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 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 16 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

X. Band. 1. August 1890. **Nr. 12.**

Inhalt: **Haberlandt**, Das reizleitende Gewebesystem der Sinnpflanze. — **Brieger**, Bakterien und Krankheitsgifte. — **Fürbringer**, Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel zugleich ein Beitrag zur Anatomie der Stütz- und Bewegungsorgane (Fünftes Stück — Schluss). — **Lang**, Zur Charakteristik der Forschungswege von Lamarck und Darwin. — **Aus den Verhandlungen gelehrter Gesellschaften**: 62. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Heidelberg (Fortsetzung).

G. Haberlandt, Das reizleitende Gewebesystem der Sinnpflanze.

Unter den zahlreichen Pflanzen, welche Reizbewegungen zeigen, ist es vor allem die *Mimosa pudica*, welche in nicht geringerem Grade die Aufmerksamkeit der Pflanzenphysiologen fesselte als sie das Staunen der Laien erweckte. Der äußere Verlauf dieser lange Zeit rätselhaften Erscheinung ist zu bekannt, als dass er hier einlässlich dargelegt werden müsste. Durch die rasche Berührung eines Fiederblättchens wird eine Reizbewegung ausgelöst. Das berührte Blättchen und das gegenüberliegende legen sich zusammen. Der Reiz, der dieses zu fast gleichzeitiger Bewegung veranlasste, pflanzt sich über die ganze Fieder fort. Ein starker Reiz löst die Bewegung aller Blättchen eines Blattes aus. Er kann selbst durch den Stengel auf die benachbarten Blätter übertragen werden.

Dutrochet hat vor mehr als einem halben Jahrhundert diese auffälligen Reizbewegungen in den Kreis seiner Untersuchungen gezogen. Aus seinen Experimenten glaubte er schließen zu dürfen, „dass im Stengel der Sinnpflanze der Reiz ausschließlich durch den Holzkörper fortgepflanzt wird“. Im besondern ist er der Ansicht, dass die Gefäße die reizleitenden Bahnen sind, „und dass die Reizfortpflanzung auf der Bewegung der in den leitenden Elementen enthaltenen Flüssigkeit beruhe“. Die meisten der spätern Physiologen pflichten im Prinzip der Ansicht Dutrochet's bei. Die Beobachtung,

dass bei einer Verletzung, welche von Saftaustritt begleitet war, die Reizbewegung der Blätter eintrat, führte dazu beide Erscheinungen in ursächlichen Zusammenhang zu bringen. Sachs vor allem hat sich hierüber in klarer Weise ausgesprochen. Den austretenden Saft hält er für einen Wassertropfen. Die Fortpflanzung der Reizbewegung führt er auf die durch den Austritt des Flüssigkeitstropfens erzeugte Druckdifferenz zurück. „Das Wasser wird einerseits durch die endosmotische Ueberfüllung der Zellen des Schwellkörpers ein Streben haben, durch die Wände desselben hinauszufiltrieren; anderseits wird der Druck, unter welchem das Wasser im Holzkörper steht, dahin wirken, das Wasser von außen her in die Zellwände des Schwellkörpers hineinzutreiben". Wird das Gleichgewicht dieser Druckkräfte durch einen Schnitt gestört, dann wird wegen des Wasseraustrittes der Druck im Holze vermindert werden „und nun filtriert aus dem stark turgeszierenden reizbaren Parenchym des Gelenkpolsters das Wasser in die Zellwände hinein; hier folgt es der Richtung, in welcher die Spannung abnimmt und fließt dem Holzbündel des axilen Stranges zu". Mit der Verminderung der Turgescenz des untern Gelenkwulstes tritt die Reizbewegung ein.

Pfeffer sieht ebenfalls in der Wasserbewegung die Ursache der Fortpflanzung des Reizes. Sie geht in den Gefäßen vor sich. Vor allem betont er das Fehlen reizbarer Zellenzüge, da durch lokalisierte Aetherisierung die Reizfortpflanzung nicht gehemmt wurde, während die Reizbarkeit des empfindlichen Parenchyms der Gelenkpolster sehr schnell aufgehoben wird.

