



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Schilfbestände an natürlichen und anthropogenen
Standorten: Ein Vergleich der mechanischen Festigkeit“

Verfasserin

Gabriele Okorn

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 438

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Botanik

Betreuer:

Univ. Prof. Dr. Georg A. Janauer

Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Seite
Abstract	6
Zusammenfassung	7
Einführung	8
Einleitung	10
1.1 Die korrekte Benennung von Schilf	10
1.2 Kurze Beschreibung des Schilfs	10
1.3 Der Halm	13
1.4 Anatomie	14
1.5 Aufbau einer Pflanzenkläranlage	15
1.6 Reinigungsprinzip einer Pflanzenkläranlage	15
1.7 Was sind Straßenabwässer ?	17
Material und Methoden	20
2.1 Standorte	20
2.1.1 Krottenhofteich	20
2.1.2 Laimergrube	22
2.1.3 Kläranlage bei der Tangente (A23/Praterhochstrasse)	24
2.1.4 Mannersdorf, Graben	25
2.1.5 Lobau, Hoher Spitz	26
2.1.6 Trautmannsdorf, Wolfsgraben	27
2.2 Die Schilfbestände an den Untersuchungsstandorten	28
2.2.1 Krottenhofteich	28

2.2.2 Laimergrube	28
2.2.3 Kläranlage bei der Tangente (A23/Praterhochstrasse)	29
2.2.4 Mannersdorf, Graben	29
2.2.5 Lobau, Hoher Spitz	29
2.2.6 Trautmannsdorf, Wolfsgaben	30
2.3 Aufsammlung	30
2.4 Bearbeitungsmethoden	34
Ergebnisse	43
3.1 Visuelle Beurteilung des Untersuchungsgebietes	43
3.2 Halmzählung	46
3.3 Halmbiometrie	54
3.3.1 Halmbiometrie: Länge und Durchmesser der Halme	54
3.3.2 Halmbiometrie: Wandstärke und Dichte der Halme	71
3.3.3 Halmbiometrie: Internodienanzahl und -länge der Halme	83
3.4 Festigkeitsuntersuchung	92
3.4.1 Festigkeitsuntersuchung: Biegung	92
3.4.2 Festigkeitsuntersuchung: Bruchspannung	98
3.4.3 Festigkeitsuntersuchung: Bruchstellen	102
3.5 Halmbiometrische Untersuchung mittels Micro-CT	113
Diskussion	128
4.1 Visuelle Beurteilung des Untersuchungsgebietes	128
4.2 Halmzählung	129
4.3 Halmbiometrie	132
4.3.1 Halmbiometrie: Länge und Durchmesser der Halme	132
4.3.2 Halmbiometrie: Wandstärke und Dichte der Halme	137

4.3.3 Halmbiometrie: Internodienanzahl und -länge der Halme	142
4.4 Festigkeitsuntersuchung	144
4.4.1 Festigkeitsuntersuchung: Biegung	144
4.4.2 Festigkeitsuntersuchung: Bruchspannung	148
4.4.3 Festigkeitsuntersuchung: Bruchstellen	151
4.5 Halmbiometrische Untersuchung mittels Micro-CT	154
Danksagung	157
Liste der verwendeten Abkürzungen	159
Tabellenverzeichnis	160
Abbildungsverzeichnis	162
Literaturverzeichnis	165
Lebenslauf	172

Abstract

Samples of reed (*Phragmites australis*) shoot were collected from three constructed wetlands (Krottenhofteich, Laimergrube, Purificationplant „Tangente“) and from three natural habitats (Graben Mannersdorf/drainageditch, „Hoher Spitz“/Lobauwetland, Wolfsgraben/Trautmannsdorfvillage). The constructed wetlands were built for purify streetwater runoffs. In the artificial wetlands sampling stations related to inflow, central and outflow areas.

First the number of stems per 0,25m² were recorded. Shoot lenght, diameter, wall thickness and number of internodes of the reed stem also were recorded, as well as the number of flowering and non-flowering stems. For determining the mechanical strength of the reed stems two adjacent internodes were cut from oft he middle of the stem, weighed, and bending properties and breaking strenght were measured. Some broken as well as intact stems were analysed by computer micro-tomography.

Each oft he studied reed populations had characteristic apperance. No damage caused by streetwater runoffs could be found. The reed growing in constructed wetlands (Krottenhofteich, Laimergrube) was as strong as the reed growing in the national park Lobau. The stems interfered strongly with elevated rainfall and therefor with elevated water level as allready Hosner marked 1990 in her diploma theses. Although reed reproduces mainly with rhizomes and annually newly built shoots there were big differences between the years. At the constructed wetlands and the national park grew stems that showed higher diameter but lower breaking resistance.

The analyses by computer micro-tomography revealed the internal location of different stem tissues, focusing on the location and development of vascular bundles. It was the first time that the internal anatomy of mechanically extremly tough tissue of reed nodes revealed so far unknown details, as the course of each main individual bundle could be followed in all three directions of space.

Zusammenfassung

Aus drei Pflanzenkläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) und drei natürlichen Habitaten (Graben Mannersdorf, Hoher Spitz Lobau, Trautmannsdorf Wolfsgaben) wurden Proben von Schilf (*Phragmites australis*) entnommen. Die Kläranlagen dienen der Reinigung von Strassenabwässern und wurden in Einlauf, Mitte und Auslauf unterteilt.

Die Stengel wurden bezüglich ihrer Länge, ihres Durchmessers, ihrer Wandstärke und ihrer Internodienanzahl vermessen. Des weiteren wurde bestimmt, wie viele Halme auf einem Viertel Quadratmeter wuchsen, und wie viele Halme Blüten trugen. Im Anschluß daran, wurden zwei Internodien aus der Mitte des Stengels entnommen, und ihr Gewicht und ihre Biegsamkeit bestimmt, sowie die Kraft bei der es zum Bruch des Halmstücks kam. Einige zerbrochene und intakte Nodien wurden mit Hilfe eines Micro CT-Gerätes analysiert.

Es zeigte sich, daß der Schilfbestand an jedem Untersuchungsstandort ein charakteristisches Erscheinungsbild zeigte. Es konnten keine Schädigungen durch eingeleitetes Strassenabwasser bei den Halmen gefunden werden. Das Schilf in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube) wuchs genauso kräftig, wie das Schilf im Naturschutzgebiet Lobau. Die Halme wurden hingegen stark beeinträchtigt durch höhere Niederschlagsmengen, und damit verbunden, durch einen höheren Wasserstand, wie bereits Hosner 1990 in ihrer Arbeit feststellte. Obwohl Schilf sich hauptsächlich über Rhizome vermehrt und jedes Jahr neue Sprosse bildet, traten große Abweichungen zwischen den Untersuchungsjahren auf. In den Kläranlagen und im Naturschutzgebiet traten dickere Halme auf, die aber den Bruchversuchen vergleichsweise geringeren Widerstand entgensetzten.

Zudem wurden mit den Micro CT-Aufnahmen außergewöhnliche Einblicke in die inneren Gewebe des Halms erhalten, insbesondere in die Lage und Entwicklung der Gefäßbündel. Hier wurden zum ersten Mal bisher unbekannte Details aus der Anatomie des extrem harten und dichten Gewebes der Knotenregion sichtbar gemacht, da der Verlauf der Bündel in allen drei Raumrichtungen verfolgt werden konnte.

Einführung

Schilfkläranlagen stellen eine gute Möglichkeit dar, um während Starkregenfällen plötzlich auftretende Wassermassen und somit Zulaufspitzen abzufedern, die ansonsten herkömmlichen, kommunalen Kläranlagen zugeführt würden. Das, im Vergleich zu Haushalts- oder Industrieabwässern, zumeist nur minder verschmutzte Regenwasser, kann problemlos in bepflanzten Sammelteichen aufgefangen, gereinigt und langsam wieder abgegeben werden. Zur Bepflanzung solcher Anlagen wird vor allem Schilf, seltener auch andere Helophyten herangezogen. Obwohl die genauen Abläufe der Wasserreinigung noch nicht restlos geklärt sind, steht fest, daß der Pflanzenbestand dabei eine wichtige Rolle spielt, teils durch Aufnahme von Nährstoffen, teils als Aufwuchsfläche für Mikroorganismen. Dabei ist es von Bedeutung, daß das Schilf in einer Kläranlage, durch die veränderten Nährstoffbedingungen seine Bruchresistenz nicht verliert, da es ansonsten zum Eindringen von Wasser in den Halm und in weiterer Folge zum Absterben ganzer Rhizombereiche kommen könnte. Neben dem Aspekt der Wasserreinigung, wiesen bereits Ostendorp oder Schmieder und Pier in ihren Arbeiten auf die vielfältige Bedeutung von Schilf für Ökologie, Wasserhaushalt, Landschaftspflege oder Arterhaltung hin (Ostendorp, 1993, Schmieder & Pier, 1999).

Zielsetzung dieser Arbeit war die Erfassung der mechanischen Eigenschaften von Schilfhalmen in Pflanzenkläranlagen und an Vergleichsstandorten. Anschließend wurden die anatomischen Gegebenheiten an den Stengelknoten, also den Stellen, an denen es in der Regel zum Knicken des Halmes kommt, untersucht. Somit gab es zwei Fragestellungen die berücksichtigt wurden:

- Zeigt Schilf aus natürlichen Beständen im Vergleich zu Schilf aus Kläranlagen veränderte morphologische Eigenschaften, und gibt es Unterschiede zwischen Halmen, die aus dem Einlaufbereich einer Anlage entnommen wurden, zu solchen, die aus dem mittleren Teil oder dem Auslaufbereich stammen?

- Setzt man ein Halmstück einer vorübergehenden Biegebelastung aus, wieviel Restbiegung bleibt dann nach Beendigung der Belastung zurück, und bei welcher

Krafteinwirkung bricht oder knickt der Halm? An welcher Stelle tritt der Bruch vor allem auf, und wie sehen die anatomischen Strukturen in diesem Bereich aus?

Die Biegesteifigkeit und Bruchresistenz einiger Schilfbestände in Österreich, vornehmlich im Raum Wien, wurden bereits 1990 von Hosner im Zuge ihrer Dissertationsarbeit näher betrachtet. Besonderes Augenmerk legte sie dabei auf die Entwicklung der damals gerade neu bepflanzten Schilfkläranlage Mannersdorf. Bezugnehmend auf diese Arbeit hätte diese Anlage, mittlerweile Altbestand, im Jahr 2006 für die vorliegende Bearbeitung erneut untersucht werden sollen. Leider musste bald festgestellt werden, dass die gesamte Kläranlage stillgelegt war, und lediglich das Schilf aus dem, in der Nähe liegenden, Drainagegraben noch zur Verfügung stand. Die Entscheidung fiel somit zugunsten von zwei anderen Schilfkläranlagen, die sich seit vielen Jahren in Betrieb befinden und einer aufgelassenen Anlage. Der Graben in Mannersdorf wurde hingegen gemeinsam mit zwei anderen Standorten in die Gruppe der natürlichen Schilfbestände eingeordnet. Das Untersuchungsmaterial wurde vornehmlich 2006 aufgesammelt, einige Vergleichshalme auch noch im Jahr darauf. Die Biegeversuche wurden mit einer von Binz, 1981 entwickelten Methode durchgeführt. Da von den Halmen nur schlecht Dünnschnitte herzustellen waren, wurden einige Knoten mittels 3D-Röntgen abgebildet.

Bei der Literatursuche wurde verstärkt Wert gelegt auf Veröffentlichungen, die, die für diese Arbeit relevanten Bestände, bereits schon einmal zum Thema hatten. Nebst der Dissertation von Hosner, 1990 konnte auch auf die Diplomarbeit von Haas, 2008 zurückgegriffen werden, die sich vor allem mit der saisonalen Entwicklung der Schilfbestände in der Lobau beschäftigt. Es konnten einige biometrische Daten sowie Halmdichtemessungen zum Vergleich herangezogen werden. Darüber hinaus ergab sich, daß weitere Publikationen zu den verschiedenen Aspekten des hier behandelten Themas zwar nicht zahlreich sind, aber doch in ausreichender Menge gefunden werden konnten. Der Inhalt dieser Veröffentlichungen war allerdings recht breit gestreut, und zum Teil auch einander widersprechend. Offensichtlich handelt es sich bei Schilf um eine Art, bei der sowohl Habitus, als auch andere Eigenschaften wie zum Beispiel halmbiometrische oder anatomische Daten stark variabel sind.

1 Einleitung

1.1 Die korrekte Benennung von Schilf

Das Gewöhnliche Schilf wurde 1753 nach einer Beschreibung von Linné *Arundo phragmites* genannt, danach im Jahr 1799 nach Cavanilles *Arundo australis* und danach nach einer Beschreibung von Trinius aus dem Jahr 1820 lange Zeit *Phragmites communis*. Obwohl diese Bezeichnung international geläufig war, mußte man sie später auf *Phragmites australis* ändern als Paunero erkannte, daß die Spezies *Phragmites communis* mit der bereits früher beschriebenen Art *Arundo australis* identisch war. Clayton benannte das Schilf dann 1968 richtigerweise in *Phragmites australis* um (Clayton, 1968, Rodewald-Rudescu, 1974).

Der korrekte Name lautet daher:

Phragmites australis (Cav) Trinius ex Steudel (Zander, 2002)

1.2 Kurze Beschreibung des Schilfs

Das Gewöhnliche Schilf (*Phragmites australis* (Cav) Trin. ex Steud.) gehört zur Familie der Poaceae (Conert, 2000). Es ist ein ausdauerndes Gras, das sich durch unterirdische Ausläufer und manchmal auch über Kriechsprosse verbreitet. Auch über braune, dünne Samen, welche durch Wind, Wasser oder Vögel transportiert werden, kommt es zur Vermehrung. Das Schilf bildet große Rhizombereiche, in denen alle Wurzeln und Rhizome über ein Belüftungssystem miteinander in Verbindung stehen, und bis in 1 m Tiefe reichen. Seine Höhe beträgt 0,3 – 4 m, manchmal auch bis zu 10 m. Die Halme sind in reifem Zustand innen hohl und bis zu 2,5 cm im Durchmesser. Sie sind durch Knoten (Nodien) unterteilt und bilden Adventivwurzeln, wenn sie im Wasser stehen. Die Blätter sitzen zuerst in Form einer Blattscheide rund um den Halm und

gehen nach ca. 10 – 20 cm in eine abstehende Blattspreite über, welche 4 – 30 mm breit, 25 – 50 cm lang ist, und spitz zuläuft. Am oberen Ende der Blattscheide befindet sich in der Jugend ein dichter Haarkranz um eindringendes Wasser abzuhalten (Troll, 1954). Später geht dieser Kranz verloren. Die Blüte ist aus Ährchen aufgebaut, die in einer ca. 10 – 50 cm langen Rispe zusammengeschlossen sind, und zur Reifezeit einzeln abfallen. Pro Ährchen liegen ungefähr 3 – 5 Blütchen vor, von denen das unterste männlich oder steril ist, die übrigen zwittrig. Die Blütezeit erfolgt zwischen Juni und September (Conert, 2000, issg Database, 2007, Haslam, 1972, Rodewald-Rudescu, 1974).

Damit der Bestand immer wieder verjüngt wird, und somit eine stabile Population entsteht, benötigt *P. australis* eine mehrere Monate andauernde Ruhephase, welche je nach Standort, durch tiefe Temperaturen, anhaltende Trockenheit oder starke Überflutung ausgelöst werden kann (Rodewald-Rudescu, 1974).

P. australis tritt im Röhricht von stehenden oder langsam fließenden Gewässern auf. Wellenbewegungen werden im allgemeinen eher schlecht vertragen. Auch Sümpfe, Auen, Gräben und feuchte Wiesen sind bevorzugte Standorte. Da Schilf auch salztolerant ist, ist es ihm auch möglich an der Küste und im Brackwasser zu gedeihen. Die Art ist empfindlich gegen mechanische Belastung, die den Stengel knicken oder gar brechen könnte, aber sie stellt keine hohen Ansprüche an den Boden sofern er nicht zu sandig ist. Sie benötigt nährstoffreiche, schwere und bisweilen undurchlässige Böden mit geringer Korngröße. Ein schwach saurer bis basenreicher Boden kann ihr nichts anhaben und auch mit eher schattigen Standorten kommt sie gut zurecht.

Je höher das Schilfrohr, um so lichter sind meist die Bestände. Schilf bis zu 1 m Höhe wächst häufig sehr dicht, darüber sinkt die Zahl der Halme pro m² rapide.

Besondere Erwähnung sollte noch das Belüftungssystem von *P. australis* erfahren. Dieses, Aerenchym genannte, Luftkanalsystem ermöglicht der Pflanze das Wachstum unter sauerstoffarmen Verhältnissen. Das Aerenchym zieht sich durch die gesamte Pflanze und verbindet Blätter, Halm und Wurzel, wodurch der Luftsauerstoff bis in die Wurzeln transportiert und auch an den Boden abgegeben werden kann. Diese Sauerstoffabgabe ist auf den ersten Blick

als gar nicht so gering einzuschätzen, wird aber bei weiterer Betrachtung fast vollständig wieder durch den respiratorischen Verbrauch von Wurzeln und Rhizomen aufgehoben. Ein Großteil des in den Boden eingebrachten Sauerstoffs erfolgt vermutlich durch die Bodenlockerung und den Wasserentzug welche die Wurzeln bewirken (Wissing & Hofmann, 2002, Teichmann, 1997).

Neben dem Aerenchym wird Sauerstoff auch durch die Markhöhle transportiert, ein Vorgang der vor allem auch im Winter funktioniert. Die durchlässigen Nodien sowie die abgestorbenen, durch den Wind abgebrochenen Stengel, funktionieren dabei wie ein Kamin. Auch durch diese Art der Ventilation kann Luft bis in die untersten Regionen vordringen (Wissing & Hofmann, 2002).

Schilf verwendet zur Photosynthese den C3-Weg, allerdings interessanterweise mit gewissen Enzymen aus dem C4-Weg, insbesondere wenn es an salzigen Standorten vorkommt. Viele andere Helophyten verwenden von Haus aus den C4-Weg. Hier wäre das erste Produkt der CO₂-Fixierung eine C4-Verbindung. C4-Pflanzen wachsen vor allem an sehr trockenen oder sehr feuchten Standorten und obwohl sie das CO₂ effektiver verwenden, und zur Fixierung weniger Wasser benötigen, als C3-Pflanzen, überwiegen letztere doch im Pflanzenreich (Wissing & Hofmann, 2002, Richter, 1996, Karlson et al., 1994, Häder, 1999). Wissing und Hofmann beschreiben in ihrer Arbeit *P. australis* überhaupt als C4-Art, was wie gesagt, nicht völlig korrekt, und auch nicht allgemein üblich ist. Um kein falsches Bild aufkommen zu lassen sollte noch erwähnt werden, daß Schilf, sofern es eben nicht an Salzstandorten wächst, eine der am meisten wasserverbrauchenden Sumpfpflanzen ist. Pro Jahr benötigt *P. australis* etwa 800 bis 2000 mm Niederschlag bzw. Wasserzufluß (Wissing & Hofmann, 2002).

Schilf kann bis zur mittleren Gebirgslage aufsteigen (in den Alpen bis ca. 1150 m, in wärmeren Breiten auch bis 2700 – 3000 m). Es tritt auf jedem Kontinent auf mit Ausnahme der Antarktis. Hauptsächlich wächst *P. australis* in gemäßigttem Klima, tritt aber gelegentlich auch in tropischen Regionen auf (issg Database, 2007, Haslam, 1972, Rodewald-Rudescu, 1974).

In Europa wurde und wird Schilf verwendet um Sichtschutzmatten zu flechten und Häuser zu decken, des weiteren zur Uferbefestigung und Abwasserreinigung. Bei den nordamerikanischen Ureinwohnern finden Samen und Schösslinge auch als Nahrung

Verwendung und aus den Halmen wurden Pfeilschäfte hergestellt. Auch für Flöten und Schreibfedern wurden früher mitunter Schilfhalme verwendet.

1.3 Der Halm

Der Gegenstand des Interesses war vor allem der Halm. Wie bereits erwähnt, wird er durch Knoten in Internodien unterteilt, deren Anzahl wesentlich mit der Stengellänge im Zusammenhang steht und nicht genetisch fixiert ist. In der Mitte des Halmes und darunter ist die Internodienlänge im allgemeinen am höchsten und beträgt ca. 20 – 33 cm. Die untersten Internodien und jene im oberen Teil sind beträchtlich kürzer, mit Ausnahme des letzten, blütentragenden Internodiums, welches wiederum etwas verlängert ist. Unterblieb eine Blütenbildung, sind die letzten Internodien nur wenige mm lang.

Der Stengel von *P. australis* ist in seiner frühen Entwicklungsphase mit Grundgewebe (Parenchym) gefüllt. Durch Zerreißen dieses Gewebes (rhexigen) entsteht im Verlauf der Reife ein Hohlraum im Halminneren, welcher an den Nodien durch ein Diaphragma unterbrochen wird. Im Zuge seiner Entwicklung wird das Volumen des Schilfrohrs größer und die Wandstärke erhöht. Das spezifische Gewicht bleibt hingegen gleich. Im Prinzip nehmen die Wanddicke und auch die Festigkeit des Stengels mit steigender Höhe ab, aber je nach Standort und der Menge der Festigungselemente treten auch bei dünneren Halmen recht hartwandige Exemplare auf.

1.4 Anatomie

Die Rinde wird aus drei Schichten aufgebaut. Ganz außen sitzt eine einreihige Schicht von dicht aneinanderliegenden Zellen: die Epidermis. Daran anschließend folgen 2 – 4 Zellreihen von Sklerenchymzellen welche subepidermales Sklerenchymgewebe genannt werden und einer ersten Festigung dienen. Darunter liegt das subepidermale Parenchymgewebe, welches aus 1 – 8 Reihen besteht. Würde man einen im Wasser stehenden Halmteil untersuchen, könnte man nun noch eine weitere Reihe aus großlumigen Zellen sehen die Aerenchym genannt wird. Da die hier betrachteten Internodien nicht unter Wasser gewachsen sind entfällt dieser Teil und es tritt ein weiteres Festigungsgewebe auf, die äußere Sklerenchymschicht. Sie enthält die äußeren Gefäßbündel. Darauf folgt ein breiter Gewebestreifen aus Parenchym in welchem die inneren Gefäßbündel eingebettet sind. Es handelt sich hierbei um kollateral geschlossene Gefäßbündel. Sie bestehen zumeist aus zwei großen (Metaxylem) und zwei kleinen (Protoxylem) Gefäßen und dem Bastteil. Umgeben sind sie von perifaszikulärem Sklerenchym. Im Nodium kommt es zur Überkreuzung der Gefäßbündel (Rodewald-Rudescu, 1974).

Da die Stengel alle gegen Ende der Vegetationsperiode geerntet wurden, ist das noch weiter innen liegende Markparenchym gar nicht mehr, oder nur noch in kleineren Rudimenten sichtbar.

Die Festigkeit eines Halmes beruht auf der subepidermalen Sklerenchymschicht, der äußeren Sklerenchymschicht und der perifaszikulären Sklerenchymschicht.

1.5 Aufbau einer Pflanzenkläranlage

Pflanzenkläranlagen werden häufig auch als „Technische Feuchtgebiete“ (constructed wetlands) bezeichnet (Wissing & Hofmann, 2002). Die Hauptkomponente, der Pflanzenbewuchs, besteht zumeist vor allem aus *Phragmites sp.*, *Typha spp.*, *Juncus spp.* oder *Scirpus spp.*. Alle diese Pflanzen können alleine oder gemeinsam zur Reinigung von Abwässern herangezogen werden (Byoung-Hwa & Scholz, 2006). Im Prinzip gibt es zwei Arten von Pflanzenklärbecken: Horizontal beschickte, bei denen das Wasser mit nur geringem Gefälle von einer zur anderen Seite durch das Pflanzenbeet geleitet wird, und vertikal beschickte, bei denen das Wasser das Pflanzenbeet von oben nach unten durchläuft (Neemann, 2000, Teichmann, 1997, Heinrich, 2004).

Auch die Frage, ob der oberirdische Anteil der Biomasse im Herbst durch eine Mahd entfernt wird, ist von Bedeutung. Beläßt man die toten Halme im Winter an ihrem Standort, bilden die abgefallenen Blätter eine Sperrschicht, die den Gasaustausch behindern kann, aber auch die Rhizome vor übermäßiger Kälte schützt. Gibt man einer Mahd den Vorzug, entfernt man zwar die isolierende Schicht, fördert aber den Sauerstoffeintrag (Wissing & Hofmann, 2002).

1.6 Reinigungsprinzip einer Pflanzenkläranlage

Bei der Abwasserreinigung mittels Pflanzenkläranlagen spielen die Makrophyten eine wichtige Rolle. Sie erhöhen die Durchlässigkeit des Bodens, reichern ihn mit Sauerstoff an, und bieten den Mikroorganismen Platz um darauf wachsen zu können (Projektunterlagen Krottenhofteich, 1986, Byoung-Hwa, & Scholz, 2006). Weiters verhindern sie eine Bodenerosion durch die Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit, beschatten den Teich im Sommer und isolieren ihn im Winter und sorgen somit für gleichmäßige Temperaturen. Laut neueren Forschungen hat die Art der Bepflanzung keinen Einfluß auf die Reinigungsleistung der

Anlage, da die Sauerstoffabgabe des Wurzelsystems eher gering ist, und alle anderen genannten Punkte nicht von der Pflanzenart abhängig sind (Laber, 2001, Teichmann, 1997, Lösch, 2001). Diese Meinung wird von einigen anderen Autoren nicht geteilt, welche gerade für Schilf eine hohe O_2 – Abgabe in den Bodenraum feststellen. Im Nahbereich der Wurzeln kommt es durch mehr oder minder hohen Sauerstoffeintrag zu aeroben Bedingungen unter welchen die Nitrifikation abläuft. Die Denitrifikation findet in tiefergelegenen, anaeroben Teilen statt und die darunterliegenden, lehmhaltigen Böden binden Phosphor und Schwermetalle aus dem Abwasser (Projektunterlagen Krottenhofteich, 1986, Byoung-Hwa & Scholz, 2006).

Prinzipiell können die erwähnten Abbauewege in drei Gruppen gegliedert werden (Teichmann, 1997):

1) geochemisch-mechanische Mechanismen: Hierzu werden die Filterwirkung des Bodens, diverse Redoxreaktionen, sowie die Adsorption von fein verteilten Stoffen an Boden- und Pflanzenteile gezählt. Diese Vorgänge sind für die Bodendurchlässigkeit und den pH-Wert verantwortlich.

2) biologisch-biochemische Mechanismen: In diese Gruppe fallen alle Ausscheidungen von Pflanzen, wie Wurzelexsudate, Enzyme und Sauerstoffeintrag, sowie die Um- und Abbauvorgänge in Boden und Wasser.

3) physikalisch-sorptive Mechanismen: Sie umfassen Adsorption und erneute Freisetzung von Substanzen zwischen Bodenteilen und Bodenwasser und den Kationenaustausch.

1.7 Was sind Straßenabwässer ?

Wenn es regnet, so versickert abhängig von Gefälle, Bewuchs und Bodenbeschaffenheit ein Teil des Wassers im Untergrund, ein anderer Teil läuft oberflächlich ab. Im urbanen Bereich ist die Oberfläche fast vollständig durch Asphalt, Beton oder Dachflächen versiegelt, sodaß der Hauptteil des Regens oberirdisch abläuft und in einer Kanalisation gesammelt werden muß. Dabei gibt es zwei Strategien: Die Mischkanalisation, bei der das Regenwasser gemeinsam mit den häuslichen Abwässern abgeleitet wird, und die Trennkanalisation, bei der häusliche Abwässer und Niederschläge jeweils getrennte Kanäle haben. Die in dieser Arbeit untersuchten Pflanzenkläranlagen werden nur mit Straßenablaufwasser beschickt (Pfeifer, 1997, Hesse, 2004).

Bei Regen werden aus der Atmosphäre Verbrennungsrückstände und Schmutzstoffe ausgewaschen und zur Erde verfrachtet. Aber auch über Dächer und Straßen ablaufendes Wasser nimmt noch eine beachtliche Menge an Schmutzfracht mit, so etwa Mineralöle, Benzin, Diesel, Bremsscheiben- und Reifenabrieb, Rost, Farbe und Kühl- und Bremsflüssigkeiten aus dem Autoverkehr. Ebenso, wenn auch meist von untergeordneter Bedeutung, werden mit dem Regenwasser auch noch Abfall, Streusalz, Sedimente von Bauwerken, Rasenchemikalien, Haustier- und Vogelkot von der Straße gewaschen. Durch den angesprochenen Verschleiß und die Verunreinigungen gelangen folgende Stoffe ins Wasser (Bruns, 1999, Akan & Houghtalen, 2003, Wissing & Hofmann, 2002, Pfeifer, 1997, Hesse, 2003, Stundner, 2006):

Abrieb von Bremsscheiben: vor allem Schwermetalle, es dominieren Kupfer und Zink

Reifenabrieb: Schwermetalle wie Zink, Blei und Kupfer, weiters organische Kohlenwasserstoffe

Bituminöse Straßenbeläge: organische Kohlenstoffverbindungen, mineralische Füllstoffe

Der Abrieb selbst ist nicht als Schadstoff anzusehen, bietet aber Kohlenwasserstoffen und Schwermetallen eine gute Absorptionsmöglichkeit.

Treibstoffe: polycyclische aromatische und chlorierte Kohlenwasserstoffe, Mineralölkohlenwasserstoffe, Blei, Ruß

Dachflächen und Regenrinnen: können Kupfer und Zink freisetzen

Tierkot: Fäkalbakterien, organische Verschmutzungen

Rasendünger: Phosphor, Stickstoff, Ammonium, Pestizide, Insektizide, Herbizide

Rost und Farbe: Cadmium

Laub: organische Verschmutzungen

Die Wirkung dieser Stoffe im Wasser ist vielfältig. So etwa bewirken Düngestoffe ein erhöhtes Algenwachstum, was sich negativ auf die Sauerstoffversorgung innerhalb des Wasserkörpers auswirkt. Desgleichen verringert der Abbau des organischen Materials aus Laub und Fäkalien den O_2 – Gehalt. Pflanzenschutzmittel, Schwermetalle und Kohlenwasserstoffe wirken auf Wasserlebewesen häufig schon in geringen Konzentrationen toxisch und führen bei höheren Pflanzen zu Chlorose und vorzeitiger Alterung (Akan & Houghtalen, 2003, Prasad, 2004).

Die Verschmutzung von Regenwasser tritt nicht gleichförmig auf. Die größte Schmutzfracht wird mit dem ersten Spülstoß mitgeführt, da sich in niederschlagsfreien Zeiträumen viele Verschmutzungen akkumulieren. Die Verfrachtung durch den Wind kann diesen Vorgang nur geringfügig eindämmen. Teils gelangen die Schmutzstoffe dadurch an den Straßenrand, wo sie, vor allem in ländlichen Gebieten, mit dem nächsten Regen versickern, teils werden sie in die Atmosphäre verfrachtet, wo sie ebenfalls beim nächsten Niederschlag als sogenannte nasse Deposition wieder zur Erde fallen. Im Gegensatz zur nassen Deposition, wo die Verunreinigungen in gelöster Form vorliegen, spricht man bei den durch den Wind vertragenen Partikeln von trockener Deposition. Die in dieser Arbeit untersuchten Regenwassersammelsysteme verhindern allerdings ein unkontrolliertes Versickern. Die Niederschläge werden in Kanälen gesammelt und in Pflanzenkläranlagen eingeleitet.

Die zu Anfang auftretende Schmutzspitze eilt zumeist einer darauf folgenden Abflussspitze voraus, bei der schon geringere Verunreinigungskonzentrationen auftreten, aber durch die erhöhte Schleppkraft des Wassers größere Partikelgrößen transportiert werden können. Danach fällt die Schmutzstoffverfrachtung rasch ab und der nachfolgende Regenzulauf ist ziemlich sauber (Pfeifer, 1997).

2 Material und Methoden

2.1 Standorte

2.1.1 Krottenhofteich

Der Krottenhofteich ist eine der beiden Pflanzenkläranlagen, die im Norden des 21. Wiener Gemeindebezirkes von der Magistratsabteilung 45 seit mehreren Jahrzehnten betrieben werden (Baubewilligung 1987). Dort sollen im Bereich des Bisamberges anfallende Straßenabwässer biologisch geklärt und anschließend versickert werden. Der Krottenhofteich, eine ehemalige Sickergrube, wurde 1986 zu einem Schönungsteich umgebaut (Haberl & Laber, 1998).

Zur Vorbereitung des Beckens wurde die Sohle planiert, mit einer Schotterschicht versehen und mit wurzelresistenter Teichfolie ≥ 1 mm Stärke abgedichtet. Eine darauf ausgebrachte 20 cm dicke Lehmschicht dient dem Schutz dieser Folie. Darüber kam eine Humusschicht als Unterlage für den Schilfwurzelboden. Dieser wurde in $0,5 - 1 \text{ m}^2$ großen Stücken verpflanzt und erneut mit ca. 10 – 20 cm Humus bedeckt (Projektunterlagen KH 1986). Der Anlage vorgelagert sind Sandfänge, die leicht absetzbare Stoffe zurückhalten. Danach gelangt das Wasser über ein Einlaufbauwerk in ein Retentionsbecken, das durch eine Staumauer vom Pflanzenbeet getrennt ist. Dieses Becken dient zum weiteren Absetzen feiner Schwebstoffe und soll bei stärkeren Regenfällen das Wasser zurückhalten, bis es gezielt und in verträglicher Dosis dem Schilfbeet zugeführt werden kann. Unterhalb der Mauer liegt jener Beckenteil der das Schilfbeet enthält und den das Wasser horizontal durchfließt und in einem daran anschließenden Sickerkeil dem Grundwasser zugeführt wird. Aufgrund von erheblichen Niederschlagsabflußfrachten und geringer Korngröße des Bodensubstrates verschlammte die Anlage nach und nach, wodurch 1998 erste Pläne für eine Sanierung gemacht wurden (Ansuchen um wasserrechtliche Bewilligung, 1995, Haberl & Laber, 1998). Heute ist die gesamte Anlage komplett mit Schilf bewachsen.

1992 durchgeführte Abwasseruntersuchungen ergaben, daß die Anlage zu diesem Zeitpunkt im großen und ganzen hervorragend arbeitete. Alle Ergebnisse waren unauffällig und

auch die Schwermetallmessungen waren sowohl für den Zu- als auch für den Ablauf in niedrigen Bereichen. Hin und wieder wurden bei Messungen Fäkalbakterien festgestellt, was mit hoher Wahrscheinlichkeit auf unzulässige Einleitung von häuslichen Abwässern schließen lässt (Abwasseruntersuchung der MA 15 – Gesundheitsamt, 1993).

1996 – 98 wurden im Zuge der geplanten Sanierung erneut Messungen durchgeführt. Auch hier lag die Schwermetallbelastung im allgemeinen unter dem zulässigen Wert für Trinkwasser, mit Ausnahme von Zink, welches die Grenzwerte (Trinkwasser!) häufig überschritt, jedoch weiterhin unter der zuständigen Höchstkonzentration blieb. Auch diese Meßserie zeigt teils sehr inhomogene Ergebnisse, was anthropogene Einträge nicht zulässiger Substanzen vermuten lässt (Haberl & Laber, 1998).

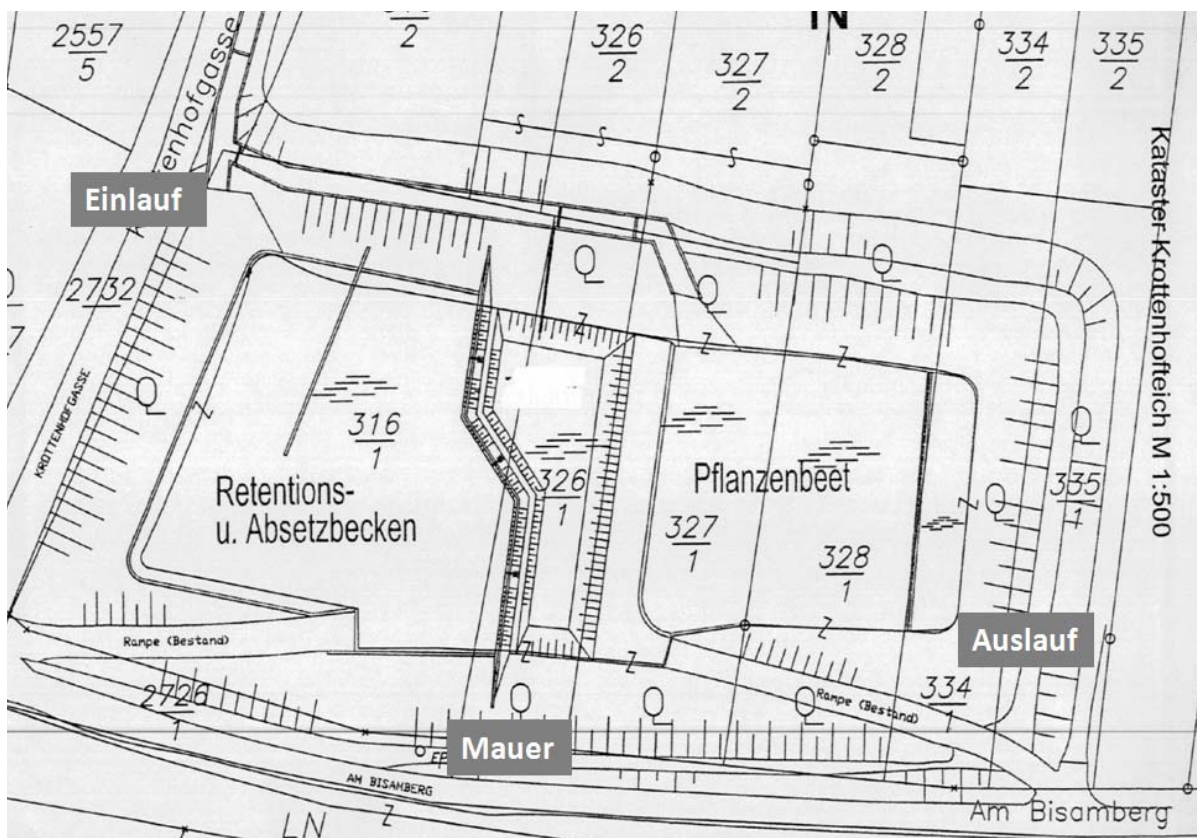


Fig. 001: Planauszug des Krottenhofteichs

2.1.2 Laimergrube

Die Laimergrube ist die zweite der beiden bereits erwähnten Kläranlagen. Auch sie dient der Entsorgung von Niederschlagsabwässern im Bereich des Bisambergs. Zusätzlich erfolgt noch die Einleitung von wenigen häuslichen Abwässern, für deren Entsorgung zum damaligen Zeitpunkt bereits eine entsprechende Bewilligung vorlag. Bei der Laimergrube handelt es sich um eine ehemalige Kiesgrube, die 1986 als Pflanzenkläranlage umgebaut wurde. Die Spitzenzuläufe der Laimergrube liegen deutlich unter denen des Krottenhofteichs, da die Fließwege des Wassers wesentlich länger und das Gefälle des Einzugsbereichs niedriger sind (Ansuchen um wasserrechtliche Bewilligung, 1995, Haberl & Laber, 1998).

Im Anschluß an das Einlaufbauwerk befindet sich ein Sandfang, von dem das Wasser zu einem Zulaufteich gelangt. Dieser sorgt für eine gleichmäßige Verteilung des Wassers vor dem ersten Schilfbeet, wo die Niederschläge den Wurzelraum horizontal durchsickern sollen. Am Ende dieser Schilffläche befindet sich ein Damm mit einer Sammelrinne und Rohrdurchlässen. Von dort kommt das Wasser in einen weiteren Sammelteich bevor es zum zweiten Schilfbeet gelangt, das es abermals horizontal durchfließt. Auch hier befindet sich am Ende ein Damm mit Sammeleinrichtung und Rohrdurchlässen. Dahinter liegen ein Schönungsteich und ein Schotterkörper zur Versickerung der nunmehr geklärten Abwässer ins Grundwasser. Der Aufbau der Schilfbeete entspricht jenem des Krottenhofteichs (Projektunterlagen LG, 1985).

Auch die Laimergrube zeigt relativ gute Reinigungsleistung, allerdings lässt sich in ihrem Umkreis eine Beeinflussung des Grundwassers durch organische Stoffe feststellen. Da diese Kläranlage inmitten eines landwirtschaftlich genutzten Gebietes liegt, wurden bereits vor den Reinigungsstufen erhöhte Nitrat- und Ammoniumbelastung gemessen, welche die Anlage auch nicht mehr gänzlich aus dem Wasser entfernen konnte. Erschwerend kommt dazu, daß der Grundwasserspiegel in diesem Bereich seit 1985 etwas angestiegen ist, wodurch er teils über der Abdichtung der Schilfbeete liegt und die beiden Wasserkörper der Anlage mit dem umgebenden Grundwasser bei Wasserhochständen in Verbindung stehen können (Haberl & Laber, 1998, Überprüfung des Einflusses des Sickerwassers auf das Grundwasser, 1994, Überprüfung des Einflusses des Sickerwassers auf das örtliche Grundwasser, 2001).

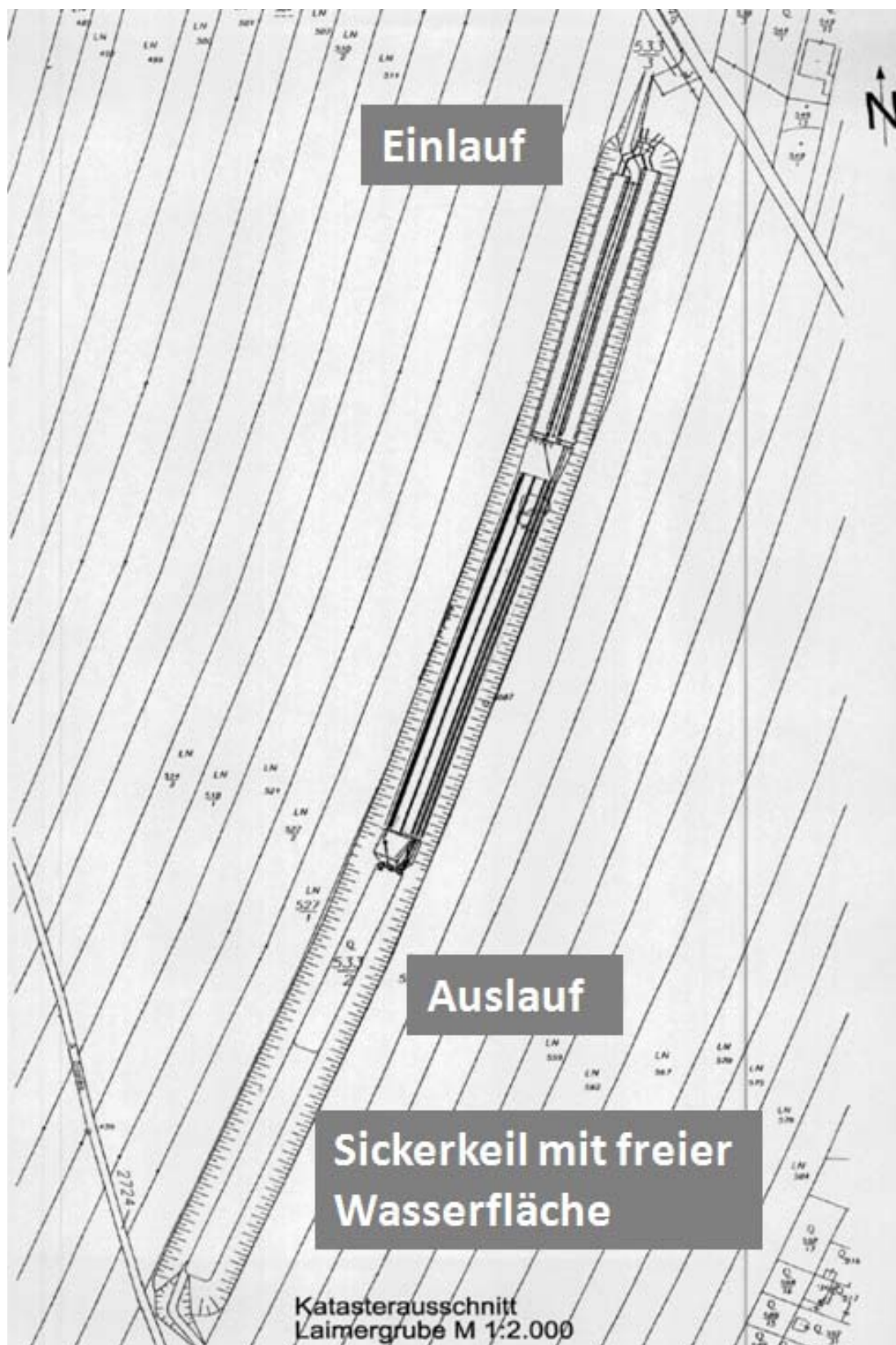


Fig. 002: Planauszug der Laimergrube

2.1.3 Kläranlage bei der Tangente (A 23/Praterhochstrasse)

Nachdem die Abwässer der A 23/Praterhochstrasse jahrzehntelang ungereinigt von der Strasse abfließen, und den Boden, sowie das nahegelegene Heustadelwasser verschmutzten, entschloß man sich 1983 eine biologischen Abwasserkläranlage zu errichten (Bescheid MA 58 – 3984/85, 19. 12. 1989). Westlich der Tangente zwischen Praterhauptallee und Heustadelwasser befand sich eine natürliche Bodensenke, die zu diesem Zweck umgebaut wurde. Diese, Rosenwasser genannte, nierenförmige Geländeformation umfasste circa 500 m² Oberfläche, was bei den errechneten Regenmengen und einer Überstauhöhe von 20 cm bei weitem ausreichend war. Die Abwässer wurden in horizontalen Sammelkanälen zu vier Abläufen weitergeleitet, und entlang des Brückentragwerks zu einem Einlaufschacht gebracht, der östlich der Anlage lag. Von dort wurde das Wasser über zwei Verteilersysteme, die aus, an der Oberfläche verlegten, gelochten Dränrohren bestanden, in nördliche und südliche Richtung über das Becken verteilt. Von dort sollten die Abwässer erst vertikal durch den Bodenkörper sickern und danach horizontal Richtung Auslauf. Dieser zweikammerige Auslaufschacht lag westlich circa in der Mitte des Beckens und konnte mittels Schieber die Stauhöhe im Becken variieren. Von dort gelangte das Wasser in einen nordwestlich gelegenen, kiesgefüllten Sickergraben.

Der Untergrund der Kläranlage bestand aus einer Teichfolie auf die ca. 20 cm Lehm und darauf 30 cm Sand aufgeschüttet wurden. Auf diese Schichten wurden zwei Einheiten von je ca. 50 cm hohen Schilfsoden übereinander aufgebracht, welche in Stücken von 1 x 1,50 m dem Retentionsbecken des Wienflusses entnommen wurden (Rosinak, 1984, biologische Betreuung: G. Janauer).

Die Klärleistung des Beckens wurde vor allem durch Versickern, teils auch durch Verdunsten erbracht. Im ersten Jahr kam es zu einer Sekundärverschmutzung durch den Abbau in der unteren Schilflage, aber ab dem zweiten Jahr erreichte die Anlage ihre volle Funktionsfähigkeit und zeigte gute Reinigungsleistung im Bereich von Schwermetallen, organischen Stoffen und Schwebstoffen. Bedingt konnte auch Streusalz dem Wasser entzogen werden. Im Winter wurde das Salz zwar gut zurückgehalten, über den Sommer jedoch langsam ausgetragen (Telefonische Auskunft Hr. DI. Erich Hermann, MA 29, 2. 10.2008).

Nachdem die Praterhochstrasse 1998/99 verbreitert wurde, wurde auch die Abwasserbeseitigung ans öffentliche Kanalnetz angeschlossen und die Anlage rückgebaut, was die Entfernung der Verteilerbauwerke und den Abtrag der Schilflagen zur Folge hatte (Bescheid MA 58 – 1633/1997, 28. 10. 1999). Das heute dort wachsende Schilf steht somit nicht mehr auf kontaminiertem Boden.

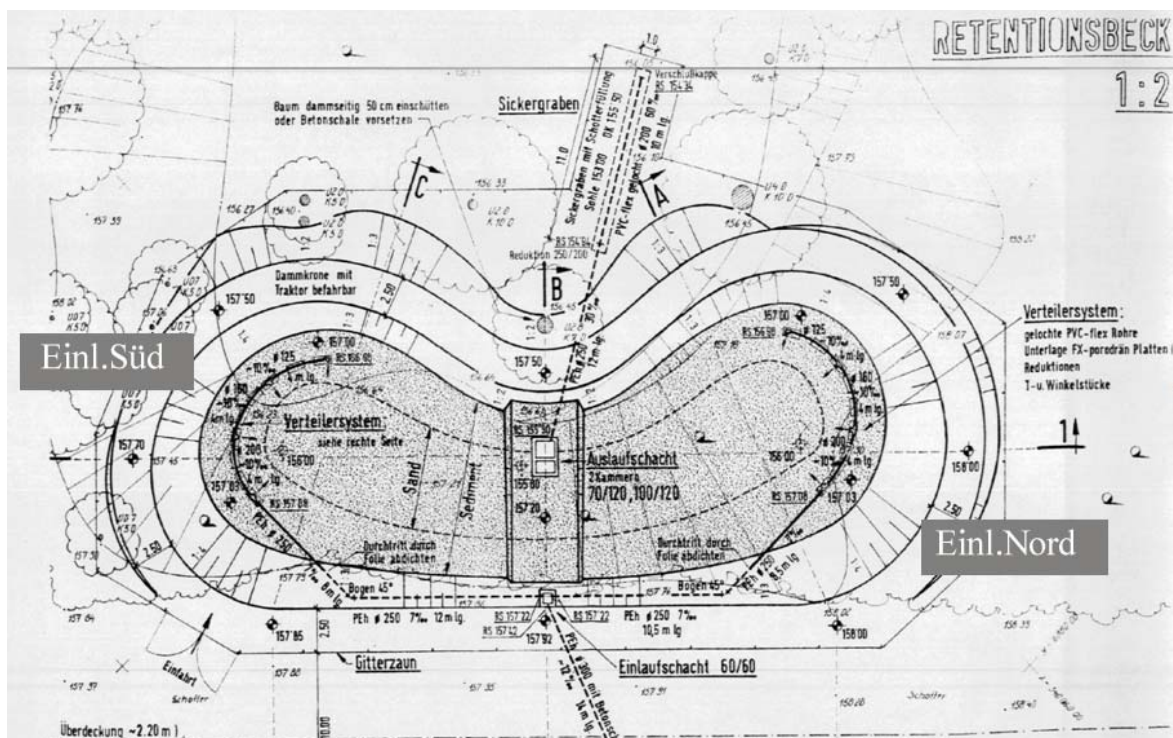


Fig. 003: Planansatz von der ehemaligen Kläranlage bei der Tangente

2.1.4 Mannersdorf, Graben

Nahe der aufgelassenen Kläranlage Mannersdorf (Niederösterreich) befindet sich ein Graben, dessen Ränder mit Schilf bewachsen sind. Auf der einen Seite des kleinen Gerinnes liegen landwirtschaftliche Anbauflächen, auf der anderen ein neu entstandener Stadtteil mit Einfamilienhäusern. Die ursprüngliche, von Hosner 1990 noch gut dokumentierte, Schilfkläranlage konnte leider nicht mehr untersucht werden, da die Gemeinde Mannersdorf

1995 zwangsverpflichtet wurde, sich an die Verbandskläranlage Bruck an der Leitha anzuschließen und somit der komplette Kläranlagenbetrieb im Ort aufgelassen wurde (Telefonische Auskunft Hr. Josef Kühschitz, Bauhofleiter, Stadtgemeinde Mannersdorf, 11. 12. 2006).



