

Neues zum See-Brachsenkraut *Isoëtes lacustris* L. im Wollingster See

von
Margrit Vöge



Verfasserin bei der Arbeit

Über das See-Brachsenkraut *Isoëtes lacustris* wurde an dieser Stelle bereits berichtet (s. Beitr. Naturk. Niedersachsens 52 (1999): 81 -86). Weiterhin gilt dieser Pflanze, die zu den Farnverwandten (Pteridophyta) zählt, auf Grund ihres Gefährdungsstatus, auch in Niedersachsen, besondere Aufmerksamkeit. Das Brachsenkraut gehört zu der größten Gruppe der bedrohten Arten, denen ihre Spezialisierung zum Verhängnis geworden ist und die durch schrumpfende Lebensräume wie Trockenlegung kleinerer Seen oder Umwandlung in Stauseen (z.B. der Schluchsee im Schwarzwald) zusätzlich in Bedrängnis geraten sind.

Da das Brachsenkraut stets untergetaucht lebt, bleibt es den Augen der Forscher weitgehend verborgen, es sei denn, es wird eine Tauchausrüstung benutzt. Diese Methode wird zunehmend angewandt, um Pflanzenbestände zu kartieren und über die geschätzte Pflanzendichte eine Aussage zur Individuenzahl zu machen. Untersuchungen zum Brachsenkraut erfordern auch die Bestimmung des Wachstums- und Reproduktionsstatus um die Überlebensfähigkeit der Art an dem speziellen Standort abzuschätzen. In klaren Gewässern ist das kein Problem: es muß dazu lediglich an zahlreichen potentiell sporenbildenden Individuen die Blattanzahl bestimmt werden; im Rahmen einer Tauchuntersuchung ist dies ohne Entnahme von Pflanzen möglich. Mittels einer Gleichung kann dann von der durchschnittlichen Blattanzahl pro Pflanze auf die

mittlere Anzahl der Makrosporen geschlossen werden, die in einem am Blattgrund befindlichen Sporenbehälter vorhanden sind. Die Anzahl der Mikrosporen braucht nicht berücksichtigt zu werden, da sie stets viel größer ist als die der Makrosporen.

Viel schwieriger gestalten sich dagegen Untersuchungen am Brachsenkraut im trüben und braunen Wasser des Wollingster Sees! Für einen großen Teil des Jahres ist die Sichttiefe so gering, dass im nur gut knietiefen Wasser auch mit der Tauchmaske von der Oberfläche aus nicht erkennbar ist, ob dort Pflanzen siedeln. So ist es sehr schwierig, die aktuelle Bestandsgröße und -dichte einigermaßen zuverlässig zu ermitteln. In Ufernähe wurde im Herbst 1998 eine Beobachtungsfläche von 0,5 m * 2 m eingerichtet; unter den eben geschilderten Bedingungen konnte durch vorsichtiges Abtasten lediglich vermutet werden, dass auch Isoëtes-Pflanzen auf dieser Fläche wachsen; es konnte sich aber auch um den Strandling *Littorella uniflora* handeln. Erst im Frühsommer 1999, als das Wasser, zwar unverändert braun, jetzt aber klarer war, kam die Offenbarung: tatsächlich siedelte hier das Brachsenkraut und der markierte Bestand erschien sogar repräsentativ für die umgebende größere Fläche. Nun konnten die Pflanzen gezählt werden und auch eine Schätzung der mittleren Blattanzahl pro Rosette war möglich. Im Jahr 2000, wiederum im "Frühsommer-Loch", wurden die Pflanzen erneut gezählt. Es hat den Anschein, dass die Anzahl der Rosetten kleiner geworden ist; dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die nur wenige Zentimeter hohen Pflänzchen teilweise sehr eng stehen und sich sogar durchdringen. Das "Sortieren" der Blätter zum Zählen der Pflanzen ist jedoch zu vermeiden, da die Blätter leicht brechen und sich ablösen und damit Pflanzen beschädigt werden können. So gerät die Zählgenauigkeit zwangsläufig ins Hintertreffen. Es ist traurig, aber leider wahr: an keinem der mehr als 150 bisher betauchten Isoëtes -Standorte war die Lichtverfügbarkeit derartig gering wie im Wollingster See; lediglich in dystrophen Seen in Estland war die Wasserfarbe vergleichbar, (in Mooreseen ist die spektrale Zusammensetzung des Sonnenlichts verändert), aber das Wasser war hier transparent und damit der Lichtgenuss für die Vegetation höher als im Wollingster See.

