© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

Bauhinia *7/1* (1980) 13–26

Eurhynchium striatum und *E. angustirete* (= *E. Zetterstedtii*): ihre Unterscheidung und ihre Verbreitung in der Umgebung von Basel

H. Huber, Riehen bei Basel

Manuskript eingegangen am 20. März 1980

Im Jahre 1942 hat STÖRMER die Laubmoosart *Eurhynchium striatum* (Hedw.) Schimp. in zwei Kleinarten aufgeteilt, nämlich *E. striatum* sens. strict. und *E. Zetterstedtii* Störmer. Nach KOPONEN (1967) ist *E. Zetterstedtii* identisch mit dem von BROTHERUS bereits im Jahre 1929 aus Formosa beschriebenen *Brachythecium angustirete,* so dass die Änderung des Namens in *Eurhynchium angustirete* (Broth.) Koponen fällig wurde.

Die Verbreitung von *E. striatum* in Europa ist eher ozeanisch, im Gegensatz zu *E. angustirete,* das eine eher kontinentale Verbreitung besitzt (STÖRMER 1942 und 1969, KOPONEN 1964 und 1967).

In der Schweiz sind die beiden Sippen meist nicht unterschieden worden. STÖRMER (1942) gibt an, dass er Herbarmaterial von beiden Sippen aus der Schweiz gesehen hat. BIZOT (1960) und BIZOT, GAUME und LACHMANN (1961) melden das Vorkommen von *E. angustirete* im französischen Jura, nur wenige Kilometer von der Schweizergrenze entfernt. Sie bezeichnen das Moos als Gebirgsform mit kontinentaler Verbreitung im Gegensatz zu *E. striatum,* das die Ebene und den Westen Europas bewohne.

Diese Beobachtungen regten dazu an, die Verbreitung der beiden Sippen auch in der Umgebung von Basel zu studieren. Dabei zeigte sich bald, dass zwar beide Formen vorhanden sind, dass aber ihre Unterscheidung nicht immer ganz einfach ist. Es wurde daher die vorliegende Untersuchung unternommen, um die folgenden Fragen abzuklären:

1. Lassen sich tatsächlich zwei gut voneinander abgegrenzte Sippen unterscheiden?
2. Welche Merkmale sind am besten geeignet, um die beiden Formen sicher zu erkennen?
3. Wie sind die beiden Sippen im Gebiet von Basel verbreitet?

Material und Methoden

Das Material, auf welchem die vorliegende Untersuchung beruht, wurde eigens für diese Arbeit in der Natur gesammelt. Da nämlich *Eurhynchium striatum* sens. lat.

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

in der Schweiz zu den häufigsten Waldmoosen gehört, ist zu erwarten, dass Herbarmaterial ein verzerrtes Bild über Verbreitung und Häufigkeit der verschiedenen Formen liefern würde, weil nämlich derart häufige Arten auch nicht annähernd in allen Fällen gesammelt werden können, in welchen sie angetroffen werden. Es muss daher in den meisten Fällen ein besonderer Anlass dazu vorhanden sein, eine Probe zu sammeln, sei es, dass reichlich Sporogone vorhanden sind, oder dass der Habitus oder der Standort des Mooses irgendwie auffällig ist.

Das Einsammeln einer repräsentativen Stichprobe ist nicht unproblematisch. Die orthodoxe Theorie der Stichprobenerhebungen verlangt, dass die Proben durch einen Zufallsmechanismus ausgelesen werden. Man könnte also z.B. mit Hilfe von Zufallszahlen die Koordinaten derjenigen Stellen bestimmen, an welchen gesammelt werden soll. Dieses Vorgehen hätte den Nachteil, dass man eine sehr grosse Zahl von Stellen aufsuchen müsste, weil die Trefferwahrscheinlichkeit doch recht gering wäre, da die betreffenden Moose trotz ihrer Häufigkeit nur dort vorkommen, wo geeignete Standortsbedingungen herrschen.

Es wurde nun so vorgegangen, dass grundsätzlich immer dann eine Probe gesammelt wurde, wenn auf einer Exkursion *E. striatum* im weiteren Sinne angetroffen wurde. Aus rein persönlichen Gründen ergab es sich so, dass auf diese Weise nicht das ganze Untersuchungsgebiet gleich intensiv durchsucht wurde. Auf der Karte (Fig. 6) sind daher unschwer zwei Schwerpunkte zu erkennen, und zwar einerseits die unmittelbare Umgebung der Stadt Basel, und andererseits der östliche Ausläufer der Weissensteinkette nordöstlich von Solothurn. Die grössere Dichte der Punkte in diesen beiden Gebieten darf nicht so interpretiert werden, dass *E. striatum* im weiteren Sinn in diesen beiden Teilgebieten wesentlich häufiger sei als im übrigen Gebiet.

Zur Beantwortung der beiden Fragen, welche sich mit der Unterscheidung der beiden Sippen befassen, war es weder notwendig noch wünschenswert, sich ausschliesslich auf Material aus der näheren Umgebung von Basel zu stützen. Diese Fragen wurden daher anhand einer Stichprobe von 86 Proben untersucht, von denen nur 54 aus dem auf Fig. 6 dargestellten Gebiet stammen. Die Herkunft dieser Proben ist auf Tabelle 1 zusammengestellt.

Diese 86 Proben dienten als Grundlage für die statistische Beurteilung der beiden ersten in der Einleitung aufgeworfenen Fragen. Nach Abschluß dieser statistischen Berechnungen sind im Gebiet der Verbreitungskarte weitere 35 Proben gesammelt worden, und zwar 21 Proben von *E. striatum* und 14 Proben von *E. angustirete,* so dass nun auch aus diesem Gebiet im ganzen 89 Proben vorliegen.

