

# Beobachtungen über die Schutzvorrichtungen xerophiler Laubmoose gegen Trockenis.

Von K. Grebe.

Die Biologie der Laubmoose ist bisher noch durchaus unvollkommen erforscht und gilt dies auch vom xerophytischen Bau derselben. Insbesondere fehlt es an speziellen eingehenden Einzelbeobachtungen aus der Natur und Praxis, sowie an einer zusammenfassenden biologischen Arbeit und Darstellung von dem, was bekannt ist. Untersuchungen allgemeiner Art liegen zwar vor, speziell über Organographie, Wachstum, Wasserleitung, doch finden sich diese und sonstige gelegentliche Beobachtungen zerstreut hier und da in der Literatur verteilt, wie namentlich in den Werken von K. G. Limpricht, C. Warnstorff, K. Goebel, K. Haberlandt, A. von Kerner, P. G. Lorentz, und andere. Neuerdings haben die Bryologen L. Loeske (Studien zur vergleichenden Morphologie und phylogenetischen Systematik der Laubmoose, Berlin 1910 bei M. Lande) und W. Lorch (Monographie der Polytrichaceen, München 1908) wertvolle biologische Untersuchungen geliefert, worin mehrfach xerophytische Einrichtungen gestreift werden.

Die nachfolgende Studie, die erste ihrer Art, will einen Überblick über die xerophytischen Anpassungen der Laubmoose geben und diese möglichst aus Bau und Lebensweise zu erklären versuchen; sie benutzt zwar die in der Literatur zerstreuten wenigen Angaben, gründet sich aber hauptsächlich auf die eigenen Beobachtungen und das Eindringen in die anatomische Struktur der einheimischen Laubmoose, deren genaue Kenntnis nur durch langjähriges Studium der Systematik und durch Beschäftigung mit der Floristik erlangt werden kann. Seit Lorentz und Limpricht ist die anatomische Kenntnis der Laubmoose so vertieft worden, daß schon die Diagnose eines Laubmooses für den Kenner meist auch dessen physiologisches und biologisches Verhalten andeutet.

### Allgemeines.

Als xerophile Laubmoose kann man die Bewohner trockner und dürrer Standorte bezeichnen, die sich mit nur zeitweise vorhandener Feuchtigkeit begnügen, ihre Lebenstätigkeit periodisch einstellen können und zugleich xerophytisch gebaut sind. Charakteristisch ist für dieselben, daß sie längere Dürreperioden ohne Nachteil überstehen können; sie haben die Fähigkeit, nach jedem Regenfall aufzuleben und sofort weiter zu wachsen, mit eintretender Dürre aber ihre Vegetationstätigkeit zeitweise einzustellen, bis sie von neuem vom belebenden Naß benetzt werden.

Im Gegensatz zu den Hydrophyten sind die xerophilen Moose fast unabhängig vom Bodenwasser und ganz auf die periodischen Niederschläge und Luftfeuchtigkeit angewiesen. Die Abhängigkeit von der atmosphärischen Feuchtigkeit wird von C. Warnstorff in seiner Moosflora der Mark Brandenburg, Seite 20, als Hauptkriterium für die Xerophyten betrachtet, doch ist sie nicht das eigentliche oder einzige Merkmal, denn viele Waldschattenmoose an Bauwurzeln und Rinde, Hypnaceen und Dicranaceen, sind auf atmosphärische Feuchtigkeit angewiesen, ohne Xerophyten zu sein, da sie durch Schatten und feuchte Waldluft genügend feucht erhalten und vor Dürreperioden bewahrt werden. Auch die Beschattung allein ist nicht bestimmend, obwohl manche xerophytischen Moose, wie die Ulota-Arten, *Dryptodon Hartmanni*, *Dicranum longifolium*, nur im Waldschatten leben. Diese Waldmoose suchen dann stets solche Stellen an den Bäumen auf, die durch Träufelung des Regenwassers feucht erhalten werden, und bevorzugen deshalb lichtkrönige Bäume (Eiche, Aspe), welche auch die leichten Sommerregen durchlassen und zugleich wohltätigen Halbschatten spenden.

Herr C. Warnstorff zieht in seiner Kryptogamenflora den Begriff der Xerophyten noch weiter wie oben angegeben, indem er neben den wahren Xerophyten noch Hemixerophyten unterscheidet, welche zum Teil mit einer geringen Bodenfeuchtigkeit fürliebnehmen. Hierzu rechnet er unter anderen die Mehrzahl der Waldmoose. Diese werden aber besser zu seinen Mesophyten gezogen, denn der Waldboden ist immer mehr oder minder frisch.

Zu den Xerophyten rechnet man am besten nur solche Moose, die längere Dürreperioden ohne Störung ihrer Lebenstätigkeit überstehen und der Bodenfrische entbehren können, und zugleich in ihrer Organisation die Merkmale der xerophytischen Lebensweise erkennen lassen. Diese läuft auf eine gründliche und rasche Wasserversorgung hinaus. Die xerophilen Moose sind so gebaut, daß sie

die Niederschläge rasch und ergiebig auffangen können, sie nachhaltig festhalten und haushälterisch damit umgehen. Außerdem scheinen sie die hygroskopische Eigenschaft der meisten Moose in erhöhtem Grade zu besitzen, d. h. sie sind befähigt in dampfgesättigter Luft, z. B. morgens früh, wenn der Taupunkt erreicht ist, mit ihrer ganzen Oberfläche Feuchtigkeit zu absorbieren.

Die Mannigfaltigkeit der Xerophyten ist eine sehr große; teils sind sie Felsbewohner, wie die Grimmien, *Crossidium*, *Tortella*, *Ecalypta*, *Brachysteleum*, *Andreaea*, *Hedwigia*, *Weissia*, teils siedeln sie sich an Baumrinden an, auf der Wetterseite von Feld- und Waldbäumen, wie *Orthotrichum*, *Ulot*, *Leucodon*, *Homalothecium*, *Neckera*, *Cryphaea*, *Dicranum montanum*, *viride* und andere, teils zieren sie dürre Abhänge, steinige Halden und sonnige Triften mit ihrem bunten Mooskleid, wie z. B. *Barbula*, *Tortula*, *Pottia*, *Aloina*, einige Arten von *Polytrichum* und *Racomitrium*, *Thuidium*, *Camptothecium*, *Trichostomum*, *Dicranum spurium* und eine große Reihe von *Brachytheciaceen* und *Hypnaceen*.

Die Xerophyten sind an ein bestimmtes allgemeines Klima nicht gebunden, sondern vom örtlichen Klima ihres speziellen Standortes abhängig. Sie finden sich von den dürren, wenn auch luftfeuchten Dünen der Küste bis hinauf zu den Hochalpen, an deren Felsgraten einige Grimmien und Andreaeen zu den letzten und höchsten Ausläufern der niederen Vegetation gehören. Das trockene Kontinentalklima scheint seine Wirkung mehr in einer allgemeinen Moosarmut zu äußern, als in einem Vorherrschen der xerophilen Moose. Dagegen ist nach Süden hin, in den Mittelmeerländern, deren relativ reichliches Vorkommen zu bemerken; es treten hier sogar neue xerophile Gattungen auf, die nördlich der Alpen fehlen oder ganz zurücktreten, z. B. *Crossidium*, *Leptobarbula*, *Timiella*, *Dialytrichia*, *Cryphaea*, *Braunia*, *Leptodon*.

