

Die Samen des Gefleckten Knabenkrauts (*Dactylorhiza maculata* L. s.str.)

von

Ralf Stelzer

mit 2 Tabellen und 6 Abbildungen

Zusammenfassung

Die Arbeit beschäftigt sich mit botanischen Aspekten zur Biologie und Morphologie tropischer und einheimischer Orchideenarten, wobei die in Europa weit verbreitete Erdorchidee *Dactylorhiza maculata* im Mittelpunkt des Interesses steht. Von dieser Spezies wurden reife Samen mit dem Rasterelektronenmikroskop genauer untersucht. Anhand der untersuchten Verbreitungseinheiten werden Zusammenhänge zwischen ökologisch-physiologischen Anpassungsstrategien der Orchideen und der Problematik des Artenrückganges erörtert und Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Ein besonderes Kapitel beschäftigt sich mit der rasterelektronenmikroskopischen Präparation der untersuchten Objekte und deren bildlichen Darstellung bei variierter Beschleunigungsspannung für die Primärelektronen.

Summary

The article reviews biological and morphological aspects of some european and tropical orchids with special emphasis on the Spotted Orchid (*Dactylorhiza maculata*). This terrestrial orchid is frequently found in many different habitats of Europe on heath and marly soils which are also present in vicinal areas of Hannover. Its seeds were collected in early autumn and investigated with a light- and a scanning-electron microscope, respectively. It is briefly discussed that eco-physiological strategies for adaptations of terrestrial orchid species on nutrient deficient substrates may contribute to their decline as long as the artificially caused input of nutrients in their environment is steadily increasing. Any type of commercial use, very rarely found for wild European orchids, could support the species' struggle for survive, e.g. by cultivation and breeding.

Zur Biologie und Morphologie der Orchideen

Die Orchideen (*Orchidaceae*) sind eine Familie einkeimblättriger Pflanzen, die mit etwa 25.000 geschätzten Arten in 700 Gattungen (80.000 Arten einschl. der Züchtungshybriden; SAURE 1974) insbes. in tropischen Gebieten verbreitet sind. Europa stellt mit ca. 215 Arten für Orchideen nur ein Randgebiet dar. In Deutschland gibt es etwa 60 wild wachsende Orchideenarten, von denen das Versuchsobjekt, nämlich *Dactylorhiza maculata*, einer der häufiger vorkommenden Vertreter ist (ARBEITSKREIS HEIMISCHE ORCHIDEEN NIEDERSACHSEN E.V. 1994, BUTTLER 1986, HEGI et al. 1931, SADOVSKY 1968). Die Verbreitungsspannweite von *Dactylorhiza maculata* ist erstaunlich groß, d. h. man findet diese Pflanze in ganz Mitteleuropa, in Teilen Nordeuropas, auf Island, im Mittelmeerraum bis Nordafrika und in gemäßigten Bereichen Asiens (HEGI et al. 1931).

Bei den Orchideen handelt es sich allgemein um epiphytische oder terrestrische Stauden mit ausdauernden Speicherorganen. Baum- oder strauchförmige Formen wurden in dieser Familie bisher noch nicht gefunden. Orchideen gedeihen in Meereshöhe, aber auch noch in 4.000 m Höhe. Sie wachsen normal im Erdreich, d.h. terrestrisch-autotroph (*Dactylorhiza*, *Orchis* u.a.) oder terrestrisch-heterotroph als Vollscharotzer (*Corallorhiza*, *Neottia*). Andere Orchideen leben als Lithophyten (Felsenpflanzen) auf Steinen und bloßen Felshängen; Wüstensand ebenso wie Moore und Sümpfe werden von ihnen besiedelt; die meisten aber leben epiphytisch-autotroph in luftiger Höhe auf Bäumen. Sie zeigen dabei zahlreiche, hoch spezialisierte Anpassungserscheinungen in nahezu allen Lebensbereichen: so z. B. bei der Stoffspeicherung in Wurzelknollen, verdickten Rhizomen, Sprossknollen (=Bulben, vgl. Abb. 1), Blattstielen (=Pseudobulben) und Blättern (*Taeniophyllum*; SITTE et al. 1991).