Auf zwei Momente, welche hinlänglich beweisen, dass die Frage der Reizleitung noch keineswegs eine abgeschlossene war, mag nur kurz hingewiesen sein. Der Beweis, dass bei den Schnittreizen der Holzkörper verletzt worden, war ebensowenig erbracht, als der Beweis dafür, dass der austretende Flüssigkeitstropfen Wasser war. Ebenso ist die Beweisführung Pfeffers die reizbaren Zellenzüge betreffend durchaus keine zwingende. Es wäre denkbar, „dass mit der zeitweiligen Aufhebung der Empfindlichkeit des Protoplasmas durch Chloroformierung nicht auch der Verlust des Reizleitungsvermögens verbunden sein müsse" (Vines). Ebenso ist der Einwand nicht ausgeschlossen, dass die Einwirkung des Chloroforms oder Aethers eine mangelhafte war.

Folgen wir nunmehr nach dieser kurzen Skizzierung der historischen Einleitung Haberlandt's seinen Darlegungen über die Anatomie des reizleitenden Gewebes.

Auf dem Querschnitte durch einen Blattstiel, ein Gelenkpolster oder ein Stengelinternodium der *Mimosa pudica* beobachtet man weitlumige Elemente, die Querschnitte sehr langer, schlauchartiger in Längsreihen angeordneter Zellen, die im Siebteil der Gefäßbündel liegen. Sie sind die reizleitenden Elemente. Die die einzelnen Zellen trennenden Querwände, die stets etwas verdickt sind und mehr oder

weniger schräg gestellt sind, besitzen gewöhnlich einen einzigen sehr großen Tüpfel. Der plasmatische Wandbeleg der reizleitenden Zellen haftet der Schließhaut des Tüpfels fest an. Sie ist fein porös und die Porenkanälchen werden von Plasmafäden durchsetzt, so dass die beiden benachbarten Protoplasten mit einander verbunden sind. Wo eine Querwand grob durchlöchert erscheint, beruht dies stets auf dem bei der Präparation erfolgten Zerreissen der überaus zarten Schließhaut.

Schenken wir nunmehr auch dem Inhalt der reizleitenden Zellen einige Aufmerksamkeit. Der Plasmakörper ist ein ziemlich dünner Wandbeleg mit auffällig großem Zellkern. Wichtig namentlich in Rücksicht des bei Verletzung des Blattes oder Stengels austretenden Flüssigkeitstropfens ist der Zellsaft. Oben haben wir darauf hingewiesen, dass der austretende Saft als ein aus dem Holzkörper der Gefäßbündel stammender Wassertropfen erklärt wurde. Haberlandt weist nach, dass diese Auffassung eine durchaus irrtümliche ist. Lässt man diesen Tropfen, der gewöhnlich farblos ist, eintrocknen, dann hinterbleibt eine weiße Kruste zahlreicher Krystallprismen oder von Sphärokrystallen oder von dendritischen, häufig büschelförmigen Krystallaggregaten. Sie ruhen auf einer glashellen Grundmasse, die durch eingetrocknete Schleimsubstanz gebildet wird. Durch Eisenchlorid wird der ausgetretene Flüssigkeitstropfen intensiv rotviolett gefärbt. Dieselbe Reaktion zeigt der Inhalt der reizleitenden Zellenzüge eines Längsschnittes durch einen Blattstiel oder ein Internodium, aber auch nur diese Zellenzüge. Hieraus ergibt sich, „dass der beim Anschneiden eines Blattes oder Stengels der Sinnpflanze aus der Wunde heraustretende Flüssigkeitstropfen nicht aus dem Holzkörper stammt und auch kein Wassertropfen ist, sondern aus den das Leptom durchziehenden Schlauchzellenreihen ausquillt, welche im vorstehenden als reizleitende Zellen beschrieben wurden; er stellt eine stark konzentrierte Lösung einer krystallisierbaren, organischen Substanz vor, welche mit Eisenchlorid eine intensiv rotviolette Farbenreaktion zeigt und ihren andern Reaktionen zufolge als ein Glycosid oder ein glycosidartiger Körper anzusprechen ist. Daneben tritt noch in beträchtlicher Menge eine schleimige Substanz auf“. Im Zellsafte ist überdies ein harzartiger Körper in Körnchenform suspendiert.

