

8. ANHANG

8.1 DIE MORPHOLOGIE VON SCHILF

Das Rhizom ist der mehrjährige unterirdische Spross der Pflanze. Das Rhizom kann weit verzweigt sein und wächst in etwa 60 cm Tiefe, kann bei niedrigem Grundwasserstand aber tiefer in den Boden vordringen. Im Herbst entwickeln sich am Rhizom senkrechte unterirdische Knospen, die Anlagen für die nach der Winterruhe austreibenden Halme. Unter mitteleuropäischen Klimabedingungen durchstoßen die Sprosse im April bis Anfang Mai die Bodenoberfläche. Die oberirdischen, einjährigen Halme sind der assimilatorisch aktive Teil. Die verholzenden Stängel sind drehrunde Hohlkörper, die sich nach oben hin verjüngen. Sie bestehen aus vier Hauptgewebsschichten: der äußeren Epidermis, einer stützenden Sklerenchymschicht, dem Grundgewebe und dem Leitgewebe. Letzteres dient dem Transport von Wasser, Nährstoffen und als Aerenchym der Luftversorgung. Die Wurzeln am Rhizom und an wasserbedeckten Halmabschnitten sind für die Aufnahme von Nährstoffen verantwortlich. Rhizom und Halme sind durch Nodien mit durchgehendem Gewebe in Abschnitte unterteilt, die Internodien. An den Nodien der Halme entspringen lanzettförmige Blätter mit Blattscheide, Ligula und Blattspreite. Im Spätsommer entsteht am Halmende eine bläulich-braune Rispe, ein Blütenstand der meist an der Spitze zwittrige und an der Basis männliche Blüten ausbildet. Die Frucht von Schilf ist eine Karyopse, die einsamige Nussfrucht vieler Gräser. Samenschale und Fruchtwand verwachsen, der Samen bildet mit beiden Hüllspelzen der Blüte und dem Kallus mit Härchen eine Verbreitungseinheit.

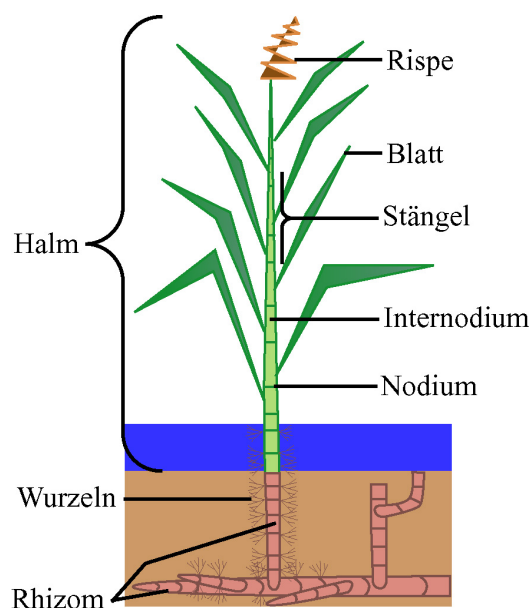


Abb. 25: Die Morphologie von Schilf.

Schilfhalm können in verschiedenen Ausprägungen auftreten. Der Großteil der Halme durchbricht im Frühjahr etwa zeitgleich die Bodenoberfläche, diese Halme werden als Erstaustrieb bezeichnet. Folgetriebe sind Halme, die später im Jahr erscheinen. Schilfhalm wachsen mit einer unverzweigten Hauptachse. Wird ein Halm zerstört oder im Wachstum behindert, treiben häufig seitlich ein bis mehrere Sekundärhalme aus. Sie sind dünner als der ursprüngliche Halm und entstehen an Nodien im basalen Bereich. In seltenen Fällen sind sie auch über die gesamte Halmlänge zu finden. Legehalme sind bis zu 20 m lange Kriechsprosse, die der Wasseroberfläche oder feuchten Böden aufliegen. An ihren Nodien wachsen neue Halme, die später ein eigenes Rhizom ausbilden können. Detaillierte Informationen zur Morphologie, Systematik, Ökologie, Physiologie und wirtschaftlichen Bedeutung von Schilf können Darstellungen von HASLAM (1973), RODEWALD-RUDESCU (1974), OSTENDORP (1993) und CONERT (1998) entnommen werden.

