

**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

**Register:** Liste der Figuren

**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:** 01.02.2026

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

## LISTE DER FIGUREN

### Teil I

- 1.1. Gesamtbild eines Schilfhalmes. S. 13.
- 1.2. Schilfrhizom. S. 14.
- 1.3. Die Verbreitung der Rhizomschicht von *Phragmites* im Boden und ihre Anordnung. S. 15.
- 1.4. Querschnitte durch Sektoren von Sproßinternodien, etwas schematisiert. S. 16.
- 1.5. Querschnitt durch die Halmwand eines normalwüchsigen Schilfhalmes, etwa 50 cm über Grund. S. 17.
- 1.6. Zwischenknoten (Internodium) eines Schilfhalmes. S. 18.
- 1.7. Längen der Internodien einer Serie von Schilfhalmen aus Altenrhein (Bodensee-Obersee). S. 19.
- 1.8. Aufbau und Zonierung eines natürlichen Seeufers. S. 24.
- 2.1. Erscheinungsformen von Schilfbeständen, schematisch, Aufriß und Grundriß. S. 30.
- 2.2. Vergleich zwischen der Entwicklung einiger Eutrophierungskriterien und dem Schilfrückgang. S. 31.
- 2.3. Einfluß einer Ufermauer. S. 36.
- 2.4. Wirkung einer Baggerung in der Uferbank. S. 38.
- 2.5. Beziehungsgefüge der die Seeufervegetation beeinflussenden Faktoren. S. 41.
- 2.6. Schematische Darstellung von möglichen Auswirkungen der Eutrophierung auf einen Schilfbestand. S. 42.
- 2.7. Stoppelfeld abgestorbener Schilfhalme vor einem Schilfbestand in Altenrhein (Bodensee-Obersee). S. 49.

### TEIL II

- 1.1. Wirkung mechanischer Faktoren auf das Schilf. S. 55.
- 2.1. Definitionsskizze zum mathematischen Ansatz von KLÖTZLI (1974). S. 58.
- 3.1. Abnahme der Windgeschwindigkeit in einem Schilfbestand. S. 64.
- 3.2. Definitionsskizze für die Größen der Gleichung (31.1). S. 65.
- 3.3. Widerstandsbeiwert  $c_l$  (Luft) =  $c_w$  (Wasser) eines stationär umströmten Kreiszylinders in Abhängigkeit von der Reynolds'schen Zahl. S. 66.
- 3.4. Schematische Darstellung der Versuchsanordnung zur Messung der Windkraft auf das Schilf im Windkanal. S. 68.
- 3.5. Windkanalversuche mit Schilf. S. 69.
- 3.6. Halterung für drei Schilfhalme im Windkanal. S. 70.
- 3.7. Halterung für einen Zehnerverband von Schilfhalmen im Windkanal. S. 73.
- 3.8. Luftwiderstandsbeiwerte  $c_l$  in Funktion der Windgeschwindigkeit. S. 78.
- 3.9. Luftwiderstandsbeiwerte  $c_l$  in Funktion der Windgeschwindigkeit für einen Verband von 10 bzw. 3 Schilfhalmen. S. 79.
- 3.10. Vergleich der Luftwiderstandsbeiwerte  $c_l$  in Funktion der Windgeschwindigkeit für den Verband von 10 Halmen, 3 Halme hintereinander und den Mittelwert der 5 Einzelhalme. S. 80.
- 3.11. Überlagerungsbild von je sieben Elementarwellen aus 15 punktförmigen Störungsquellen. S. 83.
- 3.12. Die wichtigsten Abmessungen einer Welle. S. 84.
- 3.13. Beispiel einer Pegelaufzeichnung eines Wellenzuges und Abgrenzung der einzelnen Wellen nach dem Wellenkamm- und dem Nulldurchgangsverfahren. S. 89.