Die Anordnung der reizleitenden Zellen ist folgende. Im primären Blattstiele beobachtet man 3 Gefäßbündel, zwei kleinere in den beiden vorspringenden Kanten der Blattstieloberseite und ein großes ringförmiges in der Mitte des Querschnittes liegendes. Im Leptomteil des Zentralbündels liegen 30—50 reizleitende Elemente in zwei mehr oder minder deutlichen Bogenreihen angeordnet, von denen die eine dem Bastring, die andere dem Hadrom genähert ist. In den Kantenbündeln ist eine aus 4—5 Zellen gebildete, dem Hadrom genäherte Bogenreihe vorhanden. Cambiformzellen sind die konstanten Begleiter der reizleitenden Zellen. Im sekundären Blattstiel ist ebenfalls ein

zentrales und ein Kantenbündel vorhanden. An den Stellen, wo die einzelnen Fiederpaare inseriert sind, ist das Kantenbündel stark verbreitert. Die reizleitenden Zellen zeigen hier einen abweichenden Bau. Sie sind bedeutend kürzer, oft sogar isodiametrisch. Zugleich sind sie erheblich vermehrt und liegen nicht mehr bloß mit den Querwänden einander an, sondern grenzen auch seitlich an einander. „Die in das eine Fiederblatt eintretenden Schläuche stehen also mit jenen, die in das andere Fiederblatt desselben Paares ausbiegen in lückenlosem Zusammenhang". Die großen Tüpfel, die sonst nur an den Querwänden zu beobachten sind, treten hier auch an den Längswänden zwischen den seitlich benachbarten Reizleitungszellen auf. „Das Kantenbündel des sekundären Blattstieles, resp. dessen reizleitendes Gewebe, besitzt demnach an jenen Stellen, wo die Fiederblattpaare inseriert sind, eigentümlich gebaute Knotenpunkte, in welchen die Fortpflanzung des Reizes nicht bloß in der Längsrichtung, sondern auch in der Querrichtung möglich ist".

Im Gelenkpolster des primären Blattstieles sind die 3 aus dem Zweig in das Blatt eintretenden Gefäße zu einem zentralen Strange vereinigt. Die reizleitenden Zellen sind ziemlich unregelmäßig angeordnet. Häufig liegen sie aber dem Collenchymringe, welcher das Gefäßbündel scheidenartig umgibt, unmittelbar an. Einzelne Schläuche drängen sich sogar zwischen die Collenchymzellen hinein, ein Lagenverhältnis das „für die Frage der Reizübertragung zwischen den reizleitenden Zellen und dem sensiblen Parenchym des Gelenkpolsters sehr bedeutungsvoll ist". Die stark verdickten aber weichen Wände der Collenchymzellen besitzen zahlreiche spaltenförmige Tüpfel. Die innersten Zellen der parenchymatischen Rinde der empfindlichen Unterseite des Gelenkes stehen durch Tüpfel mit den Collenchymzellen in Verbindung und diese wieder mit den angrenzenden reizleitenden Zellen. Durch die Poren der Tüpfelschließkante sind je die Plasmakörper benachbarter Collenchymzellen durch sehr zarte Plasmafäden mit einander verbunden. Dieselbe Verbindung besteht zwischen diesen und den Zellen des reizbaren Parenchyms, während sie zwischen den Protoplasten der Collenchymzellen und der benachbarten Reizleitungszellen fehlt. Es sind also zwei Systeme kontinuierlichen Plasmas unterscheidbar. „Die Protoplasten des reizbaren Parenchyms der Gelenkpolster und des das zentrale Gefäßbündel umgebenden Collenchymringes bilden zusammen ein einheitliches System. Ein zweites derartiges System von zusammenhängenden Protoplasten repräsentieren die Zellenzüge des reizleitenden Gewebes in den Gefäßbündeln". Eine direkte Verbindung zwischen beiden fehlt. Die Gelenkpolster der sekundären Blattstiele zeigen im Prinzip einen analogen Bau. Die reizleitenden Zellen im Hauptnerv der Fiederblättchen bilden eine einfache Bogenreihe, welche von den jüngsten Gefäßen durch eine einzige Lage von Cambiformzellen ge-

trennt ist, während sie auf der andern Seite direkt an den sichelförmigen Bastbeleg des Leptoms grenzt. Die Seitennerven besitzen auf dem Querschnitte gewöhnlich nur eine Reizleitungszelle. Den schwächern Gefäßbündelanastomosen fehlen die reizleitenden Zellen.

Bezüglich des Längsverlaufes der reizleitenden Zellen im Blatte konnte Verf. folgendes beobachten. Die reizleitenden Zellenzüge sind, wie sich aus der voranstehenden Darlegung ergibt, die Begleiter der Leptomteile des Gefäßbündels. Es entspricht also ihr Längsverlauf dem der Bündel. In den Blattgrund treten vom Stengel aus 3 starke Gefäßbündel, aus deren Vereinigung der einzige zentrale Strang des primären Gelenkes hervorgeht. Aus seiner Teilung nach dem Austritt aus dem Gelenke gehen drei Bündel hervor. Der Hauptstrang verläuft in der Mitte des primären Blattstieles der Unterseite genähert, die kleinern verlaufen in den beiden seitlichen Längskanten der Blattstieloberseite. Von jenem gehen Seitenäste in die sekundären Blattstiele. Inbezug auf das weitere Detail verweisen wir auf das Original.

