

# Die Torsionen der Laubmoosseta.

Von Wilhelm Lorch.

Mit 1 Abbildung im Text.

## A. Experimenteller Teil.

Wichura, der sich durch seine in der „Flora“ 1846 veröffentlichten, also schon der Geschichte angehörigen „Beiträge zur Lehre der Blatt- und Knospenstellung“ einen geachteten Namen<sup>1)</sup> in der botanischen Wissenschaft erwarb, hat wohl als erster den Torsionen der Laubmoosseta sein Interesse zugewendet und darüber in der Publikation „Beiträge zur Physiologie der Laubmooße“<sup>2)</sup> berichtet. Seine Mitteilungen enthalten u. a. Angaben über den Einfluß des Lichtes auf die Fruchtstiele — Seten — der Laubmooße, weitere Abschnitte beschäftigen sich mit der Schraubenwindung und der im Wachsen begriffenen jugendlichen Seta.

Beinahe achtundfünfzig Jahre sind also seit dem Erscheinen der Abhandlung Wichuras dahingegangen, und man muß sich wirklich wundern, daß während dieser langen Zeit, in der doch die Spezialisierung auf allen Gebieten einen stetig wachsenden Umfang annahm, kein Botaniker der Aufgabe sich unterzog, die Drehungen der Laubmoosseta einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen und eine Erklärung für deren Ursache zu geben. Noch so manches andere Feld der bryologischen Forschung liegt gänzlich brach da; es werden demnach auch in der Zukunft Fragen gestellt werden können, auf die in der Vergangenheit keine oder eine nur sehr unbefriedigende Antwort erteilt wurde. Wichuras Darlegungen bedeuten indessen keinen Schritt vorwärts, und dies hat seinen Grund darin, daß dieser Forscher im großen und ganzen alles, was mit der Torsion der Laubmoosseta zusammenhängt, nur von außen, d. h. mehr makroskopisch betrachtete und dem Experiment, ohne das man auf dem fraglichen Gebiete nun einmal zu einem einigermaßen befriedigenden

<sup>1)</sup> Göbel in „Flora“, 1909. Zum hundertsten Bande.

<sup>2)</sup> Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. 1860. p. 193—204.

Ergebnis nicht gelangen kann, in bedenklicher Weise aus dem Wege ging. Hierfür nur ein Beispiel. Hätte W Ichura, um über die Torsionsfähigkeit der Seten von *Bryum* und *Mnium* Klarheit zu erlangen, nur einen einzigen Versuch angestellt, so würde er sich leicht von der Unrichtigkeit der Angabe, daß „die Fruchtstiele“ jener Gattungen „keine Spur einer Schraubendrehung“<sup>1)</sup> zeigen, leicht überzeugen können, denn tatsächlich führen die Seten aller *Brya* und *Mnia* bei Wasserverlust Torsionen aus. Es geht doch etwas zu weit, aus der oberflächlichen Beobachtung, daß die Seten genannter Gattungen „auch im Trocknen rund bleiben“, ohne weiteres den Schluß zu ziehen, daß sie nicht tordieren.

Wichuras Angaben erstrecken sich auch auf die bei manchen Seten im turgeszenten Zustand zu beobachtenden Spiralen, die aber mit denen durch Eintrocknung hervorgebrachten nichts zu tun haben. In der Natur stößt man nicht selten, besonders bei reichfruchtenden Laubmoosen, z. B. *Hypnum cupressiforme*, auf Seten, die einander spiraling umschlingen. Aus dem Perichaetium dieser Art steigt in der Regel nur ein Sporophyt empor. Zuweilen werden auch zwei Archegonien befruchtet. Geschieht dies gleichzeitig, so halten beide Sporophyten im Wachstum gleichen Schritt und umschlingen sich so, daß die Spirale der Seta des einen in die Zwischenräume der Seta des anderen hineingreift.

Meine Arbeit behandelt die Torsionsverhältnisse der Seta von einhundertundvier Laubmoosarten und enthält die Resultate von insgesamt eintausendeinhundertunddreifünfzig Versuchen. Sie zerfällt in zwei Teile, einen experimentellen und einen anatomisch-biologischen. Als ich mit der Versuchsanstellung begann, ahnte ich nicht, eine wie große Anzahl von „Geheimnissen“ der „simpeln“ Laubmoosseta innewohnt. Im Laufe der Untersuchungen tauchten immer wieder neue Fragen auf, deren Beantwortung ich mich nicht glaubte entziehen zu dürfen, sollte die Arbeit ein einigermaßen befriedigendes Ergebnis zeitigen.

### Versuchsanstellung.

Zunächst sei hervorgehoben, daß ich, um möglichst genaue Resultate zu erhalten, stets eine größere Anzahl von Versuchen anstellte, meist deren zehn, bisweilen auch zwanzig und dreißig. Ich hielt zehn Experimente für vollständig ausreichend und steigerte

<sup>1)</sup> p. 198.

deren Zahl auf zwanzig bzw. dreißig nur zu dem Zwecke, um einen Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, ob der Mittelwert, den die erste Versuchsreihe ergab, auch annähernd von der zweiten und dritten geliefert wurde. Die Ergebnisse der Kontrollversuche ergaben nun keine wesentliche Abweichung vom ersten Resultat, und so durfte ich wohl davon absehen, für alle übrigen in Betracht kommenden Fällen noch eine Überprüfung durch eine große Zahl ebenso zeitraubender wie mühevoller Experimente vorzunehmen. (Vgl. die Resultate der mit den Seten von *Leucobryum vulgare* angestellten 30 Versuche.) Eine unerlässliche Bedingung für das Gelingen der Versuche ist aber die, daß sämtliche Versuchsobjekte von derselben Fundstelle herrühren und hier gleichzeitig aufgenommen werden, denn Experimente mit Seten, die aus Rasen stammen, die zu verschiedenen Zeiten an mehreren Fundstellen gesammelt wurden, förderten ein ganz falsches Bild zutage.

Handelte es sich um gleichaltrige, d. h. auf ungefähr der gleichen Entwicklungsstufe stehende Seten, so machte es keinen Unterschied, ob frisches oder Herbarmaterial verwendet wurde, denn es ist nicht einzusehen, warum z. B. eine sogenannte „frische“, in Wirklichkeit trockene, zentralstranglose Seta von *Polytrichum commune*, deren Sporogon längst den Deckel abgeworfen und die Sporen entlassen hat, sich anders verhalten sollte, als ein dem Herbar entnommenes Objekt von demselben Zustand. Einerlei, ob es sich nun um frisches oder Herbarmaterial handelt, stets wurde es erst mehrere Tage lang in öfter gewechseltes Wasser gebracht, denn es hatte sich herausgestellt, daß die Durchtränkung mit Wasser immer längere Zeit in Anspruch nahm. Versuche mit Seten, die verschieden lange Zeit in Wasser gelegen hatten, lieferten nämlich durchaus abweichende Ergebnisse. (Siehe Tabelle I.)

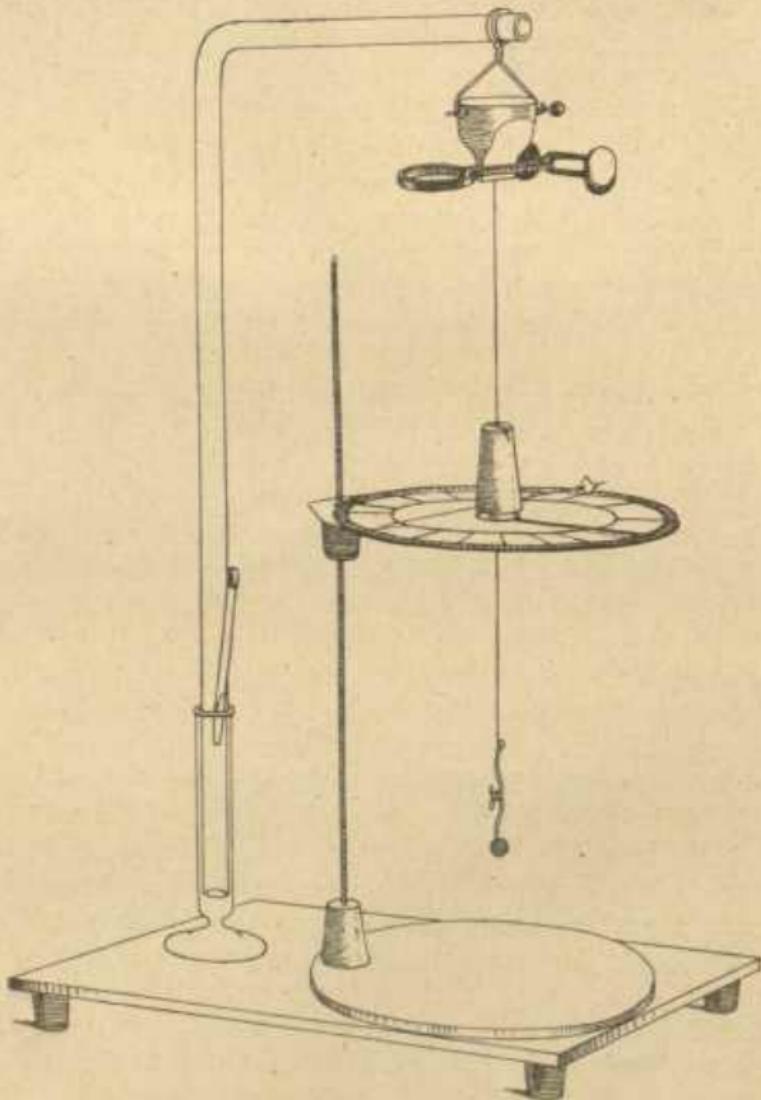
Bekanntlich schwanken die Setenlängen der Laubmoosarten zwischen sehr bedeutenden Grenzen. Den Riesenseten von *Polytrichum commune* und mehreren anderen Arten dieser Gattung, von *Meesea longiseta*, *Aulacomnium palustre*, vielen *Bryum-* und *Mnium-* Spezies, von zahlreichen Vertretern aus der Reihe der *Pleurocarpi* usw. stehen die zwerghaften Erscheinungen von *Pottia*, *Grimmia*, vielen *Racomitrien*, *Bartramia* u. a. gegenüber. Mit einer starren *Polytrichum*-Seta kann man wesentlich leichter experimentieren, als mit einer solchen von *Trichostomum pallidisetum* oder *Pottia Heinii*, schon aus dem Grunde, weil jene einen solch großen Durchmesser besitzt, daß sie leicht mit einer wagrecht eingeführten feinen Nadel durchstochen werden kann, was bei der weitaus größten Mehrzahl der Seten anderer Laubmoose nicht möglich ist. Die kräftigen Seten

von *Polytrichum* u. a. boten infolge ihrer Starrheit außerdem den Vorteil, daß sie mit dem Fuße eingespannt werden konnten, während das obere Sporogonende frei blieb, die Aussehläge der Nadel konnten also hier sofort abgelesen werden, da bei ihnen die Vorzeichen den natürlichen Verhältnissen entsprachen. Bei allen übrigen Versuchen mußten dagegen beide Enden der Seta befestigt werden, und da die Objekte eine vertikale Lage einnahmen, das Sporogonende aber sich nicht mitdrehen konnte, so übertrug sich die Torsion auf die am Fuße der Seta angebrachte Nadel. Aber diese Art der Versuchsanstellung änderte an dem Resultate nicht das mindeste, nur müssen alle Aussehläge, wie sich von selbst versteht, mit den entgegengesetzten Vorzeichen versehen werden. In den Tabellen habe ich hiervon Abstand genommen. Es sei aber auf diesen Punkt hier ausdrücklich hingewiesen, um eventuellen Mißverständnissen vorzubeugen.

Die Seten vieler Laubmooose beginnen, sobald sie aus dem Wasser genommen werden, sofort zu tordieren, und oft vollzieht sich die Drehung mit soleher Geschwindigkeit, daß die gespannteste Aufmerksamkeit erforderlich ist, um mit ziemlicher Genauigkeit festzustellen, wieviel Zeit eine volle Umdrehung in Anspruch genommen hat. Es mußte also die größte Sorgfalt darauf verwendet werden, daß die Seta erst zu tordieren begann, wenn die horizontal schwebende Nadel auf  $0^{\circ}$  des Vollkreises eingestellt war. Nachdem das Versuchsobjekt mit einem Teil des Sporogons in den Spalt eines für diese Zwecke eigens zurechtgeschnittenen Korkstückes eingeführt und durch eine federnde Klemme befestigt worden war, wurde das untere Ende mit der Pinzette in den federnden Spalt eines sehr leichten Korksäulehens geschoben, das in seinem unteren Teil von einer sehr feinen Nähnadel wagerecht durchsetzt war. Bevor das nun für die Versuchsanstellung fertige Objekt aufgehängt wurde, legte ich es noch einmal mehrere Minuten in Wasser. Bei vielen Seten mußte die Aufhängung sehr schnell bewerkstelligt werden, damit die Nadel noch mit Sicherheit auf  $0$  Grad eingestellt werden konnte. Um die Seta in senkreechter Lage während der Drehung zu erhalten, beschwerte ich das Korksäülchen mit einem kleinen Schrotkorn, das ich mit Siegellack an die untere Basisfläche anklebte. Damit der Gang der Nadel für das Auge deutlich erkennbar wurde, versah ich deren auf den Ausgangspunkt der Drehung einzustellendes Ende mit einem winzigen Korkflitterchen.

Kork, Siegellaek, Glasrohr von verschiedenem Lumen, runde und vierseitige Glasplatten, Strick-, Steck- und Nähnadeln, verzinkter Draht, zwei zu einem Vollkreis zusammengefügte Transpor-

teure aus Papier und zugeschärfte Streichhölzchen bildeten das Material, aus denen die Apparate für die Torsionsversuche hergestellt wurden. Überflüssiges Wasser beseitigte ich mit Fließpapierstreifen. Die Apparate mußten den Längenverhältnissen der Seten



Rechnung tragen und noch für viele andere Punkte zweckentsprechend eingerichtet sein: Besonderes Gewicht wurde auf Stabilität gelegt; es mußte vermieden werden, daß durch die sich drehende Seta eine seitliche Bewegung an der Aufhängungsstelle hervorgerufen wurde.

Am schmalen Rande einer rechteckigen Glasplatte wurde mit Siegellack der Fuß eines 16 cm hohen Reagenzyinders aufgeheftet,

dessen lichte Weite 0,8 cm betrug. (Siehe Figur.) Der längere Schenkel eines rechtwinklig umgebogenen Glasstabes konnte in dem Hohlraum des Reagenzzyinders vermittelst eines Kartonstreifens arretiert werden. Das kürzere Stück des Glasstabes trug an seinem freien Ende einen vermittelst Zange fest angedrehten, dünnen, verzinkten Draht, dessen freie Enden nach vorn kurz umgebogen waren und zur Aufnahme des von einer starken Nadel wagerecht durchbohrten Korkes diente. Der zweite Teil des Apparates bestand aus folgenden Stücken. Eine runde Glasplatte trug am Rande einen Kork, in dem eine senkrecht eingeführte Stricknadel steckte. Ein anderer Kork, der ebenfalls von der Stricknadel durchsetzt war, trug den wagerecht stehenden Vollkreis, der also beliebig nach oben und unten und nach der Seite verschoben werden konnte. In der Mitte des Vollkreises befand sich eine kreisförmige Öffnung, zu der von der Peripherie ein ca. 1,5 mm breiter Ausschnitt führte. Durch diesen Spalt konnte mit Leichtigkeit, falls, wie es bei langen Seten der Fall war, ein längerer Faden das geringe Gewicht trug, das Objekt binnen wenigen Sekunden eingeführt und aufgehängt werden. Bei Versuchen mit kürzeren Seten kam der zweite Teil des geschilderten Apparates in Fortfall. Die Nadel schwebte über einem auf einer Glasplatte aufgeklebten Vollkreis. Durch Verschiebung des rechtwinklig umgebogenen Glasstabs bzw. durch Verwendung planparalleler Glasplatten, auf die der Vollkreis aufgelegt wurde, konnte binnen weniger Sekunden die Nadel in die passende Lage versetzt werden.

### I. Versuchsreihe.

In erster Linie war die Frage zu beantworten, ob und inwieweit die Torsionen der Laubmoosseta von dem Grade ihrer Durchtränkung mit Wasser beeinflußt werden. Wenn auch im voraus angenommen werden durfte, daß Objekte, die zehn, dreißig und mehr Minuten im Wasser gelegen hatten, hinsichtlich der Größe der Torsion verschiedene Werte liefern würden, so konnte doch von der Anstellung von Versuchen nicht Abstand genommen werden, da nur mit Hilfe des Experimentes zuverlässige Aufschlüsse zu erzielen sind. Als Versuchsstoffe für diese Reihe wählte ich alte Seten von *Hylocomium brevirostre* Br. et Schimp. und stellte mit je einer Seta drei bis vier Versuche an. Jede Seta wurde zuvor lufttrocken gemacht. Darauf gelangte sie zunächst fünf Minuten in Wasser. Etwa adhärierende Luft beseitigte ich mit einem feinen Marderhaarpinsel. Nach Ablauf von fünf Minuten wurde sie schnell eingespannt, dabei aber stets unter Wasser gehalten. Schnell wurde die Nadel auf 0 Grad eingestellt. Blieb sie einige Zeit hier stehen, so war die Ver-

suchsanstellung durchaus einwandfrei. Unter keinen Umständen durfte die Drehung schon bei der Einstellung der Nadel auf 0 Grad im Gange sein. Während der Torsion wurde der Gang der Nadel scharf beobachtet, die gefundenen Ausschläge trug ich in die nachstehende Tabelle ein. Erst, nachdem die Nadel vollständig zur Ruhe gekommen war, wurde das Versuchsobjekt abgenommen, dann wieder lufttrocken gemacht und mit ihm in gleicher Weise wie beim ersten Experiment verfahren.

I. T a b e l l e.

Ver- such	Die Seta lag im Wasser. Zeit in Minuten	Ausschlag					Gesamt- ausschlag	Gesamt- aus- schlag	
		I	II	III	IV	V			
							+	-	
A	1	5	580°—	12°+	67°—	5°+	.	17°	647°
	2	10	580°—	20°+	40°—	10°+	.	30°	620°
	3	30	981°—	5°+	19°—	5°+	.	10°	1000°
	4	60	1042°—	4°+	.	.	.	4°	1042°
B	1	10	460°—	8°+	3°—	.	.	8°	463°
	2	30	725°—	15°+	5°—	6°+	.	21°	730°
	3	60	1025°—	179°+	3°—	32°+	.	211°	1026°
C	1	5	582°—	.	.	.	.	582°	582°
	2	15	602°—	117°+	5°—	38°+	8°—	155°	615°
	3	62	1032°—	17°+	15°—	10°+	.	27°	1122°
D	1	5	740°—	.	.	.	.	740°	740°
	2	15	669°—	13°+	.	.	.	13°	669°
	3	30	765°—	25°+	5°—	55°+	.	75°	770°
	4	90	1458°—	148°+	15°—	50°+	.	198°	1473°
E	1	5	745°—	30°+	5°—	.	.	30°	750°
	2	30	837°—	10°+	20°—	185°+	.	195°	857°
	3	136	1190°—	195°+	5°—	35°+	.	230°	1195°
F	1	5	1123°—	87°+	45°—	5°+	.	92°	1167°
	2	30	1203°—	138°+	.	.	.	138°	1203°
	3	90	1400°—	50°+	36°—	5°+	50°—	55°	1485°

**Hauptergebnis:** Die Gesamtausschläge beweisen, daß die Größe der Torsion abhängig ist von dem Wassergehalt der Seta.

**Nebenergebnisse:** Die Nadel dreht zuerst stets nach links. Der Gesamtausschlag nach links ist immer größer, als der nach rechts. Es wurden bis zu fünf Ausschläger gezählt.

**Zusatz:** In diese Tabelle habe ich unter A. und D. auch Zahlen aufgenommen, die dem Hauptergebnis zu widersprechen scheinen. In beiden Fällen handelte es sich darum, zu zeigen, daß unter Umständen der Gesamtausschlag etwas geringer sein kann, wenn das Objekt, verglichen mit dem zu dem vorangegangenen Versuch be-

nutzten, nur wenig länger im Wasser zugebracht hat. Beim ersten Versuch unter A. verweilte die Seta fünf Minuten im Wasser, beim zweiten nur zehn Minuten, und es kamen die Gesamtausschläge  $664^{\circ}$  und  $650^{\circ}$  zustande. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den ersten beiden Versuchen unter D. Es ergab sich bei Versuch 2 ein Gesamtausschlag von  $682^{\circ}$  gegen  $740^{\circ}$  des ersten Versuchs. Ein Blick in die Tabelle läßt aber deutlich erkennen, daß, sobald längere Zeitdifferenzen (5,30 und 60 Minuten; 10,30 und 60 Minuten; 5,30 und 90 Minuten; 5,30 und 136 Minuten; 5,30 und 90 Minuten) in Frage kommen, die Gesamtausschläge dem Hauptergebnis vollkommen entsprechen.