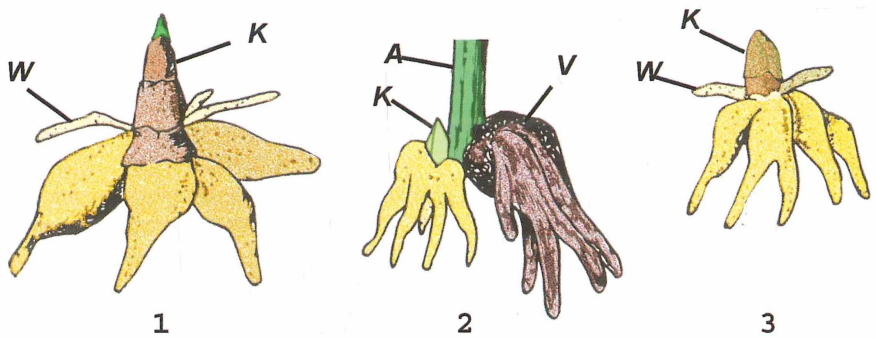


Abb. 1: Unterirdische Sprossknollen (Bulben) von *Dactylorhiza maculata* im Verlauf der Vegetationsperiode: 1 Zwischen Spätherbst und Frühling, 2 Frühling bis Herbst und 3 im Spätherbst. A = Sprossachse des Blüten sprosses; K = Knospe des jungen Blüten sprosses; V = absterbende Knolle aus dem Vorjahr; W = sprossbürtige Wurzeln; verändert nach SADOVSKY (1968).

Andere Anpassungserscheinungen beziehen sich auf die Ernährung. Dabei zu nennen sind die kurz-, mittel- oder langfristig andauernden Symbiosen mit Pilzen; kurzfristig, d.h. temporär, können sie bei der Samenkeimung sein, mittel- und langfristig bei der Mykorrhiza. Die mehrschichtige Wurzelepidermis, nämlich das *Velamen radicum* der Luftpfeiler, stellt ebenfalls eine Sonderentwicklung im Hinblick auf die Ernährung dar (RICHTER 1965, SADOVSKY 1968, SITTE et al. 1991). Die meisten und interessantesten Spezialisierungen findet man jedoch im Zusammenhang mit der Fortpflanzung, i.e.S. bei der Blütenmorphologie und der Entwicklung, Verbreitung und Keimung der Samen.

Die Rachen- und Lippenblüten der Orchideen sind dorsiventral, zygomorph und insgesamt bilateral symmetrisch aufgebaut (Abb. 3, 4). Sie haben sich häufig auf spezielle Bestäuber, z.B. bei *Ophrys* Arten auf bestimmte Hymenopteren-Männchen, eingestellt (Täuschblumen). Derartige Anpassungen, die schon vor der Befruchtung selektiv sind, werden als präzygotische Isolationsmechanismen betrachtet, welche zur Entwicklung neuer Arten erheblich beitragen können.

