

Saugschuppen bei Eriocaulaceen

Untersuchungen zum Wasserhaushalt und mögliche Konsequenzen für die Phylogenie der Eriocaulaceen

THOMAS STÜTZEL und MONIKA BRIECHLE

Abteilung Spezielle Botanik (Biologie V)
Universität Ulm, Bundesrepublik Deutschland

Water-absorptive Hairs in *Eriocaulaceae*

Abstract

Some *Eriocaulaceae* show peltate hairs which are very similar to those of *Bromeliaceae*. Unlike those of *Bromeliaceae*, the equivalent hairs in *Eriocaulaceae* consist of only 3 cells. These hairs are linked to the so called "malpighia-hairs" by intermediates. Anatomic features as well as a preliminary study by fluorescence microscopy indicate, that these hairs are water-absorptive organs like in *Bromeliaceae*. In some species the "malpighia-hairs" might also function as water-absorptive hairs (e.g. *Syngonanthus cipoensis* RUHL.), in others (e.g. *Paepalanthus catharinae* RUHL.) they clearly do not.

If water-resorptive hairs are a primitive character within *Eriocaulaceae*, what is indicated by the occurrence of such hairs even in aquatic spp. of *Eriocaulon* (e.g. *E. septangulare* WITH.), this might be an argument to see xerophytic characters as primitive and hygromorphic adaptations as derived within the family. This is in clear contrast to the actual opinion about phylogeny within this family but is supported by the geographic distribution and other characters.

Einleitung

Schon seit längerem war bekannt, daß bei Eriocaulaceen in verschiedenen Gruppen Arten mit Zisternenbildungen vorkommen (STÜTZEL 1984), spezielle Resorptionsorgane wurden jedoch bisher nicht nachgewiesen. Wegen der durchweg terrestrischen Lebensweise (häufig sogar in Sümpfen) nahmen wir bisher an, daß es sich dabei mehr um eine Schutzeinrichtung gegen die im Verbreitungsgebiet dieser Arten häufigen Flächenbrände, als um einen in den Wasserhaushalt der Pflanzen einbezogenen Speicher handelt.

Haare können bei Eriocaulaceen sehr verschieden gestaltet sein und müssen mangels geeigneter diagnostischer Merkmale vielfach zur Artbestimmung und Artabgrenzung herangezogen werden. Bei routinemäßigen Untersuchungen verschiedener Haarformen und deren Verteilung auf der Pflanze stießen wir bei *Syngonanthus cipoensis* (Abb. 1) auf die in Abb. 2 a, b gezeigten Haare. Bereits von der Form her liegt die Analogie zu den Haaren der Bromeliaceen nahe. Wir untersuchten daher, ob diese im Gegensatz zu den Haaren der Bromeliaceen immer nur dreizelligen Haare tatsächlich der Wasserresorption dienen.

Material und Methoden

Für unsere Untersuchungen stand Herbarmaterial von den Arten *Syngonanthus cipoensis* RUHL. (Stützel Nr. 8,68,70 SP), *Syngonanthus niveus* (BONG.) RUHL. (Stützel Nr. 59 SP), *Paepalanthus bromeliifolius* ALV. SILV., Alkoholmaterial von *Paepalanthus planifolius* (BONG.) RUHL., *Eriocaulon septangulare* WITH. (Herkunft

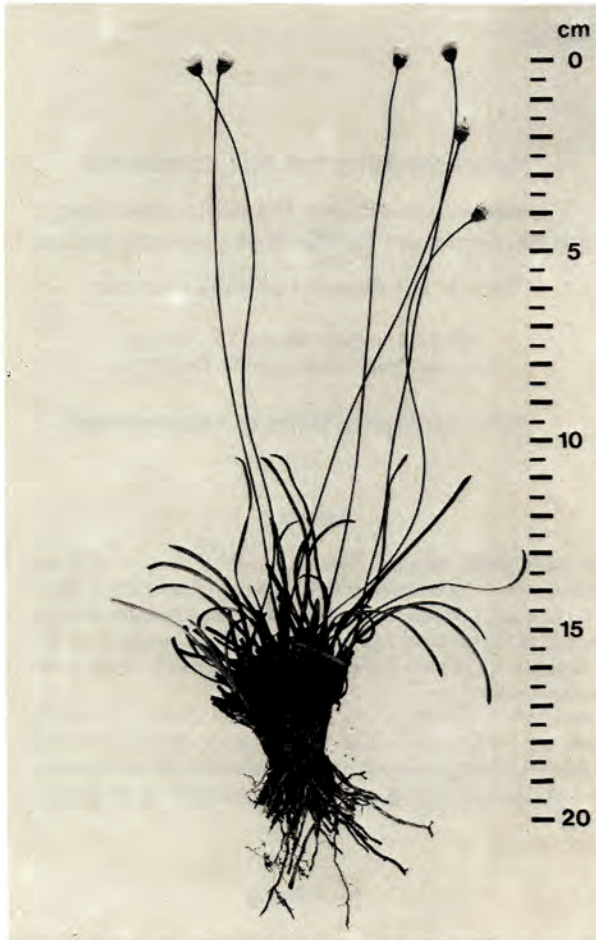


Abb. 1. *Syngonanthus cipoensis* RUHL. Habitus; die schmalen, xeromorphen Blätter sind zweizeilig an der verzweigten Sprossachse angeordnet. (Foto HINTZE)

Irland, Connemara) und *E. modestum* KUNTH zur Verfügung. Lebende Pflanzen hatten wir von *Paepalanthus catharinae* RUHL., der seit 1982 im Botanischen Garten Ulm kultiviert wird.

