Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. der Botanik Prof. der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2—4 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

XIV. Band. 1. März 1894. **Nr. 5.**

Inhalt: **Keller**, Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie und -biologie (Fortsetzung). — **Blochmann**, Ueber die Kernteilung bei *Euglena*. — **Blochmann**, Zur Kenntnis von *Dimorpha mutans* Grub. — **Hensen**, Berichtigung zu Band XIV Nr. 2. — **Werner**, Zoologische Miszellen (Schluss). — **Aus den Verhandlungen gelehrter Gesellschaften**: Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin.

Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie und -biologie.

Von Dr. **Robert Keller**.

(Fortsetzung.)

II. Aussenleistungen durch Wachstum.

v. Pfeffer, Druck- und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen. Abhandlungen der math.-physik. Klasse der kgl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, XX. Bd., S. 235—474, 1893.

4) Wachstum und Bewegung der Pflanze erfordern eine bestimmte Kraftäußerung zur Ueberwindung teils innerer, teils äußerer Widerstände. Jedermann weiss, dass diese Außenleistung unter Umständen ganz erhebliche Werte annehmen kann. Wurzeln z. B. treiben Steine auseinander, wachsende Stämme heben das bedeutende Gewicht mächtig entfalteter Kronen. So offenkundig derartige Leistungen sind, so spärlich sind messende Versuche. Es ist also gewiss ein verdienstliches Unternehmen und für den Autor zugleich ein dankbares Arbeitsfeld „aufzuklären, wie und wodurch die Pflanze eine je nach den gebotenen Verhältnissen größere oder geringere Energie gegen Widerstände aufzuwenden, also in zweckentsprechender Weise regulatorisch zu arbeiten vermag. Solche Fähigkeit und Thätigkeit sind aber der Ausfluss von Funktionen der lebensthätigen Pflanze. Demgemäß führt die kausale Aufhellung der Außenleistung direkt in das Innengetriebe der Pflanze, deren Reaktions- und Arbeitsvermögen es ja zu verdanken ist, dass,

je nach Umständen, ein größerer oder kleinerer Teil der ihr zur Verfügung stehenden Energie- und Betriebsmittel für Außenleistungen nutzbar gemacht wird".

In diesen Worten dürfte das Ziel angedeutet sein, das Pfeffer bei seinen Untersuchungen über Druck- und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen verfolgt. Die Objekte, die er in den Bereich seiner Untersuchungen zog, sind Wurzeln, Keimstengel, Algen und die Knoten im Halme der Gräser.

Zur Gewinnung einer festen Widerlage bediente sich Pfeffer des Eingipsens. Soll die Lebensthätigkeit der grünen eingegipsten Pflanze z. B. einer Alge unterhalten werden, dann wird die Gipslage so dünn gehalten, dass die grünen Fäden durch die Platte hindurch scheinen. Meist wurde nur ein Teil der Pflanze in den Gipsverband gebracht, während der übrige Teil sich normal im Wasser befand. Gipszylinder mit eingeschlossenen Wurzeln wurden in feuchte Sägespähne oder in feuchte Erde gebracht. Die freien Teile entwickeln sich dabei ganz gut, zumal wenn für mäßige Transspirationsthätigkeit gesorgt wird. Der Gipsverband ist natürlich nicht immer die gleich starke Widerlage. Mit viel Wasser angerührt bleibt der Gipsguss so weich, dass sich wachsende Wurzeln in ihn einzubohren vermögen, der härtere Gips aber macht jedes Vordringen unmöglich, vorausgesetzt dass die Hülle nicht gesprengt wird. Soll der Guß eine unverrückbare Widerlage sein, so muss der Verband durch hinreichende Dicke gegen eine Sprengung gesichert werden. Noch stärkere Widerlagen sind durch Mengen von Gips und Portlandcement zu gewinnen.

Von einer Beschreibung der zur Anwendung gekommenen Apparate sehe ich hier ab. Es genügt die Bemerkung, dass der Druck durch ein Federdynamometer bestimmt wurde. Die Konstruktion der zur Anwendung gekommenen Apparate, der Druckfeder zur Bestimmung des Längs- oder Spitzendruckes, der Schraubenklemme und des Zangenapparates zur Messung des Radial- oder Querdruckes, schränkt die Fehlerquellen auf ein Minimum ein.

Pfeffer wandte sich in erster Linie der Untersuchung der Druckleistungen der Wurzeln zu. Eine freie Wurzelspitze übt im Erdreich unter Umständen nur einen geringen Druck aus. Nicht nach Entwicklung ihrer höchsten Leistungsfähigkeit tendirt sie, wenn schon bei geringerem Drucke ein in den Weg sich stellendes Hindernis beseitigt oder durchbrochen wird. Vermöge ihrer Biegsamkeit biegt sie und weicht sie aus, sobald sich auch nur ein mäßiger Druck ihr entgegenstellt.

Ließ Pfeffer an seiner Druckfeder das auf 6 mm Länge freie Wurzelende wirken, dann wurde in einem Versuche nach einigen Stunden ein Druckmaximum von 13,5 gr erreicht. Dann begann die Umbiegung, das Ausweichen der Wurzelspitze und nun ging der Druck, den die

wachsende Wurzelspitze ausübte, mehr und mehr zurück. Die nachfolgenden Zusammenstellungen geben die Resultate zweier einschlägiger Versuche wieder.

A. 13. Oktober 1892.

Zeit				Druck	
1 Uhr	—	Minuten	Abends	0	Gramm
2 „	—	„	„	0,7	„
3 „	—	„	„	4,5	„
3 „	30	„	„	8,2	„
4 „	—	„	„	11,2	„
4 „	30	„	„	13,5	„
5 „	—	„	„	6	„
6 „	—	„	„	3	„
8 „	—	„	„	2,2	„

B. 14. Oktober 1892.

Zeit				Druck
8 Uhr	15	Minuten	Morgens	0,8 g
8 „	25	„	„	2,3 „
8 „	55	„	„	4,5 „
9 „	25	„	„	8,3 „
9 „	55	„	„	10,5 „
10 „	25	„	„	9 „
11 „	—	„	„	7,5 „
1 „	—	„	Abends	4,5 „
3 „	—	„	„	1,5 „
8 „	—	„	„	1,5 „

Durch das Eingipsen aber wurde eine solch vollständige Widerlage gewonnen, dass weder ein Ausweichen, noch ein Herausschieben der gegen die Feder drückenden wachsenden Wurzel möglich war. So bestimmen also diese Versuche die maximale mechanische Leistung, welche von ihr ausgeübt werden kann.

Wir stellen im Nachfolgenden einige Versuchsergebnisse zusammen, die sich auf den Längsdruck beziehen.

