

## ZUR POPULATIONS BIOLOGIE VON *EQUISETUM HYEMALE*

Andreas Lehmann und Wolfgang Eber

### ABSTRACT

*Equisetum hyemale* is a hemikryptophyte with an extended rhizome system and long-living evergreen shoots. The lifecycle of the shoots is characterized by a relatively late sprouting in June and rapid growth until September; only a small proportion of shoots enters the generative phase at the end of the season. Senescence is extended over several years; during this phase the shoots die internode by internode.

*Equisetum hyemale* is already now a rare and endangered plant, but our investigations demonstrate that further losses have to be expected, because in many stands mortality exceeds the production of new shoots. Causes of this decay and conservation measurements are discussed; the necessity of more detailed demographic analyses is emphasized.

keywords: *Equisetum hyemale*, growth form, demographic analyses, conservation measurements

### 1. EINLEITUNG

Die Roten Listen der gefährdeten Arten stellen einen wichtigen und allgemein anerkannten Beitrag zum Artenschutz dar. Ihre Datenbasis ist mit dem Fortschreiten der floristischen Kartierung ständig verbessert worden, kann aber dennoch bei weitem nicht als befriedigend angesehen werden. In Niedersachsen konnten für die letzte Fassung der Roten Liste (HAEUPLER et al. 1983) bereits die Computerausdrucke der Verbreitungskarten des inzwischen veröffentlichten Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland (HAEUPLER und SCHÖNFELDER 1988) ausgewertet werden; dennoch ist auch die Grundlage dieser aktuellen Roten Liste noch unbefriedigend, da das Raster der Verbreitungskarten mit Grundfeldern von ca. 120 km<sup>2</sup> zu grob ist und der weite Erfassungszeitraum ab 1945 für viele Arten ein zu positives Häufigkeitsbild ergibt. Außerdem sagen die Karten nichts über Größe und Zustand der Populationen aus. Bei neueren Kartierungsvorhaben wie dem Niedersächsischen Pflanzenartenerfassungsprogramm wird zumindest angestrebt, neben der Aktualisierung der Daten auch die Populationsgröße mit zu erfassen.

Verlässliche Prognosen über die Bestandesentwicklung, eine präzisere Charakterisierung des Gefährdungsgrades und die Konzipierung sinnvoller Schutzmaßnahmen sind allerdings nur möglich, wenn darüber hinaus genaue Kenntnisse über die Struktur und Dynamik der einzelnen Bestände vorliegen. Populationsbiologische Untersuchungen sind daher ein wichtiges Instrument des wissenschaftlichen Naturschutzes; sie sind allerdings auch so zeitaufwendig, daß sie nur für eine begrenzte Zahl von Arten durchführbar sind.

Die vorliegende Arbeit ist Teil einer umfassenderen Arbeit über die Biologie von *Equisetum hyemale* (LEHMANN 1987), in der auch der Versuch gemacht wurde, ein genaueres Bild über Verbreitung und Gefährdung dieser Art im Raum Oldenburg/Ostfriesland zu gewinnen. Der starke Rückgang dieser Art ist erst relativ spät erkannt worden, denn *Equisetum hyemale* wurde erst in die 3. und letzte Fassung der Roten Liste Gefäßpflanzen Niedersachsen Bremen (HAEUPLER et al. 1983) aufgenommen. Der Winterschachtelhalm scheint sogar noch stärker gefährdet zu sein als bisher vermutet, denn von 70 bei der Regionalstelle Oldenburg/Ostfriesland der floristischen Kartierung bekannten Fundorten konnten bei unseren

Untersuchungen nur 25 bestätigt werden; 5 Vorkommen wurden neu entdeckt. Ferner zeigte sich, daß viele Bestände nur noch eine geringe Vitalität besaßen.

An dieser Stelle sollen aus den breit angelegten Untersuchungen, die auch Standort, Vergesellschaftung, Mineralstoffhaushalt und Anatomie umfassen, Ergebnisse über die Populationsbiologie dieser Art vorgestellt werden, die die besondere Bedeutung populationsbiologischer Untersuchungen für die wissenschaftliche Naturschutzarbeit unterstreichen.

