©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Zur Sporenkeimung gefährdeter Farnpflanzen in Deutschland

H. Wilfried Bennert und Barbara Danzebrink

Einleitung

Von den 82 in Deutschland vorkommenden Pteridophyten-Arten sind 41 (entsprechend 50%) sehr selten, gefährdet oder vom Aussterben bedroht. Dies ist relativ gesehen eine wesentlich ungünstigere Gefährdungsbilanz als bei den Blütenpflanzen, bei denen nach Angaben in der letzten Version der Roten Liste von West-Deutschland (KORNECK & SUKOPP 1988) 832 Arten von insgesamt 2.646 (entsprechend 31,4%) gefährdet sind.

Zu den reproduktionsbiologischen Besonderheiten der Farnpflanzen gehört, daß die Ausbreitungseinheit (in den meisten Fällen) aus einer einzelligen Spore besteht, die nur einen geringen Vorrat an Reservesubstanzen mit sich führt. Weiterhin besitzen die Farnpflanzen zwei morphologisch völlig verschiedene und auch in ihren ökologischen Bedürfnissen voneinander abweichende, freilebende Generationen, wobei sich der wasserabhängige Befruchtungsvorgang auf dem kleinwüchsigen, konkurrenzschwachen und ungeschützten Gametophyten abspielt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes über die Biologie der gefährdeten Pteridophyten-Arten wurden unter anderem keimungsökologische Laborexperimente durchgeführt, die klären sollten, ob und in welchem Maße die Keimfähigkeit der Sporen für das Ausbleiben eines hinreichenden Reproduktionserfolges in der Natur verantwortlich gemacht werden kann. Dabei wurde auch überprüft, ob aus Sporenaussaaten Sporophyten herangezogen werden können, die sich für verschiedene Zwecke weiterverwenden lassen, wie etwa für Wiederausbringungsversuche oder Erhaltungskulturen in Botanischen Gärten.

Material und Methoden

In Tabelle 1 sind alle Arten aufgeführt, von denen Sporen gesammelt wurden. Kleine, fertile Pflanzenteile (Fiedern, Wedelabschnitte, Sporophyllstände etc.) wurden geerntet und zum Aussporen in Samentütchen aufbewahrt. Bei den heterosporen, aquatisch lebenden Arten wurden äußere Sporophylle (*Isoètes*) oder Sporokarpien (*Salvinia*) gesammelt und in destilliertem Wasser transportiert und gelagert. Die Mikro- und Makrosporen von *Isoètes lacustris* wurden vor Beginn der Keimungsexperimente einer Kältebehandlung ausgesetzt (3 Monate bei 4 °C, vgl. KOTT & BRITTON 1982). Nur bei Aussaaten auf zuckerhaltigen Nährböden wurden die Sporenoberflächen sterilisiert (4 min in 3 %igem Natriumhypochlorit).
Je nach Keimverhalten wurden verschiedene Nährböden (DYER 1979, ESSER 1992) verwendet:

- 0,8 %iger Agar mit Knop's Nährlösung für Arten mit chlorophyllhaltigen Sporen;
- 0,8 %iger Agar mit Benecke's Lösung für Lichtkeimer mit nicht-grünen Sporen;
- 0,8 %iger Agar mit modifizierter Knudson's Lösung (mit Saccharose-Zusatz, vgl. WHITTIER 1990) bei Dunkelkeimern;
- destilliertes Wasser bei aquatischen Arten (vgl. KOTT & BRITTON 1982).

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Art	Wuchsort	Zeitpunkt der Sporenentnahme
**Asplenium adulterinum*	Wurlitz, Bayern	August 1992
Asplenium ceterach	Bad Ems, Rheinland-Pfalz	September 1993
**Asplenium cuneifolium*	Kulmbach, Bayern	August 1992
**Asplenium fontanum*	Göppingen, Baden-Württemberg	August 1993
**Asplenium foreziense*	Bad Ems, Rheinland-Pfalz	August 1993
Botrychium lunaria	Amberg, Bayern	Juni 1992
Botrychium matricariifolium	Amberg, Bayern	Juni 1992
Botrychium virginianum	Eibsee, Bayern	Juli 1993
**Cystopteris dickieana*	Waldhut, Baden-Württemberg	Juli 1992
**Cryptogramma crispa*	Bruggtal, Baden-Württemberg	Juli 1992
**Dryopteris cristata*	Kuchem, Nordrhein-Westfalen	August 1993
**Dryopteris oreades*	Olpe, Nordrhein-Westfalen	August 1993
**Equisetum ramosissimum*	Augsburg, Bayern	September 1993
**Equisetum variegatum*	Berchtesgadener Land, Bayern	August 1993
**Isoètes lacustris*	Feldsee, Baden-Württemberg	Oktober 1993
Lycopodiella inundata	Coesfeld, Nordrhein-Westfalen	September 1993
Lycopodium alpinum	Arber, Bayern	August 1993
Lycopodium clavatum	Olpe, Nordrhein-Westfalen	August 1993
Lycopodium complanatum	Holzhausen, Nordrhein-Westfalen	August 1993
Lycopodium issleri	Lindau, Baden-Württemberg	August 1992
Lycopodium tristachyum	Erlangen, Bayern	November 1992
Lycopodium zeilleri	Erlangen, Bayern	Oktober 1992
**Matteuccia struthiopteris*	Bröltal, Nordrhein-Westfalen	Oktober 1993
Ophioglossum vulgatum	Bramsche, Niedersachsen	Juni 1993
**Osmunda regalis*	Wittmund, Niedersachsen	Juni 1993
**Polystichum braunii*	Oberallgäu, Bayern	August 1993
**Polystichum setiferum*	Bröl, Nordrhein-Westfalen	August 1993
**Salvina natans*	Dessau, Sachsen-Anhalt	Oktober 1993
**Thelypteris palustris*	Steinchesbach, Nordrhein-Westfalen	Oktober 1993
**Woodsia alpina*	Hochvogel, Bayern	August 1993
**Woodsia ilvensis*	Nordhausen, Sachsen-Anhalt	Juni 1992