Von jeder Probe wurden 4 Stammblätter sorgfältig mit einem aus einer Nähnadel geschliffenen Messerchen von einem Stämmchen abgetrennt und in einem Tropfen Wasser zwischen Objektträger und Deckglas bei schwacher Vergrösserung mit Hilfe eines Abbe'schen Zeichenapparates gezeichnet. Die 4 Blättchen wurden alle demselben Stämmchen entnommen, um zu verhindern, dass bei Vorliegen eines Mischrasens nicht zusammengehöriges Material zur Bildung von Mittelwerten verwendet wird.

Zur Messung der Länge der Blattzellen wurde ein Okularmikrometer verwendet, alle anderen Messungen wurden an den Zeichnungen vorgenommen.

Die statistische Beurteilung wurde mit Hilfe von Trennfunktionen (Discriminant Functions) vorgenommen (vgl. z.B. Linder 1960, Kap. 64). Die Voraussetzung für

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

Tabelle 1
Herkunft der Proben, welche zur Untersuchung der Unterscheidbarkeit der beiden Arten von *Eurhynchium* gedient haben (Anzahl Proben).

Herkunft	*E. striatum*	*E. angustirete*
Jura	27	20
Dinkelberg	14	
Schweizer Mittelland	1	7
Alpen		8
Schwarzwald	1	4
Vogesen		1
Bretagne	1	
Rumän. Karpaten		2
Total	44	42

die Anwendung dieser Methode ist allerdings, dass man von jeder der beiden zu trennenden Sippen je eine Stichprobe von sicher bestimmten Exemplaren zur Verfügung hat, was im vorliegenden Fall zunächst nicht zutrifft. Wie man in diesem Fall methodisch vorgehen kann, wird in einer andern Arbeit (HUBER 1979) beschrieben.

Unterscheidungsmerkmale

Nach STÖRMER (1942) bildet die Spitze der Stammblätter von *E. striatum* einen Winkel von 15° bis 45°, und die Blätter sind meist 1,4–1,5mal so lang als breit. Die Blattspitze von *E. angustirete* hingegen bildet einen Winkel, der zwischen 45° und 85° liegt, und die Länge ist meist das 1,2–1,3fache der Breite.

STÖRMER hat mit den Spitzenwinkeln von 242 Stammblättern von ebenso vielen norwegischen Herbarbelegen ein Häufigkeitspolygon konstruiert. Dieses Diagramm zeigt zwei klar getrennte Gipfel, welche bei 45° durch eine Lücke voneinander getrennt sind. STÖRMER schreibt denn auch, dass er bei keiner einzigen Probe im Zweifel gewesen sei, welcher Art sie zuzuordnen sei.

In meinem Material lassen sich zwar die meisten Proben leicht entweder der stumpfblättrigen (Fig. 1a und b) oder der spitzblättrigen Form (Fig. 1d und e) zuordnen. Daneben gibt es aber auch Proben, über deren Zugehörigkeit man im Zweifel sein kann (Fig. 1c). Fig. 2 zeigt ein Streudiagramm der Mittelwerte von Messungen an je 4 Blättern vom gleichen Stämmchen. Auf der Ordinate ist der Spitzenwinkel, und auf der Abszisse das Verhältnis Breite zu Länge aufgetragen. Obschon in dieser Darstellung beide Merkmale verwendet worden sind, und zudem durch die Mittelwertsbildung die Streuung reduziert worden ist, lässt sich keine eindeutige Gliederung in zwei Gruppen erkennen.

Man könnte auf Grund dieses Befundes vermuten, dass im Untersuchungsgebiet keine klare Trennung in zwei Kleinarten erhalten werden kann, weil hier ausser den

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

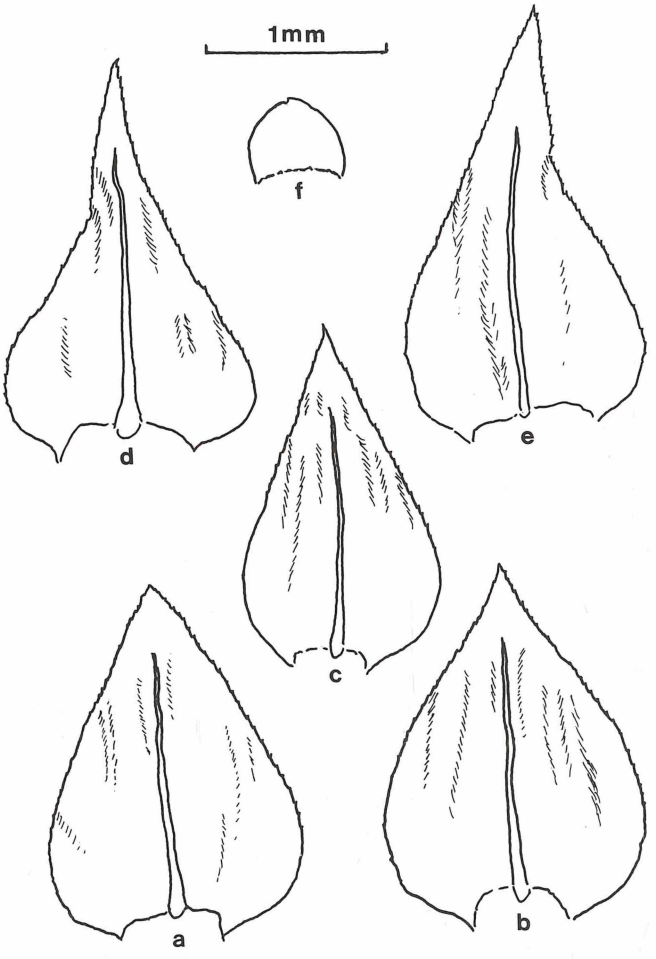

Fig. 1
a, b: Stammblätter von *Eurhynchium angustirete*
c: desgleichen, atypische Form
d, e: Stammblätter von *Eurhynchium striatum*
f: Pseudoparaphyllium.

beiden Hauptformen noch Zwischenformen existieren, welche die Lücke zwischen den beiden Extremen ausfüllen. Andererseits ist auch denkbar, dass die beiden Sippen infolge von vielseitigeren Standortsbedingungen eine grössere Variabilität entfalten, so dass die beiden von STÖRMER beschriebenen Merkmale zur Unterscheidung nicht mehr ausreichen. Es wurde daher nach weiteren Merkmalen gesucht mit der Hoffnung, damit eine bessere Trennung der beiden Sippen erreichen zu können.