Der Förderverein Wollingster See ist keineswegs untätig: eine Reihe von Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen wurden/ werden durchgeführt, so z. B. das Entfernen von Pflanzen- und Schlammresten von Hand (!) in Uferbereichen und die Unterhaltung von Abflussgräben ins Moor. Das Ziel ist eine Verringerung der Nährstoffbelastung und der Vermoorung, denn es sind ja beide Einflüsse, die dem Brachsenkraut das Leben schwer machen. Für künftige Untersuchungen, gegebenenfalls außerhalb des "Frühsommer-Loches", ist die Benutzung des Tauchgerätes und einer Unterwasserlampe geplant: dann sind nur noch 10 Zentimeter trüben braunen Wassers, noch zusätzlich aufgehellte, zwischen Auge und Pflanze; sonst ist es so, als sollten Sträucher an Land detailliert untersucht werden: in dunkler Nacht und bei gleichzeitig dichtem Nebel.

Aber noch werden Sporen gebildet und sie keimen auch! Noch umfasst die Population erheblich mehr als die 50-500 Pflanzen, die (nach einer Faustregel) als Mindestmaß für die genetische Gesundheit einer Population gelten. Allerdings sollte die effektive Größe der Population angegeben werden, zu der nur fertile Individuen gezählt werden. Den kleinen Blättern im Wollingster See ist jedoch kaum anzusehen, ob sie Sporen besitzen, im Gegensatz zu kräftigeren Pflanzen in besseren Wachstumsbedingungen. Ohne die Entnahme von Rosetten ist keine gesicherte Aussage möglich, welchen Anteil die fertilen Pflanzen in der Population haben. Leider sind auch die Sporen, deren Durchmesser normalerweise zwischen 0,53 und 0,70 mm liegt, sehr klein, nur 0,52 mm wurden an einer Pflanze kürzlich gemessen. Außerdem wird nur etwa ein Zehntel der Menge an Makrosporen pro Makrosporangium gebildet, die bei besserer Lichtverfügbarkeit zu erwarten wäre. Solche Ergebnisse werden an einzelnen Individuen

gewonnen, die sich trotz aller Vorsicht (alle Untersuchungen erfolgen aus der Schwimmlage) aus dem Sediment lösen und sind daher statistisch nicht abgesichert. Zum Vergleich: Sporen mit einem Durchmesser von 0,7 mm haben ein Volumen von 0,18 mm³. Es beträgt jedoch bei 0,52 mm Durchmesser nur 0,07 mm³, also wenig mehr als ein Drittel und dürfte sich nachteilig bei der Entwicklung künftiger Embryonen auswirken!

Mikro- und Makrosporen sind über viele Jahre hinweg lebensfähig. Sie behalten auch bei unzureichenden Lichtverhältnissen die Möglichkeit, bei verbesserten Umweltbedingungen zu keimen. Sollte die *Isoëtes*-Population im Wollingster See doch zusammenbrechen, besteht immer noch die Möglichkeit, dass sich aus alten Sporen eine neue Population aufbaut, wenn das Wasser klarer wird. Eine solche Rückkehr des Brachsenkrautes wurde in einem polnischen See beobachtet: im sauren Wasser verschwanden die ausgedehnten Bestände völlig, nachdem säureliebende Torfmoose das Vegetationsbild bestimmten. Nach einigen Jahren verschwanden die Moose wieder und inzwischen gedeiht das Brachsenkraut erneut (Szmeja, pers. Mitt.).

