

3. ERGEBNISSE

3.1 HALME

3.1.1 Durchmesser

Der Durchmesser ist eine wesentliche morphologische Kenngröße zur Beschreibung der rohrförmigen Halme. Bei der Untersuchung absoluter Werte lassen sich aufgrund des weiten Größenspektrums keine Zusammenhänge zu anderen Halmeigenschaften erkennen. Die gemessenen Durchmesser erstreckten sich von 1,8 mm bis 16,9 mm. Die Durchmesser werden daher im Vergleich zum jeweiligen Basaldurchmesser betrachtet. Die Differenz ($D_{\text{pos}} - D_{\text{bas}}$) eines Durchmessers an einer bestimmten Position (D_{pos}) und des Basaldurchmessers (D_{bas}) wird in Bezug zu ihrer Position (Pos) am Halm gesetzt (Abb. 1).

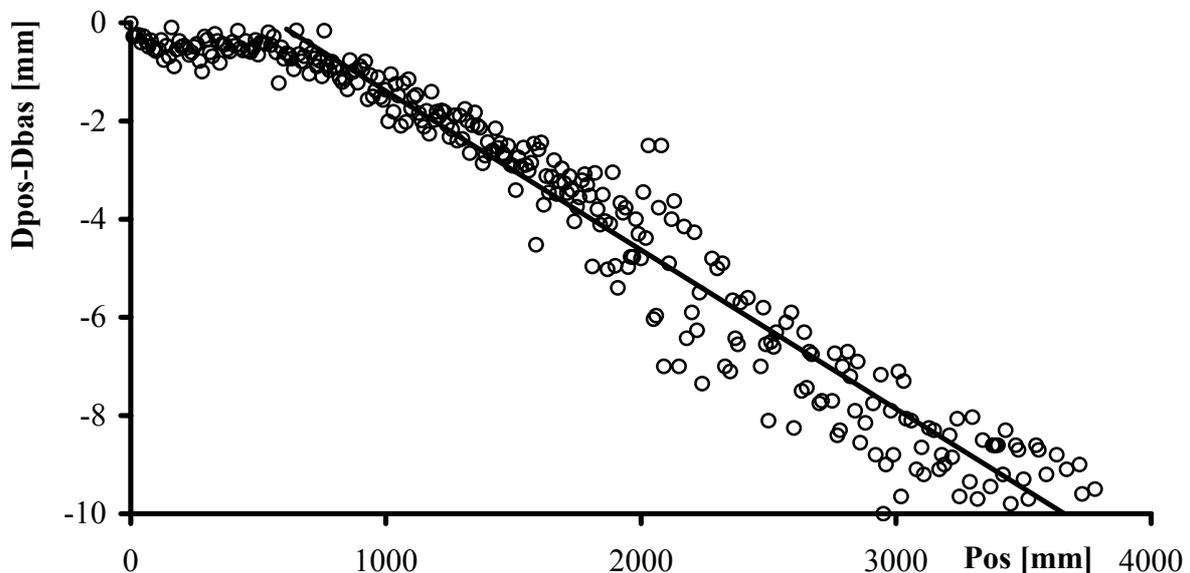


Abb. 1: Die Durchmesserdifferenzen im Halmverlauf.

Anhand der Grafik lassen sich zwei Bereiche für den Zusammenhang zwischen Durchmesserdifferenz und -position erkennen. Unterhalb von 600 mm bleibt die Halmdicke konstant, hier gibt es keine signifikante Korrelation zwischen Durchmesserdifferenz und Internodienposition ($r_s = -0,24$; n. s.). Ein Halm wächst in diesem Bereich zylinderförmig. Dann nehmen die Durchmesserdifferenzen linear ab, der Halm wird kegelförmig. Durch die zusammengesetzte Beziehung gibt es keine Funktion, die die Durchmesserdifferenz über die gesamte Halmlänge beschreibt. Es gilt (alle Einheiten in [mm]):

$$\text{für Positionen } \leq 600 \text{ mm: } D_{\text{pos}} = D_{\text{bas}} \quad (\pm 1,0; n = 1.876)$$

$$\text{für Positionen } > 600 \text{ mm: } D_{\text{pos}} = D_{\text{bas}} - 0,0031 \cdot \text{Pos} + 1,6 \quad (r_s = -0,71^{***}; n = 2.247)$$

Die Berechnungen basieren auf 4.123 Wertepaaren. In Abbildung 1 sind der Übersichtlichkeit halber Mittelwerte für die einzelnen Positionen dargestellt. Da Schilfhalme im unteren Abschnitt eine konstante Dicke aufweisen und dann dünner werden, sind Basaldurchmesser und Maximaldurchmesser gleichwertige Angaben. Im folgenden Text ist mit „Durchmesser“ der Maximaldurchmesser gemeint, soweit nicht explizit auf eine andere Bedeutung hingewiesen wird.

Die Durchmesser von 92 individuell markierten Halmen aus verschiedenen Gewässern wurden zu Beginn und am Ende der Vegetationsperiode gemessen. Der Durchmesser eines Halmes ändert sich im Jahresverlauf nicht (t_{ab} n. s.).

3.1.2 Länge

Schilfhalme sind im oberen Bereich kegelförmig. Die Abnahme des Durchmessers in diesem Bereich verläuft linear. Halme mit größeren Durchmessern und damit größerer Basalfläche des kegelförmigen Abschnitts sollten daher auch länger werden können. In Abbildung 2 ist die Obergrenze der Stängellänge bei gegebenem Durchmesser dargestellt. Datengrundlage sind die Erhebungen des Jahres 2000.

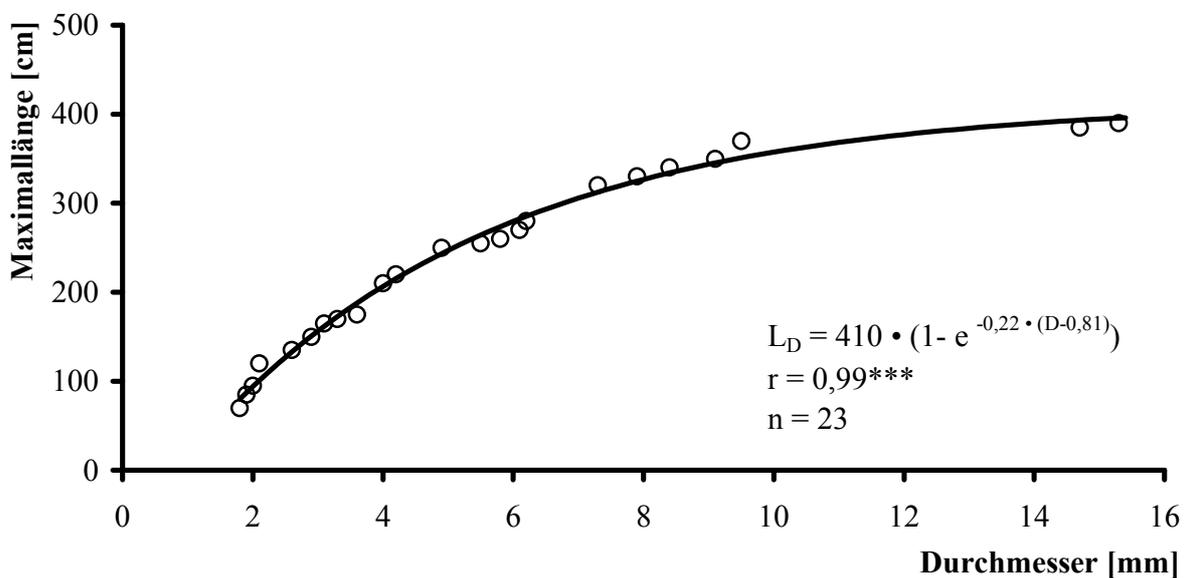


Abb. 2: Die maximale Länge von Schilfhalmen bei gegebenem Durchmesser.

Die Beziehung der erreichbaren Länge eines Halmes zu seinem Durchmesser folgt einer Wachstumsgleichung nach VON BERTALANFFY:

$$L_D = L_{\max} \cdot (1 - e^{K \cdot (D - D_0)})$$

Hierbei sind:

- L_D Die erreichbare Länge für einen gegebenen Durchmesser D [cm]
- L_{max} Die absolute Maximallänge für Schilf im Untersuchungsgebiet [cm]
- K Ein Maß für die Krümmung der Kurve
- D_0 Ein hypothetischer Durchmesser mit einer resultierenden Halmlänge von 0 [mm]

Für die absolute Maximallänge L_{max} von Schilfhalmen im Untersuchungsgebiet wurde ein Wert von 410 cm bestimmt. Dieser Wert wird durch die größte gemessene Länge von 410 cm bestätigt. Der Faktor D_0 dient der Anpassung der Ausgleichsfunktion an die empirischen Werte. Er verschiebt die Kurve entlang der X-Achse und gleicht damit in der mathematischen Beschreibung das Fehlen sehr dünner Halme in der Natur aus. Der dünnste Halm der Datenaufnahme hatte einen Durchmesser von 1,8 mm. Dieser Wert stellt die Untergrenze der Anwendbarkeit der Funktion dar. Die Überprüfung der Ergebnisse anhand der Daten des Untersuchungsjahres 2001 ergab eine übereinstimmende Beziehung. Die Parameter für die Wachstumsgleichung waren: $L_D = 410$; $K = -0,20$ und $D_0 = 0,92$ ($r = 0,99^{***}$; $n = 21$). Da die Zusammenhänge nahezu identisch sind und der Probenumfang des Jahres 2001 etwas geringer war, wird auf eine Grafik verzichtet.

Die Beziehung zwischen Durchmesser und erreichbarer Länge ist recht eindeutig. Die tatsächlich erreichte Länge eines Halmes variiert hingegen stark und kann sich deutlich von der erreichbaren Länge unterscheiden. Hierbei spielen saisonale Aspekte eine entscheidende Rolle. Die Durchmesser und Längen der im Jahr 2001 gemessenen Halme sind in Abbildung 3 für die verschiedenen Beprobungstermine dargestellt. Zu Beginn der Vegetationsperiode sind die Halme durchgängig kurz, im Lauf des Jahres nimmt die Länge der Halme zu. Dabei bestehen an den drei Terminen hoch signifikante, positive Korrelationen zwischen Durchmesser und Länge. Dickere Halme sind zu den gegebenen Zeitpunkten länger als dünnere. Der Faktor, mit dem der Durchmesser bei den Ausgleichsfunktionen multipliziert wird, steigt deutlich an. Er verdoppelt sich jeweils annähernd zwischen den Probestermen, die Unterschiede sind signifikant (F_{Steig}^{***}). Der Anstieg bedeutet, dass dicke Halme ein schnelleres Längenwachstum als dünne Halme aufweisen. Dadurch wird der Zusammenhang zwischen Durchmesser und Länge eindeutiger und der Korrelationskoeffizient der Ausgleichsgeraden steigt im Jahresverlauf. Dickere Halme haben also sowohl eine größere erreichbare Länge, als auch eine größere Wachstumsgeschwindigkeit.

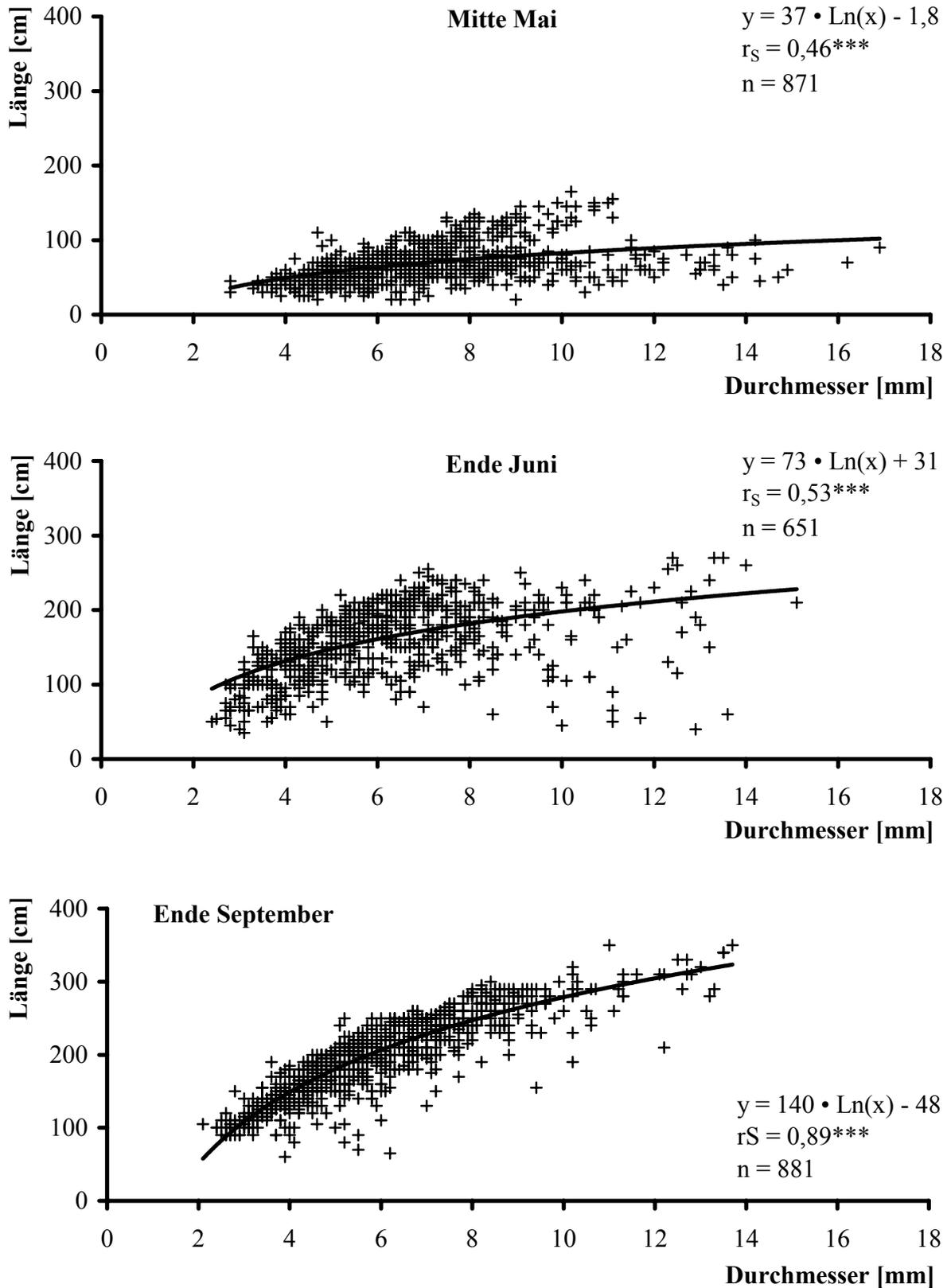


Abb. 3: Die Länge von Schilfhalmen im Jahresverlauf 2001.

Die Längenwachstumsrate der Halme ist die Längenzunahme pro Zeit und Länge eines Halmes. Die Wachstumsrate der Halme kann anhand der erarbeiteten Zusammenhänge berechnet werden. Zur Berechnung werden die Längen gegebener Durchmesser anhand der Ausgleichsfunktionen im Ergebnisteil ermittelt. Dann wird die Längenänderung durch Ausgangslänge und Zeitdifferenz geteilt. Die so ermittelte Wachstumsrate wird in Abbildung 4 in Bezug zum Durchmesser gesetzt. Die Darstellung basiert auf Ausgleichsfunktionen, nicht auf empirischen Daten. Sie ist deshalb statistisch nicht bewertet.

