

Sonderdruck: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Saarbrücken 1973.

ÜBER BELASTBARKEIT UND PRODUKTION IN SCHILFRÖHRICHTEN

F. KLÖTZLI

Abstract

Field experiments and mechanical-hydrological calculations allow to assess the critical limits of impact on exposed reed stands. Wind alone is sufficient to destroy reed belts in polluted, eutrophicated waters. Protective measures are explained and the effects of them are discussed.

A. Einleitung

Schilfröhrichte, obwohl von der Macrophytengarnitur her gesehen nahezu "Monokulturen", werden als recht stabile Ökosysteme betrachtet (vgl. z.B. ELLENBERG s.a.). Absterbende Röhrichte an mitteleuropäischen Gewässern geben deshalb die Möglichkeit, deren Belastbarkeit unter den extremen Standortbedingungen verschmutzter Gewässer zu prüfen. Wir wissen, dass echte Schilfröhrichte unter sehr verschiedenen ökologischen Bedingungen wachsen: oligotrophe Seen des Nordens, eutrophe Schwemmböden des Donaudeltas, dystrophe Alpenseen und warme Schwingboden tropischer Gross-Seen (mit der kritischen Art *Phragmites mauritianus* KUNTH) bilden die Eckpfeiler des grossen Spektrums von Röhrichtstandorten. Eisgang wird normalerweise recht gut vertragen, ebenso recht hohe Wasservogelbestände. Schilf als beigemischte Art erscheint sogar auf relativ trockenen Böden, sofern Unterbodennässe ausgenützt werden kann (Einzelheiten siehe HÜRLIMANN 1951 und HASLAM 1972). Trotz dieser offensichtlichen Anpassungsfähigkeit und Zähigkeit erreicht Schilf die Grenze seiner Belastungsfähigkeit unter der kombinierten Wirkung eines Übermasses an Nährstoffen und schädigenden mechanischen Einflüssen (Algenbehang, Getreibselwatten).

B. Belastung von Röhrichten durch mechanische und chemische Faktoren und ihre Messung

Schädigende, mechanische Faktoren, einschliesslich solche tierischer Art, sind auch in natürlichen Röhrichten wirksam: Vogelfrass, Eisgang, Insektenbefall, Unterwasserverbiss während der Vegetationsperiode (s. HASLAM 1972, KLÖTZLI 1971). Tritt, Bootsverkehr, Veränderung des Wasserspiegels und im Gefolge längere Einwirkung von Algenwatten, kam durch menschliche Beeinflussung dazu. Neu ist die Bildung von Getreibselwatten aus Algen, Seedetritus, Holz und andern festen Abfällen, die wiederholt in der Aufwuchszeit Röhrichte überfahren können.

Über mässige Nährstoffkonzentrationen verursachen zudem eine beträchtliche Reduktion des Sklerenchymanteils wie bei den Grashalmen einer überdüngten Wiese oder eines Ackers. Die Bestände sind scheinbar gutwüchsig, jedoch gegenüber mechanischen Einflüssen nicht widerstandsfähig. Um die Belastbarkeit, bzw. Widerstandsfähigkeit exponierter Röhrichte nicht nur schätzerisch zu erfassen (vgl. EL-

* Geobotanisches Institut, Zürich

LENBERG 1972), wurde nun Bruchfestigkeit, Sklerenchymanteil im Halmquerschnitt sowie das Gewicht der Getreibselpakete durch Messung und die Belastung rechnerisch bestimmt (vgl. Abb. 1).