## II. Versuchsreihe.

Nicht nur die Größe der Torsion hängt von dem jeweiligen Gehalt der Seta an Wasser ab, sondern auch die Winkelgeschwindigkeit. Unter dieser versteht man den in der Zeiteinheit auf dem Kreise vom Radius 1 durchlaufenen Bogen. Dieser ist dem zugehörigen Winkel gleichzusetzen. Bezeichnet man mit  $w$  die Winkelgeschwindigkeit, mit  $T$  die Umlaufszeit, die nötig ist, um den ganzen Kreis zu durchlaufen, so gilt die Formel:

$$w = \frac{2\pi}{T}$$

Wie aus der II. Tabelle ersichtlich ist, ändert sich je nach dem Grade der Durchtränkung mit Wasser die Zahl der vollen Umdrehungen öfter. Bei den unter A. aufgeführten Ergebnissen durchlief die Nadel z. B. bei dem ersten Versuch viermal den Kreis, während sie nach längerem Verweilen im Wasser (A. 2. und 3.) fünf volle Torsionen ausführte. Noch größer ist der Unterschied bei den Versuchen unter C. (Bei 1 vier, bei 2 fünf, bei 3 siebenmal  $360^{\circ}$ .) Für die Berechnung der Winkelgeschwindigkeit konnten für die Versuche unter A. jedesmal nur die vier ersten Umdrehungen in Betracht kommen, dasselbe gilt von den Versuchen unter C.

Um zuverlässige Resultate zu erhalten, verfuhr ich in derselben Weise wie bei der ersten Versuchsreihe. Aber nicht jede Seta eignete sich als Versuchsobjekt. So schieden z. B. alle Laubmose aus, deren Seten abwechselnd nach rechts und nach links drehen. Sehr geeignet erschienen mir die Seten des nicht gerade seltenen *Ditrichum homomallum* Hampe aus dem Grunde, weil sie, wie früher angestellte Versuche zeigten, um einen sehr großen Betrag nach links drehen und die Torsion sich bei ihnen in einem Tempo vollzieht, das bei Überschreitung der Nadel an der Ausgangsstellung bequem die Ablesung der Sekundenzahl ermöglicht. Außerdem geht die Drehung bei dieser Art ziemlich gleichmäßig, nicht ruckweise vor sich.

## II. Tabelle.

Ver- such	Die Seta lag im Wasser. Zeit in Minuten	Die Nadel drehte um $360^{\circ}$ Zeit in Sekunden							Zur Vollendung von	Sekunden	W*)	Ge- sam- aus- schlag
		I	II	III	IV	V	VI	VII				
A	1 20	111	137	235	1153	.	.	.	4 vollen Torsi- onen brauchte die Nadel	1636	0,0154	150
	2 60	160	90	122	414	722	.	.		786	0,03198	1950
	3 180	133	77	134	256	2278	.	.		600	0,0419	1955
B	1 20	165	176	229	525	940	.	.	5 vollen Torsi- onen brauchte die Nadel	2085	0,0154	1920
	2 60	182	83	111	197	782	.	.		1365	0,0232	2120
	3 180	146	79	93	142	398	.	.		858	0,0366	2375
C	1 20	64	61	122	1893	.	.	.	4 vollen Torsi- onen brauchte die Nadel	2140	0,01175	1480
	2 60	127	88	109	208	2620	.	.		532	0,04726	1890
	3 180	198	100	99	103	100	190	360		500	0,0503	2965
D	1 20	116	169	315	930	.	.	.	4 vollen Torsi- onen brauchte die Nadel	1530	0,0164	1500
	2 60	203	192	265	688	.	.	.		1348	0,01865	1560
	3 180	205	93	105	164	.	.	.		577	0,0436	1760
E	1 20	113	176	293	746	3600	.	.	5 vollen Torsi- onen brauchte die Nadel	4928	0,00637	1890
	2 60	172	111	124	245	2982	.	.		3634	0,0086	1890
	3 180	315	115	90	195	365	.	.		1080	0,0291	2580

\*) W = Winkelgeschwindigkeit.

**Hauptergebnis:** Die Winkelgeschwindigkeit ist um so größer, je länger die Seta im Wasser verweilt hat.

**Nebenergebnis:** Die Versuche der zweiten Reihe bestätigen das Hauptergebnis der Versuche der ersten Reihe. (Siehe Gesamt-ausschläge.)

**Zusatz:** Die Seten von *Ditrichum homomallum* Hampe erzeugen weit größere Gesamtausschläge, als in dieser Tabelle angegeben sind. Daraus geht hervor, daß es nicht genügt, die Seten drei Stunden unter Wasser zu halten, um sie in den Stand zu setzen, ihre volle Torsionsfähigkeit zur Geltung zu bringen. Der mittlere Gesamt-ausschlag der 15 Versuche dieser Tabelle beträgt  $1944^{\circ}$ . Mit den Seten dieser Art habe ich zur Beantwortung von Fragen, die mit der in der zweiten Versuchsreihe gestellten in keiner Beziehung stehen, noch weitere zwanzig Versuche angestellt und die viel größeren Mittelwerte von  $4010^{\circ}$  und  $4074^{\circ}$  ermittelt. Dies hat seinen Grund darin, daß die Seten tagelang vor der Versuchsanstellung in Wasser gelegen hatten und als vollständig durchtränkt angesehen werden durften. Ich möchte noch darauf hinweisen, daß bei solch großen Mittelwerten ( $4010^{\circ}$  und  $4074^{\circ}$ ) die Differenz von  $64^{\circ}$  als recht gering bezeichnet werden muß.

## III. Versuchsreihe.

Es lag die Vermutung nahe, daß die Winkelgeschwindigkeit der tordierenden Seta nicht nur von dem Wassergehalt, sondern auch vom Alter abhängig ist. Dieser Punkt mußte ebenfalls experimentell geprüft werden. Zu den Versuchen verwendete ich *Dicranum scoparium* Hedw., dessen Seten gleich denen von *Ditrichum homomallum* Hampe, wenn auch viel langsamer, ausgiebig nach links drehen. Alte und junge Seten jener Art brachten mehrere Tage hindurch in untergetauchtem Zustande im Wasser zu, so daß sie bei der Versuchsanstellung als gleichmäßig durchtränkt angesehen werden durften. In der III. Tabelle sind unter B. auch die Zahlen der Schraubenwindungen aufgeführt, die an den völlig eingetrockneten Seten unter dem Mikroskop ermittelt wurden.

III. Tabelle.

Versuch	Länge der Seta in cm	Die Nadel drehte um 360° in		Gesamt- ausschlag —	Zahl der Schrauben- windungen	W
		Minuten	Sekunden			
A. Alte Seten.						
1	3,8	9	.	1254°		0,0116
		6	.			0,0174
2	3,6	15	.	1268°		0,00698
		4	.			0,0262
		2	30			0,0419
		12	.			0,0087
3	3,16	5	30	1497°		0,0190
		5	.			0,0203
		10	.			0,0169
		75	.			0,0014
		5	.			0,0140
4	3,65	4	.	1377°		0,0262
		9	.			0,0110
		53	.			0,0019
B. Junge Seten.						
1	4,1	57	.	1887°	11	0,0019
		40	.			0,0026
		39	.			0,0027
		54	.			0,0019
2	3,9	49	.	2003°	13	0,0021
		46	30			0,0023
		42	30			0,0024
		53	.			0,0019
		110	.			0,00095
3	3,8	60	.	2150°	15	0,0017
		43	30			0,0024
		46	30			0,0023
		59	.			0,0018
		88	.			0,0012
		73	.			0,0015
		18	.			0,0059
4	4,3	9	30	2556°	19	0,0110
		13	30			0,0078
		33	30			0,0031
		45	30			0,0058
		64	.			0,0014

**Hauptergebnis:** Die Winkelgeschwindigkeit der drehenden Seta ist auch vom Alter derselben abhängig. Es sei auf die in der letzten Kolumne (unter w) mitgeteilten Zahlen hingewiesen.

#### IV. Versuchsreihe.

Bei den Versuchen der III. Versuchsreihe, deren Objekte aus verschiedenen Rasen stammten, handelte es sich darum, nachzuweisen, daß die Winkelgeschwindigkeit alter und junger Seten verschieden ist. Die Frage aber, ob die Größe der Torsion selbst, bzw. die Mittelwerte der Gesamtausschläge von zehn und mehr Versuchen ebenfalls bei alten und jungen Seten irgendwelche Differenzen aufweisen, wurde dadurch nicht beantwortet. Die Winkelgeschwindigkeit kommt also bei den Experimenten dieser Reihe nicht in Betracht.

Im Gegensatz zu den meist sehr hinfälligen Sporogonstielen der Lebermoose besitzen die Seten der Laubmoose infolge ihres kräftigeren anatomischen Aufbaues in der Regel eine sehr bedeutende Lebensdauer, so daß man nicht selten Gelegenheit hat, in einem und demselben Rasen Seten aus mehreren Vegetationsperioden anzutreffen. Ein Rasen von *Funaria hygrometrica* Sibbh. enthält fast immer alte Sporophyten vom letzten Jahre und eine große Anzahl jüngerer, die auf den verschiedensten Entwicklungsstufen stehen. Zur Versuchsanstellung eignet sich aber *Funaria hygrometrica* aus hier nicht näher darzulegenden Gründen wenig. Ich wählte die hochalpine, seltene *Voitia nivalis* Hornsch., die Exemplare stammten aus dem Herbar Breidler und waren im Jahre 1871 auf grasigen Triften bei Windischmatrie in Tirol in einer Höhe von 8000' bis 8300' gesammelt. (Siehe Tabelle S. 51.)

**Hauptergebnis:** Die alten Seten (6 Versuche) hatten die Fähigkeit zu tordieren, erheblich eingebüßt, denn der mittlere Gesamtausschlag beträgt nur  $652^{\circ}$ , und dieser Wert würde sich auch bei einer größeren Anzahl von Versuchen kaum merklich verändert haben. Seten von mittlerem Alter (5 Versuche) brachten es zu einem mittleren Gesamtausschlag von  $1266^{\circ}$ , während solche in noch jugendlichem Zustand (3 Versuche) nur einen solchen von  $1013^{\circ}$  lieferten. Den bedeutendsten Mittelwert (2 Versuche) ergaben die reifen Seten. Die Zahlen sind in jeder Beziehung interessant. Zu einer Zeit, zu der das Sporogon sich anschickt, den Deckel abzuwerfen und die Sporen zu entlassen, besitzt die Seta auch die größte Torsionsfähigkeit, eine Erscheinung, die durchaus verständlich ist, weil sie den natürlichen Bedürfnissen Rechnung trägt. Haben die Seten ihre Aufgabe

bei der Sporenstreuung erfüllt, so erleidet ihre Torsionsfähigkeit eine starke Einbuße. Die Mittelwerte  $1013^{\circ}$  (von sehr jungen Seten) und  $1266^{\circ}$  (von solchen in mittlerem Alter) führen schließlich aufwärts zum höchsten Mittelwert von  $1662^{\circ}$  (von reifen Seten).

## IV. Tabelle.

	Ver- such	Seten- länge (cm)	Zahl der Aus- schläge	Ausschlag			Gesamt- ausschlag		Ge- samtaus- schlag	Mittlerer Gesamtaus- schlag
				I	II	III	+	-		
Seta alt	1	2,2	1	$599^{\circ}+$	.	.	$599^{\circ}$	.	$599^{\circ}$	$652^{\circ}$
	2	2	2	$30^{\circ}-$	$305^{\circ}+$	.	$305^{\circ}$	$30^{\circ}$	$335^{\circ}$	
	3	2,1	1	$948^{\circ}+$	.	.	$948^{\circ}$	.	$948^{\circ}$	
	4	2,2	1	$565^{\circ}+$	.	.	$565^{\circ}$	.	$565^{\circ}$	
	5	2	1	$863^{\circ}+$	.	.	$863^{\circ}$	.	$863^{\circ}$	
	6	1,85	1	$603^{\circ}+$	.	.	$603^{\circ}$	.	$603^{\circ}$	
Seta reif	7	2,2	3	$1600^{\circ}+$	$30^{\circ}-$	$75^{\circ}+$	$1675^{\circ}$	$30^{\circ}$	$1705^{\circ}$	$1662^{\circ}$
	8	2,75	1	$1620^{\circ}+$	.	.	$1620^{\circ}$	.	$1620^{\circ}$	
Seta von mitt- lerem Alter	9	2,3	1	$1203^{\circ}+$	.	.	$1203^{\circ}$	.	$1203^{\circ}$	$1266^{\circ}$
	10	2,5	3	$1445^{\circ}+$	$5^{\circ}-$	$5^{\circ}+$	$1450^{\circ}$	.	$1455^{\circ}$	
	11	2,5	1	$1130^{\circ}+$	.	.	$1130^{\circ}$	.	$1130^{\circ}$	
	12	2,5	1	$1290^{\circ}+$	.	.	$1290^{\circ}$	.	$1290^{\circ}$	
Seta jung	13	2,4	3	$1160^{\circ}+$	$15^{\circ}-$	$90^{\circ}+$	$1250^{\circ}$	$15^{\circ}$	$1265^{\circ}$	$1013^{\circ}$
	14	2,4	3	$990^{\circ}+$	$13^{\circ}-$	$13^{\circ}+$	$1003^{\circ}$	$13^{\circ}$	$1016^{\circ}$	
	15	2,5	1	$1010^{\circ}+$	.	.	$1010^{\circ}$	.	$1010^{\circ}$	
	16	2,1	1	$2118^{\circ}+$	.	.	$2118^{\circ}$	.	$2118^{\circ}$	

**Nebenergebnisse:** Mit einer Ausnahme (Versuch 2) drehen alle Seten zuerst nach rechts. Der Gesamtausschlag nach rechts ist immer größer, als der nach links. Es wurden bis zu drei Ausschlägen gezählt.

## V. Versuchsreihe.

Sehr brauchbare Resultate lieferte auch eine Reihe von Versuchen (20) mit Seten von *Mnium cuspidatum* Leyss. Die alten Seten waren dunkelrotbraun gefärbt, die jüngeren besaßen eine hellbräunlichgelbe Färbung und hatten, wie die alten, den Deckel abgeworfen. Die alten Seten stammten aus dem Jahre 1915, die jüngeren aus dem Jahre 1916.

## V. Tabelle.

Ver- such	Länge der Seta in cm	I	II	III	IV	V	Gesamtaus- schlag		Gesamt- ausschlag
		Ausschlag					+	-	
<b>A. Alte Seten.</b>									
1	1,65	73°—	6°+	28°—	45°+	.	51°	101°	152°
2	1,6	8°—	20°+	2°—	50°+	.	70°	10°	80°
3	1,6	35°+	5°—	60°+	4°—	.	95°	9°	104°
4	2,4	45°+	143°+	7°+	.	.	52°	143°	195°
5	2,65	6°—	16°+	6°—	55°+	.	71°	12°	83°
6	2,45	2°+	360°—	.	.	.	2°	360°	362°
7	2,2	18°—	108°+	11°—	.	.	108°	29°	137°
8	1,8	24°—	157°+	.	.	.	157°	24°	171°
9	1,65	100°—	84°+	.	.	.	84°	100°	184°
10	1,5	2°—	100°+	.	.	.	100°	2°	102°
<b>B. Junge Seten.</b>									
1	2,5	130°+	50°—	35°+	.	.	165°	50°	215°
2	2,1	40°—	100°+	10°—	75°+	.	175°	50°	225°
3	2,05	8°—	20°+	2°—	50°+	.	70°	10°	80°
4	1,95	361°+	15°—	.	.	.	361°	15°	376°
5	1,95	2°—	292°+	.	.	.	292°	2°	294°
6	1,95	35°+	10°—	55°+	.	.	90°	10°	100°
7	2,5	1°+	6°—	338°+	.	.	339°	6°	345°
8	2,45	3°—	53°+	7°—	9°+	232°—	62°	242°	304°
9	2,3	21°—	4°—	303°—	101°+	.	105°	324°	429°
10	2,5	280°+	.	.	.	.	280°	.	280°

**Hauptergebnis:** Die alten Seten brachten einen mittleren Gesamtausschlag von 158°, die jüngeren einen solchen von 264° hervor.

**Nebenergebnis:** Die Drehungen vollziehen sich, wie bei den meisten *Mnium*-Arten, ungemein langsam. Die Zahl der Ausschläge schwankt zwischen 1 und 5. Die Nadel beginnt mit einem Ausschlag nach rechts oder nach links. Bald ist der Gesamtausschlag nach rechts größer als der nach links, bald ist das Umgekehrte der Fall.

**Zusatz:** Der mittlere Gesamtausschlag ist also bei alten Seten viel kleiner als bei jüngeren. Bei den sehr geringen mittleren Gesamtausschlägen von 264° und 158° kann die bedeutende Differenz von 106 nicht vernachlässigt werden. Bleiben die in der Tabelle aufgeführten kleinen Ausschläge (bis 10° einschl.) unberücksichtigt, so schwankt die Zahl der Ausschläge zwischen 1 und 3, die aus den gefundenen Mittelwerten der Gesamtausschläge beträgt dann 105°, weicht also nur um eine Einheit von der zuerst berechneten Differenz ab.

## VI. Versuchsreihe.

In den Zusätzen und Tabellen der ersten fünf Versuchsreihen kehrt oft der Ausdruck „Mittlerer Gesamtausschlag“ wieder. Es ist darunter das arithmetische Mittel aus der Summe aller Gesamt-ausschläge zu verstehen. Mit dieser Definition ist aber an und für sich nichts anzufangen, es mußte auch auf experimentellem Wege der Nachweis erbracht werden, daß ein solcher „Mittlerer Gesamt-ausschlag“ in Wirklichkeit existiert und für die Beurteilung der zu lösenden Fragen von Bedeutung ist. Die Ergebnisse der Versuche haben nur unter der Bedingung den Wert einer gewissen Gesetzmäßigkeit, wenn sie sich auf Versuche stützen, die mit Objekten gleicher Entwicklungsstufe, also gleichen Alters, angestellt werden. Zur Versuchsanstellung eignen sich am meisten reife Seten. Ich wählte *Leucobryum vulgare* Hampe und stellte damit zunächst zehn Versuche an. Um Klarheit darüber zu erlangen, ob der auf Grund der Resultate der ersten Versuchsreihe ermittelte mittlere Gesamt-ausschlag wirklich als soleher aufgefaßt werden darf, ließ ich mir die Mühe nicht verdirßen, durch noch zwei weitere Versuchsreihen von je zehn Versuchen das Ergebnis der ersten zu überprüfen. Die Seten brachten mehrere Tage im Wasser zu.

VI. Tabelle.

Ver-such	Länge der Seta in cm	Aus-schlag	Mittlerer Gesamtaus-schlag	Ver-such	Länge der Seta in cm	Aus-schlag	Mittlerer Gesamtaus-schlag	Ver-such	Länge der Seta in cm	Aus-schlag	Mittlerer Gesamtaus-schlag
1	1,2	755°		11	1,2	1295°		21	0,95	975°	
2	1,15	1092°		12	0,85	1240°		22	1,05	1170°	
3	1	988°		13	0,9	1035°		23	1,15	838°	
4	1,05	870°		14	0,95	970°		24	1,15	775°	
5	0,9	1190°		15	1	777°		25	1,05	1135°	
6	1	1188°	1046°	16	0,9	1015°	1018°	26	1,2	1235°	1014°
7	1,1	1402°		17	0,95	630°		27	1,1	1055°	
8	1,05	700°		18	1,05	875°		28	1,15	1048°	
9	1,1	1448°		19	1,05	1095°		29	1,2	1168°	
10	1,1	835°		20	1,15	1260°		30	1,25	750°	

Erste Versuchsreihe.

Zweite Versuchsreihe.

Dritte Versuchsreihe.

**Hauptergebnis:** Der mittlere Gesamtausschlag der ersten Versuchsreihe beträgt 1046°, der der zweiten 1018°, der der dritten 1014°. Durch die Ergebnisse dieser drei Versuchsreihen ist der Nachweis geliefert, daß es in der Tat einen mittleren Gesamtausschlag gibt, dem eine gewisse Gesetzmäßigkeit nicht abgesprochen werden kann.

**Nebenergebnis:** Die Seten von *Leucobryum vulgare* Hampe drehen ausnahmslos nach links. Sie tordieren anfangs verhältnismäßig langsam, dann tritt eine merkliche Beschleunigung in der Bewegung ein, die durch eine allmählich zunehmende Verzögerung abgelöst wird. Die Seten bringen nur einen Ausschlag hervor.

**Zusatz:** Bei den verhältnismäßig großen Werten für den mittleren Gesamtausschlag ( $1046^{\circ}$ ,  $1018^{\circ}$ ,  $1014^{\circ}$ ) wollen die kleinen Differenzen von  $28^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$  und  $4^{\circ}$  nichts bedeuten. Das arithmetische Mittel aus jenen drei Werten ist  $1023^{\circ}$ . Nimmt man das arithmetische Mittel der drei kleinsten (Versuch 8, 17, 30) und der drei größten Gesamtausschläge (Versuch 9, 11, 26), so erhält man  $1005^{\circ}$ , eine Zahl, die von  $1023^{\circ}$  nicht allzuweit entfernt ist.