Fig. 004: Planauszug von Mannersdorf. Die Position an der die Halme gesammelt wurden, wurde mit einem Kreis markiert.

2.1.5 Lobau, Hoher Spitz

Das, als Hoher Spitz bezeichnete, Gewässer befindet sich in der Lobau nördlich der Donau. Es handelt sich um einen langgezogenen Graben, der in niederschlagsarmen Zeiten nahezu trocken steht und nur noch kleinere Schlammfützen enthält. Es sind keine landwirtschaftlichen Gebiete in der Nähe.



Fig. 005: Planauszug vom Hohen Spitz, Lobau. Die Position an der die Halme gesammelt wurden, wurde mit einem Kreis markiert.

2.1.6 Trautmannsdorf, Wolfsgaben

Südlich des kleinen Ortes Trautmannsdorf bei Geras (nördliches Niederösterreich) befindet sich der sogenannte Wolfsgaben. Es handelt sich hierbei um ein ca. 50 cm breites Rinnsal natürlichen Ursprungs, das im Sommer zumindest in seinem Oberlauf soweit trocken fallen kann, daß es nur noch als etwas feuchterer Boden zu erkennen ist. Zu beiden Seiten des Wolfsgabens erheben sich leichte Hügel, die landwirtschaftlich genutzt werden.



Fig. 006: Planauszug vom Wolfsgraben, Trautmannsdorf. Die Position an der die Halme gesammelt wurden, wurde mit einem Kreis markiert.

2.2 Die Schilfbestände an den Untersuchungsstandorten

2.2.1 Krottenhofteich

Diese *P. australis*-Population war mächtig und hochgewachsen. Die Halme waren dick, aber die Halmdichte war eher gering. Da dieser Bestand im Winter nicht entfernt wird, standen auch viele Halme vom Vorjahr zwischen den neuen, was den Bestand dichter erscheinen ließ als er war. Die ganze Fläche war durchsetzt von ca. 70 cm hohem „Unterholz“ bestehend aus kreuz und quer liegenden alten Stengeln. Die Blütenbildung war mäßig. Im zweiten Jahr stand der Bereich unterhalb der Mauer unter Wasser und das Schilf war etwas niedriger als im Jahr davor, wo weite Teile des Anlage trockenen Fußes begehbar waren.

2.2.2 Laimergrube

In der Laimergrube fand sich wenig vorjähriges Schilf. Die neuen Halme standen schlank und dicht, waren aber weniger hoch als im Krottenhofteich und zeigten auch weniger Blüten. Die Stengel standen fast alle aufrecht, während sie sich im Krottenhofteich eher neigten. Der Bestand war nicht einheitlich, es gab viele schilffreie Zonen und Bereiche in denen er nur ca. 50 cm hoch wurde, dicht stand und keine Blüten bildete. Diese Abschnitte waren auch stark mit Unkraut überwuchert. Auch hier gab es im Nachfolgejahr höheren Wasserstand, niedrigere Halme und weniger Blüten.

2.2.3 Kläranlage bei der Tangente (A23/Praterhochstraße)

Hier fand man wenige, hohe Halme, die eher isoliert standen, und viele schilffreie Bereiche. Die Blütenbildung war nur vereinzelt. Dazwischen dominierten Flächen von gleichmäßigem, ca. 40 cm hohem „Schilfrasen“ der, obwohl rundum Unkraut wuchs, nicht überwuchert wurde. Im feuchteren Jahr 2007 war die mit Schilf bewachsene Fläche etwas größer, die Halme dafür niedriger und es fand sich in der ganzen Grube nicht ein einziger blühender Halm.

2.2.4 Mannersdorf, Graben

Der Bestand im Graben von Mannersdorf zeigte sich dicht und gleichmäßig, und ca. 1,60 bis 2 m hoch. An manchen Stellen gab es gar keine Blütenbildung, an anderen blühte beinahe jeder Halm, selbst wenn er nur ca. 80 bis 100 cm hoch war. Hosner beschrieb in ihrer Diplomarbeit diesen Bestand bereits einmal. Er galt als hypertroph bis eutroph und sollte im Winter in unregelmäßigen Abständen geschnitten werden (Hosner, 1990). Das konnte 2006 nicht bestätigt werden, da eine Menge Halme aus den vorhergehenden Jahren gefunden wurden.

2.2.5 Lobau, Hoher Spitz

Die Population wuchs sehr unterschiedlich, an vielen Stellen war das Schilf eher kurz, an einigen Stellen gar nicht vorhanden. Dazwischen gab es wenige Plätze an denen es hoch und gut entwickelt auftrat. Blüten waren selten. Von Hosner wurde dieser Bestand 1990 als mesotroph eingestuft.

2.2.6 Trautmannsdorf, Wolfsgraben

Das Schilf stand sehr regelmäßig und dicht. Die Halme waren etwa mannshoch und dünn, jedoch trugen fast alle Blüten.

2.3 Aufsammlung:

Der Großteil der untersuchten Halme (Block 1) wurde im Herbst 2006 und im Winter 2006/2007 geerntet, und zwar an folgenden Tagen:

Krottenhofteich (KH): 28. 10. 2006

Laimergrube (LG): 29. 10. 2006

Kläranlage bei der Tangente (TG): 18. 11. 2006

Mannersdorf, Graben (MD): 26. 11. 2006

Trautmannsdorf, Wolfsgraben (WG): 20. 1. 2007

Lobau, Hoher Spitz (LB): 21. 1. 2007

Bei den ersten drei Standorten (Kläranlagen) wurden mindestens 30 Halme pro Standort (KH, LG, TG) geerntet, bei den nachfolgenden drei natürlichen Standorten (MD, WG, LB) 15 Halme pro Position. Im Herbst 2007 wurden noch weitere Halme aus den drei Hauptuntersuchungsgebieten (KH, LG, TG) entnommen.

Nachfolgend der komplette Sammelplan:

Tab. 001: Aufstellung der Untersuchungsgebiete mit den Datumsangaben der jeweiligen Aufsammlung

Standort	Position	Datum der Aufsammlung	
		Block 1	Block 2
KH	Einlauf	28. 10. 2006	21. 10. 2007
	Westlich der Mauer	28. 10. 2006	21. 10. 2007
	Östlich der Mauer	28. 10. 2006	21. 10. 2007
	Auslauf	28. 10. 2006	
LG	Einlauf	29. 10. 2006	21. 10. 2007
	Mitte	29. 10. 2006	21. 10. 2007
	Auslauf	29. 10. 2006	21. 10. 2007
TG	Einlauf Nord	18. 11. 2006	19. 10. 2007
	Auslauf Mitte	18. 11. 2006	19. 10. 2007
	Einlauf Süd	18. 11. 2006	19. 10. 2007
MD		26. 11. 2006	
WG		20. 01. 2007	
LB		21. 01. 2007	

Im Anschluß daran nochmals die genaue Lage der Sammelpositionen.

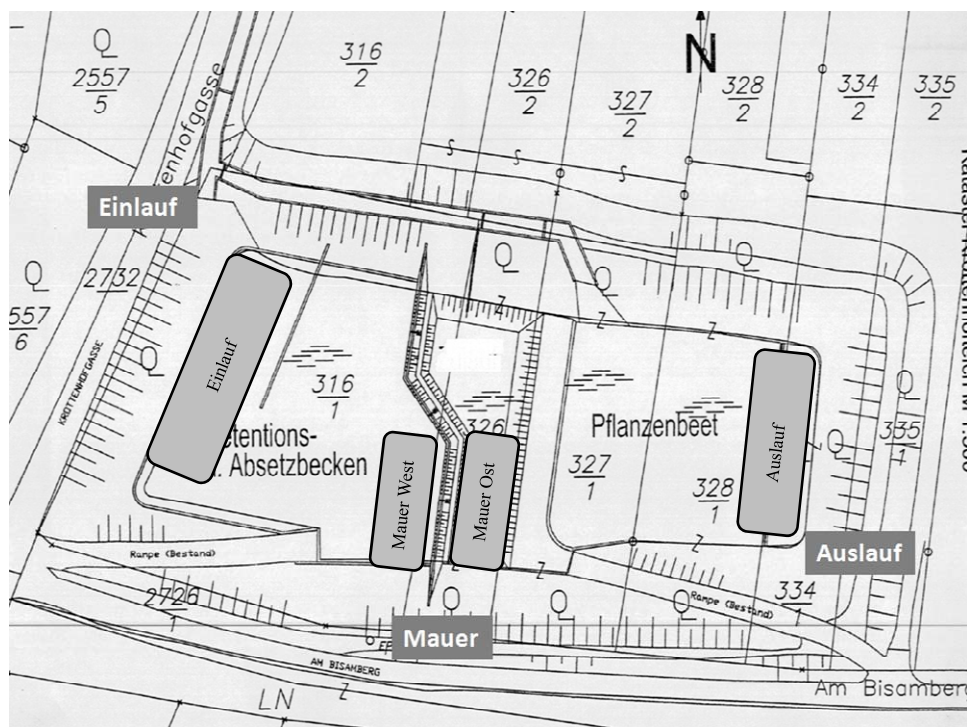


Fig.:007: Krottenhofteich: Skizze der Sammelpositionen.

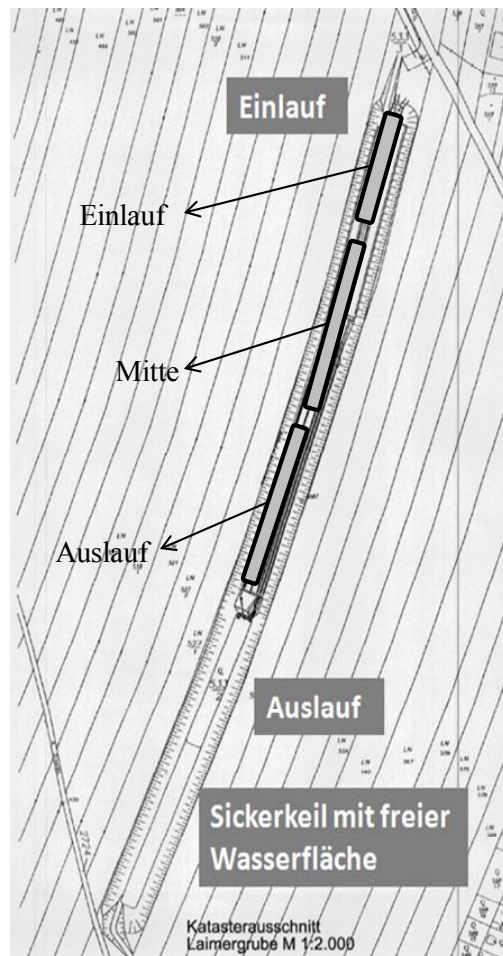


Fig.:008: Laimergrube: Skizze der Sammelpositionen.

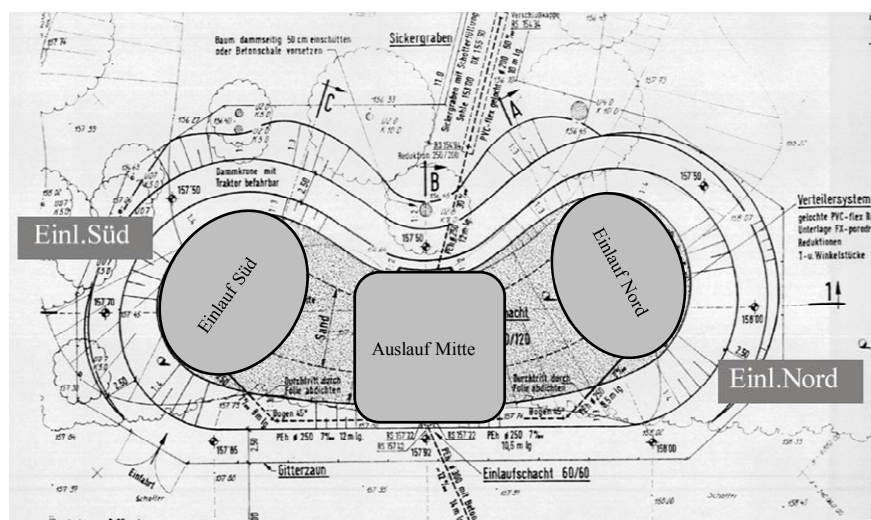


Fig.:009: Kläranlage bei der Tangente: Skizze der Sammelpositionen.



Fig.:010: Mannersdorf, Graben: Skizze der Sammelpositionen.



Fig.:011: Lobau, Hoher Spitz: Skizze der Sammelpositionen.



Fig.:012: Trautmannsdorf, Wolfsgraben: Skizze der Sammelpositionen.

2.4 Bearbeitungsmethoden:

Jeder Standort wurde zuerst optisch nach Dichte, Höhe und Verteilung des Schilfs beurteilt. Danach erfolgte eine Halmzählung. Zu diesem Zweck wurde mittels eines Zählrahmens $\frac{1}{4} \text{ m}^2$ abgesteckt, und vermerkt, wie viele Halme mit Blüte (HmB), ohne Blüte (HoB) und mit veränderter Blütenbildung (HvB) sich in diesem befanden. War der Bestand in sich sehr einheitlich wurden aus jeder Zählfläche zumeist ein Halm, bisweilen auch mehrere, entnommen. War der Schilfbestand im Untersuchungsgebiet eher ungleich verteilt, wurden mehr Flächen ausgezählt als Halme entnommen. Bei der Wahl der Halme wurde darauf geachtet, nach Möglichkeit Halme mit Blüte zu bekommen, da diese meist besser entwickelt sind und einen dickeren Schaft aufweisen. Waren an einer Position keine, oder nicht genügend blühende Halme, wurden auch welche ohne Blüte genommen. Beim Schneiden der Halme wurde darauf geachtet, ca. 10 cm über Wasser- bzw. Bodenniveau den Stengel zu durchtrennen. Die 10 cm verbleibender Halm sollen das Rhizom davor schützen durch eindringendes Wasser geschädigt zu werden.

Beim Einbringen des Schilfs wurde darauf geachtet, daß es möglichst lange am natürlichen Standort stehen blieb, und somit bei der Ernte schon so trocken wie möglich war. Bei nachträglichem Trocknen würde sich der Stengelquerschnitt verziehen. Allerdings bedeutet das auch, daß das Schilf nach der ersten aufgetretenen Frosteinwirkung alle Blätter verliert. Somit konnten nur bei den drei Haupt-Standorten (KH, LG, TG) beblätterte Halme aufgesammelt werden. Bei den späteren Terminen (MD, WG, LB) konnten nur noch blattlose Halme gefunden werden. Das geerntete Schilf wurde sodann liegend bei normalen Raumbedingungen noch einige Wochen nachgetrocknet und anschließend folgende Halmparameter bestimmt.

- Gesamtlänge des Stengels bis zum Ansatz der Rispe oder des letzten Blattes
- Mitte des Stengels
- Durchmesser des Stengels am 1. vollständigen Internodium
- Durchmesser des Stengels bei seiner Mitte
- Anzahl der Internodien
- Länge der Internodien
- Sofern am Internodium ein Blatt vorhanden ist
 - Insertionshöhe des Blattes von unten an gemessen
 - Insertionshöhe des Blattes vom letzten Nodium an gemessen
- Beim mittleren und beim darunterliegenden Internodium wurden außerdem noch jeweils der untere und der obere Durchmesser bestimmt

Danach wurden das untere und das mittlere Internodium heraus geschnitten und der übrige Halm verworfen. Diese beiden zusammenhängenden Internodien wurden jetzt in einem Trockenschrank bei 95° C 48 Stunden getrocknet und nach dem Abkühlen gewogen und die Wandstärke bestimmt.

Im nächsten Schritt wurde eine Biegesteifigkeitsmessung vorgenommen. Diese, 1981 von Binz entwickelte Methode, beruht darauf, daß das Schilfstück beidseitig auf einen Auflagepunkt gelegt wird. Das erfolgt mit Hilfe zweier rinnenförmiger Unterlegklötze, um ein Verrutschen zu verhindern. In der Mitte zwischen den beiden Auflagepunkten soll sich das mittlere Nodium befinden. Hier wird eine Pesola-Präzisions-Federwaage befestigt, mit der von unten am Halm gezogen wird, um eine Biegung zu bewirken. Von oben wird mittels einer Meßuhr (geneve

compact Typ 532) die Durchbiegung bestimmt. Zum genauen Versuchsaufbau siehe nachfolgende Graphik.

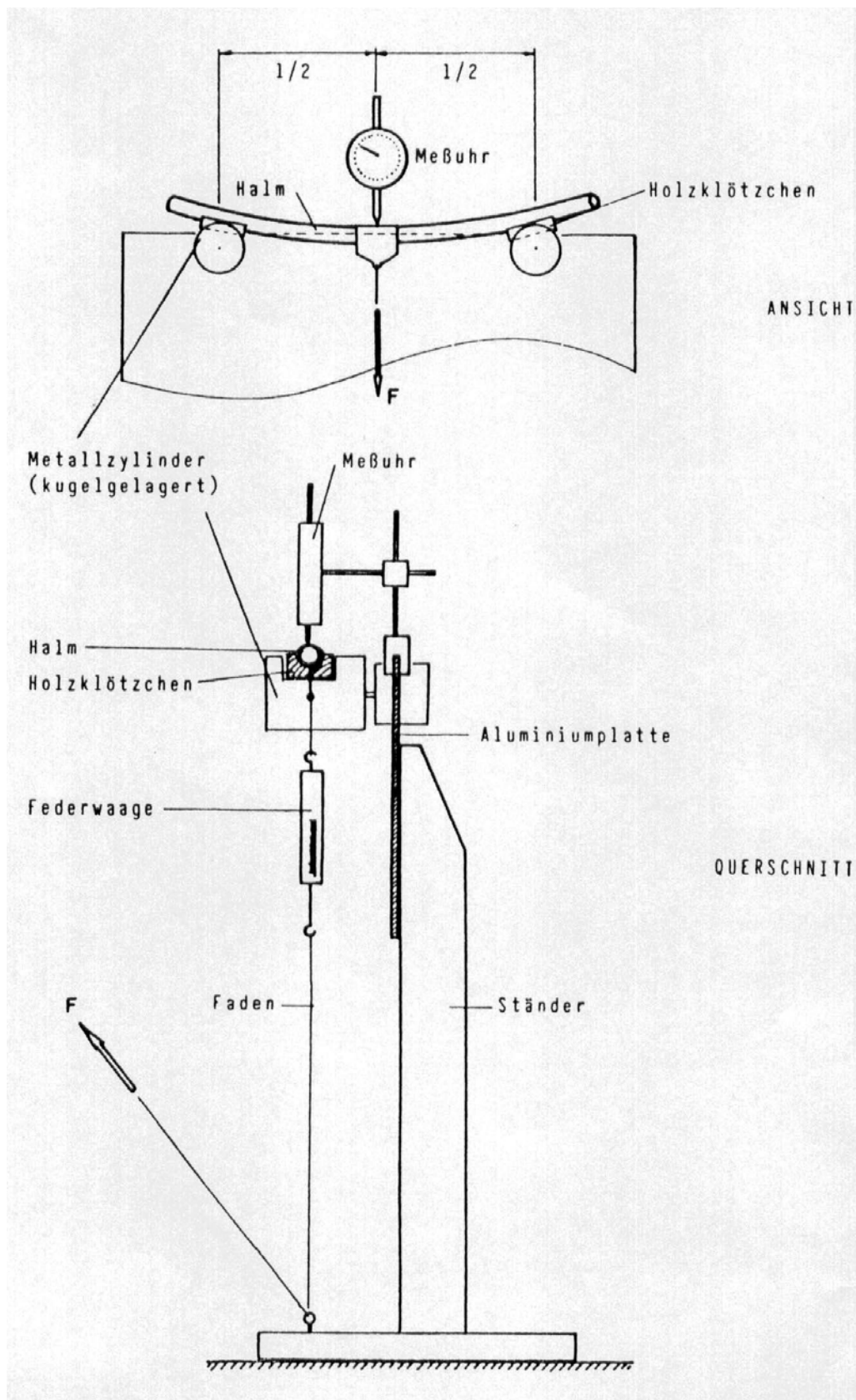


Fig. 013: Schilfbiegegerät nach Binz. Abb. aus Hosner, 1990. F bezeichnet die, auf den Halm einwirkende, Kraft.

Nach leichter händischer Halmbiegung werden die Auflagepunkte in einen Abstand zueinander gebracht bei dem die zu erwartende Biegung des Halmes bei einer maximalen Belastung von 300 – 900 p ein Ausmaß von 2,5 mm nicht überschreiten soll. Sollte das untersuchte Schilf sehr biegsam sein, muß der Abstand geringer gewählt werden. Vorbereitend muß das Halmstück zuerst einmalig auf ca. 800 p belastet werden, wobei leicht gegen die Metallplatte des Meßgerätes geklopft wird. Dadurch soll die komplette Meßeinrichtung in einen spannungsfreien Gleichgewichtszustand versetzt werden. Ist das ohne Halmbruch erfolgt, wird die, über dem Nodium befindliche, Meßuhr auf Null justiert. Nun biegt man den Halm in Schritten von 100 p langsam durch und notiert dabei die jeweils aufgetretene Biegung. Auch dabei darf das leichte Klopfen gegen die Metallplatte nicht vergessen werden. Das erfolgt so oft, bis entweder 900 p erreicht sind, die Durchbiegung mehr als 2,5 mm beträgt oder der Halm versehentlich gebrochen wurde. Nach erfolgter Messung lässt man den Halm durch Verringerung der Zugkraft langsam wieder in seine Ausgangsposition zurückgleiten und liest die zurückbleibende Biegung auf der Meßuhr ab. Diese sollte nicht mehr als 3% der Maximalbiegung betragen. Sofern der Halm nicht frühzeitig bricht oder sich zu stark biegt, beziehen sich die erhaltenen Rohdaten (Durchbiegung in mm) auf maximal neun Meßpunkte (100 – 900) in Kilopond, wozu noch das Gewicht der Waage in Gramm addiert werden muß, und unterschiedliche Abstände zwischen den Auflageklötzchen zu berücksichtigen sind.

Danach wurden diese Werte vergleichbar gemacht, bzw. auf heute übliche SI-Einheiten gebracht. Zudem ist noch zu beachten, daß die einzelnen Halme eine unterschiedliche Dicke aufwiesen, wobei der Durchmesser nicht zwingenderweise mit ihrer Steifigkeit einher ging. Um allen diesen Punkten Rechnung zu tragen, wurden die Meßwerte mit folgender Formel auf eine materialbezogene Konstante, nämlich den Elastizitätsmodul (kurz: E-Modul) umgeformt.

$$E = \frac{F * L^3}{F_{\max} * I * 48}$$

E = Elastizitätsmodul [N/m²]

F = Zugkraft [N]

L = Abstand zwischen den Auflagern [m]

F_{max} = maximale Durchbiegung [m]

I = Flächenträgheitsmoment [m⁴]

48 = eine in der Formel enthaltene Konstante

Das Flächenträgheitsmoment I wurde mit folgender Formel bestimmt:

$$I = \frac{D^4 - d^4}{64} \pi$$

D = Außendurchmesser [m]

d = Innendurchmesser [m]

Die Einheit der so erhaltenen Daten ist N/m², oder kann auch in Gigapascal angegeben werden (Roloff, 1976, Boege, 1982, Brandl, 2009).

Ein höherer E-Modul ist gleichbedeutend mit mehr Biegesteifigkeit.

Im Anschluß an die Biegesteifigkeitsmessung wurde eine Bruchfestigkeitsmessung durchgeführt. Hierzu wird das Halmstück genau wie beim vorhergehenden Versuch auf die Auflageklötzchen gelegt und eine 5 oder 10 kp Federwaage am mittleren Nodium befestigt. Die Meßuhr wird dabei nicht verwendet. Nun wird die Zuglast langsam erhöht bis der Halm bricht. Zu diesem Wert wird nun noch das Eigengewicht der Waage addiert. Auch hier wurden alle Angaben in SI- Einheiten umgerechnet und als Bruchkraft F in Newton angegeben. Um die Wandstärke zu berücksichtigen wurde die Bruchkraft F nun durch die Fläche A dividiert, wodurch man die Bruchspannung in N/mm^2 erhält. Fläche A bezeichnet dabei den Kreisring des Halmrohrs.

Weiters wurde noch ermittelt an welcher Stelle es zum Bruchereignis kam. Im wesentlichen gab es vier Stellen an denen der Bruch eintreten konnte. Stelle A lag etwa 5 mm unterhalb des Nodiums, Stelle B bezeichnete den Bruch direkt am Nodium auf Höhe der Ansatzstelle der, im Stengelinneren liegenden, Kuppel, Stelle C lag ca. 2 mm oberhalb und Stelle D rund 5 mm über dem höchsten Punkt der Kuppel.

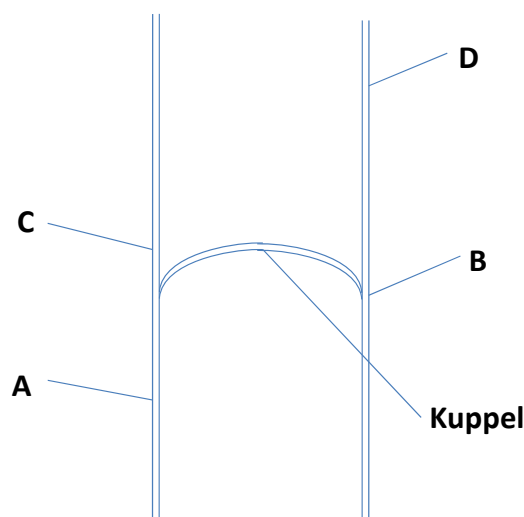


Fig. 014: Lage der vier möglichen Bruchstellen.

Als nächstes sollte eine anatomische Untersuchung der Halmstücke den inneren Aufbau im Nodal-Bereich klären, wobei sich aber bald herausstellte, daß es nahezu unmöglich war, einen mikroskopisch verwertbaren Dünnschnitt über die gesamte Querschnittsfläche eines Halmes zu bekommen. Folgende Schneidevarianten wurden unter der fachkundigen Anleitung von Hr. OR Dr. Gerhard Draxler im Hinblick auf die besten Schnittergebnisse untersucht. Zuerst wurden die Halme geviertelt in der Hoffnung, daß sich ein Viertelsektor leichter schneiden, und später auf den ganzen Querschnitt hochrechnen läßt. Die Proben wurden auf einem Schlittenmikrotom der Marke OM-E (Reichert) geschnitten. Die Schnittdicke lag bei 40 – 60 µm was klare, schöne Bilder ergab, aber eben immer nur für Bruchstücke, beziehungsweise Sektoren des Stengelquerschnitts. Ein durchgehender Querschnitt, beziehungsweise ein Viertelsektor, konnte nie erzeugt werden. Die Schnittqualität verbesserte sich, wenn die Probe so eingespannt wurde, daß das Messer zuerst auf die weichere Innenseite des Halmes auftraf. Für eine erste Beurteilung wurden die Schnitte teils mit Phloroglucin und HCl angefärbt, teils auch mit Safranin-Astrablau.

Anfangs wurde versucht die Halme in trockenem Zustand zu schneiden, was zum Splittern der Probe führte. Danach wurden die Halme für einige Tage in 45 prozentiges Ethanol eingelegt, was sie zwar weicher machte, aber das Schneide-Ergebnis nur geringfügig verbessern konnte. Auch nach Einlegen in Strasburger Gemisch (Alkohol, Wasser und Glycerin im Verhältnis 1 : 1 : 1) (Strasburger & Koernicke, 1913) wurden die Proben weicher, ließen sich aber auf Grund des hohen Sklerenchymanteils trotzdem nur bruchstückhaft schneiden. Weiters wurde versucht die Proben unter Wasserdampf zu schneiden (Kisser, 1970), was zu geringen Erleichterungen führte. Ein gesamter Querschnitt konnte leider auch so nicht erzielt werden.

Als Fazit aus den oben genannten Versuchen kann gesagt werden, daß Schilf sehr weiche und sehr harte Schichten direkt nebeneinander aufweist, was die Bearbeitung im Sinne der Herstellung von gesamten, unverletzten Querschnitten enorm erschwert.

Zu guter letzt wurde versucht, größere Halmstücke unter dem Auflichtmikroskop anatomisch zu analysieren. Dazu mußten die Schnittflächen angeschliffen werden. Auch diese Methode bewährte sich nicht, da die Schnittfläche durch die Härte des Materials, und

der dadurch beim Schneiden entstehenden Hitze, nach dem Schnitt bereits geschwärzt war, und auch nicht mehr entfernbare Staub die Schnittfläche unkenntlich machte. Dieser Zustand besserte sich auch durch anschließendes Anschleifen der Schnittfläche mit feinem Schleifpapier (Körnung 1200) nicht mehr. Als nächstes wurde versucht Halmstücke in Elektronenmikroskopie-Harze einzubetten. Eine Fixierung und Entwässerung der Probe war hierzu nicht nötig, da das Schilf bereits trocken war. Die Halme wurden daher gleich in „Agar Low Viscosity“ Harz eingelegt, bei 80 mbar acht Stunden evakuiert und sodann ausgehärtet. Anschließend wurden die Harzblöcke mit immer feinerem Schleifpapier so lange geschliffen, bis ihre Oberfläche durchsichtig wurde, und die Probe erneut unter dem Auflichtmikroskop betrachtet werden konnte. Das Ergebnis war etwas besser als ohne Einbettung, brachte aber auch nicht die benötigte anatomische Differenzierung. Ebenso wurde versucht die Oberfläche des Harzblockes mit einer Ethanol/NaOH – Mischung anzuätzen und die als Relief hochstehenden Probenanteile erneut anzufärben und zu schneiden. Leider stellte sich heraus, daß die Halme durch die Harzeinbettung noch spröder geworden waren als zuvor, was die neuerliche Bearbeitung zusätzlich erschwerte.

Da bis zu diesem Stand der Untersuchungen keine Möglichkeit einer herkömmlichen, anatomischen Methode zielführend war, wurde versucht einzelne Schilfstücke mit Hilfe eines zahnmedizinischen Röntgenapparates, der uns freundlicherweise von Frau Doz. AO Univ. Prof. Dr. Maria Teschler-Nicola vom Naturhistorischen Museum zur Verfügung gestellt wurde, abzubilden. Es handelte sich hierbei um ein 3D-Röntgengerät Marke Galileos der Firma Sirona. Die Halmstücke wurden rund um ein 40 mm durchmessendes Rohrstück im Halbkreis angeordnet und sowohl im trockenen, als auch im nassen Zustand geröntgt. Die erreichte optische Auflösung zeigte aber nicht das nötige Zellniveau.

Im Anschluß daran gab uns Hr. Univ. Prof. DDr. Gerd Müller freundlicherweise die Möglichkeit, auf einen Micro-Computertomographen (MicroXCT, Fa. Xradia Inc. Concord, California, USA) auszuweichen. Bei dem verwendeten Gerät handelte es sich um einen Röntgenapparat der Type Skyscan 1174 (RTW 50/800 Röntgenquelle, Anodenspannung 50 kV, Stromstärke 800 μ A). Die Probe wird in diesem Gerät rotierend von allen Seiten aufgenommen (Winkeländerung 0,3° pro Schritt). Die Pixelgröße beträgt dabei 15,00285 μ m, was gleichzeitig auch der Distanz von einem Querschnitt zum nächsten entspricht. Es

wurden 981 Querschnitte erfaßt, auf einen Szintillator-Kristall projiziert (fixed mount, Xradia) und von dort mittels VDS 1.3 MpFW Kamera (Pixelgröße 18,58 μm) festgehalten. Durch die große Anzahl von Querschnitten und die zahlreichen Aufnahmen pro Querschnitt, läßt sich die Röntgenstrahlabsorption an jedem Punkt in der Probe darstellen. Die Rekonstruktion der Bilder erfolgt mittels der von der Firma Xradia mitgelieferten Software (Version 1.5), die auf einem Dell Precision 490 Computer installiert wurde. Damit sind sowohl ein- als auch dreidimensionale Darstellungen, in Längs- und Querrichtung, möglich.

Zur Aufarbeitung der Daten und teils auch zur Berechnung wurde Microsoft Office Excel 2007.Ink. verwendet. Die statistischen Berechnungen wurden auf Statgraphics Plus 5.0 durchgeführt. Mit diesem Programm wurde auch ein Teil der Graphiken erstellt, der andere Teil wurde mittels SigmaPlot 11.0.Ink. erarbeitet. Der Text wurde auf Microsoft Office Word 2003.Ink., bzw. Microsoft Office Word 2007. Ink. geschrieben. Die Bilder der MicroXCT-Aufnahmen wurden mit Data Viewer Version 1.3.2.2 © Sky Scan ausgewertet.

3 Ergebnisse

3.1 Visuelle Beurteilung des Untersuchungsgebietes

Für diese Untersuchung wurden zwei in Betrieb befindliche Schilfkläranlagen, eine aufgelassene Kläranlage, sowie drei natürliche Standorte herangezogen. Bei den beiden noch funktionsfähigen Anlagen handelt es sich um den in etwa rechteckigen Krottenhofteich, und um die sehr langgezogene, schmale Laimergrube.

Der Krottenhofteich liegt etwas vertieft, aber durch seine offene, freie Fläche ist er trotzdem einem gewissen Winddruck ausgesetzt. Die Ränder sind durch Bäume beschattet, die Mittelfläche liegt jedoch über einen Großteil der Tageszeit im vollen Sonnenlicht. Der Pflanzenbestand innerhalb der Anlage ist eine reine Schilfmonokultur. Das Schilf wächst hoch und kräftig, ist aber an allen Stellen in verschiedene Richtungen niedergedrückt, sodaß es kreuz und quer zu liegen kommt. Auch ist der Untergrund des gesamten Bestandes bis auf ca. 70 cm Höhe mit abgestorbenen Pflanzenteilen bedeckt. Die Lichtverhältnisse innerhalb der Schilffläche sind für Halme, die ihre volle Höhe noch nicht erreicht haben, sehr schlecht. Der erste visuelle Eindruck suggerierte eine hohe Anzahl an Halmen pro Auszählfläche. Bei genauerem Hinsehen entpuppten sich die meisten jedoch als abgestorbenes Totmaterial der vorherigen Jahre. Die Anzahl der lebenden Halme war eher gering. Von den 2040 ausgezählten Halmen stammen 371 (18,19%) aus dem Krottenhofteich. Davon waren 115 (31%) blühende, und 256 (69%) ohne Blüte.

Die zweite Kläranlage, die Laimergrube, liegt ebenfalls unterhalb des umgebenden Bodenniveaus, im Gegensatz zum Krottenhofteich allerdings um einiges tiefer. Es handelt sich um eine lange, schmale Grube mit vergleichsweise steilen Hängen. Die Sohle der Grube ist vor Witterungseinflüssen relativ geschützt durch ihre Tiefe, sowie den Verlauf der Grube in Nord-Süd-Richtung. An den Böschungen und am oberen Rand der Laimergrube stehen beiderseits hohe Bäume, die nahezu die gesamte Fläche stark beschatten. Dennoch herrschen im Schilfbestand selbst bessere Lichtverhältnisse als im Krottenhofteich, da die einzelnen Stengel, auch die bereits abgestorbenen Vorjahreshalme, aufrecht stehen und die großen Mengen

verrottenden Materials, welche erstere Anlage prägen, hier fehlen. Ein weiterer Gegensatz zum sehr homogen bewachsenen Krottenhofteich ist, daß das Schilf der Laimergrube nicht über die gesamte Fläche verteilt ist, sondern nur stellenweise auftritt. Dazwischen wachsen an selten überfluteten Stellen auch diverse Sträucher und Gräser. Kurz nach dem Einlaufbauwerk gibt es einen größeren Bereich mit nicht blühendem ca. 50 cm hohem Schilf, das sehr gleichförmig den Boden bedeckt. Dazwischen gibt es kleinere Inseln mit höheren blühenden Halmen. In der Mitte und gegen Ende der Grube gibt es einige größere Bestände von hohem, blühendem Schilf, ein durchgehender Bewuchs von *P. australis* ist jedoch nicht gegeben. In der Laimergrube wurden 434 Halme (21,27%) ausgezählt, wovon 29 Halme Rispen trugen (6,7%), und 405 ohne Blüte waren (93,3%).

Der dritte Standort befindet sich in der Nähe des Kreuzungspunktes der Tangente (A23, Praterhochstrasse) mit dem Heustadelwasser. Diese, ehemals in Betrieb befindliche, Kläranlage wurde im Zuge der Verbreiterung der Praterhochstrasse 1999 aufgelassen und das kontaminierte Sediment abgegraben. Die trockengelegte Anlage besteht aus einer flachen, nierenförmigen Mulde, die ihrerseits nicht weiter eingetieft ist, sondern in einer Ebene liegt. Von Süden, Westen und Norden ist sie allerdings von Wald umrundet, sodaß ein Wind- und Wetterschutz vermutlich gegeben ist. Auch hier ist das Schilf stark durchsetzt von anderen Pflanzen, vor allem auch mit größeren Sträuchern. Ein Großteil des *P. australis*-Bestandes besteht aus niedrigem Schilf ohne Rispen. Hohe Halme traten eher vereinzelt auf und nur wenige blühten. Das Schilf war nicht so stark niedergedrückt wie im Krottenhofteich aber doch schief stehend und keineswegs mit den aufrechten Beständen der Laimergrube zu vergleichen. Da der Bestand von Osten her freiliegt, dürfte er trotz des umliegenden Waldes ausreichend Licht erhalten, doch wohl nur wenig direkte Sonneneinstrahlung. Es wurden 307 Halme (15,05%) ausgezählt, davon 23 blühende (7,5%), und 284 nicht blühende (92,5%).

Des weiteren wurden drei natürliche Standorte untersucht. Der Auszählbereich am Hohen Spitz in der Lobau liegt im Nationalpark und dürfte der einzige mit relativ geringem anthropogenem Einfluß sein. Es handelt sich hierbei um eine sehr weitläufige Senke, die sich zu Hochwasserzeiten vermutlich ganz oder teilweise mit Wasser füllt. Einige sumpfige Stellen waren sogar im eher trockenen Jahr 2006 noch vorhanden. Die Vertiefung ist von Auwald umgeben, der aber aufgrund ihrer Weitläufigkeit nur bedingt Wind und Sonneneinstrahlung

abhält. Der Schilfbestand war auch sonst so locker, daß er wohl ausreichend Licht bis in tiefere Stockwerke des Bestandes erhielt, obwohl die Halme teils recht hoch wurden. Das Schilf trat inselartig auf, die weiten Bereiche dazwischen waren nicht bewachsen. Auch dieser Bestand stand kaum aufrecht und zeigte viele mehr oder minder liegende Stengel. Rispenbildung trat nur vereinzelt auf. Es wurden 299 Halme (14,66%) erfaßt. Davon trugen 27 Blüten (9%), 272 waren nicht blühend (91%).

Der Bereich Mannersdorf Graben liegt zwischen landwirtschaftlich genutzten Flächen auf der einen Seite des Gerinnes, sowie einer neu entstandene Einfamilienhaus-Siedlung auf der anderen Seite. Es ist nicht auszuschließen, daß er dadurch einiges an Belastung erfährt. Das Schilf steht rund um einen kleinen Bachlauf, der nur wenig eingetieft ist. Voller Sonnenschein und Wind haben ungehindert Zugang. Die Halme wuchsen dicht und aufrecht, wenn auch die erreichte Höhe unterschiedlich war. Der Bestand war flächendeckend, lediglich die Blütenbildung trat inselartig auf. An einigen Stellen blühten fast alle Halme, auch kürzere, an anderen so gut wie keine. Es wurden 192 Halme gezählt (9,41%), davon 101 blühende (52,6%), und 91 nicht blühende (47,4%).

Ebenso wie Mannersdorf ist auch der natürliche Standort Trautmannsdorf Wolfsgaben von landwirtschaftlicher Tätigkeit betroffen. Auch hier handelt es sich um einen schmalen Bachlauf, der in Ost-West-Richtung zwischen zwei Hügeln mit bewirtschafteten Feldern verläuft. Wind und Sonneneinstrahlung sind in vollem Umfang gegeben. Nichts desto trotz zeigt sich auch hier ein aufrecht stehender, äußerst homogener Bestand. Die einzelnen Halme waren zwischen 1,50 – 2 m hoch, mit relativ geringem Durchmesser und fast lückenloser Blütenbildung. Pro Auszählfläche wurden im Durchschnitt 20 – 25 Halme erfaßt, was einer ungewöhnlichen Dichte entspricht. Es wurden insgesamt 437 Halme gezählt (21,42%). 415 trugen Rispen (94,97%), lediglich 22 waren ohne Blüte (5,03%).

Im Nachfolgenden wurden diese Daten nochmals zur besseren Übersicht in einer Tabelle zusammengefaßt. Als ausgezählte Halme wurden jene bezeichnet, die im Zuge der Halmzählung pro Flächeneinheit ($1/4\text{m}^2$) erfaßt wurden, vermessene Halme sind die, die zur Ermittlung der Halmparameter wie etwa Länge, Durchmesser etc. herangezogen wurden.

Tab. 002: Aufstellung der Anzahl von ausgezählten und untersuchten Halmen pro Standort. Die Anzahl der Halme mit (HmB) und ohne Blüten (HoB) wurde zusätzlich noch in Prozent angegeben. Insgesamt: 2040 Halme.

Krottenhofteich (KH)	ausgezählt	371	HmB	115	31,0%
			HoB	256	69,0%
	vermessen	67	HmB	66	
			HoB	1	
Laimergrube (LG)	ausgezählt	434	HmB	29	6,7%
			HoB	405	93,3%
	vermessen	60	HmB	21	
			HoB	39	
Kläranlage/Tangente (TG)	ausgezählt	307	HmB	23	7,5%
			HoB	284	92,5%
	vermessen	53	HmB	16	
			HoB	37	
Mannersdorf Graben (MD)	ausgezählt	192	HmB	101	52,6%
			HoB	91	47,4%
	vermessen	15	HmB	15	
			HoB	0	
Lobau Hoher Spitz (LB)	ausgezählt	299	HmB	27	9,0%
			HoB	272	91,0%
	vermessen	17	HmB	17	
			HoB	0	
Trautmannsd. Wolfsgaben (WG)	ausgezählt	437	HmB	415	95,0%
			HoB	22	5,0%
	vermessen	19	HmB	19	
			HoB	0	

3.2 Halmzählung

An jeder Position wurden an mindestens 15, teilweise auch an mehr Flächen die Halmanzahl ermittelt. Hierzu wurde mit einem Rahmen eine Fläche von 50 x 50 cm (0,25m²) abgesteckt und die lebenden Halme ausgezählt. Dabei wurden folgende Halmdichten eruiert:

Tab. 003: Halmdichten der einzelnen Standorte. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Standorte	Halmdichte	SD (95%)
Krottenhofteich	4,2	1,4
Laimergrube	5,8	2,2
Kläranlage/Tangente	4,1	1,6
Mannersdorf Graben	6,9	6,4
Lobau	10,0	2,2
Wolfsgaben	23,1	2,4

Nachfolgend diese Daten nochmals als Graphik:

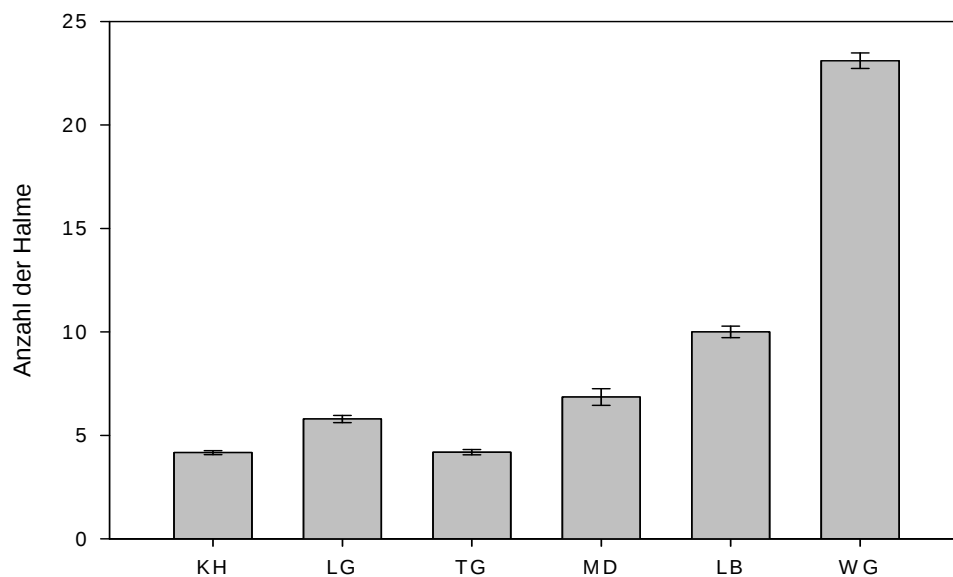


Fig. 015: Die ersten drei Säulen zeigen die Halmdichten der Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage an der Tangente), die nachfolgenden drei die Halmdichten der natürlichen Standorte (Mannersdorf, Lobau, Wolfsgaben). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Von den jeweils pro Anlage ausgezählten Halmen waren, wie bereits in der vorhergehenden Tabelle gezeigt, folgende blühend:

Tab. 004: Anzahl blühender und nicht blühender Halme an den Standorten. Werte in Prozentangaben.

Krottenhofteich	mit Blüte	31,0%
	ohne Blüte	69,0%
Laimergrube	mit Blüte	6,7%
	ohne Blüte	93,3%
Kläranlage/Tangente	mit Blüte	7,5%
	ohne Blüte	92,5%
Mannersdorf Graben	mit Blüte	52,6%
	ohne Blüte	47,4%
Lobau	mit Blüte	9,0%
	ohne Blüte	91,0%
Wolfsgaben	mit Blüte	95,0%
	ohne Blüte	5,0%

Im Anschluß zwei Graphiken zur besseren Veranschaulichung.

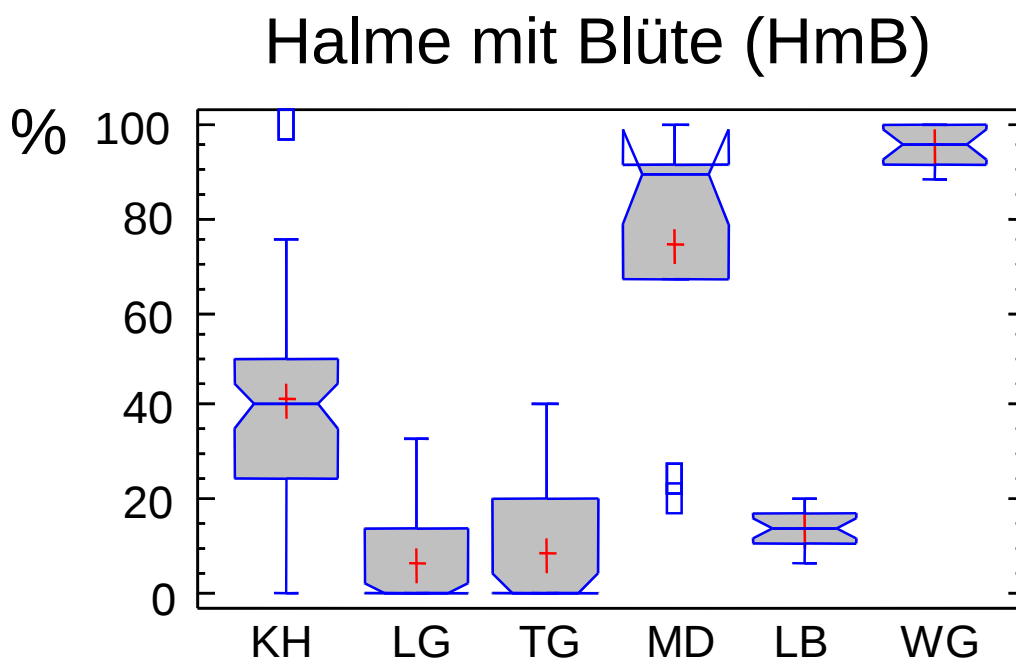


Fig. 016: Anzahl der blühenden Halme pro Standort in Prozent der Gesamtsumme dieser Fläche.

Halme ohne Blüte (HoB)

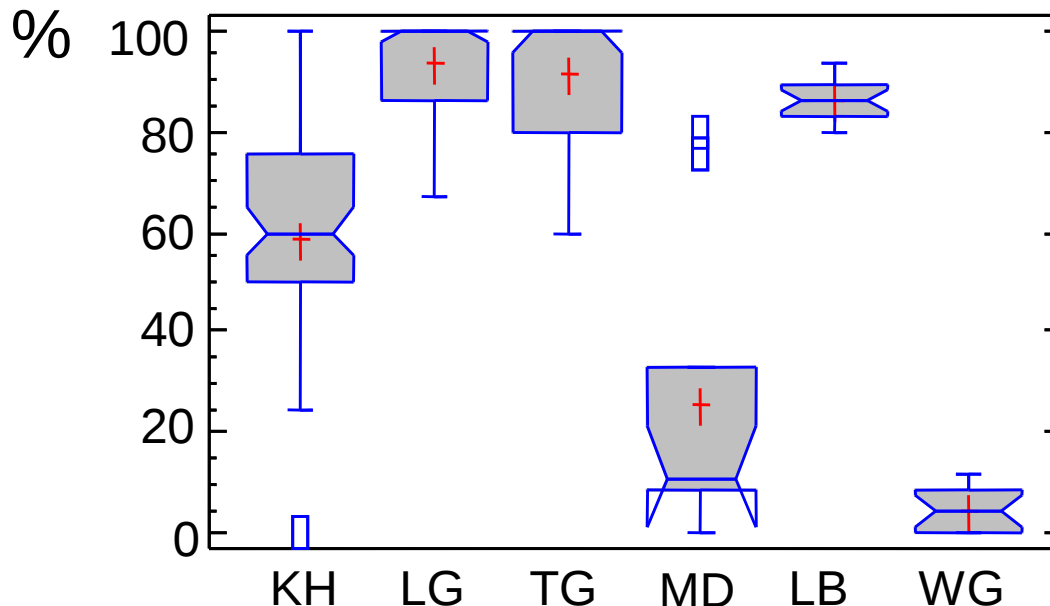


Fig. 017: Anzahl nichtblühender Halme pro Standort in Prozent der Gesamtsumme dieser Fläche

Betrachtet man nun jede Anlage für sich allein, so gab es im Krottenhofteich vier Meßpositionen (Einlauf, Mauer West, Mauer Ost, Auslauf), in der Laimergrube drei (Einlauf, Mitte, Auslauf) und in der Kläranlage bei der Tangente ebenfalls drei (Einlauf Süd, Auslauf Mitte, Einlauf Nord). An den drei natürlichen Standorten wurde einfach über eine größere Distanz verteilt stichprobenartig die Halme gezählt, da es hier ohnehin keine Zu- und Abläufe mit dazwischenliegender Reinigungsstrecke gibt.

Im Krottenhofteich wurden die meisten blühenden Halme beim Auslauf gefunden, die geringste Anzahl westlich der quer durch den Mittelteil verlaufenden Mauer. Bei der Laimergrube traten die rispenbildenden Halme vor allem im Mittelteil auf. Am seltensten blühten die beim Einlauf wachsenden Pflanzen, was sicherlich auch durch die großen Mengen von noch nicht voll ausgewachsenen Stengeln erklärbar ist. In der ehemaligen Kläranlage bei der Tangente zeigte sich die Rispenbildung vor allem bei den gut entwickelten Halmen im

Mittelteil. Am geringsten blühten die Pflanzen im nördlichen Einlaufbereich. Die Halmdichten für die Positionen innerhalb der einzelnen Anlagen sieht folgendermaßen aus:

Tab. 005: Halmdichten an den einzelnen Positionen (Mittelwerte) der Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage an der Tangente), und Prozentangabe über die Anzahl der blühenden Halme. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Krottenhofteich:

Position	Halmdichte	SD (95%)	Blühend (%)
Einlauf	4,7	1,1	30,9
Mauer West	3,8	0,9	28,4
Mauer Ost	4,0	2,1	29,6
Auslauf	4,2	0,8	33,6

Laimergrube:

Position	Halmdichte	SD (95%)	Blühend (%)
Einlauf	5,45	2,7	0,9
Mitte	5,80	2,1	9,8
Auslauf	6,04	1,5	7,3

Kläranlage bei der Tangente:

Position	Halmdichte	SD (95%)	Blühend (%)
Einl. Süd	3,4	1,6	3,3
Ausl. Mitte	5,0	1,5	12,7
Einl. Nord	3,9	1,1	2,0

Nachfolgend werden diese Daten nochmals graphisch dargestellt als Säulendiagramme, die an den entsprechenden Positionen in den Anlagen eingefügt wurden.