Die xerophilen Moose sind dem Wechsel von Wind und Wetter in so wunderbarer Weise angepaßt, daß es sich lohnt, deren Bauart näher zu betrachten, durch die sie befähigt werden, alle schroffen Witterungsextreme und Dürreperioden zu überstehen. Nachstehend soll versucht werden, die Schutzvorrichtungen aufzufinden und übersichtlich vorzuführen. Bei den Xerophyten laufen sie auf möglichst lange Erhaltung der spärlich oder regellos zugehenden Feuchtigkeit hinaus, während es sich bei den Hydrophyten mehr um raschen Ersatz derselben und reichliche Zuleitung des Grundwassers handelt.

Viele Moose entziehen sich dem Kampfe mit der Trockenheit dadurch, daß sie ihre Lebenstätigkeit in das feuchtere Winterhalbjahr

verlegen, und die trockene Jahreszeit als Spore oder unterirdisches Protonema überstehen. Es sind dies die kleinen Erdmoose und die einjährigen Arten. Sie zerfallen in der sommerlichen Dürre und leben im Herbst neu auf, sobald die ersten Regenwinde einsetzen.

### Spezielle Schutzeinrichtungen.

Die speziellen Anpassungen an Dürreperioden und Trockenzustände sind teils morphologischer, teils anatomischer Art und erstrecken sich auf die ganze Moospflanze. Hauptsächlich ist es aber der Gametophyt, der des Trockenschutzes bedarf, weil er zarter gebaut und meist auch perennierend ist, und sind dessen Schutzeinrichtungen ebenso zahlreich wie vielseitig; spärlicher sind sie am kurzlebigen Sporogon.

### Das Sporogon.

Dasselbe bedarf im ganzen keiner speziellen Schutzeinrichtungen, weil es an und für sich schon derb und fest gebaut ist und als vollendete Anpassung an Trockenzustände betrachtet werden kann. Die Urne ist mit einer Oberhaut umgeben, dem sogenannten Exothecium, das im Reifezustand aus lufthaltigen Zellen besteht, deren Wandungen kutikularisiert und für die Wasseraufnahme und Abgabe ungeeignet sind. Außerdem ist die Urne bis zur Reife mit Haube und Deckel versehen, welche bis dahin die Kapsel gegen Trockenis schützen, und der Sporensack ist von einem lufthaltigen Interzellularräum umgeben. Das Peristom dient weniger diesem Zweck, weil die Urne ihre Aufgabe der Sporenerzeugung nahezu erfüllt hat, wenn das Peristom in Tätigkeit tritt. Nach Prof. Goebel, Limpricht und Loeske ist das Peristom als ein die Sporenaussaat regulierendes Organ anzusehen. Der Urnenstiel, die Seta, besteht gleichfalls aus kutikularisierten, langgestreckten, derben und sehr festen Zellen, und bedarf nur in der Jugend des Schutzes, ist dann aber noch in das langblättrige Perichätium eingesenkt.

Es ist deshalb erklärlich, daß die speziellen Schutzeinrichtungen des Sporogons nicht umfangreich zu sein brauchen. Als solche sind hervorzuheben:

1. Die ungestielte Urne. Sie genießt den Schutz des Perichätiums, in das sie eingesenkt ist, und ist nur bei ausgesprochenen Xerophyten zu finden, so bei fast allen Arten der Gattungen Orthotrichum, Schistidium, Coscinodon, Cryphaea, Hedwigia, der Ephemeraceen und Phascaceen, bei Stylostegium, bei vielen Arten der Gattungen Grimmia, Neckera, Pterygoneurum. Sehr kurz ist der Kapselstiel bei der xerophytischen Andreaea.

2. Der gekrümmte Fruchtstiel der xerophytisch gebauten Gattungen *Campylopus*, *Dicranodontium*, von *Grimmia pulvinata*, *arenaria*, *trichophylla*, *decipiens*, *orbicularis* bewirkt, daß die Kapsel, solange sie noch unreif ist und des Schutzes bedarf, in den Moosrasen niedergesenkt wird und so Schutz gegen Dürre und schroffe Temperaturwechsel findet. Später richtet sich der Fruchtstiel meist wieder gerade, sobald die Sporenreife erreicht ist.

3. Der warzige Fruchtstiel scheint einen gewissen Trockenschutz zu geben. Dafür spricht, daß er sich wesentlich nur bei allgemein verbreiteten, widerstandsfähigen Laubmoosen findet. Übrigens beschränkt sich sein Vorkommen nur auf die große Familie der Brachytheciaceen und wenige andere Familien, wie *Buxbaumia*.

4. Die glockenförmige Haube von *Encalypta*, *Brachysteleum*, *Pyramidula*, *Entosthodon* umhüllt die Urne so vollständig, daß diese bis zur Reife vollkommenen Trockenschutz genießt.

5. Die behaarte Haube von *Polytrichum*, *Pogonatum* und vielen *Orthotrichaceen*, besonders *O. saxatile* und *anomalum* erfüllt denselben Zweck. Bei ersteren ist die Haube selbst zwar nur klein und halbseitig, aber mit einem so starken Behang von langen, dicht ineinander verschlungenen derben Haaren versehen, daß die Urne unter dem glockenförmigen rotbraunen Haarfilz völlig verschwindet.

6. Die Lage der Spaltöffnungen, soweit sie an der Urne auftreten, ist immer so, daß sie sich an geschützter Stelle befinden. Bei glatten Urnen beschränken sie sich auf den Kapselhals und unteren Urnenteil, bei gefurchten Urnen ziehen sie sich stets in die Riefen zurück, wie beim Genus *Orthotrichum*. Bei *Polytrichum* finden sich die Spaltöffnungen nur im tief eingeschnürten Halsteil, wo dieser von der Urne abgeschnürt ist; dies ist bei der Sektion *Porotheca* der Fall, welche in ihrem gesamten Bau einen der vollendetsten Typen von Anpassung an xerophile Lebensweise darstellt.

### Der Gametophyt.

Derselbe ist nicht nur langlebiger wie der Sporogon, sondern auch weniger widerstandsfähig; er bedarf deshalb eines ausgiebigen Trockenschutzes und findet ihn in der äußeren Wuchsform, Blattgestalt und inneren Bauart.