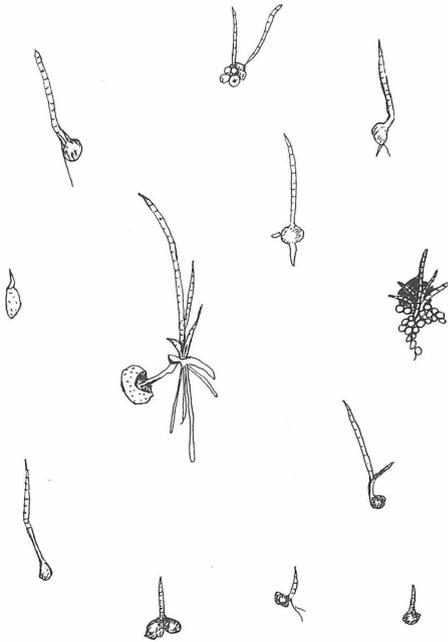


Abb. 1: Makrosporen und Sporophyten

Die geringe Anzahl und die bescheidene Größe der Makrosporen machen die Reproduktion im Wollingster See zu einem Risiko-behafteten Ereignis. Die Lebensgeschichte des Brachsenkrautes, von den Sporen bis zur alternden Pflanze sei im Folgenden kurz nachgezeichnet. In Abb. 1 ist eine Aufsammlung (aus einem norwegischen See) von Makrosporen mit unterschiedlich weit entwickelten Embryonen (Sporophyten) dargestellt. Einzelne Mikrosporen sind wegen ihrer Winzigkeit auch mit einer Handlupe nicht erkennbar: sie besitzen nur ein Fünfzehntel der Größe der Makrosporen. Das nach Art der Farne (aus den Mikrosporen) hervorgehende Mikroprothallium (männlicher Vorkeim) ist ebenso wie das (aus den Makrosporen) hervorgehende Makroprothallium (weiblicher Vorkeim) bei den Brachsenkräutern eher unauffällig. Das Mikroprothallium produziert vier Spermatozoide (männliche Geschlechtszellen), die sich mittels Geißeln im Wasser frei bewegen können. Das

Makroprothallium füllt die Makrospore ganz aus. Es bilden sich einige wenige Archegonien (weibliche Geschlechtsorgane) an der Stelle, wo die Sporenwand reißt. Das Makroprothallium ist Chlorophyll-frei und daher auf seine Reservestoffe angewiesen, ebenso wie der nach der Befruchtung entstehende Embryo. In der Regel geht aus einer Makrospore nur ein Embryo hervor (Campbell 1891). Er ernährt sich zunächst über den Embryo-Fuß vom Makroprothallium, wächst dann aber sehr schnell zu einer unabhängigen Pflanze heran. Das aus einer sehr kleinen Makrospore hervorgehende Makroprothallium ist dann, wie im Wollinger See, gleichfalls von sehr geringer Größe; damit stehen dem Embryo für seine weitere Entwicklung nur wenig Nährstoffe zur Verfügung. Da hier auch die Anzahl der von einer Pflanze gebildeten Makrosporen sehr niedrig ist, stehen die Chancen für den Nachwuchs ziemlich schlecht.

Die junge Pflanze entwickelt mit der Zeit weitere Blätter; Liebig (1931) fand etwa sechs an gut einjährigen Pflanzen. Die ersten Blätter sind zwei-zeilig, die nachwachsenden inneren bereits schraubig angeordnet. Wenn mit etwa zehn Blättern die zwei- bis dreijährige Pflanze fertil wird und Sporen produziert, ist die rosettenartige Wuchsform deutlich erkennbar (Abb. 2). Die Blattanzahl pro Rosette nimmt mit der Zeit weiter zu und scheint schließlich gleichzubleiben. Eine Reihe von äußeren Blättern zerfällt, wobei Sporen freigesetzt werden und neue Blätter bilden sich in der Mitte der Rosette. Leider ist völlig unklar, wie alt Isoëtes -Pflanzen werden können; die Information reicht von 8-10 Jahren (Szmeja 1994) bis "sehr alt, 100 Jahre?" (Karfalt, pers. Mitt.). Wüsste man mehr, wäre die Gefährdungssituation leichter einzuschätzen.



Abb. 2: Brachsenkraut-Population in Norwegen

Irgendwann ist es jedenfalls so weit: die Neubildung von Sporen und Blättern wird eingestellt und die Gestalt der Pflanze erinnert an die eines gebückten alten Menschen. Abb. 3 zeigt eine solche alte Pflanze: sie ist "schief", die ursprüngliche Symmetrie ist verloren gegangen.