Es ist kaum anzunehmen, daß sich die Seten anderer Laubmoose hinsichtlich des Punktes „Mittlerer Gesamtausschlag“ anders verhalten sollten, als die von *Leucobryum vulgare* Hampe. Ich müßte aber den Rest meines Lebens mit der Anstellung von Versuchen ausfüllen, um auf diese Frage eine ausreichende Antwort erteilen zu können. Deshalb lasse ich mir an den Resultaten zweier Versuchsreihen mit Seten von *Ditrichum homomallum* Hampe genügen. Den mittleren Gesamtausschlag von zehn Versuchen der ersten Reihe ermittelte ich mit  $4010^{\circ}$ , den von einer gleichen Anzahl von Versuchen der zweiten Reihe mit  $4074^{\circ}$ . Der Unterschied beläuft sich also nur auf  $64^{\circ}$ .

## VII. Versuchsreihe.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Laubmoosseta zu einer ganz bestimmten Zeit ihre größte Torsionsfähigkeit besitzt. Sehr nahe liegt der Gedanke, daß ihre bedeutendste Kraftentfaltung in die Zeit fällt, kurz bevor der Deckel abgeworfen wird. In einem Rasen von *Racomitrium fasciculare* Brid. fand ich größere Mengen auf ungefähr gleicher Entwicklungsstufe stehender Sporophyten. Zum Teil hatten die Sporogonien den Deckel abgeworfen, zum Teil besaßen sie ihn noch. Um Einwendungen gegen die Versuchsanstellung zu begegnen, sei hiermit ausdrücklich darauf hingewiesen, daß alle Sporophyten demselben Jahrgang angehörten, die mit entdeckelten Sporogonien also nicht aus dem vorhergehenden Jahre stammten. Es kamen zunächst die Versuche mit Sporophyten mit Deckel an die Reihe, ihnen ließ ich dann die mit unbedeckeltem Sporogon folgen.

## VII. Tabelle.

Ver- such	Länge der Seta in cm	Zahl der Aus- schläge		I	II	III	Gesamt- ausschlag	Ge- samtaus- schlag	Mittlerer Gesamt- ausschlag
				Ausschlag	+   -				
<b>A. Mit Deckel.</b>									
1	1	3	370°—	5°+	28°—	5°	398°	403°	
2	0,9	1	660°—	.	.	.	660°	660°	
3	0,9	2	393°—	76°+	.	76°	393°	469°	
4	0,85	3	195°—	4°+	62°—	4°	257°	261°	
5	0,9	1	390°—	.	.	.	390°	390°	
6	0,95	1	522°—	.	.	.	522°	522°	
7	1,15	1	880°—	.	.	.	880°	880°	
8	1,1	1	420°—	.	.	.	420°	420°	
9	1	3	240°—	6°+	111°—	6°	351°	357°	
10	1	3	365°—	18°+	63°—	18°	428°	446°	
490°									
<b>B. Ohne Deckel.</b>									
11	1,1	3	495°—	4°+	142°—	4°	637°	641°	
12	0,9	2	5°+	295°—	.	5°	295°	300°	
13	0,9	3	448°—	12°+	56°—	12°	504°	516°	
14	0,85	3	94°—	14°+	85°—	14°	179°	193°	
15	1,1	1	320°—	.	.	.	320°	320°	
16	0,95	3	230°—	14°+	32°—	14°	262°	276°	
17	1	1	435°—	.	.	.	435°	435°	
18	0,85	3	170°—	5°+	95°—	5°	265°	270°	
19	1	1	440°—	.	.	.	448°	440°	
20	0,9	3	150°—	10°+	188°—	10°	338°	348°	
364°									

**Hauptergebnis:** Der mittlere Gesamtausschlag von zehn Versuchen mit bedeckeltem Sporophyten beträgt 490°, von ebenso vielen Versuchen mit unbedeckeltem Sporophyten 364°.

**Nebenergebnis:** Mehr als drei Ausschläge wurden nicht beobachtet. Der erste Ausschlag erfolgt, von Versuch 12 abgesehen, immer nach links. Charakteristisch für die Torsionen der Seten dieser Art sind die mittleren kleineren Ausschläge nach rechts.

**Zusatz:** Die sehr große Differenz von nicht weniger als 126° kann mit Rücksicht darauf, daß die mittleren Gesamtausschläge der beiden Versuchsreihen nur 490° bzw. 364° betragen, nicht vernachlässigt werden. Die Sporophyten, bei denen der Deckel bereits abgeworfen war, hatten, wie die Versuchsergebnisse klar ausweisen, gegen die noch mit Deckel versehenen, sehr bedeutend an Torsionsfähigkeit verloren. Ich ziehe daraus den Schluß, daß die Fähigkeit, zu drehen, bei den Seten von *Racomitrium fasciculare* Brid. kurze Zeit, bevor der Deckel abgeworfen wird, am größten ist.

Eine wesentlich kleinere Differenz, und zwar eine solche von nur 24°, erhält man, wenn man der Berechnung die mittleren Ge-

samtausschläge der fünf ersten und fünf letzten Gesamtausschläge von A. und B. zugrunde legt. Die Werte 415° und 439° entsprechen den mittleren Gesamtausschlägen der Versuchsreihen A und B.

### VIII. Versuchsreihe.

Vergleicht man z. B. die in der VII. Tabelle aufgeführten Zahlen über die Setenlängen mit denen über die zugehörigen Gesamtausschläge, so überzeugt man sich leicht davon, daß die Größe der letzteren unabhängig von der Setenlänge ist. Man sollte erwarten, daß der Gesamtausschlag, mathematisch ausgedrückt, proportional der Setenlänge wäre. Dies ist aber durchaus nicht der Fall. Es kommt, wie durch zahlreiche Versuche bewiesen wurde, ausschließlich auf die Zahl der Schraubenwindungen an, über die die Seta verfügt. So erzeugen Seten von geringerer Länge kraft des Besitzes einer größeren Anzahl von Schraubenwindungen größere Gesamtausschläge, als längere Seten mit einer kleineren Anzahl von Schraubenwindungen. Betrachtet man eine trockene Seta unter dem Mikroskop oder mit einer starken Lupe, so sieht man deutlich Stellen, an denen die Seta sehr dünn zu sein scheint. Zwischen diesen schmalen Stellen liegen nach beiden Seiten bogige Ausbuchtungen. Sollen Beobachtungsfehler ausgeschlossen bleiben, so müssen Untersuchungen mit der Lupe und dem Mikroskop einander unterstützen. Die meisten Laubmoosseten sind für Licht kaum oder nur sehr wenig durchlässig. Damit hängt zusammen, daß bei der mikroskopischen Untersuchung nur die Umrisse der Seta zur Geltung gelangen, die allerdings bei geeigneter, d. h. bei der Dicke des Objekts ständig wechselnder Einstellung scharf hervortreten, und darin besteht ein wesentlicher Vorzug gegenüber der Verwendung der Lupe, die das von der Setenoberfläche reflektierte Licht ins Auge treten und die Knoten\*) und Bogen nicht mit der Schärfe zeigt, wie es das Mikroskop tut. Bei der weitaus überwiegenden Mehrzahl aller Laubmose treten die Schraubenwindungen in der Regel nur in einer Zone unterhalb des Sporogons scharf hervor, nach unten hin werden sie meist sehr hoch, so daß die schmalen Stellen weniger leicht wahrzunehmen sind. In vielen Fällen ist aber die Seta im mittleren und unteren, oft sogar ihrer ganzen Länge nach, so stark gedreht, daß der Durchmesser überall ungefähr derselbe ist, es können also unter derartigen Umständen „Knoten“ nicht festgestellt werden.

\*) Unter „Knoten“ verstehe ich die schmalsten Stellen der Seta. Dieser Begriff ist aber nicht identisch mit dem in der Physik verwendeten.

VIII. Tabelle.

A. Racomitri. sudet.			B. Drypt. atrat.			C. Racomitri. acic.			Brachythecium Mildeanum			D. Geheebe. catarac.			E. Laubmossseta.				
Versuch	Länge der Seta in cm	Aus- schlag —	Versuch	Länge der Seta in cm	Aus- schlag +	Versuch	Länge der Seta in cm	Aus- schlag —	Versuch	Länge der Seta in cm	Aus- schlag —	Versuch	Länge der Seta in cm	Aus- schlag —	Versuch	Länge der Seta in cm	Aus- schlag —		
1	ca. 0,45	620°	5	11	0,4	227°	2	21	1	1582°	12	32	3,5	1255°	13	39	1,15	1405°	9
2	"	570°	4	12	0,4	740°	4—5	22	1,05	1903°	13	33	4,1	1440°	14	40	1,2	1217°	9
3	"	628°	5	13	0,45	690°	4	23	1,25	2240°	17	34	4,15	2303°	24	41	1	783°	4—5
4	"	638°	5	14	0,45	780°	5	24	0,7	1345°	7	35	3,1	1480°	15	42	1,1	1208°	9
5	"	658°	5	15	0,5	460°	2 <sup>1</sup> / <sub>3</sub> —3	25	0,9	1473°	11	36	3,45	1497°	15	43	1,05	1255°	9
6	"	720°	6	16	0,55	720°	4—5	26	0,75	1240°	9	37	3,5	1990°	20	44	1,1	1662°	12
7	"	618°	5	17	0,35	500°	3	27	0,9	1070°	?	38	1,95	790°	6	45	1	1080°	8
8	"	819°	7	18	0,3	479°	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —3	28	1	1660°	12	46	0,85	780°	?				
9	"	660°	5	19	0,3	387°	2	29	1	1778°	15	47	1	820°	4—5				
10	"	526°	3	20	0,35	458°	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —3	30	1,1	1150°	6	48	1,05	888°					
						31	0,9	900°	?										

Die Torsionen der Laubmossseta.

**Hauptergebnis:** Die Höhe des Gesamtausschlags hängt nicht von der Länge der Seta, sondern von der Zahl der Schraubenwindungen ab, die jene bei dem Eintrocknen hervorzubringen vermag.

**Nebenergebnis:** Die Seten von *Racomitrium aciculare* Brid., *sudeticum* Bryol. eur., *Brachythecium Mildeanum* Schimp. und *Geheebia cataractarum* Schimp. drehen ausschließlich nach links, die von *Dryptodon atratus* Mielichh. ausschließlich nach rechts, und da nur ein Ausschlag zustande kommt, ist dieser mit dem Gesamtausschlag identisch. — Die Seten von *Racomitrium aciculare* Brid. drehen meist ungemein schnell. Entweder tritt die Torsion sofort ein oder ihr Beginn läßt sehr lange auf sich warten. Wie schnell bei manchen Seten dieser Art die Drehung sich vollzieht, mögen folgende Angaben dartun. Bei Versuch 3 nahm die erste Drehung um  $360^\circ$  43, die zweite 30, die dritte 35 Sekunden, die vierte 1 Minute 7 Sekunden, die fünfte 10 Minuten 13 Sekunden in Anspruch. Bei Versuch 4 dagegen wurde die erste volle Torsion in 1 Minute 12 Sekunden, die zweite in 56 Sekunden, die dritte in 3 Minuten 19 Sekunden und die vierte in 37 Minuten 43 Sekunden vollbracht. — Die schnellste Bewegung war, wie durch Versuche festgestellt wurde, immer die zweite.

**Zusatz:** Die Tabelle unter A. kommt nicht weiter in Betracht, weil die Seten ungefähr alle die gleiche Länge (ca. 0,45 cm) aufweisen. Die Zahlen unter B. sind lehrreicher. Z. B. brachten die Seten, die zu Versuch 11 und 12 benutzt wurden und gleiche Länge (0,4 cm) besaßen, sehr verschiedene Gesamtausschläge ( $227^\circ$  und  $740^\circ$ ) hervor. Dies hat seinen Grund darin, daß die eine Seta nur 2, die andere dagegen 4—5 Schraubenwindungen aufwies. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Versuch 13 und 14. Eine Seta (Versuch 15), die 0,5 cm maß, brachte im Gegensatz zu der kürzeren (0,45 cm, Versuch 14) einen geringeren Gesamtausschlag hervor ( $460^\circ$  gegenüber  $780^\circ$ ). Den  $460^\circ$  entspricht trotz der größeren Setenlänge die kleinere Zahl der Schraubenwindungen ( $2\frac{1}{2}$ —3), während die  $780^\circ$  von einer Seta zustande gebracht wurden, die über 5 Schraubenwindungen verfügte. Auch in der Tabelle unter C. findet die Richtigkeit des Hauptergebnisses dieser Versuchsreihe ihre Bestätigung. Es sei auf die Versuche 29 und 30, 21 und 29, 22 und 30 hingewiesen. Die Objekte für den 25., 27. und 31. Versuch besaßen gleiche Länge (0,9 cm), dieser entsprechen aber die Gesamtausschläge von  $1473^\circ$ ,  $1090^\circ$  und  $900^\circ$  ganz und gar nicht. Bei Versuch 27 und 29 war die Zahl der Schraubenwindungen nicht zu ermitteln. Die Seten nehmen nämlich bei der Eintrocknung die Gestalt eines überall gleich dicken Strickes an, an dessen Oberfläche man wohl spiraling verlaufende

Linien, aber keine „Knoten“ beobachten konnte, die bei Versuch 25 noch in die Erscheinung traten. Diese Seten von 0,9 cm waren es auch, die auf den Beginn der Torsion sehr lange warten ließen, während alle übrigen sofort die Drehung aufnahmen.

### IX. Versuchsreihe.

Bei den meisten Laubmoosseten sind die unmittelbar unter dem Sporogon liegenden Abschnitte mit den niedrigsten Schraubenwindungen, die dicht beieinander liegen, ausgestattet, worauf bereits hingewiesen wurde. Es war also zu erwarten, daß die obere Partie einer Seta einen größeren Ausschlag hervorbringen würde, als die untere. Auch diese Frage habe ich einer experimentellen Prüfung unterworfen und als Versuchsobjekte die langen Seten von *Dicranum maius* Smith. gewählt. Diese zerlegte ich in 2 Teile, bzw. halbierte sie und stellte dann auf das genaueste deren Länge fest. Bei dieser Gelegenheit habe ich auch die Zahl der Schraubenwindungen eines jeden Setenteils ermittelt.

IX. T a b e l l e.

Ver- such		Länge der Seta in cm	Aus- schlag —	Zahl der Schrauben- windungen	Gesamtzahl der Schrauben- windungen	Gesamt- aus- schlag
1	a) Obere Hälfte .	2,1	2185°	14	24	3538°
	b) Untere Hälfte .	2	1353°	10		
2	a) Obere Hälfte .	1,9	2010°	16	22	3365°
	b) Untere Hälfte .	1,9	1355°	6		
3	a) Obere Hälfte .	1,85	2700°	18	25	3990°
	b) Untere Hälfte .	1,7	1290°	7		
4	a) Obere Hälfte .	1,8	2503°	15	21	3453°
	b) Untere Hälfte .	1,8	950°	6		
5	a) Obere Hälfte .	1,9	2160°	16	21	3315°
	b) Untere Hälfte .	1,6	1150°	5		

**Hauptergebnis:** Die obere Hälfte bzw. der obere, bisweilen ein wenig längere\*) (Versuch 1, 3, 5) Teil der Seta erzeugt einen bedeutend größeren Ausschlag als der untere. Die Zahl der Schraubenwindungen ist im oberen Setenabschnitt immer (meist bedeutend) größer, als im unteren.

\*) Dieses Plus ändert aber nichts an dem Ergebnis selbst.

**Nebenergebnis:** Alle Setenteile drehen nach links. Der mittlere Gesamtausschlag von fünf Versuchen beträgt  $3532^{\circ}$ . Weitere zehn, zu anderen Zwecken mit ganzen Seten von *Dicranum maius* Smith angestellte Versuche lieferten einen solchen von  $3346^{\circ}$ .

**Zusatz:** Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß durch Zerlegung der Seta in zwei Teile winzige Abschnitte, die bei der ganzen Seta ihre Torsion äußern konnten, durch die Einspannung an der Drehung verhindert wurden. Obwohl der Mittelwert aus den Längen der Seten, die zu diesen fünf Versuchen benutzt wurden, sich nur auf 3,75 cm stellt gegenüber 4,43 cm der zehn unzerlegten Seten, so ist doch ihr mittlerer Gesamtausschlag etwas höher ( $3532^{\circ}$ ). Ich nehme an, daß, wenn ganze Seten ihr Wasser verlieren, bei der Drehung in den einzelnen Abschnitten — uns allerdings unbekannte — Kräfte wirksam sind, die einander, bildlich ausgedrückt, bekämpfen, die aber nicht zur Geltung gelangen können, sobald jeder Abschnitt sich selbst überlassen ist.

#### X. Versuchsreihe.

An den trockenen Seten von *Dicranum maius* Smith sind die Schraubenwindungen sehr deutlich ausgebildet. Da lag die Frage nahe, ob bei Moosen, deren Seten diese Eigenschaft gar nicht oder nur in sehr beschränktem Maße besitzen, sich ähnliche Verhältnisse in gesetzmäßiger Weise ergeben würden. Als Versuchsmaterial dienten jugendliche und alte Sporophyten von *Polytrichum commune* L. Die jungen Seten stammten aus dem Postfenn im Grunewald (5. Mai). Ihre Sporogonien waren noch sehr wenig entwickelt, am Filz der Kalyptra war noch keine Ausbauchung zu erkennen. Die Seten wurden genau halbiert, Zahlenangaben darüber erübrigen sich demnach. (Siehe Tab. S. 61.)

**Hauptergebnis:** Die jugendlichen Setenhälften brachten einen bedeutend größeren Gesamtausschlag hervor, als die älteren (aus dem vorhergehenden Jahre!). Mittlerer Gesamtausschlag der Versuche unter A.  $500^{\circ}$ , unter B.  $99^{\circ}$ . Mittlerer Gesamtausschlag der jüngeren, oberen Setenhälften  $469^{\circ}$ , der unteren  $34^{\circ}$ , der alten oberen Setenhälften  $87^{\circ}$ , der unteren  $11^{\circ}$ .

**Nebenergebnis:** Die älteren Setenteile drehen alle nach rechts, die jüngeren zum größten Teil. Torsionen nach links treten bei letzterer nur im unteren Setenabschnitt ein. (Versuch 3, 4, 9.)

## X. Tabelle.

Ver- such		Ausschlag	Gesamt- aus- schlag	Ver- such	Ausschlag	Gesamt- aus- schlag
			A. Junge Seten.			B. Alte Seten.
1	a) Obere Hälfte .	720°+	720°	11	80°+	90°
	b) Untere Hälfte .	0°			10°+	
2	a) Obere Hälfte .	435°+	490°	12	50°+	65°
	b) Untere Hälfte .	55°+			15°+	
3	a) Obere Hälfte .	560°+	585°	13	75°+	85°
	b) Untere Hälfte .	25°—			10°+	
4	a) Obere Hälfte .	540°+	550°	14	80°+	90°
	b) Untere Hälfte .	10°-			10°+	
5	a) Obere Hälfte .	335°+	535°	15	120°+	130°
	b) Untere Hälfte .	0°			10°+	
6	a) Obere Hälfte .	342°+	342°	16	50°+	58°
	b) Untere Hälfte .	0°			8°+	
7	a) Obere Hälfte .	298°+	328°	17	140°+	175°
	b) Untere Hälfte .	30°+			35°+	
8	a) Obere Hälfte .	572°+	637°	18	70°+	75°
	b) Untere Hälfte .	55°+			5°+	
9	a) Obere Hälfte .	558°+	583°	19	135°+	143°
	b) Untere Hälfte .	25°—			8°+	
10	a) Obere Hälfte .	338°+	338°	20	70°+	83°
	b) Untere Hälfte .	0°			13°+	

**Zusatz:** Auffällig ist, daß eine größere Anzahl der jungen, unteren Setenteile gar keinen Ausschlag erzeugte (Versuche 1, 5, 6, 10), im Gegensatz zu den entsprechenden Abschnitten der alten Seten, die alle tordierten.

## XI. Versuchsreihe.

Zwischen der Größe des Gesamtausschlags und den Werten der ihm zugehörigen Einzelausschläge bestehen, wie aus den Resultaten zahlreicher Versuche hervorgeht, feste Beziehungen. Im allgemeinen gilt als Regel, daß mit der Zahl der Einzelausschläge der Gesamtausschlag abnimmt. Es sei aber ausdrücklich betont, daß es von dieser Regel auch Ausnahmen gibt. Bringt eine Seta nur einen Ausschlag hervor, so ist die Annahme gerechtfertigt, daß bei

der Drehung widerstrebende Kräfte nicht zur Geltung gelangen, kommen aber mehrere Torsionen zustande, so liegt die Vermutung nahe, daß bei dem öfteren Hin und Her die Drehung zum Teil in ihrer Wirkung beeinträchtigt wird, deren Folge dann ein geringerer Gesamtausschlag ist.

Um diese Publikation nicht zu sehr mit dem allerdings sehr beweiskräftigen Zahlenmaterial zu belasten, legte ich mir Beschränkung auf. Deshalb begnüge ich mich mit drei Tabellen, die ich noch um eine große Zahl vermehren könnte.