- 3.14. Spektrum der periodischen und der unperiodischen Schwingung. *S. 93.*
- 3.15. Definitionsskizze zu den Gleichungen (32.42) und (32.43). *S. 99.*
- 3.16. Vergleich von gerechneten und gemessenen Ausschlägen eines Kunststoffhalmes unter dem Einfluß von Wellen. *S. 103.*
- 3.17. Definitionsskizze zur Bestimmung der wirksamen Streichlänge. *S. 106.*
- 3.18. Ausbreitung einer (gedachten) Elementarwelle bei wehendem Wind. *S. 107.*
- 3.19. Winddruck auf eine schief angeblasene Fläche. *S. 108.*
- 3.20. Einteilung des Windfeldes in Zonen gleicher Windgeschwindigkeit und -richtung zur Berechnung der wirksamen Streichlänge nach Gl. (32.49). *S. 109.*
- 3.21. Abminderung der Länge eines Richtungsvektors um den unwirksamen Teil bei Geländeneigungen von mehr als  $10^\circ$  am gegenüberliegenden Ufer. *S. 109.*
- 3.22. Richtungsvektoren zur Berechnung der Streichlänge für das Versuchsfeld Altenrhein. *S. 111.*
- 3.23. Nomogramm zur Umrechnung von gemessenen Windgeschwindigkeiten auf eine andere Höhe über Grund. *S. 117.*
- 3.24. Wellengruppe als Überlagerung zweier Wellen mit ähnlicher Frequenz. *S. 127.*
- 3.25. Wellenhöhe, Gruppengeschwindigkeit und lokale Wellenlänge als Funktion der relativen Wassertiefe, bezogen auf die Tiefwasserwellenlänge  $L_0$ . *S. 129.*
- 3.26. Nomogramm zur Bestimmung der Parameter  $\alpha$  und  $kl$  nach der sinusoidalen Theorie dritter Ordnung (Stokes III), in Funktion der relativen Wassertiefe  $d/L_0$  und der relativen Wellenhöhe  $H/L_0$ . *S. 131.*
- 3.27. Zusammenhang zwischen dem Spektrum des vollausgereiften Seegangs und jenem des entstehenden, bzw. wegen begrenzter Streichlänge oder Winddauer nur teilweise entwickelten Seegangs. *S. 137.*
- 3.28. Nomogramm zur Bestimmung der minimalen Frequenz  $f_k$  des teilweise entwickelten Seegangs. *S. 138.*
- 3.29. Veränderung der Wellenform und -richtung bei einer plötzlichen Änderung der Wassertiefe  $d$ . *S. 139.*
- 3.30. Refraktion der Wellen bei stetig abnehmender Wassertiefe  $d$ . *S. 140.*
- 3.31. Schrittweise Konstruktion einer Orthogonalen zu den Wellenscheiteln bei nicht parallelen Höhenkurven des Untergrundes. *S. 141.*
- 3.32. Die Bewegung der Wasserteilchen, dargestellt am Beispiel einer flachen Welle im Tiefwasser. *S. 150.*
- 3.33. Die Bewegung der Wasserteilchen, dargestellt am Beispiel einer Welle im Übergangsbereich. *S. 151.*
- 3.34. Die Bewegung der Wasserteilchen, dargestellt am Beispiel einer Welle im Flachwasserbereich. *S. 151.*
- 3.35. Bei vergleichsweise kürzeren und höheren Wellen, wie sie in der Uferzone vorherrschen, sind die Bahnen der Wasserteilchen nicht mehr ganz geschlossen. *S. 151.*
- 3.36. Situation eines gedachten, auf der Welle mitwandernden Beobachters. *S. 153.*
- 3.37. Form einer Welle und Geschwindigkeitsprofil (waagrecht) unter dem Wellenscheitel, nach Airy-Laplace und nach Stokes III. *S. 155.*
- 3.38. Schwimmendes, festes Treibzeug (Treibholz und abgebrochene Schilfhalme) in einem Schilfbestand. *S. 164.*
- 3.39. Algenwatten in Schilfbeständen. *S. 165.*
- 3.40. Schematische Darstellung eines durch Treibzeug belasteten Schilfbestandes. *S. 167.*
- 3.41. Einzelne Phasen beim Überrollen eines Halmes durch festes Treibgut. *S. 167.*
- 3.42. Einzelne Phasen der Halmzerstörung durch ein Algenpaket. *S. 170.*
- 3.43. Definitionsskizze zu den Bewegungsdifferentialgleichungen des Treibzeugs. *S. 172.*
- 3.44. Definitionsskizze zu den Größen im Zusammenhang mit der momentanen Eintauchtiefe des Treibzeugs. *S. 175.*
- 3.45. Wellenmaschine an der VAW. *S. 179.*