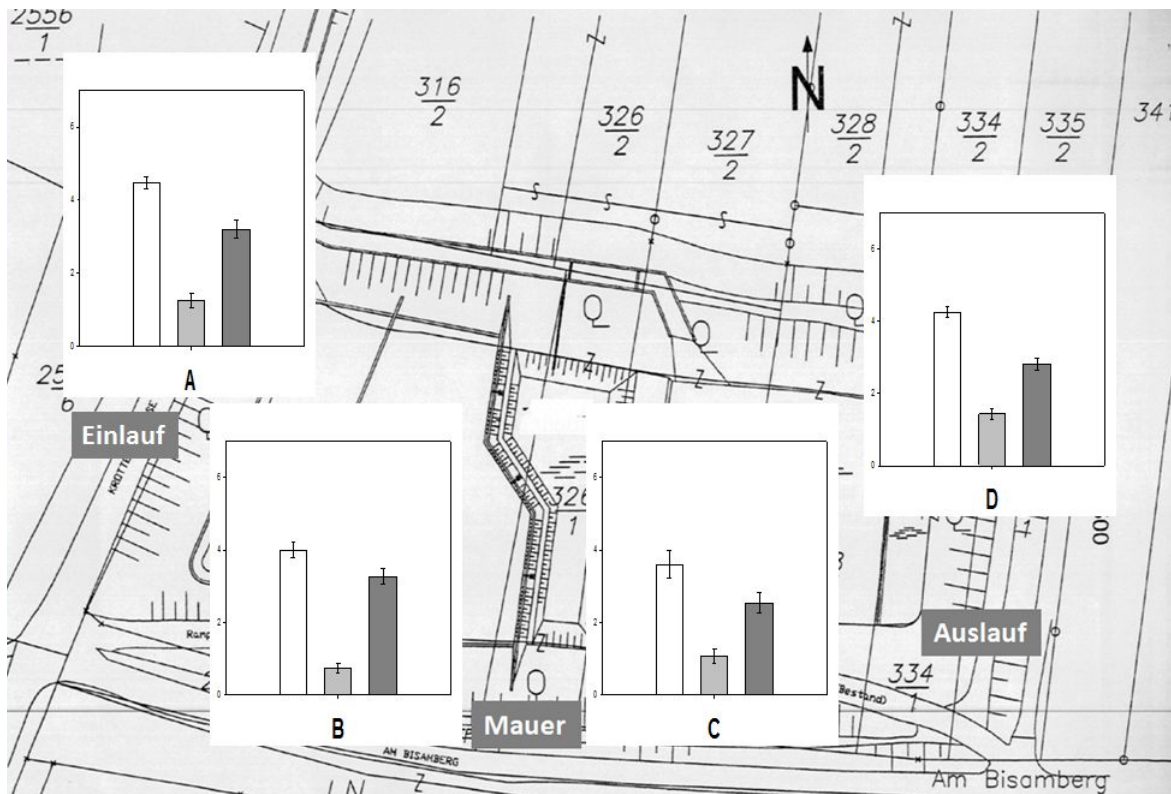


Fig.:018: Darstellung des Krottenhofteichs. An den entsprechenden Positionen wurden Säulendiagramme eingefügt, aus denen ersichtlich ist, in welcher Weise sich blühende und nicht blühende Halme an den einzelnen Positionen verteilen. Alle Säulen stellen Mittelwerte dar. Die erste Säule (weiß) zeigt die Menge aller gezählten Halme, die zweite Säule (hellgrau) zeigt die Menge der blühenden Halme und die dritte (dunkelgrau) die Menge der nicht blühenden. A bezeichnet die Position Einlauf, B die Position Mauer West, C die Position Mauer Ost und D die Position Auslauf. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

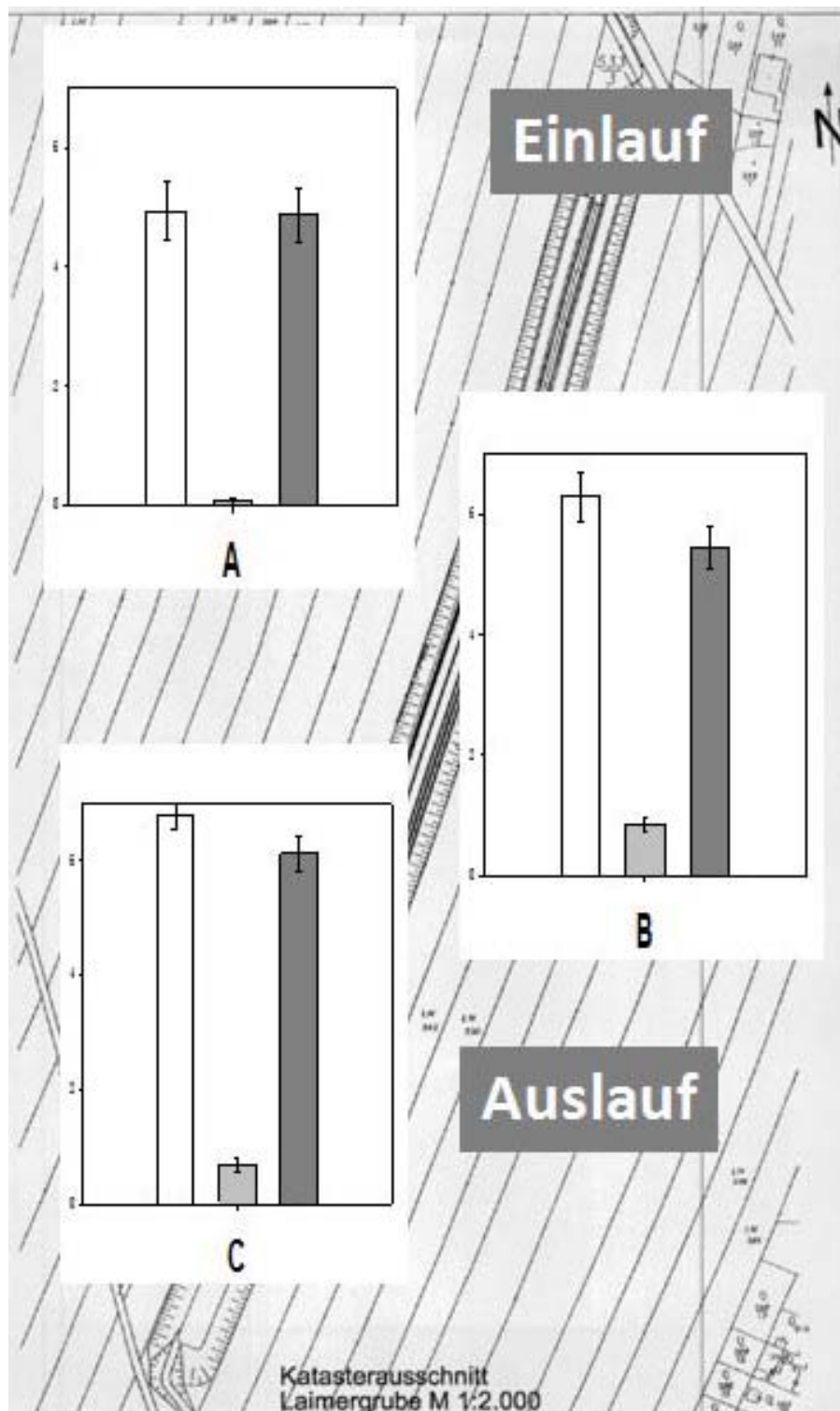


Fig.:019: Darstellung der Laimergrube. An den entsprechenden Positionen wurden Säulendiagramme eingefügt, aus denen ersichtlich ist, in welcher Weise sich blühende und nicht blühende Halme an den einzelnen Positionen verteilen. Alle Säulen stellen Mittelwerte dar. Die erste Säule (weiß) zeigt die Menge aller gezählten Halme, die zweite Säule (hellgrau) zeigt die Menge der blühenden Halme und die dritte (dunkelgrau) die Menge der nicht blühenden. A bezeichnet die Position Einlauf, B die Position Mitte und C die Position Auslauf. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

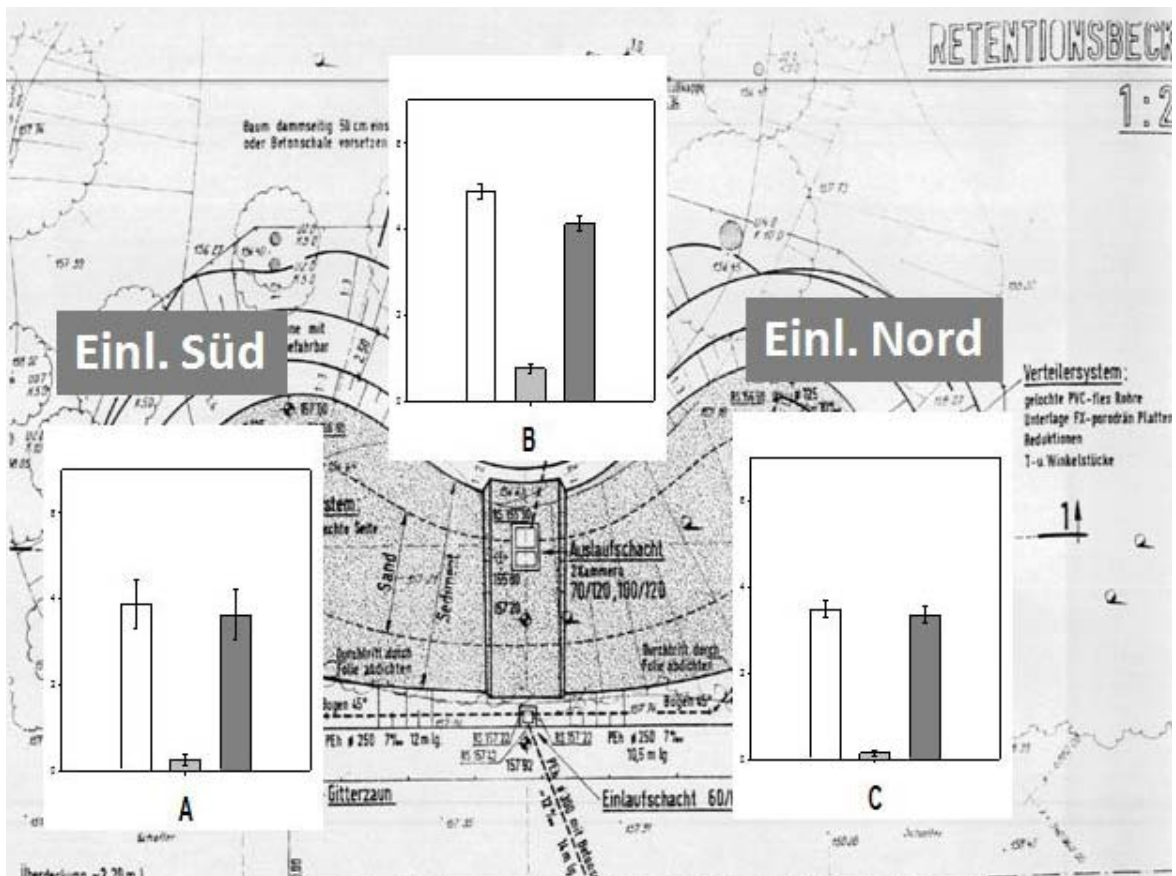


Fig.:020: Darstellung der Kläranlage bei der Tangente. An den entsprechenden Positionen wurden Säulendiagramme eingefügt, aus denen ersichtlich ist, in welcher Weise sich blühende und nicht blühende Halme an den einzelnen Positionen verteilen. Alle Säulen stellen Mittelwerte dar. Die erste Säule (weiß) zeigt die Menge aller gezählten Halme, die zweite Säule (hellgrau) zeigt die Menge der blühenden Halme und die dritte (dunkelgrau) die Menge der nicht blühenden. A bezeichnet die Position Einlauf Süd, B die Position Auslauf Mitte und C die Position Einlauf Nord. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

3.3 Halmbiometrie:

Bezüglich der anatomischen Merkmale der einzelnen Halme wurden folgende Parameter erfaßt:

- Länge des Halmes
- Durchmesser 10 cm über dem Boden
- Durchmesser in der Mitte des Halmes
- Wandstärke in der Mitte des Halmes
- Trockengewicht des mittleren und des darunterliegenden Internodiums
- Internodienanzahl
- Internodienlänge

3.3.1 Halmbiometrie: Länge und Durchmesser der Halme

Betrachten wir zunächst nur Länge und Durchmesser der Halme so ergibt sich folgendes Bild:

Tab. 006: Länge und Durchmesser der Halme, sowie die Differenz zwischen Basaldurchmesser und dem Durchmesser in der Mitte des Halms. Die Tabelle zeigt sowohl den Vergleich der Standorte untereinander, als auch den Vergleich der einzelnen Positionen innerhalb eines Standortes. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. KH ges, LG ges und TG ges bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme aus der jeweiligen Anlage.

Krottenhofteich:

	Länge (cm)	SD (95%)
KH ges	280,8	36,8
Einlauf	279,3	52,3
Mauer W.	290,2	37,4
Mauer E.	270,6	25,9
Auslauf	282,7	31,9

	Basaldurchm. (mm)	SD (95%)	Durchm. Mitte (mm)	SD (95%)	Differenz (mm)
KH ges	9,3	1,5	7,5	1,0	1,8
Einlauf	9,3	1,2	7,3	1,0	2,0
Mauer W.	9,5	2,1	7,8	1,3	1,7
Mauer E.	8,8	0,8	7,6	0,8	1,2
Auslauf	9,4	1,7	7,4	1,1	2,0

Laimergrube:

	Länge (cm)	SD (95%)
LG ges	293,6	39,9
Einlauf	261,5	32,1
Mitte	326,7	33,4
Auslauf	292,7	24,6

	Basaldurchm. (mm)	SD (95%)	Durchm. Mitte (mm)	SD (95%)	Differenz (mm)
LG ges	9,2	1,1	7,0	0,9	2,2
Einlauf	8,8	1,4	6,7	1,2	2,1
Mitte	9,5	1,0	7,3	0,9	2,2
Auslauf	9,1	0,7	6,8	0,6	2,3

Kläranlage bei der Tangente:

	Länge (cm)	SD (95%)
TG ges	199,6	54,4
Einl. Nord	139,5	37,9
Ausl. Mitte	241,7	36,8
Einl. Süd	181,5	14,7

	Basaldurchm. (mm)	SD (95%)	Durchm. Mitte (mm)	SD (95%)	Differenz (mm)
TG ges	6,6	1,5	5,2	1,1	1,4
Einl. Nord	5,0	1,0	4,0	0,8	1,0
Ausl. Mitte	7,5	1,2	5,9	1,0	1,6
Einl. Süd	6,6	0,8	5,2	0,5	1,4

Natürliche Standorte:

	Länge (cm)	SD (95%)
MD	175,0	28,5
LB	253,7	19,5
WG	181,5	18,6

	Basaldurchm. (mm)	SD (95%)	Durchm. Mitte (mm)	SD (95%)	Differenz (mm)
MD	6,6	1,1	5,4	0,8	1,2
LB	7,8	1,2	6,1	0,7	1,7
WG	5,6	1,1	4,0	0,7	1,6

Die größte Länge erreichte das Schilf mit 293,61 cm ($\pm 39,9$) in der Laimergrube, gefolgt vom Standort Krottenhofteich mit 280,77 cm ($\pm 36,8$) und der Lobau (253,67 cm $\pm 19,5$). Weit geringere Halmhöhen wurden bei der Anlage Tangente (199,62 cm $\pm 54,4$), dem Wolfsgraben (181,45 cm $\pm 18,7$), sowie in Mannersdorf (174,97 cm $\pm 28,5$) gemessen.

Halmlänge

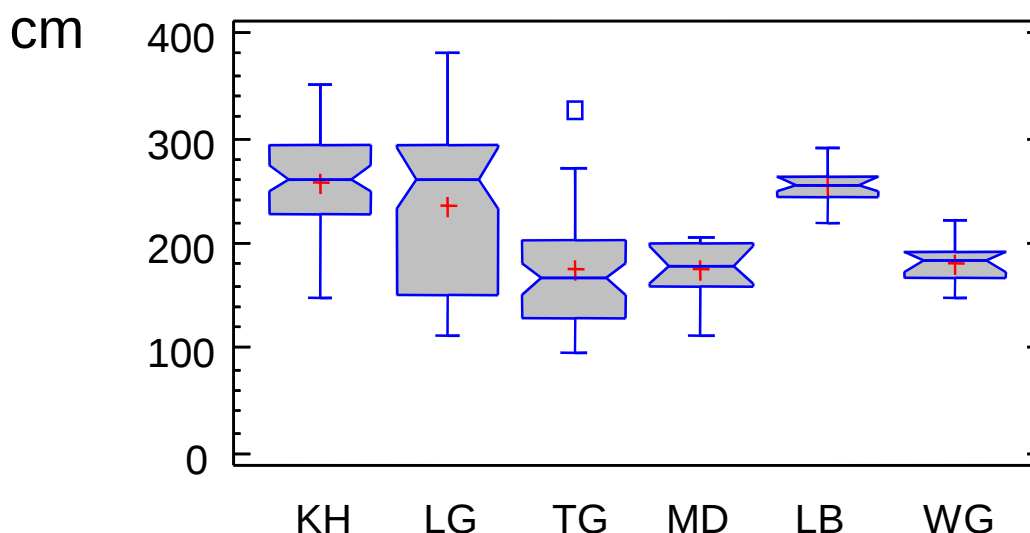


Fig. 021: Halmlänge in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage an der Tangente) und der Gruppe der natürlichen Standorte (Mannersdorf, Lobau, Wolfsgraben). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Bei der Messung des Basaldurchmessers und des Durchmessers in der Halmmitte lag der Krottenhofteich höher (Basal: $9,28 \pm 1,5$ bzw. Mitte: $7,49 \pm 1,0$ mm), dicht gefolgt von der Laimergrube mit $9,14 \pm 1,1$ bzw. $6,96 \pm 0,9$ mm. Deutlich abgeschlagen folgten die Standorte der Lobau (Basal: $7,76 \pm 1,2$ bzw. Mitte: $6,06 \pm 0,7$ mm), der Anlage Tangente (Basal: $6,63 \pm 1,5$ bzw. Mitte: $5,23 \pm 1,1$ mm) und der Graben in Mannersdorf mit $6,57$ mm $\pm 1,1$ (Basaldurchmesser) und $5,37$ mm $\pm 0,8$ (Durchmesser Mitte). Die Stengel aus Mannersdorf lagen hier mit dem Basaldurchmesser zwar einen Platz hinter denen aus der Kläranlage bei der Tangente, jedoch war der Durchmesser in der Mitte des Halmes höher als bei der Anlage Tangente. Der Stengel bleibt zur Mitte hin also stärker: Die dünnsten Halme wuchsen im Wolfsgraben mit $5,57 \pm 1,1$ (Basaldurchmesser) bzw. $3,99$ mm $\pm 0,7$ (Durchmesser Mitte).

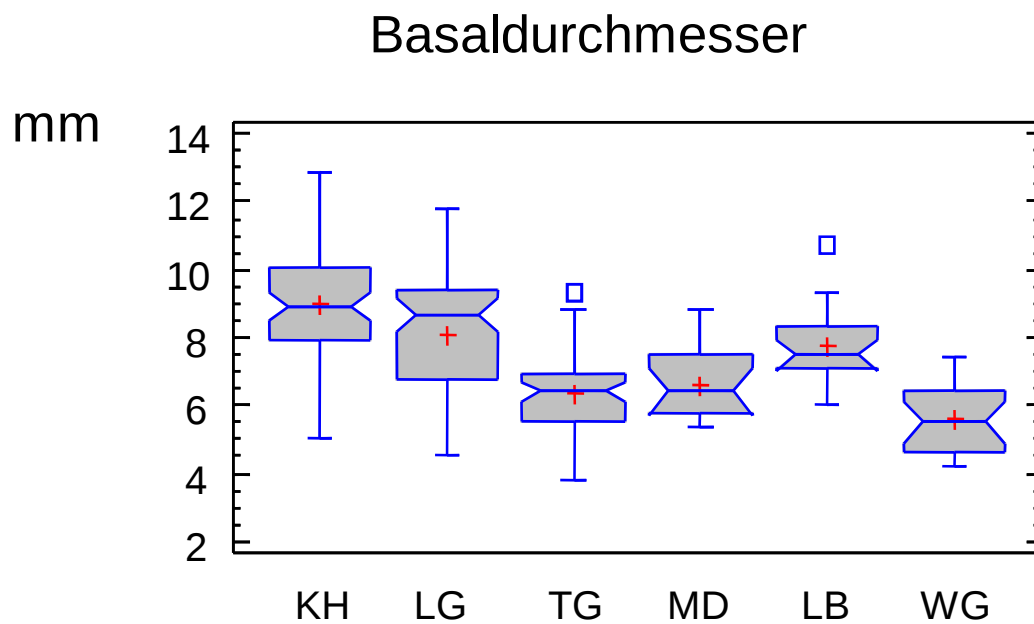


Fig. 022: Basaldurchmesser der Halme in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage an der Tangente) und der Gruppe der natürlichen Standorte (Mannersdorf, Lobau, Wolfsgaben). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Durchmesser Mitte

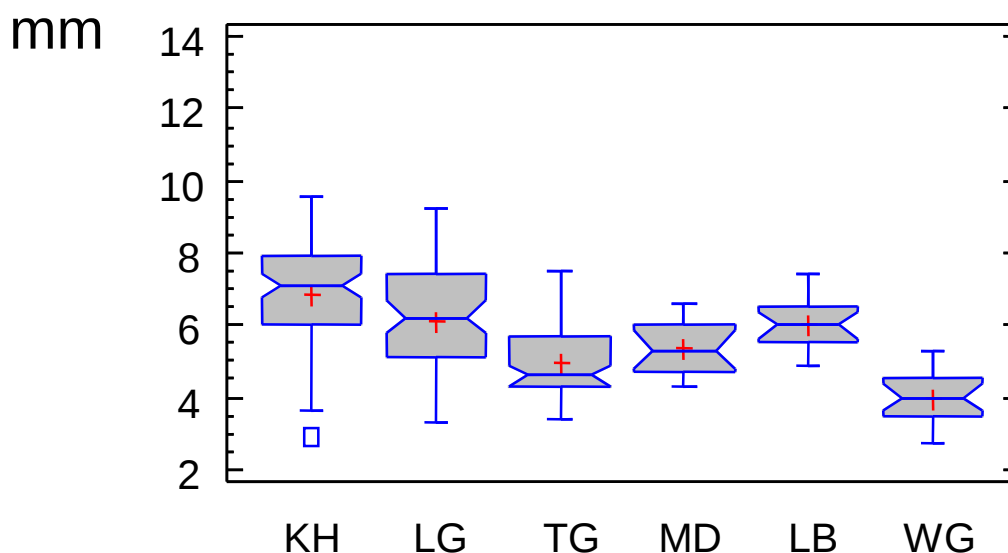


Fig. 023: Durchmesser in der Mitte des Halmes in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage an der Tangente) und der Gruppe der natürlichen Standorte (Mannersdorf, Lobau, Wolfgraben). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Betrachtet man nun die einzelnen Positionen des Krottenhofteiches, so war das Schilf westlich der quer durch die Anlage verlaufenden Mauer am längsten ($290,23 \text{ cm} \pm 37,4$), östlich dieser Mauer jedoch am kürzesten ($270,56 \text{ cm} \pm 25,9$). Beim Einlauf betrug die durchschnittliche Schilflänge $279,32 \text{ cm} \pm 52,3$, beim Auslauf $282,68 \text{ cm} \pm 31,9$. Auch der Durchmesser war westlich der Mauer am größten (Basal: $9,54 \pm 2,1$ bzw. Mitte: $7,74 \text{ mm} \pm 1,3$). Der geringste Basaldurchmesser lag östlich der Mauer mit $8,84 \text{ mm} \pm 0,8$, der geringste Durchmesser an der Mitte aber beim Einlauf ($7,29 \text{ mm} \pm 1,0$). Die übrigen Basaldurchmesser betrugen $9,28 \text{ mm} \pm 1,2$ (Einlauf) und $9,40 \text{ mm} \pm 1,7$ (Auslauf), bei den Durchmessern in der Stengelmittle waren es $7,62 \text{ mm} \pm 0,8$ (Mauer Ost) und $7,43 \text{ mm} \pm 1,1$ (Auslauf). Ein, in welcher Art auch immer, auftretender Gradient vom Einlauf zum Auslauf war nicht erkennbar.

Zur besseren Übersicht nochmals die Ergebnisse vom Krottenhofteich:

Tab. 007: Krottenhofteich: Gesamtlänge, Basaldurchmesser, Durchmesser an der Halmmitte und die Differenz der beiden Durchmesser. Diese Zusammenfassung stellt lediglich einen Ausschnitt aus Tab. 005 nochmals komprimiert dar. Die Konfidenzintervalle wurden hier aufgrund der besseren Übersichtlichkeit weggelassen. Alle Angaben sind Mittelwerte.

	Länge (cm)	Basaldurchm. (mm)	Durchm. Mitte (mm)	Differenz (mm)
Einlauf	279,3	9,3	7,3	2,0
Mauer W.	290,2	9,5	7,7	1,8
Mauer E.	270,6	8,8	7,6	1,2
Auslauf	282,7	9,4	7,4	2,0

Bei der Laimergrube hingegen trat das am schwächsten entwickelte Schilf beim Einlauf auf. Die durchschnittliche Länge betrug dort 261,47 cm $\pm$ 32,1, der Basaldurchmesser war 8,82 mm $\pm$ 1,4 und der Durchmesser in der Mitte 6,73 mm $\pm$ 1,2. Die längsten und auch stärksten Halme wuchsen im Mittelteil mit 326,70 cm $\pm$ 33,4 Länge und Durchmessern von Basal: 9,54 $\pm$ 1,0 bzw. Mitte: 7,30 mm $\pm$ 0,9. Das Schilf am Ende der Grube war im Mittel 292,67 cm $\pm$ 24,6 hoch und Basal: 9,06 $\pm$ 0,7 bzw. Mitte: 6,83 $\pm$ 0,6 mm dick. Eine eindeutige Beziehung zwischen der Halmhöhe und -stärke mit dem Wasserverlauf innerhalb der Anlage war auch hier nicht gegeben.

Auch diese Ergebnisse nochmals dargestellt nur für die Laimergrube:

Tab. 008: Laimergrube: Gesamtlänge, Basaldurchmesser, Durchmesser an der Halmmitte und die Differenz der beiden Durchmesser. Diese Zusammenfassung stellt lediglich einen Ausschnitt aus Tab. 005 nochmals komprimiert dar. Die Konfidenzintervalle wurden hier aufgrund der besseren Übersichtlichkeit weggelassen. Alle Angaben sind Mittelwerte.

	Länge (cm)	Basaldurchm. (mm)	Durchm. Mitte (mm)	Differenz (mm)
Einlauf	261,5	8,8	6,7	2,1
Mitte	326,7	9,5	7,3	2,2
Auslauf	292,7	9,1	6,8	2,3

Am Standort der aufgelassenen Kläranlage bei der Tangente traten die längsten Halme im Bereich „Auslauf Mitte“ auf (241,73 cm $\pm$ 36,8), dem folgten mit 181,53 cm $\pm$ 14,7 der südliche

Einlaufbereich und mit 139,50 cm $\pm$ 37,9 der nördliche Einlaufbereich. Die Durchmesser zeigten mit Basal: 7,54 mm $\pm$ 1,2 bzw. Mitte: 5,92 mm $\pm$ 1,0 (Auslauf Mitte), Basal: 6,56 $\pm$ 0,8 bzw. Mitte: 5,17 $\pm$ 0,5 (Einlauf Süd) und Basal: 5,03 $\pm$ 1,0 bzw. Mitte: 4,01 mm $\pm$ 0,8 (Einlauf Nord) einen Zusammenhang mit der Länge. Hier zeigte sich ein Verlauf von schwächer entwickeltem Schilf beim Einlauf zu stärker entwickeltem beim Auslauf. Da diese Anlage bereits aufgelassen wurde, läßt sich leider nicht mit Sicherheit sagen, ob diese Entwicklung auf Grund einer Bodenbelastung zustande kommt, oder durch andere Faktoren.

Nochmals hervorgehoben die Ergebnisse für die Kläranlage bei der Tangente:

Tab. 009: Kläranlage an der Tangente: Gesamtlänge, Basaldurchmesser, Durchmesser an der Halmmitte und die Differenz der beiden Durchmesser. Diese Zusammenfassung stellt lediglich einen Ausschnitt aus Tab. 005 nochmals komprimiert dar. Die Konfidenzintervalle wurden hier aufgrund der besseren Übersichtlichkeit weggelassen. Alle Angaben sind Mittelwerte.

	Länge (cm)	Basaldurchm. (mm)	Durchm. Mitte (mm)	Differenz (mm)
Einl. Nord	139,5	5,0	4,0	1,0
Ausl. Mitte	241,7	7,5	5,9	1,6
Einl. Süd	181,5	6,6	5,2	1,4

Wie bereits erwähnt, wurde der größte Teil der Halme 2006 (Block 1) aufgesammelt. 2007 (Block 2) wurden weitere Halme aus den drei Kläranlagen entnommen, jedoch nichts mehr aus den natürlichen Standorten. Im Durchschnitt war das Schilf in Block 1 wesentlich besser entwickelt als im darauf folgenden Jahr. Mit Ausnahme von vier Positionen, eine im Krottenhofteich (Mauer West) und drei bei der Kläranlage bei der Tangente (zwei Nord, eine Mitte), blieben die Halme überall in ihrem Wachstum gegenüber dem Vorjahr zurück. Des weiteren beziehen sich diese vier Ausreißer nur auf den Durchmesser der Stengel, nicht aber auf ihre Höhe. Im Hinblick auf ihr Längenwachstum erlitten die Pflanzen teils erhebliche Einbußen. Im Krottenhofteich betrug die Höhe der Halme nur zwischen 73,37% und 83,33% des Vorjahres. Der Basaldurchmesser schwankte zwischen 74,1% und 103,56% von den in Block 1 erreichten Werten, und der Durchmesser variierte in der Mitte zwischen 54,59% und 94,7%. Am stärksten von diesen Einbußen betroffen war der Bereich um den Auslaufteil, welcher weniger in der

Länge als vor allem beim Durchmesser stark sank. Am wenigsten beeinflusst zeigte sich der, ohnehin schon sehr starke, Bereich westlich der Mauer. Nicht nur, daß das dort wachsende Schilf schon bei der ersten Untersuchung Höchstwerte lieferte, waren auch die Einbußen prozentuell in Bezug auf die Vorjahreswerte geringer. Am stärksten von dieser Entwicklung betroffen war wohl die Laimergrube. Hier wurde das Schilf in Block 2 nur etwa halb so hoch wie im Jahr davor. Die Länge schwankte zwischen 47,09% und 53,10%, die Durchmesser zwischen 63,63% und 77,93% für den Basaldurchmesser und zwischen 58,22% und 84,48% für den Durchmesser in der Mitte. Bei der Kläranlage an der Tangente lagen die Einschränkungen im Längenwachstum zwischen 73,9% für den Gesamtbereich und 91,07% für den nördlichen Einlaufbereich. Beim Basaldurchmesser waren es 91,77% im südlichen Einlaufbereich und 111,39% im nördlichen, beim Durchmesser in der Mitte lagen die Werte zwischen 84,33% (Süd) und 110,22% (Nord).

Tab. 010: Kläranlagen: Gesamtlänge, Basaldurchmesser und der Durchmesser an der Halmmitte in den Blöcken 1 und 2. Weiters die Angabe der Werte aus dem Block 2 in Prozent bezogen auf Block 1. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. KH ges, LG ges und TG ges bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme aus der jeweiligen Anlage.

Krottenhofteich:

Block 1:

	Länge (cm)	SD (95%)
KH ges	280,8	36,8
Einlauf	279,3	52,3
Mauer W.	290,2	37,4
Mauer E.	270,6	25,9
Auslauf	282,7	31,9

	Basaldurchm. (mm)	SD (95%)	Durchm. Mitte (mm)	SD (95%)
KH ges	9,3	1,5	7,5	1,0
Einlauf	9,3	1,2	7,3	1,0
Mauer W.	9,5	2,1	7,7	1,3
Mauer E.	8,8	0,8	7,6	0,8
Auslauf	9,4	1,7	7,4	1,1

Block 2:

	Länge (cm)	SD (95%)
KH ges	215,2	38,3
Einlauf	204,9	39,4
Mauer W.	241,9	27,1
Mauer E.	198,9	36,0
Auslauf		

	Basaldurchm. (mm)	SD (95%)	Durchm. Mitte (mm)	SD (95%)
KH ges	8,5	2,0	5,7	1,6
Einlauf	8,9	2,1	5,7	1,2
Mauer W.	9,9	0,6	7,3	0,7
Mauer E.	6,6	1,2	4,2	0,9
Auslauf				

Die Werte von Block 2 in % von Block 1:

	Länge %	Basaldurchm. %	Durchm. Mitte %
KH ges	76,7	91,1	76,5
Einlauf	73,4	96,2	78,3
Mauer W.	83,3	103,6	94,7
Mauer E.	73,5	74,1	54,6
Auslauf			

Laimergrube:

Block 1:

	Länge (cm)	SD (95%)
LG ges	293,6	39,9
Einlauf	261,5	32,1
Mitte	326,7	33,4
Auslauf	292,7	24,6

	Basaldurchm. (mm)	SD (95%)	Durchm. Mitte (mm)	SD (95%)
LG ges	9,1	1,1	7,0	0,9
Einlauf	8,8	1,4	6,7	1,2
Mitte	9,5	1,0	7,3	0,9
Auslauf	9,1	0,7	6,8	0,6

Block 2:

	Länge (cm)	SD (95%)
LG ges	150,1	35,2
Einlauf	133,0	34,5
Mitte	153,8	40,9
Auslauf	155,4	29,2

	Basaldurchm. (mm)	SD (95%)	Durchm. Mitte (mm)	SD (95%)
LG ges	6,5	1,4	4,9	1,2
Einlauf	6,3	1,7	4,5	0,9
Mitte	6,1	1,4	4,3	1,0
Auslauf	7,1	1,2	5,8	1,0

Die Werte von Block 2 in % von Block 1:

	Länge %	Basaldurchm. %	Durchm. Mitte%
LG ges	51,1	70,9	69,8
Einlauf	50,9	71,2	66,3
Mitte	47,1	63,6	58,2
Auslauf	53,1	77,9	84,5

Anlage Tangente:

Block 1:

	Länge (cm)	SD (95%)
TG ges	199,6	54,4
Einl. Nord	139,5	37,9
Ausl. Mitte	241,7	36,8
Einl. Süd	181,5	14,7

	Basaldurchm. (mm)	SD (95%)	Durchm. Mitte (mm)	SD (95%)
TG ges	6,6	1,5	5,2	1,1
Einl. Nord	5,0	1,0	4,0	0,8
Ausl. Mitte	7,5	1,2	5,9	1,0
Einl. Süd	6,6	0,8	5,2	0,5

Block 2:

	Länge (cm)	SD (95%)
TG ges	147,5	34,5
Einl. Nord	127,0	14,2
Ausl. Mitte	207,0	24,8
Einl. Süd	140,4	16,4

	Basaldurchm. (mm)	SD (95%)	Durchm. Mitte (mm)	SD (95%)
TG ges	6,1	0,8	4,7	0,8
Einl. Nord	5,6	0,6	4,4	0,4
Ausl. Mitte	7,3	0,7	6,1	0,5
Einl. Süd	6,0	0,5	4,4	0,5

Die Werte von Block 2 in % von Block 1:

	Länge %	Basaldurchm. %	Durchm. Mitte %
TG ges	73,9	91,9	90,1
Einl. Nord	91,1	111,4	110,2
Ausl. Mitte	85,6	96,8	102,4

Einl. Süd	77,3	91,8	84,3
-----------	------	------	------

Stellt man blühende und nicht blühende Halme einander gegenüber, so sind die blühenden länger und dicker. Betrachtet man den Mittelwert über die Gesamtanzahl der untersuchten Halme, so erreichten die blühenden eine Höhe von 244,73 cm $\pm$ 56,1, die nicht blühenden hingegen nur 173,14 cm $\pm$ 58,2, also um ca. 30% geringer. Teilt man diesen Wert auf die beiden Untersuchungsjahre, so waren Halme mit Rispe in Block 1 im Mittel 250,18 cm $\pm$ 57,3 lang und in Block 2 nur 215,21 cm $\pm$ 38,3. Halme ohne Rispe erreichten in Block 1 eine Höhe von 218,30 cm $\pm$ 66,4, im Jahr darauf 148,76 cm $\pm$ 34,5.

Tab. 011: Vergleich der Länge von Halmen mit (HmB) und ohne Blüte (HoB). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. Im Anschluß daran, wird der Mittelwert der Länge der Halme ohne Blüte in Prozent des Mittelwerts der Länge der Halme mit Blüte angegeben.

	alle Halme	SD (95%)
Länge HmB	244,7 cm	56,1
Länge HoB	173,1 cm	58,2
% HoB von HmB	70,7 %	

	Halme Block 1	SD (95%)	Halme Block 2	SD (95%)
Länge HmB	250,2 cm	57,3	215,2 cm	38,3
Länge HoB	218,3 cm	66,4	148,8 cm	34,5
% HoB von HmB	87,3 %		69,1 %	

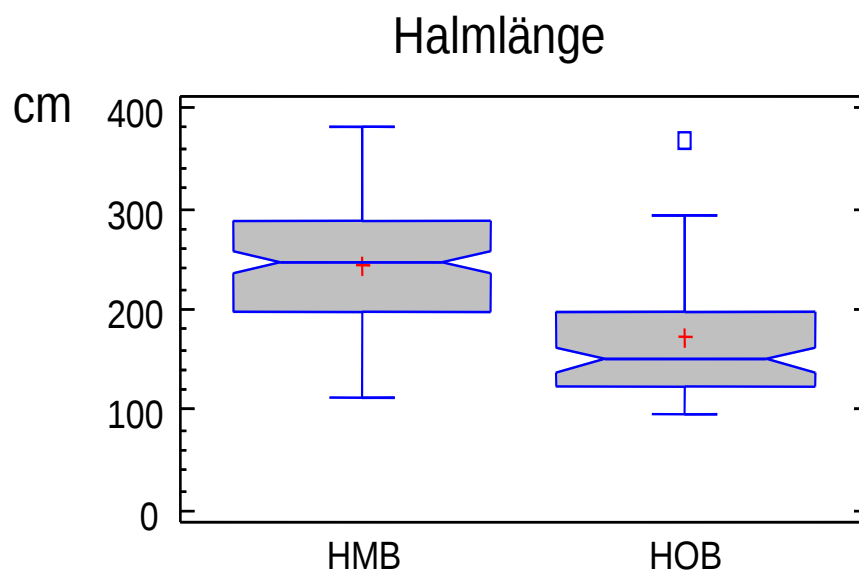


Fig. 024: Länge der blühenden (HmB) und nicht blühenden Halme (HoB) aus der Gesamtmenge von Block 1. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Bei den Durchmessern konnten die blühenden im Mittelwert 8,09 mm $\pm$ 1,9 (Basaldurchmesser) bzw. 6,20 mm $\pm$ 1,5 (Durchmesser Mitte) erreichen. Das entspricht nach Jahren getrennt 8,02 mm $\pm$ 1,9 (Basaldurchmesser) bzw. 6,28 mm $\pm$ 1,5 (Durchmesser Mitte) für Block 1 und 8,45 mm $\pm$ 2,0 (Basaldurchmesser) bzw. 5,73 mm $\pm$ 1,6 (Durchmesser Mitte) für Block 2. Demgegenüber wurden Halme ohne Blüte nur 6,68 mm $\pm$ 1,6 (Basaldurchmesser) bzw. 5,14 mm $\pm$ 1,3 (Durchmesser Mitte) dick. Im ersten Jahr erreichten die nicht blühenden 7,43 $\pm$ 2,0 mm (Basaldurchmesser) bzw. 5,79 mm $\pm$ 1,6 (Durchmesser Mitte), im zweiten Jahr nur 6,28 mm $\pm$ 1,1 (Basaldurchmesser) und 4,78 mm $\pm$ 1,0 (Durchmesser Mitte).

Tab. 012: Vergleich des Basaldurchmessers von Halmen mit (HmB) und ohne Blüte (HoB). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. Im Anschluß daran, wird der Mittelwert des Basaldurchmessers der Halme ohne Blüte in Prozent des Mittelwerts des Basaldurchmessers der Halme mit Blüte angegeben.

	alle Halme	SD (95%)
Basaldurchm. HmB	8,1 mm	1,9
Basaldurchm. HoB	6,7 mm	1,6
% HoB von HmB	82,6 %	

	Halme Block 1	SD (95%)	Halme Block 2	SD (95%)
Basaldurchm. HmB	8,0 mm	1,9	8,5 mm	2,0
Basaldurchm. HoB	7,4 mm	2,0	6,3 mm	1,1
% HoB von HmB	92,6 %		74,3 %	

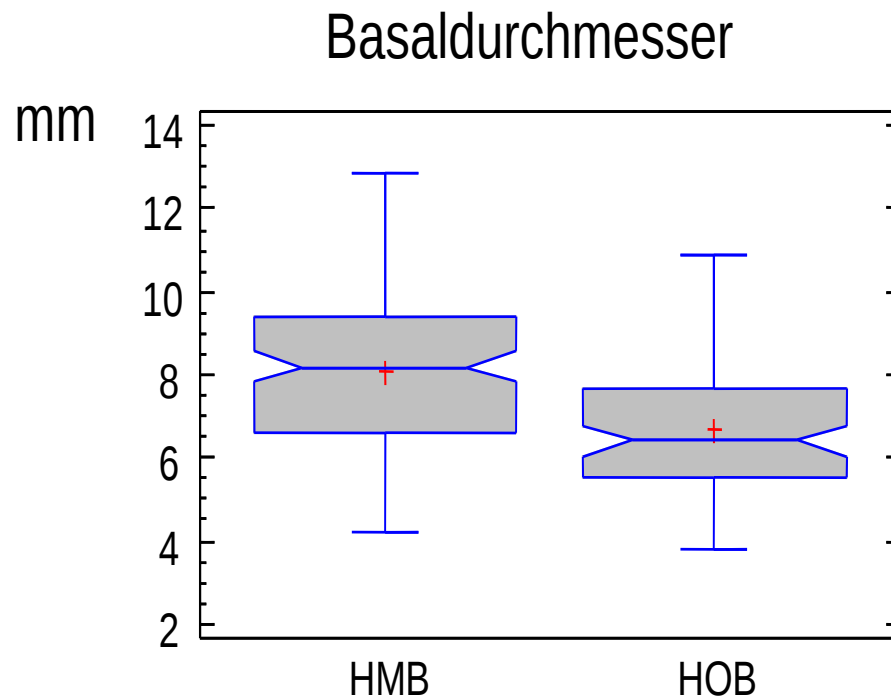


Fig.025: Basaldurchmesser der blühenden (HmB) und nicht blühenden Halme (HoB) aus der Gesamtmenge von Block 1. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Tab. 013: Vergleich des Durchmessers an der Halmmittle von Halmen mit (HmB) und ohne Blüte (HoB). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. Im Anschluß daran, wird der Mittelwert des Durchmessers an der Halmmittle der Halme ohne Blüte in Prozent des Mittelwerts des Durchmessers an der Halmmittle der Halme mit Blüte angegeben.

	alle Halme	SD (95%)
Durchm. Mitte HmB	6,2 mm	1,5
Durchm. Mitte HoB	5,1 mm	1,3
% HoB von HmB	82,9 %	

	Halme Block 1	SD (95%)	Halme Block 2	SD (95%)
Durchm. Mitte HmB	6,3 mm	1,5	5,7 mm	1,6
Durchm. Mitte HoB	5,8 mm	1,6	4,8 mm	1,0
% HoB von HmB	92,2 %		83,4 %	

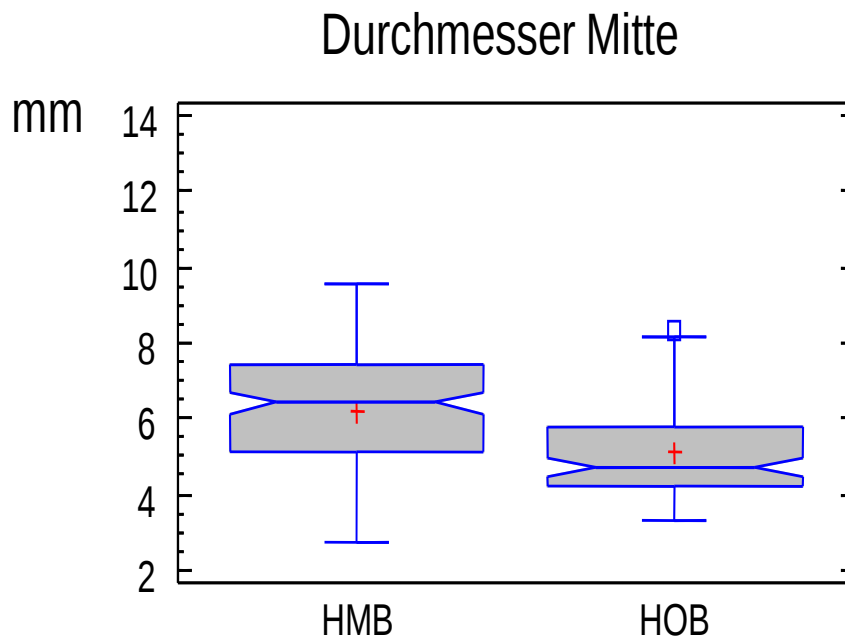


Fig.026: Durchmesser in der Mitte der blühenden (HmB) und nicht blühenden Halme (HoB) aus der Gesamtmenge von Block 1. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Vergleicht man nun die drei Schilfkläranlagen im Hinblick auf die Länge ihrer Halme, so zeigt sich folgendes Bild. Im Krottenhofteich betrug die Halmlänge bei jenen Stengeln mit Blüte 282,16 cm $\pm$ 36,0, bei jenen ohne 222,10 cm (nur eine Probe). Bei der Laimergrube waren es 312,60 cm $\pm$ 30,7 (HmB) und 267,02 cm $\pm$ 67,7 (HoB) und bei der ehemaligen Kläranlage an der Tangente 232,68 cm $\pm$ 38,9 (HmB), sowie 151,53 cm $\pm$ 33,4 (HoB). Sieht man sich den Basaldurchmesser an, erreichten die Pflanzen im Krottenhofteich 9,29 mm $\pm$ 1,5 (HmB) bzw. 8,90 mm (nur eine Probe) (HoB), in der Laimergrube 9,42 mm $\pm$ 0,9 (HmB) bzw. 8,74 mm $\pm$ 1,2 (HoB) und in der Anlage bei der Tangente 7,41 mm $\pm$ 1,1 (HmB) bzw. 5,50 mm $\pm$ 1,1 (HoB). Der Durchmesser in der Mitte des Stengels betrug beim Schilf aus dem Krottenhofteich 7,49 mm $\pm$ 1,0 (HmB) bzw. 7,88 mm (nur eine Probe) (HoB), bei den Halmen aus der Laimergrube 7,16 mm $\pm$ 0,7 (HmB) bzw. 6,67 mm $\pm$ 1,1 (HoB) und bei jenen aus dem Standort bei der Tangente 5,80 mm $\pm$ 0,9 (HmB) bzw. 4,41 mm $\pm$ 0,9 (HoB). Man beachte hier den Krottenhofteich. In diesem Bereich konnte der Durchmesser in der Mitte des Stengels bei den Halmen ohne Blüte einen höheren Wert erzielen als bei jenen mit Blüte.

Tab. 014: Vergleich der Mittelwerte der Länge, des Basaldurchmessers und des Durchmessers in der Mitte von Halmen mit (HmB) und ohne Blüte (HoB) der Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage an der Tangente). Im Anschluß daran, wird der Mittelwert der Länge, des Basaldurchmessers und des Durchmessers in der Mitte der Halme ohne Blüte in Prozent des Mittelwerts der Länge, des Basaldurchmessers und des Durchmessers in der Mitte der Halme mit Blüte angegeben. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

	KH	SD (95%)	LG	SD (95%)	TG	SD (95%)
Länge HmB	282,2 cm	36,0	312,6 cm	30,7	232,7 cm	38,9
Länge HoB	222,1 cm	-	267,0 cm	67,7	151,5 cm	33,4
% HoB von HmB	78,7 %		85,4 %		65,1 %	

	KH	SD (95%)	LG	SD (95%)	TG	SD (95%)
Basal dm. HmB	9,3 mm	1,5	9,4 mm	0,9	7,4 mm	1,1
Basal dm. HoB	8,9 mm	-	8,7 mm	1,2	5,5 mm	1,1
% HoB von HmB	95,8 %		92,8 %		74,2 %	

	KH	SD (95%)	LG	SD (95%)	TG	SD (95%)
Dm. Mitte HmB	7,5 mm	1,0	7,2 mm	0,7	5,8 mm	0,9
Dm. Mitte HoB	7,8 mm	-	6,7 mm	1,1	4,4 mm	0,9
% HoB von HmB	104,1 %		93,2 %		76,0 %	

3.3.2 Halmbiometrie: Wandstärke und Dichte der Halme

Auch beim Vergleich von Wandstärke und Dichte sollen zuerst nur die Werte aus Block 1 herangezogen werden, da in diesem Block aus allen Anlagen ausreichend Probenmaterial zur Verfügung steht. Sowohl die Wandstärke als auch die Dichte wurden am mittleren Internodium bestimmt. Die größten Wandstärken traten bei den Halmen aus dem Graben Mannersdorf auf (1,13 mm $\pm$ 0,9). Etwas dünner war die Wand bei den Stengeln aus der Lobau (0,91 mm $\pm$ 0,2), gefolgt vom Krottenhofteich (0,90 mm $\pm$ 0,3), dem Standort bei der Tangente (0,85 mm $\pm$ 0,3) und der Laimergrube (0,74 mm $\pm$ 0,2). Das Schilf im Wolfsgraben hatte mit 0,72 mm $\pm$ 0,1 die

geringste Wandstärke aufzuweisen. Bei der Dichte hingegen lag der Krottenhofteich mit $0,97 \text{ g/cm}^3 \pm 0,3$ weit vorne, danach folgte die Laimergrube mit $0,88 \text{ g/cm}^3 \pm 0,3$. Die drei natürlichen Standorte wiesen Werte von $0,86 \text{ g/cm}^3 \pm 0,2$ (Mannersdorf), $0,82 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1$ (Wolfsgraben) und $0,81 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1$ (Lobau) auf. Die niedrigste Dichte trat mit $0,78 \text{ g/cm}^3 \pm 0,2$ in der ehemaligen Kläranlage bei der Tangente auf.

