**Zeitschrift:** Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

**Herausgeber:** Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

**Band:** 101 (1989)

**Artikel:** Mechanische Belastbarkeit natürlicher Schilfbestände durch Wellen, Wind und Treibzeug = Mechanical impacts on natural reed stands by wind, waves and drift

**Autor:** Binz-Reist, Hans-Rudolf

**Kapitel:** Teil I. Das Schilfrohr : Einführung und Problemstellung : das Schilfrohr

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-308911

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 31.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# 1. DAS SCHILFROHR (*Phragmites australis* [Cav.] Trin. ex Steudel = *P. communis* Trin.)

## 1.1. AUFBAU UND LEBENSWEISE DER PFLANZE

Über das Schilfrohr existieren, neben anderen, zwei umfassende Monographien, nämlich von HÜRLIMANN (1951) und RODEWALD-RUDESCU (1974). Auf diesen beiden gründet das folgende erste Kapitel, sie werden deshalb im folgenden nur noch in speziellen Fällen zitiert.
Obwohl der Volksmund außer *Phragmites* auch andere Pflanzen bisweilen als Schilf oder Rohr bezeichnet (vor allem die verschiedenen Rohrkolbenarten *Typha* spp., manchmal auch das ähnlich wie *Phragmites* aussehende Rohrglanzgras *Phalaris arundinacea* und andere an Ufern vorkommende Gräser), befaßt sich die vorliegende Arbeit nur mit Schilf im botanischen Sinne, eben mit *Phragmites australis*.
Der taxonomisch richtige, weil ältere, Name *Phragmites australis* ist weniger eingebürgert als *P. communis*, wohl weil diese Bezeichnung angesichts der weltweiten Verbreitung dieser Pflanze sachlich passender erscheint. Schilf ist auf allen fünf Erdteilen anzutreffen, in Nordamerika bis zum Polarkreis, in Asien bis etwa 60° nördlicher Breite. In Europa fehlt es nur in Island, im Westen der Iberischen Halbinsel und in den nördlichsten Teilen Nordnorwegens. In der Schweiz werden Vorkommen bis über 1900 m ü.M. (HÜRLIMANN 1951) gemeldet.
Die weite Verbreitung ließ eine Unzahl von Abarten, Varietäten und Formen innerhalb der Gattung *Phragmites* entstehen (RODEWALD-RUDESCU 1974 zitiert deren 44 aus der Literatur). HÜRLIMANN (1951) unterscheidet wie HEGI (1936) innerhalb der Gattung drei (Unter-)Arten, nämlich *P. communis* Trin., einen subtropischen Typus *P. karka* Trin. und *P. dioica* Hackel in Argentinien. In der Schweiz ist jedenfalls nur die erstgenannte Art anzutreffen. Verschiedene Formen und Ausbildungen (auch die noch zu besprechenden Kriech- und Leghalme) sind nicht genetisch, sondern durch äußere Einflüsse bedingt.
Das Schilfrohr gehört zur Familie der echten oder Süßgräser (*Gramineae* oder *Poaceae*) aus der Klasse der Einkeimblättrigen (*Monocotyledones*), Unterabteilung Bedecktsamige (*Angiospermae*), Abteilung Blütenpflanzen (*Anthophyta*) des Stammes der Sproßpflanzen (*Cormophyta*). Die

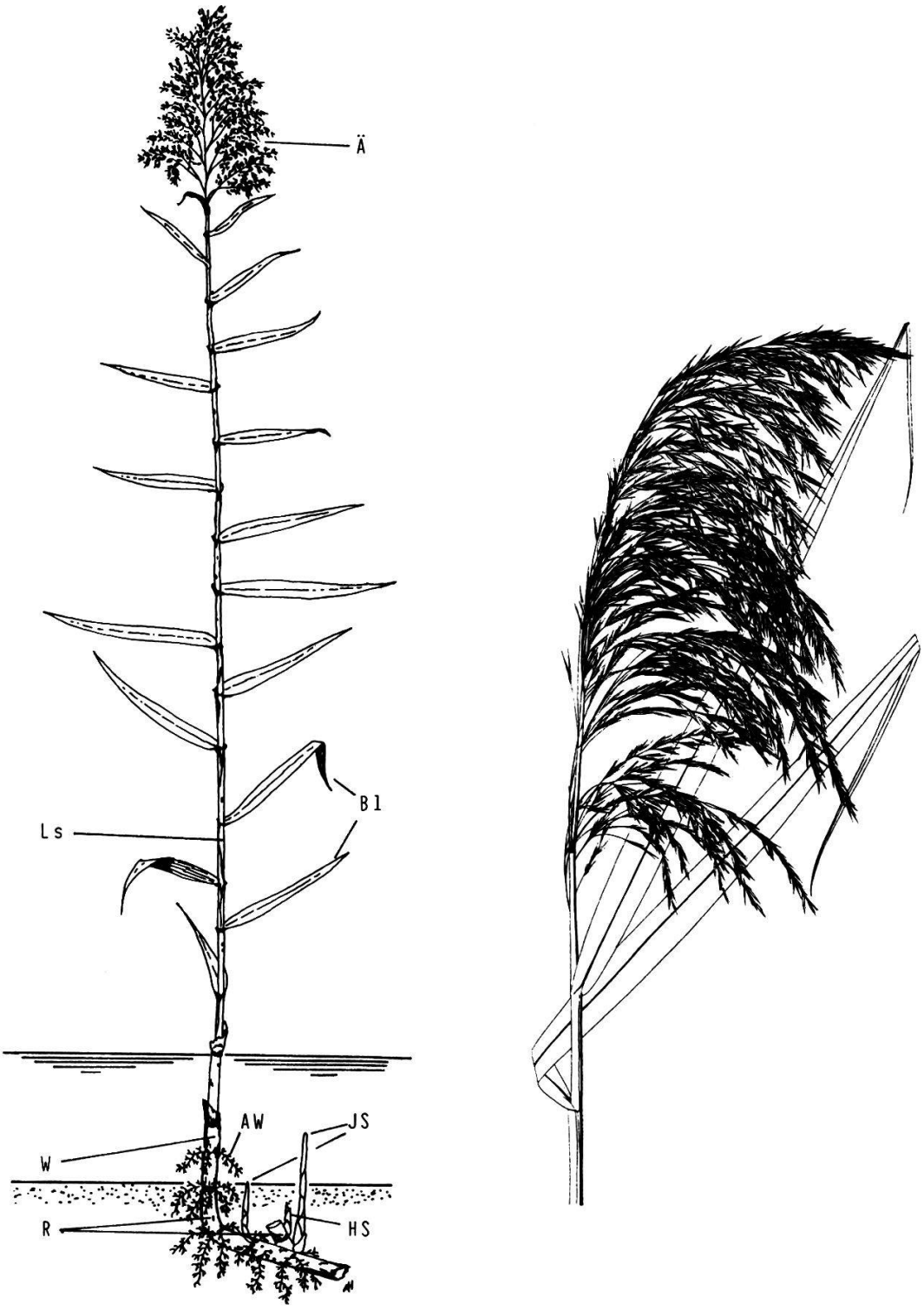


**Fig. 1.1.** Links: Gesamtbild eines Schilfhalmes (Zeichnung A. Hegi).
R = Rhizom; W = Wasserstengel; Ls = Luftstengel; HS = Halmsprosse; JS = Jungsprosse; AW = Adventivwurzel; Bl = Blätter; Ä = Ähre oder Rispe.
Rechts: Ähre oder Rispe (Blütenstand) einer Schilfpflanze (aus: HESS et al. 1967).

