



Das Lebensministerium



## Verlandung von Karpfenteichen

Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft  
Heft 2 – 9. Jahrgang 2004

Freistaat  Sachsen  
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

**Verlandungsprozesse in Karpfenteichen in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform und  
-intensität**



## Zusammenfassung

In den Karpfenteichen Sachsens wachsen sehr ausgeprägte Röhrichte. Die Pflanzen der Uferbereiche können erhebliche Flächen einnehmen. Sie breiten sich schnell aus und wachsen in hohen Biomassen. Durch Bodenhebung, dichten Halmwuchs und lichtlose, sauerstoffarme Verhältnisse eignen sich die meisten Röhrichte nicht als Teichnutzfläche. Die Karpfenteiche verlanden.

Anhand der Beziehungen zwischen Durchmessern, Längen, Dichten, Reifezustand sowie der saisonalen Entwicklung von einzelnen Halmen und von Beständen lassen sich Wachstumsformen des Schilfröhrichts unterscheiden. Die verschiedenen Ausprägungen der Schilfröhrichte sind zeitliche Zustände einer fortschreitenden Verlandung. Frühe Stadien breiten sich schneller aus, spätere entwickeln vermehrt große Halme. In Karpfenteichen wachsen auch anhaltend stabile Sonderformen der Verlandung, das Steiluferschilf und das bültenförmige Schilf. Die Verlandungsgeschwindigkeit, d. h. die Ansammlung pflanzlichen Materials, ist bei den Wachstumsformen etwa gleich. Der Verlandungszustand im Hinblick auf die teichwirtschaftliche Nutzbarkeit der Röhrichte unterscheidet sich erheblich.

Verlandungsprozesse laufen in Karpfenteichen deutlich schneller ab als in natürlichen Gewässern. Die Teiche haben durchgängig geringe Wassertiefen und hohe Nährstoffgehalte. Die Röhrichte werden kaum durch Wind, Wellen oder menschliche Einflüsse geschädigt. Die Maßnahmen der Teichbewirtschaftung verbessern die guten Wachstumsbedingungen durch den Standort zusätzlich. Fütterung und Düngung steigern den Nährstoffgehalt in Wasser und Sediment. Die hohe Karpfendichte sorgt für ihre schnelle Rücklösung. Trockenlegung und Kalkung verbessern die Nährstoffsituation und die chemischen Verhältnisse in den Teichböden.

Das natürliche Wachstum und die Ausbreitung von Uferpflanzen kann in Karpfenteichen nicht verhindert werden. Um die Teichnutzfläche zu bewahren, muss die Entwicklung der Röhrichte künstlich aufgehalten werden. Es gibt keine brauchbare Alternative zur regelmäßigen Mahd. Die Mahd unterbricht die gerichtet ablaufenden, nicht umkehrbaren Prozesse der Verlandung und stellt einen früheren Entwicklungszustand des Röhrichts her. Gegebenenfalls kann sie durch den Besatz mit Graskarpfen ergänzt werden.



<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Allgemeine Einleitung	1
Begriffsdefinitionen	2
Problematik und Vorgehensweise	3
Biologie und Ökologie des Röhrichtgürtels	4
Das Schilf <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steudel	6
1. Teil: Wachstum und Ausbreitung von <i>Phragmites australis</i>	8
1.1 Die Schilfhalme	8
1.1.1 Einleitung	8
1.1.2 Material und Methoden	8
1.1.3 Ergebnisse	10
1.1.3.1 Durchmesser	10
1.1.3.2 Länge	11
1.1.3.3 Halmmasse	14
1.1.3.4 Wachstumsphasen	14
1.1.4 Diskussion: Wie wächst ein Schilfhalm?	15
1.2 Die Schilfbestände	18
1.2.1 Einleitung	18
1.2.2 Material und Methoden	19
1.2.3 Ergebnisse	20
1.2.3.1 Durchmesser	20
1.2.3.2 Längen	22
1.2.3.3 Dichten und Biomassen	24
1.2.3.4 Wachstumsphasen und Rispenbildung	25
1.2.3.5 Saisonale Entwicklung	27
1.2.4 Diskussion: Wie verlanden Karpfenteiche?	30
2. Teil: Die Auswirkungen des Pflanzenwachstums - Verlandungsprozesse in Karpfenteichen	36
2.1 Einleitung	36
2.2 Material und Methoden	37
2.3 Ergebnisse	37
2.3.1 Flächenausdehnung und Uferveränderung	37
2.3.2 Anhebung des Teichbodens	40
2.3.3 Bindung von Nährstoffen	41
2.4 Diskussion: Welche Auswirkungen hat die Verlandung?	42

3. Teil:	Die äußeren Einflüsse - Standort und Bewirtschaftung	45
3.1	Einleitung	45
3.2	Material und Methoden	46
3.3	Ergebnisse und Diskussionen	47
3.3.1	Der Standort	47
3.3.1.1	Wassertiefe	47
3.3.1.2	Ufer und Boden	48
3.3.1.3	Nährstoffe in Wasser und Sediment	49
3.3.1.4	Wind, Wellen, Eis und Licht	51
3.3.1.5	Tiere und Menschen	52
3.3.1.6	Standortfaktoren ohne nachgewiesenen Einfluss	53
3.3.2	Die Bewirtschaftung	53
3.3.2.1	Mahd	53
3.3.2.2	Besatz mit Karpfen	56
3.3.2.3	Besatz mit pflanzenfressenden Fischarten	57
3.3.2.4	Trockenlegung und Kalkung	58
3.3.2.5	Fütterung und Düngung	60
3.3.2.6	Weitere Maßnahmen zur Bekämpfung des Röhrichts	61
4. Teil:	Zusammenfassung	62
	Literatur	67
	Anhang	72
A1	Übersicht der Probestermine und Untersuchungsansätze	72
A2	Vergleichsdaten aus der Literatur	74
A3	Karten des Landesvermessungsamtes Sachsen im Maßstab 1 : 10 000	75
A4	Verzeichnis der Abbildungen	75
A5	Verzeichnis der Tabellen	76
A6	Abkürzungen	77

## Allgemeine Einleitung

Die Teichwirtschaft ist eine in Sachsen weit verbreitete, traditionelle Sonderform der landwirtschaftlichen Nutzung. Sie dient der Produktion von Fischen als Nahrungsmittel. In den Teichen Sachsens werden überwiegend Karpfen (*Cyprinus carpio*), als Nebenfischarten auch Schleie (*Tinca tinca*), Hecht (*Esox lucius*) und Wels (*Silurus glanis*) aufgezogen.

Die nährstoffreichen Karpfenteiche sind sehr anfällig für Verlandungsprozesse. Die oft flachen Ufer bewachsen schnell mit Röhrichtpflanzen wie Schilf (*Phragmites australis*) oder Rohrkolben (*Typha*, meist *angustifolia*). Durch die geringen Tiefen der Teiche entspricht die gesamte Wasseroberfläche dem Uferbereich natürlicher Gewässer. Es gibt keine tiefenbedingte Ausbreitungsgrenze für die genannten Pflanzen. In den Röhrichten sammelt sich organisches Material. Der Gewässerboden hebt sich an und mit der Zeit entstehen Nassböden.

Die Teichverlandung durch Röhrichtpflanzen hat für den Bewirtschafter negative Auswirkungen. Durch die Einengung der Teichfläche und die Anhebung des Teichbodens sinken die Fischerträge, ein ausgeprägter Gelegegürtel erschwert die Bewirtschaftung. Wenn der Teich erhalten bleiben soll, müssen Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden.

In den letzten Jahrzehnten war die Funktion der sächsischen Karpfenteiche Veränderungen unterworfen. Zu Zeiten der DDR wurden sie als Tierproduktionsstätten mit dem Ziel maximaler Fischentnahme genutzt. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands änderten sich die Prioritäten, die Interessen von Natur- und Landschaftsschutz gewannen an Bedeutung. Karpfenteiche werden gegenwärtig auch als Refugien für bedrohte Tiere und Pflanzen oder als Erholungsstätte für den Menschen angesehen.

Die geänderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und die Verschiebung der Interessenschwerpunkte ziehen eine Reihe von Veränderungen der Teichbewirtschaftung nach sich. Hierzu gehören Begrenzungen der Besatzdichten, Regelungen von Fütterung und Düngung sowie Einschränkungen bei der Instandhaltung. Aus den genannten Auflagen resultieren biologisch-ökologische Veränderungen der Teiche mit wirtschaftlichen Folgen für die Bewirtschafter. Unter anderem ist in den Karpfenteichen Sachsens eine allgemeine Zunahme der Verlandungsprozesse als Folge niedriger Bewirtschaftungsintensitäten und Einschränkungen der Röhrichtbekämpfung zu beobachten.

Die Zusammenhänge zwischen dem Wachstum der Röhrichtpflanzen in den Teichen und den allgemeinen Gegebenheiten oder der Bewirtschaftung sind unklar. Während einige Teiche innerhalb weniger Jahre vollständig zuwachsen, ist die Bestandsentwicklung des Röhrichts in anderen Teichen trotz vergleichbarer Bedingungen rückläufig. Eine Vielzahl von Untersuchungen beschäftigt sich mit dem Rückgang von Röhrichtpflanzen, speziell *Phragmites australis*, in natürlichen Gewäs-

sern. Es existiert eine Fülle von Veröffentlichungen mit Schwerpunkten im Bereich des Natur- bzw. Artenschutzes und der Ökologie. Die Ergebnisse aus Untersuchungen natürlicher Gewässer lassen sich eingeschränkt auf die Gegebenheiten in Karpfenteichen übertragen. Dabei bleiben jedoch die Auswirkungen der speziellen Gewässereigenschaften und der ständigen Beeinflussung des Röhrichts durch die Bewirtschaftung unberücksichtigt.

Die vorliegende Arbeit untersucht die Ausbreitungs- und Wachstumsprozesse von Schilf in Karpfenteichen. Sie versucht, das Wechselspiel zwischen Wachstum der Pflanzen und steuernden Faktoren aufzudecken und Abhängigkeiten herauszufinden. Anhand der Ergebnisse werden die Möglichkeiten einer Einflussnahme auf die Verlandung diskutiert.

## **Begriffsdefinitionen**

Der vorliegende Bericht beinhaltet einige fischereiliche und biologische Begriffe, die zur besseren Verständlichkeit im Vorfeld erläutert werden sollen.

Teiche sind künstlich angelegte Gewässer mit regulierbarem Wasserstand. Sie können vollständig entleert werden. Durch ihre geringe Tiefe sind sie in der Regel bis zum Boden durchlichtet und sauerstoffhaltig dadurch ist der ganze Wasserkörper biologisch produktiv.

Traditionell werden Karpfenteiche im Herbst abgelassen und im Frühjahr bespannt (geflutet). Die regelmäßige Trockenlegung fördert durch die Lüftung des Bodens die Mineralisierung organischer Substanz und verringert die Gefahr von Fischkrankheiten.

Karpfenteiche sind flache und sehr nährstoffreiche Gewässer. Sie bieten dem Wachstum von Uferpflanzen als Röhricht (fischereilicher Ausdruck Gelege) gute Bedingungen. In den untersuchten Karpfenteichen in Sachsen dominiert nach eigenen Beobachtungen deutlich das Schilf (*Phragmites australis*), gefolgt von Rohrkolben (meist *Typha angustifolia*). Die biologische und in diesem Fall auch populärere Namensgebung für die Pflanzen unterscheidet sich von der fischereilichen, die *Phragmites* als Rohr und *Typha* als Schilf oder Kolbenshilf bezeichnet. In der folgenden Arbeit werden die fett markierten umgangssprachlichen oder die lateinischen Artnamen benutzt.

Einige pflanzliche Bestandteile wie Zellulose oder Lignin zersetzen sich langsam und reichern sich in den Röhrichtzonen an. Dies führt zu einem Prozess der allmählichen organischen Verlandung, durch den sich das Ufer zunehmend in Richtung Gewässermittle verlagert. Karpfenteiche sind biologischen Verlandungsvorgängen durch ihre geringe Tiefe und den vergleichsweise hohen Uferquotienten stark ausgesetzt.

## Problematik und Vorgehensweise

Die grundlegende Frage der vorliegenden Arbeit lautet:

### Wie hängen die Verlandungsprozesse in Karpfenteichen von den Gegebenheiten und der Bewirtschaftung des entsprechenden Gewässers ab?

Die Frage ist zwar kurz, beinhaltet aber schwierige Zusammenhänge, die erläutert werden müssen. Verlandung ist nach der gegebenen Definition die Ansammlung von pflanzlichem Material im Röhricht. Unterschiede der Verlandung beruhen auf Unterschieden des Wachstums der Röhrichtpflanzen. Beispiele sind die Länge einzelner Halme, die Ausbreitung der Bestände in Richtung Teichmitte oder die Neubesiedlung von Teichflächen. Alle Varianten beeinflussen die Primärproduktion und damit die Verlandung.

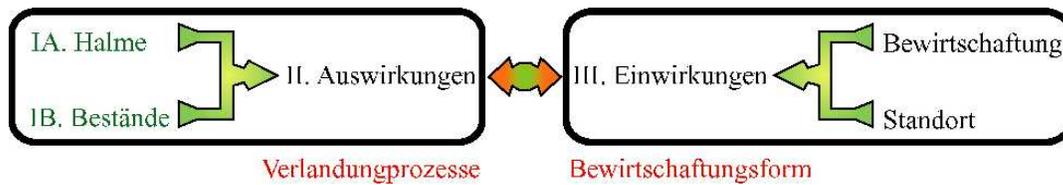
Es gibt ferner eine Vielzahl von Standortfaktoren, die das Pflanzenwachstum beeinflussen können. Beispiele liefert die folgende Abbildung:



Abbildung 1: Die Frage: Wie beeinflussen sich Pflanzenwachstum (Kreis) und Standort (Dreieck)?

Eine gegenseitige Beeinflussung findet sowohl zwischen als auch innerhalb der Wachstums- und Standortfaktoren statt. Mit steigender Anzahl an untersuchten Parametern ergibt sich so eine Vielfalt möglicher gegenseitiger Wechselwirkungen.

Die wesentlichen Teilbereiche der Fragestellung sind einerseits die Verlandungsprozesse und andererseits ihre Abhängigkeit von der Bewirtschaftung. Danach richtet sich auch das Untersuchungskonzept (Abbildung 2).



**Abbildung 2: Ursachen der Verlandung - Das Untersuchungskonzept**

Die Vorgehensweise der Bearbeitung wird anhand der Abbildung erläutert:

1. Im ersten Abschnitt der Arbeit wird das Wachstum der Röhrichtpflanzen dargestellt. Zuerst werden in Teil 1.1 wichtige Eigenschaften einzelner Halme beschrieben (z. B. Länge, Dicke). Auf dieser Basis können im folgenden Teil 1.2 die typischen Merkmale von Beständen wie Dichte oder Biomasse erarbeitet werden.
2. Der zweite Abschnitt beschreibt die Verlandung als Auswirkung des Pflanzenwachstums. Der Einfluss des Röhrichts auf Nutzfläche und Gewässertiefe ist hier dargestellt. Somit sind die Verlandungsprozesse charakterisiert.
3. Im dritten Abschnitt werden die äußeren Einflüsse auf das Röhrichtwachstum überprüft. Maßgeblich sind der Mensch (im Wesentlichen die kurzfristigen Maßnahmen des Bewirtschafters) und der Standort, d. h. die langfristigen natürlichen und naturähnlichen Gegebenheiten am Teich. In Teil 3 finden sich z. B. Antworten auf Fragen nach dem Einfluss von Mahd, Besatz oder Nährstoffen.
4. Im Anschluss werden die Ergebnisse verständlich in einem umfassenden Zusammenhang bewertet.

Vor der Beschreibung der Wachstumseigenschaften werden die Funktionen des Röhrichts beschrieben. So soll eine Grundlage zum Verständnis der dann folgenden Ausführungen geschaffen werden.

### **Biologie und Ökologie des Röhrichtgürtels**

Das Röhricht oder Gelege ist ein mit Uferpflanzen bewachsener Bereich in der Übergangszone zwischen Wasser und Land. In den Röhrichten der Karpfenteiche dominiert Schilf (*Phragmites*

*australis*), weitere häufige Arten sind Rohrkolben (*Typha spp.*), Schwaden (*Glyceria spp.*), Binsen (*Juncus spp.*) und Seggen (*Carex spp.*).

Das Röhricht verknüpft den Übergangsbereich zwischen Wasser und Land und hat dort große Bedeutung für Mensch und Natur:

- o **Habitat für Pflanzen und Tiere**

Der aquatische Bereich im Röhricht ist Aufenthaltsort vieler pflanzlicher und tierischer Kleinorganismen, die dort einen Lebensraum mit reichlich Substrat und Nährstoffen finden. Die Aufwuchsarten unter ihnen können im Freiwasser nicht vorkommen. Vielen Fischarten dient das Röhricht als Laichgebiet, als Jungfischhabitat oder als Refugium für Adulte. Auch der über Wasser liegende Bereich des Röhrichts beherbergt viele Lebewesen. Das Artenspektrum reicht von Insekten und Spinnentieren über Amphibien bis zu Vögeln und Säugern. Einige hier lebende Arten sind hoch spezialisiert. Röhrichte leisten so einen wertvollen Beitrag zur Biodiversität an Gewässern.

- o **Wasserchemie und -reinigung**

Wurzeln und Rhizome der Röhrichtpflanzen tragen Sauerstoff in den Boden ein und begünstigen damit den aeroben Stoffabbau und das Redoxsystem. Die Wurzeln und das Rhizom des Schilfs geben keimtötende Stoffe ab und wirken damit Krankheitserregern der Pflanzen entgegen. Röhrichte können Nährstoffe, Schwermetalle und Schadstoffe binden und dauerhaft dem Gewässer entziehen. Diese Eigenschaften werden in Anlagen zur biologischen Abwasserreinigung und Klärschlammbehandlung genutzt.

- o **Wirtschaftliche Nutzung**

Durch die hohe Produktivität, Widerstandsfähigkeit und weite Verbreitung finden Röhrichtpflanzen auch wirtschaftliche Verwendung. Schilf wird für die Papierindustrie geerntet und im Hausbau oder als Heizmaterial verwendet.

- o **Uferstatik**

Die Wurzeln und Halme der Röhrichtpflanzen stabilisieren das Ufer und funktionieren auch außerhalb der Vegetationsperiode als Wellenbrecher. Sie vermindern so die Erosion.

- o **Lebensqualität**

Ein ausgeprägter und dichter Röhrichtgürtel wirkt ästhetisch und naturnah, er erhöht den Wert sanfter Erholungsnutzungen eines Gewässers wie Segeln, Spazieren oder Angeln.

## Das Schilf *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel

Das Schilf ist ein bis zu 4 m hohes Gras. Es ist eine der weltweit am weitesten verbreiteten Pflanzen und besiedelt Gebiete mit ausreichender Feuchtigkeit. Hierzu gehören Gewässerufer, Sumpfwiesen, feuchte Äcker und Kiesgruben. In diesen Habitaten ist es oft die dominierende Pflanze und bildet weitläufige Reinbestände.

Das weit verbreitete Synonym *Phragmites communis* gilt als veraltet (CLAYTON 1968).

Die Schilfpflanze kann in unterschiedliche Abschnitte eingeteilt werden. Die oberirdischen, einjährigen Halme mit Blättern und Blütenständen sind der assimilatorisch aktive Teil. Der mehrjährige unterirdische Bereich der Pflanze wird als Rhizom bezeichnet. Das Rhizom wächst in etwa 60 cm Tiefe, kann aber bei niedrigem Grundwasserstand bis 2 m Tiefe in den Boden vordringen. Am Rhizom wachsen die für die Nährstoffaufnahme aus dem Boden notwendigen Wurzeln. Im Rhizom werden gegen Ende der Vegetationsperiode Nähr- und Speicherstoffe aus den absterbenden Halmen abgelagert, es ist für die Ausbreitung der Bestände verantwortlich. Im Herbst entwickeln sich an den Knotenpunkten des Rhizoms senkrechte unterirdische Knospen, die Anlagen für die nach der Winterruhe austreibenden Halme. Innerhalb einiger Jahre kann so ein weitläufiges System aus untereinander verbundenen Halmen entstehen. Selbst große Schilfbestände können vegetativ aus einer einzigen Pflanze entspringen.

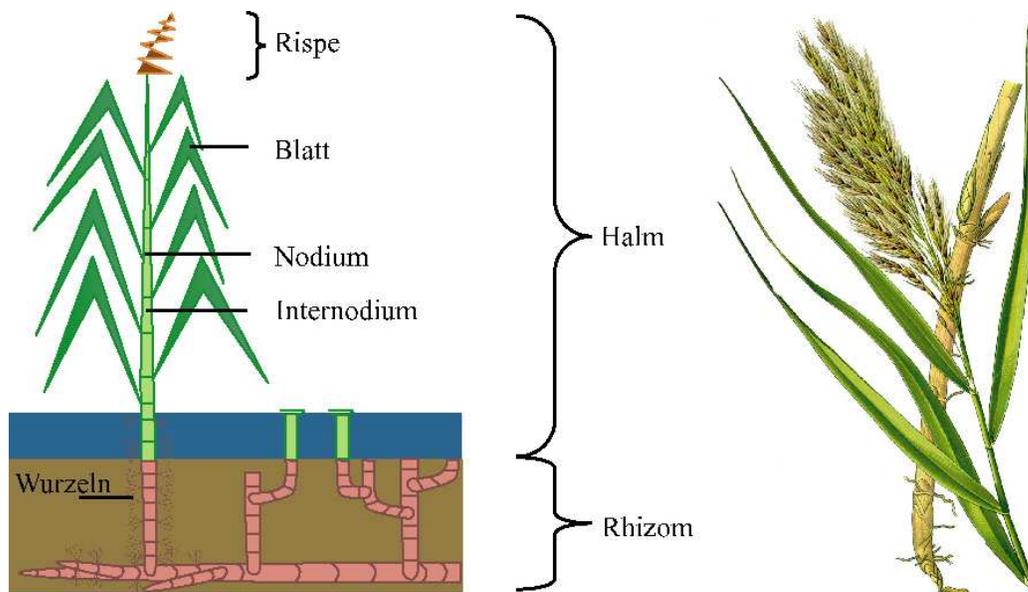
Unter mitteleuropäischen Klimabedingungen durchstoßen die Sprossen im April bis Anfang Mai die Wasseroberfläche. Die zunehmend verholzenden Stängel sind zylindrische Hohlkörper, die sich nach oben hin verjüngen. Sie bestehen aus vier Hauptgewebsschichten: der äußeren Epidermis, einer stützenden Sklerenchymschicht, dem Grundgewebe und dem Leitgewebe (RODEWALD-RUDESCU 1974). Letzteres dient dem Transport von Wasser und Nährstoffen, als Aerenchym auch der Luftversorgung der Wurzel. Die Stängel sind durch Knotenpunkte (Nodien) mit durchgehendem Gewebe in Abschnitte unterteilt, die Internodien.

An den Nodien entspringen die bis 60 cm langen, lanzettförmigen Blätter, die Ort der Fotosynthese sind. Wie bei anderen Sumpfpflanzen ist der Schließmechanismus der Spaltöffnungen bei Schilf stark reduziert. Die starke Verdunstung bietet Schutz vor Überhitzung, ermöglicht die Besiedlung sehr sonnenexponierter Standorte und die fotosynthetische Nutzung der Mittagssonne.

Im Spätsommer wächst am Halmende eine bläulich-braune Rispe, ein Blütenstand der meist an der Spitze zwittrige und an der Basis männliche Blüten ausbildet (RODEWALD-RUDESCU 1974).

Trotz der hohen Zahl Blüten pro Rispe ist der Fruchtansatz und damit die geschlechtliche Fortpflanzung von Schilf unter natürlichen Bedingungen gering (HASLAM 1971, OSTENDORP 1993). Es werden nur wenige keimfähige Samen erzeugt, die Umweltansprüche der Keimlinge sind hoch.

Die folgende Abbildung zeigt die wesentlichen Begriffe.



**Abbildung 3: Die Morphologie von Schilf *Phragmites australis***

Die ausgeprägten ungeschlechtlichen Möglichkeiten von Wachstum, Ausbreitung und Fortpflanzung tragen zur schnellen Besiedlung geeigneter Lebensräume bei. Am häufigsten sind Vortrieb des Rhizoms und Ausbreitung durch neu anwachsende Bruchstücke. Schilf kann bei schlechten Wachstumsbedingungen bis zu 20 m lange Legehalme ausbilden, um neue Flächen zu besiedeln. Sie liegen der Wasseroberfläche oder dem Boden auf, wachsen an den Nodien mit neuen Wurzeln an und bilden senkrechte Halme.

In den untersuchten Karpfenteichen in Sachsen ist Schilf die bei weitem häufigste Pflanze der Uferzone der Teiche und verursacht mit weitläufigen Reinbeständen nahezu ausschließlich die Verlandung. Schilf ist daher Schwerpunkt der vorliegenden Untersuchung.

Die Beschreibung zusammengehöriger biologischer Einheiten bei Schilf wird durch die vielfältigen Fortpflanzungs- und Ausbreitungsprozesse erschwert. Im Folgenden werden drei wesentliche Einheiten unterschieden:

- o Eine abgegrenzte oberirdische Einheit aus Stängel, Blättern und evtl. Rispe wird als Halm bezeichnet.
- o Ein Bestand ist ein Bereich im Röhricht eines Gewässers, der sich durch Eigenschaften wie Dichte, Länge der Halme oder Standort von anderen Bereichen abgrenzen lässt.
- o Röhricht oder Gelege ist das gesamte Schilf eines Teiches. Diese Definition basiert auf rein geographischen Grundlagen.

## **1. Teil: Wachstum und Ausbreitung von *Phragmites australis***

### **1.1 Die Schilfhalme**

#### **1.1.1 Einleitung**

Der erste Abschnitt der Arbeit befasst sich mit einzelnen Halmen als kleinste sinnvoll abzugrenzende Wachstumseinheit von Schilf. Die Verlandung wird letztendlich durch das Wachstum einzelner Halme verursacht. Sie produzieren die Biomasse und sind Ausdruck von Zustand und Vitalität eines Bestandes.

Eine Vielzahl von Publikationen beschreibt Erscheinungsbild und Wachstum von Schilfhalmen. Als Auswahl seien die umfangreichen Untersuchungen von CLEVERING, DYKYJOVÁ, HASLAM, OSTENDORP und RODEWALD-RUDESCU genannt (jeweils verschiedene Veröffentlichungen). Die meisten Autoren beschreiben eine hohe Variabilität äußerer Halmeigenschaften wie Durchmesser oder Länge. Hierdurch wird die Untersuchung von Zusammenhängen zwischen dem Wachstum von Schilf und beeinflussenden bzw. auslösenden Faktoren erschwert.

Die Vielfalt von Schilf und die Unklarheit über Zusammenhänge zwischen Wachstum und auslösenden Umweltfaktoren stellen das wesentliche Problem auch der vorliegenden Untersuchung dar. Beispielsweise wird einem hohen Nährstoffgehalt von Wasser oder Sediment ein positiver Einfluss auf die Länge aber ein negativer auf die Stabilität der Halme (BORNKAMM & RAGHI-ATRI 1986), das Auslösen von Lückenbildung (CÍŽKOVÁ et al. 1996) oder kein Einfluss auf die Halmeigenschaften (CLEVERING 1999) zugeschrieben. Ähnlich widersprüchliche Aussagen oder Relativierungen ziehen sich durch die Literatur über Zusammenhänge zwischen Schilfwachstum und Habitatparametern.

Um dadurch entstehende Schwierigkeiten zu umgehen, wird in der vorliegenden Arbeit ein neuer Ansatz gewählt. Es wird nicht mit der Untersuchung der Einflüsse von Standortfaktoren oder Bewirtschaftung auf das Schilfwachstum begonnen. Statt dessen wird auf der Grundlage einer Datenaufnahme nach Literaturvorschlägen von DYKYJOVÁ et al. (1973), GROSSER et al. (1997) und OSTENDORP (1990b) eine detaillierte Beschreibung der Beziehungen von Halmeigenschaften vorangestellt. Erst nach einer ausreichenden Kenntnis der Vorgänge innerhalb des Röhrchtes können äußere Einflüsse überprüft werden.

#### **1.1.2 Material und Methoden**

Im ersten Untersuchungsjahr 2000 wurden Halmeigenschaften von Schilf aus elf Teichen und drei Versuchsteichen (VTs) untersucht. An drei Terminen (Mai, Juli und Oktober) wurden die oberirdischen Gesamtlängen (Längen) und die maximalen Durchmesser (Durchmesser) von 30 bis 60 zufällig gewählten Halmen pro Teich aufgenommen. Insgesamt wurden so 1 870 Halme gemessen. Die Längen wurden mit einem Messstab, die Durchmesser mit einer Schiebelehre gemessen. Als Messgenauigkeit wurde 5 cm bzw. 0,1 mm gewählt.

Zu jedem Termin wurden pro Teich zehn zufällig gewählte Halme am Austrittspunkt aus dem Boden abgeschnitten und eingehender vermessen. Über das erste Untersuchungsjahr hinweg wurden 333 Halme detailliert untersucht. Positionen, Längen und Durchmesser der Internodien wurden bestimmt. Die Anzahl der nicht lokalisierbaren Nodien an der Spitze der Halme entspricht der Anzahl verbleibender Blätter. Von den Blättern der detailliert ausgemessenen Halme wurden Länge und Breite gemessen. Die gewählten Messgenauigkeiten betragen 1 cm für die Halmlänge, 0,1 cm für Blattlängen und -breiten und 0,1 mm für die Durchmesser. Die Halme wurden einschließlich ihrer Blätter gewogen (Feuchtmasse). Anschließend wurden sie für zwölf Stunden bei 105°C getrocknet und erneut gewogen (Trockenmasse).

Um Unterschiede des Längenwachstums zu überprüfen, wurden im Mai 20 Halme pro Teich mit nummeriertem Gewebeband individuell markiert. Von diesen Halmen wurden Gesamtlänge, Durchmesser, Anzahl der Blätter und die Position der Nodien ermittelt. Die Messungen wurden im Oktober wiederholt, allerdings traten Verluste auf.

Im zweiten Untersuchungsjahr 2001 wurden neun Teiche untersucht, davon drei VTs. An vier Terminen im Abstand von etwa sechs Wochen (Mitte Mai, Ende Juni, Anfang August, Ende September) wurden die Längen und Durchmesser von insgesamt 2 780 Halmen gemessen, entsprechend 50 bis 300 Halmen pro Teich und Probennahme. Die Anzahl ausgemessener Halme richtete sich nach vorkommenden Unterschieden innerhalb der Schilfbestände eines Teiches.

Im dritten Untersuchungsjahr 2002 wurden 15 Teiche untersucht, davon drei VTs. Anfang Juli wurden Längen und Durchmesser von 1 891 Halmen bestimmt.

Die Probennahmen wurde so durchgeführt, dass im ersten Jahr ein Überblick gewonnen wurde und Detailmessungen stattfanden. Im zweiten Untersuchungsjahr wurde die Anzahl der untersuchten Teiche reduziert um Messgenauigkeit und -umfang erhöhen zu können. Saisonale Aspekte standen hier im Vordergrund. Im letzten Jahr der Untersuchung wurde der Probenumfang beibehalten und die Anzahl der untersuchten Gewässer erweitert. Die jahreszeitliche Entwicklung wurde vernachlässigt, um Unterschiede zwischen und innerhalb der Teiche zu erarbeiten.

Dem Anhang A1 können genauere Informationen zu den Probennahmen entnommen werden.

Die statistische Auswertung der Daten folgt naturwissenschaftlichen Standards (LOZÁN & KAUSCH 1998, ZÖFEL 1992). Die Vorgehensweise wird nachfolgend ausführlich dargestellt. Die Statistik im Ergebnisteil ist knapp gehalten um die Verständlichkeit zu erhöhen.

Alle Datensätze wurden mit dem Test nach KOLMOGOROFF-SMIRNOW auf eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung (NV) untersucht. Für Probenumfänge  $n$  unter 20 wurde der Nullklassentest genutzt.

