FLORA.

70. Jahrgang.

No. 2. Regensburg, 11. Januar 1887.

Inhalt. G. Worgitzky: Vergleichende Anatomie der Ranken. (Fortsetzung.) — Literatur.
Beilage. Tafel I.

Vergleichende Anatomie der Ranken.

Von **G. Worgitzky.**

(Fortsetzung.)

Für den anatomischen Bau der federartig gekrümmten Teile ergiebt sich nach den obigen Erörterungen und zunächst mit Rücksicht darauf, dass die biegende Komponente stets in der einen Ebene und in dieser in der gleichen Richtung angreift, die Bedingung, dass auf der konkaven Seite, um ein Einreissen an dieser Stelle zu verhüten, eine starke Zuggurtung vorhanden sein muss. Dieser Umstand erfordert daher eine Häufung mechanischer Elemente an der Konkavität der gekrümmten Teile, während zur Druckgurtung an der konvexen Seite schon turgeszentes Parenchym genügt. Da die Widerstandsfähigkeit gegen die Beanspruchung auf Biegungsfestigkeit mit dem gegenseitigen Abstand der Gurtungen wächst, so muss ferner bis zu gewissen Grenzen eine grössere Ausdehnung des Querschnittes in der Richtung senkrecht zur neutralen Linie von Vorteil sein. Die Beanspruchung auf Biegungsfestigkeit erfordert somit eine Dorsiventralität des Baues und zwar in der Art, dass die Anordnung der Gewebe nur zu beiden Seiten derjenigen Ebene eine

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0019-7

symmetrische ist, deren Schnittlinie im Querschnitt der Ranke senkrecht zur neutralen Linie steht und dieselbe halbiert. Dieser dorsiventrale Bau muss in den gekrümmten Teilen sich um so ausgeprägter zeigen, je vollkommener die Federform der Ranke ist. Denn nur wo die Krümmungsradien aller Windungen möglichst gleich sind, wo die Windungen in regelmässiger Anordnung aufeinanderfolgen, können auch die Beanspruchung und damit die Forderungen an die Konstruktion einheitliche sein.

Für die Torsionsbeanspruchung wäre, indem die Wirkung der durch sie bedingten Zug- und Scherkräfte nach allen Radien mit gleicher Intensität sich geltend macht, eine nach allen Radien gleichmässige Ausbildung des Querschnittes vorteilhaft. Da diese Forderung in Widerspruch zu denjenigen steht, welche, wie soeben erörtert, in Bezug auf die Beanspruchung auf Biegungsfestigkeit gestellt werden, so ergiebt sich für den anatomischen Bau die neue Bedingung, dass die Anordnung der Gewebe den kombinierten Forderungen beider Beanspruchungen am günstigsten Rechnung tragen muss. Während die biegende Komponente die Anwesenheit mechanischer Elemente in überwiegender Zahl an der konkaven Seite und zwischen diesen und den an der konvexen Seite befindlichen eine feste Füllung verlangt, fordert die Torsionsbeanspruchung wegen ihrer gleichmässigen Wirksamkeit nach allen Radien des Querschnittes einen festen peripherischen Verband jener Gurtungen, also die Anwesenheit mechanischer Elemente auch an den Flanken der Ranke. Damit resultiert als die geeignetste Anordnung der mechanischen Gewebe in den federartig gekrümmten Teilen die eines geschlossenen Xylem- oder Bastringes, der zugleich in der Verteilung seiner Elemente Rücksicht auf die an der konkaven Seite nötige stärkere Zuggurtung nimmt, der also an der konkaven Seite einen grösseren Durchmesser besitzt als an der konvexen und dadurch die Dorsiventralität des Baues in der Richtung senkrecht zur neutralen Linie zum Ausdruck bringt.