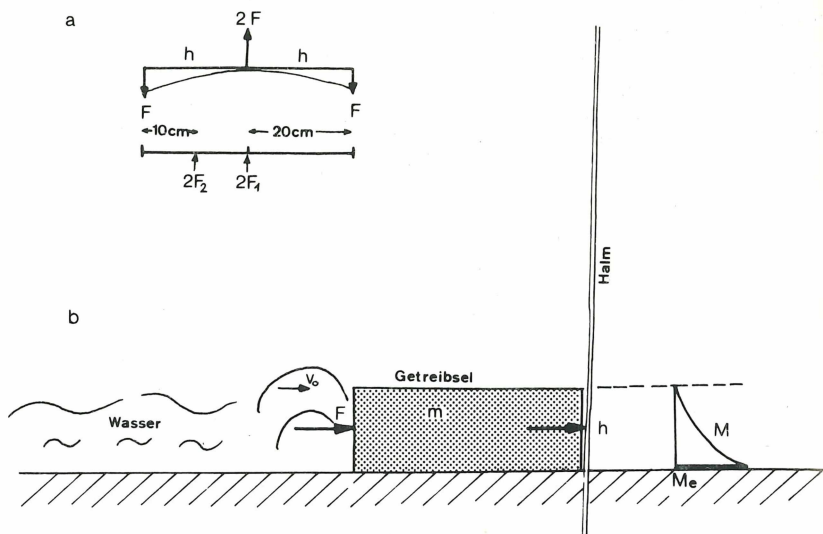


Abb. 1: Modell der Beanspruchung von Röhricht durch Getreibselpakete

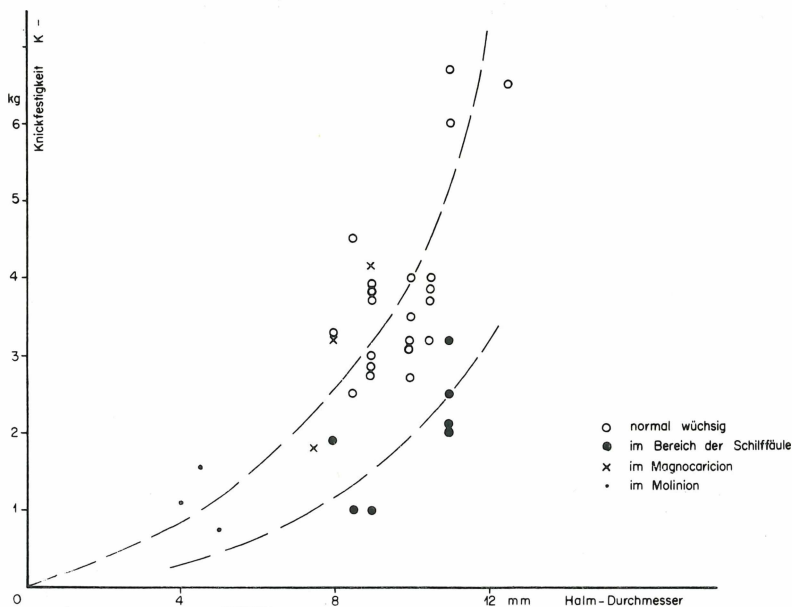


Abb. 2: Halmfestigkeit in Abhängigkeit von Halmdurchmesser und Vitalität (Knickfestigkeit); ○ = Normalwüchsiges Röhricht (Einzelheiten s. KLÖTZLI & ZÜST 1973); ● = Geschwächtes Röhricht in Einbruchzonen; + = Magnocaricion; • = Molinion.

Bei um mehr als 50 % herabgesetztem Sklerenchymanteil (unter 3 % statt 6 % vgl. NIKOLAJEWSKIJ, 1971) in stark eutrophen Gewässern wird auch die Bruchfestigkeit um durchschnittlich mehr als 50 % vermindert (vgl. Abb. 2). Damit wird natürlich die Wirkung der Getreibselssäure beträchtlich vergrößert: Sie besitzen ein Nassgewicht von ca 35 kg pro Laufmeter Uferlinie, wovon etwa 5 kg beweglich sind. Bei einer Dichte von ca 10 bis 50 Halmen pro m² entfallen auf die Zone des mit Aesten und Latten verstärkten Getreibselssaumes ca 2-5 (-10) Halme. Somit können während der kritischen Aufwuchszeit bei starkem Wind und flachem Wasser ca 1-4,5 kg direkt einwirken, was bei exponierten Halmen auch im günstigsten Falle über ihrer Bruchfestigkeit liegt (vgl. Anhang mit Berechnung sowie Abb. 1 und 5). Getreibselpakete dieser Art können also Röhrichte langsam abscheuern, zumal der vorherrschende Wind senkrecht zur Uferlinie bläst. Aber auch bei schwachen Winden kann die stete Beanspruchung zu Ermüdungserscheinungen und Bruch des Halmes führen, weil ja meist noch Aeste im Wasser schwimmen und gegen die Bestände geworfen werden können. Darüber hinaus nimmt auch das Elastizitätsmodul E bei Beanspruchung des Halmes ab, nämlich bis gegen 10 % des ursprünglichen Wertes (Einzelheiten in späterer Veröffentlichung).

C. Experimentelle Anhaltspunkte (Methoden s. KLÖTZLI und ZÜST, 1973)

1. Standortsbedingungen im speziellen Untersuchungsgebiet Altenrhein am Bodensee und Röhrichrückgang

Seit 1936 steigt der Phosphatgehalt des Bodenseewassers kontinuierlich: 1950 2-3 µg Phosphat-P/l, 1970 ≈ 30, 1973 ≈ 70 µg/l.

Also liegt, im Vergleich zu normalwüchsigen Röhrichten weniger eutropher Gewässer, der Nährstoffanteil (P und N) im Bodenseewasser, namentlich in Ufernähe, um das 10-20fache höher.