Die Art eines linearen Zusammenhangs zwischen zwei Parametern wird durch den Korrelationskoeffizienten angegeben. Liegen Normalverteilungen vor, so wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson (im Folgenden  $r$ ) angegeben. Ist einer der zu untersuchenden Parameter nicht normalverteilt wird der Korrelationskoeffizient nach Spearman ( $r_s$ ) verwendet. Wenn keine linearen Beziehungen vorliegen, wurden die Daten mit Hilfe entsprechender Transformationen linearisiert und die Korrelationskoeffizienten der transformierten Daten werden angegeben.

Für die jeweiligen Korrelationskoeffizienten gelten folgende Signifikanzniveaus p:

Nicht signifikant (n. s.), signifikant ( $p < 0,05$ ): \*, sehr signifikant ( $p < 0,01$ ): \*\*, und höchst signifikant ( $p < 0,001$ ): \*\*\*. Die Angabe ' $r_s = 0,25$  \*\*\*' würde demnach eine geringe, aber sehr signifikante von 0 verschiedene Korrelation nach Spearman bedeuten.

Die Vorgehensweise beim Vergleich von Stichproben ist in Tabelle 1 für die aufgetretenen Fälle schematisch dargestellt. Den statistischen Tests sind eindeutige Indizes zugeordnet, so dass die Datengrundlage anhand der Kurzdarstellung im Ergebnisteil eingeschätzt werden kann. Das Signifikanzniveau wird wie beschrieben angegeben.

Beispielsweise werden zwei normalverteilte, voneinander abhängige und höchst signifikant unterschiedliche Stichproben mit ' $t_{ab}$ : \*\*\*\*' bezeichnet.

**Tabelle 1: Die Auswahlkriterien für statistische Tests**

Test	Anzahl Stichproben	Daten NV?	Daten abhängig?	Varianzen homogen?	Index
t-Test nach Student	2	√	-		t
t-Test für abhängige Stichproben	2	√	√		$t_{ab}$
U-Test nach MANN und WHITNEY	2	-	-		U
Einfache Varianzanalyse	> 2	√	-	√	ANOVA
H-Test nach KRUSKAL und WALLIS	> 2	√	-	-	H-NV
"	> 2	-	-	-	H

Wenn der Vergleich von mehr als zwei Stichproben signifikante Unterschiede ergab, wurden Gruppierungen mit Hilfe des Tests nach STUDENT-NEWMANN-KEULS (ANOVA) bzw. nach NEMENYI (H-NV und H) vorgenommen.

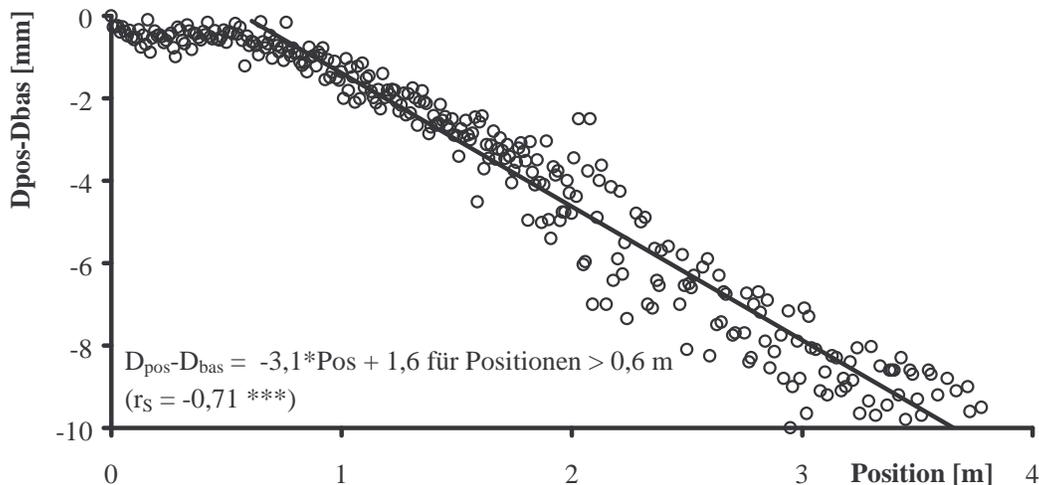
Alle statistischen Tests wurden mit den Programmen SPSS oder WinStat durchgeführt. Ausnahmen waren der Nullklassentest auf Normalverteilung und der NEMENYI-Test zur Gruppierung bei signifikantem H-Test, die 'per Hand' durchgeführt wurden.

### 1.1.3 Ergebnisse

#### 1.1.3.1 Durchmesser

Der Durchmesser ist eine wichtige Kenngröße zur Beschreibung der rohrförmigen Halme. Er soll genutzt werden, um Unterschiede zwischen Halmen verschiedener Herkunft zu ermitteln. Der Halmdurchmesser nimmt zur Spitze hin ab. Es muss also erarbeitet werden, welche Durchmesser für einen Vergleich geeignet sind. Im Folgenden wird die Abhängigkeit des Durchmessers (hier nicht im Sinne von Maximaldurchmesser) von der Position am Halm untersucht. So wird die Form des Halms beschrieben.

Bei der Untersuchung absoluter Werte lassen sich wegen des weiten Größenspektrums der Längen und Durchmesser keine Zusammenhänge erkennen. Das gemessene Längenspektrum erstreckte sich von 5 cm bis über 4 m; die Durchmesser lagen im Bereich von 1,8 mm bis 16,9 mm. Die Durchmesser werden daher in Relation zum jeweiligen Basaldurchmesser betrachtet. Die Differenz ( $D_{\text{pos}} - D_{\text{bas}}$ ) eines Durchmessers an einer bestimmten Position ( $D_{\text{pos}}$ ) und des Basaldurchmessers ( $D_{\text{bas}}$ ) wird in Bezug zu ihrer Position am Halm gesetzt (Abbildung 4).



**Abbildung 4: Durchmesserdifferenzen im Halmverlauf**

Unabhängig von der Halmlänge bleibt der Durchmesser bis ca. 60 cm Höhe ab Austrittspunkt aus dem Boden konstant, der Querschnitt verläuft zylinderförmig. Dann nehmen die Durchmesserdifferenzen linear ab, der Querschnitt verläuft kegelförmig. Die Ausgleichsfunktion ist in Abbildung 4 angegeben. Da Schilfhalme im unteren Abschnitt eine konstante Dicke aufweisen und dann dünner werden, sind Basal- und Maximaldurchmesser gleichwertige Angaben.

Die Datengrundlage der Berechnungen beinhalten über 4 000 Wertepaare. In der Abbildung sind der Übersichtlichkeit halber Mittelwerte dargestellt.

Die Entwicklung des Durchmessers im Jahresverlauf wurde an 92 individuell markierten Halmen aus verschiedenen Gewässern überprüft. Der Basaldurchmesser einzelner Halme ändert sich im Jahresverlauf nicht ( $t_{\text{ab}}$ : n. s.).

### 1.1.3.2 Länge

Die Länge ist eine weitere, entscheidende Eigenschaft der Schilfhalme. Bei einem Vergleich von Halmen muss beachtet werden, dass Halme im Jahresverlauf länger werden. Saisonale Aspekte spielen eine entscheidende Rolle.

Die Durchmesser und Längen von im Jahr 2001 gemessenen Halmen sind umseitig in Abbildung 5 dargestellt. Zu Beginn der Vegetationsperiode sind die Halme durchgängig kurz. Im Verlauf des Jahres nimmt die Halmlänge zu, wobei der statistische Zusammenhang zwischen Länge und Durchmesser bis Ende Juni gering ist. Bis zu diesem Zeitpunkt gibt es für jeden Durchmesser einen weiten Längenbereich. Am Ende der Vegetationsperiode besteht eine hohe Korrelation zwischen Durchmesser und Länge, dickere Stängel werden länger.

Die maximale Länge eines Halms wird durch seinen Durchmesser begrenzt. In Abbildung 5U ist die Obergrenze der Stängellänge bei gegebenem Durchmesser als durchgezogene Linie dargestellt. Die möglichen Endlängen wurden bestimmt, indem für jeden Durchmesser der längste Halm ausgewählt wurde. Weiterhin musste er länger sein, als alle Halme mit kleinerem Durchmesser. Die Beziehung der erreichbaren Länge zum Durchmesser wird durch eine Wachstumsgleichung nach folgendem Schema beschrieben:

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

Hierbei sind:

- $L_D$  Die maximale Länge für einen gegebenen Durchmesser  $D$  [cm]
- $L_{\max}$  Die Länge des größten Halms im Untersuchungsgebiet [cm]
- $K$  Ein Maß für die Krümmung der Kurve
- $D_0$  Ein hypothetischer Durchmesser mit einer resultierenden Halmlänge von 0 [mm]

Die Werte der Faktoren der Ausgleichsfunktion in der Grafik wurden durch ein Näherungsverfahren mit dem EXCEL-Add-In 'SOLVER' bestimmt.

Für die absolute Maximallänge  $L_{\max}$  von Schilf-Halmen im Untersuchungsgebiet wurde ein Wert von 406 cm bestimmt. Dieser Wert wird durch die größte gemessene Länge von 410 cm unterstützt (gilt für 2001). 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 2000 ergab eine weit gehende Übereinstimmung, so dass auf eine detaillierte Darstellung verzichtet wird.

Die Parameter für die entsprechende Wachstumsgleichung waren:

$$L_D = 410 \qquad K = -0,22 \qquad D_0 = 0,8$$

Die maximale Länge  $L_D$  eines Halmes ist eine Eigenschaft, die von saisonalen Einflüssen unabhängig ist.

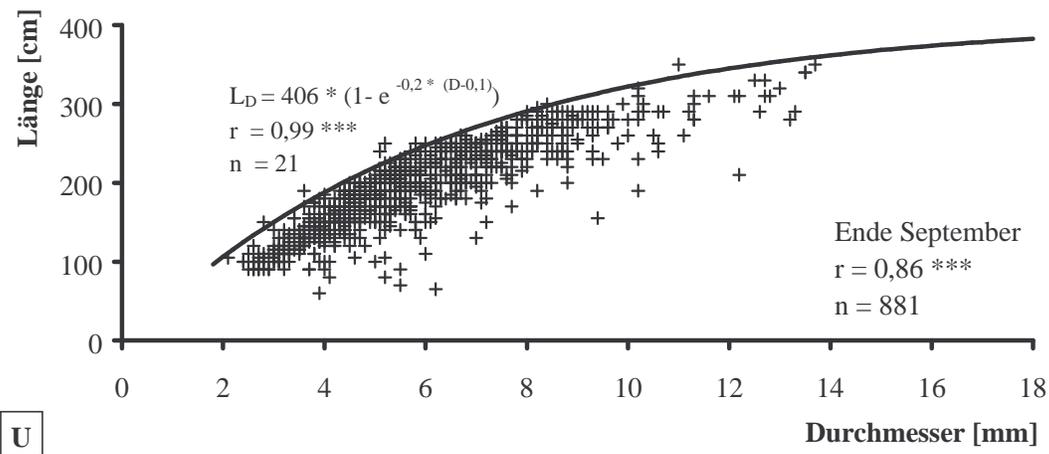
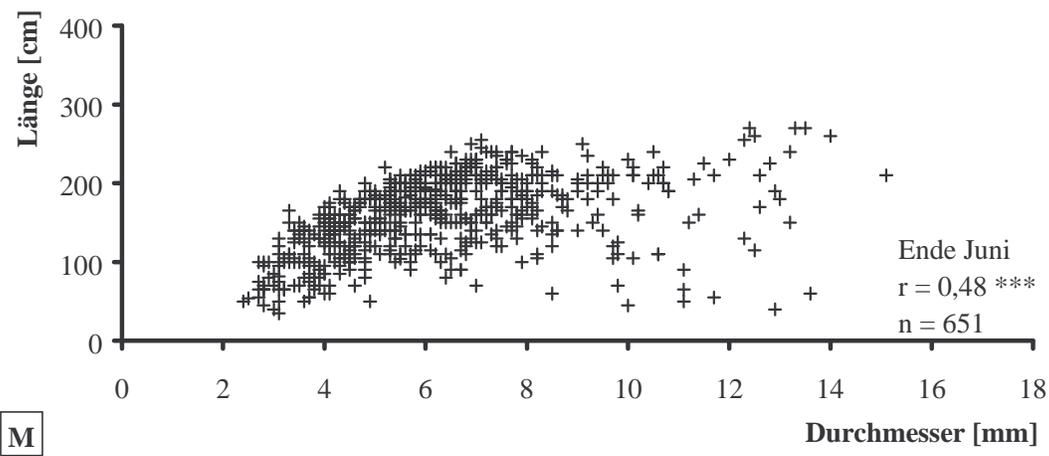
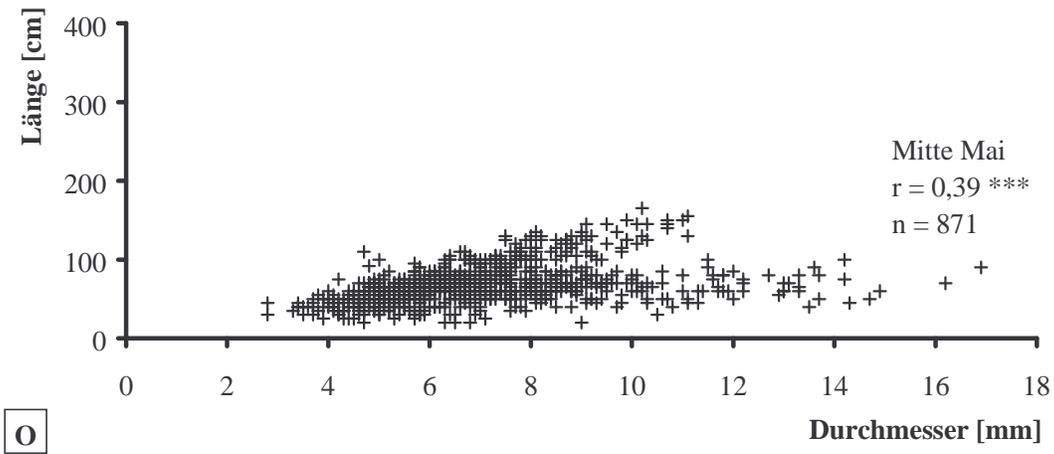


Abbildung 5: Die Länge von Schilfhalmen im Jahresverlauf

### 1.1.3.3 Halmmasse

Da der Durchmesser im Jahresverlauf unverändert bleibt, beschreibt die Länge das Wachstum einzelner Halme. Die Biomasse eines Halmes hängt von seiner Form und Größe ab, sie beinhaltet Durchmesser und Länge. Sie ist damit ein umfassenderer Wachstumsparameter.

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. Bei der Auswertung stellte sich jedoch heraus, dass die Feuchtmasse eines Halmes nicht linear von seinem Volumen sondern linear von seiner Oberfläche abhängt. Für die Feuchtmasse ( $M_F$ ) wurde nachstehender Zusammenhang ermittelt:

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

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:

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

Folgende Einheiten wurden gewählt:  $M$  [g];  $D$  [cm] und  $L$  [cm] sowie Konstante  $a$  [g/cm<sup>2</sup>] und Konstante  $b$  [g]. Um anschauliche Größenordnungen der Ausgleichsfunktionen zu erreichen, wird der Durchmesser in [cm] angegeben und an die Längeneinheit angeglichen.

### 1.1.3.4 Wachstumsphasen

Um das Längenwachstum genauer zu beschreiben, können die Nodien als feinere Einteilung des Stängels heran gezogen werden. Abbildung 6 zeigt die Anzahl der Nodien von unterschiedlich langen Halmen zu den drei Probestritten des Jahres 2000.

Die Ausgleichsgeraden für Mai und Juni sind vergleichsweise steil, der statistische Zusammenhang zwischen Länge und Nodienzahl ist hoch. Bis zum Sommer haben längere Halme also auch mehr Nodien.

Im Oktober ist der Zusammenhang deutlich geringer, die Gerade verläuft flacher. Gegen Ende der Vegetationsperiode findet also das Längenwachstum überwiegend durch eine Streckung der vorhandenen Internodien statt. Die Zunahme der Nodienzahl ist gering. Auslöser ist wahrscheinlich die Ausbildung der Rispe und nicht ein zeitlicher Aspekt. Wenn sich an der Halmspitze der Ansatz für einen Blütenstand entwickelt, können dort keine weiteren Nodien entstehen.

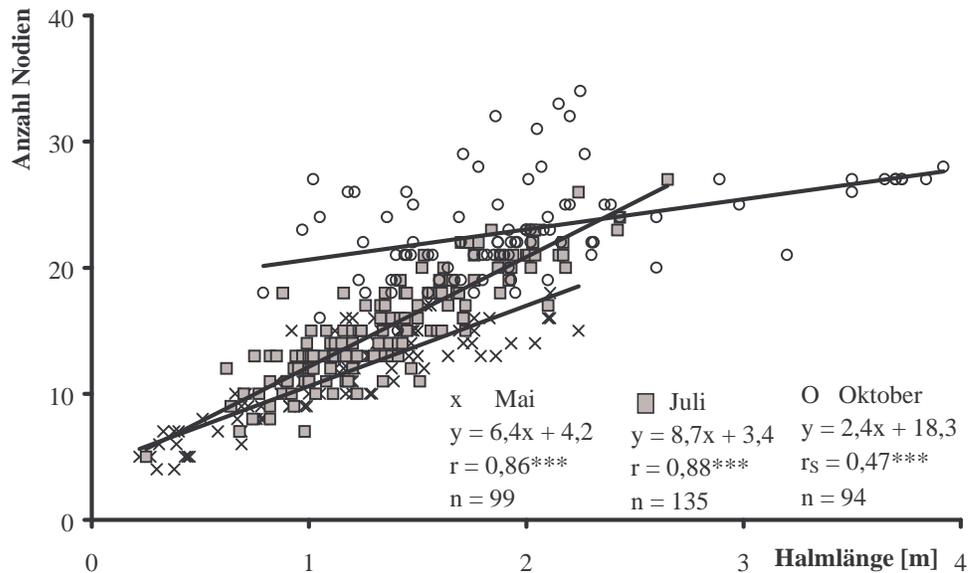


Abbildung 6: Die Wachstumsvorgänge bei Schilf

Es lassen sich zwei unterscheidbare Wachstumsphasen von Schilfhalmern erkennen. Die erste beinhaltet eine Zunahme der Nodienanzahl, sie wird im Folgenden als Vorreifewachstum bezeichnet. Zu einem gewissen Zeitpunkt bilden sich Rispen aus, es kommen keine weiteren Nodien hinzu. Eine weitere Längenzunahme des Halmes geschieht ausschließlich durch die Reifestreckung der Internodien.

Beim Verständnis der Begriffe muss beachtet werden, dass das Vorreifewachstum eine Streckung der Internodien und eine Zunahme ihrer Anzahl beinhaltet. Beim Reifewachstum findet keine Zunahme der Nodienanzahl statt.

#### 1.1.4 Diskussion: Wie wächst ein Schilfhalm?

Die Ergebnisse in Kürze:



- Der Maximaldurchmesser eines Schilfhalmes ist ein konstantes Merkmal.
- Der Durchmesser begrenzt das Längenwachstum.
- Der Schilfstängel besteht aus einem zylindrischen und einem kegelförmigen Abschnitt.
- Das Längenwachstum eines Schilfhalmes im Verlauf einer Saison gliedert sich in zwei Phasen.

Der Durchmesser ist das für einen Vergleich von Schilfhalmern entscheidende Merkmal. Während alle anderen Eigenschaften wie Länge des Stängels oder Anzahl der Blätter und Nodien vom aktu-

ellen Entwicklungszustand und der Jahreszeit abhängen, ist der Durchmesser im Mai festgelegt und verändert sich nicht mehr (HARA et al. 1993, HASLAM 1969a, 1970a).

Der konstante Durchmesser ist durch die Zugehörigkeit von *Phragmites australis* zu den Einkeimblättrigen (*Monocotyledoneae*) gegeben. Diese Pflanzengruppe hat kein sekundäres Dickenwachstum. Der Vegetationskegel gibt den Durchmesser vor, eine spätere Vergrößerung des Querschnitts findet nicht statt. Ein ausgetriebener Halm hat demnach einen konstanten basalen Durchmesser und wird in die Länge wachsen ohne dicker zu werden.

Die Dicke eines Halms ist abhängig von seiner Art, dem Ort und Zeitpunkt seiner Entstehung sowie vom Alter des Rhizoms. Entscheidend ist die Tiefe, in der entstehende vertikale Halme aus dem horizontalen Rhizom entspringen. Je tiefer ihr Ursprung, desto dicker sind die Halme (HASLAM 1970a). Unterschiede können auch durch den Zeitpunkt der Knospenbildung entstehen (HASLAM 1969a). Wenn sie im Sommer oder Herbst angelegt werden, ist der Nährstoffgehalt der Wurzeln hoch, der Durchmesser groß. Die im Frühjahr angelegten Knospen von späteren Austrieben bilden aufgrund des geringen Nährstoffgehaltes der Wurzeln dünne Ersatzhalme aus.

Das Rhizom von Schilf dringt mit zunehmendem Alter tiefer in den Boden vor. Dadurch nimmt die Tiefe der Knospung und damit der Durchmesser der Halme zu (HASLAM 1969b). Ein Rückschluss von Halmdurchmessern auf das Alter des Rhizoms ist nicht möglich, weil auch bei alten Rhizomen dünne Halme in oberen Bodenschichten entspringen können.

Dünne, oberflächennahe Halme können durch drei Vorgänge entstehen:

- o Die Halme entspringen seitlich an den unterirdischen Sprossstellen der im Vorjahr abgestorbenen Halme.
- o In einigen Beständen wachsen bis in den Sommer hinein nachfolgende Austriebe dünner Halme, was zu hohen Halmdichten führen kann (Folgetriebe).
- o An zerstörten Halmen bilden sich oft noch innerhalb der Wachstumsperiode ein bis mehrere seitlich austreibende Sekundärhalme (Sekundärhalme).
- o Sonderfälle sind oberirdische Seitensprosse an zerstörten Halmen oder die Ausbildung von Legehalmen.

Die Form der Halme setzt sich aus einem zylindrischen und einem kegelförmig Bereich zusammen. Im unteren Bereich verjüngt sich ein Halm nicht und ist keinen saisonalen Änderungen des Durchmessers unterworfen. Für einen Vergleich sollten daher die Durchmesser im unteren Stängelbereich genutzt werden.

Der Durchmesser eines Halms limitiert seine mögliche Endlänge. Je dicker ein Stängel ist, desto stabiler wird er und desto länger kann auch der Halm werden. Nach KLÖTZLI (1973) steigt die Knickfestigkeit von Schilf exponentiell mit dem Durchmesser, was auch aufgrund physikalischer

Gesetzmäßigkeiten für die Festigkeit runder Hohlstäbe zu erwarten ist (WINKLER et al. 1967). In der Natur steigt die tatsächlich erreichte Halmlänge jedoch nicht exponentiell, sie nähert sich vielmehr einem Maximalwert von 4,1 m. Hier spielen die zunehmenden Beanspruchungen durch die Halmmasse und die Auswirkung von Wind, Regen oder Wellen eine begrenzende Rolle.

Wie auch in den weiteren Ausführungen gelten die angegebenen Werte nur für Schilfbestände, die sich mit den Gegebenheiten in der Lausitz vergleichen lassen. Beispielsweise gibt es irakische Schilfhalme mit Durchmessern von 32 mm, Längen von 8 m und mehr als 60 Internodien (RODEWALD-RUDESCU 1974), auf die sich die hier dargestellten Ergebnisse nicht übertragen lassen.

Die Länge zu einem gegebenen Zeitpunkt wird nicht durch den Durchmesser bestimmt, auch wenn dickere Halme länger werden können. Das tatsächlich stattfindende Längenwachstum kann von vielfältigen Faktoren wie Zeitpunkt der Knospung und des Austritts aus dem Boden (Emergenz), der Rispenbildung, Halmdichte, Nährstoffgehalt in Sediment und Wasser sowie von Schäden durch Wind, Wellenschlag oder Fraß abhängen. Angaben zur Abhängigkeit der Halmlänge vom Durchmesser (OSTENDORP 1993, OSTENDORP et al. 2001, RODEWALD-RUDESCU 1974) vernachlässigen Einflüsse von Zeit und Ort der Messung. Eine Längenangabe ohne Datum der Probennahme und Beschreibung der Umstände kann nicht für den Vergleich von Halmen genutzt werden, ist aber in der Literatur häufig zu finden. Der Zusammenhang zwischen Durchmesser und erreichbarer Länge ist hier erstmals quantifiziert. So kann die erreichte Länge der maximal erreichbaren Länge gegenübergestellt werden. Das erlaubt es, die Wachstumsbedingungen verschiedener Standorte zu vergleichen und den Einfluss von Umweltparametern zu überprüfen.

Die Halmmasse von Schilf kann als Zusammenfassung der Eigenschaften Durchmesser und Länge errechnet werden. Damit unterliegt sie einem starken jährlichen Zyklus. Die Berechnung der feuchten Halmmasse nach der Formel auf Seite 14 gilt nur für grüne, lebende Halme. Im Herbst werden Nähr- und Speicherstoffe in das Rhizom verlagert und dienen dort als Reserve für den Austrieb im nächsten Frühjahr (DINKA & SZEGLET 1999, GRANÉLI et al. 1992). Die absterbenden und vertrocknenden Halme verlieren Masse (MASON & BRYANT 1975) und die Gleichung ist nicht mehr mit den angegebenen Konstanten nutzbar. Die Biomasse individueller Halme kann als Indikator für den Zustand des Bestandes und die Habitateignung dienen. Die Masse von Halmen aus rückläufigen Beständen ist geringer (DINKA & SZEGLET 1998). Je größer die Biomasse eines Halms wird, desto größer ist auch die nach seinem Absterben anfallende organische Substanz und damit sein Beitrag zur Verlandung. Die Abhängigkeit der Halmmasse von der Halmoberfläche lässt sich anhand der Hohlkörperform erklären. Damit trägt der überwiegende Teil des Halmvolumens nicht zur Biomasse bei.

Da der Durchmesser konstant bleibt, ist die Entwicklung der Biomasse einzelner Halme nur von ihrer Länge abhängig. Die Länge von Halmen mit Rispe kann sich sehr stark unterscheiden, auch zu gleichen Jahreszeiten. Im Rahmen der Untersuchung reichte das Längenspektrum von 90 bis

410 cm. Neben der Begrenzung der Länge durch den Durchmesser spielen hier die Wachstumsphasen eine wichtige Rolle. Das Vorreifewachstum ist bei allen Halmen ausgeprägt. Es dient dem Aufbau des Stängels und der Blätter für die Fotosynthese. Die zweite Phase, die Reifestreckung, scheint meist von untergeordneter Bedeutung zu sein. Die Längen der meisten Halme bleiben ab Juli bis August konstant (ASAEDA & KARUNARATNE 2000, DYKJJOVÁ & HRADECKÁ 1976, HASLAM 1971). Es gibt jedoch Halme, die weiterhin wachsen und große Längen erreichen.

Die bisher dargestellten Ergebnisse zeigen ein kompliziertes Wechselspiel der Eigenschaften von Schilfhalmen. Der Durchmesser ist festgelegt und begrenzt die erreichbare Länge und Biomasse. Die tatsächlich erreichte Länge wird durch den Reifezustand und äußere Einflüsse bestimmt. Auf der Grundlage dieser Zusammenhänge werden im folgenden Abschnitt die Gegebenheiten in Beständen untersucht.

## **1.2 Die Schilfbestände**

### **1.2.1 Einleitung**

Als kleinste Wachstumseinheit bilden Halme eine grundlegende, aber keine ausreichende Beschreibung der Wachstumsvorgänge des Schilfröhrichts. Die Verlandung in Röhrichten entsteht durch die Ansammlung des organischen Materials aller Halme. Nicht nur die Länge oder der Durchmesser sind entscheidend, auch die Anzahl und die dadurch entstehende gesamte Biomasse spielen eine wichtige Rolle.

Die Halme von Schilfbeständen entstehen überwiegend durch Ausläufer, viele von ihnen sind untereinander verbunden. Die Halme wachsen zum Teil in hohen Dichten und beeinflussen sich gegenseitig. Sie alle benötigen Nährstoffe, Licht und Platz. Dadurch sind Merkmale wie Länge, Dichte oder Biomasse nicht unbegrenzt steigerungsfähig. Beispielsweise können sehr lange Halme weniger Nährstoffe in die Ausbreitung oder in folgende Austriebe investieren. Um die Verlandung in den Karpfenteichen zu beschreiben, müssen diese internen Wechselwirkungen bekannt sein. Für den Teichwirt ist es entscheidend, ob sich das Röhricht schnell ausbreitet oder eher in die Länge wächst. Die Beobachtung solcher Unterschiede des Wachstums war einer der Ausgangspunkte für die vorliegende Arbeit.

Schilfbestände mit unterschiedlichen Durchmessern, Halmlängen und Dichten treten in der Natur häufig auf. Diese so genannten Ökotypen können auch nahe beieinander vorkommen. Für ihre Entstehung gibt es zwei prinzipielle Erklärungen. Möglich wäre eine Veränderung der äußeren Erscheinung durch Umweltfaktoren. Nachgewiesen wurde ein solcher Zusammenhang z. B. für Wasserstand (MAUCHAMP et al. 2001), Nährstoffgehalt (BORNKAMM & RAGHI-ATRI 1986), Sauerstoffgehalt und Salinität (WIJTE & GALLAGHER 1996). Auch genetische Unterschiede können Ursache der verschiedenen Ökotypen sein (KOPPITZ 1999, KÜHL et al. 1999).

Das Ziel der nun folgenden Darstellung ist eine Einteilung der Röhrichte in typische Formen der Verlandung mit charakteristischen Eigenschaften. Die Entstehung der Verlandungsformen soll erklärt werden. Dann kann überlegt werden, welche Möglichkeiten einer Einflussnahme durch die Bewirtschaftung existieren.

### 1.2.2 Material und Methoden

Im ersten Untersuchungsjahr 2000 wurden an drei Terminen (Mai, Juli, Oktober) möglichst ausgedehnte Röhrichtflächen in 14 ausgewählten Teichen untersucht. Ein quadratischer Holzrahmen mit einer Seitenlänge von 1 m diente zum Markieren der untersuchten Areale (insgesamt 240). Den Arealen wurde eine charakteristische Lagebeschreibung zugeordnet (Charakter). Es wurde zwischen Außenschilf an der Ausbreitungsfront des Geleges, Zentralschilf in dichten Schilfbeständen und Uferschilf unterschieden. Von den in der 1 m<sup>2</sup> großen Fläche befindlichen Pflanzenarten wurden die Anzahl lebender Exemplare und der Anteil mit Blüten gezählt. Im Frühjahr wurden auch abgestorbene Halme von *Phragmites australis* erfasst. Es wurden mindestens zwei Probenareale pro Charakter ausgezählt. Die oberirdischen Längen des größten, des kleinsten und von zehn zufällig gewählten Exemplaren jeder Art im Probenareal wurden gemessen. Bei *Phragmites australis* wurden die Durchmesser der zufällig gewählten Halme bestimmt (insgesamt 1 870 Halme).

Im zweiten Untersuchungsjahr 2001 wurden neun Teiche untersucht. Die Untersuchungen fanden an vier Terminen statt (Mitte Mai, Ende Juni, Mitte August, Ende September). Es wurden dieselben Schilfbestände wie im vorherigen Jahr gewählt. Je nach Fragestellung und Anzahl erkennbarer Unterschiede zwischen vorhandenen Beständen kamen weitere hinzu. Die Anfangs- und Endpunkte von 10 m langen Transekten wurden markiert. Entlang der Transekte wurden sechs bis zehn Areale mit einer Fläche von 1 m<sup>2</sup> beprobt. Die Untersuchungen liefen wie im Vorjahr, es wurden jedoch die Längen von 25 zufällig gewählten Halmen pro Areal sowie die Längen und Durchmesser von 75 bis 100 Halmen pro untersuchter Zone gemessen. Die Untersuchungen umfassten 4 438 Längen sowie 2 780 Längen und Durchmesser von Halmen in 344 Arealen aus zwölf Beständen.