Im Stengel findet man die reizleitenden Zellen meist auf dem Querschnitte eine doppelte Bogenseite bildend in den lokalen Verdickungen des Leptomringes, als welche sich die primären Blattspuren markieren. Durch das Netz der Blattspurstränge stehen aber sämtliche Blätter des Stengels mit einander in Verbindung.

Verfolgen wir nunmehr an Hand der Darstellung Haberlandt's den Vorgang der Reizfortpflanzung im reizleitenden Gewebe.

Die Frage der Reizfortpflanzung spitzt sich in letzter Linie dahin zu, ob diese durch sensible Fasern vor sich geht, oder ob sie durch Saftbewegung erzielt wird. Die erstere Annahme, welche durch Pfeffer's Chloroformierungsmethode keineswegs als eine haltlose erwiesen wurde, mochte dadurch besonders nahe gerückt erscheinen, als der Zusammenhang der Protoplasten der oben erwähnten Zellreihen erwiesen wurde. Das Austreten des Zellsafttropfens aus verletzten Schlauchzellen würde alsdann eine bloß nebensächliche Begleiterscheinung vorstellen.

Verf. stellte sich nun in erster Linie die Frage, ob sich der Reiz auch über abgestorbene Blattstielzonen fortpflanzt. Das Gewebe der betreffenden Blattstielzonen wurde durch Abbrühen getötet. Dies wurde durch 30—90 Sekunden dauernde Dampfeinwirkung oder durch kochendes Wasser erzielt. Die braune Färbung, das gänzliche Erschlaffen, sowie die am Ende des Versuchs ausgeführte mikroskopische Untersuchung ergaben jedesmal die vollständige Tötung sämtlicher lebender Zellen der abgebrühten Blattstielzone. Je nach 24 Stunden hatte sich die Pflanze in einem feuchten Treibkasten wieder so weit erholt, dass die verschiedenen Teile wieder reizbar waren. „Die mit den derart vorbereiteten Pflanzen angestellten Versuche ergaben nun das überraschende Resultat, dass nach erfolgtem Einschneiden in ein

Fiederblättchen oder in den sekundären resp. primären Blattstiel der Reiz in der großen Mehrzahl der Fälle sich auch über die abgebrühte Blattstielzone fortpflanzte". In gewohnter Weise schlugen sich die Fiederblättchen bis zur Grenze der abgestorbenen Stelle zusammen. „Dann trat eine kürzere oder längere Pause ein, bis auf einmal das erste jenseits der abgestorbenen Zone gelegene Fiederblattpaar die Reizbewegung ausführte, worauf die übrigen Blättchenpaare sich rasch hintereinander zusammenlegten". Die Leitung über die getötete Stelle hörte erst dann auf, wenn dieselbe einzutrocknen begann. Diese Versuche beweisen also in unzweideutiger Art, „dass bei *Mimosa pudica* die Reizfortpflanzung nicht durch ein System zusammenhängender reizbarer, resp. reizleitender Protoplasten des Gefäßbündels vermittelt wird, sondern auf einer durch die Verletzung bewirkten Störung des hydrostatischen Gleichgewichts beruht, welche sich auch über die getötete Blattstielzone fortpflanzt. In diesem Sinne vermittelt also eine Saftbewegung die Reizfortpflanzung". Der austretende Flüssigkeitstropfen stammt, wie oben angegeben wurde, aus den Schlauchreihen des Leptoms; also sind diese das reizleitende Gewebesystem.

