

44. F. Noll: Zur Controverse über den Geotropismus.

Eingegangen am 19. Juli 1902.

In die Discussion über den Geotropismus, welche in den letzten Jahren unter dem Einfluss des Studiums der Perceptionsvorgänge wieder auflebte, haben in jüngster Zeit CZAPEK, JOST, HABERLANDT und MIEHE von Neuem eingegriffen: JOST durch ein kritisches Referat¹⁾, erstattet auf der 73. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte zu Hamburg, sodann CZAPEK²⁾ zur Vertheidigung seines früher angenommenen Standpunktes gegenüber NĚMEC's und meinen Anschauungen und Einwänden, HABERLANDT³⁾ durch Mittheilung neuer interessanter Beobachtungen zur Stütze der Statolithentheorie und H. MIEHE mit Untersuchungen und Betrachtungen über die correlative Beeinflussung des Geotropismus bei einigen Gelenkpflanzen⁴⁾.

Die nachfolgenden Zeilen werden sich vornehmlich mit der Discussion der Punkte befassen, über welche noch keine Einigung erzielt werden konnte, sie werden sich vor Allem also den neuen Ausführungen CZAPEK's zuwenden müssen, welche durchweg in mehr oder minder scharfem Gegensatz zu den von mir und JOST vertretenen Anschauungen stehen. Wenn ich nun auch den Ausführungen CZAPEK's gegenüber zumeist einfach auf meine kritischen Erörterungen in den Jahrb. für wiss. Botanik 1900, Bd. 32, S. 502 (Ueber Geotropismus) zurückverweisen könnte, weil der grösste und wesentlichste Theil aller dort mitgetheilten Einwände und der, CZAPEK's Theorien widersprechenden Thatsachen von letzterem Autor mit Stillschweigen übergangen oder nicht genügend widerlegt wurde, so sehe ich mich doch veranlasst, zur Klarstellung noch einmal hier darauf zurückzukommen, um so mehr, als CZAPEK in seiner Replik seinen früheren Standpunkt in manchen Einzelheiten modificirt hat. Es erwächst mir damit die Verpflichtung nachzuweisen, dass ich bei meinen damaligen Einwänden nicht mit einer Verstellung der gegnerischen Position

1) L. JOST. Die Perception des Schwerereizes in der Pflanze. Biol. Centralbl., Bd. XXII, 1902, S. 161.

2) F. CZAPEK. Ueber den Vorgang der geotropischen Reizperception etc. Ber. der Deutschen Bot. Ges., 1901, Bd. XIX, Gen.-Vers.-Heft S. (116) ff.

3) G. HABERLANDT. Ueber die Statolithenfunction der Stärkeköerner. Ber. der Deutschen Bot. Ges., 1902, Bd. XX, S. 189.

4) H. MIEHE. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXVII, 1902, Heft 4, S. 527. Die MIEHE'schen Untersuchungen erschienen nach Abschluss meines Manuscriptes und konnten nur zufügungsweise noch berücksichtigt werden.

operirte, sondern dass letztere eine nachträgliche Verschiebung erfahren hat.

Ich beginne mit der wichtigsten Meinungsverschiedenheit, derjenigen über die mechanische Vermittelung der Geo-Perception. In der Studie über heterogene Induction hatte ich s. Zt. Structures im Plasma vorausgesetzt, in welchen die Schwerkraft vermittelt der bestimmt gerichteten Gewichtswirkung materieller Theile percipirt werde. Auf Grund früherer Beobachtungen und Ueberlegungen¹⁾ nahm ich den Sitz der geotropischen Reizbarkeit und damit der geotropisch-reizbaren Structures in der ruhenden Hautschicht an. Bei der Erwägung, wie solche Structures beschaffen sein könnten, um bei einfachstem Baue die empirisch festgestellte, ausserordentliche Leistungsfähigkeit zu besitzen, wurde ich auf Gebilde geführt, wie sie in den „Otocysten“ niederer Thiere längst bekannt, aber fast allgemein für Gehörorgane gehalten wurden. Nur ganz vereinzelt und zerstreut fanden sich in der zoologischen Litteratur damals Stimmen (CHUN, Ctenophorae, p. 75, DELAGE, Arch. de zool. exp. et génér., V., p. 1—26, ENGELMANN, Zool. Anz., 1897, No. 258), welche jene Otocysten mit einer statischen Function in Verbindung brachten. Mikroskopisch nachweisbar waren solche oder andere Structures, die man als geotropisch bzw. ponderabel reizbar hätte ansehen können, in der Hautschicht des Protoplasten aber nicht, und so musste ich mich darauf beschränken, bestimmte geometrische und biologische Eigenschaften jener unsichtbaren Structures aus den experimentell feststellbaren geotropischen „Reizfeldern“ abzuleiten.

CZAPEK suchte an Stelle dieser Auffassungen seine Druckdifferenz-Hypothese zu setzen, indem er an eine von PFEFFER s. Zt. geäußerte, aber als durchaus problematisch bezeichnete Vermuthung²⁾ anknüpfte. Demgegenüber hatte ich eine ganze Reihe der verschiedenartigsten Thatsachen geltend gemacht³⁾, welche mit dieser Hypothese nicht in Einklang zu bringen sind. So wurde gezeigt, dass ein in der geotropischen Ruhelage einwirkender Radialdruck nicht die geringste geotropische Wirkung zu erzielen im Stande ist. Ich hob dabei ausdrücklich hervor, dass sich gegen die Tragweite solcher Versuche vielleicht anführen liesse, dass die Druckverhältnisse, wie sie innerhalb der Pflanze künstlich hervorgerufen werden, nicht der Vertheilung und Steigerung entsprechen, die in einem horizontal oder beliebig schräg gelegten orthotropen Organ durch die Gravitation bedingt werden. Aber wenn auch keine Möglichkeit abzusehen war, die Art dieser natürlichen Druckvertheilung künstlich an vertical

1) Naturwiss. Rundschau, 1888, No. 4 u. 5.

2) PFEFFER. Pflanzen-Physiol., 1. Aufl., II, S. 331.

3) Ueber Geotropismus. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXIV, 1900, S. 457.

stehenden Versuchsobjecten nachzuahmen, so liess sich andererseits doch ohne Schwierigkeit experimentell nachweisen, dass die durch das Eigengewicht bedingte specielle Vertheilung und Stärke des Radialdruckes nicht bedingend ist für die geotropische Reizung. Denn diese Druckverhältnisse lassen sich durch aufgelegte Gewichte total verändern, ohne die geotropische Reaction im Mindesten qualitativ zu alteriren; sie lassen sich weiterhin stark modificiren durch Anwendung von Centrifugalkräften, die viel grösser bzw. bedeutend kleiner sind als g , sie müssen unter Wasser anders ausfallen als in freier Luft mit und ohne Widerlager, sie sind weiterhin jeweils verschieden bei verschieden grossem Neigungswinkel der Organachse gegen den Horizont. Während CZAPEK in seinen „Beiträgen“¹⁾ (S. 225 u. a.) jede Abweichung von der in der Ruhelage herrschenden bestimmten Druckvertheilung als Anlass zu einer geotropischen Reizung in Anspruch nahm²⁾, greift er nun die von mir zuerst geltend gemachten Bedenken auf, um daraus zu folgern, dass die Ersetzung des Radialdruckes durch künstliche Belastung nicht den Kern der Sache träge, da die verschiedenen Schwerewirkungen, welche im Gewebe sich geltend machen, unmöglich durch ein künstliches Mittel ersetzbar seien.

Was für die geotropische Reizung nicht künstlich ersetzt werden kann durch äussere Einwirkung, ist die Schwerewirkung innerhalb der geotropisch reizbaren Structur, sagen wir einmal der Statocyste. In dieser Beziehung herrscht also Uebereinstimmung zwischen CZAPEK und mir. Ersetzbar ist und bleibt dagegen der Radialdruck als solcher, wie ihn CZAPEK früher als auslösend angesehen hatte.

Seine eigenartige Erklärung der geotropischen Reaction dorsiventraler Sprosse³⁾ zeigt neben anderem, dass es ihm nur auf die resultirende Druckdifferenz, gar nicht auf die Schwerewirkung innerhalb sensibler Gewebe ankam. Da ich selbst auf die Einwände hingewiesen hatte, die den Versuchen mit künstlichem Radialdruck entgegengestellt werden konnten, so erachtete ich sie, trotzdem ich sie theilweise entkräften konnte, doch keineswegs für ausschlaggebend gegen die Druckdifferenz-Hypothese. Ich hatte jene vielmehr vornehmlich deshalb angestellt, weil CZAPEK es unterlassen hatte, sie zur Ergänzung seiner Versuche auszuführen. Hätte doch ein positives Ergebniss solcher Versuche ein unwiderlegliches Argument für seine damalige Betrachtungsweise und gegen meine Auffassung gebildet! Das negative Ergebniss verwerthete ich aber keineswegs als massgebenden Beweis gegen die CZAPEK'sche Lehre, sondern ich wies in diesem Sinne auf eine Reihe

1) Weitere Beiträge zur Kenntniss der geotropischen Reizbewegungen. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXX, 1898, S. 175.