Dazu kommt die zunehmende Verschmutzung der Ufer mit Feststoffen (Holz, Abfälle aller Art einschliesslich Kunststoffen) und die Steigerung des Motorbootsverkehrs.

Diese kombinierte Wirkung schädigender mechanischer und schwächender chemischer Faktoren wirkt sich also insbesondere am Bodensee sehr zum Nachteil des Fortbestandes der Röhrichte aus (vgl. Abb. 4). Die 1955 noch bestehenden Reströhrichte gingen zuerst kaum merklich und dann immer schneller zurück, nämlich mit etwa 1-3 Metern Bestandestiefe pro Jahr bei Produktionsausfällen von 30 bis 50 % an der Wasserlinie während der ersten zwei Aufwuchsmonate. Nur bei extremen Niederwassern (z.B. 1972) war eine teilweise und vorübergehende Erholung der Bestände möglich. Als wahrscheinlich direkte Folge entwickelte sich eine pathologische Erscheinung, die wir "Schilfsterben" genannt haben und die ihre klassischen Erscheinungsorte am Bodensee hat (vgl. KLÖTZLI 1971). Zunächst interessierte die Frage, ob durch den Bootsverkehr im heute vorgeschriebenen Abstand vom Seeufer eine Schädigung durch zusätzlichen Wellenschlag während der Aufwuchszeit des Schilfes entsteht, m.a.W., ob die durchschnittliche Wellenhöhe direkt von der Windstärke abhängig und ausreichend ist, um auch die Getreibselpakete in schädigender Bewegung zu halten. Abb. 3 zeigt für eine von vielen Beobachtungsperioden (ausführlich in abschliessender Publikation), zumindest für den Fall Altenrhein, dass kein Einfluss auf die mittlere Wellenhöhe nachweisbar ist, sondern dass die Wellenhöhe annähernd eine Funktion des Windweges während der letzten 6 Stunden ist.

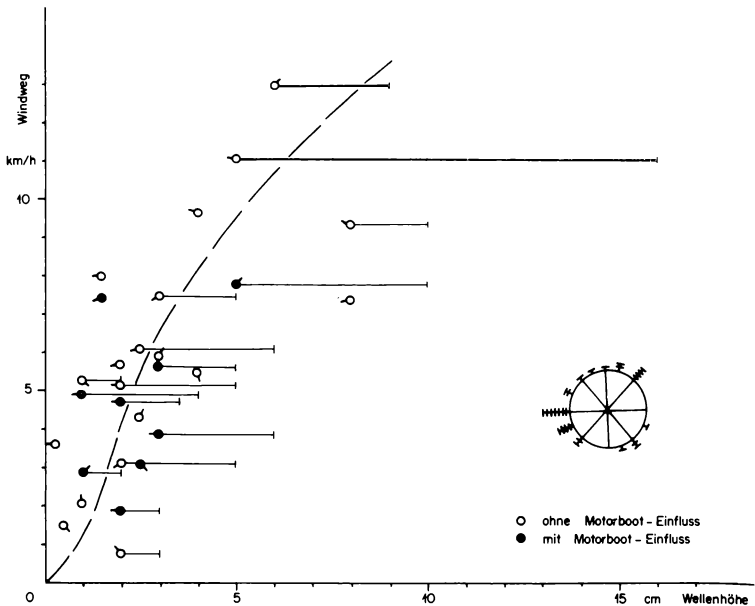


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Windweg während der letzten 6 Stunden und Wellenhöhe mit Angabe von Windrichtung und maximaler Wellenhöhe; Windrose zeigt vorherrschende Windrichtung während Beobachtungsperiode (1 Strich = Richtung während 3 Zeitpunkten): o = ohne; ● = mit Bootsverkehr (5-20 Boote)