Woher kommt es, dass eine so beträchtliche Flüssigkeitsmenge aus den angeschnittenen, reizleitenden Röhren austritt? Durch den hydrostatischen Druck des Zellsaftes werden die Längswände der reizleitenden Zellen elastisch gespannt. Die Spannung bewirkt den Druck auf den flüssigen Inhalt, wodurch bei einer Verletzung der reizleitenden Zellen eine Saftbewegung nach dem Orte des verminderten Druckes erzielt wird. Die Filtrationswiderstände der Querwände, welche hier neben dem Reibungswiderstand der Längswände der Bewegung sich hemmend entgegenstellen, können keine bedeutenden sein. Wird der Blattstiel eines kräftigen turgeszenten Blattes in der Mitte durchschnitten, dann fließt eine Saftmenge von 2,01 cbmm aus. Hiernach berechnet Haberlandt die Entfernung, bis auf welche sich die Saftbewegung erstreckte auf 242 mm, „unter der Voraussetzung, dass die Querschnittsgröße der Strombahn sich nicht verändert und dass alle reizleitenden Zellen, deren Zellsaft in Bewegung gerät, ihren Turgor vollständig einbüßen". Diese Voraussetzung trifft nun allerdings nicht zu. Der bloß teilweise Verlust des Turgors, der der Wirklichkeit entsprechen wird, bedingt aber eine Verminderung jener Länge der Strombahn. Dagegen dürfte wohl die Annahme der elastischen Dehnung von 20 % unter der Wirkung des hydrostatischen Druckes zu hoch gegriffen sein. Ist sie in Wirklichkeit kleiner, dann ist die Strombahn eine längere.

Der Uebertritt des Zellsaftes von einer Zelle in die andere vollzieht sich durch die intakten Wände, und zwar vorab durch die zarten Schließhäute des großen Tüpfels der Querwände. Die leichte Durchdringbarkeit aber wird wesentlich bedingt werden durch die Durchdringlichkeit des Plasmabeleges. Es liegt nahe, die Vergrößerung

seiner Permeabilität auf die Aenderung des Turgors zurückzuführen. Wird eine reizleitende Zelle verletzt, dann tritt ihre Zellflüssigkeit aus. Ihr Turgor ist völlig aufgehoben; durch den hydrostatischen Druck der benachbarten Zelle wird die sehr dehnbare Schließhaut in das Lumen der verletzten Zelle gedrückt, ihr Plasmabeleg also gespannt, gezerrt und dadurch leicht permeabel. So wird eine Zelle nach der andern längs der Strombahn mechanisch gereizt und so erfolgt das Abfließen in der Richtung des geringsten Widerstandes. Dieser Annahme gemäß würde die große Permeabilität der Hautschicht des Plasmabeleges nicht eine dauernde Eigenschaft derselben sein, sondern erst infolge des Reizes sich einstellen. Dass aber die Reizempfindlichkeit der reizleitenden Zellen nicht jener der sensibeln Parenchymzellen analog ist, geht daraus hervor, dass auch bei langem Lichtabschluss an ihnen die Dunkelstarre sich nicht zeigt. Die große Permeabilität der Tüpfelschließhäute ist also schon im ungereizten Zustande vorhanden, indem wahrscheinlich „die Hautschicht ihres Plasmabeleges weite intermicellare Zwischenräume besitzt". Die Porenkanäle müssen aber gemäß der Beschaffenheit des austretenden Flüssigkeitstropfen in jedem Falle so groß sein, dass sie auch die im Zellsaft gelösten krystalloiden und kolloidalen Stoffe leicht durchlassen. Es lassen sich also die Tüpfelschließhäute der Querwände mit Siebplatten vergleichen und es sind die reizleitenden Zellenzüge deshalb einem Systeme mit einander kommunizierender, fusionierter Elementarorgane gleich. Die Wiederherstellung des Reizleitungsvermögens ist an die Wiederherstellung des ursprünglichen Turgors der reizleitenden Zellen geknüpft. Ein genügender Verschluss der Wundstelle und eine hinreichende Zufuhr osmotisch wirksamer Substanzen sind die Bedingungen. Letztere wird wahrscheinlich durch die Cambiformzellen vermittelt. Ob sie aber Glycosid als solches den reizleitenden Zellen zuführen, oder ob es sich aus einer andern Substanz in ihnen erst bildet, kann Verf. nicht angeben.

Bei Stoßreizen, welche natürlich schwächere Reizungen vorstellen als selbst ein schwacher Wundreiz, pflanzte sich die Reizbewegung nicht über die abgebrühte Zone fort. Damit ist natürlich noch nicht bewiesen, dass die Stoßreize durch ein System zusammenhängender Protoplasten fortgepflanzt werden. Die Möglichkeit ist ja auch da, dass die Saftbewegung zu schwach ist, um sich in genügender Stärke über die immerhin durch das Abbrühen stark veränderte Zone fortsetzen zu können. In der That führt auch Haberlandt die Fortpflanzung des Stoßreizes auf eine Störung des hydrostatischen Gleichgewichtes und die dadurch bewirkte Saftbewegung zurück. Wohl stehen die Protoplasten des reizleitenden Gewebes unter einander im Zusammenhang; „es müsste aber eine solche direkte Verbindung durch Plasmafortsätze auch zwischen den reizleitenden Zellen und dem sensibeln Parenchym der Gelenkpolster bestehen". Dies ist aber,

wie früher schon angegeben wurde, nicht der Fall. „Diese Reizübertragung kann infolge des angeführten anatomischen Umstandes in allen Fällen bloß auf grobmechanische Weise erfolgen“.