### X I. T a b e l l e.

#### A. *Didymodon spadiceus* Mitten.

Ver- such	Seten- länge in cm	Zahl der Aus- schläge	Ausschlag				Gesamtaus- schlag		Gesamt- aus- schlag
			I	II	III	IV	+	-	
1	1,35	4	20°—	15°+	20°—	3°+	18°	40°	58°
2	1,2	4	45°—	5°+	45°—	25°+	30°	90°	120°
3	1,05	4	50°—	10°+	40°—	30°+	40°	90°	130°
4	1,1	3	50°—	18°+	65°—	.	18°	115°	133°
5	1,25	3	103°—	13°+	80°—	.	13°	183°	196°
6	1,15	1	300°—	.	.	.	.	300°	300°
7	1,2	1	340°—	.	.	.	.	340°	340°
8	1,15	1	355°—	.	.	.	.	355°	355°
9	1,05	1	365°—	.	.	.	.	365°	365°
10	1,45	1	500°—	.	.	.	.	500°	500°

#### B. *Hypnum Halleri* Schimp.

Ver- such	Seten- länge in cm	Zahl der Aus- schläge	Ausschlag				Gesamtaus- schlag		Gesamt- aus- schlag
			I	II	III	IV	+	-	
1	1,4	4(1)	285°+	.	.	.	285°	.	285°
2	1,6	4	5°+	330°—	15°+	10°—	20°	345°	365°
3	1,3	3	110°+	135°—	150°+	.	260°	135°	395°
4	1,5	3	12°+	182°—	230°+	.	242°	182°	424°
5	1,65	2	400°—	195°+	.	.	195°	400°	595°
6	1,25	2	560°+	75°—	.	.	560°	75°	635°
7	1	2	270°+	370°—	.	.	270°	370°	640°
8	1,25	2	55°—	605°+	.	.	605°	55°	655°
9	1,65	1(4)	10°—	385°+	15°—	615°+	1000°	25°	1025°
10	1,75	1(4)	2190°—	.	.	.	.	2190°	2190°

B. *Plagiothecium Ruthei* Limpr.

Ver- such	Seten- länge in cm	Zahl der Aus- schläge	I	II	III	IV	Gesamt- ausschlag		Gesamt- aus- schlag
					Ausschlag		+	-	
1	2,8	4	30°—	40°+	335°—	35°+	75°	365°	440°
2	2,5	4	120°—	30°+	285°—	75°+	105°	405°	510°
3	3	4	50°—	48°+	266°—	188°+	236°	316°	552°
4	2,6	4	18°+	75°—	570°+	150°—	588°	225°	813°
5	1,65	3	140°+	55°—	305°+	.	445°	55°	500°
6	2,6	3	190°+	20°—	325°+	.	515°	20°	535°
7	2,2	3	320°+	260°—	10°+	.	330°	260°	590°
8	2,2	3	30°+	185°—	385°+	.	415°	185°	600°
9	2,8	3	150°+	330°—	150°+	.	300°	330°	630°
10	1,95	3	22°+	22°—	550°+	.	572°	22°	694°
11	2,25	3	100°+	260°—	240°+	.	440°	260°	700°
12	1,5	3	15°+	258°—	472°+	.	487°	258°	745°
13	2,45	2	180°—	380°+	.	.	380°	180°	560°
14	2	2	720°—	10°+	.	.	10°	720°	730°
15	2,3	2	605°—	175°+	.	.	175°	605°	780°
16	2,2	2	405°—	375°+	.	.	375°	405°	780°
17	2,15	2	345°—	475°+	.	.	475°	345°	820°
18	1,5	2	700°—	185°+	.	.	185°	700°	885°
19	2,25	2	720°—	465°+	.	.	465°	720°	1185°
20	2,6	1	1120°—	.	.	.	.	1120°	1120°

**Hauptergebnis:** Je größer die Zahl der Einzelausschläge, um so kleiner der Gesamtausschlag.

**Nebenergebnis:** Ad A. Der erste Ausschlag erfolgt immer nach links. Die Zahl der Ausschläge schwankt zwischen 1 und 4. Der Gesamtausschlag nach links ist immer größer, als der nach rechts. Mittlerer Gesamtausschlag von zehn Versuchen: 249°. — Ad B. Der erste Ausschlag erfolgt entweder nach rechts oder nach links. Die Zahl der Ausschläge schwankt zwischen 1 und 4. Der Gesamtausschlag nach rechts ist fast immer größer als der nach links. Mittlerer Gesamtausschlag von zehn Versuchen: 720°. — Ad C. Der erste Ausschlag erfolgt entweder nach rechts oder nach links. Die Zahl der Ausschläge schwankt zwischen 1 und 4. Die Größe des Gesamtausschlags hängt davon ab, in welcher Richtung der erste Ausschlag erfolgt. Dreht die Nadel zuerst nach rechts, so ist der Gesamtausschlag nach rechts größer, dreht sie zuerst nach links, so tritt der umgekehrte Fall ein. (Ausnahmen: Versuch 9, 13, 17.) Mittlerer Gesamtausschlag von zwanzig Versuchen: 708°.

**Zusatz:** Ad B. Versuch 9, der bei vier Ausschlägen einen Gesamtausschlag von 1025° lieferte, nimmt eine Ausnahmestellung ein,

aber nur scheinbar. Bei Versuch 10 beträgt der Gesamtausschlag  $2190^{\circ}$  bei nur einem Ausschlag. Bedenkt man, daß bei viel niedrigeren Gesamtausschlägen, z. B.  $395^{\circ}$ ,  $424^{\circ}$ ,  $595^{\circ}$ ,  $635^{\circ}$ ,  $640^{\circ}$ , die Gesamtausschläge nach links sich noch auf  $135^{\circ}$ ,  $182^{\circ}$ ,  $400^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$  und  $270^{\circ}$  stellen, so erscheint der Gesamtausschlag von nur  $25^{\circ}$  nach links als sehr geringfügig und kann deshalb unbedenklich vernachlässigt werden. Der Versuch 9 lätet also mit seinem Gesamtausschlag zwanglos zu dem Versuch 10 über.

Auch über Versuch 1, der, obwohl nur ein Ausschlag in Betracht kommt, doch als solcher von vier Einzelausschlägen gewertet wurde, einige Worte. Die Nadel drehte, mit ihrem Verhalten bei allen übrigen Experimenten verglichen, ungemein langsam. Bei dem kleinen Ausschlag von  $285^{\circ}$  hätten, wie bei Versuch 2, vier Ausschläge erwartet werden müssen. Nach meinem Dafürhalten sind bei der langsamen Torsion zwei kleine Ausschläge nach links „verschluckt“ worden, denn wenn, wie es bei Versuch 2 der Fall ist, im ganzen nur  $20^{\circ}+$  zu verzeichnen sind, so dürfen bei einem um  $80^{\circ}$  niedrigeren Gesamtausschlag noch kleinere Ausschläge nach links erwartet werden. Ad C. Bei den Versuchen mit vier Ausschlägen erfolgt der erste Ausschlag nach links, bei denen mit drei nach rechts und bei denen mit 2 nach links. Versuch 4 führt nach Versuch 5 über. Sein erster Ausschlag ist nach rechts gerichtet. Interessant ist auch der deutlich erkennbare „Rückschlag“ im Gesamtausschlag, der bei dem Übergang eines Versuches mit einer größeren Zahl von Einzelausschlägen zu einem solchen mit einer geringeren Zahl von Einzelausschlägen zu beobachten ist. Die Zahlen  $813^{\circ}$  und  $500^{\circ}$ ,  $750^{\circ}$  und  $560^{\circ}$ ,  $1185^{\circ}$  und  $1120^{\circ}$  kommen hier in Betracht.

## XII. Versuchsreihe.

Der erste Ausschlag bei den Torsionen der Seten von *Didymodon spadiceus* Mitten. ist ausnahmslos nach links gerichtet. Die für die einzelnen Gesamtausschläge ermittelten Werte stehen zu den für den ersten Ausschlag angegebenen Zahlen in einer gewissen gesetzmäßigen Beziehung, insofern als dem höheren Gesamtausschlag auch jedesmal ein höherer Wert für den ersten Ausschlag entspricht, erstere sind also letzteren, wenn auch nicht in mathematischem Sinne, „direkt proportional“. Die Gesamtausschläge erstrecken sich über die Werte  $58^{\circ}$  bis  $500^{\circ}$ , ohne daß die Reihe durch einen „Rückschlag“ gestört wird, und ebenso verhalten sich die Anfangsausschläge. Bei *Hypnum Halleri* Schimp. ist ein derartiger Zusammenhang zwischen den Gesamtausschlägen und den korrespondierenden Anfangsausschlägen nicht zu erkennen, ganz ab-

gesehen davon, daß bei diesen die Vorzeichen ununterbrochen wechseln. Die Drehungen der Seten von *Plagiothecium Ruthei* Limpr. sind dadurch ausgezeichnet, daß zwischen der Zahl der Ausschläge, dem Gesamtausschlag und den Anfangsausschlägen deutlich erkennbare Relationen vorhanden sind, denn bei vier Ausschlägen ist, von einer Ausnahme. (Versuch 4) abgesehen, der erste Ausschlag nach links, bei drei Ausschlägen ohne Ausnahme nach rechts und bei zwei Ausschlägen stets nach links gerichtet. Aber die ersten Einzelausschläge entsprechen wiederum hier nicht den Werten nach den für die Gesamtausschläge nachgewiesenen Beträgen, wie es bei *Didymodon spadiceus* Mitten der Fall ist. Dieses Moos stimmt aber mit *Plagiothecium Ruthei* Limpr., wie die Tabellen zeigen, darin überein, daß der Gesamtausschlag sich mit der Zunahme der Einzelausschläge verringert.

Manche Moose besitzen nun Seten, bei denen sich wohl hinsichtlich des Anfangs- und Gesamtausschlags feste Beziehungen nachweisen lassen, bei denen aber im Gegensatz zu *Didymodon spadiceus* Mitten, *Hypnum Halleri* Schimp. und *Plagiothecium Ruthei* Limpr. der Zahl der Ausschläge selbst keine Bedeutung zukommt. Ein solches Moos ist u. a. *Cynodontium virens* Schimp. Die Zahl der mit den Seten dieser Art angestellten Versuche beläuft sich auf zwanzig.

XII. Tabelle.

Versuch	Setenlänge in cm	Ausschlag						Zahl der Ausschläge	Gesamt- ausschlag		Gesamt- ausschlag
		I	II	III	IV	V	VI		+	-	
1	1,35	305°+	214°+	69°-	5°+	.	.	4	219°	374°	593°
2	1,45	12°-	257°+	5°-	28°+	28°-	215°+	6	495°	45°	540°
3	1,5	210°-	80°+	3°-	3°+	147°-	.	5	83°	360°	443°
4	1,3	140°-	170°-	122°-	.	.	.	3	177°	262°	432°
5	1,2	20°-	289°+	110°-	9°+	.	.	4	298°	130°	428°
6	1,55	35°-	179°+	22°-	30°+	144°-	.	5	209°	201°	410°
7	1,4	90°-	260°+	33°-	13°+	6°-	.	5	273°	129°	402°
8	1,5	30°-	225°+	25°-	38°+	81°-	.	5	263°	136°	399°
9	1,5	182°-	7°+	197°-	.	.	.	3	7°	379°	386°
10	1,55	105°-	140°+	40°-	70°+	.	.	4	210°	145°	355°
11	1,45	70°-	279°+	.	.	.	.	2	279°	70°	349°
12	1,45	155°-	95°+	6°-	32°+	76°-	.	5	237°	127°	346°
13	1,55	32°-	86°+	86°-	9°+	52°-	.	5	95°	170°	265°
14	1,4	257°+	17°-	9°+	57°-	23°+	3°-	6	289°	77°	366°
15	1,15	245°+	75°-	5°+	.	.	.	3	250°	75°	325°
16	1,45	127°+	9°-	37°+	128°-	.	.	4	164°	137°	301°
17	1,3	120°+	4°-	2°+	136°-	.	.	4	122°	140°	262°
18	1,5	188°+	58°-	10°+	.	.	.	3	198°	58°	256°
19	1,2	169°+	86°-	.	.	.	.	2	169°	86°	255°
20	1,4	112°+	120°-	17°+	.	.	.	3	129°	120°	249°

**Hauptergebnis:** Die Gesamtausschläge sind am größten, wenn der erste Ausschlag nach links, am kleinsten, wenn er nach rechts erfolgt. Die Zahl der Ausschläge selbst ist ohne Bedeutung.

**Nebenergebnis:** Die für die Gesamtausschläge angegebenen Werte ändern sich nur sehr wenig, wenn die zugehörigen kleinen Ausschläge (bis  $10^{\circ}$  einschl.) außer Berechnung bleiben. Vierzehnmal übertrifft der Gesamtausschlag nach rechts den nach links und sechsmal der nach links den nach rechts. Die Zahl der Ausschläge schwankt zwischen 1 und 6. Der erste Ausschlag ist entweder nach rechts oder nach links gerichtet.

**Zusatz:** Die Werte für die Gesamtausschläge liegen so dicht beieinander, daß kaum ein anderes Resultat erwartet werden darf, wenn die Zahl der Versuche verdoppelt oder verdreifacht würde. Die Zahl der Einzelausschläge beeinflußt also die Größe der Torsion in keiner Weise, auch die Größe des ersten Ausschlags ändert nichts an dem Hauptergebnis.

### XIII. Versuchsreihe.

Wir haben gesehen, daß bei *Didymodon spadiceus* Mitten, *Hypnum Halleri* Schimp. und *Plagiothecium Ruthei* Limpr. die Zahl der Einzelausschläge zum Gesamtausschlag in einer festen Beziehung stehen. Nun ist aber auch der Fall denkbar, daß es Seten gibt, die bei einem Ausschlag höhere — dies ist das wahrscheinlichste! —, bei zwei Ausschlägen niedrigere, bei drei wieder höhere usw. Gesamtausschläge hervorbringen. Und in der Tat haben Versuchsreihen mit den Seten mehrerer Laubmoose ergeben, daß es solche Arten gibt. *Meesea longiseta* Hedw., das mit Recht als langsetig bezeichnet wird, ist eine solche Spezies. Aus leicht ersichtlichen Gründen steigerte ich die Zahl der Versuche auf einundzwanzig. (S. Tab. XIII.)

**Hauptergebnis:** Bei einem Ausschlag ist der mittlere Gesamtausschlag höher (7 Versuche), bei zwei Ausschlägen niedriger (4 Versuche), bei drei wieder höher (5 Versuche), bei vier niedriger (4 Versuche) und bei fünf schließlich wieder höher (1 Versuch).

**Nebenergebnis:** Kommen zwei Ausschläge zustande (Versuch 8—11), so ist der Gesamtausschlag nach rechts größer, als der nach links, bei drei Ausschlägen (Versuch 12—16) gilt, von einer Ausnahme abgesehen (Versuch 16), dasselbe, bei vier Ausschlägen (Versuch 17—20) ist bei einer Ausnahme (Versuch 19) der Gesamtausschlag nach links größer als der nach rechts. Bei einem Ausschlag (Versuch 1—7) dreht die Nadel nach rechts, bei zwei Ausschlägen (Ver-

## XIII. Tabelle.

Ver- such	Seten- länge in cm	I .	II	III	IV	V	Zahl der Aus- schläge	Gesamt- Ausschlag		Gesamt- ausschlag
								+	-	
1	9,3	1773°+	.	.	.	.	1	1773°	.	1773°
2	9,5	1503°+	.	.	.	.	1	1503°	.	1503°
3	8,2	1480°+	.	.	.	.	1	1480°	.	1480°
4	9,2	1450°+	.	.	.	.	1	1450°	.	1450°
5	7,5	1230°+	.	.	.	.	1	1230°	.	1230°
6	9,3	1205°+	.	.	.	.	1	1205°	.	1205°
7	7,1	677°+	.	.	.	.	1	677°	.	677°
8	9,5	200°-	662°+	.	.	.	2	662°	200°	862°
9	9,1	270°-	530°+	.	.	.	2	530°	270°	800°
10	9,8	565°+	15°-	.	.	.	2	565°	15°	580°
11	9,1	160°-	387°+	.	.	.	2	387°	160°	547°
12	8,2	1050°-	220°+	1205°-	.	.	3	2255°	220°	2475°
13	9	1440°+	270°-	560°+	.	.	3	2000°	270°	2270°
14	8,8	1080°+	170°-	750°+	.	.	3	1830°	170°	2000°
15	7,4	680°+	150°-	320°+	.	.	3	1000°	150°	1150°
16	7,8	600°-	110°+	25°-	.	.	3	110°	625°	735°
17	10	990°-	260°+	115°-	92°+	.	4	352°	1105°	1457°
18	9,5	300°-	240°+	50°-	47°+	.	4	287°	350°	637°
19	6,8	15°-	490°+	45°-	25°+	.	4	515°	620°	577°
20	8	240°-	60°+	130°-	40°+	.	4	100°	360°	460°
21	8,3	790°+	60°-	348°+	68°-	57°+	5	1195°	128°	1323°

such 8—11) in drei von vier Fällen zuerst nach links, bei drei Ausschlägen (Versuch 12—16) in drei von fünf Fällen zuerst nach rechts, bei vier Ausschlägen (Versuch 17—20) zuerst nach links, bei fünf Ausschlägen (Versuch 21) zuerst nach rechts. Also auch in dieser Beziehung eine gewisse Gesetzmäßigkeit. Der mittlere Gesamtausschlag beträgt bei einem Ausschlag 1327°, bei zwei Ausschlägen 697°, bei drei 1726°, bei vier 783°, bei fünf 1323°.

## XIV. Versuchsreihe.

Dem Terminus „Ausschlag“ oder „Einzelausschlag“ sind wir seither oft begegnet. Bei *Didymodon spadiceus* Mitten. stehen Zahl der Ausschläge, erster Ausschlag und Gesamtausschlag in einer Art gesetzmäßiger Beziehung zueinander. Die Versuche mit *Hypnum Halleri* Schimp. lassen irgendwelche Beziehungen zwischen erstem Ausschlag einerseits und Gesamtausschlag anderseits vermissen. Bei *Plagiothecium Ruthei* Limpr. liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei *Didymodon spadiceus* Mitten., aber es besteht gegen letzteres insofern ein Unterschied, als die ersten Ausschläge nicht in eine Reihe gebracht werden können, von denen das folgende Glied das vorhergehende an Größe übertrifft. Das gesetzmäßige bei *Plagiothecium Ruthei* Limpr. liegt in der Beziehung des Vorzeichens zur

Zahl der Ausschläge. Aber auch ohne Wechsel des Vorzeichens beim ersten Ausschlag — im Gegensatz zu *Cynodontium virens* Schimp. — bei stetiger Änderung der Ausschläge — mit Einklang mit *Cynodontium virens* Schimp. und im Gegensatz zu *Didymodon spadiceus* Mitten. — können sich gesetzmäßige Beziehung zwischen jenem und dem Gesamtausschlag ergeben.

#### XIV. Tabelle.

Ver- such	Seten- länge in cm	Zahl der Aus- schläge	Ausschlag			Gesamt- ausschlag		Gesamt- aus- schlag
			I	II	III	+	-	
1	0,85	2	1170°—	43°+	.	43°	1170°	1213°
2	0,8	2	1140°—	52°+	.	52°	1140°	1192°
3	0,8	2	1040°—	178°+	.	178°	1040°	1118°
4	0,85	1	1026°—	.	.	.	1026°	1026°
5	0,83	1	990°—	.	.	.	990°	990°
6	0,85	3	930°—	43°+	13°—	43°	943°	986°
7	0,8	2	848°—	118°+	.	118°	848°	966°
8	0,83	2	800°—	100°+	.	100°	800°	900°
9	0,85	2	840°—	50°+	.	50°	840°	890°
10	0,87	3	450°—	110°+	330°—	110°	780°	890°

**Hauptergebnis:** Bei *Gymnostomum curvirostre* Hedw. erfolgt der erste Ausschlag stets nach links. Seiner Größe entspricht der Wert des Gesamtausschlages.