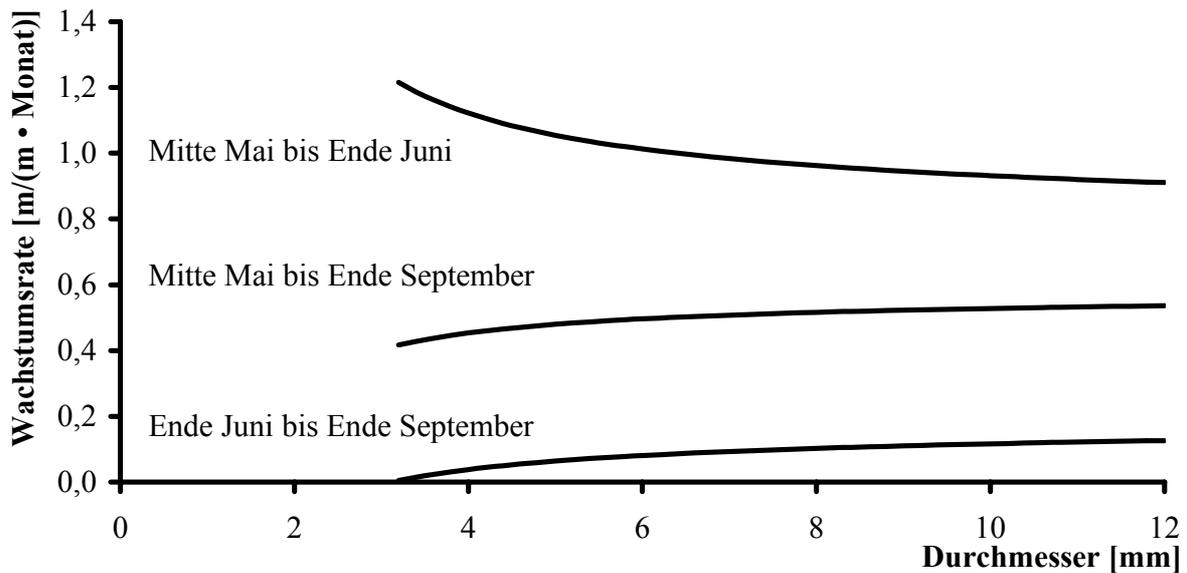


Abb. 4: Errechnete Längenwachstumsraten von Schilfhalmen in Abhängigkeit vom Durchmesser in verschiedenen Zeiträumen.

Am Anfang der Vegetationsperiode haben dünne Halme höhere Wachstumsraten. Betrachtet man spätere Zeiträume (Ende Juni bis Ende September) sinkt die Wachstumsrate. Dabei ist der Abfall für dünne Halme deutlicher, so dass in dieser Zeitspanne Halme mit größeren Durchmessern eine höhere Wachstumsrate haben. Betrachtet man die gesamte Vegetationsperiode steigt die Längen-Wachstumsrate mit dem Durchmesser

3.1.3 Halmmasse

Da der Durchmesser im Jahresverlauf unverändert bleibt, beschreibt die Länge das Wachstum einzelner Halme. Die Biomasse eines Halmes ist ein Wachstumsparameter, der sich aus dem konstanten Durchmesser und der sich ändernden Länge zusammensetzt.

Bei der Auswertung stellte sich heraus, dass die Feuchtmasse eines Halmes nicht linear von seinem Volumen abhängt, sondern linear mit seiner Oberfläche steigt (Abb. 5). Dieser Befund ist im Anhang 8.3 detaillierter dargestellt.

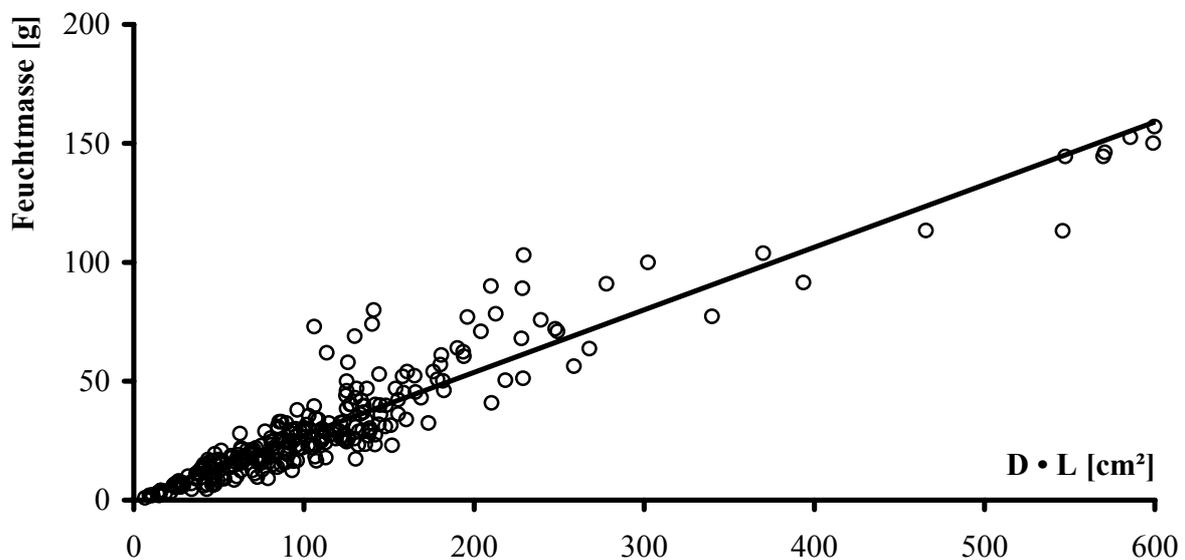


Abb. 5: Die lineare Abhängigkeit der Feuchtmasse eines Schilfhalmes von seiner Oberfläche.

Für die Feuchtmasse (M_F) wurde nachstehender Zusammenhang ermittelt:

$$M_F = 0,26 \cdot D \cdot L + 1,1 \quad (r_S = 0,92^{***}; n = 267, \text{Abbildung 4})$$

Entsprechend gilt für die Trockenmasse (M_T):

$$M_T = 0,15 \cdot D \cdot L - 2,9 \quad (r = 0,93^{***}; n = 98)$$

Trocken- und Feuchtmasse hängen wie folgt voneinander ab:

$$M_T = 0,40 \cdot M_F \quad (\pm 0,08; n = 79)$$

Folgende Einheiten wurden gewählt: M [g]; D [cm] und L [cm] sowie Konstante a [g/cm²] und Konstante b [g]. Um anschauliche Größenordnungen der Ausgleichsfunktionen zu erreichen, wird der Durchmesser in [cm] angegeben und an die Längeneinheit angeglichen.

3.1.4 Internodien

Internodienanzahlen wurden an drei Terminen im Jahre 2000 gemessen (Ende Mai, Mitte Juli und Mitte Oktober). In Tabelle 3 sind die mathematischen Funktionen der nachfolgend beschriebenen Zusammenhänge dargestellt. In der Zeile „Oktober reduziert“ sind die Ergebnisse ohne acht auffällig dicke und lange Halme ausgewertet.

Die Anzahl der Internodien steigt zu den drei Terminen mit dem Durchmesser der Halme. Die Steigungen der Ausgleichsfunktionen ändert sich im Jahresverlauf signifikant (F_{Steig}^{***}). Die Steigungen der Ausgleichsfunktionen für Mai und Juli hingegen sind gleich. In diesem Zeitraum kommen unabhängig vom Durchmesser gleich viele Internodien hinzu, die Häufigkeit der Internodienneubildung ist einheitlich. Die Y-Achsenabschnitte der Geraden unterscheiden sich. In etwa 45 Tagen wurden 5,5 Internodien gebildet, was der Entstehung eines Internodiums alle acht Tage entspricht. Die Geraden für Mai und Juli wurden mit einer Kovarianzanalyse verglichen (F_{Achse}^{***}). Im Oktober ist die Steigung der Ausgleichsgeraden deutlich kleiner als im Juli (F_{Steig}^{**}).

Der Korrelationskoeffizient der Ausgleichsgeraden nimmt im Jahresverlauf ab. Auch die Signifikanz des Korrelationskoeffizienten ändert sich. Im Mai und im Juli ist er höchst signifikant. Die signifikante Korrelation im Oktober entsteht durch acht besonders dicke Halme mit Durchmessern zwischen 15 und 16 mm. Für die restlichen Halme ist die Anzahl der Internodien am Ende der Vegetationsperiode unabhängig vom Durchmesser. Der Mittelwert beträgt etwa 23 Internodien, die genannten dicken Halme hatten 27 Internodien.

Für einen positiven Zusammenhang zwischen Internodienanzahl und Durchmesser gibt es zwei mögliche Erklärungen. In Teil 3.1.2 wurde gezeigt, dass dickere Halme schneller in die Länge wachsen. Die gesteigerte Internodienanzahl dicker Halme kann also in der größeren Halmlänge begründet sein. Es gibt zu den drei Terminen positive und signifikante Beziehungen zwischen Internodienanzahl und Halmlänge.

Tab. 3: Abhängigkeit der Internodienanzahl (N_{Inter}) von den Halmeigenschaften Durchmesser (D) und Länge (L). Weitere Erläuterungen im Text.

	n	$D \rightarrow N_{\text{Inter}}$	$L \rightarrow N_{\text{Inter}}$	$D \rightarrow N_{\text{Inter}}/\text{Ln}(L)$
Mai	99	$y = 0,99 \cdot D + 3,9$ $r = 0,64^{***}$	$y = 0,064 \cdot L + 4,2$ $r = 0,86^{***}$	$y = 0,13 \cdot D + 1,4$ $r = 0,55^{***}$
Juli	135	$y = 0,97 \cdot D + 9,4$ $r = 0,45^{***}$	$y = 0,087 \cdot L + 3,5$ $r = 0,88^{***}$	$y = 0,14 \cdot D + 2,3$ $r = 0,39^{***}$
Oktober	94	$y = 0,36 \cdot D + 20$ $r_S = 0,24^*$	$y = 0,024 \cdot L + 18$ $r = 0,47^{***}$	$y = 4,4 \pm 0,7$
Oktober reduziert	86	$y = 22,7 \pm 3,8$	$y = 0,024 \cdot L + 18$ $r = 0,31^{**}$	$y = 4,4 \pm 0,7$

Einheiten: D [mm] und L [cm]

Als weitere Möglichkeit könnten dickere Halme kürzere Internodien ausbilden. Die mittlere Länge der Internodien verschiedener Halme lässt sich nicht ohne weiteres vergleichen. Die Internodienlänge im Halmverlauf folgt von unten nach oben einer rechtsschiefen Verteilung. Zur exemplarischen Verdeutlichung wurde die häufigste Größenklasse der Durchmesser gewählt (6-7 mm). In Abbildung 6 werden die Internodienlängen in Abhängigkeit von ihrem unteren Ansatzpunkt am Halm dargestellt.

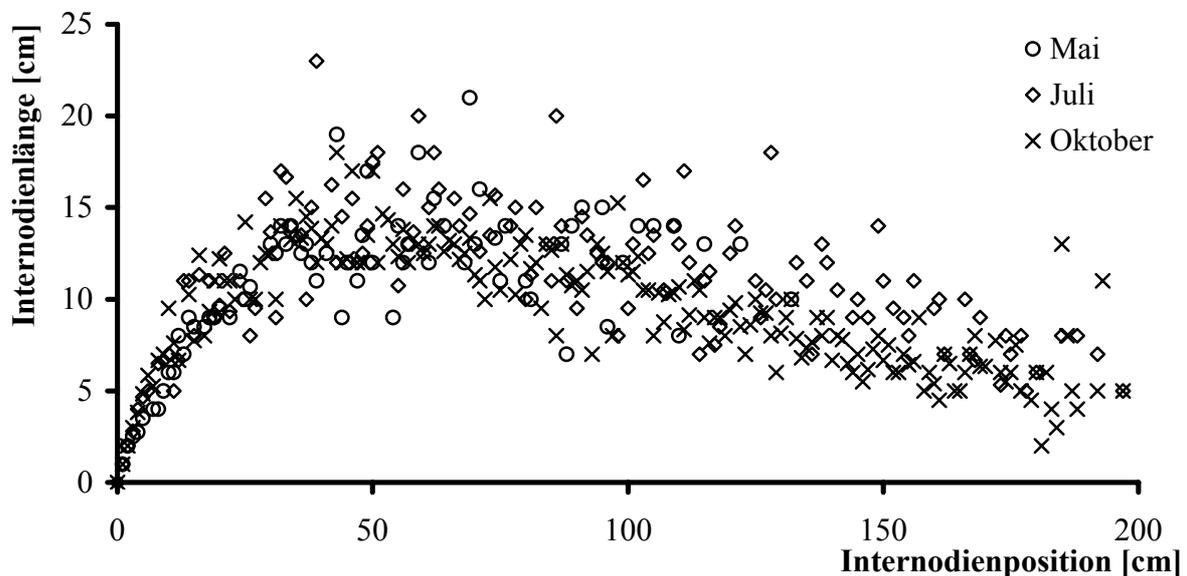


Abb. 6: Die Internodienlängen im Halmverlauf.

Durch die rechtsschiefe Verteilung der Internodienlängen kann der Quotient aus Internodienzahl und Halmlänge nicht für einen Vergleich genutzt werden. Durch logarithmieren der Internodienpositionen erhält man eine Normalverteilung der Internodienlängen. Entsprechend

wird die Internodienanzahl der untersuchten Halme durch den natürlichen Logarithmus der Halmlänge geteilt. Diese mittlere LnAnzahl der Internodien ist unabhängig von der gegenwärtigen Länge der Halme und wird mit dem Durchmesser verglichen. Wie aus Tabelle 3 ersichtlich, verhält sich die LnAnzahl zu den Untersuchungszeitpunkten ähnlich wie die absolute Internodienanzahl. Im Mai und im Juli steigt sie mit dem Durchmesser an. Dicke Halme haben auch nach einer Längenkorrektur mehr Internodien. Die Internodien werden mit steigendem Durchmesser der Halme kürzer. Im Oktober ist die LnAnzahl unabhängig vom Durchmesser. Nach einer Längenkorrektur erreichen alle Halme gleich viele Internodien.

3.1.5 Blätter

Die Blätter entspringen an den Nodien der Halme. Die oben beschriebenen kurzen Internodien liegen mit Positionen von 50 bis 60 cm fast immer unter dem Wasserspiegel. An den entsprechenden Nodien wachsen keine Blätter, die Ungleichverteilung der Internodienlängen muss also bei der Untersuchung von Blattanzahlen nicht berücksichtigt werden. An jedem Internodium über dem Wasserspiegel wächst ein Blatt, so dass sich die Blattanzahl im Jahresverlauf parallel zur Internodienanzahl entwickelt. Im Mai und im Juli haben dickere oder längere Halme auch mehr Blätter. Gegen Ende des Jahres ist die Blattanzahl unabhängig vom Durchmesser, korreliert aber weiterhin mit der Länge. Die Potenz der Ausgleichsfunktion der Blattanzahl in Abhängigkeit von der Feuchtmasse ist im Mai und im Juli nahezu gleich, im Oktober gibt es keinen signifikanten Zusammenhang.

Tab. 4: Abhängigkeit der Blattanzahl (N_{Blatt}) eines Halmes von Durchmesser (D), Länge (L) und Halmmasse (M_F) sowie der mittlere Blattflächenquotient (Bfq) in verschiedenen Monaten.