Nr.	Versuchsdauer	Wirksame Zone: Entfernung von der Spitze	Wirksame Zone: Durchmesser	Wirksame Zone: Fläche	Gesamt Druck	Druck pro 1 qmm	Druck in Atmosphären
			Faba vulgaris.				
1	70 Stund.	6,2 mm	2,1 mm	3,4 qmm	257,5 g	72,8 g	7,04
2	72 „	5 „	2,2 „	3,7 „	294,3 „	79,5 „	7,7
3	36 „	4 „	2 „	3 2 „	352,7 „	110,2 „	10,67
4	192 „	3,5 „	1,8 „	2,6 „	260,6 „	100,2 „	9,7
5	120 „	4,2 „	2 „	3,1 „	272,0 „	87,7 „	8,49
6a	94 „	0 „	1,2 „	1.13 „	226,0 „	200 „	19,36
			Zea mais				
8a	94 „	3 „	1,2 „	1,23 „	158 „	129,2 „	12,51
9a	71 „	2,6 „	1,2 „	1.13 „	291,1 „	257.2 „	24,94
10a	34 „	2,3 „	1,4 „	1,54 „	197,1 „	128,0 „	12,39
			Vicia sativa.				
11a	91 „	2 2 „	0,6 „	0,31 „	42,6 „	137,7 „	13,33
11b	94 „	2,2 „	0,8 „	0,5 „	42,6 „	85,3 „	8,26
			Aesculus Hippocastanum.				
12	117 „	3,2 „	2,5 „	4,9 „	336,8 „	68,7 „	6,65

Die Druckzunahme ist während der Versuchsdauer keine gleichartige. Zunächst ist sie sehr bedeutend. Sehr schnell aber wird sie kleiner, bis sie schließlich kaum mehr eine Zunahme zeigt.

So war z. B. der Gang der Druckzunahme während der 70 Stunden des ersten oben verzeichneten Versuches folgender:

	Zeit	Druck	Druckzunahme pro 1 Stunde
26. Dez. 1892.	10½ Uhr Morgens.	Beginn des Versuches	
	12 „ „	20 g	
	2 „ Abends	40 „	13,5 g
	4 „ „	69,3 „	
	6 „ „	101,3 „	
	8 „ „	132 „ — — —	15,3 „
	10 „ „	160 „ — — —	14,0 „
27. Dez. 1892.	7 „ Morgens	226,6 „ — — —	7,4 „
	12 „ „	240 „ — — —	2,7 „
	7 „ Abends	246,7 „ — — —	0,95 „
28. Dez. 1892.	8 „ Morgens	253,3 „ — — —	0,60 „
29. Dez. 1892.	8 „ „	260 „ — — —	0,56 „

In dem Versuch 8a und 11 war folgender Gang zu beobachten:

Zea Mais.

Zeit		Druck	Druckzunahme pro 1 Stunde
11./I. 93.	10 Mo.		
	10 Ab.	120 g	
12./I. 93.	8 Mo.	120 „	4,4 g
	7 Ab.	133,3 „	
13./I. 93.	8 Mo.	146,7 „	— 1,03 „
14./I. 93.	8 Mo.	157,3 „	— 0,97 „
15./I. 93.	8 Mo.	160 „	— 0,23 „

Vicia sativa.

Zeit		Druck	Druckzunahme pro 1 Stunde
18./I. 93.	10 Mo.		
	10 Ab.	29,4 g	
19./I. 93.	8 Mo.	29,4 „	6,4 g
20./I. 93.	8 Mo.	35,3 „	
21./I. 93.	8 Mo.	42,6 „	— 0,61 „
22./I. 93.	8 Mo.	44,1 „	— 0,12 „

So viel in Bezug auf den von den Wurzeln ausgeübten Längsdruck.

Die Resultate des Querdruckes waren folgende:

Nr.	Versuchsdauer	Wurzelspitze	Wirksame Zone: Länge und Lage	Wirksame Zone: Medianschnitt	Gesamtdruck	Druck pro 1 qmm	Druck in Atmosphären
			Faba vulgaris.				
13	167 Stund.	eingegipst	0—8 mm	29 qmm	183 g	63,1 g	6,11
14	120 „	„	0—5,5 „	10,5 „	500 „	47,6 „	4,61
15	168 „	„	0—5 „	9,5 „	599,6 „	63,1 „	6,11
16	144 „	„	0—6,2 „	12,2 „	542,0 „	44,4 „	4,30
17	164 „	„	7—15,7 „	15,8 „	897,3 „	56,8 „	5,5
20	210 „	frei		43 „	959,2 „	22,3 „	2,16
			Zea Mais.				
21	118 „	eingegipst	0—11,2 „	11,0 „	749,3 „	68,1 „	6,59

Die volle Energie der aktiven Zellen wird dann nicht gemessen werden, wenn ein Teil derselben durch negativ gespannte Gewebemassen aequilibrirt wird.

Vergleichen wir den Längs- mit dem Querdruck bei der gleichen Pflanze z. B. Versuch 5 mit Versuch 14, oder Versuch 8a mit 21, dann fällt sofort der nicht unbedeutende Unterschied in den Druckgrößen auf. Im ersteren Falle steht dem Längsdruck von 8,49 Atmosphären nach 120 Stunden ein Querdruck von nur 4,61 Atmosphären gegenüber. Pfeffer will es trotz dieser erheblichen Differenzen unentschieden lassen, ob die Intensität des Querdruckes überhaupt geringer ist als jene des Längsdruckes. Denn es ist, wie nachfolgende Zusammenstellung des Verlaufes von Versuch 14 und 21 lehrt, das Anschwellen des Querdruckes verhältnismäßig langsamer als das des Längsdruckes.

Vicia faba.

Zeit	Druck	Druckzunahme pro 1 Stunde
12./XI. 92. 8 Mo.		
9 Ab.	339 g	
13./XI. 92. 8 Mo.	341 „	8,04 g
14./XI. 92. 8 Mo.	386 „	
Druck durch Anschrauben gesteigert auf		
14./XI. 92. 8 Mo.	458 „	— 4,04 „
15./XI. 92 8 Mo.	483 „	0,5 „
16./XI. 92. 8 Mo.	495 „	
17./XI. 92. 8 Mo.	500 „	— 0,02 „

Zea Mais.

Zeit	Druck	Druckzunahme pro 1 Stunde
21./I. 93. 10 Mo.		
9 Ab	604,6 g	
22./I. 93. 8 Mo.	604,6 „	10,14 g
23./I. 93. 8 Mo.	604,6 „	
24./I. 93. 8 Mo.	708,9 „	1,39 „
25./I. 93. 8 Mo.	742,2 „	
26./I. 93. 8 Mo.	749,3 „	— 0,3 „

Dass bei solchen Druckwirkungen selbst harte Gipsverbände gesprengt werden können, hat wohl kaum etwas Auffallendes. So berichtet Pfeffer, „dass z. B. ein Gipszylinder nach 14 Tagen gesprengt wurde, als in dessen Mitte sich die 40 mm lange Keimwurzel von *Vicia faba* befand, deren Medianschnitt 90 qmm betrug. Denn bei einer Intensität von 60 gr pro 1 qmm kam schon ein Gesamtdruck von 5,4 kg zuwege, der nach dem Gesagten aber wahrscheinlich allmählich erheblich, ja vielleicht bis auf das Doppelte gesteigert wurde. In diesem Versuche handelte es sich schon um recht harten Gips, denn ein weicher Gipsguss wird unter den besagten Verhältnissen in den ersten Tagen gesprengt. Uebrigens ist zu beachten, dass in dem Gipsverband bald Nebenwurzeln erscheinen, deren gegen die Gipswand wirkende Spitze in dem Gesamtdruck mit ins Gewicht fällt."