Als wirksame Schutzeinrichtungen sind zu nennen:

1. Polsterförmiger Wuchs. Er ist das erste und sicherste Mittel, der schwachen Moospflanze Standhaftigkeit zu

geben, nach dem Grundsatz: „Einigkeit macht stark.“ Die einzelnen Stengel schließen sich entweder zu eigentlichen kleinen runden Polstern und Kissen zusammen, wie bei den Grimmien und Orthotrichen, oder zu niedrigen dichten Rasen, wie z. B. bei den *Barbula*- und *Dicranum*-Arten. Es ist klar, daß ein Polster imstande ist, rasch und gierig wie ein Schwamm das Regenwasser aufzusaugen und geraume Zeit festzuhalten, was die Einzelpflanze nicht kann. Es fungiert gleichsam als Wasserbehälter und setzt nur die Gipfelblätter der Verdunstung aus, worauf schon Dr. Quelle in seiner Moosvegetation von Göttingen hingewiesen hat. Aber wichtiger noch ist der Windschutz, den das Polster ermöglicht, und es ist das Verdienst von Dr. L. Spilger, Hansen und Warnstorff, dies nachdrücklich hervorgehoben zu haben. Das Polster schafft eine Windstetigkeit, die dem einzelnen Pflänzchen durchaus fehlt, und man beobachtet deshalb an exponierten Felsen und Bäumen fast nur polsterförmige Wuchsformen, und werden diese um so niedriger, dichter und fester, je mehr sie Wind und Wetter ausgesetzt sind. An den geschützten Seiten, an schattigen Wänden und im Überwind sind die Polster immer höher und lockerer. Die einzelne Moospflanze würde am kahlen Fels nicht genügend festhaften und schutzlos vom Winde ausgetrocknet, beschädigt und verweht werden; die zum Polster vereinigte Moosgenossenschaft aber, die man auch als „Windpolster“ bezeichnen kann, wird windstet und sturmfest (anemostat) und befähigt, sogar den Stürmen der Freilagen und des Hochgebirges zu widerstehen. Die Polsterform nimmt deshalb mit der Höhe des Gebirges auffallend zu und findet sich nur auf harter trockner Unterlage, auf Gestein, Fels und Baumrinde.

2. *Glashaare*. Die Schutzwirkung des Polsters wird verstärkt durch die sogenannten Glashaare, welche den meisten Polstern eigentümlich sind und schon von Prof. K. Goebel als Schutzvorrichtung gegen Vertrocknung der Moose bezeichnet werden: Organographie, Bryophyten, Seite 368. Sie finden sich aber nur bei den Grimmiaceen, Pottien und Barbulaceen, einigen *Campylopus*- und *Polytrichum*-Arten; dagegen fehlen sie den Orthotrichaceen, Andreaeaceen und allen krausen Moosen (*Tortella*, *Weissia* usw.), weil bei diesen Moosen der derbere Zellbau und die mit der Verwelkung eintretende Blattkräuselung den Zweck des Glashaares entbehrlich macht.

Das Glashaar vergrößert den Radius und Umfang des Polsters, fängt den darüber ziehenden Wind und schafft darunter eine windstille Zone. Der Moosrasen befindet sich unter den Glashaaren,

gleichsam im Überwind. Die Glashaare geben also gründlichen Schutz gegen zehrenden Wind und zugleich als Sonnenschirm gegen übermäßige Beleuchtung und Erwärmung. Die Entstehung der Glashaare ist physiologisch aus dem Absterben der Zelltätigkeit in der Blattspitze und in der auslaufenden Blattrippe zu erklären. Wo deshalb der Zweck der Glashaare überflüssig wird, verschwinden sie mehr oder minder, wie z. B. bei der nur im feuchten Gebirgsland auftretenden Varietät *epilosum* und *prolixum* zu *Racomitrium canescens* (var. *ericoides*) und der Schattenform von *Hedwigia albicans* var. *viridis*. Ferner verschwinden die Glashaare bei *Racomitrium sudeticum* var. *validius*, bei *Racomitrium affine* var. *obtusum*, bei *Schistidium alpicola* nebst Varietät *rivulare*, *Tortula aestiva*, welche feuchten schattigen Standort lieben. Kein Sumpf- und Wassermoose trägt Blatthaare, selbst nicht aus behaarten Gattungen, wie *Grimmia mollis*, *Cinclidotus*, *Racomitrium aciculare*, *patens*, *protensum*. Umgekehrt entwickeln manche Moose, denen die greise Färbung durch Glashaare gewöhnlich fehlt, an sonnigen dünnen Stellen besonders lange greise Haare, wie *Pterygoneurum cavifolium* var. *incanum*, *Grimmia pulvinata* var. *longipila*, *Racomitrium canescens* var. *ericoides*, *Mildula bryoides* var. *pilifera*.

3. Die Blattgestalt der xerophilen Moose zeigt vielfache Formen, die sich nur als Anpassung an trockene Standorte deuten lassen.

- a) Das borstenförmige Blatt, bei welchem die Lamina verschmälert, die dickere widerstandsfähigere Blattrippe aber verbreitert und verlängert ist. Man findet es bei den *Campylopus*- und *Pleuridium*-Arten, bei *Leptotrichum*, *Distichium*, *Trematodon*, *Seligeria*, *Dicranum longifolium*, *Dicranum falcatum*, *Starkii* usw. Vielleicht gehören auch die *Rotae*-Formen von *Hypnum exannulatum* hierher. Ich fand es meist in periodisch trockenen Gräben, jedoch auch in stets nassen Gebirgsbächen.
- b) Das röhrenförmige Blatt, bei dem die obere schmale Blatthälfte rinnenförmig eingebogen ist; dies muß die Verdunstung herabsetzen, ähnlich wie bei den drahtförmigen eingerollten Blattspreiten mancher *Festuca*-Arten und sonstiger Gramineen (*Dicranum flagellare*, *Ditrichum vaginans* und *Ditrichum julifiliiforme* m., *Dicranum Mühlenbeckii*, *Weissia viridula* und *crispata*, *Dicranodontium longirostre* und *aristatum*).
- c) Das kappenförmige Blatt, dessen Spitze leicht eingebogen und kielig hohl ist, z. B. bei *Tortella inclinata*,

*Trichostomum crispulum*, *Weissia Wimmeriana*, allen Aloina-Arten.

- d) Das hohle, kahnförmige Blatt schafft einen geschützten, die Feuchtigkeit haltenden Hohlraum. Da die Blätter sich gegeneinander neigen, verstärken sie ihre wasserhaltende Kraft. Äußerlich erhalten solche Moose ein knospenförmiges Aussehen, wie die *Phascum*-Arten, *Funaria*, *Entostodon*, *Dissodon*, *Bryum Funkii*, *Bryum elegans*, oder sie bilden mit ihren hohlen Blättern kätzchenartige Stengel und Zweige, wie *Bryum Blindii* und *Bryum argenteum*, alle *Anomobrya*, beide *Scleropodien*, *Isothecium myurum*, *Eurynchium murale* var. *julaceum*, *Eurynchium Tomassinii*, *crassinervium*, *piliferum circinatum* und besonders das hochalpine *Eurynchium cirrosum*.