	Mai (n = 94)	Juli (n = 133)	Oktober (n = 18)
$D \rightarrow N_{\text{Blatt}}$	$N_{\text{Blatt}} = 0,65 \cdot D + 0,9$ $r = 0,68^{***}$	$N_{\text{Blatt}} = 0,52 \cdot D + 6,9$ $r = 0,32^{***}$	$N_{\text{Blatt}} = 11 \pm 2,8$
$L \rightarrow N_{\text{Blatt}}$	$N_{\text{Blatt}} = 3,7 \cdot L + 1,7$ $r_S = 0,65^{***}$	$N_{\text{Blatt}} = 6,2 \cdot L + 1,6$ $r = 0,82^{***}$	$N_{\text{Blatt}} = 4,9 \cdot L + 2,9$ $r = 0,57^*$
$M_F \rightarrow N_{\text{Blatt}}$	$N_{\text{Blatt}} = 1,7 \cdot M_F^{0,37}$ $r = 0,83^{***}$	$N_{\text{Blatt}} = 3,9 \cdot M_F^{0,33}$ $r = 0,68^{***}$	$N_{\text{Blatt}} = 11 \pm 2,8$
Bfq	$10 \pm 3,7$	28 ± 13	$25 \pm 7,0$

Einheiten: D [mm], L [cm], M_F [g] und Bfq [cm^2/g]

Die Steigungen der Ausgleichsgeraden von Durchmesser und Blattanzahl in Mai und Juli unterscheiden sich nicht signifikant. In diesem Zeitraum wachsen apikal sechs Blätter. Der Wert stimmt mit den vorhergehend ermittelten 5,5 hinzu gekommenen Internodien gut überein. Auch die Steigungen der transformierten Ausgleichsfunktionen von Feuchtmasse und Blattanzahl unterscheiden sich nicht ($D \rightarrow N_{\text{Blatt}}: F_{\text{Achse}}^{***}$ und $M_F \rightarrow N_{\text{Blatt}}: F_{\text{Achse}}^{***}$).

Die Fläche eines einzelnen Schilfblattes lässt sich aus seiner Länge und Breite errechnen. Hierfür wurden komplizierte Modelle vorgeschlagen (ONDOK 1968). In eigenen Untersuchungen wurde ein linearer Zusammenhang der Blattfläche zu dem Produkt aus Länge und Breite gefunden (Abb. 7). Die empirischen Daten liegen sehr dicht an der Ausgleichsfunktion. Das rechtfertigt trotz des vergleichsweise geringen Stichprobenumfangs den Verzicht auf komplizierte Berechnungen.

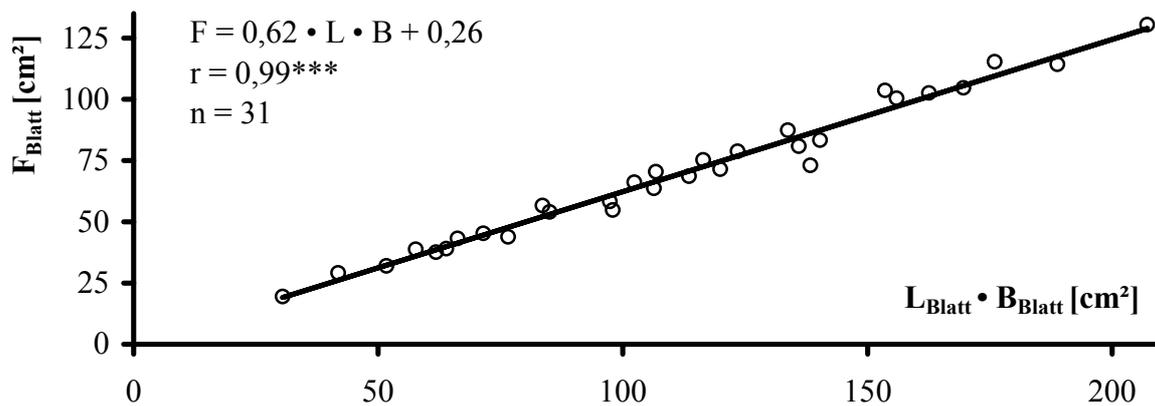


Abb. 7: Lineare Abhängigkeit der Blattfläche von dem Produkt seiner Länge und Breite.

Die Summe der Blattflächen eines Halmes geteilt durch seine Masse ist der Blattflächenquotient Bfq in $[\text{cm}^2/\text{g}]$. Der Blattflächenquotient ist im Mai und im Juli unabhängig von Länge oder Durchmesser, im Oktober ist er weiterhin unabhängig von der Länge. Es gibt jedoch eine signifikante, negative Korrelation zum Durchmesser ($r = -0,52^*$). Die Mittelwerte des Bfq sind in Tabelle 4 angegeben.

3.2 BESTÄNDE

3.2.1 Durchmesser

Nach den im vorhergehenden Abschnitt dargestellten Ergebnissen ist der Durchmesser eines Halmes eine konstante Eigenschaft und begrenzt Längenwachstum und Ausbildung von Blattfläche. Im Folgenden wird überprüft, ob und wie sich die mittleren Durchmesser von Beständen unterscheiden.

Die umfangreichste Probennahme hinsichtlich der Anzahl untersuchter Bestände wurde im Juli 2002 durchgeführt. Es zeigen sich deutliche Unterschiede der mittleren Durchmesser zwischen den Beständen (H-NV***). Mit einem nachträglichen Vergleich mit sequenzieller Korrektur nach BONFERRONI auf 5 %-Niveau wurden Gruppen ohne Mittelwertsunterschiede identifiziert (Tabelle 5 unten). Diese Vorgehensweise zeigt eine Vielzahl von signifikanten Unterschieden zwischen einzelnen Beständen, es lassen sich aber kaum eindeutige Gruppengrenzen erkennen. Einzige Ausnahme ist der Bestand aus dem Großen Teich Torgau, der sich von den anderen Beständen abhebt.

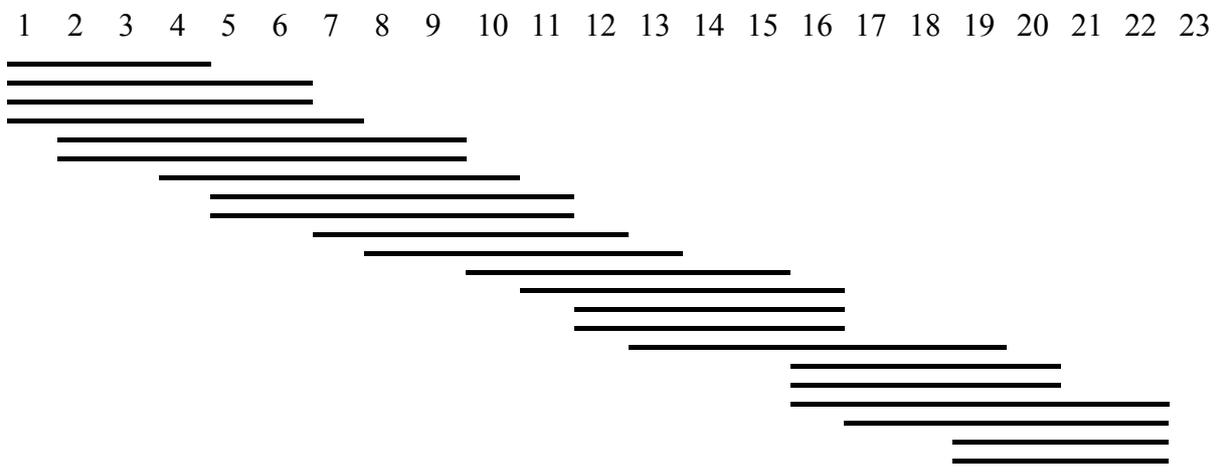
Um die Bestände zu klassifizieren wurden sie paarweise mit t-Tests verglichen. Damit lassen sich die 24 untersuchten Bestände in sechs Größengruppen einteilen (Tabelle 5 oben). Diese werden im weiteren Text als Durchmesser-Typ (D-Typ) bezeichnet und mit Indizes von (--) für sehr klein bis (++) für sehr groß versehen. Der Index (0) bezeichnet einen mittleren D-Typ. Die Wahrscheinlichkeit, bei den fünf Vergleichen mit den dargestellten Signifikanzen einen Fehler erster Art begangen zu haben liegt bei ca. 17 %. Die Einteilung in D-Typen ist also nicht als statistische Auswertung anzusehen. Sie dient dazu, eine eingängige Bezeichnung für Bestände mit ähnlichen Durchmessern zu finden und dabei größere Mittelwertsunterschiede von aufeinander folgenden Gruppen zu berücksichtigen.

Anhand der Durchmesser lassen sich sowohl Bestände aus verschiedenen Teichen als auch verschiedene Bestände innerhalb eines Teiches gegeneinander abgrenzen. Unterschiedliche D-Typen kommen z. B. im Mittelteich oder im Rehbergteich vor. Die Angabe der Uferseite in Tabelle 5 dient als Index zur Bestandsbeschreibung und beinhaltet zunächst keinen ursächlichen Zusammenhang zum mittleren Durchmesser.

Tab. 5: Die Einteilung der Schilfbestände nach D-Typen im Juli 2002. Im oberen Teil sind paarweise ermittelte Unterschiede markiert, im unteren Teil sind Gruppen ohne Mittelwertsunterschiede durch Querbalken dargestellt (korrigierter Test).

D-Typ	Nr.	Teich	Ufer	Bereich	Mw D	n	Stabw D
Sehr klein (--) ≤ 4,0 mm	1	KT Lohsa IV	N	Zentral	3,9	53	0,8
	2	Kleiner Biwatsch	-	Zentral	4,2	70	0,6
	3	Mittelteich II	SW	Zentral	4,2	102	1,3
Klein (-) 4,1-5,0 mm	4	VT 06	-	Zentral	4,5	102	1,5
	5	VT 22	-	Zentral	4,8	99	1,4
	6	Zipfelteich	-	Zentral	4,8	71	0,8
	7	Casimir	SO	Zentral	5,0	98	0,9
Mittel (0) 5,1-7,0 mm	8	VT 10	-	Zentral	5,3	100	1,2
	9	Truppner Teich	-	Zentral	5,3	104	1,4
	10	KT Lohsa I	N	Außen	5,6	96	1,3
	11	Großer Biwatsch	W	Zentral	5,8	84	1,4
	12	KT Lohsa IV	S	Zentral	6,2	95	1,3
	13	Casimir	W	Insel	6,5	50	0,9
	14	Mittelteich II	SO	Außen	6,5	109	1,4
	15	Rehbergteich	W	Zentral	6,5	93	0,9
Eher groß (0+) 7,1-7,5 mm	16	KT Lohsa II	S	Zentral	7,1	65	1,4
	17	Grenzteich	N	Außen	7,7	79	1,5
Groß (+) 7,6-9,0 mm	18	Mittelteich II	N	Außen	7,7	101	2,6
	19	Grenzteich	O	Außen	7,8	20	3,4
	20	Grenzteich	O	Insel	8,4	51	2,0
	21	KT Lohsa I	S	Außen	8,7	53	3,8
	22	Rehbergteich	O	Außen	8,9	102	1,3
Sehr groß (++) > 9,0 mm	23	Großer Teich Torgau	N	Zentral	9,6	94	2,1

Querbalken zeigen Signifikanz von paarweisen t-Tests: | für * und || für ***.



Der mittlere Durchmesser kann auch mit der Lage der Halme im Bestand zusammenhängen. An einigen Beständen wurden zu verschiedenen Probeterminen die Durchmesser in zentralen Bereichen und an der Ausdehnungsfront gemessen (Tab. 6).

Tab. 6: Durchmesser von Schilf in Zentral- und Außenbereichen.

Teich		D zentral	D außen
Großer Biwatsch	Mai 00	6,6 ± 1,5; n = 40	6,6 ± 1,3; n = 20
	Juli 00	6,5 ± 1,9; n = 30	5,9 ± 1,3; n = 20
	Okt 00	6,6 ± 1,7; n = 20	6,0 ± 1,3; n = 19
Stockteich	Mai 00	6,8 ± 1,3; n = 20	6,4 ± 1,2; n = 20
	Juli 00	6,7 ± 2,0; n = 19	6,9 ± 1,5; n = 29
	Okt 00	6,0 ± 1,3; n = 19	6,3 ± 1,3; n = 20
KT Lohsa IV	Mai 00	5,2 ± 1,2; n = 60	5,5 ± 1,1; n = 20
	Juli 00	5,3 ± 1,2; n = 37	4,8 ± 1,0; n = 30
	Okt 00	5,0 ± 0,9; n = 60	4,8 ± 0,7; n = 20
	Juli 01	6,2 ± 1,4; n = 107	5,8 ± 1,1; n = 35
Rehbergteich	Mai 00	6,8 ± 1,3; n = 50	6,7 ± 1,3; n = 20
	Juli 00	6,2 ± 1,1; n = 40	5,6 ± 1,0; n = 20
	Okt 00	6,1 ± 1,1; n = 60	5,6 ± 1,1; n = 20
	Mai 01	6,5 ± 1,2; n = 103	6,3 ± 1,1; n = 105
	Juli 01	5,6 ± 1,2; n = 82	5,3 ± 1,3; n = 93

Längsbalken zeigt Signifikanz nach t-Test mit sequenzieller Korrektur

Die Durchmesser der Halme an den Außenseiten der Schilfbestände unterscheiden sich kaum von zentralen Bereichen. Im einzigen Fall eines signifikanten Unterschieds sind die Außenhalme dünner. Berücksichtigt man auch nicht signifikante Unterschiede, sind die Halme bei 11 von 15 Vergleichen im Außenbereich dünner. Die Daten zeigen insgesamt, dass bei Schilfbeständen in Karpfenteichen an der Ausdehnungsfront geringfügig dünnere Halme wachsen. In der weiteren Auswertung werden daher Bestände in zentralen Bereichen untersucht.

Neben der Herkunft und der Lage im Vergleich zum Ufer kann auch die Jahreszeit die mittleren Durchmesser eines Bestandes beeinflussen. In Tabelle 7 werden die mittleren Durchmesser von Beständen zu verschiedenen Untersuchungsterminen im Jahr 2001 verglichen.

Tab. 7: Unterschiede der mittleren Durchmesser im Jahresverlauf (2001).

Teich	Mitte Mai	Ende Juni	D Ende September	Unterschiede gesamt
Mittelteich-SW	5,9 ± 1,6 n = 100	4,9 ± 1,4 n = 84	4,9 ± 1,0 n = 112	H-NV***
Casimir-SO	6,1 ± 1,6 n = 106	4,7 ± 1,2 n = 101	5,0 ± 0,9 n = 91	H-NV***
Lohsa IV-S	6,2 ± 1,4 n = 107	6,1 ± 1,2 n = 86	7,2 ± 0,9 n = 91	H-NV***
Rehbergteich-W	6,5 ± 1,2 n = 103	5,6 ± 1,2 n = 82	6,2 ± 0,8 n = 83	H-NV***
Mittelteich-SO	7,3 ± 1,9 n = 97	6,9 ± 2,1 n = 72	6,7 ± 1,6 n = 76	eANOVA n. s.
Grenzteich-N	7,7 ± 1,5 n = 98	7,9 ± 1,0 n = 76	8,0 ± 1,0 n = 84	H-NV n. s.
Gr. T. Torgau-N	12 ± 1,8 n = 47	11 ± 2,4 n = 57	11 ± 1,8 n = 45	eANOVA***

Längsbalken zeigen Signifikanz von t-Tests mit sequenzieller Korrektur: || für ** und ||| für ***.

Die Ergebnisse basieren auf den Messungen von grünen, lebenden Halmen. Eine Abnahme des mittleren Durchmessers kann durch Absterben von dicken oder Auftauchen von dünnen Halmen verursacht werden. Für die Zunahme des mittleren Durchmessers gilt entsprechendes. Betrachtet man die signifikanten Unterschiede, treten in den Kombinationen von Abnahme, Zunahme und Konstanz des mittleren Durchmessers zwei Regelmäßigkeiten auf. Zwischen Mai und Juni gibt es keine Zunahme, zwischen Juni und Oktober keine Abnahme. Die verbleibenden Kombinationsmöglichkeiten aus Zunahme, Abnahme und Konstanz des mittleren Durchmessers treten in den sieben untersuchten Beständen auch auf. Der mittlere Durchmesser eines Bestandes im Mai beschreibt einen saisonalen Anfangszustand, der im Oktober einen Endzustand. Die Abnahmen bzw. Zunahmen im Jahresverlauf sind eine saisonale Entwicklung.