BIZOT, GAUME und LACHMANN (1961) schreiben, dass bei *E. striatum* die untersten Blätter an der Basis der Ästchen der normalen Blattform von *E. angustirete* gleichen, während die entsprechenden Blätter der Astbasis von *E. angustirete* an der

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

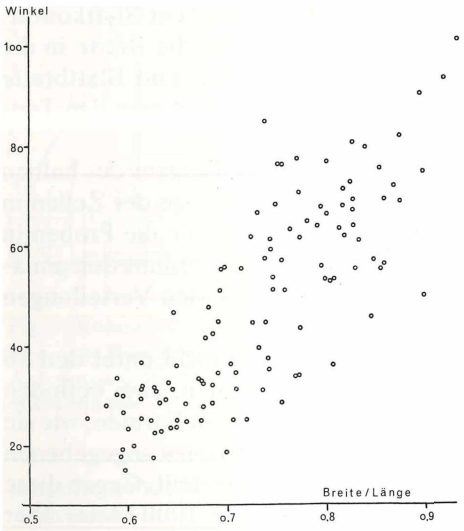

Fig. 2: Beziehung zwischen dem Spitzenwinkel und dem Verhältnis zwischen Länge und Breite der Stammblätter. Jedem Punkt entspricht ein Mittelwert aus 4 Blättern einer Probe.

Spitze fast abgerundet und kapuzenförmig hohl seien. Eine Nachprüfung dieser Angaben zeigte folgendes: ganz an der Basis der Ästchen findet man regelmässig mehrere kleine, schuppenförmige Blättchen (sog. Pseudoparaphyllien), welche rund und sehr hohl sind (Fig. 1f). Zwischen diesen und den normalen Blättern gibt es nun eine ganze Reihe von Übergängen, unter denen man tatsächlich Formen findet, wie sie von BIZOT et al. beschrieben worden sind. Allerdings gibt es auch bei *E. striatum* unter diesen Übergangsformen Blätter mit abgerundeter, kapuzenförmiger Spitze. Überhaupt sind diese Übergangsformen infolge ihrer Vielgestaltigkeit weniger zur Unterscheidung der beiden Sippen geeignet, als die Normalformen.

Die Form der Pseudoparaphyllien ist jedoch geeignet als Erkennungsmerkmal der Kollektivart. *Brachythecium rutabulum,* mit welchem man *E. striatum* sens. lat. auf den ersten Blick verwechseln könnte, hat z.B. bespitzte Pseudoparaphyllien.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal, das in der Literatur angegeben wird, betrifft die Kapsel. Diese soll bei *E. striatum* im Mittel etwa 3,2mal so lang als breit sein, bei *E. angustirete* hingegen bloss etwa 2,4mal so lang wie breit (vgl. STÖRMER 1967). In meinem Material sind nur bei 10 von 65 Proben von *E. striatum* und bei 6 von 56 Proben von *E. angustirete* Kapseln ausgebildet. Das Verhältnis von Länge zu Breite ist bei diesen Proben ziemlich variabel, so dass die Zahl der Belege mit Kapseln nicht ausreicht, um die Brauchbarkeit des Merkmals zu beurteilen.

Die Blattzellen der äussersten Blattspitze sind bei *E. striatum* im allgemeinen länger als bei *E. angustirete* (vgl. Fig. 4). Die Länge variiert besonders bei *E. striatum* von Zelle zu Zelle ziemlich stark, so dass mehrere Zellen gemessen werden müssen. Für die vorliegende Arbeit wurden jeweilen bei 4 Blättern je 4 Zellen ausgemessen, so dass von jeder Probe 16 Messungen vorliegen.

Denkt man sich ein Dreieck in das Blatt gelegt, dessen Basis mit der grössten Breite des Blattes zusammenfällt, und dessen Spitze in der Blattspitze liegt, so ist der Spitzenwinkel dieses Dreiecks bei *E. striatum* wesentlich grösser, als der durch die Blattkontur gebildete Winkel. Bei *E. angustirete* hingegen sind die beiden Winkel

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

etwa gleich gross, oder der Dreieckswinkel ist kleiner als der Winkel der Blattkontur. Der Winkel kann am einfachsten so bestimmt werden, dass man die Breite in die Abbildung des Blattes einzeichnet und dann Höhe des Dreiecks und Blattbreite misst. Dividiert man die halbe Blattbreite durch die Höhe, so erhält man den Tangens des halben Dreieckswinkels.

Mit den 4 Merkmalen Verhältnis Blattlänge zu Blattbreite, Tangens des halben Blattspitzenwinkels, Tangens des halben Dreieckswinkels und Länge der Zellen in der Blattspitze wurde eine lineare Trennfunktion berechnet, welche die Proben in zwei Gruppen trennt. In jeder dieser Gruppen ist der Wert der Trennfunktion annähernd verteilt wie eine GAUSS'sche Normalverteilung, und die beiden Verteilungen sind deutlich voneinander getrennt (HUBER 1979).