- 3.46. Wellenrinne an der VAW. Draufsicht und Längsschnitt. S. 180.
- 3.47. Halterung der Plasticstäbe in der Wellenrinne der VAW. S. 182.
- 3.48. Modelltreibzeug. S. 183.
- 3.49. Laufende Versuche mit Kunststoffstäben in der Wellenrinne. S. 184.
- 3.50. Berechnete Ausschläge von Plasticstäben in positiver Richtung unter der Einwirkung von Wellen und Treibholz, in Abhängigkeit von den Schub- und Massenkoeffizienten  $G_d$  und  $G_m$ . Wellenperiode  $T = 0,92$  s, Wellenhöhe  $H = 16$  cm, Masse des Treibzeugs  $M_T = 5,99$  kg. S. 189.
- 3.51. Berechnete Ausschläge von Plasticstäben in positiver Richtung... Wellenperiode  $T = 0,92$  s, Wellenhöhe  $H = 12$  cm, Masse des Treibzeugs  $M_T = 5,99$  kg. S. 190.
- 3.52. Berechnete Ausschläge von Plastikstäben in positiver Richtung... Wellenperiode  $T = 0,92$  s, Wellenhöhe  $H = 12$  cm, Masse des Treibzeugs  $M_T = 4,90$  kg. S. 191.
- 4.1. Schilfhalm mit den durch die Belastung verursachten Durchbiegungen. S. 192.
- 4.2. Abstraktion des Schilfhalmes zu einem Modell aus 4 starren Teilstäben, die durch elastische Gelenke untereinander verbunden sind. S. 195.
- 4.3. Beziehung zwischen dem Winkel zweier Teilstäbe und der mittleren Krümmung des entsprechenden Halmstücks. S. 196.
- 4.4. Mehrstäbmodell eines Schilfhalmes mit eingezeichneten Geschwindigkeiten der Stabmitten (Schwerpunkte) und der Stabenden. S. 200.
- 4.5. Verschiebung der äußeren Kräfte  $F$  infolge einer Elementarverschiebung  $\delta \varphi_i$ . S. 205.
- 4.6. Definitionsskizze für die zur Beschreibung des Zusammenwirkens von Treibzeug und Halm notwendigen Größen. S. 209.
- 4.7. Die an Halm und Treibzeug angreifenden Kräfte. S. 211.
- 4.8. Direkt auf den Halm wirkende Luft- und Wasserdrücke und ihre Zusammenfassung zu Einzelkräften (Knotenlasten). S. 219.
- 4.9. Lokale Einbiegung im Stab als Folge des Stoßes beim Zusammenprall von Treibzeug und Halm. S. 221.
- 4.10. Gegenüberstellung von Halmeigenschaften und Modellparametern. S. 223.
- 4.11. Definitionsskizze zur Berechnung der Federkonstanten. S. 226.
- 4.12. Schema des Rechenprogramms zur Simulation der Bewegungen eines Schilfhalmes. S. 234.
- 4.13. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes (Modell) unter der Einwirkung von Wellen, Wind und Treibzeug. Beispiel ST811, Wellenhöhe  $H = 10$  cm, Wellenperiode  $T = 1,25$  s. S. 267.
- 4.14. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes... Beispiel ST811, Wellenhöhe  $H = 15$  cm, Wellenperiode  $T = 1,53$  s. S. 268.
- 4.15. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes... Beispiel ST811, Wellenhöhe  $H = 20$  cm, Wellenperiode  $T = 1,76$  s. S. 269.
- 4.16. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes... Beispiel ST811, Wellenhöhe  $H = 25$  cm, Wellenperiode  $T = 1,97$  s. S. 270.
- 4.17. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes... Beispiel ST811, Wellenhöhe  $H = 30$  cm, Wellenperiode  $T = 2,16$  s. S. 271.
- 4.18. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes... Beispiel ST811, Wellenhöhe  $H = 35$  cm, Wellenperiode  $T = 2,33$  s. S. 272.
- 4.19. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes... Beispiel ST811, Wellenhöhe  $H = 40$  cm, Wellenperiode  $T = 2,49$  s. S. 273.
- 4.20. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes... Beispiel ST811, Wellenhöhe  $H = 45$  cm, Wellenperiode  $T = 2,65$  s. S. 274.
- 4.21. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes... Beispiel ST811, Wellenhöhe  $H = 50$  cm, Wellenperiode  $T = 2,79$  s. S. 275.
- 4.22. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes... Beispiel ST711, Wellenhöhe  $H = 20$  cm, Wellenperiode  $T = 1,76$  s. S. 276.