Im dritten Untersuchungsjahr 2002 wurden einmalig Anfang Juli 15 Teiche untersucht, davon drei VT. Die Untersuchung geschah wie im Vorjahr, es wurden insgesamt 173 Areale in 24 Beständen ausgezählt und Längen und Durchmesser von 1 891 Halmen gemessen.

Im ersten Untersuchungsjahr 2000 wurden die Durchmesser mit einer Plastik-Schiebelehre gemessen. In den folgenden Jahren 2001 und 2002 wurden die Durchmesser mit einer Schiebelehre mit Ablesehilfe (Nonius) gemessen, um Genauigkeit und Geschwindigkeit der Datenaufnahme zu erhöhen. Die Ergebnisse sind nicht vergleichbar.

Die Vorgehensweise bei der statistischen Auswertung wurde in Teil 1.1, Seite 8, beschrieben. Dem Anhang A1 können genauere Informationen zu den Probenahmen entnommen werden.

## 1.2.3 Ergebnisse

### 1.2.3.1 Durchmesser

Nach den in Teil 1.1 dargestellten Ergebnissen sind die Halmdurchmesser eine wichtige Eigenschaft zur Beschreibung der Schilfbestände. Bei einem Vergleich muss beachtet werden, dass im Laufe der Vegetationsperiode Folgeaustriebe und Sekundärhalme wachsen können. Diese weisen meist deutlich dünnere Durchmesser auf. Dadurch kommt es bei einigen Beständen zu Veränderungen des mittleren Durchmessers der Schilfbestände im Jahresverlauf. Für eine von saisonalen Einflüssen unabhängige Untersuchung der Bestände werden vorläufig nur die Durchmesser der im Frühjahr vorhandenen Stängel genutzt.

Bei einem Vergleich der Halmdurchmesser von verschiedenen Probenorten erkennt man deutliche Unterschiede der durchschnittlichen Dicke (Abbildung 7). Sowohl Bestände aus verschiedenen Teichen als auch verschiedene Bestände innerhalb eines Teiches lassen sich gegeneinander abgrenzen.

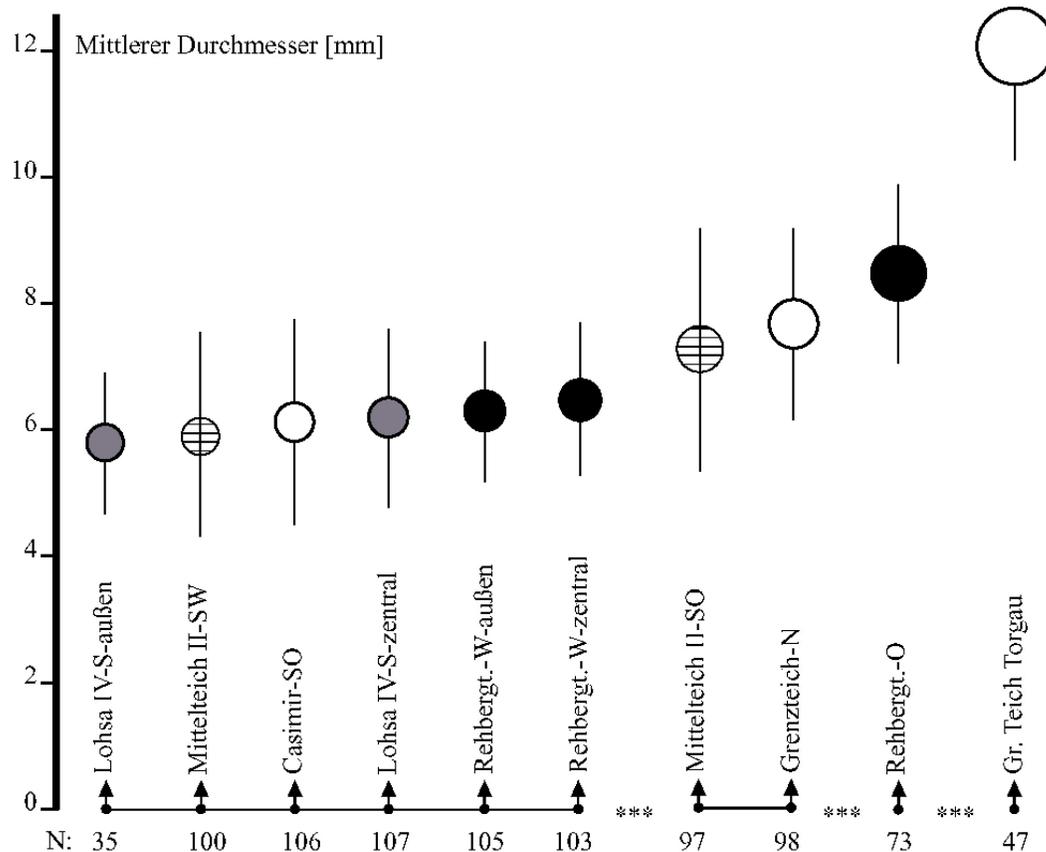


Abbildung 7: Größengruppen der Durchmesser von Schilfbeständen im Mai 2001  
 Angabe nach dem Schema Teichname - Himmelsrichtung - Bereich (falls nötig)  
 Mittelwerte und Standardabweichung, verbundene Pfeile sind Größengruppen.

Schilfbestände, die sich anhand des Durchmessers von anderen Beständen abgrenzen lassen, werden im weiteren Text als Bestandsform bezeichnet.

Anhand von Abbildung 7 lässt sich auch erkennen, dass eine Bestandsform nicht unbedingt das gesamte Röhricht eines Teiches charakterisiert. Im Rehbergteich und im Mittelteich kommen Bestände vor, die unterschiedlichen Durchmesser-Formen zugeordnet werden.

Im Rehbergteich und im Kippenteich Lohsa IV wurden in uferseinkrechter Anordnung Halme aus zentralen Bereichen und von der Ausbreitungsfront eines Bestandes gemessen. Die Durchmesser in den Außenbereichen sind in beiden Fällen dünner, unterscheiden sich aber nicht signifikant.

Die umfangreichste Probennahmen hinsichtlich der Anzahl untersuchter Bestände wurde im Juli 2002 durchgeführt. Die 24 untersuchten Bestände lassen sich anhand der mittleren Durchmesser in folgende Größengruppen einteilen.

**Tabelle 2: Die Durchmesser-Bestandsformen im Juli 2002 (D = Durchmesser)**

Form	Teich	Uferseite	Beschreibung	MW D	n D
sehr klein (--) D ≤ 4,0 mm	KT Lohsa IV	N	Zentral	3,9	53
	Kleiner Biwatsch	-	Zentral	4,2	70
klein (-) D: 4,1 – 5,0 mm	Mittelteich II	SW	Zentral	4,2	102
	VT 6		Zentral	4,5	102
	VT 22	-	Zentral	4,8	99
	Zipfelteich	-	Zentral	4,9	71
	Casimir	SO	Zentral	5,0	98
	VT 10	-	Zentral	5,3	100
mittel (0) D: 5,1 – 7,5 mm	Truppener Teich	-	Zentral	5,3	104
	KT Lohsa I	N	Außen	5,6	96
	Großer Biwatsch	W	Zentral	5,8	84
	KT Lohsa IV	S	Zentral	6,2	95
	Casimir	W	Schilfinzel	6,5	50
	Mittelteich II	SO	Außen	6,5	109
	Rehbergteich	W	Zentral	6,6	93
eher groß (0+)	Lohsa II	S	Zentral	7,1	65
groß (+) D: 7,5 – 9,0 mm	Grenzteich	N	Außen	7,7	79
	Mittelteich II	N	Außen	7,7	101
	Grenzteich	O	Außen	7,8	20
	Grenzteich	O	Schilfinzel	8,4	51
	KT Lohsa I	S	Außen	8,7	53
	Rehbergteich	O	Außen	8,9	102
sehr groß (++) D > 9,0 mm	Großer Teich Torgau	N	Zentral	9,6	94

Die statistische Trennung der Bestandsformen wird ungenauer, je mehr Bestände untersucht werden. Die Varianz der Durchmesser ist sehr unterschiedlich. Die Trennung der Formen wurde daher paarweise vorgenommen (t:\*).

Die z. T. geringen Unterschiede zwischen den Wachstumsformen und die hohe Variabilität zwischen den Untersuchungsjahren bedeuten, dass der mittlere Durchmesser von Beständen kein unveränderliches Unterscheidungsmerkmal ist. Vielmehr sind die Übergänge fließend, die Bestände befinden sich innerhalb eines Jahres und zwischen den Jahren in einer Entwicklung. Der gleiche Bestand kann je nach Jahr der Probennahme unterschiedlichen Wachstumsformen zugeordnet werden.

### 1.2.3.2 Längen

Im Teil 1.1 der vorliegenden Arbeit wurde festgestellt, dass dickere Halme länger werden können. Der Durchmesser gibt also ein Wachstumspotenzial vor. Nun stellt sich die Frage, wie die Bestandsformen ihre Wachstumsmöglichkeiten ausnutzen.

Die Ausprägung der Längen in Abbildung 8 stimmt mit der Gruppierung in Bestandsformen anhand vom Durchmesser nur bedingt überein. Die Längen der Halme in den VTs spiegeln die vorgenommene Einteilung wider, sie liegen durchweg im unteren Bereich. Auch die Halme aus dem Großen Teich Torgau entsprechen den Voraussagen - die dicksten Halme werden auch die längsten. Bei den dazwischen liegenden Durchmesser-Formen treten hingegen große Schwankungen innerhalb und zwischen den Jahren auf.

Am Anfang des Jahres ist die Länge der Halme unabhängig von ihrem mittleren Durchmesser, alle Halme sind noch kurz (die Daten vom Frühjahr 2000 sind nicht verwertbar, die Probennahme zog sich zu lange hin). Auch im Oktober 2000 lässt sich kein Zusammenhang zwischen der erreichten Länge und dem mittleren Durchmesser erkennen. Im Folgejahr jedoch werden dickere Halme tendenziell auch länger.

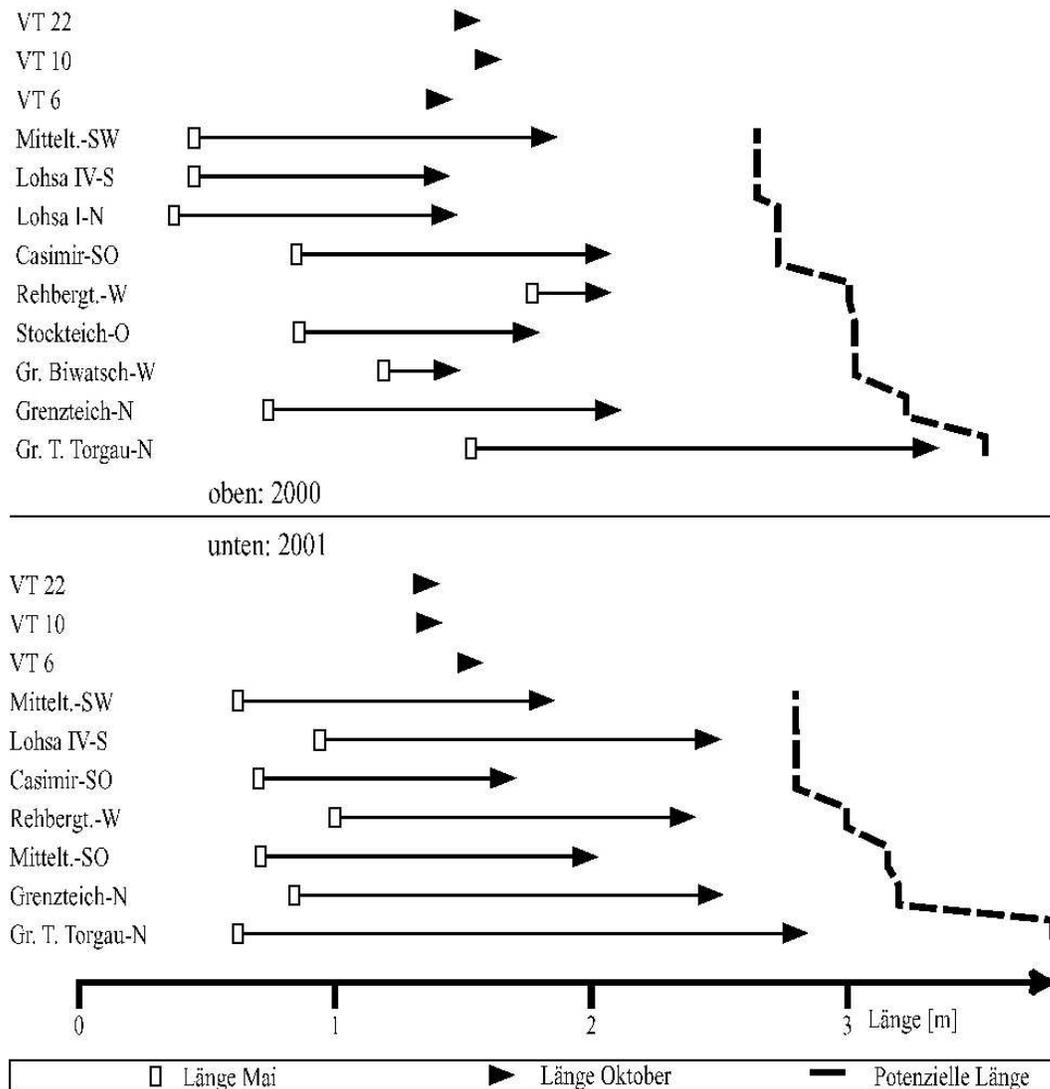
Auch innerhalb ähnlicher Bestandsformen ist das Längenwachstum sehr unterschiedlich. Die Halme der kleinen Bestandsform Casimir-SO waren im Jahr 2000 eher länger und im folgenden Jahr deutlich kürzer als die benachbarten Durchmesser-Gruppen, beim Kippenteich Lohsa IV-S war es umgekehrt. Die Längenentwicklung der Bestände scheint von kurz- bis mittelfristig wirksamen Faktoren abhängig zu sein. Neben dem Zeitpunkt der Untersuchung kommen variable Einflüsse wie Temperatur, Licht oder Nährstoffgehalt in Frage.

Durch die großen Wachstumsunterschiede ist die Länge nur in Kombination mit dem Durchmesser zur Beschreibung von Schilftypen geeignet. Betrachtet man nur die erreichte Länge im Oktober so ähneln z. B. die stark ausbreitenden Bestände in den VT oder in Lohsa IV den zurückgehenden Schilfbeständen im Großen Biwatsch.

Nicht nur die absolute Halmlänge der Bestände kann als Merkmal untersucht werden, auch der Vergleich mit der erreichbaren Länge liefert zusätzliche Informationen. Es gibt deutliche Unter-

schiede in der Ausnutzung des Wachstumspotenzials bei verschiedenen Schilftypen und in unterschiedlichen Jahren. Der Längenquotient aus erreichter und erreichbarer Länge ist für alle Halme mit 71 % im Jahr 2001 etwa 5 % größer als im Vorjahr. Es scheinen also generell bessere Wachstumsbedingungen vorgelegen zu haben.

Die Halme aus dem Großen Teich Torgau oder dem Casimir-SO wuchsen jedoch in diesem Jahr schlechter, gerade wenn man den Anstieg der erreichbaren Länge beachtet.



**Abbildung 8:** Die Halmlängen der Bestandstypen in den ersten beiden Untersuchungsjahren Sortierung der Teiche jeweils aufsteigend nach mittlerem Durchmesser

### 1.2.3.3 Dichten und Biomassen

Die Verlandung in Röhrichten entsteht durch die Ansammlung von organischem Material. Die insgesamt anfallende pflanzliche Biomasse ist abhängig von der Masse einzelner Halme. Entscheidend ist weiterhin die Anzahl der vorhandenen Halme pro Fläche, also die Halmdichte. Im Folgenden wird zwischen der Halmmasse (in g pro Halm) und der flächenbezogenen Biomasse (in kg pro m<sup>2</sup>) unterschieden.

In Abbildung 9 sind die Halmdichten als Funktion der mittleren Basalfläche der Stängel dargestellt. Für die Auswertung wurden die Daten aus den Untersuchungsjahren 2000 und 2001 zusammengefasst. In die Auswertung fließen nur Dichten aus zentral gelegenen Zonen im Röhricht ein, also in Bereichen mit relativ stabilen Wachstumsbedingungen.

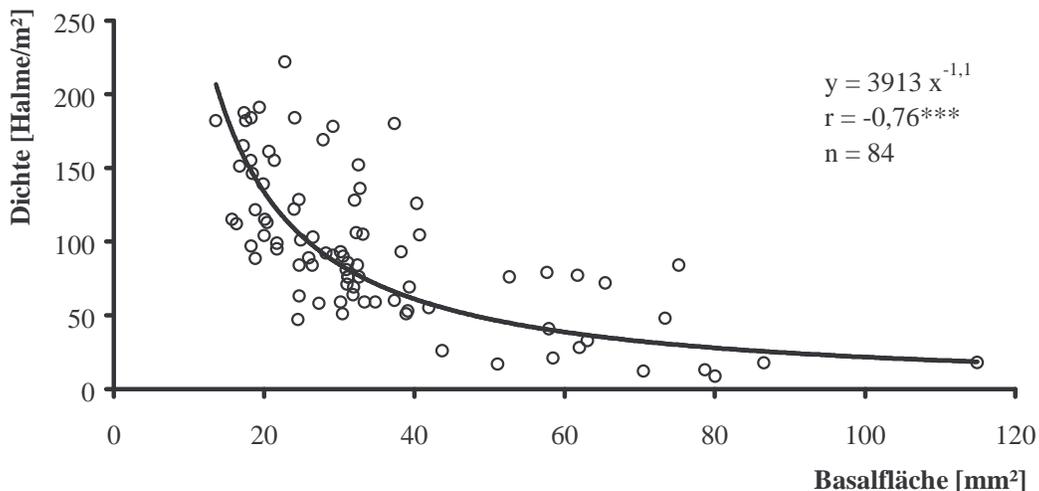


Abbildung 9: Halmdichten in zentralen Schilfzonen in Abhängigkeit von der Basalfläche

Je dicker die Halme sind, desto geringer ist ihre Dichte. Der errechnete Zusammenhang ist vergleichsweise eindeutig, bei doppelter Basalfläche ist die Dichte etwa halb so groß.

Bei einem Vergleich der rein flächenmäßig maximal möglichen Halmdichte und der tatsächlich beobachteten Dichte ergibt sich ein mittlerer Flächenbedarf der Halme vom 400 bis 450fachen ihrer Basalfläche.

An den Vorder- bzw. Ausbreitungsfronten der Schilfzonen gibt es keinen erkennbaren Zusammenhang zwischen Halmdichten und -durchmessern ( $r = -0,18$ ; n. s.,  $n = 72$ ). Mit einem Mittelwert von 90 Halmen/m<sup>2</sup> und einer Standardabweichung von 48 sind die Dichten hier sehr unterschiedlich.

Es gibt keinen nachweisbaren Zusammenhang zwischen dem mittleren Durchmesser der Halme bzw. deren Basalfläche und der flächenbezogenen Biomasse in zentralen Beständen ( $r_s = 0,03$ , n. s.,  $n = 81$ ). Das gilt auch, wenn nur Biomassen im Herbst betrachtet werden ( $r = 0,11$ , n. s.,  $n = 26$ ). Die mittlere Feuchtmasse aller Bestandstypen im Herbst beträgt  $2,2 \pm 0,8$  kg/m<sup>2</sup>, die Trockenmasse dementsprechend  $0,9 \pm 0,3$  kg/m<sup>2</sup>.

### 1.2.3.4 Wachstumsphasen und Rispenbildung

Die erreichbare Länge von Schilfhalmern ist durch ihren Durchmesser begrenzt. Es gibt große Unterschiede zwischen den Längen der Halme verschiedener Bestandsformen. Andererseits beendet die Ausbildung einer Rispe die Bildung neuer Nodien. Wie entstehen die Längenunterschiede zwischen den Bestandsformen?

Die folgende Abbildung 10 verdeutlicht anhand der Nodienzahl die Wachstumsvorgänge der Bestände. Zeitliche Einflüsse sind hier vernachlässigt, so dass die Länge stellvertretend für die Entwicklung eines Halmes im Jahresverlauf steht.

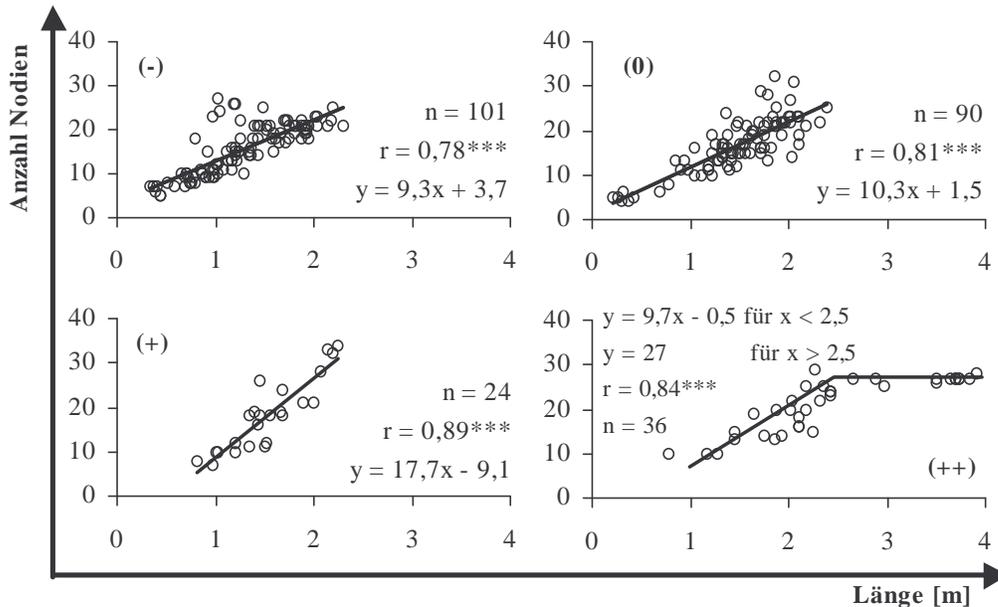


Abbildung 10: Das Wachstumsverhalten der Bestandsformen im Jahr 2000

Auffällig ist die sehr große Bestandsform aus dem Großen Teich Torgau (++). Bis zu einer Halmlänge von etwa 2,3 m nimmt die Nodienzahl mit der Halmlänge zu. An diese Phase des Vorreifewachstums schließt sich ein Längenbereich mit konstanter Nodienzahl an, die Reifestreckung. Nur die Wachstumsform aus dem Großen Teich Torgau zeigt diesen Vorgang.

Die kleinen (-), mittleren (0) und großen (+) Formen haben keine erkennbare Reifestreckung. Ein Längenwachstum bei gleich bleibender Nodienzahl tritt nicht auf. Die Anzahl der Nodien pro Halmlänge (= die Steigung der Ausgleichsgeraden) steigt mit der Größe der Wuchsform.

Dickere Halme haben also mehr Zwischenknoten und können dadurch und durch die erhöhte Halmstabilität länger werden.

Wie bereits dargestellt, beendet die Ausbildung einer Rispe das Vorreifewachstum. Die Reifestreckung tritt nur bei Halmen aus dem Großen Teich Torgau auf. Das bedeutet nicht, dass nur in Torgau Rispen auftreten. Es bedeutet vielmehr, dass Halme der anderen Bestandsformen ihr Längenwachstum nach der Rispenbildung beenden. Die Ausprägung der Rispenbildung bei den Wachstumstypen wird daher im nächsten Teil untersucht.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Rispenbildung am Ende der Vegetationsperiode sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

**Tabelle 3: Statistische Auswertung der Rispenbildung am Ende der Vegetationsperiode**

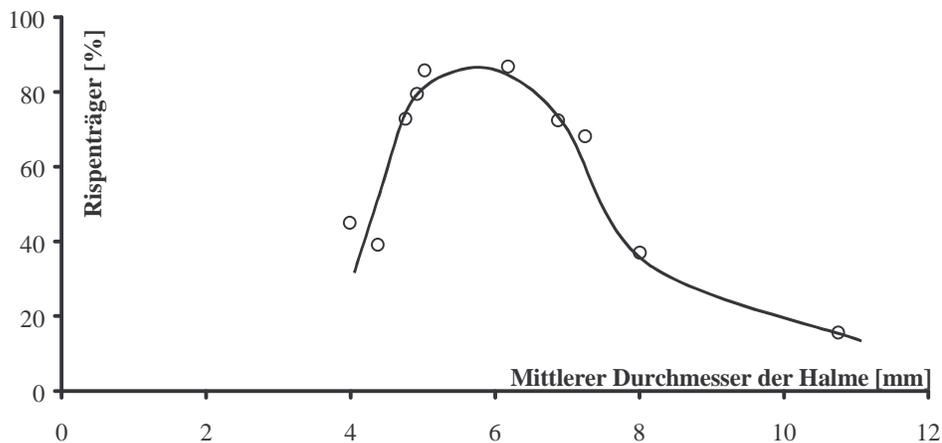
	Verglichene Parameter	Korr. Koeff.	n	p	Test
Ergebnisse a	1. n Halme - n Rispen 2000	0,55	68	***	Pearson
	2. n Halme - n Rispen 2001	0,72	61	***	"
Ergebnisse b	1. n Halme - % Rispen 2000	0,07	68	n. s.	Pearson
	2. n Halme - % Rispen 2001	0,30	61	n. s.	"
Ergebnis c	Bestandsform - % Rispen 2001	-	7	*	ANOVA

n = Anzahl; % = Anteil

Die Anzahl von Halmen mit ausgebildeter Rispe ist von der Halmdichte abhängig. Je mehr Halme es gibt, desto mehr Rispen werden auch gebildet. Der prozentuale Anteil der Halme, die eine Rispe ausbilden, ist dadurch unabhängig von der Dichte (Ergebnisse a und b).

Die Wachstumstypen unterscheiden sich hinsichtlich ihrem Rispenanteil (Ergebnis c). Bei mittleren Formen gelangten im Jahr 2001 ca. 60 % aller Halme zur Reife, bei großen etwa 20 %, bei den sehr großen Halmen blühten lediglich 7 %.

In diesem Bereich scheint eine negative Abhängigkeit zwischen dem mittleren Durchmesser und der Ausbildung von Rispen vorzuliegen. Im Bereich von sehr dünnen und sehr dicken Halmen ist die Datenbasis gering, diese Formen kommen selten vor. Abbildung 11 bezieht auch kleine Formen ein und deutet auf einen Zusammenhang in Form einer Normalverteilung hin. Demnach nehmen die Rispenanteile im oberen und unteren Bereich der Durchmesser ab, im mittleren Bereich sind sie hoch.



**Abbildung 11: Möglicher Zusammenhang zwischen Durchmesser und Rispenbildung**

### 1.2.3.5 Saisonale Entwicklung

Die Halmlänge und damit die Biomasse von Schilfbeständen sowie der Einfluss der Wachstumsphasen sind abhängig von der Entwicklung der Halme im Jahresverlauf. Die Bestandsformen unterscheiden sich durch charakteristische saisonale Entwicklungen von Durchmesser, Länge und Dichte.

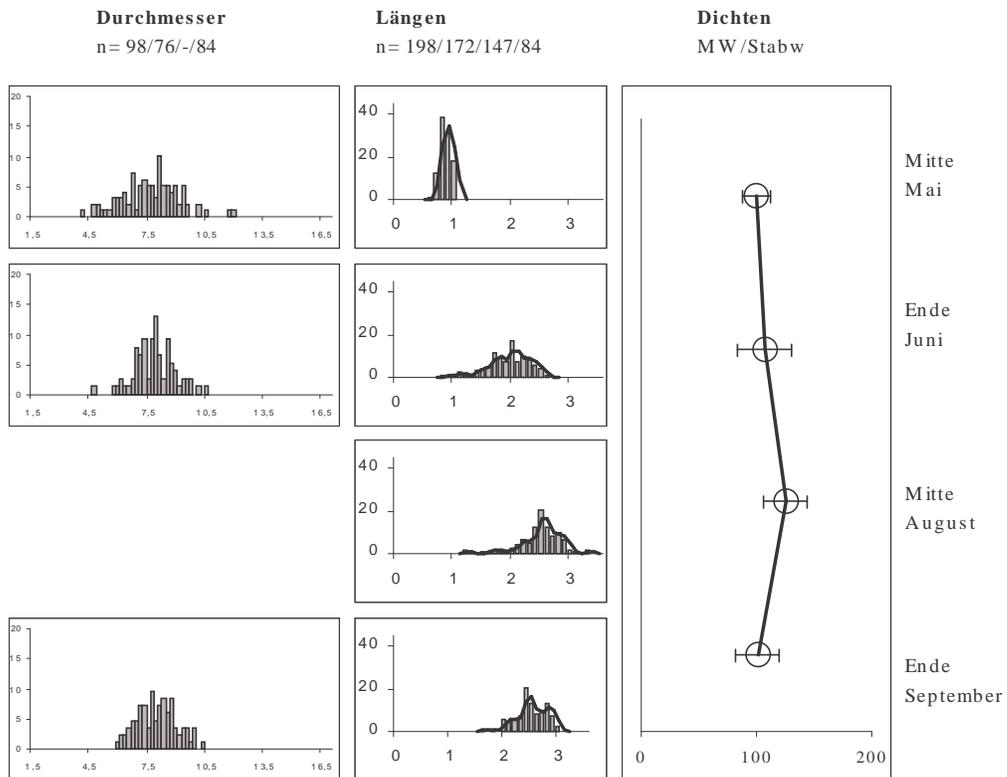
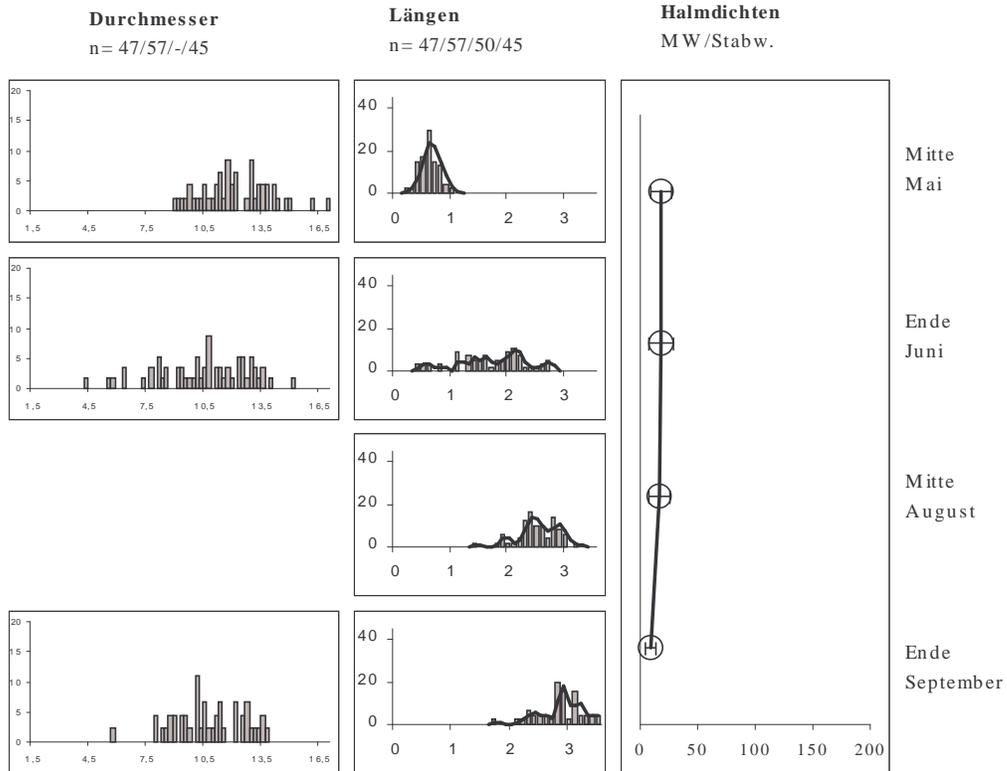
Die Entwicklung der Bestandsformen wird anhand der Untersuchungen des Jahres 2001 beispielhaft dargestellt. In den folgenden Abbildungen werden Häufigkeiten genutzt, also relative Angaben. Eine Verschiebung der Häufigkeiten von Länge oder Durchmesser zu kleineren Werten kann also bedeuten, dass kleine Halme hinzukommen oder dass große Halme absterben. Anhand der Dichten lassen sich die Ursachen erkennen.