Man könnte mit diesem Resultat zufrieden sein, wenn sich nicht unter den 86 Proben, welche zur Berechnung der Trennfunktion gedient hatten, zwei befinden würden, deren Zuordnung zweifelhaft ist. Es handelt sich dabei um Formen, wie sie auf Fig. 1 c abgebildet sind. Diese werden sowohl mit den von STÖRMER angegebenen Merkmalen, als auch durch die Trennfunktion bei *E. striatum* eingeteilt. Gegen diese Bestimmung spricht, dass in beiden Fällen der Fundort höher als 1000 Meter über Meer liegt. Wie im folgenden gezeigt werden wird, ist in so grosser Höhe das Vorkommen von *E. striatum* unwahrscheinlich. Zudem weicht die Blattform von derjenigen des typischen *E. striatum* ab. Eine genauere Untersuchung der betreffenden Belege ergab, dass in den gleichen Proben auch typische Blätter von *E. angustirete* ausgebildet sind. Man muss daher annehmen, dass *E. angustirete* unter gewissen Bedingungen schlanke Blätter bildet, welche auf Grund der üblichen Unterscheidungsmerkmale für Blätter von *E. striatum* gehalten werden können. Ähnliche Blätter konnten in weiteren Belegen von *E. angustirete* aus dem Untersuchungsgebiet gefunden werden.

Es wurde nun versucht, eine andere quantitative Charakterisierung der Blattform zu finden, welche die beiden Sippen besser voneinander zu trennen erlaubt. Die angegebenen Unterscheidungsmerkmale legen die Vermutung nahe, dass der Unterschied zwischen den beiden Sippen auf einer verschiedenen Wachstumsverteilung in den Blattspitzen beruht. Bei *E. striatum* scheint ein ausgeprägteres Wachstum der Blattspitze stattzufinden, als bei *E. angustirete*. D'ARCY THOMPSON (1917) hat vorgeschlagen, in solchen Fällen Transformationen von Koordinatennetzen zu betrachten. Es stehen zwar in der Blattkontur keine Fixpunkte zur Verfügung, deren Koordinaten verglichen werden könnten. Man kann aber ein rechtwinkliges Netz so über die Blattform legen, dass die Abstände in der einen Koordinatenrichtung, die zur Längsachse des Blattes senkrecht steht, konstant sind, während die Schnittpunkte dieser Linien mit der Blattkontur die Netzlinien in der andern Koordinatenrichtung bestimmen (Fig. 3). Die Abstände dieser Netzlinien charakterisieren dann die Blattform und lassen sich biometrisch auswerten.

Auf Fig. 3 ist die Blattbreite in 10 gleiche Teile eingeteilt worden. Dadurch entstehen 10 zur Blattrippe parallele Streifen. Durch die Schnittpunkte der Streifengrenzen mit der Blattkontur wird die Länge des Blattes in 6 Abschnitte unterteilt, welche auf der Figur mit x_1 bis x_6 bezeichnet sind. In Wirklichkeit sind nun die beiden Blatthälften nicht genau zueinander symmetrisch. Die Konstruktion des Koordinatennetzes stösst daher auf Schwierigkeiten und man erhält auch für die beiden Blatthälften etwas verschiedene Werte für die Längen x_i. Man kann diese Schwierigkeiten

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

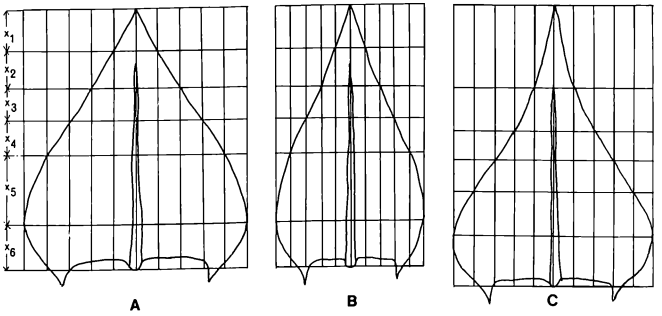

Fig. 3: Koordinatendiagramme nach d'Arcy Thompson.
x_1–x_6: zur Berechnung der Trennfunktion verwendete Grössen.
A: typische Blattform von *Eurhynchium angustirete*. B: atypische Blattform. C: Blattform von *Eurhynchium striatum*.

umgehen, indem man auf die Konstruktion des Netzes verzichtet und statt dessen die Abstände von der Blattspitze misst, in welchen $^1/_5$, $^2/_5$ usw. bis $^5/_5$ der Blattbreite erreicht wird. Auf diese Weise lassen sich die x-Werte einfach bestimmen.

Um die Messwerte von grossen und kleinen Blättern miteinander vergleichbar zu machen, wurden alle x-Werte durch die Blattlänge dividiert, so dass man die folgenden Variabeln erhielt:

$$z_i = x_i/l \qquad l = \Sigma x_i \qquad i = 1, \ldots, 6.$$

Schliesslich wurden die Ergebnisse von 4 Blättern vom selben Stämmchen gemittelt. Mit diesen Werten wurde sodann eine lineare Trennfunktion berechnet von der Form:

$$y = b_1 z_1 + b_2 z_2 + b_3 z_3 + b_4 z_4 + b_5 z_5 + b_6 z_6.$$

Die Einteilung in die beiden Sippen wurde von der früheren Trennfunktion her beibehalten, mit der Ausnahme, dass die beiden zweifelhaften Belege nun *E. angustirete* zugeteilt wurden. Die Koeffizienten b_i der Trennfunktion werden bei der Berechnung so bestimmt, dass das Verhältnis der Differenz zwischen den Sippenmittelwerten von y zur Standardabweichung von y innerhalb der Sippen ein Maximum wird. Das Quadrat dieses Verhältnisses wird als verallgemeinerter Abstand nach MAHALANOBIS bezeichnet und ist ein Mass für die erreichte Trennung. Im vorliegenden Fall zeigt sich nun, dass man die Koeffizienten von b_3 bis b_6 gleich null setzen kann, ohne dass der verallgemeinerte Abstand merklich abnimmt. Dies bedeutet, dass nur die Grössen z_1 und z_2 für die Unterscheidung der beiden Sippen von Bedeutung sind. Ausserdem sind dann die Koeffizienten b_1 und b_2 fast gleich gross, so dass man y durch die Summe von z_1 und z_2 ersetzen kann, ohne dass man dadurch den verallgemeinerten Abstand wesentlich verringert. Man braucht daher nur noch die Stelle zu bestimmen, an welcher $^2/_5$ der Blattbreite erreicht werden. Der Abstand dieser Stelle von der Blattspitze, dividiert durch die Blattlänge kann dann zur Unterscheidung der beiden Sippen verwendet werden.