Pflanze (Fig. 1.1.) besteht aus einem ausdauernden, unterirdischen Teil (Erdsproß, Rhizom) und dem einjährigen Lichtsproß (Halm). Das periodische Absterben ist eine Folge der Jahreszeiten in den gemäßigten Zonen und wird durch die ersten Fröste zu Beginn des Winters ausgelöst. Die Blütezeit dauert von Juli bis September; gesunde Halme tragen in dieser Zeit an ihrem oberen Ende eine Rispe (Fig. 1.1.), bestehend aus 2- bis 8-blütigen Ährchen. An schweizerischen Seeufern erreichen die Halme normalerweise eine Länge von 2 bis 4m.

Die **unterirdischen Organe** bilden im Laufe der Zeit ein viele Meter langes, reich verzweigtes Ausläufersystem. Es scheint, daß ziemlich großflächige Teile eines Bestandes von einer einzigen Pflanze gebildet werden (Klon). Das Rhizom unterscheidet sich morphologisch nicht grundsätzlich vom oberirdischen Halm, es ist wie dieser zylindrisch und hohl, gegliedert durch Knoten, welche mit einem Diaphragma das röhrenartige Gebilde in einzelne Kammern unterteilen (Fig. 1.2.). Die Rhizome sind bis etwa 3 cm dick, ihre Farbe ist weiß bis gelblich. An den Knoten des Rhizoms werden abzweigende Sprosse gebildet, und zwar einerseits waagrecht weiterwachsende Ausläufer und andererseits nach oben wachsende Halmsprosse. Ebenfalls an den Knoten des Rhizoms wachsen Adventivwurzeln und zu Schuppen zurückgebildete Blätter. Das Rhizom als ausdauernder

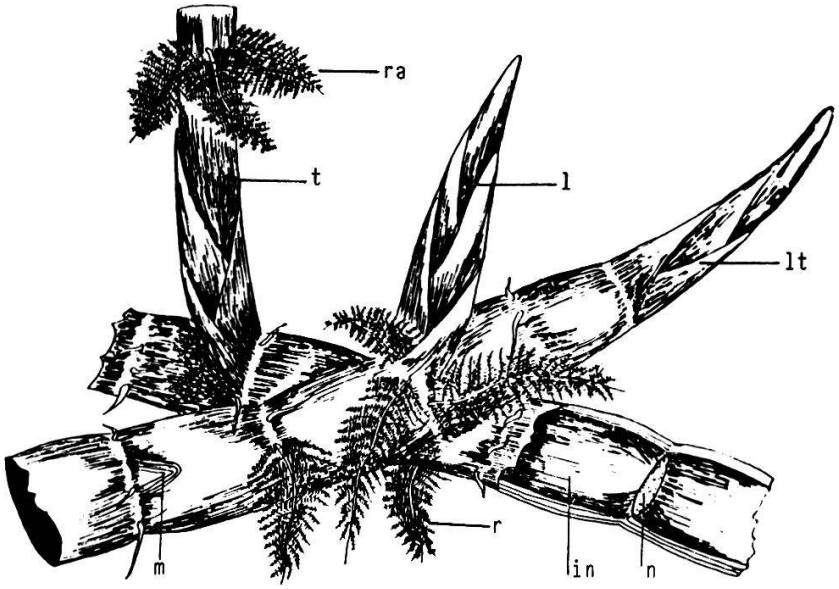


**Fig. 1.2.** Schilfrhizom (nach RUDESCU et al. 1965, aus RODEWALD-RUDESCU 1974).
in = Internodium; n = Knoten; ra = Adventivwurzeln; r = Rhizomwurzeln; m = Knospe; t=Halm; l = Halmsproß; lt = Endsproß.

Teil der Schilfpflanze dient als Speicher für die während der Vegetationsperiode gebildeten Aufbaustoffe (Assimilate). Nur diese Reserven ermöglichen im Frühjahr das Austreiben der jungen Halme bis über die Wasseroberfläche, denn das Schilf kann nur an der Luft assimilieren. Eine Störung bei der Bildung dieser Aufbaustoffe und ihrer Speicherung im Rhizom (mechanische Beschädigung, Verlust der Blätter) wirkt sich deshalb auch auf die nächstjährige Halmgeneration aus, deren Startchancen verschlechtert sind.

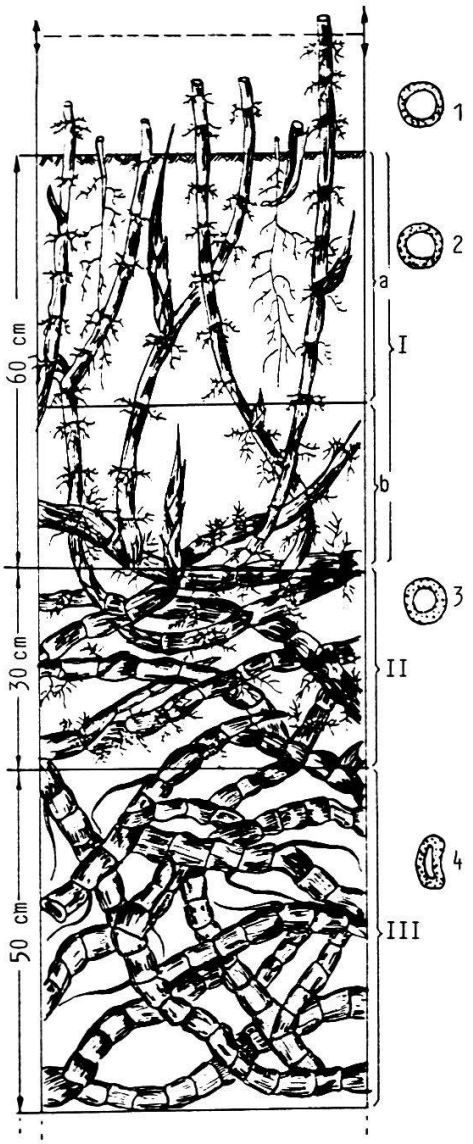


**Fig. 1.3.** Die Verbreitung der Rhizomschicht von *Phragmites* im Boden und ihre Anordnung.
I = obere, II = mittlere und III = untere Schicht. a = obere Unterschicht mit Wurzeln anderer Pflanzen; b = untere Unterschicht nur mit Schilfrhizomen; 1- 4 Querschnitte der Rhizome (nach RUDESCU et al.1965, aus RODEWALD-RUDESCU 1974).