Infolge der Torsionsbeanspruchung werden aber ferner die ausserhalb des Xylemringes gelegenen Schichten der Haut- und Rindengewebe nicht nur gegen denselben verschoben, sondern auch die Elemente der einzelnen Schichten auf Zug beansprucht. Die Verschiebungen und die Zugbeanspruchung, welche diese äusseren Gewebe erleiden, verlangen, dass die Ausbildung der letzteren ebenfalls eine nach allen Radien des Querschnittes möglichst gleichmässige sei, dass dieselben einen festen peri-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0020-8

pherischen Zusammenhang ihrer Elemente innerhalb der einzelnen konzentrischen Schichten besitzen, dass dagegen die verschiedenen konzentrischen Schichten selbst gegen einander eine seitliche Verschiebung vertragen. Die Festigkeit des Verbandes in den einzelnen konzentrischen Schichten muss graduell von innen nach aussen zunehmen, da die Torsionsbeanspruchung und damit die Verschiebung in den äussersten Schichten am grössten ist. Die grössere Widerstandsfähigkeit muss also hier der Epidermis resp. einem allseitig geschlossenen Collenchymring zukommen. Weit in das Rindenparenchym vorspringende Bastsstränge, welche etwa die vor dem Xylem herlaufenden Leptomstränge begleiteten, würden die Gleichmässigkeit in der Ausbildung dieser Schichten unvorteilhaft unterbrechen.

Die Torsion kann um so weniger sichtbar in ihrer Wirkung zum Ausdruck kommen, je geringer die Nachgiebigkeit der Feder gegen die Beanspruchung auf einseitige Biegungsfestigkeit ist, oder je seltener eine Beanspruchung der Ranke in dem Grade eintritt, dass ein Aufbiegen der Federwindungen erfolgt. Im einzelnen Fall wird es von den äusseren Lebensbedingungen der betreffenden Pflanze abhängen, von den speziellen Verhältnissen, unter denen die Ranken ihren mechanischen Funktionen obliegen müssen, in wie weit in ihrer Konstruktion auf die Forderungen der Torsionsbeanspruchung Rücksicht genommen ist. Für Ranken, welche Holzgewächsen mit beträchtlichen Dimensionsverhältnissen angehören, wird jener geschlossene mechanische Ring nötiger sein, als kleinen einjährigen Kletterpflanzen. Aber eine Eigentümlichkeit müssen die gekrümmten Teile aller Ranken, welche eine echte Schraubenfeder bilden, zeigen, d. i. die dorsiventrale Verteilung der mechanischen Elemente auf dem Querschnitt, die Häufung derselben an der konkaven Seite. In der Beanspruchung auf einseitige Biegungsfestigkeit haben wir das leitende Motiv im Bau der federartig gekrümmten Teile aller Ranken zu erblicken, und schon dieser Gesichtspunkt lässt deutlich erkennen, dass bei ursprünglich radiär angelegten Ranken mit dem Eintritt der Umklammerung einer Stütze und dem damit verbundenen Wechsel der Beanspruchung in den federartig gekrümmten Regionen eigentümliche anatomische Aenderungen sich einstellen werden. —

Ehe wir diese Art der Beanspruchung verlassen, haben wir noch darauf hinzuweisen, dass gerade die Wahl der Federkrümmung in den zwischen Insertionsstelle und Stütze gelegenen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0021-4

Rankenteilen für die ganze mechanische Funktionierung der Ranke als zugfestes Stützorgan von hoher Bedeutung ist. Die Federform bietet nämlich, ganz abgesehen davon, dass sie den Muttersprоss der Ranke näher an ihre Stütze heranzieht, für die mechanische Beanspruchung der Ranke einen sehr wesentlichen Vorteil in der ihr zukommenden Beweglichkeit dar.