Ein Vergleich von Fig. 3 A mit Fig. 3 B zeigt, dass die x_i, und damit auch die z_i vom Verhältnis Blattlänge zu Blattbreite unabhängig sind. In der Tat unterscheiden sich diese beiden Figuren durch unterschiedliche Grösse dieses Verhältnisses, und die Grössen der x_i sind unverändert. Berechnet man eine Trennfunktion mit den

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

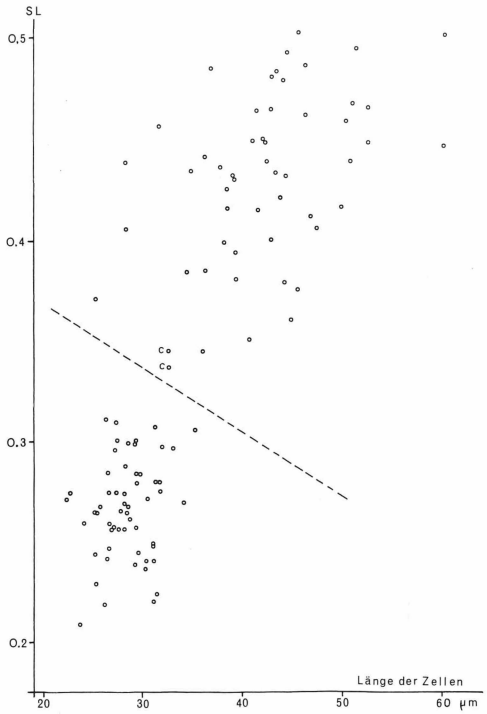

Fig. 4: Beziehung zwischen der mittleren Länge der Zellen in der Blattspitze und der Grösse $SL = (x_1 + x_2)/\Sigma x_i$. Die gestrichelte Linie entspricht der Trennung durch die Trennfunktion. *E. striatum*-Blattformen liegen oberhalb der Linie, und *E. angustirete*-Formen unterhalb der Linie, mit Ausnahme der mit c bezeichneten atypischen Formen.

beiden Variabeln Summe von $z_1 + z_2$ und Verhältnis Blattbreite zu Blattlänge, so zeigt sich, dass durch das Einbeziehen der Verhältniszahl keine wesentliche Vergrösserung des verallgemeinerten Abstands erreicht wird. Das gleiche gilt auch für die beiden Winkelmasse. Wenn die Länge der Zellen in der Blattspitze mit der Summe von z_1 und z_2 kombiniert wird, vergrössert sich hingegen der verallgemeinerte Abstand. Die entsprechende Trennformel lautet folgendermassen:

$$y = 115{,}8\ x_1 + 0{,}367\ x_2.$$

x_1 steht in diesem Fall für die Summe von z_1 und z_2, und x_2 bedeutet die mittlere Länge der Zellen in der Spitze der Stammblätter in µm. Ein Streudiagramm mit diesen beiden Grössen als Koordinaten ist auf Fig. 4 dargestellt. Die Gliederung des Datenmaterials in zwei Gruppen ist hier viel deutlicher zu erkennen, als auf Fig. 2.

Alle Punkte (x_1, x_2), welche den gleichen Wert y der Trennformel ergeben, liegen auf einer Geraden. Die Geraden, die zu verschiedenen y-Werten gehören, sind zueinander parallel. Diejenige Gerade, welche die beiden Sippen voneinander trennt, sollte nach der Theorie der Trennfunktion in der Mitte zwischen den Gruppenmittelwerten liegen, im vorliegenden Fall bei $y = 57{,}2$. Die Theorie setzt voraus, dass die Daten normal verteilt sind, und dass in beiden Gruppen die Varianzen und die Korrelationen zwischen den Variablen gleich gross sind. Ein Blick auf Fig. 4 zeigt sofort, dass der obere Punkthaufen, welcher *E. striatum* entspricht, eine grössere Streuung besitzt, als der untere, *E. angustirete* entsprechende Punkthaufen. Die Folge davon ist, dass die beiden Punkthaufen eher durch die auf Fig. 4 gestrichelt gezeichnete Ge-

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

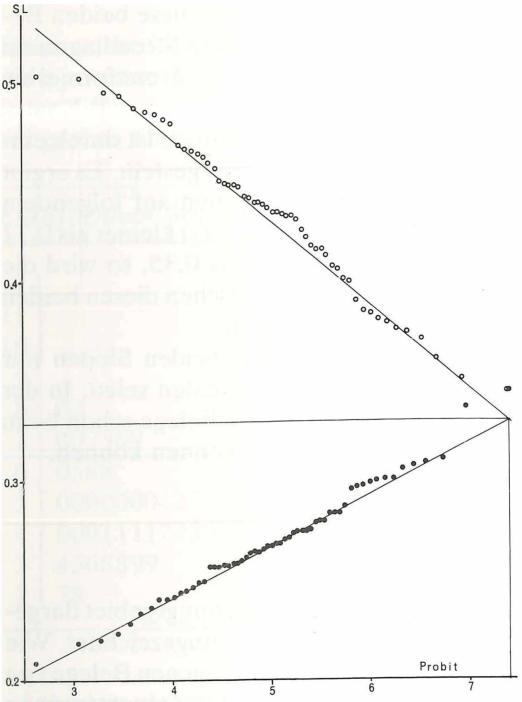

Fig. 5: «Wahrscheinlichkeitsdiagramm» der Grösse $SL = (x_1 + x_2)/\Sigma x_i$. Weisse Kreise: *E. striatum*. Schwarze Kreise: *E. angustirete*. Jedem Kreis entspricht ein Mittelwert aus 4 Blättern.