Es scheint, daß auch die Eutrophierung des Gewässers an sich die Einlagerung von Reservestoffen im Rhizom beeinträchtigt: die Pflanze "vergißt" sozusagen deren Speicherung (BÄNDLE mdl.).
Große Hohlräume (Aerenchym) durchziehen die Wände des Rhizoms und gewährleisten den Sauerstofftransport bis in die tiefsten Partien (Fig. 1.4.). Das Schilf bezieht seinen Sauerstoff ausschließlich aus der Luft und kann deshalb auch in sauerstofffreien (anaeroben) Böden gedeihen. Selbstverständlich dient das Rhizom auch als Verankerung der oberirdischen Teile im Untergrund. Diese Verankerung ist nicht starr, da sowohl die Abzweigstelle am Rhizom, als auch der (eigentlich noch dem Rhizom zuzurechnende) unterirdische Teil des Halmes (vgl. Fig. 1.1.) verformbar sind. Solange diese Partien nicht überbelastet werden, sind sie elastisch, d.h. sie kehren nach einer Verformung wieder in den Ausgangszustand zurück, wenn die Belastung verschwindet. Betrachtet man den Boden als Einspannstelle, so ist der Schilfhalm unter statischem Gesichtspunkt ein elastisch eingespannter Stab.
Die Rhizome sind nicht nur Anker für die oberirdischen Teile der Pflanze, sie geben auch dem Boden dank ihrem dichten Geflecht (Fig. 1.3.) und ihrer hohen Festigkeit einen starken Halt. Die Eindringtiefe des Rhizoms ist abhängig von den Standortsbedingungen; da Schilf auf eine ständige Versorgung durch Grundwasser angewiesen ist, können Rhizome an Orten mit tiefem Grundwasserstand

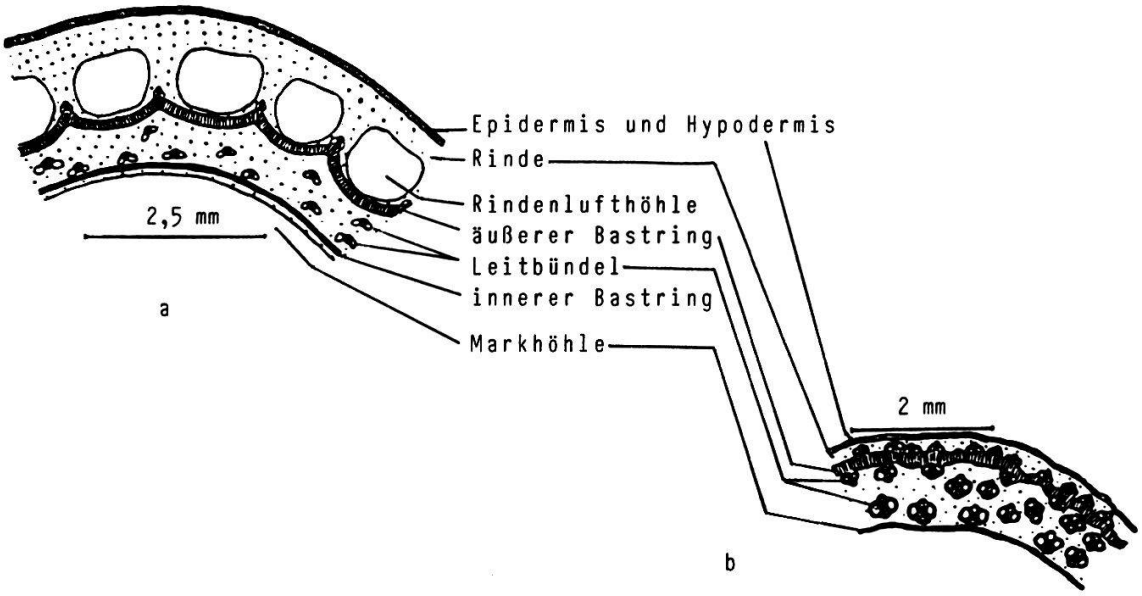


**Fig. 1.4.** Querschnitte durch Sektoren von Sproßinternodien, etwas schematisiert.
a = Rhizomteil; b = Halmpartie (aus HÜRLIMANN 1951).

mehrere Meter tief in den Boden hineinwachsen, wenn der Boden nicht zu hart ist. Befindet sich eine nur dünne, für das Schilf günstige Bodenschicht auf einem undurchdringlichen Untergrund, so liegt das ganze Rhizompaket gewissermassen nur auf und die Kontaktzone zum Untergrund ist sehr anfällig für Erosion, wenn sie in den Wirkungsbereich des Wellenschlags gerät. Ist das Rhizompaket in sich sehr fest, so kann es vorkommen, daß dieses sich (vermutlich infolge Gasbildung) vom Untergrund abhebt, es entstehen schwimmende Inseln aus Schilf, die sogenannten Plaurs. Am bekanntesten sind wohl jene des Donaudeltas, welche eine Ausdehnung von über 100 $km^2$ erreichen können.

Der **oberirdische Teil** des Schilfes, der Halm, besteht aus dem Stengel, den Blättern und, bei günstigen Verhältnissen, der Blüte. Im Unterschied zum Rhizom ist der Stengel dünner, die Internodien (Zwischenknoten) sind länger und in ihrem inneren Aufbau etwas anders (Fig. 1.4. und 1.5.): Die großen Hohlräume für den Sauerstofftransport fehlen und die Festigungsgewebe sind anders angeordnet, denn das Rhizom wird vorwiegend in der Querschnittsebene beansprucht (Erd- und Wasserdruck von außen), während der Stengel in Längsrichtung (Biegung) beansprucht wird. Ihre größte Länge erreichen die Internodien in der unteren Hälfte des Halmes mit 25 und mehr cm (Fig. 1.7.). Die Dicke der Schilfhalme erreicht in unseren Gegenden im Maximum etwa 15 mm (Altenrhein). Sie nimmt von oben nach unten ab, allerdings nicht stetig, sondern nimmt zuerst oberhalb je-

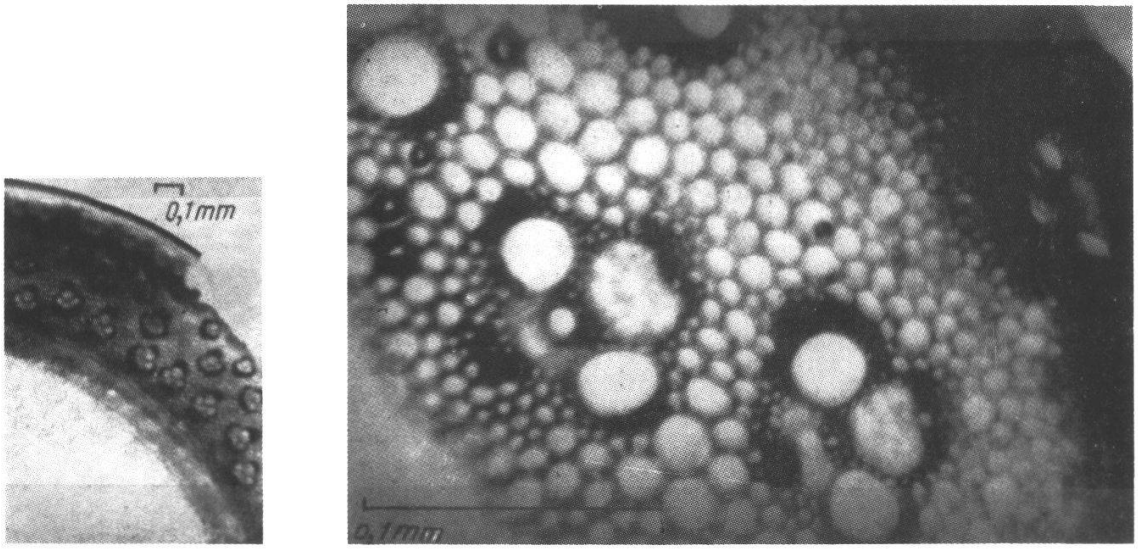


**Fig. 1.5.** Querschnitt durch die Halmwand eines normalwüchsigen Schilfhalmes, etwa 50 cm über Grund. Deutlich sichtbar sind die Leitbündel (großlumige Zellen) und das dunkel gefärbte Festigungsgewebe (Sklerenchym) (aus KLÖTZLI 1971).

des Knotens während einiger cm etwas zu, dann allmählich bis zum nächsten Knoten wieder ab. Unterhalb eines Knotens ist der Stengeldurchmesser deutlich kleiner als unmittelbar darüber. Einen ähnlichen Verlauf nimmt die Wanddicke, welche in den untersten Partien bis zu 2 mm betragen kann (s. Teil III, Fig. 3.5., wo die Verläufe von Durchmesser und Wanddicke zweier Halme für die ersten fünf Internodien grafisch dargestellt sind). Den Längsschnitt eines Knotens mit einem Teil der anschließenden Internodien zeigt Fig. 1.6.
Seine Festigkeit verdankt der Stengel dem Gewebe verfestigter Zellen, dem Sklerenchym. Dieses bildet einen äußeren Ring (in Fig. 1.4. als "äußerer Bastring" bezeichnet) und umgibt die Leitbündel (Phloem und Xylem). Der innere Bastring ist selten gut ausgeprägt. Rinde und Epidermis begrenzen den Stengel gegen außen.