Neben den genannten Unterschieden treten bei einigen Beständen auch zwischen den Jahren Änderungen der mittleren Durchmesser auf (Tabelle 8, zur besseren Vergleichbarkeit werden einige bereits dargestellte Ergebnisse wiederholt). Sowohl für die Anfangszustände im Mai als auch für die Endzustände im September/Oktobre treten signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Jahren auf. Es sind immer Zunahmen des mittleren Durchmessers. Bestände, deren mittlerer Durchmesser langfristig im Mai größer geworden ist, müssen nicht unbedingt auch im Oktober einen größeren Durchmesser haben. Die Einteilung der Bestände in D-Typen kann sich also auch langfristig ändern.

Tab. 8: Die langfristige Entwicklung der Durchmesser.

Teich	Mai		Juni/Juli			Sept./Okt	
	00	01	00	01	02	00	01
Mittelt. SW	4,5 ± 1,2 n = 33	5,9 ± 1,6 n = 100	6,1 ± 2,7 n = 30	4,9 ± 1,4 n = 84	4,2 ± 1,3 n = 102	4,7 ± 0,9 n = 40	4,9 ± 1,0 n = 112
Lohsa IV S	5,2 ± 1,2 n = 60	6,2 ± 1,4 n = 107	5,3 ± 1,2 n = 37	6,1 ± 1,2 n = 86	6,2 ± 1,3 n = 95	5,0 ± 0,9 n = 60	7,3 ± 0,9 n = 91
Casimir SO	5,2 ± 1,3 n = 60	6,1 ± 1,6 n = 106	6,0 ± 1,3 n = 30	4,7 ± 1,2 n = 101	5,0 ± 0,9 n = 98	5,3 ± 1,4 n = 40	5,0 ± 0,9 n = 91
Rehbergt. W	6,8 ± 1,3 n = 50	6,5 ± 1,2 n = 103	6,2 ± 1,1 n = 40	5,6 ± 1,2 n = 82	6,5 ± 0,9 n = 93	6,1 ± 1,1 n = 60	6,2 ± 0,8 n = 83
Grenzt. N	7,8 ± 1,4 n = 30	7,7 ± 1,5 n = 98	6,7 ± 1,4 n = 40	7,9 ± 1,0 n = 76	7,7 ± 1,5 n = 79	6,9 ± 1,5 n = 30	8,0 ± 1,0 n = 84
Torgau N	8,8 ± 1,4 n = 45	12 ± 1,8 n = 47	8,6 ± 2,2 n = 43	11 ± 2,4 n = 57	9,6 ± 2,1 n = 94	9,1 ± 1,3 n = 39	11 ± 1,8 n = 45

Längsbalken zeigen Signifikanz von t-Tests mit sequenzieller Korrektur: | für *, || für ** und ||| für ***

Die langfristige Entwicklung des Durchmessers im Juni/Juli lässt keine Regeln erkennen. Von 2000 bis 2001 gibt es gleich viele Zu- und Abnahmen des Durchmessers. Das gilt auch für die Änderung zwischen 2001 und 2002, wird aufgrund der geringen Stichprobenanzahl aber als Zufallsergebnis gewertet. In den drei Jahren haben in keinem der untersuchten Bestände die Durchmesser im Juli zweimalig zugenommen.

Ein Vergleich der Tabellen in diesem Kapitel verdeutlicht, dass die Kategorisierung nach D-Typen keine konstante Bestandseigenschaft darstellt. Der mittlere Durchmesser von Schilfbeständen kann sich ändern und zwar sowohl im Vergleich zu früheren Zuständen, als auch im Vergleich zu anderen Beständen. Die Einteilung hängt von Stichprobenanzahl, ihrem

Umfang und der Jahreszeit ab. So würden Bestände aus den Teichen Casimir und Mittelteich (SW) bei einer Einteilung nach Tabelle 5 in Mai und Juni 2001 unterschiedlichen D-Typen zugeordnet werden, ebenso zwischen Juni 2001 und Juli 2002.

Auf den vorhergehenden Seiten wurden mehrere Ergebnisse dargestellt, die zur Übersicht zusammengefasst wiederholt werden sollen. Der mittlere Durchmesser von Halmen kann sich deutlich zwischen Beständen unterscheiden. Er hängt dabei von folgenden Faktoren ab:

- der Lage im Bestand - Halme in Außenbereichen können dünner sein,
- der Jahreszeit - der mittlere Durchmesser kann zwischen Frühjahr und Sommer abnehmen und zwischen Sommer und Herbst zunehmen,
- langfristige Änderung - für einige Bestände wurde eine Zunahme des mittleren Durchmessers über den Untersuchungszeitraum nachgewiesen.

3.2.2 Längen

Der Durchmesser eines Halmes gibt sein Wachstumspotenzial vor (3.1.2). Nun stellt sich die Frage, ob sich die Bestände hinsichtlich ihrer Längen und der Ausnutzung ihrer Wachstumsmöglichkeiten unterscheiden. Um saisonale Einflüsse auszuschließen, werden die Längen am Ende der Vegetationsperiode untersucht.

Das tatsächliche Längenwachstum der Halme in den Beständen stimmt mit ihrem möglichen Längenwachstum tendenziell überein (Abb. 8). Es gibt einen deutlichen Anstieg von kurzen Halmen bei kleinen D-Typen zu langen Halmen bei großen bis sehr großen D-Typen. Der in Abschnitt 3.1.2 beschriebene Zusammenhang zwischen Durchmesser und Länge findet sich auf Bestandesebene wieder.

Während die erreichbaren Längen zwischen den Untersuchungsjahren kaum voneinander abweichen, gibt es deutliche Unterschiede in der Art, wie einzelne Bestände dieses Potenzial ausnutzen. Hierbei sind keine Regelmäßigkeiten erkennbar. Von neun in beiden Jahren untersuchten Beständen bleibt die Länge in einem Bestand gleich. In der Hälfte der verbliebenen Bestände ist sie 2001 größer als im Vorjahr und dementsprechend in der Hälfte der Fälle kleiner. Die erreichbare Länge bleibt zwischen den Untersuchungsjahren ähnlich. Damit liefert sie keine zusätzliche Erklärungsmöglichkeit.

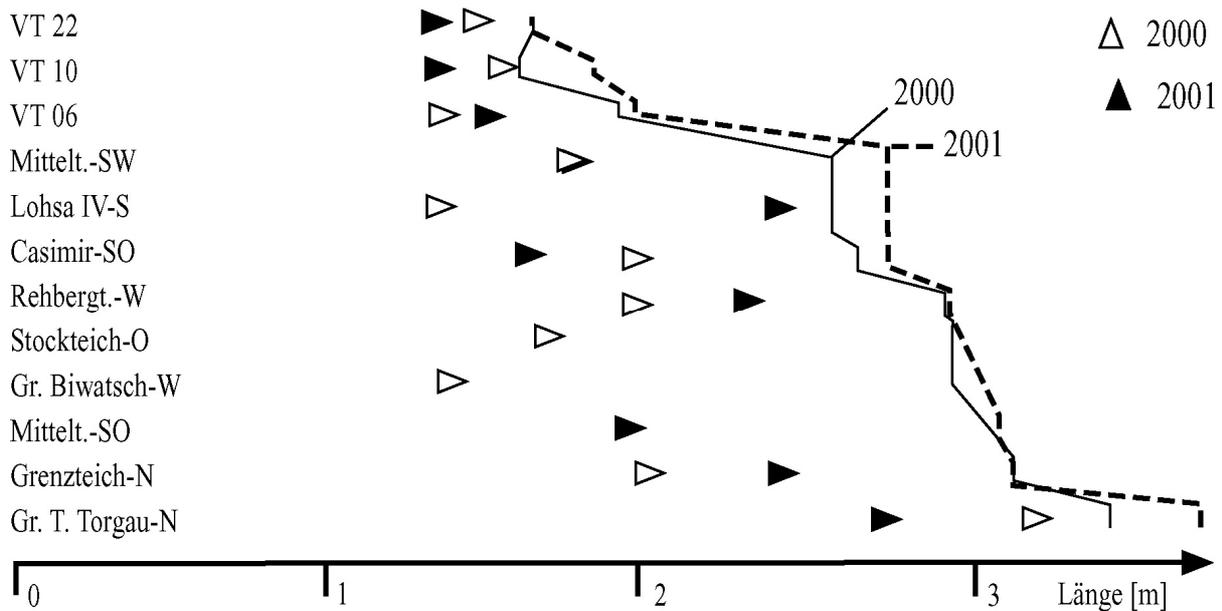


Abb. 8: Die mittleren Längen der Schilfhalme am Ende der Vegetationsperiode. Die erreichten Längen (Dreiecke) und die erreichbaren Längen (Linien) der Halme verschiedener Bestände sind dargestellt. Die Bestände sind aufsteigend nach dem mittleren Durchmesser sortiert.

Auch beim Vergleich von ähnlichen D-Typen sind die Längen sehr unterschiedlich. Bestes Beispiel sind die Halme aus dem Kippenteich Lohsa IV, die 2000 deutlich kürzer und 2001 deutlich länger als die Halme benachbarter D-Typen sind.

3.2.3 Dichten und „standing crop“

Der mittlere Durchmesser der Halme beeinflusst die Dichte, in der die Halme wachsen. In Abbildung 9 sind die Halmdichten in zentralen Bereichen im Röhricht als Funktion der mittleren Durchmesser der Stängel dargestellt. Im Durchschnitt umgibt jeden Halm eine freie Fläche, der Einflussbereich. Der Einflussbereich ist der Kehrwert der Dichte. Die Potenz für die Abhängigkeit der Dichte vom Durchmesser liegt nahe -2. Damit ist der Einflussbereich annähernd proportional zum Quadrat des Durchmessers, also der Basalfläche der Halme. Die gesamte Querschnittsfläche der Halme auf einer bestimmten Fläche bleibt so unabhängig vom mittleren Durchmesser ($r = 0,20$; n. s., $n = 89$). Die von Stängeln bedeckte Oberfläche beträgt $27 \pm 12 \text{ cm}^2/\text{m}^2$.

Die Datengrundlage von Abbildung 9 beinhaltet alle Untersuchungstermine und damit verschiedene Jahreszeiten. Werden nur die Daten für Oktober verwendet, ergibt die Ausgleichsfunktion geringfügig höhere Dichten:

$$\text{Dichte} = 2.900 \cdot D^{-1,8} \quad (r = 0,66^{***}; n = 24).$$

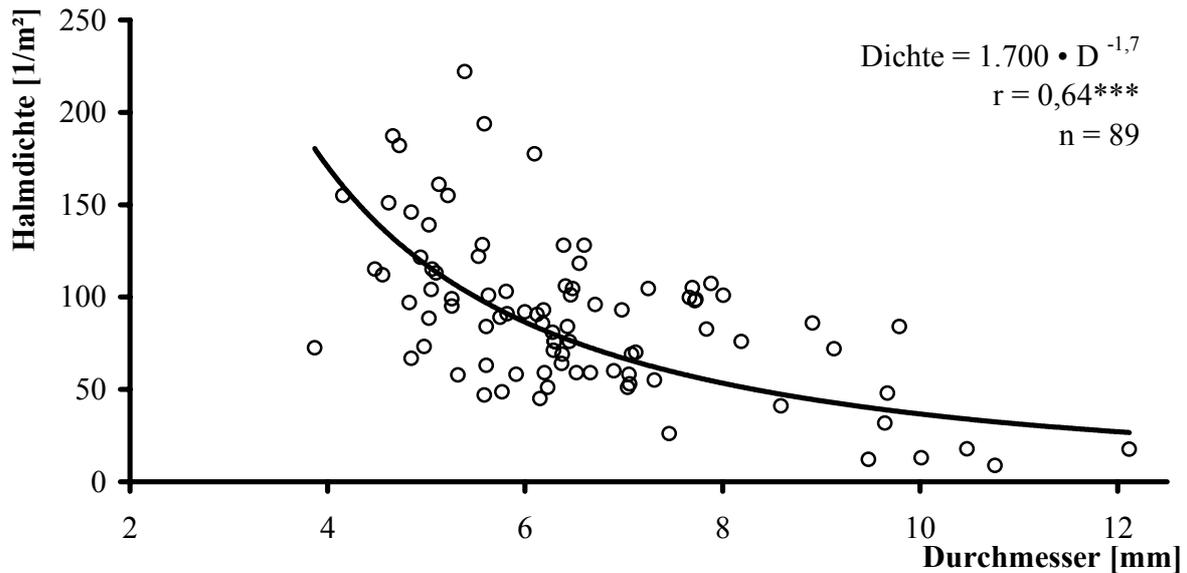


Abb. 9: Halmdichten in Abhängigkeit vom mittleren Durchmesser.

Die genannten Zusammenhänge gelten für zentral gelegene Zonen im Röhricht. An den Ausdehnungsfronten der Schilfzonen gibt es keinen erkennbaren Zusammenhang zwischen Halmdichten und -durchmessern ($r_s = 0,23$, n. s., $n = 86$). Die Dichten in den Außenbereichen der Röhrichte haben einen Mittelwert von 87 Halmen/m² und sind mit einer Standardabweichung von 55 sehr unterschiedlich. Die Halme wachsen hier ungleichmäßig und oft in Gruppen. Die zufällige oder unbewusste Wahl des Areals beeinflusst die Resultate.

Aus der Masse der einzelnen Halme und der Halmdichte kann eine flächenbezogene Biomasse bestimmt werden. Zur Unterscheidung gegenüber der Biomasse einzelner Halme wird sie mit dem englischen Begriff „standing crop“ in [kg/m²] bezeichnet. Da die Halme wachsen, steigt der „standing crop“ im Jahresverlauf. Hierbei gibt es zu den drei Terminen signifikante Korrelationen zur Halmdichte (Tab. 9).

Tab. 9: Der „standing crop“ von Schilf [kg Feuchtmasse/m²] und die Beziehung zur Halmdichte.

Monat	n	„standing crop“ Mw ± Stabw.	Korrelation Dichte - sc
Mai	39	1,5 ± 0,5	$r = 0,37^*$
Juni/Juli	58	2,2 ± 1,2	$r = 0,71^{***}$
Oktober	45	4,0 ± 1,6	$r = 0,41^{**}$

Ein Zusammenhang zwischen Dichte und „standing crop“ am Ende der Vegetationsperiode widerspricht Literaturangaben. Zur Beurteilung durch den Leser ist die Datengrundlage graphisch dargestellt (Abb. 10). Die Steigung der Ausgleichsgeraden ist sehr gering. Ohne den in der Abbildung ganz rechts gelegenen Wert ist die Korrelation nicht signifikant ($r = 0,27$; n. s., $n = 45$). Die Daten werden aufgrund der des unsicheren Zusammenhangs und der Literaturangaben so interpretiert, dass der „standing crop“ am Ende der Vegetationsperiode unabhängig von der Dichte ist. Weiteres findet sich in der Diskussion.

