

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1 ÜBERSICHT

Die Probennahme in den vier Untersuchungsjahren war mit dem Ziel geplant, Wachstum und Entwicklung von Schilfbeständen möglichst umfassend zu beschreiben. Das Konzept der Datenaufnahme richtete sich nach Literaturvorschlägen von DYKYJOVA et al. (1973), OSTENDORP (1990b) und GROSSER et al. (1997). Zur Bearbeitung von neu entwickelten Fragestellungen wurden Probenumfänge und -häufigkeiten laufend angepasst. Der folgende Teil der Arbeit stellt zunächst die Probennahme im Überblick dar. Dann folgt eine Erklärung der statistisch-mathematischen Vorgehensweise. Der letzte Abschnitt beschreibt Einzelheiten zur Erhebung der im Ergebnisteil dargestellten Daten. Viele Datensätze wurden mehrfach aufgenommen. Wenn sich die Resultate der Auswertung ähneln, ist im Ergebnisteil nur eine Auswahl dargestellt. In den Einzelbeschreibungen der Methodik sind Informationen zur Auswahl und rechnerischen Auswertung zu finden.

Tab. 1: Die für die Probenaufnahme ausgewählten Teiche und die Untersuchungsjahre. Nutzflächen nach Angaben von N. Langner.

Teich	Lage	Untersuchungsjahr	Fläche [ha]
Casimir	Königswartha	2000, 2001, 2002	15,0
Grenzteich	"	2000, 2001, 2002	38,3
Großer Biwatsch	"	2000, 2002	18,9
Kleiner Biwatsch	"	2002	0,5
Truppner Teich	"	2002	4,8
Zipfelteich	"	2002	0,5
Versuchsteich 06	Versuchsteichanlage Königswartha	2000, 2001, 2002	0,25
Versuchsteich 10	"	2000, 2001, 2002	0,25
Versuchsteich 22	"	2000, 2001, 2002	0,25
Kippenteich I	Lohsa GbR	2000, 2002	71,4
Kippenteich II	"	2002	44,2
Kippenteich IV	"	2000, 2001, 2002	74,1
Mittelteich II	Uhyst	2000, 2001, 2002	2,0
Rehbergteich	Weigersdorf	2000, 2001, 2002	3,3
Kleiner Stockteich	Neudorf-Klösterlich	2000	7,8
Schemsteich	Niederspree	2000	11,0
Roter Lug	Kauppa	2000	20,3
Großer Teich	Torgau	2000, 2001, 2002	175,0

Im ersten Untersuchungsjahr 2000 wurden elf Karpfenteiche und drei Versuchsteiche (VT) in der Lausitz in Sachsen untersucht (Tab. 1). Die Auswahl der Teiche erfolgte in Absprache mit den Herren G. FÜLLNER, M. PFEIFER und N. LANGNER von der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Referat Fischerei. Wesentliche Kriterien waren eine große Vielfalt des Zustandes und der Geschwindigkeit des Schilfwachstums in Teichen unterschiedlicher Fläche.

Die Untersuchungen fanden an drei Terminen statt; im Frühjahr (09.05.-30.05.), im Sommer (10.07.-16.07.) und im Herbst (16.10.-21.10.). Zu den drei Terminen wurden jeweils die gleichen Bestände untersucht. Die Charakterisierung der Bestände erfolgte anhand von etwa sechs 1 m²-Arealen pro Teich und Datum. Die insgesamt 240 Areale wurden mit einem quadratischen Holzrahmen abgegrenzt und Wassertiefe sowie Entfernung vom Ufer gemessen. Zur Bestandsbeschreibung dienten die innerhalb der Markierung gelegenen lebenden und abgestorbenen Halme sowie die Halme mit Rispen und die jeweils größten und kleinsten Halmdurchmesser und -längen. Nach der zufälligen Auswahl von etwa zehn Halmen aus jedem Areal (insgesamt 1.870 Schilfhalme) wurden ihre oberirdischen Stängellängen und maximalen Durchmesser ermittelt. Als Zufallswahl galten die dem Bearbeiter nach Ende der Zählung am nächsten gelegenen Halme. Die gewählten Messgenauigkeiten und -geräte waren 5 cm für Wassertiefen und Halmlängen (Plastikstab mit Markierungen), 0,5 m für Entfernungen (Messschnur) und 0,1 mm für Durchmesser (Schiebelehre).