Mitunter schließen sich die hohlen Blätter erst an der Stengelspitze gegeneinander, wie bei *Dicranum spurium* und *Dicranum Schraderi*. Hierher gehört auch die von Loeske, Studien, Seite 24, zuerst erkannte *Kukullifolia* mancher Alpenmoose, z. B. bei *Webera cucullata* und *Ludwigii*; ferner die abgerundeten stumpfen Stengelspitzen bei Trockenformen mancher Sumpfmose, wie bei *Hypnum exannulatum* var. *tundrae*, *Hypnum Kneiffii* var. *pungens*, *Hypnum cuspidatum*; ersteres wurde von Mönkemeyer als boreale Tundraform von *Hypnum exannulatum* nachgewiesen, Hedwigia, Bd. 47, Seite 300.

- e) Das sichelförmige Blatt zahlreicher Dicranaceen und Hypnaceen ist gleichfalls vorzüglich für die Wasserhaltung geeignet, da jedes Blatt einen Hohlraum bildet, mit dem nächst oberen sich berührt und deckt, also das Wasser sammelt und zugleich mit Kapillarkraft weiter leitet. Zugleich bildet jedes Blatt an der Stengelspitze einen von oben her schützenden Helm.
- f) Das scheidige Blatt ist eine weitere Eigentümlichkeit vieler xerophilen Moose und kommt in höchster Ausbildung bei den Bartramiaceen und Polytrichaceen vor. Die von Blatt zu Blatt lang herablaufenden röhrenförmigen Blattscheiden bilden gleichsam einen Hohlzylinder rings um den Stengel, der vortreffliche Dienste für die Wasserhaltung und Leitung leisten muß, zumal der Scheidenteil des Blattes meist aus festen, häutigen, langgestreckten leeren Zellen gewebt ist.

In guter aber schwächerer Ausbildung findet sich das scheidige Blatt bei den sparrblättrigen Moosen. Das

sparrige Blatt findet sich aber wesentlich nur bei halbxerophytischen Moosen, z. B. *Brachythecium reflexum*, *Eurinchium Stochesii*, *Hypnum stellatum-protensum*, *Hypnum chrysophyllum*, *Meesea trigueta*, *Paludella*, *Dichodontium*, *Barbula reflexa*, *Tortula ruralis*, *pulvinata* und *calicicola* m.

Das sparrige Blatt der Akrokarpen gleicht in seinem anatomischen Bau ganz dem krausen Blatt, unten große hyaline gestreckte Zellen, oben engmaschige Lamina, hat aber stets eine breitere Lamina als das krause Blatt und etwas anderen Bau der Blattrippe.

4. Der anatomische Bau des Blattes der xerophilen Moose erweist sich durchweg als eine vollendete Anpassung an die spärliche Wassermenge trockener Standorte.

- a) Die wichtigste Anpassung ist das Auftreten von Papillen, welche die Blattoberfläche wie ein Überzug bedecken. Es sind zahllose kleine Wärzchen auf der äußeren Zellhaut und aus einer lokalen Verdickung derselben entstanden. Die Papillen sind oft so zahlreich, daß sie die Umrisse der einzelnen Zellen verdecken und kaum noch erkennen lassen, wie namentlich bei *Encalypta*. Die Papillen sind bei den xerophilen Moosen allgemein verbreitet und fehlen kaum einer Art aus den großen Familien der Pottiaceen, Leskeaceen mit ihren zahlreichen Gattungen und Arten, ferner nicht bei den Weissiaceen, Orthotrichaceen, Encalyptaceen und anderen. Dagegen treten die Papillen bei den Grimmiaceen, obwohl xerophil, fast ganz zurück, da sie hier durch andere Einrichtungen ersetzt werden (Blatthaar, verdickte Zellwände, doppelschichtige Lamina usw.).

Die Papillen bringen für die damit besetzten Blätter den Vorteil, daß sie zwar das Licht durchlassen und die Feuchtigkeit haltende rauhe Blattoberfläche vergrößern, aber gleichzeitig dieselbe derber, fester und widerstandsfähiger gegen Austrocknung machen. In der Regel sind sie mit einer geringen Zellengröße verbunden.

Den Papillen nahe stehen die Mamillen, welche aber nicht aus Zellverdickungen bestehen, sondern hohle Auftreibungen der äußeren Zellwand darstellen. Die damit behafteten Moose: *Rhabdoweisiaceen*, *Dichodontium*, *Philonotis*, *Cratoneuron*, am schönsten bei *Cynodontium gracilescens*, gehören schon nicht mehr zu den Xerophyten; sie sind in der feuchteren Luft der Gebirge und an Bachrändern heimisch und eher den samtartigen Blättern der höheren

Pflanzen (Begonien und Gloxinien) zu vergleichen, die sich gleichfalls nur in dunstgesättigter Luft ausbilden.

- b) **Wasserspeicherzellen.** Am Grunde vieler papillöser Blätter findet sich eine hyaline Zellgruppe, die neben ihrer Bedeutung für die Streckung und Schwellung des Blattes auch für die Wasserhaltung von Wichtigkeit sind. Bei *Encalypta* und *Tortula* liegt sie im Mittelfeld der unteren Blattlamina, bei *Trichostomum*, einigen *Weissiaceen* und *Rhabdoweissien* füllt sie den ganzen unteren Blattgrund aus, und bei *Tortella*, *Ulota* verschmälert sie sich nach oben als hyaliner Randsaum. In allen Fällen ist dies zartwandige, inhaltsleere Gewebe von hexagonalen und rektangularen, großen Zellen scharf nach oben gegen die chlorophyllführenden kleineren, assimilatorischen Zellen abgegrenzt. Dr. W. L o r c h hat in seinem „Beitrag zur Anatomie und Biologie der Laubmoose“, Flora 1901, die Bedeutung der unteren großen leeren Zellen als Wasserspeicherungssystem erkannt und für *Encalypta* und *Tortula* an instruktiven mikroskopischen Abbildungen nachgewiesen. Er zeigte, daß das hyaline Gewebe seitliche Durchbohrungen erleidet, daß die trennenden Zellwände zum Teil resorbiert werden, und daß die Perforationen häufig über mehrere seitlich aneinander grenzende Zellreihen sich erstrecken. Dabei werden die verbleibenden Zellwände spröder und härter und übernehmen die Funktion von Trägern und Stützen gegen das Zusammenfallen der Gewebe. Die Perforationen verlaufen deshalb stets schräg über die Blattfläche und stets nur in einem Zellzuge, niemals in zwei aneinander grenzenden Zügen.
- c) **Verdickung des Zellnetzes**, d. h. der inneren Zellwandungen, und damit eine größere Widerstandsfähigkeit ist bei vielen xerophilen Moosen zu beobachten, sehr deutlich bei *Andreaea*, *Didymodon*, *Racomitrium*, *Orthotrichum*, vielen *Grimmien*, *Dicranum spurium* und anderen. Die Wandverdickung lagert sich meist buchtig an und läßt oft nur ein kleines sternförmiges Lumen frei. Bei älteren Pflanzen ist das innere Zell-Lumen häufig fast ganz mit verdickter Zellwandung ausgefüllt.