Diese Beweglichkeit der Feder macht sich zunächst hervorragend in longitudinaler Richtung geltend. Die an der konkaven Seite befindlichen Zuggurtungen gestatten stets innerhalb gewisser Grenzen ein Auseinanderziehen der Federwindungen und somit ein Nachgeben. Wie Versuche Schwendener's ergeben haben[1]), beträgt die durchschnittliche Verlängerung des Bastes von verschiedenen Monokotylen bei der Elastizitätsgrenze 10 bis 15 Längeneinheiten auf 1000, und es ist wohl die Annahme erlaubt, dass auch im allgemeinen im Bast der Ranken nur wenig abweichende Verhältnisse obwalten werden. Bei einem bestimmten Widerstand ihrer Zuggurtungen und bei einer bestimmten auf die Feder als Ganzes einwirkenden Zugkraft hängt der Spielraum, den die Feder bei diesem Auseinanderziehen ihrer Windungen gewährt, von der Grösse des Krümmungsradius und der Anzahl und Steilheit ihrer Windungen ab. Je grösser der Krümmungsradius und die Anzahl der Windungen und je geringer der Neigungswinkel der letzteren ist, um so grösser ist die Beweglichkeit in longitudinaler Richtung.

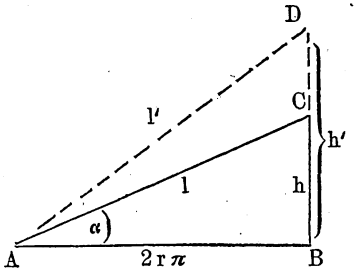
Wie günstig sich der Grad dieser Beweglichkeit bei der Ranke als Feder unter sonst gleichen äusseren Verhältnissen einem elastischen Stab gegenüber stellt, wird am besten ein konkretes Beispiel darthun. Wir gehen dabei von einem elastischen, aus homogenem Material bestehenden Stab aus, der die Querschnittsfläche von 1 qmm. und eine Länge von 100 mm. besitze; die durch eine auf ihn ausgeübte Zugkraft bewirkte Verlängerung betrage bei der Elastizitätsgrenze auf 1000 Längeneinheiten 10, also in unserem Falle 1 mm. Ferner nehmen wir eine aus demselben Material bestehende, federartig gekrümmte Ranke von derselben Querschnittsfläche an, deren Federaxe dieselbe Länge wie jener elastische Stab, nämlich $h = 100$ mm. habe, und bei welcher der Neigungswinkel, den die Schraubenlinie (d. h. die durch die Mittelpunkte sämtlicher Querschnittsflächen des cylindrischen Rankenkörpers gehende Linie) mit der

[1]) l. c. p. 9—16.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0022-9

zur Federaxe senkrechten Ebene bildet, $\alpha = 15^0$ betrage. Die Länge der konkaven Seite der Feder werde mit l bezeichnet.

Es gilt dann (wie auch aus nebenstehender Figur ersichtlich, wo A C = l, C B = h, Winkel B A C = α): $l = \frac{h}{\sin \alpha}$.



Bezeichnen wir die Länge der konkaven Seite, welche sie nach eingetretener Zugwirkung bis zur Elastizitätsgrenze annimmt, mit l' (dem auch h' entsprechen soll), so ist offenbar nach obigen Festsetzungen:

$$l' = l + \frac{1}{100} l = \frac{101}{100} l = \frac{1{,}01\ h}{\sin \alpha}.$$

Ferner ist im Dreieck ABC: $h' = \sqrt{l'^2 - 4 r^2 \pi^2}$. Dabei ist r der Halbmesser der Grundfläche eines geraden Cylinders von der Höhe CB = h, dessen halbe Mantelfläche Dreieck ABC darstellt. Da aber $2r\pi = l \cos \alpha = h \cot \alpha$, so ist auch:

$$h' = \sqrt{\frac{1{,}01^2\, h^2}{\sin^2 \alpha} - h^2 \cot^2 \alpha} = h \cot \alpha \sqrt{\frac{1{,}01^2}{\cos^2 \alpha} - 1}.$$

Nach Substitution der Zahlenwerte in den Gleichungen für l, l' und h' ergiebt sich:

$l = 386{,}37$ mm., $l' = 390{,}23$ mm., $h' = 114{,}61$ mm.