Motorboote wirken also nur dann im Verein mit bewegten Getreibselpaketen als Schilferstörer, wenn sie zu nahe an die Röhrichtgrenze auffahren. (z.B. < 20 m mit Geschwindigkeit > 5 km/h) oder wenn sie in die Bestände hineinfahren. Mithin ist bei den heutigen Bedingungen am Bodensee – hohe Nährstoffgehalte, dichte Getreibselpakete, Herabsetzung des Sklerenchymgehaltes – die Wirkung des Windes ausreichend, um die restlichen Röhrichte noch weiter zurückzudrängen. Kurzfristige, aber entscheidende Wirkungen der Motorboote sind nicht auszuschliessen, wenn die kritische Wellenhöhe überschritten wird. In zusammenfassender Weise wird in Abb. 4 dargestellt, wie sich die Windgeschwindigkeit (bzw. der Windweg), der Wellengang (Zusammenhang vgl. Abb. 3) einschliesslich der Motorboot-Aktivität sowie die Vogel-Aktivität auf den Abgang an Halmen im Untersuchungsgebiet Altenrhein ausgewirkt haben. Deutlich zeigt sich die Überlagerung der andern Faktoren durch hohe Windgeschwindigkeiten: Erst bei länger dauernden Winden (6 Stunden und mehr) > 5 km/h wird bei der herrschenden Getreibselbelastung ein grösserer Ausfall an Halmen verzeichnet; ab 10 km/h wird es für die Röhrichte, auch bei kürzerer Einflussnahme, bereits kritisch (momentane Spitzen während der Beobachtungsperiode: 5-10 m/s = 18-36 km/h). Den direkten Zusammenhang zwischen Windweg (während der letzten 6 Tage) und Halmausfall veranschaulicht Abb. 5.

2. Optimale Bewirtschaftung und Schutz vor Getreibsel mittels Zäunen

Um unter den beschriebenen Verhältnissen Anhaltspunkte über bestmöglichen

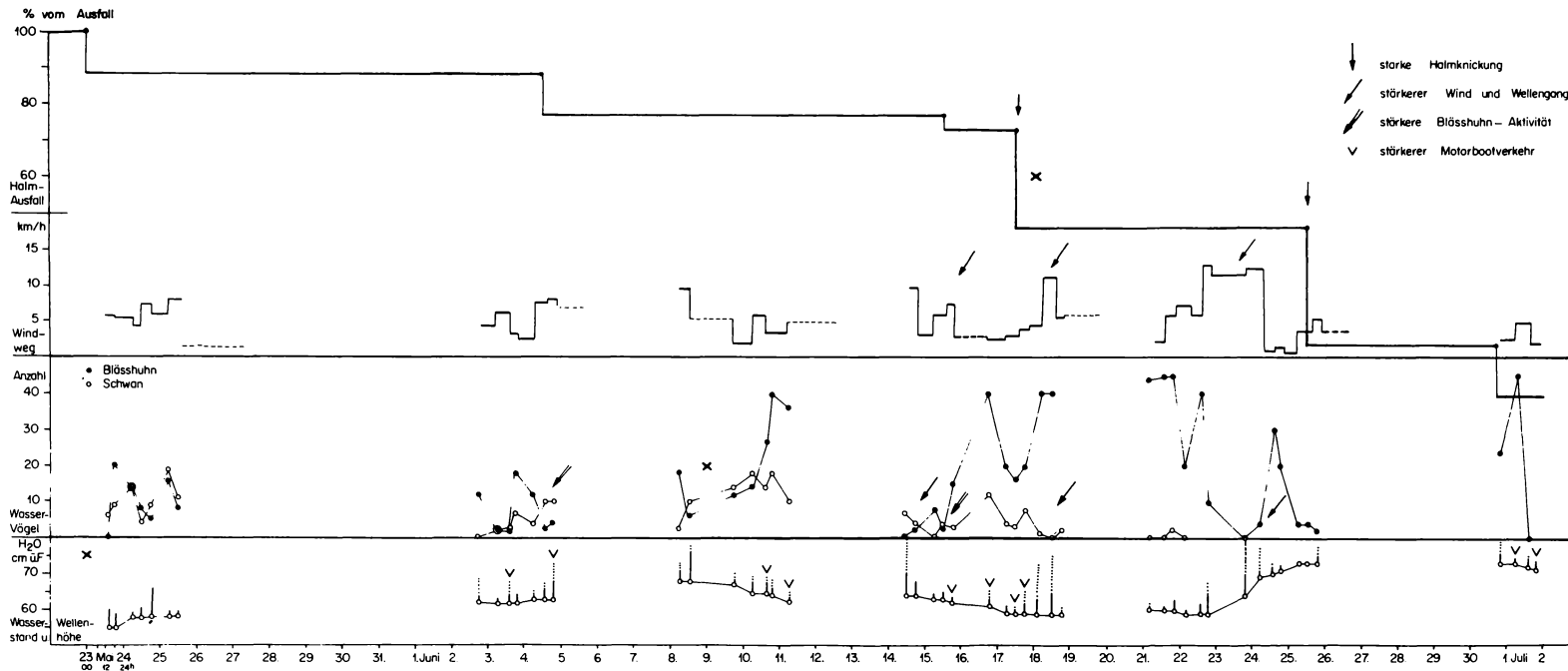


Abb. 4: Die Beeinflussung des Halmausfalls durch Windstärke und andere Faktoren (Beobach-
tungsperiode 1973)

