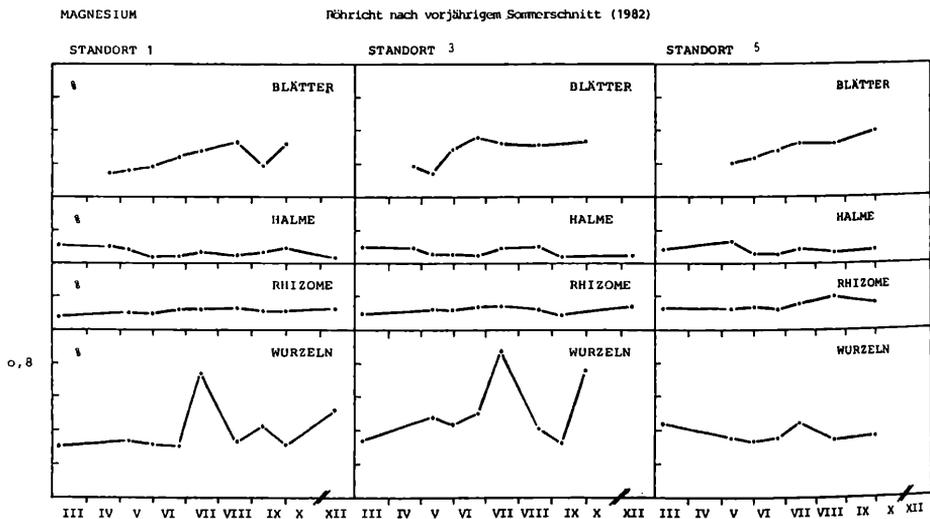


Abb. 19: Magnesium % Trockensubstanz im Röhricht nach vorjährigem Sommerschnitt (1982).

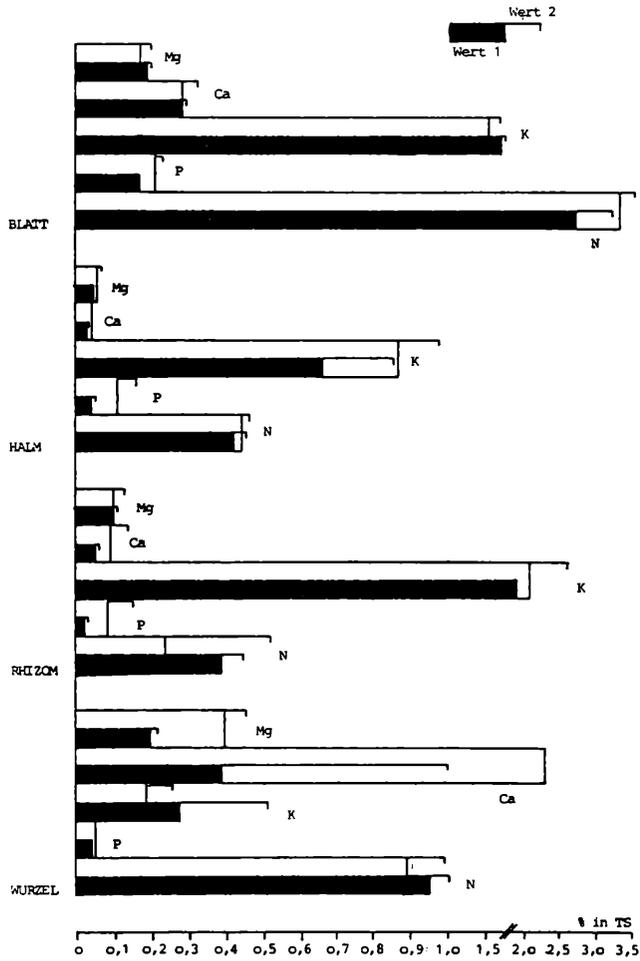


Abb. 20: Nährstoffgehalte der Schilfpflanze im Schnittgebiet 1981 (weiße Blöcke) und nach neuerlichem Grünschnitt im Sommer 1982 (schwarze Blöcke). Probenwerbung am 10. 9. 1982.