#### XV. Versuchsreihe.

In der Seta eines Laubmooses liegt, wie die bisher mitgeteilten Tabellen dartun, eine nicht unerhebliche Anzahl interessanter Geheimnisse verborgen, die nur durch das Experiment ans Tageslicht gebracht werden konnten. Ein solches Geheimnis wurde z. B. bei den Seten von *Plagiothecium Ruthei* Limpr. und *Cynodontium virens* Schimp. aufgedeckt, es betraf die Beziehungen, die zwischen der Richtung des ersten Ausschlags und der Zahl der Ausschläge bestehen. *Hypnum aduncum* L., mit dessen Seten ich 23 Versuche anstellte, verhält sich genau wie erstgenannte Art, zahlreiche andere Experimente förderten dasselbe Resultat zutage, z. B. *Racomitrium ericoides* Brid., *Dicranella heteromalla* Schimp. und *cerviculata* Schimp., *Mnium undulatum* Weis, *orthorhynchum* Brid. und *subglobosum* Bryol. Eur., *Fissidens adiantoides* Hedw., *Mielichhoferia nitida* Hornsch., *Cynodontium strumiferum* De Not. und *Plagiothecium undulatum* Bryol. Eur. Ich glaube mich keiner Übertreibung schuldig

XV. Tabelle (I).

I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	I	II
Ausschlag					Ausschlag				Ausschlag				Ausschlag		Ausschlag	
A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	I.	J.	K.	L.	M.	N.	O.	P.	Q.
690°+	1625°+	1088°-	780°+	1690°-	14°+	653°+	136°+	60°-	332°+	330°+	200°+	187°+	122°+	385°+	153°+	·
670°+	1610°+	470°-	76°+	1683°-	21°+	295°+	·	·	·	·	·	·	115°+	110°-	104°+	30°-
488°+	503°+	80°+	776°+	1633°-	243°+	205°+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
480°+	1778°-	260°-	285°-	70°+	1333°-	61°+	200°+	·	·	·	·	·	·	·	·	·
387°+	281°+	270°+	270°-	490°+	1050°-	34°+	173°+	·	·	·	·	·	·	·	·	·
1500°+	1230°-	345°+	300°+	510°+	1020°-	107°+	50°-	842°+	191°+	40°-	153°+	·	·	·	·	·
503°-	1103°-	550°-	448°-	490°-	1020°-	107°+	138°+	970°+	40°-	153°+	·	·	·	·	·	·
205°+	1043°-	180°-	330°+	510°+	1020°-	107°+	138°+	857°+	190°+	30°-	133°+	·	·	·	·	·
370°-	228°+	95°-	60°-	60°-	60°-	10°-	10°-	797°-	190°+	30°-	133°+	·	·	·	·	·
1060°-	980°-	230°+	60°-	60°-	60°-	60°-	60°-	60°-	190°-	190°-	190°-	152°+	152°+	152°+	152°+	152°+
880°+	855°-	1020°+	820°-	850°+	850°-	850°-	850°-	850°-	339°+	339°+	339°+	253°+	253°+	253°+	253°+	253°+
828°+	118°-	23°+	690°-	270°+	270°+	270°+	270°+	270°-	162°+	162°+	162°+	202°+	202°+	202°+	202°+	202°+
750°+	272°-	67°+	690°-	143°+	143°+	143°+	143°+	143°-	653°+	653°+	653°+	·	·	·	·	·
745°+	95°-	88°+	370°-	292°+	292°+	292°+	292°+	292°-	·	·	·	·	·	·	·	·
610°+	310°-	10°+	290°-	327°+	327°+	327°+	327°+	327°-	·	·	·	·	·	·	·	·
80°+	180°-	250°+	285°-	465°+	465°+	465°+	465°+	465°-	·	·	·	·	·	·	·	·
10°+	270°-	325°+	270°-	300°+	300°+	300°+	300°+	300°-	·	·	·	·	·	·	·	·
7°+	54°-	445°+	120°-	510°+	490°-	490°-	490°-	490°-	1050°-	34°+	173°+	·	·	·	·	·
697°-	27°+	4°-	395°+	10°-	278°+	400°-	400°-	400°-	1020°-	107°+	50°-	136°+	·	·	·	·
90°-	460°+	127°-	10°+	265°-	278°+	260°-	260°-	260°-	810°-	191°+	40°-	153°+	·	·	·	·
853°+	8°-	12°+	33°+	10°+	50°-	40°+	40°+	40°-	800°-	65°+	30°-	68°+	·	·	·	·
1320°+	10°+	9°-	29°+	90°-	18°+	178°-	178°-	178°-	797°-	190°+	30°-	133°+	·	·	·	·
960°-	10°+	95°-	42°+	65°+	185°-	358°+	8°-	8°-	630°-	90°+	20°-	416°+	·	·	·	·
130°-	60°-	725°+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·

Die Torsionen der Laubmoosseta.

XV. Tabelle (II).

Ver- such	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	I	II	III	IV	V
	Ausschlag									Ausschlag				
<i>Cynodontium strumiferum</i> de Not.														
1	812°+	.	.	.	.	.	.	.	.	575°—	168°+	.	.	.
2	450°—	840°+	.	.	.	.	.	.	.	475°—	195°+	.	.	.
3	300°—	873°+	.	.	.	.	.	.	.	405°—	148°+	.	.	.
4	135°—	405°+	.	.	.	.	.	.	.	315°—	95°+	.	.	.
5	45°—	302°+	11°—	229°+	.	.	.	.	.	300°—	325°+	.	.	.
6	30°—	455°+	25°—	95°+	.	.	.	.	.	210°—	360°+	.	.	.
7	40°—	230°+	10°—	397°+	.	.	.	.	.	5°+	65°—	290°+	.	.
8	483°+	3°—	9°+	9°—	84°+	.	.	.	.	335°—	12°+	47°—	196°+	.
9	70°—	30°+	75°—	5°+	13°—	466°+	.	.	.	10°—	8°+	28°—	254°+	.
10	20°+	30°—	100°+	5°—	195°+	8°—	92°+	4°—	54°+	20°+	15°—	75°+	10°—	275°+

Wilhelm Lorch.

zu machen, wenn ich behaupte, daß die Seta einer jeden Laubmoosart hinsichtlich der Torsionsverhältnisse ihre besondere Eigenart besitzt. — Tabelle XV. I: A. *Racomitrium ericoides*, B. *Hypnum aduncum*, C. *Plagiothecium undulatum*, D. *Dicranella heteromalla*, E. *Fissidens adiantoides*, F. *Mnium undulatum*, G. *Mnium subglobosum*, H. *Camptothecium nitens*.

**Hauptergebnis:** Die Zahl der Ausschläge schwankt bei

a) <i>Cynodontium strumiferum</i> De Not.	zwischen 1 und 9,
b) <i>Racomitrium ericoides</i> Brid.	„ 1 „ 5,
c) <i>Plagiothecium Rutheanum</i> Limpr.	„
d) <i>Dicranella heteromalla</i> Schimp.	„ 1 „ 3,
e) <i>Hypnum aduncum</i> L.	„
f) <i>Fissidens adiantoides</i> Hedw.	„
g) <i>Mnium undulatum</i> Weis.	„ 1 „ 2,
h) <i>Mnium subglobosum</i> Bryol. eur.	„
i) <i>Plagiothecium undulatum</i> Bryol. eur.	„ 2 „ 4,
k) <i>Mielichhoferia nitida</i> Hornsch.	„ 2 „ 5.

**Hauptergebnis:** Handelt es sich um eine Seta, die nur einen Ausschlag (A—H) hervorbringt, so ist dieser nach rechts gerichtet. Treten drei Ausschläge ein, so dreht die Nadel zuerst nach links, bei drei Ausschlägen zuerst nach rechts, bei vier zuerst nach links usw. Bei *Plagiothecium undulatum* Bryol. eur. und *Mielichhoferia nitida* Hornsch. ist die niedrigste Zahl der Ausschläge zwei, die Nadel schlägt in Übereinstimmung mit A—H zuerst nach links aus. Ebenso verhält sich *Camptothecium lutescens* Bryol. eur., dessen Seten immer zwei Ausschläge erzeugen.

Unter den Versuchen mit *Cynodontium strumiferum* de Not. fehlen solche mit 3, 7 und 8 Ausschlägen. Ich bin überzeugt, daß bei einer größeren Anzahl von Versuchen auch diese Zahlen geliefert werden würden. Bei zwei Ausschlägen ist der erste nach links, bei fünf nach wieder nach links gerichtet. Es fehlt also dazwischen der erste positive Ausschlag für drei Ausschläge. Sechs Ausschläge folgen hinsichtlich des ersten Ausschlags wieder der Regel, bei neun Ausschlägen muß also die Nadel, wenn Versuche mit sieben und acht nicht vorhanden sind, die Nadel zuerst nach rechts drehen, wie es auch der Fall ist. Wenn also die Reihe dadurch unterbrochen ist, daß Ausschläge verschiedener Zahl — in diesem Falle 3, 7 und 8 — nicht zustandekommen, so ändert dieser Umstand nichts an der Gültigkeit des Hauptergebnisses.

**Nebenergebnis:** Bei *Fissidens adiantoides* Hedw., *Mnium undulatum* Weis., *subglobosum* Bryol. eur., *Camptothecium lutescens* Bryol.

eur. mit 2 Ausschlägen und *Cynodontium strumiferum* de Not. mit 9 Ausschlägen ist der Gesamtausschlag nach rechts ausnahmslos größer als der nach links. Es kommt also hier keine Einwirkung des ersten Ausschlages auf einer der beiden Arten des Gesamt-ausschlags zur Geltung.<sup>1)</sup> Wesentlich anders gestalten sich die Verhältnisse bei den Drehungen der Seten von *Racomitrium ericoides* Brid., *Hypnum aduncum* L., *Plagiothecium undulatum* Bryol. eur., *Dicranella heteromalla* Schimp. und *cerviculata* Schimp. und *Mielichhoferia nitida*. Besonders scharf tritt der Zusammenhang zwischen erstem Ausschlag und Gesamtausschlag bei *Racomitrium ericoides* Brid., *Hypnum aduncum* L., *Mielichhoferia nitida* Hornsch. und *Dicranella heteromalla* Schimp. hervor. (Im allgemeinen!) Dreht nämlich die Nadel zuerst nach rechts, so ist bei den drei zuerst genannten Arten der Gesamtausschlag nach rechts größer als der nach links, der umgekehrte Fall tritt, von geringfügigen Ausnahmen abgesehen, ein, sobald der erste Ausschlag nach links erfolgt. *Dicranella cerviculata* Schimp. bringt in neun von zehn Fällen als ersten Ausschlag einen solchen nach links hervor, und darauf ist es wohl zurückzuführen, daß der Gesamtausschlag nach links den nach rechts immer übertrifft. *Dicranella heteromalla* Schimp. und *Plagiothecium undulatum* Bryol. eur., beide mit je vier Ausschlägen, befolgen eine andere Regel. Obwohl der erste Ausschlag in seiner Richtung öfter wechselt, so ist bei *Dicranella heteromalla* Schimp. in sechs von sieben Fällen Gesamtausschlag nach rechts größer als der nach links, bei *Plagiothecium undulatum* Bryol. eur. in sieben von zehn Fällen der nach links größer als der nach rechts.

### XVI. Versuchsreihe.

Es bleibt u. a. die Frage zu beantworten, an welche Schichten der Seta die tordierenden Kräfte wohl gebunden sein mögen. Sie im Zentralstrang zu suchen, dem die Aufgabe der Wasserleitung und die Zufuhr von Nährstoffen zu dem Sporogon obliegt, ist wohl nicht angängig. Sein anatomischer Aufbau spricht auch nicht dafür, daß ihm bei der Torsion irgendwelche Rolle zufällt. Einer experimentellen Prüfung entzieht er sich dadurch, daß man ihn für sich allein, d. h. vom übrigen Setengewebe gesondert, nicht erhalten kann. Bei manchen Arten von *Potytrichum* Dill. und *Pogonatum* P. Beauv. läßt er sich aber in noch wohlerhaltenem Zustand herausziehen, so daß man in der Lage ist, damit Versuche anzustellen. Versucht man ihn herauszuziehen, so erhält man immer nur Bruch-

<sup>1)</sup> Die Versuche mit nur einem Ausschlag scheiden selbstverständlich aus.

stücke, manchmal solche von nicht unbeträchtlicher Länge. Ich legte aber Wert darauf, den Zentralstrang in seiner ganzen Ausdehnung zu besitzen. Dadurch, daß ich die Seten zwischen den nicht weit auseinander stehenden Enden der Pinzette mehrere Male schief hindurchzog, erhielt der peripherisch, aus Stereiden gebildete Hohlzylinder einen Längsriß, aus dem man den Zentralstrang bisweilen unversehrt in seiner ganzen Ausdehnung herausziehen konnte. Noch nicht ganz „reife“ Seten, zu einer Zeit gesammelt, zu der die Längsachse des Sporogons noch in die Richtung der Seta fällt, erwiesen sich zur Gewinnung des Zentralstrangs am geeignetesten.

**Hauptergebnis:** Der Zentralstrang von *Polytrichum commune* L. führt keine Torsionen aus. Die Nadel schwankt andauernd zwischen bescheidenen Grenzen hin und her und kommt niemals zur Ruhe.

**Nebenergebnis:** Anatomischer Befund. Die Oberflächenzellen des Zentralstranges, die bei durchfallendem Lichte unter dem Mikroskop scharf hervortraten, zeigten nicht die geringste Spur einer spiralen Anordnung. An einem nicht weniger als 8,8 cm langen Stück konnte ich einen Zellenzug verfolgen, ohne daß bei ihm auch nur eine unbedeutende seitliche Verschiebung hervortrat. Er verlief genau in der Mitte und setzte sich aus zartwandigen, weitlumigen Elementen zusammen. Auch die tiefer gelegenen Zellen wichen von der geradlinigen Anordnung nicht ab. Nebenbei sei bemerkt, daß der Zentralstrang auch den bleichgrünen Fuß durchzieht und mit dessen Ende in fester Verbindung steht. Er läßt sich also nicht aus dem Fuße herausziehen, die Zellen der Fußspitze haften fest an ihm. Daraus darf man wohl den Schluß ziehen, daß nur die untersten Fußzellen Wasser und Nährstoffe dem Stämmchen entnehmen und sie dem Zentralstrang zuführen.

## XVII. Versuchsreihe.

Die sieben Versuche dieser Reihe haben mehr ein physikalisches als ein botanisches Interesse.

Es war zu erwarten, daß die Torsionsfähigkeit der Moosseten eingeschränkt oder gar völlig aufgehoben würde, sobald an deren unterem Ende Zugkräfte von wechselnder Größe in Wirksamkeit treten. Bei einer Reihe von Versuchen wurde sofort nach der Einstellung, also noch vor dem Beginn der Drehung, der das Zuggewicht tragende Objektträger mit dem Fußende der Seta fest verbunden und arretiert. Die Belastung betrug 25.14 g und setzte sich aus dem Gewicht der Klemme, des Objektträgers und zweier Zehngramm-

gewichtete zusammen, die auf den letzteren aufgelegt wurden. Die Versuche der zweiten Reihe unterscheiden sich von denen der ersten dadurch, daß immer größer werdende Zugkräfte in Anwendung kamen und die Arretierung erst bei dem dritten Versuche vorgenommen wurde. Durch Verschiebung der auf den Objekträger aufgelegten Gewichte konnte dieser leicht in eine horizontale Lage versetzt werden. Er trug außerdem an seiner längeren Seite eine feine Nadel, die vor Beginn der Torsion auf  $0^\circ$  eingestellt wurde. Nach jedem Versuche wurde die Seta längere Zeit in Wasser gelegt und erst nach völliger Durchtränkung wieder in Benutzung genommen. Als Versuchsobjekte dienten alte Seten von *Polytrichum commune* L.

XVII. Tabelle.

Ver- such	Belastung in g	Arretiert	Nach der Arretierung wieder angefeuchtet	Torsions- winkel
1	27.130			$165^\circ$
	47.130			$85^\circ$
	67.130	!		$0^\circ$
	67.130		!	$30^\circ$
2	27.130			$115^\circ$
	47.130			$50^\circ$
	67.130	!		$0^\circ$
	67.130		!	$37^\circ$
3	27.130			$110^\circ$
	47.130			$70^\circ$
	67.130	!		$4^\circ$
	67.130		!	$38^\circ$
3	27.130			$110^\circ$
	47.130			$107^\circ$
	67.130	!		$0^\circ$
	67.130		!	$83^\circ$
5	27.130			$132^\circ$
	47.130			$70^\circ$
	67.130	!		$5^\circ$
	67.130		!	$40^\circ$
6	27.130			$48^\circ$
	47.130			$27^\circ$
	67.130	!		$0^\circ$
	67.130		!	$15^\circ$
4	27.130			$51^\circ$
	47.130			$22^\circ$
	67.130	!		$0^\circ$
	67.130		!	$18^\circ$

**Hauptergebnis:** Je größer der Zug, um so geringer der Ausschlag.

**Zusatz:** Bei dem dritten Versuche wurde die Belastung um 10 g erhöht, die Drehung durch Arretierung des Objektträgers aufgehoben. Nach Beseitigung des Hemmnisses blieb die Nadel in fünf von sieben Fällen in Ruhe, in den beiden anderen brachte sie es auf nur 4° bzw. 5°. Die Torsion konnte also bei 67.130 g Belastung und sofortiger Arretierung des Objektträgers gar nicht oder nur in sehr beschränktem Maße zur Geltung kommen. Beim vierten Versuch überließ ich die Seta bei derselben Belastung wieder der Drehung. Sie brachte es dann zu größeren Ausschlägen, die aber in keinem Falle an die beiden ersten heranreichten. Zehn Versuche, bei denen die Arretierung nach dem ersten Versuch sofort vorgenommen wurde, ergaben folgende Werte: 3°, 7°, 2°, 4°, 6°, 0°, 6°, 0°, 5°, 9°.

### XVIII. Versuchsreihe.

Zweifellos sind die verschiedenen Schichten des an der Setenperipherie gelegenen, aus Zellen mit stark verdickten Membranen zusammengesetzten, mechanischen Zylinders nicht in gleicher Weise an dem Zustandekommen der Torsion beteiligt. Die Seten der meisten Laubmoose sind recht zarte Gebilde, die man der ganzen Länge nach nicht in mehrere, zum mindesten zwei Teile zerlegen kann. Als „Retter in der Not“ traten wieder *Polytrichum*- und *Pogonatum*-Arten auf, deren Seten einen verhältnismäßig großen Querschnitt aufweisen. Um sie der ganzen Länge nach zu spalten, wandte ich die verschiedenartigsten Methoden an, kam aber zu keinem befriedigenden Ergebnis. Ich schob die Seta, sie zwischen Zeigefinger und Daumen haltend, in die Schneide des Rasiermessers hinein, erhielt auch ganz respektable Stücke, die aber, wie sich von selbst versteht, von sehr verschiedener Dicke sein mußten. Viel war damit nicht anzufangen, obwohl manche Stücke ganz brauchbare Resultate zutage förderten. Schließlich gelang es doch, einen Weg ausfindig zu machen, der zum Ziele führte. Auf der ebenen Fläche eines Mikrotommessers klebte ich je ein keilförmiges Stück Kork auf, so daß zwischen der planen Seite des Messers und einer plan geschliffenen Glasplatte, auf die das Messer aufgelegt wurde, ein Hohlraum verblieb. Auf mehreren Glasplatten befestigte ich vierseitige Deckgläschchen, und zwar so, daß jede Glasplatte an beiden Seiten solche von gleicher Dicke trug. Auf diese Deckgläschchen legte ich die Schneide des Mikrotommessers. Ich hatte es also in der Hand, den an der Schneide des Messers gelegenen feinen Spalt zwischen dieser und der Glasplatte je nach der Verwendung der

einzelnen Glasplatten zu vergrößern und zu verkleinern, denn diese waren mit Deckgläschchen von verschiedener Dicke ausgestattet. Die Seta schob ich so unter die Schneide des Messers, daß ich das eine Ende noch vom größeren hinteren Hohlraum mit der Pinzette fassen konnte. Indem ich mit dem Zeigefinger der linken Hand einen leichten Druck auf die gleitende Seta an der Schneide ausübte, zog ich sie mit der Pinzette nach hinten durch. So erhielt ich zwei Längsschnitte der Seta, deren Dicke der Höhe der verwendeten Deckgläschchen entsprach. Auf diese Weise konnte ich die Seten halbieren, sie aber auch in ein zartes und ein kräftiges Stück spalten.

XVIII. Tabelle.

Versuch	Länge der Seta in cm	Ausschlag	Beschaffenheit des Versuchs- objekts	Torsions- winkel
1	a 8,5	+	Oberflächenstück, Hohlraum der Seta intakt	865°
	b 9	20°+ 10°— 105°+	Ergänzungsstück zu a	135°
2	a 8	+	Oberflächenstück	785°
	b 8,3	18°— 43°+ 165°— 5°+	Ergänzungsstück zu a	231°
3	a 9	+	Sehr zartes Oberflächenstück	993°
	b 10	210°— 120°+	Ergänzungsstück zu a	330°
4	a 6,3	+	Sehr zartes Oberflächenstück	875°
	b 6,3	140°— 20°+	Ergänzungsstück zu a	160°
5	a 7,3	605°+ 65°—	Sehr zartes Oberflächenstück	670°
	b 7,3	185°— 55°+	Ergänzungsstück zu a	240°
6	a 8,2	+	Zartes Oberflächenstück	823°
	b 8,6	30°+ 50°— 58°+ 12°—	Ergänzungsstück zu a	142°

**Hauptergebnis:** Der Torsionswinkel der zarten Oberflächenstücke übertrifft den des zugehörigen dickeren Stückes sehr bedeutend.

**Zusatz:** Mit den Seten von *Polytrichum commune* L. habe ich insgesamt vierzig Versuche angestellt, sie drehen alle nach links. Der mittlere Gesamtwert von zehn Versuchen mit alten Seten dieser Art beträgt 75°, ein sehr geringer Wert, wenn man die bedeutende Setenlänge (bis 9 cm) berücksichtigt. Sobald ein Teil der Seta beseitigt wird, schlägt die Nadel des zarten Oberflächen-

stück, abweichend von dem Verhalten unverletzter Seten, ausschließlich die Richtung nach rechts ein und behält sie auch dauernd bei. Aber auch das stärkere Setenstück war durch die Beseitigung eines Teiles seiner Oberfläche nicht immer mehr imstande, die Richtung nach links ausschließlich zu befolgen. Bei dem ersten Versuch (b) wechselte die Nadel zweimal, beim zweiten (b) sogar dreimal ihre Drehungsrichtung. Da bei unverletzten Seten die Nadel immer nach links ausschließt und der Torsionswinkel mit Rücksicht auf die bedeutende Setenlänge als sehr gering bezeichnet werden muß, so hat wohl die Annahme sehr viel für sich, daß bei der Drehung in den verschiedenen Schichten des mechanischen Zylinders Kräfte wirksam sind, die einander entgegenarbeiten. Zur vollen Wirkung gelangen diese Kräfte z. B. in den dünnen, lamellenartigen Oberflächenstücken, und wenn man einen Hohlzylinder herstellen könnte, der sich nur aus den äußersten Schichten der Seten zusammensetzt, so würde man aller Wahrscheinlichkeit zufolge ausschließlich nach rechts gerichtete, sehr große Ausschläge erhalten. Anderseits aber darf man sich nicht verhehlen, daß das Resultat mit einem derartigen Zylinder auch anders ausfallen kann, weil nicht bekannt ist, ob nicht auch hier widerstreitende Kräfte ihr Spiel treiben. Wenn nun bei den unverletzten Seten der Ausschlag der Nadel stets nach links erfolgt, so dürfen wir annehmen, daß die tiefer liegenden Schichten die Torsion der Außenschichten derart beeinflussen, daß die Seten nach links drehen. Hiernach ist der Sitz der tordierenden Kräfte nicht in einer besonderen Schicht zu suchen, denn träfe das zu, so müßte, nach den Versuchsergebnissen mit den Oberflächenstücken zu schließen, die Seta stets nach rechts drehen.