## 2. UNTERSUCHUNGSGEBIET UND METHODEN

Die Untersuchungen wurden überwiegend 1985 an Beständen in einem kleinem Wäldchen am Westrand von Oldenburg durchgeführt; dieses Vorkommen wird bereits vor 100 Jahren bei LUERSSSEN (1889) erwähnt. *Equisetum hyemale* tritt dort in mehreren Beständen in bachbegleitenden Traubenkirschen-Eschenwäldern und feuchten Eichen-Hainbuchenwäldern auf und besiedelt dort entweder die durch Aushub erhöhten Ufer eines kleinen sommertrockenen Baches oder Senken in seiner unmittelbaren Nachbarschaft. Nur einer dieser Bestände macht einen wüchsigen Eindruck, während die restlichen eine reduzierte Vitalität besitzen. Für beide Vitalitätstypen wurden repräsentative und möglichst homogene Probestände ausgewählt (1 = wüchsig, 2 = reduzierte Vitalität), in denen auf je einer Fläche von 0,16 m<sup>2</sup> in etwa monatlichen Abständen von Anfang Mai bis Mitte November Anzahl und Länge der Sprosse ermittelt wurden. Am Ende der Vegetationsperiode wurden weitere 20 Flächen in die Untersuchungen einbezogen, um gesicherte Durchschnittswerte zu bekommen. Für die Untersuchung der Rhizommorphologie sowie für Biomassebestimmungen und Bioelementanalysen wurden möglichst kleine Mengen geerntet, um die Bestände nicht zu gefährden. Biomassebestimmungen wurden überwiegend über die Relation Länge/Gewicht durchgeführt. Ergänzende Untersuchungen wurden im Herbst 1989 an einem Bestand durchgeführt, der sich auf einer grundwasserfernen Versuchsfläche aus einem 1985 gepflanztem Büschel von 5 Sprossen aus Bestand 2 zu einem Bestand von 268 Sprossen entwickelt hatte (Bestand 3).

## 3. ERGEBNISSE

### 3.1 Morphologie

*Equisetum hyemale* kann durch klonales Wachstum scharf begrenzte Bestände von mehreren Ar Größe ausbilden. Es besitzt ein ausgedehntes monopodiales Rhizomsystem, das in der Horizontalen ("Primärrhizom", nach LUERSSSEN 1889) kaum verzweigt ist, von dem aus aber in Abständen von 10 - 60 cm, meist aber etwa 30 cm vertikale Rhizome ("Sekundärrhizome") zur Bodenoberfläche wachsen und dort durch reiche Verzweigung allmählich dichte Sproßbüschel bilden (Abb. 1). Dabei werden bereits im Spätsommer Knospen ausgebildet, von denen allerdings nur die größeren austreiben (Abb. 2). Die Sproßvermehrungsrate in den Büscheln, erkennbar an dem Anteil neuer Sprosse oder Knospen, nimmt von Jahr zu Jahr ab; nur selten werden mehr als zehn Sprosse pro Büschel gefunden. Neue horizontale Primärrhizome entstehen entweder oberflächennah an Sekundärrhizomen oder tiefer an den Primärrhizomen, die aufsteigen und in einem oberirdischen Sproß enden (Abb. 2b). Das ganze Sproßsystem ist bei den Rhizomen in kürzere und dünnere, bei den oberirdischen Sprossen in längere und dickere Internodien mit interkalarem Wachstum und Knoten mit einem scheidig verwachsenen Blattquirl gegliedert. Die wintergrünen Halme bilden selten, in der Regel nur bei einer Verletzung der Hauptachse, Seitenäste aus. Die unterschiedliche Vitalität der beiden Probestände am natürlichen Standort zeigte sich sehr deutlich in der Wuchshöhe und der Stärke der oberirdischen und unterirdischen Sproßachsen (Tab. 1).

### 3.2 Jahreswachstum

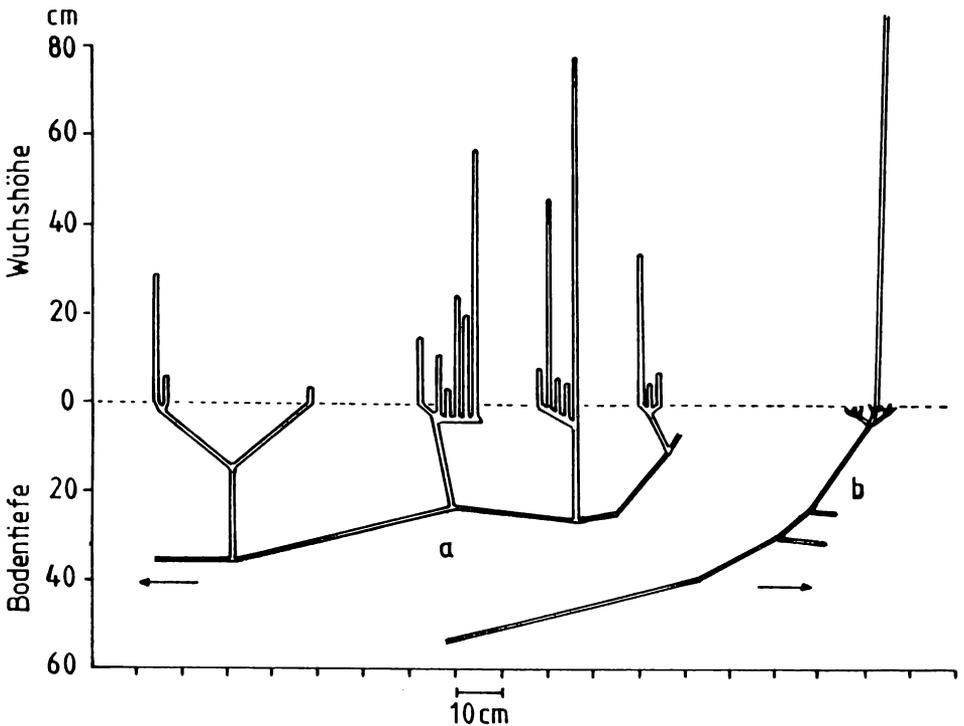
Der Austrieb der neuen Sprosse beginnt erst im Juni, wenn die Bäume bereits voll belaubt sind und die meisten Arten der Krautschicht bereits verblüht sind. Innerhalb weniger Wochen sind alle Internodien ausgebildet; das Längenwachstum besteht dann nur noch in einer Streckung dieser Internodien. Der Längenzuwachs erfolgt bis in den August hinein annähernd linear und