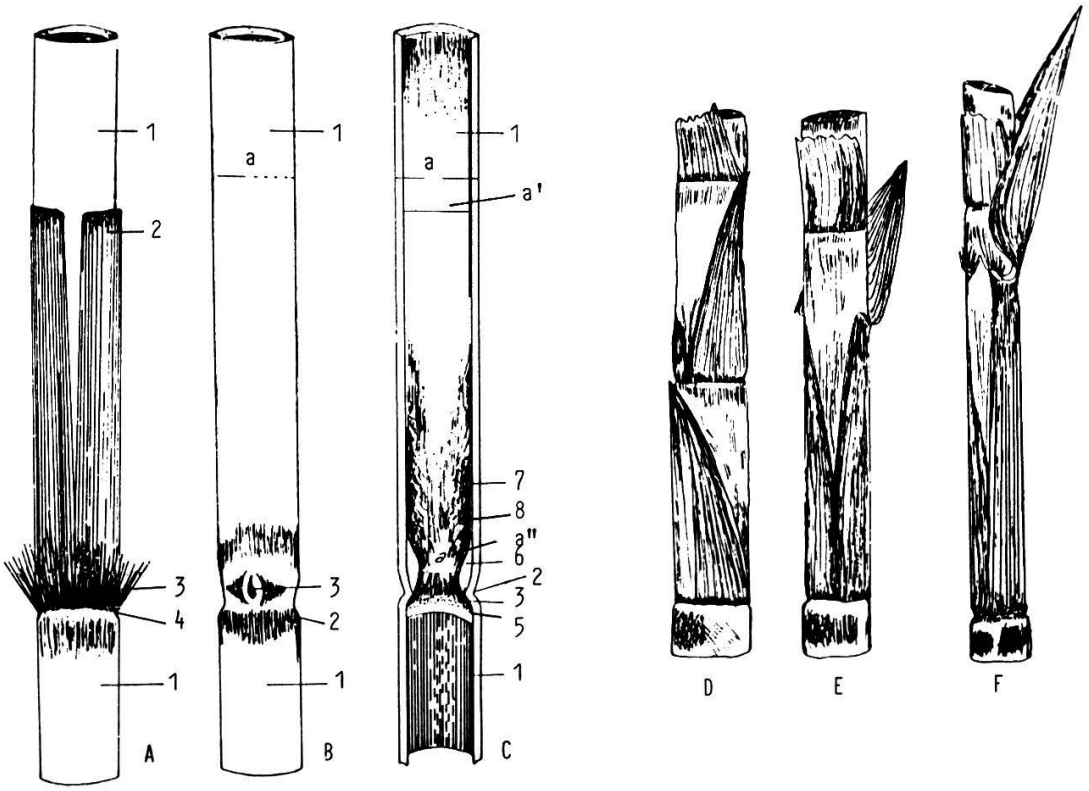


**Fig. 1.6.** Zwischenknoten (Internodium) eines Schilfhalms (nach RUDESCU et al. 1965, aus RODEWALD-RUDESCU 1974).

A: Internodium, von Blattscheiden umgeben; 1 = Internodium; 2 = Blattscheide; 3 = Haare; 4 = Ansatzstelle der Blattscheide am Knoten;

B: Internodium ohne Blattscheide; 1,2 wie A; 3 = Knospe; a = äußerer Durchmesser des Internodiums;

C: Längsschnitt durch Knoten und Internodium; 5 = eigentlicher Knoten; 6 = äußerer Zylinder; 7 = Inneres Parenchym; 8 = Reste des Markparenchyms; a = totaler Durchmesser; a' = Durchmesser des großen Lumens; a" = Durchmesser des kleinen Lumens;

D-F: Entwicklung der Blattscheide bis zum Blatt.

Das Grundgewebe (Parenchym) trägt nicht unmittelbar zur Festigkeit bei, ist aber in mechanischer Hinsicht zur Stützung des Sklerenchyms unentbehrlich. Das den Hohlraum ursprünglich füllende Markparenchym verschwindet bereits in der Aufwuchsphase.
Dieser Aufbau des Schilfstengels ist optimal hinsichtlich größtmöglicher Festigkeit gegen die vorhandene Beanspruchung bei geringem Gewicht und Materialaufwand: Die Kreissymmetrie erlaubt eine (Biege-)Belastung aus jeder beliebigen Richtung, die Anordnung der tragenden Elemente möglichst weit vom Zentrum entfernt (Rohr) verleiht den in ihnen wirkenden Biegespannungen (Zug auf der Außen-, Druck auf der Innenseite der Krümmung) einen mit Rücksicht auf die Kreissymmetrie maximalen Hebelarm; anders gesagt, der tragende Querschnitt vereinigt großes Flächenträgheitsmoment mit minimaler Fläche. Die Natur zeigt uns allerdings, daß sie nicht in dieser einfachen Weise optimiert, denn sonst müßte der Durchmesser noch größer und die Wand noch dünner sein. Dies ist darum nicht möglich, weil eine zu dünne Wand bei Druckbeanspruchung instabil würde (Einbeulen). Außerdem hat der Stengel noch andere Funktionen zu erfüllen (z.B.

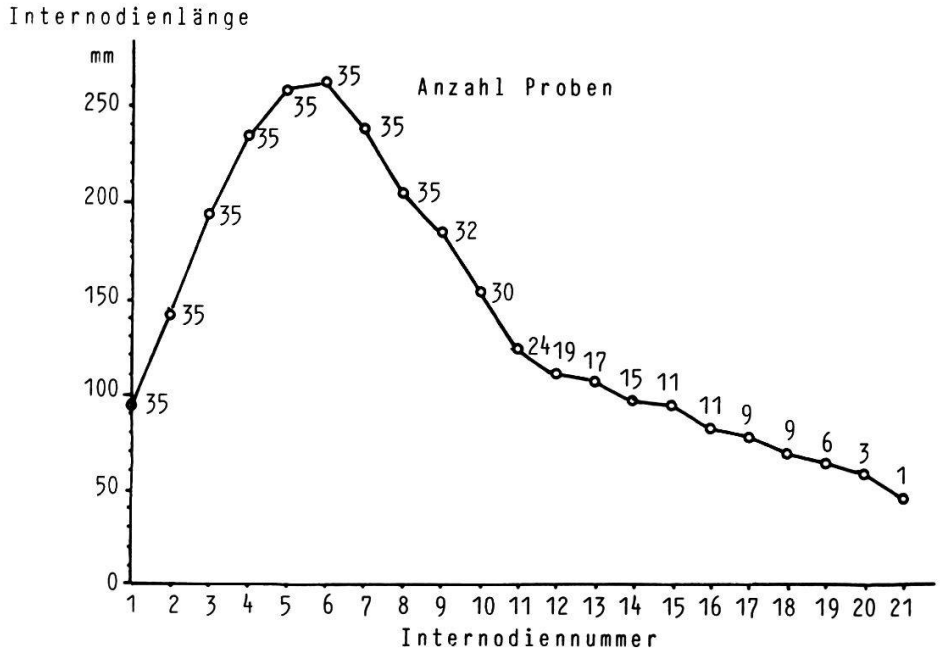


**Fig. 1.7.** Mittlere Längen der Internodien einer Serie von Schilfhalmen aus Altenrhein (Bodensee-Obersee) (Messung EMPA).