Der mittlere Gesamtausschlag der zarten Oberflächenstücke erreicht den hohen Betrag von  $835^{\circ}$ , während es die dickeren Abschnitte nur auf einen solchen von  $209^{\circ}$  bringen. Vierzig Versuche mit unverletzten Seten ergaben, wie bereits erwähnt, einen mittleren Gesamtausschlag von  $75^{\circ}$ , diesem Werte gegenüber erscheint der von  $209^{\circ}$  wieder sehr hoch. Durch den Raub einer Schicht an der Oberfläche wird der kräftigere Abschnitt, bildlich ausgedrückt, gleich den zarten, lamellenartigen Stücken von „lästigen Fesseln“ befreit und in die Lage versetzt, einen größeren mittleren Gesamtausschlag zu erzeugen. Dafür büßen sie aber die Fähigkeit ein, ausschließlich nach links zu drehen.

Besonders auffallend ist der Unterschied in der Winkelgeschwindigkeit zweier zusammengehöriger Stücke. Zu einer Torsion von 2 R brauchte die Nadel nur 1 Minute 45 Sekunden, bei dem zu Versuch 5 a verwendeten zarten Stücke, wogegen die Nadel des

zugehörigen stärkeren Stückes b nicht weniger als 23 Minuten 15 Sekunden benötigte, um einen Winkel von  $180^{\circ}$  zu überstreichen. Bei Versuch 6 a ging die Drehung um 2 R innerhalb 2 Minuten 21 Sekunden vor sich, für b konnte ein Ergebnis nicht erzielt werden, weil von der Nadel keine Drehung um  $180^{\circ}$  zustande gebracht wurde. Die auf einen Torsionswinkel von je  $90^{\circ}$  (Versuch 5 und 6 a) entfallenden Zeiten sind folgende:

5 a.	54 Sekunden	360°	6 a.	93 Sekunden	360°
49	"		48	"	
77	"		64	"	
53	"	90°	135	"	360°
320	"		233	"	
655	"		512	"	
			315	"	360°
			580	"	

Die größte Winkelgeschwindigkeit liegt also bei beiden Versuchen jedesmal zwischen  $90^{\circ}$  und  $180^{\circ}$ , die entsprechenden Zahlen sind 49 und 48 Sekunden.

Ganz anders verhält es sich mit der Winkelgeschwindigkeit bei dem zu Versuch 5 a gehörigen Stücke b. Hier war die Bewegung eine sehr gleichmäßige, und nur in einem Falle ging die Nadel bei einem Ausschlag von  $10^{\circ}$  über 2 Minuten hinaus.

### XIX. Versuchsreihe.

Die Winkelgeschwindigkeit der Laubmoosseta ist, wie aus den in der II. und III. Tabelle aufgeführten Zahlen hervorgeht, einerseits vom Wassergehalt, anderseits vom Alter abhängig. Die Experimente der folgenden Versuchsreihen berücksichtigen diese beiden Punkte nicht, weil es sich darum handelt, festzustellen, welche Rolle ganz allgemein der Winkelgeschwindigkeit bei reifen und wasserdurchtränkten Seten zufällt. Die Aufgabe der Seta besteht meines Erachtens darin, die Sporen aufzulockern und deren gleichmäßige Ausstreuung zu bewirken. Erst zur Zeit der Sporenreife und nachdem der Deckel abgeworfen ist, tritt an sie jene Aufgabe heran, nicht vorher, obwohl sie auch dann schon in ausgiebiger Weise zu tordieren imstande ist. Nur reife Seten mit entdeckeltem Sporogon wurden zu den Experimenten der folgenden Versuchsreihen benutzt und unter diesen aus leicht ersichtlichen Gründen solche ausgewählt, die eine größere Anzahl Drehungen in derselben Richtung ausführen. *Ceratodon purpureus* Brid. bringt fast immer zwei Ausschläge hervor, einen großen nach links und einen kleinen in entgegengesetzter Richtung. Für die Versuche kam nur der nach links in Betracht.

**XIX. T a b e l l e (A).**  
*Barbula unguiculata* Hedw.

Ver- such	Seten- länge in cm	Zahl der Minuten und Sekunden, welche die Nadel zu einer vollen Umdrehung brauchte. Kommt eine volle Umdrehung nicht zustande, so ist dies in Klammer beigefügt					Beobach- tungs- dauer	Nach- träg- liche Drehung	Gesamt- aus- schlag			
		I	II	III	IV	V						
		M. S.	M. S.	M. S.	M. S.	M. S.	M.	S.				
1	0,95	1 38	2 52	19 15	.	.	23	45	160°	1240°		
2	0,9	2 5	4 .	27 35	18 .	.	51	40	190°	1630°		
3	1,25	2 45	10 .	22 42	.	.	35	27	87°	1167°		
4	0,9	3 50	4 .	28 37	15 .	.	51	50	38°	1298°		
5	0,9	2 12	2 43	18 55	12 50 (270°)	.	36	40	77°	1260°		
6	1,2	3 38	9 17	28 25 (180°)	.	.	41	20	60°	960°		
7	1,15	. 42	1 16	30 2	26 45 (180°)	.	58	45	15°	1275°		
8	1	1 30	1 34	9 36	20 45	4 90 (90°)	.	38	40°	1570°		
9	1,2	3 20	2 42	18 6	22 3 (180°)	.	46	10	32°	1292°		
10	1,15	2 52	2 32	20 15	18 30 (180°)	.	42	10	90°	1350°		

*Ceratodon purpureus* Brid.

Ver- such	Seten- länge in cm	Zahl der Minuten und Sekunden, welche die Nadel zu einer vollen Umdrehung brauchte					Gesamt- aus- schlag	Gesamtaus- schlag		
		I	II	III	IV	V		+	-	
		M. S.	M. S.	M. S.	M. S.	M. S.				
1	1,9	3 .	1 33	1 47	2 57	9 43	2280°	320°	1960°	
2	1,9	2 5	1 47	1 50	7 8	11 .	1890°	220°	1670°	
3	2,1	2 50	1 48	2 4	6 48	.	1570°	.	1570°	
4	1,95	2 25	1 35	1 35	2 35	29 60	2028°	.	2028°	
5	1,95	5 .	3 4	4 26	6 7	11 38	1960°	80°	1880°	

XIX. Tabelle (B).  
*Scorpidium scorpioides* L.

Versuch	Seten- länge in cm	Zahl der Minuten und Sekunden, welche die Seta zu einer vollen Um- drehung brauchte .						Beobach- tungs- zeit	Nach- träg- liche Dreh- ung	Ge- sam- aus- schlag								
		I		II		III		IV		V		VI						
		M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	St.	M.	S.				
1	3,45	1	30	.	50	2	50	2	50	2	20	4	5	14	25	220°	2380°	
2	3,95	4	55	3	33	4	14	3	48	7	40	37	40	1	1	50	130°	2010°
3	5,1	2	45	1	15	1	35	3	25	18	20	19	30		46	50	55°	1945°
4	3,9	4	26	3	44	4	5	5	30	31	30	.	.		49	15	60°	1860°
5	3,8	1	10	.	52	1	28	3	57	7	13	18	.		32	40	25°	1735°
6	4,1	2	10	1	28	1	47	5	30	.	.	.	.		10	45	85°	1525°
7	3,8	5	35	4	2	36	23	.	.	.	.	.	.		46	.	50°	1490°
8	3,75	2	21	1	46	4	41	.	.	.	.	.	.		8	48	340°	1420°
9	3,7	5	5	3	15	4	25	.	.	.	.	.	.		12	45	340°	1420°
10	3,9	4	40	5	10	7	30	.	.	.	.	.	.		17	20	120°	1200°

## XIX. Tabelle (C).

Versuch	Setzten- länge in cm	Zahl der Stunden, Minuten und Sekunden, welche die Seta zu einer vollen Umdrehung benötigte								Ge- sam- aus- schlag
		I St. M. S.	II St. M. S.	III St. M. S.	IV St. M. S.	V St. M. S.	VI St. M. S.	VII St. M. S.	VIII St. M. S.	
1	2,85	-- 33	-- 22	-- 15	-- 18	-- 18	-- 45	- 2 53	1 37 10	2776°
2	2,55	-- 50	-- 38	-- 28	-- 42	- 6 52	- 22 55	. . .	. . .	2268°
3	2,55	-- 53	-- 45	-- 22	-- 30	- 1 6	- 21 -	. . .	. . .	2475°
4	2,9	- 1 -	-- 34	-- 40	- 1 19	- 11 -	1 33 45	. . .	. . .	2160°
5	2,55	- 1 -	-- 47	-- 35	- 1 40	- 39 22	. . .	. . .	. . .	1993°
6	2,9	-- 47	-- 36	-- 43	- 1 48	1 13 28	. . .	. . .	. . .	1830°
7	2,8	-- 46	-- 25	- 1 11	- 6 53	. . .	. . .	. . .	. . .	1800°
8	2,85	- 1 1	-- 40	-- 47	- 29 40	. . .	. . .	. . .	. . .	1620°
9	2,5	- 1 23	-- 54	- 1 20	- 44 43	. . .	. . .	. . .	. . .	1530°
10	2,3	-- 45	-- 35	- 1 32	- 52 13	. . .	. . .	. . .	. . .	1490°

XIX. Tabelle (D).  
*Ditrichum homomallum* Hedw.

Versuch	Seten- länge in cm	Zahl der Stunden, Minuten und Sekunden, welche die Nadel zu einer Drehung um 360° brauchte														Beobach- tungs- dauer	Nach- träg- liche Dreh- ung	Ge- samt- aus- schlag																
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		XIII								
		M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.					
1	2,15	2	37	2	43	2	31	2	17	2	2	1	58	2	21	2	24	2	49	3	48	.	5	35	.	10	12	15	30	23	40			
2	2,8	5	12	5	39	5	19	4	37	4	48	5	57	4	58	5	50	7	48	7	27	.	9	35	.	17	35	51	30	.	.			
3	2,25	5	20	5	47	5	35	5	20	6	18	4	5	3	57	4	10	6	8	10	.	.	19	35	1	6	.	.	.	3	21	55	40°	4360°
4	1,9	1	47	1	38	2	.	2	25	3	30	5	35	8	45	9	5	13	20	16	25	.	51	40	.	.	.	.	.	1	56	10	135°	4095°
5	2	2	5	2	42	2	30	3	40	4	13	6	17	6	58	6	45	9	50	23	40	1	22	.	.	.	.	.	2	30	40	60°	4020°	
6	1,95	2	55	2	45	2	35	3	38	4	37	4	40	5	.	6	40	10	15	25	10	.	.	.	.	.	.	.	1	8	15	200°	3800°	
7	2,6	2	42	3	28	3	50	4	45	2	40	4	2	4	38	6	2	9	10	18	28	.	.	.	.	.	.	.	.	59	45	315°	3915°	
8	1,75	2	40	2	35	2	8	2	37	3	30	5	30	8	35	10	50	18	20	.	.	.	.	.	.	.	.	56	45	250°	3490°			
9	2	4	30	5	50	5	40	4	43	3	14	6	50	7	23	10	5	25	15	.	.	.	.	.	.	.	.	1	13	30	190°	3430°		
10	1,85	7	20	7	20	5	35	8	.	10	30	10	50	11	40	19	40	46	30	.	.	.	.	.	.	.	.	2	7	25	270°	3420°		

Die Torsionen der Laubmoossetz.

XIX. Tabelle (E).  
*Distichium capillaceum* Bryol. eur.

Ver- such	Seten- länge in cm	Zahl der Stunden, Minuten und Sekunden, welche die Nadel zu einer vollen Umdrehung brauchte. Kam eine solche nicht zustande, so ist die Gradzahl in Klammern beigefügt										Beobach- tungs- dauer	Nach- trägliche Drehung	Gesamt- aus- schlag																				
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII																		
		St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.															
1	1,7	.	4	5	.	2	47	.	2	31	.	3	44	.	9	10	.	14	23	.	25	40	.	30	35	.	2	3	15	3	36	10	65°	3335°
2	1,1	.	2	31	.	1	34	.	3	30	.	8	.	.	26	30	.	25	10	.	31	10	.	55	10	.	.	.	2	33	30	15°	3105°	
3	1,3	.	2	2	.	1	19	.	1	6	.	2	18	.	8	5	.	47	5	1	11	.	.	.	.	.	2	12	55	100°	2620°			
4	1,15	.	4	12	.	4	26	.	10	2	.	42	50	.	36	15	.	45	30	1	24	15	(270°)	.	.	.	4	47	30	43°	2473°			
5	1,2	.	4	37	.	1	40	.	2	50	.	1	50	.	3	5	.	20	35	.	32	.	(180°)	.	.	.	1	6	37	35°	2375°			

XIX. T a b e l l e. (F)  
*Hypnum fluitans.*

0,11345	0,11973	0,14836	0,10472	0,11054	0,06691	0,06109	0,05818	0,03199	0,01891	0,03636
0,18908	0,16872	0,15708	0,14836	0,14254	0,12218	0,11054	0,08727	0,07854	0,06399	0,04218
0,10036	0,15855	0,06253	0,12509	0,11973	0,10763	0,0456	0,08291	0,06399	0,05672	0,02472
0,02472	0,03491	0,01309	0,07272	0,02472	0,04945	0,02036	0,02559	0,04218	0,02996	0,01454
0,01076	0,01891	0,00436	0,02764	0,00873	0,01163	0,00873	0,00873	0,01454	0,00959	0,01309
0,00669	0,01163	0,00291	0,01309	0,00494		0,00291	0,00535	0,00535	0,00608	0,00873
0,00464	0,00727		0,00535	0,00436		0,00128	0,00204	0,00291		0,00639
0,00349	0,00535		0,00727	0,00204				0,00145		0,00523
	0,00436		0,00535							
	0,00128		0,00436							

**Hauptergebnis:** Führt eine Seta eine gewisse Zahl von vollen Torsionen aus, so gehört die Drehung mit der größten Winkelgeschwindigkeit nicht, wie erwartet werden dürfte, der in der Mitte liegenden, sondern einer früher vollendeten an.

**Nebenergebnis:** Bei den Torsionen von *Ceratodon purpureus* Brid. schlägt die Nadel zuerst nach links, dann nach rechts aus, bei allen übrigen nur nach links. — Der mittlere Gesamtausschlag beträgt bei dieser Art 1902° (10 Versuche), bei *Scorpidium scorpioides*. 1698°, bei *Hylocomium squarrosum* Bryol. Eur. 1994°, bei *Barbula unguiculata* Hedw. 1312°. Die Zahl der vollen Umdrehungen schwankt bei letztgenannter Art zwischen 1 und 4, bei *Ceratodon purpureus* Brid. zwischen 1 und 5, bei *Scorpidium scorpioides* L. zwischen 3 und 6 und bei *Hylocomium squarrosum* Bryol. Eur. zwischen 4 und 8. Bei *Barbula unguiculata* Hedw. liegt die größte Winkelgeschwindigkeit, von 2 Fällen abgesehen, stets in der ersten, bei *Ceratodon purpureus* Brid. immer in der zweiten, bei *Scorpidium scorpioides* L., von einer Ausnahme abgesehen, stets in der zweiten und schließlich bei *Hylocomium squarrosum* Bryol. Eur. teils in der zweiten, teils in der dritten vollen Torsion.

**Zusatz:** Insgesamt kommen fünfunddreißig Versuche in Betracht. Nur bei einer ungeraden Zahl voller Torsionen kann die größte Winkelgeschwindigkeit in der Mitte liegen, dies ist aber nur einmal, und zwar bei *Hylocomium squarrosum* der Fall. Die Versuche 7, 8 und 9 von *Scorpidium scorpioides* scheiden aus, weil in neun von zehn Fällen die größte Winkelgeschwindigkeit immer an die zweite Torsion gebunden ist. Die Seten dieser Art, die,

wie soeben hervorgehoben, hinsichtlich der Winkelgeschwindigkeit gleich denen von *Ceratodon purpureus* auf eine bestimmte, nämlich die zweite volle Drehung festgelegt sind, bringen, falls es nur zu drei Umdrehungen kommt, in der mittleren die bedeutendste Winkelgeschwindigkeit hervor. Sinkt aber der Gesamtausschlag, in diesem Falle auf 1200° hinab, so kann es auch eintreten, daß die Seta ihre größte Winkelgeschwindigkeit in die Anfangstorsion verlegt (Versuch 10). Die Seten von *Barbula unguiculata*, *Ceratodon purpureus* und *Scorpidium scorpioides* unterscheiden sich aber in einem Punkte sehr wesentlich von denen von *Hylocomium squarrosum*. Dieses schließt sich unmittelbar an *Scorpidium scorpioides* an, wir können aber feststellen, daß bei Zunahme der Zahl der Umdrehungen eine, wenn auch unbedeutende Verschiebung gegen das Ende sich geltend macht, die bei *Barbula unguiculata*, *Ceratodon purpureus* und *Scorpidium scorpioides* unterbleibt.

Nach den Versuchsergebnissen zu rechnen, unterliegt es keinem Zweifel, daß die größte Winkelgeschwindigkeit bei den Seten der Laubmoose sich bei einer ganz bestimmten Torsion zu erkennen gibt, denn verhielte es sich anders, so würden die Versuche mit Seten von *Barbula unguiculata*, *Ceratodon purpureus* und *Scorpidium scorpioides*, die doch eine sehr verschiedene Anzahl von Drehungen bewerkstelligen, zu einem wesentlich anderen Resultat geführt haben. Ich bin überzeugt, daß das nicht sehr klare Bild, welches *Ditrichum homomallum* und *Distichium capillaceum* zeigen, sich mit der Vermehrung der Versuche auf zwanzig oder dreißig sehr klar gestalten würde.

Die Seten vieler Laubmoose drehen ruckweise, zwei Schritt vorwärts, einen Schritt rückwärts, zwei Schritt vorwärts usw. Die Zeiten, die in jedem Falle verstreichen, sind nicht meßbar. Dadurch kann wohl eine Lockerung der Sporenmasse hervorgerufen werden. Je durchgreifender die Lockerung der Sporenmasse erfolgt, um so leichter und vollständiger geht natürlich auch deren Verbreitung vor sich. Ich wage aber nicht, zu behaupten, daß die schnelleren Anfangsdrehungen der Laubmoosseten mit der Auflockerung der Sporenmasse in Beziehung stehen, so ganz unwahrscheinlich ist dies aber durchaus nicht.

Die vollen Umdrehungen nehmen gegen das Ende der Torsion immer mehr Zeit in Anspruch. Die Seta führt die Öffnung des Sporogons bei ihrer Drehung mehr oder weniger schnell, aber dauernd durch alle Richtungen der Windrose, jeder Lufthauch erfaßt die unendlich leichten Sporen und weht sie in einer durch die Stellung der Sporagonöffnung gegebenen Richtung fort. Es ist keine Ein-

richtung denkbar, die die Leistungsfähigkeit der tordierenden Seta übertrifft. — Bei *Hypnum fluitans* liegt die größte Winkelgeschwindigkeit immer in der zweiten Minute. (Siehe Tabelle XIX F.)

## XX. Versuchsreihe.

Wie bekannt sein dürfte, ist die Reife einer Seta und des von ihr getragenen Sporogons<sup>1)</sup> leicht an der Färbung zu erkennen. Im jugendlichen Zustand haben beide meist eine grüne oder grünlich-gelbe Farbe, die bei zunehmender Reife durch eine braune abgelöst wird. Die Bräunung der Seta schreitet, wovon man sieh in der Natur leicht überzeugen kann, in akropetaler Richtung fort, und je nachdem dieser dunklere Farbenton eine geringere oder größere Partie der Seta ergriffen hat, darf diese als weniger oder mehr reif angesehen werden. Die Seta gewinnt mit zunehmender Bräunung immer mehr an Torsionskraft, d. h. ihre Winkelgeschwindigkeit erfährt eine stetige Vergrößerung. Es bedarf also der Einlagerung eines Farbstoffes in die Membranen der für die Drehung in Betracht kommenden Zellen des peripherischen Setenzylinders, um dessen Drehungsfähigkeit zur höchsten Leistung zu bringen. Anscheinend wird durch diese Farbstoffeinlagerung eine große Sprödigkeit der Membranen erzielt, ob aber auf diese Einlagerung ausschließlich die erhöhte Torsionsfähigkeit zurückgeführt werden darf und ob nicht doch noch andere Membranveränderungen gleichzeitig mit der Bräunung sieh vollziehen, muß vorläufig dahingestellt bleiben. In die folgende Tabelle habe ich nur drei Versuche mit Seten von *Meesea uliginosa* aufgenommen, um den Unterschied zwischen den drei Reihen um so deutlicher vor Augen zu führen. Es wurden die Ausschläge festgestellt, welche die Nadel in einer größeren Zahl von Minuten hervorbrachte.