**Tab. 1:** Morphologischer Vergleich der beiden Probestände (Mittelwerte aus zahlreichen Messungen)

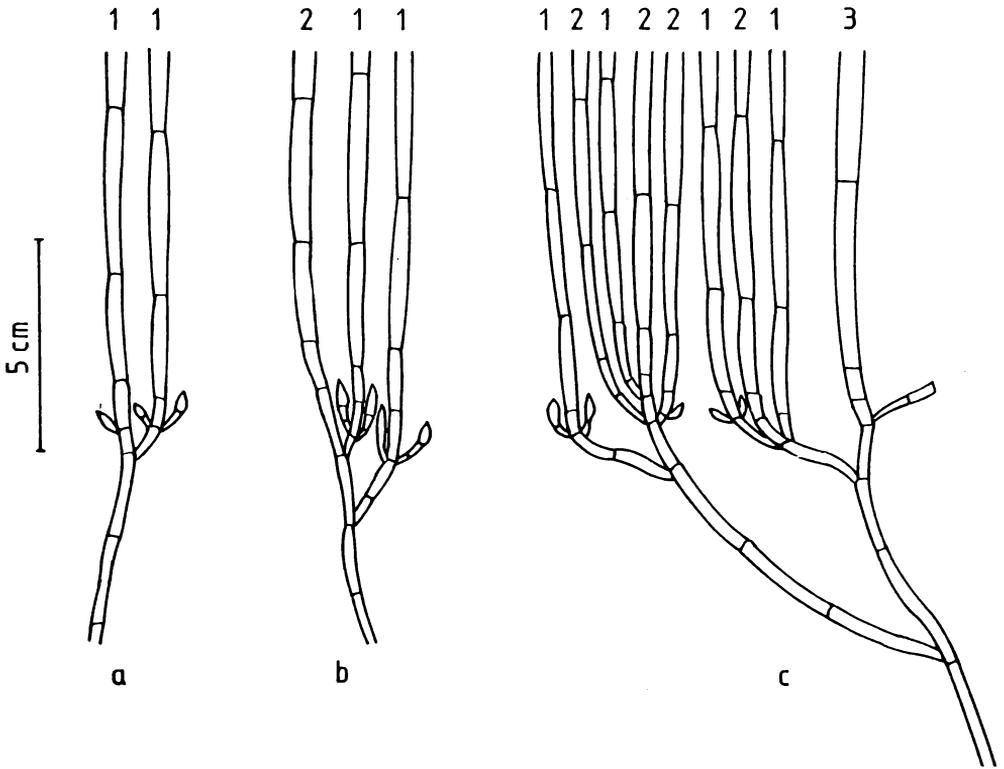
	Bestand 1	Bestand 2
Länge unverletzter Sprosse (cm)	59,0	41,6
Durchmesser der Sproßachse (mm)	5,3	3,8
Durchmesser der sek. Rhizome (mm)	3,6	3,0
Durchmesser der prim. Rhizome (mm)	3,4	2,7

wird etwa Anfang September bei einer durchschnittlichen Sproßlänge von 59 cm in Bestand 1 und nur 43,5 cm in Bestand 2 eingestellt (Abb. 3). Am Anfang der zweiten Vegetationsperiode kann noch ein geringer Zuwachs durch Internodienstreckung erfolgen. Meist bilden nur wenige Sprosse einen Sporophyllstand aus, dessen Entwicklung oft erst im zweiten Lebensjahr mit der Sporenreife abgeschlossen werden kann.

Parallel zur Vermehrung der Sproßzahl durch die Produktion neuer Sprosse treten Verluste durch das Absterben alter Sprosse auf (Abb. 4). Aus der Differenz dieser beiden Größen ergibt sich die Nettoänderung der Populationsgröße. Die neuen Sprosse erscheinen in kurzer Folge im Juni/Juli; Mortalität ist nur bei den älteren Sprossen zu beobachten. Der schwächere Bestand besitzt sowohl den größeren Zuwachs als auch die höhere Mortalität; bei beiden Beständen überwiegt jedoch während der Vegetationsperiode der Zuwachs.