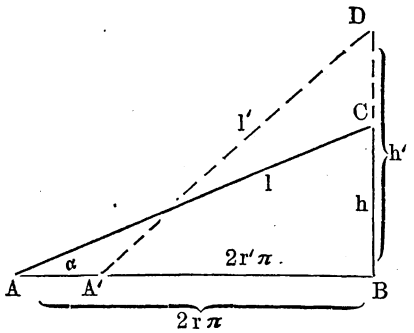
D. h. wenn die konkave Seite bei der Belastung bis zur Elastizitätsgrenze eine Ausdehnung von 390,23—386,37 = 3,86 mm. erfährt, verlängert sich die Federaxe um 114,61—100 = 14,61 mm.. Der elastische Stab von der Länge der Federaxe würde unter gleichen Umständen nur eine Verlängerung von 1 mm. erfahren.

Bei dieser Ableitung ist jedoch stillschweigend die Voraussetzung gemacht, dass bei der Zugbeanspruchung der Feder $2r\pi$ denselben Wert beibehalte. In Wirklichkeit ist dies nicht der Fall, vielmehr tritt beim Auseinanderziehen der Federwindungen eine Aenderung der Krümmungsradien derselben und damit eine solche von $2r\pi$ in $2r'\pi$ ein, wobei stets $2r'\pi < 2r\pi$.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0023-5

Es wird also r' um eine bestimmte Grösse d kleiner sein als r, oder:

$$r' = r - d = \frac{h \cot \alpha}{2 \pi} - d.$$



Bei Berücksichtigung dieses Wertes von r' erhalten wir dann:

$$h' = \sqrt{l'^2 - 4 r'^2 \pi^2} = \sqrt{\frac{1{,}01^2 h^2}{\sin^2 \alpha} - (h \cot \alpha - 2 \pi d)^2}$$

$$= h \cot \alpha \sqrt{\frac{1{,}01^2}{\cos^2 \alpha} - (1 - \frac{2 \pi d}{h \cot \alpha})^2}.$$

Im allgemeinen wird zwar der Wert von d nur gering sein, aber immer eine Vergrösserung des Wertes von h' bedingen. Benutzt man zur Berechnung von h' die letzte Gleichung, so ergiebt sich z. B. für d = 0,25 mm.: h' = 119,60 mm..

Besonders notwendig ist die Beweglichkeit in longitudinaler Richtung für die den oberen Stammregionen angehörigen, also relativ noch jungen Ranken, weil hier in den Endverzweigungen der Mutterpflanze die durch die Luftströmungen bedingten Oszillationen am grössten sind. Es ist klar, dass die in longitudinaler Richtung bewegliche Feder auch bei allen Beanspruchungen, welche nicht die Entfernung zwischen Stütze und Mutterspross der Ranke zu vergrössern streben, eine gewisse seitliche Beweglichkeit, ein leichtes Ausweichen nach einer beliebigen, zur Federaxe senkrechten Richtung gestattet, ohne dass die Gefahr eines Einknickens in Betracht käme.

Wenn auch im allgemeinen die Ursachen der unvollkommenen Ausprägung der Federform oder des gänzlichen Fehlens derselben nicht sicher zu erkennen sind, so haben doch in einzelnen Fällen diese Erscheinungen ihren Grund wahrscheinlich in besonderen gestaltlichen Verhältnissen der betreffenden Ranken. Denn wo die Federform ganz fehlt, wie bei vielen rankenden Blattstielen, sind die zwischen Stütze und Insertionsstelle der Ranke gelegenen Teile meist so kurz, dass die beträchtliche Querschnittsgrösse der mechanischen Elemente, wie sie zur Herstellung einer leistungsfähigen Zugfestigkeit nötig ist, nicht nur ohne zu grossen Materialaufwand erreicht werden kann,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0024-1