In selbstregulatorischer Weise vermögen also wachsende Pflanzen bald ein größeres bald ein geringeres Maß mechanischer Energie zur Wirkung zu bringen. War nun auch hier gleich wie in so vielen andern Lebensvorgängen nicht eine lückenlose Einsicht in die ganze Kette von Vorgängen zu gewinnen, welche sich vom Anstoß bis zur mechanischen Ausführung abspielen, so konnten doch die nächsten, unmittelbar zur mechanischen Ausführung der Reaktion führenden Mittel aufgedeckt werden. Zwei Momente kommen in Frage, der Turgor, welcher aktiv thätig ist und die Entspannung der Haut, welche dazu dient, die osmotische Energie, den Turgor, gegen eine äußere

Widerlage zu lenken. „Zu solcher Druckentwicklung gegen einen gebotenen Widerstand bedarf es keiner Erhöhung der Turgorkraft und thatsächlich tritt eine solche bei gewissen Pflanzen nicht ein.“ So tritt z. B. die Druckwirkung der Keimwurzel von *Zea Mais* ohne eine Turgorschwellung ein. In anderen Pflanzen dagegen setzt sich die Reaktion gegen eine Widerlage aus Hautentspannung und Turgorsteigerung zusammen. Wird damit die potentielle Fähigkeit für Druckleistung natürlich erhöht, so muss deshalb doch nicht die in einer andern Pflanze normal vorhandene osmotische Energie übertroffen sein und schon deshalb leuchtet ein, dass die relativ höchste Außenleistung nicht notwendig an eine Turgorsteigerung geknüpft ist.“

Wenn wir also die Turgorschwellung nicht als eine unumgängliche Bedingung der Druckwirkung erkennen, so muss anderseits die Entspannung der Haut, welche durch bleibende Verlängerung d. h. also durch das Flächenwachstum der Zellwand erzielt wird, als notwendige Bedingung konstatiert werden.

Die Turgorhöhe wurde nach der eben merklich werdenden plasmolytischen Abhebung beurteilt. „Längere Längsschnitte aus der Wurzel wurden mit der Salpeterlösung injiziert und nach 20—30 Minuten wurde dann untersucht, bis zu welcher Entfernung von der Wurzelspitze in einer größeren Zahl von Zellen Plasmolyse bemerkbar war.“ Als Maß dienten Lösungen von Kalisalpeter, die nur 0,5 Volumprozente verschieden waren.

Vicia faba wurde von Pfeffer in Bezug auf die Turgorverhältnisse vor und nach dem Eingipsen untersucht. Die Differenzen sind aus nachfolgender tabellarischer Zusammenstellung ersichtlich: a bedeutet die Mittelwerte aus je 6 Wurzeln, die unter normalen Verhältnissen wuchsen, a′ die Mittelwerte aus 6 Wurzeln, welche 24—72 Stunden lang eingegipst waren.

Entfernung von der äußersten Wurzelspitze in mm	Salpeterwerte in Volumenprozenten, welche die plasmolytische Abhebung bewirkten	
	a	a′
22 mm	2,5 %	2,5 %
21 „	2,5 „	2,5 „
20 „	2,5 „	2,5 „
19 „	2,5 „	2,6 „
18 „	2,5 „	2,65 „
17 „	2,5 „	2,75 „
16 „	2,5 „	2,85 „
15 „	2,5 „	3 „
14 „	2,5 „	3,1 „
13 „	2,5 „	3,3 „
12 „	2,5 „	3,5 „
11 „	2,5 „	3,75 „

Entfernung von der äußersten Wurzelspitze in mm	Salpeterwerte in Volumenprozenten, welche die plasmolytische Abhebung bewirkten	
	a	a'
10 mm	2,5 %	4 %
9 „	2,6 „	4,25 „
8 „	2,7 „	4,5 „
7 „	2,75 „	4,75 „
6 „	2,85 „	4,95 „
5 „	3,15 „	5,1 „
4 „	3,55 „	5,1 „
3 „	3,9 „	5,1 „
2 „	4 „	5,1 „
1,5 „	4 „	5,1 „

„Aus der Reihe a ist sofort zu ersehen, dass in normalen Wurzeln der Turgor nach Vollendung des Längenwachstums sich konstant auf 2,5 % erhält, dann aber vom Beginn der Längsstreckung, also etwa 10 mm von der Spitze ab, langsam, späterhin schneller steigt und 2—3 mm von der Spitze 4 %, den Maximalwert, erreicht. Nach vollendeter Turgorschwellung ist dieser Maximalwert etwas über 5 % gestiegen und der Turgor behält diesen Wert bis etwa 6 mm von der Spitze, dann fällt er allmählich und erreicht ungefähr 20 mm von der Wurzelspitze den Normalturgor ausgewachsener Teile."

Die wesentliche Differenz zwischen den normal gewachsenen und den eingegipsten Wurzeln besteht also darin, dass bei den letzteren der Normalturgor von der Wurzelspitze hinweg verrückt ist. Eine weitere beachtenswerte Differenz besteht darin, dass die Turgorschwellung auch Wurzelstrecken ergreift, deren Längenwachstum zur Zeit des Eingipses vollendet war. Die größte Turgordifferenz ist etwa 7 mm von der Spitze entfernt, d. h. etwa an der Stelle, welche zur Zeit des Einbettens in der stärksten Längenstreckung sich befand.

Wir haben oben schon erwähnt, dass die Reaktion der Keimwurzel von *Zea mais* von keiner Turgorschwellung begleitet ist. Dafür ist der Turgurwert auch ohne die Schwellung ungefähr jenem der Turgorschwellung bei *Vicia faba* gleich. Eine andere Differenz der Turgorverhältnisse von *Zea mais* gegenüber *Vicia faba* besteht darin, dass verschiedenen Gewebepartien ungleicher Turgor zukommt. Die in der Tabelle für *V. faba* angegebenen Turgormaße beziehen sich auf das mittlere Rindenparenchym. In der nachfolgenden Zusammenstellung bedeuten die Zahlen unter a die Maße des Turgors des mittleren Rindenparenchyms, jene unter a' die bezüglichen Werte für das Mark.