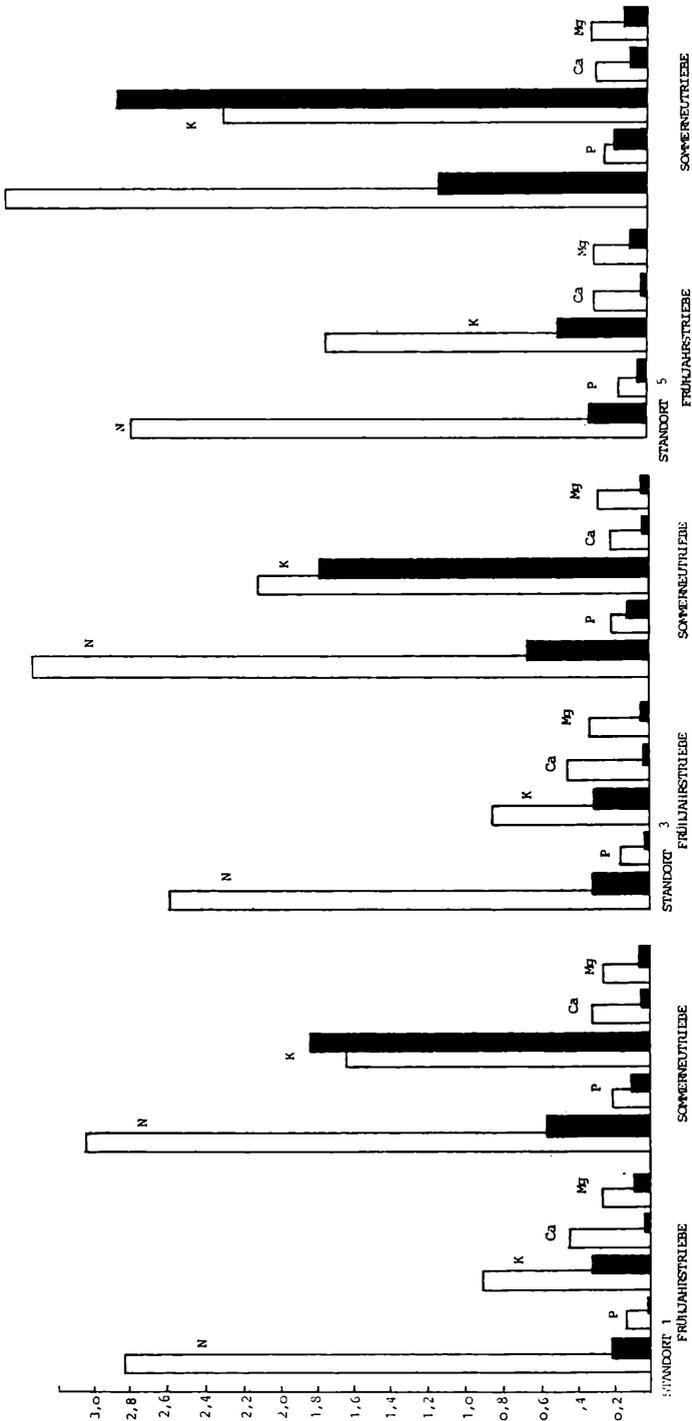


Abb. 21: Nährstoffgehalte in Blätter (weiße Blöcke) und Halmen (schwarze Blöcke) der Mutterpflanze (Frühjahrsstriebe) und der Neutriebe im Sommer.