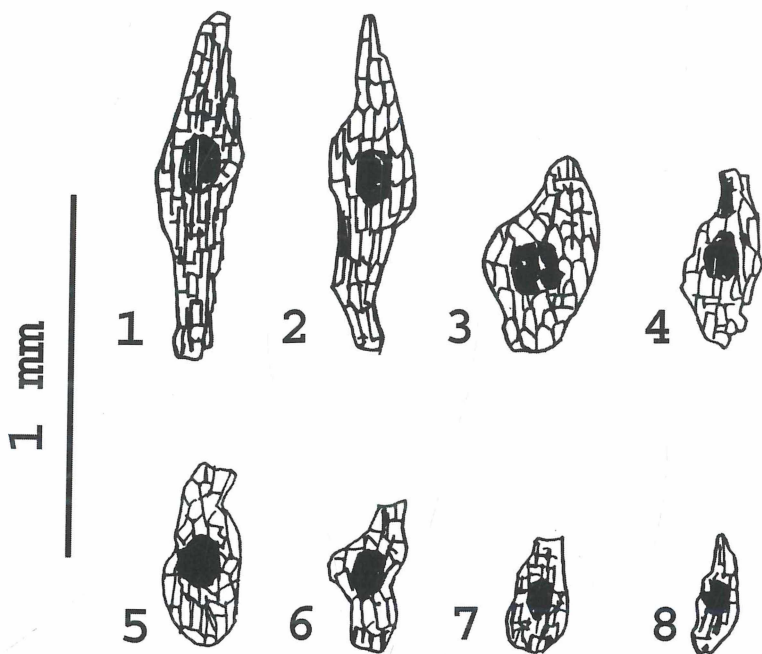


Abb. 2: Habitus der Samen einiger Erdorchideenarten: 1 *Dactylorhiza maculata* (Geflecktes Knabenkraut); 2 *Dactylorhiza latifolia* = *D. majalis* (Breitblättriges Knabenkraut); 3 *Dactylorhiza incarnata* = *D. strictifolia* (Fleischfarbenes Knabenkraut); 4 *Orchis purpurea* (Purpurknabenkraut); 5 *Orchis ustulata* (Brandorchis); 6 *Orchis morio* (Kleines Knabenkraut); 7 *Orchis mascula* (Kuckucks-Knabenkraut); 8 *Ophrys insectifera* (Fliegenragwurz). Dunkel eingezeichnet ist jeweils der Embryo in seiner pergamentartigen, bläschenförmigen Umhüllung (=Samenschale bzw. Testa); verändert nach SADOVSKY (1968).

Die meisten Orchideen, so auch *Dactylorhiza maculata*, zeigen eine charakteristische Drehung des Fruchtknotens oder des Blütenstiels um 180° (Resupination); außerdem besitzt *D. maculata* nur ein fruchtbares Staubblatt. Von den Staubblättern bleiben letztendlich nur die Pollensäcke, die von den Bestäubern als Pollinium, bei zwei oder mehreren Säcken als Pollinarium, als Ganzes übertragen werden. Im Falle der "Bestäubung" ist das Verhältnis von Pollenkörnern zu den

vorhandenen Samenanlagen dann besonders günstig und kann sogar in einigen Fällen 1:1 betragen; demgegenüber beträgt dieses Verhältnis bei windblütigen Pflanzen etwa 1.000.000:1. Nach der Bestäubung verfärben sich die Blüten und welken innerhalb von Stunden und Tagen.

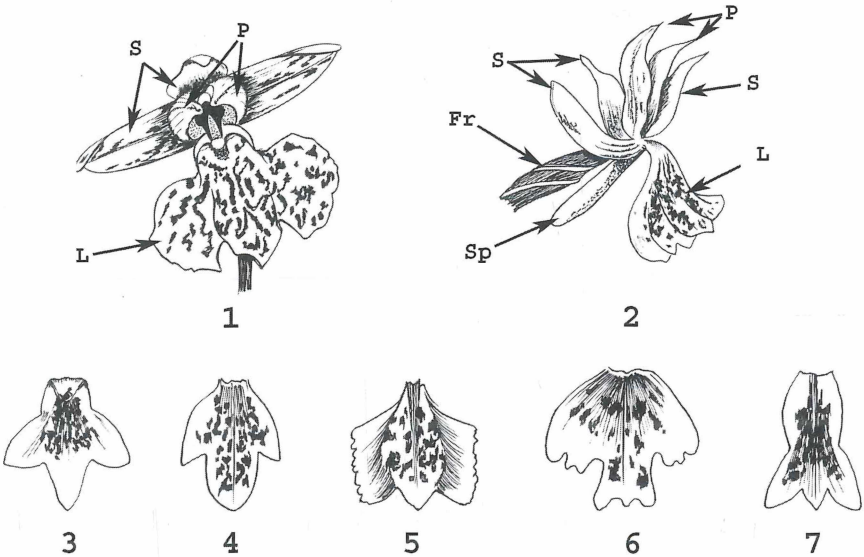


Abb. 3: Prinzipieller Blütenbau sowie verschiedene Formen der Lippe beim Gefleckten Knabenkraut. Ausschnitt 1 zeigt die Frontalansicht mit den Blütenblättern und Ausschnitt 2 die Seitenansicht mit Sporn (Sp) und den in charakteristischer Weise um 180° gedrehten Fruchtknoten (Fr). S Sepalen (Kelchblätter); P Petalen (Kronblätter); L Labellum (Lippe; Kronblatt); verändert nach SADOVSKY (1968).

Im Gegensatz zu anderen Pflanzengruppen wächst bei den Orchideen der Pollenschlauch nur sehr langsam, d.h. erst Wochen oder sogar Monate nach der "Bestäubung". Durch das Auftreffen des Polliniums bzw. des Pollinariums auf die Narbe wird nämlich zuerst die Entwicklung der Samenanlage ausgelöst, bevor das Pollenschlauchwachstum einsetzt und die Befruchtung eingeleitet wird. Die Fruchtentwicklung dauert zwischen 3 (*Phalaenopsis*), 10-12 (*Cattleya* und Frauenschuh) und 15-18 Monaten (*Vanda*). In einigen Sonderfällen entwickelt sich der Embryo aber auch ohne vorangegangene Bestäubung, d. h. direkt aus somatischen Zellen der Samenanlage. Dieser Vorgang wird als Adventiv- oder Nucella-rembryonie bezeichnet und ist ein Sonderfall der vegetativen Vermehrung. Die fertig entwickelten Embryonen bestehen nur aus wenigen Zellen; sie sind ungegliedert, d.h. es fehlen das Nährgewebe, Plumula und Radicula, was vermutlich mit der Mykorrhizie im Zusammenhang steht. An der morphologischen Basis