XX. Tabelle.  
*Meesea uliginosa* Hedw.

Versuch		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
		Minute											
1	Alte Seta . . .	140°	270°	305°	48°	150°	37°	23°	17°	15°	6°	5°	7°
2	Jüngere Seta . .	16°	32°	38°	44°	47°	43°	48°	29°	6°	0°	.	.
3	Jugendliche Seta	7°	9°	9°	9°	9°	11°	10°	12°	11°	9°	11°	10°

<sup>1)</sup> Für die Beurteilung der Reife des Sporogons kommen noch andere Umstände in Betracht, die aber bei der Seta ausscheiden.

**Hauptergebnis:** Die Größe des in jeder Minute von der Nadel hervorgebrachten Ausschlags ist von dem Alter der Seta abhängig. Je älter die Seta, um so größer der Ausschlag.

**Nebenergebnis:** Die Seten von *Meesea uliginosa* Hedw. drehen ausschließlich nach links. — Vergleicht man die zwischen den Zahlen der ersten Reihe liegenden Differenzen mit den entsprechenden der dritten, so ergibt sich eine große Abweichung. Den Differenzen von

$$130^{\circ} - 35^{\circ} - 257^{\circ} - 102^{\circ} - 113^{\circ} - 14^{\circ} - 6^{\circ} - 2^{\circ} - 9^{\circ} - 1^{\circ} - 2^{\circ}$$

stehen solche von  $2^{\circ} - 0^{\circ} - 0^{\circ} - 0^{\circ} - 2^{\circ} - 1^{\circ} - 2^{\circ} - 1^{\circ} - 2^{\circ} - 2^{\circ} - 1^{\circ}$  gegenüber. Die junge Seta veranlaßte also bei der Torsion Ausschläge von sehr kleinem und fast gleichem Werte, von den „reifen“ kann eigentlich nur das Gegenteil behauptet werden, wenn auch gegen das Ende der Drehung hin die Differenzen nicht mehr so große Abweichungen zu erkennen geben, wie es z. B. bei denen der sechs ersten Minuten der Fall ist. Was hier über junge und alte Seten von *Meesea uliginosa* Hedw. experimentell festgestellt wurde, gilt im großen ganzen von den Seten aller Laubmoose, die zu einer einigermaßen ausgiebigen Torsion befähigt sind.

### XXI. Versuchsreihe.

Die Seten von *Camptothecium lutescens* Bryol. eur. bringen, wie aus Tabelle XV. B. ersichtlich ist, zwei Ausschläge hervor. Zuerst dreht die Nadel um einen ziemlich großen Betrag nach links, um darauf einen weit geringeren Ausschlag nach rechts zu erzeugen. Es lag die Frage nahe, ob dieser zweite Ausschlag auch zustandekommt, wenn die Nadel zu Beginn der ersten Torsion arretiert wird. Zu den Versuchen benutzte ich die bereits früher verwendeten Seten, die ja durch die Versuchsanstellung keinerlei Beschädigung erlitten hatten. Die zur Beantwortung jener Frage angestellten Experimente lieferten nun das bemerkenswerte Resultat, daß eine Ausschaltung des zweiten Ausschlags nicht erfolgt, daß aber dessen Torsionswinkel niemals die Größe erreichte, wie es der Fall war, wenn die Nadel ihre Drehung gleich von Anfang unbehindert ausführen konnte. Man sollte erwarten, daß die arretierte Seta, die im wasserdurchtränkten Zustand keine Spiralen zeigt, unter dem Zwange der Arretierung solche nicht hervorzubringen imstande wäre. Dies ist aber durchaus nicht der Fall, denn die eingetrockneten Seten weichen in keiner Weise von denen ab, die ihre Torsion unbehindert vornehmen konnten, sie wiesen gleich diesen deutliche Spiralen auf. Es muß aber als ausgeschlossen gelten, daß die Zellen, an welche die tordierenden Kräfte gebunden sind, in beiden Fällen gleiche Lagerung besitzen.

Die Seten dieser Art sind oben links, unten rechts gedreht, und zwar nimmt die rechts gedrehte Partie den größeren Teil der Seta ein. Bei den zu den Versuchen verwendeten, anfänglich arretierten Seten vermochte ich durch die Untersuchung mit der Lupe auch nichts anderes festzustellen.

Tabelle XV. I. H. gibt auch die Ausschläge nach rechts an, sie schwanken zwischen  $243^{\circ}$  und  $14^{\circ}$ . Aber nur bei den Seten mit größerem Ausschlag nach links trat der zweite Ausschlag deutlich hervor, ich ermittelte Torsionswinkel von  $65^{\circ}$ ,  $68^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$  und  $100^{\circ}$ .

Während also unter dem Zwange der Arretierung die kleineren Ausschläge nach rechts, wie sie in der Tabelle XV. I. H. verzeichnet sind, gleichsam „verschluckt“ wurden, trat dieser Fall bei den größeren Ausschlägen nach rechts nicht ein.

Verdunstet das Wasser der Seta, so darf wohl angenommen werden, daß beide Spiralen gleichzeitig ihre Tätigkeit entfalten, wenigstens bei den Zimmerversuchen. In der Natur aber mögen sie sich ganz anders verhalten, und dies ist auch sehr wahrscheinlich. Der Gedanke, daß unter natürlichen Verhältnissen die Seta in allen ihren Teilen gleichzeitig ihr Wasser einbüßen sollte, hat sehr wenig für sich. Zuerst verlieren wohl die oberen Abschnitte ihre Feuchtigkeit, und diese sind es auch, soweit *Camptothecium lutescens* und zahlreiche andere Arten in Betracht kommen, die die größten Ausschläge hervorbringen. In der Nähe des beblätterten Stämmchens, unter dem Schutze der Perichaetalblätter geht die Verdunstung ohne Zweifel langsamer vor sich, weil sie viel weniger dem austrocknenden Einfluß der bewegten Luft ausgesetzt sind, als die Partieen der Seta unterhalb des Sporogons. Ich nehme an, daß in der Natur durch die schnellere Drehung des oberen Setenteils hauptsächlich die Sporenausstreuung bewirkt wird, daß dagegen die langsamere Drehung nach rechts dafür weniger in Betracht kommt.

Recht eigenartig verhält sich auch die behinderte Seta, wenn man sie, nachdem die Nadel zur Ruhe gekommen ist und längere Zeit in der Ruhestellung verharrt hat, vermittelst eines feinen Marderhaarpinsels anfeuchtet. Sie dreht dann bis zur Arretierungsstelle zurück, wird aber durch die vertikal aufgestellte Nadel daran verhindert, die Drehung nach links fortzusetzen. Man hätte nun erwarten sollen, daß die Nadel, sobald die Seta einzutrocknen beginnt, wieder die Drehung nach rechts aufgenommen haben würde (um  $65^{\circ}$ ,  $68^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$  und  $100^{\circ}$ ). Dieser Fall trat aber nicht ein einziges Mal ein. Eine Erklärung für dieses Verhalten der Seta kann ich nur in dem Umstand finden, daß durch die neuerliche Anfeuchtung die für die

Drehung nach links in Betracht kommenden, mechanisch wirkenden Zellen in eine Lage zueinander gebracht wurden, die von der früheren, unter dem Zwang der Arretierung herbeigeführten, abweicht.

Wenn hier von einer „Lagenveränderung“ der Zellen die Rede ist, so ist darunter selbstverständlich keine grobe Verschiebung der mechanisch wirksamen Elemente zu verstehen. Wir brauchen auch nicht zur Erklärung dieser Erscheinung zu den Mizellen unsere Zuflucht zu nehmen. Es genügt z. B. die Annahme, daß bei der Arretierung der Nadel die langgestreckten, stereidenartigen Zellen des Außenzyinders, die schon bei der turgeszenten Seta eine deutliche spirale Anordnung erkennen lassen, sich seitlich nicht in der Weise betätigen können, wie es bei der ungehinderten Torsion der Fall ist, denn ich habe bereits oben darauf hingewiesen, daß auch bei der behinderten Seta die Spiralen ebenso hervorgebracht werden, wie bei der unbehinderten.

Die zarten Seten von *Barbula convoluta* Hedw. bringen, wie früher angestellte Versuche auswiesen, bis zu sieben Ausschlägen her. Meist dreht die Nadel zuerst nach links, und zwar um einen ziemlich hohen Betrag, der Gesamtausschlag nach links ist stets größer als der nach rechts. Da bei der Herausnahme aus den Korkspalten die früher benutzten Versuchsobjekte eine Beschädigung erlitten haben konnten, nahm ich von deren Verwendung zu weiteren Experimenten Abstand. Bei dieser Art gibt es aber auch Seten, die zuerst nach rechts drehen, es mußte deshalb zunächst bei den vier folgenden Versuchen geprüft werden, welcher Art die erste Drehung ist.

Die Versuche mit den Seten von *Barbula convoluta* wurden nun in folgender Weise angestellt. Vor der Benutzung wurden sie erst mehrere Tage hindurch unter Wasser gehalten, damit sie vollständig durchtränkt waren. Dann überließ ich sie der Torsion und notierte die Größe der Einzelausschläge. War dies geschehen, so gelangte das Objekt wieder in Wasser, worin es lange Zeit verweilte, um dann zum zweiten Male eingespannt und durch eine sofort in Wirksamkeit tretende Arretierung an der Torsion verhindert zu werden. Bis die Nadel sich von dem Hindernis löste und in einer der Richtung der Anfangsdrehung entgegengesetzten zurück tordierte, verstrich immer ziemlich viel Zeit. Bei den vier in Betracht kommenden Versuchen kam als erster Ausschlag stets ein solcher nach links in Frage, dieser konnte sich aber infolge der Arretierung nicht entwickeln, bei dem zunächst eintretenden Ausschlag konnte es sich also nur um einen nach rechts gerichteten handeln. Die Versuche lieferten dasselbe Resultat wie die mit den Seten von *Camptothecium*

*lutescens* Bryol. eur. angestellten Experimente. Durch Behinderung der Seta, ihren ersten Ausschlag — nach links — zur Geltung zu bringen, wird die nächste Drehung nach rechts und bisweilen auch die dritte nach links nicht ausgeschaltet. Wie bei *Camptothecium lutescens* wird durch die Arretierung auch bei *Barbula convoluta* die Größe des Torsionswinkels der nachträglich erzeugten Ausschläge insofern beeinflußt, als jene immer beträchtlich kleiner sind, als bei der unbehinderten Seta.

XXI. Tabelle.  
*Barbula convoluta* Hedw.

	A. Seta unbehindert.				B. Seta behindert.			
I. Versuch	1200°—	27°+	20°—	64°+ 49°—	120°+	ca. 5°—	ca. 8°+ 63°*	
II. Versuch	750°—	210°+	90°—	.	160°+	50°—	.	.
III. Versuch	1340°—	105°+	.	.	175°+	.	.	.
IV. Versuch	1150°—	620°+	50°—	.	235°+	.	.	.

**Zusatz:** Im unbehinderten Zustand brachten die vier Seten in zwei Fällen drei (II. und IV. Versuch) und in je einem Falle fünf (I. Versuch) und zwei (III. Versuch) Ausschläge hervor. In der Rubrik B. „Seta behindert“ kehren die großen Ausschläge nach links der Rubrik A. „Seta unbehindert“ nicht wieder. Viel überzeugender als das Ergebnis des ersten Versuches wirken die Resultate der drei übrigen, insbesondere gilt dies von dem zweiten und dritten Versuch. Den 210°+ unter Rubrik A. entsprechen 160°+ unter Rubrik B., den 90°— unter Rubrik A. 50°— unter Rubrik B. Da bei dem dritten Versuch die unbehinderte Seta nur zwei Ausschläge zustände brachte, so dürfte bei dem zweiten Experiment auch nur ein Ausschlag nach rechts erwartet werden (175°).

Aus Gründen der Raumersparnis, die durch die jetzt herrschende Papiernot geboten erscheint, stelle ich an den Schluß dieser Arbeit eine Tabelle, die in gedrängter Kürze über die wichtigsten Ergebnisse meiner Versuche mit Laubmoosseten Aufschluß erteilt. Die an den Kopf der Tabelle gesetzten römischen Zahlen und Buchstaben haben folgende Bedeutung:

I. Zahl der Versuche. II. Mittlere Setenlänge. III. Zahl der Ausschläge. IV a. Zahl der ersten Ausschläge nach rechts, IV b. Zahl der ersten Ausschläge nach links. V a. Zahl der Versuche mit einem, V b. mit zwei, V c. mit drei usw. Ausschlägen. VI a. gibt die Zahl der Ausschläge an, bei denen der Gesamt-

ausschlag nach rechts größer, als der nach links ist, VI b. bezieht sich auf den umgekehrten Fall. VII a. bedeutet den mittleren Gesamtausschlag nach rechts, VII b. den mittleren Gesamtausschlag nach links. (Aus diesen beiden Zahlen setzt sich, von den zahlreichen Ausnahmen abgesehen, der mittlere Gesamtausschlag zusammen.) VIII a, b, c usw. gibt den mittleren Gesamtausschlag der Versuche mit einem, zwei, drei usw. Ausschlägen an. IX. Größter, X. kleinster Ausschlag. XI. Erfolgt der erste Ausschlag nach rechts, so ist a. der Gesamtausschlag nach rechts größer, als nach links, erfolgt der erste Ausschlag nach links, so ist b. der Gesamtausschlag nach links größer, als der nach rechts, c. Ausnahmen. XII. Mittlerer Gesamtausschlag.