2) Vergl. auch JOST, l. c., S. 167.

3) l. c., S. 275 ff.

geotropischer Objecte hin, deren normales geotropisches Verhalten unvereinbar ist mit den CZAPEK'schen Vorstellungen. Da waren zunächst zu nennen die Schlingpflanzen, bei denen, wie zumal nach meinen neuen Versuchen¹⁾ nicht zu bezweifeln ist, eine der Horizontalflanken geotropisch gereizt wird, obwohl der von CZAPEK geforderte Radialdruck darüberliegender Gewebsmassen hier fehlt oder doch zum Wenigsten in den radialen Componenten auf beiden Flanken der gleiche ist. Nun könnte man freilich noch einwenden, der geotropische Reiz könne hier in der jeweils unteren Organflanke als Druckdifferenz percipirt werden, käme aber durch gewisse Einrichtungen in der Reizleitung nur in der linken bezw. der rechten Flanke zur Auslösung. Dem steht aber der Ausfall meiner Lamellen-Versuche direct entgegen. Auch die Geschwindigkeit des Eintritts der lateralgeotropischen Auslösung wäre einer Annahme der Zuleitung von vornherein wenig günstig. Wie das Verhalten der Schlingpflanzen, so würde aber auch dasjenige der diageotropischen Pflanzenorgane für sich allein hinreichen, die Druckdifferenz-Hypothese ad absurdum zu führen, wie ich (Geotropismus, S. 473) ausführlich nachgewiesen habe.

Nach den Mittheilungen von BARANETZKY über die Ursachen, welche die Richtung der Aeste der Baum- und Straucharten bedingen²⁾, könnte es scheinen, als ob die Berufung auf diageotropische Organe nicht mehr am Platze sei, als ob der Begriff des Diageotropismus damit überhaupt ein überwundener Standpunkt geworden sei. Dass die Annahme, die Lage der Seitenzweige von Bäumen, Sträuchern und (wie ich hinzufügen kann) Kräutern sei das alleinige Ergebniss ihres Diageotropismus, nicht zutrifft, kann ich aus eigenen Erfahrungen bestätigen. In den neunziger Jahren während zweier Sommer im Bonner Botanischen Garten durchgeführte Versuche zeigten, dass, wenn ein Seitenzweig aus seiner natürlichen Richtung entfernt wird, oft ganz unerwartete Bewegungen und neue Ruhelagen resultiren, die bei verschiedenen Species verschieden sind, auch bei derselben Art, ja bei demselben Individuum mit dem Alter, der Position am Mutterstamm, aber auch scheinbar willkürlich, schwanken. Neben dem Geotropismus ist häufig die Wirksamkeit des Autotropismus (incl. Gegenkrümmung) deutlich wahrnehmbar; Heliotropismus, epinastische und hyponastische Neigungen, zusammen mit der Wirkung des Eigengewichts, verrathen sich mit einem Male als Theilhaber an der normalen Lage, die in vielen Fällen durch Exotropismus ausgesprochen beeinflusst wird. Kurz, wer eine einfache geotropische Rückkehr in die frühere Ruhelage erwartet, steht erstaunt vor einer höchst com-

1) Neue Versuche über das Winden der Schlingpflanzen. Sitzber. der Niederrhein. Ges. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 1901.

2) Flora, Bd. 89, 1901, S. 138.

plicirten, und, zumal bei Berücksichtigung von Klinostat-Versuchen, schwer fassbaren Reaction. Selbst wenn man, wie es mir nöthig erscheint, dabei mit Umstimmungen, verändertem Tonus, rechnet, bleibt häufig noch ein unbegreifbarer Rest, der jeder Erklärung spottet und nur das Eine mit Bestimmtheit erkennen lässt, dass unser Rüstzeug an Begriffen zur Analyse der Orientirungsbewegungen der Seitenzweige noch nicht vollständig ist. Mir war es wenigstens nicht möglich, die beobachteten Reactionen alle so weit zu begreifen, um sie restlos auf bestimmte Componenten zurückführen zu können. Eine Publication schien mir unter diesen Umständen unangebracht, zum Mindesten verfrüht; hier möchte ich aber die Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, die Ergebnisse BARANETZKY's bezüglich der complexen Aetiologie der Seitenzweigrichtungen zu bestätigen mit dem Bemerkten, dass die von ihm mitgetheilten Typen meines Erachtens noch zu den verhältnissmässig wenig complicirten zählen. — Bei den mir in ihrem Verhalten näher bekannten Seitenwurzeln erster Ordnung überwiegen, wie das auch aus den Arbeiten von SACHS, CZAPEK u. a. hervorgeht, die diageotropischen Eigenschaften gegenüber anderweitigen Orientirungseinflüssen. Aber bei öfterem Stellungswechsel verliert die geotropische Reaction auffallend an Deutlichkeit; das ganze Orientirungsvermögen zeigt sich geschwächt bzw. gestört, ein Umstand, der durch die histologischen Befunde von NĚMEC¹⁾ über eigenartige Plasmaansammlungen bzw. Verschiebungen in den percipirenden Zellen nach Lagestörungen um Vieles verständlicher wird. Geht doch aus diesen Beobachtungen mit aller Deutlichkeit hervor, dass ein aus seiner normalen Ruhelage gebrachtes Organ in vielen, selbst sichtbaren histologischen Eigenschaften, von dem normalen abweicht, dass es Störungen unterworfen ist, unter denen die ausgelöste regulatorische Bewegungsaction, der Geotropismus, nur eine unter vielen, weniger auffallenden darstellt. Für die jedem Experimentirenden wohlbekannt Nothwendigkeit, die Versuchsobjecte durch sorgfältige und vorsichtige Vorbehandlung zur Ausführung der Reaction disponirt zu erhalten, lassen sich also zum Theil histologisch wahrnehmbare Erscheinungen anführen. Dass solche anderweitige Störungen schliesslich auch den Geotropismus beeinflussen, scheint mir aus dem mitgetheilten Verhalten der Seitenwurzeln unzweifelhaft hervorzugehen, wäre aber noch eingehender zu untersuchen²⁾.

Wenn es demnach schon statthaft wäre, sich auf den Diageotropismus einer möglichst ungestört wachsenden Seitenwurzel erster Ordnung zu berufen, so ist diese geotropische Reactionsform mit aller wünschens-

1) NĚMEC. Ueber die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXVI, 1901. S. 80.

2) Vergl. dazu die Ergebnisse der neuen Untersuchungen von MIEHE über correlative Beeinflussung des Geotropismus bei Gelenkpflanzen, l. c., S. 579 ff.

werthen Schärfe und Präponderanz ausgebildet bei vielen subterran wachsenden Rhizomen und bei den dorsiventralen Seitenorganen, zumal Blütenstielen. Ihr Diageotropismus wird durch die Ergebnisse der BARANETZKY'schen Versuche an Baum- und Strauchästen, wie ich mich wiederholt überzeugen konnte, nicht im Mindesten in Frage gestellt, und die von mir bewiesene Unmöglichkeit, ihr diageotropisches Verhalten mit der CZAPEK'schen Druckdifferenz-Hypothese in Einklang zu bringen, bleibt demnach unverändert zu vollem Rechte bestehen.

CZAPEK hat in seiner Replik überhaupt keinen Versuch gemacht, meine Einwände bezüglich des Verhaltens der Schlingsprosse und der diageotropischen Organe zu entkräften oder sich sonst damit abzufinden. Er hat sich ausschliesslich an meine eigenen Einwände bezüglich der Versuche mit künstlichem Radialdrucke gehalten, um noch einmal für seine Druckdifferenz-Hypothese einzutreten. Letztere bleibt aber durchaus unhaltbar, so lange sie nicht in Einklang mit dem Verhalten der Windepflanzen und der diageotropischen Organe zu bringen ist.

Bezüglich der Klinostaten-Theorie erkennt CZAPEK jetzt die Wirkung intermittirender Reize und eine allseitige geotropische Reaction, wenn auch nur theilweise, an. Wenn der genannte Autor S. (128) sagt: „Ich möchte hierzu nur bemerken, dass sich diese Wirkungen intermittirender Reizung erst nach längerer Zeit äussern können“, so steht er mit dieser Bemerkung in keinerlei Gegensatz zu meinen Angaben, wie es dem Wortlaute nach scheinen könnte. Es ergibt sich aus dem Verlaufe intermittirender Reizwirkung schon ganz von selbst, dass nicht schon während der ersten Umdrehung der Klinostatenachse die intermittirende Reizwirkung vorliegt, denn von einer intermittirenden Reizung ist dann überhaupt noch nicht die Rede. Wenn CZAPEK aber betont, dass dazu ein langer Aufenthalt nöthig sei, so ist auf meine Versuche und Berechnungen zu verweisen, dass diese Wirkung nach wenigen Umdrehungen sich schon Geltung verschaffen muss.