Tab. 015: Vergleich von Dichte (D) und Wandstärke (WS) der Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) und der natürlichen Standorte (Graben Mannersdorf, Hoher Spitz Lobau, Wolfsgraben Trautmannsdorf). Jeweils an jeden Standort anschließend sind die Vergleiche zwischen Wandstärke und Dichte, sowie zwischen Wandstärke und dem Durchmesser in der Mitte des Halmes angegeben. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. Die Zeilenbeschriftung „ges“ bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme aus der jeweiligen Anlage.

Krottenhofteich:

	D (g/cm^3)	SD (95%)	WS (mm)	SD (95%)
ges	0,97	0,3	0,90	0,3
Ein	1,04	0,5	0,90	0,3
M. W.	0,91	0,3	1,10	0,3
M. E.	1,09	0,3	0,73	0,2
Aus	0,89	0,2	0,93	0,2

	WS : D	WS : DM. Mitte
ges	1 : 1,09	1 : 8,37
Ein	1 : 1,16	1 : 8,10
M. W.	1 : 0,83	1 : 7,02
M. E.	1 : 1,49	1 : 10,40
Aus	1 : 0,96	1 : 8,03

Laimergrube:

	D (g/cm ³)	SD (95%)	WS (mm)	SD (95%)
ges	0,88	0,3	0,74	0,2
Ein	1,12	0,4	0,59	0,2
Mitte	0,82	0,1	0,81	0,1
Aus	0,71	0,2	0,81	0,2

	WS : D	WS : DM. Mitte
ges	1 : 1,20	1 : 9,46
Ein	1 : 1,89	1 : 11,37
Mitte	1 : 1,01	1 : 8,30
Aus	1 : 0,88	1 : 8,45

Kläranlage bei der Tangente:

	D (g/cm ³)	SD (95%)	WS (mm)	SD (95%)
ges	0,78	0,2	0,85	0,3
Nord	0,82	0,3	0,69	0,3
Mitte	0,74	0,1	1,02	0,2
Süd	0,82	0,2	0,70	0,2

	WS : D	WS : DM. Mitte
ges	1 : 0,92	1 : 6,17
Nord	1 : 1,20	1 : 5,85
Mitte	1 : 0,73	1 : 5,83
Süd	1 : 1,18	1 : 7,39

Natürliche Standorte:

	D (g/cm ³)	SD (95%)	WS (mm)	SD (95%)
MD	0,86	0,2	1,13	0,2
LB	0,81	0,1	0,91	0,2
WG	0,82	0,1	0,72	0,1

	WS : D	WS : DM. Mitte
MD	1 : 0,76	1 : 4,74
LB	1 : 0,90	1 : 6,69
WG	1 : 1,15	1 : 5,57

Im Krottenhofteich befanden sich die Halme mit der größten Wandstärke westlich der Mauer (1,10 mm $\pm$ 0,3), danach folgten der Auslauf mit 0,93 mm $\pm$ 0,2, der Einlauf mit 0,9 mm $\pm$ 0,3 und der Bereich östlich der Mauer mit 0,73 mm $\pm$ 0,2. Im Hinblick auf die Dichte wuchsen die schwersten Halme mit 1,09 g/cm³ $\pm$ 0,3 östlich der Mauer, gefolgt vom Einlauf mit 1,04 g/cm³ $\pm$ 0,5, dem Bereich „Mauer West“ mit 0,91 g/cm³ $\pm$ 0,3 und dem Auslauf mit 0,89 g/cm³ $\pm$ 0,2.

Bei der Laimergrube betrug der Wert für die Wandstärke 0,59 mm $\pm$ 0,2 für den Einlauf, die Bereiche Mitte und Auslauf lagen mit 0,81 mm $\pm$ 0,1 bzw. 0,81 mm $\pm$ 0,2 auf gleichem Niveau. Die Dichte ist beim Einlauf mit 1,12 g/cm³ $\pm$ 0,4 relativ hoch, betrug im mittleren Teil 0,82 g/cm³ $\pm$ 0,1 und sank dann beim Auslauf auf 0,71 g/cm³ $\pm$ 0,2.

In der Kläranlage bei der Tangente betrugen die Wandstärken 0,70 mm $\pm$ 0,2 für den südlichen Einlaufbereich, 1,02 mm $\pm$ 0,2 für die Mitte und 0,69 $\pm$ 0,3 mm für den nördlichen Einlaufbereich. Die Dichte lag mit 0,82 g/cm³ $\pm$ 0,2 im südlichen Einlaufbereich am höchsten, dicht gefolgt vom nördlichen Einlaufbereich mit 0,82 g/cm³ $\pm$ 0,3. Im mittleren Teil hatten die Halme mit 0,74 g/cm³ $\pm$ 0,1 die geringste Dichte.

Tab. 016: Hier wurden die Werte der vorhergehenden Tabelle noch einmal in etwas übersichtlicherer Form dargestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden alle Ergebnisse, die sich nicht direkt auf die einzelnen Sammelpositionen innerhalb der Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) bezogen, weggelassen. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Krottenhofteich:

	D (g/cm ³)	SD (95%)	WS (mm)	SD (95%)
Ein	1,04	0,5	0,90	0,3
M. W.	0,91	0,3	1,01	0,3
M. E.	1,09	0,3	0,73	0,2
Aus	0,89	0,2	0,93	0,2

Laimergrube:

	D (g/cm ³)	SD (95%)	WS (mm)	SD (95%)
Ein	1,12	0,4	0,59	0,2
Mitte	0,82	0,1	0,81	0,1
Aus	0,71	0,2	0,81	0,2

Kläranlage bei der Tangente:

	D (g/cm ³)	SD (95%)	WS (mm)	SD (95%)
Nord	0,82	0,3	0,69	0,3
Mitte	0,74	0,1	1,02	0,2
Süd	0,82	0,2	0,70	

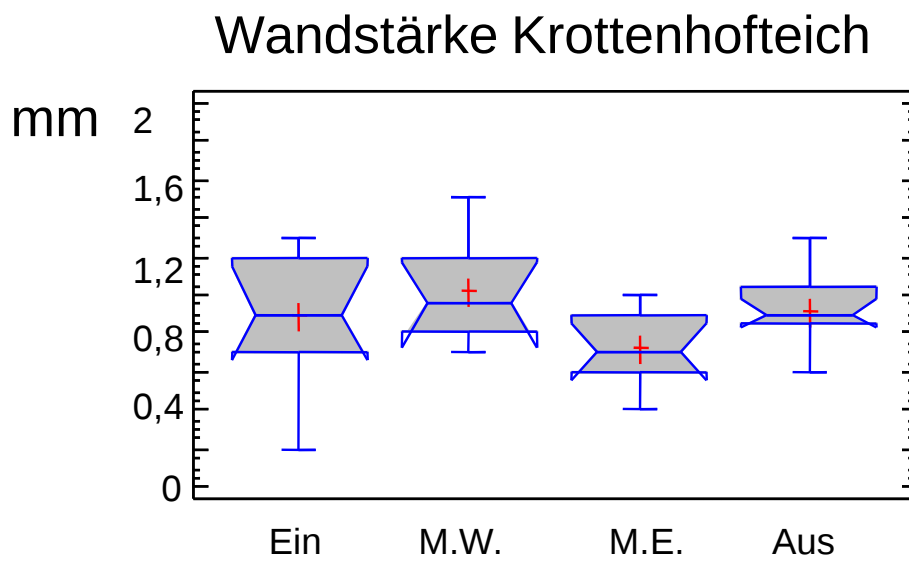


Fig. 027: Wandstärke der Halme von den vier Positionen des Krottenhofteichs. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

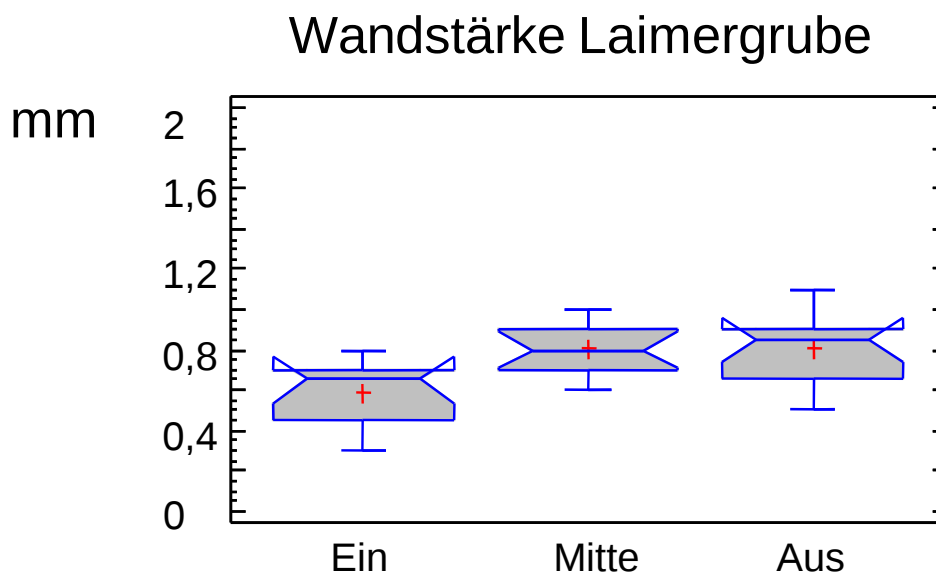


Fig.028: Wandstärke der Halme von den drei Positionen der Laimergrube. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

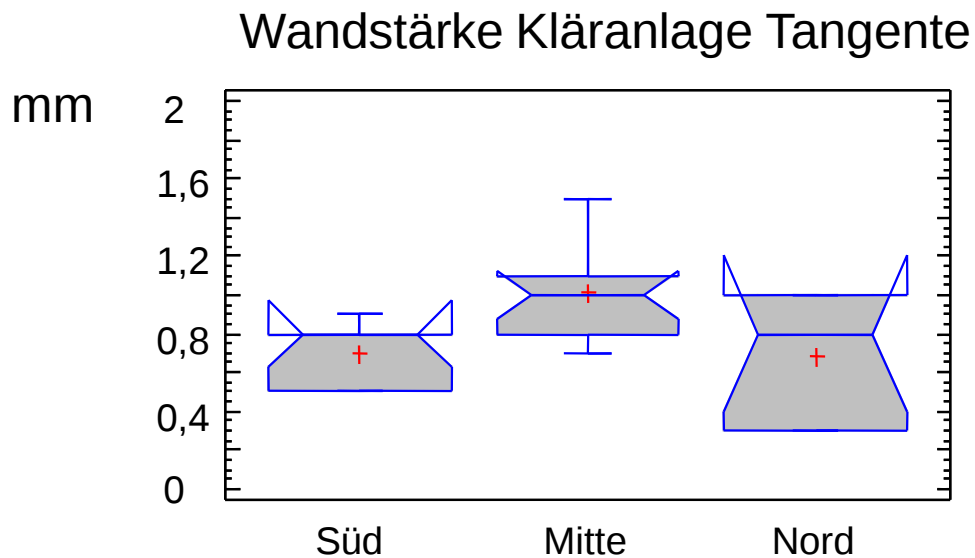


Fig.029: Wandstärke der Halme von den drei Positionen der Kläranlage an der Tangente. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Obwohl das Schilf in Block 2 nicht so hoch wurde wie im Jahr davor, und auch beim Durchmesser die Werte der Vorjahreshalme nur in wenigen Fällen erreicht werden konnten, lag die Dichte im zweiten Jahr häufig höher. Beim Vergleich der einzelnen Kläranlagen konnten die Pflanzen im Krottenhofteich $0,97 \text{ g/cm}^3 \pm 0,4$ erreichen, in der Laimergrube $0,88 \text{ g/cm}^3 \pm 0,4$ und in der Anlage bei der Tangente $0,84 \text{ g/cm}^3 \pm 0,4$. Schlüsselt man die Ergebnisse für jede Kläranlage im Detail auf, so zeigt sich für den Krottenhofteich beim Einlauf $0,88 \text{ g/cm}^3 \pm 0,3$, westlich der Mauer $0,83 \text{ g/cm}^3 \pm 0,1$ und östlich $1,20 \text{ g/cm}^3 \pm 0,7$. Beim Auslauf wurde in Block 2 kein weiteres Schilf mehr gesammelt. Die Position stand großflächig unter Wasser. In der Laimergrube ergab sich beim Einlauf ein Wert von $0,85 \text{ g/cm}^3 \pm 0,2$, in der Mitte $0,83 \text{ g/cm}^3 \pm 0,3$ und beim Auslauf $0,97 \text{ g/cm}^3 \pm 0,4$. In der aufgelassenen Kläranlage nahe der Tangente betrug die Dichte im nördlichen Einlaufbereich $0,70 \text{ g/cm}^3 \pm 0,2$, in der Mitte $1,04 \text{ g/cm}^3 \pm 0,7$ und im südlichen Einlaufbereich $0,90 \text{ g/cm}^3 \pm 0,4$.

Für die Wandstärke lagen die Ergebnisse in Block 2 im allgemeinen weniger hoch. Der Wert für den Krottenhofteich erreichte $0,76 \text{ mm} \pm 0,3$, auf die einzelnen Positionen aufgeteilt machte das für den Einlauf $0,78 \text{ mm} \pm 0,3$, für den Bereich Mauer West $0,98 \text{ mm} \pm 0,2$ und für Mauer Ost $0,53 \text{ mm} \pm 0,2$. Auch in der Laimergrube waren alle Werte niedriger als im Vorjahr.

Der Gesamtwert betrug $0,55 \text{ mm} \pm 0,2$, beim Bereich rund um den Einlauf konnten die Halme eine Wandstärke von $0,56 \text{ mm} \pm 0,2$ erreichen, im mittleren Teil $0,58 \text{ mm} \pm 0,3$ und beim Auslauf $0,51 \text{ mm} \pm 0,1$. Teilweise recht hohe Ergebnisse erreichte die Kläranlage bei der Tangente. Der Gesamtwert belief sich auf $0,77 \text{ mm} \pm 0,3$. Im nördlichen Einlaufbereich zeigten die Halme eine Wandstärke von $0,82 \text{ mm} \pm 0,4$, im mittleren Auslaufbereich $0,80 \text{ mm} \pm 0,3$ und im südlichen Einlaufbereich $0,70 \text{ mm} \pm 0,2$. Zumindest im nördlichen und im südlichen Bereich lagen somit die Vorjahreswerte höher.

Tab. 017: Vergleich von Dichte (D) und Wandstärke (WS) der Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) vom Untersuchungsblock 2. Jeweils an jeden Standort anschließend wurden die Werte vom zweiten Block in % der Werte vom ersten Block angegeben. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. Die Zeilenbeschriftung „ges“ bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme aus der jeweiligen Anlage.

Krottenhofteich, Block 2:

	D (g/cm^3)	SD (95%)	WS (mm)	SD (95%)
ges	0,97	0,4	0,76	0,3
Ein	0,88	0,3	0,78	0,3
M. W.	0,83	0,1	0,98	0,2
M. E.	1,20	0,7	0,53	0,2

	D % Block 2 v. Block 1	WS % Block 2 v. Block 1
ges	99,90 %	84,69 %
Ein	85,00 %	86,11 %
M. W.	90,36 %	88,40 %
M. E.	110,26 %	71,62 %

Laimergrube, Block 2:

	D (g/cm ³)	SD (95%)	WS (mm)	SD (95%)
ges	0,88	0,4	0,55	0,2
Ein	0,85	0,2	0,56	0,2
Mitte	0,83	0,3	0,58	0,3
Aus	0,97	0,4	0,51	0,1

	D % Block 2 v. Block 1	WS % Block 2 v. Block 1
ges	100,34 %	74,73 %
Ein	75,65 %	94,59 %
Mitte	100,98 %	71,78 %
Aus	136,95 %	63,24 %

Kläranlage bei der Tangente, Block 2:

	D (g/cm ³)	SD (95%)	WS (mm)	SD (95%)
ges	0,84	0,4	0,77	0,3
Nord	0,70	0,2	0,82	0,4
Mitte	1,04	0,7	0,80	0,3
Süd	0,90	0,4	0,70	0,2

	D % Block 2 v. Block 1	WS % Block 2 v. Block 1
ges	107,28 %	90,68 %
Nord	85,02 %	119,24 %
Mitte	140,73 %	78,82 %
Süd	108,61 %	100,00 %

Vergleicht man blühende und nicht blühende Halme, so erreichten die blühenden im Mittel eine Dichte von $0,88 \text{ g/cm}^3 \pm 0,3$, die nicht blühenden $0,88 \text{ g/cm}^3 \pm 0,6$. Bezogen auf die beiden Sammeljahre ergab sich für Block 1 eine Dichte von $0,86 \text{ g/cm}^3 \pm 0,2$ (HmB) bzw. $0,92 \text{ g/cm}^3 \pm 0,3$ (HoB), für Block 2 jedoch $0,97 \text{ g/cm}^3 \pm 0,5$ (HmB) bzw. $0,86 \text{ g/cm}^3 \pm 0,7$ (HoB).

Tab. 018: Vergleich der Dichte (D) von blühenden (HmB) und nicht blühenden Halmen (HoB) aus den beiden Untersuchungsblöcken. Daran anschließend wurde die Dichte von Block 2 in % von Block 1 angegeben. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. Die Spaltenbeschriftung „ges“ bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme.

	D ges (g/cm ³)	SD (95%)
HmB	0,88	0,3
HoB	0,88	0,6

	D ges Block 1 (g/cm ³)	SD (95%)	D ges Block 2 (g/cm ³)	SD (95%)
HmB	0,86	0,2	0,97	0,5
HoB	0,92	0,3	0,86	0,7

	D % Block 2 v. Block 1
HmB	112,65 %
HoB	93,49 %

Bezogen auf die einzelnen Positionen erreichten die Halme im Krottenhofteich 0,98 g/cm³ ±0,3(HmB) bzw. 0,71 g/cm³ (HoB) (nur ein Halm), in der Laimergrube 0,79 g/cm³ ±0,2 (HmB) bzw. 0,93 g/cm³ ±0,4 (HoB) und in der Anlage bei der Tangente 0,76 g/cm³ ±0,2 (HmB) bzw. 0,83 g/cm³ ±0,3 (HoB). Von den drei natürlichen Standorten waren genügend blühende Pflanzen vorhanden, sodaß keine nicht blühenden verwendet werden mußten. Die Stengel aus dem Graben Mannersdorf erreichten einen Wert von 0,86 g/cm³ ±0,2, die Stengel aus der Lobau von 0,81 g/cm³ ±0,1 und jene aus dem Wolfsgraben von 0,82 g/cm³ ±0,1.

Tab. 019: Vergleich der Dichte der Halme in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) und an den natürlichen Standorten (Graben Mannersdorf, Hoher Spitz Lobau, Wolfsgraben Trautmannsdorf). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Dichte (g/cm³):

	KH	SD (95%)	LG	SD (95%)	TG	SD (95%)
HmB	0,98	0,3	0,79	0,2	0,76	0,2
HoB	0,71	-	0,93	0,4	0,83	0,3

	MD	SD (95%)	LB	SD (95%)	WG	SD (95%)
HmB	0,86	0,2	0,81	0,1	0,82	0,1
HoB	-	-	-	-	-	-

Bei der Vermessung der Wandstärke konnten Halme mit Rispe 0,87 mm $\pm$ 0,2 erreichen, Halme ohne Rispe 0,66 mm $\pm$ 0,3. In Block 1 hatten die Stengel der blühenden Pflanzen eine Wandstärke von 0,89 mm $\pm$ 0,2, in Block 2 waren es 0,70 mm $\pm$ 0,3. Die nicht blühenden erreichten Werte von 0,65 mm $\pm$ 0,2 (Block 1) bzw. 0,66 mm $\pm$ 0,3 (Block 2).

Tab. 020: Vergleich der Wandstärke (WS) von blühenden (HmB) und nicht blühenden Halmen (HoB) aus den beiden Untersuchungsblöcken. Daran anschließend wurde die Wandstärke von Block 2 in % von Block 1 angegeben. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. Die Spaltenbeschriftung „ ges“ bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme.

	WS ges (mm)	SD (95%)
HmB	0,87	0,2
HoB	0,66	0,3

	WS ges Block 1 (mm)	SD (95%)	WS ges Block 2 (mm)	SD (95%)
HmB	0,89	0,2	0,70	0,3
HoB	0,65	0,2	0,66	0,3

	WS % Block 2 v. Block 1

HmB	84,69 %
HoB	101,84 %

Im Detail machte das für den Krottenhofteich 0,85 mm $\pm$ 0,3 (HmB) bzw. 0,90 mm $\pm$ 0,3 (HoB), für die Laimergrube 0,81 mm $\pm$ 0,1 (HmB) bzw. 0,58 mm $\pm$ 0,2 (HoB) und für den Standort bei der Tangente 0,98 mm $\pm$ 0,2 (HmB) bzw. 0,74 mm $\pm$ 0,2 (HoB). Wiederum wurde von den natürlichen Standorten lediglich blühendes Schilf untersucht. Die Wandstärke der Halme aus dem Graben Mannersdorf betrug 1,13 mm $\pm$ 0,2, aus der Lobau 0,91 mm $\pm$ 0,2 und aus dem Wolfsgraben 0,72 mm $\pm$ 0,1.

Tab. 021: Vergleich der Wandstärke (WS) der Halme in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) und an den natürlichen Standorten (Graben Mannersdorf, Hoher Spitz Lobau, Wolfsgraben Trautmannsdorf). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Wandstärke (mm):

	KH	SD (95%)	LG	SD (95%)	TG	SD (95%)
HmB	0,85	0,3	0,81	0,1	0,98	0,2
HoB	0,90	0,3	0,58	0,2	0,74	0,2

	MD	SD (95%)	LB	SD (95%)	WG	SD (95%)
HmB	1,13	0,2	0,91	0,2	0,72	0,1
HoB	-	-	-	-	-	-

Betrachtet man die Wandstärke und die Dichte aller gesammelten Halme, so zeigt sich, daß die Werte für die Wandstärke rascher anstiegen als die Werte für die Dichte. Stieg bei den Halmen die Wandstärke an, so stieg die Dichte nicht im gleichen Ausmaß mit.

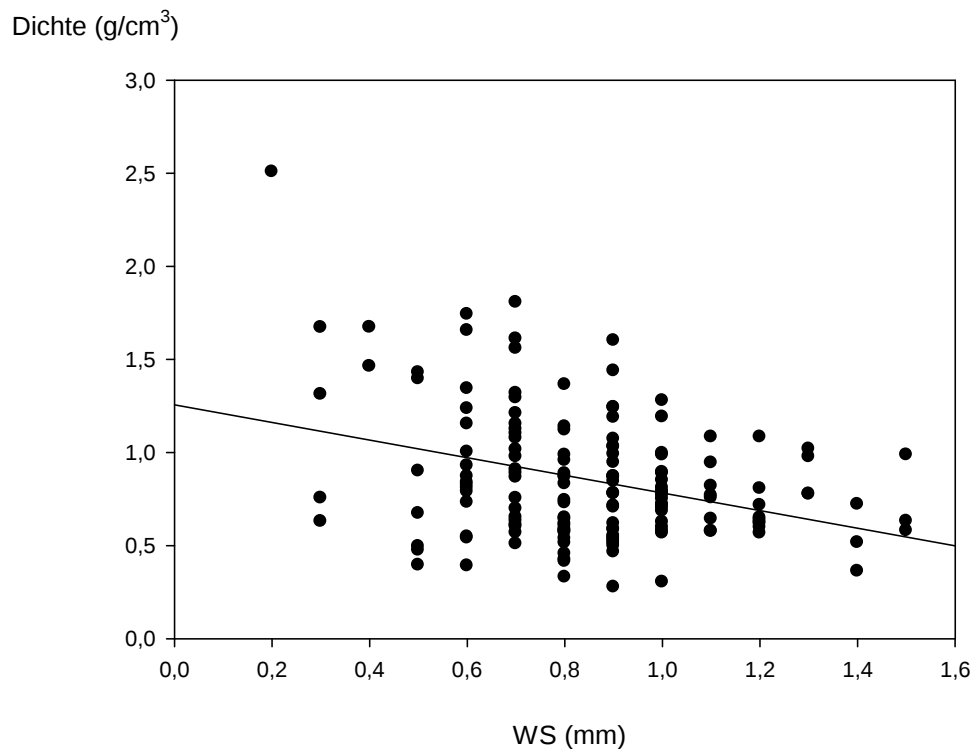


Abb. 030: Dichte der Halme in Bezug zu ihrer Wandstärke. Alle Angaben sind Mittelwerte.

3.3.3 Halmbiometrie: Internodienanzahl und -länge

Die höchste Anzahl an Internodien trat bei den Halmen der Laimergrube auf ($22,6 \pm 3,2$). Ihre Länge war im unteren Bereich des Halmes recht groß, sank aber rapide ab. Ein ähnliches Ergebnis zeigte der Standort Lobau. Mit $20,6 \pm 1,5$ erreichte er die zweithöchste Internodienanzahl. Die Internodienlänge war in Bodennähe am höchsten, fiel dann aber ebenfalls rasch ab. Die Stengel des Krottenhofteiches hatten im Mittel $19,7 \pm 2,2$ Internodien, deren Länge im mittleren Bereich lag und die eine gemäßigte Längenreduzierung zeigten. In der Anlage bei der Tangente hatten die Schilfhalme rund $16,9 \pm 3,1$ Internodien, deren Länge ebenfalls im Mittelfeld begann, dann aber, wie schon bei der Lobau und beim Krottenhofteich, gleich bei den ersten zehn Internodien drastisch sank. Die Stengel aus dem Graben Mannersdorf hatten

durchschnittlich $15,1 \pm 1,4$ Internodien und lagen somit recht nahe beim Ergebnis der Halme aus dem Wolfsgaben, welche mit $14,8 \pm 1,0$ die geringste Anzahl an Internodien zeigten. Weiters wiesen ihre Internodien auch einen nahezu gleichen Verlauf in Bezug auf ihre Länge auf. Sowohl die Stengel aus dem Graben Mannersdorf als auch die aus dem Wolfsgaben hatten in Bodennähe relativ kurze Internodien, welche nach oben hin mäßig rasch an Länge verloren.

Nachstehend diese Werte im Vergleich mit den Halmlängen nochmals in einer Tabelle:

Tab. 022: Vergleich der Internodienanzahl und der Halmlänge in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) und an den natürlichen Standorten (Graben Mannersdorf, Hoher Spitz Lobau, Wolfsgaben Trautmannsdorf). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. KH ges, LG ges und TG ges bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme aus der jeweiligen Anlage.

Krottenhofteich:

	Internodienanzahl	SD (95%)	Halmlänge	SD (95%)
ges	19,7	2,2	280,8	36,8
Ein	18,6	1,5	279,3	52,3
M. W.	18,0	1,6	290,2	37,4
M. E.	19,9	2,4	270,6	25,9
Aus	21,3	1,8	282,7	31,9

Laimergrube:

	Internodienanzahl	SD (95%)	Halmlänge	SD (95%)
ges	22,6	3,2	293,6	39,9
Ein	20,5	3,6	261,5	32,1
Mitte	22,8	1,7	326,7	33,4
Aus	23,8	2,8	292,7	24,6

Kläranlage bei der Tangente:

	Internodienanzahl	SD (95%)	Halmlänge	SD (95%)
ges	16,9	3,1	199,6	54,4
Nord	16,7	3,3	139,5	37,9
Mitte	18,2	2,5	241,7	36,8
Süd	14,9	2,3	181,5	14,7

Gruppe der natürlichen Standorte:

	Internodienanzahl	SD (95%)	Halmlänge	SD (95%)
MD	15,1	1,4	175,0	28,5
LB	20,6	1,5	253,7	19,5
WG	14,8	1,0	181,5	18,6

Nachfolgend diese Daten nochmals in graphischer Darstellung:

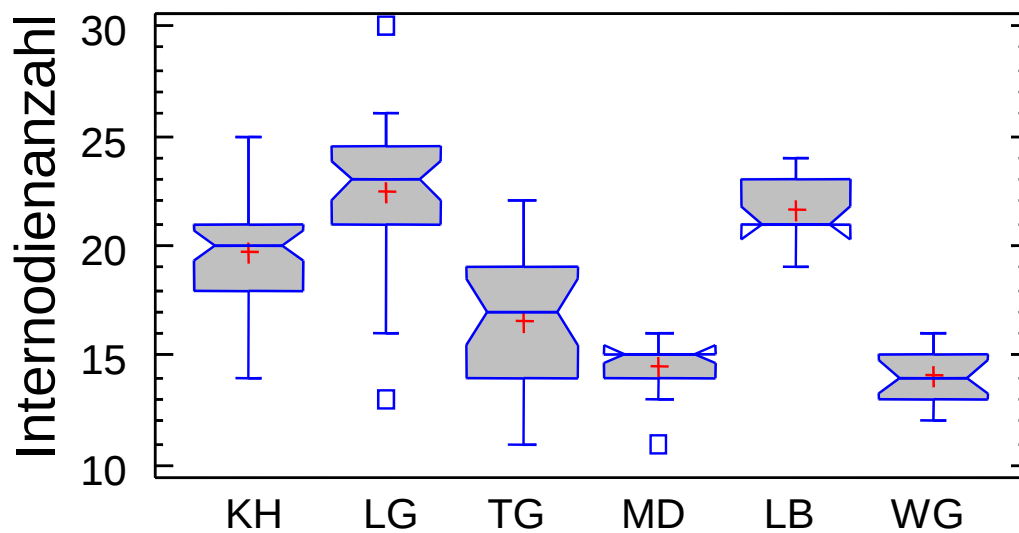


Fig. 031: Anzahl der Internodien an den Halmen der Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage an der Tangente) und der Gruppe der natürlichen Standorte (Mannersdorf, Lobau, Wolfsgraben). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Die beiden nachfolgenden Graphiken zeigen nochmals die Internodienanzahl, diesmal jedoch in Bezug zur Internodienlänge. Dargestellt wurden die Kläranlagen im Vergleich zu den natürlichen Standorten

Kläranlagen: Länge und Anzahl der Internodien

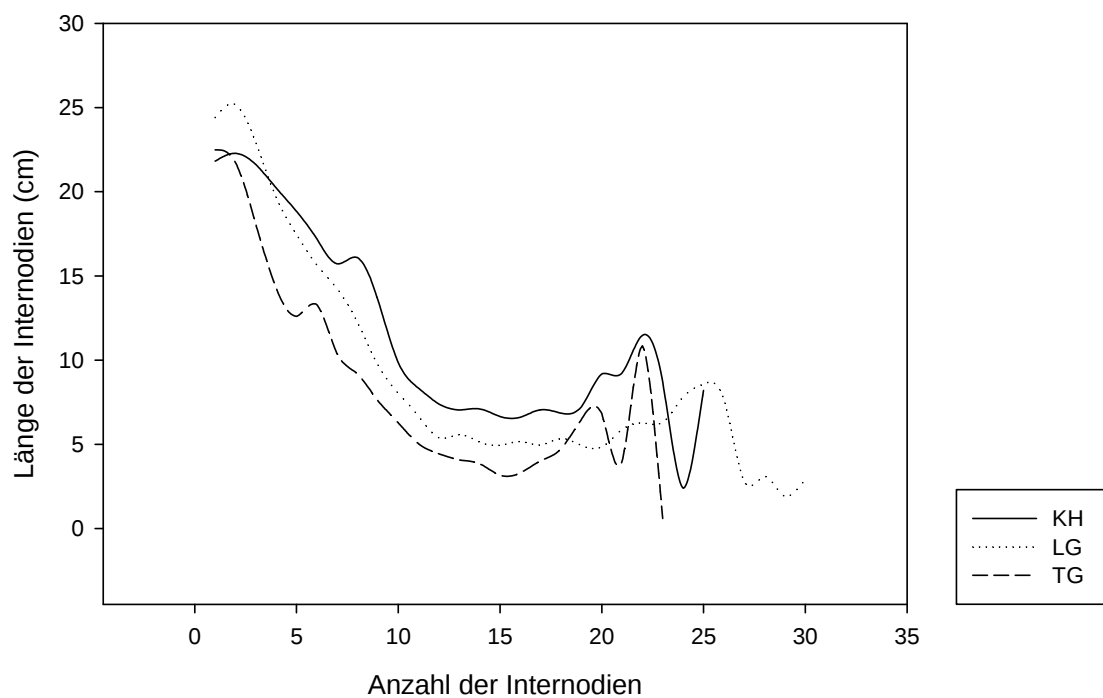


Fig. 032: Länge und Anzahl der Internodien der Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage an der Tangente). Alle Angaben sind Mittelwerte.

Gruppe der natürlichen Standorte: Länge und Anzahl der Internodien

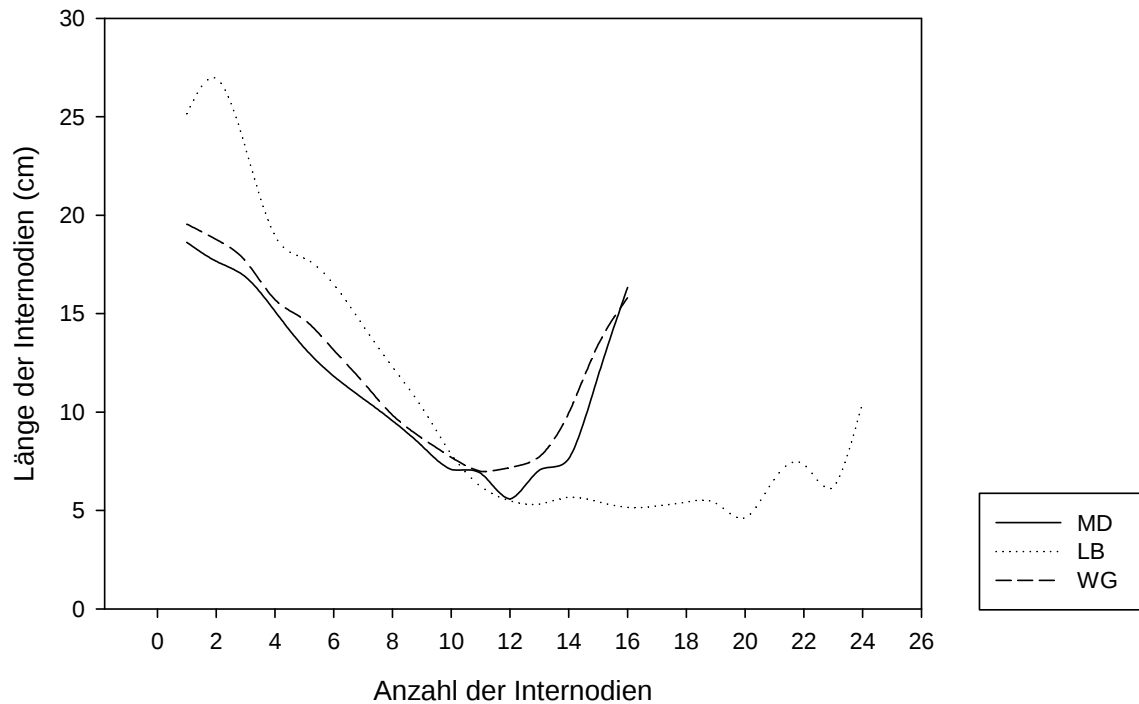


Fig. 033: Länge und Anzahl der Internodien der Gruppe der natürlichen Standorte (Mannersdorf, Lobau, Wolfsgaben). Alle Angaben sind Mittelwerte.

Die Bestände an den beiden Standorte Mannersdorf Graben und Trautmannsdorf Wolfsgaben treten am Ort ihres natürlichen Vorkommens in ähnlicher Ausprägung auf und zeigen auch einen ebenso ähnlichen Kurvenverlauf.

Im weiteren nun noch die Darstellung für jede untersuchte Anlage im einzelnen.

Betrachtet man lediglich den Krottenhofteich, so wuchsen die Halme mit den meisten Internodien beim Auslauf ($21,3 \pm 1,8$). An den Positionen beim Einlauf ($18,6 \pm 1,5$), westlich der Mauer ($18,0 \pm 1,6$) und östlich der Mauer ($19,9 \pm 2,4$) konnten nur Stengel mit weniger Internodien gefunden werden.



Fig. 034: Länge und Anzahl der Internodien von Halmen aus dem Krottenhofteich. Alle Angaben sind Mittelwerte.

Ähnlich verhält es sich mit der Laimergrube. Einlauf ($20,5 \pm 3,6$) und Mitte ($22,8 \pm 1,7$) blieben im Hinblick auf die Internodienanzahl hinter dem Auslaufbereich ($23,8 \pm 2,8$) zurück.

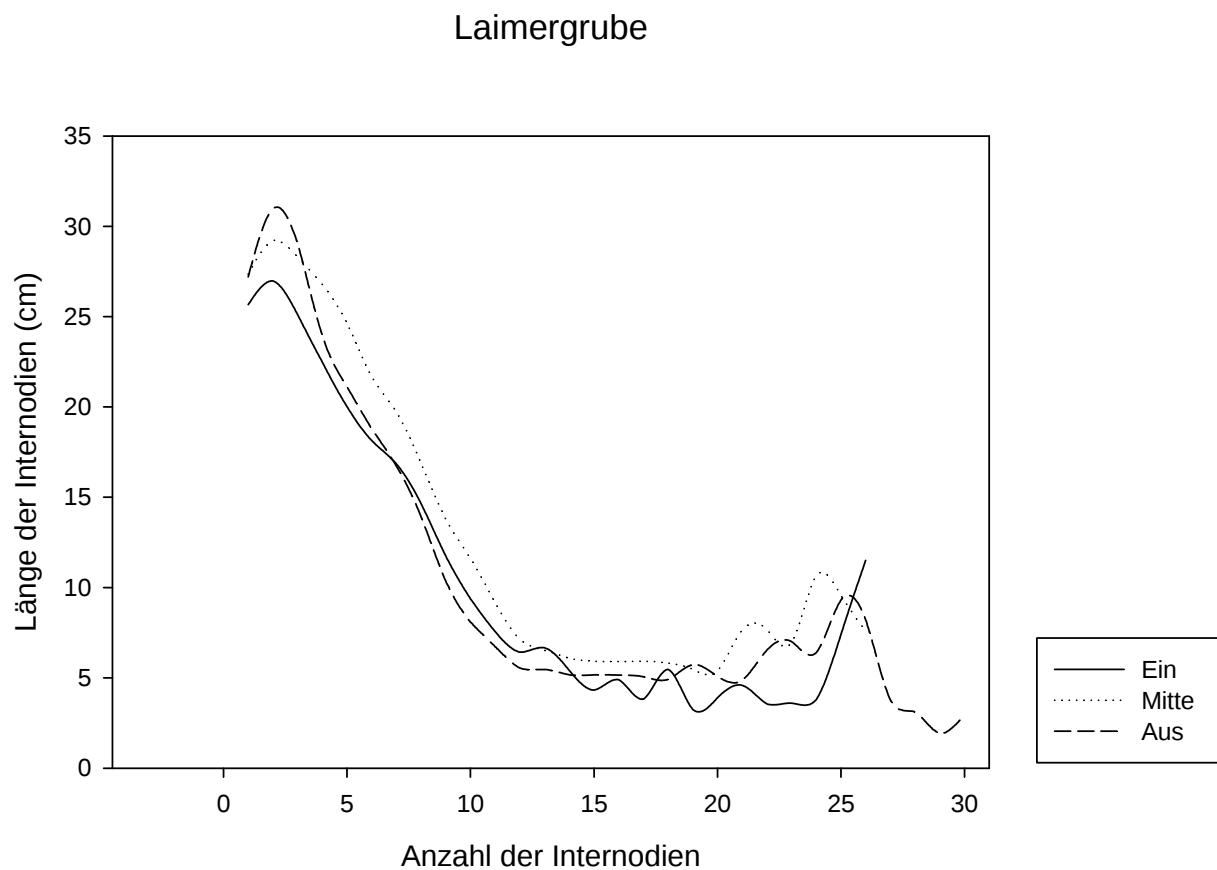


Fig. 035: Länge und Anzahl der Internodien von Halmen aus der Laimergrube. Alle Angaben sind Mittelwerte.

Im der ehemaligen Kläranlage nahe der Tangente wies der mittlere Auslaufbereich die Stengel mit den meisten Internodien auf ($18,2 \pm 2,5$). Das Schilf im nördliche Einlaufbereich hatte im Mittel $16,7 \pm 3,3$ und das im südlichen Einlaufbereich $14,9 \pm 2,3$ Internodien pro Halm.

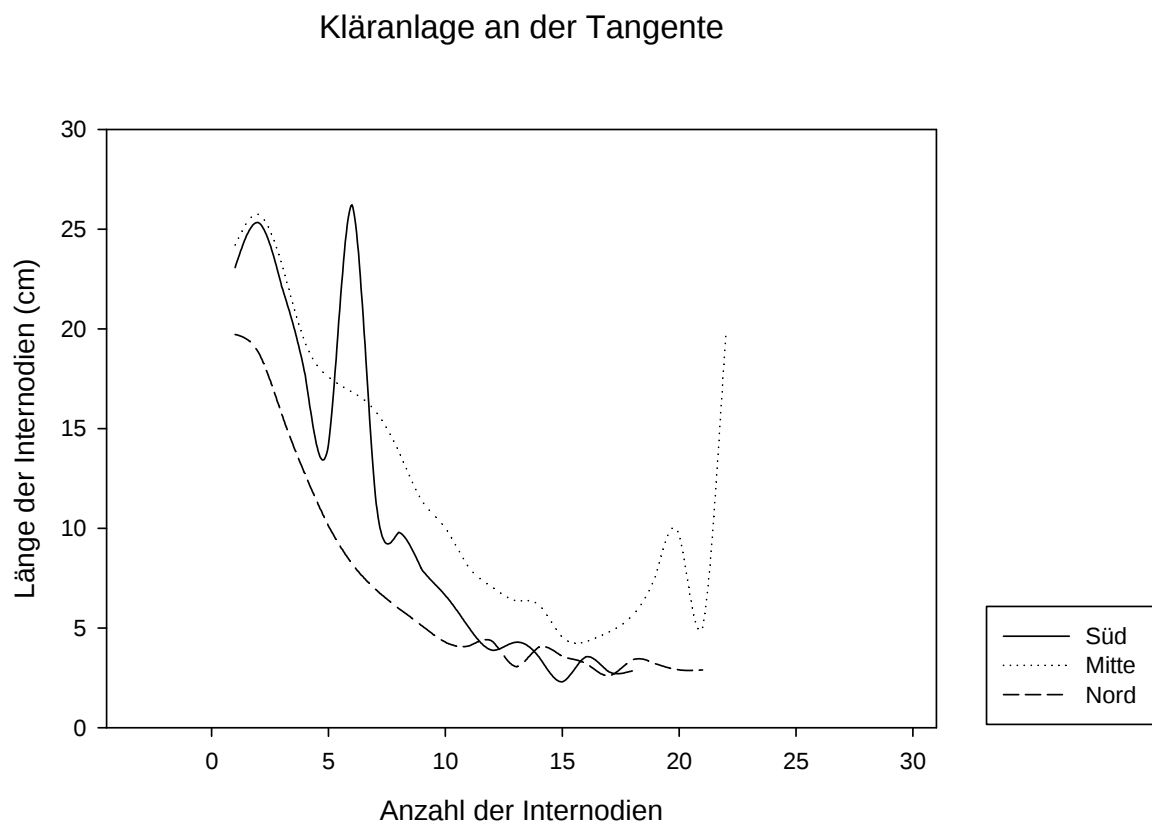


Fig. 036: Länge und Anzahl der Internodien von Halmen aus der Kläranlage bei der Tangente. Alle Angaben sind Mittelwerte.

Betrachtet man die Internodienanzahl der beiden Untersuchungszeiträume, so wiesen die Halme in Block 1 im Mittel $18,9 \pm 3,9$ Internodien auf, in Block 2 hingegen nur $15,2 \pm 3,7$. Auch die Länge der einzelnen Internodien waren in Block 2 im allgemeinen kürzer.

Länge der Internodien in den Blöcken 1 und 2

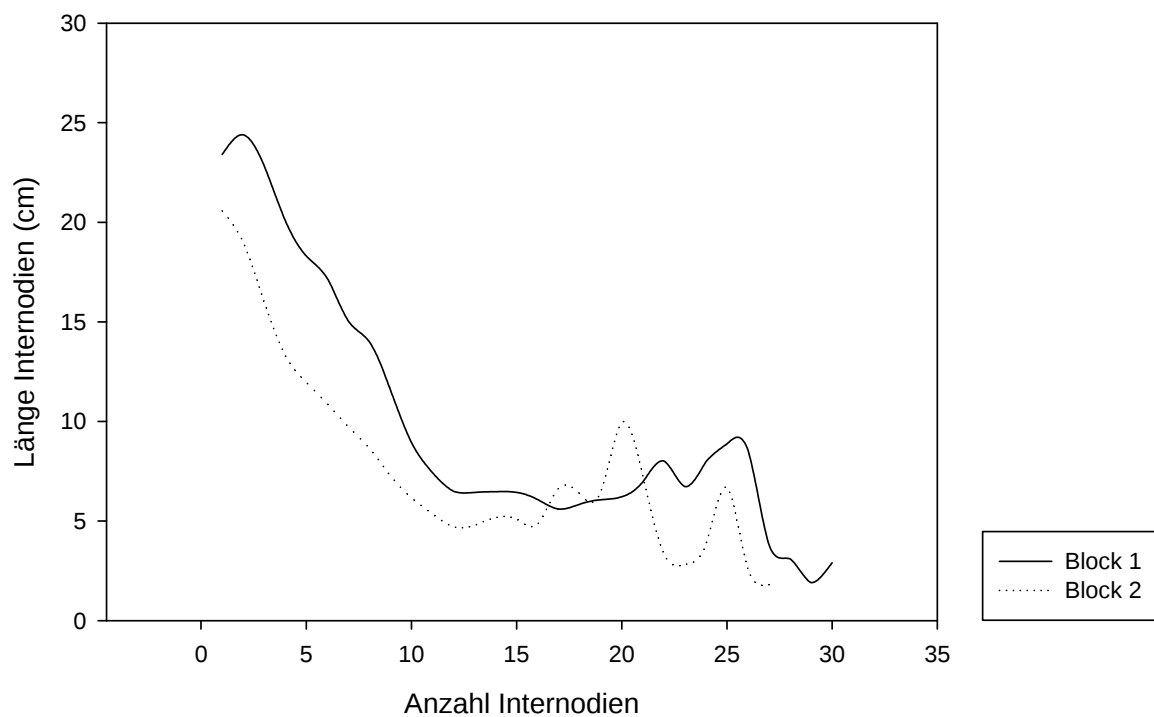


Fig. 037: Länge und Anzahl der Internodien der Halme aus den beiden Untersuchungsjahren. Alle Angaben sind Mittelwerte.

Beim Vergleich von blühendem und nicht blühendem Schilf wiesen Halme mit Blüte $18,9 \pm 3,5$ Internodien auf, Halme ohne Blüte hingegen nur $15,2 \pm 4,4$.

Länge und Anzahl der Internodien in Bezug zur Blütenbildung

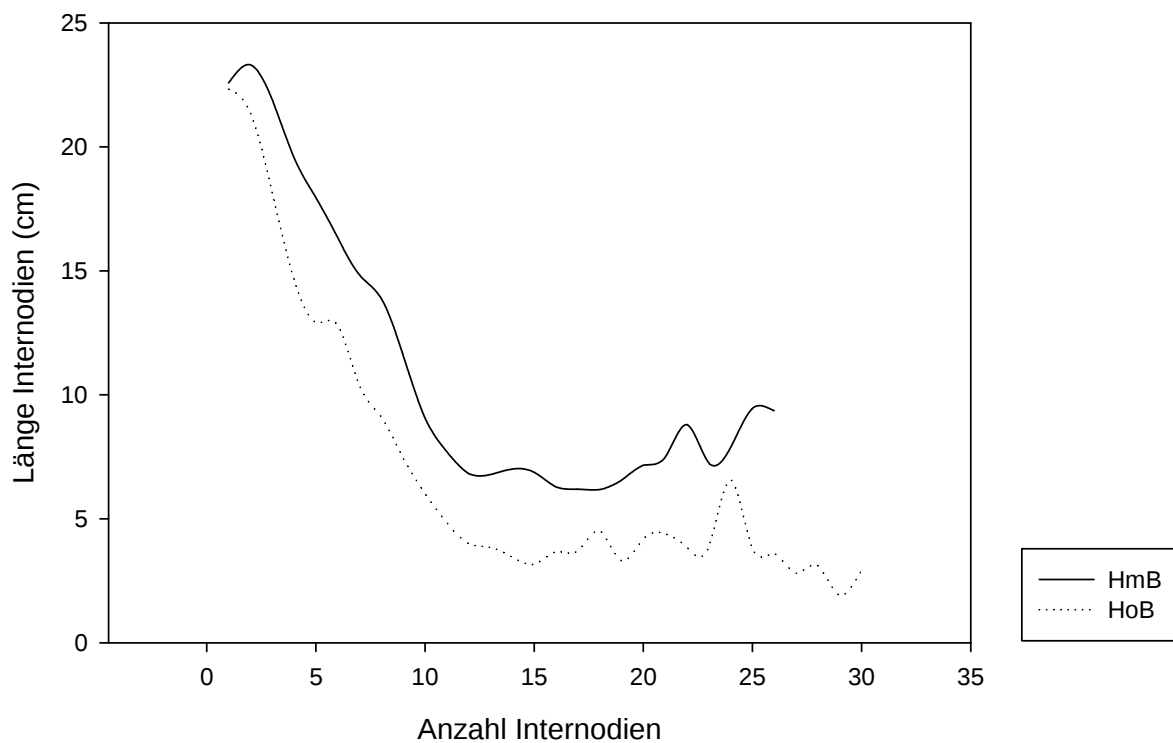


Fig. 038: Länge und Anzahl der Internodien der blühenden und nicht blühenden Halme. Alle Angaben sind Mittelwerte.

3.4 Festigkeitsuntersuchung

3.4.1 Festigkeitsuntersuchung: Biegung

Im Hinblick auf die Durchbiegung der Halme wurde der Elastizitätsmodul der untersuchten Stengelabschnitte bestimmt. Hierzu wurden am oberen und unteren Ende des Halmstücks der Außen- und der Innendurchmesser ermittelt und ein oberer und unterer Querschnittsring berechnet. Von diesen wurde ein Mittelwert genommen und daraus mittels der in Kapitel „Material und Methoden“ bereits erklärten Formel das Flächenträgheitsmoment I , und daraus in weiterer Folge der Elastizitätsmodul errechnet. Vergleicht man die Anlagen im Hinblick auf den errechneten Elastizitätsmodul miteinander, so traten die am wenigsten biegsamen Halme im Krottenhofteich auf (E -Modul $2,5 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 3,8 \cdot 10^9$, verbleibende Biegung $0,04 \text{ mm} \pm 0,02$). Bereits deutlich biegsamer war das Schilf im Graben Mannersdorf mit $2,1 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 3,1 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,03 \text{ mm} \pm 0,02$) und in der Lobau mit $2,1 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 6,6 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,03 \text{ mm} \pm 0,02$). Wolfsgaben und Laimergrube zeigten mit $1,9 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 1,2 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,04 \text{ mm} \pm 0,01$) bzw. $1,9 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 5,6 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,04 \text{ mm} \pm 0,02$) ebenfalls einen deutlichen Abfall. Das mit Abstand biegsamste Schilf trat mit $1,8 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 9,9 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,04 \text{ mm} \pm 0,02$) in der aufgelassenen Kläranlage bei der Tangente auf.