8.2 PRÄZISION DER METHODEN

Um die Aussagekraft der Messungen von Durchmesser und Halmlänge zu überprüfen wurden Kontrollmessungen und -zählungen durchgeführt. Die Präzision wurde durch zehn unabhängige Messungen von je zehn abgeschnittenen Halmen überprüft. In zehn gleichen Arealen wurden die Halme je zehnmal gezählt. Die Datenaufnahmen erfolgten in so großen zeitlichen Abständen, dass kein Erinnerungseffekt auftrat. Kenndaten zur Messgenauigkeit sind in Tabelle 11 angegeben.

Tab. 11: Die Präzision der Halmmessungen.

	Durchmesser [mm]		Länge [cm]		Anzahl	
	Mw	Max	Mw	Max	Mw	Max
Messfehler	0,1		2		3	
Variationsbreite	0,4	1,0	10	10	10	15
Standardabweichung	0,1	0,3	2	4	3	4
Variabilitätskoeffizient	3 %	5 %	1 %	2 %	4 %	5 %

Die untersuchten Eigenschaften unterliegen hohen natürlichen Schwankungen z. B. durch Umwelteinflüsse oder Wachstumsunterschiede. Die in der Methodik begründete systematische Variabilität der Ergebnisse spielt demgegenüber eine untergeordnete Rolle. Die Messpräzision ist für die getroffenen Aussagen voll ausreichend.

8.3 ANMERKUNG ZUR BERECHNUNG DER HALMMASSE

Bei der Errechnung der Halmmassen wurde zuerst von einem Zusammenhang zwischen Halmmasse und Halmvolumen ausgegangen. Die Masse M eines Halmes hätte in diesem Fall linear mit dem Produkt aus der Länge (L) und dem Quadrat des Durchmessers (D^2) zusammenhängen müssen. Für Schilf trifft dieser Zusammenhang jedoch nicht zu (Abb. 26).

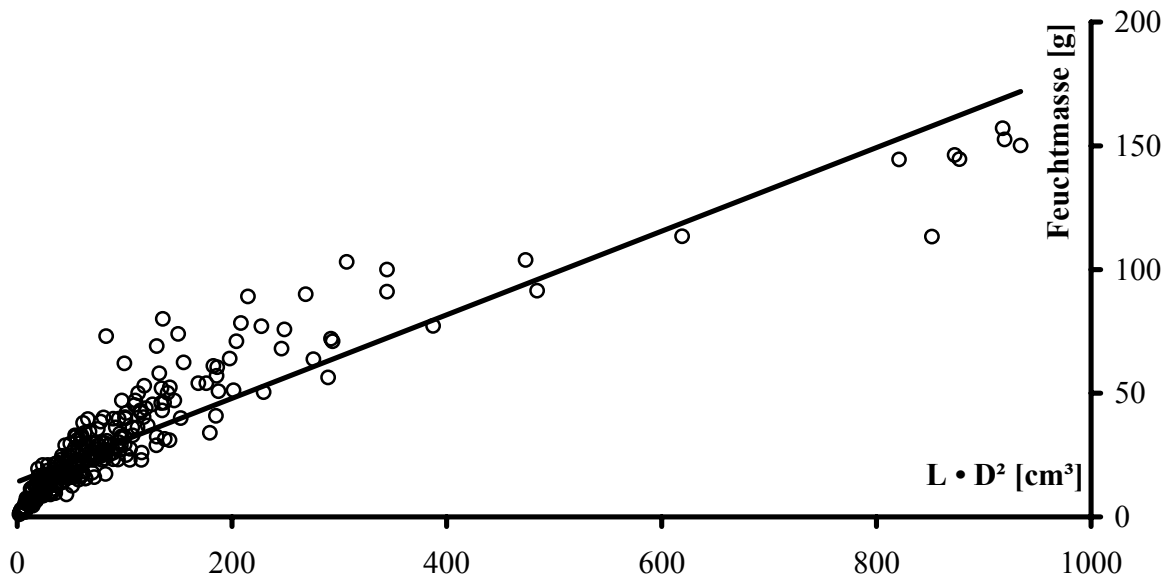


Abb. 26: Zur Verdeutlichung des nicht-linearen Zusammenhangs zwischen Biomasse und Halmvolumen bei Schilf.