Prof. JOST hatte die Güte mir brieflich mitzutheilen, dass bei seinen Versuchen mit Linsenwurzeln (50 Secunden Horizontalreizung, 150 Secunden Verticalruhe, oder 2 Minuten Reizung und 6 Minuten Ruhe) gute Krümmungen in 3 Stunden eingetreten waren. Er machte mich bei dieser Gelegenheit noch darauf aufmerksam, dass er bei wiederholten Versuchen mit 5 Minuten Reizung und 25 Minuten Ruhe, abweichend von einem meiner diesbezüglichen Versuchsergebnisse, keine Krümmung erzielen konnte. Als Ergebniss seiner bisherigen, noch nicht abgeschlossenen Erfahrungen glaubt er annehmen zu sollen, dass das Verhältniss von Reizdauer und Ruhedauer bei den Versuchen nicht 1:2 oder 1:3 überschreiten dürfe. Bei 1:4 oder 1:5 seien ihm keine Versuche gelungen. Seiner Meinung nach käme übrigens

die Anzahl der Wiederholungen und die Dauer der Ruhezeiten dabei sehr in Betracht. Dies ist, wie wir gleich sehen werden, durchaus zu treffend. Wenn ich bei meinen *Sinapis*-Versuchen mit 5 Minuten Reizung, 25 Minuten Ruhe (1 : 5) nicht das Opfer einer wiederholten, zufälligen Täuschung geworden bin, was ich aber bei meinem, ich kann wohl sagen übertriebenen Misstrauen allen Versuchsergebnissen gegenüber kaum annehmen kann, so zeigen die verschiedenen Resultate, dass das Verhältniss der Reizdauer zur Ruhedauer nicht unter allen Umständen den gleichen Grenzwert haben muss. Es ist dies ja bei Lebenserscheinungen, zumal feineren und complicirteren Reizreactionen, schon von vorn herein kaum anders zu erwarten. Bei einer auch nur oberflächlichen Analyse der intermittirenden Reizung ist es unschwer, solche Factoren vorauszusehen, welche die Variabilität bedingen; es werden sich dabei aber auch weitere Einblicke gewinnen lassen, die für die Beurtheilung des Verhaltens geotropischer Objecte am Klinostat willkommen sind. Gehen wir aus von dem Bestehen einer Reizschwelle und der Thatsache, dass eine bestimmte Dauer der Einwirkung erst zur Reizung führt, so ergibt sich daraus, dass der Induction einer Reizwirkung im Organismus bestimmte Widerstände entgegenstehen, die hier kurz als „Inductions-widerstände“ bezeichnet werden sollen. Diese Inductions-widerstände werden durch eine gewisse Intensität und Wirkungsdauer der Reizursache überwunden bzw. durchbrochen. Dass nach stattgehabter Reizung in vielen Fällen, die hier allein in Betracht kommen, der status quo ante wieder hergestellt wird, beweist die Existenz gewisser Regenerationsvorgänge, die nach einer bestimmten Ruhezeit den intacten Ruhezustand des Organismus und damit auch die Inductions-widerstände wieder herstellen. Sie löschen die unmittelbaren Eindrücke, die der Reiz hinterlassen, wieder aus und seien deshalb kurz als Regenerations- oder besser „Extinctionsvorgänge“ bezeichnet. Den Inductions-widerständen und Extinctionsvorgängen fällt bei der intermittirenden Reizung natürlich eine wesentliche Rolle zu. Setzen wir einen Reiz von bestimmter Intensität¹⁾ voraus, so wird er eine bestimmte Zeit nöthig haben, um

1) Verschiedene Intensitäten bedingen zumeist einen anderen quantitativen, ja, wie man weiss, unter Umständen auch qualitativen Verlauf des Reizerfolges. Dabei kann die verschiedene Intensität objectiv in einer grösseren Energie-Entfaltung der Reizursache gegeben sein, oder aber subjectiv in einer grösseren Erregbarkeit des Organismus. Es kann also auch für constante Einwirkungen, wie z. B. die Gravitation, der Reiz verschieden intensiv ausfallen, so im Sinne der Stärkestatolithen-Theorie durch grössere oder geringere Beweglichkeit der Stärkekörnchen, ihre grössere oder geringere Masse, durch stärkere Erregbarkeit der reizbaren Hautschicht u. s. w. Wenn also auch die wechselnde Intensität des Reizes für die folgenden Ausführungen von integrierender Bedeutung ist, so mag diese Complication der Einfachheit halber einmal ausgeschaltet bleiben, indem wir unseren Betrachtungen Reize gleicher Intensität zu Grunde legen.

die Auslösungsvorgänge einzuleiten. Wirkt er kürzere Zeit, so wird er die Inductionswiderstände nur theilweise überwunden haben, und in der darauf folgenden Zeit arbeiten die Extinctionsvorgänge daran, den status quo ante, also auch die Inductionswiderstände intact wieder herzustellen. Ist jenen die Zeit nicht verstattet, den status quo ante völlig zu regeneriren, so wird eine zweite Reizung einen geringeren Inductionswiderstand vorfinden, als die erste, die dritte einen geringeren als die zweite u. s. f., bis schliesslich die nte Reizung den geringen Rest des Inductionswiderstandes überwindet und die Reaction auszulösen vermag. Es geht daraus hervor, dass eine um so öftere Wiederholung der Reizung nöthig ist, je mehr die Extinctionsvorgänge Gelegenheit haben, auf den status quo ante wieder hinzuarbeiten, und eine um so seltenere Wiederholung, je weniger Inductionswiderstand sie zu regeneriren vermögen. Wird den Extinctionsvorgängen in den Reizpausen jedesmal Zeit gelassen, den status quo ante völlig wieder herzustellen, dann können natürlich auch unendlich oft wiederholte intermittirende Reize keinen Effect erzielen. Dass die Ruhepausen im Allgemeinen bei intermittirender Reizung länger sein dürfen als die Reizungsdauer, lehrt, dass die Extinctionsvorgänge für gewöhnlich bedeutend langsamer arbeiten, als die Ueberwindung der Inductionswiderstände durch die Reizursache dauert. Denn wir dürfen zudem annehmen, dass sie auch schon während der Reizaction thätig waren.

Die höchst wahrscheinlich wieder auf verwickelten Bedingungscomplexen beruhenden Inductionswiderstände und Extinctionsvorgänge werden aber bei Aenderung äusserer oder innerer Bedingungen (tonischen, correlativen Einflüssen, Accomodation etc.) variabel sein, und es ist vorauszusehen, dass sie sich dabei nicht gleichwerthig, auch nicht gleichsinnig verhalten werden oder müssen. Dadurch verändert sich aber auch nothwendig der Grenzwert im Verhältniss von Reizdauer zu Ruhepause bezw. der Effect der intermittirenden Reizung bei constantem Verhältniss dieser beiden. Wenn JOST mit demselben Pflanzenmaterial und unter genau denselben äusseren und inneren Bedingungen (Tonus etc.) gearbeitet hätte, so hätte er wohl auch das gleiche Resultat erhalten wie ich in den Versuchen mit 5 Minuten Reizung (R) und 25 Minuten Ruhepause (P). Für dieselbe Pflanze können aber, wenn auch nur ein Factor in einem der angedeuteten, hier unmöglich näher zu behandelnden Bedingungscomplexe abändert, bei constantem Verhältniss R:P die Zeiten bis zum Eintritt der Reaction sehr verschieden ausfallen, d. h. die Reaction kann unter Umständen schon nach 2 Stunden, unter etwas anderen Umständen aber erst nach 6 oder 10 Stunden eintreten. Andererseits wird aber auch, um in einer bestimmten Zeiteinheit, z. B. 3 Stunden, eine ausgesprochene Reaction zu erzielen, das Verhältniss von R:P unter Umständen sehr verschieden gewählt werden

müssen. Die Uebertragung dieser Ueberlegungen auf die Verhältnisse, denen die Pflanze am Klinostat ausgesetzt ist, liegt zu nahe, als dass sie hier im Einzelnen ausgeführt werden müsste. Die Zeitdauer, bis eine intermittirende Reizung am Klinostat eintritt, wird unter verschiedenen Bedingungen demnach eine verschiedene sein, ja es liesse sich die Möglichkeit von (abnormen) Constellationen (bei denen auf eine Erhöhung der Inductionswiderstände und eine Beschleunigung der Extinctionsvorgänge hinarbeiten wäre) voraussehen, unter denen während einer bestimmten Beobachtungszeit und Arbeitsdauer am Klinostat ein Effect intermittirender geotropischer Reizung überhaupt nicht einträte. Es wäre Sache der experimentellen Untersuchung, die Bedingungen bezw. das Zeitmaass ausfindig zu machen, unter denen es möglich wäre, ein Object unter Ausschluss jeglichen geotropischen Reizeffectes zu beobachten. — Auch wird zu berücksichtigen sein, dass durch die dauernde abnorme Lage am Klinostat sich abnorme histologische und physiologische Verhältnisse ausbilden können, die, wie auch die sonstige Veränderung tonischer Factoren, correlativ die geotropischen Vorgänge alteriren können (s. S. 407). Auf alle diese am Klinostat gegebenen Bedingungscomplexänderungen näher einzugehen, kann hier nicht die Aufgabe sein. Für die hier vorliegende Frage genügt es, darauf hinzuweisen, dass bei regelmässigem Gang des Klinostaten ein gegebener Punkt der rotirenden Pflanzenachse sich gleichlang im oberen wie im unteren Halbkreise bewegt, und wenn wir auch den Aufenthalt auf den Grenzen zwischen oberem und unterem Halbkreis noch völlig zu der Ruhezeit rechnen, so bleibt doch eine Drittel-Peripherie, zum Mindesten ein Quadrant für die geotropische Induction übrig, und wir bekommen ein fortdauernd gleichmässiges Verhältniss von $R:P = 1:2$ bezw. $1:3$. Bei diesem Verhältniss tritt aber, nach den übereinstimmenden Versuchsergebnissen von JOST und mir unter normalen Verhältnissen und auch wohl bei den meisten Pflanzenorganen, ein Effect intermittirender Reizung nach wenigen Stunden thatsächlich auf. Das heisst: Für die Praxis der Klinostatversuche haben wir unter normalen Verhältnissen mit dem Effecte intermittirender geotropischer Reizung nach verhältnissmässig kurzer Versuchsdauer in der That zu rechnen. Theoretisch vorstellbar, vielleicht auch realisirbar, sind allerdings auch Bedingungen, unter denen für lange Zeit, oder überhaupt, der Effect intermittirender Reizung ausgeschlossen bleibt. Doch wir haben die normalen Verhältnisse hier allein zu betrachten.