der nackten Embryonen sind eiweißreiche Zellen zu finden, die mit chemischen Signalen den Mykorrhizapilz anlocken.



Abb. 4: Habitus, Blüten, Früchte und Samen von *Dactylorhiza maculata*. Habituszeichnung der Pflanze (links) und einer Einzelblüte (Mitte) des Gefleckten Knabenkrauts nach HEGI et al. 1931. Die lichtmikroskopischen Aufnahmen in der rechten Spalte zeigen Früchte und Samen. Von oben nach unten: Zellstrukturen einer Samenschale in der Aufsicht (oben); ein Same mit durchscheinendem Embryo (2. von oben); eine offene Fruchtkapsel mit Samen und Schleuderhaaren (3. von oben); eine sich öffnende Frucht (4. von oben) und den Ausschnitt eines Fruchtstandes (unten).

Die Pilzhyphen dringen in diese "Einlasszellen" ein und verdauen diese. Von dort aus wächst dann das Mycel weiter und wird aber bald von anderen Zellen des Embryos verdaut. Am Embryo entstehen zuerst die Blattanlagen und etwa

ein halbes Jahr später endlich die Wurzeln. Hier entscheidet sich, ob die Symbiose mit dem Mykorrhizapilz beibehalten wird oder ob die junge Pflanze ohne Pilz weiter wächst (SADOVSKY 1968). Der winzige, relativ kugelförmige Embryo ist von einer lockeren, pergamentartigen Samenschale (Testa) umgeben (Abb. 2, 4, 5, 6). Derartige, feilschanförmig aussehende Samen gibt es bei *Pyrolaceae*, *Orobanchaceae* und *Orchidaceae*. Ihnen ist die Ausbreitung durch Wind, d.h. die Anemochorie, gemeinsam (SITTE et al. 1991). Darwin ermittelte die Anzahl von 6.200 Samen in einer Fruchtkapsel von *Dactylorhiza maculata* und errechnete die Anzahl von 186.000 Samen für die insgesamt 30 Fruchtkapseln einer Pflanze. Andere, insbes. die tropischen Orchideen sind deutlich produktiver (Tab. 1).

Tab.1: Anzahl der Samen je Kapsel bei epiphytisch lebenden Orchideenarten im Vergleich mit der heimischen Erdorchidee *Dactylorhiza maculata* (RICHTER 1965).

SPEZIES	SAMEN/KAPSEL
<i>Dactylorhiza maculata</i>	6.200
<i>Cymbidium spec.</i>	1.500.000
<i>Maxillaria spec.</i>	1.756.000
<i>Cattleya spec.</i>	3-5 Mill.
<i>Anguloa ruckeri</i>	3.900.000

Tab. 2: Durchschnittliches Gewicht ($\mu\text{g} = 10^{-9} \text{ kg}$) eines Samens bei einigen Orchideenarten (RICHTER 1965).

SPEZIES	GEWICHT ($\mu\text{g}/\text{SAME}$)
<i>Schomburgia undulata</i>	0,3
<i>Cephalanthera spec.</i>	2,0
<i>Stanhopea oculata</i>	3,0
<i>Dendrobium antennatum</i>	5,6
<i>Galeola sp.</i>	14,0

Die Orchideensamen sind unter normalen Bedingungen ca. 6 Monate lang keimfähig, bei Lagertemperaturen von ca. 10°C über CaCl_2 etwa 1 Jahr lang (RICHTER 1965). Die durchschnittlichen Gewichte einiger Samen sind in Tab. 2 zu sehen. Dabei fällt auf, dass die Samen der einheimischen Erdorchideengattung *Cephalanthera* in etwa ebenso leichtgewichtig sind wie die ihrer epiphytisch lebenden Schwestern in den Tropen.