In Abb. 2 ist eine in Norwegen siedelnde Brachsenkraut-Population dargestellt. Sie besteht aus

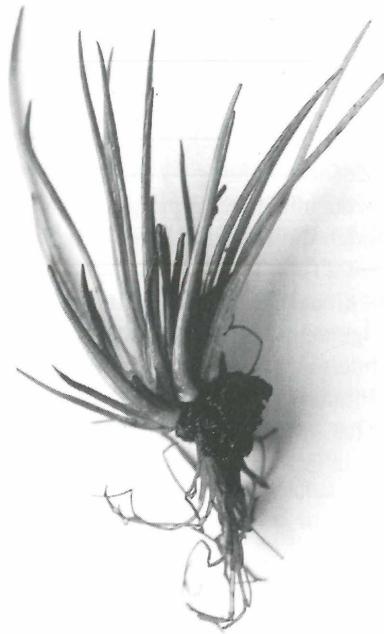


Abb.3: Eine alte Brachsenkraut-Pflanze aus Dänemark

großen, blattreichen Pflanzen, von denen nur wenige eine Flächeneinheit bedecken. Würden es die Sichtverhältnisse im Wollingster See erlauben, eine Unterwasser-Aufnahme zu machen, sähe das entsprechende Foto ganz anders aus. Die kleinen Pflanzen stehen dichtgedrängt (zahlreiche Individuen pro Flächeneinheit). Die Blätter sind stark gebogen, so dass sie beinahe einen Halbkreis beschreiben. Die unterschiedliche Blattgestalt war Botanikern bereits vor hundert Jahren aufgefallen: Junge (1910) unterschied immerhin 6 Formen von *Isoëtes lacustris* nach Rosettenhöhe und Blattkrümmung. Es hat den Anschein, dass jeder Standort "seine" Blattform besitzt, die sich sogar über lange Zeiträume erhält. Sieht man alte Herbarbelege aus vielen verschiedenen Brachsenkraut-Seen an, fallen sofort die vor rund 70 Jahren im Wollingster See gesammelten Pflanzen ins Auge: bereits damals sahen sie so aus wie heute, sie besaßen nur mehr Blätter!

Die Blätter des Brachsenkrautes sind wie die Blätter einer Agave in einer Archimedes-Spirale angeordnet mit gleich bleibendem Abstand der Windungen; diese Anordnung ermöglicht die effizienteste Packung der Blätter. Die mathematisch begründete Ökonomie und die einfache numerische Regelmäßigkeit des Wachstums und Formens in der Natur fasziniert auch Chaosforscher. Es scheint, dass sie auch in der Verteilung der Makro- und Mikrosporophylle (der Blätter, die die entsprechenden Sporen enthalten) erkennbar ist. Eigene Untersuchungen haben ergeben: die Anzahlen beider Sporophylle pro Rosette entsprechen zwei verschiedenen einfachen arithmetischen Folgen.

Anzahl der Makrosporophylle: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
 Zugehörige Anzahl der Mikrosporophylle: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17,

Es ist zu erkennen, dass je umfangreicher die Rosette, um so größeren Anteil haben die Mikrosporophylle. Während die Pflanzen aus dem Wollingster See eher dem Beginn der Reihen

entsprechen, besitzen solche aus dem Garrensee (Schleswig-Holstein) durchaus etwa 9 Makrosporophylle und 17 Mikrosporophylle in einer fast 40 Blätter umfassenden Rosette. Populationen lassen sich durch ihre Dichte (Individuenzahl pro Quadratmeter) beschreiben. Die sehr unterschiedlichen Pflanzengrößen und Bestandsdichten im Wollingster See und in dem norwegischen Gewässer (Abb. 2) sind Beispiele für den Landwirten und Populationsbiologen gleichermaßen bekannten Zusammenhang zwischen mittlerer Pflanzenmasse und Populationsdichte: große Pflanzen mit hoher Biomasse treten in lockeren Populationen auf, während in sehr dichten Beständen die Pflanzen klein bzw. leicht sind. Diese Beziehung wird mit der Yoda-Regel beschrieben (Yoda et al. 1963). In doppelt-logarithmischer Darstellung ergibt sich für zahlreiche (nicht klonal wachsende) Pflanzenarten eine fallende Gerade mit der Steigung von etwa $-3/2$, die sogenannte Selbstauflichtungslinie. Ihr Zustandekommen wurde von Silvertown (1987) folgendermaßen zusammengefaßt: in einer Population aus jungen Pflanzen nimmt die mittlere Pflanzenmasse mit der Zeit zu; erst wenn die Population die Selbstauflichtungslinie erreicht hat, tritt eine (dichte-abhängige) Sterblichkeit auf; diese erfolgt in dichten Populationen eher als in lichten.