Überblickt man aufmerksam vergleichend die in der großen Tabelle niedergelegten Zahlen, so kann man sich der Einsicht nicht verschließen, daß bei der Torsion der Seta ein „gutes Stück des Artcharakters“ zur Geltung gelangt. Die Angaben besitzen einen gewissen diagnostischen Wert, und es ließe sich in der Tat eine Tabelle ausarbeiten, mit deren Hilfe man die überwiegende Mehrzahl der Laubmoose bestimmen könnte. An diese Arbeit wird sich aber so leicht niemand heranwagen, da wohl ein Menschenleben nicht ausreicht, sie zu leisten.

~~~~~

Die fortlaufenden Zahlen beziehen sich auf die an erster Stelle stehenden der nachfolgenden Tabellen.

1. *Aloina aloides*, 2. *Aloina rigida*, 3. *Anacalypta lanceolata*,
4. *Antitrichia curtipendula*, 5. *Aulacomnium androgynum*, 6. *Aulacomnium palustre*; — 7. *Barbula convoluta*, 8. *Barbula unguiculata*,
9. *Brachythecium Mildeanum*, 10. *Bryum argenteum*, 11. *Bryum pseudotriquetrum*; — 12. *Camptothecium lutescens*, 13. *Camptothecium nitens*, 14. *Catharinaea undulata*, 15. *Catoscopium nigritum*, 16. *Ceratodon purpureus*, 17. *Cinclidium stygium*, 18. *Climacium dendroides*, 19. *Cynodontium polycarpum*, 20. *Cynodontium strumiferum*, 21. *Cynodontium virens*; — 22. *Dicranella cerviculata*, 23. *Dicranella Grevilleana*,
24. *Dicranella heteromalla*, 25. *Dicranella varia*, 26. *Dicranum maius*,
27. *Dicranum scoparium*, 28. *Dicranum spurium*, 29. *Dicranoweisia cirrhata*, 30. *Didymodon rubellus*, 31. *Didymodon spadiceus*, 32. *Disclium nudum*, 33. *Distichium capillaceum*, 34. *Ditrichum homomallum*, 35. *Ditrichum pallidum*, 36. *Dryptodon atratus*; — 37. *Enca-*

*lypta contorta*; — 38. *Fissidens adiantoides*, 39. *Funaria hibernica*, 40. *Funaria hygrometrica*; — 41. *Geheebia cataractarum*, 42. *Grimmia commutata*, 43. *Gymnostomum curvirostre*; — 44. *Homalia trichomanoides*, 45. *Homalothecium sericeum*, 46. *Hylocomium loreum*, 47. *Hylocomium Schreberi*, 48. *Hylocomium squarrosum*, 49. *Hylocomium triquetrum*, 50. *Hypnum aduncum*, 51. *Hypnum fluitans*, 52. *Hypnum Halleri*, 53. *Hypnum intermedium*, 54. *Hypnum molluscum*, 55. *Hypnum stellatum*; — 56. *Isothecium myurum*; — 57. *Leucobryum vulgare*; — 58. *Meesea longiseta*, 59. *Meesea uliginosa*, 60. *Mielichhoferia nitida*, 61. *Mnium affine*, 62. *Mnium cuspidatum*, 63. *Mnium hornum*, 64. *Mnium medium*, 65. *Mnium orthorhynchum*, 66. *Mnium punctatum*, 67. *Mnium Seligeri*, 68. *Mnium subglobosum*, 69. *Mnium undulatum*; — 70. *Neckera crispa*; — 71. *Oncophorus Wahlenbergii*, 72. *Orthothecium rufescens*; — 73. *Paludella squarrosa*, 74. *Paramyrium piliferum*, 75. *Philonotis calcarea*, 76. *Plagiopus Oederi*, 77. *Plagiothecium Ruthei*, 78. *Plagiothecium undulatum*, 79. *Pogonatum aloides*, 80. *Pogonatum urnigerum*, 81. *Polytrichum commune*, 82. *Polytrichum formosum*, 83. *Pottia Heimii*, 84. *Pterigynandrum filiforme*, 85. *Pylaisia polyantha*; — 86. *Racomitrium aciculare*, 87. *Racomitrium ericoides*, 88. *Racomitrium fasciculare*, 89. *Racomitrium heterostichum*, 90. *Racomitrium microcarpum*, 91. *Racomitrium sudeticum*; — 92. *Scorpidium scorpioides*, 93. *Splachnum ampullaceum*; — 94. *Tayloria serrata*, 95. *Tetraphis pellucida*, 96. *Tetraplodon urceolatus*, 97. *Thuidium Blandowii*, 98. *Thuidium delicatulum*, 99. *Thuidium recognitum*, 100. *Timmia austriaca*, 101. *Tortula subulata*, 102. *Trematodon ambiguus*, 103. *Trichostomum pallidisetum*; — 104. *Voitia nivalis*.

| I  | II       | III | IV   |       |       |   | V |         |         |       | VI    |       |       |       | VII  |      |      |   | VIII |   |   |   | IX |   |   |   | X |   |   |   | XI   |       |       |       | XII   |            |          |          |      |       |
|----|----------|-----|------|-------|-------|---|---|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|---|------|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|-------|-------|-------|------------|----------|----------|------|-------|
|    |          |     | a    | b     | a     | b | c | d       | e       | f     | g     | h     | i     | a     | b    | c    | d    | e | f    | g | h | i | a  | b | c | a | b | c | a | b | c    |       |       |       |       |            |          |          |      |       |
| 1  | 10 2,7   | 5 2 | 7 1  | 4 3   | 1 1   | — | — | 9 136°  | 625°    | 870°  | 426°  | 497°  | 1346° | 348°  | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | 7 2   | 761°  |       |       |            |          |          |      |       |
| 2  | 10 1,09  | 3 1 | 6 3  | 2 5   | —     | — | — | 1 6     | 92°     | 776°  | 1041° | 732°  | 820°  | —     | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | 6 1  | 868°  |       |       |       |            |          |          |      |       |
| 3  | 10 0,58  | 3 2 | 6 2  | 3 5   | —     | — | — | 1 7     | 99°     | 503°  | 571°  | 668°  | 574°  | —     | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | 6 1  | 602°  |       |       |       |            |          |          |      |       |
| 4  | 10 1,63  | 6 6 | 9 1  | 3 4   | 1 1   | — | — | 9 73°   | 685°    | 1433° | 694°  | 716°  | 538°  | 676°  | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | 9 —  | 758°  |       |       |       |            |          |          |      |       |
| 5  | 6 1,68   | 3 3 | 3 2  | 3 1   | —     | — | — | 4 70°   | 590°    | 650°  | 705°  | 555°  | —     | —     | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | 1 3  | 660°  |       |       |       |            |          |          |      |       |
| 6  | 10 3,91  | 3 — | 10 — | 2 8   | —     | — | — | 10 273° | 1380°   | —     | 1772° | 1845° | —     | —     | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | 10 — | 1653° |       |       |       |            |          |          |      |       |
| 7  | 10 2,39  | 7 3 | 7 —  | 2 2   | 4 1   | — | — | —       | 10 229° | 1139° | —     | 1622° | 1202° | 1576° | 931° | —    | 790° | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | 7 3   | 1368° |       |       |            |          |          |      |       |
| 8  | 10 1,06  | 1 — | / 10 | —     | —     | — | — | —       | —       | —     | 1312° | —     | —     | —     | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | —     | —     | 1312°      |          |          |      |       |
| 9  | 9 3,31   | 1 — | / 9  | —     | —     | — | — | —       | —       | —     | 1569° | 1569° | —     | —     | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | —     | —     | 1569°      |          |          |      |       |
| 10 | 10 1,55  | 6 6 | 8 2  | —     | 7 2   | — | 1 | —       | 4 6     | 242°  | 253°  | —     | —     | 571°  | 346° | —    | 286° | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | 867°  | 151°  | 3 1 6 495° |          |          |      |       |
| 11 | 10 5,3   | 1 — | / 10 | —     | —     | — | — | —       | —       | 223°  | 223°  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | —     | 775°  | 32°        | —        | —        | 223° |       |
| 12 | 10 2,53  | 2 — | 10 — | 10 —  | —     | — | — | —       | 10 101° | 1128° | 101°  | 1128° | —     | —     | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | 1876° | 720°  | —          | —        | 10 1229° |      |       |
| 13 | 10 4,5   | 4 — | 6 4  | —     | 3 2   | 1 | — | 3 3     | 77°     | 786°  | 1440° | 402°  | 553°  | 210°  | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | —     | 1700° | 195°       | —        | —        | 863° |       |
| 14 | 10 2,69  | 1 — | / 10 | —     | —     | — | — | —       | —       | 458°  | 458°  | —     | —     | —     | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | —     | —     | 807°       | 115°     | —        | —    | 458°  |
| 15 | 5 0,96   | 4 — | 5 —  | 2 2   | 1     | — | — | —       | 5 33°   | 512°  | —     | 645°  | 1038° | 1110° | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | 1225° | 957°  | —          | —        | 5 545°   |      |       |
| 16 | 10 2,005 | 2 — | 7 2  | —     | 7 2   | — | — | —       | 8 129°  | 1773° | 1899° | 1903° | —     | —     | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | 2228° | 1490° | —          | —        | 8 1902°  |      |       |
| 17 | 8 3,09   | 1 — | r —  | —     | 8 —   | — | — | —       | —       | 2145° | —     | —     | —     | —     | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | —     | —     | 3290°      | 895°     | —        | —    | 2145° |
| 18 | 10 3 —   | 3 — | —    | 10 1  | 7 2   | — | — | —       | 9 —     | 26°   | 1712° | 1620° | 1798° | 1591° | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | 2236° | 1435° | —          | —        | 9 1738°  |      |       |
| 19 | 10 1,22  | 5 6 | 3 1  | 1 3 2 | 3     | — | — | 9 —     | 643°    | 48°   | 773°  | 508°  | 779°  | 460°  | 791° | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | —     | 1025° | 416°       | 6 3 691° | —        | —    |       |
| 20 | 10 1,45  | 9 2 | 7 1  | 3 —   | 3 1 1 | — | — | —       | 1 9 —   | 617°  | 122°  | 812°  | 1001° | —     | 611° | 588° | 619° | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | 508°  | 1290° | 508°  | 2 7        | 739°     |          |      |       |
| 21 | 20 1,41  | 6 7 | 7 13 | —     | 2 5 5 | 2 | — | —       | 14 6    | 416°  | 322°  | —     | 302°  | 312°  | 388° | 377° | 453° | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | —     | 593°  | 249°       | 6 5 9    | 738°     | —    |       |
| 22 | 10 1,19  | 5 1 | 7 2  | 1 6   | 1 —   | — | — | 8 643°  | 887°    | 932°  | 687°  | 997°  | —     | 870°  | —    | —    | —    | — | —    | — | — | — | —  | — | — | — | — | — | — | — | —    | —     | —     | —     | 1446° | 715°       | 7 1 941° | —        | —    |       |



| I  |    | II   |      | III |    | IV |    | V |   | VI    |       | VII   |       | VIII  |      | IX    |       | X     |       | XI    |       | XII   |       |       |       |       |       |      |       |
|----|----|------|------|-----|----|----|----|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| a  | b  | a    | b    | a   | b  | a  | b  | a | b | a     | b     | c     | d     | e     | f    | g     | h     | i     | a     | b     | c     | a     | b     | c     |       |       |       |      |       |
| 48 | 10 | 2,87 | 1    | -   | 4  | 10 | -  | - | - | 1994° | -     | -     | -     | -     | -    | -     | -     | -     | 2776° | 1490° | -     | -     | 1994° | -     |       |       |       |      |       |
| 49 | 13 | 2,52 | 1    | -   | 4  | 13 | -  | - | - | 1235° | 0     | -     | -     | -     | -    | -     | -     | -     | 2096° | 863°  | -     | -     | 1225° | -     |       |       |       |      |       |
| 50 | 25 | 7,65 | 8    | 4   | 18 | 3  | 14 | 3 | 1 | 913   | 460°  | 560°  | 1246° | 1012° | 622° | 1175° | 1005° | -     | 1209° | 2059° | 503°  | 4     | 13    | 5     |       |       |       |      |       |
| 51 | 51 | 13   | 5,09 | 1   | -  | 4  | 13 | - | - | -     | 1166° | 1166° | -     | -     | -    | -     | -     | -     | -     | 1826° | 520°  | -     | -     | 1166° | -     |       |       |      |       |
| 52 | 10 | 1,43 | 4    | 5   | 3  | 2  | 4  | 2 | - | 5     | 3     | 344°  | 377°  | 1237° | 631° | 409°  | 700°  | -     | -     | -     | 2190° | 285°  | 3     | 1     | 4     | 721°  |       |      |       |
| 53 | 16 | 3,82 | 2    | -   | 15 | 12 | 4  | - | - | 2     | 2     | 62°   | 1213° | 1623° | 639° | -     | -     | -     | -     | 2635° | 289°  | -     | 2     | 2     | 1275° |       |       |      |       |
| 54 | 10 | 1,47 | 8    | -   | 10 | -  | 7  | - | 1 | -     | 10    | 40°   | 330°  | -     | 404° | -     | 211°  | -     | -     | 460°  | 537°  | 169°  | -     | 10    | -     | 370°  |       |      |       |
| 55 | 10 | 3,02 | 3    | -   | 9  | 1  | 6  | 3 | - | -     | 1     | 9     | 80°   | 630°  | 990° | 658°  | 725°  | -     | -     | -     | -     | 1142° | 305°  | -     | 9     | 1     | 710°  |      |       |
| 56 | 9  | 1,8  | 1    | -   | 7  | 9  | -  | - | - | -     | -     | -     | 471°  | -     | 471° | -     | -     | -     | -     | -     | 858°  | 220°  | -     | -     | -     | 471°  |       |      |       |
| 57 | 30 | 1,07 | 1    | -   | 1  | 30 | -  | - | - | -     | -     | -     | 1023° | -     | -    | -     | -     | -     | -     | -     | 1448° | 630°  | -     | -     | -     | 1023° |       |      |       |
| 58 | 21 | 8,7  | 5    | 6   | 8  | 7  | 4  | 5 | 4 | 1     | -     | 10    | 4     | 2128° | 409° | 1327° | 783°  | 1726° | 697°  | 1323° | -     | -     | -     | 2475° | 547°  | 6     | 4     | 4    | 2537° |
| 59 | 11 | 4,27 | 1    | r   | -  | 11 | -  | - | - | -     | -     | -     | -     | 774°  | -    | 774°  | -     | -     | -     | -     | -     | 1700° | 117°  | -     | -     | -     | 774°  |      |       |
| 60 | 10 | 1,18 | 5    | 2   | 8  | -  | 6  | 1 | 2 | 1     | -     | 5     | 5     | 243°  | 279° | -     | 563°  | 360°  | 345°  | 395°  | -     | -     | -     | 743°  | 300°  | 2     | 5     | 3    | 522°  |
| 61 | 9  | 2,76 | 3    | 1   | 4  | 4  | 4  | 1 | - | -     | 5     | -     | 350°  | 38°   | 614° | 309°  | 160°  | -     | -     | -     | -     | -     | 928°  | 160°  | -     | 5     | -     | 388° |       |
| 62 | 20 | 2,09 | 5    | 8   | 12 | 1  | 6  | 5 | 7 | 1     | -     | 13    | 6     | 136°  | 75°  | 280°  | 198°  | 155°  | 157°  | 304°  | -     | -     | -     | 429°  | 83°   | 5     | 4     | 10   | 211°  |
| 63 | 10 | 3,88 | 2    | 3   | 7  | 3  | 7  | - | - | 7     | -     | 185°  | 6°    | 357°  | 161° | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 305°  | 18°   | -     | 7     | 191°  | -    |       |
| 64 | 10 | 4,73 | 1    | r   | -  | 10 | -  | - | - | 1086° | -     | 1086° | -     | -     | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 1350° | 760°  | -     | -     | -     | 1086° |      |       |
| 65 | 9  | 1,97 | 4    | 3   | 6  | 1  | 5  | 2 | 1 | -     | 3     | 5     | 121°  | 17°   | 123° | 145°  | 147°  | 123°  | -     | -     | -     | -     | 245°  | 91°   | 2     | 2     | 4     | 138° |       |
| 66 | 10 | 2,86 | 3    | -   | 10 | -  | 6  | 4 | - | -     | 6     | 6     | 159°  | 122°  | -    | 285°  | 272°  | -     | -     | -     | -     | -     | 582°  | 160°  | -     | 4     | 6     | 281° |       |
| 67 | 10 | 3,56 | 3    | 3   | 2  | 5  | 2  | 3 | - | -     | 5     | -     | 647°  | 14°   | 700° | 588°  | 648°  | -     | -     | -     | -     | -     | 793°  | 508°  | 3     | -     | 2     | 661° |       |
| 68 | 10 | 4,30 | 2    | -   | 5  | 5  | 5  | - | - | -     | 5     | -     | 243°  | 125°  | 305° | 206°  | -     | -     | -     | -     | -     | 653°  | 98°   | -     | -     | 5     | 255°  |      |       |
| 69 | 10 | 2,72 | 2    | -   | 5  | 5  | 5  | - | - | -     | 5     | -     | 229°  | 17°   | 116° | 129°  | -     | -     | -     | -     | -     | 415°  | 115°  | -     | -     | 5     | 246°  |      |       |

|    |    |       |   |    |    |    |    |    |   |   |    |       |       |       |       |       |       |       |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----|----|-------|---|----|----|----|----|----|---|---|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 70 | 10 | 1,15  | 5 | 3  | 1  | 1  | 6  | 2  | - | 1 | -  | 3     | 1     | 58°   | 21°   | 82°   | 78°   | 83°   | -    | 53°  | -     | 150°  | 55°   | 3     | 1     | -     | 79°   |       |       |       |       |
| 71 | 10 | 1,3   | 2 | -  | -  | 9  | 1  | -  | - | 1 | -  | 3     | 0     | 497°  | 479°  | 690°  | -     | -     | -    | -    | -     | -     | 690°  | 380°  | -     | 1     | -     | 500°  |       |       |       |
| 72 | 8  | 2     | 4 | 3  | 4  | 1  | 3  | 2  | 2 | - | -  | 8     | 172°  | 594°  | 680°  | 755°  | 691°  | 815°  | -    | -    | -     | -     | 1020° | 588°  | -     | 4     | 3     | 745°  |       |       |       |
| 73 | 10 | 4,225 | 2 | 5  | -  | 5  | 5  | -  | - | 5 | -  | 2147° | 22°   | 2081° | 2257° | -     | -     | -     | -    | -    | -     | 2870° | 1590° | 5     | -     | -     | 2169° |       |       |       |       |
| 74 | 10 | 3,67  | 1 | -  | 7  | 10 | -  | -  | - | - | -  | -     | 1492° | 1492° | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -     | 1760° | 1320° | -     | -     | -     | 1492° |       |       |       |       |
| 75 | 18 | 4,04  | 1 | r  | -  | 18 | -  | -  | - | - | -  | -     | 335°  | -     | 335°  | -     | -     | -     | -    | -    | -     | -     | 784°  | 190°  | -     | -     | -     | 335°  |       |       |       |
| 76 | 10 | 1,61  | 4 | 1  | 7  | 2  | 4  | 3  | 1 | - | 2  | 6     | 16°   | 52°   | 96°   | 65°   | 61°   | 34°   | -    | -    | -     | 166°  | 27°   | -     | 5     | 3     | 68°   |       |       |       |       |
| 77 | 20 | 2,27  | 4 | 9  | 10 | 1  | 7  | 8  | 4 | - | 10 | 9     | 328°  | 374°  | 1120° | 820°  | 599°  | 454°  | -    | -    | -     | 1120° | 588°  | 8     | 8     | 3     | 702°  |       |       |       |       |
| 78 | 10 | 3,79  | 4 | 2  | 8  | -  | 3  | 2  | 5 | - | 3  | 7     | 219°  | 491°  | -     | 725°  | 842°  | 646°  | -    | -    | -     | 1108° | 473°  | -     | 5     | 5     | 710°  |       |       |       |       |
| 79 | 10 | 2,05  | 2 | 10 | -  | -  | 10 | -  | - | - | -  | 10    | 15°   | 326°  | -     | 341°  | -     | -     | -    | -    | -     | 608°  | 210°  | -     | 10    | 10    | 341°  |       |       |       |       |
| 80 | 10 | 4,53  | 6 | -  | 10 | -  | 9  | -  | 1 | - | -  | 10    | 66°   | 272°  | -     | 357°  | -     | -     | -    | -    | -     | 508°  | 175°  | -     | 10    | -     | 339°  |       |       |       |       |
| 81 | 20 | 7,8   | 1 | -  | 7  | 20 | -  | -  | - | - | -  | -     | -     | 78°   | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -     | 174°  | 24°   | -     | -     | -     | 78°   |       |       |       |       |
| 82 | 10 | 4,73  | 1 | -  | 7  | 10 | -  | -  | - | - | -  | -     | -     | 85°   | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -     | 140°  | 45°   | -     | -     | -     | 85°   |       |       |       |       |
| 83 | 10 | 1,02  | 4 | 10 | -  | -  | 5  | 1  | 4 | - | 10 | -     | 1325° | 24°   | -     | 1457° | 1277° | 1467° | -    | -    | -     | -     | 1628° | 998°  | 10    | -     | -     | 1349° |       |       |       |
| 84 | 9  | 0,91  | 4 | 3  | 5  | 1  | 4  | 3  | 1 | - | 3  | 5     | 182°  | 295°  | 290°  | 583°  | 395°  | 490°  | -    | -    | -     | -     | 1025° | 220°  | 2     | 4     | 2     | 477°  |       |       |       |
| 85 | 10 | 1,17  | 5 | 1  | 8  | 1  | 6  | 1  | 1 | - | -  | 9     | 93°   | 686°  | 910°  | 732°  | 1483° | 216°  | 127° | -    | -     | -     | -     | 1483° | 226°  | -     | 8     | 1     | 779°  |       |       |
| 86 | 10 | 0,96  | 1 | -  | 7  | 10 | -  | -  | - | - | -  | -     | -     | 1624° | 1624° | -     | -     | -     | -    | -    | -     | -     | 2240° | 900°  | -     | -     | -     | 1634° |       |       |       |
| 87 | 20 | 2,002 | 5 | 11 | 4  | 5  | 3  | 9  | 2 | 1 | -  | 12    | 3     | 1245° | 323°  | 543°  | 969°  | 853°  | 728° | 927° | -     | -     | -     | -     | 1540° | 387°  | 11    | 3     | 1     | 1568° |       |
| 88 | 20 | 0,96  | 3 | 1  | 11 | 8  | 2  | 10 | - | - | -  | 12    | 17°   | 837°  | 508°  | 384°  | 371°  | -     | -    | -    | -     | -     | 880°  | 193°  | -     | 1     | 1     | 854°  |       |       |       |
| 89 | 10 | 0,9   | 1 | -  | 7  | 10 | -  | -  | - | - | -  | -     | -     | 854°  | -     | 854°  | -     | -     | -    | -    | -     | -     | 1150° | 523°  | -     | -     | -     | 854°  |       |       |       |
| 90 | 10 | 0,68  | 6 | 2  | 5  | 3  | 2  | 3  | 1 | - | 2  | 5     | 40°   | 175°  | 210°  | 206°  | 235°  | 205°  | 185° | -    | -     | -     | -     | 265°  | 150°  | 2     | 5     | -     | 215°  |       |       |
| 91 | 10 | 0,45  | 1 | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -  | -     | -     | -     | 646°  | -     | -     | -     | -    | -    | -     | -     | 879°  | 526°  | -     | -     | -     | 646°  |       |       |       |
| 92 | 10 | 3,95  | 1 | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -  | -     | -     | -     | 1698° | 1698° | -     | -     | -    | -    | -     | -     | -     | 2380° | 1200° | -     | -     | -     | 1698° |       |       |
| 93 | 10 | 4,43  | 5 | 4  | 6  | -  | -  | -  | - | - | -  | 6     | 4     | 223°  | 503°  | -     | 671°  | 1072° | 360° | 602° | -     | -     | -     | -     | 1455° | 210°  | 5     | 3     | 1     | 726°  |       |
| 94 | 10 | 1,84  | 3 | 1  | 4  | 5  | 4  | 1  | - | - | 1  | 4     | 131°  | 126°  | 580°  | 380°  | 175°  | -     | -    | -    | -     | -     | 460°  | 130°  | 1     | 4     | -     | 257°  |       |       |       |
| 95 | 10 | 1,49  | 7 | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -  | -     | -     | -     | 102°  | 960°  | -     | 1086° | 957° | 900° | 1165° | -     | -     | -     | -     | 1454° | 809°  | 110   | -     | -     | 1062° |

|     | I  | II    | III | IV |   |    |   | V |   |   |   | VI |   | VII |   | VIII |      |       |      |       |       |      |      | IX |   | X |   | XI    |       |       | XII  |   |      |       |       |
|-----|----|-------|-----|----|---|----|---|---|---|---|---|----|---|-----|---|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|----|---|---|---|-------|-------|-------|------|---|------|-------|-------|
|     |    |       |     | a  | b | a  | b | c | d | e | f | g  | h | i   | a | b    | a    | b     | a    | b     | c     | d    | e    | f  | g | h | i | a     | b     | c     |      |   |      |       |       |
| 96  | 10 | 0,72  | 4   | —  | 8 | 2  | 4 | 2 | 2 | — | — | —  | — | —   | 2 | 6    | 41°  | 58°   | 103° | 115°  | 98°   | 127° | —    | —  | — | — | — | 148°  | 56°   | —     | 6    | 2 | 98°  |       |       |
| 97  | 9  | 3,74  | 3   | —  | 9 | —  | 6 | 3 | — | — | — | —  | — | —   | — | 7    | 207° | 703°  | —    | 1003° | 388°  | —    | —    | —  | — | — | — | 1483° | 322°  | —     | 7    | 2 | 910° |       |       |
| 98  | 4  | 1,82  | 3   | 1  | 3 | —  | 2 | 2 | — | — | — | —  | — | —   | — | 1    | 3    | 57°   | 101° | —     | 155°  | 161° | —    | —  | — | — | — | 195°  | 115°  | 1     | 3    | — | 158° |       |       |
| 99  | 10 | 2,73  | 4   | 1  | 9 | —  | 4 | 2 | 4 | — | — | —  | — | —   | — | 4    | 6    | 134°  | 145° | —     | 314°  | 333° | 218° | —  | — | — | — | —     | 422°  | 150°  | 1    | 5 | 4    | 279°  |       |
| 100 | 5  | 2,53  | 1   | —  | / | 5  | — | — | — | — | — | —  | — | —   | — | —    | —    | —     | 811° | 811°  | —     | —    | —    | —  | — | — | — | 1035° | 643°  | —     | —    | — | 811° |       |       |
| 101 | 10 | 1,145 | 2   | 9  | — | 1  | 9 | — | — | — | — | —  | — | —   | — | 9    | —    | 1008° | 55°  | 904°  | 1080° | —    | —    | —  | — | — | — | —     | 1282° | 730°  | 9    | — | —    | 1063° |       |
| 102 | 10 | 1,74  | 2   | 5  | 1 | 4  | 6 | — | — | — | — | —  | — | —   | — | 1    | 5    | 46°   | 350° | 356°  | 433°  | —    | —    | —  | — | — | — | —     | 608°  | 230°  | 1    | 1 | 4    | 396°  |       |
| 103 | 10 | .     | 3   | 3  | 4 | 3  | 4 | 3 | — | — | — | —  | — | —   | — | 7    | —    | 58°   | 399° | 519°  | 415°  | 451° | —    | —  | — | — | — | —     | —     | 835°  | 270° | — | 4    | 3     | 457°  |
| 104 | 16 | 2,15  | 3   | 4  | 1 | 11 | 1 | 4 | — | — | — | —  | — | —   | — | 5    | —    | 1095° | 5°   | 1084° | 335°  | 338° | —    | —  | — | — | — | —     | —     | 2018° | 335° | 4 | 1    | —     | 1100° |

Es ist mir eine angenehme Pflicht, den Herren Lehrer F. Hintze in Ubedel (Pommern), der mit nie versagender Hilfsbereitschaft den weitaus größten Teil des Untersuchungsmaterials zur Verfügung stellte, Professor Dr. Diels (Dahlem), Dr. Paul (München) und L. Loeske (Berlin) für die in zuvorkommendster Weise gewährte Unterstützung hierdurch meinen verbindlichsten Dank abzustatten.

Dr. Wilh. Lorch.