Bei der näheren Betrachtung der einzelnen Schilfanlagen konnte der Krottenhofteich beim Einlauf einen E -Modul von $2,7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 1,7 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,05 \text{ mm} \pm 0,01$) aufweisen, im Bereich „Mauer West“ $2,4 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 2,7 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,03 \text{ mm} \pm 0,02$), im Abschnitt „Mauer Ost“ $2,7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 2,0 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,05 \text{ mm} \pm 0,02$) und beim Auslauf $2,3 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 5,5 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,04 \text{ mm} \pm 0,02$). Die Laimergrube wies beim Einlauf die steifsten Halme mit $2,6 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 6,3 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,04 \text{ mm} \pm 0,02$) auf, im Mittelteil immerhin noch $1,9 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 4,5 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,04 \text{ mm} \pm 0,02$) und gegen den Auslaufbereich zu nur noch $1,4 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 6,2 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,05 \text{ mm} \pm 0,02$). Der südliche Abschnitt des Standortes bei der Tangente wies ebenfalls einen relativ hohen Wert von $2,1 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 3,3 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,04 \text{ mm} \pm 0,01$) auf, der mittlere und nördliche Teil hingegen nur von $1,8 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 1,2 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,03 \text{ mm} \pm 0,02$) bzw. $1,4 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 9,9 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,04 \text{ mm} \pm 0,01$).

Tab. 023: Vergleich von Elastizitätsmodul und bleibender Biegung der Halme in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) und an den natürlichen Standorten (Graben Mannersdorf, Hoher Spitz Lobau, Wolfsgraben Trautmannsdorf). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. KH ges, LG ges und TG ges bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme aus der jeweiligen Anlage.

		E-Modul (N/m ²)	SD (95%)	bleibende Biegung (mm)	SD (95%)
KH	ges	2,5*10 ¹⁰	3,8*10 ⁹	0,04	0,02
	Ein	2,7*10 ¹⁰	1,7*10 ⁹	0,05	0,01
	M. W.	2,4*10 ¹⁰	2,7*10 ⁹	0,03	0,02
	M. E.	2,7*10 ¹⁰	2,0*10 ⁹	0,05	0,02
	Aus	2,3*10 ¹⁰	5,5*10 ⁹	0,04	0,02

		E-Modul (N/m ²)	SD (95%)	bleibende Biegung (mm)	SD (95%)
LG	ges	1,9*10 ¹⁰	5,6*10 ⁹	0,04	0,01
	Ein	2,6*10 ¹⁰	6,3*10 ⁹	0,04	0,02
	Mitte	1,9*10 ¹⁰	4,5*10 ⁹	0,04	0,02
	Aus	1,4*10 ¹⁰	6,2*10 ⁹	0,05	0,02

		E-Modul (N/m ²)	SD (95%)	bleibende Biegung (mm)	SD (95%)
TG	ges	1,8*10 ¹⁰	9,9*10 ⁹	0,04	0,02
	Süd	2,1*10 ¹⁰	3,3*10 ⁹	0,04	0,01
	Mitte	1,8*10 ¹⁰	1,2*10 ⁹	0,03	0,02
	Nord	1,4*10 ¹⁰	9,9*10 ⁹	0,04	0,01

		E-Modul (N/m ²)	SD (95%)	bleibende Biegung (mm)	SD (95%)
MD		2,1*10 ¹⁰	3,1*10 ⁹	0,03	0,02
LB		2,1*10 ¹⁰	6,6*10 ⁹	0,03	0,02
WG		1,9*10 ¹⁰	1,2*10 ⁹	0,04	0,01

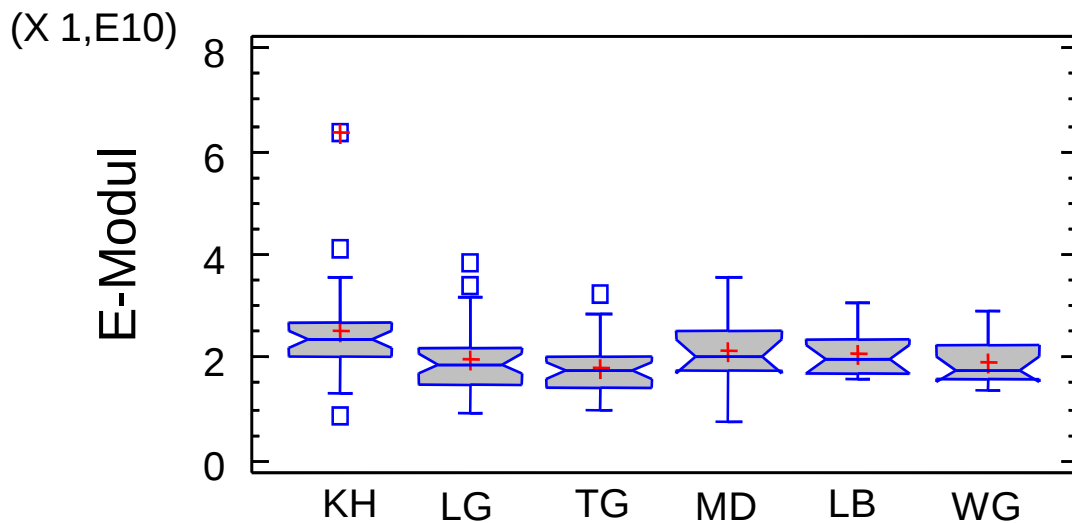


Fig. 039: Elastizitätsmodul der Halme der Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage an der Tangente) und der Gruppe der natürlichen Standorte (Mannersdorf, Lobau, Wolfsgraben). Einheit: $\times 10^{10} \text{ N/m}^2$. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Im zweiten Untersuchungsjahr erreichte der Krottenhofteich einen Elastizitätsmodul von $2,1 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 1,1 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,15 \text{ mm} \pm 0,28$), die Laimergrube $1,8 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 9,5 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,24 \text{ mm} \pm 0,36$) und die Kläranlage neben der Tangente $1,7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 1,1 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,26 \text{ mm} \pm 0,49$). Aufgeschlüsselt auf die einzelnen Positionen bedeutete das für den Krottenhofteich einen E-Modul von $2,1 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 1,2 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,21 \text{ mm} \pm 0,39$) für den Einlauf, $1,7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 1,1 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,18 \text{ mm} \pm 0,34$) für den Bereich westlich der Mauer und $2,6 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 9,5 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,07 \text{ mm} \pm 0,02$) für das Gebiet östlich der Mauer. Die Werte der Laimergrube betrugen für den Einlauf $1,5 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 4,6 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,09 \text{ mm} \pm 0,02$), für die Mitte $2,5 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 1,1 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,11 \text{ mm} \pm 0,06$) und für den Auslauf $1,3 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 9,4 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,43 \text{ mm} \pm 0,52$). Bei der ehemaligen Kläranlage an der Tangente konnte der Mittelteil $2,8 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 1,2 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,74 \text{ mm} \pm 0,82$) erreichen, der nördliche und südliche Einlaufbereich hingegen nur $1,4 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 7,8 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,10 \text{ mm} \pm 0,05$), bzw. $1,6 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 1,3 \cdot 10^9$ (bleibende Biegung $0,18 \text{ mm} \pm 0,43$).

Tab. 024: Vergleich von Elastizitätsmodul und bleibender Biegung der Halme in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) der beiden Untersuchungsblöcke. Jeweils im Anschluß an den Wert von Block 2 wurden das Konfidenzintervall und der Prozentsatz von Block 2 zu Block 1 angegeben. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. KH ges, LG ges und TG ges bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme aus der jeweiligen Anlage.

		E-Modul (N/m ²) Block 2	SD (95%)	% v. Block 1
KH	ges	2,1*10 ¹⁰	1,1*10 ⁹	84,8
	Ein	2,1*10 ¹⁰	1,2*10 ⁹	77,4
	M. W.	1,7*10 ¹⁰	1,1*10 ⁹	73,0
	M. E.	2,6*10 ¹⁰	9,5*10 ⁹	95,2

		bleibende B. (mm) Block 2	SD (95%)	% v. Block 1
KH	ges	0,15	0,28	375
	Ein	0,21	0,39	420
	M. W.	0,18	0,34	660
	M. E.	0,07	0,02	140

		E-Modul (N/m ²) Block 2	SD (95%)	% v. Block 1
LG	ges	1,8*10 ¹⁰	9,5*10 ⁹	93,8
	Ein	1,5*10 ¹⁰	4,6*10 ⁹	56,4
	Mitte	2,5*10 ¹⁰	1,1*10 ⁹	127,8
	Aus	1,3*10 ¹⁰	9,4*10 ⁹	98,5

		bleibende B. (mm) Block 2	SD (95%)	% v. Block 1
LG	ges	0,24	0,49	600
	Ein	0,09	0,02	225
	Mitte	0,11	0,06	275
	Aus	0,43	0,52	860

		E-Modul (N/m ²) Block 2	SD (95%)	% v. Block 1
TG	ges	1,7*10 ¹⁰	1,1*10 ⁹	97,2
	Süd	1,6*10 ¹⁰	1,3*10 ⁹	76,6
	Mitte	2,8*10 ¹⁰	1,2*10 ⁹	157,3
	Nord	1,4*10 ¹⁰	7,8*10 ⁹	99,3

		bleibende B. (mm) Block 2	SD (95%)	% v. Block 1
TG	ges	0,26	0,49	650
	Süd	0,18	0,43	450
	Mitte	0,74	0,82	2467
	Nord	0,10	0,05	250

Über das gesamte gesammelte Material betrachtet, erreichten Halme mit Blüte einen Elastizitätsmodul von $2,1 * 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 8,7 * 10^9$ (bleibende Biegung 0,06 mm $\pm 0,11$), Halme ohne Blüte jedoch nur einen von $1,9 * 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 9,9 * 10^9$ (bleibende Biegung 0,17 mm $\pm 0,35$). Davon wiesen blühende Halme sowohl in Block 1 als auch in Block 2 einen E-Modul von $2,1 * 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 7,3 * 10^9$ bzw. $\pm 1,1 * 10^9$ auf (bleibende Biegung für ersten Block 0,04 mm $\pm 0,02$, für zweiten Block 0,15 mm $\pm 0,28$), nicht blühende jedoch im ersten Jahr nur einen von $2,0 * 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 6,6 * 10^9$ (bleibende Biegung 0,04 mm $\pm 0,01$) und im zweiten lediglich einen von $1,8 * 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 1,0 * 10^9$ (bleibende Biegung 0,25 mm $\pm 0,44$). Bei Betrachtung der einzelnen Anlagen ergab das für den Krottenhofteich $2,5 * 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 3,8 * 10^9$ (bleibende Biegung 0,04 mm $\pm 0,02$) für blühendes Schilf und $1,6 * 10^{10} \text{ N/m}^2$ (nur eine Messung) (bleibende Biegung 0,06 mm) für nicht blühendes, bei der Laimergrube für Halme mit Blüte $1,7 * 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 5,6 * 10^9$ (bleibende Biegung 0,05 mm $\pm 0,02$) und für Halme ohne $2,3 * 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 5,9 * 10^9$ (bleibende Biegung 0,04 mm $\pm 0,01$) und für die Kläranlage bei der Tangente bei blühenden Pflanzen $1,8 * 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 1,1 * 10^9$ (bleibende Biegung 0,04 mm $\pm 0,02$) und bei nicht blühenden $1,7 * 10^{10} \text{ N/m}^2 \pm 7,9 * 10^9$ (bleibende Biegung 0,04 mm $\pm 0,01$). Bei den drei natürlichen Standorten wurden ohnehin nur Halme mit Rispe aufgesammelt.

Tab. 025: Vergleich von Elastizitätsmodul und bleibender Biegung der Halme mit (HmB) und ohne Blüten (HoB) von Block 1 und Block 2, sowie der Bezug von Block 2 zu Block 1 in % . Im zweiten Teil der Tabelle wurden der Elastizitätsmodul und die bleibende Biegung der Halme mit und ohne Blüten in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) und an den natürlichen Standorten (Graben Mannersdorf, Hoher Spitz Lobau, Wolfsgaben Trautmannsdorf) angegeben. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. Die Spaltenbeschriftung „ges“ bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme.

E- Modul (N/m²)

	ges	SD (95%)
HmB	$2,1 \cdot 10^{10}$	$8,7 \cdot 10^9$
HoB	$1,9 \cdot 10^{10}$	$9,9 \cdot 10^9$

	ges Block 1	SD (95%)	ges Block 2	SD (95%)	% v. Block 1
HmB	$2,1 \cdot 10^{10}$	$7,3 \cdot 10^9$	$2,1 \cdot 10^{10}$	$1,1 \cdot 10^9$	100,0
HoB	$2,0 \cdot 10^{10}$	$6,6 \cdot 10^9$	$1,8 \cdot 10^{10}$	$1,0 \cdot 10^9$	88,6

bleibende Biegung (mm)

	ges	SD (95%)
HmB	0,06	0,11
HoB	0,17	0,35

	ges Block 1	SD (95%)	ges Block 2	SD (95%)	% v. Block 1
HmB	0,04	0,02	0,15	0,28	375
HoB	0,04	0,01	0,25	0,44	625

E – Modul (N/m²)

	KH	SD (95%)	LG	SD (95%)	TG	SD (95%)
HmB	$2,5 \cdot 10^{10}$	$3,8 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^{10}$	$5,6 \cdot 10^9$	$1,8 \cdot 10^{10}$	$1,1 \cdot 10^9$
HoB	$1,6 \cdot 10^{10}$	-	$2,3 \cdot 10^{10}$	$5,9 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^{10}$	$7,9 \cdot 10^9$

bleibende Biegung (mm)

	KH	SD (95%)	LG	SD (95%)	TG	SD (95%)
HmB	0,04	0,02	0,05	0,02	0,04	0,02

HoB	0,06	-	0,04	0,01	0,04	0,01
-----	------	---	------	------	------	------

3.4.2 Festigkeitsuntersuchung: Bruchspannung

Bei der Ermittlung der Bruchspannung konnte der Krottenhofteich $5,75 \text{ N/mm}^2 \pm 2,1$ erreichen, die Laimergrube $5,12 \text{ N/mm}^2 \pm 2,2$ und die Kläranlage an der Tangente $6,44 \text{ N/mm}^2 \pm 2,5$. Bei den natürlichen Standorten wurde beim Schilf aus dem Graben Mannersdorf $6,83 \text{ N/mm}^2 \pm 1,7$ gemessen, in der Lobau $5,67 \text{ N/mm}^2 \pm 1,3$ und im Wolfsgaben $7,90 \text{ N/mm}^2 \pm 2,8$. Aufgeteilt auf die einzelnen Anlagen zeigten sich im Krottenhofteich $6,41 \text{ N/mm}^2 \pm 3,2$ beim Einlauf, $5,41 \text{ N/mm}^2 \pm 1,7$ westlich der Mauer, $6,35 \text{ N/mm}^2 \pm 1,8$ östlich der Mauer und $5,18 \text{ N/mm}^2 \pm 1,7$ beim Auslauf. In der Laimergrube konnten beim Einlauf $5,88 \text{ N/mm}^2 \pm 3,4$ erreicht werden, im Mittelteil $4,83 \text{ N/mm}^2 \pm 0,8$ und beim Auslauf $4,68 \text{ N/mm}^2 \pm 1,4$. In der Kläranlage bei der Tangente wurde bei den Halmen im südlichen Einlaufbereich eine Bruchspannung von $8,22 \text{ N/mm}^2 \pm 2,1$ nachgewiesen, im mittleren Auslaufbereich von $6,15 \text{ N/mm}^2 \pm 1,3$ und im nördlichen Einlaufbereich von $5,19 \text{ N/mm}^2 \pm 3,8$.

Tab. 026: Vergleich der Bruchspannung in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) und an den natürlichen Standorten (Graben Mannersdorf, Hoher Spitz Lobau, Wolfsgaben Trautmannsdorf). Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. KH ges, LG ges und TG ges bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme aus der jeweiligen Anlage.

		Bruchspannung (N/mm^2)	SD (95%)
KH	ges	5,75	2,1
	Ein	6,41	3,2
	M. W.	5,41	1,7
	M. E.	6,35	1,8
	Aus	5,18	1,7

		Bruchspannung (N/mm^2)	SD (95%)
LG	ges	5,12	2,2
	Ein	5,88	3,4
	Mitte	4,83	0,8
	Aus	4,68	1,4

		Bruchspannung (N/mm ²)	SD (95%)
TG	ges	6,44	2,5
	Süd	8,22	2,1
	Mitte	6,15	1,3
	Nord	5,19	3,8

		Bruchspannung (N/mm ²)	SD (95%)
MD		6,83	1,7
LB		5,67	1,3
WG		7,90	2,8

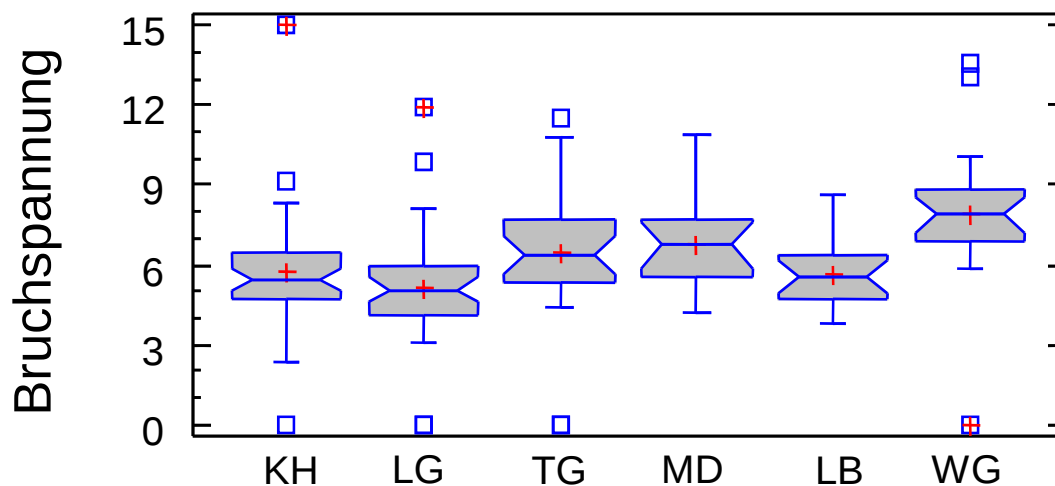


Fig. 040: Bruchspannung der Halme der Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage an der Tangente) und der Gruppe der natürlichen Standorte (Mannersdorf, Lobau, Wolfsgaben). Einheit: x N/mm². Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%.

Die Stengel aus dem Krottenhofteich wiesen mit 6,78 N/mm² ±6,3 im zweiten Untersuchungsjahr eine größere Bruchspannung auf als im ersten. Die Stengel der Laimergrube und der Kläranlage bei der Tangente wiesen mit 4,76 N/mm² ±8,6 bzw. 5,67 N/mm² ±3,8 niedrigere Werte als im Vorjahr auf. Im Detail betrachtet wurden im Krottenhofteich beim Einlauf 4,50 N/mm² ±3,6 gemessen, westlich der Mauer 4,68 N/mm² ±0,9 und östlich der Mauer 8,67 N/mm² ±5,1. In der Laimergrube erreichten die Stengel beim Einlauf 3,59 N/mm² ±4,1, im

Mittelbereich $5,96 \text{ N/mm}^2 \pm 4,4$ und beim Auslauf $3,87 \text{ N/mm}^2 \pm 3,9$. Bei der Kläranlage nahe der Tangente wurden im Südteil $7,34 \text{ N/mm}^2 \pm 3,0$, im mittleren Teil $5,57 \text{ N/mm}^2 \pm 4,9$ und im Nordteil $4,20 \text{ N/mm}^2 \pm 3,6$ ermittelt.

Tab. 027: Vergleich der Bruchspannung in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) von Block 2. Jeweils im Anschluß an den Wert wurde das Konfidenzintervall, sowie der Bezug von Block 2 zu Block 1 in % angegeben. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. Die Zeilenbeschriftung „ges“ bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme aus der jeweiligen Anlage.

Block 2:

		Bruchspannung (N/mm ²)	SD (95%)	% v. Block 1
KH	ges	6,78	6,3	117,91
	Ein	4,50	3,6	70,20
	M. W.	4,68	0,9	86,51
	M. E.	8,67	5,1	136,54

		Bruchspannung (N/mm ²)	SD (95%)	% v. Block 1
LG	ges	4,76	8,6	92,97
	Ein	3,59	4,1	61,05
	Mitte	5,96	4,4	123,40
	Aus	3,87	3,9	82,69

		Bruchspannung (N/mm ²)	SD (95%)	% v. Block 1
TG	ges	5,67	3,8	88,04
	Süd	7,34	3,0	89,29
	Mitte	5,57	4,9	90,57
	Nord	4,20	3,6	80,92

Die Bruchspannung bei Halmen mit Blüte lag beim Gesamtwert bei $6,12 \text{ N/mm}^2 \pm 3,1$, das war für Block 1 $6,15 \text{ N/mm}^2 \pm 2,1$ und für Block 2 $5,95 \text{ N/mm}^2 \pm 6,3$. Bei Halmen ohne Blüte betrug der Gesamtwert $5,42 \text{ N/mm}^2 \pm 5,5$, er setzt sich zusammen aus $5,76 \text{ N/mm}^2 \pm 3,1$ (Block 1) und $5,23 \text{ N/mm}^2 \pm 6,5$ (Block 2). Im Krottenhofteich konnten Halme mit Blüte $5,79 \text{ N/mm}^2 \pm 2,1$ erreichen, solche ohne $4,13 \text{ N/mm}^2$ (nur eine Messung). Bei der Laimergrube waren es 4,85

$\text{N/mm}^2 \pm 1,2$ (HmB) bzw. $5,54 \text{ N/mm}^2 \pm 3,0$ (HoB) und bei der Kläranlage unterhalb der Tangente $6,59 \text{ N/mm}^2 \pm 1,8$ (HmB) bzw. $6,22 \text{ N/mm}^2 \pm 3,4$ (HoB).

Tab. 028: Vergleich der Bruchspannung der Halme mit (HmB) und ohne Blüten (HoB) von Block 1 und Block 2, sowie der Bezug von Block 2 zu Block 1 in % . Im zweiten Teil der Tabelle wurde die Bruchspannung der Halme mit und ohne Blüten in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) und an den natürlichen Standorten (Graben Mannersdorf, Hoher Spitz Lobau, Wolfsgaben Trautmannsdorf) angegeben. Alle Angaben sind Mittelwerte. Das Konfidenzintervall beträgt 95%. Die Spaltenbeschriftung „ges“ bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme.

Bruchspannung (N/mm²)

	ges	SD (95%)
HmB	6,12	3,1
HoB	5,42	5,5

	ges Block 1	SD (95%)	ges Block 2	SD (95%)	% v. Block 1
HmB	6,15	2,1	5,95	6,3	96,75
HoB	5,76	3,1	5,23	6,5	90,80

Bruchspannung (N/mm²)

	KH	SD (95%)	LG	SD (95%)	TG	SD (95%)
HmB	5,79	2,1	4,85	1,2	6,59	1,8
HoB	4,13	-	5,54	3,0	6,22	3,4

3.4.3 Festigkeitsuntersuchung: Bruchstellen

Vergleicht man die kompletten Anlagen ohne ihre Unterteilungen, so zeigt sich, daß beim Krottenhofteich vier Halme an Stelle A brachen, zehn an Stelle B, einer an Stelle C und siebenundzwanzig an Stelle D. Bei der Laimergrube waren es bei A neun Stengel, bei B zwei, bei C drei und bei D zweiundzwanzig. In der Kläranlage an der Tangente brachen drei Stengel an Stelle A, sieben an B, drei an C und vierzehn an D. Etwas anders liegen die Verhältnisse bei den natürlichen Standorten. Beim Graben Mannersdorf wiesen zwei Halme Brüche an Stelle A auf, sechs an B, drei an C und vier an D. Bei den Pflanzen aus der Lobau brachen an Stelle A sieben Halme, an Stelle B einer, an C vier und an D fünf. Demgegenüber konnten im Wolfsgaben dreizehn Brüche an Stelle B verzeichnet werden und sechs an Stelle D, A und C zeigten hingegen keinen einzigen Bruch.

Tab. 029: Die Tabelle zeigt wie häufig es in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) und an den natürlichen Standorten (Graben Mannersdorf, Hoher Spitz Lobau, Wolfsgraben Trautmannsdorf) an den Bruchstellen A bis D zu Bruchereignissen kam.

	A	B	C	D
KH	4	10	1	27
LG	9	2	3	22
TG	3	7	3	14
MD	2	6	3	4
LB	7	1	4	5
WG	0	13	0	6

Stelle A

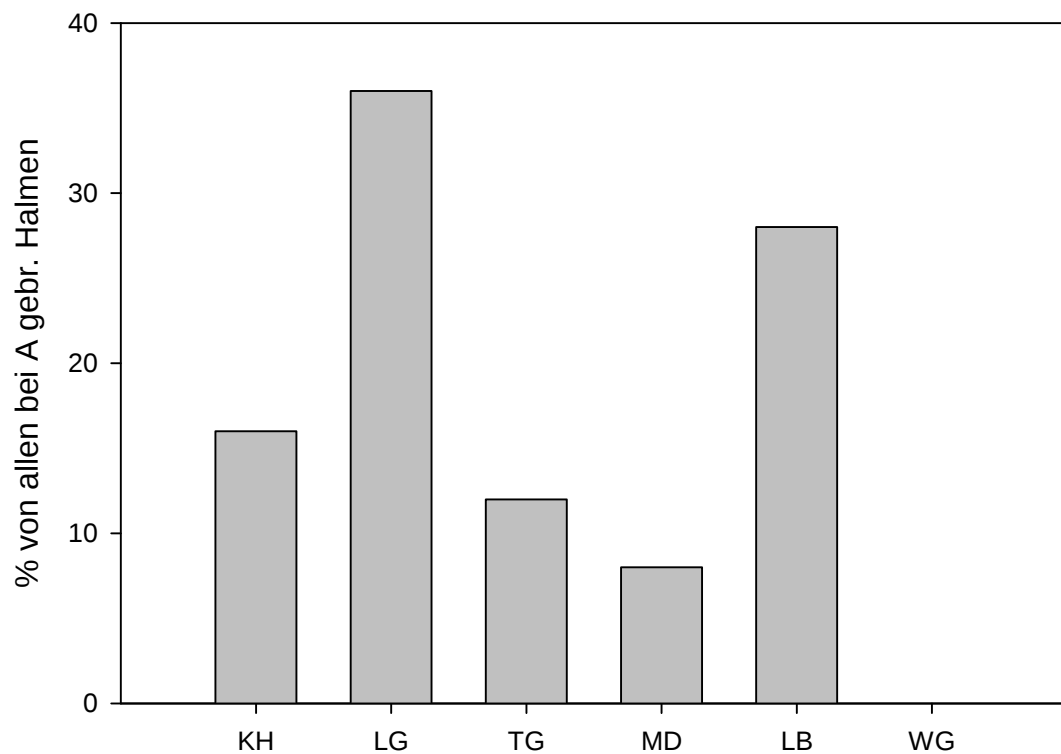


Fig. 041: Anzahl aller Halme die an Stelle A gebrochen sind aufgeteilt auf die einzelnen Standorte. Angaben in %.

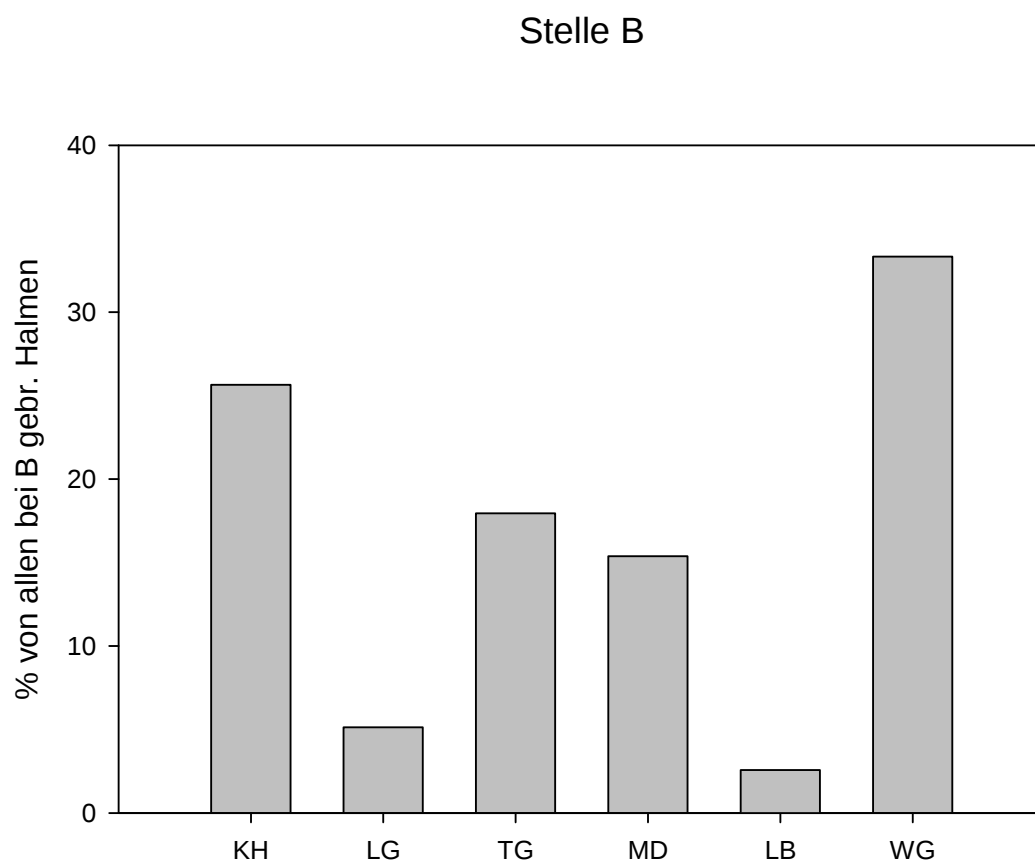


Fig. 042: Anzahl aller Halme die an Stelle B gebrochen sind aufgeteilt auf die einzelnen Standorte. Angaben in %.

Stelle C

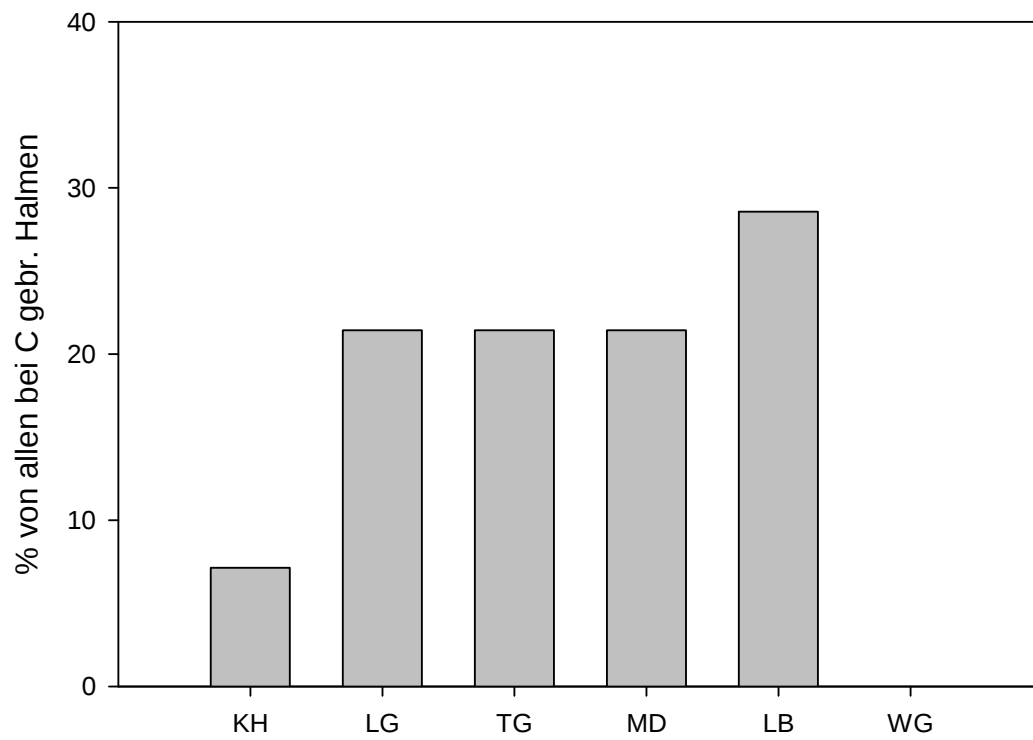


Fig. 043: Anzahl aller Halme die an Stelle C gebrochen sind aufgeteilt auf die einzelnen Standorte. Angaben in %.

Stelle D

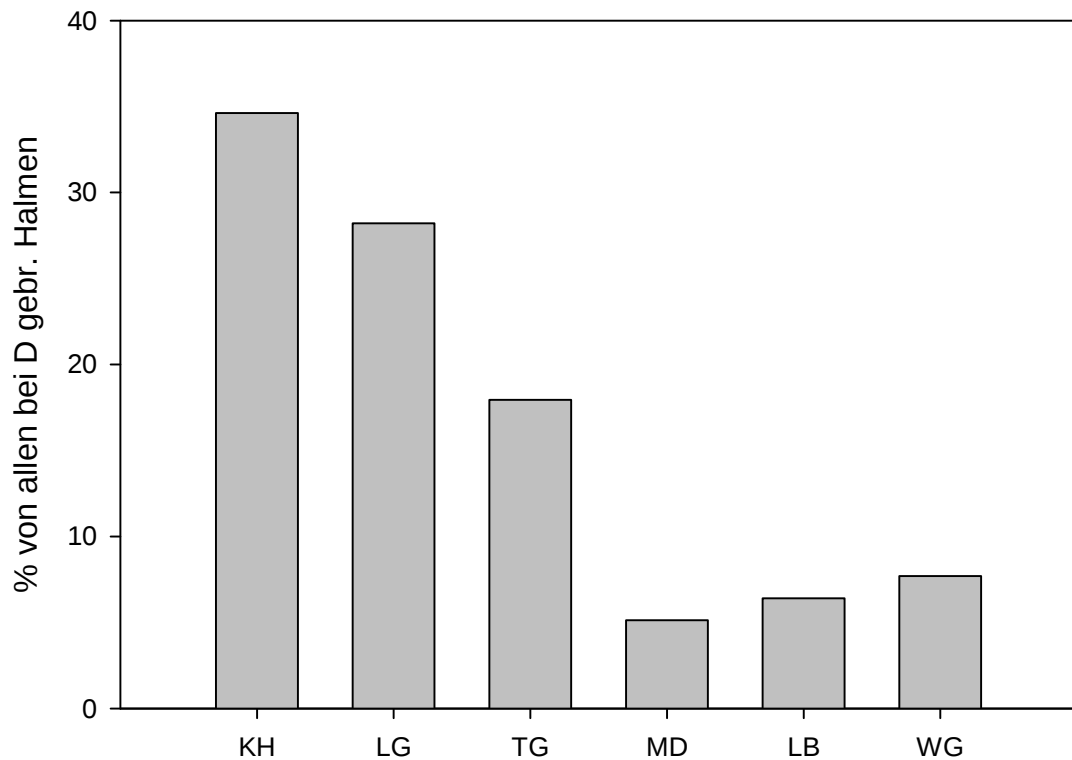


Fig. 044: Anzahl aller Halme die an Stelle D gebrochen sind aufgeteilt auf die einzelnen Standorte. Angaben in %.

Betrachtet man nun jede Anlage im einzelnen, so zeigte der Krottenhofteich beim Einlauf einen Bruch an A, einen an B und acht an D. Stelle C wies keinen Bruch auf. Im Bereich „Mauer West“ trat an C ebenfalls kein Bruch auf. An Stelle A kamen zwei Halme zu Bruch, an B einer und an D fünf. Östlich der Mauer brachen ein Stengel bei A, drei bei B und vier bei D. Auch hier trat bei Stelle C kein Bruch auf. Beim Auslauf hingegen brach an Stelle A kein einziger Halm, bei B fünf, bei C einer und bei D zehn.

Tab. 030: Die Tabelle zeigt wie häufig es im Krottenhofteich an den Bruchstellen A bis D zu Bruchereignissen kam. Im Anschluß an jeden Wert wurde angegeben, welchem prozentuellen Anteil an der Summe aller Brüche dieser Wert entspricht.

Krottenhofteich:

	A	A in %	B	B in %	C	C in %	D	D in %
Ein	1	10	1	10	0		8	80
M. W.	2	25	1	12,5	0		5	62,5
M. E.	1	12,5	3	37,5	0		4	50
Aus	0		5	31,25	1	6,25	10	62,5

Krottenhofteich

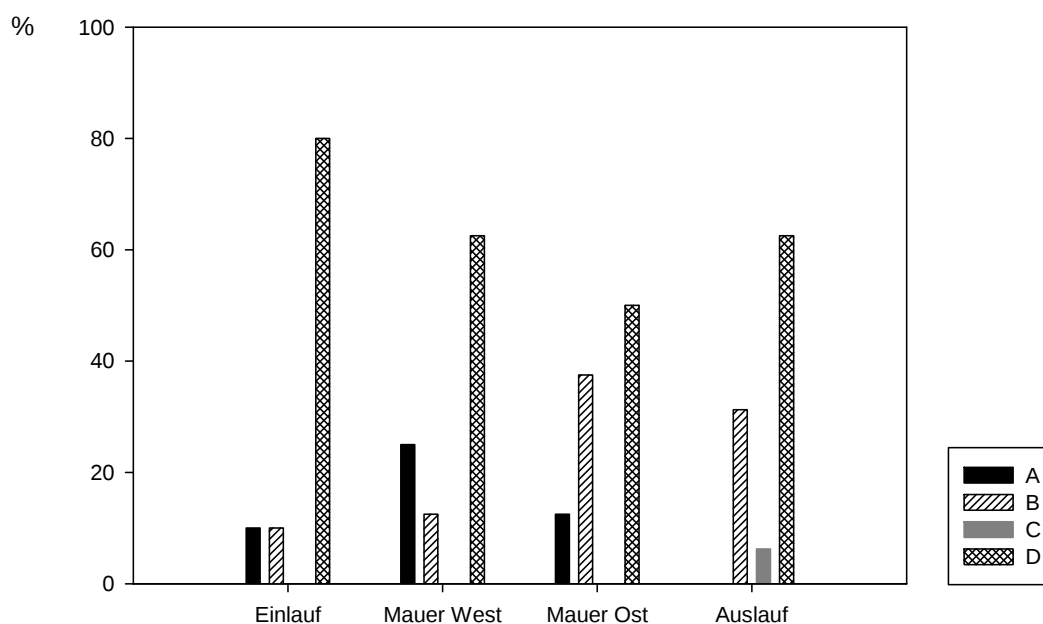


Fig. 045: Anzahl der Halme in Prozent die an den Positionen im Krottenhofteich an den jeweiligen Stellen gebrochen sind.

Besieht man den Einlauf der Laimergrube, so brach ein Halm an Stelle A, einer an B und zehn an D. An Stelle C gab es keinen Bruch. Im Mittelteil traten die Brüche nur an Stelle A (sechs) und an Stelle D (ebenfalls sechs) auf. An Stelle B und C brachen keine Halme. Beim Auslauf brachen zwei Stengel bei A, einer bei B, drei bei C und sechs bei D.

Tab. 031: Die Tabelle zeigt wie häufig es in der Laimergrube an den Bruchstellen A bis D zu Bruchereignissen kam. Im Anschluß an jeden Wert wurde angegeben, welchem prozentuellen Anteil an der Summe aller Brüche dieser Wert entspricht.

Laimergrube:

	A	A in %	B	B in %	C	C in %	D	D in %
Ein	1	8,33	1	8,33	0		10	83,33
Mitte	6	50	0		0		6	50
Aus	2	16,66	1	8,33	3	25	6	50

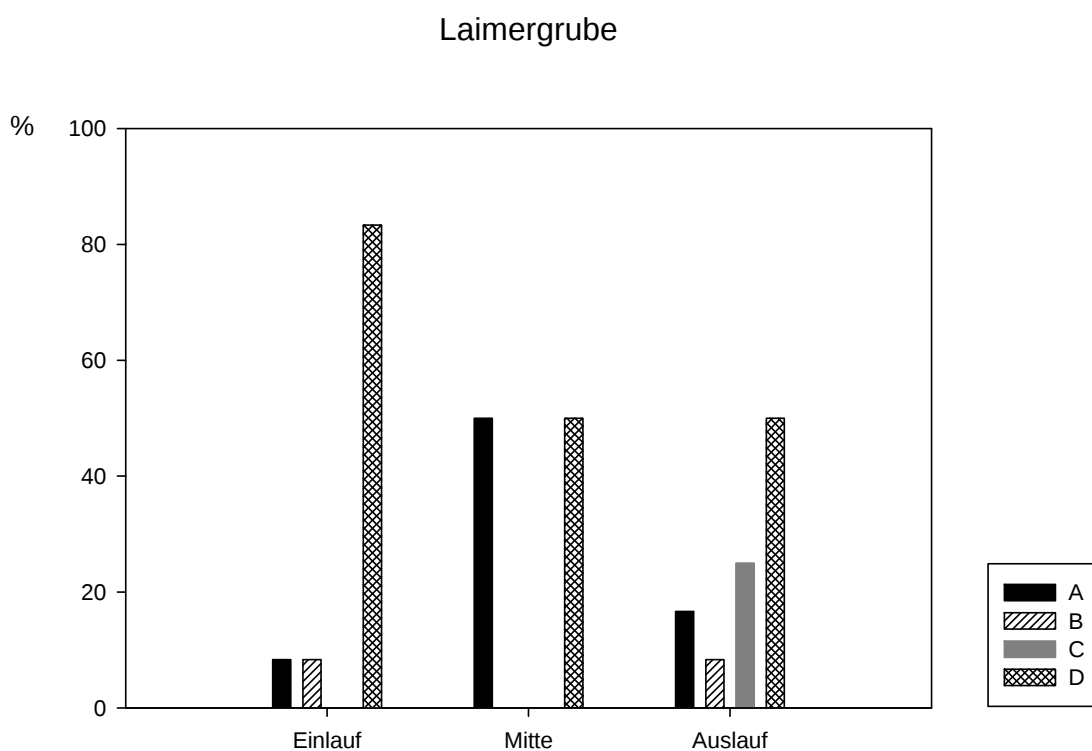


Fig. 046: Anzahl der Halme in Prozent die an den Positionen in der Laimergrube an den jeweiligen Stellen gebrochen sind.

In der Kläranlage bei der Tangente trat im nördlichen Einlaufbereich ein Bruch an Stelle A auf, einer an B und fünf an D. An Stelle C brach kein Stengel. Im mittleren Auslaufbereich brachen zwei Halme an A, sechs an B, drei an C und zwei an D. Im südlichen Einlaufbereich hingegen brachen alle sieben Halme an Stelle D. An den anderen Stellen traten keine Brüche auf.

Tab. 032: Die Tabelle zeigt wie häufig es in der Kläranlage bei der Tangente an den Bruchstellen A bis D zu Bruchereignissen kam. Im Anschluß an jeden Wert wurde angegeben, welchem prozentuellen Anteil an der Summe aller Brüche dieser Wert entspricht.

Kläranlage bei der Tangente:

	A	A in %	B	B in %	C	C in %	D	D in %
Süd	0		0		0		7	100
Mitte	2	15,38	6	46,15	3	23,07	2	15,38
Nord	1	14,29	1	14,29	0		5	71,28

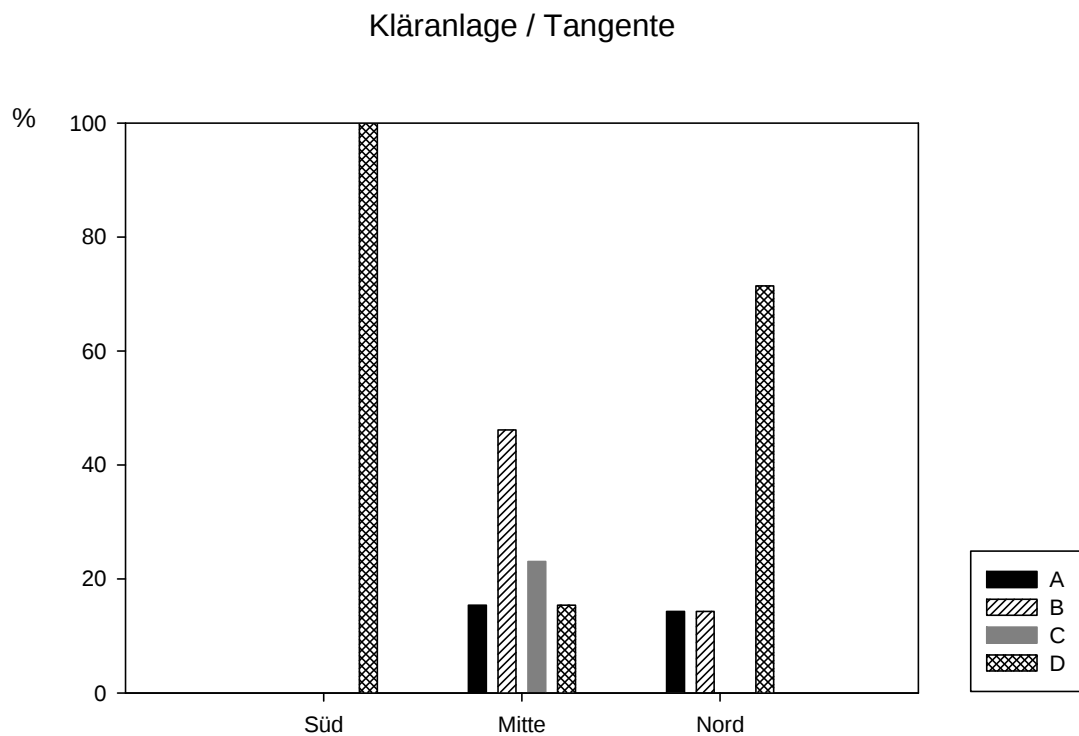


Fig. 047: Anzahl der Halme in Prozent die an den Positionen in der Kläranlage bei der Tangente an den jeweiligen Stellen gebrochen sind.

Nachfolgend in selbiger Darstellungsform nochmals die Werte der Gruppe der natürlichen Standorte:

Gruppe der natürlichen Standorte

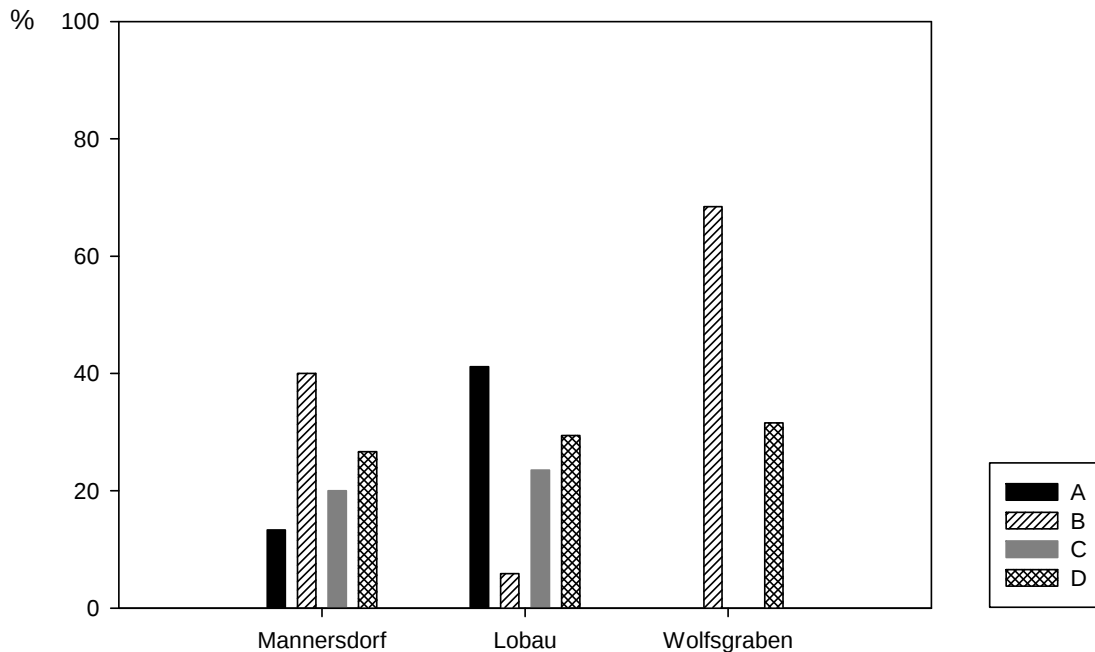


Fig. 048: Anzahl der Halme in Prozent die in der Gruppe der natürlichen Standorte (Mannersdorf, Lobau, Wolfsgraben) an den jeweiligen Stellen gebrochen sind.

Die Bruchstellen im zweiten Untersuchungsjahr verteilten sich im Krottenhofteich wie folgt. Beim Einlauf brach ein Halm an Stelle A und sieben Halme an Stelle D. Im Bereich „Mauer West“ waren es ebenfalls einer an Stelle A und sieben an Stelle D und im Bereich „Mauer Ost“ waren es drei an Stelle A und fünf an Stelle D. An den Stellen B und C brach kein Halm. Beim Einlauf der Laimergrube brachen an den Stellen A und B keine Stengel, an C waren es zwei und an D drei. Im Mittelteil brachen drei Pflanzen an Stelle A, keine an B und C und sieben an D. Im Auslaufbereich hingegen gab es an Stelle A keinen Bruch, einen an B, zwei an C und sechs an D. In der ehemaligen Kläranlage nahe der Tangente brachen die Halme im südlichen Einlaufbereich überhaupt nur an Stelle D (zehn Stück) und im nördlichen Einlaufbereich mit ebenfalls zehn Stück beinahe ebenfalls nur an D. Lediglich ein einziger Halm zeigte an Stelle C seine Bruchstelle. Im mittleren Auslaufbereich hingegen waren die Brüche etwas besser verteilt. An den Stellen A und C kam es je einmal zum Bruch, an D dreimal und an B gar nicht.

Tab. 033: Die Tabelle zeigt wie häufig es im Untersuchungsblock 2 in den Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente) an den Bruchstellen A bis D zu Bruchereignissen kam. Im Anschluß an jeden Wert wurde angegeben, welchem prozentuellen Anteil an der Summe aller Brüche dieser Wert entspricht.

Krottenhofteich Block 2:

	A	A in %	B	B in %	C	C in %	D	D in %
Ein	1	12,5	0		0		7	87,5
M. W.	1	12,5	0		0		7	87,5
M. E.	3	37,5	0		0		5	62,5

Laimergrube Block 2:

	A	A in %	B	B in %	C	C in %	D	D in %
Ein	0		0		2	40	3	60
Mitte	3	30	0		0		7	70
Aus	0		1	11,1	2	22,2	6	66,6

Kläranlage bei der Tangente Block 2:

	A	A in %	B	B in %	C	C in %	D	D in %
Süd	0		0		0		10	100
Mitte	1	20	0		1	20	3	60
Nord	0		0		1	9,1	10	90,9

Über die Gesamtsumme aller blühenden Halme kam es bei achtundzwanzig an Stelle A zum Bruch, bei achtunddreißig an Stelle B, bei vierzehn an Stelle C und bei vierundsiebzig an Stelle D. Bei den nicht blühenden brachen sechs an Stelle A, zwei an Stelle B, sechs an Stelle C und dreiundsechzig an Stelle D. Sieht man sich die blühenden Halme aus Block 1 an, so kam es bei dreiundzwanzig an Stelle A, bei achtunddreißig an Stelle B, bei vierzehn an Stelle C und bei fünfundfünfzig an Stelle D zum Bruch. Von den Stengeln ohne Rispenbildung brachen zwei an Stelle A, einer an Stelle B und vierundzwanzig an Stelle D. Bei Stelle C kam es in dieser Gruppe nicht zum Bruch. Auch in Block 2 konnte bei den blühenden Pflanzen an den Stellen B und C kein Bruch nachgewiesen werden. Fünf Halme brachen bei Stelle A und neunzehn bei Stelle D. Beim nicht blühenden Schilf kam es in Block 2 in vier Fällen an Stelle A zum Bruch, in einem Fall an Stelle B, in sechs an Stelle C und in neununddreißig Fällen an Stelle D. Unterteilt nach Anlagen brachen im Krottenhofteich vier der blühenden Halme bei A, zehn bei B, einer bei C und siebenundzwanzig bei D. Es gab nur einen einzigen nicht blühenden Halm welcher seine Bruchstelle bei B hatte. Von den rispentragenden Halmen der Laimergrube brachen acht Stück

bei A, einer bei B, drei bei C und neun bei D. Die Stengel ohne Blüte brachen mit dreizehn Stück vor allem bei D, sowie je einer bei A und B. An Stelle C kam es nicht zum Bruch. In der ehemaligen Kläranlage an der Tangente brachen zwei blühende Halme bei A, sieben bei B, drei bei C sowie vier bei D. Von den nicht blühenden brach einer bei A und zehn bei D. Auch hier gab es bei B und C keine Brüche.