**Abb.1:** Schematisches Profil durch Ausschnitte aus Beständen von *Equisetum hyemale*. a = Primärrhizom mit mehreren Sekundärrhizomen, b = Ende eines Primärrhizoms mit zwei neuen Primärrhizomen und zahlreichen Sproßknospen



**Abb. 2:** Verzweigung eines Sekundärrhizoms an der Bodenoberfläche mit diesjährigen (1), vorjährigen (2) und dreijährigen Sprossen (3). Mit den Knospen ist bereits der nächste Sproßjahrgang angelegt.

Das Absterben der Sprosse ist bei *Equisetum hyemale* kein plötzliches Ereignis wie bei anderen krautigen Pflanzen, sondern erfolgt über Jahre hinweg Internodium für Internodium. Abgestorbene Internodien können noch längere Zeit am Sproß verbleiben. Es ist daher zweckmäßiger und aussagekräftiger, die Änderung des Populationszustandes durch Zuwachs und Verluste der Sproßlängensumme darzustellen. Hierbei ergibt sich ein sehr viel differenzierteres Bild (Abb. 5). Im Gegensatz zur Vermehrung der Sproßzahl zeigt sich Bestand 1 beim Zuwachs der Längensumme überlegen. Auch in der Mortalität werden die Unterschiede deutlicher. Sie bleibt bei Bestand 1 deutlich hinter dem Zuwachs zurück, während Bestand 2 durch starke Internodienverluste eine negative Bilanz aufweist. Bei dieser Bilanz ist zu bedenken, daß die sicher recht hohe Wintermortalität nicht erfaßt wurde.

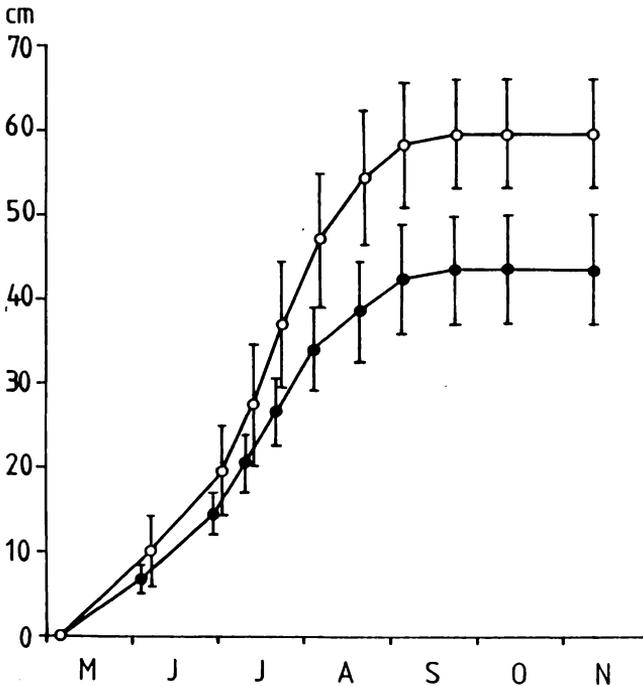
### 3.3 Struktur der Bestände

Die beiden untersuchten Bestände unterscheiden sich sehr deutlich in ihren Bestandescharakteristika (Tab. 2). Bestand 2 ist mehr als doppelt so dicht wie Bestand 1. Aufgrund seiner sehr viel schwächeren Sprosse sind die Sproßlängensummen beider Bestände jedoch annähernd gleich, bei der Biomasse ist Bestand 1 sogar deutlich überlegen. Sproß- und Rhizomlängensummen scheinen in derselben Größenordnung zu liegen; bei der Biomasse überwiegt, wie auch von vielen anderen Waldbodenarten bekannt (EBER 1986), die unterirdische Komponente.

**Tab. 2:** Charakteristik der untersuchten Bestände (alle Werte bezogen auf 1 m<sup>2</sup> Fläche)

Bestand	1	2
Sproßzahl	599	1330
Sproßlängensumme (m)	294	287
Rhizomlängensumme	266	
Verhältnis Sproßlänge/Rhizomlänge	1,10	
Sproßbiomasse (g Trockengewicht)	678	501
Rhizombiomasse (g Trockengewicht)	923	
Gesamtbiomasse (g Trockengewicht)	1601	
Verhältnis Sproßbiomasse/Rhizombiomasse	0,74	

Interessant sind die Beiträge der neuen Sproßgeneration zum Bestandesaufbau, die bei keinem der gemessenen Parameter ein Drittel erreichen (Tab. 3). Das bedeutet, daß für die Erneuerung der Bestände ein Zeitraum von mehreren Jahren notwendig ist. Bei der Sproßzahl ist die Erneuerungsrate mit etwa 20 % beim wüchsigerem Bestand 1 und nur 11 % beim schwächerem Bestand 2 besonders niedrig. Gerade diese Größe ist für die Regeneration des Bestandes entscheidend, da die größeren Anteile der neuen Generation bei der Länge und Biomasse im wesentlichen durch die Mortalität der älteren Generation geprägt werden. Der deutlich höhere Längenanteil entspricht somit der Beobachtung, daß die Internodienmortalität wesentlich höher ist als die Sproßmortalität und beim Bestand 2 den Sproßzuwachs sogar