Anhand des Herbarmaterials prüften wir zunächst, ob die anatomischen Voraussetzungen für eine Resorptionsfunktion der Haare gegeben sind. Cutinschichten wurden mit Sudan IV nachgewiesen.

Ob eine Resorption durch die Haare tatsächlich erfolgt, läßt sich an Herbarmaterial nicht sicher belegen. Wird die bei FAHN (1986) beschriebene fluoreszenzmikroskopische Methode (Auflichtfluoreszenz) leicht abgewandelt, so läßt sich damit aber zeigen, ob und ggf. wo die Epidermis überhaupt permeabel ist.

Blätter des herbarisierten Materials wurden dazu kurz in Wasser aufgekocht. Danach wurde die untere Epidermis durch einen Flächenschnitt zum Teil entfernt und das Blatt mit der Unterseite nach unten auf einem Hohlschliff-Objektträger fixiert. Die Mulde wurde dann mit Fluoreszenzfarbstoff so gefüllt, daß dieser mit dem freigelegten Mesophyll in Kontakt kam. Verwendet man einen Fluoreszenzfarbstoff, der apoplastisch transportiert wird (Sigma, Fluorescent Brightener = Calcofluor white), so färben sich die Haare bei *Syngonanthus cipoensis* RUHL. nach 30 min bis 1 h mit dem Fluoreszenzfarbstoff an, während die übrige Epidermis ungefärbt bleibt. Dies zeigt, daß die Haare als einzige Zellen der Epidermis permeabel sind.

Der Transport des Fluoreszenzfarbstoffes kann bei diesem Nachweis sowohl apoplastisch über die Zellwand als auch über den toten Plasmawandbelag erfolgen. Um eine den Saugschuppen der Bromeliaceen vergleichbare

Effektivität zu haben, müßte auch hier eine apoplastische Sperre gegen Transpirationsverluste über die Zellwand vorliegen. Mit der hier beschriebenen Methode ist eine solche Sperre an Herbarmaterial nicht nachweisbar, ein histologischer Nachweis ist uns bisher nicht geglückt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei den derben, schon äußerlich scleromorph erscheinenden Blättern von *Syngonathus cipoensis* fällt auf der Blattunterseite nahe der Blattspitze eine dicht behaarte Zone auf, die am frischen Blatt deutlich als weißer „Pelz“ sichtbar ist (Abb. 2 c, d). Die Beschränkung auf diesen Bereich legt nahe, daß es sich bei diesen Haarpelz weder um einen Schutz gegen zu starke Insolation noch um einen Fraßschutz handelt. In unmittelbarer Nähe des „Pelzes“ auf dem für das bloße Auge sonst kahl erscheinenden Blatt fanden wir die in Abb. 2 a gezeigten Haare, die bereits von der Form her an die Saugschuppen der Bromeliaceen erinnern.

In Quer- und Längsschnitten, sowie in Flächenschnitten von der Blattoberseite und -unterseite untersuchten wir daraufhin, ob die morphologisch-anatomischen Voraussetzungen für eine Funktion dieser Haare als Resorptionsorgane gegeben sind und ob sie gegebenenfalls auf einen bestimmten der verschiedenen vorkommenden Haartypen beschränkt sind.

Mit Sudan IV gefärbte Blattquerschnitte zeigen, daß die Epidermis mit einer dicken Cutin-schicht bedeckt ist, während die verschiedenen Haare selbst nicht cutinisiert sind. Die Epidermiszellen zeigen dicke Sekundärwandauflagerungen und sind am voll ausdifferenzierten Blatt möglicherweise bereits tot (Abb. 2 b, 4 a). Die Fußzellen der Haare weisen als einzige Zellen in der Epidermis keinerlei Wandverdickung auf. Im Bereich der Fußzellen ist die Epidermis häufig mehr oder weniger stark trichterförmig eingesenkt. Die Haare selbst bestehen generell aus drei Zellen, der mehr oder weniger isodiametrischen Fußzelle, der ebenfalls isodiametrischen oder abgeflachten Halszelle und einer schildförmigen Kopfzelle. Fuß- und Halszelle sind lebende Zellen, die in Form und Größe kaum variieren. Die Kopfzelle stirbt offenbar früh ab und zeigt ein breites Formenspektrum. Sie kann blasenförmig und kaum größer als die Halszelle oder schildförmig flach und kreisrund sein und dann an die Schuppenhaare der Bromeliaceen erinnern. Sie kann aber auch parallel zu den Epidermiszellen längs gestreckt und kaum breiter als die Halszelle sein. Solche längs gestreckten Kopfzellen können in der Mitte an der Halszelle angeheftet sein. Häufiger ist die Anheftungsstelle aber mehr oder weniger stark zum einen Ende (meist zum basalen) hin verschoben (Abb. 2 e). Diese zweischenkligen Haare (Abb. 3 b, c) sind schon in frühen Bearbeitungen der Familie als „Malpighia-Haare“ beschrieben worden (RUHLAND 1903) da ganz ähnliche Haare bereits von den Malpighiaceen bekannt waren. Die Malpighia-Haare liegen der Epidermis so dicht an, das Blatt selbst dann kahl zu sein scheint, wenn diese Haare sehr zahlreich vorhanden sind. Unter Feldbedingungen (Handlupe) sind diese Haare praktisch nicht zu sehen und selbst mit guten Stereomikroskopen bedarf es einiger Übung, um sie zu finden. Im Extremfall kann die Anheftungsstelle der Kopfzelle soweit zum basalen Ende hin verschoben sein, daß ein normales uniseriatis Haar vorliegt. Aus solchen, allerdings aufrechten Haaren besteht der Pelz an der Unterseite der Blattspitze. Die unterschiedlichen Formen für die Kopfzelle sind durch Zwischenformen verbunden.