Bei dem sehr großen Bestand aus dem Großen Teich Torgau entspringen im Frühjahr dicke Knospen mit einem weiten Spektrum des Durchmessers. Die Halmdichte ist auffallend gering und sinkt im Jahresverlauf weiter. Einige der dickeren Halme sterben ab, es wachsen wenige dünnere Halme folgender Austriebe nach. Gegen Ende der Wachstumsperiode erreichen die Halme große Längen (Abbildung 12A).

Die Wachstumsform aus dem Grenzteich ist ein großer Bestand. Hier bleiben die Dichten und die Durchmesser im Jahresverlauf etwa konstant. Die Halme erreichen im August ihre Endlänge zwischen 2 und 3 m. Es gibt kaum später austreibende Halme, die Verluste sind gering (Abbildung 12B).

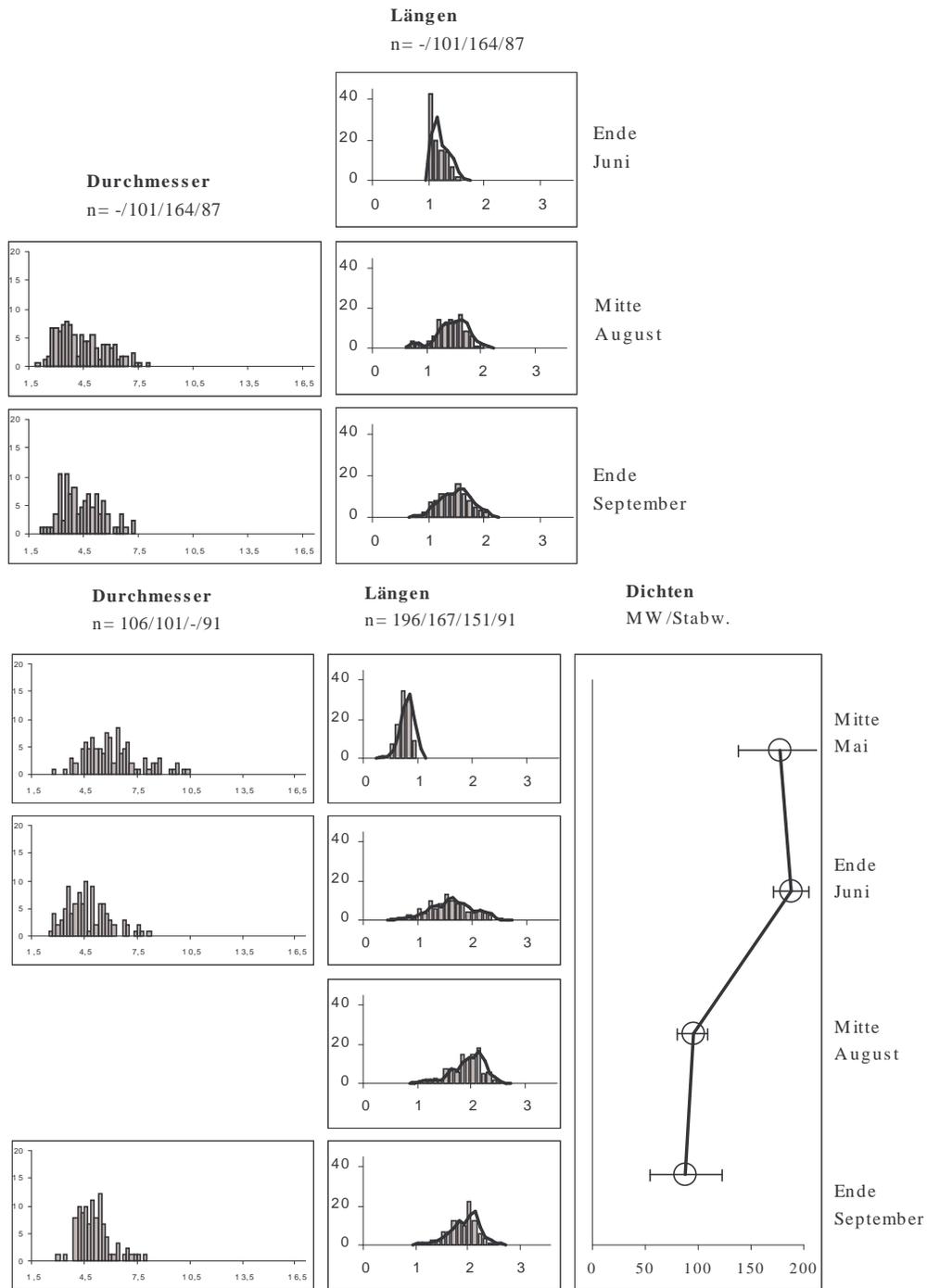
Im Bereich der mittleren und kleinen Bestandsformen lassen sich drei Entwicklungstypen erkennen. Diese sind nicht eindeutig den Bestandsformen zuzuordnen:

1. Beim normalen Wachstum entwickelt sich der erste Austrieb wie bei großen Beständen, nachfolgende Halmaustriebe sind selten. Die Durchmesser sind jedoch kleiner und die Halme erreichen Längen von zwischen 2 und 3 m. Diese Entwicklung überwiegt bei mittleren Bestandsformen. Beispiel ist der Bestand Kippenteich Lohsa IV-S (ohne Abbildung, vergleiche 12B).
2. Das Wachstum in Bülden oder Horsten überwiegt bei den kleinen Formen. Hier treten hohe Halmdichten auf, die bis Ende Juni weiter zunehmen. Dann nimmt die Dichte stark ab. Dickere und längere Halme sterben, wodurch am Ende der Vegetationsperiode Halme von etwa 2 m Länge überwiegen. Diese Art der Entwicklung war bei kleinen Bestandsformen häufig, Beispiele sind Mittelteich II-SW und Casimir-SO (Abbildung 12C).
3. In den Versuchsteichen und im Truppener Teich wächst Schilf, das sich seit höchstens fünf Jahren dort ausbreitet. Das Wachstum solcher Jungschilf-Bestände ist durch variable, während der Vegetationsperiode zunehmende Dichten zwischen 40 und 200 Halmen/m<sup>2</sup> gekennzeichnet. Die Durchmesser bleiben klein, die erreichten Endlängen mit 1 bis 2 m ebenfalls (Abbildung 12D, ohne Angabe der Dichten aufgrund der hohen Variabilität).



A (oben): Großer Teich Torgau - sehr großer Bestand

B (unten): Grenzteich-N - großer Bestand



C (oben): Casimir - Büldenbildender Bestand

D (unten): Versuchsteich 10 - Jungschilf

**Abbildung 12: A-D Wachstumsmerkmale ausgewählter Bestände (diese und vorherige Seite)**

#### 1.2.4 Diskussion: Wie verlanden Karpfenteiche?

Die Ergebnisse in Kürze:



- o Schilf bildet Bestandsformen, die sich durch ihre mittleren Durchmesser, die Wachstumsphasen und die Rispenbildung unterscheiden.
- o Dünne Halme wachsen in hohen Dichten, dicke Halme in geringen. Dadurch bleiben die Biomassen pro Fläche in etwa gleich.
- o Die Bestandsformen unterscheiden sich weiterhin durch ihre saisonale Entwicklung.

Das deutlichste Ergebnis der Untersuchung sind die großen Unterschiede zwischen verschiedenen Beständen. Schilf ist nicht gleich Schilf, an verschiedenen Standorten können verschiedene Formen von Schilf vorkommen. Die Unterschiede lassen sich an zwei wesentlichen Gesichtspunkten festmachen:

- o den Bestandsformen, die durch den Durchmesser vorgegeben werden und
- o den Entwicklungstypen, die anhand der jahreszeitlichen Entwicklung von Durchmesser, Länge und Dichte erkennbar sind.

Nur anhand beider Aspekte, den Eigenschaften und ihrer Entwicklung, können die Unterschiede zwischen den Schilfbeständen erklärt werden.

Wie dargestellt, unterscheiden sich die Bestände deutlich im mittleren Durchmesser. Damit sind Unterschiede in den Entwicklungsmöglichkeiten der Halme vorgegeben. Die Halme von dünnen Bestandsformen können gar nicht die Länge der dickeren Halme erreichen.

Die Durchmesser einzelner Halme ändern sich nicht, es kann jedoch zu einer Entwicklung des mittleren Durchmessers von Beständen kommen. Spätere Austriebe oder Seitenhalme an zerstörten Stängeln können im Jahresverlauf zu insgesamt dünneren Durchmessern führen. Dickere Folgeaustriebe kommen nur selten vor.

Das Rhizom dringt mit zunehmendem Alter tiefer in den Boden vor und die daraus entspringenden Halme werden dicker (HASLAM 1969a). Daher wird der mittlere Durchmesser eines Bestandes langfristig zunehmen und sich die erreichbare Länge der Halme ändern. Die Bestandsform beschreibt also einen Zustand von Schilf und nicht ein unveränderliches Merkmal.

Die Durchmesser geben die Ausgangsvoraussetzung für das Längenwachstum vor. Die tatsächlich erreichte Länge ist ein Hinweis darauf, wie gut die Voraussetzungen genutzt werden. Das gilt sowohl für einzelne Halme als auch für Bestände. Karpfenteiche bieten prinzipiell gute Wachstums-

bedingungen für Schilf. Daher sind dicke Wachstumsformen meist auch länger. Dennoch stimmt die erreichte Länge der Halme nicht immer mit den Erwartungen anhand der Durchmesser überein. Die tatsächlich erreichte Länge kann Einflüssen wie dem lokalen Wetter (Bewölkung, Wind), Nährstoffgehalt des Teiches oder dem Einfluss der Bewirtschaftung unterliegen. Auch kleinräumig und kurzfristig können äußere Faktoren die Länge beeinflussen. So war erkennbar, dass bei einigen Beständen dickere und damit potenziell längere Halme übermäßig durch Insekten oder Milben zerstört werden.

Nicht nur die Länge, auch die Dichte wird vom Durchmesser der Halme beeinflusst. Es ist verständlich, dass dicke und lange Halme in geringeren Dichten auftreten als kleine und dünne. Wenn langfristig der mittlere Durchmesser und damit die mögliche Halmlänge von Beständen zunehmen, so nimmt gleichzeitig die Dichte der Halme ab. Insgesamt kommt es also zu einer Änderung der Wachstumsform mit dem Alter des Bestandes.

Neben der Bestandsform unterscheidet die saisonale Entwicklung die vorkommenden Bestände. Anhand der genannten Eigenschaften Durchmesser, Länge und Dichte lassen sich typische Entwicklungsformen erkennen, die mit den Bestandsformen zusammenhängen, aber nicht gleichbedeutend sind. Stark vereinfacht, bildet Schilf innerhalb des Jahres entweder viele kurze oder wenige lange Halme aus.

Wie kommt es zu den unterschiedlichen Bestandsformen und ihren verschiedenen Entwicklungsarten?

Verantwortlich hierfür ist eine langfristige Änderung der Schilfbestände im Laufe der Verlandung. In der vorliegenden Arbeit geht es hierbei nicht um den vollständigen Übergang von Wasserflächen zu Land sondern um Veränderung innerhalb der Schilfflächen. Nur wenn klar ist, wie sich Schilfbestände von alleine entwickeln, kann der Einfluss äußerer Faktoren wie Standort oder Bewirtschaftung abgeschätzt werden. Die Eigendynamik von Schilfbeständen ist ein bekanntes Phänomen (ISELI 1990), die dargestellten Szenarien beziehen sich aber auf den Rückgang in natürlichen Gewässern.

Auf der Grundlage der eigenen Ergebnisse wird der Ablauf einer unbeeinflussten Bestandsentwicklung für Karpfenteiche entwickelt. Die umseitige Abbildung 13 stellt dar, wie sich ein Schilfbestand in einem neu angelegten oder vollständig rekonstruierten Teich entwickeln würde. In diesem Teich gibt es durch flache Ufer und geringe Tiefen keine Ausbreitungsgrenzen. Mit der Kurzdarstellung der Auswirkungen auf Gewässerboden und -fläche wird etwas auf den nächsten Abschnitt vorgegriffen.

Im Verlauf einer unbeeinflussten Verlandung durchläuft ein Bestand eine prinzipielle Entwicklung von dünnen, kurzen Halmen in hohen Dichten zu dicken, langen Halmen in geringen Dichten. Es

gibt eine langfristige Bestandsentwicklung, eine Abfolge von Zuständen der Röhrichte mit unterschiedlichen Eigenschaften. Diese Entwicklung ist ein kontinuierlicher Prozess, die Zuordnung eines Bestandes zu einem Verlandungsstadium nicht immer eindeutig. Der zeitliche Ablauf der Sukzession kann in Karpfenteichen schnell vonstatten gehen. Schätzungen der Dauer bis zur vollständigen Verlandung eines Teiches liegen bei etwa zehn Jahren (STEFFENS mündl. Mitt.).

Durch die zeitlichen Vorgänge der Verlandung gibt es auch eine entsprechende örtliche Gliederung der Bestände. Die jungen Halme an der Ausbreitungsfront können dem invasiven Typ (Nr. 2) entsprechen, während sich ältere, zentral oder uferseitig gelegene Bereiche bereits im Zustand der Etablierung oder Alterung (Nr. 3, 4) befinden.

Bei all diesen Überlegungen ist zu beachten, dass es sich um ein Modell handelt. Die Übergänge zwischen den Bestandsformen sind fließend und keineswegs zwingend. Die Verlandungsgeschwindigkeit kann von einer Reihe von Umweltfaktoren und der Bewirtschaftung abhängen. Beispielsweise befindet sich ein Bestand im Rehbergeich seit etwa 30 Jahren im Zustand der späten Invasion.

Das Modell der Bestandsentwicklung erklärt die Unterschiede zwischen den Wachstumsformen. Es gibt einen fließenden Übergang zwischen den Eigenschaften Durchmesser, Länge und Dichte bei den Beständen, der im Wesentlichen von ihrem Alter abhängt. Wie aber erklären sich die Unterschiede in der saisonalen Entwicklung?

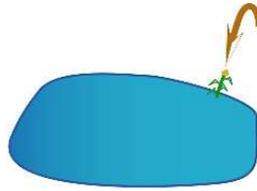
Es gibt Bestandsformen, die sich nicht in die genannten Verlandungsvorgänge einordnen lassen. Diese alternativen Entwicklungen sind in Karpfenteichen recht häufig. Sie führen zu den in Abbildung 14 dargestellten speziellen Verlandungsstadien. Für ein besseres Verständnis der Zusammenhänge wird auch hier auf den nächsten Abschnitt vorgegriffen:

## Flächenausbreitung

## Vertikale Struktur

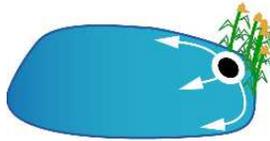
### 1 → Ansiedlung

Im Gewässer wird eine freie Uferfläche durch Samen oder Pflanzenteile neu besiedelt.



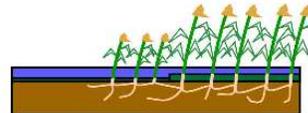
### 2 → Invasion

Es bildet sich ein Bestand aus dünnen und kurzen Halmen in höher werdenden Dichten, der sich schnell flächig ausbreitet. Die Anhebung des Gewässerbodens ist gering.



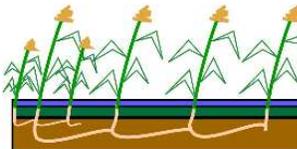
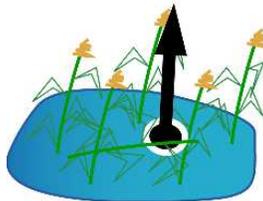
### 3 → Etablierung

Die Ausbreitungsgrenzen werden erreicht. Die Halme werden dicker und länger, die Dichten geringer. In zentralen Bereichen sammelt sich organische Substanz.



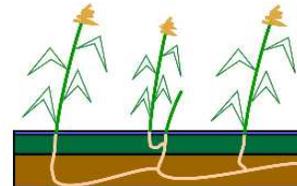
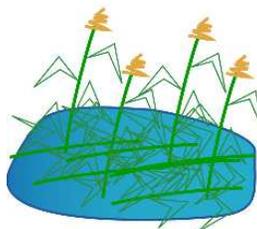
### 4 → Reife

Der Bestand ist geprägt von großen Durchmessern und Längen. Die Verlandung im Röhricht ist bereits fortgeschritten.

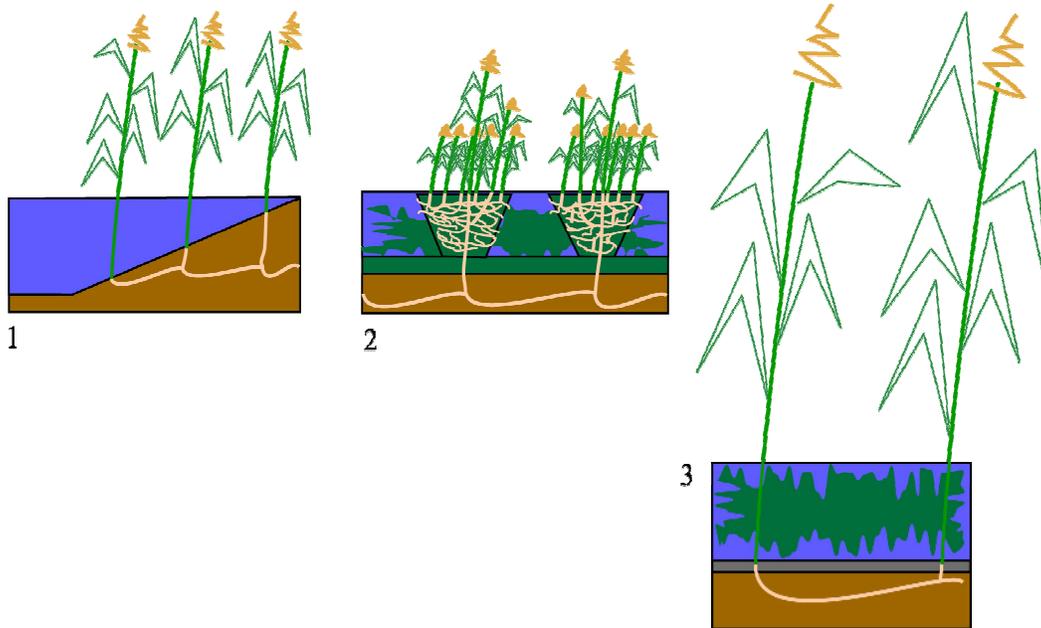


### 5 → Alterung

Es wachsen überwiegend dicke Halme, Ausnahmen sind Seitentriebe. Die Dichte ist gering, die Vitalität der Halme kann gering sein. Die Verlandung ist sehr stark.



**Abbildung 13:** Der Ablauf der Verlandung in einem Teich



**Abbildung 14: Spezielle Verlandungsstadien von Schilf**

- 1: Steilufer**
- 2: Bütenbildung**
- 3: Riesenform**

1) Das Steiluferschilf

Einige Teiche haben geschotterte und steil abfallende Ufer. In diesen Bereichen mit Gefällen von 75 bis 100 % sind die Halme dick und lang, das Schilf breitet sich nicht in Richtung Teichmitte aus. Ausbreitungshindernisse sind Gewässertiefe, Ufersteilheit und geschotterte Auflage. Das Steiluferschilf entspricht einem Spezialfall der Etablierung bis Reife, allerdings ohne nennenswerte Ansammlung von organischem Material.

2) Büten oder Horste

In zentralen Bereichen der Bestände wächst Schilf häufig in Form von Büten oder Horsten. Hierbei entstehen labyrinthartige Inselkomplexe mit dünnen Halmen in hohen bis sehr hohen Dichten. Die Inseln entstehen durch den Austrieb von Seitenhalmen über dem Sediment. An jedem vorjährigen Austrieb können mehrere Halme wachsen, die durch Rhizom und Wurzeln stark miteinander verflochten. Vereinzelt wachsen dickere Halme aus dem Sediment, sie bilden die Grundlage für folgende Austriebe. Die Horste werden über 50 cm dick, die organische Auflage zwischen und unter ihnen ist sehr groß. Derartige Bestände entsprechen einem Spezialfall der Reife, jedoch mit beinahe gegensätzlichen Eigenschaften. Das horstige Wachstum in Teichen unterscheidet sich von natürlichen Gewässern und ist kein Zeichen für einen Schilfrückgang.

### 3) Das Riesenschilf

Es gibt Schilfbestände mit sehr großen Durchmessern und Halmen von über 4 m Länge. Auf einem harten Substrat sammelt sich lockere organische Substanz, die vom Rhizom nicht durchwachsen wird. Durch die anwachsende organische Schicht entspringen die Schilfknospen zunehmend in größeren Tiefen. Dadurch werden sie sehr dick und die Halmdichte gering. Riesenschilf ist ein Spezialfall der späten Reife, es tritt im Rahmen der Untersuchungen nur im Großen Teich Torgau auf.

Die drei Spezialfälle entwickeln sich aus Schilf im Zustand der Etablierung bis Reife. Die Ausbreitungsgrenzen für die Bestände sind erreicht, es gilt den vorhandenen Lebensraum auszunutzen. Steilufer-, Bülden- und Riesenschilf können im Vergleich zu einer normalen Bestandsentwicklung (wie in Abbildung 13 dargestellt) langfristig stabil bleiben. In diesen Fällen ist der vollständige Übergang von Wasser zu Land aufgehalten (jedoch nicht gezwungenermaßen dauerhaft).

Die Bestandsentwicklung ist ein Vorgang der für das Schilf eher eine Änderung als eine Verbesserung darstellt. Dafür sind die komplizierten Verhältnisse bei den möglichen Wachstumseinheiten verantwortlich. Die Halme stehen miteinander im Wettkampf um Platz, Licht oder Nährstoffe. Andererseits sind mehrere Halme miteinander über das Rhizom verbunden und unterstützen sich, indem sie Nähr- und Speicherstoffe austauschen. Ein langer Halm hat zwar gute Bedingungen, schränkt aber das Wachstum anderer Halme ein. Kleine Halme bekommen weniger Licht, brauchen dafür aber auch weniger Platz. Insgesamt sind die Verlandungsstadien Kompromisse der Aspekte Durchmesser/Halmlänge und Halmdichte.

Weil eine steigende Länge auf Kosten der Dichte geht, bleibt die Biomasse unabhängig von der Wachstumsform. Die Masse des anfallenden organischen Materials ändert sich nicht. Mit etwa 0,9 kg/m<sup>2</sup> Trockenmasse im Herbst ist sie mit natürlichen Gewässern vergleichbar (siehe Anhang A2). Die Verlandungsgeschwindigkeit ist in Karpfenteichen aber höher. Dies kann durch den langen Zeitraum nachfolgender Austriebe erklärt werden. Absterbende Halme werden noch während der Vegetationsperiode durch neue ersetzt. Die Biomasse zu einem gegebenen Zeitpunkt ist mit natürlichen Gewässern vergleichbar, die während der gesamten Vegetationsperiode anfallende organische Substanz jedoch höher. Da die Biomasse unabhängig vom Entwicklungsstadium ist, ändert sich die Geschwindigkeit der Verlandung nicht. Der Zustand der bereits erreichten Verlandung zeigt jedoch erhebliche Unterschiede.

Die Häufigkeitsverteilung der Rispen unterstützt die bisherigen Beobachtungen und verdeutlicht eine Änderung der Wachstumsschwerpunkte bei den Beständen. Dünne, kurze Bestände investieren ihre Energie in nachfolgende Halme und in die Ausbreitung über das Rhizom. Die Ausbreitung über Samen ist hier eher unbedeutend, es werden nur wenige Rispen ausgebildet. Dicke Bestände brauchen Nähr- und Speicherstoffe um lange Halme auszubilden. Sie investieren in eine Reifestreckung der Halme, auch hier ist die Rispenbildung untergeordnet. Mittlere Bestandsformen breiten

sich langsam aus, die Halmlängen bleiben im mittleren Bereich. Dafür ist der Anteil der Halme mit Rispen hoch. Der geschlechtlichen Ausbreitung von Schilf wird aufgrund der hohen Ansprüche der Keimlinge eine geringe Bedeutung zugeschrieben (COOPS & VAN DER WELDE 1995, MAUCHAMP et al. 2001). Karpfenteiche bieten mit geringen Tiefen, Winterung und hohem Nährstoffgehalt aber besonders günstige Voraussetzungen. Die Wind- und Wasserverbreitung der Nußfrüchte kann also gerade für die Neuansiedlung eine Rolle spielen.

Die Bestandsformen von Schilf können als Stadien der Verlandung erklärt werden. Schilf kann sich gut an veränderliche Umweltbedingungen anpassen. Die Eigenschaften der Verlandungsstadien unterscheiden sich ganz erheblich. Damit unterscheiden sich auch die Auswirkungen des Röhrichtwachstums auf den Teich. In den nächsten Abschnitten wird zuerst beschrieben, welche Auswirkungen das Röhricht auf den Teich haben kann (Teil 2). Dann wird untersucht, welche Einflüsse auf die Verlandung wirken und wie die Entwicklung von Schilfbeständen gesteuert werden kann (Teil 3).

## **2. Teil: Die Auswirkungen des Pflanzenwachstums- Verlandungsprozesse in Karpfenteichen**

### **2.1 Einleitung**

Im vorhergehenden Teil der Arbeit wurden die Verlandungsprozesse in Karpfenteichen beschrieben. Die unterschiedlichen Bestandsformen lassen sich als Zustände einer zeitlichen Entwicklung erklären. Damit wurden die Ursachen der Verlandung dargestellt.

Auf dieser Basis sollen die Auswirkungen der Verlandung auf den Teich beschrieben werden. Diese können erhebliche Folgen für die Bewirtschaftung nach sich ziehen. Ufernahe Schilfbestände sind von Teichbewirtschaftern prinzipiell erwünscht. Sie werden von Karpfen als Versteck oder Futtersuchplatz genutzt. Hierfür müssen die Schilfbestände jedoch locker sein und eine ausreichende Wassertiefe aufweisen. Dies ist nur in frühen Verlandungsstadien der Fall, die selten von Dauer sind. In fortgeschrittenen Stadien entstehen Röhrichte, in denen sich aufgrund hoher Halm-dichten und geringer Wassertiefen kein Fisch aufhält. Dadurch sind sie als teichwirtschaftliche Nutzfläche verloren. Im Extremfall können diese Röhrichtzonen auch durch Schilfpflege nicht wieder hergestellt werden.

Die Entwicklung von Schilfröhrichten wurde meistens unter dem Aspekt des Schilfrückgangs beschrieben (ISELI 1990). Die Ansammlung von Pflanzenresten und ihr Abbau ebenfalls (ARMSTRONG, diverse Artikel). Die Bedingungen in natürlichen Gewässern unterscheiden sich aber erheblich von denen der Karpfenteiche. Die Röhrichte nehmen meist nur kleine Anteile der Gewässerfläche ein, die Anhebung des Bodens ist deutlich geringer. Auch die modellhaften Sukzessionsreihen von natürlichen Gewässern, mit typischen Abfolgen von Pflanzengesellschaften, lassen sich nicht auf

die Teiche übertragen. Durch die speziellen Gegebenheiten und den ständigen Einfluss der Bewirtschaftung hat die Verlandung in Karpfenteichen einen besonderen Ablauf.

Aus der Sicht des Bewirtschafters hat sie zwei hauptsächliche Konsequenzen; einerseits die Einschränkung der fischereiwirtschaftlich nutzbaren Fläche, andererseits die Anhebung des Gewässerbodens. Durch die Verlandung sinken die Erträge der Teiche und es fallen Kosten für die Instandhaltung oder Wiederherstellung der Nutzfläche an. Im folgenden Teil werden die Auswirkungen der Verlandung auf die Teiche dargestellt.

## **2.2 Material und Methoden**

Als Grundlage für die Bestimmung von Flächen und Umrissen der Teiche wurden topografische Karten des Landesvermessungsamtes Sachsen im Maßstab 1 : 10 000 (Anhang A3) genutzt. Fortführungsstand der Karten war 1996/97. Die Karten wurden mit einer eingezeichneten Eichfläche eingescannt. Mit einem CAD-Programm wurden die Umrisse vektorisiert. Umfänge und Flächen der Teiche wurden durch Vergleich mit der Eichfläche bestimmt. Das IfB beauftragte die Luftbildagentur „Luftbild & Pressefoto ® / Robert Grahn“ im Oktober 2000 Aufnahmen der in diesem Jahr untersuchten Teiche anzufertigen. Die Bilder wurden mit dem Programm Photoshop auf der Basis der topographischen Karten skaliert und entzerrt. Dann konnten Größe und Umriss der Nutzflächen wie beschrieben gemessen werden. Nicht alle Teiche sind in Abbildung 15 und in Tabelle 2 vorhanden. Dies liegt an unterschiedlichen Probenahme in den Untersuchungsjahren.

Bei den Probenahmen der Untersuchungsjahre 2001 und 2002 wurden für jedes Areal die Faulschlammtiefe, die Dicke der größeren Auflage aus Pflanzenresten und die Wassertiefe aufgenommen. Dem Ergebnisteil liegen die Mittelwerte von jeweils sechs bis zehn untersuchten Arealen als Beschreibung für den entsprechenden Bestand zu Grunde.

Im Auftrag des IfB untersuchte die Landesanstalt für Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Abteilung Analytik, die Trockensubstanzen, Phosphor- und Stickstoffgehalte von Mischproben oberirdischer Halmteile der im Herbst 2000 untersuchten Bestände.

## **2.3 Ergebnisse**

### **2.3.1 Flächenausdehnung und Uferveränderung**

In allen untersuchten Karpfenteichen ist nahezu das gesamte Ufer mit Schilfröhricht bewachsen. Ausnahmen sind Bereiche am Mönch, bei Bootsanlegestellen oder bereits durch andere Pflanzen bewachsene Zonen. Während die Abdeckung des Ufers mit Schilf in allen Teichen fast vollständig ist, gibt es große Unterschiede in der Fläche, die Röhrichte einnehmen.

Die Einschränkung der Nutzfläche ist die entscheidende Auswirkung der Verlandung in Karpfenteichen. Anhand von topografischen Karten wurden die Gesamtflächen, mit Hilfe von Luftbildern die Nutzflächen ausgemessen (Tabelle 4).

**Tabelle 4: Einfluss des Röhrichtwachstums auf Karpfenteiche (Oktober 2000)**

	Gesamter Teich		Nutzfläche		Änderung	
	Fläche [ha]	Uferlänge [km]	Fläche [ha]	Uferlänge [km]	Fläche [%]	Uferlänge [%]
Grenzteich	39,6	2,7	39,4	3,0	1	+11
Biwatsch	17,4	3,2	16,8	3,3	3	+3
KT Lohsa 4*	65,9	3,6	61,7	3,8	6	+6
KT Lohsa 1	65,3	3,5	59,2	4,2	9	+20
Casimir	15,4	2,4	13,2	2,9	14	+21
Mittelteich	2,3	0,6	2,0	0,6	13	0
Torgau	236,9	8,3	192,6	10,3	19	+24
Rehbergeich	4,1	0,8	2,9	0,9	29	+13
Stockteich	9,8	1,3	5,7	1,4	42	+8
Roter Lug	21,2	2,5	12,0	2,1	43	-16
Schemsteich	35,9	8,2	17,8	6,9	50	-16
<b>Gesamt</b>	<b>513,8</b>	<b>37,1</b>	<b>423,3</b>	<b>39,4</b>	<b>18</b>	<b>+6</b>

\* Der KT Lohsa 4 wurde kurz vor der Anfertigung der Luftbilder gemäht, die Nutzfläche ist überschätzt. Sortierung aufsteigend nach Änderung der Fläche.

Die Einschränkung der Nutzfläche durch das Röhricht in den Teichen ist so unterschiedlich, dass die Angabe eines Mittelwertes wenig aussagekräftig ist. Der Grad der Verlandung und die Ausdehnung des Röhrichts unterscheiden sich nicht nur zwischen den Teichen. Auch innerhalb einzelner Teiche gibt es Unterschiede zwischen untersuchten Bereichen. So lässt sich kaum ein Maß für den gesamten Verlandungszustand eines Teiches finden.