Stofftransport). Die Knoten verleihen dem Halm Stabilität, indem sie das Einbeulen der Stengelwand verhindern (die kritische Beulbeanspruchung eines Rohres ist abhängig vom Durchmesser, der freien Länge zwischen zwei Fixpunkten [d.h. zwischen zwei Knoten] und der Wanddicke).
Es leuchtet ohne weiters ein, daß der Anteil von Sklerenchym am gesamten Gewebe von entscheidender Bedeutung für die Halmfestigkeit ist. Trotzdem die einwandfreie Durchführung entsprechender Versuche sehr schwierig ist, haben mehrere Autoren festgestellt, daß Röhricht in sehr nährstoffreichem (hypertrophem, evtl. hocheutrophem) Milieu einen kleineren Sklerenchymanteil aufweist als solches von nährstoffärmeren Standorten (TOBLER 1943, KLÖTZLI 1971, SUKOPP et al. 1975, BORNKAMM et al. 1980, TROLLIET 1980, SUKOPP und MARKSTEIN 1981; vgl. dazu auch Teil II, Kap. 4.4).
Die Laubblätter, wie bei den meisten Einkeimblättrigen parallelnervig, entspringen je in einem Knoten. Sie bestehen aus einer Blattscheide und der als "eigentliches" Blatt in Erscheinung tretenden Blattspreite.Die Blattscheide ist an ihrem unteren Ende mit dem Stengel verwachsen. Sie umhüllt ihn vollständig. Sie bildet allerdings kein vollständiges Rohr, das rechte und linke Ende sind nicht miteinander verwachsen, sie überlappen sich bloß. Die Blattscheide ist in den unteren Halmpartien etwas kürzer, in den oberen bis mehrere Mal so lang wie das zugehörige Internodium. Deshalb ist der Stengel oben von mehreren Lagen Blattscheiden umhüllt. Da die Blattscheiden keine geschlossenen Rohre bilden, ist ihr Beitrag zur Halmfestigkeit in den unteren bis mittleren Halmabschnitten nicht bedeutend und nur schwer erfaßbar, zudem sterben Blattscheide und -spreite ab, sobald sie längere Zeit unter Wasser liegen, und verfaulen. Ihre stützende Funktion erfüllen die Blattscheiden im wesentlichen während des Wachstums des noch jungen und weichen Internodiums. Andererseits ist die Blattscheide dank dem beschriebenen Aufbau sehr torsionsfähig, was den am oberen Ende angewachsenen Blattspreiten erlaubt, sich windfahnenartig der jeweiligen Windrichtung anzupassen. Dies vermindert die Windbelastung beträchtlich.
Die Blattspreiten sind lanzettlich, am breitesten (etwa 2 bis maximal 5 cm) sind sie einige cm vom Stengel entfernt. Ihre Länge beträgt bis 50 cm und mehr, sie nimmt längs des Halmes gegen oben ab. Das Gewebe der Blätter hat einen hohen Anteil an Kieselsäure, sie haben deshalb sehr scharfkantige Ränder. Die Blätter sind die Assimilationsorgane der Pflanze, d.h. sie produzieren mit Hilfe des Sonnenlichtes aus Wasser und Kohlendioxyd die notwendigen Aufbau- und Reservestoffe (Zukker und Stärke). Die Spaltöffnungen in den Blättern dienen der ebenso notwendigen Atmung und der beträchtlichen Transpiration (Verdunstung von Wasser, welches in einem steten Strom von den Wurzeln her nachgeführt wird). Die Blätter des

Schilfs können unter Wasser nicht assimilieren. Dieser Umstand charakterisiert unsere Art als Uferpflanze im Gegensatz zu den Wasserpflanzen, die auch unter Wasser assimilationsfähige Organe besitzen oder Schwimmblätter ausbilden. Es wurde bereits festgestellt, daß die Schilfblätter absterben, wenn sie längere Zeit unter Wasser zu liegen kommen. Bei Schilf, welches normalerweise im Wasser steht (also nicht beim Landschilf) sind überhaupt die untersten Blätter zu Adventivwurzeln umgebildet, welche, wie es scheint, eine wichtige Rolle bei der Aufnahme von Nährsalzen aus dem Wasser spielen. - Im Herbst werden die in den oberirdischen Organen noch vorhandenen Nährstoffe vor dem Absterben ins Rhizom zurückgezogen.
Obwohl die Blüten immer einen bestimmten Prozentsatz keimfähiger Blüten bilden, ist die generative Vermehrung bei Schilf unbedeutend, da sich die Keimlinge nur bei sehr günstigen Bedingungen entwickeln können. Sie brauchen einen ständig feuchten Platz, ertragen aber nur geringe Wasserüberdeckung, die Keimlinge dürfen nicht durch Wellenschlag oder raschen Wasserspiegelanstieg ausgerissen werden. Diese Bedingungen sind nur selten erfüllt und die Verbreitung erfolgt fast vollständig vegetativ durch die Rhizome. Da im Prinzip ein unbeschädigter Knoten zur Bildung neuer Luft- und Erdsprosse ausreicht, können geeignete Standorte durch Anschwemmen von losgerissenen Rhizomstücken mit Schilf besiedelt werden. Künstliche Vermehrugng ist sowohl mit Rhizomstücken, als auch mit Halmen (Stecklingen) möglich.
Auf Verletzungen oder Beschädigungen reagiert das Schilf je nach Umständen verschieden. Wird der Halm (z.B. durch ein Getreibselpaket) niedergedrückt, so daß er sich nicht wieder in seine normale Lage aufrichten kann, so versucht er, durch asymmetrisches Wachstum in den Knoten, die oberen Partien wieder in eine senkrechte Richtung zu bringen (Gelenkknoten in den Blattscheiden). In bestimmten Fällen versagt dieser Mechanismus, und der Halm ändert seine Entwicklungsrichtung in die Horizontale: es entstehen die sogenannten Leghalme (auf dem Wasserspiegel) bzw. Kriechhalme (auf dem Land). Bei beiden Formen sind die Internodien verlängert und bogenförmig ausgebildet (der Knoten liegt auf dem Wasser bzw. der Erdoberfläche, der mittlere Teil ist etwas erhöht). In den Knoten bilden sich Seitentriebe und Wurzeln, die im Fall der Kriechhalme den Sproß im Boden verankern. Nicht nur die Internodien sind verlängert, sondern der ganze Halm; BAUMANN (1911; zit. in HÜRLIMANN 1951) hat am Bodensee-Untersee bis 16 m lange Exemplare beobachtet. Es ist nicht bekannt, welcher Faktor für die Entstehung der Leg- und Kriechhalme verantwortlich ist.
Wird der obere Halmteil abgebrochen oder verliert der Halm durch äußere Einwirkung seine Blätter, so wachsen Seitentriebe ("Tochtersprosse") aus den Kno-

ten oberhalb und gegebenenfalls auch knapp unterhalb des Wasserspiegels. Obwohl diese Seitentriebe auch Blätter haben, sind sie doch in keinem Fall ein vollständiger Ersatz für die verlorenen Assimilationsorgane, ganz abgesehen davon, daß ihre Bildung Stoffe verbraucht, die dann der neuen Halmgeneration beim Austreiben im Frühjahr fehlen.