Entfernung von der äußersten Wurzelspitze in mm	Salpeterwerte in Volumenprozenten, welche die plasmolytische Abhebung bewirkten	
	a	a'
17 mm	2,5 %	3 %
16 „	2,5 „	3,05 „

Entfernung von der äußersten Wurzelspitze in mm	Salpeterwerte in Volumenprozenten, welche die plasmolytische Abhebung bewirkten	
	a	a′
15 mm	2,5 %	3,1 „
14 „	2,5 „	3,15 „
13 „	2,5 „	3,2 „
12 „	2,5 „	3,25 „
11 „	2,5 „	3,3 „
10 „	2,5 „	3,4 „
9 „	2,6 „	3,5 „
8 „	2,7 „	3,6 „
7 „	2,8 „	3,8 „
6 „	3,05 „	4 „
5 „	3,4 „	4,3 „
4 „	3,65 „	4,65 „
3 „	4,05 „	5 „
2 „	4,5 „	
1,5 „	5 „	

So kommt also dem Mark ein höherer Turgor zu als der Rinde.

Außer *Mais* ergaben alle untersuchten Wurzeln eine Turgorschwellung. Doch scheint jene für *Faba* von keiner der geprüften Wurzeln übertroffen, von den meisten aber nicht erreicht zu werden. „Annähernd gleiche Höhe mag diese Turgorschwellung bei *Lupinus albus*, vielleicht auch bei *Vicia sativa* erreichen. Dagegen dürfte der maximale Steigerungswert für *Helianthus annuus*, *Polygonum fagopyrum*, *Brassica Napus*, *Sinapis alba*, *Ricinus communis* geringer ausfallen und möglicherweise übersteigt die Zunahme in der Wurzel der letztgenannten Pflanzen nicht wesentlich 0,5 % Salpeter“.

Die Entwicklung des höchsten Außendruckes hat die gänzliche Entspannung der Haut zur Voraussetzung, weil jener je um den Wert vermindert sein wird, den die Hautspannung beansprucht.

Diese Entspannung der Zellhaut ließ sich nun in der That bei eingegipsten Wurzeln konstatieren. Gipst man eine Wurzel so in eine Gipsplatte ein, dass eine Längskante derselben hervorsieht und lässt nach Erstarren des Gipsgußes eine ca. 6proz. Salpeterlösung auf sie einwirken, so tritt in Folge der Aufhebung der Turgordehnung eine elastische Verkürzung längs des wachsenden Spitzenteiles ein. Verweilt aber die Wurzel in einem ringsschließenden Gipsverband während 2—3 Tagen, entwickelt also inzwischen einen allseitigen, hohen Druck gegen die Widerlage, dann wird nunmehr auch durch vollkommene Plasmolyse keine Verkürzung erzielt. Die Zellwände waren also entspannt.

In der Natur hat die wachsende Wurzel nicht nur gegen unnachgiebige Widerlagen einzuwirken. Viel häufiger wird sich ihr ein

wechselnder Widerstand entgegenstellen. Mit dem Vordringen der wachsenden Wurzel ist eine bald größere, bald geringere Arbeitsleistung verbunden. Wie sich unter solchen Verhältnissen die Wachstumsthätigkeit gestaltet, ist eine weitere Frage, die Pfeffer empirisch zu ermitteln sucht.

„Ein Fortschieben der Widerlage wird natürlich erst möglich, nachdem die Wurzelenergie den Gegendruck erreicht resp. überschritten hat. Von nun ab hat die fortwachsende Wurzel, neben dem auf das Wachstum zu verwendenden Aufwand, auch die durch Wegstrecke und Last bemessene Arbeit zu leisten". Um diese bestimmen zu können, wurden Wurzeln in ein meist 20 mm tiefes Loch eines Tonwürfels eingesenkt, durch Anpressen und Befestigen der Cotyledonen so fixiert, dass ein Herausschieben der Wurzel nicht eintrat. Gleichtief wurden gleichartige Wurzeln in einen flüssigen Tonbrei eingesenkt. Mit Eisenstäbchen wurde der Widerstand bestimmt, den die Tonwürfel dem Eindringen entgegensetzten. Derselbe betrug in den einen Versuchen 100—115 g, in anderen 120—140 g, in der weichen Tonmasse dagegen nur 1 g oder selbst weniger.

In analoger Weise wurden Versuche mit einer 0,6prozentigen eben noch erstarrenden Gelatine und einer 13proz. Gelatine ausgeführt. Es mögen nun zunächst einige tabellarische Zusammenstellungen von Versuchsergebnissen folgen.

Vicia faba.

Versuch 23. Länge bei Beginn	Zuwachs nach 23 St. in weichem Ton	Zuwachs nach 23 St. in hartem Ton	Versuch 24. Länge bei Beginn	Zuwachs nach 48 St. in weichem Ton	Zuwachs nach 48 St. in hartem Ton
26 u. 25 mm	16,5 mm	12 mm	30 u. 31 mm	40 mm	30 mm
27 u. 25 „	15 „	11 „	38 u. 37 „	38 „	29 „
31 u. 31 „	21 „	11 „	48 u. 50 „	37 „	20 „
31 u. 32 „	17 „	17 „	60 u. 59 „	34,5 „	23 „
36 u. 34 „	14 „	11,5 „			
42 u. 41 „	15,5 „	12 „			
43 u. 46 „	18 „	12,5 „			
	117,0 mm	87,0 mm		149,5 mm	102 „

	weicher Ton	harter Ton
Mittel für 1 Wurzel in 23 Stunden	16,7 g	12,4 g
„ „ 1 „ in 24 „	17,4 „	12,9 „
Von 1 Wurzel in 24 Stunden geleistet Arbeit (Tonwiderstand = 1 g und 100 g)	17,4 „	1290 „
Temp. 17,8—18,4° C	1 : 74,2	
Mittel für 1 Wurzel in 48 Stunden	37,4 g	25,5 g
„ „ 1 „ in 24 Stunden	18,7 „	12,7 „
Arbeit 1 Wurzel in 24 St. (Tonwiderst. = 1 u. 120 g)	18,7 „	1524 „
Temp. 17,8—19° C	1 : 81,5	

Zea mais (Versuch 27).