Haberlandt erörtert im weiteren die Reizübertragung zwischen dem reizleitenden Gewebe und dem sensiblen Parenchym der Gelenkpolster. Es mag passend sein folgende anatomische Verhältnisse noch einmal in Erinnerung zu bringen. Im Gelenkpolster trennt ein aus 2 bis 3 Zellenlagen bestehender Collenchymring die reizbaren Parenchymzellen von den zahlreich vorhandenen reizleitenden Zellen. Die zwischen diesen verschiedenen Zellformen vorhandenen Scheidewände sind mit zahlreichen Tüpfeln versehen. Die Protoplasten des reizbaren Parenchyms und des Collenchyms sind durch Plasmafäden mit einander verbunden, wogegen, wie schon früher betont wurde, die Begleitungszellen mit diesem Protoplastensysteme nicht zusammenhängen.

Es läge nahe in der Ausgleichung der hydrostatischen Druckdifferenz, welche aus einer etwelchen Turgorverminderung folgen würde, den mechanischen Reiz zu suchen. „Die von der gereizten und erschlaffenden Zellschicht ausgehende Zerrung würde dann alsbald die Reizung des gesamten sensiblen Parenchyms bewirken“. Es setzte diese Annahme eine gleiche hochgradige Permeabilität der Tüpfelschließhäute voraus, wie sie in den reizleitenden Zellen erwiesen wurde. Diese Voraussetzung ist aber um so weniger zutreffend und berechtigt, als ja die zwischen den reizleitenden Zellen und den Collenchymring befindlichen Tüpfelschließhäute nicht perforiert sind. Wohl aber ist der anatomische Bau der Gelenkpolster ein derartiger, „dass die Reizübertragung durch die mit der Druckschwankung verbundenen Volum- und Gestaltsänderung des reizleitenden Gewebes, resp. des reizbaren Parenchyms bewirkt wird“.

Es müsste sich also nach Haberlandt's Vorstellung beim Wundreiz folgender Vorgang abspielen. Durch den Austritt des Zellsaftes aus der Wunde würde in früher angedeuteter Weise der Turgor in den dem Collenchymring anliegenden Reizleitungszellen plötzlich sinken. Die Kontraktion der Zellwände übte auf das benachbarte Collenchym einen kräftigen Zug aus, der sich der Geschmeidigkeit dieser Zellen wegen leicht bis auf die innerste Schichte des reizbaren Parenchyms fortsetzte. Vielleicht sind sogar schon die Collenchymzellen reizbar und es würde alsdann die Bedeutung der Verbindung ihrer Protoplasten mit jenen der reizbaren Parenchymzellen klar sein. In Gelenken, die von der Wunde entfernt sind, wird die Zerrung nicht mehr mit einer Aenderung der Gesamtform der Zellen verknüpft sein. Die Gestaltsänderung wird sich auf jene Stellen beschränken, wo Tüpfel vorhanden sind. Der Plasmabeleg der Schließhaut wird alsdann gezerrt; er erfährt einen Stoß, der bei hinreichender Intensität zur Reizung der Protoplasten führen muss.

Der Stoßreiz führt zur Erörterung der Frage, „wie der Reiz von dem erschlaffenden Parenchym des sich krümmenden Gelenkpolsters auf das Reizleitungsgewebe übertragen wird und wie dann die Reizübertragung von diesem auf das reizbare Parenchym eines benachbarten Gelenkes erfolgt". Auf experimentellem Wege wurde konstatiert, dass bei größerer Empfindlichkeit der Pflanze „die mit der Erschlaffung der reizbaren Gelenkhälfte direkt verbundenen Volum- und Gestaltsänderungen eine zur Vermittlung der Reizfortpflanzung ausreichende Störung des hydrostatischen Gleichgewichtes bewirken; bei geringerer Empfindlichkeit wird diese erst durch „die mit der Krümmung des gereizten Gelenkes verbundenen Pressungen" bewirkt. Es wird also auf die stark turgeszierenden Reizleitungszellen ein von außen kommender Druck ausgeübt, der sich durch den Zellsaft als Spannungswelle fortpflanzt bis in das nächste, ungereizte Gelenk. Die Drucksteigerung „bedingt hier wieder entsprechende Dimensionsveränderungen, welchen zunächst der die Reizleitungszellen vom sensibeln Parenchym der obern Polsterhälfte trennende Collenchymstreifen und durch Vermittlung dieses auch das reizbare Parenchym unterliegt".