Ursache der Unterschiede ist die Ausprägung der Wachstumsformen. Deutliches Beispiel ist der Mittelteich II, in dem drei Formen vorkommen. Im Südwesten des Teiches existiert ein ausgedehnter, stark verlandeter Bereich, in dem das Schilf in Bülden wächst. Im Südosten wächst ein Bestand mittelgroßer Halme, der sich ausbreitet und gemäht wird. Im Norden wächst eine Steiluferform mit gleich bleibender Ausdehnung.

Ungeachtet der kleinräumigen Unterschiede sind meist weite Flächen der Teiche von Röhrichtpflanzen bedeckt. Die umseitige Abbildung 15 soll einen Eindruck der Einschränkung der Nutzflächen durch Röhrichte vermitteln. Auch die lokalen Unterschiede sind erkennbar. Die Gesamtflächen (Umrisse), die Röhrichte (grün), die Nutzflächen (blau) sowie durch Melioration entstandene Inseln (braun) sind dargestellt.

Ein Vergleich der Ausdehnung mit den Bestandsformen verdeutlicht die bereits geschilderten Zusammenhänge. Große Formen überwiegen in Bereichen mit geringer Ausdehnung des Röhrichts, kleine und mittlere Formen sind meist in das Gewässer vorgedrungen.

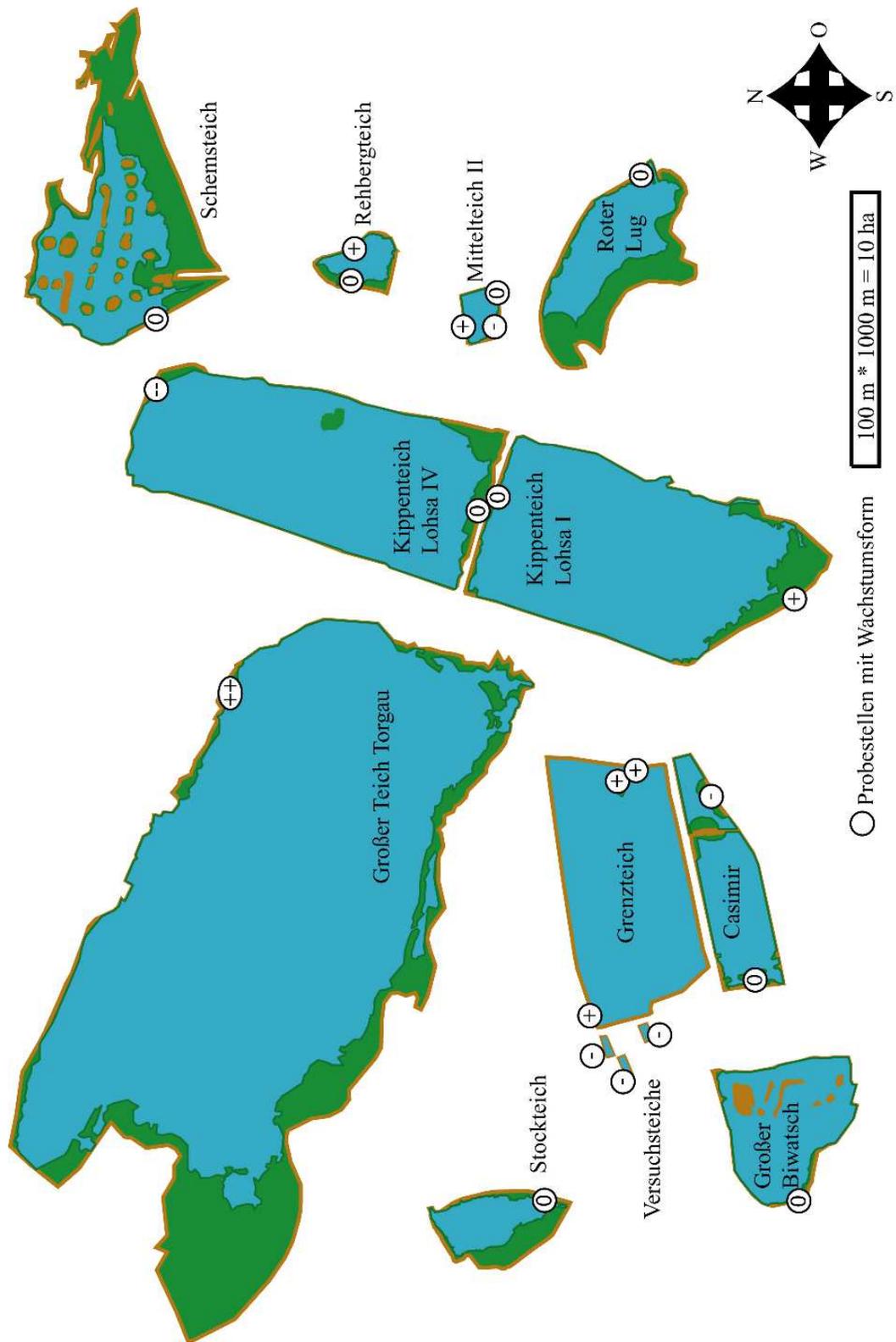


Abbildung 15: Die Röhrichtbereiche einiger Teiche und die beteiligten Bestandsformen

Bei der Auswertung von Luftbildern stellt sich ein Problem. Die Fotografie eines Teiches beschreibt einen Zustand und keine Entwicklung. Anhand der gegenwärtigen Ausdehnung eines Röhrichtgürtels kann nicht auf seine Ausbreitungsgeschwindigkeit geschlossen werden. Dieses Problem lässt sich in Karpfenteichen auch nicht durch Zeitreihen der Aufnahmen lösen, da sich stark ausbreitende Bestände oft gemäht werden. Entweder die Bestände befinden sich in einem der stabilen Sonderstadien oder ihre Ausbreitung wird künstlich aufgehalten. So ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schilf in Karpfenteichen in der Praxis nicht zu ermitteln.

Es gibt in den Karpfenteichen kaum Schilfbestände in frühen Verlandungsstadien. Dadurch rechtfertigt sich auch die Vorgehensweise, freie Wasserfläche und Nutzfläche als gleichbedeutend zu betrachten. Nach eigenen Beobachtungen und Aussagen der Teichwirte halten sich Karpfen nur in den äußeren 1 bis maximal 2 m der Röhrichte auf. Die Ausdehnung der Röhrichte ist meist so groß, dass dieser Bereich vernachlässigt werden kann.

Die Uferlänge als Maß für die Strukturvielfalt in den Teichen wird durch Röhrichte erhöht. Nur in kleinen oder in außerordentlich zugewachsenen Teichen wird sie verringert.

### **2.3.2 Anhebung des Teichbodens**

Neben der Einnahme von Wasserflächen ist die Anhebung des Gewässerbodens und damit die Verringerung der Wassertiefe die deutlichste Auswirkung der Verlandung. Die großen lokalen Unterschiede der Ufersteilheit und der Wassertiefe schränken die Aussagekraft absoluter Angaben ein. Eine ufernahe Wassertiefe von 5 cm ist normal, bei größerer Entfernung ist sie jedoch ein Indiz für fortgeschrittene Verlandung.

Es muss daher ein relatives Maß für den Einfluss der Verlandung auf die Wassertiefe gefunden werden. Ein Tiefenprofil in Schilfbeständen gliedert sich meist wie folgt:

- o Den Untergrund bildet das Sediment, in den sächsischen Karpfenteichen meist tonig-sandiger Struktur.
- o Darauf liegt eine Schicht Faulschlamm von maximal 10, meist < 5 cm Dicke,
- o die fließend in eine Auflage von Schilfstreu übergeht. Diese wird nach oben hin gröber.
- o Darüber befindet sich Wasser.

Faulschlamm und Schilfstreu können als organische Auflage zusammengefasst werden. Ihr Anteil an der Gesamttiefe (Sediment bis Wasseroberfläche) liefert ein Maß für die Verlandung. In Abbildung 16 wird ein Bezug zu dem mittleren Durchmesser der Bestände hergestellt.

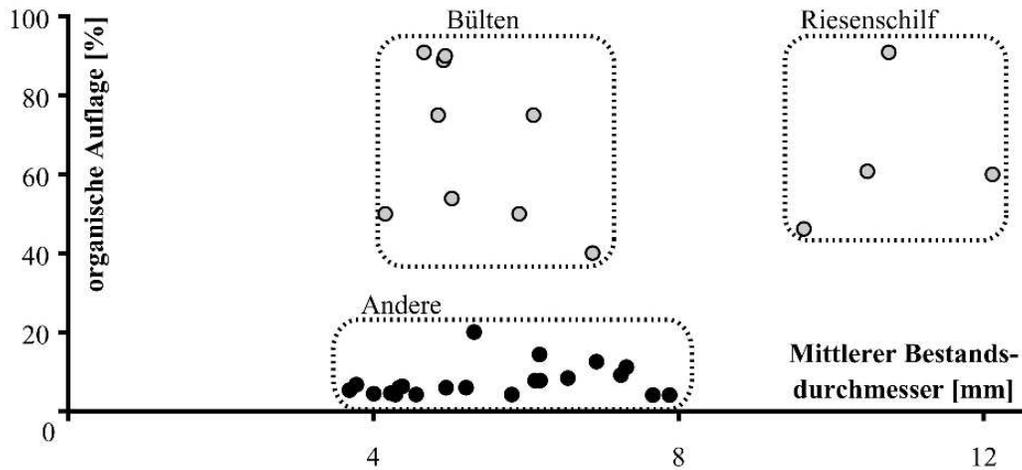


Abbildung 16: Die Anteile der organischen Auflage an der Gesamttiefe in Schilfbeständen

Der Anteil organischer Auflage in den Röhrichten hängt von der Bestandsform ab. Es lassen sich drei Gruppen unterscheiden.

Riesenschilf und horstförmiges Wachstum führt zu stark verlandeten Bereichen. Zwischen 40 und fast 100 % der Gesamttiefe werden von organischem Material eingenommen. Die Wassertiefen liegen zwischen 5 und 35 cm.

Bei anderen Wachstumsformen nimmt die organische Auflage weniger als 20 % ein, sie ist kleiner als 10 cm. Hierzu gehören Bestände in frühen Zuständen der Verlandung und das Steiluferschilf.

### 2.3.3 Bindung von Nährstoffen

In Karpfenteichen sind meist sehr ausgeprägte Schilfbestände vorhanden, die weite Flächen einnehmen können. Durch die fruchtbaren Bedingungen bilden sie große flächenbezogene Biomassen aus. Durch das Wachstum werden Nährstoffe aus Teichwasser und -sediment aufgenommen und in der Pflanze fixiert. In einschlägigen Fachbüchern wird diesem Entzug eine erhebliche Bedeutung für den Nährstoffhaushalt der Teiche beigemessen. Im folgenden Abschnitt wird dieser Einfluss untersucht.

Die Nährstoffverteilung in den Organen von Schilf folgt dem Wechsel der Jahreszeiten. Im Frühjahr werden gespeicherte Nährstoffe aus dem Rhizom für das Wachstum der Austriebe genutzt. Dann beginnen die Halme mit der Fotosynthese und produzieren selber Speicherstoffe, die gegen Ende der Vegetationsperiode wieder in das Rhizom verlagert werden. Die Nährstoffgehalte von Stickstoff und Phosphor in den Halmen sind daher im Frühjahr hoch und nehmen im Jahresverlauf ab. Im Rhizom sinkt ihr Anteil im Frühjahr und steigt im Herbst.

In 14 untersuchten Teichen betragen die Nährstoffgehalte von Mischproben aus Stängeln und Blättern im Oktober:

- o Für Stickstoff im Mittel  $5,2 \pm 1$  g N pro kg Feuchtmasse ( $\approx 1$  % der Trockensubstanz)
- o Für Phosphor im Mittel  $0,4 \pm 0,1$  g P pro kg Feuchtmasse ( $\approx 0,1$  % der Trockensubstanz)

Bei einer mittleren oberirdischen Biomasse der Schilfhalme im Herbst von  $2,2 \text{ kg/m}^2$  sind folgende Nährstoffmassen im pflanzlichen Material gebunden:

- o Stickstoff etwa 114 kg N pro ha Schilfröhricht
- o Phosphor etwa 9 kg P pro ha Schilfröhricht

Im Oktober haben die Nährstoffgehalte der Halme bereits abgenommen. So erklären sich die im Literaturvergleich niedrigen Werte der Nährstoffgehalte in den Halmen. Dennoch ist die flächenbezogene Nährstoffbindung in den Schilfröhrichten der Karpfenteiche eher hoch, besonders von Phosphor. Einige Vergleichsangaben aus der Literatur stehen in Anhang A2.

Auch im Rhizom werden Nährstoffe gebunden und gespeichert. Das Verhältnis von oberirdischer zu unterirdischer Biomasse beträgt bei Schilf etwa 2 : 3 (BORNKAMM & RAGHI-ATRI 1986).

## 2.4 Diskussion: Welche Auswirkungen hat die Verlandung?

Die Ergebnisse in Kürze:



- o Schilfröhrichte können die Nutzfläche von Teichen stark einschränken.
- o Die Wachstumsformen wirken sich unterschiedlich auf die Anhebung des Teichbodens aus.
- o Schilf kann erhebliche Nährstoffmengen binden.

Das Wachstum von Röhrichtpflanzen in Karpfenteichen kann erhebliche Auswirkungen auf das Gewässer haben. Die entscheidenden Vorgänge sind die Besiedlung freier Gewässerflächen durch Pflanzen und die Anhebung des Gewässerbodens durch organische Reste. Beides führt zu einer Einschränkung der Nutzfläche des Teiches. Karpfen und andere wirtschaftlich nutzbare Fische dringen nur wenige Meter in die Außenbereiche von Röhrichten ein und benötigen ausreichende Wassertiefen.

Die Unterscheidung zwischen fischproduktiver Nutzfläche und nicht produktiven Röhrichten ist für Teichwirte von entscheidender Bedeutung. Neben der Minderung der Ertragsfähigkeit des Gewässers hat die Verlandung weitere wirtschaftliche Konsequenzen. Nach der Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums zur Förderung einer umweltgerechten Landwirtschaft im Freistaat Sach-

sen (08.11.00 - RL-Nr.: 73/2000) beziehen sich staatliche Förderungen auf den Erhalt der Kulturlandschaft. Als Kulturlandschaft gilt die Nutzfläche des Teiches. Verlandete Bereiche führen also aus zwei Richtungen zu finanziellen Einbußen.

Es wurde gezeigt, dass durch das Wachstum von Schilf in bewirtschafteten Teichen bis zu 50 % der Gesamtfläche für die Fische aufzucht verloren gehen können. In nicht mehr bewirtschafteten Teichen sind bis zu 100 % bewachsen. Langfristig können in Röhrichten Bereiche entstehen, in denen der freie Wasserkörper nahezu verschwunden ist. Wirtschaftliche Auswirkungen der Verlandung resultieren nicht nur aus der Bodenhebung und der bedeckten Fläche. Weitere Eigenschaften der Schilfbestände spielen eine Rolle:

- o Der Halmdurchmesser steigt mit dem Bestandsalter so dass diese Bereiche trotz geringer Halmdichten nicht mehr von Fischen genutzt werden können.
- o Die Anzahl abgestorbener Halme steigt ebenfalls mit der Zeit und hat den gleichen Effekt (die hier angegebenen Halmdichten beziehen sich immer auf lebende, grüne Halme).
- o Durch den Abbau von organischem Material und durch mangelnden Wasseraustausch sinkt der Sauerstoffgehalt in verlandenden Bereichen.
- o Die Beschattung in Röhrichten führt zu geringer Produktion von pflanzlichen und tierischen Wasserlebewesen. Karpfen sind Wärme liebende Fische, die schattige Bereiche eher meiden.

Eine zusammenfassende Beschreibung dieser Eigenschaften liefern die Verlandungsstadien. In der Praxis sind sie ohne Messungen oder Zählungen erkennbar. Sie sind eine einfache Handhabe zur Einschätzung der Nutzfläche (Tabelle 5):

**Tabelle 5: Richtlinien zur Einschätzung der Verlandung**

<b>Stadium</b>	<b>Org. Auflage [cm]</b>	<b>Wassertiefe [cm]</b>	<b>Halmdichte [Stück/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Nutzfläche ?</b>
Frühe Invasionsstadien	< 5	wie Teich	50 – 150	Ja
Etablierte Bestände oder spätere Stadien	< 5 5 – 10	wie Teich wie Teich	100 – 200 < 150	Nein Nein
Riesenschilf	wie Teich	< 10	< 50	Nein
Horste oder Bülden	wie Teich	< 10	> 150	Nein
Steiluferschilf	< 5	wie Teich	80 – 120	Ja

„wie Teich“ entspricht etwa der Entfernung Sediment-Wasserfläche

Zwei Verlandungsstadien führen zu geringer oder keiner Einschränkung der Nutzfläche. Bestände in frühen Invasionsstadien mit geringen Halmdichten können von Fischen genutzt werden. Diese Stadien sind in Karpfenteichen naturgemäß selten, da sie einer schnellen Entwicklung unterliegen. Das Steiluferschilf bildet je nach Uferstruktur Bestände von gleich bleibend 2 bis 4 m Ausdehnung. Damit beeinträchtigt es die Nutzfläche kaum. Die Ausdehnung anderer Stadien der Verlandung hat in den flachen Karpfenteichen keine Obergrenze. Freie Wasserfläche und Nutzfläche sind hier

gleichbedeutend. Röhrichte mit Bültenschilf sind fischereilichen Zwecken vollständig entzogen, auch eine Mahd ist kaum mehr möglich. Die Nutzfläche des Teiches kann nur durch vollständige Ausräumung wieder hergestellt werden.

Die Verlandungsvorgänge in Karpfenteichen lassen sich durch die Bestandsentwicklung erklären. Die Unterschiede der Verlandung entstehen im Wesentlichen durch zeitliche Vorgänge. Somit ist auch erklärt, warum Schilf bei gleicher Bewirtschaftung, ja sogar innerhalb eines Teiches so unterschiedlich wachsen kann. Die Schilfbestände befinden sich in verschiedenen Verlandungsstadien.

Die Bindung von Nährstoffen in den Schilfhalmen ist unabhängig vom Verlandungsstadium. Die Stadien bilden etwa gleiche flächenbezogene Biomassen aus. Durch eine Mahd mit anschließender Entfernung der Pflanzenteile werden Nährstoffe in hohem Maße dauerhaft dem Gewässer entzogen. Als Vergleich: Karpfen enthalten etwa 2,2 % N und 0,5 % P in der Feuchtmasse (SCHRECKENBACH et al. 2001a). Bei einer Abfischung von 800 kg/ha Karpfen werden dem Gewässer pro Hektar 17,6 kg N und 4 kg P entzogen - viel weniger als bei der Mahd einer vergleichbaren Fläche, sogar im Herbst. Es ist für den Bewirtschafter wichtig, die Fruchtbarkeit seiner Teiche zu bewahren. Aus dem Gesichtspunkt der Nährstoffentnahme sollte eine Mahd nur durchgeführt werden, wenn sie zur Erhaltung der Teichfläche notwendig ist.

Ohne Mahd ist die Nährstoffbindung in Schilfhalmen nicht gleichbedeutend mit ihrem Entzug aus dem Teich. Wenn die Halme absterben lösen sich Stickstoff und Phosphor wieder im Wasser, werden im Sediment gespeichert oder in das Rhizom verlagert. Die Geschwindigkeit des organischen Abbaus und damit der Nährstoffrücklösung richtet sich nach Gegebenheiten wie Sauerstoffgehalt, Temperatur oder Dauer der Winterung. Über längere Zeiträume hinweg entziehen Schilfbestände ihrer Umgebung kaum Nährstoffe (BOAR 1996).

Röhrichte können weitere, für die Teichwirtschaft nachteilige Auswirkungen haben. Wasser ist in den Teichen oft Mangelware. An sonnigen und warmen Tagen ist die Verdunstung in Röhrichten etwa doppelt so hoch wie die freier Wasserflächen (HERBST & KAPPEN 1993). Pflanzenreste bedecken den Teichboden, verhindern Rücklösungsvorgänge von Nährstoffen und beeinträchtigen die dort lebenden Organismen. In dem entstehenden Substrat wachsen vermehrt Krankheitserreger und Parasiten.

Verlandungsprozesse in Karpfenteichen unterscheiden sich von Abläufen in natürlichen Gewässern. Die entstehende Biomasse ist in Teichen höher. Mit Ausnahme von geschotterten Steilufeln oder vorgelagerten Rohrkolbenbeständen gibt es in Teichen meist keine Ausbreitungsgrenzen. Karpfenteiche verlanden ohne menschlichen Einfluss daher sehr schnell. Hierbei verschwindet der Teich entweder ganz oder es bildet sich eines der zeitlich stabileren Sonderstadien des Röhrichts, überwiegend Bülden. Im Vergleich zu lockeren Beständen sind die dann entstehenden Bereiche für Wasserlebewesen aller Art deutlich schlechter geeignet. Ein positiver Effekt kann durch die teilwei-

se erhebliche Verlängerung der Uferlinie entstehen. In gleichförmigen Teichen oder durch Schilfin-seln kann der von Fischen genutzte äußere Einstandsbereich erhöht sein, ohne die Nutzfläche erheblich zu beeinträchtigen. An natürlichen Seen und Flüssen bleiben Röhrichte durch Wasser-tiefe, mechanische Schädigungen und andere begrenzende Umwelteinflüsse lockerer und die An-sammlung organischen Materials geringer. Hier erhöhen Röhrichte die Strukturvielfalt und Biodiver-sität, auch über langfristige Zeiträume. Die freien Wasserflächen sind so groß, dass hier keine Einschränkung auftritt.

Die Verlandung hängt von der Entwicklung der Röhrichte ab. Im nun folgenden Abschnitt wird überprüft, wie äußere Einflüsse durch den Standort oder die Bewirtschaftung diese Entwicklung beeinflussen.

### **3. Teil: Die äußeren Einflüsse - Standort und Bewirtschaftung**

#### **3.1 Einleitung**

Nach den bisherigen Ergebnissen ist es ohne Eingriff des Bewirtschafters unvermeidbar, dass sich Schilfbestände in Karpfenteichen verändern und die Verlandung fortschreitet. Die Verlandung geht wesentlich schneller vonstatten, als in natürlichen Gewässern. Das gute Wachstum von Schilf kann durch die besonderen Gegebenheiten des Standortes mit oft flach abfallenden Ufern, geringen Wassertiefen und hohen Nährstoffgehalten verursacht werden. Damit sind die Zusammenhänge aber nicht befriedigend erklärt. Zwar entspricht der ganze Karpfenteich dem Uferbereich natürlicher Gewässer, aber nicht alle Ufer verlanden mit hohen Geschwindigkeiten. Einige Maßnahmen der Bewirtschaftung, wie die Mahd, der Besatz oder die regelmäßige Trockenlegung erscheinen zu-nächst eher schädigend für das Schilfwachstum, sie sind zumindest nicht natürlich. Die fortschrei-tende Verlandung verursacht häufig erheblichen Arbeitsaufwand und Kosten für den Bewirtschaft-er. In den wenigsten Fällen wird ein Teichwirt das Röhricht gezielt fördern.

Im Laufe des nun folgenden Teil 3 soll ein praktischer Bezug zwischen den beschriebenen Verlan-dungsprozessen und den Einflüssen der Bewirtschaftung und des Standortes hergestellt werden. Die zentralen Fragen sind die Ursachen des allgemein guten Wachstums der Pflanzen in Karpfen-teichen und die auslösenden Faktoren der auftretenden Wachstumsunterschiede. Weiterhin wer-den die Möglichkeiten der Teichbewirtschaft-er eingeschätzt, auf die Verlandung einzuwirken.

Das Wachstum der Pflanzen hängt immer von allen Einflüssen, sowohl des Standortes als auch der Bewirtschaftung, ab. Im folgenden Teil 3 werden die wesentlichen Einflüsse zuerst einmal getrennt untersucht und erörtert. Im abschließenden Teil 4 werden die Möglichkeiten zur Steuerung des Schilfwachstums unter den Aspekten Anwendbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Anforderungen des Naturschutzes zusammenfassend bewertet.

### 3.2 Material und Methoden

An allen Terminen wurden die Pflanzenbestände in den Versuchsteichen ausgemessen und kartiert. Als Messgeräte dienten eine Messschnur mit Markierungen in Abständen von 1 m und ein Messrohr (Markierungen alle 10 cm). In Teil 3.3.1.1 sind nur die Südhälften der Versuchsteiche 6 und 22 dargestellt. Die Nordhälften beider Teiche wurden gemäht. Im Versuchsteich 10 gab es nur einen kleinen Bestand in der Nordwestecke. Die Karten wurden auf Millimeterpapier kopiert und die gesuchten Flächen ausgezählt.

Die Gefälle der Uferbereiche aller Bestände wurden ausgemessen.

Im Sommer 2000 wurden mit einem Sedimentstecher Bodenkerne von freien Teichflächen und in den Röhrichten gezogen. Von unteren Bodenschichten, die keine Veränderungen der augenscheinlich erkennbaren Farbe und Zusammensetzung aufwiesen, wurden Wassergehalt, Glühverlust und Gesamtphosphor bestimmt. Von ausgewählten Teichen wurde auch der Gesamtstickstoff bestimmt. Diese Untersuchungen wurden vom UAF Umweltanalytiklabor Frankfurt (Oder) nach DIN 38414 bearbeitet.

Entsprechende Proben des gewachsenen Bodens wurden getrocknet, gewogen und mit Drahtsieben der Maschenweiten 2, 1, 0,5, 0,2 und 0,065 mm nach Korngrößen fraktioniert. Die einzelnen Fraktionen wurden gewogen.

Zu jedem Termin im Untersuchungsjahr 2000 wurden Proben aus dem Freiwasser der Teiche entnommen. Im Labor des IfB wurden folgende Wasserparameter mit Küvetten-Tests der Firma Dr. Lange fotometrisch bestimmt:  $P_{\text{ges}}$ ,  $PO_4$ ,  $PO_4P$ , ortho- $PO_4$ , ortho- $PO_4P$ ,  $N_{\text{ges}}$ ,  $NH_4$ ,  $NO_2$ ,  $NO_3$ , CSB,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe_{\text{ges}}$ , pH, SBV, LF, Härte, Ca und Mg. Im weiteren Text beziehen sich N und P immer auf den Gesamtgehalt. Bei jeder Beprobung wurden pH-Wert, Leitfähigkeit (LF), Trübung, Sauerstoffgehalt, Temperatur und Salzgehalt der Teiche mit dem Water Checker U-10 der Firma Horiba bestimmt.

Die Daten der Bewirtschaftung wurden mit Hilfe von Fragebögen aufgenommen. Die Bögen enthielten Nachfragen über Flächen und Tiefen der Gewässer sowie über Besatzdichten, Erträge und Altersstufen der Satzfische in den Jahren 1998 bis 2002. Die Teichwirte machten Angaben über Fütterung der Fische, eventuelle Düngung der Teiche und Zeitpunkte von Bespannung und Ablass. Weiterhin wurden Fragen nach Schnittmethode und -zeitpunkt gestellt und um eine Einschätzung der dafür anfallenden Kosten gebeten. Beobachtungen und Meinungen zu Ausbreitung und Wachstum der Röhrichtpflanzen wurden aufgenommen.

Details der Probennahme können Anhang A1 entnommen werden.

### 3.3 Ergebnisse und Diskussionen

#### 3.3.1 Der Standort

##### 3.3.1.1 Wassertiefe

Die jungen Austriebe von Schilf wachsen mit Speicherstoffen aus dem Rhizom. Erst wenn sie die Wasseroberfläche erreichen, können sie Blätter ausbilden und durch Fotosynthese eigene Nährstoffe produzieren. Die Menge gespeicherter Stoffe im Rhizom ist begrenzt. Damit ist auch die Wassertiefe eingeschränkt, bei der Schilf noch wachsen kann. Die Halme können bis zu einer maximalen Tiefe von 2 m in ein Gewässer vordringen. Die mittleren Tiefen der untersuchten Karpenteiche waren überwiegend kleiner als 1 m. Damit gibt es theoretisch nur in Abfischgruben und Drainagegräben Ausbreitungsgrenzen durch die Wassertiefe. In den Teichen waren Invasionsformen von Schilf bis zu einer Wassertiefe von 1,3 m zu finden. Bei Steiluferschilf wirken Wassertiefen von 1 m in Kombination mit steilen, geschotterten Ufern als Hindernis. Ausbreitungsgrenzen können also deutlich unter 2 m Wassertiefe erreicht werden. Angaben von CÍŽKOVÁ et al. (1996) nach denen in Karpenteichen die Ausbreitung von Schilf bei etwa 60 cm Wassertiefe enden kann, wurden jedoch nicht bestätigt. Vergleichbare Beobachtungen ließen sich auf Wachstumsbegrenzungen durch vorgelagerte Typha-Bestände oder auf eine vorhergegangene Mahd zurückführen.

In den Versuchsteichen konnte der Zusammenhang zwischen Ausbreitung von Schilf und der Wassertiefe geprüft werden. Sie haben einen deutlichen Tiefengradienten. In Abbildung 17 sind die Südhälften der Versuchsteiche 6 und 22 im Oktober 2001 dargestellt. Die grünen Zonen sind mit Schilf bewachsen, Wasserflächen sind blau. Die Teiche sind in zehn gleich lange Bereiche geteilt. Die jeweils äußeren werden nicht einbezogen, weil sich hier Schilf von zwei Seiten ausbreiten kann.

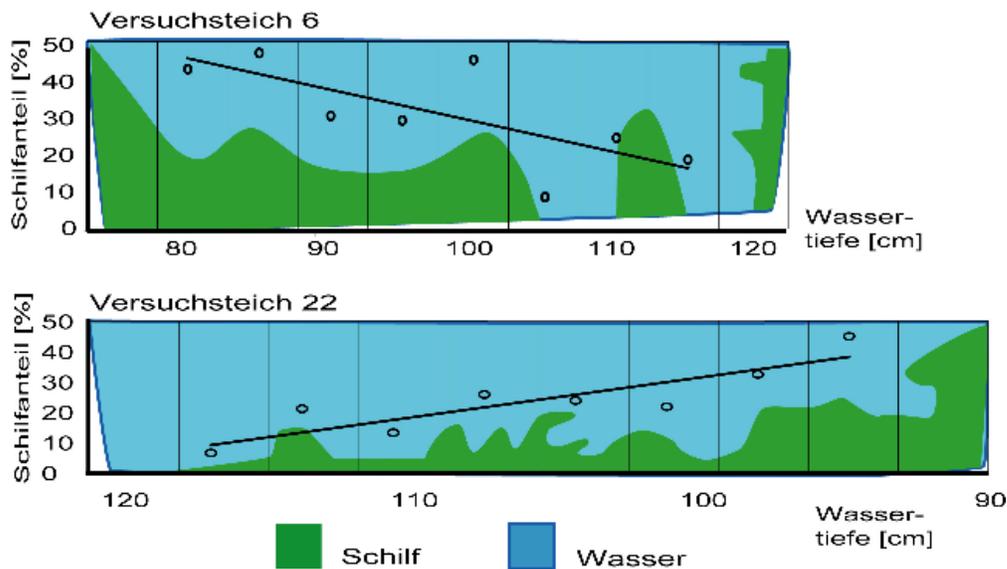


Abbildung 17: Die Abhängigkeit der Verschilfung in den VTs von der Wassertiefe (Herbst 2001)

Über den Karten der Versuchsteiche sind Diagramme abgebildet. Sie stellen den Anteil der mit Schilf bewachsenen Bereiche an der entsprechenden Teilfläche und die Wassertiefe dar. Je flacher der Teichabschnitt ist, desto größer ist der verschilfte Flächenanteil (VT6:  $r = -0,71^*$ , VT10:  $r = -0,88^{**}$ ). Die überwiegend flachen Karpfenteiche bieten sehr gute Bedingungen für die Ausbreitung von Schilf. Je tiefer das Wasser ist, desto mehr Speicherstoffe müssen in den anfänglichen Aufbau des Stängels investiert werden. Schilf kann daher in flachem Wasser öfter austreiben und sich schneller ausbreiten.