- 4.23. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes... Beispiel ST731, Wellenhöhe  $H = 20$  cm, Wellenperiode  $T = 1,76$  s. S. 277.
- 4.24. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes... Beispiel ST721, Wellenhöhe  $H = 20$  cm, Wellenperiode  $T = 3,0$  s. S. 278.
- 4.25. Berechnete Schwingung eines Schilfhalmes... Beispiel ST741, Wellenhöhe  $H = 20$  cm, Wellenperiode  $T = 3,0$  s. S. 279.
- 4.26. Darstellung der berechneten Halmschwingung in Seitenansicht. S. 280.
- 4.27. Nachgerechnete Schwingung von Plastikstäben unter der Einwirkung von Wellen und Treibholz. Schubkoeffizient  $G_d = 1,25$ ; Massekoeffizient  $G_m = 1,0$ . S. 282.
- 4.28. Nachgerechnete Schwingung...  $G_m = 1,25$ . S. 283.
- 4.29. Nachgerechnete Schwingung...  $G_m = 1,50$ . S. 284.
- 4.30. Nachgerechnete Schwingung...  $G_m = 1,75$ . S. 285.
- 4.31. Nachgerechnete Schwingung...  $G_m = 2,00$ . S. 286.
- 4.32. Nachgerechnete Schwingung...  $G_m = 2,50$ . S. 287.
- 4.33. Berechnetes Biegemoment im Fußpunkt der Schilfhalmes in Abhängigkeit von der Wellenhöhe  $H$ . Einfluß des Treibzeugs. Halme vom 27. 6. aus der Fläche 1.2. S. 288.
- 4.34. Berechnetes Biegemoment... Einfluß des Treibzeugs. Halme vom 27.6. aus der Fläche 4.3. S. 289.
- 4.35. Berechnetes Biegemoment... Einfluß des (fehlenden) Treibzeugs. Halme vom 13.6. aus den Flächen 1.2 und 4.3. S. 290.
- 4.36. Berechnetes Biegemoment... Einfluß des (fehlenden) Treibzeugs. Halme vom 23.7. aus den Flächen 1.2 und 4.3. S. 291.
- 4.37. Berechnetes Biegemoment... Einfluß der Wellenperiode  $T$ . Halme vom 27.6. aus den Flächen 1.2 und 4.3. S. 292.
- 4.38. Berechnetes Biegemoment... Einfluß der Biegesteifigkeit bzw. Jahreszeit. Halme aus den Flächen 1.2 und 4.3. S. 293.
- 4.39. Zeitliche Entwicklung von Durchmesser  $D$ , Biegesteifigkeit  $EJ$ , Grenzmoment  $M_{Gr}$  und Bruchmoment  $M_{Br}$  der in den Beispielen verwendeten Halme. S. 294.
- 4.40. Wellenhöhen, welche einmal ohne ( $H_0$ ), einmal zusammen mit einem Treibholz von 6 kg Masse ( $H_T$ ) ein gleich großes Biegemoment im Halmfuß bewirken, dargestellt in Funktion der Wellenhöhe  $H_0$ . Halme aus der Fläche 1.2. S. 295.
- 4.41. Wellenhöhen, ... Halme aus der Fläche 4.3. S. 296.