Außerdem neigen fast alle Xerophyten zur Bildung kleiner derber Zellen, bei denen das Zell-Lumen relativ zurücktritt, während bei den hygrophilen Moosen das weitmaschige lockere Zellnetz vorherrscht. Treten innerhalb derselben Gattung weitmaschige und engzellige Arten auf,

so sind letztere immer die xerophileren, z. B. *Mnium hornum* und *orthorynchum* im Gegensatz zu *Mn. affine*.

- d) Verdoppelung der Lamina befördert die Standhaftigkeit des Blattes und ist ein Schutzmittel gegen Einschrumpfen, doch tritt sie im ganzen nur selten auf; in der Gattung *Grimmia* ist sie aber so häufig, daß sie fast zur Regel wird. Bei einigen *Grimmia*-Arten (*Grimmia montana*, *caespiticia*), bei *Schistidium* und *Coscinodon* ist nur die Blattspitze zweischichtig, und es ziehen sich doppelschichtige Laminastreifen in der Längsrichtung durch das Blatt herab.
- e) Die Verstärkung des Blattrandes durch doppelschichtigen Rand der Lamina, durch eingerollten Blattrand und schmalen langzelligen Randsaum ist eine ungemein häufige Vorrichtung, die Standhaftigkeit des Blattes zu erhöhen und die Verdunstung am Blattrand herabzusetzen. Abgesehen von der eben erwähnten doppelschichtigen Randzellreihe des Blattes, die auch noch bei *Cynodontium*, *Didymodon rigidulus*, *Bartramia* vorkommt, findet man ganz allgemein in den großen Familien der Weissiaceen, Pottiaceen, Grimmiaceen, Orthotrichaceen und auch bei vielen Bryaceen ein Umrollen und Einbiegen des Blattrandes, oft so stark, daß derselbe röhrenförmig wird, und dann ausgezeichnete Dienste für die Wasserhaltung und Festigkeit des Blattes leistet. Die Ursache der Umrollung ist in einer ungleichen Verdickung und Gewebespannung der Randzellreihen zu suchen.

Bei vielen Bryaceen, Mniaceen, Fissidentaceen, *Tortula subalata* usw. schützt sich die zarte Lamina durch Anlage eines Randsaumes von langen schmalen leeren Zellen. Diese bilden mit der Blattrippe das mechanische Zellsystem, um dem Blatt Festigkeit und Halt zu verleihen und zugleich gegen rasches Eintrocknen zu schützen. Neuerdings hat L o e s k e in seinen Studien, Seite 134, den Standpunkt vertreten und richtig begründet, daß der Randsaum der Moose kein festiger Schutz gegen das Einreißen des Blattes, sondern eine wesentlich xerophytische Einrichtung ist.

- f) Die Längslamellen auf der Oberseite des Blattes von *Pogonatum* und *Polytrichum*, von *Pterygoneurum* und das Polster von verzweigten Zellfäden auf dem Blatt von *Alcina* dienen dazu, die assimilatorische Kraft der Blätter, nicht aber deren Umfang zu vergrößern und damit die Verdunstung des Blattes herabzusetzen. Dazu kommt als weiterer

Trockenschutz, daß mit beginnender Eintrocknung die Lamina beiderseits der Rippe sich einbiegt und einen fast geschlossenen Hohlraum bildet, welcher die innere hohle Lamina gegen die Luft abschließt.

- g) Hautartige Schutzdecken an den Blatträndern. Bei den lichtbedürftigen Polytrichen (*P. piliferum*, *strictum*, *juniperinum*) ist die grüne Blattspreite nebst Lamellen durch übergelegte häutige breite Blattränder mit einer vollkommenen Schutzdecke versehen, so daß nur eine schmale Spalte für den Gasaustausch freibleibt. Die hautartigen weißlichen Blattränder sind übrigens nicht nur bei trockenem, sondern auch bei nassem Wetter über die Lamina übergebogen, wie Dr. Quelle in Berichtigung der A. Kernerschen Darstellung in dessen Pflanzenleben gezeigt hat (Mitteil. d. Thüring. Bot. Vereins 1904). Es ergibt die weitere Beobachtung in der Natur, daß gerade diese Polytricha, Sectio Porothea, Bewohner trockner Standorte sind, und die offene Freilage auf Heiden, Triften usw. bevorzugen, während die sonstigen Polytricha *S. Aporothea* Schattenpflanzen sind, sich gern in den Schutz des Waldes zurückziehen, und daher der schützenden häutigen Blattränder entbehren.
- h) Die Dorsalflügel am Grunde der Blätter von Fissidens gestalten den unteren, dicht an den Stengel sich anpressenden Blatteil der Fissidentaceen zu „regelrechten Wassersäcken“ um, wie Loeske auf Seite 92 und 93 seiner Studien eingehend nachgewiesen hat. Es entstehen dadurch Höhlungen für die Wasserhaltung, welche im Verein mit der Verflachung, Zweizeiligkeit und dichten Pressung der Fissidens-Zweige ihren Rasen die Eigenschaft eines Schwammes verleiht, welcher die Feuchtigkeit in hervorragendem Grade aufzusaugen und zu halten vermag.
- i) Die zu einem Blattbecher ausgeformte Stengelspitze der Encalyptaceae ist gleichfalls eine Einrichtung, die der besseren Wasserhaltung zugute kommt. Bei feuchtem Wetter öffnet sich der Blattbecher, fängt Tau und Regentropfen auf, mit beginnender Eintrocknung schließt er sich und schützt die unteren im dichten Stengelfilz lagernden Blätter vor weiterer Austrocknung. Diese biologische Bedeutung der Blattbecher hat Dr. W. Lorch zuerst erkannt und in der „Flora“ 1901 darauf hingewiesen.

In den Gattungen *Georgia* und *Aulacomnium* finden sich zwar auch Blattbecher auf der Stengelspitze, diese

dienen aber mehr der vegetativen Vermehrung durch Entwicklung von Brutknöllchen.

- k) Schließlich ist auch noch des welligen Blattes als Schutz gegen Trockenis zu gedenken, auf welche schon Altman hinwies (Über die Wasserbewegung der Moospflanze, 1884). Die Wellenform vergrößert zwar die Blattoberfläche, schafft aber eine Menge kleiner Hohlräume, die dadurch zustande kommen, daß sich die gewellten Blätter zweizeilig und dicht aufeinanderlegen und befähigt werden, das Wasser in zahllosen kapillaren Zwischenräumen zu leiten und zu halten. Sehr schön ist dies zu sehen an den welligen Neckerraceen: *N. crispa*, *pennata*, *pumila*, *turgida* und auch bei *Plagiothecium undulatum*, *Hypnum rugosum*, *Dicranum undulatum* und *Dicranum spurium*; letztere beiden finden weiteren Trockenschutz in ihrem dichten Stengelfilz und helmförmig gebogenen dichten Blattschopf.
- l) Das faltige Blatt scheint gleichfalls die Funktion des Trockenschutzes zu haben. Es findet sich wenigstens fast nur bei xerophytischen Laubmoosen, z. B. bei *Leucodon*, *Homalothecium sericeum*, *Camptothecium lutescens*, *Hylacomium brevirostre*, *triquetrum*, *loreum*, *Brachythecium laetum*, *glareosum*, *salebrosum*, *Geheebii*, *Eurynchium strigosum* und *striatum*, ferner bei solchen Hygrophyten, die periodische Austrocknung zeitweise oder stellenweise vertragen können, z. B. *Hypnum uncinatum*, *Hypnum commutatum*, *Hypnum molluscum* var. *subplumifer*, *Amblystegium filicinum* var. *elatum*, *Climacium* und anderen.