Zu jedem Termin erfolgten Detailuntersuchungen an zehn weiteren, ebenfalls zufällig gewählten Halmen pro Teich. Diese Untersuchungen beinhalteten die Gesamtlänge des Halmes und Durchmesser sowie die Position aller Internodien. Die Position wurde als Entfernung des Internodiums vom Austrittspunkt des Halms aus dem Boden gemessen. Die Anzahl der nicht mehr auszumessenden Internodien an der Spitze der Halme entsprach der Anzahl der verbleibenden Blätter. Von allen Blättern wurden die Länge von der Ligula bis zur Spitze und die größte Breite gemessen. Die Datenaufnahme beinhaltete insgesamt 367 Halme, 4.647 Internodien und 3.312 Blätter. Darauf folgend wurde die Feuchtmasse der Halme einschließlich ihrer Blätter gewogen. Im Juli wurden die Halme anschließend für zwölf Stunden bei 105 °C getrocknet und erneut gewogen. Die gewählten Messgenauigkeiten und -geräte waren 0,1 cm für die Halmlänge und Internodienpositionen bzw. -längen (Zollstock), 0,1 cm für Blattlängen und -breiten (Lineal), 0,1 mm für die Durchmesser (Schiebelehre) und 0,1 g für die Gewichte (geeichte Laborwaage).

Anhand von 20 Halme pro Teich (mit Ausnahme der VT) sollte das individuelle Längenwachstum überprüft werden. Die Halme wurden im Mai mit nummeriertem Gewebeband markiert und Gesamtlänge, Durchmesser und Anzahl der Blätter sowie die Position der Nodien ermittelt. Diese Messungen wurden im Oktober wiederholt. Es traten allerdings Verluste auf, von den ursprünglich 211 markierten Halmen blieben 92 übrig. Die Messungen erfolgten mit Zollstock und Schiebelehre.

Im zweiten Untersuchungsjahr 2001 wurde die Anzahl der untersuchten Bestände reduziert, um Messgenauigkeit und -umfang erhöhen zu können. Die Teiche, in denen sich die Bestände befanden, sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die Untersuchungen fanden an vier Terminen im Abstand von etwa sechs Wochen statt: Mitte Mai (07.05.-12.05.), Ende Juni (25.06.-01.07.), Mitte August (15.08.-21.08.) und Ende September (24.09.-29.09.). Die Messgeräte und -genauigkeiten glichen den im Vorjahr verwendeten. Von einem bis zwei Beständen pro Teich und Termin wurden die durchschnittliche Wassertiefe für den Untersuchungsbereich im Röhricht, die Mächtigkeit der organischen Auflage und die Entfernung vom Ufer gemessen. So ergeben sich Untersuchungen an insgesamt 54 Bestand-Datum-Kombinationen für zwölf Bestände. Mit Ausnahme der VT, in denen keine ausgedehnten geschlossenen Bestände vorkamen, erfolgten für die 54 Bestand-Datum-Kombinationen Zählungen der Halme in jeweils acht bis zehn Arealen von je 1 m² (wieder lebend, tot und blühend). Die Untersuchungsflächen blieben zu allen Terminen gleich. Aus diesen insgesamt 343 Arealen wurde die Länge von 10-20 zufällig gewählten Halmen gemessen, zusammen 4.438 Halmlängen.

Von etwa 100 weiteren zufällig gewählten Halmen pro Bestand und Probennahme wurden Länge und Maximaldurchmesser gemessen sowie die Ausbildung einer Risse überprüft (Gesamtzahl 2.780 Halme). Diese Messung wurde im August nicht durchgeführt. Die Entnahme der Halme erfolgte aus dem Bestand, nicht aber aus den oben beschriebenen Arealen um die Entwicklung der dortigen Halme unbeeinflusst zu lassen.

Im dritten Untersuchungsjahr 2002 wurde der Probenumfang beibehalten und die Anzahl der untersuchten Gewässer erweitert. So sollten Unterschiede zwischen und innerhalb der Teiche erarbeitet werden. Vom 04.07. bis zum 11.07. wurden 24 Schilfbestände aus 15 Teichen untersucht (siehe Tabelle 1). Wie im Vorjahr waren Wassertiefe, Dicke der organischen

Auflage und Entfernung vom Ufer Bestandteil der Erhebungen. Die Schilfhalme in 173 Arealen wurden gezählt, entsprechend acht bis zehn Arealen pro Bestand (ohne die VT). Von etwa 100 Halmen jedes Bestandes wurden Länge, Durchmesser, die Ausbildung einer Risse und das Auftreten einer Wachstumsbehinderung protokolliert (insgesamt 1.891 Halme). Als Wachstumsbehinderung wurden knotige Verdickungen an der Halmspitze („Schilfzigarren“) oder braun gewordene Stängelbereiche eingeordnet.

Die Untersuchungen des Jahres 2003 sind in Teil 2.4 der Methoden beschrieben.