rade, welche dem Wert $y = 50$ entspricht, getrennt werden. Theoretisch müsste man bei ungleichen Varianzen als Trennlinie nicht eine Gerade, sondern eine durch eine quadratische Gleichung bestimmte Kurve verwenden (vgl. z.B. LACHENBRUCH 1979). Auch in diesem Fall wird aber Normalverteilung der Daten vorausgesetzt. Normalverteilung der Daten ist bei Messungen an biologischen Objekten nicht ohne weiteres zu erwarten. Man kann aber zeigen, dass schon Mittelwerte aus einer kleinen Zahl von Einzelwerten unter gewissen Voraussetzungen recht gut einer Normalverteilung angenähert sind. Die Näherung wird um so besser, je grösser die Zahl der Einzelwerte ist. Da wir es im vorliegenden Fall mit Mittelwerten aus je 4 Einzelmessungen zu tun haben, ist die Annahme der Normalverteilung nicht unrealistisch. Die einfachste Prüfung kann graphisch vorgenommen werden, indem die Werte nach steigender Grösse geordnet in ein Wahrscheinlichkeitsdiagramm eingetragen werden (siehe z.B. DOCUMENTA GEIGY 1968, S. 164). Normal verteilte Daten liegen bei dieser Darstellungsweise annähernd auf einer Geraden. Beim Vorliegen von zwei zu trennenden Gruppen wird am besten die eine Gruppe in aufsteigender Reihenfolge, und die andere Gruppe in absteigender Reihenfolge angeordnet (HUBER 1964). Der Schnittpunkt der beiden den Daten angepassten Geraden liefert dann den geeignetsten Trennpunkt zur Unterscheidung der beiden Sippen. Fig. 5 zeigt in dieser Darstellungsweise die Verteilung der Summe $(z_1 + z_2)$. Die Daten sind recht gut den Geraden angepasst. Die grössere Streuung bei *E. striatum* äussert sich in der grösseren Steigung der betreffenden Geraden. Durch den Trennpunkt werden zwei Belege, die deutlich von der Geraden abweichen, falsch eingeordnet. Es sind dies

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

zwei der schon erwähnten und auf Fig. 1c abgebildeten Formen. Diese beiden Belege sind auf Fig. 4 mit einem c markiert. Sie sind auch auf diesem Streudiagramm eher dem Punkthaufen von *E. striatum* genähert, so dass auch die Trennformel sie nicht klar von *E. striatum* abzugrenzen erlaubt.

Die Zugehörigkeit der beiden fraglichen Proben zu *E. angustirete* ist durch eingehendere Untersuchung einer grösseren Zahl von Blättern sichergestellt. Es ergibt sich daraus, dass eine sichere Bestimmung praktisch aller Proben auf folgendem Wege erreicht werden kann: Proben, für welche die Summe $(z_1 + z_2)$ kleiner als 0,32 ist, werden *E. angustirete* zugeteilt. Ist diese Summe grösser als 0,35, so wird die Probe *E. striatum* zugeordnet. Liegt die Summe im Intervall zwischen diesen beiden Werten, so ist eine grössere Zahl von Blättern zu untersuchen.

Diese Darstellung mag den Anschein erwecken, dass die beiden Sippen nur durch aufwendiges Ausmessen von vielen Blättern zu unterscheiden seien. In der Praxis wird man jedoch mit etwas Übung den grössten Teil der Belege schon beim Betrachten mit einer guten Lupe mit ziemlicher Sicherheit erkennen können.

Verbreitung im Gebiet

Auf Fig. 6 ist die Verbreitung der beiden Sippen im Untersuchungsgebiet dargestellt. Die 600-Meter-Höhenlinie ist auf dieser Karte punktiert eingezeichnet. Wie man sieht, liegt die überwiegende Mehrzahl der als Kreise eingetragenen Belege von *E. angustirete* im Gebiet über 600 m Höhe, während die als Kreuze eingetragenen Belege von *E. striatum* das Gebiet unterhalb 600 m bevorzugen.

In der unmittelbaren Umgebung von Basel ist bisher nur *E. striatum* gefunden worden. In diesem Gebiet ragen die höchsten Hügel nur wenig über 500 m hinaus. Beide Sippen kommen sowohl im Kalkgebiet des Juras als auch im Silikatgebiet des Schwarzwaldes vor. Die südlichsten Ausläufer des Schwarzwalds sind auf der rechten oberen Ecke von Fig. 6 noch sichtbar.

Auf Tabelle 2 ist die Höhenverteilung der Standorte im Untersuchungsgebiet als sog. «stem-and-leaf plot» (Tukey 1977) dargestellt. Diese Darstellungsweise verbindet ein auf den ersten Blick zu erfassendes Bild von der Verteilung mit detaillierter Information über jeden einzelnen Fundort.