### Teil III

- 1.1. Belastung und Beanspruchung eines Schilfhalmes. S. 332.
- 1.2. Verformungen eines Stabelementes durch Querkraft und Biegemoment. S. 335.
- 1.3. Gedachte, einzelne "Faser" aus dem Halmelement in belastetem und unbelastetem Zustand. S. 336.
- 1.4. Belastetes Halmelement mit eingezeichneten Spannungen und Dehnungen. S. 337.
- 1.5. Einfache Versuchsanordnung für einen Biegeversuch. S. 343.
- 1.6. Kraft-Durchbiegungsdiagramm eines Biegeversuchs mit einem Schilfhalm. S. 343.
- 1.7. Drei mögliche Prüfanordnungen für Schilfbiegeversuche, mit zugehörigen Auflagerkräften, Biegemomentverteilungen und Durchbiegungen. S. 346.
- 1.8. Beispiel eines Biegeversuchs mit stufenförmiger Laststeigerung. S. 348.
- 1.9. Beispiel eines Biegeversuchs mit stetiger Laststeigerung und automatischer Aufzeichnung von Kraft und Durchbiegung. S. 348.
- 1.10. Ort eines Biegebruches in Abhängigkeit der Verläufe von Biegemoment und Festigkeit. S. 350.
- 3.1. Schematische Darstellung der Prüfungseinrichtung für die Laborversuche an der EMPA. S. 355.
- 3.2. Prüfeinrichtung für Festigkeitsmessungen an Schilf im Labor an der EMPA. S. 357.



- 3.3. Photo der Prüfungseinrichtung für Schilfhalme an der EMPA. S. 358.
- 3.4. Einfluß des Prüfdatums auf die Festigkeitsparameter ideelle Bruchspannung, ideelle Grenzspannung und ideeller Elastizitätsmodul. S. 361.
- 3.5. Verlauf von Durchmesser  $D$ , Wanddicke  $t$  und Trägheitsmoment  $J$  entlang den ersten fünf Internodien je eines "dünnen" bzw. "dicken" Schilfhalmes. S. 363.
- 3.6. Übersichtsplan des Schilffeldes in Altenrhein SG am Bodensee-Obersee mit eingezeichneten Entnahmestellen der Schilfproben. S. 365.
- 3.7. Ideeller E-Modul der geprüften Schilfhalme aus Altenrhein vom 13. 6. 79. S. 374.
- 3.8. Ideeller E-Modul der geprüften Schilfhalme aus Altenrhein vom 27. 6. 79. S. 375.
- 3.9. Ideeller E-Modul der geprüften Schilfhalme aus Altenrhein vom 23. 7. 79. S. 376.
- 3.10. Ideeller E-Modul der geprüften Schilfhalme aus Altenrhein vom 12. 8. 79. S. 377.
- 3.11. Ideeller E-Modul der Schilfhalme aus Altenrhein in Funktion des Durchmessers, unterste Stücke vom 23. 7. 79. S. 378.
- 3.12. Ideeller E-Modul... unterste Stücke 12. 8. 79. S. 379.
- 3.13. Ideeller E-Modul... zweitunterste Stücke vom 23. 7. 79. S. 380.
- 3.14. Ideeller E-Modul... zweitunterste Stücke vom 12. 8. 79. S. 381.
- 3.15. Ideeller E-Modul der geprüften Schilfhalme aus Altenrhein vom 13. 6. 79. Einzelstücke aus der Höhe der Wasserlinie. S. 382.
- 3.16. Ideeller E-Modul der geprüften Schilfhalme aus Altenrhein vom 27. 6. 79. Einzelstücke aus der Höhe der Wasserlinie. S. 383.
- 3.17. Ideeller E-Modul der Schilfhalme aus Altenrhein in Funktion des Durchmessers, Einzelstücke aus der Höhe der Wasserlinie vom 13. 6. 79. S. 384.
- 3.18. Ideeller E-Modul der Schilfhalme aus Altenrhein in Funktion des Durchmessers, Einzelstücke aus der Höhe der Wasserlinie vom 27. 6. 79. S. 385.
- 3.19. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Altenrhein vom 13. 6. 79. S. 386.
- 3.20. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Altenrhein vom 27. 6. 79. S. 387.
- 3.21. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Altenrhein vom 23. 7. 79. S. 388.
- 3.22. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Altenrhein vom 12. 8. 79. S. 389.
- 3.23. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Altenrhein in Funktion des Durchmessers, unterste Stücke vom 23. 7. 79. S. 390.
- 3.24. Ideelle Bruchspannung... unterste Stücke vom 12. 8. 79. S. 391.
- 3.25. Ideelle Bruchspannung... zweitunterste Stücke vom 23. 7. 79. S. 392.
- 3.26. Ideelle Bruchspannung... zweitunterste Stücke vom 12. 8. 79. S. 393.
- 3.27. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Altenrhein vom 13. 6. 79. Einzelstücke aus der Höhe der Wasserlinie. S. 394.
- 3.28. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Altenrhein vom 27. 6. 79. Einzelstücke aus der Höhe der Wasserlinie. S. 395.
- 3.29. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Altenrhein in Funktion des Durchmessers, Einzelstücke aus der Höhe der Wasserlinie vom 13. 6. 79. S. 396.
- 3.30. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Altenrhein in Funktion des Durchmessers, Einzelstücke aus der Höhe der Wasserlinie vom 27. 6. 79. S. 397.
- 3.31. Ideelle Grenzspannung der Schilfhalme aus Altenrhein vom 13. 6. 79. S. 398.
- 3.32. Ideelle Grenzspannung der Schilfhalme aus Altenrhein vom 27. 6. 79. S. 399.
- 3.33. Ideelle Grenzspannung der Schilfhalme aus Altenrhein vom 23. 7. 79. S. 400.
- 3.34. Ideelle Grenzspannung der Schilfhalme aus Altenrhein vom 12. 8. 79. S. 401.
- 3.35. Ideelle Grenzspannung der Schilfhalme aus Altenrhein in Funktion des Durchmessers, unterste Stücke vom 23. 7. 79. S. 402.
- 3.36. Ideelle Grenzspannung... unterste Stücke vom 12. 8. 79. S. 403.
- 3.37. Ideelle Grenzspannung... zweitunterste Stücke vom 23. 7. 79. S. 404.
- 3.38. Ideelle Grenzspannung... zweitunterste Stücke vom 12. 8. 79. S. 405.
- 3.39. Ideelle Grenzspannung der Schilfhalme aus Altenrhein vom 13. 6. 79. Einzelstücke aus der Höhe der Wasserlinie. S. 406.