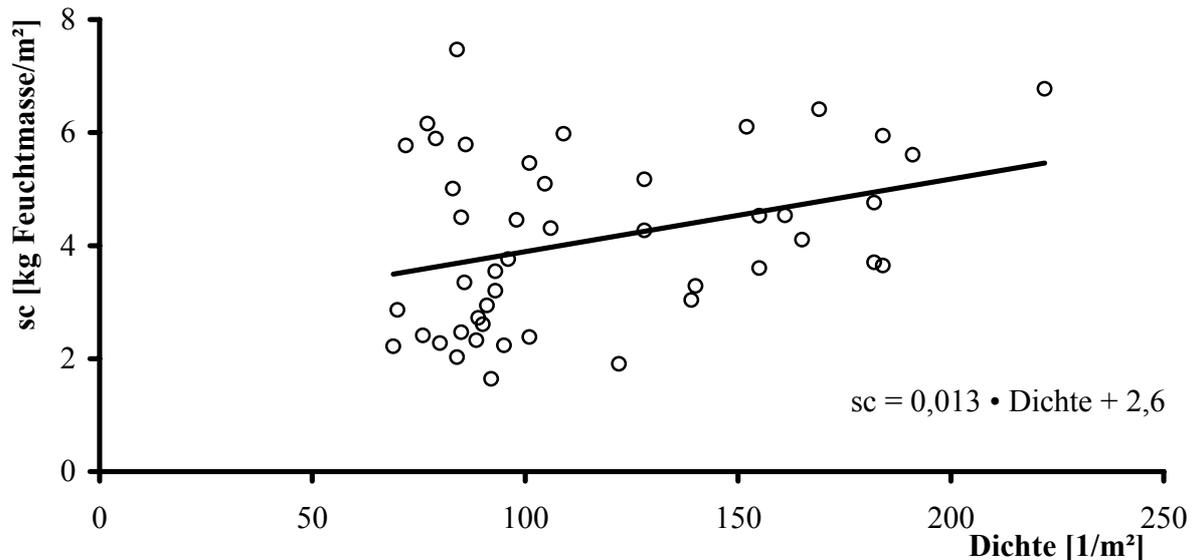


Abb. 10: Datengrundlage der Beziehung zwischen „standing crop“ und Halmdichte im Oktober.

3.2.4 Wachstumsphasen

Nach der Einteilung der im Jahr 2000 untersuchten Bestände in D-Typen wird die Abhängigkeit der Internodienanzahl der Halme von ihrer Länge überprüft (Abb. 11). Die Zusammenhänge zwischen Halmlänge und Internodienanzahl sind für kleine (-), mittlere (0) und große (+) D-Typen linear. Beim sehr großen D-Typ (++) weichen die Daten signifikant von einem linearen Zusammenhang ab (F_{Lin}^{***}). Das Längenwachstum der Halme bei diesem D-Typ beinhaltet eine Phase des ausschließlichen Streckungswachstums ohne Zunahme der Internodienanzahl. Da der Zusammenhang nicht linearisierbar ist, wird kein Korrelationskoeffizient angegeben und kein statistischer Vergleich der Steigung durchgeführt. Die Unterschiede zu den anderen D-Typen sind deutlich erkennbar.

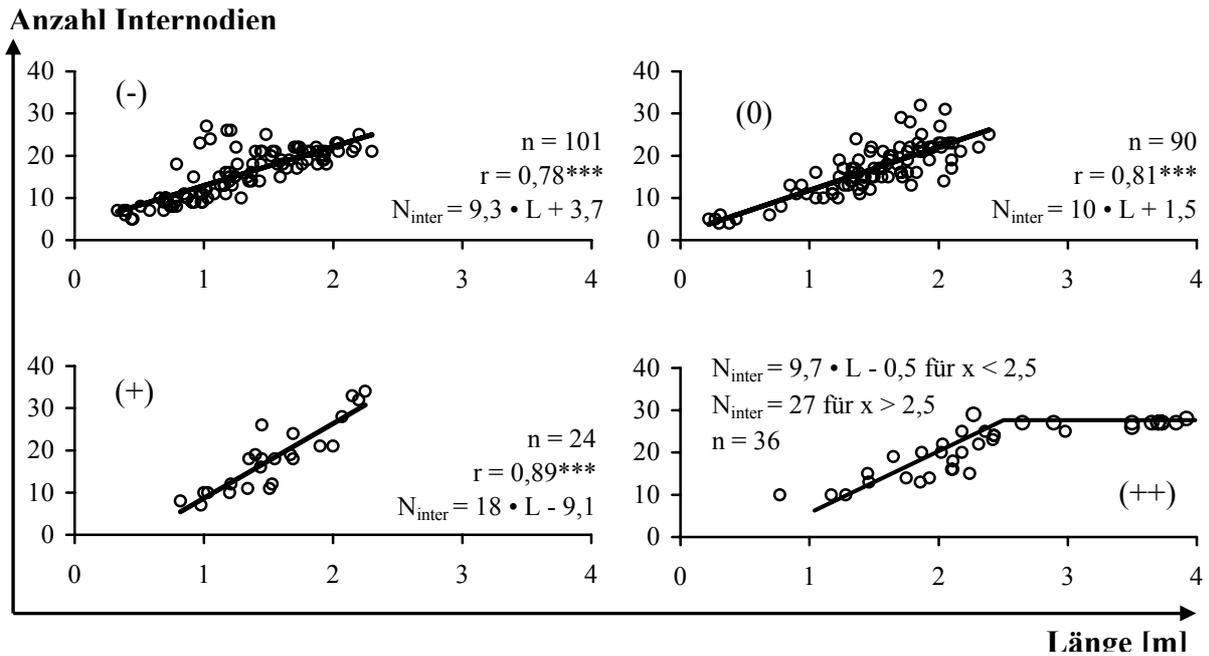


Abb. 11: Das Längenwachstum der Halme verschiedener D-Typen im Jahr 2000.

Die Steigung der Ausgleichsgeraden ist die mittlere Anzahl der Internodien pro Halmlänge. Diese Internodienfrequenz unterscheidet sich zwischen den kleinen, mittleren und großen D-Typen. Die Internodienfrequenz des großen D-Typ ist mit einem Wert von 18 deutlich höher (F_{Steig}^{***}). Bei kleinen und mittleren D-Typen ist bei vergleichbarer Steigung der Y-Achsenabschnitt verschieden (F_{Achse}^{***}). Die gemeinsame Steigung ist 9,7 Internodien/m.

3.2.5 Saisonale Entwicklung

In den bisherigen Ergebnisdarstellungen wurden Bestandseigenschaften und ihre Wechselwirkungen untereinander dargestellt. Im folgenden Abschnitt wird die saisonale Entwicklung dieser wechselwirkenden Eigenschaften von verschiedenen Schilfbeständen verglichen. Als beschreibende Parameter dienen Durchmesser, Dichten, Längen und relative Längen (Quotient aus erreichter und erreichbarer Länge in %) der Halme. Für die Beschreibung von Entwicklungen wird der Variationskoeffizient (Vk) genutzt. Wenn der Variationskoeffizient eines Merkmals im Jahresverlauf ausschließlich abnimmt, wird der Bestand als diesbezüglich stabil bezeichnet. Nimmt er zwischen den Probestermi- nen ein- oder mehrmals zu, ist das Bestandsmerkmal instabil. Hierbei bezieht sich „Stabilität“ auf entsprechende Eigenschaften, nicht auf den langfristigen Fortbestand der Schilfbestände.

In den Abbildungen 12-16 dieses Kapitels sind links oben die Durchmesser-Häufigkeitsverteilungen dargestellt, oben rechts die Entwicklung der Dichten. Im unteren Bereich der Abbildung befinden sich auf der linken Seite die Häufigkeitsverteilungen der Längen, rechts die der relativen Längen. Daneben sind die Vk grafisch dargestellt. Die Klassengrößen betragen für die Durchmesser 0,2 mm, für die Länge 10 cm und für die relative Länge 5 %. Mittelwerte und Probenumfänge sind in 8.4 angegeben. Die folgenden Abbildungen und Beschreibungen sind nach dem mittleren Durchmesser der Halme sortiert.

Es lassen sich bestimmte Regelmäßigkeiten der saisonalen Entwicklung erkennen, die für die meisten untersuchten Bestände zutreffen (Ausnahmen werden nachfolgend angegeben):

- Durchmesser-Verteilungen sind rechtsschief oder normal verteilt, aber nie linksschief.
- Die Halme erreichen im Mai Maximallängen knapp über 1,0 m, die Verteilungs-Maxima liegen zwischen 0,5 und 1,0 m. Die Verteilungen lassen keine Schiefe erkennen.
- Im Laufe der Vegetationsperiode werden die Längen-Verteilungen linksschief, das Gleiche gilt für die relativen Längen.
- Die mittlere Länge der Halme steigt zwischen Mai und Juni sowie zwischen Juni und August. Zwischen August und September gibt es keine Unterschiede, die Halme wachsen nicht mehr in die Länge.
- Die Vk der Durchmesser, der Länge und der relativen Länge nehmen zwischen Juni und September ab.

Neben diesen Gemeinsamkeiten gibt es deutliche Unterschiede. Anhand der Entwicklung im Jahresverlauf lassen sich fünf charakteristische Entwicklungsformen unterscheiden (im Folgenden E-Typen). Den Beschreibungen der E-Typen sind Abschätzung der Ausdehnungsgeschwindigkeiten, eine Beschreibung der Standorte sowie Angaben zu Wassertiefe und Dicke der organischen Auflage beigelegt.

○ Instabiler Entwicklungstyp mit hoher Variabilität (Abb. 12)

Die mittleren Durchmesser, Längen und relativen Längen dieses E-Typs sind klein und haben hohe Variationskoeffizienten. Die Durchmesser haben am Ende der Vegetationsperiode rechtsschiefe Verteilungen. Die Längen-Verteilungen werden zwischen Juni und September bei steigendem oder konstantem V_k flacher, die Verteilungen sind im Juni rechtsschief und im September gleichmäßig. Die Halme erreichen Längen zwischen 1,0 und 2,0 m und dabei relative Längen von etwa 70 %. Die Verteilung der relativen Längen ist am Ende der Vegetationsperiode gleichmäßig. Die Dichten dieses E-Typs sind hoch bis sehr hoch mit ebenfalls sehr hohen V_k. Die Dichten wurden zu unregelmäßig und in zu geringen Umfängen gemessen, um genauere Vergleiche durchzuführen (8.4). Der beschriebene E-Typ ist charakteristisch für 1-5 Jahre alte Schilfbestände in neu besiedelten Bereichen. Die Wassertiefen liegen zwischen 60 und 120 cm, die organische Auflage in den Beständen ist mit 0-5 cm gering.

○ Instabiler Entwicklungstyp mit frühen Folgetrieben (Abb. 13)

Dieser Entwicklungstyp tritt bei kleinen D-Typen auf. Zwischen Mai und Juni nimmt der mittlere Durchmesser ab, da die Häufigkeit von Halmen ab 7,5 mm Durchmesser geringer wird. Die Durchmesser-Verteilung wird rechtsschief, dabei nimmt der V_k zu. Die Dichte steigt in diesem Zeitraum, es kommen dünne Halme hinzu (frühe Folgetriebe). Ab Juni bleibt der mittlere Durchmesser etwa konstant und rechtsschief verteilt. Die Dichte nimmt zwischen Juni und August deutlich ab. Der V_k der Länge steigt zwischen Mai und Juni, dann nimmt er wieder ab. Die Halme erreichen Längen zwischen 1,0 und 2,5 m und haben dann etwa 80 % ihrer maximal möglichen Länge erreicht. Schilfbestände mit diesen Eigenschaften dehnen sich nicht aus. Die Schilfröhrichte werden durch vorgelagerte *Typha*-Bestände am teichwärtigen Vordringen gehindert. Die Halme wachsen in Bülden mit hohen Dichten, zwischen den Bülden befinden sich labyrinthartig freie Wasserflächen. Die Wassertiefen liegen unter 50 cm, in den Bülden selber bei nur 0 bis 5 cm. Die organische Auflage zwischen den Bülden hat eine Mächtigkeit zwischen 20 und 50 cm.

○ Stabiler Entwicklungstyp von mittleren D-Typen (Abb. 14)

Die mittleren Durchmesser dieses E-Typen steigen zwischen Juni und September an, bei nahezu konstanter Abnahme des Vk. Die Verteilung des Durchmessers zeigt keine erkennbare Schiefe. Der Bestand hat über die Vegetationsperiode hinweg nahezu konstante Dichten von etwa 100 Halmen. Die Halmlängen sind zu allen Untersuchungsterminen leicht linksschief. Der Vk der Länge nimmt im Jahresverlauf kontinuierlich ab. Die Ende September erreichten Längen liegen zwischen 2 und 3 m, was etwa 80 % der möglichen Endlängen entspricht. Auch für die relative Länge nehmen die Vk kontinuierlich ab. Dieser E-Typ kennzeichnet zentrale Bereiche in Schilfröhrichten, die sich an der Außenfront langsam ausdehnen. Er kommt in Wassertiefen bis 70 cm vor. Die organische Auflage in diesen Bereichen ist maximal 10 cm, überwiegend 5 cm dick.

○ Stabiler Entwicklungstyp von großen D-Typen (Abb. 15)

Dieser E-Typ zeigt weitgehend die Eigenschaften des stabilen E-Typs mittlerer Durchmesser. Die insgesamt größeren Durchmesser bleiben hier im Jahresverlauf aber konstant und die Bestände dehnen sich nicht teichwärts aus. Schilf dieses E-Typs wächst in den Teichen an grob geschotterten Ufern mit relativ großem Gefälle. Auf kurzen Strecken treten Gefälle zwischen 75 und 100 % auf. Im Schnitt werden 3 m von der Uferlinie Wassertiefen von 100-120 cm erreicht. Die organische Auflage in den geschotterten Bereichen ist gering oder nicht vorhanden.

○ Instabiler E-Typ mit Halmersatz (Abb. 16)

Dieser E-Typ fällt durch sehr dicke Halme und sehr geringe Dichten auf. Bei gleich bleibenden Dichten von etwa 20 Halme/m² nimmt der mittlere Durchmesser zwischen Mai und Juni ab, der Vk von Durchmesser und Dichte steigt. Dicke Halme verschwinden in diesem Zeitraum. Dünnere Folgetriebe verändern die Verteilungen der Durchmesser, Dichten, Längen und relativen Längen zu einem flacheren Verlauf mit Anstieg der Vk. Dabei bleibt die Dichte konstant (Halmersatz). Ab Juni nehmen die Vk der Durchmesser, Längen und relativen Längen ab. Die Halme wachsen auch zwischen August und September weiter in die Länge. Am Ende der Vegetationsperiode erreichen die Halme 2,0 bis 3,5 m bei relativen Längen von 80 %. In diesem Bestand erreicht die Wassertiefe 60 cm, die organische Auflage ist 40 bis 50 cm dick.