Die mit „etwa“ oder „ca.“ bezeichneten Probenumfänge entsprechen der Versuchsplanung und wurden annähernd eingehalten. Es gab bei der Freilandarbeit häufig Situationen, in denen die Umfänge geringer oder höher waren, als ursprünglich geplant. Die im Endeffekt erreichten Stichprobenanzahlen und -umfänge stimmen daher nicht unbedingt mit der Planung überein und werden angegeben.

Die methodischen Präzisionen der Messungen von Durchmesser und Länge sowie der Halmzählungen sind im Anhang 8.2 angegeben. Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Eigenschaften von Schilf oder Schilfbeständen sind großen Schwankungen unterworfen. Kurzfristige Einflüsse, saisonale Schwankungen und langfristige Entwicklungen ändern diese Eigenschaften. Eine hohe Messpräzision liefert keine zusätzliche Aussage. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die gewählten Präzisionen ausreichend sind und im Vergleich zur biologischen Variabilität keinen Einfluss auf die getroffenen Aussagen haben.

2.2 HALME

2.2.1 Durchmesser

Im Verlauf des Jahres 2000 wurden insgesamt 4.647 Internodien von 333 Halmen vermessen. Ohne Halme mit unvollständigen Messungen, meist aufgrund von Beschädigungen der Spitze, verbleibt ein Datensatz von 267 Halmen mit 4.124 vermessenen Internodien. Für alle Internodien wurde die Differenz ihres Durchmessers zum jeweiligen Basaldurchmesser berechnet. Im Bereich unterhalb 600 mm bleibt der Durchmesser konstant (siehe 3.1.1). Um ein Maß für die Vertrauenswürdigkeit der Aussage zu liefern ist die Differenz zwischen den Durchmessern an bestimmten Positionen und den jeweiligen Basaldurchmessern als Standardabweichung angegeben. Für größere Positionen lässt sich anhand der grafischen Darstellung ein linearer Zusammenhang erkennen, die Funktion weist auch den größten Korrelationskoeffizienten auf.

2.2.2 Länge

Anhand der Messungen des Jahres 2000 und 2001 wurde die maximal erreichbare Länge für einen Halm mit gegebenem Durchmesser bestimmt. Die Berechnung erfolgte mit dem jeweils längsten Halm für jeden Durchmesser im entsprechenden Untersuchungsjahr. Weiterhin musste er länger sein als alle Halme mit kleineren Durchmessern. Nach dieser Auswahl bleiben vergleichsweise geringe Probenumfänge. Für die Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Durchmesser und Länge zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten wurden logarithmische Funktionen gewählt. Sie liefern den größten Korrelationskoeffizienten und zumindest für den Oktober ist die Beziehung deutlich erkennbar nicht linear. Um die Ausgleichsfunktionen miteinander zu vergleichen, wurden sie durch logarithmisieren der X-Achse in lineare Zusammenhänge überführt. Unterschiede der Steigungen wurden mit einer Kovarianzanalyse der linearisierten Daten bestätigt.

2.2.3 Halmmasse

Von 367 detailliert untersuchten Halmen wurde die Feuchtmasse aller intakten und vollständig gemessenen Halme gewogen (insgesamt 267). Im Juli 2000 wurden Feucht- und Trockenmasse von 79 vollständigen Halmen bestimmt. Die Beziehung zwischen Halmmasse und den Halmeigenschaften Durchmesser (D) und Länge (L) folgt einem linearen Modell, eine Begründung liefert Anhang 8.3. Bei der Berechnung des mittleren Anteils der Trockenan der Feuchtmasse ist der Anteil der einzelnen Halme nach ihrer Trockenmasse gewichtet.

2.2.4 Internodien

Nach der Auswahl der Halme ohne apikale Beschädigungen oder unvollständige Messungen verbleiben 328 Halme für die Auswertung der Internodienanzahlen und -längen. Die Internodienlängen ändern sich im Halmverlauf. Dieses Phänomen ist bekannt und wird daher nur beispielhaft dargestellt.

2.2.5 Blätter

Die Blattlängen, -breiten und -flächen von 31 Blättern wurden mit Hilfe des Programms ImageP2 der Firma H+K Messsysteme ermittelt. Das Programm digitalisiert Objekte, die mit einer Videokamera aufgenommen wurden und berechnet Strecken und Flächen anhand von Eichstrecken. Anhand der Ergebnisse wurde eine Regressionsfunktion für die Blattfläche in Abhängigkeit von Blattlänge und -breite ermittelt.