**Abb. 3:** Längenentwicklung der Sprosse von Bestand 1 (offene Kreise) und Bestand 2 (gefüllte Kreise)

Tab. 3: Anteil (%) des neuen Sproßjahrgangs am Bestand

Bestand	1	2	3
Sproßzahl	19,6	11,1	40,7
Sproßlänge	20,3	18,6	48,8
Biomasse	26,0	14,3	

übertrifft. Bestand 3 erweist sich mit einem Anteil der neuen Generation von über 40 % bei geringer Mortalität als ein stark expandierender Pionierbestand. Seine längsten Primärrhizome sind innerhalb von nur 4 Jahren bis zu 3,40 m gewachsen; sie zeigen damit ein Verhalten, das der "Guerilla-Strategie" (LOVETT DOUST 1981) entspricht, die man wohl besser als Pionierverhalten gegenüber dem geschlossenen Wuchs alter Bestände abgrenzen sollte.

Wesentlich aussagekräftiger als Durchschnittswerte ist für die Beurteilung der Populationsdynamik die Größenhierarchie der Bestandesmitglieder. Diese wurde bei *Equisetum hyemale* für jeden der drei untersuchten Bestände getrennt für neue Sprosse und ältere Jahrgänge dargestellt (Abb. 6). Bei den älteren Jahrgängen zeigt Bestand 1 eine ausgewogene

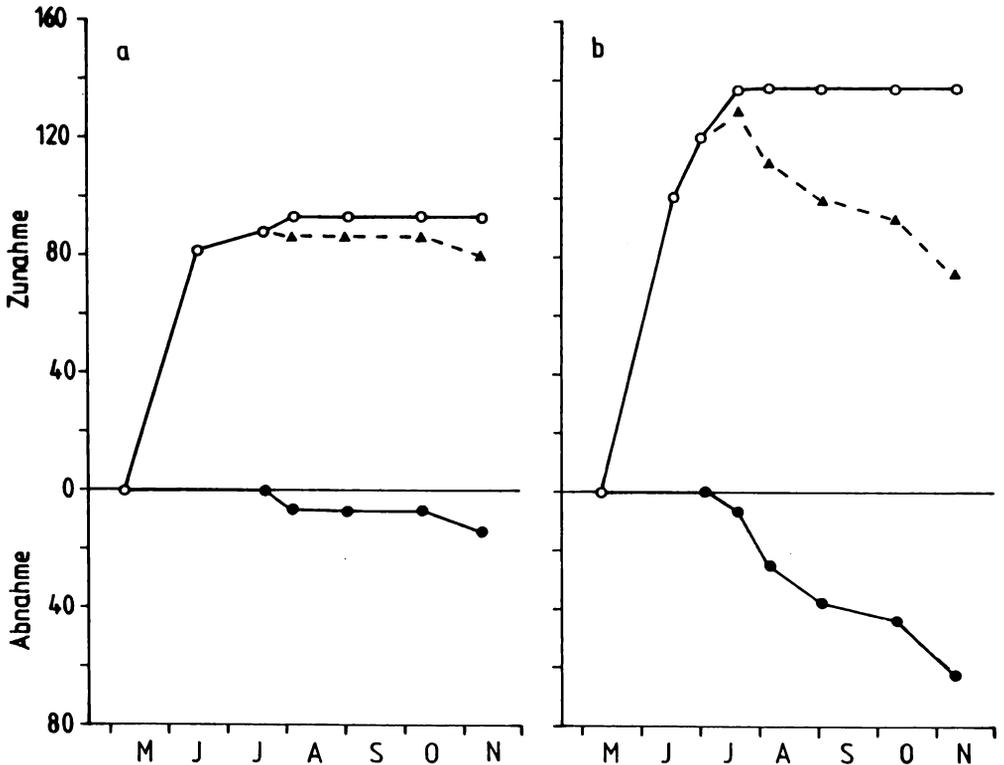


Abb. 4: Kumulative Zunahme der neuen Sprosse (offene Kreise), kumulative Abnahme der alten Sprosse (gefüllte Kreise) und Änderung der Bestandesdichte (Dreiecke) pro m<sup>2</sup> für die Bestände 1 (a) und 2 (b).