Mit einigen Worten mag die Beziehung verschiedener Reizarten zur Mechanik der Reizfortpflanzung berührt werden. Wenn auf irgend welchem Wege eine plötzliche Druckschwankung im reizleitenden Gewebe erzeugt wird, entsteht ein Reiz, auf welchen die Pflanze reagiert. Sie kann eine Druckverminderung sein wie z. B. beim Wundreize, der einen Saftausfluss bewirkt, sie kann eine Druckvermehrung sein wie bei einem Stoßreiz, der die Spannwelle erzeugt. Der Reiz, den ätzende oder giftige Substanzen ausüben, beruht darauf, dass die der Einwirkung dieser Stoffe ausgesetzten Reizleitungszellen getötet werden, wodurch ihr Turgor aufgehoben wird. Lokalisiertes Brennen oder Abbrühen führt, wie schon ältere Beobachter erwähnen, zu sehr heftigen Reizen, die sich über die ganze Pflanze ausbreiten können. Dies beruht nach Haberlandt auf einer plötzlichen Dampfbildung, die ihrerseits „eine sehr starke, explosionsartige Drucksteigerung" bewirkt.

Dutrochet glaubte, wie wir in den einleitenden Bemerkungen betont haben, dass der Holzkörper den Reiz fortpflanze. Haberlandt zeigt uns, dass dies unter Umständen der Fall sein kann; allerdings unter Verhältnissen, die für die Pflanze unter ihren natürlichen Lebensbedingungen nie eintreten. Da die reizleitenden Zellen von den äußersten Gefäßen und Tracheiden häufig bloß durch eine einzige Lage von Cambiumzellen getrennt sind, ausnahmsweise sogar ihnen direkt anliegen, so kann eine plötzliche Schwankung des hydrostatischen oder aërostatischen Druckes in den Gefäßen auch eine Druckschwankung in den benachbarten Reizleitungszellen verursachen, die in nähern oder entferntern Gelenkpolstern die Reizbewegung herbei-

führen kann. Wurde nun durch einen Ringschnitt die Kontinuität der reizleitenden Zellenzüge ringsum vollständig unterbrochen, dann wurde nach dem Ausschneiden der Gefäße der Reiz doch über die Ringschnittstelle geleitet, freilich ungleich langsamer als sonst die Reizleitung zu geschehen pflegt. Durch das Anschneiden der Gefäße wurde entweder der in ihnen bestehende Druck vermindert (Wasseraustritt) oder vermehrt (Lufteintritt). Infolge der Druckschwankung erleiden die angrenzenden Cambiumzellen gewisse Deformationen, welche sich auch auf die benachbarten Reizleitungszellen erstrecken können, und alsdann zu einer Saftbewegung einer Spannungswelle führen. Es liegt also eine Analogie der Reizübertragung von dem reizleitenden Gewebe auf das sensible Parenchym vor.

Die Schnelligkeit der Reizfortpflanzung beurteilt man nach dem Eintritt der Reizbewegung. Es kann also der ungleichen Empfindlichkeit der Gelenke wegen selbst bei gleicher Schnelligkeit der Reizfortpflanzung bis zum Eintritt der Reizbewegung in gleichen Entfernungen eine verschiedene Zeit verstreichen. In Keimpflanzen beträgt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit 0,2—1,3 mm, während sie an der ausgewachsenen Pflanze zu 2—15 mm angegeben wird. Die reizleitenden Zellen sind aber beiderseits ungefähr gleich lang; die Differenz wird also auf die ungleiche Permeabilität der Tüpfelschließhäute zurückzuführen sein. An der ausgewachsenen Pflanze fand Haberlandt, wenn die Art und Intensität des Reizes, sowie die Entfernung der Reizstelle von dem zu reizenden Gelenke für Blatt und Stengel gleich waren, dass im Stengel gewöhnlich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit etwas kleiner war als im primären Blattstiel, dort 6,5 mm, hier 8,5 mm.