In der dreikantigen Kapsel liegen die winzigen Samen an den Samenleisten (Plazenten) zusammen mit feinen, hygroskopisch aktiven Härchen (Schleuderhaare), die unter günstigen Bedingungen die Samen aus den "Klappen" freisetzen (Abb. 4).

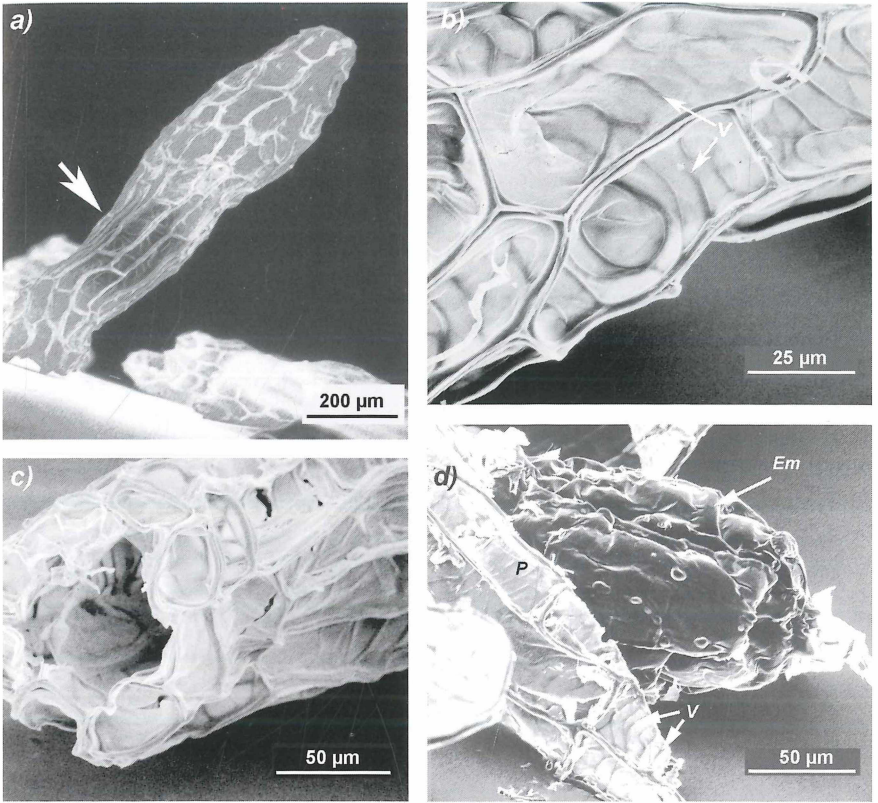


Abb. 5: Die Sekundärelektronenbilder (SE-Bilder) zeigen die Samen von *Dactylorhiza maculata*.

- a) Mit "dunkel" erscheinendem Embryo in der Testa (Pfeil); d.h. der Schatten markiert eigentlich nur die etwaige Lage des Embryos; Beschleunigungsspannung 25 kV, Arbeitsabstand 18 mm.
- b) Oberfläche der Testa bei starker Vergrößerung. Die Wände der Zellen zeigen charakteristische Verstärkungen (V).
- c) Basaler Teil der einschichtigen Testa mit quer gebrochenen Zellen. Beschleunigungsspannung 10 kV; Arbeitsabstand 14 mm.
- d) Aus der pergamentartigen Testahülle (P) freipräparierter Embryo (Em); V= Verstärkungsleisten in den Wänden der Testazellen, die an das *Velamen radicum* der Wurzel erinnern (siehe dazu auch b); die Wände der freigelegten Zellen des Embryos haben anscheinend keine derartigen Verstärkungen. Sonst wie c).

Wegen der Kleinheit sind die einzelnen Samen äußerst gut flugfähig, und bei einigen epiphytisch-tropischen Orchideenarten nimmt man an, dass die Samen hauptsächlich mit den Wärmekonvektionsströmungen der Luft mehr oder minder

schwebend verbreitet werden bzw. das Kronendach der Wirtsbäume, der "Urwaldriesen", erreichen (RICHTER 1965).