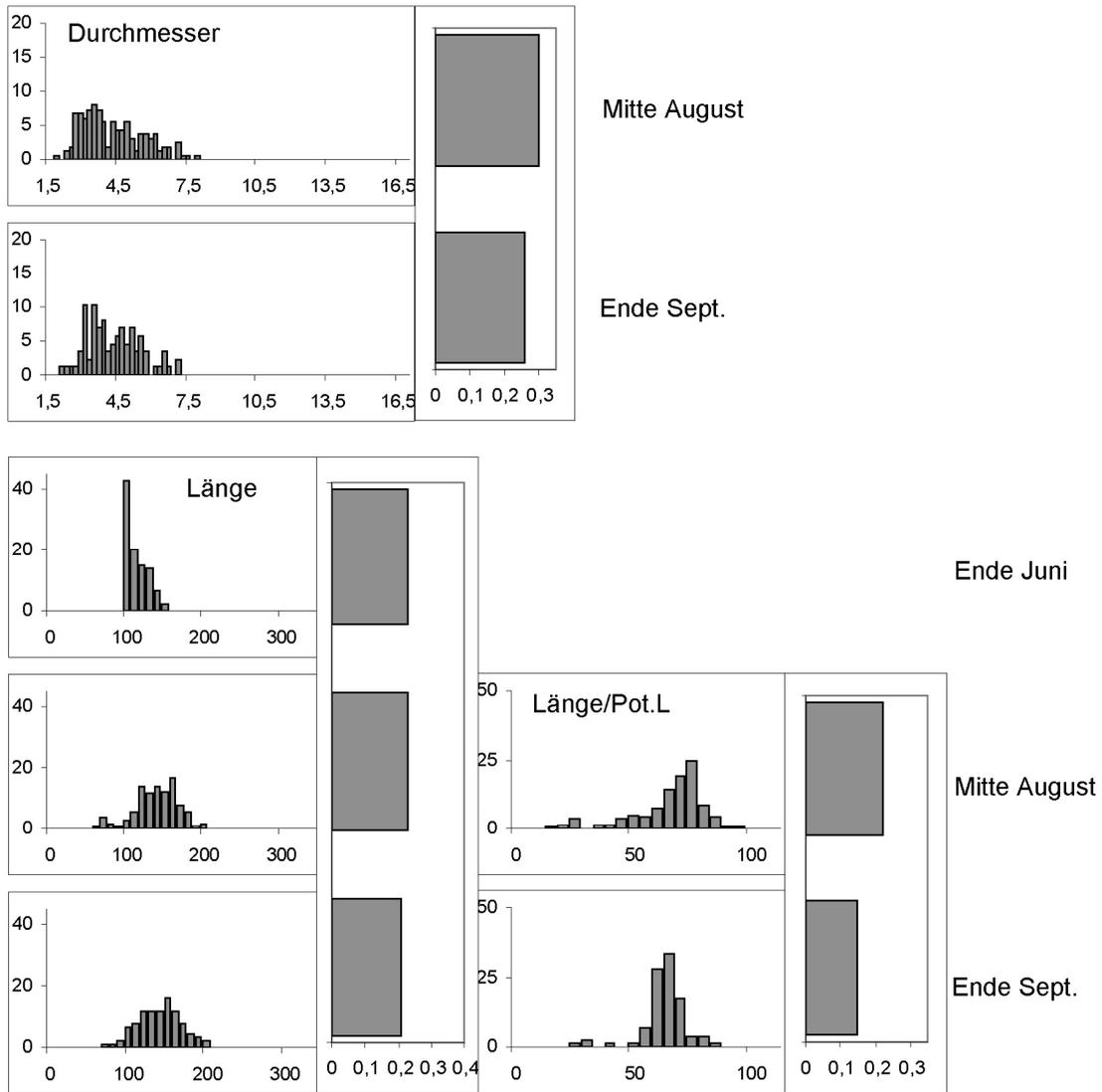


Abb. 12: Saisonale Entwicklung - Instabiler E-Typ mit hoher Variabilität (VT 10).

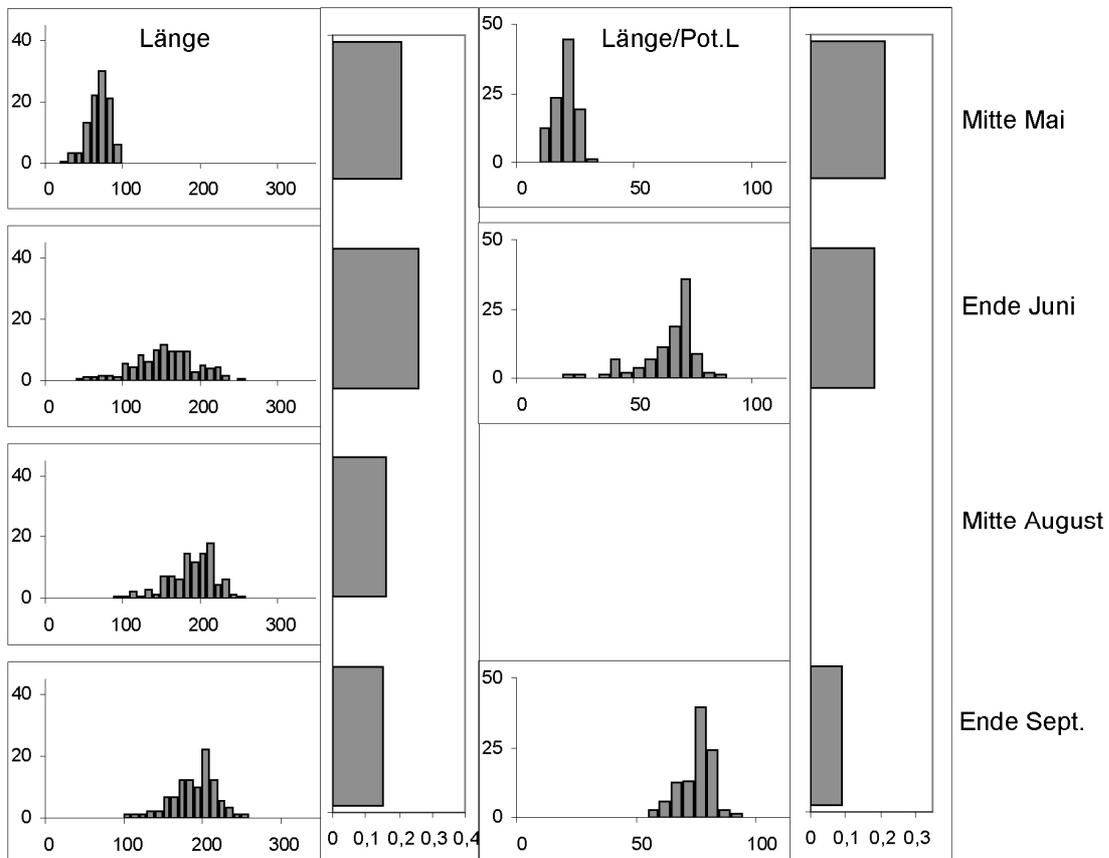
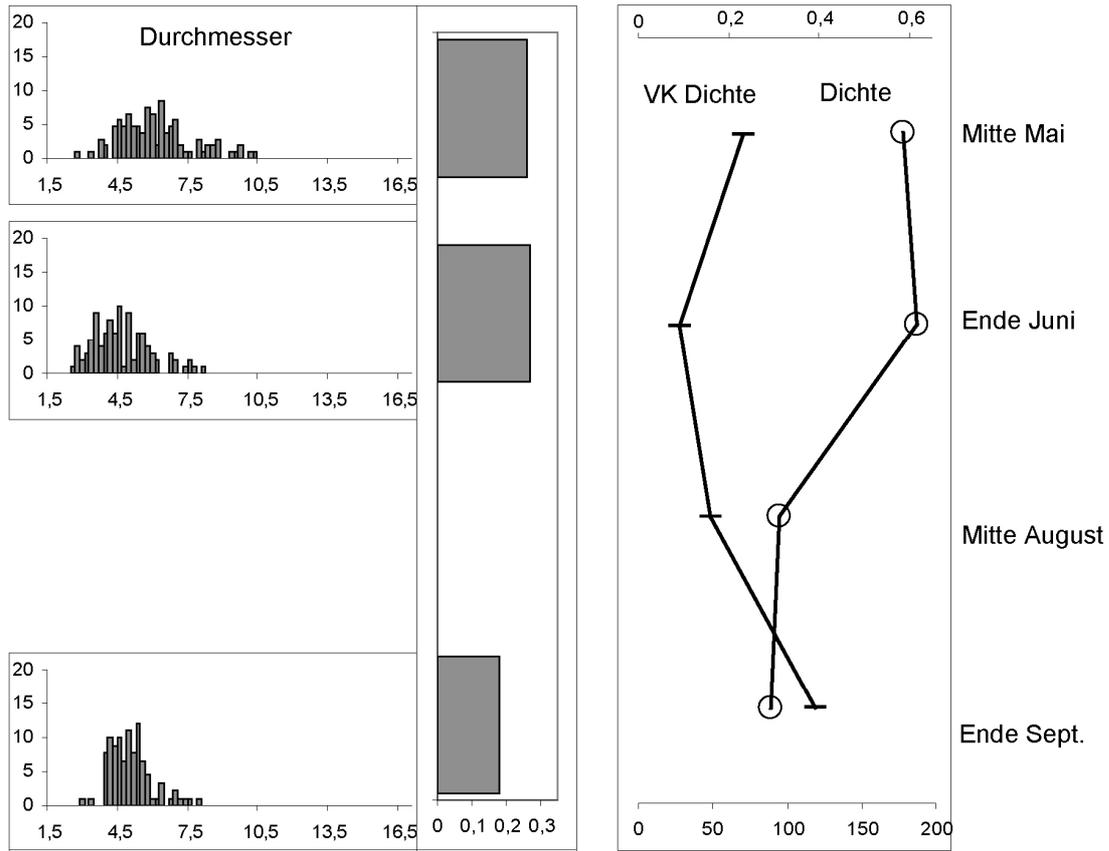


Abb. 13: Saisonale Entwicklung - Instabiler E-Typ mit frühen Folgetrieben (Casimir-SO).

Ergebnisse - Halme in Beständen

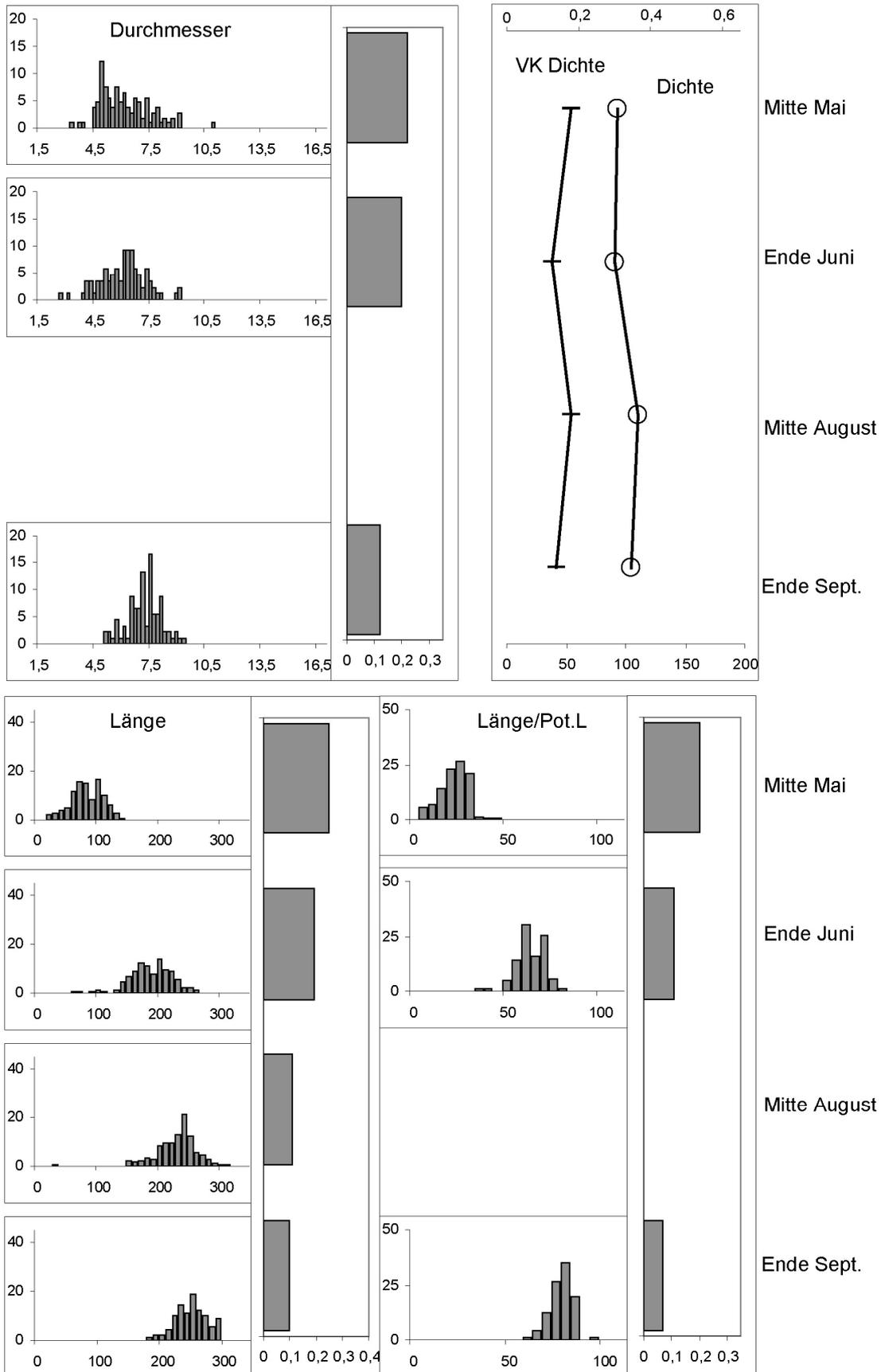


Abb. 14: Saisonale Entwicklung - Stabiler E-Typ mit mittleren Durchmessern (Lohsa IV-S).

Ergebnisse - Halme in Beständen

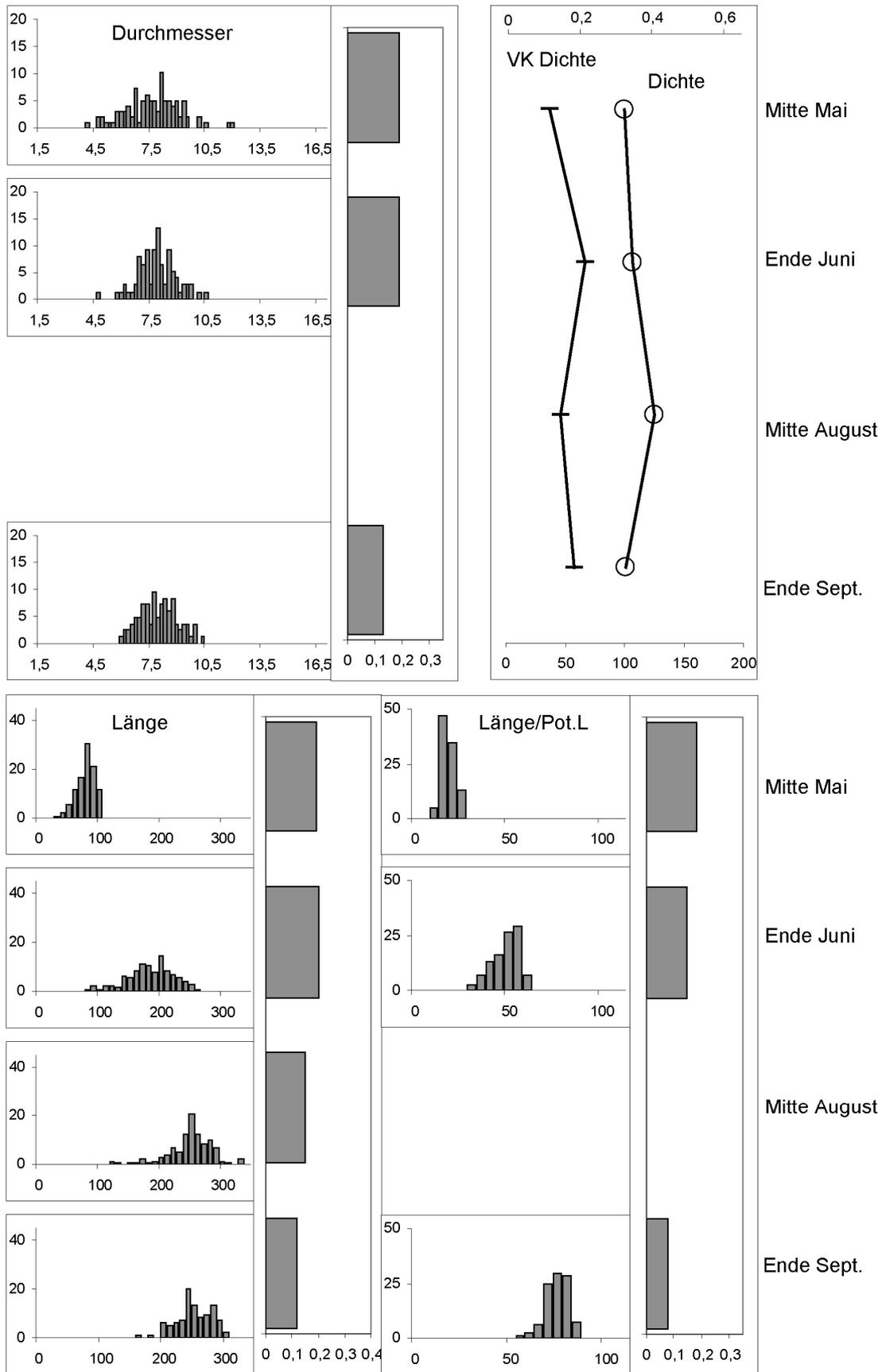


Abb. 15: Saisonale Entwicklung - Stabiler E-Typ mit großen Durchmessern (Grenzteil-N).