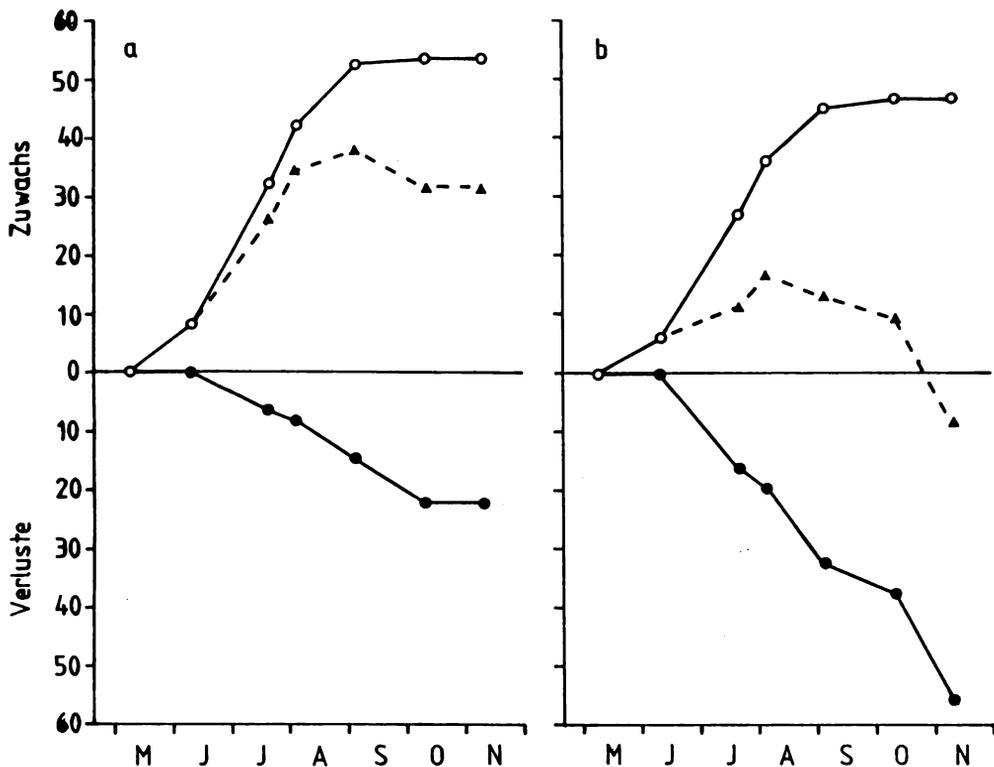
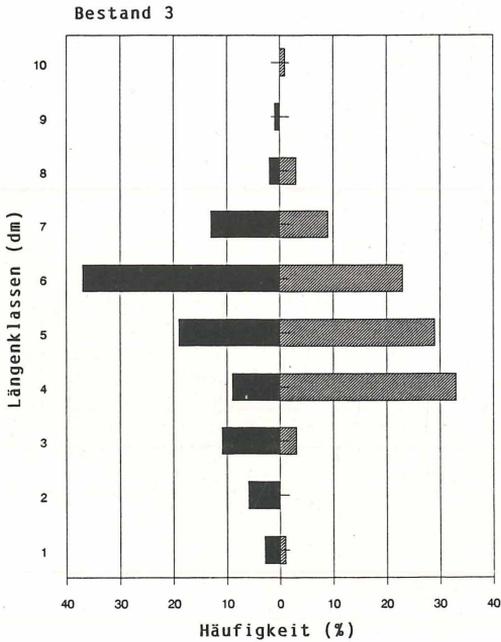
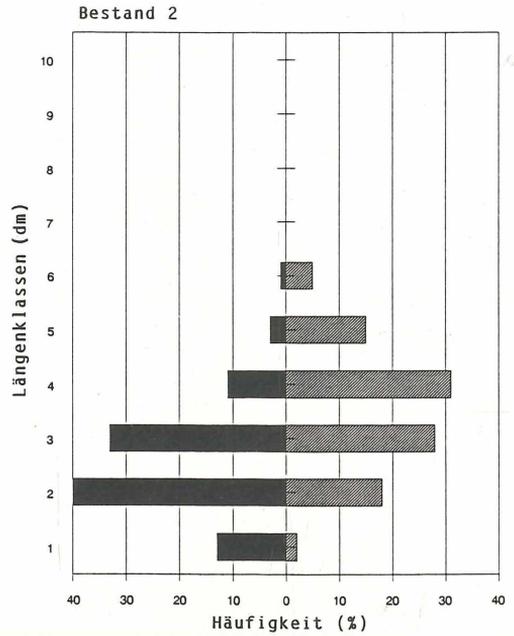
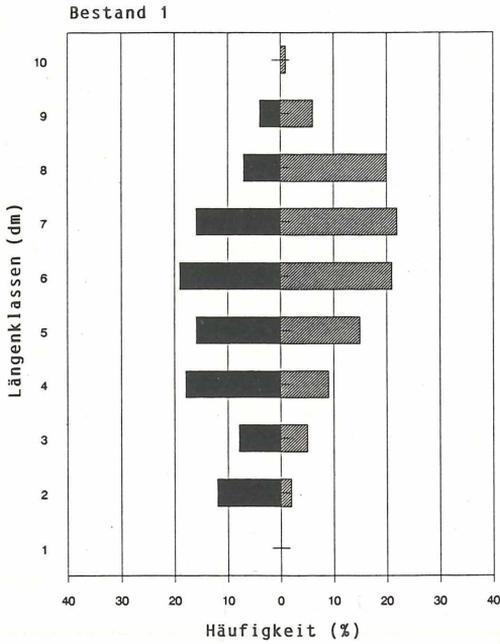