Bei *S. cipoensis* ist keine der 3 Zellen des Saughaares mit Safranin anfärbbar, bei *S. niveus* läßt sich hingegen die Halszelle in der Regel mit Safranin gut anfärben. Bei *S. niveus* scheint die schildförmig kreisrunde Form der Kopfzelle kaum vorzukommen. Die REM-Untersuchung zeigt bei dieser Art zwar vielfach kreisrunde Zellen, deren Ränder so dicht der Epidermis anliegen, daß sie sich gegen den Untergrund fast nicht abheben (Abb. 3 a). Es handelt sich hierbei jedoch nicht um die schildförmigen Kopfzellen von Saugschuppen, sondern um die Halszellen von Malpighia-Haaren (Abb. 3 b). Die langgestreckte zweischenklige dritte Zelle dieser Haare löst sich unter Auflösung der Mittellamelle ohne irgendwelche Spuren zu hinterlassen ab (Abb. 3 c, d). Zwar verlieren viele Eriocaulaceen das Indumentum an älteren Blättern weitgehend, üblicherweise geschieht dies jedoch in der Weise, daß der distale Teil des Haares an der Halszelle abbricht und

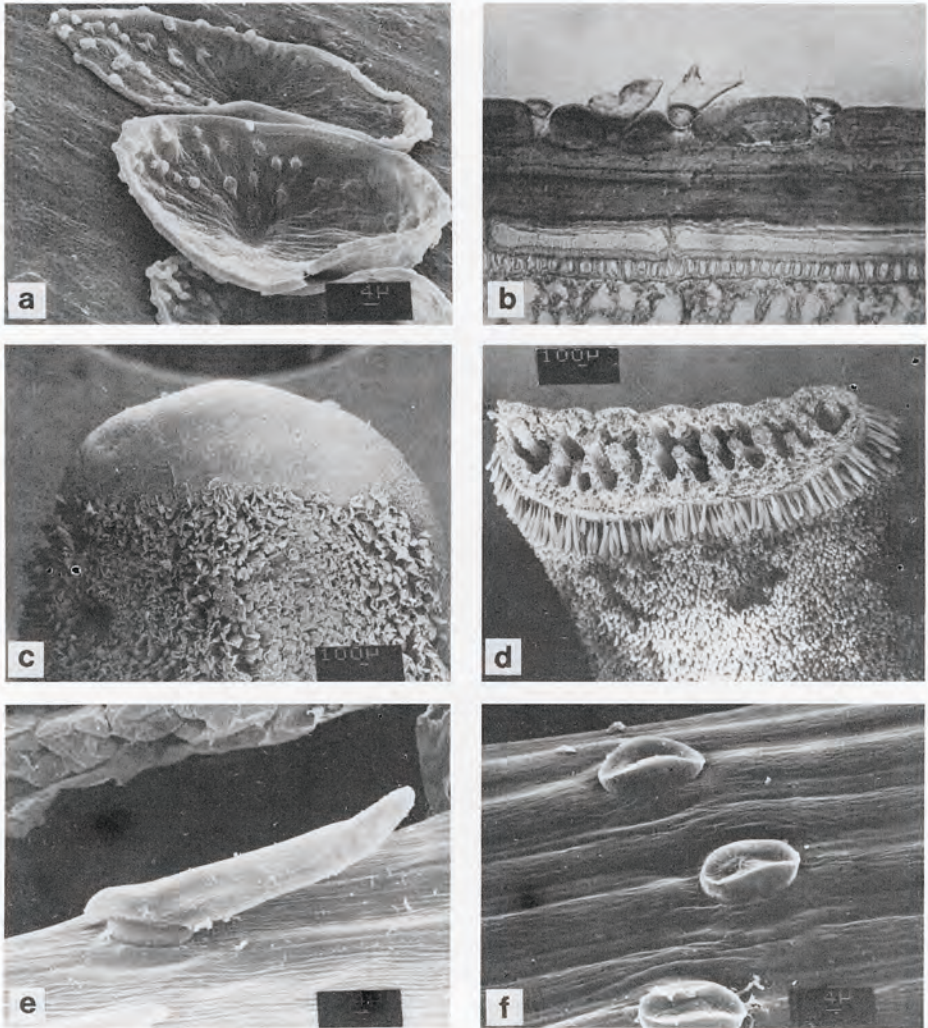


Abb. 2. a–d *Syngonathus cipoensis* RUHL. a Kreisrunde, an die Saugschuppen der Bromeliaceen erinnernde Haare. b Der Längsschnitt durch das Blatt zeigt, daß die in a abgebildeten Haare nur aus drei Zellen bestehen und daß die Fußzellen dieser Haare als einzige Zellen in der Epidermis keine Wandverdickungen aufweisen. c, d Dicht behaarte Zone nahe der Blattspitze auf der Blattunterseite. e, f *Paepalanthus catharinae* RUHL., die Malpighia-Haare sind häufig asymmetrisch und leiten so zu normalen uniseriaten Haaren über; brechen sie ab, so bleibt die Halszelle mit einer scharfen Bruchkante zurück. (Fotos SCHMID-LINDENMAYER)

eine deutliche Bruchkante hinterläßt (Abb. 2f). Fuß- und Halszelle des Haares sind nur an einer schmalen Verwachsungsstelle miteinander verbunden und bilden eine pilzförmige Einheit, die wie ein Ventil in die Epidermis eingepaßt ist. Die Wandverstärkung der Halszelle legt zwar nahe, daß diese Einheit auch tatsächlich so funktioniert, da eine direkte Beobachtung angesichts der geringen Größe kaum möglich ist, dürfte der Nachweis indes nicht einfach sein.