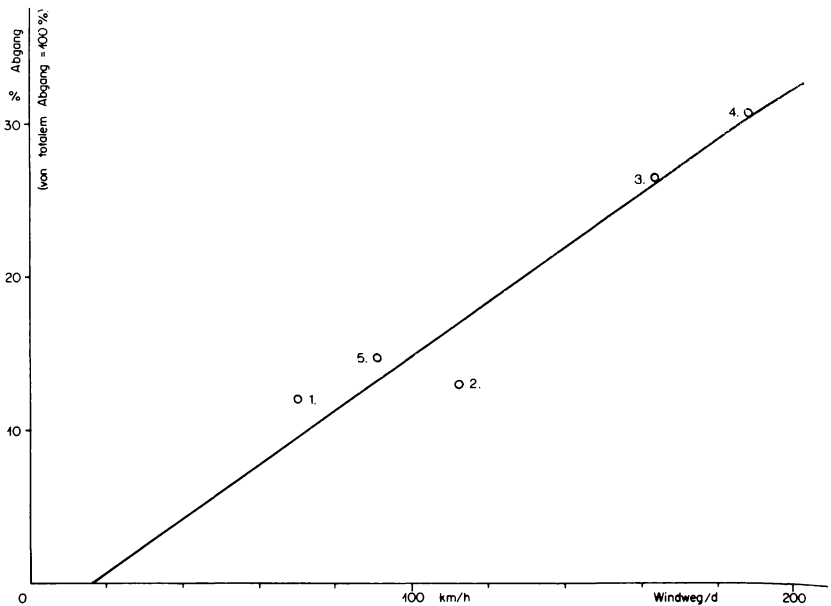


Abb. 5: Zusammenhang zwischen Windweg (während der letzten 6 Tage) und Ausfall an Halmen. Prozentualer Abgang an Halmen in Abhängigkeit vom Windweg pro Tag während der letzten 5-6 Tage (V_{w6}). Total 100% Abgang = $\approx 1/3$ aller Halme in exponierten Teilen des Röhrichts. (5% Abgang während einer hier nicht berücksichtigten Kurzperiode.) Chronologische Reihenfolge.

| % Abgang | V_{w6}/d |
|----------|------------|
| 12 | 65 |
| 13 | 112 |
| 26 | 164 |
| 31 | 188 |
| 14 | 91 |

Spearman-Test (Rangzahlen-Korrelationstest, s. WEBER 1972, S. 538):

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n^3 - n}$$

d_i = Rangzahlen-Differenz
 $n = 5$
 $r_{s_{\text{theor.}}} = 0,9$ (P = 5%)
 $r_{s_{\text{ber.}}} = 0,9$ $r_{s_{\text{theor.}}} = 1,0$ (P = 1%)

Regressionsgerade:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{c}{s_x^2}$$

$$y = a + bx$$

$$y = 17 + 5,6x$$

c = Kovarianz
 s_x^2 = Streuung vom Abgang im Quadrat
 \bar{x} = durchschnittlicher Abgang
 \bar{y} = durchschnittlicher Windweg

Schutz der Reströhrichte zu erhalten, wird der Einfluss der Bewirtschaftung und von Einzäunungen experimentell überprüft. (Die Untersuchungen werden bis 1977 fortgeführt). Daraus ergeben sich die folgenden vorläufigen Aussagen (KLÖTZLI & ZÜST 1973):

a. Einzäunungen: Durch Einzäunungen kann der Rückgang von Röhrichten grösstenteils gestoppt werden (vgl. auch SUKOPP 1971). Weitere Einbrüche sind erklärbar durch die noch unbekannte Infektion "Schilfsterben", die sich auf dem Rhizomwege verbreitet. In den Einzäunungen ist das Verhältnis Produktion zu Dichte grösser als ausserhalb. Dies bedeutet, dass auf den geschützten Flächen bei gleicher Dichte mehr produziert wird, in Form kräftigerer, höherer Stengel. Die Belastung durch die Überdüngung bleibt, aber die mechanischen Faktoren werden in ihrer Wirkung gemildert (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Produktion und Dichte bei Zäunung und im offenen Land. Bewirtschaftung: B Mahd, Streu liegen lassen; D keine Mahd; Zahlen in Klammern: ohne Berücksichtigung von Leerflächen (Dichte = 0)

| | B | | | B Einzäunung | | | D | | D Einzäunung | |
|--------------------------------|----------------------------|--------------|--------------|-----------------|------|------|----------------|------|-----------------|--------------|
| | 1970 | 1971 | 1972 | 1970 | 1971 | 1972 | 1970 | 1971 | 1970 | 1971 |
| Produktion g/m ² | 232 (310) | 206 (309) | 319 (319) | 564 | 504 | 1087 | 0 | 0 | 208 (312) | 371 (557) |
| Dichte Halme/m ² | 33 (44) | 16 (25) | 38 (38) | 38 | 37 | 60 | 0 | 0 | 14 (22) | 19 (29) |
| | Einzäunung: Winter 1966/67 | | | | | | Winter 1967/68 | | | |