- 3.40. Ideelle Grenzspannung der Schilfhalme aus Altenrhein vom 27. 6. 79. Einzelstücke aus der Höhe der Wasserlinie. *S. 407.*
- 3.41. Ideelle Grenzspannung der Schilfhalme aus Altenrhein in Funktion des Durchmessers, Einzelstücke aus der Höhe der Wasserlinie vom 13. 6. 79. *S. 408.*
- 3.42. Ideelle Grenzspannung der Schilfhalme aus Altenrhein in Funktion des Durchmessers, Einzelstücke aus der Höhe der Wasserlinie vom 27. 6. 79. *S. 409.*
- 3.43. Grenzkrümmung der geprüften Schilfhalme aus Altenrhein vom 13. 6. 79. *S. 410.*
- 3.44. Grenzkrümmung der geprüften Schilfhalme aus Altenrhein vom 27. 6. 79. *S. 411.*
- 3.45. Grenzkrümmung der geprüften Schilfhalme aus Altenrhein vom 23. 7. 79. *S. 412.*
- 3.46. Grenzkrümmung der geprüften Schilfhalme aus Altenrhein vom 12. 8. 79. *S. 413.*
- 3.47. Situationsplan der Kläranlage Othfresen mit eingezeichneten Entnahmeorten für die Schilfproben. *S. 415.*
- 3.48. Zur Biegeprüfung geerntete Schilfhalme in Othfresen. *S. 416.*
- 3.49. Längen der für die Biegeversuche benützten Halme aus Othfresen. *S. 417.*
- 3.50. Ideeller E-Modul der im Labor geprüften Schilfhalme aus Othfresen. *S. 422.*
- 3.51. Ideelle Bruchspannung der im Labor geprüften Schilfhalme aus Othfresen. *S. 423.*
- 3.52. Ideeller E-Modul der Schilfhalme aus Othfresen in Funktion des Durchmessers, unterste Stücke. *S. 424.*
- 3.53. Ideeller E-Modul der Schilfhalme aus Othfresen in Funktion des Durchmessers, zweitunterste Stücke. *S. 426.*
- 3.54. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Othfresen in Funktion des Durchmessers, unterste Stücke. *S. 428.*
- 3.55. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Othfresen in Funktion des Durchmessers, zweitunterste Stücke. *S. 430.*
- 3.56. Ideelle Grenzspannung der im Labor geprüften Schilfhalme aus Othfresen. *S. 432.*
- 3.57. Grenzkrümmung der im Labor geprüften Schilfhalme aus Othfresen. *S. 433.*
- 3.58. Ideelle Grenzspannung der Schilfhalme aus Othfresen in Funktion des Durchmessers, unterste Stücke. *S. 434.*
- 3.59. Ideelle Grenzspannung der Schilfhalme aus Othfresen in Funktion des Durchmessers, zweitunterste Stücke. *S. 436.*
- 3.60. Grenzkrümmung der Schilfhalme aus Othfresen in Funktion des Durchmessers, unterste Stücke. *S. 438.*
- 3.61. Grenzkrümmung der Schilfhalme aus Othfresen in Funktion des Durchmessers, zweitunterste Stücke. *S. 440.*
- 4.1. Schematische Darstellung der Prüfeinrichtung zur feldmäßigen Messung der Biegebruchfestigkeit. *S. 443.*
- 4.2. Behelfsmäßige Meßeinrichtung in Othfresen. *S. 443.*
- 4.3. Durchmesser der geprüften Schilfhalme aus Othfresen, unterste Stücke. *S. 447.*
- 4.4. Durchmesser der geprüften Schilfhalme aus Othfresen, zweitunterste Stücke. *S. 448.*
- 4.5. Ideelle Bruchspannung der mit der Federwaage geprüften Schilfhalme aus Othfresen. *S. 449.*
- 4.6. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Othfresen in Funktion des Durchmessers, unterste Stücke. *S. 450.*
- 4.7. Ideelle Bruchspannung der Schilfhalme aus Othfresen in Funktion des Durchmessers, zweitunterste Stücke. *S. 452.*
- 4.8. Vergleich der Mittelwerte der ideellen Bruchspannung der Schilfhalme von Othfresen, gemessen im Labor und mit der Federwaage. *S. 454.*
- 4.9. Transportables Prüfgerät zur Messung der Biegesteifigkeit von Schilfhalmen. *S. 456.*
- 4.10. Vergleich der Biegesteifigkeit aller Halmstücke der Fläche 1 von Othfresen, gemessen je mit dem transportablen Meßgerät und im Labor. *S. 458.*