Tab. 034: Die Tabelle zeigt wie häufig es bei blühenden (HmB) und nicht blühenden Halmen (HoB) an den Bruchstellen A bis D zu Bruchereignissen kam. Im Anschluß an die Gesamtübersicht über alle Halme mit und ohne Blüte wurden die Werte aufgeteilt auf Block 1 und 2 dargestellt. Der zweite Teil der Tabelle zeigt die Werte aufgeteilt auf die einzelnen Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente). An den natürlichen Standorten (Graben Mannersdorf, Hoher Spitz Lobau, Wolfsgraben Trautmannsdorf) wurden keine Halme ohne Blüten entnommen. Die Zeilenbeschriftung „ges“ bezeichnet die Werte gemittelt über alle Halme.

		A	B	C	D
HmB	ges	28	38	14	74
HoB		6	2	6	63

		A	B	C	D
HmB	ges Block 1	23	38	14	55
HoB		2	1	0	24

		A	B	C	D
HmB	ges Block 2	5	0	0	19
HoB		4	1	6	39

		A	B	C	D
HmB	KH	4	10	1	27
HoB		0	0	0	0

		A	B	C	D
HmB	LG	8	1	3	9
HoB		1	1	0	13

		A	B	C	D
HmB	TG	2	7	3	4
HoB		1	0	0	10

3.5 Halmbiometrische Untersuchung mittels Micro-CT

Betrachtet man den Knoten zunächst im Längsschnitt, so sieht man, als das wohl offensichtlichste Merkmal, zuerst die nach oben durchgebogene Querplatte, welche als „Membran“ mit darauf aufgelagerten Verstärkungselementen erscheint.

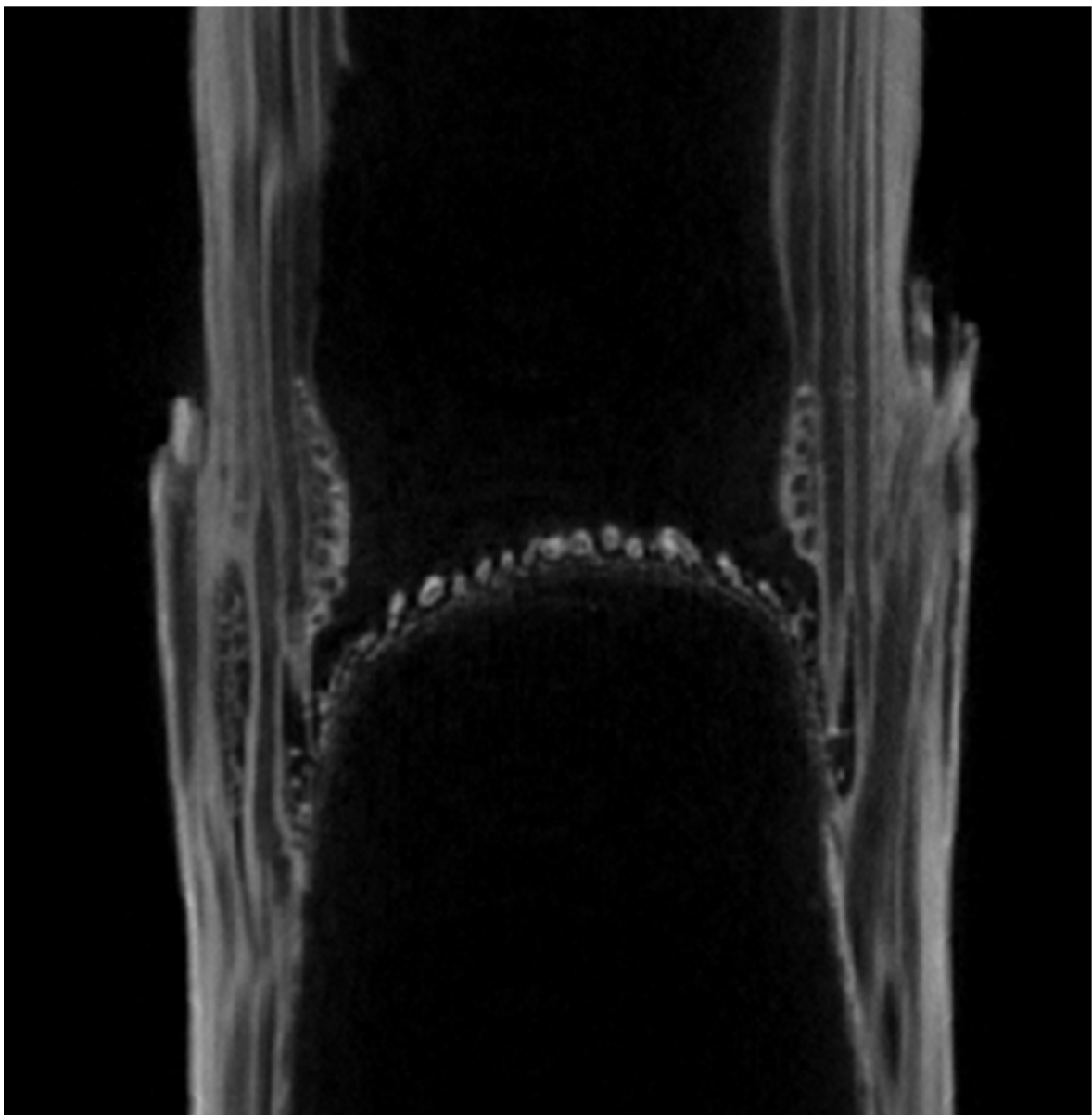


Fig. 049: Längsschnitt durch einen Halm mit der Querplatte. Gut sichtbar ist, daß die Verstärkungen auf einer dünnen Struktur obenauf gelagert sind.

Diese Verstärkung bildet sich aus abzweigenden Leitsträngen, welche teils von oben, teils von unten in die Platte einmünden.

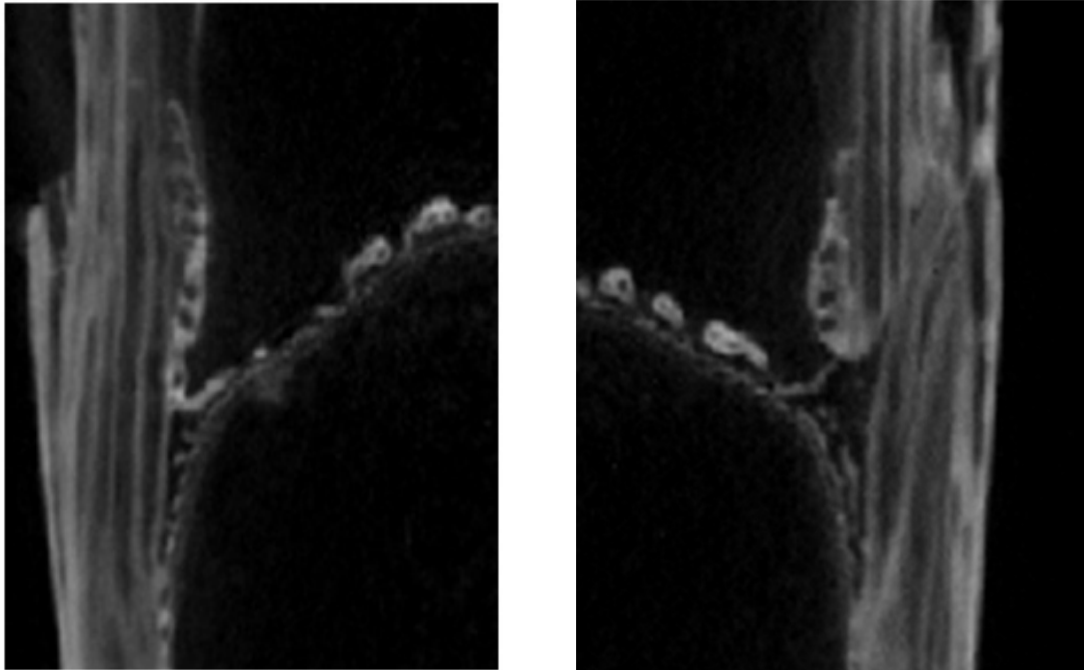


Fig. 050 und 051: Auf der linken Abbildung sieht man die Verstärkungselemente von oben in die Querplatte einmünden. Auf der rechten Abbildung sieht man die Strukturen von oben und unten einmünden.

Unterhalb dieser Kuppel zeigt sich an der Halmwand eine Verdickung, die lediglich aus einem kleinen, wellenförmig nach innen gehenden Verlauf der Wandstruktur besteht.

Direkt über der Querplatte befindet sich eine zweite, weitaus auffälligere Verdickung, in der man die quer verlaufenden Gefäßbündel im Anschnitt sieht, und die als innerer oder transversaler Gefäßbündelring bezeichnet wird. In diesem, für Gräser typischen Merkmal, sieht man zahlreiche Leitbündel ein- oder ausmünden, wie an den rund angeschnittenen Strukturen im Ring ersichtlich wird.

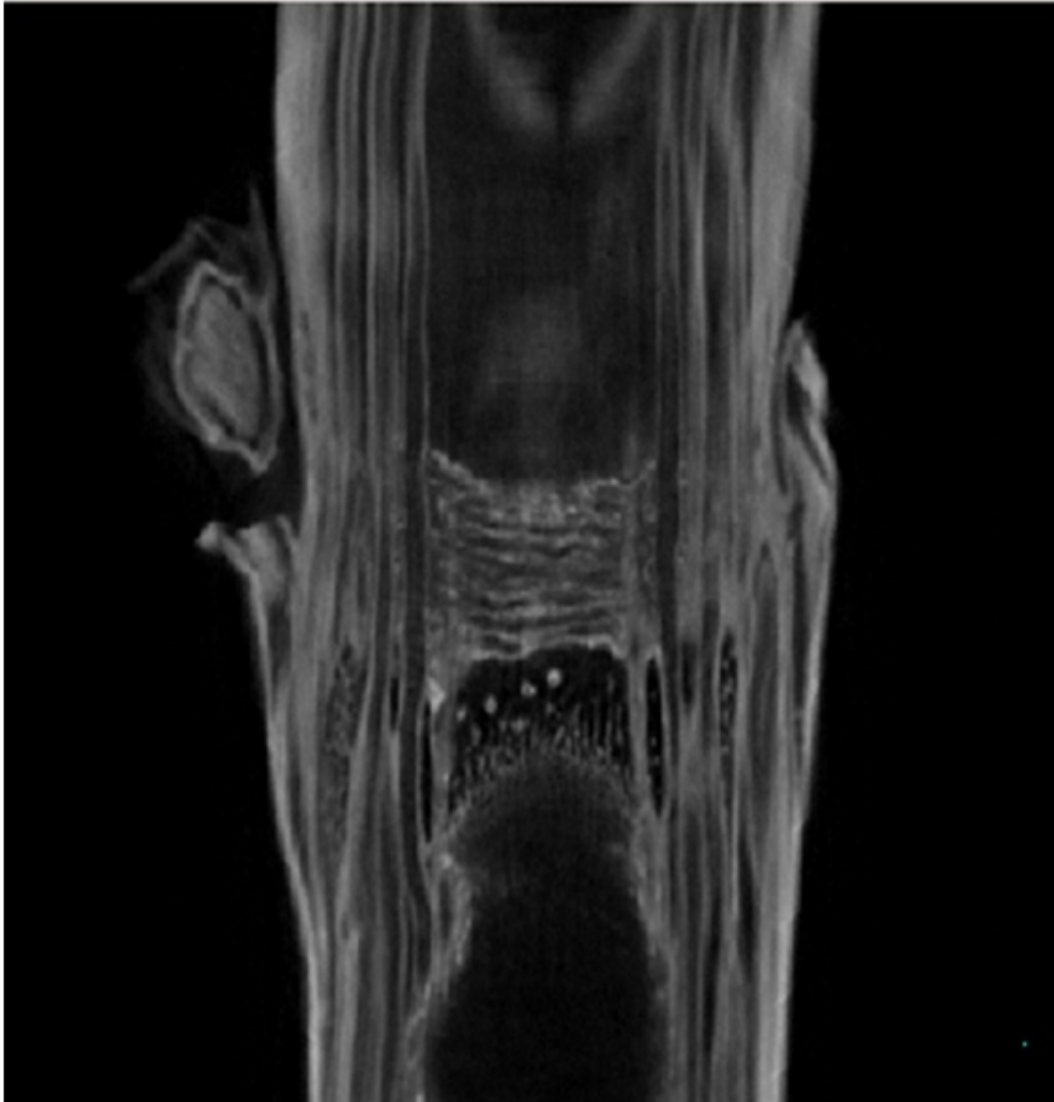


Fig. 052: Transversaler Gefäßbündelring. Die Abbildung wurde so gewählt, daß die äußere Wand bereits nicht mehr sichtbar ist und man direkt von außen auf den Ring blickt.

Diese Ringstruktur scheint innen an der Halmwand aufzuliegen, aber teils sieht man hinter den ersten Gefäßbündeln weiteres Füllmaterial liegen, das ein Teil des Ringes sein könnte.



Fig. 053: An dieser Stelle sieht es so aus, als ob das Gewebe des transversalen Gefäßbündelringes auch hinter einer Längsfaser vorbei geht.

Circa 0,5 mm oberhalb kann abermals eine, der ersten Wandeinbuchtung ähnliche, Verdickung erscheinen, die den Halm verstärkt.

Weiters kann man zumeist recht gut eine Blattansatzstelle mit der dazugehörigen Blattlücke erkennen welche sich von unten innen nach außen oben zieht.

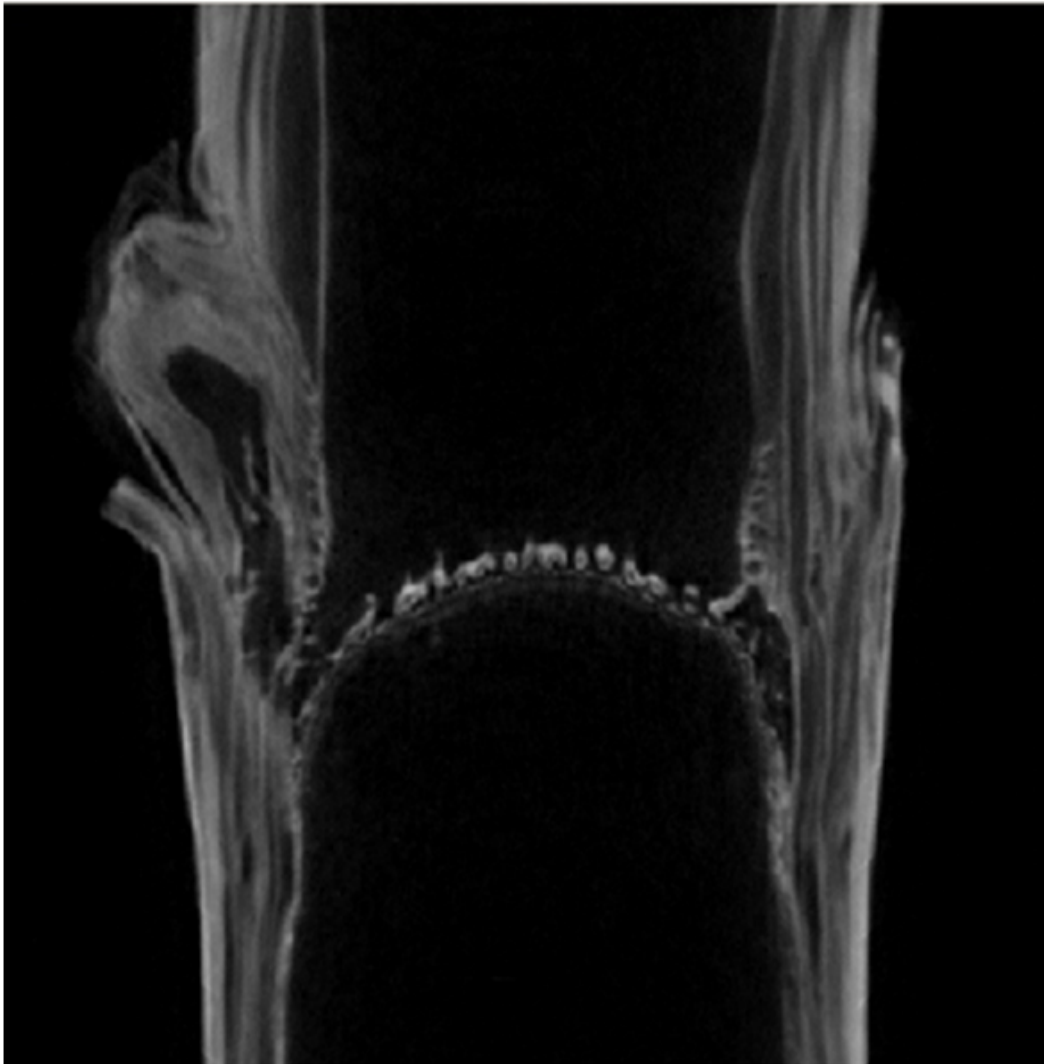


Fig. 054: Links am Halm sieht man eine sogenannte Blattlücke.

An der Außenseite des Halmes sind die Leitbündel solcherart angeordnet, daß sich zwischen ihnen leer erscheinende Spalten bilden. Das ganze Gewebe zeigt hier also eine vage netzförmige Struktur.

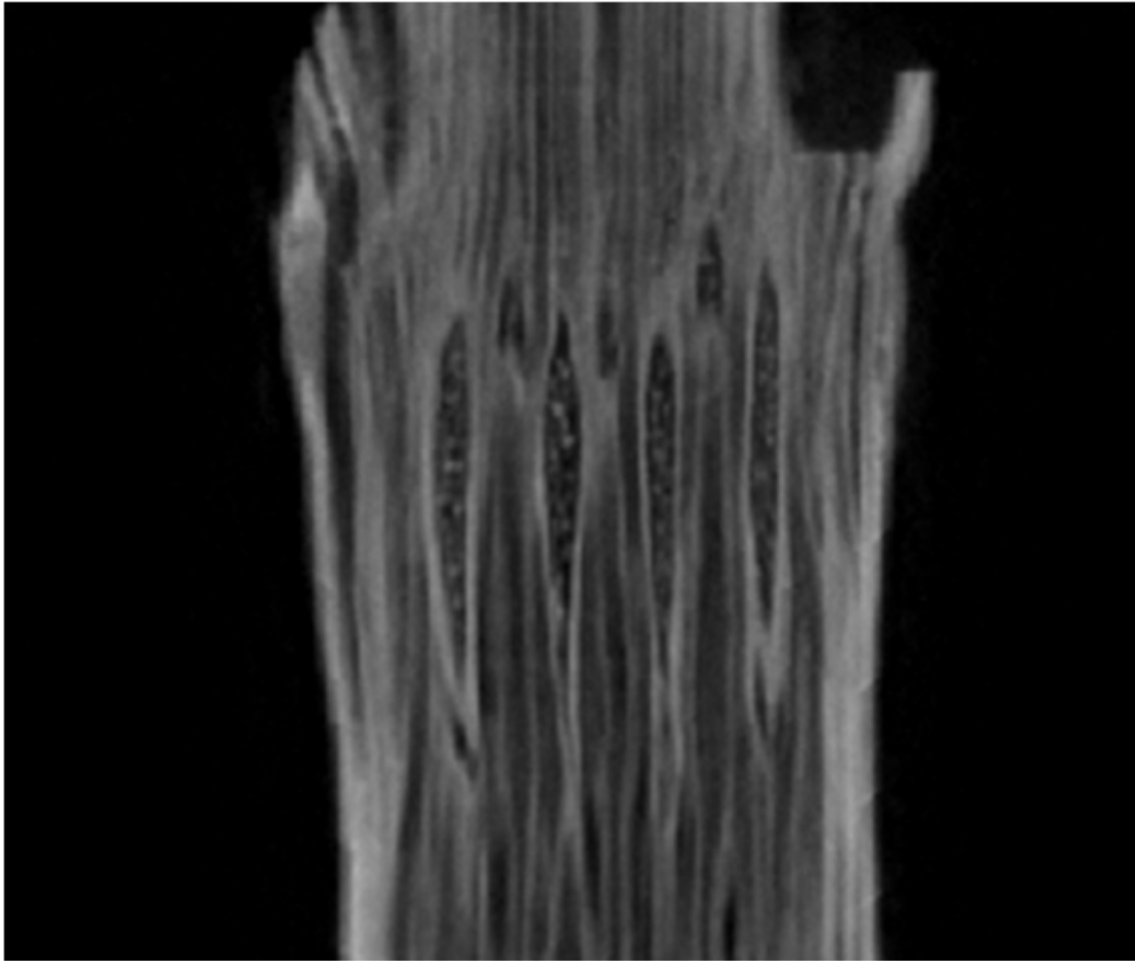


Fig. 055: Blickt man von außen auf den Halm sieht man spaltartige Strukturen. Diese befinden sich in etwa in der Höhe, in der sich die Kuppel vom Stengel ablöst.

Wendet man sich nun den Abbildungen der Querschnitte zu, so sieht man, daß die Gefäßbündel unterhalb des Knotens relativ gleichmäßig über den ganzen Halm verteilt sind, sich hingegen direkt im Knoten zu hufeisenförmigen Strukturen zusammenlagern. Oberhalb des Knotens sind sie wieder gleichmäßiger verteilt, zeigen aber eine deutliche Konzentration an der Halmaußenseite.

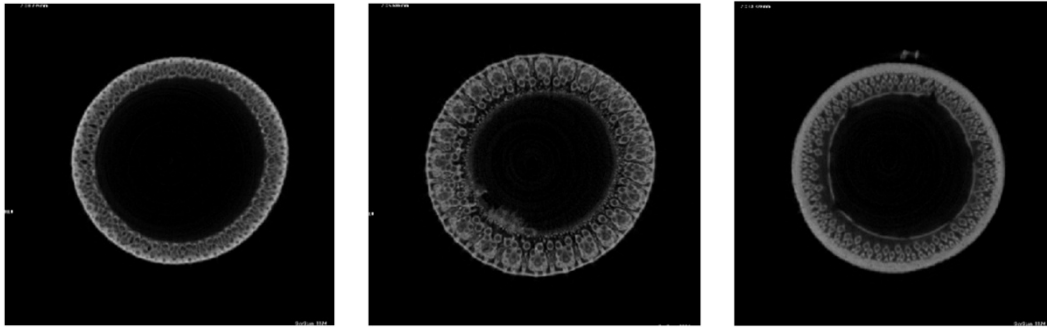


Fig. 056 – 058: Links ein Querschnitt durch den Halm unterhalb des Knotens, in der Mitte ein Querschnitt durch den Halm im Knoten und rechts ein Querschnitt durch den Halm oberhalb des Knotens.

Die Anzahl der einzelnen Leitbündel ändert sich dabei nicht. Soweit es die sichtbaren Strukturen, also solche die ausreichend Dichte besitzen, betrifft, kommen über die gesamte Länge des Knotens weder neue Bündel dazu, noch verringert sich ihre Zahl. Selbst an Stellen, an denen sie andere Strukturen versorgen, biegen sie nicht einfach ab, sondern bilden eine Verzweigung. Des weiteren ist zu bemerken, daß periphär liegende Gefäßbündel auch außen bleiben und innenliegende innen. Sie können im Knoten zwar leicht verschoben werden und kurzzeitig nebeneinander liegen, wandern dann aber rasch wieder zu ihrem Platz zurück. Eine Kreuzung der Leitstränge konnte im Querschnitt nie beobachtet werden, obwohl sie sich im Längsschnitt vage andeutet. Es könnte sich hierbei um ein Problem des Kontrastes, also der Sichtbarmachung handeln. Betrachtet man nochmals die Abbildungen Nr. 059 und 060, bzw. ein Detail der Ringstruktur, so läßt sich durchaus auf eine Überkreuzung schließen. Da man es den Abbildungen nicht mit letzter Sicherheit entnehmen kann, ist dieser Punkt momentan leider nicht abzuklären.

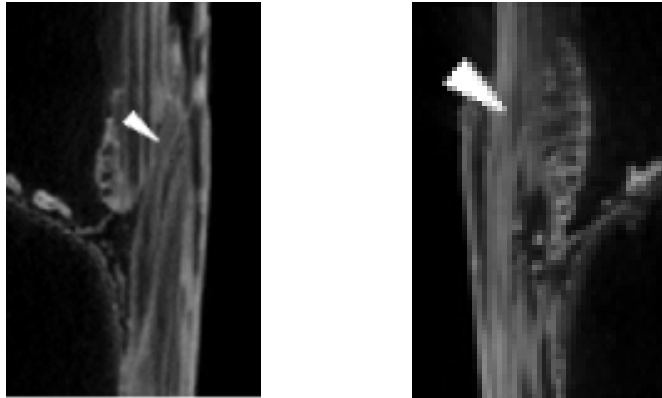


Fig. 059 und 060: Im linken Bild sieht es so aus, als würde ein Gefäß ein anderes kreuzen. Im rechten scheint es, als ob von unten kommende Gefäße in den transversalen Gefäßbündelring einmünden und dabei Längsfasern kreuzen. Für eine genauere Abklärung wären weitere Untersuchungen nötig.

Ein interessantes Detail liegt in der bereits kurz erwähnten Dichteverteilung des Stengelmaterials. Obwohl *P. australis* zu jenen Grasarten gehört, die keinen Sklerenchymzylinder besitzen, bildet sich sowohl ober- als auch unterhalb des Knotens eine stark sklerenchymatisierte Parenchymschicht unter der Rinde aus. Direkt im Bereich des Knotens liegt dieses sehr dichte Material nun nicht mehr am äußeren Rand des Halmes, sondern verteilt sich über den ganzen Stengelquerschnitt, wie man an den Figuren 056 - 058 gut erkennt.

Nimmt man nun die Spitze der von der Querplatte gebildeten Kuppel als Bezugslinie an, so sieht man, daß sich die auffälligen, hufeisenförmigen Strukturen im Stengel circa 5 – 6 mm unterhalb bilden. Dies ist der Bereich, wo sich die Kuppel von der Wand ablöst. Dieses Merkmal entsteht aus der Zusammenlagerung von acht bis 10 großen, erkennbaren Gefäßbündeln, vier bis fünf pro Schenkel der hufeisenartigen Struktur, sowie einer ganzen Anzahl von kleinen, nicht einzeln erfaßbaren Bündeln, die an der hinteren Rundung der Gruppierung, also direkt unter der Rinde sitzen. An dieser Stelle kommt es nun zur Bildung der Blattscheide, indem sich die äußerste Schicht des Halmes leicht abhebt, und sich zuerst der, bis dahin völlig leer wirkende, dreiecksförmige Bereich zwischen den hufeisenartigen Gruppierungen nach außen schiebt. Diese bilden die ersten Blattspurstränge im neu entstehenden Blatt.

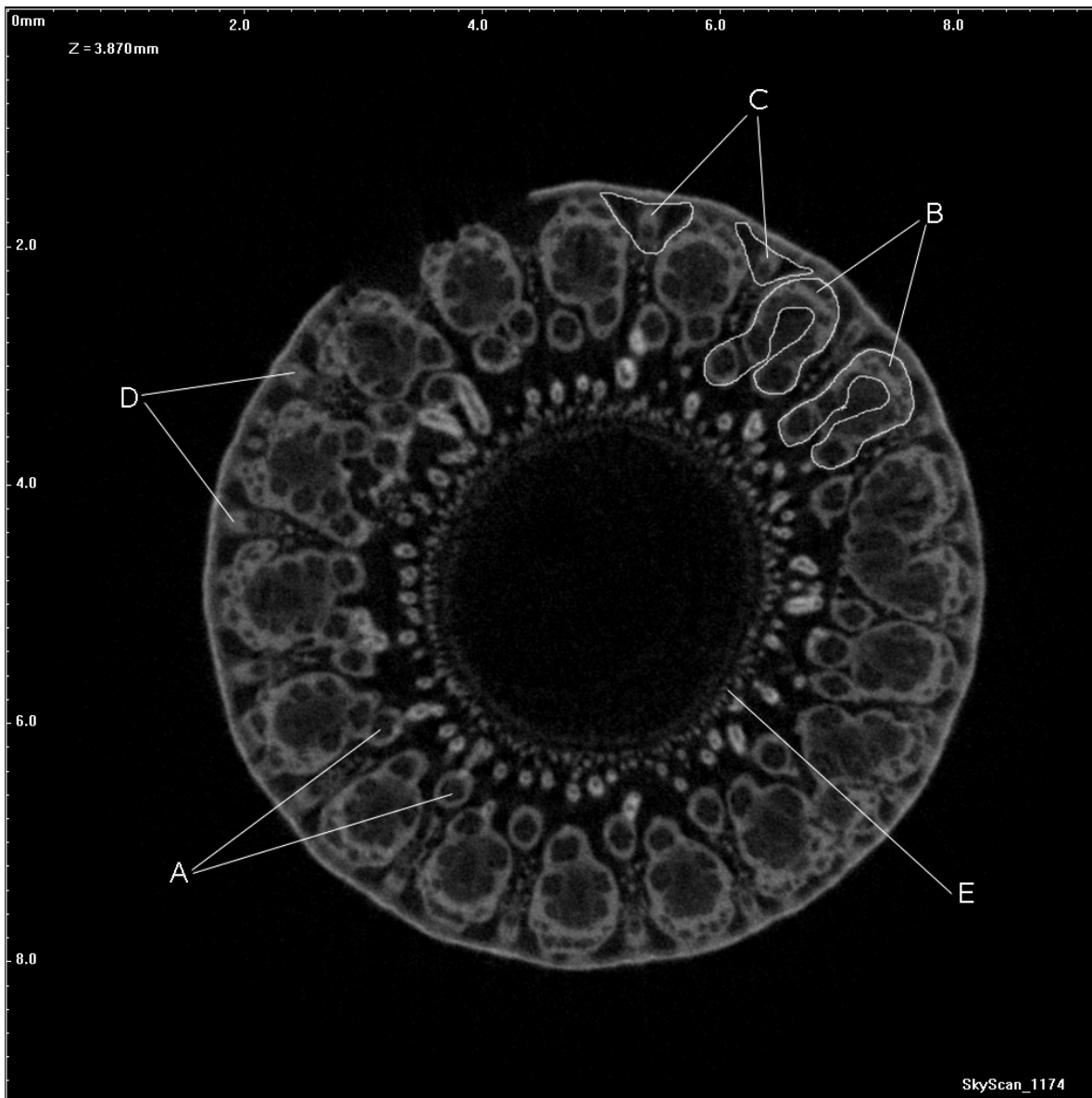


Fig. 061: Die Bildung der Blattscheide setzt gerade ein. Die Gefäßbündel (A) haben sich zu Gruppen formiert die hufeisenartige Form besitzen, und mit dem Bogen nach außen angeordnet sind (B). Aus den dreiecksförmigen Bereichen zwischen diesen Strukturen (C) treten die ersten Blattspurstränge (D) aus dem Halm ins Blatt über. Der kleinere, feiner strukturierte Kreis in der Mitte ist eine Schnittprojektion durch die kuppelförmige Querplatte (E).

Beinahe zeitgleich schieben sich nun zwischen diese größeren Stränge noch jeweils zwei kleinere hinein. Diese gehen vom Rücken der beiden Schenkel der hufeisenartigen Struktur zum Blatt hin ab.

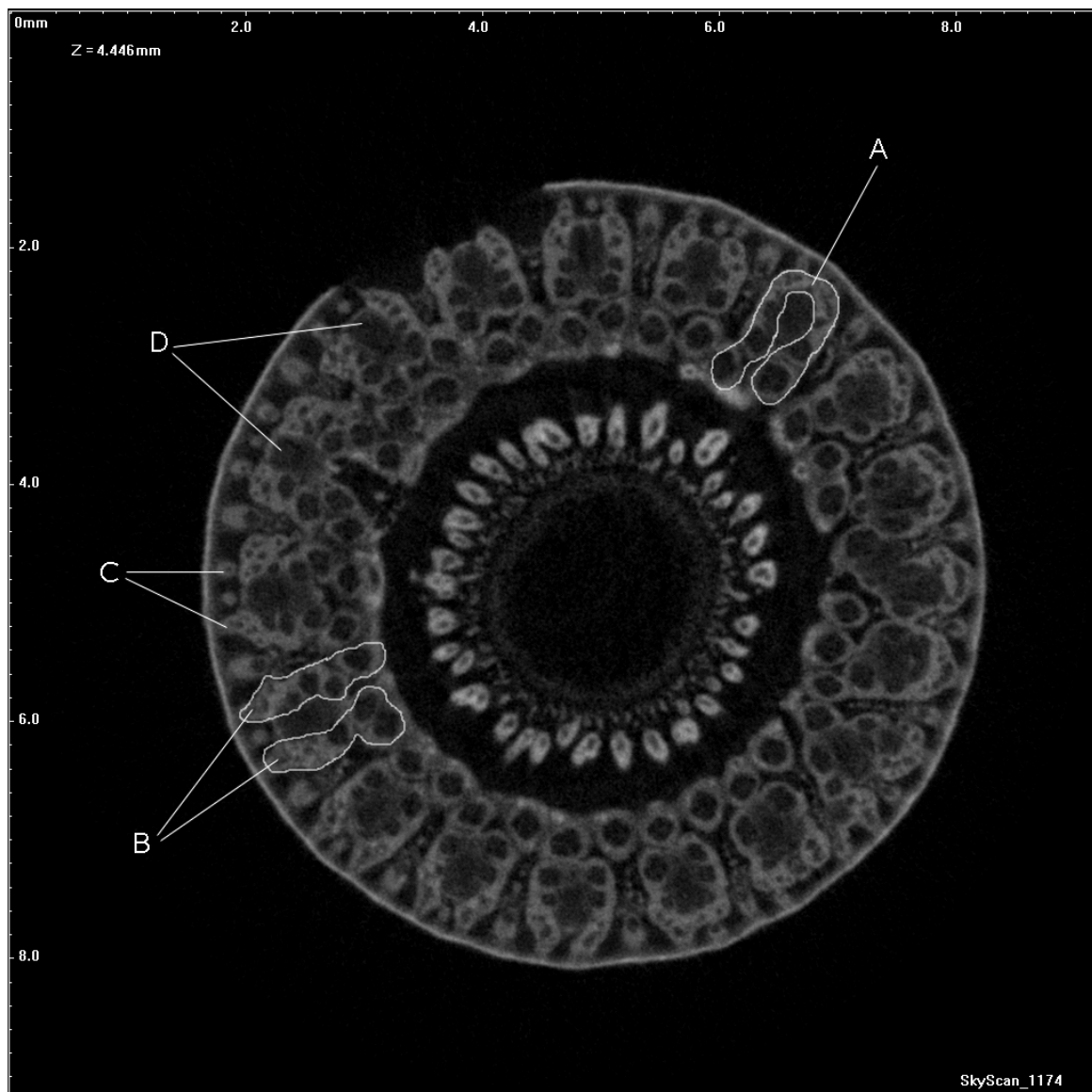


Fig. 062: Teils sind die Gefäßbündel-Gruppen noch geschlossen (A), teils öffnen sie sich schon (B). An den offenen Enden treten die kleineren Blattspurstränge in die Blattscheide ein (C), und auch der Innenteil der Struktur beginnt an manchen Stellen bereits ins Blatt zu wandern (D). Innen sieht man wiederum die Schnittprojektion der Kuppel.

Danach legen sich die beiden Schenkel des Gebildes aneinander, und die hufeisenförmige Struktur öffnet sich an der periphär liegenden Rundung. Sie entläßt den, bislang ebenfalls völlig unauffällig aussehenden, Innenteil der Leitbündelgruppe nach außen ins Blatt, wodurch sich eine weitere Reihe von großen Gefäßbündeln zwischen die eben erst angelegte zweite Serie schiebt. Bei diesen zuvor so unauffälligen, „leer“ erscheinenden, Bereichen muß es sich also um

kontrastarmes Parenchym handeln. Aus diesem Areal entwickeln sich dann Blattspurstränge und nur an diesen Stellen konnte eine Kreuzung der Leitbündel eindeutig beobachtet werden.

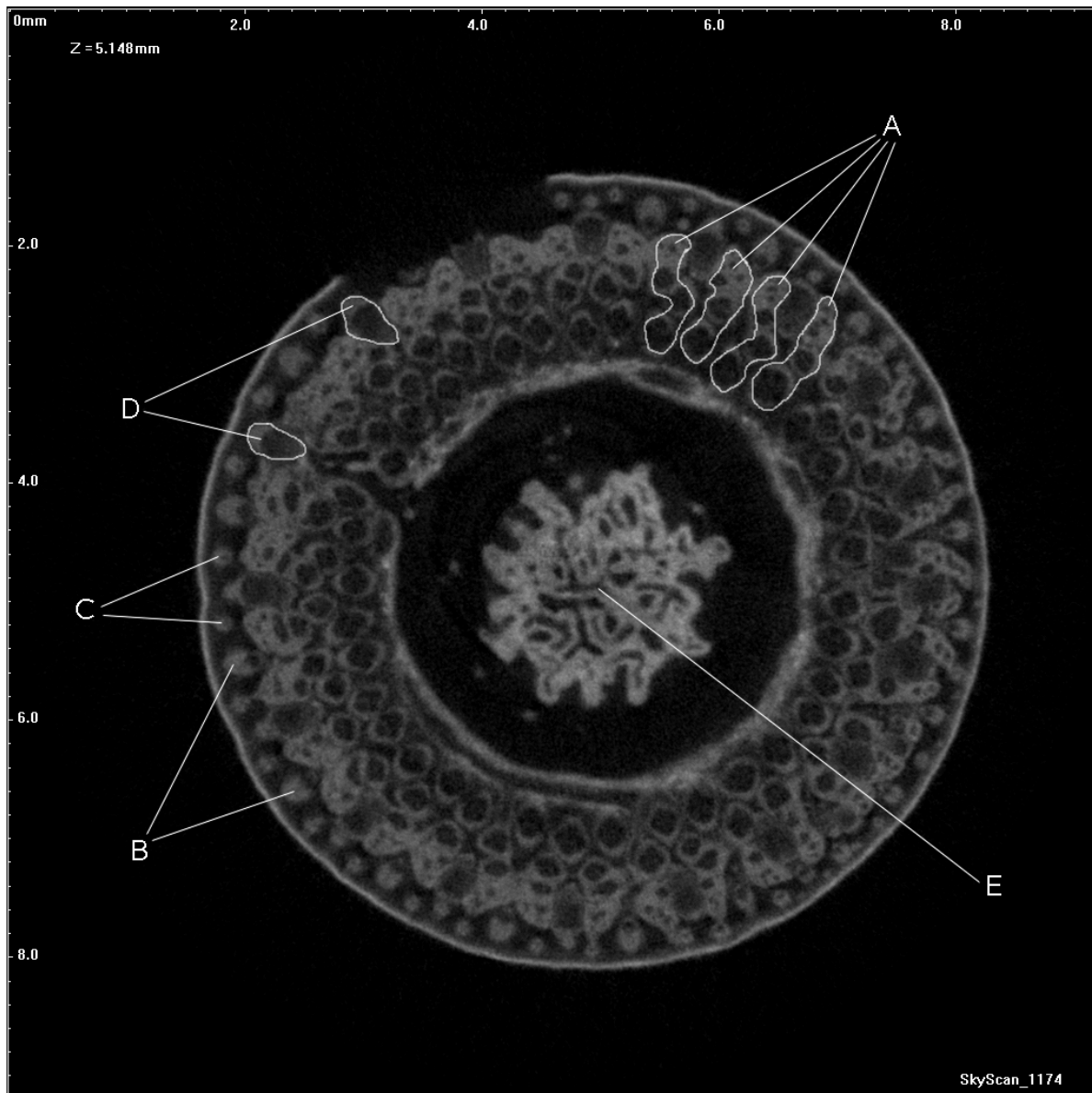


Fig. 063: Die hufeisenförmigen Strukturen sind jetzt voll geöffnet und beginnen sich bereits aufzulösen (A). Alle Leitbündel des Blattes sind bereits gut sichtbar, jene aus den dreieckigen Zwischenräumen (B) sind etwas größer als die, die direkt von den Schenkeln der „Hufeisen“ kommen (C). Dazwischen liegen die zuletzt dazugekommenen Bündel aus dem Innenteil der Struktur (D). In der Mitte des Halmes sieht man noch die Kuppel der Querwand (E).

Unmittelbar nachdem die Blattscheide angelegt wurde, löst sich diese hufeisenartige Struktur auf, sodaß sich die Gefäßbündel wieder gleichförmig über den ganzen Stengelquerschnitt verteilen. Während der Bildung der Blattscheide wird im Halm noch die sogenannte Blattlücke angelegt, welche zwar mit lockerem Parenchym gefüllt ist, im Röntgenbild aber mangels dichtem Material leer erscheint. Im Falle von Schilf wird nur eine einzige Blattlücke angelegt (unilacunar), die sich von unten innen nach oben außen erstreckt. Direkt beim Austritt dieser Blattlücken-Struktur aus dem Stengel kann man noch das mehr oder minder gut ausgebildete Auge feststellen.

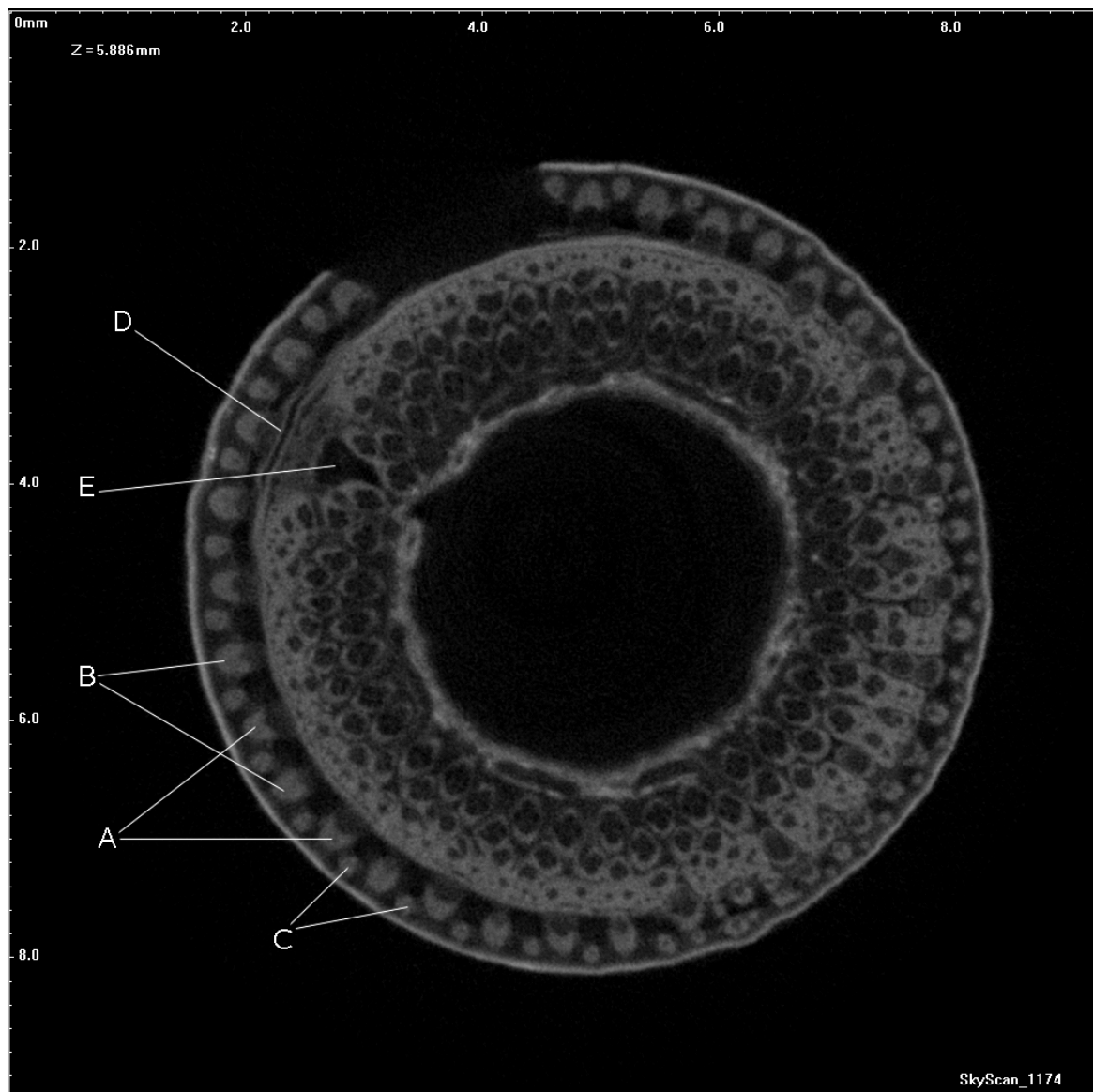


Fig. 064: Die Gefäßbündel sind an dieser Stelle (rund 1 mm über der Kuppelspitze) wiederum gleichmäßig verteilt. Die hufeisenartigen Gefäßbündelgruppen haben sich aufgelöst, und die Blattbildung ist erfolgt. Abwechselnd liegen die Blattspurstränge aus den hufeisenförmigen Strukturen (A) und den dreieckigen Zwischenräumen (B) im Blatt. Dazwischen liegen jeweils die kleineren Gefäßbündel, die vom Rücken der geöffneten Gruppe abgegeben wurden (C). Im linken oberen Viertel bildet sich bereits das Auge (D) und die Blattlücke (E).

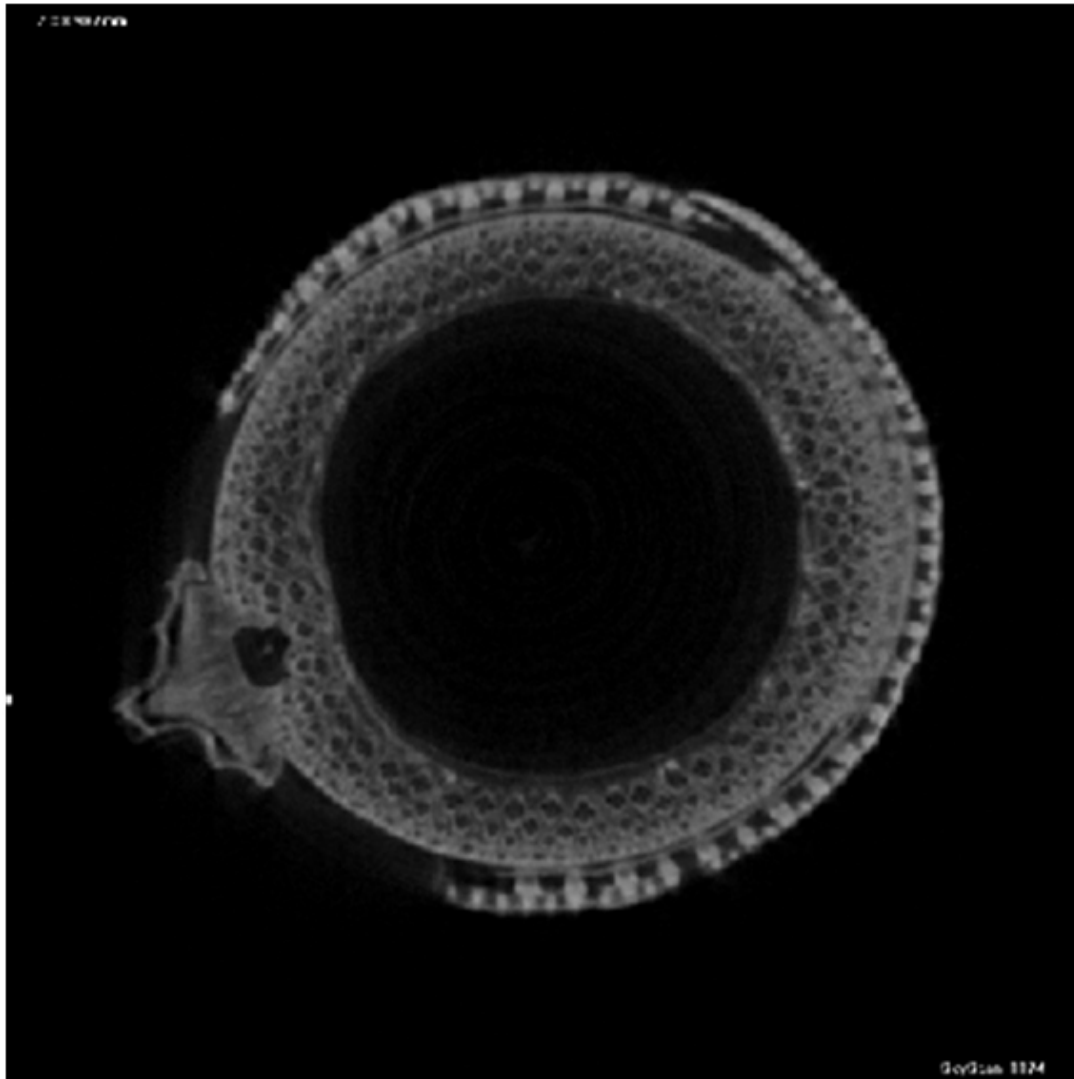


Fig. 065: Ein gut ausgebildetes Auge im Querschnitt.

Vor allem bei dickeren Stengeln wurde an der Bruchstelle oft der ganze Knoten zerrissen und der Halm der Länge nach aufgesplittet, im Extremfall bis zum nächstliegenden oberen oder unteren Knoten. Betrachtet man nun noch einen Halm dessen Nodium derart gebrochen ist, so zeigt sich, daß, wo der Halm senkrecht gesplittet ist, die Bruchlinie erwartungsgemäß zwischen den Gefäßbündeln verläuft und relativ gerade von innen nach außen geht.

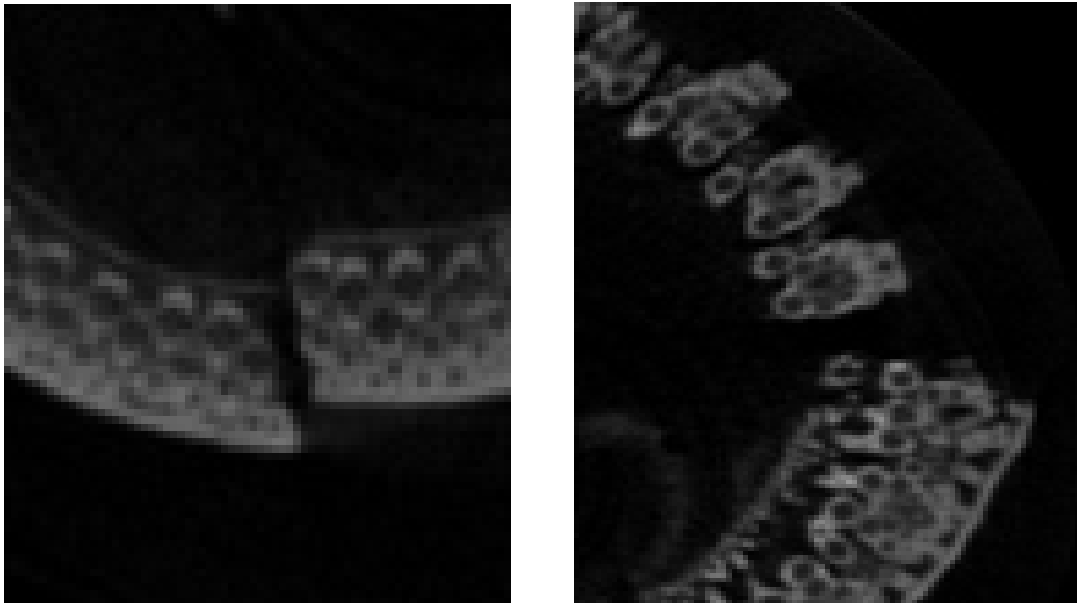


Fig. 066 und 067: Auf beiden Bildern ist zu sehen wie der Riß relativ glatt durch den der Länge nach aufgesplitterten Halm geht. Die harten Strukturen der Leitbündel werden dabei nicht verletzt.