Für die Vergleiche der Blattanzahlen mit weiteren Eigenschaften mussten Länge, Durchmesser und Blattanzahl des Halmes vorliegen. Um die Blattfläche vollständig zu ermitteln, durfte weiterhin keines der Blätter beschädigt sein. Es verbleiben 245 komplett ausgemessene und damit für die Auswertung nutzbare Halme. Die Flächen der einzelnen Blätter wurden nach der im Anhang vorher errechneten Zusammenhängen aus ihrer Länge und Breite berechnet. Durch Addition der Flächen aller Blätter eines Halmes wurde seine gesamte Blattfläche ermittelt. Die Zusammenhänge zwischen Durchmesser bzw. Länge und Blattanzahl verlaufen linear. Zwischen Feuchtmasse und Blattanzahl liegt eine Abhängigkeit in Form einer Potenzfunktion vor. Die Kurvenverläufe wurden anhand von Abbildungen ermittelt und waren eindeutig. Die Wahl der Funktionen wird durch den Zusammenhang zwischen Länge, Blattanzahl und Biomasse gestützt.

2.3 BESTÄNDE

2.3.1 Durchmesser

Für den Vergleich der Durchmesser verschiedener Bestände wurden die Daten vom Juli 2003 genutzt, hier waren sowohl Stichprobenanzahl als auch -umfänge am größten. Für die Untersuchung der saisonalen Entwicklung dienten die Ergebnisse des Jahres 2001, da hier die umfangreichsten Datensätze zu verschiedenen Terminen eines Jahres aufgenommen wurden. Für die langfristige Entwicklung der Durchmesser konnten alle Daten genutzt werden, wenn die Durchmesser von Beständen zu vergleichbaren Terminen in verschiedenen Jahren aufgenommen wurden. Die Verteilungen der einzelnen Durchmesser-Stichproben weichen nicht von einer Normalverteilung ab, die Varianzen unterscheiden sich aber häufig. Daher wurden die Durchmesser mit einer eANOVA oder mit einem H-NV Test verglichen. Die Gruppierungen bei signifikanten Unterschieden wurden mit paarweisen t-Tests mit BONFERRONI-Korrektur vorgenommen.

2.3.2 Längen

Die Längen der verschiedenen Bestände am Ende der Vegetationsperiode (Ende September/Anfang Oktober) werden für die Untersuchungsjahre 2000 und 2001 verglichen. Aus den Durchmessern der Halme wurde die maximale Länge bestimmt, die sie am Ende der Vegetationsperiode erreichen können (vergleiche 3.1.2). Die Längen (Mw) werden auf eine Abhängigkeit von den Durchmessern (Mw) der verschiedenen Bestände hin untersucht und mit der maximal erreichbaren Länge verglichen. Stichprobenumfänge und Standardabweichungen für die Erhebungen 2001 können dem Anhang 8.4 entnommen werden. Da die Stichprobenanzahl gering ist und eine große Streuung hat sowie keine zusätzliche Aussage zu erwarten sind, werden die Daten nicht statistisch ausgewertet (keine Angabe von Regression und Korrelation).

2.3.3 Dichten und „standing crop“

Für die Überprüfung der Zusammenhänge zwischen mittlerem Durchmesser und Halmdichte wurden die Daten aus den drei Untersuchungsjahren genutzt. Im Jahr 2000 wurden die Halme in 1 m²-Arealen gezählt und in jedem Areal zehn Durchmesser gemessen. Bei einem k von 56 Arealen wird die Halmdichte mit dem Mittelwert von zehn Durchmessern verglichen. In den folgenden Untersuchungsjahren wurden die Halme in zehn Arealen eines Bestandes gezählt und etwa 100 Halme aus eben diesem Bestand, aber nicht aus den Arealen vermessen. Bei

dieser Vorgehensweise werden die Mittelwerte der Halmdichten mit den Mittelwerten der Durchmesser verglichen. Das reduziert die Stichprobenanzahl um das zehnfache, es verbleiben 33 Areale für beide Folgejahre. Für die Ausgleichsfunktion zwischen Durchmesser und Dichte wurde eine Potenzfunktion gewählt, da ein solcher Verlauf mehrfach als grundlegende Gesetzmäßigkeit bei Pflanzen beschrieben wird (AIKMANN & WATKINSON 1980, GORHAM 1979, YODA et al. 1963).