b. Bewirtschaftung: Ungeschnittene Röhrichte (D-Flächen) produzieren mehr bei geringerer Dichte, ihr Stickstoff-Kreislauf ist intensiver (Wirkung der Streu als Mulch) und bewirkt damit ein noch höheres Nährstoffangebot. Damit besteht nun freilich die Gefahr von lokalen Einbrüchen weil ganze Gruppen umfallen können und junge Halme in tiefen Schatten stehen gebliebener Halmdickichte geschwächt aufwachsen. Infolge der Überdüngung an Ort und Stelle entwickeln die Halme sehr wenig Sklerenchym und knicken leichter. Geschnittene Bestände (A-Flächen) produzieren etwas weniger, sind aber dichter und weniger anfällig gegen ihre eigene Überdüngung und Insektenbefall (Einzelheiten s. KLÖTZLI & ZÜST

Tab. 2: Produktion, Dichte und akkumulierte Stickstoffmengen in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung; D keine Mahd; A Mahd, Streu entfernt; B Mahd, Streu liegen gelassen; (gerundete Werte); F = Frühjahr; H = Herbst.

| | D | | A | | B | |
|--|-----|----|-----|----|-----|-----|
| Produktion g/m ² 1970 | 600 | | 350 | | 360 | |
| Dichte 1967-71 | F | H | F | H | F | H |
| | 30 | 26 | 37 | 36 | 48 | 37 |
| N akkumuliert in 6 Wochen 1967-71 mg/100 g TB | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1,7 |

1973). Werden Röhrichte geschnitten, ihre Streue aber liegengelassen, so entwickeln sich im grossen und ganzen mittlere Verhältnisse (vgl. Tab. 2).

D. Schlussfolgerungen

Während der nächsten fünf Jahre ist mit einer wesentlichen Besserung des Bodensees nicht zu rechnen. Die Belastung durch Phosphat und Getreibsel wird also bestehen bleiben, ja eher noch zunehmen. Die durchschnittlichen Kräfte, die bei relativ geringen Windstärken mittels des Getreibsels auf die Halme einwirken, sind genügend gross, um exponierte Röhrichte sukzessive abzuscheuern.

Dagegen dürfte eine Verminderung des Einflusses der Motorboote durch eine direkte Kontrolle möglich sein (Disziplin der Bootsbesitzer schon 1973 besser), ebenso rückt ein "numerus clausus" in den Bereich des Möglichen.

Daraus folgt, dass als einzige Schutzmassnahme die Zäunung der Röhrichte übrig bleibt, eine Massnahme, die auch mit Kunststoffnetzen durchgeführt werden kann. Damit kann die Menge an Getreibsel im seewärtigen Saum des Röhrichts unter der kritischen Grenze von 15-30 kg (wovon 5 kg beweglich im Wellenschlag) pro Laufmeter gehalten werden.

Um die exponierten lebenden Sprosse zu entlasten, empfiehlt sich darüber hinaus, einen 3-5 m breiten Saum des Röhrichts auf der Seeseite nicht zu schneiden. Derart verteilt sich das Gewicht der Getreibselpakete auf mehr Halme. Dahinter wäre jedoch eine regelmässige Bewirtschaftung, Schnitt, Wegführen der Streue, anzuraten. Ist einmal der Einbruch erfolgt und hat sich das Phänomen des "Schilfsterbens" gezeigt, dann erfolgt eine Erholung, auch unter Schutz nur sehr langsam. Pflanzversuche vermitteln ein Bild der Schwierigkeiten, die entstehen, wenn man solche Einbrüche sanieren will. Schliesslich werden öko-pathologische Untersuchungen in Einbrüchen ("Löchern") erweisen, wie die für das Seeökosystem so wesentlichen Röhrichte auch in unserer Kulturlandschaft in optimalem Zustand bleiben können.

E. Anhang

1. Berechnung der kritischen Verhältnisse im Röhricht *

- a. Vereinfachungen:
- kein Wasser unter der Masse m, keine Flotation
 - Halm fest verankert
 - Masse m ohne Viskosität (fest)

b. Messungen
(mit Federwaage)

$$\text{Bruchfestigkeit nach Abb. 1a} = F_{\max} = \frac{F_1 + F_2}{2}$$

$$\text{Elastizitätsmodul nach E} = \frac{F \cdot l^3}{3 \delta \cdot J} \quad \left[\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \right] \quad (1)$$

(Wahl der Kraft F und der Einspannhöhe l, Bestimmung von δ in cm).