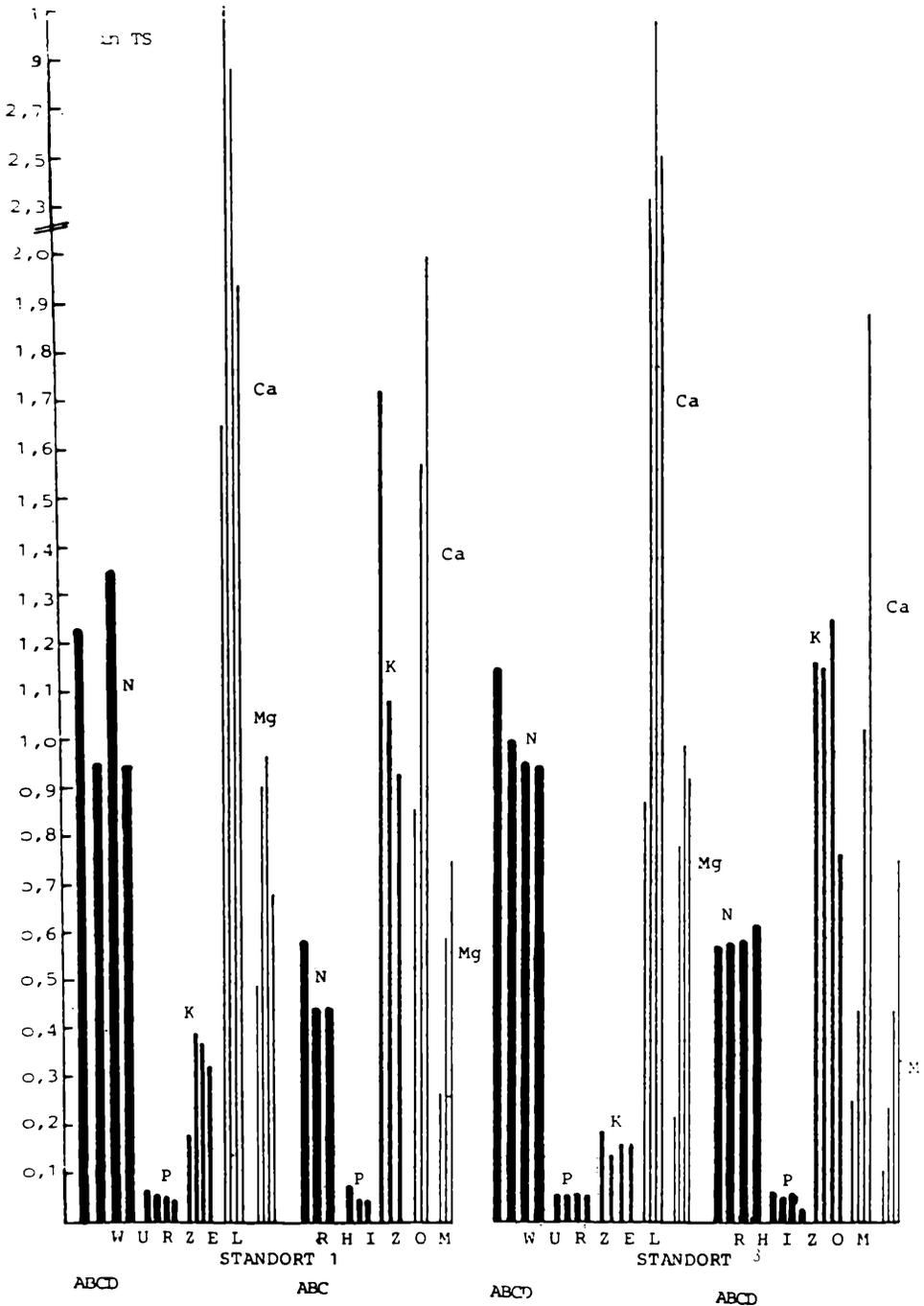


Abb. 22: Verteilung der Nährstoffe in Wurzel und Rhizom in verschiedener Bodentiefe am 14. 3. 1983. A (jeweils 1. Wert): oberflächennah; B (2. Wert): 20 cm; C (3. Wert): 40 cm; D (4. Wert): 70 cm.