Die zwischenkligigen Kopfzellen der Malpighia-Haare weisen bei *S. niveus* auf der Innenseite leistenartige Verdickungen auf, die an beschädigten Haaren im REM gut zu erkennen sind. Diese

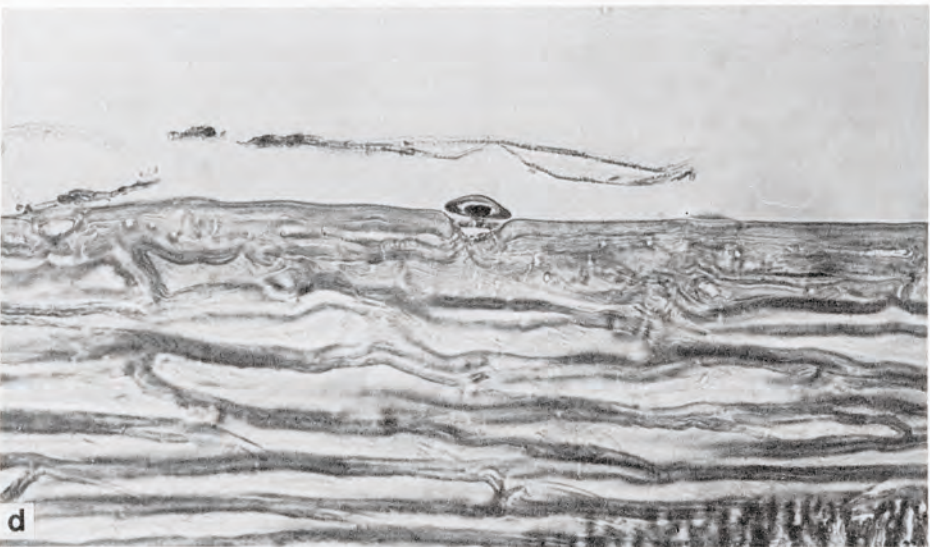
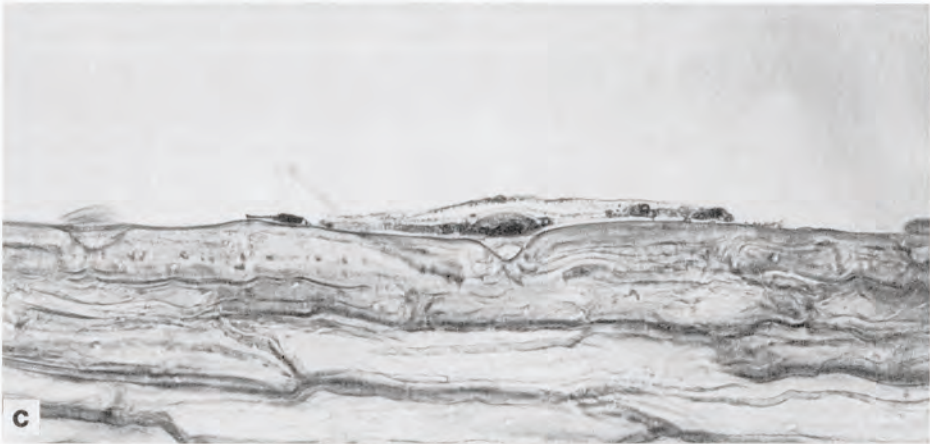
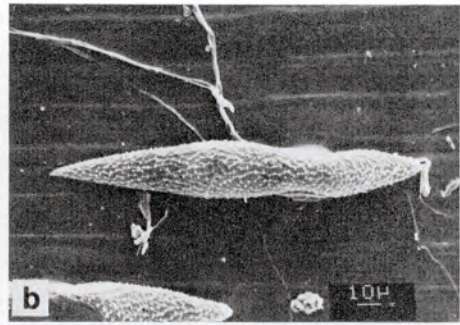
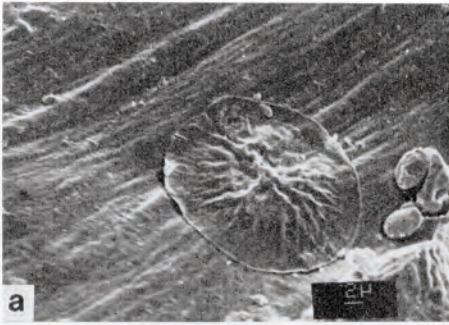
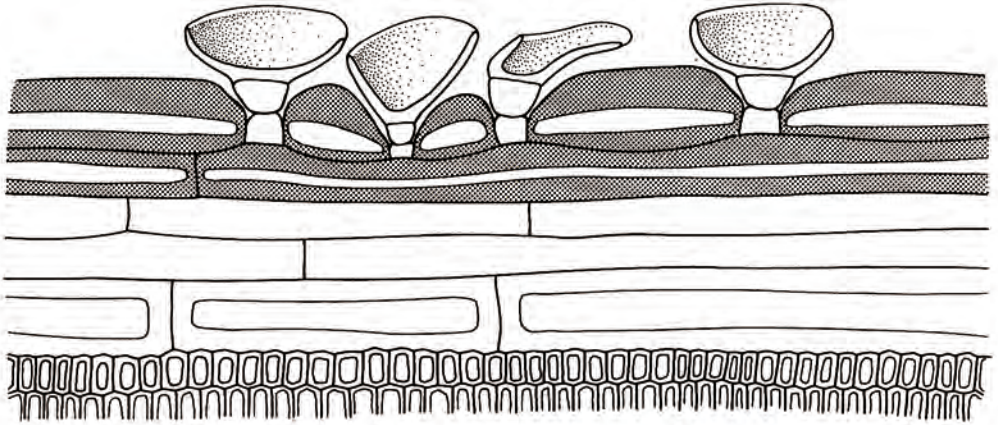
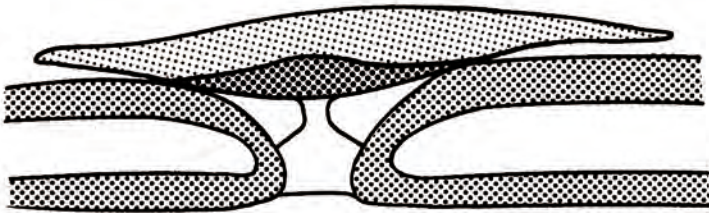