Bemerkenswert ist dabei, daß diesen faltenblättrigen Xerophyten andere Schutzrichtungen fehlen, und daß ihr Blattzellnetz ebenso wie bei den welligen Blättern eine besonders feste, zähe, hautartige, chlorophyllarme Beschaffenheit hat.

5. Paraphyllien und Stengelfilz. Beide sind nach der ganzen Art ihres Vorkommens als Apparate zur Wasserversorgung des Moosrasens aufzufassen, denn sie finden sich hauptsächlich bei xerophytischen Moosen. Der Stengelfilz ist besonders schön entwickelt in den Gattungen *Bartramia*, *Encalypta*, *Distichium*, *Campylopus*, *Dicranum undulatum*, *Bryum*, *Polytrichum*, *Barbula*. Er setzt sich aus einem dichten Geflecht von Rhizoiden zusammen und verwebt die Moosrasen im Verein mit einem dichten Wuchs zu einem festen Ganzen, zu einem wassersaugenden Schwamm, der die Feuchtigkeit nicht nur kapillar zuleitet, sondern auch festhält.

Die Nebenblätter oder Paraphyllien finden sich weniger bei den eigentlichen Xerophyten, als bei solchen Hygrophyten, die periodischer Austrocknung ausgesetzt sind, oder doch solche vertragen, speziell bei allen Thuidien und in der Sektion Cratonearon mit *Hypnum commulatum*, *decipiens* und *Hypnum filicinum*. Die Nebenblätter bilden gleichsam eine kapillare Steigleiter für das Bodenwasser und haben offenbar die Funktion, das Grundwasser aufwärts in die höheren trockneren Stengelpartien zu leiten. Nach Prof. G o e b e l sind sie als stengelbürtige Protonema-Äste zu betrachten, die sich zu Zellflächen und zu Zellfäden entwickelt haben.

6. Z e n t r a l s t r a n g. Bemerkenswert ist, daß bei diesen mit Paraphyllien behafteten Laubmoosen der Zentralstrang des Stengels verkümmert ist oder ganz fehlt. Es ist dies erklärlich, da der Zentralstrang nach G. H a b e r l a n d t die Aufgabe der Wasserleitung im Stengel zu erfüllen hat, diese Funktion aber von den Paraphyllien übernommen wird.

Der Zentralstrang ist am stärksten ausgebildet bei allen zart gebauten Moosgattungen, welche direkt auf den Bezug der Bodenfeuchtigkeit angewiesen sind und für die Wasserleitung keinen anderen Ersatz haben, wie z. B. die Mniaceen. Aber auch bei den xerophytisch gebauten Moosen ist er zu finden, wie schon L o e s k e auf Seite 161 seiner Studien richtig bemerkt; nur wird hier der Zentralstrang kleiner und engzelliger. Er ist sogar bei den meisten entschieden xerophytisch gebauten Gattungen und Arten vorhanden, wie in der großen Familie der Pottiaceen und Grimmiaceen, auch bei solchen Moosen und Felsbewohnern, bei denen es kein Grundwasser zu leiten gibt. Aus dem Fehlen oder Vorhandensein des Zentralstranges läßt sich kein Schluß auf die xerophytische Bauart oder Lebensweise eines Mooses machen, da er regellos bei Hydrophyten und Xerophyten auftreten oder fehlen kann. Nur soviel läßt sich darüber sagen, daß der Zentralstrang bei den mesophytischen Akrokarpen und Erdmoosen, die auf feuchter Bodenunterlage wachsen, stets vorhanden ist und hier seine kräftigste Ausbildung erfährt, wie in den Familien der Funariaceen, Bryaceen, Mniaceen, Bartramiaceen, Polytrichaceen.

7. Die L a g e - u n d F o r m v e r ä n d e r u n g d e s M o o s b l a t t e s. Dieselbe ist eines der wichtigsten Mittel für Gewährung von Trockenschutz. Bei fast allen xerophytischen Moosen läßt sich beobachten, daß sie in trockenem Zustand die Blättchen an den Stengel anlegen oder einkrümmen, einrollen oder kräuseln, aber rasch wieder ausbreiten, wenn sie benetzt werden. Dieser Vorgang des scheinbaren Verwelkens und Wiederauflebens kann sich in

beliebiger Weise wiederholen, ohne daß die Lebensfähigkeit des Moores dadurch vernichtet würde, und wiederholt sich regelmäßig auch bei alten Herbarpflanzen. Er tritt nach der Benetzung oft mit überraschender Plötzlichkeit ein und verändert häufig auch die Tracht eines Moores so vollständig, daß man glaubt, je nach dem trocknen oder nassen Zustand, verschiedene Arten vor sich zu haben, z. B. bei *Leucodon*, *Barbula fallax*, *Tortula ruralis*, *Tortella tortuosa*, bei den Weissien und Cynodontien.

Die Ursache dieser großen Biegeunfähigkeit vom Moosblatt kann nur in einer ungleichen und wechselnden Gewebespannung erblickt werden. Man kann dabei zweierlei Typen unterscheiden:

Typus I. Das Moosblatt legt sich nur einfach an den Stengel an, wenn es austrocknet, und breitet sich aus, wenn es feucht wird.

Typus II. Das Moosblatt macht dieselben Bewegungen, vollzieht aber außerdem noch eine rückläufige Bewegung nach hinten in feuchtem Zustand und wird dann sparrig, oder es vollzieht im trocknen Zustand noch eine Krümmung nach einwärts und das Moosblatt wird in diesem Fall stark eingebogen bis schneckenförmig eingerollt oder auch kraus.

Beim ersten Typus liegt die Ursache der Blattbewegung in besonderen Streckzellen am Grunde des Blattes, die vielgestaltig auftreten können, teils prosenchymatisch, oft am Stengel herablaufend und in doppelter Schicht, teils in Querreihen von kleinen quadratischen Zellen, gleichfalls oft doppelt, oder es treten noch besondere Blattflügelzellen auf, oder auch subkostale Zellreihen unter der Blattrippe an ihrem Stengelansatz. Die Funktionen dieser Beuge- und Streckzellen entziehen sich im einzelnen noch der Beurteilung und mag ihre genauere Untersuchung einer späteren Zeit vorbehalten bleiben. Als sicher aber ist anzunehmen, daß ungleiche Aufquellung und Einschrumpfung dieser Zellen die Blattbewegungen hervorbringen.