Der tiefste Fundort von *E. striatum* liegt bei 270 m, der höchste bei 820 m. Für *E. angustirete* lauten die entsprechenden Höhenangaben 470 m und 1230 m. Bei der Beurteilung dieser Angaben muss berücksichtigt werden, dass Höhenlagen über 1000 m nur etwa 3 % der gesamten Fläche des auf Fig. 6 dargestellten Gebietes ausmachen. Die Fläche, welche über 1200 m liegt, beträgt nur noch etwa 0,5 % der Gesamtfläche. Die rasche Abnahme der Probenzahl von *E. angustirete* mit zunehmender Höhe hängt sicher damit zusammen, dass für die Besiedlung nur eine kleine Fläche zur Verfügung steht. In der Tat ist mit 1230 m die Höhengrenze der Art noch lange nicht erreicht. Im vorliegenden Material liegt der höchstgelegene Fundort von *E. angustirete* im Berner Oberland bei Adelboden (1480 m). In der Literatur wird als Obergrenze der Kollektivart *E. striatum* im Engelbergertal 1430 m (Greter 1936) und im Kanton Graubünden 1670 m (Pfeffer 1871) angegeben. Bei diesen beiden Angaben handelt es sich mit ziemlicher Sicherheit auch um *E. angustirete,* da in dieser Höhenlage kaum etwas anderes in Frage kommt.

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

Tabelle 2

Höhenverbreitung der beiden Kleinarten im Untersuchungsgebiet. Links vom Strich steht jeweilen die Höhe in Einheiten von 100 Metern, rechts vom Strich entspricht jeder Ziffer ein Fund und die Ziffer gibt an, wie viele Einheiten von 10 Metern man zur groben Höhenangabe links vom Strich zu addieren hat.

Eurhynchium striatum		*Eurhynchium angustirete*	
12		12	13
11		11	4
10		10	45
9		9	24
8	02	8	0002
7	003569	7	0003688
6	0588	6	22278
5	000000012222345667778894	5	2289
4	000111122356778899	4	78
3	4568899	3	
2	78	2	

Anders verhält es sich mit der Obergrenze von *E. striatum* sens. strict. Zwar wird vielleicht die höchste bisher beobachtete Höhe in Zukunft noch überboten werden, doch kann jetzt schon festgestellt werden, dass die Sippe im Gebiet selten über 800 m steigt. Der Fundort von 820 m liegt am Jura-Südhang. Überraschenderweise ist der zweithöchste Fundort bei 800 m an einem Nordhang gelegen. Man würde doch erwarten, dass am Südhang eine beträchtlich grössere Höhe erreicht werden kann als am Nordhang. Die Erklärung liegt möglicherweise darin, daß das Moos feuchtschattige Standorte bevorzugt und wärmeexponierte Stellen meidet. Der höchste Standort liegt denn auch in einer schattigen Schlucht.

Da der niedrigste Fundort von *E. angustirete* bei 470 m liegt, besteht eine ziemlich breite Zone, in der beide Sippen vorkommen. An mehreren Standorten sind denn auch sowohl *E. striatum,* als auch *E. angustirete* gefunden worden. Die Rasen sind aber in den meisten Fällen getrennt. In einer einzigen Probe sind beide Formen zusammen vorhanden. Die Unterscheidung macht in allen diesen Fällen keine Schwierigkeiten, indem keine Übergangsformen gefunden werden konnten. Die Verschiedenheit der beiden Formen ist daher sicher nicht durch die Standortsbedingungen verursacht worden.

Diskussion der Ergebnisse

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass die von STÖRMER anhand von norwegischem Material beschriebenen beiden Kleinarten *Eurhynchium striatum* und *E. angustirete* auch im Untersuchungsgebiet zwar nicht immer ganz leicht, aber doch eindeutig zu unterscheiden sind.

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

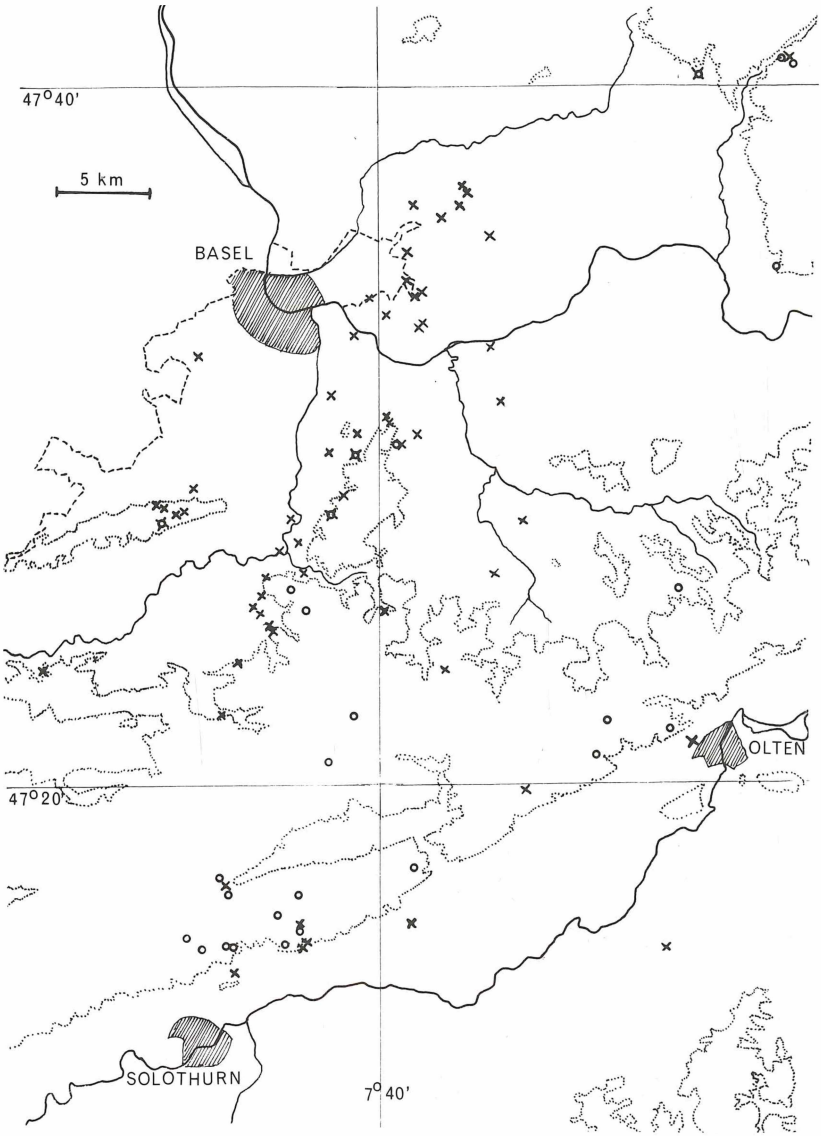

Fig. 6: Verbreitung von *Eurhynchium striatum* (Kreuze) und *E. angustirete* (Kreise) in der Umgebung von Basel. Die punktierte Linie entspricht der 600-m-Höhenlinie.