Abb. 5: Kumulativer Längenzuwachs der neuen Sprosse (offene Kreise), kumulative Längenverluste der alten Sprosse (gefüllte Kreise) und Änderung der Sproßlängensumme (Dreiecke) pro m<sup>2</sup> für die Bestände 1 (a) und 2 (b)

Größenverteilung, während im Bestand 2 kurze Sprosse mit hohen Internodienverlusten vorherrschen und auch unverletzte Sprosse wesentlich kleiner sind als im Bestand 1.

Bei Bestand 3, demselben Genet zugehörig wie Bestand 2, wird an dem mehr als 50 % betragenden Anteil unverletzter, fast ausschließlich vorjähriger Sprosse der Charakter des expandierenden Bestandes deutlich, in dem die älteren Jahrgänge schwach vertreten sind.

Die Häufigkeitsmaxima der jungen Bestände liegen bei den beiden Waldbeständen erwartungsgemäß über denen der älteren Bestände; Internodienverluste, vermutlich dem auf die Gattung *Equisetum* spezialisierten und im Untersuchungsgebiet oft gefundenen *Curculioniden Grypidius equiseti* zuzuschreiben, treten nur im geringen Umfang auf. Bestand 3 fällt hier etwas aus dem Rahmen. Zum einen treten kaum Internodienverluste auf, was mit dem Fehlen von *Grypidius equiseti* zusammenhängen mag, zum anderen bleiben die Sprosse überwiegend hinter der Größe der vorjährigen Generation zurück. Es erscheint wahrscheinlich, daß das trockene Jahr 1989 auf dem grundwasserfernen Wuchsort sich hemmend auf die Internodienstreckung ausgewirkt hat, denn am natürlichen Wuchsort konnten derartige Phänomene nicht beobachtet werden.



**Abb. 6:** Größenhierarchie der Sproßgenerationen der untersuchten Bestände von *Equisetum hyemale*. Linke Hälfte: ältere Jahrgänge, rechte Hälfte: neue Sproßgeneration.

#### 4. DISKUSSION

*Equisetum hyemale* erweist sich als eine in mehrfacher Hinsicht bemerkenswerte Art. Nach der Lage der Erneuerungsknospen ist sie ein Hemikryptophyt mit einem ausgedehnten Rhizomsystem und langlebigen unverzweigten und blattlosen Sproßachsen. Damit unterscheidet sich der Winterschachtelhalme deutlich von den typischen Schattenpflanzen mit großflächigen, horizontal gestellten sommergrünen Blättern. Die rutenstrauchähnliche Reduktion der äußeren Oberfläche darf wie auch bei entsprechenden Lebensformen von Xerophyten als Anpassung an das Überdauern einer ungünstigen Jahreszeit gewertet werden, während der immergrüne Habitus offensichtlich mit dem späten Austrieb der neuen Assimilationsorgane nach dem Abschluß der Belaubung in Einklang steht.

Der Lebenszyklus der Sprosse ist gekennzeichnet durch ein relativ spätes Austreiben im Juni, rasches Durchlaufen der vegetativen Phase bis zum August und Erreichen der fertilen Phase, allerdings nur bei wenigen Sprossen, am Ende der Vegetationsperiode. Mit der zweiten Vegetationsperiode beginnt die durch fortschreitendes Absterben von Internodien gekennzeichnete Phase der Seneszenz, die sich über mehrere Jahre erstrecken kann. Für die genaue Erfassung dieses Prozesses ist das Phytom, die Einheit aus Knoten mit zugehörigem Blatt und Internodium, sicher die angemessene modulare Einheit.

Die ständige Erneuerung der Bestände erfolgt durch die Produktion neuer Sproßjahrgänge. Aus den Anteilen dieser neuen Sprosse am Bestand kann für die untersuchten Bestände eine Erneuerungszeit von 5 (Bestand 1) bzw. fast 10 Jahren (Bestand 2) geschlossen werden. Diese Annahme gilt jedoch nur für Bestände, die sich im Gleichgewicht befinden. Das traf möglicherweise für den vitalen Bestand 1 zu, nicht jedoch für Bestand 2, bei dem schon am Ende der Vegetationsperiode die Internodienverluste (Mortalität) den Internodienzuwachs der neuen Triebe (Natalität) deutlich übertraf.