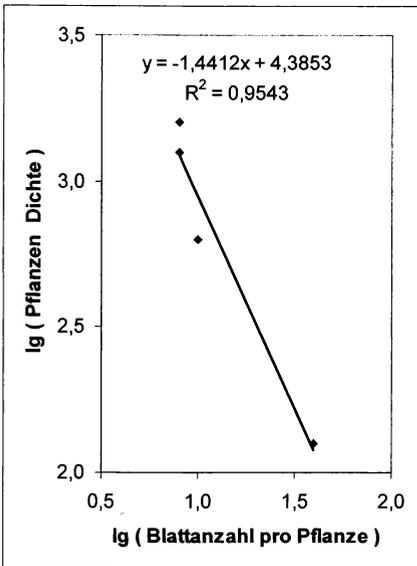


Abb.4:
Beziehung zwischen Pflanzendichte und mittlerer Blattanzahl pro Rosette

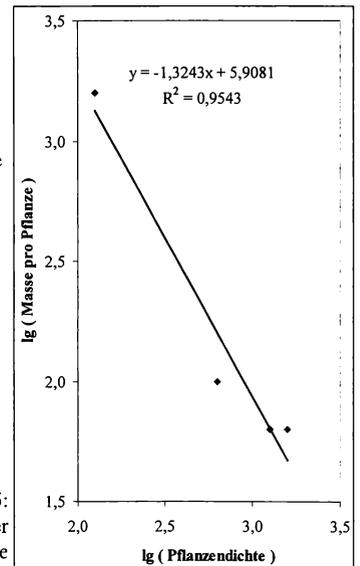


Abb.5:
Beziehung zwischen der mittleren Masse pro Pflanze und der Pflanzendichte

Im Wollingster See, in zwei dänischen Seen und einem norwegischen See wurden an je einer Population auf einer kleinen Fläche die Individuen und deren Blätter gezählt. Anschließend wurden die Mittelwerte für die Blattanzahlen errechnet. Es ergab sich auch dann eine Gerade mit einer Steigung von $-3/2$, wenn (umgekehrt) die Dichte gegen die mittlere Blattanzahl doppelt-logarithmisch aufgetragen wurde, wie in Abb. 4 geschehen. Diese Beziehung mit vergleichbarer Aussage (für das Brachsenkraut) läßt sich zerstörungsfrei gewinnen, d. h. ohne daß die Fläche zur Bestimmung der mittleren Pflanzenmasse abgeerntet werden muß. Sie veranschaulicht den Zusammenhang, daß Brachsenkraut-Pflanzen mit hoher Blattanzahl (und Masse) mehr Raum benötigen als solche mit wenigen Blättern (und geringer Masse). Um zu prüfen, ob die in den vier Seen erhaltenen Daten der Yoda-Regel genügen, wurden in ungefährdeten Beständen Pflanzen gesammelt, um eine Beziehung zwischen Blattanzahl und Pflanzenmasse zu gewinnen. Das Ergebnis ist in Abb. 5 dargestellt: Die Daten vom Wollingster See (und den übrigen Gewässern) entsprechen der Selbstauflichtungslinie. In sehr dichten *Isoëtes*-Populationen, wie teilweise im Wollingster See, ist frühe Sterblichkeit vorprogrammiert. Andererseits dürfte in sehr lichten Beständen, (nicht als Folge dichte-abhängiger Selbstauflichtung sondern als Ausdruck ungünstiger Wachstumsbedingungen) besonders hier, die Sporendichte sehr gering, und damit auch die Befruchtung von Archegonien relativ selten sein.

Viele Faktoren beeinträchtigen hier die Brachsenkraut-Entwicklung und es ist ein Leben am Limit.

Literatur:

- Campbell, D.H., 1891: Contributions to the life history of Isoetes. - *Annals of Botany* 5: 231 - 256.
Junge, P., 1910: Die Pteridophyten Schleswig-Holsteins. - Hamburg, 245 pp.
Liebig, J., 1931: Ergänzungen zur Entwicklungsgeschichte von *Isoetes lacustre* L. - *Flora* 125: 321 - 358.
Silvertown, J., 1987: Introduction to plant population ecology - Harlow
Yoda, K., Kira, T., Ogawa, H. & Hozumi, K., 1963: Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. - *J. Biol. Osaka City Univ.* 14: 107 - 129.

Anschrift der Verfasserin:

Dr. Margrit Vöge, Pergamentweg 44b, D-22117 Hamburg, diving@t-online.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens](#)

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: [55](#)

Autor(en)/Author(s): Vöge Margrit

Artikel/Article: [Neues zum See-Brachsenkraut *Isoetes lacustris* L. im Wollingster See 15-21](#)