## 1.2. ANSPRÜCHE AN DEN STANDORT

Die folgenden Ausführungen gründen auf HÜRLIMANN (1951), RODEWALD-RUDESCU (1974) und GRÜNIG (1980). Nicht nur die genannten Autoren betonen übereinstimmend die "breite ökologische Amplitude" des Schilfs, d.h. seine Fähigkeit, sich unterschiedlichsten Standortsbedingungen anzupassen. Deshalb ist Schilf fast auf der ganzen Welt anzutreffen.
Als Sumpfpflanze findet das Schilf seine optimalen Standorte in erster Linie an flachen Seeufern und in Feuchtgebieten, wo die Rhizome das Grundwasser erreichen können. In Gebieten, die nur zeitweise oder nie überflutet sind (also oberhalb des mittleren Wasserstandes eines Gewässers) steht das Schilf in Konkurrenz mit anderen Pflanzen (vor allem Seggen [*Carex* spp.]). Unterhalb der Mittelwasserlinie ist es dagen sozusagen konkurrenzlos und bildet ausgedehnte, geschlossene und praktisch einheitliche Bestände (natürliche Monokultur). Starke Strömung (mehr als etwa 1 km/h) erträgt es nicht und fehlt deshalb an den Ufern fließender Gewässer weitgehend, außer in ruhigen Buchten und Altarmen. Unter sonst günstigen Umständen vermag das Schilf bis in Wassertiefen von 1,5 - 2 m vorzudringen. Mehr vermag der austreibende Sproß im Frühjahr nicht zu durchstoßen, da er ja erst oberhalb des Wasserspiegels assimilationsfähige Organe bilden kann. In den Schweizer Seen wird diese Grenze wegen anderer ungünstiger Faktoren (vgl. Kap. 2) längst nicht mehr erreicht.
Dauernde Beschattung bringt das Schilf zum Verschwinden. Auch die Verminderung des Lichteinfalls durch vorjährige, tote Halme beeinträchtigt das Wachstum.
RODEWALD-RUDESCU (1974) mißt der Aufnahme von Mineralstoffen aus dem Wasser die größte Bedeutung zu, während HÜRLIMANN (1951) den Bodenchemismus für entscheidend hält. Auf jeden Fall ist der Wasserverbrauch des Schilfes für die Transpiration groß und beträgt ein Mehrfaches der Verdunstung einer gleich großen, freien Wasserfläche (Evaporation). Deshalb ist ein steter Wassernachschub aus dem Grundwasser lebensnotwendig, das Schilf muß "die Füße im Wasser haben". Auch das Nährstoffangebot des Standortes darf für ein optimales

Wachstum nicht zu gering sein. Noch 1951 konnte HÜRLIMANN die menschlich bedingte Eutrophierung der Seen zu den eher positiv zu wertenden Faktoren zählen!
Heute scheint allerdings das Optimum überschritten zu sein, die starke Belastung des Wassers mit Nährstoffen ist nach vielen Autoren (vgl. Kap. 2) eine der wahrscheinlichen Hauptursachen für den Schilfrückgang. Auf die verminderte Bildung von Festigungsgewebe bei zu hoher Nährstoffkonzentration wurde bereits hingewiesen (Kap. 1.1). Ein hoher Kalkgehalt des Standortes ist für das Schilf ebenfalls schädlich und führt nach TOBLER (1943) zur Bildung weicherer und schwächerer Pflanzen ("Papierrohr"). HÜRLIMANN (1951) weist denn auch nachdrücklich auf die infolge der Eutrophierung erhöhte biogene Kalkausfällung hin, welche als mögliche Ursache des Schilfrückganges im Auge behalten werden muß.
Gegenüber Sulfaten und Kochsalz ist das Schilf tolerant.

## 1.3. STELLUNG UND FUNKTION IN DER (NATÜRLICHEN) UFERVEGETATION

Die **Einordnung des Schilfes** in die natürlichen Seeuferzonen (Fig. 1.8.) ist nach HÜRLIMANN (1951) die Folge zweier verantwortlicher Prinzipien:

1. die mit der Wasserbedeckung zunehmende Exklusivität des Standortes für die einzelnen Pflanzenbestände;
2. die konkurrenzmäßige Überlegenheit der landwärts anschließenden Grasvegetation mit der Tendenz, über die seewärts gelegenen Vegetationszonen vorzudringen.

Damit unterstellt HÜRLIMANN allerdings bereits den Einfluß des Menschen: landwärts an das Röhricht anschließende Grasvegetation ist eine Folge der menschlichen Nutzung dieser Flächen als Streuwiesen (GRÜNIG 1980). Allenfalls befinden sich relativ schmale Großseggen und Gebüschstreifen im Übergang zwischen dem Schilf und dem landseitigen Erlenbruchwald. HÜRLIMANN (1951) nennt als landseitige Vegetation Sumpfpflanzengesellschaften vom Typ der *Mariscus*-Bestände, der *Phalaris*-(Rohrglanzgras-)Zone, der Magnocariceten (Großseggenrieder) und der Molinieten (Pfeifengraswiesen). Seewärts der Schilfbestände folgt normalerweise ein Streifen mit Seebinse *(Schoenoplectus lacustris),* im tieferen Wasser abgelöst durch Seerosen *(Nymphea alba* sowie *Nuphar luteum)* und Laichkrautarten *(Potamogeton* spp.). Die Binsen haben die Fähigkeit, auch unter Wasser zu assimilieren und können deshalb tieferes Was-