- 4.11. Vergleich der mit den beiden Methoden gemessenen Biegesteifigkeiten der Halmstücke aus der Fläche 1 von Othfresen. *S. 459.*
- 5.1. Durch die Nachgiebigkeit am Halmfuß (elastische Einspannung) bewirkte Verschiebung in der Höhe des Wasserspiegels bei Belastung mit einer Horizontalkraft. *S. 461.*
- 5.2. Schematische Darstellung der Versuchseinrichtung zur Messung des Einspanngrades im Feld. *S. 463.*
- 5.3. Messung des Einspanngrades im Feld. *S. 463.*
- 5.4. Fußdrehwinkel eines Schilfhalmes bei zunehmender und anschließend wieder abnehmender Belastung. *S. 464.*
- 5.5. Einspanngrad in Funktion der Biegesteifigkeit des ungefähr 60 cm langen untersten Halmstücks. *S. 467.*
- 5.6. Mittlere Biegesteifigkeit  $E \cdot J$  der 60 cm langen Halmstücke in Funktion des Durchmessers. *S. 469.*

#### Teil IV

- 2.1. Schwimmbalken als "Röhrichtsperr" nach SUKOPP (1973). *S. 486.*
- 2.2. Schwimmende Röhrichtsperr in Altenrhein SG ("Schutzhag"). *S. 488.*
- 2.3. Doppelreihiger Flechtzaun für das Schilfgebiet an der Seefelder Aachmündung. *S. 492.*