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 III. Untersuchungen zur Halmfestigkeit : frühere Versuche

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: 12.07.2025

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

2. FRÜHERE VERSUCHE

Festigkeitsmessungen an Pflanzenmaterialien wurden und werden schon seit langem durchgeführt. Dies geschah meist im Hinblick auf eine technische Verwendung (z.B. beim Holz). Untersucht wurde das Material daher in einer dem Gebrauchszustand möglichst nahe kommenden Form. Man könnte meinen, daß dies auch für das Schilf gilt, wird doch dieses seit je gewerblich und industriell genutzt (RODEWALD-RUDESCU 1974). In der Literatur finden sich aber nur Versuche beschrieben, welche sich (wie die vorliegende Arbeit) mit dem Verhalten der Pflanze unter mehr oder weniger natürlichen Bedingungen befassen. Im oben zitiertem Standardwerk von RODEWALD werden die mechanischen Eigenschaften des Schilfrohrs überhaupt nicht behandelt. Dem Autor sind die Untersuchungen von SCZCEPANSKI (1970), KLÖTZLI (1974), SUKOPP et al. (1975) sowie BORNKAMM und RAGHI-ATRI (1980) bekannt geworden. Erwähnung verdienen ferner die Forschungen von AHLGRIMM (1970, 1977, 1979). Dieser untersuchte zwar nicht Schilf, sondern Wiesenlieschgras (*Phleum pratense*), die Arbeiten sind aber bemerkenswert wegen iher korrekten Erfassung der mechanischen Zusammenhänge und der klaren Darstellung der Methodik.

SCZCEPANSKIs Untersuchungen standen im Rahmen weiterer Methoden zur morphometrischen und mechanischen Charakterisierung von Schilfbeständen. Obwohl er auch auf den industriellen Wert des Schilfes hinwies, machte er keine Angaben darüber, ob und wie er die Halme vor den Versuchen getrocknet hatte. Er maß zwei Größen, nämlich die "Flexibilität" (ein Begriff, der etwa dem Reziproken der Biegesteifigkeit entspricht) und die "Brüchigkeit (brittleness)". Da er weder das Biegemoment, noch die Biegesteifigkeit oder verwandte Begriffe einführte, war er gezwungen, eine normierte Versuchseinrichtung zu verwenden und vorzuschlagen: Die Flexibilität ist gleich der Durchbiegung eines beidseitig aufgelegten Halmstückes, das in der Mitte mit einer Kraft von 500 p (4,9 N) belastet wird, wobei die Auflagerdistanz 50 cm beträgt. Die Brüchigkeit wird durch eine Bruchkraft charakterisiert, und zwar bei einer Auflagerdistanz von 10 cm. Den Inhomogenitäten des Schilfhalmes Rechnung tragend unterschied SCZCEPANSKI eine Festigkeit des Knotens und eine solche des Internodiums, allerdings ohne nähere Angaben über die Einzelheiten der Lagerung und der Krafteinleitung (Problem des Querdrucks, wenn die Last auf einem Internodium eingeleitet wird). Als Bezugsgröße wählte SCZCEPANSKI den Halmradius r und fand eine direkte Proportio-

nalität zwischen der Flexibilität und $1/r^4$, bzw. zwischen der Bruchkraft und r^2. Diese zweite Beziehung gilt wegen der starken Streuungen jedoch nur als erste Näherung.
SUKOPP et al. (1975) maßen die "Biegungsfähigkeit" (Flexibilität) nach dem Vorschlag von SCZCEPANSKI und setzten sie in Beziehung mit der Querschnittsfläche des äußeren Sklerenchymrings.
KLÖTZLI (1974) untersuchte die "Knickfestigkeit" in Abhängigkeit vom Standort. Zur Messung benutzte er ebenfalls eine Anordnung nach Fig. 1.7., nämlich eine Dreipunktlagerung mit Belastung in der Mitte. An jedem Halmstück machte er zwei Versuche, zuerst mit 40 cm Auflagerdistanz, dann an der unteren Hälfte des gebrochenen Stücks mit 20 cm Spannweite. Die Kraft wurde mit einer Federwaage aufgebracht, wobei eine zweite Person das Halmstück in den Händen hielt. Bei beiden Versuchen wurde der von der Federwaage abgelesene Maximalwert protokolliert. Als Knickfestigkeit definierte KLÖTZLI den halben Mittelwert dieser zwei Ablesungen Der Grund für das Halbieren liegt in dem von KLÖTZLI entworfenen Modell (vgl. Teil II, Kap. 2.1.): Betrachtet man im Biegeversuch mit Dreipunktlagerung nur die eine Hälfte, so ist die Verteilung und Größe des Biegemomentes dieselbe, wie wenn der Halm in der Mitte des untersuchten Stücks eingespannt wäre und durch die Auflagerkraft des Versuchs belastet würde. Diese Auflagerkraft, die gleich der Hälfte der aufgebrachten Last ist, konnte KLÖTZLI unmittelbar mit der zwischen Halm und Treibzeug wirksamen Kraft F_{max} seines Modells (Teil II, Gl. 21.5) vergleichen, was allerdings insofern nicht ganz korrekt ist, als der oben erwähnte Mittelwert einer Auflagerdistanz von 30 cm entspricht, bzw. einer Belastung im Abstand von 15 cm über dem Einspannpunkt, was nach KLÖTZLIS Modell bei einer Wassertiefe von 30 cm der Fall ist. KLÖTZLI machte auch Versuche zur Bestimmung des E-Moduls. Dazu belastete er 40 cm lange, fest eingespannte Halmstücke (Anordnung 1) am freien Ende stufenweise mit einer Federwaage und protokollierte Kraft und Auslenkung δ der Stabspitze. Nach dem Bruch wiederholte er den Versuch mit der unteren Hälfte des Halmstücks. Für jedes Wertepaar (F, δ) berechnete er nach (1.29) den E-Modul, nachdem er das Trägheitsmoment als Kreisring nach (1.26) mit Außen- und Innendurchmesser des Halmstücks berechnet hatte und bildete den Mittelwert. Aus den im Kapitel 1. angegebenen Gründen können die so ermittelten Werte nur als grobe Annäherung gelten, umso mehr, als bei einer Belastung bis zum Bruch der linear-elastische Bereich eindeutig verlassen wird.
RAGHI-ATRI und BORNKAMM (1980) untersuchten die Beziehungen zwischen Festigkeit und Phosphor-Stickstoff-Angebot. Im Gegensatz zu den vorigen