Tab. 1: Arten, bei denen die Keimfähigkeit der Sporen untersucht wurde; mit Sternchen sind die Arten gekennzeichnet, bei denen Sporophyten aus Sporenaussaaten herangezogen werden konnten. Allen festen Nährböden wurden Spurenelemente zugesetzt (vgl. ESSER 1992). Die Aussaaten wurden bei einem 12stündigen Hell-Dunkel-Wechsel und bei 5 verschiedenen Temperaturstufen (12, 16, 20, 24 und 28 °C) kultiviert.

Ergebnisse und Diskussion

Bezüglich der Keimungscharakteristika lassen sich vier Haupttypen mit folgenden Eigenschaften abgrenzen:

Lichtkeimer mit chlorophyllhaltigen Sporen

Die Keimung verläuft bei dieser Gruppe (*Equisetum ramosissimum*, *E. variegatum*, *Matteuccia struthiopteris*, *Osmunda regalis*) besonders schnell: Bei optimalen Temperaturen (zumeist 24 bis 28 °C) liegt t_{50} (Zeitraum, der verstreicht, bis die Hälfte aller Sporen gekeimt ist) zwischen 1 und 2 Tagen. Bei 16 und 20 °C ist die Keimung leicht, bei 12 °C stark verzögert (bis zu 10 Tagen). Bei *Osmunda*-Sporen beträgt die Keimrate bei allen

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

Temperaturstufen 100%, bei *Equisetum variegatum* zwischen 92-98%. Die Keimrate nimmt bereits nach Lagerung von nur wenigen Tagen bei normal trockener Zimmerluft rapide ab, nach etwa 2 Wochen ist die Keimfähigkeit weitgehend erloschen (vgl. PAEGER & BENNERT 1990).

Lichtkeimer mit nicht-grünen Sporen

Innerhalb dieser Gruppe variiert die Keimgeschwindigkeit beträchtlich. Zu den Arten mit rascher Keimung (bei optimalen Temperaturen beträgt t_{50} 3-4 Tage) gehören *Cryptogramma crispa*, *Dryopteris cristata*, *D. oreades*, *Polystichum braunii*, *P. setiferum* und *Thelypteris palustris*, während bei *Asplenium ceterach*, *A. cuneifolium*, *A. fontanum*, *A. foreziense* und *Woodsia alpina* die Keimung verzögert ist (t_{50} 5,5-7 Tage). Ausgesprochen langsam (t_{50} 9-17 Tage) verläuft die Keimung bei etlichen felsbewohnenden Arten wie *Asplenium adulterinum*, *Cystopteris dickieana* und *Woodsia ilvensis*. Wie bei den grünsporigen Arten liegen die Keimraten einheitlich bei 95-100%. Bei den meisten Arten keimen die Sporen bei 24 oder 28 °C am schnellsten, während bei 16 und 12 °C die Keimung schwach bis mäßig verzögert ist.