Länge bei Beginn	Zuwachs in 24 Stunden in weichem Ton	hartem Ton
31 und 33 mm	25 mm	16 mm
36 „ 34 „	20 „	18 „
35 „ 37 „	18 „	13 „
42 „ 40 „	21 „	17 „
	84 „	64 „
Mittel für 1 Wurzel in 24 Stunden	21 „	16 „
Arbeit 1 Wurzel in 24 St. (Tonwiderst. 1 u. 70 g)	21 Gramm	1120 Gramm
Temp. 19,4° — 20,6° C	1 : 53,3	

Aus diesen Zusmmenstellungen ergibt sich, dass sowohl die Wurzel von *Vicia faba* als auch von *Zea mais* durch den Widerstand, der der wachsenden Wurzel in der harten Tonmasse entgegensteht, in ihrem Zuwachs eine Verzögerung erfährt. Die Differenz ist allerdings nicht so groß, wie es den Anschein hat. „Es ist nämlich zu bedenken, dass die Verlängerung so lange gänzlich stille steht, bis die Wurzel eine dem Widerstand gleiche Energie nach außen entwickelt hat. Erst dann beginnt das Fortschieben der Last und das Längenwachstum, das nun mit annähernd gleicher Schnelligkeit fortgesetzt wird. Für den Zuwachs ist also nicht die ganze, sondern die um die Hemmungsphase verkürzte Versuchszeit in Rechnung zu ziehen". Diese Hemmungsphase, während welcher für *Vicia faba* eine Turgorschwellung und zugleich teilweise Hautentspannung sich vollzog, dauert ca. 4 bis 5 Stunden. So würde also z. B. im Versuch 23 der Zuwachs von 12,9 mm auf 20 Stunden zu beziehen sein, somit der Zuwachs für 24 Stunden 15,5 mm betragen.

In Gelatine ergaben sich folgende Zuwachsverhältnisse für *Vicia faba*.

Länge bei Beginn	Zuwachs nach 24 Stunden in 0,6 % Gelatine	in 13 % Gelatine
28 und 26 mm	22 mm	18.5 mm
32 „ 34 „	16 „	16 „
35 „ 33 „	18,5 „	15,5 „
39 „ 49 „	20 „	22 „
	76,5 „	72 „
Mittel für 1 Wurzel in 24 Stunden	19,1 „	18 „
Arbeit 1 Wurzel in 24 St (Gelatinewiderst. 1 u. 25 g)	19,1 Gramm	450 Gramm
Temp. 18,1° — 19,2° C	1 : 23,6	

Die konsistente Gelatine bot dem Vordringen einen Widerstand von 25 g. Derselbe dürfte eine Verzögerung der vollen Wachstumsschnelligkeit von 1—2 St. bewirkt haben. Unter dieser Annahme besteht eine Differenz im Zuwachs in weicher und konsistenter Gelatine

nicht mehr. Wir dürfen also annehmen, „dass die Wachstumsschnelligkeit in der Wurzel von *Faba* (bei Anrechnung des Latenzstadiums) durch einen konstanten Widerstand von 25 g nicht oder kaum, durch einen Widerstand von 100—120 g zwar merklich, jedoch in einem geringen Grade verlangsamt wird und dass sich in letztgenannter Hinsicht die Wurzel von *Mais* ähnlich verhält. Mit höherem Widerstand wird voraussichtlich, sowie für die Druckentwicklung, auch für die Wachstumsschnelligkeit eine Beschleunigung der Abnahme eintreten". So wächst also die Außenarbeit nur bis zu einer gewissen Grenze proportional dem Widerstand.

Aus den oben angegebenen Versuchsresultaten geht aber schlagend hervor, in welch hohem Maße die Außenarbeit mit dem Widerstande wächst, wie sie z. B. in einem Falle 81 Mal größer ist, als da, wo der Widerstand sehr minim ist.

„Die Pflanze vermag also die Arbeitsthätigkeit zu steigern, denn eine solche Steigerung ist notwendig, um neben der fortdauernden Wachstumsarbeit einen entgegentretenden Widerstand vor sich her zu schieben. Dem Wesen der Sache nach verhält es sich wie mit einem Menschen, welcher außer dem zur eigenen Fortbewegung stets notwendigen Energieaufwand seine Arbeitsleistung entsprechend steigern muss, um nach dem Aufladen einer Last auf derselben Wegstrecke in derselben Zeit auf eine Anhöhe zu gelangen. Ebenso wie die Pflanze hat aber auch der Mensch und jede Maschine nur eine endliche Leistungsfähigkeit und bei genügender Last (Widerstand) wird eine Fortbewegung ganz unmöglich. Bei etwas geringerem Widerstande aber muss der Gang verlangsamt, d. h. die für eine Wegstrecke nötige Zeit verlängert werden, um mit der zur Verfügung stehenden Energie vorwärts kommen zu können, und in diesem Sinne ist auch die Abnahme der Wachstumsschnelligkeit der Pflanze bei Zunahme des Widerstandes zu betrachten. Und wie der Mensch ökonomischer Weise den bequemsten Weg einschlägt, so kommt es auch in der Pflanze nur dann zu hoher und höchster Außenleistung, wenn ein Umgehen der Hindernisse durch die Zwangslage unmöglich gemacht ist".

Eine selbstregulatorische Thätigkeit besteht also auch für die Pflanze. Die Widerstände sind die sie auslösenden Reize. Diesen Reaktionsprozess in allen seinen Phasen und Beziehungen zu erleuchten ist zwar ein Ziel physiologischer Forschung, zur Zeit aber sind nur die zur unmittelbaren Ausführung benutzten Faktoren zu präzisieren. „In diesen, dem Flächenwachstum der Haut und der Turgorspannung, begegnen wir den auch im Wachstum dienstbaren Mitteln, die hier zu dem besagten Reaktionszwecke nutzbar gemacht werden". Wie also der Mensch für die erhöhte Arbeitsleistung nur die üblichen Energiequellen nutzbar macht, so auch die Pflanze. Natürlich wird ein höherer Gesamtaufwand von Energie gefordert werden, wenn zu dem fort-

dauernden Wachstum noch Außenarbeit hinzukommt. Wahrscheinlich wird mit dem energischeren Energieumsatz in Folge erhöhter mechanischer Inanspruchnahme in der Pflanze eine Vermehrung der Atmungsthätigkeit Hand in Hand gehen.

„Nimmt der Turgor in der Reaktion gegen die Widerlage zu, so ist damit eine gesteigerte Produktionsthätigkeit osmotisch wirkender Substanz direkt gekennzeichnet. Denn eine entsprechende Mehrproduktion ist notwendig, um bei gleichem Zuwachs den auf höheres Niveau gehobenen Turgor konstant zu halten". Auf die Beziehung des Flächenwachstums der Zellhaut, welches zu einer Entspannung führt und dadurch indirekt an der Außenarbeit bethätigt ist, werden wir später eintreten.

Verfolgt man die durch den als Reiz wirkenden Widerstand ausgelöste Thätigkeit immer weiter zurück, so werden wir schließlich auf chemische Umsetzungen geführt. —

Die Einbettung in 13proz. Gelatine, wobei nur die äußerste Wurzelspitze freigelassen wurde, lehrten eine eigentümliche korrelative Verschiebung der Wachstumsthätigkeit kennen.