sondern auch für die dann geringe Beweglichkeit des rankenden Organes ohne störenden Einfluss ist. Erweist sich aber die Ausprägung der Federform als eine unvollkommene, d. h. zeigen die Windungen verschiedene Krümmungsradien, geringe Zahl, grosse Steilheit und unregelmässige Anordnung, so handelt es sich meist um verzweigte Ranken *(Ampelopsis)*, bei denen doch die Summe der Querschnittsflächen aller Zweige die wirklich auf Zug beanspruchte Querschnittsfläche darstellt. Da dieselbe immer eine relativ bedeutende ist, so erscheint hier eine direkte Zugbeanspruchung am ehesten zulässig. Die Beweglichkeit der verzweigten Ranke ist auch in diesem Falle eine nur geringe; die Dorsiventralität der gekrümmten Teile wird mehr und mehr entbehrlich und durch eine Vergrösserung des Querschnittes, sowie eine möglichst starre Konstruktion überhaupt ersetzt.

C. Beanspruchung auf Druckfestigkeit.

Alle mit der Stütze direkt in Kontakt kommenden Rankenteile, d. h. die mittleren oder basalen der rankenden Blattstiele, die obersten Regionen aller übrigen Ranken (mit Ausnahme der Haftscheiben bildenden, z. B. *Ampelopsis*, *Bignonia capreolata*) werden nicht nur durch die Art und Weise der Umschlingung der Stütze derselben fest angelegt, sondern erfahren auch bei der Beanspruchung der Ranke auf Zug eine Anpressung an dieselbe. Der so auf jene Seite ausgeübte radiale Druck wird ferner in den Fällen noch um ein Bedeutendes gesteigert, wo die Ranke ein in die Dicke wachsendes pflanzliches Organ sich zur Stütze erwählt hat. Eine unmittelbare Folge desselben ist ein Bestreben der Flanken der Ranke, sich vom Mittelpunkt des Querschnittes in entgegengesetzter Richtung zu entfernen und dadurch den Abstand zwischen konkaver und konvexer Seite zu verringern. Ein ursprünglich kreisförmiger Querschnitt würde sich also in eine Ellipse verwandeln, deren grosse Axe senkrecht zur Krümmungsebene verliefe.

Jedoch ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Beanspruchung auf radialen Druck eine grössere Bedeutung nicht erlangt, dass die Hauptbeanspruchung in den der Stütze direkt anliegenden Regionen vielmehr in einem anderen Umstand erblickt werden muss. Denn erscheint es auch gerade für diese Rankenteile schwierig, sich ein deutliches Bild von den hier zur Geltung kommenden mechanischen Beanspruchungen zu verschaffen, so ist doch soviel von vornherein klar, dass, soll die Ranke ihre

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0025-7

Verbindung mit der Stütze nicht verlieren, hier vor allem gegen das Aufbiegen der Windungen, gegen ein Abwickeln der umschlingenden Teile von der Stütze Vorkehrungen getroffen werden müssen. Während Elastizität das Haupterfordernis für die Konstruktion der von der Stütze frei bleibenden, federartig gekrümmten Teile ist, muss hier das Gegenteil, die Unbeweglichkeit der Windungen, zur Verhinderung des Aufbiegens derselben als notwendig anerkannt werden. Als geeignetes Mittel zur Erreichung dieses Zweckes bietet sich der geschlossene mechanische Ring dar. Wenn man bedenkt, dass derselbe zugleich dem durch den Radialdruck bedingten Ausweichen der Flanken erfolgreichen Widerstand leisten kann, so leuchtet ein, dass es für diejenigen Ranken, denen in der Anlage ihrer oberen Regionen ursprünglich ein solcher fehlt, zweckdienlich sein muss, durch nachträgliche Gewebeänderungen ein Aequivalent eines mechanischen Ringes herzustellen. Geschieht dies nicht, so müssen jedenfalls andere Einrichtungen vorhanden sein, welche dem Aufbiegen der Windungen beträchtlichen Widerstand entgegensetzen.