Die Frage, ob den beiden Formen Artrecht zuzubilligen sei, ist damit noch nicht entschieden. Es ist darum in der vorliegenden Arbeit bewusst der neutrale Ausdruck «Sippe» verwendet worden. Zur Abklärung der Frage wären vor allem Kulturversuche notwendig, wobei abgeklärt werden müsste, ob sich die beiden Sippen kreuzen lassen, und ob sich die Nachkommenschaft einer solchen Kreuzung wieder in die beiden Sippen aufspaltet. Es wäre ja denkbar, dass der Unterschied der beiden Blatt-

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

formen durch ein einziges Gen bestimmt wird. Mit der Blattform müsste dann auch eine verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen gewisse Standortsfaktoren gekoppelt sein, weil es sonst schwer verständlich wäre, dass keine breitblättrigen Formen an tiefen Standorten und keine schmalblättrigen Formen an hohen Standorten zu beobachten sind.

Da die beiden Sippen in der Natur nicht allzu selten am gleichen Standort zusammen vorkommen, ist auch mit dem Vorkommen natürlicher Bastarde zu rechnen. Die Bastarde würden dann aber der Sporophytengeneration angehören, und vielleicht lässt sich die oben erwähnte grosse Variabilität der Kapseln auf diesem Wege erklären.

Gleichgültig, wie diese Fragen in Zukunft beantwortet werden, ist doch eindeutig nachgewiesen, dass der verschiedenen geographischen Verbreitung der beiden Sippen in Nordeuropa eine verschiedene Höhenverbreitung im Untersuchungsgebiet entspricht. Eine Unterscheidung der beiden Formen bei pflanzengeographischen und soziologischen Arbeiten dürfte daher unabhängig vom systematischen Rang der beiden Sippen von Bedeutung sein.

Summary

A better criterion for discriminating *Eurhynchium striatum* (Hedw.) Schimp. from *E. angustirete* (Broth.) Koponen could be found. In the surroundings of Basel, *E. striatum* prefers lower altitudes up to about 800 m above sea level, while *E. angustirete* is found preferably at altitudes above 600 m.

Literatur

1912 Amann, J.: Flore des Mousses de la Suisse. Deuxième partie. Bryogéographie de la Suisse. Imprimeries réunies S. A. Lausanne.

1960 Bizot, M.: Eurhynchium zetterstedtii Störm. dans les monts du Jura. Rev. Bryol. et Lichenol. *29*, 182.

1961 Bizot, M., Gaume, R. et Lachmann, A.: Remarques sur Eurhynchium Zetterstedtii Störm. Rev. Bryol. et Lichenol. *30*, 1–4.

1968 Documenta Geigy, Wissenschaftliche Tabellen. 7. Auflage, Basel.

1936 Greter, F.: Die Laubmoose des oberen Engelbergertales. Stiftsdruckerei Engelberg.

1964 Huber, H.: Über statistische Methoden zur Abgrenzung der Arten. Bot. Jb. *83*, 222–249.

1979 Huber, H.: Über den Gebrauch mathematisch-statistischer Methoden in der Taxonomie. Ber. Schweiz. Bot. Ges. *89*, 227–250.

1964 Koponen, T.: Eurhynchium zetterstedtii Störmer and E. striatum (Hedw.) Schimp. in northwestern Europe. Ann. Bot. Fenn. *1*, 250–256.

1967 Koponen, T.: Eurhynchium angustirete (Broth.) Kop. comb. n. (= E. zetterstedtii Störm.) and its distribution pattern. Memor. Soc. F. Fl. Fenn. *43*, 53–59.

1979 Lachenbruch, P. A.: Discriminant Analysis. Biometrics *35*, 69–85.

1960 Linder, A.: Statistische Methoden für Naturwissenschafter, Mediziner und Ingenieure. 3. Aufl., Birkhäuser, Basel.

1871 Pfeffer, W.: Bryogeographische Studien aus den rhätischen Alpen. Neue Denkschr. d. allg. Schweiz. Ges. f. d. gesamten Naturwissensch. *24*.

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

1943 STÖRMER, P.: Eurhynchium Zetterstedtii spec. nov. and E. striatum s. str. in Norway. Nytt Mag. for Naturvidensk. *83*, 79–92.

1969 STÖRMER, P.: Mosses with a Western and Southern Distribution in Norway. Universitetsforlaget, Oslo.

1917 THOMPSON, D'ARCY, W.: On Growth and Form. Cambridge. Deutsche Ausgabe: Über Wachstum und Form. Birkhäuser, Basel, 1973.

1977 TUKEY, J.: Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Mass.

Adresse des Autors:
Dr. H. Huber, Im Gehracker 2, CH-4125 Riehen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Bauhinia

Jahr/Year: 1980-1983

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Huber Hans

Artikel/Article: Eurhynchium striatum und E. angustirete (= E. Zetterstedtii): ihre Unterscheidung und ihre Verbreitung in der Umgebung von Basel 13-26