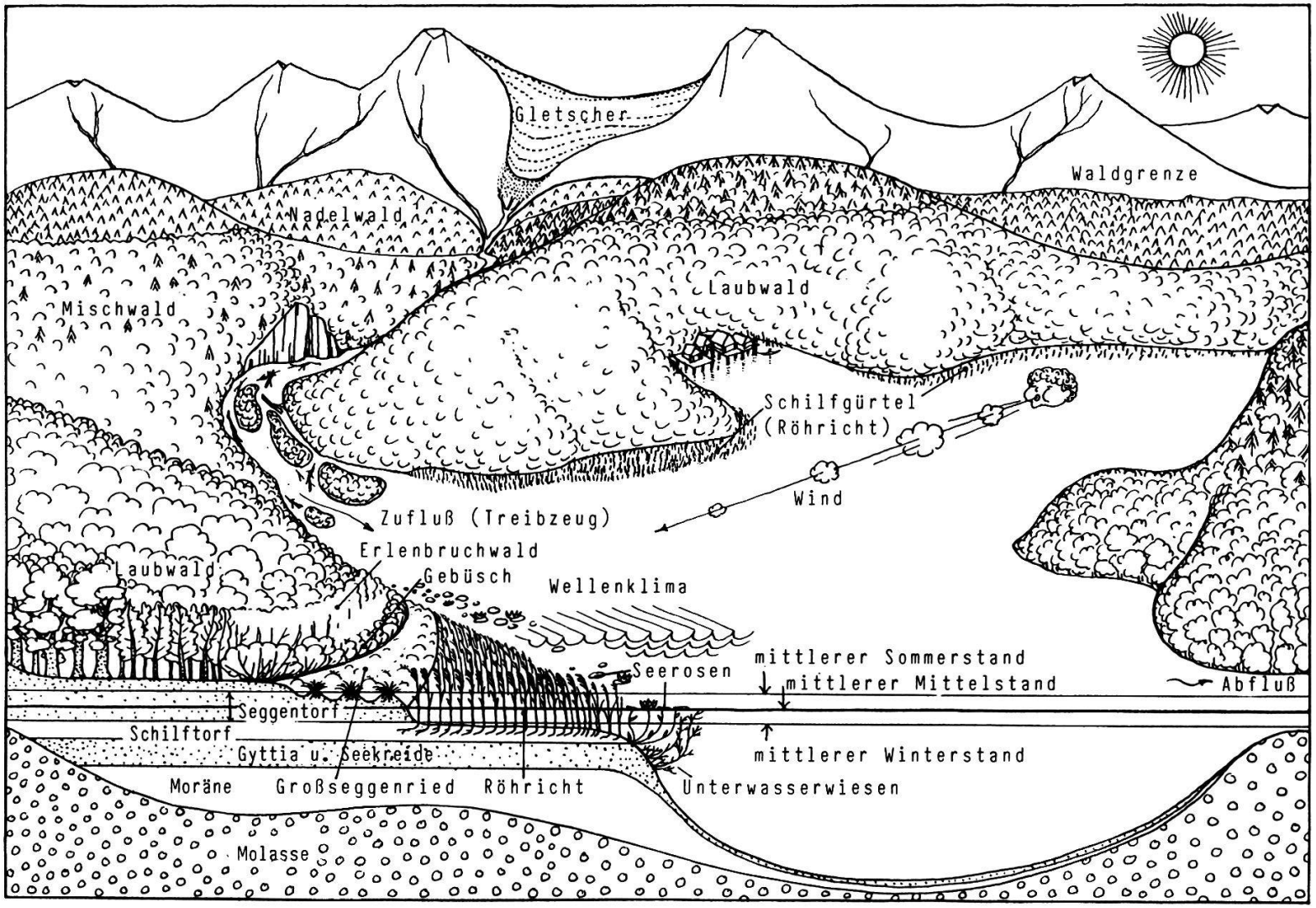


**Fig. 1.8.** Aufbau und Zonierung eines natürlichen Seeufers (aus GRÜNIG 1980).

ser besiedeln als Schilf. Seerosen und Laichkräuter sind mit ihren Schwimmblättern an noch größere Wassertiefen angepaßt. Wo das Wasser auch für diese zu tief ist, folgen die submersen (untergetauchten) Blütenpflanzen und Algen.
Diese Zonation (räumliche Gliederung) ist bei ungestörter Verlandung zugleich ein Abbild der zeitlichen Abfolge (Sukzession). Sie kann durch äußere Einflüsse gestört werden. Am bekanntesten sind in der Schweiz wohl die jüngeren Cariceten (Seggenstreifen) vor älteren Schilfbeständen an den Jurafußseen, welche als Folge der Seespiegelabsenkung bei der ersten Juragewässerkorrektion entstanden. HÜRLIMANN (1951) berichtet auch von "Vertauschung" des Seebinsen- mit dem Schilfgürtel, was er auf lokale Bodenbeschaffenheit und Nährstoffverhältnisse zurückführt. Heute (1987) sind an den größeren Seen der Schweiz die Seerosen- und Seebinsengürtel mehr oder weniger vollständig verschwunden. Die Anreicherung der Röhrichtstandorte mit Nährstoffen führt oft zu einer landseitigen Ausbreitung des Schilfes auf Kosten der Großseggenrieder. Solches Röhricht oberhalb des Mittelwasserstandes bezeichnen KLÖTZLI und ZÜST (1973b) wegen des ganz anderen Wasser- und Nährstoffhaushalts als Pseudoröhricht.
Auf die **Bedeutung des Schilfs in der Uferzone** haben schon viele Autoren hingewiesen, genannt seien hier nur HÜRLIMANN (1951), SUKOPP et al. (1975), KOVÀCS (1976), STEINBERG (1977), GRÜNIG (1980), SUKOPP und MARKSTEIN (1981) sowie PRIES (1984). Nach ihnen allen wirkt das Schilfröhricht als Uferschutz, bildet einen Lebensraum für verschiedenste Tierarten und trägt zur Selbstreinigung des Gewässers bei. Ebenfalls erwähnt seien der landschaftliche Reiz und die eigentümliche Schönheit großer Schilfbestände, Eigenschaften, denen sich auch HÜRLIMANN (1951) nicht entziehen kann, wenn er in der Einleitung zu seiner Monographie über das Schilf von den "oft so prächtig in Erscheinung tretenden Schilffeldern unserer Seeufer" spricht.
Die Schutzfunktion erfüllt das Schilf sowohl mit seinen oberirdischen, als auch mit seinen unterirdischen Organen. Ein einzelner Halm setzt zwar der Wasserbewegung nur geringen Widerstand entgegen. In einem mehrere zehn Meter tiefen Schilfbestand stellen sich aber den Wellen so viele Schilfhalme entgegen, daß die Summe dieser Widerstände die Wellenhöhe auf einen Bruchteil ihrer ursprünglichen Größe reduziert. Besiedelt ein Schilfbestand die Uferzone bis zu einer Wassertiefe von etwa 150 cm, so vermag er selbst große Wellen am Brechen im Uferbereich zu verhindern. (Auf ein flaches Ufer zulaufende Wellen brechen normalerweise etwa dann, wenn ihre Höhe mehr ist als rund 80% der lokalen Wassertiefe beträgt, bzw. wenn die Wassertiefe kleiner als ungefähr das 1,3-fache der Wellenhöhe wird.) Diese Schutzwirkung des Schilfes gegen Wellen-