Obgleich CZAPEK im Princip die allseitige geotropische Reizung auf dem Klinostat zugesteht, weist er doch auf die Resultate älterer Untersuchungen von FR. SCHWARZ über den Einfluss der Schwerkraft auf das Längenwachsthum der Pflanzen¹⁾ als ein „gewichtiges

1) Untersuchungen aus dem Botan. Institut in Tübingen. Bd I, 1881, S. 53 ff.

Argument“ gegen das Bestehen solcher Reizung hin. Er sehe wenigstens keinen Grund ein, weshalb Wurzeln und Sprosse in diesem Falle nicht auch eine Steigerung ihres Längenwachstums zeigen sollten wie die Grasknoten (S. (129)). Ich hatte seiner Zeit darauf hingewiesen, dass am Klinostat nur die Differenz der antagonistischen Förderungs- und Hemmungswerthe sich im Gesamtwachstum bemerklich machen könne, dass demnach eine Veränderung des Gesamtwachstums bei gleichgrossen und gleichzeitigen Hemmungs- und Förderungseinflüssen nicht erwartet werden könne, dass bei ungleich grossen antagonistischen Einwirkungen aber immer doch nur eine verhältnissmässig kleine Abweichung vom normalen Längenwachstum resultiren werde. Diese Abweichung experimentell nachzuweisen, dürfte, zumal bei den individuellen und autonomen Schwankungen, ganz abgesehen von den Phasen der grossen Periode und von der Schwierigkeit, die äusseren Einwirkungen genügend constant zu erhalten, seine grossen technischen Schwierigkeiten haben. Auf keinen Fall kann man aber erwarten, sie als Mittel aus solchen Versuchsculturen abzuleiten, wie sie FR. SCHWARZ zu seinen Feststellungen benutzt hat. Bei den grossen individuellen Abweichungen, den „uncontrollirbaren Stössen“ im Wachstum, auf die SCHWARZ wiederholt hinweist, bei der etwas elementaren Temperaturregulation (im Sommer durch Oeffnen einer Thür auf den kalten Flur) bei dem ausserordentlich abweichenden Zuwachs der Versuchsobjecte (zwischen 47 und 141 pCt.!) und bei der Benutzung von so verschiedener Anfangslänge (17—55 mm) muss es einem ganz besonders glücklichen Zufall zugeschrieben werden, wenn die Mittelwerthe der Zuwachse in Normalstellung und am Klinostat nicht weiter nach dieser und jener Richtung von einander abweichen, als es bei den SCHWARZschen Zahlen der Fall ist. Zur Ableitung des Ergebnisses, dass die Aufhebung der einseitigen Schwerkraftseinwirkung nicht wesentlich verändernd und störend in das normale Wachstum eingreift — und darauf kam es SCHWARZ allein an — genügen diese Versuchreihen ja eben noch, aber sie zur Entscheidung der Frage nach dem Auftreten kleiner und kleinster Differenzen heranzuziehen, dafür halte ich sie für so ungeeignet wie nur möglich.

Dem gegenüber wird man sich zur Entscheidung der letztgenannten Frage hauptsächlich an solche geotropischen Reactionen mit Vortheil wenden müssen, die sich nicht antagonistisch mehr oder weniger entgegenarbeiten wie sie bei den Grasblattpolstern („Grasknoten“¹), der Ausbildung des Stemmorgans an Kürbiskeim-

1) In seinem Referat über die unter Anm. 1. S. 413 erwähnte Arbeit (Botan. Ztg. 1901, Nr. 24, Spalte 381) weist JOST darauf hin, dass für das allseitige Wachstum der Grasknoten am Klinostat von PFEFFER (Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., II,

lingen¹⁾ und den pseudoepinastischen Krümmungen dorsiventraler Organe²⁾ vorliegen. Die Antwort, welche diese Objecte am Klinostat geben, ist, wie ich im „Geotropismus“ näher begründet habe, unzweideutig genug.

Weshalb es CZAPEK fragenswerth erscheint, „warum die Wurzeln auch nicht vorübergehend geotropische Krümmungen auf dem Klinostat zeigen, sondern geradlinig weiter wachsen, ohne dass ihre geotropische Reizung zum Ausdruck kommt,“ und weshalb er das Ausbleiben geotropischer Krümmung auf die Gegenwirkung des Autotropismus zurückführen zu müssen glaubt, ist mir nicht verständlich. Wie bei allseitig gleicher Reizung und bei normalem, nicht zu langsamem Gange des Klinostatengeräthes eine einseitige geotropische Krümmung überhaupt zu Stande kommen soll, die doch nur die Folge einer einseitig stärkeren Gravitationseinwirkung sein könnte, vermag ich CZAPEK nicht nach zu denken.

In engem Zusammenhang mit der Theorie der Klinostatwirkung steht CZAPEK's „Präsentationszeit“. CZAPEK fasst in seiner Replik den Begriff anders als das früher von ihm geschehen war. Die Präsentationszeit wäre demnach zu definiren als diejenige Reizungsdauer, welche eben noch Reizreactionen hervorrufen kann. Dieser Zeitbegriff gebe das kleinste Zeitmass an, für welches noch Perception durch das Reagens der Reizwirkung nachweisbar ist. In den „Weiteren Beiträgen“ lautete die Definition wesentlich anders, nämlich als „der minimalen Reizungsdauer, welche eben noch zur Perception des Reizes führt“ (S. 138). CZAPEK thut mir also Unrecht, wenn er nach seiner Definitionsänderung nun S. (128) sagt: „Dieser rein praktische Zeitbegriff setzt nicht etwa, wie NOLL sagt, ein Fehlen der Perception während der Präsentationszeit voraus.“ Das hatte CZAPEK selbst behauptet, und darauf fusste ja seine ganze

1. Hälfte, S. 126/127) neuerdings eine andere als die hier vertretene Deutung versucht wurde. PFEFFER sagt da: „Unter diesen Bedingungen (d. h. am Klinostat) wird in dem normaler Weise ausgewachsenen Grasknoten die Wachsthumsthätigkeit erweckt, die also vermuthlich durch die Schwerkraft sistirt wird, wenn diese parallel zur Längsachse des Knotens gerichtet ist.“ Diese vermuthungsweise ausgesprochene neue Interpretation der ELFVING'schen Klinostatversuche scheint mir nicht genügend vereinbar zu sein mit dem Verhalten der Grasknoten bei ruhiger Horizontallage. Hier befindet sich die obere Flanke, so gut wie die untere, in Horizontallage, und doch ist ihr Wachsthum genau so sistirt wie bei aufrechter Stellung, und nur in der jeweils nach unten gerichteten Flanke erwacht die Wachsthumsthätigkeit, während nach dem oben citirten Deutungsversuche meines Erachtens kein Grund vorliegen würde, weshalb die obere nicht auch zum Wachsen übergehen sollte. Eine Uebertragung jener Interpretation auf die Geo-Aetiologie des Kürbiskeim-Wulstes würde hier mindestens gleich grossen Schwierigkeiten begegnen.

1) Zur Keimungsphysiologie der Cucurbitaceen. THIEL's Landw. Jahrbücher, XXX Buch, Erg.-Bd. III, 1902, S. 145.

2) Flora 1893, S. 361.

Klinostaten-Theorie, während ich gerade auf die kurzen intermittirenden Reize hingewiesen hatte, um daran zu erinnern, dass auch Einwirkungen von bedeutend kürzerer Dauer als der CZAPEK'schen Präsentationszeit immerhin noch percipirt werden müssten, wenn auch die Reaction noch ausbleibe. Der Reactionserfolg ganz kurzer, aber sich summirender Eindrücke führt vielmehr, wie ich l. c. S. 461, Anmerkung, betonte, zu der Auffassung, dass der Reactionsvorgang wohl eben so gut seinen Schwellenwerth gegenüber den perceptiven Eindrücken besitzt, wie die Perception gegenüber den primären Reizursachen. Einzelempfindungen disponiren gleichsam zur Ausführung der Reaction und summiren sich, bis sie die Schwelle für die Auslösung der Reaction erreicht haben. Für die hier nur kurz berührten Verhältnisse ist der JOST'sche Begriff der „Präsentationszeit bei intermittirender Reizung“¹⁾ von hohem Interesse.