In der Erde wachsende Wurzeln von *Vicia faba* haben in einer 2—4 mm von der Spitze entfernten Zone die größte Zuwachsschnelligkeit. Experimentell lässt sich dieses natürliche Verhalten in folgender Weise erzielen. Eine 40 mm lange Keimwurzel wird in die schon erstarrte Gelatine so eingestoßen, dass sich 34 mm in ihr befinden. Durch Markierung verschiedener Zonen lässt sich folgender Zuwachs der einzelnen Zonen nach 24 Stunden konstatieren:

Lage der Zone	Zuwachs in 24 Stunden
0—1,46 mm	0,39 mm
1,46—5,16 „	13,29 „
5,16—9,42 „	2,58 „
9,42—13,42 „	0,26 „

Von dem genannten Zuwachs von 16,52 mm, der nach 24 Stunden zu konstatieren war, fällt also nur der kleinste Teil, nur etwa $^1/_{40}$ auf Zuwachs des Spitzenteiles, weitaus der größte Teil dagegen auf jene Zone, die auch unter natürlichen Verhältnissen den größten Zuwachs erfährt.

Ganz anders, wenn die Wurzelspitze frei ist. Wir stellen im nachfolgenden den Versuch 31 zusammen. Von der 37 mm langen Keimwurzel befinden sich 30 mm in Gelatine.

(Siehe nächste Seite.)

Aus dieser Zusammenstellung erkennen wir, dass die Wurzelspitze, die I. Zone, in 24 Stunden einen Zuwachs von 16,52 mm erfuhr. Die Zunahme der Zone II—V betrug aber während der Versuchszeit 0,51 mm. Die Zone schnellsten Zuwachses ist also gegen die äußerste Spitze

der Wurzel verschoben. „Wir begegnen also hier einer ausgezeichneten korrelativen Wachstumsverschiebung, durch welche erreicht wird, dass

	Lage der Zone	27. Jan. 8 Uhr 10 Min.	9 Morg.	10 Morg.	11 Morg.	12 Morg.	1 Ab.	2 Ab.	5 Ab.	8 Ab.	28. Jan. 8 Uhr Morgens	9 Morg.
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
I	0—0,58 mm	0,58	0,58	0,58	0,63	1,43	2,38	3,28	5,17	7,51	17,1	17,9
II	0,58—1,21 „	0,63	0,63	0,67	0,71	0,71	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
III	1,21—5,17 „	3,96	3,96	4,09	4,10	3,96	3,91	3,87	3,87	3,78	3,87	3,87
IV	5,17—9,76 „	4,6	4,68	4,9	4,9	4,95	5,04	5 04	5,04	5,04	5,17	5,17
V	9,76—14,62 „	4,85	4,81	4,85	4,85	4,81	4.85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85

der Gesamtzuwachs nur mäßig verringert wird, wenn auch der Zuwachs in der normalwachstumsthätigsten Region mechanisch vollkommen gehemmt wird. Denn nun erfährt der sonst sehr langsam sich verlängernde äußerste Spitzenteil eine solche Beschleunigung, dass er den ausfallenden Zuwachs beinahe kompensiert".

Der vorderste Spitzenteil der Wurzel, das Urmeristem, vermag schon diese kompensierende Wachstumsthätigkeit zu entfalten. Denn als in einem Versuche (32) die I. Zone nur 0,46 mm lang war, d. h. etwa der Wurzelhaube gleichkam, betrug der Zuwachs in 24 Stunden doch 15,3 mm, der Zuwachs der übrigen Teile (0,45—12,69 mm) aber nur 0,54 mm.

Hört die Zwangslage auf, dann rückt die Zone lebhafter Streckung rasch von dem Scheitel weg.

Die biologische Zweckmäßigkeit dieses beschleunigten Wachstums der Wurzelspitze ist einleuchtend. Denn wenn z. B. eine Wurzel in einem engen Steinloch festgehalten wird, so wird sie durch beschleunigtes Spitzenwachstum in ähnlicher Weise ins Freie gelangen wie eine Wurzel, die bis auf den äußersten Spitzenteil in Gips fixiert ist.

In einem weiteren Abschnitte seiner Untersuchungsreihen sucht Pfeffer die Wachstumsthätigkeit einer Wurzel zu bestimmen, die eingegipst war. „Zunächst verlängert sich die Wurzel nach dem Befreien aus dem Gipsverbande so lange, bis die Hautspannung der Turgorkraft äquivalent ist. Darauf wird das zwangsweise unterbrochne Wachstum wieder aufgenommen und somit die wichtige Thatsache festgestellt, dass die Gewebe der Wurzelspitze in wachstums- und bildungsfähigem Zustande verharrten". Es erstreckt sich allerdings diese Wachstumsfähigkeit auf eine kürzere Strecke als unter normalen Verhältnissen. „Letztere ergaben für *Vicia faba* für die wachstumsfähige Zone eine Länge von 10—13 mm, während diese Zone nach 2—3tägigem Eingipsen auf 5—6 mm, nach 25 Tagen auf 3 mm zurückgegangen war. Analog war nach 2—3tägigem Eingipsen die Zuwachszone annähernd auf die halbe normale Länge reduziert bei den Keimwurzeln von *Mais* (normale Länge 6—7 mm), *Pisum sativum* (normal

7—9 mm) und *Vicia sativa* (normal 7—8 mm)". Die Ursache dieser Verkürzung ist darin zu sehen, dass die Ausbildung von Dauergewebe gegen die Spitze zu allerdings je nur bis zu einer bestimmten Grenze fortschreitet.

War eine Wurzel längere Zeit eingegipst, dann ist der Gesamtzuwachs anfänglich kleiner als später. Ich füge hier die Ergebnisse des Versuches 34 an.

Vorübergehend eingegipste Wurzeln.		Nach 48stündigen Eingipsen.	
Zuwachs in den ersten 24 St.	Zuwachs in den folgenden 24 St.	Zuwachs in den ersten 24 St.	Zuwachs in den folgenden 24 St.
26 mm	26 mm	10 mm	19 mm
27,5 „	21,5 „	11 „	22 „
24 „	20 „	14 „	26 „
21 „	23 „	8 „	23 „
21 „	21 „	13 „	26 „
Mittel für 1 Wurzel 23,9 mm	Mittel für 1 Wurzel 22,3 mm	Mittel für 1 Wurzel 11,2 mm	Mittel für 1 Wurzel 23,2 mm

Es mag hier der Ort sein einige Bemerkungen über anderweitige Einflüsse des Reizes der Widerlage zu besprechen. Bereits ist der Ausbildung von Dauergewebe, das gegen die Wurzelspitze vorrückt, gedacht worden. Es mag noch bemerkt werden, dass dabei Zellen ohne Verlängerung in den Dauerzustand übergehen, welche ohne diese mechanische Hemmung auf die doppelte Länge herangewachsen wären.

Wie die Ausbildung des Dauergewebes so rückt auch die Bildung der Nebenwurzeln der Spitze näher. Unter den normalen Wachstumsverhältnissen in der Erde entstehen die ersten Nebenwurzeln in einem Abstande von 50—70 mm, während an eingegipsten Wurzeln von *Vicia faba* der Abstand schließlich nur 4 mm beträgt. Ganz analog verhielten sich die übrigen Versuchspflanzen.