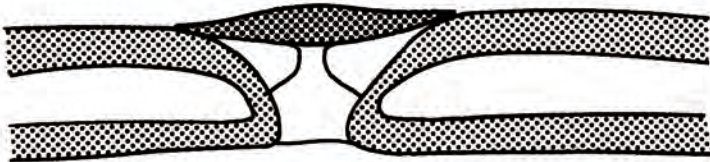
Abb. 3. *Syngonathus niveus* (BONG.) RUHL. Die kreisrunden Zellen in *a* entsprechen nicht den Kopfzellen in Abb. 2a sondern sind die Halszellen der Malpighia-Haare aus *b*; *c* zeigt das Malpighia-Haar im Längsschnitt, *d* ein Malpighia-Haar, das sich gerade von der Halszelle abgelöst hat, wobei deutlich zu sehen ist, daß die Wand von Kopf- und Halszelle unbeschädigt bleibt und folglich die Trennung durch Auflösung der Mittellamelle erfolgt. (Fotos SCHMID-LINDENMAYER)



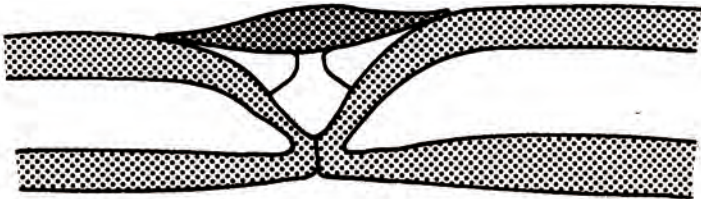
a



b



c



d

Abb. 4. a *Syngonathus cipoensis*. Anordnung der Haare in der Epidermis. b–d *Syngonathus niveus*. Entstehung der pilzartigen Strukturen durch Verlust der Kopfzelle eines Malpighia-Haars, die Fußzelle kann wie in c oder wie in d in die Epidermis eingefügt sein. (Zeichnung HINTZE)

Wandverstärkungen erinnern in gewisser Hinsicht an die Wandstruktur eines Velamen. Da eine Skulpturierung der inneren Oberfläche von Haaren bei Eriocaulaceen häufig ist (MONTEIRO et al. 1979) und vor allem von den Perianth-Haaren von *Paepalanthus* (die innere Skulpturierung bewirkt hier eine diffusere Brechung und Rückstreuung des einfallenden Lichtes, so daß die Haare trotz ihrer Kleinheit ein besonders strahlendes Weiß zeigen können) her bekannt ist, darf diese Struktur nicht unbedingt in dieser Richtung interpretiert werden.

Querschnitte durch das Blatt (Abb. 2b) zeigen, daß bei *S. cipoensis* wie bei allen Eriocaulaceen (RUHLAND 1903, DE CASTRO 1986) ein typisches Pallisadenparenchym fehlt. Das Assimilationsgewebe ist als mehr oder weniger einheitliches Schwammparenchym ausgebildet, das durch längs verlaufende Stege in Kammern unterteilt ist. Diese Stege oder Streben verbinden die bei *Syngonanthus cipoensis* mehrschichtige obere und untere Epidermis und enthalten je ein Leitbündel mit einer ausgeprägten, doppelten Leitbündelscheide. Zwischen je zwei Stegen und an den Blatträndern ragt von der unteren Epidermis her eine parallel zu den Stegen verlaufende Rippe in das Mesophyll, die ebenfalls ein Leitbündel trägt. Bei *S. cipoensis* fällt auf, daß an der Blattspitze auf der Oberseite gehäuft Spaltöffnungen auftreten. Dies ist insofern erstaunlich, als die Blätter der Eriocaulaceen ansonsten hypostomatisch sind oder höchstens am Blattrand zur Oberseite hin verlagerte Spaltöffnungen vorkommen.

Die Haare sind, außer auf der Unterseite der Blattspitze, auf den Ansatzbereich der Stege und Rippen beschränkt. Bei einer Funktion der Haare als Resorptionsorgane wäre dies insofern von Vorteil, als die Transportwege zu den Leitbündeln und den eventuell als Wasserspeicher dienenden großzelligen Leitbündelscheiden so kürzer sind. Schild- und Malpighia-Haare sind auch dort auf den Bereich der Stege und Rippen beschränkt, wo wenig oder keine Spaltöffnungen vorliegen. Die Beschränkung kann also nicht darin begründet sein, daß der Platz über dem Schwammparenchym durch Spaltöffnungen bereits vollständig belegt ist, wie dies im Bereich der Blattspitze tatsächlich der Fall ist.

Die morphologisch-anatomischen Voraussetzungen für eine Resorptionsfunktion der Haare sind also gegeben und zwar nicht nur bei den von ihrer Form her an die Saugschuppen der Bromeliaceen erinnernden Schildhaaren, sondern auch bei den seit langem bekannten Malpighia-Haaren. Die fluoreszenzmikroskopische Untersuchung zeigte, daß die Haare hier tatsächlich als einzige Zellen der Epidermis permeabel sind. Die Prüfung erfolgte mit der eingangs beschriebenen Methode an Herbarmaterial. Dabei zeigte sich, daß die verschiedenen Haare in dieser Hinsicht gleich sind und gleich schnell und gleich intensiv angefärbt werden.