Gegen die veränderte Definition, wie sie CZAPEK neuerdings für die Präsentationszeit giebt, ist meines Erachtens, falls man sie auf andauernde Reizung ausdrücklich beschränkt und reservirt und nicht auf die intermittirende Reizung ausdehnt, nichts einzuwenden. CZAPEK's „Präsentationszeit“ neuen Gepräges, vor allem aber JOST's „Präsentationszeit für intermittirende Reizung“ bieten wichtige Anhaltspunkte für das weitere Vordringen auf diesen noch dunklen Gebieten und werden zweifelsohne berufen sein, dabei noch wichtige Dienste zu leisten.

Was die quantitativen histochemischen Differenzen in geotropisch gereizten und ungereizten Wurzelspitzen betrifft, „die stets zu constatiren, obwohl sie nicht sehr beträchtlich“ sind, bei denen „eine Täuschung durch individuelle Schwankungen“ bei andauernder, sorgfältiger Betrachtung vermieden werden kann, so hatte CZAPEK sie in seinen „Weiteren Beiträgen“ als Vorgänge bezeichnet, „unter welchen die geotropische Perception durch die Wurzelspitzen einher geht und womit objectiv diese Processe der Reizaufnahme sichtbar zu machen“ seien (S. 208). Obwohl ich im „Geotropismus“ CZAPEK's Meinung mit seinen eigenen Worten wiedergab und gegen diese Auslegung der Befunde eine Reihe von Bedenken geltend machte, spricht CZAPEK S. (122) jetzt von einem Missverständniss meinerseits. Das Missverständniss ist aber doch wohl auf seiner Seite, wie die neuerliche Anführung seines Vergleichs vom Warmlaufen arbeitender Maschinentheile trotz verschiedener Bewegung und Function zu allem Ueberfluss darthut. Denn dieser Vergleich besagt dasselbe, was ich unter Hinweis auf erhöhte Athmung als Nebenerscheinung verschieden verlaufender Processe gegen die CZAPEK'sche Interpretation der Oxydationsanomalien einwandte.

1) JOST, Biol. Centralbl., l. c., S. 175.

Dass aber gerade der verschiedene, d. h. antagonistische Verlauf der geotropischen Wachstumsbeeinflussung das Wesentliche beim Geotropismus ausmacht, habe ich l. c. ausführlich begründet und kann mich hier darauf beschränken auf diese Ausführungen zurück zu verweisen¹⁾.

CZAPEK sprach im Zusammenhang mit dieser quantitativ veränderten histochemischen Reaction vom „gereizten“ und „ungereizten Zustande“ der Wurzelspitzen. Ich hatte dem gegenüber darauf hingewiesen, dass also auch CZAPEK, im Gegensatze zu seiner an PFEFFER sich anlehnenden principiellen Behauptung, an dem permanenten geotropischen Reizzustande der Ruhelage in praxi nicht festhalten könne, sondern fast durchgängig auf den entgegengesetzten Standpunkt sich zu stellen gezwungen sähe. In seiner Replik giebt CZAPEK nun zu, dass man „dem gewöhnlichen älteren Sprachgebrauche folgend“ von einem „Aufhören der geotropischen Reizung, von ungereizter Wurzel sprechen könne, dass aber im geotropischen Ruhezustande der Einfluss der Gravitation immerhin noch in einem specifischen Spannungszustande, im Geotonus, zu berücksichtigen sei.“ Damit betrachte ich diese Streitfrage als erledigt, sofern CZAPEK nicht, wie in seinen „Weiteren Beiträgen“ (S. 195), diesen Geotonus, in einem anderen Sprachgebrauche, mit einem „bestimmten geotropischen Reizzustande“ identificirt, wobei freilich gleich darauf der „besondere Erregungszustand des receptorisch fungirenden Apparates, der den Geotonus nach Alteration der Lage wieder herzustellen bestimmt ist, als „geotropische Excitation“ bezeichnet wird.

Wenn ich von der fixen Ruhelage des Organs zum Erdkörper als einer geotropisch reizlosen Lage sprach, so gilt das „reizlos“ natürlich nur in Bezug auf geotropische Reize, die in dieser Lage ja in der That nicht nachweisbar werden. Für alle anderen Reize wird das Organ natürlich auch in der geotropischen Ruhelage reizbar bleiben und unter Umständen reagiren, auch für alle anderen möglichen Gravitationswirkungen, soweit sie eben nicht geotropischer Natur sind, d. h. soweit sie nicht durch Vermittelung des geotropisch-sensiblen Apparates zu geotropischen Reactionen führen.

Unter geotropisch-sensiblen Apparat verstehe ich den sensiblen Empfangsapparat, soweit er dem Geotropismus dienstbar ist und mit diesem in directem Connex steht. Dieselbe für Gravitationswirkungen empfängliche Vorrichtung könnte ausserdem mit andersartigen, z. B. chemischen Reactionen, durch besondere Beziehungen in Connex gebracht sein und bei einer bestimmten Aussenaffection hier Auslösungen vermitteln, wo sie dort fehlen. Eine bestimmt gerichtete Gravitationswirkung könnte demnach für den Geotropismus als Reiz

1) Vergl. auch JOST, l. c. S. 177.

in Betracht kommen, während sie für jene andere Reaction nicht den Charakter eines solchen besitzt. Wenn von dem geotropisch-sensiblen Apparat die Rede ist, so ist es demnach wohl möglich, aber nicht nothwendig, dass für den Geotropismus eine gesonderte Empfangsvorrichtung besteht. Die speciellen Beziehungen, in denen eine eventuell gemeinsame Empfangsvorrichtung mit der einen oder mit der anderen Reaction steht, machen sie jeweils der einen oder anderen eigenthümlich. Nehmen wir, um ein concretes Beispiel dafür zu haben, einmal die HABERLANDT-NĚMEC'sche Stärke-Statolithentheorie als zutreffend an, so würden wir, wenn in der Wurzelspitze die Stärkekörner der acropetalen Wand anliegen, dieselben keinen geotropischen Reiz auslösen sehen. Die Berührung gerade der acropetalen Wand könnte dagegen aber die einzige Stellung sein, in der die Athmung, der Turgor oder die Secretion in bestimmter Weise alterirt würden. Wir hätten hier also trotz gemeinsamer Empfangsvorrichtung (der Zelle als Statocyste) in ihrer Eigenschaft als Reizempfänger und Reizvermittler verschieden functionirende Perceptionsvorrichtungen, sofern in ihnen die reizbaren Wandflächen der Statocysten verschiedene Anordnung besitzen.

Eine Statocyste mit reizbaren Seitenwänden wäre das Perceptionsorgan für Auslösung der geotropischen Reaktionskette, eine Statocyste mit reizbarer acropetaler Wand das Perceptionsorgan für die supponirte Alteration des Turgors etc., eine Statocyste mit reizbarer basipetaler Wand das Perceptionsorgan vielleicht für eine beliebige andere Reizkette¹⁾. Dass es möglich war, sie alle in einer Zelle, in einem Hohlraum zu verwirklichen, ist ein accidenteller, kein wesentlicher Umstand. Für die verschiedenen Reaktionsketten, welche durch die Gravitationswirkung ausgelöst werden, muss man also die zugehörigen Perceptionsvorrichtungen streng für sich betrachten, selbst wenn es möglich gewesen, sie räumlich, nicht functionell, vereinigt zu verwirklichen²⁾. Man wird deshalb dann auch zweckmässig

1) Auch mit Hülfe von Statolithen höheren und geringeren specifischen Gewichtes liesse sich natürlich eine gemeinsame Statocyste als Perceptionsorgan functionell differenziren.

2) Wenn man, von generellem Standpunkte ausgehend, vorziehen würde zu sagen: „Die Gravitationswirkung wird von der Pflanze auch wahrgenommen, wenn die Statolithen auf der Hautschicht der Querwände lasten, also in Verticalstellung, sie kommt dann nur nicht als geotropischer Reiz in Betracht,“ dann kommt diese Perception eben für den Geotropismus überhaupt in Wegfall. Das kommt aber bezüglich des Geotropismus auf dasselbe hinaus, als ob wir, mit alleiniger Beziehung auf diesen, methodisch einfacher, bequemer und brauchbarer sagen, die Ruhelage sei „geotropisch“ reizlos. Im ersteren Falle sind wir sogar verpflichtet, als Beweis für die Geoperception dieser Lage andere Reactionen anzuführen. — Von einer „Empfindung an sich“ kann zudem ja bei den Pflanzen, abweichend von höheren Thieren, nicht wohl die Rede sein, sondern nur von Perceptionen in Beziehung zu bestimmten Reactionen.

von „geotropischer Perception“, von einem „geotropisch-sensiblen Apparate“, wie auch von den speciellen Empfangsvorrichtungen anderer Geo-Reactionen sprechen müssen.