Getreibselgewicht mit Masse m im Feld.

Wellenhöhe H und Windgeschwindigkeit v_w mit Feldstation
(vgl. auch Abb. 3).

v_0 ist durchschnittlich eine Funktion des Windweges der letzten
5-6 Std.

* Für Beratung sei den Herren Ch. HOFFMANN, dipl.math., und U. STÜSSI, dipl. Bauing., Fachgruppe Mechanik ETHZ, sowie Herrn A. CHERVET, dipl. Bauing., VAW ETHZ, herzlich gedankt.

c. Berechnung von F_{\max} aus $E, J, m, h, (l = \frac{h}{2}), v_0$:

$$I. M_e = F \cdot \frac{h}{2} \quad (2) \quad J = \frac{\pi}{4} (r_a^4 - r_i^4) \quad (3) \quad \sigma_{\text{zul.}} \leq \frac{M_e \cdot r_a}{J} \quad (4)$$

$$\text{aus (2) u. (4):} \quad \sigma_{\text{zul.}} \geq \frac{F_{\max} \cdot \frac{h}{2}}{J} \cdot r_a$$

$$II. \delta = \frac{F \cdot l^3}{3 E J} \quad (1) \quad F = C \cdot \delta \quad (5)$$

$$\text{aus (5) u. (1):} \quad C = \frac{3 E J}{l^3} \quad (6)$$

III. Ableitung:

$$m \ddot{x} = x \cdot C \quad X = A \cos \kappa t + B \sin \kappa t, \quad \kappa^2 = \frac{C}{m} \quad (7)$$

$$\dot{x}(0) = v_0$$

$$v_0 = B \cdot \kappa \cdot \cos \kappa$$

$$B = \frac{v_0}{\kappa}, \quad x = \frac{v_0}{\kappa} \cdot \sin \kappa t$$

$$x_{\max} = \frac{v_0}{\kappa} \quad (x = \sigma)$$

$$\text{aus (5)} \quad F_{\max} = C \frac{v_0}{\kappa}$$

$$\text{aus (6),(7)} \quad F_{\max} = \sqrt{\frac{3 E J \cdot m}{l^3}} \cdot v_0$$

$$F_{\max} = \sqrt{\frac{24 E J m}{h^3}} \cdot v_0 \quad (8)$$

d. Berechnung von v_0

I. Flachwasser, i. relativ grosse Wellen: (FAVRE 1949, HENDERSON 1966)

$$v_0 \approx c_B = \sqrt{g \cdot h} \quad (9)$$

$$\text{für Bruch der Welle: } \frac{2H}{h} = 0,78 \quad (10)$$

ii. relativ kleine Wellen: (FAVRE 1936)

$$\text{result. Kraft aus hydrostatischem Druck } P_{\max} = \frac{\gamma \cdot h_l^2}{2}, \quad (h_l = h + H) \quad (11)$$

z.Vgl.

II. Tiefwasser (FAVRE 1949)

$$c = \sqrt{\frac{g \cdot \lambda}{2 \pi}} \quad (12), \quad \lambda \approx 20 H \quad (13)$$

$$\text{Annäherung: } \frac{v_w}{50} \approx v_0 \quad (\text{nach PLATE \& GOODWIN 1966}) \quad (14)$$

2. Beispiele:

für I/i.

| v_w | H | h | v_{0max} | v_0 aus (14) | F_{max} (Halmzahl pro m Uferlinie im Getreibselsum) – in () Klammern für v_0 aus (14); in [] Klammern für v_0 aus (14), Getreibsel-Wall 20 cm hoch | | |
|----------|------|------|------------|----------------------|---|-------------|-------------|
| [km/h] | [cm] | [cm] | [cm/s] | | 1 Halm | 10 Halme | 20 Halme |
| ab ds | | | | | | | |
| (2-) 5 | 3,0 | 7,5 | 86 | 3 | 535(19)[4,5] | 167(6)[1,3] | 118(4)[1,0] |
| (8-) 15 | 7,8 | 20 | 140 | 8 | 200(11) | 62(3,5) | 44(2,5) |
| (12-) 25 | 15,6 | 40 | 198 | | (dann meist schwimmend) | | |

F_{max} für folgende Werte: $E_{Messwert} = 110\,000 \frac{kp}{cm^2}$ (Min. 50 000, Max. 200 000)

$F_{Messwert}$ Bruchfestigkeit, Mittel = 2 kp (Min. 0,25, Max. 3 (-4))