Auch von anatomischen Veränderungen wird das Eingipsen der Keimwurzeln begleitet, wenn dieses von hinlänglicher Dauer ist. In Keimwurzeln von *Vicia faba* waren nach 15—27tägigen Eingipsen ausgebildete Tüpfel- und Spiralgefäße nur 1,1 mm von dem Scheitelpunkt des Wurzelkörpers entfernt. In normalen Wurzeln dagegen erreichen diese Gefäße erst 25—35 mm von der Spitze entfernt eine gleiche Ausbildung.

„Nach dem Aufenthalt im Gipsverband bietet also ein Querschnitt einige Millimeter hinter der Wurzelspitze im wesentlichen den Bau, welcher in normalen Wurzeln erst 30—50 mm weiter rückwärts erreicht wird und diese Aehnlichkeit erstreckt sich auch darauf, dass in beiden Schnitten gleichartige Elementarorgane dieselbe Ausbildung der Zellwand besitzen. Zur Erreichung dieses Zieles genügt die acropetale Verschiebung der Gewebedifferenzierung und auf auffällige anderweitige Effekte durch die mechanische Hemmung ist in diesem Falle inbezug

auf die Ausbildung der Zellwände nicht zu schließen. Diese Erfahrung darf jedoch nicht verallgemeinert werden, da es sehr wohl möglich ist, dass andere Objekte ein abweichendes Resultat ergeben. Denn so gut wie ein gesteigerter Zug eine Verdickung gewisser Elemente zu veranlassen vermag, ist es auch möglich, dass die nachlassende Gewebespannung oder der gesteigerte Druck die Veranlassung für Ausbildung dünnerer oder dickerer Wände werden".

Die Versuche mit Keimstengeln ergaben analoge Resultate, wie sie im Voranstehenden für die Keimwurzeln geschildert wurden.

Ueber die Druckverhältnisse, wie sie durch eingegipste Stengel geschaffen werden, geben folgende Tabellen Auskunft.

Längsdruck von Keimstengeln.

Nr.	Versuchsdauer	Wirksame Zone: Entfernung von Spitze	Wirksame Zone: Durchmesser	Wirksame Zone: Fläche	Gesamtdruck	Druck pro 1 qmm	Druck in Atmosphären
			Faba vulgaris.				
35	167 Stund.	9 mm	5 mm	19,6 qmm	1190 g	60,7 g	5,88
			Helianthus annuus.				
36	92 Stund.	3 mm	2,6 mm	5,2 qmm	400 g	76,9 g	7,45

Querdruck des Keimstengels.

Nr.	Versuchsdauer	Wirksame Zone: Lage	Wirksame Zone: Medianschnitt	Gesamtdruck	Druck pro 1 qmm	Druck in Atmosphären
			Faba vulgaris.			
37	142 Stunden	5,5—13 mm	37,5 qmm	2154 g	57,5 g	5,56

Die Turgorverhältnisse der im Gipsverband befindlichen Keimstengel sind jenen der Wurzel ähnlich. Es kommt eine ansehnliche Turgorschwellung zu Stande; ebenso ist sie bei *Phaseolus multiflorus* vorhanden, während sie bei *Helianthus annuus* kaum nachweisbar ist. In nachfolgender Zusammenstellung beziehen sich die eingeklammerten Zahlen auf die während 2—4 Tagen eingegipsten Pflanzen.

Keimstengel von *Vicia faba*: 0,5 mm von der Spitze 5% (Salpeterlösung zur Plasmolyse mittlerer Zellen des Rindenparenchyms) [5,5%]; 20 mm 4% [5,5%]; 40 mm 3% [4%]; 70 mm 2,5% [2,5].

Keimstengel von *Phaseolus multiflorus*: 1—2 mm vom Scheitelpunkt 4% [4,5%]; 30 mm 3% [3,5%]; 60 mm 2,5% [2,5].

Bezüglich der Entspannung der Zellhaut gilt für den Stengel wieder im allgemeinen das früher gesagte, indem „analog wie bei den Wurzeln, bei Aufenthalt in Gips die Zellwände fortfahren zu wachsen".

Die anderweitigen Veränderungen, welche sich an eingegipsten Stengeln vollziehen, sind ebenfalls jenen der eingegipsten Wurzeln

ähnlich. So wird z. B. die wachstumsfähige Zone verkürzt, die Gefäßbündel rücken, wenn auch weniger ausgesprochen als an den Wurzeln gegen den Vegetationspunkt vor.

Ich übergehe die Versuche mit Algen und wende mich den Versuchen die Pfeffer mit Grasknoten ausführte zu.

Ist ein Pflanzenorgan bestrebt sich zu krümmen, stößt aber dabei auf einen Widerstand, dann wird die geleistete mechanische Außenleistung in jenen Fällen bedeutend werden, in denen ein Ausbiegen nicht möglich ist. Die Stengel, die biegungsfester sind als die Wurzeln, werden also bei geotropischen Krümmungen durch besondere Arbeitsleistungen ausgezeichnet sein.

Die Knoten der Grashalme erwiesen sich nun als besonders günstige Objekte zur Bestimmung der geotropischen Außenleistung. Die geotropische Aufwärtskrümmung des Halmes wird nur in den Knoten allein ausgeführt. „Diese bewahren, nachdem sie in normaler Vertikalstellung ausgewachsen sind, die Fähigkeit, durch den geotropischen Reiz das zur Krümmung führende Wachsen aufzunehmen, eine Fähigkeit, die erst im höheren Alter erlischt und die auch nur eine begrenzte Verlängerung, also nicht eine öftere Wiederholung der geotropischen Krümmung gestattet". Nur der Blattknoten, d. h. der der Blattscheide angehörende Teil des Knotens ist geotropisch thätig, während der umschlossene Stengelteil rein passiv ist und deshalb im Alter der angestrebten Krümmung unter Umständen einen sehr bedeutenden Widerstand entgegenstellt.

In folgenden Tabellen stellen wir die Ergebnisse zweier Versuche (38 und 42) zusammen.

Im ersten Falle, *Triticum spelta*, war der Knoten 4 mm lang. In der Mitte hatte er einen Durchmesser von 4,2 mm. Der Querschnitt im Blattteil des Knotens betrug 11,5 qmm. Es wurde ein Enddruck von 71,6 g bestimmt, der an einem Hebelarm von 48 mm wirkt. Die für ein qmm entwickelte Energie beträgt 141,7 g = 13,7 Atm.