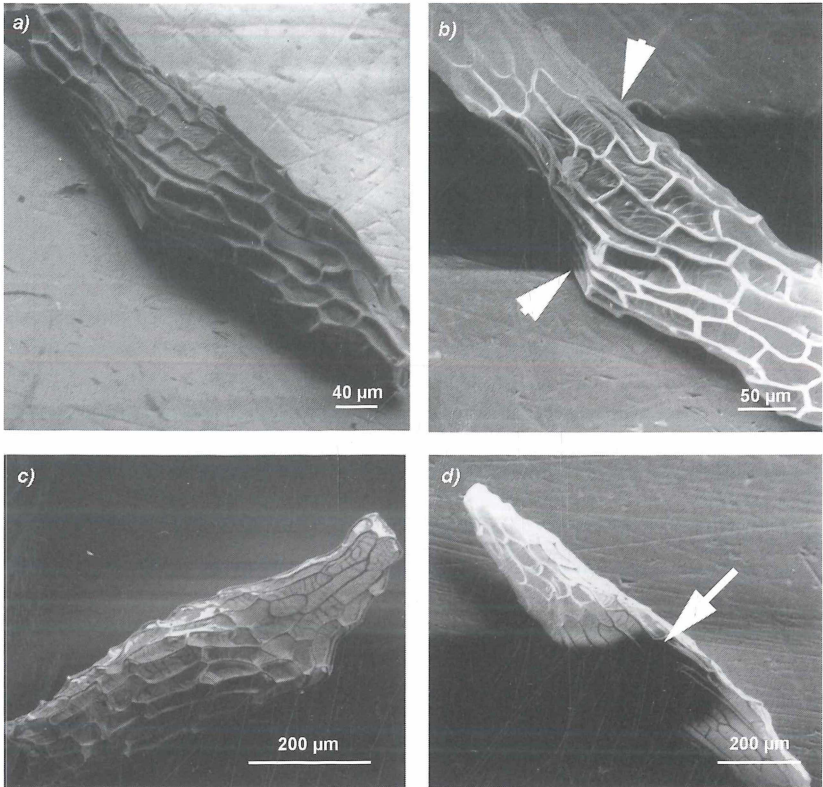


Abb. 6: *Dactylorhiza maculata*: SE-Aufnahmen der Samen bei verschiedenen Einstellungen des Rasterelektronenmikroskops.

a) Bei niedriger Beschleunigungsspannung, hier 2,5 kV, erscheinen die Oberflächenstrukturen plastischer und zeigen deutliche "Licht- und Schatteneffekte". Informationen, d.h. Sekundärelektronen, die aus tieferen Schichten kommen, fehlen weitgehend.

b) Bei hoher Beschleunigungsspannung, hier 25 kV, erscheint die Oberfläche weniger plastisch als in a), weil die abbildenden Elektronen auch aus größerer Tiefe kommen. Der Embryo wurde bei der Gold-Beschichtung durch die Testa abgeschirmt, er verhält sich deshalb wie ein kugelig, elektrischer Nichtleiter. Durch die Bestrahlung mit Elektronen hat sich deshalb um den Embryo eine so genannte "Ladungswolke" gebildet, die das Auftreffen zusätzlicher Elektronen verhindert. Die so entstandene elektrostatische Aufladung erzeugt auf dem Sekundärelektronenbild einen dunklen Streifen zwischen den

Pfeilmarkierungen bei horizontal verlaufender Abrasterung der Probe durch den Elektronenstrahl.

c) Bei einer Beschleunigungsspannung von 12,5 kV ist die Testa transparenter als bei 2,5 kV (siehe a). Die Zellwandverstärkungen erscheinen hier teilweise so, als wären sie "Innenstrukturen" der Testa, während sie bei a) wie "Wandauflagen" bzw. wie Aufwölbungen der Wand aussehen.

d) Bei hoher Beschleunigungsspannung (25 kV) und schwacher Primärvergrößerung (90x) ist die Position des Embryo (Pfeil), durch eine dunkle "Ladungswolke" markiert. Für die Ursachen dazu vgl. die Legende zu b).

Für terrestrische Orchideen hat dies keine Bedeutung; allerdings ist durch den Feinbau dieser Samen immerhin eine großflächige Verbreitung möglich. Eine Auswahl verschiedener Samen einheimischer Erdorchideen mit ihren charakteristischen Merkmalen ist in Abbildung 2 zusammengestellt. Bezüglich der Größe und des Aussehens repräsentiert der Samen von *Dactylorhiza maculata* (Nr. 1 in Abb. 2) einen durchschnittlichen Typus mit ca. 1 mm Achsenlänge; die Samen von *Cypripedium calceolus* z.B. sind dagegen deutlich größer (nicht in Abb. 2).