Bezüglich der Blattflügelzellen ist hervorzuheben, daß ihre Bedeutung nicht immer in dieser Richtung liegt, wenigstens dann nicht, wenn sie groß, hyalin und blasig sind und in mehreren Stockwerken auftreten. Sie befördern wohl auch dann die leichtere Bewegunfähigkeit des Moosblattes, dem sie als Gelenke dienen, haben aber ihre Hauptaufgabe als Wasserspeicherzellen, denn sie finden sich in schärfster Ausbildung gerade an Moosen mit steifen, fast unbeweglichen Blättern wie in den Gattungen *Dicranum*, *Campylopus*, *Calligon* und bei den Harpydien. Dagegen ist an-

zunehmen, daß der hyaline Blattgrund mit ebensolchem Randsaum, wie er an den Blättern von *Ulot*, *Tortella*, *Trichostomum nitidum*, *flavovirens* und *Bambergeri* auftritt, neben seiner Funktion als Wasserspeicher von großer Bedeutung für die Biegung und ebenso für die Streckung und Versteifung des Blattgrundes dieser Moose sein muß, desgleichen das von langen Streckzellen umfaßte hyaline Mittelfeld im Blattgrund von *Tortula*.

Bisher sind nur die Beugungserscheinungen im Blatt von *Polytrichum* Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen und gebührt Herrn Dr. W. Lorch das Verdienst, hier Aufklärung geschaffen zu haben, zunächst in seiner Monographie über die *Polytrichaceen* (1908) und ausführlicher in einer Abhandlung über „Den feineren Bau und die Wirkungsweise des Schwellgewebes der *Polytrichaceen*“ (Flora 1910). Lorch hebt darin hervor, daß schon Fritsch 1883 bei *Polytrichum juniperinum* die Ursache für dessen Blattbewegung in der Feucht- und Trockenstellung im verschiedenen Quellungs- und Schrumpfungsvermögen der beiden Scleremchymplatten erblickt hat, daß aber der wahre Grund für die gelenkartige Blattbewegung erst von dem jungen Bryologen Friedrich Stoltz zu Innsbruck, der leider so früh und noch während seiner Studienjahre in den Tiroler Alpen abstürzte und verunglückte, gefunden ist. Stoltz wies die Existenz eines Schwellgewebes an der Übergangsstelle von Scheide zu Spreite als Ursache der Blattbewegung von *Polytrichum* nach. Dr. Lorch hat dies durch vielerlei Versuche weiter begründet und nachgewiesen, daß das aus mehreren Zellschichten bestehende Schwellgewebe an seiner Ober- und Unterseite erheblich voneinander abweicht und vermutlich also auch verschiedene Kontraktionen ausübt, spricht seinerseits aber schließlich doch die Vermutung aus, daß auch im angrenzenden Rippenteil eine rein mechanische Überbiegung anzunehmen sei, ohne indes weiter auf den inneren Bau und die Funktionen der Blattrippe einzugehen.

Auch der sonst so findige und geschulte Biologe L. Loeske macht in seinen Spekulationen hiervor noch Halt. In seinen Studien, Abschnitt XXVI auf Seite 160 bis 164 bezeichnet er allgemein die Rippe als ein „mechanisches und wasserhaltendes Organ“, deren stärkere Ausbildung wesentlich zur Herabsetzung der Verdunstung dient. Er hält die derbere und dickere Rippe für eine Art Wasserspeicher, die viel Wasser aufnehmen und festhalten und daher empfindliche Moose vor Austrocknung länger schützen kann. Er erkennt richtig, daß die mächtigen Rippenstereome von *Tortula montana* und *ruralis* weit „über die Inanspruchnahme von Festigungs-

einrichtungen hinausgehen, in dieser Hinsicht nur zum kleinsten Teil beansprucht werden und in erster Linie als Trockenschutz funktionieren“. Diese Auffassung ist an sich richtig, nur muß sie dahin abgeändert werden, daß dieser Trockenschutz nicht sowohl direkt durch die Rippe als Wasserspeicher erfolgt, als indirekt durch ihren Einfluß auf die Bewegungen und Form des Moosblattes, welchem sie die schützende Lage in der Trockenstellung geben hilft.

Tatsächlich ist die Rippe der mechanische Teil, welcher die Bewegungen des Moosblattes dirigiert, dasselbe streckt und flach ausbreitet, wenn es feucht ist und assimiliert, aber auch einkrümmt, von der Blattspitze her einrollt und an den Stengel anlegt, wenn es eintrocknet und seine Lebensfunktionen stillstehen. Dieser eingeschrumpfte und krause Trockenzustand vermindert das Volumen der Moospflanze, schafft eine Menge kleiner Hohlräume, verzögert das völlige Eintrocknen und schützt die zarten brüchigen Blätter vor Beschädigungen, gibt mithin einen ausgezeichneten Trockenschutz gegen Dürreperioden.

Die Bewegungen des Moosblattes funktionieren genau nach dem jeweiligen Feuchtigkeitszustand, und die regelmäßige, immer gleichartige Wiederholung der Formveränderung weist schon auf einen komplizierten, aber doch gesetzmäßigen und einheitlichen inneren Bau des krausen Moosblattes hin. Daß diese Bewegungsvorgänge tatsächlich aus dem anatomischen Blattbau folgen, wird die nachfolgende Untersuchung über die mechanischen Einrichtungen und Wirkungen der sparrigen und krausen Moosblätter ergeben.

### Die Mechanik der Blatteinbiegung und Blattkräuselung.

Dieselbe ist bisher noch unerklärt, untersucht man aber die Struktur der krausblättrigen Moose, so findet man bei allen einen einheitlichen Grundbau des Blattes, und zwar sowohl der Lamina selbst als auch der Blattrippe.

1. Die *Lamina*. Sie zeigt bei den krausen Blättern in der oberen Blatthälfte stets ein enges Zellnetz aus kleinen, rundlich quadratischen Zellen, das stets einschichtig, mit Chlorophyll gefüllt und fast immer auch papillös ist; der Blattgrund dagegen ist aus länglich rektangulären, fast inhaltsleeren Zellen gewebt, die neben ihrer Funktion als Wasserbehälter den Blattgrund versteifen und angefeuchtet die rasche Streckung und Ausbreitung des Blattes befördern. Die wechselweise Blattstreckung und Kräuselung vollzieht sich am vollkommensten, wenn die kleinen quadratischen Zellen der Lamina beiderseits und längs der Rippe tief bis zum Blattgrund herabgehen, die gestreckten leeren Zellen des Blattgrundes aber als

hyaliner Randsaum nach oben verlaufen wie bei *Tortella*, *Trichostomum nitidum*, *viridiflavum*, *Bambergeri* und in ganz ähnlicher Weise auch bei *Ulota*. Ist der Blattgrund in ganzer Breite hyalin oder langzellig, so ist die Versteifung weniger stark und das Moosblatt rollt sich trocken nur soweit ein, als die kleinzellige Lamina lang ist.

2. Die Blattrippe. Dieselbe ist mit ihrem mechanischen Zellsystem der eigentliche und Hauptträger der Blattkräuselung. Sie besteht hauptsächlich aus langgestreckten prosenchymatischen Zellen, welche die Wasserleitung vermitteln und dem Blatt die nötige Zug- und Biegefestigkeit verleihen. Es lassen sich nun zwei verschiedene Typen der Blattrippe unterscheiden.