schlag wird allerdings empfindlich gestört, wenn eine Ufermauer hinter dem Schilffeld das freie Auslaufen der Wellen verhindert. Auch für den Bestand selbst wirkt sich dies schädlich, in vielen Fällen gar zerstörerisch aus (vgl. Kap. 2.2).
Werden die Halme nach dem Absterben beim ersten Frost nicht entfernt und sind sie nicht zu sehr geschwächt, so bleiben sie noch bis in den Frühsommer des folgenden Jahres und länger aufrecht stehen, ihr Schutz wirkt also ganzjährig.
In größeren Schilffeldern wird auch der Wind von den Schilfhalmen bis zur völligen Windstille abgeschwächt, was RUDESCU (1965 in RODEWALD-RUDESCU 1974) mit Messungen untersucht hat (vgl. Teil II, Kap. 3.1.1.).
Noch wichtiger als die Schutzwirkung der Halme ist jene der Rhizome, worauf bereits hingewiesen wurde: Das dichte Geflecht der unterirdischen Organe bietet dem Ufer den denkbar besten Erosionsschutz. Allerdings weist schon HÜRLIMANN (1951) darauf hin, daß "auf die Dauer nur die Wurzeln lebender Pflanzen zur Sicherung des Bodens befähigt" sind. Er berichtet vom Zürich- und vom Greifensee, wo künstliche Einschnitte in das Phragmitetum zur Erosion des Seegrundes führten, obwohl er von abgestorbenen Schilfrhizomen und -wurzeln durchsetzt war. An exponierten Stellen kann dies zur Folge haben, daß auf den Seiten einer solchen Schneise die Erosion weiter schreitet, indem die Feinerde auch aus dem Wurzelgeflecht des lebenden Bestandes herausgespült wird. Es braucht wohl kaum betont zu werden, daß sich dann diese Schneise immer mehr in den lebenden Bestand hinein ausweitet. Besonders gefährlich wird es, wenn die unterhalb der Rhizome anstehende Bodenschicht der Wirkung der Wellen ausgesetzt wird: der Bestand wird dann richtiggehend unterhöhlt. Hat sich erst einmal eine Erosionskante (Abbruch) gebildet, so ist sie für die Wellen eine derart exponierte Angriffsfläche, daß der Prozeß erst zum Stillstand kommt, wenn die im Bereich des Wellenschlages liegenden Teile des Röhrichts verschwunden sind und sich (auf einem tiefer liegenden Niveau) ein neues Flachufer gebildet hat. Solche Erosionserscheinungen müssen nicht in jedem Fall durch menschliche Einwirkung verursacht sein. Von 0,5 bis 1 m hohen Abbruchrändern unter Wasser am Bodensee sprechen bereits SCHRÖTER und KIRCHNER (1896,1902). Besonders gefährdet sind nach HÜRLIMANN (1951) rasch abfallende Stellen mit schmaler Uferbank. Es läßt sich somit nicht allgemein sagen, ob der Schilfrückgang eine Folge der Erosion ist oder umgekehrt. Dies muß von Fall zu Fall untersucht werden.
Die Beruhigung der Wasserbewegung in einem Schilfbestand führt zu vermehrter Ablagerung von Sedimenten, ein Schilfbestand kann deshalb die Verlandung

einer seichten Stelle beschleunigen (HÜRLIMANN 1951). Entscheidend dürften die größerräumigen Strömungs- und Sedimentflußverhältnisse sein.
Der dichte Wald von hohen Schilfhalmen bietet verschiedenen Vögeln die notwendigen Nist- und Versteckmöglichkeiten. STEINBERG (1977) nennt Rohrweihe, Große Rohrdommel, Zwergrohrdommel, Rohrammer, Rohrschwirl, Drossel- und Schilfrohrsänger, für welche das Röhricht (man beachte den Ausdruck "Rohr-" in den Namen der aufgezählten Arten) der einzige Lebensraum ist. Eine ganze Reihe von Arten brüten im Röhricht. STEINBERG zählt "eine Vielzahl" von Enten, Höckerschwan, Haubentaucher, Bläßhuhn ("Taucherli") und die Lachmöwe auf. Andere (Schwalben, Mauersegler) profitieren von der reichen Insektenwelt der Schilfgürtel. Verschiedene Zugvogelarten (Stare, Hänflinge, Drosseln, Stelzen, Sperlinge) benützen Röhrichtbestände als Rastplatz (STEINBERG 1977, REBER o.J.).
Von den Fischen sind es nach STEINBERG etwa 15 Arten, welche in unseren Schilfgürteln teils leben, teils ihre Brutgeschäfte verrichten. SUKOPP und MARKSTEIN (1981) nennen eine Abnahme der Bestände von Hecht, Schlei, Gründling und Schlammpeitzger als Folge des Röhrichtrückgangs in den Berliner Havelseen. Bezeichnenderweise kamen denn auch (in der Schweiz) die ersten Warnungen betreffend Schilfrückgang aus Fischereikreisen (vgl. GRÜNIG 1980).
Auf verschiedene Weisen trägt das Schilf zur Selbstreinigung des Gewässers bei. Wie schon erwähnt, werden wegen der Wasserberuhigung Schwebestoffe vermehrt abgelagert und teils von den Pflanzen aufgenommen (Filterwirkung, PRIES 1984). Auch die Nährstoffaufnahme durch die Adventivwurzeln darf nicht unterschätzt werden, nach Untersuchungen von RODEWALD-RUDESCU (1974) ist sie bedeutender als jene aus dem Boden. Da unter günstigen Umständen die abgestorbenen Pflanzen auf das Ufer geworfen werden, bleiben sie wenigstens vorübergehend dem (Nähr-)Stoffkreislauf entzogen (PRIES 1984). Die weitaus größte Bedeutung für die Wasserreinigung hat der Wurzelraum mit seiner 10 bis 1000 Mal höheren Populationsdichte von Mikroorganismen (SUKOPP und MARKSTEIN 1981). KIKUTH (1975,1976,1977,1978,1979) berechnete die Eliminationsleistung des Wurzelraums im Phragmitetum der Kläranlage Othfresen (BRD) (vgl. Teil III, Kap. 3.4.2.) auf rund 80 bis 140 t $BSB_5$, 2 bis 4 t Phosphor und 9 bis 14 t Stickstoff pro Hektar und Jahr. WATTENHOFER (1980) beschreibt Versuche in Experimentierbecken mit und ohne Schilf, welche mit Abwasser der Stadt Thonon (F) beschickt wurden. In den ungefähr fünf Monate dauernden Experimenten erzielte er folgende Eliminationsleistungen: 190 kg/ha Phosphor (Kontrolle: 180 kg/ha), wovon 42 kg/ha in den oberirdischen und 77 kg/ha in den unterirdischen Organen der Pflanzen fixiert waren. Beim Stickstoff betrug der Rückhalt im

Schilfbecken 1292 kg/ha, im Kontrollbecken 34 kg/ha; die oberirdischen Teile des Schilfes hatten 514 kg/ha, die unterirdischen 642 kg/ha aufgenommen. WATTENHOFER bemerkt, daß sich bei entsprechender Optimierung höhere Eliminationsleistungen erzielen ließen.
Die Bedingungen an einem natürlichen Seeufer lassen sich natürlich weder mit der Kläranlage Othfresen, noch mit den Versuchsbecken von WATTENHOFER vergleichen. Die angeführten Werte sollen nur als Größenordnung die Bedeutung des Schilfes zur Gewässerreinhaltung illustrieren. Es darf angenommen werden, daß dort, wo intensiv genutztes Landwirtschaftsland an ein Gewässer stößt, der Wurzelraum eines intakten Schilfgürtels einen wirksamen Puffer gegen die Nährstoffeinschwemmung bildet (KOVÀCS 1976). KICKUTH (1977) berichtet auch von einer rapiden Abnahme von Fäkalindikatoren und Salmonellen. Dagegen wird nach STEINBERG (1977) die Elimination verschiedener Schadstoffe (so Phenole; SEIDEL 1967) in der Literatur noch kontrovers abgehandelt.
Von einer Erholungsfunktion des Schilfes (Röhricht als Spielplatz für Kinder, wie etwa in I. BINDSCHEDLERS Jugendbuch "Die Turnachkinder im Sommer" beschrieben) darf angesichts der reduzierten und geschwächten Bestände an den schweizerischen Seeufern kaum mehr gesprochen werden: Erholung suchende Menschen bilden für das Schilf eine ernste Bedrohung. Indirekt, als Landschaftselement, haben die Schilfgürtel nach wie vor eine Bedeutung unter dem Gesichtspunkt der Erholung.
Auf die Eignung der Uferröhrichte als Bioindikatoren (= lebende Zeiger für sonst nicht feststellbare Umweltveränderungen) haben KLÖTZLI und GRÜNIG (1976) sowie GRÜNIG (1980) hingewiesen.