Die Biomasse eines Schilfhalmes kann nach Ergebnissen dieser Arbeit aus Durchmesser und Länge errechnet werden. Die Vorgehensweise ist in 3.1.3 beschrieben. Die Biomasse aller Halme einer bestimmten Fläche („standing crop“) lässt sich anhand der Dichten und der Biomassen der einzelnen Halme berechnen. Für das Untersuchungsjahr 2000 wurde der Mittelwert der Biomassen von zehn Halmen eines Areals mit der Dichte der Halme des gleichen Areals multipliziert. Für die folgenden Untersuchungsjahre musste der Mittelwert der Biomasse von etwa 100 Halmen mit dem Mittelwert der Halmdichte von zehn Arealen multipliziert werden. In der Auswertung sind die drei Untersuchungsjahre zusammengefasst.

2.3.4 Wachstumsphasen

Die Auswertung erfolgte an den vollständig ausgemessenen und unbeschädigten Halmen der Detailmessungen des Jahres 2000. Die mittleren Durchmesser der Halme wurden nach Beständen getrennt und auf Normalverteilung untersucht. Zwei Bestände zeigten deutlich mehrgipflige und nicht normal verteilte Verteilungen, die wahrscheinlich durch mehrfache Mahd (Roter Lug) bzw. Vogelfraß (Schemsteich) entstanden sind. Diese Bestände sind besondere, nicht vergleichbare D-Typen und aus dem Datensatz entfernt worden. Es verbleiben 251 Halme aus neun Beständen. Diese Bestände lassen sich in D-Typen einteilen, wie im Ergebnisteil 3.2.1 dargestellt. Die Beziehungen zwischen Länge und Anzahl der Internodien der D-Typen wurde mit einer Varianzanalyse auf Abweichung von Linearität getestet. Die linearen Funktionen konnten mit einer Kovarianzanalyse erst gemeinsam und dann paarweise mit einer korrigierten Irrtumswahrscheinlichkeit verglichen werden.

2.3.5 Saisonale Entwicklung

Für die Untersuchung der saisonalen Entwicklung der Bestände wurden im Jahr 2001 viermalig Untersuchungen durchgeführt. Die Häufigkeitsverteilungen der Durchmesser, Längen und relativen Längen der Halme dienen dem Vergleich. Hierbei wird zwischen rechtsschiefen (= linksgipfligen), normalen und linksschiefen (= rechtsgipfligen) Verteilungen unterschieden. Die Längenmessungen erfolgten an Halmen in Arealen aus dem entsprechenden Bestand und an entnommenen Halmen. Die Durchmesser wurden von den entnommenen Halmen aus dem Bestand, nicht aber in den Arealen gemessen. Daher sind die Stichprobenumfänge geringer. Das gilt auch für Angaben der relativen Länge, die anhand des Durchmessers berechnet werden kann (die Berechnung ist in 3.1.2 dargestellt). Die Halmdichten in den Beständen sind der Mittelwert von etwa zehn 1 m²-Arealen pro Untersuchungszeitpunkt. Für die Einschätzung von Verteilungsunterschieden der genannten Eigenschaften dient der Variationskoeffizient (Vk). Die Verteilungen sind im Ergebnisteil grafisch dargestellt. Zur direkten Vergleichbarkeit werden im Anhang 8.4 einige Kenngrößen (Mw, Vk und n) der untersuchten Bestände als Tabelle wiederholt. Dort sind auch zusätzliche Angaben zum Anteil abgestorbener und rispenträger Halme zu finden. Weitere Bestands-eigenschaften wurden durch Befragungen der Bewirtschafter ermittelt und sind in dreistufige Kategorien eingeteilt. Hierzu gehören die Ausdehnungsgeschwindigkeit (schnell, langsam, stagnierend) und das Alter der Schilfbestände (< 5 Jahre, 5-10 Jahre, > 10 Jahre). Den Bestandseigenschaften sind im Ergebnisteil einige Merkmale des Standortes (Wassertiefe und die Mächtigkeit der organischen Auflage) hinzugefügt. Die Angaben sind Mittelwerte von jeweils ca. 40 Messungen pro Bestand (je eine Messung pro Areal und Datum).

2.4 HABITATBESETZUNG

2.4.1 Rhizome

Zwischen dem 31.03.2003 und dem 04.04.2003 wurden Schilfrhizome in trocken gelegten Teichen nahe Königswartha ausgegraben. Der Nachweis von Fragmentationen sollte anhand der Rhizome von acht isolierten und zusammengehörig erscheinenden Halmgruppen erfolgen, die uferseitigen Beständen vorgelagert waren. Die Rhizome wurden ausgegraben und für einige Bereiche die Tiefe mit einem Zollstock auf 5 cm und die Breite mit einer Schiebelehre auf 1/10 Millimeter genau ermittelt. Im Ergebnisteil sind jeweils die größten Tiefen angegeben, so entsprechen 25 cm einer Tiefe des Rhizoms zwischen 20 und 25 cm.