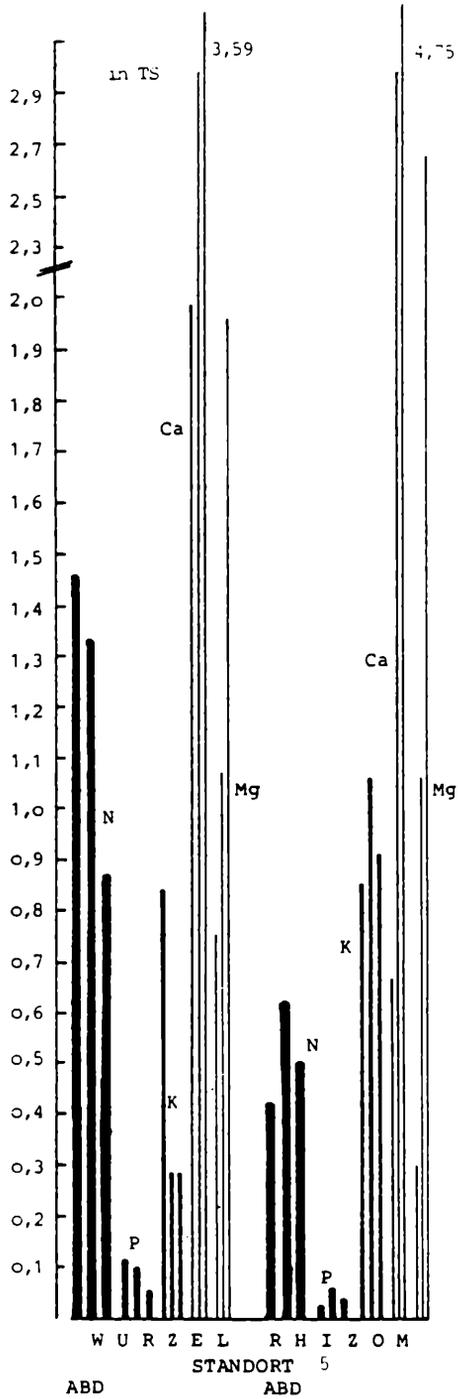


Abb. 23: Verteilung der Nährstoffe in Wurzel und Rhizom in verschiedener Bodentiefe am 14. 3. 1983. A (jeweils 1. Wert): oberflächennah; B (2. Wert): 20 m; D (3. Wert): ca. 100 cm.

Literatur

- BJÖRK, S., 1967: Ecologic investigations of *Phragmites communis*. Studies in theoretic and applied limnology. *Folia Limnologica Scandinavica* 14, 228 S.
- BJÖRK, S. and GRANÉLI, W., 1978: Energy reeds and the environment. *Ambio* 7 (4), 150 — 156.
- BRÄNDLE, R., 1983: Evolution der Gärungskapazität in den flut- und anoxiatoleranten Rhizomen von *Phalaris arundinacea*, *Phragmites communis*, *Schoenoplectus lacustris* und *Typha latifolia*. *Botanica Helvetica* 93, 39 — 45.
- BURIAN, K., 1973: *Phragmites communis* Trin. im Röhricht des Neusiedlersees. Wachstum, Produktion und Wasserverbrauch. In: H. ELLENBERG (ed.), *Ökosystemforschung*. Springer: Berlin-Heidelberg-New York, 61 — 78.
- BURIAN, K. und SIEGHARDT, H., 1979: The primary producers of the *Phragmites* belt, their energy utilization and water balance. In: H. LÖFFLER (ed.), *Neusiedlersee: The limnology of a shallow lake in Central Europe*, 251 — 272. Dr. W. Junk bv Publishers The Hague-Boston-London.
- CSAPLOVICS, E., 1982: Interpretation von Farbinfrarotbildern. Kartierung von Vegetationsschäden in Brixlegg. Schilfkartierung Neusiedler See. *Geowiss. Mitteilungen* 23, 178 S.
- DYKYJOVÁ D., 1973: Content of mineral macronutrients in emergent macrophytes during their seasonal growth and decomposition. In: S. HEJNÝ (ed.), *Ecosystem study on wetland biome in Czechoslovakia*. IBP/PT-PP Report No. 3, 163 — 172.
- DYKYJOVÁ, D. and HRADECKÁ, D., 1976: Production ecology of *Phragmites communis*. I. Relation of two ecotypes to the microclimate and nutrient condition of habitat. *Folia Geobot. Phytotax.* 11, 23 — 61.
- DYKYJOVÁ, D. and HUSÁK, Š., 1973: The influence of summer cutting on the regeneration of reed. In: S. HEJNÝ (ed.), *Ecosystem study on wetland biome in Czechoslovakia*. IBP/PT-PP Report No. 3, 245 — 250.
- DYKYJOVÁ, D. and KVĚT, J., 1970: Comparison of biomass production in reedswamps communities growing in South Bohemia and South Moravia. In: D. DYKYJOVÁ (ed.), *Productivity of terrestrial ecosystem production processes*. IBP/PT-PP Report No. 1, Praha, 71 — 78.
- FARAHAT, A., Z. und NOPP, H., 1966: Über die Bodenatmung im Schilfgürtel des Neusiedlersees. *Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss. Abt. I*, 175, 237 — 255.
- FIALA, K., 1973a: Underground biomass and estimation of annual rhizome increments in two polycormones. In: J. KVĚT (ed.), *Littoral of the Nesyt fishpond*. Ecological studies, Studie-ČSAV, Academia, Praha, 83 — 88.
- FIALA, K., 1973b: Growth and production of underground organs of *Typha angustifolia*, *Typha latifolia* and *Phragmites communis*. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20 (1), 59 — 66.
- FIALA, K., 1976: Underground organs of *Phragmites communis*, their growth, biomass and net production. *Folia Geobot. Phytotax.*, Praha, 11, 225 — 259.
- FISCHER, H., 1967: Der Mineralstofftransport. In: W. RUHLAND: *Handbuch der Pflanzenphysiologie* XIII, 200 — 268. Springer-Berlin-Heidelberg-New York.
- GEISLHOFER, M. und BURIAN, K., 1970: Biometrische Untersuchungen im geschlossenen Schilfgürtel des Neusiedlersees. *Oikos* 21, 248 — 254.
- GROSINA, H., 1983: Bericht über laufende Projekte der Arbeitsgemeinschaft Gesamtkonzept-Neusiedler See (AGN). *BFB-Bericht* 47, 103 — 112.
- HASLAM, M., 1970: Variation of population type in *Phragmites communis* Trin. *Ann. Bot.*, London, 34, 147 — 158.