Ergebnisse - Halme in Beständen

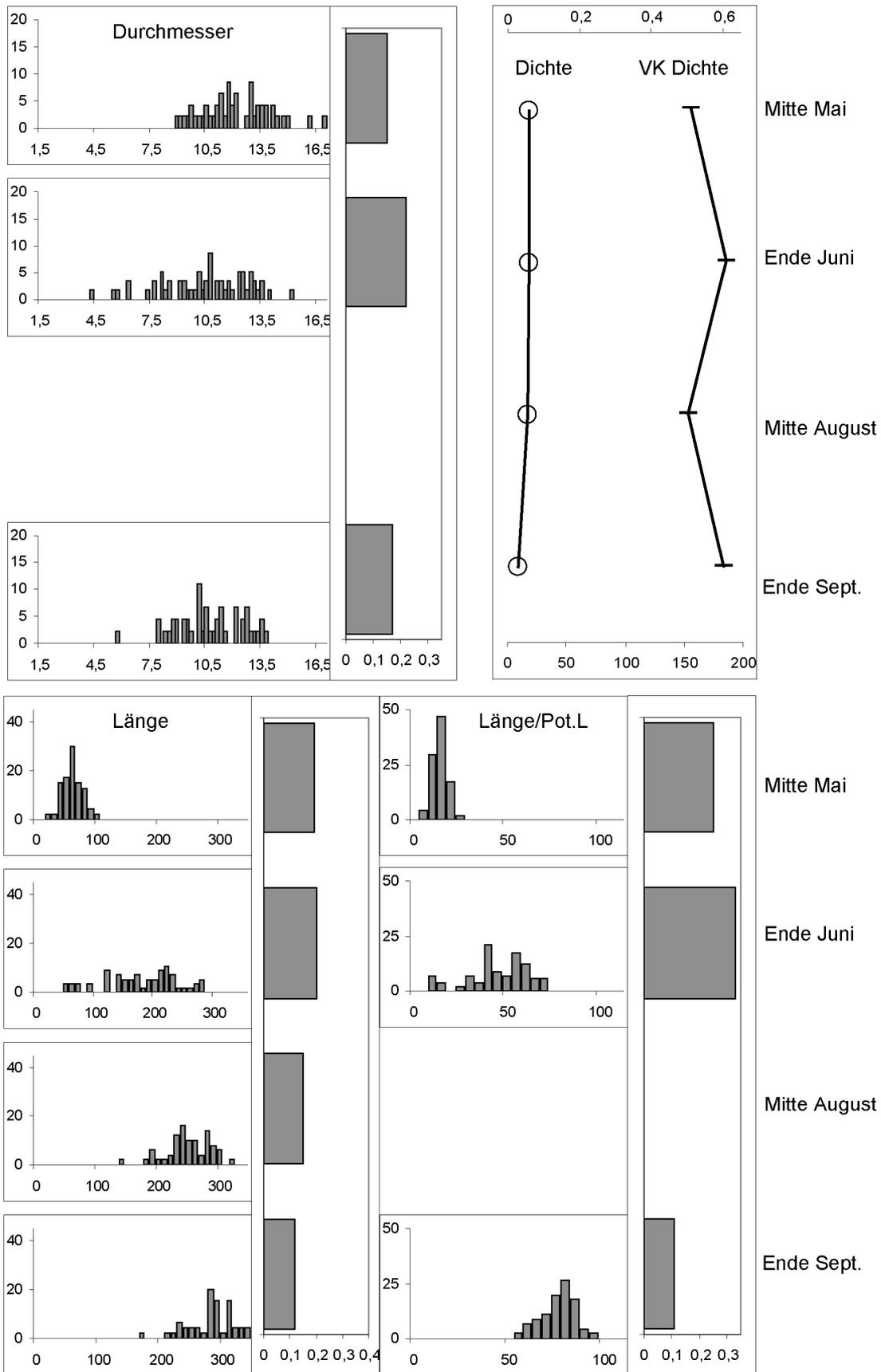


Abb. 16: Saisonale Entwicklung - Instabiler E-Typ mit Halmersatz (Großer Teich Torgau).

3.3 HABITATBESETZUNG

Zur Bewertung der an der Habitatbesetzung beteiligten Vorgänge werden einige Definitionen vorangestellt. Bei Halmen können drei Typen unterschieden werden. Diesjährige Halme sind als spitze grüne Knospen erkennbar. Als noch grün werden Halme bezeichnet, die im oberen Bereich abgestorben, bodennah aber grün und im Querschnitt als lebendig erkennbar sind. Diese Halme stammen mindestens aus der vorhergehenden Vegetationsperiode, evtl. sind sie älter. Tot sind oberirdisch trockene und brüchige Halme ohne Anzeichen von lebenden Zellen oder physiologischer Aktivität.

Wie in der Einleitung definiert, ist ein Individuum eine physisch verbundene Gesamtheit von Pflanzenteilen. Die oberirdischen Halme eines Individuums wachsen aus einem gemeinsamen Rhizom, das die unterirdische Verbindung darstellt. Somit ist auch das Rhizom eines Individuums eine physische Einheit. Es besteht aus unverzweigten Untereinheiten, den Modulen, die durch seitliche Knospung an den Nodien eines anderen Moduls entstehen. Rhizommodule münden oberirdisch in Halmen oder enden blind im Boden. Abgestorbene unterirdische Enden ließen sich durch fehlende Sprossspitzen oder anhängendes verrottendes Pflanzenmaterial identifizieren. Eine Rhizomlinie ist eine Abfolge von verbundenen Modulen. Die einzelnen Module gehen schräg in Wachstumsrichtung ab. So lässt sich für Halme oder blinde Enden eine Herkunftslinie verfolgen, die der Reihenfolge ihrer Entstehung entspricht. Die nachstehenden Ergebnisse werden z. T. durch mehrere Beobachtungen gestützt. Die dazu gehörigen Abbildungen sind durch ihre Nummer (17-20) angegeben, dabei kennzeichnen die indizierten Kürzel HT für Hennenteich und GT für Griesteich Teile der Abbildung 18.

3.3.1 Halme

Schilfhalme wachsen an den Enden von Rhizommodulen. Die Länge eines Moduls kann sehr unterschiedlich sein, von wenigen Zentimetern bis über 1,5 m (Abb. 17, 18HT1). Die Halme wachsen in Gruppen verschiedener Größe und Entstehung. Durch den seitlichen Austrieb von diesjährigen Halmen an noch grünen Halmen entstehen an einzelnen Modulen kleine Gruppen mit Halmen, die nahe beieinander liegen (Abb. 17). Größere Gruppen entstehen durch den nahen Halmaustrieb an anderen Modulen. Die Halme größerer Gruppen müssen nicht wie in Abbildung 17 direkt auf einen gemeinsamen Ursprung zurückführbar sein. Sie können auch verschiedenen Rhizomlinien entstammen (Abb. 18HT2, 19).



Abb. 17: Halme einer Rhizomlinie an der Ausdehnungsfront eines Bestandes.

3.3.2 Rhizommodule und -linien

Breite Rhizommodule liegen tiefer im Boden. Der Zusammenhang zwischen der Lage im Boden und der Breite von Modulen ist statistisch signifikant ($r = 0,55^{**}$; $n = 23$), zeigt jedoch hohe Variabilität. Beispielsweise wurden für 10-15 cm Tiefe Modulbreiten zwischen 9 und 24 mm gemessen. Weder Breite noch Tiefe der Module einer Rhizomlinie hängen von der Reihenfolge ihrer Entstehung ab. Im Griesteich (Abb. 18GT1/GT2) unterliegen beide Eigenschaften der Rhizomlinie des jeweils äußersten Halmes Schwankungen. Im Hennenteich (Abb. 18HT1) liegen die Rhizome uferwärts zunehmend tiefer und die Breite wechselt.

Die Länge der Module kann nicht mit ihrer Breite, Tiefe oder Entstehungsreihenfolge in Verbindung gebracht werden. Ein Großteil der dicken und tiefen Rhizome endet blind oder wurde abgeschnitten. Die ursprüngliche Länge bleibt dadurch unklar. Für die verbleibenden Linien aus vollständigen Modulen lassen sich keine Zusammenhänge zwischen Länge und Breite, Tiefe oder Lage der Module erkennen. Die sehr unterschiedlichen Modullängen werden in kurz ($< 0,5$ m), mittel (0,5-1,0 m) und lang eingeteilt ($> 1,0$ m).

3.3.3 Rhizome und Habitatbesetzung

Für die Länge der Module eines Rhizoms gelten Regelmäßigkeiten. Von Modulen mit lebenden Enden gehen seitlich ausschließlich Module mit kurzen und mittleren Längen ab. An Modulen mit toten Enden wurden Seitenmodule mit allen Längen gefunden (Abb. 17-19). Lange Rhizommodule wachsen demnach nur, wenn ein Ende abgestorben ist.

Die Teile eines Rhizoms können in unterschiedlichen Tiefen im Boden wachsen. Ein abrupter Tiefenwechsel findet an jedem Modulende statt, wo das Rhizom in einem oberirdischen Halm mündet. Schrittweise Änderungen zwischen den Modulen können in tiefere oder flachere Bereiche des Bodens führen. Sie hängen nicht von der Reihenfolge ihrer Entstehung ab.

An der Außenseite von etablierten Beständen wurden die Rhizome von acht vorgelagerten Halmgruppen ausgegraben. Dabei wurden Rhizome mit einer Gesamtlänge von ca. 60 m freigelegt. Es wurde nur eine natürlich entstandene Fragmentation gefunden, die in Abbildung 18GT1 mit einem großen roten Kreis markiert ist. Diese Fragmentation hat zur Entstehung von drei lebenden Ramets geführt, die sich durch Tiefe, Durchmesser und Färbung des Rhizoms sowie die kurze Entfernung der Module voneinander als Nachkommen eines ehemaligen Individuums identifizieren ließen. Dabei muss ein Rhizomabschnitt abgestorben sein, an dem ein seitliches Modul abging. Die kleinen roten Kreise markieren abgestorbene Enden. Alle weiteren Enden und Anfänge wurden vom Bearbeiter abgetrennt, um die Rhizomlinie verfolgen zu können. Es kann bei Schilf zur Fragmentation von Individuen und zur Entstehung von Ramets kommen, in Anbetracht der Gesamtlänge des untersuchten Rhizoms ist die natürliche Fragmentation aber selten.

Um weitere Nachweise einer Ausbreitung oder Fortpflanzung zu erbringen, wurden trocken liegende Teiche nach isoliert stehenden Halmgruppen abgesucht. Hintergrund war die Überlegung, dass solche Halmgruppen durch vegetative oder generative Diasporen entstehen. Auf einer gesamten Teichfläche von 50 ha wurde keine Halmgruppe gefunden, die sich in mittig gelegenen Bereichen etabliert hat. Alle Halmgruppen waren ufernahen Beständen in Entfernungen bis zu 8 m vorgelagert. Der Verlauf der entsprechenden Rhizome ließ sich immer bis in die Uferbestände verfolgen. In den acht abgebildeten Fällen wurden die Rhizome vollständig ausgegraben. In 20 bis 25 weiteren Fällen konnten die Entstehungslinien durch die durchgängige Anordnung von Halmen und unterstützende Ausgrabungen von Teilbereichen identifiziert werden. In Karpfenteichen besetzt Schilf neue Habitate durch das Wachstum von Rhizomlinien aus ufernahen etablierten Beständen.

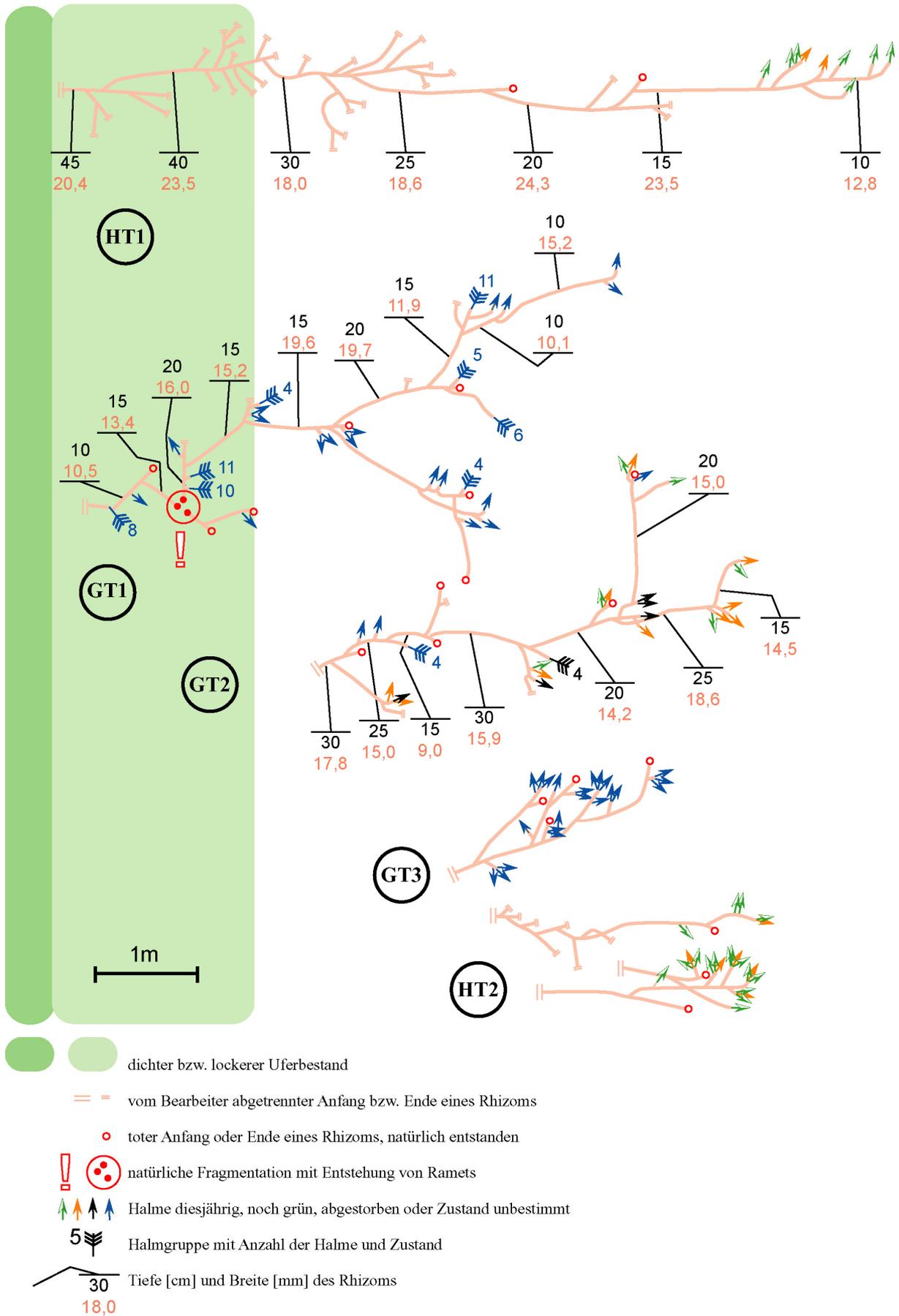


Abb. 18: Lage der Rhizome und Halme von langen Besetzungslinien.