**Typus I.** Die Rippe ist homogen und besteht aus schmalen, langen, leeren Zellen, die aber starke Wandverdickungen aufweisen. Diese sind meist ungleich und mit longitudinal oder mit linksschief verlaufenden Tüpfeln versehen, wie in der Gattung *Ulota*.

**Typus II.** Darin setzt sich die Rippe aus ungleichartigen Zellen zusammen. Es treten große, weitlumige, leere Parenchymzellen, die sogenannten Deuter, auf, welche in einzelliger Schicht die Blattrippe von unten nach oben und von rechts nach links durchziehen und den prosenchymatischen Zellenstrang der Rippe, die Stereiden, in zwei Teile zerlegen, in ein stärkeres Rückenband und in ein schwächeres Band an der oberen oder Bauchseite. Als Isolierschicht zwischen den beiden Stereidenbändern ermöglichen die Deuter deren verschiedene Ausdehnung, Einbiegung und Streckung und geben damit dem Moosblatt Lage und Form, je nachdem es trocken und gekrümmt, oder feucht und gequollen ist. Die „Deuter“, d. h. die Zwischenschicht von großen leeren Parenchymzellen, sind beiderseits der Rippe von langen Zellsträngen eingefasst, besonders an der Rückenseite und hier außerdem noch mit einem oder mehreren Zügen außergewöhnlich enger, dünnwandiger Zellbündel versehen, welche von P. G. Lorentz als „Begleiter“-Gruppen bezeichnet wurden. Diese Begleiterstränge legen sich dicht an die Deutern an, im Stereom des breiten, dicken, halbmondförmigen Rückenbandes der Blattrippe eingebettet.

Dieser zweite Typus ist für die Kräuselung des Moosblattes weit verbreitet und noch wirkungsvoller als Typus I, und findet sich unter anderen bei fast allen Arten von *Trichostomum* und *Tortella*, *Cynodontium*, *Oncophorus*, *Weissia viridula*, *Hymenostomum micro-*

*stomum*, *Didymodon rubellus*, *spadiceus*, *giganteus*, *Dicranum fuscens*, *montanum*, *Crassidicranum strictum*, *fulvum*, *Dicranum spurium*.

Im angegebenen anatomischen Bau des krausen Moosblattes, der im einzelnen sehr abändert, in seinen Grundzügen aber bei allen krausen Moosen wiederkehrt, liegt zugleich die Erklärung für den mechanischen Vorgang der Kräuselung. Im einzelnen ist der Vorgang zu begründen, wie folgt:

Die Blattrippe ist hygroskopisch wie die ganze Moospflanze und biegt sich ähnlich wie die Seta verschiedener Grimmien, die Seta von *Funaria* wie die Granne mancher Gräser, von *Geranium* usw. Bei feuchtem Wetter saugen sich nun deren Gewebe voll Feuchtigkeit und schwellen an. In diesem Stadium der Turgeszenz streckt sich die Rippe und bringt das Blatt zum Aufrollen und zur Streckung; trocknet das Blatt wieder aus, so verliert die Rippe ihre Spannung und krümmt sich nach innen ein. Die Krümmung muß einwärts erfolgen, weil das große konvexe Stereidenband am Rücken der Blattrippe viel mächtiger und dicker entwickelt ist als das schwache und dünne Stereidenband der Bauchseite. Dieses letztere schrumpft mit der Austrocknung stärker zusammen und vermag dem Gegendruck des stärkeren, elastischen Stereidenbandes der Rückenseite nicht mehr das Gleichgewicht zu halten. Da die flache Innenseite der Rippe meist noch mit kleinen quadratischen Zellen überzogen ist und diese wie die kleinen rundlich-quadratischen Zellen der Lamina gleichfalls rasch einschrumpfen, so muß diese Volumenverringerung die Bauchseite der Blattrippe verkürzen, nach innen einbiegen und das stärkere, widerstandsfähige Stereidenband des Blattrückens, welches eine stärkere Spannung beibehält, nach sich ziehen.

Die „Denter“, d. h. die Schicht großer Parenchymzellen, welche die Rippe in Rücken- und Bauchseite trennt, erfüllen vermutlich den Zweck, die Reibung zwischen den sich biegenden Stereidenbändern zu vermindern, gewissermaßen als Gelenke zu dienen und der Rippe eine größere Biegbeweglichkeit zu geben.

Der ganze Zellapparat der Blattrippe ist ebenso kompliziert wie zweckmäßig und wirkt wie eine gespannte Feder, deren Spannungsgrad durch die Feuchtigkeit und Turgeszenz bedingt wird. Daß auch die rundlich-quadratischen Blattzellen der Lamina für die Kräuselung notwendig sind, ist einmal daraus ersichtlich, daß diese kleinen Zellen bei allen krausen Moosen vorhanden sind, und daß die Kräuselung des Blattes sofort fehlt, wenn alle Laminazellen lang gestreckt sind, wie z. B. bei *Dicranum scoparium* und *Dicranum*

*undulatum*, obwohl diese den typischen Bau der Rippe, Stereidenbänder und Deuterzellen, aufweisen.

Ebenso ist eine bikonvexe Blattrippe der Einkrümmung hinderlich, da sich in ihr beide Stereidenstränge das Gleichgewicht im Gegen- druck halten, wie bei den Mniaceen, und werden dann die Stereidenbänder auch undeutlicher. Die krausen Blätter haben stets eine plankonvexe, auf dem Blattrücken als Leiste vortretende Rippe und ungleiche Stereidenbänder, und zwar ist das bauchseitige Band immer schwächer.

Sind die Blätter mit einem Randsaum versehen, der bis zur Blattspitze verläuft und aus langen mechanischen Zellen besteht, oder auch durch einen umgerollten Blattrand gebildet wird, und sind zugleich die Blätter sehr breit, so hemmt auch dies die Blattkräuselung im Trockenzustand; die Moosblätter nehmen in diesem Fall nur eine verbogene und gedrehte Lage an, wie bei vielen *Barbula*- und *Tortula*-Arten.

Wer die Richtigkeit der vorstehenden Ausführungen über die Mechanik der Blattkräuselung prüfen will, wird sie im anatomischen Bau der xerophilen Laubmoose durchweg bestätigt finden; zur Veranschaulichung werden ihm schon die von *Limpricht* in der *Rabenhorst'schen* Kryptogamenflora gegebenen Abbildungen von Blattquerschnitten und vom inneren Bau der Blattrippe genügen, welche in allen Fällen, obwohl *Limpricht* an derartige Wechselbeziehungen noch nicht dachte, die merkwürdige Übereinstimmung von innerer Struktur und biologischem Verhalten der Laubmoose bestätigen.

Veckerhagen a. Weser, im Juni 1911.

(Kreis Hofgeismar.)

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Hedwigia](#)

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: [52 1912](#)

Autor(en)/Author(s): Grebe Kurt

Artikel/Article: [Beobachtungen über die Schutzvorrichtungen xerophiler Laubmoose gegen Trockenis. 1-20](#)