Die lineare Ausgleichsfunktion in Abbildung 26 beschreibt die empirischen Daten mit einem sehr hohen Korrelationskoeffizienten ($r_s = 0,93^{***}$; $n = 267$). Sie liegt aber erkennbar im unteren und oberen Bereich über den Werten, im mittleren Bereich unter ihnen. Die Werte weichen von einem linearen Zusammenhang ab (F_{Lin}^{***}). Der quadratische Einfluss des Durchmessers wurde offenbar falsch eingeschätzt. Daher wurde eine Abhängigkeit von der Halmoberfläche überprüft. Hier wurde der in 3.1.3 beschriebene lineare Zusammenhang gefunden.

8.4 TABELLEN ZUR SAISONALEN ENTWICKLUNG

Zur besseren Vergleichbarkeit sind hier beschreibende Zahlenwerte der in 3.2.5 grafisch dargestellten Verteilungen zusammengefasst. Zusätzlich wird der Anteil der abgestorbenen Halme an der Gesamtzahl aller Halme (% tot/ges) und der Anteil der Rispenträger an der Anzahl der lebenden Halme angegeben (% gen/grün).

Tab. 12: Teil 1-4 Kennwerte der saisonalen Entwicklung der 2001 untersuchten Bestände.

Tab. 12-1: Instabile Entwicklungstypen mit hohen Variationskoeffizienten.

		VT 22			VT 10			VT 06			
		Ende Juni	Mitte Aug.	Ende Sept.	Ende Juni	Mitte Aug.	Ende Sept.	Ende Juni	Mitte Aug.	Ende Sept.	
Durchmesser	Mw		3,8	4,0		4,3	4,4		4,7	4,8	
	Vk		0,27	0,27		0,30	0,26		0,32	0,25	
	n		108	109		164	87		105	103	
Länge	Mw	124	136	140	115	141	141	67	148	156	
	Vk	0,19	0,22	0,24	0,13	0,20	0,20	0,23	0,23	0,21	
	n	149	108	109	101	164	87	77	105	103	
Lrel n wie Länge	Mw		71	70		69	66		66	67	
	Vk		0,14	0,14		0,22	0,15		0,16	0,10	
Dichte	Mw	70			142	187		173			
	Vk	0,38			0,26	0,11		0,72			
	n	7			4	5		4			
% tot/ges	%		23	45		36	39		70	73	
	n		108	109		164	87		105	103	
% gen/grün	%		23	45		36	39		70	73	
	n		108	109		164	87		105	103	
Ausdehnung			schnell			schnell			schnell		

Tab. 12-2: Instabiler Entwicklungstyp mit frühen Folgetrieben.

		Mittelteich-SO				Casimir-SO			
		Mitte Mai	Ende Juni	Mitte Aug.	Ende Sept.	Mitte Mai	Ende Juni	Mitte Aug.	Ende Sept.
Durchmesser	Mw	5,9	4,9		4,9	6,1	4,7		5
	Vk	0,27	0,29		0,20	0,26	0,27		0,18
	n	100	84		112	106	101		91
Länge	Mw	62	154	195	186	67	153	187	187
	Vk	0,31	0,26	0,17	0,14	0,21	0,26	0,16	0,15
	n	334	227	153	112	302	268	151	91
Lrel n wie Länge	Mw	21	59		78	21	66		76
	Vk	0,23	0,18		0,09	0,21	0,18		0,09
Dichte	Mw	58	122	91		178	187	95	89
	Vk	0,31	0,23	0,17		0,23	0,09	0,16	0,39
	n	10	10	8		8	8	6	10
% tot/ges	%	70		44		52		13	7
	n	1.944		1.303		2.969		656	954
% gen/grün	%			68	79			58	86
	n			731	112			569	976
Ausdehnung		stagnierend				stagnierend			

Tab. 12-3: Stabile E-Typen mit mittleren Durchmessern (Lohsa IV-S und Rehbergt-W) und mit großen Durchmessern (Grenzteich-N). Abkürzungen wie in Tab. 12-2.