Auch das Habitat, in dem *Syngonanthus cipoensis* anzutreffen ist, läßt spezielle Anpassungen im Hinblick auf den Wasserhaushalt vermuten. Die Art kommt auf ebenen oder geneigten Sandflächen mit spärlichem Bewuchs (Deckungsgrad ca. 50%) zusammen mit Kakteen der Gattung *Discocactus*, Trimesien, terrestrischen Orchideen, Velloziaceen, terrestrische Bromeliaceen und anderen Arten vor. Viele dieser Pflanzen zeigen spezielle Anpassungen zur Wasseraufnahme und -speicherung. Am häufigsten ist ein (meist mehrschichtiges) Velamen radicum um die schlechte Wasserkapazität des Sandbodens zu kompensieren. Dies alles legt eine Resorptionsfunktion der Haare bei *S. cipoensis* nahe. Da die zum Teil extrem xeromorph erscheinenden Arten der Campos rupestres sich bisher nicht erfolgreich in Kultur halten lassen, suchten wir, ob eine der mehr mesomorph erscheinenden, leichter kultivierbaren Arten aus Südbrasilien ähnliche morphologisch-anatomische Merkmalskomplexe zeigt, um an dieser Art dann die Resorption an lebenden Material prüfen zu können.

Das Blatt von *Paepalanthus catharinae* wirkt auf den ersten Blick eher hygromorph. Die Epidermis ist einschichtig mit unverdickten Zellwänden, die Zellen der oberen Epidermis sind fast doppelt so groß wie die der unteren. Das Blatt ist hypostomatisch, die Cuticula ist etwas dünner als bei *S. cipoensis*. Die von *S. cipoensis* bekannten, kreisrunden, an die Saugschuppen der Bromeliaceen erinnernden Haare fehlen hier, es kommen jedoch zahlreiche Malpighia-Haare vor, die ebenfalls nicht cutinisiert sind. Diese Haare sind hier im Gegensatz zu *S. cipoensis* nirgends auf den Bereich über den Stegen beschränkt, sondern kommen überall spärlich vor. Der Färbversuch mit Calcofluor an herbarisierten Blättern ergab hier jedoch keinerlei Färbung der Haare. Obwohl die

Malpighia-Haare von *P. catharinae* mit denen von *S. cipoensis* morphologisch völlig übereinstimmen, verhalten sie sich im Färbeversuch völlig verschieden.

Die einzige uns lebend zur Verfügung stehende Art zeigte damit bereits an Hebrarmaterial grundsätzliche Unterschiede zu *S. cipoensis* und eignete sich daher nicht zur Untersuchung der Wasserresorption an lebenden Blättern. Als weiteren Unterschied zeigen die Blätter von *P. catharinae* an der Blattspitze eine große Hydathode, in die das mediane Leitbündel mündet. Man findet bei *P. catharinae* vor allem am frühen Morgen sowohl am natürlichen Standort als auch in Kultur häufig Guttationstropfen an den Blattspitzen. Während solche Hydathoden auch bei verschiedenen *Eriocaulon*-Arten vorkommen (*E. modestum* KUNTH, *E. fenestratum* BOJ.), fehlen sie bei *S. cipoensis* und anderen Arten mit kreisrunden, an die Saugschuppen der Bromeliaceen erinnernden Haaren.

Nach den Befunden an *S. cipoensis* lag es nahe, die schon früher gestellte Frage nach der Bedeutung von Zisternenbildungen bei Eriocaulaceen erneut zu untersuchen. Wir fanden bei den zisternenbildenden Arten *P. bromelioides* und *P. planifolius* tatsächlich Resorptionshaare. Die Haare waren aber nicht auf den wassergefüllten Bereich konzentriert, sondern sind gleichmäßig über das ganze Blatt verteilt. Da jedoch im Verlauf der Entwicklung zunächst das ganze junge Blatt im Reservoir eingetaucht ist, braucht dies nicht gegen die Bedeutung der Zisterne für den Wasserhaushalt zu sprechen. Der Zisternenbildung kommt somit möglicherweise ein positiver Selektionswert sowohl für einen ausgeglichenen Wasserhaushalt als auch für eine verbesserte Widerstandsfähigkeit gegenüber Flächenbränden zu.

Einigermaßen verblüffend war, daß wir ganz ähnliche Haare auch bei *Eriocaulon septangulare* fanden. Die Haare sind bei dieser Art wie bei *S. cipoensis* auf den Bereich über den Stegen beschränkt. Diese Beschränkung ist hier sogar noch auffallender, weil die Stege bei *E. septangulare* meist nur eine einzige Zelllage breit sind. Eine Cutinisierung des Blattes konnten wir nicht feststellen, sie ist auch kaum zu erwarten, da die Art ausschließlich in Sümpfen und Mooren gebieten, vielfach sogar vollständig submers wächst. Es ragen dann ganz ähnlich wie bei vielen *Cryptocoryne*-Arten nur die Infloreszenzen aus dem Wasser. In diesem Lebensraum scheinen spezielle Resorptionsorgane in der Tat überflüssig zu sein. Sollten diese Haare bei *Eriocaulon septangulare* tatsächlich denen von *S. cipoensis* homolog sein, was durch die Form, die tote Kopfzelle und die Anordnung ausschließlich über den Stegen nahegelegt wird, so wäre dies ein Hinweis darauf, daß Anpassungen an extrem wechselfeuchte Standorte innerhalb der Eriocaulaceen ursprünglich sind und die Besiedelung von Sumpfstandorten oder gar die aquatische Lebensweise sekundär erfolgt ist.