Weiterhin wurden die Rhizome eines Schilfbereichs ausgegraben, der zungenförmig in den Teich ragte. Die gesamte Ausdehnung der Schilfzunge betrug etwa 60 m². Davon konnte ein teichseitiger Bereich von 23 m² ausgegraben werden. In zentralen Bereichen überlagern sich die Rhizome in vielen Ebenen. Um ihrem Verlauf zu folgen mussten sie durchtrennt und nachträglich entsprechend ihrer Lage wieder zusammengefügt werden. Die Rhizome ließen sich nur so lange verfolgen, wie die einzelnen Abschnitte eindeutig zugeordnet werden konnten. Dann hätten sich durch den Bearbeiter verursachte und natürlicherweise vorhandene Fragmentationen nicht mehr unterschieden lassen.

Um die Ausbreitung von Schilf über Diasporen (generativ oder vegetativ) nachzuweisen, wurden trocken gelegte Teiche abgesucht. Hierbei sollten Halme, Halmgruppen oder kleine Bestände gefunden werden, bei denen durch einen großen Anteil von Jungpflanzen oder durch eine große Entfernung von etablierten Uferbeständen eine Neuansiedlung wahrscheinlich erschien. Gegebenenfalls hätten Ausgrabungen des Rhizoms die Vermutung bestätigt. Durch die Auswahl der Teiche ließen sich möglichst viele Flutungsvarianten abdecken. Die folgenden Teiche wurden flächendeckend abgelaufen:

- Der Hennenteich VI mit einer Fläche von 1,2 ha. Der Teich blieb seit Ende 1991 in zweijährigem Turnus winterlich, d. h. von Oktober bis April, trocken gelegt.
- Der Griesteich III mit 4,3 ha lag ab Oktober 2002 bis zum Untersuchungszeitpunkt winterlich trocken.
- Der Borneteich und der Schreitersteich mit ca. 1 ha Fläche dienen als Vorstreckteiche zur Aufzucht von Karpfenbrut. Sie wurden seit 1998 jeden Winter trocken gelegt.

- Der Wiesenteich Neschwitz (5,5 ha) lag bis zur Untersuchung winterlich trocken.
- Bei Steinitz wurden drei Teiche untersucht; der Tonjak mit einer Fläche von 9 ha, der den vorigen Winter trocken lag, der Kuhteich mit ebenfalls 9 ha, der kurzzeitig abgelassen war und der Schlossteich Steinitz (11 ha), der nach der Abfischung trocken lag.

2.4.2 Flächen

Die Flächen und Umrisse der Gewässer und ihrer Schilfröhrichte wurden an den im Jahr 2000 untersuchten Teichen bestimmt. Als Grundlage dienten topografische Karten des Landesvermessungsamtes Sachsen mit einem Maßstab von 1:10.000 und dem Fortführungsstand 1996/1997. Die Karten zeigen die ursprünglich angelegte Form der Teiche. Nach dem Scannen mit einer eingezeichneten Eichfläche wurden die Umrisse mit dem Computerprogramm AutoCAD 2000© vektorisiert. Das Programm besitzt eine Funktion zur Ausgabe von Umfängen und Flächen der Formen, ein Vergleich mit der Eichfläche lieferte die jeweiligen Werte. Die aktuelle Ausdehnung der Röhrichte lässt sich auf Luftbildern erkennen. Das Institut für Binnenfischerei e. V. beauftragte die Luftbildagentur „Luftbild & Pressefoto ®/Robert Grahn“, im Oktober 2000 Aufnahmen der Teiche anzufertigen. Mit dem Programm Photoshop ließen sich die Bilder auf der Basis der topographischen Karten skalieren und entzerren. Anschließend konnten Größen und Umrisse der verschifften Flächen wie beschrieben gemessen werden.

2.4.3 Wassertiefe

Die Abhängigkeit der Ausdehnung von Schilfbeständen von der Wassertiefe konnte in den VT untersucht werden. Die kleinen, viereckigen Teiche haben auf kurzer Strecke ein gleichmäßiges und vergleichsweise hohes Bodengefälle. Am Ende des Jahres 2000 waren nur die Ufer mit Schilf bewachsen. Im folgenden Untersuchungsjahr 2001 konnten die Bestände unbeeinflusst wachsen, die Ausdehnung im Oktober 2001 entspricht also ihrem Vordringen innerhalb einer Vegetationsperiode. Zur Kartierung der Schilfflächen wurden eine Messschnur mit Markierungen in Abständen von 1 m und ein Messrohr mit 10 cm-Markierungen verwendet. Im Ergebnisteil 3.3.5 sind nur die Südhälften der VT 06 und VT 22 ausgewertet. Die Nordhälften beider Teiche wurden gemäht und waren daher nicht unbeeinflusst. Im VT 10 wuchs Schilf nur in einem sehr begrenzten Bereich in der nordwestlichen Ecke, die Darstellung erübrigt sich. Nach einer Kopie der maßstabgetreuen Karten auf Millimeterpapier ließen sich die jeweiligen Flächen auszählen und so die Anteile der Schilfbereiche bestimmen.