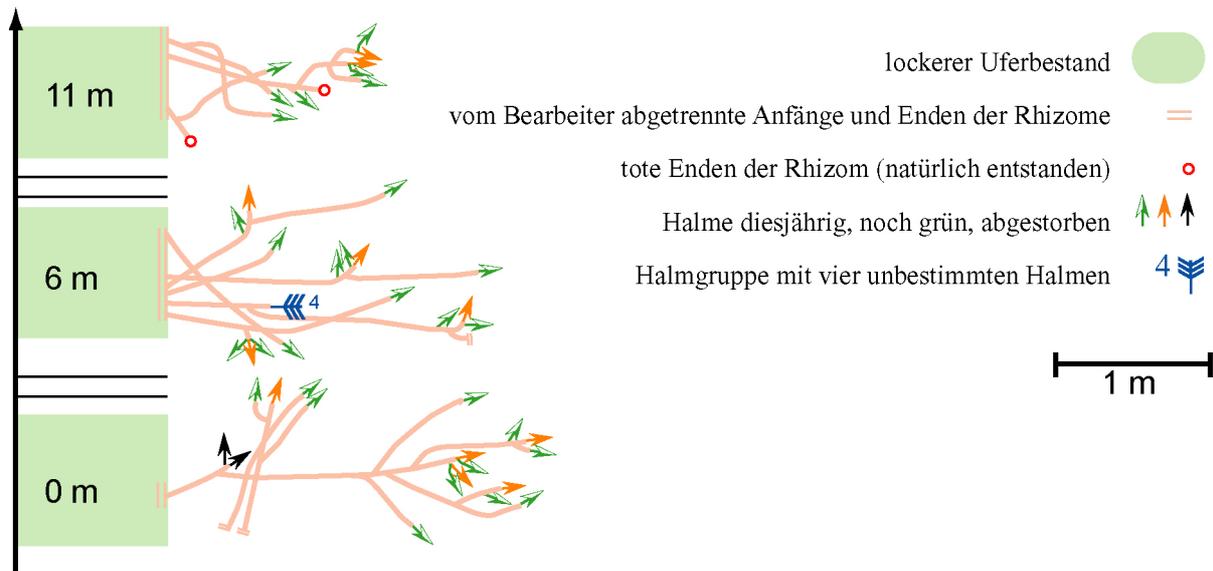


Abb. 19: Kurze Besetzungslinien am Westufer des Schreiterteichs. Die Angaben im Bereich des lockeren Uferbestandes sind die Entfernung von der südlichen Linie. Zwischen den dargestellten Linien gab es keine weiteren.

Die Rhizome eines ausgebuchteten Bestandes wurden von außen nach zentral verfolgt. Die Module wachsen z. T. in geschwungenen Linien mit Richtungsänderungen bis zu 90°, meist aber annähernd linear. Im Verlauf einer Rhizomlinie kann sich die Wachstumsrichtung im Sinne einer entgegengesetzten Himmelsrichtung umkehren (grüne Sprosse auf der linken Seite der Abb. 20). Die Rhizome im ausgegrabenen Bereich wachsen unregelmäßig, jedoch nie in zentrale Bereiche zurück. In zentralen Bereichen durchkreuzen sie sich derart, dass sie für die Untersuchung abgetrennt und nachträglich zusammengesetzt werden müssen. Dadurch würde sich eine natürlicherweise vorhandene Fragmentation nicht mehr identifizieren lassen. Soweit möglich, wurden die Rhizomlinien in zentrale Bereiche verfolgt. Die nachweislich verbundenen Rhizombereiche sind in Abbildung 20 farblich identisch markiert. Schwarz sind mehrere kurze Rhizomabschnitte dargestellt. Im Bereich des Fragezeichens lagen die Rhizome zu dicht für eine sichere Zuordnung eventueller Fragmentationen. Im ausgegrabenen Bereich der Schilf-Ausbuchtung wurde keine Fragmentation nachgewiesen. Das bedeutet, dass möglicherweise mehrere oder alle Rhizome in zentralen Bereichen verbunden und die gesamte Schilfzunge ein Individuum war.



Abb. 20: Verlauf der Rhizome an der Front einer Ausbuchtung im Hennenteich VI.

Insgesamt wurden mit Schilfbucht und den beschriebenen Besetzungslinien 150 m Rhizom ausgegraben. Dabei wurde nur eine Fragmentation nachgewiesen. Die Fragmentation von Schilfrhizom ist also selten, zumindest unter den Bedingungen in den Teichen. Damit ist die Habitatbesetzung an der Außenfront überwiegend ein Wachstum nicht fragmentierender Individuen.

3.3.4 Flächenausdehnung und Änderung des Uferverlaufs

Die Folge der Habitatbesetzung ist die gegenwärtige Ausdehnung der Schilfröhrichte. In den untersuchten Karpfenteichen ist nahezu das gesamte Ufer mit Schilfröhricht bewachsen. Die wenigen Ausnahmen sind Bereiche an Abfischungsgruben, bei Bootsanlegestellen oder mit *Typha* bewachsene Zonen. Zwischen den Teichen gibt es deutliche Unterschiede hinsichtlich der Röhrichtflächen, ihrem Flächenanteil und dem Einfluss auf die Uferlänge (Tab. 10). Die ursprünglich angelegte Gesamtfläche der Teiche wird durch die Röhrichte immer verringert, die Uferlänge mit Ausnahme von zwei stark zugewachsenen Teichen erhöht. Die Werte sind aber so unterschiedlich, dass die Angabe von Mittelwerten wenig aussagekräftig ist.

Tab. 10: Einfluss der Schilfröhrichte auf Karpfenteiche im Oktober 2000.

	Teich		Röhricht		Anteil Änderung	
	Fläche [ha]	Uferlänge [km]	Fläche [ha]	Uferlänge [km]	Fläche [%]	Uferlänge [%]
Grenzteich	39,6	2,7	0,2	3,0	1	+11
Biwatsch	17,4	3,2	0,6	3,3	3	+3
KT Lohsa 4*	65,9	3,6	4,2	3,8	6	+6
KT Lohsa 1	65,3	3,5	6,1	4,2	9	+20
Mittelteich	2,3	0,6	0,3	0,6	13	0
Casimir	15,4	2,4	2,2	2,9	14	+21
Torgau	236,9	8,3	44,4	10,3	19	+24
Rehbergeich	4,1	0,8	1,2	0,9	29	+13
Stockteich	9,8	1,3	4,1	1,4	42	+8
Roter Lug	21,2	2,5	9,2	2,1	43	-16
Schemsteich	35,9	8,2	18,1	6,9	50	-16
Gesamt	513,8	37,1	90,5	39,4	18	+6

* Der KT Lohsa 4 wurde kurz vor der Anfertigung der Luftbilder gemäht, die Röhrichtausdehnung ist unterschätzt. Die Sortierung folgt der Flächenänderung, in der Zeile „Gesamt“ sind die Summen bzw. die gewichteten Mw angegeben.

Die umseitige Abbildung 21 stellt die mit Schilf bewachsenen Röhrichtbereiche in den im Jahr 2000 untersuchten Teichen dar. Anhand der Abbildung lassen sich Ursachen der Unterschiede erkennen. Röhrichte mit kleineren D-Typen haben sich in der Regel weiter ausgedehnt als dickere Bestände, auch wenn sie im gleichen Teich vorkommen (Casimir, Mittelteich, Rehbergeich). Die Kippenteiche Lohsa können nicht in die Bewertung einbezogen werden, da hier die Schilfröhrichte kurz vor der Aufnahme weiträumig gemäht wurden. Eine zweite Einflussgröße ist die Uferseite. Mit Ausnahme vom Schemsteich dringen die Röhrichte an Westufern der Teiche weiter in Richtung Teichmitte vor als an Ostseiten.

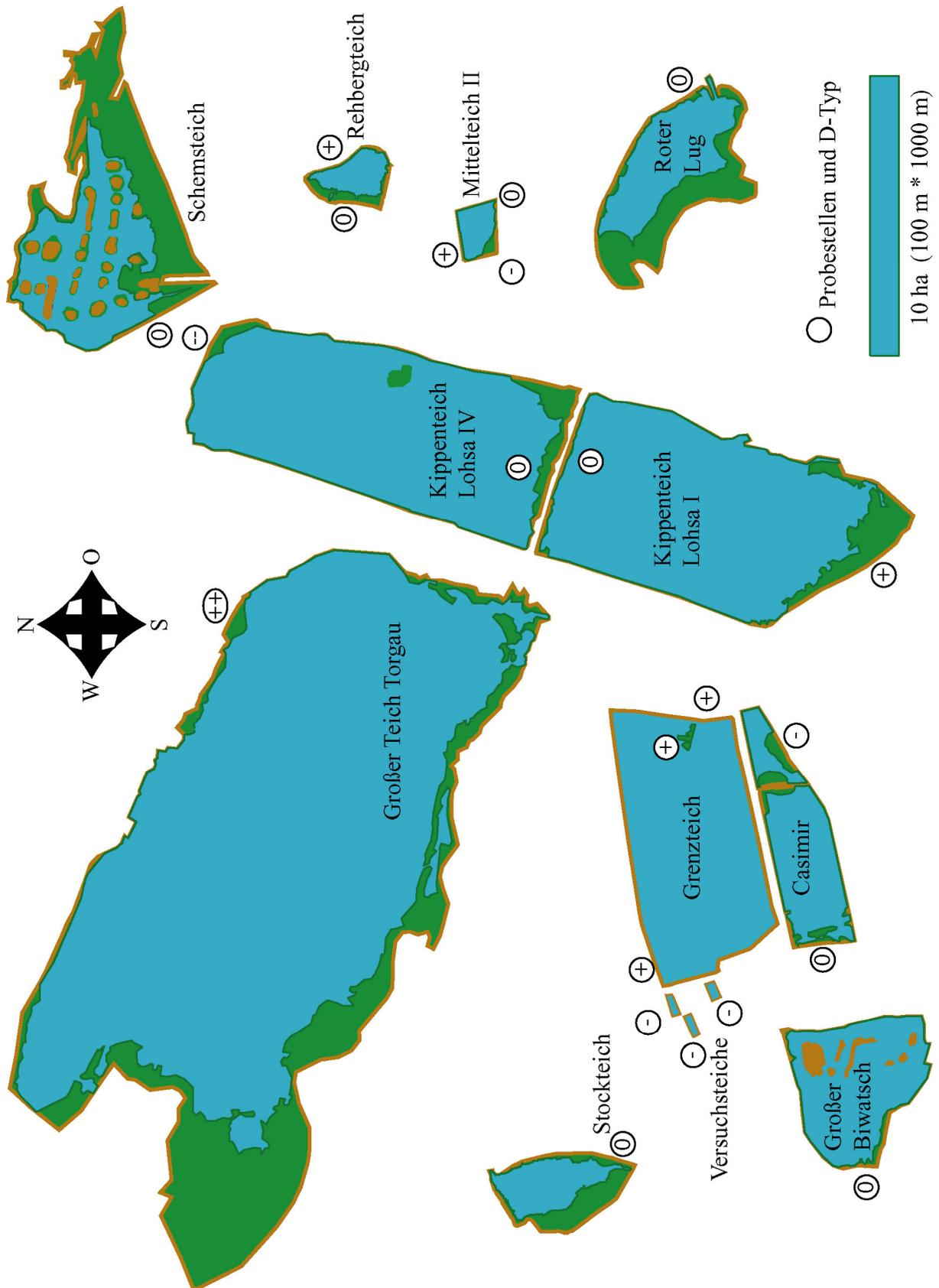


Abb. 21: Die Schilfflächen in den untersuchten Teichen. Die D-Typen an den jeweiligen Probestellen sind mit Kreisen markiert. Dargestellt sind Gesamtflächen (Umrisse), Röhrichte (grün), freie Wasserflächen (blau) und Inseln (braun). Die Lage der Teiche zueinander ist nicht maßstabsgetreu.

3.3.5 Wassertiefe

In den VT dehnten sich Schilfbestände entlang eines Tiefengradienten wasserseitig aus. Dadurch konnte der Einfluss der Wassertiefe auf die Ausdehnungsgeschwindigkeit quantitativ bewertet werden.

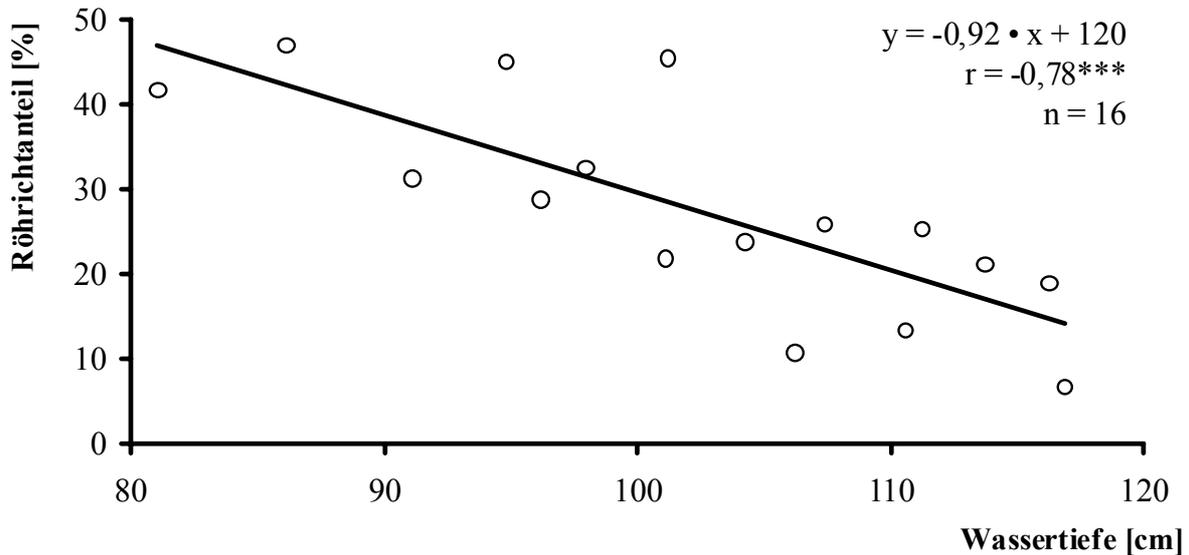


Abb. 22: Die relative Ausdehnung von Schilf entlang eines Tiefengradienten innerhalb einer Vegetationsperiode.

Wie aus Abbildung 22 ersichtlich, beeinflusst die Wassertiefe die Ausdehnungsgeschwindigkeit von Schilf erheblich. Je tiefer das Wasser ist, desto langsamer kann Schilf in den Teich vordringen. Dieses Ergebnis bestätigt die in Kapitel 3.2.5 dargestellten, qualitativen Beobachtungen an den E-Typen.

Die Ausgleichsfunktion in Abbildung 22 schneidet die X-Achse bei 130 cm. Ab dieser Wassertiefe sind der Röhrichtanteil und damit die Ausdehnungsgeschwindigkeit Null. Die Schilfbestände sollten tiefere Gewässerbereiche nicht besiedeln können. Das gilt zumindest für Bestände des untersuchten Entwicklungstyps „instabiler E-Typ mit hoher Variabilität“ (kleine D-Typen).