Dunkelkeimer

Bei den Dunkelkeimern mit unterirdischen, obligat mykotrophen Prothallien ließ sich die Keimung nur bei zwei der untersuchten *Ophioglossaceae* (*Botrychium lunaria* und *B. matricariifolium*) induzieren, nicht hingegen bei den *Lycopodiaceae* (*Lycopodium alpinum* u. a., s. Tab. 1). Erste Keimungen wurden nach etwa 3 Monaten beobachtet. Die maximalen Keimraten betrugen bei *B. lunaria* 72% (nach 48 Wochen), bei *B. matricariifolium* hingegen nur 9% (nach 1 Jahr). Bei 20 °C verlief die Keimung am schnellsten, bei 16 und 24 °C war sie verzögert und die Keimrate herabgesetzt. Bei den *Lycopodiaceae* konnte im Untersuchungszeitraum von 1 Jahr keine Keimung festgestellt werden. Allerdings ist fraglich, ob die unter Laborbedingungen erhaltenen Resultate bei dieser keimungsbiologisch hoch spezialisierten Gruppe (Keimung im Dunkeln, unterirdisch, Prothallien bleich, mykotroph) auf Freilandverhältnisse übertragbar sind. Experimentell kann die Keimung ohnehin nur auf geeigneten Nährböden (Saccharosezusatz, Ammonium als Stickstoffquelle) und bei sterilem Arbeiten induziert werden. Es erscheint plausibel anzunehmen, daß bereits ein eingeschränktes Keimvermögen sich reproduktionshemmend auswirken kann und damit eine mögliche biologische Ursache für die Gefährdung dieser Arten darstellt.

Heterospore Arten aquatischer Lebensräume

Bei diesen Pflanzen werden zwei verschiedene Arten von Sporen (Mikro- und Megasporen) gebildet, die eingeschlossen in Sporophyllen (*Isoètes lacustris*) oder in Sporangienbehältern (*Salvinia natans*) ausgebreitet werden. Bei *Isoètes lacustris* zeigten die Mikrosporen mit 80% einen besseren Keimerfolg als die Megasporen (20 %). Bei beiden Sporentypen begann die Keimung sehr früh, zumeist nach 1 bis 3 Tagen. Die günstigste Temperatur war 24 °C, gefolgt von 20 °C. Bei 12 °C keimten die Mikrosporen nur zu 18%, während bei den Megasporen die Keimung völlig ausblieb. Bei *Salvinia natans* konnte nur die Keimung der Megasporen quantitativ ausgewertet werden (Keimerfolg je nach Temperatur 55 bis 64 %). Die Mikrosporen keimen innerhalb des Mikrosporangiums und durchbrechen dessen Wand in Form sogenannter Mikrosporenschläuche (vgl. PRINGSHEIM 1863). Diese Strukturen ließen sich

©Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.;download www.zobodat.at

nach 1 bis 2 Wochen und bei Temperaturen oberhalb von 16 °C (20, 24 and 28 °C) beobachten. Die maximale Anzahl von Mikrosporenschläuchen pro Sporangium betrug 6.

Danksagung

Wir danken Frau S. Dresbach, Essen, für ihre Hilfe bei den Kulturversuchen und Herrn G. Leber, Witten, für die sorgfältige Pflege der Jungpflanzen im Gewächshaus. Weiterhin sei folgenden Personen für die Bereitstellung von Sporenmaterial gedankt: Herrn H. Bäppler, Drolshagen, Herrn K. Horn, Erlangen, Frau A. Katheder, Gelsenkirchen sowie Herrn J. Vogel, London. Wir danken dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit für die Förderung der Untersuchungen.

Literatur

DYER, A.F., 1979: The culture of fern gametophytes for experimental investigation. In: A.F. Dyer ed.): The experimental biology of ferns. - Academic Press, London/New York/San Francisco: 253-305.

ESSER, K., 1992: Kryptogamen II. Moose - Farne. Praktikum und Lehrbuch. - Springer, Berlin/ Heidelberg/ New York: 220 S.

KORNECK, D. & H. SUKOPP, 1988: Rote Liste der in der Bundesrepublik Deutschland ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten- und Biotopschutz. - Sch.R. Vegetationskd. 19: 1-210.

KOTT, L.S. & D.M. BRITTON, 1982: A comparative study of spore germination of some *Isoètes* species of northeastern North America. - Can. J. Bot. 60: 1679-1687.

PAEGER, J. & H.W. BENNERT, 1990: Untersuchungen zur Sporenproduktion und Sporenkeimung einheimischer Schachtelhalme. - Florist. Rundbr. 24: 46-56.

PRINGSHEIM, N., 1863: Zur Morphologie der *Salvinia natans*. - Jb. wissenschaftl. Bot. 3: 464-472.

WHITTIER, D.P., 1990: Effects of nitrogen source on spore germination and gametophyte growth in *Psilotum*. - Bot. Gaz. 151: 50-53.

Prof. Dr. H. Wilfried Bennert und Barbara Danzebrink,
Spezielle Botanik,
Ruhr-Universität Bochum,
D-44780 Bochum

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Kieler Notizen zur Pflanzenkunde

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: 23

Autor(en)/Author(s): Bennert Herbert Wilfried, Danzebrink Barbara

Artikel/Article: Zur Sporenkeimung gefährdeter Farnpflanzen in Deutschland 1-4