Autoren machten sie nicht Biege- sondern Zugversuche und maßen die Zerreißfestigkeit. Auch verwendeten sie nicht Pflanzen natürlicher Bestände, sondern kultiviertes Schilf. Die Halme waren daher wesentlich kleiner als jene an Seeufern. Obwohl die Biegefestigkeit (unter anderem) von der Zugfestigkeit bestimmt wird, kann jene aus dieser nicht berechnet werden, da wegen der Inhomogenität des Halmquerschnitts der Zusammenhang unbekannt ist. Die Ergebnisse von RAGHI-ATRI und BORNKAMM können deshalb für unsere Arbeit nicht verwendet werden. Wichtig sind dagegen die Schlußfolgerungen hinsichtlich der Auswirkungen von Phosphor- und Stickstoff(über)angebot, welche sinngemäß auch für die Biegefestigkeit gelten.
Allen obgenannten Biegeversuchen haftet der Mangel an, daß die statischen Zusammenhänge nicht klar genug erfaßt und berücksichtigt wurden (mit Ausnahme von KLÖTZLIS E-Modulmessungen, gegen die aber Vorbehalte aus meßtechnischen Gründen angebracht sind). Das die Biegebeanspruchung vollständig charakterisierende Biegemoment wird nicht eingeführt und nur indirekt, durch die Normierung der Prüfanordnung, berücksichtigt.
Gerade dieser Zwang zur Normierung der Auflagerdistanz ist aber ein Nachteil, wenn Halme verschiedener Herkunft verglichen werden sollen, denn wegen der starken Unterschiede der morphologischen Parameter und der Festigkeit selbst innerhalb eines Internodiums sollte für die Prüfung ein Abschnitt mit der Länge mindestens eines oder zweier ganzer Internodien verwendet werden. Nach Möglichkeit sollte die gleiche Länge für alle Versuche beibehalten werden. Ebenso muß für dünne Halme die Auflagerdistanz kleiner gewählt werden, sonst wird die durch das Bruchmoment verursachte Durchbiegung so groß, daß durch die rein geometrischen Verzerrungen große Fehler entstehen. Insbesondere ist dann die Krümmung nicht mehr gleich der zweiten Ableitung der Biegelinie, was eine der notwendigen Voraussetzungen für den linearen Zusammenhang von Last und Durchbiegung ist. Im ungünstigsten Falle ist es sogar möglich, das Halmstück so stark U-förmig zu biegen, daß es ohne Bruch zwischen den Auflagern durchgezogen werden kann.
Aus diesen Gründen wählten wir zur Charakterisierung von Festigkeit und Steifigkeit die im Kapitel 1 definierten Begriffe.
In keiner der obgenannten Arbeiten wurden Einzelheiten der Auflagergestaltung und der Krafteinleitung beschrieben. Dies ist ein schwerwiegender Mangel, denn eine ungünstige Ausbildung der Krafteinleitungsstellen führt zu lokalem Quetschen des Halmes infolge des Querdrucks, so daß der Bruch nicht mehr überwiegend durch das Biegemoment verursacht wird. Die Stärke des Querdrucks ist so stark von der Ausgestaltung der Krafteinleitung abhängig,

daß selbst bei gleicher Auflagerdistanz die Versuchsresultate verschiedener Autoren nur mit Vorbehalt verglichen werden können.
Das Quetschen des Halmes bedeutet ferner eine zusätzliche Verformung, die in einer vergleichbaren Größenordnung wie die Durchbiegung liegen kann und damit die Steifigkeitsmessungen stark verfälscht.