### 3.3.1.2 Ufer und Boden

Bei flachen Ufern dringt Schilf weit in das Gewässer vor. Die geringen Wassertiefen in den meisten Karpfenteichen setzen der Ausbreitung keine Grenzen. Ein Teich mit flachen Ufern wird langfristig völlig mit Schilf bewachsen.

In einigen Teichen gibt es grob geschotterte Steilufer mit Gefällen zwischen 20 und 50 %. Wie bereits erwähnt ist diese Uferform ein wirksames Ausbreitungshindernis. Die Schilfbestände bewachsen nur den Bereich der Böschung, d. h. sie dringen 2 bis 5 m in den Teich vor. Die weitere Ausbreitung ist unterbunden, wahrscheinlich weil Rhizome beim Vortrieb aus dem Boden heraus wachsen.

Die flächige Ausbreitung der Schilfbestände in Karpfenteichen lässt sich mit den Worten „Entweder es wächst oder es wächst nicht“ zusammenfassen. Bei Steilufern breitet es sich nicht aus. In allen anderen Fällen wächst der Teich über kurz oder lang zu. Hindernisse sind Mahd oder (eher selten) vorgelagerte Rohrkolben, die eine weitere Ausbreitung verhindern.

Die Böden der sächsischen Teiche bestehen aus Sand mit geringen Korngrößen und hohen Tonanteilen. Zwischen den Teichen gab es nur geringe Unterschiede hinsichtlich der Korngrößen. Es wurde kein Zusammenhang zum Wachstum der Röhrichte gefunden.

Böden mit hohem Tongehalt haben meist auch hohe Nährstoffgehalte. Sie sind fruchtbar und führen zu hoher Produktivität der dort gelegenen Karpfenteiche. Mit hohen Anteilen quellfähiger organischer Substanz binden sie viel Wasser. Die untersuchten Teichböden hatten durchschnittlich  $27 \pm 17$  % Wassergehalt in Tiefen ab 12 cm, was vergleichsweise gering ist. Die Karpfenteiche wurden vorzugsweise in nährstoffarmen Gebieten angelegt um „schlechte“ Böden landwirtschaftlich zu nutzen. Trotz der teilweise hunderte Jahre währenden Nährstoffzufuhr durch die Teichwirtschaft bleiben tiefere Schichten nährstoffarm. In den untersuchten Teichen enthielten sie  $0,3 \pm 0,3$  ‰ Phosphor in der Trockenmasse.

In den Röhrichten akkumuliert organische Substanz - die Grundlage der Verlandung. Durch die geringe Wasser- und Bodenbewegung sowie die oft sauerstoffarmen Bedingungen baut sich orga-

nisches Material verzögert ab und freigesetzte Nährstoffe gehen langsamer in die biologischen Kreisläufe zurück. Dadurch sind organische Substanz und Phosphorgehalt auch der tieferen Bodenschichten in den Röhrichten höher. Der Wassergehalt ist hier mit  $41 \pm 21$  % deutlich gesteigert, der Phosphorgehalt mit  $0,7 \pm 0,9$  ‰ über doppelt so hoch wie in den Sedimenten unter freien Wasserflächen. Die Unterschiede sind signifikant (Wasser:  $t^{***}$ , Phosphor:  $U^{**}$ ,  $n_{\text{Teich}} = 27$ ,  $n_{\text{Schilf}} = 57$ ). Trotz der eher unfruchtbaren Böden gedeiht das Schilf in den sächsischen Karpfenteichen. Aus welchen Quellen bezieht es die notwendigen Nährstoffe?

### 3.3.1.3 Nährstoffe in Wasser und Sediment

Der sehr hohe Gehalt der Nährstoffe Stickstoff (N) und Phosphor (P) ist ein charakteristisches Merkmal von Karpfenteichen. Die flachen, durchlichteten Bedingungen, die regelmäßige Düngung und die Fütterung führen zu einer deutlich gesteigerten Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit der Teiche im Vergleich zu natürlichen Gewässern. Diese Fruchtbarkeit beschränkt sich jedoch auf die oberen Sedimentschichten und den Wasserkörper.

Die Vermutung ist nahe liegend, dass sich die nährstoffreichen Gegebenheiten in Wasser und Sediment auf das Wachstum des Schilfröhrichts auswirken. Für die überwiegende Zahl der Teichbewirtschafter war in mündlichen Mitteilungen ein positiver Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalt und Schilfwachstum auch selbstverständlich.

Der Einfluss der Nährstoffe in Wasser und Sediment auf das Wachstum von Schilf wird in einer Vielzahl von Veröffentlichungen mit teilweise widersprüchlichen Ergebnissen dargestellt. Einige Autoren stellen Untersuchungen vor, nach denen ein reichliches Nährstoffangebot zu größeren Halmen mit geringerer Widerstandskraft führt (BORNKAMM et al. 1980, CÍŽKOVÁ-KONCALOVÁ et al. 1996 vereinfacht dargestellt). Andere Autoren widersprechen diesen Ergebnissen oder finden keine derartigen Zusammenhänge (DITTRICH 1995, OSTENDORP 1990a).

Es stellt sich nun die Frage, wie die widersprüchlichen Literaturangaben entstanden sind und welchen Einfluss die Nährstoffe im Teich auf das Schilfwachstum tatsächlich haben. Die Gehalte von Stickstoff und Phosphor in Wasser und Sediment stehen in einem komplizierten Wechselspiel zueinander. Die Nährstoffkreisläufe sind bestimmt durch Lösungs-, Fällungs- und Bindungsvorgänge. Diese wiederum werden z. B. vom Sauerstoffgehalt, von Temperatur, Wind oder der Fraßtätigkeit der Karpfen beeinflusst. Es kann dadurch zu großen Unterschieden der Nährstoffgehalte im Wasser und in den oberen Sedimentschichten kommen. Diese können so kurzfristig und kleinräumig sein, dass Vergleiche unmöglich werden. Daher müssen brauchbare Zusammenhänge ausgewählt werden.

Stickstoff und Phosphor im Sediment von Karpfenteichen folgen einem charakteristischen Tiefenverlauf. Beide Nährstoffe unterliegen in den oberen Schichten großen Schwankungen, erreichen aber in 10 bis 15 cm Tiefe fast konstante Werte. Für das Teichwasser sind auswertbare Bedingun-

gen am ehesten im Herbst gegeben. Der Wasserkörper ist kühl, vollständig durchmischt und gleichmäßig mit Sauerstoff gesättigt. Diese beiden Parameter beschreiben die Fruchtbarkeit des Teiches. Ihr Einfluss auf das Wachstum von Schilf wird daher überprüft.

Das Wachstum von Schilf wird anhand von Durchmesser, Länge und Biomasse einzelner Halme sowie der flächenbezogene Biomasse untersucht. Weiterhin werden die beobachteten Längen und Biomassen in Beziehung zu den erreichbaren Längen und Biomassen der entsprechenden Halme gesetzt. Ein Halm kann z. B. 85 % seiner maximalen Länge erreichen. Die Berechnung der potenziellen Länge wurde auf Seite 12 ff. dargestellt. Mit der Halmmasse wird genauso verfahren. So wird der Einfluss der Nährstoffe auf die Ausschöpfung der Wachstumsmöglichkeiten durch einzelne Halme überprüft.

Für die flächenbezogene Biomasse bietet sich diese Vorgehensweise nicht an, da alle Bestände etwa die gleiche Biomasse ausbilden können. Der Vergleich relativer Werte ergibt keine weitere Information.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Die Probenumfänge im Herbst sind gering. Einige Teiche waren bereits abgelassen und alle Messungen innerhalb von Beständen wurden zusammengefasst. Die Ergebnisse sind jedoch deutlich.

**Tabelle 6: Korrelationskoeffizienten der Beziehung zwischen Wachstum von Schilf und Nährstoffen im Teich am Ende der Vegetationsperiode 2000**

Getesteter Parameter	n	D	Länge Halm	Biom. Halm	Länge Halm/ PotLänge	Halmmasse/ PotHalmm	Biom. Fläche
N Wasser	6	n. s.	n. s.	n. s.	0,85*	0,86*	n. s.
P Wasser	6	n. s.	n. s.	n. s.	0,77*	0,78*	n. s.
P Sediment 4 cm	7	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
P Sediment 20 cm	7	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

Es gibt keinen erkennbaren Zusammenhang zwischen den Nährstoffen in einem Teich und Durchmesser, Länge oder Biomasse der in ihm wachsenden Schilfhalme. Das ist anhand der bisherigen Untersuchungsergebnisse erklärbar. Innerhalb eines Teiches, also bei vergleichbaren Nährstoffverhältnissen, wachsen meist mehrere Bestandsformen mit unterschiedlichen Durchmessern. Die Dicke der Halme hängt vom Entwicklungszustand des Bestandes ab. Darauf haben Nährstoffe keinen direkten Einfluss. Der Durchmesser gibt auch die erreichbare Länge und Biomasse vor. Durch diese Wechselwirkungen innerhalb des Schilfbestandes lässt sich keine Auswirkung der Nährstoffe auf diese Halmeigenschaften nachweisen.

Dennoch haben Nährstoffe im Teich durchaus einen Einfluss auf die Halme. Der Durchmesser gibt die erreichbare Länge vor und begrenzt damit die Wachstumsmöglichkeiten. Bei einem hohen

Nährstoffgehalt im Wasser werden diese Möglichkeiten besser ausgenutzt. Halme mit gleichen Durchmessern werden unter nährstoffreichen Bedingungen länger. Unter den fruchtbaren Bedingungen in Karpfenteichen entstehen dadurch hohe flächenbezogene Biomassen und große Verlandungsgeschwindigkeiten im Vergleich zu natürlichen Gewässern.

Entscheidend für das Schilfwachstum ist der hohe Nährstoffgehalt im Teichwasser. In Sedimentschichten ab 12 cm sinkt der Phosphorgehalt in den untersuchten Teichen auf niedrige Werte zwischen 0,1 und 0,5 g/kg Trockenmasse. Die gewachsenen Teichböden sind überwiegend nährstoffarm.

#### **Anmerkung**

SCHRECKENBACH et al. (2001b) stellen die Nährstoffkreisläufe in Karpfenteichen detailliert dar. Diese Vorgänge sind nicht wesentlicher Inhalt der vorliegenden Arbeit, die Ausführungen daher kurz. Im Rahmen des Projektes "Verlandungsprozesse ..." wurde von A. GROTHE an der Universität Potsdam eine Diplomarbeit mit dem Titel "Der Einfluss von Schilfröhricht (*Phragmites australis*) auf die Phosphor-Akkumulation in Karpfenteichen" angefertigt (GROTHE 2001). Sie enthält eine Darstellung der Herkunft des Phosphors in der organischen Substanz von Sedimenten freier Wasserflächen und in Röhrichten.

#### **3.3.1.4 Wind, Wellen, Eis und Licht**

In den untersuchten Karpfenteichen ist ein Einfluss der in Mitteleuropa vorherrschenden Westwinde erkennbar. Die Röhrichte an Nord- und Ostufern der Teiche sind weniger ausgeprägt als an westlichen und südlichen Seiten. Dieser auf den Luftbildern (S. 39) erkennbare Unterschied fehlt nur beim Schemsteich. Vergleichbare Erosionserscheinungen durch den Wind sind bei natürlichen Gewässern ein bekanntes Phänomen. Die Westwinde verursachen Oberflächenströmungen, die am östlichen Brandungsufer Nährstoffe und feines Material auswaschen. Der Boden wird ständig bewegt und grobkörniger. Feines, nährstoffreiches Substrat wird durch Grundströmungen zum gegenüberliegenden Verlandungsufer transportiert, wo Schilf dann bessere Wachstumsbedingungen findet. In kleinen Karpfenteichen verstärken oder überlagern andere Faktoren wie Mahd und Uferstruktur diesen Effekt.

Nach Untersuchungen zum Röhrichtrückgang in natürlichen Gewässern werden Schilfhalme durch hohe Nährstoffgehalte brüchig. Dann brechen sie durch Wind und Wellen in Kombination mit Getreibsel oder Algenwatten (BORNKAMM et al. 1980, RAGHI-ATRI 1976). Dieser Zusammenhang kann in größeren Karpfenteichen den Einfluss der Windrichtung verstärken. Allerdings ist Getreibsel in Karpfenteichen kaum zu finden. Auch der übermäßigen Ausbildung von Fadenalgen wird durch den Bewirtschafter entgegen gewirkt, weil sie von Zooplanktern nicht aufgenommen werden.

Wenn Teiche im Winter bespannt bleiben können Röhrichte auch durch Eis zerstört werden. Bei Wind- und Wasserbewegungen mahlen die Eisschollen Schilfhalme ab. Diese Wirkungskombination verstärkt den Unterschied zwischen Brandungs- und Verlandungsufer. Röhrichte in Teichen mit großen, windexponierten Wasserflächen sind diesem Einfluss stärker ausgesetzt.

Licht beeinflusst das Schilfwachstum entscheidend. Unter großen oder weit überhängenden Uferbäumen wächst kein Halm. Karpfenteiche bieten ansonsten gute Bedingungen, übermäßig viel Licht weisen sie aber nicht auf. Die Abhängigkeit des Schilfwachstums von der Himmelsrichtung kann auch durch Schattenwurf der Uferbäume entstehen. Sind die Dämme dicht bewachsen, werden Schilfbestände der Ostufer erst spät am Vormittag voll belichtet. Dadurch können Pflanzen der Westufer bei der Primärproduktion einen Vorteil haben. Dieser Effekt ist in kleinen Karpfenteichen bedeutsamer.

### **3.3.1.5 Tiere und Menschen**

Viele Wasservögel wie Enten, Blässhühner oder Schwäne fressen junge Schilftriebe und verhindern so die Ausbreitung des Röhrichts oder verursachen den Rückgang von Beständen. Umfangreiche Aufkommen pflanzenfressender Vögel oder ihre Fraßspuren an Halmen waren in Teilbereichen einiger großflächiger Teiche zu beobachten. Der Einfluss der Wasservögel auf das Schilfwachstum kann aber insgesamt vernachlässigt werden.

Säugetiere wie Bisam oder Wildschwein können zwar Schädigungen des Röhrichts verursachen, sind aber lokal sehr beschränkt und insgesamt kaum von Bedeutung.

Deutliche bemerkbar waren die Auswirkungen von Milben und Insekten. Einige Arten zerstören oder beeinflussen das Wachstumsgewebe in den Halmspitzen. Dadurch entstehen kolbenartige Verformungen. Die Larven anderer Arten fressen die Halme von innen. In beiden Fällen wachsen Schilfhalme nicht mehr in die Länge und bilden keine Rispe aus. Häufig entstehen Seitentriebe. Am stärksten war der Insektenbefall im Jahr 2002. Insgesamt war das Wachstum von 13 % (!) aller im Juli untersuchten Halme unterbrochen. Die Anteile befallener Halme schwankten zwischen 0 und 70 %. Der Schädlingsbefall hängt mit dem Halmdurchmesser zusammen. Bestände mit größeren Durchmessern haben wesentlich höhere Befallsraten ( $r = 0,69^{***}$ ,  $n = 22$ ). Schilfhalme fortgeschrittener Verlandungsstadien sind demnach anfälliger für Parasitierung.

Sieht man von der Mahd ab, wird Schilf in Karpfenteichen kaum durch den Menschen geschädigt. Die Teiche werden (fast) nie zum Baden oder anderweitigen Wassersport genutzt. Auch die Nutzung als Angelteich ist die Ausnahme. Die Bootsanlegestellen der Bewirtschafter befinden sich überwiegend an Zu- und Ablauf. Hier wächst durch steile Ufer und große Wassertiefen sowieso kein Schilf. Durch die guten Wachstumsbedingungen in den Teichen erholen sich beschädigte Schilfbestände schnell. Die deutlichen Tritts Spuren der Probennahme waren im Folgejahr, teilweise sogar binnen Monatsfrist nicht mehr zu erkennen.

### **3.3.1.6 Standortfaktoren ohne nachgewiesenen Einfluss**

Im Rahmen der Untersuchung wurden auch Standortfaktoren aufgenommen, bei denen kein Zusammenhang zum Wachstum von Schilf gefunden wurde. Einige werden im folgenden Abschnitt vorgestellt. Die Ergebnisse gelten für die Gegebenheiten in Karpfenteichen. Unter extremen oder experimentellen Bedingungen können die hier genannten Faktoren Wachstum und Ausbreitung von Schilf beeinflussen.

Schilf breitet sich immer vom Ufer aus. Größere Gewässer haben ein kleineres Verhältnis von Uferlänge zu Gewässerfläche. Die Anteile der Röhrichtflächen sollten daher kleiner sein. In Karpfenteichen gibt es jedoch keinen derartigen Zusammenhang. Weil die Gewässertiefe meist deutlich unter einem Meter bleibt, gibt es keine Ausbreitungsgrenzen. Eine Beschreibung der Vielgestaltigkeit eines Gewässerufers ist die Uferentwicklung. Sie wird berechnet, indem der Umfang des Gewässers durch den Umfang eines Kreises mit gleicher Fläche geteilt wird. Ein Zusammenhang der Anteile der Röhrichtflächen mit der Uferentwicklung ist ebenfalls nicht erkennbar. Man hätte erwarten können, dass kleine Teiche mit Inseln oder vielen Ausbuchtungen, d. h. ausgeprägter Uferentwicklung schneller mit Schilf bewachsen. Teiche werden aber nicht der Verlandung überlassen, das Schilf wird zumindest teilweise gemäht. So lässt sich ein Zusammenhang zwischen Größe oder Form des Teiches und dem Schilfwachstum nicht nachweisen, auch wenn er gegeben sein sollte.

Die Bewirtschafter von Karpfenteichen werden darauf achten, dass die Wasserparameter möglichst gute Wachstumsbedingungen für die Zielfischart bieten. Man kann davon ausgehen, dass der von Karpfen tolerierte Bereich auch für Schilf ausreichende Bedingungen liefert (der Umkehrschluss gilt allerdings nicht). Optimal für die Aufzucht von Karpfen sind neutrale pH-Werte des Wassers zwischen 7 und 8. Die gemessenen Werte lagen zwischen pH 6 und pH 9. Somit sind in keinem der Teiche Wasserwerte gefunden worden, die das Wachstum von Schilf beeinträchtigen könnten. Vergleichbares gilt für Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, Temperatur und Trübung. Das Wasser der Teiche enthält überwiegend wenig Eisen. In zwei Teichen im Gebiet eines ehemaligen Tagebaus dringt eisenhaltiges Sickerwasser, sogenanntes Ockerwasser, in den Teich. Nach Angaben des Bewirtschafters legt sich in diesen Bereichen ein brauner Belag auf die Schilfhalme und führt zu einem deutlichen Rückgang der Röhrichte.

### **3.3.2 Die Bewirtschaftung**

#### **3.3.2.1 Mahd**

Die offenkundigste Maßnahme zur Verhinderung der Verlandung ist die mechanische Entfernung des Röhrichts - die Mahd. Üblicherweise werden große Flächen mit Mähbooten, kleinere mit speziellen Handsensen geschnitten. Die Mahd erfordert einen hohen personellen und finanziellen Aufwand. Der Schilfschnitt beansprucht in sächsischen Teichwirtschaftsunternehmen etwa 5 % des

gesamten Arbeitsaufwandes und kostet ca. 450 € pro ha geschnittener Fläche (KLEMM & KRETZSCHMAR 1998). Da die Mahd aufwändig ist, wird der Bewirtschafter eine möglichst effektive und langfristige Entfernung der Schilfbestände erreichen wollen. Die Auswirkungen der Mahd sind vom gewählten Zeitpunkt abhängig (HASLAM 1969a):

April bis Mai: Wird während der Austriebsphase geschnitten, entwickelt sich noch innerhalb der Vegetationsperiode ein Ersatzbestand. Längen und Dichten gleichen nicht gemähten Beständen.

- o Juni bis Juli: Bei einem Schnitt gegen Ende der Austriebsphase werden die Halme nicht oder kaum ersetzt. Zu diesem Zeitpunkt kann der größte Einfluss auf das Schilfwachstum erreicht werden. Wachstum und Fotosynthese werden für die Hälfte der Vegetationsperiode unterdrückt.
- o Ein Winterschnitt hat keinen schädigenden Einfluss.

Auch die Art der Mahd spielt eine Rolle. Wenn Schilfhalme unter der Wasseroberfläche abgeschnitten werden, ertrinken Teile des Rhizoms. Die Verluste zum Folgejahr betragen bei einer Mahd im August bis zu 60 % der flächenbezogenen Biomasse. Wenn die verbleibenden Stoppeln den Wasserspiegel überragen, ist die Sauerstoffversorgung der Rhizome gewährleistet. Die Verluste sinken auf 15 % (RUDESCU et al. 1965 in HASLAM 1970b).

Dementsprechend wird Schilf in Karpfenteichen üblicherweise mit dem Mähboot im Juli bis August geschnitten. Mit einem einmaligen Schilfschnitt wird die weitere Ausbreitung des Röhrichts verhindert. Die gemähten Flächen wachsen im folgenden Frühjahr wieder zu, so dass diese Vorgehensweise als Erhaltungsschnitt bezeichnet werden kann. In den gemähten Bereichen ändert sich die Bestandsstruktur. Die folgenden Halme sind dünner, kürzer und wachsen in höheren Dichten. Wenn langfristig jährlich gemäht wird, wächst das Schilf auf den behandelten Flächen nur noch spärlich.

Eine wirkungsvolle Bekämpfung des Röhrichts wird erreicht, wenn der erste Austrieb im Mai und die nachfolgenden Halme im Juli bis August geschnitten werden. Diese Maßnahme kann als Entfernungsschnitt bezeichnet werden.

Ein Schnitt im späten Herbst oder Winter verringert die Verfilzung der Röhrichte und entfernt abgestorbene Halme. Die Beschattung durch tote Halme kann das Wachstum von Schilf beeinträchtigen (EKSTAM 1995). Ein derartiger Pflegeschnitt außerhalb der Vegetationsperiode steigert Halmdichte und flächenbezogene Biomasse der folgenden Austriebe (OSTENDORP 1987). Er wird in Karpfenteichen daher selten durchgeführt, auch weil die trocken gelegten Teiche schwer zu bearbeiten sind.

Die Auswirkungen verschiedener Vorgehensweisen bei der Mahd wurden in den Versuchsteichen überprüft (Tabelle 7). Das hier wachsende Schilf befand sich in einem Stadium der frühen Invasion.

Die eigenständig ablaufende Entwicklung der Bestände muss beachtet werden, um die Beobachtungen erklären zu können. Die Untersuchungen sind als beispielhafte Überprüfung der Erfahrungen von Teichwirten und der Literaturangaben zu werten.

Ohne Mahd schreitet die eigenständige Entwicklung der Bestände fort. Die Halme werden dicker, die Dichten geringer. Eine Mahd im Herbst hat kaum Einfluss auf die Bestandsentwicklung. Auch hier werden die Halme dicker. Die Dichte nimmt aber zu (hier nicht signifikant). Eine anschließende Mahd des ersten Austriebs im Mai hat auf das Jungschilf einen deutlichen Einfluss. Bis zum Juli hat sich der Bestand noch nicht wieder voll ausgebildet. Die Halme sind kurz und wachsen in sehr geringen Dichten. Auch die Durchmesser bleiben klein.

**Tabelle 7: Einfluss der Mahd auf Halmeigenschaften in den Versuchsteichen**

	ohne Mahd (VT 10)			Mahd im Herbst (VT 22)			Mahd in Herbst und Frühjahr (VT 6)		
	2001	2002		2001	2002		2001	2002	
Länge [cm]	141 ± 28	134 ± 29	n. s.	136 ± 30	132 ± 39	n. s.	148 ± 33	97 ± 29	t: ***
D [mm]	4,4 ± 1,3	5,3 ± 1,2	U: ***	3,9 ± 1,1	4,8 ± 1,4	U: ***	4,8 ± 1,4	4,5 ± 1,5	n. s.
Dichte [1/m]	167 ± 37	77 ± 12	t: ***	70 ± 26	88 ± 13	n. s.	230 ± 56	12 ± 10	Varianz zu hoch

Gemessen wurde in der zweiten Augustwoche 2001 und der ersten Juliwoche 2002.

Auch die Bestandsform des Röhrichts und die Gegebenheiten im Teich beeinflussen die Auswirkungen der Mahd. Die hier getroffenen Aussagen sind daher allgemein gehalten. Grundsätzlich verringert ein Erhaltungsschnitt die Verlandung oder unterbricht sie für eine gewisse Zeit. Die Nutzfläche wird bewahrt, die Entfernung des Mähgutes verringert die Bodenhebung. Ein Entfernungsschnitt stellt eine durch Schilf unbesiedelte Teichfläche her, die Verlandungsprozesse beginnen mit erneuter Invasion. Ein unbeeinflusstes Schilfröhricht durchläuft in Karpfenteichen die Stadien zunehmender Verlandung. Die Mahd ändert diese gerichtete Abfolge in abwechselnde Zustände. Aus der Sukzession wird eine Zirkulation der Verlandungsstadien.

Die Auswirkungen der Mahd auf Bülden-, Steilufer- oder Riesenschilf sind wahrscheinlich stärker. Die Entfernung grüner Halme wird hier zu einer dauerhaften Schädigung der Bestände führen. Diese Bestandsformen entstehen, wenn die Ausbreitungsgrenzen erreicht sind. Deshalb wurden solche Röhrichte in den untersuchten Teichen nicht gemäht.

Das bei der Mahd anfallende Pflanzenmaterial wird meist aus dem Teich entfernt. Damit wird eine Sauerstoffzehrung und Parasitenvermehrung als Folge der organischen Belastung vermieden. Die Pflanzenreste verbleiben damit nicht im Röhricht. Dadurch wird die Verlandung verringert, aber

auch die Wachstumsbedingungen für folgende Schilfgenerationen verbessert. Die Beschattung durch Halme des Vorjahres entfällt, die neuen Sprosse wachsen dichter. Auch können durch angesammelte Schilfreste Pflanzengifte und organische Säuren entstehen, die das Wachstum der Halme einschränken (ARMSTRONG et al. 1996, VAN DER PUTTEN et al. 1997).

### 3.3.2.2 Besatz mit Karpfen

Karpfen durchwühlen bei der Aufnahme von Bodennahrung die oberen Sedimentschichten. Größere Karpfen können durch ihre Wühltätigkeit den vollständigen Rückgang von Unterwasserpflanzen verursachen (TEN WINKEL & MEULEMANS 1984). Diese Bioturbation und die Ausscheidungen der Fische können den Nährstoffgehalt und die Trübung des Wassers steigern (LOUGHEED et al. 1998). Für die Rücklösung ehemals gebundener Nährstoffe ist die Exkretion der Fische maßgeblich, weniger die Wühltätigkeit (KNÖSCHE 2002).

Große Karpfen können in höheren Dichten auch das Wachstum von Schilf durch ihre Wühltätigkeit beeinträchtigen. Obere Teile des Rhizoms werden freigelegt und junge Triebe abgerissen. Das Schilf kann sich nicht weiter ausbreiten. In der Literatur lassen sich keine Angaben zu den Auswirkungen der Besatzstruktur auf die Pflanzen des Röhrichts finden. Aussagekräftige eigene Untersuchungen im Freiland waren ebenfalls nicht möglich. Die Beeinträchtigung des Röhrichts hängt wesentlich von Altersstufe und Besatzdichte der Karpfen ab. Die Erträge der untersuchten Teiche waren mit mittleren 560 kg/ha überwiegend gering. Sie lagen zwischen 150 und 900 kg/ha. Eventuelle Auswirkungen der Wühltätigkeit werden von den vielen, bereits genannten Einflüssen von Standort und Bewirtschaftung überlagert. Um trotzdem zu glaubhaften Ergebnissen zu gelangen, wurden die Bewirtschafter der Teiche befragt. Die folgenden Ergebnisse basieren auf ihren Erfahrungen mit früheren, teilweise sehr hohen Bewirtschaftungsintensitäten und auf Abschätzungen.

Die Aufzucht von einsömmrigen Karpfen  $K_1$  und von Satzkarpfen  $K_2$  schränkt die Ausbreitung des Röhrichts nicht ein. Die Fische ernähren sich zu großen Teilen von Plankton, ihre Wühltätigkeit hat kaum Auswirkungen. Der Besatz mit Brut findet spät im Jahr zwischen Mai und Juni statt. Zu diesem Zeitpunkt sind die Halme schon über einen Meter lang und überragen die Wasseroberfläche. Die Fische haben keinen Einfluss auf ihr weiteres Wachstum. Bei sehr hohen Dichten junger Karpfen kann es durch Nebenwirkungen der Aufzucht wie Wassertrübung oder den Besatz mit Pflanzenfressern zu Einschränkungen des Schilfwachstums kommen. Bei der Aufzucht von Speisekarpfen  $K_3$  wird die Ausbreitung von Schilf ab Zieelerträgen von 800 Kg/ha beeinträchtigt. Dieser Richtwert wurde von den Bewirtschaftern einhellig angegeben. Bei älteren Karpfen (ab  $K_4$ ) zeigen sich Effekte der Wühltätigkeit bereits ab Zieelerträgen von 500 kg/ha. Karpfen dieser Alterstufen dringen kaum in vorhandene Schilfbestände ein. Sie verhindern zwar die weitere Ausbreitung, verursachen aber keinen direkten Rückgang der Röhrichte. Erst eine langfristige intensivere Bewirtschaftung mit Abfischungen ab 1000 kg/ha verdrängt vorhandene Schilfbestände durch die andauernde Schädigung der äußeren Bereiche und die genannten Nebeneffekte.

Die Schädigung von Schilf durch den Besatz mit Karpfen muss differenziert gesehen werden. Je höher der Besatz ist, desto stärker ist auch der schädigende Einfluss der Wühltätigkeit auf die äußeren Halme. Andererseits steigt der Nährstoffgehalt eines Gewässers in Abhängigkeit von der Fischdichte (PERSSON & HAMRIN 1994). Die Stoffwechselaktivität und die Umwälzung der oberen Sedimentschichten bringen festgelegte Nährstoffe schnell wieder in die Kreisläufe ein. In Karpfenteichen kommt eine verstärkte Fütterung bei hohen Besatzdichten hinzu. Mit dem Besatz steigt also der Nährstoffgehalt im Wasser. Dieser wiederum fördert das Wachstum der Schilfhalme in zentralen Bereichen und damit die Verlandungsgeschwindigkeit. Durch eine hohe Besatzdichte wird also die Ausbreitung verhindert und gleichzeitig die Verlandung beschleunigt. Dadurch kann es zur Ausbildung von Bülden kommen, der in Teichen häufigen Wachstumsform von Schilf.

### 3.3.2.3 Besatz mit pflanzenfressenden Fischarten

Mitte der 60er Jahre wurden in Deutschland drei chinesische Fischarten, die sogenannten Pflanzenfresser eingeführt. Der Graskarpfen oder Amur (*Ctenopharyngodon idella*) frisst größere Wasserpflanzen, von Fadenalgen bis zu überhängenden Blättern von Schilf oder Rohrkolben. Silber- und Marmorkarpfen (*Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*) ernähren sich filtrierend von Plankton. Der Silberkarpfen filtert kleine Partikel, hauptsächlich Algen. Der Filterapparat vom Marmorkarpfen ist grober und siebt hauptsächlich koloniebildende Algen und Zooplankton aus. Mit dem Besatz sollten Erträge gesteigert werden, indem die Nahrungskette von der Primärproduktion zum Fisch verkürzt wird. Die Pflanzenfresser konsumieren bei hohen Temperaturen täglich ihr eigenes Gewicht an Pflanzenmasse. Durch ihre unvollständige Verdauung beschleunigen sie den Stoffumsatz im Teich und führen in Pflanzen gebundene Nährstoffe in die Kreisläufe zurück. Die können dann vom Phytoplankton aufgenommen werden und über das Zooplankton von Karpfen gefressen werden. In warmen, nährstoff- und pflanzenreichen Teichen kann mit einem Besatz mit Pflanzenfressern der Zuwachs der Karpfen bis auf das dreifache gesteigert werden (BOHL 1999). Als eine Form der Biomanipulation sollten die Pflanzenfresser in natürlichen Gewässern einen ausgeglichenen Sauerstoffhaushalt sichern, die Sichttiefe steigern und Nährstoffe binden.