Die heutige Verbreitung der Eriocaulaceen mit einem eindeutigen Schwerpunkt der Artenvielfalt in den Bergländern des brasilianischen Schildes scheint die These, die Eriocaulaceen seien ursprünglich poikilohydre Gebirgspflanzen und keine Sumpfpflanzen, ebenfalls zu stützen. Interessanterweise führte eine Untersuchung der Wurzelanatomie der Eriocaulaceen (STÜTZEL 1988) zu ähnlichen Resultaten. Die Sumpf- und Wasserpflanzen zeigten hier gegenüber den Arten trockener oder wechselfeuchter Standorte Spezialanpassungen, die als abgeleitet betrachtet werden müssen.

Zusammenfassung

Die Eriocaulaceen haben Haare, die vermutlich der Wasserresorption dienen. Teilweise wird diese Funktion bereits durch die große äußere Ähnlichkeit zu den Saugschuppen der Bromeliaceen nahegelegt. Wie bei diesen ist das Resorptionshaar aus einem Fuß, einem Stiel und einem Schirm, der im typischen Fall wie ein Ventil in die Epidermis eingepaßt ist und mit seinen Rändern der Epidermis dicht anliegen kann, aufgebaut. Wie bei den Bromeliaceen bestehen Fuß und Stiel aus lebenden Zellen, während der Schirm tot ist. Im Gegensatz zu den Bromeliaceen bestehen die drei Bestandteile Fuß, Stiel und Schirm hier jedoch nur aus jeweils einer Zelle. Diese Grundform kann jedoch in verschiedener Weise abgewandelt sein und der verbreitetste Typ der Resorptionshaare bei Eriocaulaceen dürften die sogenannten „Malpighia-Haare“ sein. Das Beispiel *Paepalanthus catharinae* zeigt aber deutlich, daß Malpighia-Haare nicht grundsätzlich als Resorptionsorgane

gesehen werden dürfen, sondern daß es Arten gibt, bei denen ein Wassertransport durch die Haare in keiner Richtung möglich ist.

Das Vorkommen der Resorptionshaare bei Arten, die Zisternen bilden, zeigt, daß die Zisternenbildung im Wasserhaushalt dieser Arten eine Rolle spielen kann. Unabhängig davon kann die Zisternenbildung bei den ausschließlich terrestrischen Eriocaulaceen nach eine wichtige Bedeutung für das Überstehen der an diesen Standorten relativ häufigen Flächenbrände haben.

Das Vorkommen solcher Haare in ähnlicher Verteilung auf den Blättern von aquatischen Arten legt die Vermutung nahe, daß die poikilohydre Lebensweise innerhalb der Eriocaulaceen ursprünglich und die Besiedelung von Sumpfstandorten oder gar die aquatische Lebensweise demgegenüber abgeleitet sind. Diese Auffassung wird auch durch das Verbreitungsmuster der Familie sowie durch weitere anatomische Merkmale gestützt (STÜTZEL 1988).

Obwohl es nach unseren Untersuchungen als sehr wahrscheinlich angesehen werden muß, daß die kreisrunden Schuppenhaare sowie die Malpighia-Haare mancher Arten der Wasserresorption dienen, muß festgehalten werden, daß die hier vorgestellten Untersuchungen an Herbarmaterial einen endgültigen Nachweis an lebendem Material geeigneter Arten nicht ersetzen können.

Literatur

- DE CASTRO NEUZA, MARIA (1986): Estudos morfológicos dos orgaos vegetativos de espécies de *Paepalanthus KUNTH* (Eriocaulaceae) da Serra do Cipó (Minas Gerais. Mestrado-Arbeit, São Paulo.
- FAHN, A. (1986): Structural and functional properties of trichomes of xeromorphic leaves. *Ann. Bot.* **57**: 631–637.
- MONTEIRO, W. R., GIULIETTI, A. M., MAZZONI, S. C., & DE MORALES CASTRO, M. (1979): Hairs on reproductive organs of some *Eriocaulaceae* and their taxonomic significance. *Bol. Botânica, Univ. São Paulo* **7**: 43–59.
- RUHLAND, W. (1903): *Eriocaulaceae*. In: ENGLER, A.: Das Pflanzenreich. Vol. **13** (IV–30). Weinheim.
- STÜTZEL, TH. (1984): Blüten- und infloreszenzmorphologische Untersuchungen zur Systematik der Eriocaulaceen. *Diss. Bot.* **71**: 1–108.
- (1988): Untersuchungen zur Wurzelanatomie der Eriocaulaceen. *Flora* **180**: 223–239.

Eingegangen am 2. September 1988

Anschrift der Verfasser: Dr. T. STÜTZEL, Dipl.-Biol. M. BRIECHLE, Universität Ulm, Abt. Biologie V, Oberer Eselsberg, D-7900 Ulm.

Flora (1990) **184**: 89–90

VEB Gustav Fischer Verlag Jena

Buchbesprechung

HAEUPLER, H., u. SCHÖNFELDER, P. (Hrsg.): **Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland**. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer 1988. – 768 S., 2490 Verbreitungskarten, 96 Farbfotos, Leinen, Preis DM 68,-.

Die exakte Inventarisierung der Pflanzenwelt ist eine Voraussetzung für den Umwelt- und Naturschutz, für Biotopmanagement und Arterhaltungsmaßnahmen. Auch viele wissenschaftliche Fragestellungen aus den Bereichen Populationsökologie, Synökologie und Vegetationskunde können ohne eine genaue Kenntnis der aktuellen Verbreitung der Arten im Raum kaum befriedigend bearbeitet werden. Nicht zuletzt liefern die Verbreitungsbilder Anregungen für die weitere systematische und taxonomische Untersuchung der mitteleuropäischen Flora. Der Vergleich der Pflanzenverbreitungsbilder mit der räumlichen Differenzierung von verschiedenen abiotischen

Umweltgrößen ist eine wichtige Methode zur kausalen Erklärung des Vorkommens und Fehlens von Arten. Diese Vielzahl von Nutzungsmöglichkeiten der Florenkartierung zeigt, wie wichtig und verdienstvoll die Erarbeitung eines Verbreitungsatlasses ist.