Zur Verhinderung der Trennung der umschlingenden Teile von ihrer Stütze können aber noch andere Momente sehr wesentlich beitragen. Schlingt man das Ende eines Fadens um einen glatten cylindrischen Körper (Glasstab) in der Art, wie die Ranken ihre Stütze umfassen, so wird in den meisten Fällen ein schwacher Zug an dem Faden genügen, um ihn vom Stabe abzuziehen. Wiederholt man den Versuch an einem kantigen, oder mit einer rauhen Oberfläche versehenen Stab (Baumzweig), so wird man bemerken, dass jetzt beim Abziehen des Fadens ein grösserer Kraftaufwand erforderlich ist; denn beim Anziehen wird der Faden an die Unterlage angepresst und findet dann durch die starke Reibung an der Staboberfläche einen gewissen Halt. Analoge Verhältnisse gelten auch für die Ranken. Es ist für die eine Stütze umfassende Ranke von grosser Wichtigkeit, mit der Stützenoberfläche in möglichst innige Berührung zu treten. Dies wird einmal schon durch eine Vergrösserung der mit der Stütze überhaupt in direkten Kontakt kommenden Rankenoberfläche geschehen, also durch eine Verbreiterung des Querschnittes an der konkaven Seite, dann aber durch die Fähigkeit der an der konkaven Seite gelegenen peripherischen Gewebe, sich durch nachträgliche Wachstumsprozesse den Unebenheiten der stützenden Unterlage möglichst genau anzu-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0026-3

schmiegen. Um Verletzungen beim Anpressen an die Stütze zu entgehen, muss zugleich diesen Geweben der konkaven Seite, sofern sie sich nicht schon aus mechanischen Elementen zusammensetzen, noch nachträglich ein mehr oder minder mechanischer Charakter verliehen werden.

Wie aus diesen Betrachtungen über die Beanspruchung der der Stütze anliegenden Rankenteile folgt, wird auch hier der anatomische Bau an konkaver und konvexer Seite zweckmässig ein verschiedener, d. h. die Anordnung der Gewebe eine dorsiventrale in demselben Sinne wie in den federartig gekrümmten Teilen sein müssen. Wie dort, so ist auch hier der allseitig geschlossene mechanische Ring als die vorteilhafteste mechanische Konstruktion anzusehen, wie dort wird die grösste Häufung der mechanisch wirksamen Elemente an der konkaven Seite gefordert. Wie dort eine Erweiterung des Querschnittes nach der konkaven Seite hin vorteilhaft war, so ist dies, um die Kontaktfläche zwischen Ranke und Stütze zu vergrössern, auch hier der Fall. Auch hier werden daher nach Umschlingung einer Stütze, vor allem in den ursprünglich radial angelegten Ranken, besonders an der konkaven Seite weitgehende anatomische Aenderungen sich zeigen.

Auf Grund der bisherigen Erörterungen über die Beanspruchung der Ranken ergeben sich für den anatomischen Bau derselben hauptsächlich zwei Forderungen:

1) in Hinsicht auf die vorwiegend mechanische Beanspruchung der Ranke überhaupt: das prädominierende Auftreten der mechanisch wirksamen Gewebe.

2) in Hinsicht auf die Einseitigkeit der mechanischen Beanspruchung in den federartig gekrümmten und den der Stütze aufliegenden Teilen: die Dorsiventralität der Gewebeanordnung in den mittleren und oberen Regionen.

Die Untersuchung, in wie weit diese theoretisch aus der Beanspruchung abgeleiteten Forderungen im Bau der Ranke thatsächlich eingehalten sind, wird den Inhalt des nächsten Abschnittes bilden.

(Fortsetzung folgt.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03552-0027-8

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1887

Band/Volume: 70

Autor(en)/Author(s): Worgitzky G.

Artikel/Article: Vergleichende Anatomie der Ranken 17-25