Dass die genau inverse Stellung orthotroper Organe auch eine geotropische Ruhelage ist, dürfte jetzt allgemein zugegeben werden. Deswegen sind aber die beiden Ruhelagen noch lange nicht identisch in Bezug auf jegliche Gravitationswirkung. Bei der Inversion werden alle specifisch schwereren verschiebbaren Inhaltkörper der Zellen sich auf der polaren Gegenwand ansammeln, es werden, wenn auch geringe, Verschiebungen und Verlagerungen in der Vertheilung des Plasmas selbst eintreten müssen, die, wie die Befunde von NĚMEC zeigen, bei der Entfernung aus der normalen Ruhelage auch activ in bedeutendem Masse, bis zu grossen localen Ansammlungen, auftreten. Alle diese Veränderungen im invers gestellten Organ können direct, vornehmlich aber auslösend, derart in das Lebensgetriebe eingreifen, dass die normale und die inverse geotropische Ruhelage in den mannichfaltigsten sonstigen Beziehungen als verschieden percipirt und dem entsprechend mit verschiedenen Reactionen beantwortet werden. Derartige Abweichungen sind u. a. in dem veränderten, geradlinigen Gesamtwachsthum zum Theil schon bekannt¹⁾. Dem gegenüber ist aber daran fest zu halten, dass beide Lagen trotz ihres diametralen polaren Gegensatzes gleichwerthig als geotropische Ruhelagen sind²⁾, während sich geotropische Reize in allen Zwischenstellungen stärker oder schwächer sicher einstellen. — Die Thatsachen, die ich gegen die Auffassung, es werde das Organ in der Ruhelage durch fort-dauernde geotropische Reize festgehalten, so zu sagen fixirt, geltend gemacht habe, und unter denen das Verlassen der inversen Ruhelage bei geringster Abweichung von der Verticalen, und zwar entgegen dem Einfluss des Autotropismus, mir eine der beweisendsten zu sein

1) Ich muss deshalb ganz entschieden dem CZAPEK'schen Satze widersprechen, dass der Geotonus der inversen Stellung sich vom Geotonus der normalen Ruhelage nicht unterscheiden könne [Replik l. c. S. (127)]. Wie in seinen „Weiteren Beiträgen“ (S. 195), so hält auch CZAPEK hier wieder die beiden Begriffe Geotonus und Geotropismus nicht genügend aus einander.

2) Auf correlative Umstimmungen der geotropischen Reaction der Gelenke durch tonische Beeinflussung seitens der invers orientirten Organspitzen hat MIEHE (l. c. S. 579) soeben durch interessante Versuche und Beobachtungen hingewiesen. Nitellen, die ich seiner Zeit mit dem Gipfeltheil invers oder horizontal im Schlamm oder zwischen Glasplatten fixirte, richteten die freien Basaltheile durchweg vertical auf. In meinen Aufzeichnungen (Februar 1888) finde ich neben entsprechenden Skizzen die Notiz: „Einzelne Exemplare zeigen später in der Nähe der Knoten öfters schwache Krümmungen, die aber immer wieder mit dem Erfolg der Aufrichtung ausgeglichen werden.“ Bei anderen invers fixirten Pflanzen (*Borrago*) konnte ich, soweit ich mich erinnere, keine derartigen Abweichungen der freien Basaltheile von der Verticalen feststellen.

scheint, brauchen hier um so weniger wiederholt zu werden, als CZAPEK auch in seiner Replik es nicht versucht hat, sie zu widerlegen. Wenn er als einzigen Gegenbeweis auf die Geradestreckung einer geotropisch gekrümmten Wurzel am Klinostat zurückgreift, um daran zu zeigen, dass die Wurzel in der geotropischen Ruhelage dann doch festgehalten worden sei, so muss ich noch einmal daran erinnern, dass, soweit der Autotropismus in einer Wurzel divergent vom Geotropismus zur Geltung kommt, es sich nicht um eine geotropische Ruhelage, sondern um eine Gleichgewichtslage handelt, in der die Reizcomponenten, nach Massgabe der Abweichung von der betreffenden Ruhelage, natürlich ständig fortwirken.

Es erübrigt CZAPEK gegenüber nur noch, auf den Differenzpunkt in der Auffassung des „Stimmungswechsels“ zurückzukommen. In der heterogenen Induction hatte ich für die durch Umstimmung veranlasste veränderte geotropische Reaction zwei Möglichkeiten in Betracht gezogen: Veränderungen im Empfangsapparat durch veränderte Orientirung bzw. Begrenzung der Reizfelder oder durch Aenderungen im inneren Verlauf der Reaction¹⁾. Ich sagte, dass bei der Unbekanntschaft mit den feineren Vorgängen bei Reizerscheinungen heute darüber überhaupt noch gar nichts Sicheres zu sagen sei, dass zumal bei dem Wechsel zwischen positivem und negativem Orthotropismus es nicht möglich sei, ein Kriterium dafür zu finden. Immerhin sei es wahrscheinlicher, eine Zustandsänderung im Empfangsapparat anzunehmen, wenn sich orthotrope und plagiotrope Organe oder umgekehrt letztere in erstere umwandeln, wegen der wesentlich abweichenden Anordnung der Reizfelder in beiden Fällen. Der dadurch bewirkte Effect könne unmöglich durch innere Umschaltungen bei gleich bleibender Lage des Reizfeldes erreicht werden. Wesentlich verschieden angeordnete Reizfelder setzen aber wesentlich verschieden functionirende Perceptionsvorrichtungen, d. h. Perceptionsapparate voraus. Es sei deshalb das „Nächstliegende und Nächstberechtigte, so lange ganz bestimmt lautende Hinweise noch fehlen, zunächst einmal“ anzunehmen, dass positiven und negativen geotropischen Krümmungen eine inverse Orientirung der receptiven Reizstructur zu Grunde liege. Später erst²⁾ erkannte ich die zwingende Nothwendigkeit, dass für die veränderte Ruhelage bei Richtungsreizen³⁾, wenigstens so weit es sich um die Verwandlung plagio-

1) Heterogene Induction, S. 26.

2) „Sinnesleben“ S. 85 und „Geotropismus“ S. 495.

3) Um jedes mögliche Missverständniss zu vermeiden, will ich noch ausdrücklich bemerken, dass ich innerhalb der Reaktionskette, im „Reflexbogen“, die mannigfaltigsten Verschiebungen mit dem Resultate veränderter Reactionserfolge an sich natürlich ohne Weiteres für möglich halte; nur insofern die Umstimmung eine neue geotropische Ruhelage bedingt, muss die Perceptionsvorrichtung entsprechend betheilt sein.

troper, radiärer und dorsiventraler, und orthotroper Organe unter einander handelt, keine andere Annahme möglich sei. Eine Umstimmung durch blosse Verschiebung im inneren Verlaufe der Reaktionskette bei unverändert functionirender Perceptionsvorrichtung sei undenkbar.

CZAPEK's Replik und seine Vertheidigung der Anschauung, dass bei solchen Umstimmungen nicht die Function der Perceptionsvorrichtung, nicht bestimmte Aenderungen innerhalb des Perceptionsapparates, alterirt werden, sondern der Umsetzungsvorgang zwischen der Perception und der Reaction, geht auf irgend welche Widerlegung der Logik meiner Hinweise nicht ein. Er versucht für seine abweichende Behauptung aber keinen anderen Beweis beizubringen als die äusserlich ähnliche Beschaffenheit der Perceptionsorgane, so z. B. die völlige Identität des reizaufnehmenden Apparates — d. i. der Wurzelspitze¹⁾ — bei ortho- und plagiotropen Wurzeln. Es ist mir nicht recht verständlich, wie CZAPEK den gleichbleibenden sichtbaren anatomischen Aufbau als massgebend ansehen kann für gleich bleibende Function. Wenn sich bei gleichbleibendem anatomischen Bau eines Sinnesorgans die Reizbarkeit des sensiblen Plasmas wesentlich ändert, so ist dies meines Erachtens als eine wesentliche Veränderung des Sinnesorgans selbst zu betrachten (siehe oben S. 416), auch ohne dass sie im mikroskopischen Bilde zum Ausdruck kommt. Es ist also durchaus nicht, wie CZAPEK S. (125) sagt, „ausgeschlossen, von einer Aenderung des reizempfindlichen Apparates durch umstimmend wirkende Factoren“ zu sprechen, da ein solches Sinnesorgan (die Statocyste) „eine stabile unveränderliche Einrichtung darstelle“. Nachdem CZAPEK so für die Identität der Sinnesfunction bei gleicher äusserer Structur in seiner Replik S. (124 und 125) nochmals als Beweis für seine Behauptung eingetreten ist, kommt auf S. (126) der überraschende Satz, dass mein Standpunkt vollkommen mit seiner Auffassung übereinstimme, falls ich unter Aenderungen im massgebenden Zustand des reizempfindlichen Apparates auch ausgelöste Aenderungen im reizempfindlichen Plasma des Perceptionsapparates subsumire²⁾. Eine vollkommene Uebereinstimmung kann ich aber nur dann zugeben, wenn CZAPEK seinerseits damit — wie ich glaube — eine Stimmungsänderung innerhalb des Perceptionsapparates zugiebt und nicht

1) Nach dem interessanten und wichtigen Hinweis von MIEHE auf die tonische Prävalenz der Gipfeltheile und ihren daher rührenden correlativ-determinirenden Einfluss auf die geotropische Reaction älterer Organe ist die Berechtigung der Localisirung der geotropischen Perception auf die Wurzelspitze zweifelhaft geworden.