Zur besseren räumlichen Vorstellung soll nun noch eine dreidimensionale Abbildung folgen.

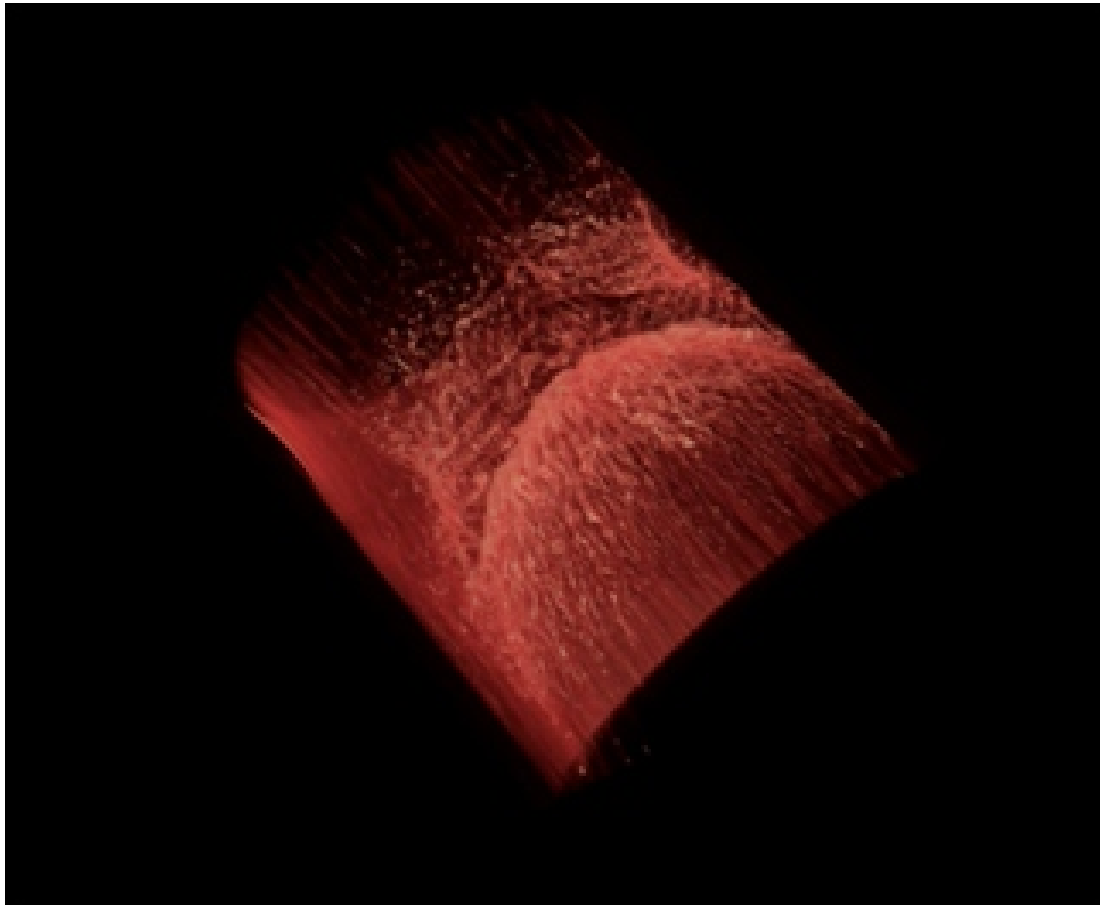


Fig. 068: Dreidimensionales Abbild eines Nodiums.

4 Diskussion

Für die Arbeit wurden drei Kläranlagen herangezogen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente), sowie drei Standorte die keine Kläranlagen waren (Mannersdorf Graben, Lobau Hoher Spitz, Trautmannsdorf Wolfsgraben) und als natürliche Standorte bezeichnet wurden. Wie sich während der Auswertung der Ergebnisse rasch zeigte, wies jeder einzelne Schilfbestand ganz charakteristische Eigenschaften bezüglich seiner Bewuchsdichte, seiner äußeren Erscheinung und seiner mechanischen Festigkeit auf.

Nachfolgend eine Besprechung aller gefundenen Unterschiede und Übereinstimmungen:

4.1 Visuelle Beurteilung des Untersuchungsgebietes

Bei der visuellen Beurteilung der Schilfbestände fiel zuallererst auf, daß an drei Standorten (Laimergrube, Mannersdorf Graben und Trautmannsdorf Wolfsgraben) die Halme aufrecht standen, an den anderen dreien (Krottenhofteich, Kläranlage bei der Tangente und Lobau) aber mehr oder minder liegend und in alle Richtungen gebogen wuchsen. Es ist schwierig, Gründe für dieses unterschiedliche Erscheinungsbild zu finden. Die Wuchsart korrelierte weder mit natürlichen Erscheinungen wie Winddruck, Licht- oder Wasserangebot, noch mit der Tatsache, ob es sich dabei um einen Kläranlage handelte oder nicht. Aufrechte und liegende Formen traten sowohl in Kläranlagen, als auch an Vergleichsstandorten auf. Auch die mittlere Länge und der Durchmesser schienen, ebenso wie die Halmdichte pro Fläche keinen Einfluß darauf zu haben, ob die Halme aufrecht standen oder nicht.

Mit dem nächsten auffälligen Merkmal eines Schilfbestandes, dem flächendeckenden Wuchs, liegt die Sache ähnlich, wie mit dem vorhin erwähnten aufrechten Wuchs. Es konnten keine äußeren Einflüsse festgestellt werden die erklären würden, warum einige Flächen

gleichmäßig bewachsen waren, andere hingegen nur inselartig, wobei die Lücken zwischen den Bewuchsstellen meist deutlich größer waren als die bewachsenen Flächen.

Auch beim dritten augenfälligen Charakteristikum, der Blütenbildung, muß man beim bereits Gesagten bleiben. Zwar läßt sich ein leichter Trend erkennen, daß an den natürlichen Standorten mehr Halme blühten als in den Kläranlagen, aber es gab bei beiden Gruppen jeweils einen deutlichen Ausreißer (Krottenhofteich, Lobau). Letztendlich kann lediglich die Aussage getroffen werden, daß Schilfflächen bezüglich ihres Erscheinungsbildes ein breites Spektrum aufweisen, und man daher aus ihrem Aussehen nicht darauf schließen kann, ob es sich um Schilf aus Kläranlagen oder von natürlichen Standorten handelt.

4.2 Halmzählung

Auch Hosner (1990) untersuchte in ihrer Dissertation bereits Schilfdichten, Halmparameter und Belastbarkeit. Im Zuge ihrer Arbeit wurde bereits einmal der Graben in Mannersdorf bearbeitet, sowie das Tischwasser in der Lobau, das ganz in der Nähe unseres Untersuchungsgebietes liegt (Hosner, 1990). Dabei wurde festgestellt, daß stärker belastete Standorte eine höhere Halmdichte zeigten als schwächer belastete, was im Zuge dieser Arbeit nicht verifiziert werden konnte, da keine Wasser- und Bodenanalysen gemacht wurden.

Die Ergebnisse der Halmzählung 2006/2007 zeigten im Hinblick auf die Halmdichten einen deutlichen Abfall in den Kläranlagen, wobei die ehemalige Kläranlage bei der Tangente, bei der der Bodengrund weitestgehend abgegraben und entsorgt wurde, keine anderen Ergebnisse zeigte als die beiden noch in Betrieb befindlichen. Die natürlichen Standorte zeigten insgesamt eine höhere Halmdichte, wobei die Meßstelle in der Lobau, welche 1990 als mesotroph bezeichnet wurde, im mittleren Bereich lag. Der im Agrargebiet liegende Wolfsgaben wies auch die höchste Halmdichte auf, der ebenfalls neben landwirtschaftlichen Flächen liegende Graben in Mannersdorf insgesamt gesehen hingegen die niedrigste. Dicht

wachsendes Schilf trat dort nur stellenweise auf. Vergleicht man also Kläranlagen mit natürlichen Standorten läßt sich schließen, daß die Schilfbestände in den Kläranlagen, die seit Jahren unbehelligt wachsen können, nicht so dicht stehen wie die Bestände an den landwirtschaftlichen Flächen, die ständigen anthropogenen Einflüssen ausgesetzt sind.

Eine Ausnahme bildet hier die Lobau, die in einem Naturschutzgebiet liegt, wo das Schilf ebenfalls ohne menschliche Eingriffe wachsen kann und trotzdem höhere Halmdichten zeigt. Mannersdorf, liegt in einer Ebene mit den bewirtschafteten Feldern und wurde von Hosner 1990 als eutroph bis hypertroph beschrieben. Hosner beschreibt im eutrophen bis hypertrophen Bereich 60 – 88 Halme pro m^2 und im mesotrophen bis oligotrophen Bereich 3 – 64 Halme (Hosner, 1990). Wie bereits erwähnt, wurden für die vorliegende Arbeit keine Untersuchungen bezüglich der Schadstoffbelastung gemacht, aber vergleicht man die Standorte mit den Messungen von Hosner, müßten nahezu alle in dieser Arbeit untersuchten Gebiete, einschließlich der Kläranlagen, relativ unbelastet sein, da die meisten Halmdichten umgerechnet auf 1 m^2 in den unteren Bereich fielen. Lediglich der Wolfsgraben und einige Stellen im Graben Mannersdorf lagen im oberen Bereich der Halmdichten. Weshalb an diesen Stellen so viele Halme pro Flächeneinheit wuchsen, kann nach derzeitigem Wissensstand nicht gesagt werden.

Aber auch die Länge der Stengel wirkt sich auf die Halmdichte aus. Laut Rodewald-Rudesco entwickelt Schilf mit zunehmender Höhe immer weniger Halme pro m^2 (Rodewald-Rudesco, 1974, Engloner, 2003, Haslam, 2010), selbiges gilt auch für zunehmendes Gewicht (Hutchinson, 1975). Haas führt zudem noch die Wassernähe ins Spiel. Im Zuge ihrer Untersuchungen wurde festgestellt daß wassernah wachsendes Schilf höhere Halmdichten aufweist als wasserfernes (Haas, 2008).

Auch bei der Anzahl der Rispen lagen der Wolfsgraben und der Graben in Mannersdorf weit voran. In der Dissertation von Hosner (1990) wurde bereits vermehrte Blütenbildung an belasteteren Standorten gefunden. Der ihrer Messung nach relativ unbelastete Standort in der Lobau zeigte deutlich weniger Blüten. Die Kläranlagen wiesen in der Regel recht wenig Blüten auf, mit Ausnahme des Krottenhofteiches, welcher in etwa im Mittelfeld und noch deutlich vor der Lobau liegt. Haas hingegen führte in ihrer Diplomarbeit weniger den Trophiegrad als die Sonneneinstrahlung an, wenn es um Blütenbildung geht (Haas, 2008). Demnach ist in erster

Linie ein sonniger Standort wichtig um das Wachstum zu fördern. Vermehrtes Wasserangebot und eventuell auch Düngung fördern die Entwicklung zwar ebenfalls, aber eben nicht so sehr wie das Lichtangebot. Auch dieser Punkt könnte hier zum Tragen kommen und der Grund sein für die starke Blütenbildung in den beiden sehr sonnigen Standorten Mannersdorf Graben und Wolfsgaben. Zu beachten ist noch, daß der ebenfalls nur in den Randbereichen beschattete Krottenhofteich mit 31% Blüten zwar nicht ganz so viele Blüten zeigte wie die beiden Gräben (MD: 52,6%, WG: 95%), aber immerhin noch deutlich vor den schattigen Untersuchungsgebieten lag. Diese hatten weniger als 10% Halme mit Blüten aufzuweisen.

Laut Van der Putten (1993) nimmt auch die Menge an Schilfstreu, das der Erde beigelegt ist, starken Einfluß auf das Wachstum der Halme. Demnach sollen Schilfpflanzen weniger Biomasse produzieren, wenn sie in Sediment wachsen, das mit Schilfstreu versetzt ist. Diese an sich logische Schlußfolgerung konnte im Freiland jedoch nicht mehr beobachtet werden. Das in dieser Arbeit untersuchte Schilf zeigte keine Wachstumsänderung in Bezug auf verrottende Halme und Blätter der Vorjahre. Selbst im Krottenhofteich mit seiner ca. 70 cm hohen Schicht an Totmaterial konnten keine Wachstumseinbußen festgestellt werden.

Betrachtet man nun jede Kläranlage im einzelnen, so zeigten sich beim Krottenhofteich die meisten Halme beim Ein- und beim Auslauf. Der Mittelteil wies eine geringfügig verringerte Halmdichte auf und zeigte auch die wenigsten Blüten. Am häufigsten blühten die Stengel, die beim Auslauf standen. Ein funktionaler Zusammenhang mit einem der gemessenen Parameter konnte nicht hergestellt werden.

Bei der Laimergrube traten sowohl die größte Halmdichte, als auch die größte Anzahl von Blüten im Mittelteil auf. Die jeweilig geringste beim Einlauf. An dieser Stelle trat das Schilf in großer Zahl in Form von lediglich halbhohen, nicht voll entwickelten Stengel auf. Will man Schilf in vergleichbarer Entwicklungsstufe finden, muß man auf die wenigen inselartig verstreuten Flecken mit hochgewachsenen Halmen zurückgreifen, daher wohl die geringen Werte in Bezug auf Dichte und Blütenbildung. Weshalb allerdings die ebenfalls gut entwickelten Halme beim Auslauf weniger dicht standen und nicht so häufig blühten kann hier nicht eruiert werden.

In der Kläranlage bei der Tangente wurde nach Einstellung des Betriebs der Bodengrund abgegraben. Sowohl Zu- als auch Auslauf lagen im Mittelteil, von dort weg wurden die Abwässer mittels eines Rohrsystems in den nördlichen und südlichen Teil verteilt, von wo aus sie in die Anlage eingespeist wurden, und in den vertieft liegenden Mittelteil sickerten, wo sie das Becken wieder verließen. Im Mittelteil, somit in der Nähe des Auslaufs, trat auch die größte Halmdichte auf, im Gegensatz zu den etwas erhöht liegenden nördlichen und südlichen Zulauf-Bereichen. Aufgrund des abgegrabenen Sediments, sollte die Verteilung aller, ursprünglich aus den Strassenabwässern stammenden, Stoffe in der Anlage relativ gering und gleichmäßig sein. Die erhöhte Halmanzahl und Rispenbildung in der Mitte könnte in diesem Fall auf die größere Beckentiefe, und somit vermehrte Feuchtigkeit zurückzuführen sein.

Die Ergebnisse der Halmzählung sind signifikant. Sie streuen nur wenig und es wurde zudem eine große Menge an abgesteckten Flächen ausgezählt.

4.3 Halmbiometrie

4.3.1 Halmbiometrie: Länge und Durchmesser der Halme

Die beiden noch genutzten Kläranlagen (Krottenhofteich, Laimergrube) beherbergten deutlich längere Halme als die übrigen Standorte, allerdings waren sie dicht gefolgt vom völlig natürlichen Schilfvorkommen in der Lobau. Dieses lag im Bezug auf die Stengelhöhe sogar noch weit vor der aufgelassenen Anlage bei der Tangente und den beiden natürlichen Standorten in der Nähe der landwirtschaftlichen Flächen. Das Schilf in den beiden Kläranlagen wuchs also keineswegs schlechter als das Schilf im Naturschutzgebiet. Was einen Bestand offenbar stärker beeinträchtigt sind nahegelegene Agrarflächen oder starke mechanische Eingriffe.

Ähnlich lag die Sache in Bezug auf den Durchmesser. Vor allem beim Basaldurchmesser aber auch beim Durchmesser in der Mitte des Halmes lagen die Werte der beiden Kläranlagen im

oberen Bereich. Zwar folgte auch hier auf Grund ihrer Halmlänge als nächstes die Lobau, aber ein geringerer mittlerer Durchmesser war bereits nachweisbar. Dividiert man nun die Länge des Halmes durch den Durchmesser in der Mitte, so zeigt sich, daß die im Vergleich zur Länge dünnsten Halme im Wolfsgaben auftraten, was mit den zu beiden Seiten den Hügel hinauflaufenden Äckern im Zusammenhang stehen könnte. Der ebenfalls neben einer landwirtschaftlichen Fläche liegende Graben in Mannersdorf zeigte jedoch die dicksten Halme. Dieser Umstand kann zur Zeit nicht erklärt werden und würde weitere Untersuchungen nötig machen. Die beiden Kläranlagen, der Standort bei der Tangente und die Lobau lagen im Mittelfeld. Wie bereits von Hosner 1990 beschrieben, wachsen Halme unter Schadstoffbelastung dünner, niedriger, in geringerer Dichte und mit kürzeren Internodien (Hosner, 1990). Ob das auch in Falle dieser Arbeit Einfluß hatte kann nach den bisherigen Untersuchungen nicht gesagt werden. Interessant ist noch die Tatsache daß, wenn man den Durchmesser in der Halmmitte vom Basaldurchmesser abzieht, die Halme in der Laimergrube eine Differenz von mehr als 2 mm aufweisen. An diesem Standort werden die Stengel vom Boden zur Mitte hin also relativ rasch dünner. Alle anderen Positionen zeigen eine Differenz von unter 2 mm.

Betrachtet man nun nur den Krottenhofteich mit seinen vier Unterteilungen, so war das Schilf westlich der Mauer am besten entwickelt. Östlich der Mauer waren die Halme prinzipiell schwächer, blieben aber zur Spitze hin dicker als erwartet. Vergleicht man Länge zu Durchmesser, so waren die Stengel im Mittelteil rund um die Mauer eher dicker, beim Ein- und Auslauf aber dünner als es ihrer Länge entsprechen würde. In seiner Gesamtheit betrachtet, war das Schilf in der Anlage ziemlich homogen. Ein Verlauf in der Schilfentwicklung vom Einlaufbereich, über den Mittelteil, zum Auslaufbereich hin war in keiner Weise zu erkennen. Weder die Richtung in der die Abwässer durch die Kläranlage geleitet werden, noch der Wasserstand hatten irgendeinen statistisch signifikanten Einfluß auf Höhe oder Durchmesser der Halme.

In der Laimergrube trat das kürzeste und schwächste Schilf im Einlaufbereich auf. Das ist sicherlich auch darauf zurück zu führen, daß es auf Grund des inselartigen Auftretens und der wenigen hochgewachsenen Halme gar nicht so leicht war große, kräftige Stengel für die Vermessung zu finden. Im Mittelteil der Grube war das Schilf gut entwickelt, gegen den Auslauf hin nahmen Länge und Durchmesser dann wieder etwas ab. Bei den ohnehin schwach

entwickelten Halmen am Einlaufbereich war die Differenz zwischen Basaldurchmesser und Durchmesser in der Halm-Mitte am geringsten, je höher und kräftiger, um so rascher wurden die Halme zur Mitte hin dünner. Beim Verhältnis Länge zu Durchmesser waren die kürzeren Halme vergleichsweise dick, die höheren vergleichsweise dünn. Die einzelnen Stengel korrelierten gut in Bezug auf Höhe und Durchmesser und es gab keine Ausreißer. Leider zeigte sich kein einheitlicher Gradient vom Ein- zum Auslauf. Der Bereich mit den besten Entwicklungsbedingungen lag im Mittelteil.

Die ehemalige Kläranlage bei der Tangente zeigte gut entwickeltes Schilf rund um das frühere Auslaufbauwerk in der Mitte der Anlage. Obwohl die Anlage später aufgelassen und der kontaminierte Boden abgegraben und entsorgt wurde, wächst dort nach wie vor Schilf. Es wurden offensichtlich nicht alle Rhizomteile restlos entfernt. Eine Möglichkeit für das bessere Wachstum im Mittelteil wäre, daß der Auslauf natürlich tiefer liegt als der Einlauf und die Pflanzen dort einfach mehr Feuchtigkeit fanden als am trockeneren Einlaufbereich. Der Zustrom von Wasser erfolgte im übrigen gleichmäßig, sowohl von der Nord- als auch der Südseite. Man sollte annehmen, daß das Schilf daher an beiden Stellen gleichmäßig wächst, bestenfalls an der Südseite etwas schlechter auf Grund der Beschattung durch umstehende Bäume. Auch Haslam erwähnte 2010 bereits reduziertes Wachstum an schattigen Stellen. Das genaue Gegenteil war der Fall. Die Südseite war besser entwickelt als die Nordseite. Auch hier zeigte das schwächste Schilf im Vergleich zur Länge die relativ größten Durchmesser und die geringste Reduzierung zur Spitze hin.

Leider gibt es zu keinem dieser Standorte vergleichende Angaben in der Literatur.

Beim Vergleich zwischen den beiden Untersuchungsjahren zeigte sich, daß die Halme aller Anlagen (Krottenhofteich, Laimergrube, Kläranlage bei der Tangente), sowie der natürlichen Standorte (Graben Mannersdorf, Lobau, Wolfsgaben) 2006 (Block 1) weit besser entwickelt waren als im Jahr darauf (Block 2). Auch waren 2006 große Teile der Anlagen trockenen Fußes begehbar, 2007 hingegen war der Untergrund in weiten Teilen feucht, und wegen der starken Schlamm Bildung oft nur schwer zu betreten. Bei genauerer Überprüfung der Wetterdaten zeigte sich, daß die Vegetationsperiode (März – Oktober) im Jahr 2007 um etwa 3% kühler war als 2006 und ca. 20% mehr Regen brachte als im Jahr davor. Das Schilfwachstum könnte also auf

Grund des etwas kühleren Wetters eingeschränkt gewesen sein, wobei zu beachten ist, daß die Temperaturunterschiede zwischen den beiden Jahren eher marginal waren. Der höhere Wasserstand könnte Einfluß nehmen, was auch mit den von mir gemachten Beobachtungen an den Untersuchungsflächen übereinstimmen würde, sowie mit einer Publikation von Chen et al. (2006). Dieser gibt weiters an, daß an trockeneren Standorten prozentuell mehr Gefäßbündel aber weniger Phloem und Xylem gebildet werden. Im Zuge dieser Arbeit wurden weder die Anteile an Phloem und Xylem, noch die Anzahl der Gefäßbündel bestimmt, was jedoch gesagt werden kann ist, daß man keine diesbezüglichen Unterschiede mit freiem Auge erkennen kann wenn man sich die Micro CT Aufnahmen näher ansieht. Kein erfasster Halm lies durch bloßes Betrachten erkennen, ob er in feuchterem oder trockenerem Substrat wuchs. Hierzu wären weitere Untersuchungen nötig. Nach persönlichen Beobachtungen werden eher trockene und eher nasse Bereiche zwar zur Not angenommen, der Vorzug wird allerdings immer den Bereichen mittlerer Feuchtigkeit gegeben.

Guthruf et al. vertreten in ihrer Arbeit aus 1993 jedoch gegenteilige Meinung, nämlich ein vermehrtes Wachstum in den oberirdischen Teilen bei permanenter Überflutung der Rhizome. Bei zu viel oder zu wenig Wasserangebot wurde das Höhenwachstum sofort eingeschränkt. Auch Asaeda et al. (2005) beschrieben bereits, daß Schilf nicht in tieferem Wasser wächst als bis zu 30 cm. Eine dritte Möglichkeit wäre, daß durch den Regen mehr Schadstoffe in die Kläranlagen eingeschwemmt wurden. Dagegen spricht, daß auch die gar nicht mehr in Betrieb befindliche Kläranlage bei der Tangente von der Wachstumshemmung betroffen war. Auch ist es unwahrscheinlich daß 2006 wesentlich weniger Schadstoffe in die Anlagen gelangten. Nach einer längeren Regenpause werden die auf der Straße befindlichen Partikel beim nächsten Niederschlag lediglich in einem einzigen großen Schwall in die Kläranlage gespült. Bei häufigerem Regen gelangen nicht mehr Schadstoffe in die Anlagen, sie werden nur gleichmäßiger über den Zeitraum verteilt. Ob eine der drei Möglichkeiten auf diese Arbeit zutrifft ist zur Zeit nicht mit Sicherheit bestimmbar.

Betrachtet man die einzelnen Anlagen, so läßt sich sagen, daß im Krottenhofteich das Schilf im Bereich westlich der Mauer die wenigsten Einbußen hinnehmen mußte. Das war jener Teil, der auch im Jahr davor schon am besten entwickelt war und nun deutlich über die anderen Halme hinausragte. Am stärksten betroffen war der Bereich rund um den Sickerkeil beim

Auslauf. Dort gab es auch 2006 bereits eine offene Wasserfläche, 2007 stand der komplette Bereich unter Wasser.

Bei der Laimergrube war in Block 2 die Halmhöhe ca. 50% niedriger. Hier war der Mittelteil am meisten betroffen. Das ist jener Bereich, der in Block 1 am besten entwickelt war. Der Teil mit dem kräftigsten Schilf hatte somit im Krottenhofteich die wenigsten Einbußen, in der Laimergrube hingegen die meisten. Der Auslaufbereich zeigte in der Laimergrube die geringste Reduktion der Halmhöhe.

Bei der Kläranlage an der Tangente traten die größten Einschränkungen im Längen- und Dickenwachstum im Südteil auf, die geringsten im Nordteil. Der im Vorjahr so gut entwickelte Mittelteil lag im Durchschnittsbereich. Möglich, daß das Schilf im beschatteten Südteil durch die mangelnde Sonneneinstrahlung vermehrt unter dem feuchteren und kühleren Wetter litt, was auch erklären würde, warum in der Laimergrube der stärker beschattete Mittelteil überdurchschnittlich stark betroffen war. Im allgemeinen läßt sich für alle Anlagen sagen, daß das Längenwachstum in Block 2 stärker eingeschränkt wurde als das Dickenwachstum, und daß der Basaldurchmesser weniger betroffen war als der Durchmesser in der Mitte. Die Halme wurden also zur Mitte hin rasch dünner. In Block 1 waren es die Halme der Laimergrube, die um mehr als 2 mm dünner wurden, in Block 2 jedoch die Halme im Krottenhofteich. Alle anderen verjüngten sich um weniger als 2 mm. Generell sind die interanuellen Unterschiede im allgemeinen größer als die Unterschiede zwischen den einzelnen Schilfbeständen.

Man kann sagen, daß Halme mit Blüte im allgemeinen sowohl bei der Länge als auch beim Durchmesser stärker entwickelt sind. Betrachtet man die gesamte Anzahl der untersuchten Halme, so waren jene mit Blüte um etwa 29% höher und hatten einen ca. 17% größeren Basaldurchmesser. Auch der Durchmesser an der Mitte war mit ca. 18% mehr zu beziffern. Aufgetrennt auf die beiden Untersuchungsjahre heißt das, daß die Pflanzen ohne Blüte in Block 1 nur 87,26% der Höhe, 92,64% des Basaldurchmessers und 92,2% des Durchmessers an der Mitte im Vergleich zu jenen mit Blüte erreichen konnten. Vergleicht man für den Block 2 die Halme ohne Blüte mit denen die blühen, so konnten jene ohne Blüte nur 69,12% (Länge), 74,32% (Basaldurchmesser) und 83,42% (Durchmesser in der Halm-Mitte) von den Werten der Halme mit Blüte erlangen. Prinzipiell sind Pflanzen ohne Rispe immer schwächer entwickelt ,

aber es zeigte sich, daß der Unterschied zwischen blühendem und nicht blühendem Schilf bei kräftiger entwickelten Halmen nicht so hoch ausfiel wie bei schwächeren. Die prozentuelle Reduktion der Länge und der Durchmesser war jedenfalls in Block 2 deutlich höher als in Block 1.

Selbiges Bild sieht man auch im Vergleich der einzelnen Kläranlagen. Die Halme ohne Blüte erreichten im Krottenhofteich 78,71% (Länge), 95,8% (Basaldurchm.) und 104,14% (Durchm. Mitte) jener Werte der blühenden Stengel. Bei der Laimergrube waren es 85,42% (Länge), 92,78% (Basaldurchm.) und 93,16% (Durchm. Mitte) beim Standort Tangente 65,12% (Länge), 74,22% (Basaldurchm.) und 76,04% (Durchm. Mitte). Auch hier zeigte sich, daß das im Vergleich zu Krottenhofteich und Laimergrube schwächer entwickelte Schilf in der Kläranlage bei der Tangente eine prozentuell höhere Reduktion erfuhr. Lediglich der Durchmesser an der Halm-Mitte bei den Stengeln vom Krottenhofteich lag bei jenen ohne Blüte sogar höher als bei solchen mit Blüte. Was man aus diesen Werten noch ablesen kann ist, daß der Basaldurchmesser stärker reduziert wurde als der Durchmesser an der Mitte des Stengels. Halme mit Blüte verloren also zur Mitte hin rascher an Umfang als Halme ohne Blüte.

Die Ergebnisse der Längen- und Durchmesserbestimmung sind signifikant, soweit sie die Unterschiede zwischen den Standorten (natürliche und Anlagen), den beiden Untersuchungsblöcken aus 2006 und 2007 und den Halmen mit oder ohne Blüte betreffen. Keine signifikanten Werte konnten gefunden werden bei der Betrachtung der Ergebnisse aus den Entnahmepositionen innerhalb der einzelnen Anlagen. In der Literatur konnte dazu leider keinerlei Vergleich gefunden werden.

4.3.2 Halmbiometrie: Wandstärke und Dichte der Halme

Betrachtet man nur rein die Wandstärke, so lag der Graben Mannersdorf mit 1,13 mm ($\pm 0,2$) klar vor allen anderen Standorten. Ihm folgte der Sammelpunkt Lobau und danach der Krottenhofteich, die ehemalige Kläranlage bei der Tangente, die Laimergrube und der

Wolfsgaben. Somit wurden die größten Wandstärken bei den beiden natürlichen Standorten Mannersdorf und Lobau erreicht. Allerdings wies der dritte natürliche Standort Wolfsgaben die Stengel mit der kleinsten Wandstärke auf. Auch Hosner beschreibt das Schilf der Lobau mit hohen Wandstärken und dicker Sklerenchymschicht (Hosner, 1990). Die beiden in Betrieb befindlichen Kläranlagen Krottenhofteich und Laimergrube lagen im Mittelfeld, und zeigten weder besonders dicke noch besonders dünne Wände. Etwas anders verhält sich der Fall wenn man die Wandstärke in Bezug zum Durchmesser in der Mitte der Halme setzt. Nun zeigen die beiden Kläranlagen ein Verhältnis von 1 zu 8,37 im Krottenhofteich, und 1 zu 9,46 in der Laimergrube. Auch wenn man die Anlagen auffächert in ihre einzelnen Sammelpunkte fällt kein Wert unter 1 zu 7. Diese Halme haben also relativ dünne Wände im Vergleich zu ihrem Durchmesser. Im Gegenzug dazu konnte keiner der natürlichen Standorte und auch nicht die aufgelassene Kläranlage bei der Tangente einen Wert über 1 zu 7 erreichen. Erstaunlich ist auch hier wieder der Vergleich von Lobau und den in Betrieb befindlichen Kläranlagen. Sie gleichen sich stark. Das zeigt deutlich, daß das Schilf in den Kläranlagen eigentlich nicht unter den eingeleiteten Strassenabwässern leidet.

Sieht man sich die Dichte an, so wuchsen die Halme mit der größten Dichte wiederum im Krottenhofteich und in der Laimergrube, danach folgten die drei natürlichen Standorte Mannersdorf, Wolfsgaben und Lobau. Die geringste Dichte zeigten die Halme in der Kläranlage bei der Tangente. In Absolutzahlen hatten somit die Pflanzen in den Kläranlagen die höchste Dichte, wenn auch nur mit geringem Vorsprung gegenüber den natürlichen Standorten. Setzt man nun wiederum die Wandstärke in Beziehung zur Dichte, so zeigen zwar noch immer die Halme der Kläranlagen relativ hohe Dichte (Krottenhofteich: 1 zu 1,09, Laimergrube: 1 zu 1,2) aber auch die Halme im Wolfsgaben werden nun mit 1 zu 1,15 in dieser Gruppe erfaßt. Die geringste Dichte weisen die Stengel vom Graben Mannersdorf auf mit 1 zu 0,76 im Vergleich zu ihrer Wandstärke. Die Lobau und die Kläranlage an der Tangente liegen im Mittelfeld. Ein Zusammenhang läßt sich daraus nicht mit Sicherheit ablesen, da der Standort Wolfsgaben mit einem relativ hohen Wert aus der Reihe fällt. Allenfalls kann man noch darauf schließen, daß die beiden in Betrieb befindlichen Kläranlagen hohe Werte erreichen konnten. Die aufgelassene Kläranlage bei der Tangente konnte hingegen nur einen Wert erreichen der denen der natürlichen Standorte Lobau und Mannersdorf ähnelt. Hosner (1990) schreibt in ihrer Dissertation, daß die Theorie besagt, daß bei stärkerer Eutrophierung weniger Sklerenchym gebildet wird. Diese

Aussage wird auch von Gunkel (1994) unterstützt. Bei der hier vorliegenden Untersuchung traten die Halme mit der höchsten Dichte allerdings in den Kläranlagen auf, was laut der bei Hosner angeführten Theorie besagen würde, daß dort relativ nährstoffarme Bedingungen herrschen.

Betrachtet man nun die einzelnen Anlagen so wuchsen in Absolutzahlen ausgedrückt im Krottenhofteich die Stengel mit der dicksten Wand (1,103 mm) im Bereich westlich der Mauer, die mit der dünnsten (0,733 mm) hingegen östlich der Mauer. Dieses Bild kehrt sich allerdings in die Gegenrichtung, wenn man die Wandstärke in Beziehung zum Durchmesser an der Mitte setzt. Westlich der Mauer wuchsen zwar die Halme mit der stärksten Wand, diese Halme hatten aber auch einen großen Durchmesser, sodaß sich das Verhältnis auf den ziemlich niedrigen Wert von 1 zu 7,02 relativiert. Östlich der Mauer war die Wandstärke schwach aber die Halme waren auch allgemein dünner, sodaß das Verhältnis 1 zu 10,4 beträgt. Auch hier zeigt sich wieder, daß die beiden extremsten Werte im Krottenhofteich keineswegs zu Anfang oder Ende der Reinigungsstrecke lagen, sondern westlich bzw. östlich der Mauer. Auch beim Bezug von Wandstärke zu Dichte lag der niedrigste Wert mit 1 zu 0,83 im Bereich „Mauer West“, der höchste mit 1 zu 1,49 bei der Meßstelle „Mauer Ost“. Hier waren die Halme also noch schwerer als auf Grund der Wandstärke zu erwarten gewesen wäre. Dies lag wohl daran, daß die dünneren Wände kaum Wasser eingelagert hatten, und daher während des Trockenprozesses auch nur wenig Gewicht verloren.

In der Laimergrube waren die Wandstärken der Stengel beim Einlauf extrem niedrig, aber auch die Halme insgesamt waren an dieser Stelle recht dünn. Das führt dazu, daß das Verhältnis von Wandstärke zu Durchmesser mit 1 zu 11,37 weit über den Werten vom Bereich Mitte (1 zu 1,83) und Auslauf (1 zu 1,89) liegt. Auch die Dichte war im Einlaufbereich sowohl in Absolutzahlen als auch im Vergleich zur Wandstärke am höchsten. Das besagt, daß die dünnen Halme am Zuflußbereich der Laimergrube überdurchschnittlich dünne Wände hatten, diese dünnen Wände aber verhältnismäßig schwer waren. Auch hier liegt die Begründung wohl bei der geringen Wassereinlagerung und dem damit verbundenen geringen Gewichtsverlust.

In der Kläranlage bei der Tangente hatten die Halme aus dem mittleren Bereich die dicksten Wände, erreichten aber mit 1 zu 5,83 (Wandstärke zu Durchmesser) nur mittelmäßig

hohe Werte. Im Bereich „Einlauf Süd“ war die Wandstärke weit schwächer, aber die Pflanzen waren in der Lage mit dieser niedrigen Wandstärke verhältnismäßig starke Halme (1 zu 7,39) zu bilden. Die Dichte war mit $0,739\text{g/cm}^3$ in der Mitte am geringsten, aber wie bereits oben erwähnt, wurde damit eine relativ dicke Wand aufgebaut (Verhältnis Wandstärke zu Trockengewicht ist 1 zu 0,73). Die dünneren Halmwände im Nord- und Südteil waren im Gegensatz dazu im Verhältnis schwerer.

Bei keiner der drei Anlagen lies sich eine Veränderung im Verlauf der Reinigungsstrecke feststellen. Am ehesten könnte man noch bei der Kläranlage an der Tangente den Mittelteil hervorheben. Er stellt den ehemaligen Auslaufbereich dar. Durch die Entfernung des ehemaligen Schilfmaterails dürfte es sich dabei aber wohl nur um eine zufällige Erscheinung handeln, bestenfalls um vermehrte Feuchtigkeitsansammlung in dem am weitesten eingetieften Bereich. Es konnte keine Literatur gefunden werden die dazu in Bezug steht.

Im allgemeinen läßt sich sagen, daß die Halme im zweiten Untersuchungsjahr kürzer waren, häufiger auch dünner, und auch die Wandstärke meist geringer war als im Jahr davor. Die Dichte jedoch lag in vielen Fällen in Block 2 höher. Das entspricht auch den Ergebnissen einer Arbeit von Vretare et al. (2001) welcher in tieferem Wasser weniger aber schwerere Halme fand. Der Krottenhofteich lag mit einem Wert von 99,9% gegenüber Block 1 ganz knapp unter jenem des Folgejahres, aber bereits die Laimergrube mit 100,34% und auch die Kläranlage an der Tangente mit 107,28% lagen darüber. Bei den einzelnen Positionen innerhalb der Anlagen zeigte der Krottenhofteich nur im Bereich östlich der Mauer einen höheren Wert als in Block 1. Sowohl Einlauf als auch „Mauer West“ wiesen geringere Werte auf. Damit schlägt der Krottenhofteich etwas aus der Reihe, denn die beiden anderen Anlagen zeigten zumeist höhere Dichtewerte.

In der Laimergrube erreichten die Halme beim Auslauf im Mittel eine Dichte, die mit 136,95% doch recht deutlich über der des Vorjahres lag. Der Mittelteil erreichte immerhin noch 100,98%, der Einlauf hingegen nur 75,65%.

Ähnlich liegt der Fall bei der Kläranlage an der Tangente. Auch hier gibt es einen Ausreißer. Der Bereich „Einlauf Nord“ konnte bei der Dichte in Block 2 lediglich 85,02%

erreichen, der Bereich „Einlauf Süd“ hingegen 108,61% und der mittlere Teil erreichte mit 140,73% den höchsten Wert.

Auch beim Vergleich der beiden Blöcke korrelierte die Wandstärke nicht mit der Dichte. Mit Ausnahme der Kläranlage bei der Tangente der im nördlichen und im südlichen Einlaufbereich zwei Meßstellen hatte in denen die Halme dickere Wände aufwiesen, lagen die Werte in Block 2 meist deutlich unter denen von Block 1. Häufig läuft die Wandstärke genau gegengleich zur Dichte. Es sieht so aus, als würde einfach eine gewisse Menge Material im Laufe der Entwicklung angelegt. Verteilt sich dieses Material auf dickere Wände, also auf mehr cm^3 , so sinkt natürlich das Gewicht pro cm^3 . Für dickere Halm-Wände produziert die Pflanze also nicht mehr Substanz, die Wände werden lediglich durch mehr Wassereinlagerung dicker. Diese Beobachtung wurde durch die Arbeit von Rodewald-Rudescu und Wissing & Hofmann bestätigt (Rodewald-Rudescu, 1974, Wissing & Hofmann, 2002), und auch Raghi-Atri & Bornkamm haben höheres spezifisches Gewicht bei dünneren Halmen festgestellt (Raghi-Atri & Bornkamm, 1980).

Auch beim Vergleich von blühenden und nicht blühenden Halmen bestätigte sich die allgemeine Aussage, daß dickere Wände weniger Gewicht pro cm^3 hatten. Weit interessanter ist die gegenläufige Tendenz von Stengeln mit und ohne Blüte. Während Pflanzen mit Rispe im wachstumsschwächeren Jahr 2007 (Block 2) auch erwartungsgemäß kleinere Wandstärken (84,69% von Block 1) und somit erhöhte Dichte (112,65% von Block 1) hatten, reagierten nicht blühende genau gegengleich. Halme ohne Rispe hatten in Block 2 eine Wandstärke von 101,84% im Vergleich zum Jahr davor und somit eine geringere Dichte von 93,49%. Obwohl im zweiten Jahr die meisten Halme kürzer und dünner waren, konnten nicht blühende ihre Wandstärke erhöhen, blühende hingegen nicht. Ginge es nur darum, daß sich die nicht blühenden die „Investitionskosten“ für die Rispenbildung ersparen, hätten sie ja auch schon in Block 1 im Vorteil sein müssen, was aber nicht der Fall war.

Bezüglich Wandstärke und Dichte der Halme gilt das bereits oben gesagte. Die Werte waren signifikant unterschiedlich, mit Ausnahme der Positionen innerhalb der einzelnen Anlagen. Entlang dem Verlauf der Reinigungsstrecke kam es zu keinen wesentlichen Unterschieden oder zu großer Streuung der Werte.

4.3.3 Halmbiometrie: Internodienanzahl und –länge der Halme

Die Anzahl der Internodien ging nur bedingt mit der Länge des Halmes einher. Zwar hatten die längsten Stengel natürlich auch die meisten Internodien, aber nicht unbedingt in der gleichen Reihenfolge. Am Beispiel der Lobau kann man sehen, daß die Pflanzen bei der Halmlänge nur an dritter Stelle lagen, bei der Internodienanzahl aber an zweiter. Die Internodienlänge war an diesem Standort überhaupt am höchsten, sank dann aber rasch ab, wodurch also keine höheren Halme erreicht wurden. Bezüglich der Internodienlänge zeigte sich, daß die Stengel mit den meisten Internodien auch häufig die längsten aufweisen konnten. Leider gibt es von dieser oft gemachten Beobachtung immer wieder Ausnahmen, sodaß es lediglich als Trend bezeichnet werden kann. Hosner (1990) fand in ihrer Arbeit übrigens ebenfalls keine Korrelation zwischen Internodienlänge und –anzahl (Hosner, 1990). Eine Tendenz ist auch dahin gehend, daß solche Schilfhalme die im unteren Bereich sehr lange Internodienlängen erreichten, nach oben zu in der Länge rascher abfielen als solche die schon zu Beginn kürzere Internodien hatten. Interessant ist, daß die beiden sehr ähnlichen Standorte Mannersdorf Graben und Wolfsgaben auch einen nahezu identen Verlauf ihrer Internodienlängen aufwiesen. Der Anstieg der Kurvenverläufe der Internodienlänge gegen Ende zu liegt darin begründet, daß die Halme häufig das oberste Internodium länger ausbilden. Das betrifft insbesondere solche, die über diesem letzten, verlängerten Internodium eine Rispe trugen, aber auch einige der nicht blühenden Stengel zeigten mitunter an oberster Stelle ein längeres Internodium. Möglicherweise setzten diese Individuen noch zu einer Blütenbildung an, kamen aber auf Grund der zu Ende gehenden Vegetationsperiode nicht mehr dazu. Die teilweise auftretenden Mehrfachpeaks repräsentieren mehrere Halme die bei unterschiedlicher Internodienanzahl enden.

Sieht man sich nun jede Anlage im einzelnen an, so erkennt man, daß das Schilf beim jeweiligen Auslauf die höchste Internodienanzahl erreichen konnte. Selbst bei der bereits aufgelassenen Kläranlage bei der Tangente wuchsen jene Halme mit den meisten Internodien im Bereich um das frühere Auslaufbauwerk herum. Leider läßt es sich bei lediglich drei Anlagen nicht sagen, ob dieses Phänomen begründbar ist, oder ob es sich lediglich um einen Zufall handelt.

Betrachtet man die Gesamtinternodienanzahl der beiden Sammeljahre, so konnten die Halme von Block 2 nur noch zu 80,82% so viele Internodien bilden wie im Jahr davor. Im Vergleich mit den Halmlängen die im zweiten Jahr lediglich zwischen 51,12% und 76,65% von Block 1 erreichten, hatten die vermessenen Stengel also relativ viele Internodien gebildet. Die Absolutlänge sank stärker als die Internodienanzahl. Die Differenz muß also zu Lasten der Internodienlänge gehen. Das Längenwachstum der einzelnen Internodien wird demnach offenbar früher eingestellt, als die Internodienbildung selbst. Nicht blühendes Schilf konnte lediglich 80,45% der Internodien von blühenden Pflanzen erreichen. Nichts desto trotz ist auch dieser Wert noch relativ hoch, denn beim Vergleich der gesamten Halmlängen kamen die Stengel von Block 2 nur auf 78,71% der Höhe von Block 1. Auch hier kam also die reduzierte Länge vor allem durch die Einschränkung des Streckungswachstums zustande und erst in zweiter Linie durch eine verminderte Internodienbildung.

Die Internodienlänge war im unteren Teil des Halmes bei den nicht blühenden fast so groß wie bei den blühenden, sank dann aber rapide ab. Beim ersten Internodium bestand nur eine geringe Differenz von 1,12%, beim fünften von 28,10%, beim fünfzehnten von 54,05% und beim fünfundzwanzigsten von 59,79%. Die Halme verloren also nach oben zu rasch an Internodienlänge. Es kann im Moment nicht gesagt werden, ob die einzelnen Internodien kürzer bleiben wenn keine Blütenbildung erfolgt, oder ob keine Rispe ausgebildet wird auf Grund der schwachen Entwicklung der tragenden Internodien. Wie bereits kurz erwähnt, war bei der Mehrzahl der Halme das letzte Internodium länger ausgebildet als die vorhergehenden. Internodien die kontinuierlich bis zur Spitze kürzer wurden traten etwas häufiger in Block 2 auf und etwas häufiger bei Halmen ohne Blüte, wie sie ja auch im zweiten Jahr häufiger waren. Wo dieses Phänomen kaum in Erscheinung trat, ist bei der Gruppe der natürlichen Standorte. Lediglich ein einziger Halm aus dem Graben Mannersdorf zeigte ein kürzeres Internodium an seinem Ende. Auch das hängt vermutlich damit zusammen, daß in der naturnahen Gruppe ausreichend blühende Halme vorhanden waren, und keine nicht blühenden aufgesammelt wurden.

In ihrer Dissertation beschreibt Hosner (1990) bei blühenden Halmen längere Halme und längere Internodien, bei nicht blühenden kürzere Halme aber mehr Internodien (Hosner, 1990). Diese Beobachtung kann im Zuge dieser Arbeit nur bestätigt werden.

Die Werte der Internodienanzahl waren signifikant unterschiedlich zwischen den Standorten und zwischen den beiden Untersuchungsblöcken, jedoch nicht zwischen blühenden und nicht blühenden Halmen, und nicht zwischen den Positionen innerhalb der einzelnen Anlagen. Die Ergebnisse der Messung der Internodienlängen waren vor allem im unteren Bereich signifikant unterschiedlich. Bis etwa zum 15. Internodium von unten konnten nennenswerte Unterschiede festgestellt werden, danach sind die Unterschiede zwar ebenfalls vorhanden, aber die Werte beginnen stark zu streuen, was eine statistische Erfassung natürlich erschwert. Weiters ist es hinderlich, daß nicht alle Halme eine ähnliche Anzahl an Internodien besitzen, sodaß die Menge der vermessenen Internodien im oberen Bereich rasch abnimmt.

4.4 Festigkeitsuntersuchung

4.4.1 Festigkeitsuntersuchung: Biegung

Das Schilf mit der größten Biegesteifigkeit trat im Krottenhofteich auf, das mit der geringsten in der Kläranlage bei der Tangente. Dieses rechnerische Ergebnis bestätigte im vollen Umfang die bei den Biegeversuchen gemachten Beobachtungen. Während die Halme aus dem Krottenhofteich kaum zu biegen waren und meist recht überraschend und häufig mit lautem Knall in zwei Hälften sprangen, traten die Brüche bei den Halmen in der Kläranlage nahe der Tangente weit weniger heftig und in vorhersehbarer Art und Weise auf. Diese Stengel bogen sich zuerst stark durch um dann langsam durchzubrechen. Des öfteren wurde das Schilf dabei lediglich geknickt, aber nicht zerbrochen. Die beiden Teile blieben weiterhin verbunden. Die Dicke der Halme wurde dabei rechnerisch bereits berücksichtigt, allerdings könnte ein Zusammenhang mit der Dichte bestehen. Zumindest der höchste und der niedrigste Wert scheinen mit der Dichte zu korrelieren. Das steifste Schilf hatte auch die höchste Dichte, das biegsamste hingegen die niedrigste. Darüberhinaus konnte bislang keine Erklärung gefunden werden, weshalb sich die Standorte in ihrer Biegefestigkeit teils erheblich unterschieden. Diese

Beobachtung wurde von Haslam (2010) bestätigt, die nach eigenen Aussagen *„in 25 Jahren Untersuchungstätigkeit keine Korrelation zwischen Halmstärke und Umweltbedingungen feststellen konnte“*.

Betrachtet man die Anlagen im einzelnen, so fällt vor allem die Laimergrube ins Auge. Hier zeigte sich ein deutlicher Gradient von steiferen Halmen beim Einlauf hin zu biegsameren in Richtung Auslauf. Auch Hosner sprach in ihrer Dissertation 1990 bereits von geringerer Belastbarkeit der Halme beim Auslaufbereich der Kläranlage Mannsried. Leider ist die Laimergrube die einzige Anlage, die einen solchen Verlauf zeigt. Der Krottenhofteich wies zwar ebenfalls beim Zulauf deutlich steifere Halme auf als in der Nähe des am anderen Ende liegenden Sickerkeils, jedoch lag der Abschnitt rund um die Mauer nicht im mittleren Wertebereich. Das Schilf westlich der Mauer war beinahe so biegsam wie beim Auslauf, jenes östlich der Mauer hingegen erreichte sogar geringfügig höhere Festigkeit als beim Einlauf. Eine vage Erklärung für dieses Phänomen wäre, daß die Halme tatsächlich im Verlauf der Reinigungsstrecke immer biegsamer werden und die Stengel westlich der Mauer nur deshalb die gleichen Werte wie beim Auslauf erreichten, da an dieser Stelle vermutlich der Wasserstrom abgebremst wird, alle darin befindlichen Stoffe, sofern sie nicht gelöst sind, somit zu Boden sinken und daher westlich der Mauer eine ähnliche Konzentration herrschen könnte wie im Sickerkeil.

Diese Theorie würde im krassen Gegensatz zu den Erkenntnissen aus der Dissertation von Hosner stehen, welche an belasteteren Standorten höhere Bruchspannungen und Biegemomente messen konnte. Aber selbst sie sprach in ihrer Arbeit davon, daß es schwer wäre, von einer eindeutigen Beeinträchtigung des Schilfs durch Nährstoffbelastung auszugehen, da günstige und ungünstige Materialeigenschaften sowohl an eutrophen als auch oligotrophen Standorten auftreten.