Zeit					Druck	Druckzunahme pro 1 Stunde
13. Juli	1892	3	Uhr	Abends		
		7	„	„	19,5 g	1,93 g
14. „	„	6	„	Morgens	40,7 „	0,63 „
15. „	„	6	„	„	56,0 „	0,32 „
16. „	„	6	„	„	63,6 „	0,25 „
17. „	„	6	„	„	69,7 „	0,03 „
18. „	„	6	„	„	70,5 „	0,03 „
19. „	„	6	„	„	71,2 „	0,02 „
20. „	„	6	„	„	71,6 „	

Für *Zea mais* wurde mittels des Hebeldynamometers eine Energie von 67,8 pro 1 qmm = 6,6 Atm. bestimmt. Folgendes war der Gang des Druckes:

Zeit	Druck	Druckzunahme pro 1 Stunde
25. Juli 1892 3 Uhr Abends		
26. „ „ 6 „ Morgens	180 g	12,0 g
27. „ „ 6 „ „	296 „	4,83 „
28. „ „ 6 „ „	382 „	3,58 „
29. „ „ 12 „ „	402 „	0,83 „

der Druckintensität

Der geringere Wert, welcher hier gefunden wird, ist vielleicht nicht der Ausdruck geringerer Kraftleistung, da bei der Rechnung der ganze Querschnitt zu Grunde gelegt wurde.

Bezüglich der Turgorverhältnisse stellte Pfeffer fest, dass eine Entspannung der Zellwände eintritt, welche unter Umständen (*Hordeum vulgare*) von einer Turgorschwellung begleitet sein kann.

Die Turgorverteilung ist unter normalen Verhältnissen im Knoten eine sehr ungleiche. So ist der plasmolytische Grenzwert des Außenparenchyms (z. B. bei *Hordeum*) in der Knotenscheide 5—9, jener des interfascicularen Parenchyms 8—12 % Kalisalpeter. Auch ohne Turgorsteigerung ist derselbe also so hoch, „dass in jedem Falle eine höhere osmotische Energie zur Verfügung steht als in den Wurzeln“.

Das Verständnis der Uebertragung der Turgorenergie gegen die Widerlage, wodurch die Außenleistung erreicht wird, macht eine kurze Besprechung der anatomischen Verhältnisse notwendig. „Der allein aktive Blattteil des Knotens wird von ringförmig angeordneten Leitbündeln durchzogen, welche durch das umgebende dünnwandige Parenchym in Zugspannung versetzt sind. Beim Isolieren verlängert sich dieses positiv-gespannte Parenchym um 30—40 %, während das Leitbündel sich um weniger als 1 % . . . verkürzt“. Ihrer Hauptmasse nach bestehen die Gefäßbündel aus dickwandigen Collenchymsträngen, die also als feste Pfeiler die dem Blattknoten sich anschließenden Gewebemassen verbinden. Unter normalen Verhältnissen ist in dem parenchymatischen Grundgewebe des Blattknotens die Zellwand völlig entspannt. Die so freigewordene Energie wird durch die negative Spannung des Collenchymstranges im Gleichgewicht gehalten. „Diese ganze Energie wird nun, indem das Gefäßbündel wächst — das Collenchym aber ist ein wachstumsfähiges Festigungsgewebe — allmählich ihrem vollem Betrage nach gegen eine unverrückbare Widerlage gelenkt, gegen welche dann ferner auch noch das Collenchym aktiv pressend wirkt“.

„Die frühere Gewebespannung im Knoten ist nunmehr gänzlich verschwunden, kehrt aber bei Wegnahme der Widerlage sofort wieder, indem das hoch elastische Gefäßbündel bei minimaler Verlängerung die angestrebte Ausdehnung des positiv-gespannten Parenchyms unmöglich macht. Dieses wirkt also gegen die Gefäßbündel in einem analogen mechanischen Sinne, wie eine wachsende Wurzel, die den um-

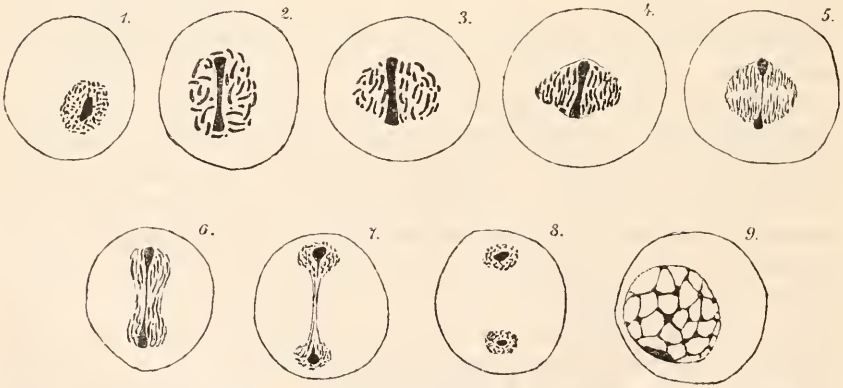
hüllenden Kautschuckschlauch durch die volle nach außen gewandte Turgorenergie in Zugspannung versetzt, während zugleich durch den Gegendruck des negativ-gespannten Schlauches das fernere Wachstum unmöglich gemacht wird".

(Fortsetzung folgt.)

Ueber die Kernteilung bei *Euglena*.

Von **F. Blochmann.**

Wie ich in Nr. 3 dieser Zeitschrift mitteilte, hatte ich schon vor längerer Zeit Karyokinese bei *Polytoma uvella* und *Monas vivipara* beobachtet. Ich veranlasste daraufhin einen meiner Schüler, Herrn Keuten, die Kernteilung bei den Flagellaten etwas eingehender zu untersuchen. Als erstes Material wurde die leicht zu beschaffende *Englena viridis* verwandt, welche in einem Tümpel mit *Trachelomonas volvocina* und einigen anderen Euglenen besonders *velata deses* und *spirogyra*, die aber gegen die zuerst genannten Formen an Zahl zurücktraten, in großer Menge vorkam. Unsere Untersuchungen waren gleich von Erfolg gekrönt. Herr Keuten wird in Kurzem eine ausführliche Darstellung der Kernteilung bei *Euglena* geben. Ich teile das Wesentliche hier mit, weil ich aus einer Notiz von O. Zacharias[1]) ersehe, dass auch von andrer Seite auf diesem Gebiet gearbeitet wird.



Etwas schematische Darstellung der Kernteilung von *Euglena* unter Zugrundelegung von Schnitten durch *E. velata*. Fig. 1. Kern im Ruhezustand; Fig. 2—8 eine Reihe von aufeinanderfolgenden Teilungszuständen; Fig. 9 abnormer Kern.

Das Ergebnis unserer Untersuchungen entsprach meinen Erwartungen. Die Teilung des Kernes bei *Euglena* und *Trachelomonas* verläuft unter den Erscheinungen der Mitose. Dabei kommen aber doch Besonderheiten vor, die das größte Interesse beanspruchen.

1) Forschungsberichte der biol. Station Plön.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: 14

Autor(en)/Author(s): Keller Robert

Artikel/Article: Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie und -biologie. 177-194