2) Wenn CZAPEK im Zweifel ist, dass diese meine Auffassung schon in der heterogenen Induction zum Ausdruck gekommen sei, so verweise ich auf die sehr bestimmte Fassung derselben auf S. 26, 27 u. f. Ich habe nie etwas anderes auch nur andeutungsweise behauptet.

auf seiner früheren Behauptung vom Umstimmungsvorgang im „Reflex-centrum“ besteht. Der Hauptsache, der erreichten gleichsinnigen objectiven Beurtheilung gegenüber, sinken ja jetzt diese formalen Nebenumstände auf das Niveau eines überwundenen litterarischen Zwischenfalls herab.

Wenn ich auch gern unter den CZAPEK'schen Schlussbemerkungen den Satz unterschreibe, dass unsere bisherigen Erfahrungen über die geotropische Reizperception bei Weitem nicht hinreichen, um uns einen Einblick in das geotropische Problem zu gestatten, so muss ich doch wieder Verwahrung einlegen gegen seine weitere Behauptung, „dass die Lage der optimalen Reizwirkung, die geotropische Gleichgewichtsstellung der orthogeotropischen und plagiogeotropischen Organe durch keinen der bisher unternommenen Erklärungsversuche in befriedigender Weise zur Darstellung kommt“ und dass unter Annahme der neueren Statolithen-Hypothese die Differenzen des Verhaltens von plagiotropen Seitenwurzeln in gleicher Winkeldistanz oberhalb und unterhalb der horizontalen Lage ebenso wenig ungezwungen zu verstehen sei, wie durch die Radialdruckhypothese. Ich betrachte es im Gegentheil als einen ganz wesentlichen Vortheil der Statolithen-Hypothese, dass sie mit Hülfe verschiedener Anordnung der Reizfelder und mit verschiedener qualitativer und quantitativer Reizbarkeit der Statocystenwand alle diese Eigenthümlichkeiten in der einfachsten Weise erklärlich macht, denen die Radialdruckhypothese, wie gezeigt wurde, nicht gerecht zu werden vermag, sondern mit allen Versuchen dazu in unlösbare Widersprüche geräth.

Die oben zum Theil wieder citirten Schlussfolgerungen waren vornehmlich mit Hülfe der empirisch festgestellten Reizfelder geotropischer Organe abgeleitet und gewonnen worden. Bei der Ueberlegung, welche geotropisch-sensible Structur allen diesen Verhältnissen zu Grunde liegen könne, wies ich später¹⁾ darauf hin, dass man sich den geoperceptorischen Apparat etwa in der Form einer Centrosphäre mit einem specifisch schwereren oder leichteren Centrosom vorstellen könne, wobei die reizbaren Theile der Hohlkugelfläche nach Lage und Begrenzung mit den Reizfeldern sich decken. Es war diese rein hypothetische Vorstellung nur in der Absicht aufgesucht worden, um zu zeigen, dass alle bekannten, auch noch so verwickelten Beziehungen, wie sie in den Reiz- und Ruhestellungen orthotroper, radiär und dorsiventral plagiotroper oder windender Organe zum Ausdruck gelangen, erstens sich mit sehr einfachen Vorrichtungen innerhalb der Pflanze verwirklichen lassen, und zweitens, um überhaupt eine concrete Vorstellung, mit der sich heuristisch weiter

1) Geotropismus, l. c. S. 504.

operiren liesse¹⁾, den geotropischen Betrachtungen zu Grunde legen zu können. Ueber den rein hypothetischen, formalen Charakter dieser Vorstellung hatte ich seiner Zeit keinen Zweifel gelassen, was ich hier noch einmal hervorheben und betonen möchte, weil dies in Citaten öfter übersehen zu werden scheint²⁾.

Diese hypothetische Vorstellung über die statocystenartige Natur der geotropischen Perceptionsvorrichtung ist neuerdings durch HABERLANDT und NĚMEC auf eine reale Basis gestellt worden. Nach der Ueberzeugung dieser Autoren³⁾ sind die Statolithen wahrnehmbare leichtere oder schwerere Inhaltskörperchen (zumal Stärkekörner) der Zelle, und die reizbare Hautschicht des Zellplasmas bildet die Wand der Statocyste, die also von dem Zellraum selbst gebildet wird. Der Gedanke und die ihm dienenden anatomischen und physiologischen Nachweise dieser beiden Autoren sind um so mehr zu begrüßen, als es mittelst anatomisch-histologischer Untersuchungen in Verbindung mit physiologischen Experimenten möglich sein wird, real zu prüfen, ob in der That in diesen Dingen der perceptorische Apparat verwirklicht ist. Gegen die NĚMEC-HABERLANDT'sche Auffassung hatte ich vor nicht langer Zeit die Thatsache der intermittirenden kurzen Reizung geltend gemacht, deren Phasen mir mit den angegebenen Phasen der Stärketranslocation (10—15 Minuten, annähernd der CZAPEK'schen Präsentationszeit gleichkommend) nicht überein zu stimmen schienen. Schon anlässlich der mündlichen Discussion des Perceptionsproblems auf der Hamburger Naturforscher-Versammlung, dann kurz danach in einem Briefe an Prof. HABERLANDT, schränkte ich diesen Einwand wesentlich ein, was ich auch an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich thun möchte. Für den Fall nämlich, dass in der geotropischen Ruhelage die Stärkestatolithen die Seitenwände bereits berühren oder ihnen doch schon nahe sind (wie das zumal bei mehrschichtigen Ansammlungen, die ich nicht in Erwägung gezogen hatte, zutrifft), wäre bei normaler Beweglichkeit der Körnchen eine einseitig stärkere Reizung der Seitenwände natürlich auch schon bei der kurzen intermittirenden Reizungsdauer gegeben, wie dies

1) Vergl. Neue Versuche über das Winden. I. c.

2) So sagt u. a. CZAPEK, S. (125): „Nimmt man mit NOLL centrosphärenartige Structuren oder mit NĚMEC Stärkekörner enthaltende sensible Zellen als anatomisches Substrat für die Reizperception an, so“

3) Niedergelegt in gleichzeitig publicirten vorläufigen Mittheilungen in den Berichten der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XVIII, 1900, Heft 6, S. 241 und 261. Dazu weiter von NĚMEC: Ueber die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes in den Pflanzen (Jahrb. für wiss. Botanik, Bd. XXXVI, 1901, S. 80), von HABERLANDT: Sinnesorgane im Pflanzenreich (Leipzig, W. ENGELMANN, 1901), und: Ueber die Statolithenfuction der Stärkekörner (Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XX, 1902, S. 189).

auch JOST in seinem Referate¹⁾ darlegt. Es wäre nun aber von principiellern Interesse, das Ergebniss intermittirender geotropischer Reize an solchen Objecten zu prüfen, wo diese Voraussetzungen bezüglich der Stärkevertheilung bezw. ihrer Beweglichkeit nicht von vorn herein zutreffen. Daraus könnte sich gegebenen Falles ein wichtiger Hinweis pro oder contra gewinnen lassen, wie denn überhaupt die ganze HABERLANDT-NĚMEC'sche Lehre den grossen Vorzug hat, exacter Untersuchung zugänglich sein. Einen entscheidenden Beweis gegen die NĚMEC-HABERLANDT'schen Anschauungen glaubte JOST in dem Ausfall seiner Versuche mit sehr schwachen Centrifugalkräften²⁾ zu erkennen. Doch liegen hier mutatis mutandis die Verhältnisse ganz ähnlich wie im vorigen Falle. Sind bereits in der Ruhe Stärkestatolithe der Aussenwand anliegend vorhanden oder doch wenigstens sehr genähert, dann kann, wie auch HABERLANDT hervorgehoben hat³⁾, auch bei schwachen Centrifugalwirkungen Reizung alsbald eintreten, zumal aber dann, wenn die Stärke Zeit gehabt hat, sich gleichmässig an den Wänden zu vertheilen, wie dies nach JOST's Angaben bei horizontaler Drehungsachse der Fall ist. Centrifugalversuche bei Drehung um verticale Achse, wie sie in mancher Beziehung die mit horizontaler Achse zu ergänzen berufen wären, vor allem, weil die gleichmässige Vertheilung in Wegfall kommt, wären deshalb sehr erwünscht. Eine Centrifugalreizung bei Objecten, wo bei verticaler Drehungsachse die Stärke die Aussenwand noch nicht oder nicht nahezu berührt, würde aber JOST's Einwand, so gut wie meinem oben erwähnten Einwand bezüglich intermittirender Reizung, eine entscheidende Bedeutung geben.