		Lohsa IV-S				Rehbergteich-W				Grenzteich			
		Mitte Mai	Ende Juni	Mitte Aug.	Ende Sept.	Mitte Mai	Ende Juni	Mitte Aug.	Ende Sept.	Mitte Mai	Ende Juni	Mitte Aug.	Ende Sept.
D	Mw	6,2	6,1		7,2	6,5	5,6		6,2	7,7	7,9		8
	Vk	0,22	0,20		0,12	0,18	0,22		0,13	0,19	0,13		0,13
	n	107	86		91	103	82		83	98	76		84
L	Mw	87	192	241	248	88	196	260	231	79	184	247	249
	Vk	0,25	0,19	0,11	0,10	0,30	0,22	0,15	0,10	0,19	0,20	0,15	0,12
	n	307	261	150	91	248	241	49	83	296	248	147	84
Lrel	Mw	26	65		80	24	70		82	20	51		77
	Vk	0,20	0,11		0,07	0,22	0,14		0,06	0,18	0,15		0,08
Dichte	Mw	93	91	110	105	105	128	94	86	100	107	125	101
	Vk	0,18	0,13	0,18	0,14	0,34	0,18	0,21	0,21	0,12	0,22	0,15	0,19
	n	10	11	8	10	9	10	5	10	9	10	8	8
% tot	%	42		18	26	52		28	30	43		18	10
	n	1601		1080	1387	1974		647	1216	1554		1223	900
% gen	%			51	56			87	61			13	23
	n			882	1137			469	940			997	892
Aus.		schnell				langsam				stagnierend			

Tab. 12-4: Instabiler E-Typen mit Halmersatz (Torgau) und ein Bestand mit dauerhaft Folgetrieben (Mittelt.-SW).

		Torgau			Mittelteich-SW				
		Mitte Mai	Mitte Mai	Ende Juni	Mitte Aug.	Ende Sept	Ende Juni	Mitte Aug.	Ende Sept
Durchmesser	Mw	12,1	7,3	6,9		6,9	10,5		10,8
	Vk	0,15	0,26	0,23		0,23	0,22		0,17
	n	47	97	72		76	57		45
Länge	Mw	61	68	154	211	198	167	250	284
	Vk	0,26	0,22	0,32	0,19	0,27	0,37	0,14	0,14
	n	47	306	178	151	76	57	50	45
Lrel n wie Länge	Mw	16	20	51		66	47		78
	Vk	0,25	0,20	0,30		0,20	0,33		0,11
Dichte	Mw	18	32	64	84	77	18	17	9
	Vk	0,51	0,32	0,22	0,12	0,24	0,61	0,5	0,6
	n	10	10	8	6	9	8	8	6
% tot/ges	%	63	64		29	17		46	63
	n	475	889		709	831		254	144
% gen/grün	%				62	64		2	13
	n				501	767		138	98
Ausdehnung		stagnierend				langsam			

Der Bestand mit dauerhaft Folgetrieben im Südwesten des Mittelteichs entstand durch Mahd im Untersuchungsjahr. Die saisonale Entwicklung ist dadurch stark beeinflusst. Der entsprechenden Merkmalskombination wird kein E-Typ zugeordnet, die Werte sind im Ergebnisteil nicht grafisch dargestellt.

8.5 DER EINFLUSS VON STICKSTOFF UND PHOSPHOR AUF SCHILF

In der vorliegenden Arbeit wird darauf hingewiesen, dass die Länge von Schilfhalmern eine kaum vergleichbare Wachstumseigenschaft der Bestände ist. Durch die verschiedenen D-Typen liegen ganz unterschiedliche Wachstumsvoraussetzungen vor, die zusätzlich durch saisonale Unterschiede verstärkt werden. Der Einfluss von Umweltparametern auf die Länge von Schilf ist nur im Vergleich zu ihrer erreichbaren Länge interpretierbar. So wird der Einfluss von Stickstoff und Phosphor auf die Länge in der Literatur unterschiedlich bewertet. Einige Autoren stellen Untersuchungen vor, nach denen ein reichliches Nährstoffangebot zu größeren Halmen mit geringerer Widerstandskraft führt (BORNKAMM & RAGHI-ATRI 1986, BORNKAMM et al. 1980, CÍŽKOVÁ-KONCALOVÁ et al. 1996). Andere Autoren widersprechen diesen Ergebnissen oder finden keine derartigen Zusammenhänge (CLEVERING 1999, DITTRICH 1995, OSTENDORP 1990a). Die in Teil 3.1.2 beschriebenen Zusammenhänge liefern eine Möglichkeit, den Einfluss von Nährstoffen unter neuen Gesichtspunkten zu bewerten.