Um eine quantitative Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Ausdehnung und Wassertiefe zu erhalten, wurden die Südseiten der Teiche entlang ihres Tiefengradienten in zehn gleich große Abschnitte unterteilt. Die äußeren Teichabschnitte, in denen das Schilf von zwei Uferseiten in den Teich vordringen konnte, wurden aus dem Datensatz entfernt. Anschließend ließ sich der Schilfflächenanteil in den Abschnitten mit der entsprechenden Wassertiefe vergleichen. Ein Vergleich der Ausgleichsfunktionen mit einer Kovarianzanalyse ergab keinen Unterschied zwischen den Teichen VT 06 und VT 22, sowohl für Steigungen als auch für Y-Achsenabschnitte der Geraden. Die Daten werden daher zusammengefasst und gemeinsam ausgewertet.

2.5 STATISTIK

Die Überprüfung der in der vorliegenden Arbeit gewonnenen Ergebnisse unter statistischen Gesichtspunkten folgt naturwissenschaftlichen Standards. Die Vorgehensweise wird hier ausführlich dargestellt und genutzte Abkürzungen eingeführt. Die Darstellung der Statistik im Ergebnisteil ist knapp gehalten um die Lesbarkeit des Textes zu erhöhen.

Alle Datensätze wurden mit dem Test nach KOLMOGOROV-SMIRNOV auf eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung (Nv) untersucht. Für Stichprobenprobenumfänge unter 20 wurde der Nullklassentest genutzt (ZÖFEL 1992). Die Mittelwerte (Mw) normal verteilter Stichproben sind mit Standardabweichung (Stabw) und Stichprobenumfang (n) angegeben. Falls es aus den Ergebnissen nicht ersichtlich ist, ist außerdem die Stichprobenanzahl (k) aufgeführt.

Die Vorgehensweise beim Mittelwertsvergleich von Stichproben ist in Tabelle 2 für die aufgetretenen Fälle dargestellt (LOZÁN & KAUSCH 1998). Den statistischen Tests sind eindeutige Indizes zugeordnet, so dass die Datengrundlage anhand der Kurzdarstellung im Ergebnisteil eingeschätzt werden kann. Für die Signifikanzniveaus p werden folgende Abkürzungen verwendet: nicht signifikant ($p > 0,05$): n. s.; signifikant ($p < 0,05$): *; sehr signifikant ($p < 0,01$): ** und höchst signifikant ($p < 0,001$): ***. Beispielsweise werden zwei normal verteilte, voneinander abhängige und höchst signifikant unterschiedliche Stichproben im Ergebnisteil mit „ $t_{ab}***$ “ bezeichnet. Der Test auf Abweichung von der Normalverteilung, die Überprüfung der Varianzenhomogenität und alle Mittelwertsvergleiche wurden mit dem Programm SPSS durchgeführt.

Tab. 2: Die Kriterien für die Testwahl bei Mittelwertsvergleichen.

Test	k	Daten Nv?	Daten abhängig?	Varianzen homogen?	Index
t-Test nach STUDENT	2	√	-		t
t-Test (abhängige Stichproben)	2	√	√		t_{ab}
U-Test nach MANN & WHITNEY	2	-	-		U
Einfache Varianzanalyse	> 2	√	-	√	eANOVA
H-Test nach KRUSKAL & WALLIS	> 2	√	-	-	H-NV
"	> 2	-	-	-	H

Wenn bei Mittelwertsvergleichen von mehr als zwei Stichproben signifikante Unterschiede vorlagen, folgte ein Vergleich der Stichproben untereinander. Bei drei Stichproben kam der mehrfache t-Test mit Anpassung nach BONFERRONI zur Anwendung. Ab vier Stichproben wurde die Anpassung sequenziell durchgeführt, um einen weniger konservativen Vergleich zu erhalten (RICE 1989).