Der Graskarpfen kann für die Bekämpfung von Schilf in Karpfenteichen eingesetzt werden. Bis zu Beginn der 90er Jahre wurde er in den neuen Bundesländern zur biologischen Entkrautung von Kanälen, Flachseen oder Teichen genutzt. Er hat dort teilweise die mechanische oder chemische Entfernung der Wasserpflanzen überflüssig gemacht. Als Richtlinien für den Besatz bei mittlerer Verkrautung können folgende Angaben gelten (nach JÄHNICHEN et al. 1973):

zweisömmerige Graskarpfen mit	350 g Stückmasse	ca. 570 Stück/ha
drei...	1 000	" ca. 200
vier...	2 500	" ca. 80

Im Mittel werden auch in neuerer Literatur Besatzdichten von 200 kg/ha Graskarpfen angegeben. Die Besatzvorschläge variieren, sie richten sich nach der Ausprägung des Pflanzenwachstums und der Temperatur der Teiche.

Zum Zeitpunkt der Flutung und des Besatzes sind viele Schilfhalme schon zu groß und unter Wasser zu stark verholzt, um noch von Graskarpfen gefressen zu werden. Wie Karpfen auch, dringen die Tiere nicht in dichte Röhrichte ein. Graskarpfen fressen später austreibende, äußere Halme und hindern Schilf an der Ausbreitung. Sie drängen bereits vorhandene Bestände meist nicht zurück. Da Graskarpfen erst ab 16°C Wassertemperatur mit dem Fressen von Pflanzen beginnen, wird der verdrängende Effekt auch bei durchgängiger Bespannung gering sein. In Kombination mit einer Mahd und ausreichender Wassertiefe ist aber eine stark reduzierende Wirkung von Graskarpfen auf Schilf zu erwarten. Die später folgenden Austriebe werden dann ständig unter Wasser abgebissen.

Der Einsatz von Graskarpfen ist etwas problematisch. Sie sollen zwar auch bei Nahrungsmangel weder Fische, Fischeier noch Benthonorganismen fressen (TERRELL & TERRELL 1975) - nach Erfahrungen in Karpfenteichen gilt das jedoch nur bei ausreichender pflanzlicher Nahrung und höheren Temperaturen. Der Anteil der Pflanzen an der Nahrung von Graskarpfen steigt mit der Temperatur. Unterhalb von 16 bis 20°C fressen sie auch Zooplankton und Bodentiere. Sie gewöhnen sich schnell an das für Karpfen vorgesehene Futter. Graskarpfen sind also unter Umständen direkte Nahrungskonkurrenten der Karpfen. Große Exemplare fressen gelegentlich auch Fischbrut.

Graskarpfen können die Ökologie von Karpfenteichen und natürlichen Gewässern nachteilig beeinflussen. Die Zusammenhänge sind vielschichtig. Die Ausscheidungen der Graskarpfen steigern nicht direkt die Nährstoffe im Wasser sondern fixieren sie zunächst im Sediment (TERRELL 1975). Erst über die Nahrungskette gelangen sie in das Wasser und steigern die Primärproduktion. Bei einem falschen oder Überbesatz sind die Effekte der Biomanipulation auf die Nahrungskreisläufe schwer kontrollierbar. Der Besatz mit Pflanzenfressern ist genehmigungspflichtig. Obwohl Graskarpfen im Gegensatz zu Silber- oder Marmorkarpfen in Deutschland gut absetzbar sind, werden sie aus den genannten Gründen eher selten gezüchtet.

#### **3.3.2.4 Trockenlegung und Kalkung**

Traditionellerweise werden Karpfenteiche bei der Abfischung im Oktober bis November abgelassen, bei jungen Altersstufen früher. Dann liegen die Teiche über die kalte Jahreszeit hinweg trocken und werden erst im folgenden März bis April bespannt. Die Trockenlegung der Teiche dient folgenden Zwecken:

- a) Das angefallene organische Material wird aerob abgebaut. Durch die bessere Mineralisierung wird die Schlammdicke reduziert und die Fruchtbarkeit der Teiche erhöht. Durch die Verdunstung werden bereits mineralisierte Nährstoffe aus tieferen Sedimentschichten an die Bodenoberfläche transportiert (DE GROOT & GOLTERMANN 1994). Dadurch steht ein wesentlich größerer Bereich des Sediments im Austausch mit dem Teichwasser.

- b) In abgelassenen Teichen können im Frühjahr Pflanzen wachsen, die nach der Bespannung als Gründüngung zur schnellen Besiedlung des Wassers beitragen.
- c) Wasserlebende Krankheitserreger und Parasiten werden abgetötet.

Die für die Teichentwicklung und den Fischbestand positive Trockenlegung hat auch auf das Schilf entsprechende fördernde Effekte:

- a) Durch die Mineralisierung der Auflage in den Röhrichten stehen dem Schilf während der Vegetationsperiode viele Nährstoffe zur Verfügung.
- b) Wenn der Wasserstand niedrig und die organische Auflage reduziert ist, können junge Halme schnell mit der Fotosynthese beginnen.
- c) Im Laufe der Verlandung sammeln sich im Röhricht Pflanzenreste, die den Teichboden heben und kleinräumig die Gewässerchemie ändern. Unter dauerhaft überstauten Bedingungen kann der Abbau der Pflanzenreste Sulfide und organische Säuren freisetzen, die sich giftig auf Pflanzen auswirken. Sie wirken als Phytotoxine und mindern Wachstum und Ausbreitung von Schilf (ARMSTRONG et al. 1996). In trockenen Bereichen haben sie keinen Effekt (CLEVERING 1997). Die regelmäßige Trockenlegung verhindert die Ansammlung von Phytotoxinen.

Zu Beginn der Bespannung sind die Halme zwischen 50 und 100 cm lang. Die Wassertiefen der zu flutenden Teiche bleiben meist unter den Längen der noch wachsenden Halme. Bei einer solchen Teilüberflutung zeigt Schilf ein verstärktes Streckungswachstum, dadurch steigt die entstehende Biomasse (MAUCHAMP et al. 2001). Die regelmäßige Bespannung steigert das Längenwachstum der Halme und damit die Verlandungsgeschwindigkeit. Auch auf eine eventuelle Neuansiedlung wirkt sich die Trockenlegung aus. Unter natürlichen Bedingung spielt die Ausbreitung durch die geschlechtlich entstandenen Nußfrüchte eine geringe Rolle (RODEWALD-RUDESCU 1974). Die Keimlinge haben hohe Ansprüche an die Umweltbedingungen. Sie benötigen feuchte, aber nicht nasse oder überstaute Böden (COOPS & VAN DER WELDE 1995). Die Trockenlegung schafft diese Bedingungen zum benötigten Zeitpunkt.

Durch die zunehmende Regulierung haben schwankende Pegel in Flüssen und Seen stark abgenommen. Auch das kann für den Rückgang des Röhrichts in natürlichen Gewässern verantwortlich sein (REA 1996). Regelmäßig abgelassene Karpfenteiche ähneln natürlichen Biotopen mit wechselnden Wasserständen und bieten einen besonderen Lebensraum für Schilf und andere Pflanzen. Dies sollte auch bei Schutz- und Erhaltungsmaßnahmen bedacht werden. Die Forderung nach gleichmäßigen Wasserständen in Karpfenteichen orientiert sich einseitig an den Bedürfnissen von Wasservögeln (FLORÍN et al. 1994).

Durch das fehlende Wasser können die Böden der Teiche im Winter eher durchfrieren. Bei ausreichender Kälte sterben die im Herbst ausgetriebenen Knospen unter der Erdoberfläche ab. Erfrorene Knospen werden durch ein bis drei Frühjahrsknospen ersetzt (HASLAM 1969a). Die folgenden

Halme bleiben dünner, wachsen aber in viel höheren Dichten und die Dauer der Austriebsphase verlängert sich. Die Schädigung durch den Frost wird so kompensiert.

Die Kalkung der Teiche verringert die Auswirkungen der durch verrottende Pflanzenreste gebildeten Phytotoxine in den Röhrichten (Cížková et al. 1996). Das Wasser der Karpfenteiche wird gepuffert. Das kann niedrige pH-Werte in Röhrichten verhindern und schädliche organische Säuren neutralisieren. Dem ausgetragenen Kalk werden heutzutage keine Nährstoffe mehr zugesetzt, er hat aber eine indirekt düngende Wirkung. Beschattung und Bindung von Algen (kohlenaurer Kalk) bzw. eine Erhöhung des pH-Wertes (Brantkalk) töten einen Teil des Phytoplanktons. Durch den anschließenden Abbau werden CO<sub>2</sub> und andere Pflanzennährstoffe freigesetzt. Die Beschattung des Wasserkörpers hat keinen Einfluss auf Schilfblätter, sie assimilieren über dem Wasserspiegel. Der Stängel ist unempfindlich gegen hohe pH-Werte. Schilf wird durch die Kalkung nicht beeinträchtigt, kann aber von der folgenden Freisetzung der Nährstoffe profitieren.

### **3.3.2.5 Fütterung und Düngung**

Die Fütterung der Karpfen ist zur Ergänzung der Naturnahrung und zur Steigerung der Besatzdichten nötig. Generell sollte nur so viel Futter ausgebracht werden, wie von den Karpfen im Teich gefressen wird. Über Ausscheidungen der Fische und nicht aufgenommenes Futter gelangt aber ein gewisser Anteil der Nährstoffe N und P aus Getreide oder Mischfuttermitteln in den Teich.

Ebenfalls zur Steigerung der Ertragsfähigkeit von Teichen sind verschiedene Methoden der Düngung üblich:

- o Bei der Gründung werden in abgelassenen Teichen Pflanzen wie Senf, Hafer oder Roggen angebaut. Nach der Bespannung zersetzen sich die Pflanzen und geben gebundene Nährstoffe frei.
- o Auch der Abbau organischer Düngemittel (Mist, Jauche o. ä.) setzt Stickstoff, Phosphor und CO<sub>2</sub> frei.
- o Eine Zugabe anorganischer Düngemittel dient der direkten Anreicherung bei Nährstoffmangel oder akutem Bedarf.

Eine Düngung steigert den Nährstoffgehalt im Wasser und den oberen Sedimentschichten. Damit wird das Wachstum von Primärproduzenten angeregt. Von einem hohen Nährstoffgehalt im Wasser profitieren aber nicht nur die erwünschten Algen. Auch die Pflanzen des Röhrichts können diese Nährstoffe aufnehmen. Ein gewisser Anteil der durch die Düngung zugeführten Nährstoffe ist also nicht über die Nahrungskette den Karpfen zugänglich, sondern wird von Uferpflanzen fixiert.

Ein hoher Nährstoffgehalt in Wasser und Sediment steigert das Längenwachstum der Schilfhalme. Fütterung und Düngung steigern den Nährstoffgehalt und damit auch das Wachstum der Röhrichte. Es ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, eine quantitative Aussage zu treffen. Zu viele Faktoren beeinflussen die komplizierten Nährstoffkreisläufe im Teich. Der Einfluss aktueller und vergan-

gener Dünger- und Futtergaben ist nicht gegen natürliche Einträge und Rückhaltung im Teichboden abzugrenzen. Besonders die Fütterung hat einen hohen Anteil an der jährlichen Nährstoffzufuhr (Tabelle 8). Karpfenteiche halten etwa 60 % der jährlichen Zufuhr von Stickstoff und Phosphor zurück (SCHRECKENBACH et al. 2001b). Durch Festlegung in den oberen Bodenschichten werden sie langfristig immer fruchtbarer. Eine regelmäßige Düngung führt so zu einer gesteigerten Primärproduktion und erhöht auch das Nährstoffangebot für Röhrichtpflanzen.

**Tabelle 8: Nährstoffquellen in Karpfenteichen nach SCHRECKENBACH et al. (2001b)**

Quelle	Phosphor [%]	Stickstoff [%]
Zufluss	17	63
Besatz	12	5
Futter	61	26
Düngung	9	2
Regen	1	4

### 3.3.2.6 Weitere Maßnahmen zur Bekämpfung des Röhrichts

Die vollständige Entlandung eines Teiches wird nur durchgeführt, wenn keine anderen Möglichkeiten zur Wiederherstellung der Nutzfläche und der ursprünglichen Teichtiefe bestehen. Sie ist sehr teuer und mit hohem technischem und personellem Aufwand verbunden. Bei der Ausräumung der Gewässersohle geht die obere, nährstoffreiche Bodenschicht verloren, der Teich verliert an Fruchtbarkeit. Die Wirkung einer Entlandung auf Schilf ist naturgemäß gravierend. Alle Pflanzen in entlandeten Bereichen werden entfernt. Dann beginnt eine Neubesiedlung durch übrig gebliebene oder mit dem Flutungswasser eingeschwemmte Rhizome, Stängel oder Samen. Schilf hat enorme regenerative Möglichkeiten. Ein Bruchstück mit nur zwei intakten Zwischenknoten kann zur erfolgreichen Wiederansiedlung führen (RODEWALD-RUDESCU 1974). Somit ist die vollständige Entlandung eine einschneidende aber zeitlich begrenzt wirkende Entfernung des Röhrichts.

Der Schilfbrand von trockenen Halmen im Winter kann die Verfilzung der Bestände verringern und die Lichtbedingungen für folgende Austriebe verbessern. Gelegentlich werden Röhrichte in natürlichen Gewässern als Pflegemaßnahme verbrannt, über die pflegende Wirkung dieser Maßnahme wird aber gestritten (OSTENDORP 1995). Der Brand unterbricht die Winterruhe der Knospen und reduziert die pflanzliche Auflage. Die Halme treiben früher und in höheren Dichten aus (HASLAM 1969a). Ein Schilfbrand ist in Karpfenteichen nicht üblich, der Bewirtschafter möchte in der Regel das Wachstum von Schilf nicht begünstigen. Auch würden Naturschutzbestimmungen den Einsatz von Feuer verhindern.

Eine effektive chemische Bekämpfung von Schilf ist möglich, wird in Sachsen aber nicht durchgeführt. Bei großflächig angelegten Einsätzen in Amerika werden dazu überwiegend Glyphosate verwendet, meist in Kombination mit anschließendem Brand (MARKS et al. 1995). Glyphosate wir-

ken als unspezifische Breitband-Herbizide. Sie sind für Tiere eigentlich ungefährlich, doch die Trägersubstanzen vieler Präparate können aquatische Organismen vergiften (Tu et al. 2001). Wird die chemische Bekämpfung unregelmäßig durchgeführt oder ausgesetzt, kehrt Schilf meist schnell zurück. Die chemische Bekämpfung von Schilf ist durch die Ansprüche der sächsischen Karpfenzucht an Lebensmittelqualität und Umweltverträglichkeit nicht praktikabel.

Für die biologische Bekämpfung von Schilf gibt es derzeit mit Ausnahme des Graskarpfens keine Möglichkeit. Es existiert eine Vielzahl von Parasiten, Schädlingen oder Fressfeinden von Schilf. Einige Insekten und ihre Larven, Milben, Wasservögel oder Bisamratten können den Rückgang von Schilf verursachen (KRAUB 1979, TSCHARNTKE 1990). Eine Methode zu ihrem gezielten und begrenzten Einsatz zur biologischen Schilfbekämpfung ist jedoch nicht entwickelt. Eine Art biologischer Bekämpfung tritt bei der Zucht von Gänsen oder Enten in den Teichen auf. Durch die hohen Dichten der Wasservögel verschwinden Röhrichte in den entsprechenden Bereichen. Diese Art der Teichnutzung ist heutzutage nicht mehr häufig. Nur in einem der untersuchten Teiche und in einem eng umgrenzten Gebiet wurde Wassergeflügel gehalten.

#### **4. Teil: Zusammenfassung**

Die in Teil 3 dargestellten Zusammenhänge zwischen Standort, Bewirtschaftung und Verlandung sind generalisierte Darstellungen unter den üblichen Bedingungen in sächsischen Teichen. Sicherlich werden einige Bewirtschafter andere Erfahrungen z. B. mit den Auswirkungen der Mahd oder dem Einfluss von Besatzdichte und -alter haben. Es gibt auch Teiche in denen Schilf rückläufig ist oder in einem Verlandungsstadium stagniert. Das Wachstum jedes einzelnen Schilfbestandes ist in unterschiedlichem Maße von allen genannten Einflüssen des Standortes und der Bewirtschaftung abhängig. Hinzu kommen noch die bestandstypischen inneren Wechselwirkungen.

Mit Berücksichtigung dieser Aspekte soll eine BEWERTUNG DER EINFLÜSSE VON STANDORT UND BEWIRTSCHAFTUNG vorgenommen werden.

Es gibt eine Reihe von Richtlinien und üblichen Vorgehensweisen bei der Bewirtschaftung von Karpfenteichen. Diese ordnungsgemäße Teichwirtschaft oder gute fachliche Praxis soll nachhaltig und standortgerecht sein, den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt berücksichtigen, hochwertige Nahrungsmittel produzieren und sich nach den Gesetzen richten. Definition und Richtlinien für die Vorgehensweise unter den Bedingungen in sächsischen Teichwirtschaften können FÜLLNER et al. (2000) entnommen werden. Diese methodischen Regeln werden von den Bewirtschaftern nicht umgangen. Als Nebeneffekt fördern viele von ihnen das Wachstum von Schilf und die schnelle Verlandung der Teiche. Die Grundlagen der guten fachlichen Praxis wirken folgendermaßen auf die Verlandung:

Die Teiche müssen flach, stehend und ablassbar sein um die notwendige Wassertemperatur und eine ausreichende Produktivität für Karpfen zu sichern. Damit ist der ganze Teich der Verlandung ausgesetzt. Die Ufer werden nach erdstatischen Verhältnissen gebaut. Es ist nicht möglich, die

Verlandung von Karpfenteichen durch die Gestaltung des Teichbeckens zu verhindern. Durch steil gestaltete Ufer und eine Auflage mit Schotter oder Kies kann sie verzögert werden. Allerdings werden Teiche nur noch in Ausnahmefällen neu gebaut.

Viele Teiche wurden auf ursprünglich nährstoffarmen Böden angelegt. Durch Bewirtschaftung und Rückhaltungsprozesse steigt die Fruchtbarkeit der oberen Sedimentschichten und des Teichwassers. Ein hoher Nährstoffgehalt im Wasser ist für eine ausreichende Nahrungsgrundlage der Karpfen notwendig, fördert aber auch das Wachstum von Schilf. Die Gewässerchemie des Teichwassers wie pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Temperatur und Spurenelemente müssen nicht nur gute Bedingungen für Karpfen bieten. Auch eine effektive Primärproduktion muss sicher gestellt sein. Nährstoffgehalt und Gewässerchemie werden durch Düngung und Kalkung beeinflusst. Zwar zielt die Bewirtschaftung auf ein gutes Wachstum von Phytoplankton als Grundlage der Nahrungskette, davon profitieren aber auch Pflanzen des Röhrichts. Es ist unmöglich, die Verlandung durch Steuerung der Wasserchemie zu vermeiden.

Einen ähnlichen Effekt haben Fütterung und Trockenlegung der Teiche. Beide steigern den Nährstoffgehalt des Teiches. Die Trockenlegung verbessert zusätzlich den Abbau der Pflanzenreste und damit die Wachstumsbedingungen für Schilf. Die Fütterung kann nicht vermieden werden. Eine verringerte Trockenlegung bei einem zweijährigen Umtrieb ( $K_1 \rightarrow K_3$  ohne Abfischung) kann unter Umständen Ausbreitung und Wachstum von Schilf verringern. Für die gezielte Bekämpfung von Schilf ist diese Vorgehensweise nicht zu empfehlen. Es ist kaum vorhersehbar, ob sich damit die Verlandungsgeschwindigkeit verringert. Sie kann durch den schlechteren Abbau der Pflanzenreste auch ansteigen. Außerdem ist der zweijährige Umtrieb mit reduzierten Erträgen, gesteigerter Infektionsgefahr, weniger Naturnahrung und mangelnder Mineralisierung des Teichbodens verbunden.

Unter den heutigen Umständen ist es auch nicht praktikabel, den Schilfbestand durch die Besatzdichte zu regulieren. Die ordnungsgemäße Teichwirtschaft in Sachsen produziert Speisekarpfen fast ausschließlich auf der Basis von Naturnahrung mit Getreidezufütterung. Die üblichen Zielderträge liegen im Bereich von 600 bis 800 kg/ha. Dadurch wird das Wachstum von Schilf nicht eingeschränkt. Die Wahl von Besatzdichte und -altersstufe muss sich nach Aspekten wie Fruchtbarkeit des Teiches, Bedürfnisse der Karpfen und den Marktanforderungen richten. Diese Gesichtspunkte haben zu weit reichende wirtschaftliche Konsequenzen um Röhrichte in Teichen über den Karpfenbesatz zu begrenzen. Zusätzlich sind in vielen Teichen die Besatzdichten direkt oder indirekt durch natur- und tierschutzfachliche Anforderungen begrenzt (indirekt z. B. über die Regelung der Fütterung).

Nach den bisher genannten Grundsätzen sind ordnungsgemäß bewirtschaftete Karpfenteiche geradezu optimale Lebensräume für Schilf. Die Ansiedlung, Ausbreitung und Entwicklung der Röhrichte ist nicht zu vermeiden. Was kann der Bewirtschafter tun, um die Nutzfläche seiner Teiche und damit ihre rentable Bewirtschaftung zu erhalten?

Die gravierendste Maßnahme ist die Entlandung der Teichsohle. Röhrichte werden vollständig entfernt. In sehr stark verlandeten Bereichen gibt es keine andere Möglichkeit um die ursprüngliche Nutzfläche zu rekonstruieren. Die Entlandung sollte aber nach Möglichkeit vermieden werden. Sie ist finanziell sehr aufwändig, entfernt fruchtbare Teichschlämme und stört die angesiedelte Tier- und Pflanzenwelt erheblich. Eine regelmäßige, weniger einschneidende Bekämpfung der Röhrichte ist für die wirtschaftlichen, biotechnologischen und ökologischen Funktionen der Teiche empfehlenswerter.

Die traditionelle Methode zur Vermeidung der Verlandung ist die Mahd. Auch sie ist arbeits- und kostenintensiv, es gibt aber keine praktikable Alternative. Der Schilfschnitt ist nach dem Sächsischen Naturschutzgesetz zwischen dem 1. März und dem 30. September verboten und darf nur mit Genehmigung durchgeführt werden. Daher wird in den Teichen überwiegend nur einmal im Jahr gemäht. Je nach Zeitpunkt ist ein solcher Erhaltungsschnitt von begrenzter Wirkung. Er muss also regelmäßig durchgeführt werden. Entfernungsschnitte sollten in Teichen mit besonders schneller Ausbreitung des Röhrichts genehmigt werden. Mehrmaliger Schnitt ist effektiver, aber auch so gemähte Bereiche werden in Karpfenteichen über kurz oder lang erneut besiedelt. Die Mahd stellt einen früheren Zustand der eigenständigen Entwicklung von Schilfbeständen her und entfernt pflanzliche Biomasse. Durch die Verjüngung der Bestände fördert sie gleichzeitig die Tendenz zur Ausbreitung der Schilfröhrichte. Die Mahd ist nur dann eine Möglichkeit die gegenwärtige Nutzfläche eines Teiches zu erhalten, wenn sie regelmäßig und dauerhaft durchgeführt wird.

Die chemische Bekämpfung der Röhrichte hat beträchtliche Nachteile und wird in Sachsen nicht durchgeführt. Nur bei einer sehr frühzeitigen Anwendung wird der Austrieb verhindert. Bei späterem Einsatz bleiben die abgestorbenen Halme stehen. Die Verlandung und Verfilzung der Röhrichte wird verlangsamt, schreitet aber fort. Die Wirkung der Herbizide auf Phytoplankton ist unerwünscht und kaum zu kontrollieren. Bei der Produktion von Lebensmitteln sollte der Einsatz chemischer Stoffe so gering wie nötig bleiben. Die meisten Kunden legen Wert auf ein hochwertiges Erzeugnis aus ökologisch unbedenklicher Herstellung. Auch ohne Nachweis gesundheitsschädigender Rückstände oder ungewollter Auswirkungen auf die Umwelt bleibt eine Abneigung gegen den Einsatz von Chemikalien in der Lebensmittelproduktion bestehen.

Ein Besatz mit Graskarpfen kann die Ausbreitung von Schilf während der Vegetationsperiode verringern. Der Vortrieb der Rhizome im Winter wird jedoch nicht unterbunden. Ein Besatz in hohen Dichten, der Schilf während der Vegetationsperiode wirksam zurück drängt, ist aufgrund der Auswirkungen auf die Teichökologie nicht zu empfehlen. In geringen Dichten schränken Graskarpfen die Ausbreitung der Röhrichte vergleichsweise kostengünstig und „sanft“ ein. Sie sind in Deutschland nicht heimisch. Daher bedarf der Besatz der Genehmigung der entsprechenden Landwirtschafts- und Naturschutzministerien. In abgeschlossenen und kontrollierbaren Teichen werden Graskarpfen zur Kontrolle von Pflanzen genutzt. Durch die geringe marktwirtschaftliche Akzeptanz haben Besatzdichte und -häufigkeit aller Pflanzenfresser nach der Wende stark abgenommen.

Aus den bisherigen Ergebnissen lassen sich einige **SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DEN NATUR- UND LANDSCHAFTSSCHUTZ** ziehen.

Die Karpfenteiche Sachsens sind Biotop, die von vielen Tieren und Pflanzen besiedelt werden. Sie bieten ihnen Ersatz für verschwundene natürliche Feuchtgebiete, Moore und Kleingewässer. Dem Röhrichtgürtel kommt hierbei besondere Bedeutung zu. Er dient als Versteck, Nistplatz und Aufenthaltsort für seltene Vogelarten und wird von verschiedenen Lebensstadien etlicher Amphibien und Insekten genutzt. Karpfenteiche sind eine Form der naturnahen landwirtschaftlichen Nutzung, entsprechen aber nicht einem natürlichen Gewässer. Der Wert der Teiche für Flora und Fauna liegt nur teilweise in ihrer Ersatzfunktion für verloren gegangene Lebensräume im Wasser und am Ufer. Die immer wieder auftretende Neubesiedlung nach der Bespannung, die Vielfalt vorhandener Strukturen und der Nährstoffreichtum der Teiche stellen einen sehr speziellen Lebensraum dar. Dieser ist schützens- und erhaltenswert, aber nicht natürlich im Sinne von „durch den Menschen unbeeinflusst“.

Der besondere landschaftliche Reiz und die reichhaltige Flora und Fauna der Karpfenteiche haben zu Einschränkungen und Verboten bei der Bewirtschaftung geführt. Je tiefgreifender der Eingriff des Bewirtschafters ist und je länger seine Folgen anhalten, desto unerwünschter ist er meist. In der vorliegenden Arbeit wurde gezeigt, dass die Bedingungen in Karpfenteichen für das Wachstum von Schilf außerordentlich gut sind - gerade durch die Bewirtschaftung. Durch eine Verringerung der Einflussnahme werden die Bedingungen für das Röhricht nicht verbessert. Ohne regelmäßigen Schilfschnitt verlanden die meisten Teiche schnell. Es bilden sich verfilzte, stark beschattete und sauerstoffarme Bereiche, die von den meisten aquatischen Organismen kaum mehr genutzt werden. Die Umweltschädigung durch die Mahd muss differenziert bewertet werden. Einerseits werden Vögel und andere Organismen gestört. Andererseits werden langfristig junge, durchlichtete und damit an Organismen reiche Röhrichte erhalten. Ähnlich zweischneidig sind auch die Trockenlegung und der Besatz mit Graskarpfen zu bewerten. Auch kann die gefährdete Situation der Schilfröhrichte in vielen natürlichen Gewässern nicht auf Karpfenteichen übertragen werden. Die Teichröhrichte haben bessere Wachstumsbedingungen und regenerieren schneller. In einem natürlichen Gewässer wurde eine kleine Kontrollfläche im Frühjahr gemäht. Innerhalb des Jahres trieben nur sehr wenige Ersatzhalme aus (< 10 Halme/m<sup>2</sup>). In Karpfenteichen werden fast alle gemähten Halme ersetzt. Die Mahd schädigt hier nur in den wenigsten Fällen dauerhaft.

Das Bundesnaturschutzgesetz fordert den Erhalt von "Historische(n) Kulturlandschaften und -landschaftsteile(n) von besonders charakteristischer Eigenart ..." (§ 2). Nur eine fortlaufende Bewirtschaftung kann den gegenwärtigen Zustand der Teiche nachhaltig bewahren. Dieses Konzept - Schutz durch Nutzung - muss für den Teichwirt finanziell tragbar sein um langfristig anwendbar zu bleiben.

Als Zusammenfassung werden nun allgemeine **RATSCHLÄGE FÜR DEN UMGANG MIT RÖHRICHTEN** abgeleitet.

Die Verlandung von Karpfenteichen durch Röhrichtpflanzen ist durch Bewirtschaftungsmaßnahmen nicht aufzuhalten. Wenn die Teiche erhalten bleiben sollen, muss der Verlandung entgegen gewirkt werden. Hierzu sind regelmäßige, kleinere Maßnahmen eher zu empfehlen als wenige, drastische Eingriffe. Nach den vorliegenden Ergebnissen ist die beste Möglichkeit eine Kombination aus einem moderaten Besatz mit Graskarpfen und regelmäßiger Mahd. Aus den folgenden Gründen erscheint dem Autor diese Lösung zweckmäßig, sowohl für die Bewirtschaftung als auch für Schutz und Erhaltung der Umwelt.

Der Besatz mit Graskarpfen vermindert die Ausbreitung der Röhrichte während der Vegetationsperiode. Ihr Einfluss auf andere Organismen in und an den Teichen ist gering. Vögel und Amphibien in den Röhrichten beeinträchtigen sie nicht. Bei ausreichender pflanzlicher Nahrung und höheren Temperaturen fressen sie keine Fischeier, Kleinfische oder Benthonorganismen. Die Besatzdichten sollten gering bleiben um Futterkonkurrenz zu Karpfen zu verhindern, die Nährstoffkreisläufe nicht nachteilig zu beeinflussen und Teichorganismen zu schonen. Bei der Abfischung muss streng darauf geachtet werden, dass Graskarpfen nicht in natürliche Gewässer entweichen.

Graskarpfen vermindern die Ausbreitung der Röhrichte, können sie aber bei geringen Besatzdichten nicht vollständig verhindern. Eine regelmäßige Mahd erhält die Nutzfläche. Die empfehlenswerte Häufigkeit hängt von den Schilfbestandsformen im Teich ab. Je fortgeschrittener die Verlandung bereits ist, desto weniger schnell wird sich das Schilf ausbreiten. Stark invasive Bestände sollten jährlich, reife Stadien etwa alle drei bis fünf Jahre gemäht werden. Das Mähen hält die nicht umkehrbare, gerichtete Verlandung auf und ruft eine regelmäßige Zirkulation von Verlandungsstadien hervor. Dies kann auch kleinräumig geschehen. Wird dauerhaft nur die Ausbreitungsfront gemäht, so entstehen Bestände mit stark verlandeten zentralen Bereichen und sich ausbreitenden Fronten. Um eine zu starke Verlandung und die Ausbildung von Bülden zu vermeiden, sollten alle Schilfflächen in gewissen Abständen gemäht werden.

Es ist empfehlenswert, büldenförmige Schilfbestände und späte Stadien der Sukzession bei der Auswahl unbeeinflusster Bereiche bevorzugt zu berücksichtigen. Einerseits können sie durch eine Mahd kaum rekonstruiert werden. Andererseits sind diese Bereiche über vergleichsweise lange Zeiträume unbeeinflusst und damit für viele Tiere attraktiver.