Im Herbst 2000 wurde der Gesamtgehalt von Stickstoff (N) und Phosphor (P) im Wasser von sechs untersuchten Teichen bestimmt. Hierzu wurden photometrische Tests der Firma Dr. Lange verwendet. Die Nährstoffgehalte des Teichwassers wurden mit den mittleren Durchmessern, Längen, Biomassen, den relativen Längen (erreichte Länge/erreichbare Länge) sowie dem aus mittlerer Dichte und mittlerer Halmmasse errechneten „standing crop“ der entsprechenden Bestände verglichen. Für die Untersuchung des Einflusses von Nährstoffen sind Karpfenteiche eigentlich eher ungeeignet. Sie haben immer sehr hohe Nährstoffgehalte, die Werte für N lagen zwischen 0,9 und 3,8 mg/l, die für P zwischen 0,08 und 1,2 mg/l. Auch können die Nährstoffgehalte in Karpfenteichen kleinräumig und kurzfristig variieren. Mit der Probennahme im Herbst sollten Wasserverhältnisse mit möglichst gleichmäßiger Temperatur, Sauerstoffgehalten und einer weitgehenden Durchmischung gewährleistet werden. Der Stichprobenumfang ist mit sechs Teichen gering. Trotz dieser problematischen Voraussetzungen sind die Resultate deutlich.

Tab. 13: Der Einfluss von Nährstoffen auf Schilfhalm (Herbst 2000).

Parameter	Durchmesser	Länge	Biomasse	s. c.	Rel. Länge
N Wasser	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	0,85*
P Wasser	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	0,77*

Nach den in Tabelle 13 zusammengefassten Ergebnissen gibt es keinen Zusammenhang zwischen den Nährstoffen in einem Teich und Durchmesser, Länge, Halmmasse oder „standing crop“ der in ihm wachsenden Schilfhalm. Da innerhalb einzelner Teiche, also unter gleichen Nährstoffverhältnissen, mehrere D-Typen vorkommen können, ist ein solcher Einfluss auch nicht zu erwarten. Der Durchmesser wiederum begrenzt die erreichbare Länge und damit auch die Biomasse einzelner Halme so dass keine Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt nachzuweisen ist. Der „standing crop“ hingegen ist weitgehend konstant (4.2.3), auch hier ist kein Einfluss des Nährstoffgehaltes nachweisbar. Dennoch haben die Nährstoffe im Teich durchaus einen Einfluss auf die Länge eines Halmes. Hohe Nährstoffgehalte im Wasser steigern die relative Länge. Halme nutzen unter nährstoffreichen Bedingungen ihre durch den Durchmesser vorgegebenen Wachstumsmöglichkeiten eher aus, indem sie im Rahmen ihrer Möglichkeiten größere Längen erreichen.

8.6 DIE AUSBILDUNG VON RISPEN

Um den Einfluss der Rispenbildung auf die Wachstumsphasen zu überprüfen, wurde der Anteil der Halme mit ausgebildeter Rispe (Rispenträger) mit dem mittleren Durchmesser der Halme verglichen.

Im Jahr 2001 und 2002 wurden für jeden Bestand und Termin an ca. 100 Halmen die Durchmesser und die Ausbildung einer Rispe aufgenommen. Für den Vergleich wurden die mittleren Durchmesser und der Anteil der Halme mit ausgebildeter Rispe genutzt. Im Juli 2001 wurden bei sechs untersuchten Beständen keine Rispen ausgebildet. Im Juli 2002 wurden 22 Stichproben untersucht. Wenn Rispen ausgebildet wurden, ist ihre Häufigkeit im mittleren Bereich der Durchmesser am höchsten (Abb. 27). Ein Kurvenverlauf, der eine Abhängigkeit zwischen Durchmesser und Anteil der Rispenträger beschreibt, lässt sich nicht erkennen. Am Ende der Vegetationsperiode folgt der Zusammenhang zwischen Durchmesser und Anteil der Rispenträger einer Glockenkurve.