HÜBL, E., 1966: Stoffproduktion von *Phragmites communis* Trin. im Schilfgürtel des Neusiedlersees im Jahre 1966 (Ergebnisse nach der Erntemethode). Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss., mathem.-naturwiss. Kl., 14, 271 — 278.

HÜRLIMANN, H., 1951: Zur Lebensgeschichte des Schilfs an den Ufern der Schweizer Seen. Diss. phil. Fak. II Univ. Zürich, Verlag: H. Huber, Bern, 232 S.

HUSÁK, Š., 1978: Control of reed and reed mace stands by cutting. In: D. DYKYJOVÁ and J. KVĚT (eds.), Pond Littoral Ecosystems. Structure and Functioning. Ecol. Studies 28, 404 — 408 Springer: Berlin-Heidelberg-New York.

KLÖTZLI, F., 1973: Über die Belastbarkeit und Produktion in Schilfröhrichten. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie. Saarbrücken, Den Haag, 237 — 247.

KRISCH, H., KRAUSS, N. und KAHL, M., 1979: Der Einfluß von Schnitt und Frost auf Entwicklung und Biomasseproduktion der *Phragmites*-Röhrichte am Greifswalder Bodden. Folia Geobot. Phytotax., Praha, 14, 121 — 144.

MAIER, R., 1973: Produktions- und Pigmentanalysen an *Utricularia vulgaris* L. In: H. ELLENBERG (ed.), Ökosystemforschung. Springer: Berlin-Heidelberg-New York, 87 — 101.

MAIER, R., 1982: Nährstoffdynamik in Schilfpflanzen des Röhrichtbestandes bei Purbach am Neusiedlersee im Jahre 1981. Projektbericht AGN.

MAIER, R., und SIEGHARDT, H., 1977: Untersuchungen zur Primärproduktion im Grüngürtel des Neusiedlersees. Teil II: *Phragmites communis* Trin. Pol. Arch. Hydrobiol. 24, 245 — 257.

MANDOLI, D., F. und BRIGGS, W., R., 1984: Fiber optic plant tissues: Spectral dependence in dark-grown and green tissues. Photochemistry and Photobiology, 39, 419 — 424.

MOOK, J., H. and van der TOORN, J., 1982: The influence of environmental factors and management on stands of *Phragmites australis*. Journal of Applied Ecology 19, 501 — 517.

NEUHUBER, F., 1971: Ein Beitrag zum Chemismus des Neusiedlersees. Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss. Abt. I, 179, 225 — 231.

NEUHUBER, F. and HAMMER, L., 1979: Oxygen conditions. In: H. LÖFFLER (ed.), Neusiedlersee: The limnology of a shallow lake in Central Europe, 121 — 130. Dr. W. Junk bv Publishers The Hague-Boston-London.

NEUHUBER, F., BROSSMANN, H. and ZAHRADNIK, P., 1979: Phosphorus and nitrogen. In: H. LÖFFLER (ed.), Neusiedlersee: The limnology of a shallow lake in Central Europe, 101 — 120. Dr. W. Junk bv Publishers The Hague-Boston-London.

PREISINGER, A., 1979: Sediments. In: H. LÖFFLER (ed.), Neusiedlersee: The limnology of a shallow lake in Central Europe, 131 — 138. Dr. W. Junk bv Publishers The Hague-Boston-London.