2490 Arten der Flora der BRD und Berlin (West) sind aufgenommen worden (einschließlich Neophyten). Die Liste der in der Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West) einheimischen und eingebürgerten Farn- und Blütenpflanzen (vgl. KORNECK & SUKOPP 1988) enthält 2995 Arten (einschließlich niederer Taxa). Der Unterschied in den Artenzahlen ist auf die stärkere Berücksichtigung von Klein- und Unterarten bzw. weiterer Neophyten zurückzuführen. Dennoch repräsentiert der Atlas sehr gut die Flora des Untersuchungsgebietes. Die Darstellung der Verbreitung erfolgt auf Punktrasterkarten auf Meßtischblattbasis (Amtliche Topografische Karte 1:25000, Rastergröße ca. 120 km²). Die Kartengrundlagen im Atlas enthalten durch die Berücksichtigung der Gebirge (farblich abgestufte Darstellung der Höhenlagen) und des Hauptgewässernetzes wichtige Zusatzinformationen und erleichtern die geographische Orientierung.

Die Fundnachweise werden durch spezielle Signaturen genauer charakterisiert (Nachweis vor oder nach 1945, einheimisch bzw. Normalstatus, eingebürgert, synanthrop, unbeständig oder kultiviert, angesalbt, erloschen u. a.). Diese Statusangaben sind z. T. ungünstig bzw. unklar definiert. Die Kategorie „Einheimisch bzw. Normalstatus“ enthält neben den einheimischen Arten auch fest eingebürgerte Sippen (z. B. *Reynoutria japonica*, *Lycium barbarum* u. v. a.). Der getrennt aufgeführte Status „eingebürgert“ wird aber in der o. g. Kategorie bereits mit berücksichtigt. Wie kann man nun erkennen, nach welchen Kriterien die Zuordnung der Symbole erfolgte? Während für *Ailanthus altissima* lediglich die Signaturen „eingebürgert“ und „synanthrop, unbeständig oder kultiviert“ verwendet werden, findet man bei den *Reynoutria*-Arten die Zeichen für „einheimisch bzw. Normalstatus“ und die auch für *Ailanthus* angegeben. Besser wäre die Trennung der einheimischen von den Hemerochoren gewesen. Letztere könnten in Eingebürgerte und Unbeständige unterteilt werden.

In einer ausführlichen Einleitung erläutert ELLENBERG die wissenschaftlichen Zielstellungen und Auswertungsmöglichkeiten der floristischen Kartierung der BRD im Rahmen der Mitteleuropa- und Europakartierung. Wichtig für geplante oder laufende Kartierungsprojekte ist die Vermittlung von Erfahrungen bei der Organisation der floristischen Kartierung (Kap. 2). Ebenso hilft die ausführliche Darstellung der Methodik (Erfassungsraum, Erfassungszeit, Nomenklatorische Grundlagen, Datenerfassung und -verarbeitung, Bearbeitungsstand, Korrekturen und Nachträge) bei der Nutzung dieses Kartenwerkes.

Die beigefügten Klarsichtfolien (als Deckfolien für die Verbreitungskarten gestaltet) gestatteten visuelle Vergleiche der Verbreitungsbilder mit der räumlichen Differenzierung abiotischer Faktoren im Gebiet wie mittlere Januar- und Julitemperaturen, mittlere Jahrestemperatur, mittlere Jahresniederschläge, Geologie und Böden. Da in unseren anthropogenen Landschaften die aktuelle Flächennutzung zu einem bestimmenden Standortfaktor geworden ist, wären Folien mit dem Siedlungsnetz (urban-industrielle Ballungsgebiete), der Wald- und Feldverteilung nützlich für die Interpretation von Arealen gewesen.

96 sehr gute Farbfotos (VON GARVE, HAEUPLER und SCHÖNFELDER) bereichern den Atlas.

Im Umfang und Qualität vergleichbare Werke gibt es nur noch von den Britischen Inseln (PERRING & WALTERS 1962) und der Schweiz (WELTEN & SUTTER 1982). Durch die Unterstützung seitens der Stiftung zum Schutz gefährdeter Pflanzen ist der Preis von 68,- DM vergleichsweise sehr gering. Den Organisatoren, Herausgebern und Mitarbeitern muß man für diese Leistung Hochachtung zollen. Jetzt eröffnen sich in vielen Richtungen Möglichkeiten für weitere Forschung. Eine Analyse der Verbreitungsbilder, heute mit den Mitteln der EDV fast universell möglich, wird weitere pflanzengeographische und ökologische Erkenntnisse bringen.

Eine Wiederholungskartierung wird kaum flächendeckend in absehbarer Zeit in dieser Qualität möglich sein, jedoch sollten repräsentative Teilgebiete in einem festen Rhythmus untersucht werden.

Literatur

- KORNECK, D., & SUKOPP, H. (1988): Rote Liste der in der Bundesrepublik Deutschland ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten- und Biotopschutz. Schriftenreihe f. Vegetationskunde 19: 210 S. Bonn-Bad Godesberg.
- PERRING, F. H., & WALTERS, S. M., (Eds.) (1962): Atlas of the British Flora. London. 432 S.
- WELTEN, M., & SUTTER, H. C. (1982): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. Basel, Boston, Stuttgart. 716 u. 698 S.

STEFAN KLOTZ, Halle (Saale)