Der häufig zu beobachtende Artenrückgang bei einheimischen Orchideen hat seinen Ursprung u.a. bei den stark spezialisierten Standortansprüchen (ARBEITSKREIS HEIMISCHE ORCHIDEEN NIEDERSACHSEN E.V. 1994). Da diese Pflanzen aufgrund ihrer Lebensweise besonders gut an nährstoffarme Standorte angepasst sind, reagieren sie folglich besonders empfindlich auf Nährstoffüberschüsse und auf den Konkurrenzdruck anderer nährstoffliebender Arten. Das Verschwinden einheimischer Orchideen geht also mit dem Verschwinden von z.B. Magerwiesen einher. Die an nährstoffarme Hochmoorflächen angepassten Orchideenarten hingegen verschwinden im Zusammenhang mit der Entwässerung solcher Gebiete (ARBEITSKREIS HEIMISCHE ORCHIDEEN NIEDERSACHSEN E.V. 1994, SADOVSKY 1968, SITTE et al. 1991). Die obligate Mykotropie erschwert überdies eine erfolgreiche Neu- oder Wiederansiedlung gefährdeter Arten in Refugien mit relativ optimalen Wachstumsbedingungen. Derzeit gibt es nur wenige wirtschaftliche Aspekte, die langfristig gesehen als Anreiz zu solchen relativ kostenintensiven Bemühungen führen können. Orchideen sind hauptsächlich nur als Schnittblumen und Zierpflanzen nutzbar, besonders die tropischen Vertreter. Andere Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Nutzung sind nur von *Vanilla*-Spezies bekannt, bei der Aromastoffe aus der Frucht in der Lebensmittelbranche Verwendung finden (SITTE et al. 1991). Von *Dactylorhiza maculata*, *Orchis mascula*, *O. morio*, *O. fusca* und anderen *Orchis*-Arten verwendet man die getrockneten Bulben (Knollen) als die pharmazeutisch wirksame Droge "*Salep tuber*" (HILLER & MELZIG 2000). Diese Droge enthält Schleimstoffe (50%), insbes. Glucomannane, und hilft bei Husten, Mund- und Rachenentzündungen, dient als Kräftigungsmittel sowie bei Durchfällen in der Kinderpraxis, mitunter auch als Klistier. Das Vorkommen oder bereits die Suche nach anderen, noch nicht entdeckten, pharmazeutisch wirksamen Inhaltsstoffen könnte sich z.B. bei

unseren einheimischen Erdorchideen günstig für die Arterhaltung und den Schutz einiger Biotope auswirken, vorausgesetzt, dass die Suche danach und die anschließende Nutzung auf Bestandserhalt, besser noch auf Bestandserweiterung ausgerichtet sind.

Bemerkungen zur Präparation und zur eingesetzten Technik

Der Fruchtstand einer Freilandpflanze von *Dactylorhiza maculata* wurde am 1.10.2000 in der Nähe der Mergelgruben bei Höver im Landkreis Hannover gesammelt und ins Labor gebracht. Die Samenkapseln wurden mit einem Skalpell geöffnet und die austretenden Samen auf einem SEM-Objektträger mit einer doppelseitig klebenden Kohlenstoffolie befestigt. Der Objektträger mit den Samen wurde ins Vakuum ($< 0,1$ Torr) eines Hummer V Sputter-Coater gebracht und in der Flamme eines Ar-Plasmas für 3 min. mit Gold beschichtet. Der Stromfluss zwischen Anode und Kathode betrug 8-10 mA bei einem Spannungspotential von 800V.

Die so vorbereitete Probe wurde anschließend ins Hochvakuum (10^{-5} Torr) eines Raster-Elektronenmikroskops (ETEC-AUTOSCAN) gebracht und bei verschiedenen Beschleunigungsspannungen (2,5; 12,5 und 25 kV) untersucht.

Die Abbildungen wurden mit einer Polaroid-Kamera auf Schwarz-Weiß-Positiv-Negativ Film (Polaroid, Typ 55) erstellt. Die Oberfläche des Positivs wurde mit Lack fixiert, die Negative wurden in einer gesättigten Na_2SO_4 -Lösung (200g/l) entwickelt, für ca. 30 min. gewässert und anschließend getrocknet. Die Negative wurden mit einem MICROTEK MAKER 5 (Programm Silver Fast; Microtek) elektronisch eingescannt und mit einer elektronischen Datenverarbeitungsstation (ATI; Pentium II Processor) bearbeitet und gespeichert (Windows NT, Photoshop, Microsoft USA). Die fertig zusammengestellten Abbildungen wurden mit einem Farbdrucker (EPSON Stylus Color 680) auf speziell beschichtetem Inkjet-Photo-Papier (Zweckform) im schwarz-weiß oder RGB-Modus ausgedruckt.

Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die Einflüsse der gewählten Beschleunigungsspannungen auf die Abbildung der Testa-Oberfläche durch die Sekundärelektronen. Außerdem werden die durchs Präparat, im engeren Sinne durch den Embryo verursachten elektrostatischen Aufladungen mit abgebildet. Derartige Aufladungen äußern sich als dunkel erscheinende Flächen oder horizontal verlaufende Streifen und gehören zu den häufigsten Fehlern bei rasterelektronenmikroskopischen Abbildungen. Zwecks Vermeidung derartiger Aufladungen sollten dabei grundsätzlich folgende Zusammenhänge beachtet werden: Bei zunehmender Vergrößerung wird durch den Anstieg der Anzahl von Elektronen pro abgerasterter Probenfläche die Tendenz zu störenden Aufladungserscheinungen größer. Maßnahmen, die dem entgegenwirken, sind u. a. ein "dünnerer" Elektronenstrahl von geringerer Intensität, Reduzierung der Hochspannung und ein größerer Arbeitsabstand. Falls diese Maßnahmen wirkungslos bleiben, sollten die "Erdung" bzw. der Stromfluss überprüft und notfalls der Verursacher, in diesem Fall der Embryo, entfernt werden. Nach derartigen Eingriffen sollte die Probe nochmals

mit Schwermetall beschichtet werden (FLEGLER et al. 1995, NEWBURY et al. 1986, OHNSORGE & HOLM 1973, REIMER & PFEFFERKORN 1977).

Literatur

- ARBEITSKREIS HEIMISCHE ORCHIDEEN NIEDERSACHSEN E.V. (1994): Orchideen in Niedersachsen. Verbreitung und Gefährdung der Arten. Göttingen. (Bezug über: AHO Geschäftsstelle, Brauweg 6, 37073 Göttingen.
- BUTTLER, K.P. (1986): Orchideen. Die wildwachsenden Arten und Unterarten Europas, Vorderasiens und Nordafrikas. Mosaik, München.
- FLEGLER, S.L., J.W. HECKMAN JR. & K.L. KLOMPARENS (1995): Elektronenmikroskopie: Grundlagen, Methoden, Anwendungen. Spektrum, Heidelberg, Berlin, Oxford.
- HEGI, G., G. DUNZINGER & H. MARZELL (1931): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band II. Monocotyledones II. Teil, 353-354 und Tafel 72, S. 344/345. Lehmann, München.
- HILLER, K. & M. MELZIG (2000): Lexikon der Arzneipflanzen und Drogen Band 2. Spektrum, Heidelberg, Berlin.
- NEWBURY, D.E., D.C. JOY, P. ECHLIN, C.E. FIORI & J. GOLDSTEIN (1986): Advanced Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis. Plenum Press, New York, London.
- OHNSORGE, J. & R. HOLM (1973): Rasterelektronenmikroskopie. Eine Einführung für Mediziner und Biologen. Thieme, Stuttgart.
- REIMER, L. & G. PFEFFERKORN (1977): Raster-Elektronenmikroskopie. 2. Aufl. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- RICHTER, W. (1965): Die schönsten aber sind die Orchideen. 3. Aufl. Neumann, Radebeul.
- SADOVSKY, O. (1968): Orchideen im eigenen Garten. 2. Aufl. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München, Basel, Wien.
- SAURE, Henning (Red.; 1974): Blumen und Garten. Das praktische Pflanzen-ABC in acht Bänden. Bd. 5. Orbis, Hamburg.
- SITTE, P., H. ZIEGLER, F. EHRENDORFER & H. BRESINSKY (Hrsg., 1991): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Begr. von E. Strasburger, F. Noll, H. Schenk und A.W. Schimper. 33. Aufl. G. Fischer, Stuttgart, Jena, New York.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Ralf Stelzer

Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierökologie und Zellbiologie
Arbeitsgruppe Botanik und Elektronenmikroskopie

Bünteweg 17d

30559 Hannover.

E-mail: Ralf.stelzer@tiho-hannover.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover](#)

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: [147](#)

Autor(en)/Author(s): Stelzer Ralf

Artikel/Article: [Die Samen des Gefleckten Knabenkrauts \(*Dactylorhiza m aculata* L. s.str.\) 135-145](#)