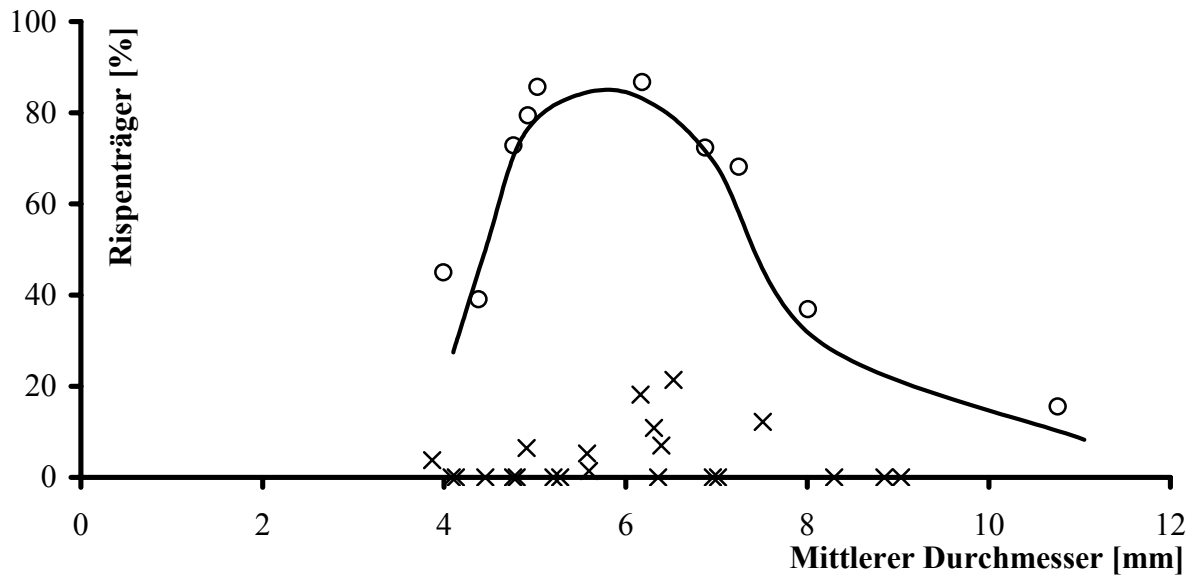


Abb. 27: Rispenbildung in Abhängigkeit vom mittleren Durchmesser im Juli 2001 (x) und Oktober 2000 (o).

Der Anteil der Rispenträger liegt am Ende der Vegetationsperiode zwischen 10 und fast 90 % aller Halme. Der Anteil ist im oberen und unteren Bereich der mittleren Durchmesser gering. Im Bereich zwischen 5 und 7 mm ist er hoch. Die eingezeichnete Glockenkurve liegt nahe an den empirischen Werten. Die in Abbildung 27 eingezeichnete Kurve beruht gerade in den verlaufbestimmenden äußeren Bereichen auf einzelnen Stichproben. Die sehr kleinen und sehr großen D-Typen sind selten. Durch den nicht eindeutigen Funktionsverlauf gibt es keine signifikante Korrelation (was nicht gleichbedeutend mit dem Fehlen eines Zusammenhangs ist).

Nach den beschriebenen Zusammenhängen werden die Wachstumsphasen nicht durch die Rispenbildung bestimmt. Der Bestand mit dem geringsten Anteil Rispenträger zeigt ein reines Streckungswachstum obwohl hier der überwiegende Teil der Halme weiter apikal wachsen könnte. Das deutet darauf hin, dass das apikale Wachstum beendet ist, wenn eine bestimmte Anzahl an Internodien erreicht wird.

8.7 VERGLEICHSDATEN AUS DER LITERATUR

Die folgenden Tabellen geben Vergleichsdaten aus Literaturquellen an. Die Daten sind nach der Größe der Angabe sortiert. Die Werte wurden teilweise gerundet. Die Angaben dienen dem Überblick und erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit der Quellen.

Tab. 14: Internodienanzahlen bei Schilfhalmen (Literaturdaten).