Wissing & Hofmann (2002) hingegen behaupten, daß reiche Nährstoffzufuhr zu verminderter Ausbildung von Festigkeitsgewebe, und somit zu geringerer Belastbarkeit führen. Haslam wiederum beschreibt, daß sich aus der Stärke von toten Halmen überhaupt nicht auf die Nährstoffzufuhr während ihrer Wachstumsphase rückschließen läßt, und daß man nicht sagen kann, starke Halme wären gut oder schlecht nährstoffversorgt (Haslam, 2010). Da im Zuge

dieser Arbeit die Schadstoffe nicht bestimmt wurden, kann diese Annahme leider nicht überprüft werden.

Bei der ehemaligen Kläranlage bei der Tangente wurde der Boden zwar abgegraben, nichts desto trotz zeigten die Halme im südlichen Einlaufbereich eine Biegesteifigkeit wie sie sonst nur in den, noch in Betrieb befindlichen, Kläranlagen auftrat. Daraus ist zu schließen, daß entweder keine Korrelation zwischen Biegesteifigkeit und Schadstoffbelastung besteht, oder daß in den noch in Betrieb befindlichen Kläranlagen keine nennenswerten Mengen an Schadstoffen auftreten. Auch diese interessante Frage kann mit den hier gesammelten Daten leider nicht beantwortet werden.

Entsprechend dieser, bei Hosner genannten, Theorie der größeren Biegsamkeit bei vermehrtem Schadstoffaufkommen müßten demnach von den natürlichen Standorten Mannersdorf und die Lobau belastet sein, der Wolfsgraben hingegen nicht. Beim Graben Mannersdorf mit seiner Nähe zu Ackerflächen und Siedlung könnte das eventuell zutreffen. Die Lobau hingegen wird von Hosner als lediglich mesotroph eingestuft.

Laut Rodewald-Rudescu ergibt ein großer Humusgehalt hochgewachsenes, aber leicht zerdrückbares Schilfrohr (Rodewald-Rudescu, 1974), davon werden die Halme genauso beeinflusst wie von der Art des Bodens auf dem sie wachsen. Leider befand sich an allen untersuchten Flächen einiges an Humus.

Rätselhaft bleibt hingegen der Wolfsgraben. Zwar ist der Strassenverkehr in dieser Gegend äußerst gering, aber die Nähe zu landwirtschaftlichen Flächen ist zweifelsohne gegeben.

Interessanterweise schwankte die zurückbleibende Biegung der einzelnen Halme zwischen 0,01 und 0,07 mm, betrachtet man allerdings die Mittelwerte so lagen diese immer im Bereich von 0,04 mm. Dieser Wert ergibt sich in allen Fällen, unabhängig von Biegesteifigkeit, Halmdicke oder Ort der Aufsammlung. Unter Umständen könnten die Halme auch auf die Menge an Wasser reagieren die während ihres Wachstums eingelagert wurde. Hosner beruft sich in ihrer Dissertation darauf, daß bei höherem Nährstoffangebot mehr Wasser in die Stengel eingelagert wird (Hosner, 1990), fraglich ist nur, ob bei den untersuchten Halmen, die im

trockenen Zustand geerntet wurden, dieser Faktor noch zum Tragen kommt. Weiters fand sie im Zuge ihrer Arbeit höhere Bruchspannungen und Biegemomente bei nährstoffreicheren Gebieten was im Rahmen dieser Arbeit nicht überprüft wurde.

Auch in Block 2 traten die Halme mit der höchsten Biegesteifigkeit im Krottenhofteich auf, gefolgt von Laimergrube und der Kläranlage bei der Tangente. Bemerkenswert ist, daß die bereits in Block 1 sehr festen Halme des Krottenhofteichs auch in Block 2 die steifsten waren aber um rund 15% sanken. Die biegsameren Halme der Laimergrube verloren nur noch ca. 6% und die schon im Vorjahr sehr weichen Stengel des Standorts an der Tangente sanken lediglich um ungefähr 3%. Steifere Halme verloren also relativ viel Festigkeit, weichere hingegen kaum. Es ist anzunehmen, daß eine gewisse Restfestigkeit erhalten bleiben muß und im Zweifelsfall eher andere Dinge wie Höhe oder Blütenbildung eingeschränkt werden. Die Halmqualität scheint Einsparungen nur bis zu einem gewissen Grad zu tolerieren.

Vergleicht man nun die einzelnen Positionen innerhalb des Krottenhofteichs untereinander so war, wie bereits im Jahr davor, das Schilf im Bereich westlich der Mauer um einiges biegsamer als beim Einlauf oder östlich der Mauer. Der Auslauf wurde in Block 2 nicht erfaßt, da der komplette Bereich unter Wasser stand. War es so, daß beim Vergleich der ganzen Anlagen die stärksten Halme die Festigkeit am meisten reduzierten, so trat nun der gegenteilige Fall ein. Bei den kleinen Stichproben der einzelnen Abschnitte konnten sich die stärksten deshalb behaupten, weil sie vergleichsweise wenig Reduktion ihrer Festigkeit zeigten.

Das gleiche Bild zeigte sich auch bei der Laimergrube und der Anlage bei der Tangente. Bei der Laimergrube wurde der Mittelteil stark gefördert und konnte 127,8% von Block 1 erreichen. Der Einlauf- und der Auslaufbereich mußten hier zurückstehen. Ähnlich verhielt es sich mit der Kläranlage an der Tangente, wo ebenfalls der mittlere Bereich mit 157,3% von Block 1 einen wahren Festigkeitsschub erhielt. Die schon im Jahr davor schwachen Halme im nördlichen Einlaufbereich waren auch in Block 2 an letzter Stelle, konnten aber ihre Festigkeit nahezu gleichhalten. Die in Block 1 gut entwickelten Halme im „Einlaufbereich Süd“ erreichten im Jahr darauf jedoch nur noch 76,6% ihrer Vorjahreswerte. Weshalb das Ausmaß der Festigkeit teils so gravierend erhöht oder herabgesetzt wurde läßt sich momentan nicht sagen. Es wurden im zweiten Jahr jedoch lediglich einige Halme geerntet wodurch es teils zu recht kleinen

Stichproben kam, was für eine aussagekräftige Statistik natürlich problematisch ist. Das dürfte auch der Grund sein weshalb die verbleibende Biegung der Stengel in Block 2 so stark variierte. Diese Schwankungen traten auch schon bei Block 1 auf, wurden aber bei der Mittelwertberechnung nahezu völlig neutralisiert. Lediglich beim Vergleich der ganzen Anlagen, wo dann doch eine größere Halmzahl zustande kam, zeigte sich, daß bei den biegsameren Stengeln auch die zurückbleibende Restbiegung am höchsten ausfiel. Überhaupt war die verbleibende Biegung im zweiten Jahr erheblich größer als im Jahr davor. Selbst bei Bereichen die in Block 2 an Festigkeit zulegen konnten blieb mehr Durchbiegung zurück.

In den meisten Fällen muß man feststellen, daß Halme mit Blüte steifer waren als solche ohne, was ganz im Einklang mit den Ergebnissen von Hosner steht (Hosner, 1990). Lediglich die Laimergrube stellte hier eine Ausnahme dar. Die zurückbleibende Biegung war erwartungsgemäß bei härteren Stengeln geringer als bei weicheren, nur in wenigen Fällen konnte über den Mittelwert gerundet wenigstens ein Gleichstand erreicht werden. Im Vergleich von Block 1 zu Block 2 erreichten Halme mit Blüte zwar den gleichen E-Modul, die zurückbleibende Restbiegung fiel allerdings in Block 2 um rund eine Zehnerpotenz höher aus. Halme ohne Blüte waren in Block 2 biegsamer als in Block 1 und zeigten auch eine deutlich höhere bleibende Biegung.

Die Biegeversuche ergaben statistisch gut abgesicherte Ergebnisse. Auch hier gilt das bereits gesagte, die Werte waren signifikant unterschiedlich, mit Ausnahme jener, die entlang der Reinigungstrecken innerhalb der einzelnen Anlagen erhoben wurden.

4.4.2 Festigkeitsuntersuchung: Bruchspannung

Natürlich setzten dickere Halme den Bruchversuchen mehr Widerstand entgegen als dünnere. Diese Tatsache wurde auch im Zuge der Literatursuche bestätigt (Shamal et al. , 2007), jedoch lag das Hauptaugenmerk dieser Arbeit nicht bloß im Vergleich von Stengeldicken. Um möglichst ähnliche Halme unter verschiedenen Faktoren vergleichen zu können, wurde in die

Berechnung die Wandstärke mit einbezogen, was das Ergebnis wesentlich beeinflusste. Es zeigte sich, daß die größte Bruchspannung von den dünnsten Halmen erreicht wurde. Die vergleichsweise meiste Kraft mußte aufgewendet werden um die schwachen Halme aus dem Wolfsgraben zu brechen. Danach folgten die Stengel aus dem Graben Mannersdorf und der Kläranlage nahe der Tangente. Lobau, Laimergrube und Krottenhofteich zeigten deutlich dickere Halme, jedoch war keine wesentlich höhere Bruchkraft zur Zerstörung des Halmstücks nötig. Umgerechnet auf die Querschnittsfläche erreichten sie daher nur geringe Bruchspannungen.

Auch hier zeigt sich somit, wie schon bei der Betrachtung von Dichte und Wandstärke, daß in dickeren Halmen nicht automatisch mehr Material angelegt wird, sondern die zur Verfügung stehende Masse lediglich auf eine größere Fläche verteilt wird.

Diese Beobachtung bestätigte die Angaben von Hosner, wobei sie noch ganz allgemein eine Verdickung des Sklerenchyms bei steigendem Trophiegrad entdeckte (Hosner, 1990). Hosner fand im Zuge ihrer Arbeit auch den breitesten Sklerenchymstreifen in den Halmen der Lobau. Diese Stengel waren auch in dieser Untersuchung sehr sklerenchymreich, allerdings konnten auch beim Standort Mannersdorf Graben und der Laimergrube hohe Sklerenchymanteile gefunden werden. Ein Zusammenhang zwischen der Menge des vorhandenen Sklerenchyms und der Festigkeit der Halme konnte nicht entdeckt werden. Laut Hosner verteilt sich das Material der Stengel auf ca. 1/3 Sklerenchym- und rund 2/3 Parenchymgewebe. Dieses Verhältnis wurde überblicksmäßig auch bei den hier untersuchten Halmen gefunden. Exakte Angaben dazu können nicht gemacht werden, da die genauen Anteile nicht bestimmt wurden.

Guntli beschreibt in seiner Arbeit daß an eutrophen und oligotrophen Standorten in etwa gleich viel Lignin gebildet wird (Guntli, 1989). So gesehen dürfte die Nährstoffverfügbarkeit die Festigkeit der Halme nur wenig beeinflussen, jedoch wirkt mechanische Belastung wie zum Beispiel Winddruck positiv auf den Steifegrad ein. Dieser Faktor könnte vor allem bei den festen Pflanzen aus dem Wolfsgraben zum Tragen kommen, die in einer baumlosen, flachen Vertiefung in nordwestlicher Ausrichtung wuchsen. Alle anderen Standorte verlaufen entweder in anderer Ausrichtung, sind mehr eingetieft oder durch umgebende Vegetation besser geschützt.

Im Krottenhofteich zeigte sich, wie bereits beim Elastizitätsmodul, daß die widerstandsfähigsten Halme beim Einlauf und östlich der Mauer auftraten. Im Bereich „Mauer West“ und beim Auslauf waren die Halme biegsamer und brachen auch bei geringerer Krafteinwirkung. Genauso verhielt es sich bei der Laimergrube, wo beim Einlaufbereich mehr Kraft aufgewendet werden mußte um die Stengel zu biegen und zu brechen. Auch bei der Kläranlage an der Tangente standen Biege- und Bruchkraft in einem gleichläufigen Verhältnis zueinander. Obendrein gab es hier einen eindeutigen Gradienten vom Süd- zum Nordteil. Warum das so war, kann nach den derzeitigen Untersuchungen nicht geklärt werden. Bei den Kläranlagen zeigte sich weiters das naheliegende Ergebnis, daß steifere Halme auch schwerer zu brechen sind.

Demgegenüber steht der Wolfsgaben als interessanter Sonderfall. Er besitzt äußerst biegsame Halme, die allerdings lange Zeit nicht brechen und eine hohe Zugkraft ertragen können. Kommt es dann endlich zum Bruch verläuft dieser eher als langsames Einknicken des Halmes, wobei die beiden Hälften häufig auch miteinander verbunden bleiben. Bemerkenswert ist das vor allem deshalb, weil Haas (2008) in ihrer Diplomarbeit eine erhöhte mechanische Festigkeit bei geringerer Nährstoffzufuhr fand, und dazu auch einen Artikel von Ostendorp zitierte, der zu dem selben Ergebnis kam. Obwohl die Halme des Wolfsgabens relativ belastbar waren, ist aber nicht anzunehmen, daß am Fuße zweier bewirtschafteter Hügel nährstoffarme Bedingungen herrschen.

Beachtlicherweise erzielte der Krottenhofteich im sonst eher schwachen Jahr 2007 bei der Bruchspannung einen Wert von 117,91% gegenüber Block 1, die Laimergrube und der Standort an der Tangente blieben jedoch weit unter 100%. Dieser hohe Wert des Krottenhofteiches kam allerdings nur dadurch zustande, daß der Bereich „Mauer Ost“ 136,54% erreichte. Der Teil westlich der Mauer sowie der Einlaufbereich konnten hingegen die Vorjahresergebnisse nicht mehr erreichen. Ganz ähnlich lag der Fall in der Laimergrube. Einlauf und Auslauf schnitten im zweiten Jahr bei weitem schlechter ab. Der Gesamtwert von 92,97% konnte nur durch den gut entwickelten Mittelteil (123,40%) zustande kommen. Die Kläranlage bei der Tangente lag in Block 2 hingegen ganz erwartungsgemäß hinter den Ergebnissen von Block 1.

Wie üblich waren auch hier die blühenden Halme die widerstandsfähigeren. Es mußte also mehr Kraft aufgewendet werden, um sie zu brechen. Und auch hier waren die Stengel von Block 1 härter als von Block 2. Halme mit Blüte konnten im zweiten Jahr nur 96,75% der Bruchspannung von Block 1 erreichen, Halme ohne Blüte gar nur 90,80%. Betrachtet man die einzelnen Anlagen, so waren im Krottenhofteich und der Kläranlage bei der Tangente ebenfalls die rispenbildenden Stengel schwerer zu brechen. Lediglich die Laimergrube bildete hier eine Ausnahme. Dort erforderten die Halme ohne Blüte einen höheren Kraftaufwand bevor es zum Bruch kam.

Beim Vergleich mit anderen natürlichen Materialien kann man feststellen, daß Schilf fast doppelt so elastisch ist wie Holz bei nahezu halber Bruchlast. Das Holz von Walnuß beispielsweise hat einen E-Modul von lediglich $9,8 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ und bei der Bruchlast eine Scherung parallel zur Faser von $8,4 \text{ N/mm}^2$ (Green et al., 1999).

Die Ermittlung der Bruchspannung ergab in allen Fällen signifikant unterschiedliche Werte, selbst bei den Positionen innerhalb der einzelnen Anlagen.

4.4.3 Festigkeitsuntersuchung: Bruchstellen

Bei den Kläranlagen trat die überwiegende Mehrzahl der Brüche an Stelle D auf. Beim Krottenhofteich und beim Standort bei der Tangente traten auch an Stelle B noch relativ häufig Brüche auf. Bei der Laimergrube hingegen wies diese Stelle mit 5,55% die geringste Bruchrate auf. Hier brachen die Halme häufiger an Stelle A .

So eindeutige Tendenzen lassen sich an den natürlichen Standorten leider nicht erkennen. In Mannersdorf und der Lobau waren die Bruchhäufigkeiten relativ gleichmäßig verteilt, im Graben Mannersdorf mit Stelle B als Vorreiter, in der Lobau mit Stelle A. Im Wolfsgaben hingegen brachen die Stengel vornehmlich an Stelle B (68,42%) und nicht mal halb so häufig an Stelle D (31,58%). Die Stellen A und C traten überhaupt nicht in Erscheinung.

Betrachtet man alle Halme im gesamten, so trat die Hauptanzahl der Brüche an Stelle D auf. Bei den Kläranlagen sieht man dieses Ergebnis auch deutlich, warum die Gruppe der natürlichen Standorte hier herausfällt kann nicht gesagt werden.

Sieht man sich nur den Krottenhofteich an, so fällt auf, daß an Stelle C nur ein einziger Halm gebrochen ist, das entspricht lediglich 2,38% der gesamten Stengel aus dieser Anlage. Wie schon beim Gesamtergebnis konnte auch in den einzelnen Teilbereichen die Stelle D die meisten Brüche aufweisen.

Ähnlich ist die Lage in der Laimergrube. Stelle D konnte die häufigsten Brüche aufweisen. Lediglich im Mittelteil traten die Brüche an Stelle A mit gleicher Häufigkeit zu Tage. Stelle C konnte auch hier nur wenige Brüche aufweisen. Im Einlauf- und im mittleren Bereich keinen, aber da es beim Auslauf gleich dreimal zum Bruch kam liegt sie noch vor Stelle B, an welcher es nur zweimal zu Bruchereignissen kam (je einmal beim Ein- und Auslauf).

Bei der Kläranlage an der Tangente lagen der nördliche und der südliche Teil im allgemeinen Trend. Am häufigsten traten Brüche an Stelle D auf, am seltensten an Stelle C. Lediglich der Mittelteil fiel hier aus der Reihe. Am seltensten traten Brüche mit je zwei Stück an den Stellen A und D auf, am häufigsten an Stelle B. Ein Zusammenhang läßt sich nicht erkennen, außer daß in den Kläranlagen die Bruchstellen prinzipiell am ehesten an Stelle D lagen. Es konnte hierzu auch keine Vergleichsliteratur gefunden werden.

Ganz konform zur Literatur verhielt sich das Schilf jedoch bei der Art des auftretenden Bruchs. Genau wie von Spatz & Speck (1995) beschrieben, sah man die Stengel zuerst oval einbeulen. Danach brachen dünnere Halme relativ gerade durch, dickere jedoch spalteten sich der Länge nach auf. Das wird als longitudinale Risse auf Grund von Scherspannungen bei der Deformation beschrieben (Spatz & Speck, 1995). Dabei wird die Festigkeit des Halmes nicht bloß vom Sklerenchymanteil getragen, sondern sehr wohl auch vom Parenchym, vor allem auch an Halmen bei denen das Sklerenchym nur in geringer Dicke ausgebildet ist (Spatz & Speck 1995 b). Auch im Zuge dieser Arbeit rissen dickwandige Halme oft bis zu 15 cm weit ein (Ablenken der Kraft in Faserrichtung), dünnwandige hingegen brachen nicht unbedingt früher und konnten der Durchbiegung oft erheblichen Widerstand entgegensetzen.

Bemerkenswert ist, daß es im Krottenhofteich bei den Proben aus Block 2 an den Stellen B und C überhaupt nie zum Bruch kam. Stelle C war zwar auch schon im Jahr davor schlecht vertreten, aber Stelle B war die zweithäufigste. Bedingt dadurch konnten die anderen beiden Stellen ihre Bruchwahrscheinlichkeit sowohl prozentuell, als auch in Absolutzahlen leicht steigern. In der Laimergrube konnten die Stellen C und D etwas häufiger auf Brüche verweisen, während die Wahrscheinlichkeit bei A und B sank. Darüberhinaus läßt sich kein Trend ablesen. Am Standort bei der Tangente waren in Block 2 bei allen Bruchstellen Abstriche zu verzeichnen zugunsten von Stelle D. Diese war auch im Jahr davor schon stark vertreten und konnte jetzt nochmals den Wert steigern. Vor allem die Halme im nördlichen und im südlichen Teil brachen vornehmlich an Stelle D. Der Südteil wies in beiden Jahren an Stelle D eine Hundert-Prozent-Rate auf. Der Mittelteil hingegen wies in Block 1 die höchste Bruchwahrscheinlichkeit an Stelle B auf, in Block 2 jedoch trat dort kein einziger Bruch auf.

Die überwiegende Mehrzahl aller Halme brach an Stelle D, was sich vor allem bei den nicht blühenden sehr deutlich abzeichnet. Bei den blühenden Stengeln war es zwar genauso, aber das Ergebnis war nicht in so gravierendem Maß eindeutig. Auch an den Stellen A und B waren hier einige Brüche nachzuweisen. Diese Werte kamen in erster Linie in Block 1 zustande. In Block 2 verhielten sich die blühenden genau wie die nicht blühenden Halme, die Bruchstellen A bis C waren nur zu einem geringen Prozentsatz beteiligt. Im Krottenhofteich erfolgten Brüche neben Stelle D auch an Stelle B. Ein Ergebnis, das sich mit etwas geringerer Deutlichkeit auch bei der Kläranlage an der Tangente zeigte. In der Laimergrube trat neben D auch Stelle A vermehrt in Erscheinung. Leider konnte zu allen genannten Punkten nur wenig Literatur gefunden werden. Es wurden zwar einige materialwissenschaftliche Studien gefunden, die sich aber zumeist auf Holz oder Bambus beziehen. Laut Haslam (2010) liegt in dem, hier als Stelle D bezeichneten, Bereich ein intercalares Meristem wo es zu Längenwachstum kommt. Das würde erklären, weshalb Bruchereignisse hier relativ häufig auftraten. Den eben erst entstandenen, noch jungen Zellen fehlt es vorerst wohl noch an Festigkeit.

4.5 Halmbiometrische Untersuchung mittels Micro-CT

Bei der Betrachtung der Querschnitte und beim Verfolgen einzelner Leitbündelgruppen konnten niemals Überkreuzungen beobachtet werden. Die Bündelgruppen verschoben sich zwar etwas, aber man sieht an keiner Stelle, daß sie sich wirklich kreuzen. Laut Literaturangaben sollte es allerdings Überkreuzungen geben. Sieht man sich anstelle der Querschnitte die Längsschnitte an, kann man auch tatsächlich Überkreuzungen erkennen. Wie kommt dieser Widerspruch nun also zustande? Zum einen lassen sich Gefäßbündel im Längsschnitt nicht annähernd so gut verfolgen wie im Querschnitt, weshalb sich die Beobachtung etwas schwieriger gestaltet. Lediglich an wenigen Stellen sieht man die Bündel schräg verlaufen. Erschwerend kommt dazu, daß mittels Röntgentechnik lediglich solche Strukturen abgebildet werden können, die eine gewisse Dichte aufweisen. Im Bereich der hufeisenförmigen Strukturen beispielsweise sieht es so aus, als ob die dreieckigen Felder zwischen den Rücken der „Hufeisen“ sowie deren Inneres leer wären. Erst später sieht man, daß aus diesen Bereichen die Blattspurstränge hervorgehen. Diese Abschnitte können also nie leer gewesen sein. Es waren Leitbündelstränge, allerdings welche mit nur geringer Dichte, so daß sie nicht abgebildet werden konnten.

Ähnlich verhält es sich mit den Blattlücken welche ebenfalls leer erscheinen. Tatsächlich sind sie aber mit lockerem Parenchym gefüllt (Esau, 1969), wie man sieht, wenn man sich den Bereich im Durchlauf der Einzelbilder ansieht. Das Parenchym entwickelt sich durch die Lücke hindurch. Solcherart sind einige Strukturen im raschen Durchlauf der Bilderserien eher sichtbar, was hier leider nicht dargestellt werden kann. Weiters erscheint es an manchen Stellen als würde sich Material aus dem inneren Gefäßbündelring durch die Blattlücke nach außen entwickeln. In diesem Fall müßte es sich dann wieder um Gefäßbündel mit geringer Dichte handeln. Allerdings konnte für diesen Punkt noch keine eindeutige Bestätigung gefunden werden. Eine Literaturstelle aus Esau (1969) sagt zwar aus, daß verschiedene Blattspuren aus diesem und dem nächsthöheren Internodium sich zum Gefäßbündelring vereinen, es wird aber nie erwähnt ob einige dieser Strukturen durch die Blattlücke eintreten. Hier besagtes Zitat:

Durch Reorientierung vereinigen sich die dicken Blattspuren und die vom oberen Internodium herablaufenden Bündel zum inneren Leitbündelring des nächsttieferen Internodiums. Der innere Leitbündelring besteht etwa zur Hälfte aus dicken Spuren und Spurenkomplexen des nächsthöheren Blattes, zum anderen Teil aus Stengelbündeln des nächsthöheren Internodiums.

(Esau, 1969)

Interessanterweise ist hier vor allem die Rede von Leitbündeln des nächsthöheren Internodiums. Ein Gutteil der Strukturen des transversalen Gefäßbündelringes sollte also von oben kommen. Die im Zuge dieser Arbeit beobachteten einmündenden Gefäßbündel stammten allerdings von unten. Möglicherweise wieder eine Frage der Dichte und somit der Sichtbarmachung. Teils wurden hinter dem Gefäßbündelring weitere, quer zur Faser angeschnittene Strukturen, sichtbar. Vermutlich sind auch das Teile des Ringes. Wie man ebenfalls einer Abbildung aus Esau (1969) von Mais entnehmen kann, ist dieser innere Gefäßbündelring zum Teil durch die längsverlaufenden Gefäße wie durchwoben.

Eine weitere Vermutung besteht darin, daß die in der Längsaufnahme am Stengel außen sichtbaren Spalten aus den im Querschnitt erscheinenden dreieckigen Feldern zwischen den Rücken der „Hufeisen“ bestehen. Leider kann auch das noch nicht mit letzter Sicherheit gesagt werden. In diesem Fall wäre es von Interesse die Querschnitte jener Pflanzen zu untersuchen, welche am Knoten eindeutig netzartige Strukturen aufweisen. Möglicherweise zeigen diese mehrere Lagen, versetzt zueinander auftretende, hufeisenförmige Strukturen übereinander.

Wendet man sich nun noch den Querschnitten auf ganzer Länge des Nodiums zu, so erscheinen die Gefäßbündel im unteren Teil recht gleichmäßig verteilt mit einer leichten Anhäufung im äußeren Teil. Im Bereich der Kuppel gruppieren sie sich dann zu besagten hufeisenförmigen Strukturen und im oberen Teil werden sie wieder gleichmäßig über den Querschnitt verteilt mit noch stärkerer Konzentration am äußeren Rand. Dieser obere Bereich ist jener Teil, in dem es am häufigsten zum Bruch kam. Warum dem so ist, kann nicht mit letzter Sicherheit gesagt werden, es könnte aber mit der bereits erwähnten Wachstumszone im Zusammenhang stehen. Das könnte der Grund sein, warum Brüche unterhalb des Nodiums nicht mit der gleichen Häufigkeit auftreten, wie Brüche oberhalb des Nodiums. Eventuell ist auch die

stärkere Anhäufung der Gefäßbündel im äußeren Bereich von Bedeutung. War lange Zeit die gängige Lehrmeinung, daß ein Halm um so stabiler wird, je weiter seine Festigkeitsstrukturen von der Mittelachse entfernt sind, so konnten Schulgasser & Witztum 1997 nachweisen, daß das noch nicht die optimalste Anordnung darstellt (Schulgasser & Witztum, 1997). Stengel können noch mal an Festigkeit zulegen, wenn zwar ein guter Teil der Leitbündel am äußeren Rand konzentriert ist, sich der Rest aber gleichförmig über den Querschnitt verteilt.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen besonderen Dank aussprechen an:

Herrn Univ. Prof. Dr. Georg A. Janauer für die freundliche Unterstützung und umfassende Betreuung und für die Chance die er mir gab. Sein weiser Ratschlag und seine Hilfe bei vielen Problemen haben diese Arbeit erst „salonfähig“ gemacht.

Herrn OR i. R. Dr. Gerhard Draxler für die fachkundige Anleitung und die tatkräftige Hilfe beim Versuch die Halme zu schneiden, zu färben und zu mikroskopieren.

Frau AO Univ. Prof. i. R. Dr. Waltraud Klepal und Frau AR Mag. Daniela Gruber für die Hilfe und Anteilnahme beim Versuch die Schilfhalme zu bearbeiten.

Herrn Univ. Prof. DDr. Gerd Müller und Herrn Brian Metscher BSc. PhD für die freundliche Benützungserlaubnis des Micro CT Röntgen Apparates, sowie die kompetente Beratung und professionelle Durchführung der Aufnahmen.

Herrn Gert Bachmann für den Versuch mir die Statistik etwas näher zu bringen und für seine Engelsgeduld in EDV - Fragen.

Herrn Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Peter Filzmoser für die erste Begutachtung der Daten und die Beratung für die Statistik.

Frau Doz. AO Univ. Prof. Dr. Maria Teschler-Nicola vom Naturhistorischen Museum für die Erlaubnis zur Benützung des Zahnmedizinischen Röntgengerätes.

Für die freundliche Hilfestellung bei der Informationssuche zu den Klärteichen bedanke ich mich in alphabetischer Reihenfolge bei:

Frau Birgit Annerl, MA 58

Herrn Fritz Binder, ASFINAG

Frau Dr. Ulrike Goldschmid, MA 45

Herrn DI Erich Hermann, MA 29

Herrn DI Dieter Klein, MA 45

Herrn DI Michael Kubik, MA 22

Herrn Josef Kühschitz, Bauhofleiter Stadtgemeinde Mannersdorf

Herrn Ing. Peter Riedl, MA 42

Herrn Ing. Leopold Unger, Planungsbüro Pauser ZT Ges.m.b.H.

Herrn Dr. ORat Viktor Weilguni vom Hydrographischen Zentralbüro für die Übermittlung der Niederschlagsmengen und der Temperatur für den in Frage kommenden Zeitraum und die untersuchten Gebiete.

Meinen Kollegen vom Department für Limnologie, Arbeitsgruppe Hydrobotanik, vor allem Frau Mag. Brigitte Schmidt und Herrn DI Norbert Exler für die Herstellung sämtlicher Kontakte, für Ihre Unterstützung und fürs Mutmachen.

Meinem Lebensgefährten Herrn Ing. Christopher Brandl Bsc.(Hons.) dafür, daß er von der Ernte des ersten Halmes bis zur Verzweiflung bei der Endausführung alles geduldig ertragen hat, sowie für seine Beratung in allen technischen Fragen und Berechnungen.

Meiner Familie und meinen Freunden für die private Unterstützung in allen Belangen.

Liste der verwendeten Abkürzungen

Abb.	Abbildung
E-Modul	Elastizitätsmodul
HCl	Salzsäure
HmB	Halme mit Blüte
HoB	Halme ohne Blüte
HvB	Halme mit veränderter Blütenbildung
I	Flächenträgheitsmoment
KH	Krottenhofteich
LB	Lobau, Hoher Spitz
LG	Laimergrube
MD	Graben Mannersdorf
ME	Östlich der Mauer
MW	Westlich der Mauer
NaOH	Natronlauge
TG	Kläranlage an der Tangente
WG	Wolfsgraben Trautmannsdorf

Tabellenverzeichnis

Tabelle	Seite
Tab. 001 Ort und Zeitpunkt der Aufsammlungen	32
Tab. 002 Anzahl der ausgezählten und untersuchten Halme	47
Tab. 003 Halmdichten an den Standorten	48
Tab. 004 Anzahl blühender und nicht blühender Halme an den Standorten	49
Tab. 005 Halmdichten an den einzelnen Positionen der Standorte	51
Tab. 006 Länge und Durchmesser der Halme an allen Standorten	56
Tab. 007 Länge und Durchmesser der Halme im Krottenhofteich	61
Tab. 008 Länge und Durchmesser der Halme in der Laimergrube	61
Tab. 009 Länge und Durchmesser der Halme in der Kläranl./Tang.	62
Tab. 010 Länge und Durchmesser der Halme in Block 1 und 2	64
Tab. 011 Länge und Durchm. der blühenden und nicht blühenden Halme (Bl. 1 u. 2)	68
Tab. 012 Basaldurchmesser der blühenden und nicht blühenden Halme	69
Tab. 013 Durchmesser in der Halmmitte der blühenden und nicht blühenden Halme	70
Tab. 014 Länge und Durchm. der blühenden und nicht blühenden Halme (Standorte)	72
Tab. 015 Dichte und Wandstärke der Halme an den Standorten	73
Tab. 016 Dichte und Wandstärke der Halme an den Standorten	76
Tab. 017 Dichte und Wandstärke der Halme in Block 2	79
Tab. 018 Dichte von blühenden und nicht blühenden Halmen in Block 1 und 2	81
Tab. 019 Dichte der Halme an den Standorten	82
Tab. 020 Wandstärke von blühenden und nicht blühenden Halmen in Block 1 und 2	82
Tab. 021 Wandstärke der Halme an den Standorten	83

Tab. 022	Internodienanzahl und Halmlängen an den Standorten	85
Tab. 023	Elastizitätsmodul und bleibende Biegung an den Standorten	95
Tab. 024	Elastizitätsmodul und bleibende Biegung in Block 1 und 2	97
Tab. 025	Elastizitätsmodul und bleibende B. blühender und nicht blühender Halme	99
Tab. 026	Bruchspannung der Halme an den Standorten	100
Tab. 027	Bruchspannung der Halme in Block 2	102
Tab. 028	Bruchspannung blühender und nicht blühender Halme	103
Tab. 029	Bruchstellen der Halme an den Standorten	104
Tab. 030	Bruchstellen der Halme im Krottenhofteich	108
Tab. 031	Bruchstellen der Halme in der Laimergrube	109
Tab. 032	Bruchstellen der Halme im Kläranl./Tang.	110
Tab. 033	Bruchstellen der Halme in Block 2	112
Tab. 034	Bruchstellen blühender und nicht blühender Halme	113

Abbildungsverzeichnis

Abbildung	Seite
Fig. 001 Planauszug Krottenhofteich	22
Fig. 002 Planauszug Laimergrube	24
Fig. 003 Planauszug Kläranlage bei der Tangente	26
Fig. 004 Planauszug Mannersdorf	27
Fig. 005 Planauszug Lobau	28
Fig. 006 Planauszug Trautmannsdorf bei Geras	28
Fig. 007 Krottenhofteich Sammelpositionen	32
Fig. 008 Laimergrube Sammelpositionen	33
Fig. 009 Kläranl./Tang. Sammelpositionen	33
Fig. 010 Mannersdorf Sammelpositionen	34
Fig. 011 Lobau Sammelpositionen	34
Fig. 012 Trautmannsdorf/Geras Sammelpositionen	35
Fig. 013 Schilfbiegegerät nach Binz	37
Fig. 014 Skizze der möglichen Bruchstellen	40
Fig. 015 Halmdichten an allen Standorten	48
Fig. 016 Blühende Halme (%) an allen Standorten	49
Fig. 017 Nichtblühende Halme (%) an allen Standorten	50
Fig. 018 Krottenhofteich: Verteilung der Halme mit und ohne Blüte	52
Fig. 019 Laimergrube: Verteilung der Halme mit und ohne Blüte	53
Fig. 020 Kläranl./Tang.: Verteilung der Halme mit und ohne Blüte	54
Fig. 021 Halmlängen an allen Standorten	58

Fig. 022	Basaldurchmesser an allen Standorten	59
Fig. 023	Durchmesser/Mitte an allen Standorten	60
Fig. 024	Halme mit und ohne Blüte: Halmlänge	68
Fig. 025	Halme mit und ohne Blüte: Basaldurchmesser	70
Fig. 026	Halme mit und ohne Blüte: Durchmesser/Mitte	71
Fig. 027	Krottenhofteich: Wandstärke der Halme	77
Fig. 028	Laimergrube: Wandstärke der Halme	77
Fig. 029	Kläranl./Tang.: Wandstärke der Halme	78
Fig. 030	Dichte aller Halme in Bezug zur Wandstärke	84
Fig. 031	Anzahl der Internodien an allen Standorten	86
Fig. 032	Länge und Anzahl der Internodien in den Kläranlagen	87
Fig. 033	Länge und Anzahl der Internodien an den natürlichen Standorten	88
Fig. 034	Krottenhofteich: Anzahl der Internodien	89
Fig. 035	Laimergrube: Anzahl der Internodien	90
Fig. 036	Kläranl./Tang.: Anzahl der Internodien	91
Fig. 037	Block1 und 2: Anzahl der Internodien	92
Fig. 038	Halme mit und ohne Blüte: Länge und Anzahl der Internodien	93
Fig. 039	Elastizitätsmodul der Halme an allen Standorten	96
Fig. 040	Bruchspannung der Halme an allen Standorten	101
Fig. 041	Anzahl der an Stelle A gebrochenen Halme (%) an allen Standorten	104
Fig. 042	Anzahl der an Stelle B gebrochenen Halme (%) an allen Standorten	105
Fig. 043	Anzahl der an Stelle C gebrochenen Halme (%) an allen Standorten	106
Fig. 044	Anzahl der an Stelle D gebrochenen Halme (%) an allen Standorten	107
Fig. 045	Krottenhofteich: Anzahl der Halmbruchst. (%) an den Sammelpositionen	108
Fig. 046	Laimergrube: Anzahl der Halmbruchst. (%) an den Sammelpositionen	109

Fig. 047	Kläranl./Tang.: Anzahl der Halmbruchst. (%) an den Sammelpositionen	110
Fig. 048	Natürl. Standorte: Anzahl der Halmbruchstellen (%)	111
Fig. 049	Längsschnitt durch ein Nodium	114
Fig. 050	Längsschnitt: Detail Verstärkungselemente an der Kuppel	115
Fig. 051	Längsschnitt: Detail Verstärkungselemente an der Kuppel	115
Fig. 052	Längsschnitt mit transversalem Gefäßbündelring	116
Fig. 053	Längsschnitt: Detail transversaler Gefäßbündelring	117
Fig. 054	Längsschnitt mit Blattlücke	118
Fig. 055	Längsschnitt mit Sicht auf Außenhülle	119
Fig. 056	Querschnitt unterhalb des Knotens	120
Fig. 057	Querschnitt innerhalb des Knotens	120
Fig. 058	Querschnitt oberhalb des Knotens	120
Fig. 059	Längsschnitt: Detail Gefäßverlauf	121
Fig. 060	Längsschnitt: Detail Gefäßverlauf	121
Fig. 061	Querschnitt: Bildung der Blattscheide, frühes Stadium	122
Fig. 062	Querschnitt: Bildung der Blattscheide, mittleres Stadium	123
Fig. 063	Querschnitt: Bildung der Blattscheide, spätes Stadium	124
Fig. 064	Querschnitt: Bildung der Blattscheide, Abschluß	125
Fig. 065	Querschnitt mit Auge	126
Fig. 066	Querschnitt mit Rißbildung	127
Fig. 067	Querschnitt mit Rißbildung	127
Fig. 068	Dreidimensionale Abbildung eines Nodiums	128

Literaturverzeichnis

Abwasseruntersuchungen für den Krottenhofteich, Sickeranlage für Niederschlagswässer. Durchgeführt durch die MA 15 – Gesundheitsamt, 1993, Hyg. 46/II, IV, IX, X/92

Akan, A. O., Houghtalen, R. J., 2003: Urban Hydrology, Hydraulics, and Stormwater Quality. Engineering Applications and Computer Modeling. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey

Ansuchen um wasserrechtliche Bewilligung für die Pflanzenkläranlagen Laimergrube und Krottenhofteich. MA 45 – S/21 – 135/95, 1995

Asaeda, T., Fujino, T., Manatunge, J., 2005: Morphological adaptations of emergent plants to water flow: a case study with *Typha angustifolia*, *Zizania latifolia* and *Phragmites australis*. Freshwater Biology 50, 1991-2001

Bescheid über die Bewilligung zur Durchführung eines wasserwirtschaftlichen Versuches und Erteilung des Wasserbenützungsrechtes. MA 58 – 3984/85, Wien 2, Prater Hochstraße A 23, Republik Österreich, Abwasserbeseitigung. Wien 19. 12. 1989

Bescheid zur Erlöschung des Wasserbenützungsrechtes MA 58 – 1633/1997, Wien 2, Prater Hochstraße A 23, Republik Österreich, Wasserwirtschaftlicher Versuch (Versickerung von Niederschlagswässern), Erlöschen des Wasserbenützungsrechtes. Wien 28. 10. 1999

Böge, A., Schlemmer, W., 1984: Aufgabensammlung zur Mechanik und Festigkeitslehre. Friedrich Vieweg & Sohn. Braunschweig, Wiesbaden

Brandl, C., 2009: Analysis of a gear–shaft. End of Course Assessment T884. Open University. Milton Keynes

Bruns, J., 1999: Dynamische Koppelung von Regenwasserbehandlung und Abwasserreinigung bei Mischwasserzufluß. Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Industrie- und Siedlungswasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft e.V. Stuttgart

Byoung-Hwa, L., Scholz, M., 2006: What is the role of *Phragmites australis* in experimental constructed wetland filters treating urban runoff? Elsevier B.V.

Chen, K-M., Wang, F., Wang, Y-H., Chen, T., Hu, Y-X., Lin, J-X., 2006: Anatomical and chemical characteristics of foliar vascular bundles in four reed ecotypes adapted to different habitats. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. Volume 201, Issue 7, 555-569. Elsevier GmbH

Clayton, W. D., 1968: The Correct Name of the Common Reed. Taxon, Vol. 17, No. 2 (Apr., 1968), pp. 168-169. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)

Conert, H. J., 2000: Parays Gräserbuch: Die Gräser Deutschlands erkennen und bestimmen. Blackwell Wissenschafts-Verlag. Berlin, Wien

Engloner, A. I., 2003: Annual growth dynamics and morphological differences of reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steudel) in relation to water supply. Flora, 199, 256-262. Elsevier

Erhardt, W., Götz, E., Bödeker, N., Seybold, S., 2002: Zander Handwörterbuch der Pflanzennamen. Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart

Esau, K., 1969: Pflanzenanatomie. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart

Green, D. W., Winandy, J. E., Kretschmann, D. E., 1999: Mechanical Properties of Wood. Wood Handbook – Wood as an Engineering Material. Gen. Tech. Rep.FPL-GTR-113, 463p. Forest Products Laboratory, Department of Agriculture, Forest Service. Madison, WI: U. S.

Gunkel, G., 1994: Bioindikation in aquatischen Ökosystemen. Gustav Fischer Verlag. Jena, Stuttgart

Guntli, A. P., 1989: Ligningehalt und andere Merkmale des Schilfhalmes (*Phragmites australis* (Cav.) Trin: ex Steudel) in Beziehung zur Röhrichtbewirtschaftung. Abhandlung zur Erlangung des Titels eines Doktors der Naturwissenschaften der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. Diss. ETH Nr. 8980

Guthruf, K., Zenger, C., Brändle, R., 1993: The habitat dependant productivity of reed (*Phragmites australis*) and its significance. Limnologie aktuell. Volume 5, 1-6. Seeuferzerstörung und Seeuferrenaturierung in Mitteleuropa. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, Jena, New York

Haas, M. M., 2008: Die Röhrichte der Lobaugewässer: Biomasseerfassung und biometrische Entwicklung im saisonalen Verlauf. Diplomarbeit zur Erlangung der Magistra der Naturwissenschaften an der Universität Wien.

Haberl, Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. R., Laber, Dipl. Ing. J., 1998: Sanierung für das Hochwasserretentionsbecken / Pflanzenkläranlage Krottenhofteich. Projektunterlagen erstellt im Auftrag der Magistratsabteilung 45 Wasserbau

Haberl, Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. R., Laber, Dipl. Ing. J., 1998: Sanierung für das Hochwasserretentionsbecken / Pflanzenkläranlage Laimergrube. Projektunterlagen erstellt im Auftrag der Magistratsabteilung 45 Wasserbau

Haslam, S. M., 1972: Biological Flora of the British Isles. The Journal of Ecology. Vol. 60, No. 2. (Jul., 1972), pp. 585-610

Haslam, S. M., 2010: A Book of Reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel, *Phragmites communis* Trin.). Forrest Text. Swn y Nant, Tresaith, Cardigan, Ceredigion SA43 2JG, UK

Häder, D-P., 1999: Photosynthese. Georg Thieme Verlag. Stuttgart, New York

Heinrich, A., 2004: Abwasserbehandlung in Pflanzenkläranlagen. Hauptseminararbeit an der Christian-Albrechts-Universität. Kiel

Hesse, R., 2003: Erfassen der derzeitigen Situation und Beurteilung der hydraulischen Leistungsfähigkeit einer Niederschlagswasservorreinigungsanlage am Bornmühlenbach. Diplomarbeit an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fachbereich Naturwissenschaftliche Technik. Hamburg

Hosner, E., 1990: *Phragmites Australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.: Struktur, Biomasse, Biometrie und Festigkeitsmessungen in Pflanzenkläranlagen und Vergleichsbeständen. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien.

<http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=301&fr=1&sts=> (Accessed 16. 12. 2007)

Hutchinson, E., 1975: A Treatise on Limnology. Volume 3. John Wiley & Sons. New York, London, Sydney, Toronto

Karlson, P., Doenecke, D., Koolman, J., 1994: Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler. Georg Thieme Verlag. Stuttgart, New York

Kisser, 1970: Mikroskopie des Holzes und des Papiers. Aus: Handbuch der Mikroskopie in der Technik, Band 5, Teil 1, Herausgeber Freund, H. Umschau Verlag. Frankfurt am Main

Laber, J., 2001: Wiener Mitteilungen, Bd. 167. Bepflanzte Bodenfilter zur weitergehenden Reinigung von Oberflächenwasser und Kläranlagenabläufen. Institut für Wasserversorge, Gewässerökologie und Abfallwirtschaft, Abteilung für Siedlungswasserbau, Industriewirtschaft und Gewässerschutz. Universität für Bodenkultur. Wien

Lösch, R., 2001: Wasserhaushalt der Pflanzen. 1. Auflage. Quelle und Meyer Verlag, UTB für Wissenschaft. Wiebelsheim

Neemann, Dr. G., 2000: Optimierung der Reinigungsleistung von Kleinkläranlagen am Beispiel von Schilfkläranlagen und ausgewählten technischen Systemen. Veröffentlicht in „Konzepte zur Abwasserbehandlung im ländlichen Raum“, Band I. Schriftenreihe der Kommunalen Umwelt-Aktion U.A.N. . Hannover. Heft 36, 56 – 76.

Ostendorp, W., 1993: Reed bed characteristics and significance of reeds in landscape ecology. Limnologie aktuell. Volume 5. Seeuferzerstörung und Seeuferrenaturierung in Mitteleuropa. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, Jena, New York

Pfeifer, R., 1998: Schmutzstoffrückhalt durch chemisch-physikalische Regenwasserbehandlung im Trennsystem. Oldenburg Verlag GmbH. München, Wien

Prasad, M. N. V., 2004: Heavy Metal Stress in Plants. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg

Projektunterlagen und Pläne Krottenhofteich 1986 – 2002. Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 45 – Wasserbau

Projektunterlagen und Pläne Laimergrube 1985 – 2002. Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 45 – Wasserbau

Raghi-Atri, F., Bornkamm, R., 1980: Über Halmfestigkeit von Schilf (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steudel) bei unterschiedlicher Nährstoffversorgung. Arch. Hydrobiol. 90, 90-105. Stuttgart

Richter, G., 1996: Biochemie der Pflanzen. Georg Thieme Verlag. Stuttgart, New York

Rodewald-Rudescu, Prof. Dr. L., 1974: Das Schilfrohr (*Phragmites communis* TRINIUS). E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart

Rollof, H., 1976: Maschinenelemente. Friedrich Vieweg & Sohn. Braunschweig, Wiesbaden

Rosinak, DI Dr. Techn. W., 1984: Abwasserbeseitigungsanlage A 23 – Prater – Hochstraße
Detailprojekt 1984, Technischer Bericht. Wien

Schmieder, K., Pier, A., 1999: Lakeside reed border characteristics at Lake Constance
(Untersee): A comparison between 1981-1983 and 1994. *Wetlands Ecology and Management* 8:
435-445

Schulgasser, K., Witztum, A., 1997: On the Strength of Herbaceous Vascular Plant Stems.
Annals of Botany 80: 35-44

Shamal, C. D., Tanaka, N., 2007: The effects of breaking or bending the stems of two
rhizomatous plants, *Phragmites australis* and *Miscanthus sacchariflorus*, on their communities.
Landscape and Ecological Engineering. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg

Spatz, H.-C., Speck, T., 1995: Mechanische Eigenschaften von Hohlrohren am Beispiel von
Gräsern. Biona Report 9. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, Jena, New York

Spatz, H.-C., Speck, T., 1995: Pneumatische Strukturen in der Natur: Der Beitrag des Parenchyms
zur mechanischen Stabilität des Getreidehalms. Biona Report 9. Gustav Fischer Verlag.
Stuttgart, Jena, New York

Steinberg, CH. E. W., Brüggemann, R., Kümmerer, K., Ließ, M., Pflugmacher, St., Zauke, G.-P.,
2001: Streß in limnischen Ökosystemen. Parey Buchverlag. Berlin

Strasburger, Dr. E., Koernicke, Dr. M., 1913: Das botanische Praktikum. Verlag Gustav Fischer.
Jena

Stundner, DI W., 2006: Umweltverträglichkeitsprüfung A5 Nord Autobahn, Teilgutachten – Nr.
09, Oberflächengewässer, Gewässerökologie und Fischerei. Bundesministerium für Verkehr,
Innovation und Technologie. Wien

Teichmann, Univ. Prof. Dr. Ing. H., 1997: Biologische und weitergehende Abwasserreinigung – 4. Aufl.. Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH. Berlin

Troll, Dr. W., 1954: Praktische Einführung in die Pflanzenmorphologie. Erster Teil: Der vegetative Aufbau. Gustav Fischer Verlag. Jena

Überprüfung des Einflusses des Sickerwassers auf das Grundwasser. Wien 21, Pflanzenkläranlage Laimergrube. Durchgeführt durch die MA 15 – Gesundheitswesen, 1994, Hyg. 47/93 zu Zahl S21 – 130/92

Überprüfung des Einflusses des Sickerwassers auf das örtliche Grundwasser. Wien 21, Pflanzenkläranlage Laimergrube. Durchgeführt durch die MA 15 – Gesundheitswesen, 2001, MA 45 Best. Nr. 200/021 KLD zu Zahl S21 – 130/92

Van der Putten. W. H., 1993: Effects of litter on the growth of *Phragmites australis*. Limnologie aktuell, Volume 5, 19-22. Seeuferzerstörung und Seeuferrenaturierung in Mitteleuropa. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, Jena, New York.

Vretare, V., Weisner, S. E. B., Strand, J. A., Graneli, W., 2001: Phenotypic plasticity in *Phragmites australis* as a functional response to water depth. Aquatic Botany. Volume 69, Issues 2-4, 127-145

Vymazal, J., Svehla, J., Kröpfelova, L. Chrastny, V., 2007: Trace metals in *Phragmites australis* and *Phalaris arundinacea* growing in constructed and natural wetlands. Science of The Total Environment, Volume 380, Issues 1-3, 154-162. Elsevier B.V.

Weis, J. S., Glover, T., Weis, P., 2004: Interactions of metals affect their distribution in tissues of *Phragmites australis*. Environmental Pollution, Volume 131, Issue 3, 409-415. Elsevier Ltd.

Wissing, F., Hofmann, Dr. K., 2002: Wasserreinigung mit Pflanzen . Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart

Lebenslauf

Okorn Gabriele

Geb.: 21. 10. 1970

1977 – 1981: Volksschule Eggenburg

1981 – 1985: Hauptschule Eggenburg

1985 – 1989: Bundesaufbaugymnasium Horn

Reifeprüfung: 3. 6. 1989

Studienbeginn: 1. 10. 1989

Studium der Biologie (Hauptfach Botanik, Wahlfach Biochemie)

1991 – 1998: Mitarbeit in der Tierpräparation des Zoologischen Instituts

1994 – 1999: Hilfestellung bei Anfertigung und Anfärbung ichthyologischer Präparate

Seit 1999: Berufstätigkeit im Bereich Technisches Gebäudemanagement

Nebenbei Weiterführung des Studiums mit Schwerpunkten in Physiologie, Chemie, in Vitro Kulturen und Elektronenmikroskopie

Übernahme des Diplomarbeitsthemas: 15. 3. 2010