$m_{Messwert}$ (bewegliche) Getreibselmasse, = 5 kg pro m Uferlinie
Mittel

$J_{Messwert}$ $r_a = 5$ mm, $r_i = 4$ mm = 0,012 cm⁴

Bemerkung: Die F_{max} -Werte (ohne Klammern) sind Extremwerte, die nur bei eingeklemmten Halmen und vereinzelt Brechern erreicht werden dürften. Durchschnittlich liegen bei $v_w = 5$ km/h und einem Getreibselwall von 20 cm Höhe Verhältnisse vor, wie sie durch die Werte in eckigen Klammern dargestellt werden, immer unter der Voraussetzung eines durch Aeste und andere feste Materialien versteiften Getreibselsummes und der verlustfreien Übertragung der Wellenenergie auf den Halm. Bei etwas tieferem Wasser darf in erster Näherung der Wert bei Beispiel I/ii übernommen werden.

für I/ii.

$h = 20$ cm, $H = 3$ cm, 20 Halme pro Meter. Druck von unbewegtem festem Körper ca 1,3 kg/Halm Ø 10 mm.

Legende:

| | |
|----------------|---|
| F | Einwirkende Kraft |
| F_{max} | do., maximal mögliche, dann Bruch |
| M_e | Einspann-Moment |
| M | Moment |
| h | Höhe einwirkende Masse, Wassertiefe |
| l | eingespannte Halmlänge bei Versuch, bzw. Länge, an der Spannung ansetzt |
| J | Trägheitsmoment |
| r_a | äusserer Halmradius |
| r_i | innerer Halmradius |
| δ | Auslenkung unter Belastung |
| σ | Spannung |
| σ_{zul} | zulässige Spannung, Bruch-Spannung |
| E | (Young's) Elastizitätsmodul |

| | |
|-----------|----------------------------------|
| C | Feder-Konstante |
| m | spezifische Masse vom Getreibsel |
| v_0 | Wassergeschwindigkeit |
| c | Wellengeschwindigkeit |
| c_B | do., bei Bruch der Welle |
| H | Wellenhöhe |
| λ | Wellenlänge |
| γ | spez. Gewicht |
| v_w | Windgeschwindigkeit |

LITERATUR

- ELLENBERG, H. (1972): Belastung und Belastbarkeit von Ökosystemen. In: Tagungsber. Ges. Ökol. Giessen 1972: 19–26.
- ELLENBERG, H. (s.a.): Ökosystem-Forschung im Internationalen Biologischen Programm. In: Probleme der Umweltforschung. Forschung und Information (Schr.R. Rias-Funkuniv., Herausg. R. Kurzrock). Berlin (Colloquium V.), 9 S.
- FAVRE, H. (1936): Le problème des vagues. *Schweiz. Bauztg.* 108: Nr. 1/2, 9 S.
- FAVRE, H. (1949): Cours de Mécanique III (Etude de la houle). Paris u. Zürich. 476 S.
- HASLAM, S. (1972): Biological Flora of the British Isles. List Br. Vasc. Plants (1958) no. 665.1: *Phragmites communis* Trin. *J. Ecol.* 60: 585–610.
- HENDERSON, F.M. (1966): Open Channel Flow. McMillan Co., New York/London, 522 S.
- HÜRLIMANN, H. (1951): Zur Lebensgeschichte des Schilfs an den Ufern der Schweizer Seen. *Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz.* 30: 1–232.
- KLÖTZLI, F. (1971): Biogenous influence on aquatic macrophytes, especially *Phragmites communis*. *Hydrobiol.* 12: 107–111.
- KLÖTZLI, F. & S. ZÜST (1973): Conservation of reed beds in Switzerland. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20: 229–235.
- NIKOLAJEVSKIJ, V.G. (1971): Research into the biology of the common reed (*Phragmites communis* Trin.) in the USSR. *Folia Geobot. Phytotax.* 6: 221–230.
- PLATE, E.J. & C.R. GOODWIN (1966): The influence of wind on open channel flow. In: Coastal Engineering. Sta. Barbara Spec. Conf., Oct. 65. New York (Americ. Soc. Civil Eng.), 391–423.
- SUKOPP, H. (1971): Effects of man, especially recreational activities on littoral macrophytes. *Hydrobiol.* 12: 331–340.
- SZCZEPAŃSKI, A. (1970): Methods of morphometrical and mechanical characteristics of *Phragmites communis* Trin. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 17: 329–335.
- WEBER, ERNA (1972): Grundriss der biologischen Statistik. 7. Aufl. (1. Aufl. 1948). Jena (VEB Fischer), 706 S.

Anschrift des Verfassers:

Doz. Dr. F. KLÖTZLI, Geobotanisches Institut des ETH, Zürich