Internodien [1/Halm]	Bemerkungen	Quelle
15-17	Mw, Klärschlammbeete	(HOFMANN 1986)
16,9-17,9	Mw August	(BUTTERY & LAMBERT 1965)
17	Mw Landbestände, August	(GUTHRUF et al. 1993)
18-21	Mw, Sept./Okt., verschiedene Jahre, Langer See, Deutschland	(ZEMLIN et al. 2000)
19	Mw, fine reed,	(HANGANU et al. 1999)
19-22	Mw, Sept./Okt., verschied. Jahre, Parsteiner See, Deutschland	(ZEMLIN et al. 2000)
22-26	Mw, Sept./Okt., verschied. Jahre, Müggelsee, Deutschland	(ZEMLIN et al. 2000)
24-27	Mw, Sept./Okt., verschied. Jahre, Templiner S., Deutschland	(ZEMLIN et al. 2000)
25	Mw, giant reed	(HANGANU et al. 1999)
29	Mw Wasserschilf, August	(GUTHRUF et al. 1993)

Tab. 15: Halmdichten in Schilfbeständen (Literaturdaten).

Halme [Stück/m²]	Bemerkung	Quelle
11 / 142	Mw, giant reed / fine reed	(HANGANU et al. 1999)
21 (1-64)	Mw (Min-Max) Bodensee, Abnahme mit Schädigungsgrad	(SCHMIEDER et al. 2002)
37,38,60 / 22,29	oben eingezäunt - unten nicht jeweils	(KLÖTZLI 1973)
25,38,44	Mw verschiedene Bestände, mit Mahd/ohne Mahd	
48-145	Min-Max, verschiedene Bestände ehem. CSSR	(KVÉT 1973)
53	Mw	(BORNKAMM et al. 1980)
70-135	Min-Max, September, England	(HASLAM 1969a)
100 (80-127)	Mw (Min-Max), September, litoraler Bestand, ebenso, limosaler Bestand	(DYKYOJOVÁ & HRADECKÁ 1976)
98 (72-142)	Bestand, ebenso, limosaler Bestand	
110-190	kraftvolle Bestände („vigorous“)	(DINKA & SZEGLET 2001)
250-290	absterbende Bestände („die back“)	
150-200	September, Pflanzenkläranlage	(GRIES & GARBE 1989)

Tab. 16: Der „standing crop“ von Schilf (Literaturdaten).

sc [kg/m ²]	Bemerkung	Quelle
0,01-0,07	Schweden, oligotrophe Region	(BJÖRK 1967)
> 2,0	„ „, eutrophe Region	
0,2 - 1,7		(RAGHI-ATRI & BORNKAMM 1979)
0,5 (1,5)	Mw (Max)	(SCHMIEDER et al. 2002)
0,5, 1,1 / 0,3; 0,6	eingezäunt, mit Mahd/ohne Mahd	(KLÖTZLI 1973)
0,3	nicht eingezäunt, ohne Mahd	
0,6, 0,8	Mw, August, mesotroph, verschiedene Bestände	(GRANÉLI 1985)
1,0-2,0	Theoretisches Maximum für Europa	
0,9	Mw August (Zeitpunkt maximaler sc)	(MASON & BRYANT 1975)
~ 1,0 (1,2)	Mw (Max), August bis Oktober	(SCHIERUP 1978)
1,0 / 1,6	Mw, giant reed / fine reed	(HANGANU et al. 1999)
1,1	Mw	(KRISCH et al. 1979)
1,2-2,4	Mw, verschiedene Bestände	(DINKA & SZEGLET 1998)
1,4	Mw, September, Pflanzenkläranlage	(GRIES & GARBE 1989)
~ 1,5	Max, in zentralen Bereichen	(GOLDYN 1994)
1,5 (3,2)	Mw (Max)	(HEJNY et al. 1981)
2,0 - 3,0	Jährlich, in Klärschlammbeeten	(HOFMANN 1986)
2,1 (3,3)	Mw (Max), Aug.-Sept., hypertroph, Limosal	(DYKYJOVÁ & HRADECKÁ 1976)
1,5 (2,2)	Mw (Max), August, hypertroph, Litoral	
2,5-3,0	kraftvolle Bestände (vigorous), Neusiedler See	(DINKA & SZEGLET 2001)
0,9-1,5	absterbende Bestände (die-back), „ „	