Daß viele Bestände im Bereich Oldenburg/Ostfriesland ein ähnlich ungünstiges Erscheinungsbild bieten wie der offensichtlich zurückgehende Untersuchungsbestand 2, gibt Anlaß zu pessimistischen Prognosen über die weitere Entwicklung. Damit wird die Klärung der Ursachen des Rückgangs als Voraussetzung für angemessene Schutzmaßnahmen zu einer vordringlichen Aufgabe. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse und Beobachtungen erlauben noch kein abschließendes Bild. Wahrscheinlich gehen manche Vorkommen in Hof- oder Dorfnähe auf Pflanzungen des "Zinnkrautes" zurück, aber alle noch erhaltenen Vorkommen sind standörtlich sehr einheitlich und besitzen zumindest im Frühjahr noch den als unerlässlich angesehenen Einfluß ziehenden Grundwassers (RASBACH, RASBACH, WILMANN 1976). Die Notwendigkeit einer ausreichenden Wasserversorgung während der gesamten Sproßstreckungsphase zeigte sich sehr deutlich beim grundwasserfern entwickelten Untersuchungsbestand 3, der in einem trockenen Sommer deutliche Wachstumsstörungen erkennen ließ. Maßnahmen zur Grundwasserabsenkungen sind an vielen Wuchsorten erkennbar, aber die Untersuchungsbestände 1 und 2 zeigen keine Unterschiede in der Wasserversorgung. Lichtmangel scheint sich ebenfalls ungünstig auf die Wüchsigkeit der Bestände und indirekt auch auf die Fertilität auszuwirken, da nur bei mehr als 60 cm hohen Pflanzen Sporophyllstände gefunden wurden.

Es liegt nahe, in der außerordentlichen Dichte des abgängigen Bestandes, die mit einer entsprechenden Reduktion der Sproßgröße verbunden ist, eine oder die Hauptursache des Rückgangs zu suchen, aber wir können nicht sicher sein, ob Kümmerwuchs und extreme Dichte nicht nur ein Symptom des Rückgangs sind. Die gute Entwicklung von Bestand 3 zeigt, daß *Equisetum*-Bestände offensichtlich in lockeren, konkurrenzfreien Böden gut gedeihen können. Viele Bestände wachsen auch in der Natur auf Wällen oder auf dem immer wieder nachgelieferten Aushubmaterial an Waldbächen, also in einem lockeren, noch wenig durchwurzeltem Substrat. Es besteht also begründete Aussicht, durch Biotopgestaltungsmaßnahmen die Lebensbedingungen gefährdeter Bestände von *Equisetum hyemale* wirksam zu verbessern. Was allerdings weiterhin noch fehlt, sind die auch für die Zwecke des Naturschutzes unerlässlichen Kenntnisse über Mindestansprüche für die Ausbildung vitaler Bestände und die natürliche Dichteregulation der Populationen, die angesichts der langen Lebensdauer der Sprosse nur über längere demographische Untersuchungen zu gewinnen sind.

## LITERATUR

- EBER W., 1986: Jahresrhythmik und Produktion der Kraut- und Moosschicht. - In: ELLENBERG, H., MAYER, R., SCHAUERMANN, J.: Ökosystemforschung - Ergebnisse des Solling-Projektes, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart: 127-136.
- HAEUPLER H., GARVE E., 1983: Erfassung von Pflanzenarten in Niedersachsen. - Gött. Flor. Rundbr. 17: 63-99.
- HAEUPLER H., MONTAG A., WÖLDECKE K., GARVE E., 1983: Rote Liste Gefäßpflanzen Niedersachsen Bremen. 3. Fassung. - Nieders. LVA Hannover.
- HAEUPLER H., SCHÖNFELDER P., 1988: Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- LEHMANN A., 1987: Populationsbiologie, Mineralstoffhaushalt und funktionelle Anatomie von *Equisetum hyemale*. - Diplomarbeit Universität Oldenburg.
- LOVETT DOUST I., 1981: Population dynamics and local specialization in a clonal perennial (*Ranunculus repens*) I. The dynamics of ramets in contrasting habitats. - J. Ecol. 69: 743-755.
- LUERSSEN C., 1889: Die Farnpflanzen. - In: RABENHORST, L. (Hrsg.): Kryptogamen-Flora. Verlag Eduard Kummer, Leipzig.
- RASBACH K., RASBACH H., WILMANNS O., 1976: Die Farnpflanzen Zentraleuropas. - Gustav Fischer Verlag. Stuttgart.

## ADRESSE

Andreas Lehmann  
Prof. Dr. Wolfgang Eber  
Universität Oldenburg  
FB Biologie  
Ammerländer Heerstr. 114-118  
D-W-2900 Oldenburg

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [19\\_2\\_1990](#)

Autor(en)/Author(s): Lehmann Andreas, Eber Wolfgang

Artikel/Article: [Zur Populationsbiologie von Equisetum Hyemale 44-53](#)