## Literatur

- ARMSTRONG, J. & W. ARMSTRONG (1999): Phragmites die-back: toxic effects of propionic, butyric and caproic acids in relation to pH. *New Phytol.* 142 (2): S. 201-17.
- ARMSTRONG, J., W. ARMSTRONG, Z. WU & F. AFREEN-ZOBAYED (1996): A role for phytotoxins in the Phragmites die- back syndrome? *Folia Geobot. Phytotax.* 31: S. 127-42.
- ASAEDA, T. & S. KARUNARATNE (2000): Dynamic modeling of the growth of *Phragmites australis*: model description. *Aquat. Bot.* 67 (4): S. 301-18.
- BOAR, R. R. (1996): Temporal variations in the nitrogen content of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex. Steud. from a shallow fertile lake. *Aquat. Bot.* 55: S. 171-81.
- BOHL, M. (1999): Zucht und Produktion von Süßwasserfischen. DLG Verlags GmbH, Frankfurt: 719 Seiten.
- BORNKAMM, R. & F. RAGHI-ATRI (1986): Über die Wirkung unterschiedlicher Gaben von Stickstoff und Phosphor auf die Entwicklung von *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. *Arch. Hydrobiol.* 105 (4): S. 423-41.
- BORNKAMM, R., F. RAGHI-ATRI & M. KOCH (1980): Einfluß der Gewässereutrophierung auf *Phragmites australis*. *Garten und Landschaft* 1: S. 15-19.
- BUTTERY, B. R. & J. M. LAMBERT (1965): Competition between *Glyceria maxima* and *Phragmites communis* in the region of Surlingham Broad. I. The competition mechanism. *J. Ecol.* 53: S. 163-82.
- CÍŽKOVÁ, H., J. A. STRAND & J. LUKAVSKÁ (1996): Factors associated with reed decline in a eutrophic fishpond, Rožmberk (South Bohemia, Czech Republic). *Folia Geobot. Phytotax.* 31: S. 73-84.
- CÍŽKOVÁ-KONCALOVÁ, H., J. KVĚT & J. LUKAVSKÁ (1996): Response of *Phragmites australis*, *Glyceria maxima*, and *Typha latifolia* to additions of piggery sewage in a flooded sand culture. *Wetlands Ecology and Management* 4: S. 43-50.
- CLAYTON, W. D. (1968): The Correct Name of the Common Reed. *Taxon* 17: S. 168-69.
- CLEVERING, O. A. (1997): Effects of litter accumulation and water table on morphology and productivity of *Phragmites australis*. *Wetlands Ecology and Management* 5: S. 275-187.
- CLEVERING, O. A. (1999): The effects of litter on growth and plasticity of *Phragmites australis* clones originating from infertile, fertile or eutrophicated habitats. *Aquat. Bot.* 64 (1): S. 35-50.
- COOPS, H. & G. VAN DER WELDE (1995): Seed dispersal, germination and seedling growth of six helophyte species in relation to water- level zonation. *Freshw. Biol.* 34: S. 13-20.
- DE GROOT, C. J. & H. L. GOLTERMANN (1994): Nutrient processes in Mediterranean wetland systems. Part 2. The influence of desiccation. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: S. 1328.
- DINKA, M. & P. SZEGLET (1998): Reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel) growth and production in different habitats of Neusiedler See (Lake Fertö). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: S. 1830-34.
- DINKA, M. & P. SZEGLET (1999): Carbohydrate and Nutrient Content in Rhizomes of *Phragmites australis* from Different Habitats of Lake Fertö/ Neusiedlersee. *Limnologica* 29 (1): S. 47-59.
- DITTRICH, P. (1995): Ökophysiologische und -genetische Untersuchungen am Schilf im Hinblick auf den Röhrichtrückgang. In: B. L. f. Wasserforschung: Entwicklung von Zielvorstellungen des

- Gewässerschutz aus der Sicht der aquatischen Ökologie. Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 48, Oldenbourg Verlag, München; Wien, S. 280-90.
- DYKYJOVÁ, D. (1978): Nutrient Uptake by Littoral Communities of Helophytes. - Absorption, Accumulation and Translocation of Nutrients in Plant Tissues. In: D. Dykyjová & J. Květ: Pond Littoral Ecosystems. Ecological Studies 28, S. 257-77.
- DYKYJOVÁ, D., S. HEJNY & J. KVĚT (1973): Proposal for International Comparative Investigations of Production by Stands of Reed (*Phragmites communis*). Folia Geobot. Phytotax. 8: S. 435-42.
- DYKYJOVÁ, D. & D. HRADECKÁ (1976): Production Ecology of *Phragmites communis*. Relations to Two Ecotypes to the Microclimate and Nutrient Conditions of Habitat. Folia Geobot. Phytotax. 11: S. 23-61.
- EKSTAM, B. (1995): Ramet size equalisation in a clonal plant, *Phragmites australis*. Oecologia 104: S. 440-46.
- FLORÍN, M., C. PRIEBE & A. G. BESTEIRO (1994): Influence of hydric regime and sediments on primary producers communities in saline lakes of La Mancha. Verh. Internat. Verein. Limnol. 25: S. 1342-44.
- FÜLLNER, G., N. LANGNER & M. PFEIFER (2000): Ordnungsgemäße Teichbewirtschaftung im Freistaat Sachsen. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden: 66 Seiten.
- GRANÉLI, W. (1985): Biomass response after nutrient addition to natural stands of reed, *Phragmites australis*. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: S. 2956-61.
- GRANÉLI, W., S. E. B. WEISNER & M. D. SYTSMAN (1992): Rhizome dynamics and resource storage in *Phragmites australis*. Wetlands Ecology and Management 1 (4): S. 239-47.
- GRIES, C. & D. GARBE (1989): Biomass, and nitrogen, phosphorus and heavy metal content of *Phragmites australis* during the third growing season in a root zone waste water Treatment. Arch. Hydrobiol. 117 (1): S. 97-105.
- GROSSER, S., W. POHL & A. MELZER (1997): Untersuchungen des Schilfrückganges an bayerischen Seen. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, München: 139 Seiten.
- GROTHER, A. (2001): Der Einfluß von Schilfröhricht (*Phragmites australis*) auf die Phosphor-Akkumulation in Karpfenteichen. Diplomarbeit, Universität Potsdam: 84 Seiten.
- GUNATILAKA, A. (1991): Nutrient cycling in a freshwater reed marsh. Verh. Internat. Verein. Limnol. 24: S. 980-83.
- HANGANU, J., G. MIHAIL & H. COOPS (1999): Responses of ecotypes of *Phragmites australis* to increased seawater influence: a field study in the Danube Delta, Romania. Aquat. Bot. 64 (3-4): S. 351-58.
- HARA, T., J. VAN DER TOORN & J. H. MOOK (1993): Growth Dynamics and Size Structure of Shoots of *Phragmites australis*, a Clonal Plant. J. Ecol. 81: S. 47-60.
- HASLAM, S. M. (1969a): The Development and Emergence of Buds in *Phragmites communis*. Ann. Bot. 33: S. 289-301.
- HASLAM, S. M. (1969b): Stem types of *Phragmites communis*. Ann. Bot. 33: S. 127-31.
- HASLAM, S. M. (1970a): The Development of the Annual Population in *Phragmites communis*. Ann. Bot. 34: S. 571-91.

- HASLAM, S. M. (1970b): The Performance of *Phragmites communis* Trin. in Relation to Water Supply. *Ann. Bot.* 34: S. 867-77.
- HASLAM, S. M. (1971): The Development and Establishment of Young Plants of *Phragmites communis* Trin. *Ann. Bot.* 35: S. 1059-72.
- HEJNY, S., J. KVĚT & D. DYKYOJOVÁ (1981): Survey of Biomass and Net Production of Higher Plant Communities in Fishponds. *Folia Geobot. Phytotax.* 16: S. 73-94.
- HERBST, M. & L. KAPPEN (1993): Die Rolle des Schilfs im standörtlichen Wasserhaushalt eines norddeutschen Sees. *Phytocoenologia* 23: S. 51-64.
- HOFMANN, K. (1986): Wachstumverhalten von Schilf (*Phragmites australis* [Cav.] Trin. ex Steudel) in klärschlammbelebten Filterbeeten. *Arch. Hydrobiol.* 107: S. 385-409.
- ISELI, C. (1990): Die Geschichte der Schilfröhrichte am Bielersee und Folgerungen für den praktischen Naturschutz. In: H. Sukopp & M. Krauß: *Ökologie, Gefährdung und Schutz von Röhrichtpflanzen. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung* 71, Technische Universität, Berlin, S. 212-28.
- JÄHNICHEN, H., L. HÖHNE & G. KLEIST (1973): *Die biologische Krautung.* Institut für Binnenfischerei, Berlin-Friedrichshagen: 44 Seiten.
- KLEMM, R. & G. KRETZSCHMAR (1998): Untersuchungen der zur Erhaltung der Teiche notwendigen jährlichen Instandhaltungskosten in ausgewählten sächsischen Teichwirtschaften. *Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Königswartha*: 12 Seiten.
- KLÖTZLI, F. (1973): Über Belastbarkeit und Produktion in Schilfröhrichten. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Sonderdruck)*: S. 237-45.
- KNÖSCHE, R. (2002): Karpfenbesatz in freien Gewässern - pro und contra. *Fischer & Teichwirt* 10: S. 376-78.
- KOPPITZ, H. (1999): Analysis of genetic diversity among selected populations of *Phragmites australis* world-wide. *Aquat. Bot.* 64 (3-4): S. 209-21.
- KRAUß, M. (1979): Zur Nahrungsökologie des Bläßhuhns *Fulica atra* auf den Berliner Havelseen und der Einfluß von Bläßhuhn und Bisamratte *Ondatra zibethicus* auf das Schilf *Phragmites communis*. *Anz. Orn. Ges. Bayern* 18: S. 105-44.
- KRISCH, H., N. KRAUß & M. KAHL (1979): Der Einfluss von Schnitt und Frost auf Entwicklung und Biomasseproduktion der *Phragmites*- Röhrichte am Greifswalder Bodden. *Folia Geobot. Phytotax.* 14: S. 121-44.
- KÜHL, H., H. KOPPITZ, H. ROLLETSCHKE & J. G. KOHL (1999): Clone specific differences in a *Phragmites australis* stand I. Morphology, genetics and site description. *Aquat. Bot.* 64 (3-4): S. 235-46.
- LOUGHEED, V. L., B. CROSBIE & P. CHOW-FRASER (1998): Predictions on the effect of common carp (*Cyprinus carpio*) exclusion on water quality, zooplankton, and submergent macrophytes in a Great Lake wetland. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: S. 1189-97.
- LOZÁN, J. L. & H. KAUSCH (1998): *Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler.* Parey, Berlin: 287 Seiten.
- MARKS, M., B. LAPIN & J. RANDALL (1995): Element Stewardship Abstract for *Phragmites australis*. pdf-file bei <http://tncweeds.ucdavis.edu> (letzter eigener Zugriff: 2002).

- MASON, C. F. & R. J. BRYANT (1975): Production, nutrient content and decomposition of *Phragmites communis* Trin. and *Typha angustifolia* L. J. Ecol. 63: S. 71-95.
- MAUCHAMP, A., S. BLANCH & P. GRILLAS (2001): Effects of submergence on the growth of *Phragmites australis* seedlings. Aquat. Bot. 69 (2-4): S. 147-64.
- OSTENDORP, W. (1987): Die Auswirkungen von Mahd und Brand auf die Ufer- Schilfbestände des Bodensee- Untersees. Natur und Landschaft 62 (3): S. 99-102.
- OSTENDORP, W. (1988): Nährstoffkreisläufe und Nährstoffakkumulation in Seeufer-Schilfröhrichtern - Am Beispiel des Bodensee-Untersees. TELMA 18: S. 351-72.
- OSTENDORP, W. (1990a): Ist die Seeneutrophierung am Schilfsterben schuld? In: H. Sukopp & M. Krauß: Ökologie, Gefährdung und Schutz von Röhrichtpflanzen. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 71, Technische Universität, Berlin, S. 121-40.
- OSTENDORP, W. (1990b): Strategien zur Untersuchung des Röhrichtrückgangs. In: H. Sukopp & M. Krauß: Ökologie, Gefährdung und Schutz von Röhrichtpflanzen. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 71, Technische Universität, Berlin, S. 18-48.
- OSTENDORP, W. (1993): Schilf als Lebensraum. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 68: S. 173-280.
- OSTENDORP, W. (1995): Impact of winter reed harvesting and burning on the nutrient economy of reed beds. Wetlands Ecology and Management 3 (4): S. 233-48.
- OSTENDORP, W., E. TIEDGE & S. HILLE (2001): Effect of eutrophication on culm architecture of lake-shore *Phragmites* reeds. Aquat. Bot. 69 (2-4): S. 177-93.
- PERSSON, A. & S. F. HAMRIN (1994): Effects of cyprinids on the release of phosphorus from lake sediment. Verh. Internat. Verein. Limnol. 25 (4): S. 2124-27.
- POHL, W., S. GROSSER & A. MELZER (1999): Stickstoff- und Kohlenhydratspeicherung in Rhizomen von *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel an unterschiedlichen aquatischen Standorten oberbayerischer Seen. Limnologica 29 (1): S. 36-46.
- RAGHI-ATRI, F. (1976): Ökologische Untersuchungen an *Phragmites communis* Trinius in Berlin unter Berücksichtigung des Eutrophierungseinflusses. Dissertation, TU Berlin: 151 Seiten.
- RAGHI-ATRI, F. & R. BORNKAMM (1979): Wachstum und chemische Zusammensetzung von Schilf (*Phragmites australis*) in Abhängigkeit von der Gewässereutrophierung. Arch. Hydrobiol. 85: S. 192-228.
- REA, N. (1996): Water level and *Phragmites*: Decline from lack of regeneration or dieback from shoot death. Folia Geobot. Phytotax. 31: S. 85-90.
- RODEWALD-RUDESCU, L. (1974): Das Schilfrohr. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 302 Seiten.
- SCHIERUP, H. H. (1978): Biomass and primary production in a *Phragmites communis* Trin. swamp in North Jutland, Denmark. Verh. Internat. Verein. Limnol. 20: S. 94-99.
- SCHRECKENBACH, K., R. KNÖSCHE & K. EBERT (2001a): Nutrient and energy content of freshwater fishes. J. Appl. Ichthyol. 17: S. 142-44.
- SCHRECKENBACH, K., R. KNÖSCHE, D. RITTERBUSCH, M. PFEIFER, H. WEIßENBACH, E. JANURIK, P. SZABO, P. SCHOPPE & C. THÜRMER (2001b): Ordnungsgemäße Teichwirtschaft. 60 Seiten.

- TEN WINKEL, E. & J. T. MEULEMANS (1984): Effects of fish upon submerged vegetation. *Hydrobiol. Bull.* 18 (2): S. 157-58.
- TERRELL, J. W. & T. T. TERRELL (1975): Macrophyte control and food habits of the grass carp in Georgia ponds. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 19: S. 2515-20.
- TERRELL, T. T. (1975): The impact of macrophyte control by the white amur (*Ctenopharyngodon idella*). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 19 (3): S. 2510-14.
- TSCHARNTKE, T. (1990): Reaktionen des Schilfs (*Phragmites australis*) auf Insektenfraß. In: H. Sukopp & M. Krauß: Ökologie, Gefährdung und Schutz von Röhrichtpflanzen. *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung* 71, Technische Universität, Berlin, S. 182-90.
- TU, M., C. HURD & J. RANDALL (2001): *Weed Control Methods Handbook: Tools and Techniques for Use in Natural Areas*. pdf-file bei <http://tncweeds.ucdavis.edu> (letzter eigener Zugriff: 2002).
- VAN DER PUTTEN, W. H., B. A. M. PETERS & M. S. VAN DEN BERG (1997): Effects of litter on substrate conditions and growth of emergent macrophytes. *New Phytol.*: S. 527-37.
- WIJTE, A. H. B. M. & J. L. GALLAGHER (1996): Effect of oxygen availability and salinity on early life history stages of salt marsh plants. 2. Early seedling development advantage of *Spartina alterniflora* over *Phragmites australis* (Poaceae). *Am. J. Bot.* 83: S. 1343-50.
- WINKLER, J., E. BUCHER & H. MASSOW (1967): *Technische Mechanik für Ingenieurschulen*. VEB Fachbuchverlag, Leipzig: 524 Seiten.
- ZÖFEL, P. (1992): *Statistik in der Praxis*. G. Fischer, Stuttgart; Jena: 422 Seiten.

## Anhang

### A1 Übersicht der Probentermine und Untersuchungsansätze

#### A1.1 Untersuchungsjahr 2000

- 14 Teiche: 11 sächsische Karpfenteiche; 3 Versuchsteiche - Auswahl in Absprache mit den Herren G. FÜLLNER, M. PFEIFER und N. LANGNER (LfL)

**Tabelle 9: Die untersuchten Teiche (2000)**

	<b>Teich</b>	<b>Teichwirtschaft</b>	<b>Fläche<sup>+</sup> [ha]</b>
1	Casimir	Königswartha	15,01
2	Grenzteich <sup>*</sup>	"	38,27
3	Großer Biwatsch	"	18,90
4	Versuchsteich 6 <sup>*</sup>	Versuchsteichanlage Königswartha	0,25
5	Versuchsteich 10 <sup>*</sup>	"	0,25
6	Versuchsteich 22 <sup>*</sup>	"	0,25
7	Kippenteich I	Lohsa GbR	71,40
8	Kippenteich IV <sup>*</sup>	"	74,10
9	Mittelteich II <sup>*</sup>	Uhyst	2,00
10	Rehberge <sup>*</sup>	Weigersdorf	3,25
11	Kleiner Stockteich	Neudorf-Klösterlich	7,80
12	Schemsteich	Niederspree	11,03
13	Roter Lug	Kauppa	20,30
14	Großer Teich <sup>*</sup>	Torgau	175,00

<sup>+</sup>: Nutzflächen nach Angaben von N. Langner, SächsLAL-Fisch

<sup>\*</sup>: Untersuchungsobjekte im Jahr 2001

- drei Termine: Frühjahr (09.05. - 30.05.), Sommer (10.07. - 16.07.), Herbst (16.10. - 21.10.) zu denen von den Teichen Gewässermorphologie, Wassertiefe, Faulschlammdicke und Gewässerchemie (PO<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>P, ortho-PO<sub>4</sub>, ortho-PO<sub>4</sub>P, Nges, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, CSB, Fe, Fe<sub>ges</sub>, pH, SBV, LF, Härte, Ca, Mg) aufgenommen wurde.
- 240 Areale: je 1 m<sup>2</sup>, etwa sechs Areale pro Teich und Datum. Aufgenommen wurden Wassertiefe und Entfernung vom Ufer, Anzahl Pa grün, Anzahl Pa abgestorben, Anzahl Pa mit Rispe, Pa Länge maximal und minimal, Pa Durchmesser maximal und minimal. Wenn T, J, G, C und E vorhanden wie P.
- 2 520 Längen und Durchmesser: davon 1 870 Pa. Für die vorhandenen Arten in den Arealen je zehn zufällig gewählt.
- 211 Halme im Frühjahr markiert: und gemessen, davon 115 im Herbst erneut. Jeweils Längen, Durchmesser, Wassertiefen, Blattzahlen, Nodienzahlen und -positionen. (ges. 326 Halme, 3 561 Nodienpositionen).

- 367 Detailmessungen: von Pa; etwa zehn pro Teich und Termin. Länge, Wassertiefe, Durchmesser Basal und an Wasseroberfläche, Nodienanzahl, Blattanzahl, Feuchtmasse. Für Nodien auch Position und Durchmesser darüberliegendes Internodium (ges. 4 647), für Blätter auch Länge und Breite (ges. 2 870).

### **A1.2      Untersuchungsjahr 2001**

- neun Teiche: (siehe \* in Tabelle 9).
- vier Termine: 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.). Abstand etwa sechs Wochen. In jedem Teich wurden Lichtwerte freier Flächen und Wasserwerte (pH, LF, Trübung, DO, Temperatur, Salzgehalt) gemessen.
- 54 Bestände: eins bis zwei pro Teich und Termin. Beschreibung mit Wassertiefe, Dicke der organischen Auflage, Entfernung vom Ufer.
- 343 Areale: je 1 m<sup>2</sup>, acht bis zehn Areale pro Bestand (ohne VTs). Gemessen wurde Anzahl Pa grün, Anzahl Pa abgestorben, Anzahl Pa mit Rispe. Wenn T, J, G, C oder E vorhanden wie Pa. Außerdem Lichtwerte in 1 m und 0 m über Wasseroberfläche.
- 4 438 Halmlängen: 10 bis 20 pro Areal, Halme zufällig gewählt.
- 2 780 Halmlängen und Durchmesser: jeweils etwa 100 pro Teich und Termin, ohne August. Auch Ausbildung Rispe ja/nein aufgenommen.

### **A1.3      Untersuchungsjahr 2002**

- 15 Teiche: Teiche aus Tabelle 9 ohne 11, 12, 13 mit Kleiner Biwatsch, Zipfelteich, Truppener Teich, Kippenteich II, ein Termin im Juli (04.07.-11.07).
- 24 Bestände, ein bis drei pro Teich. Beschreibung mit Wassertiefe, Dicke der organischen Auflage, Entfernung vom Ufer.
- 173 Areale von 1 m<sup>2</sup>, acht bis zehn Areale pro Bestand (ohne VTs). Gemessen wurde Anzahl Pa grün, Anzahl Pa abgestorben, Anzahl Pa mit Rispe. Wenn T, J, G, C oder E vorhanden wie Pa. Außerdem Lichtwerte in 1 m und 0 m über Wasseroberfläche.
- 1 891 Halmlängen und Durchmesser, jeweils etwa 100 Pa pro Bestand. Auch Ausbildung Rispe ja/nein, Wachstumsbehinderung durch Milben oder Insekten ja/nein.

Die Abkürzungen sind in Anhang 6, Seite 79 erklärt.

## A2 Vergleichsdaten aus der Literatur

**Tabelle 10: Biomassen von Schilfbeständen**

TS [kg/m <sup>2</sup> ]	Bemerkung	Quelle
1,2 – 2,4		(DINKA & SZEGLLET 1998)
2,2 (3,2)	Mw. (Max.) Sept., hyp, Limosal	(DYKYJOVÁ & HRADECKÁ 1976)
1,5 (2,2)	Mw. Mw., Sept., hyp, Littoral	hypertrophes Gewässer
0,6, 0,8	Mittelwerte, August, mesotroph	(GRANÉLI 1985)
1,0 – 2,0	Theor. Max. für Europa	
1,4	Mw. Sept., Pflanzenkläranlage	(GRIES & GARBE 1989)
1,0 ± 0,7	giant reed	(HANGANU et al. 1999)
1,6 ± 0,5	fine reed	
1,5 (3,2)	Mw. (Max.)	(HEJNY et al. 1981)
2,0 – 3,0	jährlich, in Klärschlammbeeten	(HOFMANN 1986)
1,1		(KRISCH et al. 1979)
0,9 ± 0,1	Mw. August (Max. Produktion)	(MASON & BRYANT 1975)
0,2 – 1,7		(RAGHI-ATRI & BORNKAMM 1979)
~ 1,0 (1,2)	Aug. bis Okt. (Max.)	(SCHIERUP 1978)

Werte z. T. gerundet.

**Tabelle 11: Stickstoff- und Phosphorgehalte in Halmen von Phragmites australis ( in % der TS)**

N <sub>ges</sub>	P <sub>ges</sub>	Bemerkung	Quelle
1,3 – 1,4	0,10 – 0,15	o. A.	(CÍŽKOVÁ-KONCALOVÁ ET AL. 1996)
0,4 – 1,3		Jahresmittelwert	(POHL et al. 1999)
1,7 / 2,1	0,2 / 0,3	Laborversuch in Nährlösungen	(BORNKAMM & RAGHI-ATRI 1986)
	0,1		(RAGHI-ATRI & BORNKAMM 1979)
1,2 / 1,5	0,10 – 0,11	Blühende Halme	(BUTTERY & LAMBERT 1965)
1,0 – 1,1	0,17 – 0,18		(DYKYJOVÁ 1978)
0,6 / 1,7	0,11 / 0,3	Stängel / Blätter (Okt.)	
0,4			

Die Werte sind z. T. gerundet.

**Tabelle 12: Bindung von Stickstoff- und Phosphor in Phragmites australis**

N [g/m <sup>2</sup> ]	P [g/m <sup>2</sup> ]	Bemerkung	Quelle
8,1 ± 1		Min. Halme Sommer	(BOAR 1996)
20,0 ± 10		Max Halme Sommer	
0,2 ± 0,4		Min. Halme November	
18,0 ± 7		Max Halme November	
20,3	2,7	Hyp, Littoraler Bestand	(DYKYJOVÁ & HRADECKÁ 1976)
35,7	4,7	Hyp., Limosaler Bestand	(DYKYJOVÁ & HRADECKÁ 1976)
12,7	2,5	Neusiedler See	(GUNATILAKA 1991)
2,9	0,2	Mai	(MASON & BRYANT 1975)
43,3	1,96	August	
5,1	0,0	Oktober	

### A3 Karten des Landesvermessungsamtes Sachsen im Maßstab 1 : 10 000

4443 - NO	Torgau West (Großer Teich Torgau)
4443 - SO	Melpitz (Großer Teich Torgau)
4444 - SW	Mehderitzsch (Großer Teich Torgau)
4651 - NW	Wittichenau (südlicher Teil TW Zelder - Kleiner Stockteich)
4651 - SO	Königswartha (Casimir, Grenzteich, Biwatsch, Versuchsteiche)
4652 - NO	Drehna (Kippenteiche 1 & 4)
4652 - SO	Oppitz (Mittelteich II)
4655 - NW	Hähnichen (Schemsteich)
4753 - NW	Guttau (Roter Lug)
4753 - NO	Hohendubrau (Rehbergeich)

### A4 Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	Die Frage: Wie beeinflussen sich Pflanzenwachstum (Kreis) und Standort (Dreieck)?	3
Abbildung 2:	Ursachen der Verlandung - Das Untersuchungskonzept	4
Abbildung 3:	Die Morphologie von Schilf <i>Phragmites australis</i>	7
Abbildung 4:	Durchmesserdifferenzen im Halmverlauf	11
Abbildung 5:	Die Länge von Schilfhalmen im Jahresverlauf	13
Abbildung 6:	Die Wachstumsvorgänge bei Schilf	15
Abbildung 7:	Größengruppen der Durchmesser von Schilfbeständen im Mai 2001	20
Abbildung 8:	Die Halmlängen der Bestandstypen in den ersten beiden Untersuchungsjahren	23
Abbildung 9:	Halmdichten in zentralen Schilfzonen in Abhängigkeit von der Basalfläche	24
Abbildung 10:	Das Wachstumsverhalten der Bestandsformen im Jahr 2000	25
Abbildung 11:	Möglicher Zusammenhang zwischen Durchmesser und Rispenbildung	26
Abbildung 12:	A-D Wachstumsmerkmale ausgewählter Bestände (diese und vorherige Seite)	29
Abbildung 13:	Der Ablauf der Verlandung in einem Teich	33
Abbildung 14:	Spezielle Verlandungsstadien von Schilf	34
Abbildung 15:	Die Röhrichtbereiche einiger Teiche und die beteiligten Bestandsformen	39
Abbildung 16:	Die Anteile der organischen Auflage an der Gesamttiefe in Schilfbeständen	41
Abbildung 17:	Die Abhängigkeit der Verschilfung in den VTs von der Wassertiefe (Herbst 2001)	47

Tabelle 1:	Die Auswahlkriterien für statistische Tests	10
Tabelle 2:	Die Durchmesser-Bestandsformen im Juli 2002 (D = Durchmesser)	21
Tabelle 3:	Statistische Auswertung der Rispenbildung am Ende der Vegetationsperiode	26
Tabelle 4:	Einfluss des Röhrichtwachstums auf Karpfenteiche (Oktober 2000)	38
Tabelle 5:	Richtlinien zur Einschätzung der Verlandung	43
Tabelle 6:	Korrelationskoeffizienten der Beziehung zwischen Wachstum von Schilf und Nährstoffen im Teich am Ende der Vegetationsperiode 2000	50
Tabelle 7:	Einfluss der Mahd auf Halmeigenschaften in den Versuchsteichen	55
Tabelle 8:	Nährstoffquellen in Karpfenteichen nach SCHRECKENBACH et al. (2001b)	61
Tabelle 9:	Die untersuchten Teiche (2000)	72
Tabelle 10:	Biomassen von Schilfbeständen	74
Tabelle 11:	Stickstoff- und Phosphorgehalte in Halmen von <i>Phragmites australis</i> (in % der TS)	74
Tabelle 12:	Bindung von Stickstoff- und Phosphor in <i>Phragmites australis</i>	74

## A6 Abkürzungen

(--):	sehr kleine Durchmesser-Wachstumsform
(-):	kleine ...
(0):	mittlere ...
(+):	große ...
(++):	sehr große ...
ANOVA:	einfache Varianzanalyse
C:	<i>Carex spp.</i> , Seggen
CSB:	Chemischer Sauerstoffbedarf
D:	Durchmesser
E:	<i>Equisetum spp.</i> , Schachtelhalme
G:	<i>Glyceria spp.</i> , Schwaden
H:	H-Test nach KRUSKAL und WALLIS (Daten nicht NV)
H-NV:	siehe H, Daten NV
IfB:	Institut für Binnenfischerei e.V., Potsdam Sacrow
J:	<i>Juncus spp.</i> , Binsen
K0:	Karpfenbrut
K1:	einsömmrige Karpfen 30 bis 50 g, max. 200g, Besatz K0 Mitte Mai, Abfischung K1 Mitte Okt.
K2:	Satzkarpfen 300 bis 500g (1 000g), Mitte April bis Okt.
K3:	Speisekarpfen 500 bis 1500g (2 000g), Mitte April bis Okt.
K4:	>2 000 g, Mitte April bis Okt.
L:	Halmlänge
L <sub>D</sub> :	Erreichbare Halmlänge (bei gegebenem Durchmesser)
LF:	Leitfähigkeit
N:	Stickstoff gesamt
n:	Anzahl (Stichprobenumfang)
NV:	normalverteilt
n. s.:	nicht signifikant
P:	Phosphor gesamt
p:	Signifikanzniveau
Pa:	<i>Phragmites australis</i> , Schilf
r:	Korrelationskoeffizient nach PEARSON
rs:	Korrelationskoeffizient nach SPEARMAN
SächsLAL-Fisch:	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Referat Fischerei
SBV:	Sauerstoffbedarf
spp.:	<i>subspecies</i> (z. B. <i>Juncus spp.</i> - die Arten der Gattung <i>Juncus</i> )
T:	<i>Typha spp.</i> , Rohrkolben (Kolbenshilf)
t:	t-Test nach STUDENT

t <sub>ab</sub> :	t-Test für abhängige Stichproben
TS:	Trockensubstanz
U:	U-Test nach Mann und Whitney
VT (VTs):	Versuchteich(e)
zK:	zurückgehaltene Karpfen

## Impressum

- Herausgeber:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden  
**Internet:** [www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl)
- Autoren:** Dipl.-Biol. D. Ritterbusch, Prof. Dr. K. Schreckenbach, C. Thürmer  
Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow
- Redaktion:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Fachbereich Tierische Erzeugung  
Dr. Gert Füllner  
Telefon: 035931/29610  
Telefax: 035931/29611
- Endredaktion:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Öffentlichkeitsarbeit  
Thomas Freitag, Ramona Scheinert  
Telefon: 0351/2612-138  
Telefax: 0351/2612-151  
E-mail: [thomas.freitag@pillnitz.lfl.smul.sachsen.de](mailto:thomas.freitag@pillnitz.lfl.smul.sachsen.de)
- Redaktionsschluss:** Januar 2004
- Bildnachweis:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
- Satz:** Christlich-Soziales Bildungswerk Sachsen e. V. Miltitz
- Druck:** Sächsisches Digitaldruck Zentrum GmbH Dresden
- Auflage:** 140 Exemplare
- Bezug:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Öffentlichkeitsarbeit  
August-Böckstiegel-Str. 1, 01326 Dresden-Pillnitz  
Telefon: 0351/2612-138  
Telefax: 0351/2612-151  
E-Mail: [poststelle@pillnitz.lfl.smul.sachsen.de](mailto:poststelle@pillnitz.lfl.smul.sachsen.de)
- Schutzgebühr:** 12,78 EUR

Diese Broschüre wurde auf chlorfrei gebleichtem sowie alterungsbeständigem Papier (ISO 9706) gedruckt. Die Alterungsbeständigkeit beträgt laut Zertifikat mehr als 200 Jahre.

Für alle angegebenen E-Mail-Adressen gilt:  
Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

### Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.