Für die Beschreibung von Beziehungen zwischen Variablen wurde die Regressionsfunktion der Excel-Diagramme genutzt. Die Ergebnisse unterscheiden sich nicht von einer Auswertung mit SPSS. Bei der Beschreibung der Zusammenhänge wurden nach Möglichkeit Regressionen genutzt, die in der Literatur bereits beschrieben sind. War das nicht möglich, wurde eine anhand biologischer Zusammenhänge schlüssig erklärbare Ausgleichsfunktion gewählt. Die Erklärung findet sich dann im Ergebnisteil oder der Diskussion. Für unbekannte und nicht aus dem Zusammenhang abzuleitende Funktionen wurden lineare, logarithmische, potenzielle und exponentielle Regressionen verglichen und die mit dem größten Korrelationskoeffizienten gewählt. Wenn bei beiden Variablen Normalverteilungen vorliegen wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) angegeben. Ist eine der untersuchten Variablen nicht normal verteilt, wird der Korrelationskoeffizient nach Spearman (r_s) verwendet. Für die Korrelationskoeffizienten wird die Signifikanz wie oben beschrieben angegeben. Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten und ihrer Signifikanzen erfolgte mit dem Programm SPSS. Korrelationskoeffizienten beziehen sich immer auf lineare Beziehungen. Wenn keine linearen Beziehungen vorlagen, wurden die Daten durch entsprechende Transformationen linearisiert, auf Abweichung von einer Normalverteilung getestet und die Korrelationskoeffizienten der transformierten Daten werden angegeben. Diese Vorgehensweise wurde für alle nicht linearen Regressionen angewendet und ist im Ergebnisteil nicht gesondert gekennzeichnet.

In einigen Fällen wurde die Linearität des Zusammenhangs zwischen Variablen mit einer Varianzanalyse überprüft (LOZÁN & KAUSCH 1998). Wenn signifikante Abweichungen vorliegen, wird das im Text mit „ F_{Lin} “ und der dazu gehörigen Signifikanz angegeben. Eine Varianzanalyse zur Überprüfung der Linearität setzt mehr Y-Werte als X-Werte voraus, was gegebenenfalls durch Runden der Daten erreicht wurde.

Bei einem Vergleich von linearen Regressionen werden zunächst mit einer Varianzanalyse die Steigungen überprüft. Ergibt die Analyse von mehr als zwei Geraden signifikante Unterschiede der Steigungen, werden die Geraden anschließend paarweise untersucht. Geraden mit vergleichbaren Steigungen werden auf Signifikanz des Abstandes zwischen ihnen überprüft, ebenfalls mit einer Varianzanalyse (LOZÁN & KAUSCH 1998). Das gesamte Verfahren wird als Kovarianzanalyse bezeichnet. Im Text werden Unterschiede der Steigungen mit „ F_{Steig} “, Unterschiede der Y-Achsenabschnitte mit „ F_{Achse} “ angegeben. Bei einer Angabe von F_{Achse} handelt es sich also um parallele Geraden, das heißt ihre Steigungen unterscheiden sich nicht und ihr Abstand weicht von Null ab.

Bei fehlender Signifikanz des Korrelationskoeffizienten lassen sich zwei Variablen als voneinander unabhängig einschätzen. Dann werden Mittelwerte angegeben. Bei geringen oder sehr geringen Korrelationen, niedrigen Signifikanzen, großen Datenstreuungen oder anderweitig begründetem Misstrauen an der Aussagekraft statistisch signifikanter Ergebnisse wurden auffällige Werte aus den Datensätzen entfernt und die Beziehungen erneut geprüft. Die Vorgehensweise wird dann ausdrücklich und detailliert dargestellt, da ansonsten so genannte Ausreißer immer in den Datensätzen beibehalten wurden.

Alle Angaben im Ergebnisteil beziehen sich auf die angegebenen Datenumfänge. Die Regressionsgleichungen sollten nicht für Berechnungen genutzt werden, die über oder unter den zugrunde liegenden Datenbereichen liegen. Für lineare Zusammenhänge wurden Ausgleichsfunktionen mit Y-Achsenabschnitt nach dem Schema $y = m \cdot x + b$ gewählt. Damit wird der üblichen Praxis gefolgt. Ausgleichsfunktionen mit Y-Achsenabschnitt liefern oft eine bessere Anpassung an die empirischen Daten als lineare Funktionen, bei denen der Verlauf durch den Nullpunkt vorausgesetzt wird. Sie können dadurch einen insgesamt höheren Korrelationskoeffizienten haben, beschreiben aber manchmal Zusammenhänge in bestimmten Bereichen nicht befriedigend (meist für kleine X-Werte) und sind teilweise biologisch nicht erklärbar.

Die Variabilität der Eigenschaften von Schilf ist hoch. Um diesen Umstand zu berücksichtigen, werden berechnete Variablen, Konstanten und Korrelationskoeffizienten mit (nur) zwei bedeutsamen Stellen angegeben.