RAGHI-ATRI, F. und BORNKAMM, R., 1979: Wachstum und chemische Zusammensetzung von Schilf (*Phragmites australis*) in Abhängigkeit von der Gewässereutrophierung. Arch. Hydrobiol. 85 (2), 192 — 228.

RAGHI-ATRI, F. und BORNKAMM, R., 1980: Über Halmfestigkeit von Schilf (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel) bei unterschiedlicher Nährstoffversorgung. Arch. Hydrobiol. 90 (1), 90 — 105.

RODEWALD-RUDESCU, L., 1974: Das Schilfrohr. *Phragmites communis* Trinius. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller): Stuttgart, 302 S.

RYCHNOVSKÁ, M., 1978: Water relations. Water balance, transpiration, and water turnover in selected reedswamp communities. In: D. DYKYJOVÁ and J. KVĚT (eds.), Pond Littoral Ecosystems. Structure and Functioning. Ecol. Studies 28, 246 — 256. Springer: Berlin-Heidelberg-New York.

SCHAMATONOV, M., G., 1964: Die Ernte des Schilfrohres und die Organisation der Ernte der Schilfrohrdickichte. Trudy Bot. Inst. 19, 216 — 230.

SCHRÖDER, R., 1984: Declining reed belt of lake Constance and attempts for salvation. Poster-Abstract Vol. II, 2nd Intecol Wetlands Conference Treboň, Czechoslovakia 13 — 23 June.

SIEGHARDT, H., 1973: Strahlungs-nutzung von *Phragmites communis*. In: H. ELLENBERG (ed.), Ökosystemforschung, 79 — 86. Springer: Berlin-Heidelberg-New York.

SIEGHARDT, H., 1977: Untersuchungen zur Energienutzung von *Phragmites communis* Trin. Arch. Hydrobiol. 79 (2), 172 — 181.

SIEGHARDT, H., 1981: Zur Primärproduktion von *Phragmites australis* im Schilfgürtel bei Purbach am Neusiedlersee im Jahre 1981. Projektbericht (AGN).

SIEGHARDT, H., HAMMER, O. und TEUSCHL, G., 1984: Das Schilfrohr (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel) — Wachstum und Produktion in verschiedenen Zonen des Schilfgürtels am Neusiedlersee. BFB-Bericht 51, 37 — 47.

STEHLIK, A., 1972: Chemische Topographie des Neusiedlersees. Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss. Ab. I, 180, 217 — 278.

SUKOPP, H. und MARKSTEIN B., 1981: Veränderungen von Röhrichbeständen und -pflanzen als Indikatoren von Gewässernutzungen, dargestellt am Beispiel der Havel in Berlin (West). Limnologica (Berlin) 13 (2), 459 - 471.

SZCZEPÁŃSKI, A., 1969: Biomass of underground parts of the reed *Phragmites communis* Trin. Bull. Acad. Polon. Sci., 17, 245 — 247.

TOORN, J., van der and MOOK, J., H., 1975: Experiment on the development of reed vegetation in the Zuid-Flevoland polder. Verh. Kon. Ned. Akad. Wetensch. Afd. Natuurk., 66, 11 — 15.

TUSCHL, P., 1970.: Die Transpiration von *Phragmites communis* im geschlossenen Bestand des Neusiedlersees. Wiss. Arb. Burgenland 44, 126 — 186.

WEISSER, P., 1970: Die Vegetationsverhältnisse des Neusiedlersees. Wiss. Arb. Burgenland, 45, 1 — 83.

WESTLAKE, D., F., 1965: Some basic data for investigations of the productivity of aquatic macrophytes. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., Pallanza, Suppl. 18, 229 — 248.

WESTLAKE, D., F., 1968: Methods used to determine the annual production of reedswamp plants with extensive rhizomes. In: L. E. RODIN (ed.), Methods of productivity studies in root system and rhizosphere organisms. Leningrad, 226 — 234.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland](#)

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: [072](#)

Autor(en)/Author(s): Burian Karl, Maier Rudolf, Sieghardt Helmuth, Hammer Oswald, Teuschl Gerhard

Artikel/Article: [Produktionsbiologische Untersuchungen an Phragmites-Beständen im geschlossenen Schilfgürtel des Neusiedler Sees. 189-221](#)