Der Reiz eines Fiederblättchens ruft fast gleichzeitig die Reizbewegung des gegenüberliegenden Blättchens hervor. Es ist dies in der Lagerung der reizleitenden Zellen begründet. An jenen Stellen, an welchen die Fiederblattpaare inseriert sind, hat das reizleitende Gewebe des Kantenbündels einen Knotenpunkt der durch kurze Reizleitungszellen ausgezeichnet ist. Diese haben sowohl an den Längs- als Querwänden die großen Tüpfel. Sie können also sowohl in der Längs- als in der Querrichtung leiten. Der Knotenpunkt ist also eine Querkommissur, welche den Reiz von der einen zur andern Seite leitet. Den Anteil, der den beiden Strängen des sekundären Blattstieles bei der Leitung zukommt, gibt Verf. in folgenden Worten an: „Im Kantenbündel pflanzt sich der Reiz von einem Fiederblättchen jedes Paares in das opponierte Blättchen und überdies von einem Blättchenpaar zum andern fort; im Hauptstrange dagegen wird der Reiz mit größerer Geschwindigkeit auf weitere Entfernungen hin fortgeleitet, zunächst zum sekundären Gelenkpolster und von hier aus in den Bündeln des primären Blattstieles zu dessen Gelenken“. Hier sind, wie früher schon dargethan wurde, ebenfalls zwei Kantenbündel und ein Haupt-

strang vorhanden. Zwischen den opponierten Blattstielen fehlen aber hier die Knotenpunkte, so dass im primären Blattstiel die Reizleitung in der Querrichtung viel langsamer und unvollkommener vor sich geht als in den sekundären Blattstielen. Im Stengel pflanzt sich der Reiz „von Blatt zu Blatt“ im Netz der Blattspurstränge fort.

In wenigen Worten mag „die Abhängigkeit der Geschwindigkeit und Ausbreitung der Reizfortpflanzung von der physiologischen Beschaffenheit des reizleitenden Systemes“ berührt werden. Nach Sachs nimmt die Ausbreitnng der Reizfortpflanzung mit steigender Saftfülle der ganzen Pflanze zu. Es ist alsdann auch der Turgor der reizleitenden Elemente ein bedeutenderer, und ein Wundreiz muss demnach auch einer größern Druckschwankung rufen. Kann das Ergebnis der Weber'schen Versuche über die Wellenbewegung in Kautschukschläuchen auch auf die hier in Frage kommenden Kapillarröhren übertragen werden, denn ergäbe sich inbezug auf den Einfluss der Spannung, also des Turgors, auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Zellsaftwelle, „dass die Welle um so langsamer fortschreitet, je größer die Spannung ist“. Verf. hält dafür, dass diese Uebertragung der Weber'schen Versuche nicht so unbedingt geschehen dürfe. Der höhere Turgor bewirkt eine Erweiterung der reizleitenden Elemente. Hierdurch wird der Reibungswiderstand herabgesetzt, ein Umstand, der für die Beschleunigung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit sprechen würde.

Die Zusammensetzung des Zellsaftes kann dadurch von Einfluss auf Geschwindigkeit und Ausbreitung der Fortpflanzung des Reizes werden, dass eine größere Menge osmotisch wirksamer Substanzen die Erhöhung des Turgors nach sich zieht. Eine größere Menge kolloidaler Substanz, welche die innere Reibung erhöht, wirkt hemmend.

Das reizleitende Gewebesystem der *Mimosa pudica* ist den Sekretschläuchen, die im Leptom zahlreicher Leguminosen vorkommen, homolog. Dieselben unterscheiden sich von dem reizleitenden Gewebesystem durch den geringen Grad der Filtrationsfähigkeit der Querwände. Bei der nur sehr schwach reizbaren *Mimosa speciosa* Jacq. sind die Querwände des reizleitenden Gewebesystems „in der Mitte, zuweilen auch ganz am Rande von größerer Zartheit: die erste Andeutung der bei *Mimosa pudica* so auffallenden Tüpfelbildung“. Als „spezifisches Anpassungsmerkmal“ dieser letztern Art erscheint also die charakterische Ausbildung ihrer Querwände, „das Auftreten eines großen Tüpfels mit fein poröser Schließhaut, welche samt ihrem beiderseitigen Plasmabelege für den Zellsaft in so hohem Grade permeabel ist“.

Dr. **Robert Keller** (Winterthur).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1890-1891

Band/Volume: 10

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

Artikel/Article: Bemerkungen zu G. Haberlandt: Das reizleitende Gewebesystem der Sinnpflanze. 353-363