In dem 3. Hefte der Deutschen botan. Gesellschaft 1902 hat HABERLANDT eine weitere Stütze für die Stärkestatolithen-Function bekannt gemacht, welche die früher angeführten Beweise ergänzt, zum Theil ersetzt. Denn mit Recht sind von JOST⁴⁾ wie auch von CZAPEK⁵⁾ die aus den Resections- und Eingipsungsversuchen von HABERLANDT und NĚMEC hergeleiteten Beweise als nicht einwandfrei bezeichnet worden, wofür die Ergebnisse der MIEHE'schen Untersuchungen⁶⁾ neben den schon früher bekannten zahlreichen Beispielen einer correlativen Beeinflussung der geotropischen Reactionen durch Verwundung, Inactivirung u. s. w. eine neue eindringliche Bestätigung liefern. Die neue Beobachtung HABERLANDT's, die seiner Ansicht zufolge einen „vollkommen einwandfreien experimentellen Beweis“

1) JOST, l. c. S. 175.

2) JOST, l. c. S. 176, 177.

3) Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. 1902, Bd. XX, S. 191.

4) JOST, l. c.

5) CZAPEK, Ber. der Deutschen Bot. Ges. 1901, Bd. XIX, Generalvers.-Heft.

6) l. c.

für die Richtigkeit der Stärkestatolithen-Theorie erbringt, betrifft vor allem überwinternde Sprosse von *Linum perenne* und anderen *Linum*-Arten, aber auch Vertreter anderer Pflanzengattungen, deren Stengel sich bei niederen Temperaturen, selbst in der Stärkescheide, völlig stärkefrei erwies. Solche Stengel waren im Raume vollständig desorientirt, in ihrem Geotropismus lahm gelegt. Solche aus dem Freien in's geheizte Laboratorium gebrachten Sprosse erlangten nun in dem Maasse ihre geotropische Reactionsfähigkeit wieder, als unter dem Einfluss der Wärme Stärke regenerirt wurde. Auch die Versuche mit *Ruta graveolens*, wo die Stärkekörner zunächst abnormer Weise um den Zellkern gruppiert blieben, bevor sie normal wandständig wurden, verliefen in bester Uebereinstimmung mit der Statolithen-Function der Stärke. So bemerkenswerth die Uebereinstimmung in allen diesen Fällen nun auch ist, so kann ich mich HABERLANDT doch nicht darin anschliessen, einen „vollkommen einwandfreien experimentellen Beweis“ für die Richtigkeit jener Theorie zu erblicken, indem der Ausfall der Versuche immerhin auch noch andere Deutungen nicht ausschliesst. In dem stärkefreien abnormen Zustande könnten auch andersartige Perceptionsapparate irgendwie inactivirt sein, oder es könnten Störungen, Hindernisse in der mit ihnen verbundenen Reizkette sich eingestellt haben, oder es könnte schliesslich ein correlativer Zusammenhang mit der durch Kälte inactivirten tonischen Prävalenz der Spitzenorgane eine Lähmung der geotropischen Bewegungsfähigkeit bewirkt haben. Auch MIEHE¹⁾ konnte durch Abkühlung der Vegetationsknospe den Geotropismus der Stengelknoten lähmen. Wenn HABERLANDT, um derartigen Einwürfen zu begegnen, Sprosse aus dem Laboratorium für 17 Stunden in's Kalthaus in eine Temperatur von 2—6 ° C. zurückbrachte und bei erneuten Versuchen sodann feststellen konnte, dass diese, die Stärkekörner conservirenden Sprosse im Laboratorium nach 2½ Stunden schon wieder geotropisch reagirten, so schliessen diese Versuche ja gewisse Einwände in obigem Sinne aus; es muss aber immer noch im Auge behalten werden, dass die oben angedeutete Inactivirung der massgebenden Organe und Structures einen längeren Zeitraum beanspruchen könnte, wie ja auch für das Verschwinden der Stärke in der Kälte, bezw. für die abnormen Zustände, die zum Verschwinden derselben führen, eine längere Zeit der Abkühlung von Nöthen ist. Immerhin bleibt auch in diesen Versuchen die Uebereinstimmung mit der theoretischen Forderung zunächst sehr bemerkenswerth, zumal bis jetzt noch keine Verhältnisse bekannt geworden sind, die mit der Statolithen-Function der Stärke, bezw. anderer Zellinhaltskörperchen nicht vereinbar wären. Derartige Verhältnisse könnten aber bei weiteren Forschungen

1) MIEHE, l. c. S. 564.

in dieser Richtung jederzeit einmal gefunden werden. Es wäre freilich zu wünschen, dass sich die HABERLANDT-NĚMEC'sche Einschätzung der Stärkekörnchen als Statolithen in Zukunft bis zur Gewissheit bestätigte. Dann läge wenigstens für die geotropische Perception eine sichtbare und leicht controllirbare Einrichtung vor, deren eingehendere Erforschung nur eine Frage der Zeit sein würde. Allzu grossen Hoffnungen in dieser Beziehung wird man sich freilich nicht eher hingeben dürfen, als bis die Schwierigkeiten, die zumal die stärkefreien (unter diesen besonders einzellige) Pflanzen oder solche, deren Stärkekörner nicht wandständig sind, Pflanzen mit rotirendem Plasma oder solche, deren geotropische Krümmungen dicht hinter der fortwachsenden Spitze erfolgen, in einer Region, wo der Zellraum durch dichtes, langsam bewegtes Plasma noch ganz ausgefüllt ist, ebenfalls aus dem Wege geräumt sind.

In der zähflüssigen Plasmamasse der Spitze fehlt es in solchen Objecten öfters an den leicht beweglichen Einschlüssen von genügend differentem specifischen Gewichte. Zudem werden Einschlüsse durch die vorhandenen, wenn auch langsamen Bewegungen und Verschiebungen innerhalb des Spitzenplasmas augenscheinlich oft mehr alterirt in ihren passiven Bewegungen als durch ihr Gewicht, zumal in schwach geneigter Stellung; sie müssten daher, wenn ein schwacher Druck oder Stoss gegen das sensible Wandplasma zur Geoperception genügen sollte, in Folge ihrer Bewegungen auslösend wirken. Eine genügende Aufklärung über die Geoperception scheint mir hier auch trotz der GIESENHAGEN'schen Beobachtungen an *Chara*-Rhizoiden noch nicht gegeben zu sein¹⁾. Denn in wie weit in diesen Rhizoiden die „Glanzkörperchen“ bei fast inverser Stellung die geotropische Reizung bewirken oder aber erst in Folge der geotropischen Krümmung sich einseitig ansammeln, bedarf noch der Aufklärung. GIESENHAGEN giebt an, dass bei fast inverser Stellung erst nach Stunden sich in der Körnchengruppe das Bestreben zeigt, aus der unregelmässigen Vertheilung zur Ansammlung an der einen (concau werdenden) Wurzel-seite überzugehen: „Und zugleich werden auch äusserlich die ersten Anzeichen der beginnenden Wurzelkrümmung wahrnehmbar.“ Abgesehen davon, dass der Uebergang zur einseitigen Ansammlung der Körperchen dem Eintritt der Krümmung deutlich vorausgehen müsste²⁾, ist auch nicht recht einzusehen, wie die Körperchen bei dieser inversen Steilstellung durch ihr Gewicht der einen Seitenwand zugeführt werden sollen. Auch hier werden erweiterte experimentelle und histologische Untersuchungen, auf deren Nothwendigkeit

1) GIESENHAGEN, Ueber innere Vorgänge bei der geotropischen Krümmung der Wurzeln von *Chara*. Ber. der Deutschen Bot. Ges. 1901, Bd. XX, S. 277.

2) Zumal die Geo-Induction bei diesem Objecte nicht besonders rasch erfolgt!

GIESENHAGEN selbst hinweist, da es ihm selbst an Zeit fehlte zur Ausführung, das erforderliche Material zur richtigen Beurtheilung liefern können. Erst wenn die vielen Fragen, die bei niederen Pflanzen der Untersuchung in dieser Beziehung noch harren, in Uebereinstimmung mit dem Studium oben theilweise erwähnter kritischer Fälle, eine befriedigende Beantwortung erfahren haben, wird man von der Statocysten-Function der Zelle selbst überzeugt sein dürfen.

Man könnte nun aber auch weitergehen und fragen: Weshalb überhaupt specifisch schwerere (oder leichtere) Inhaltskörper im Plasma als Statolithe fordern? Warum sollte nicht das Körnerplasma oder der Zellsaft durch seinen Druck auf die Hautschicht die Rolle des Statoblasten übernehmen und die Gravitationswirkung vermitteln? Damit wäre der Statocysten-Theorie, bezw. der Vermittelung des Schwerereizes ein ungleich weiterer Spielraum gegeben. Obgleich es hier schwieriger ist als bei festen oder halbfesten Statolithen mit sichtbaren Ortsveränderungen besondere Kriterien für ihre Wirkungsweise als Gravitationsreiz-Vermittler anzugeben, so möchte es doch angebracht sein, die Frage einmal zu discutiren, in wie weit das Gewicht des Körnerplasmas oder des Zellsaftes, bezw. beider zusammen, sich zu dieser Rolle überhaupt eignen, zumal diese Frage, so viel ich weiss, bisher keine kritische Berücksichtigung erfahren hat. Ich glaube, dass diese ungünstig ausfallen muss und dass schon wenige Betrachtungen allgemeiner Natur hinreichen dürften, ein weiteres Eingehen auf diese Möglichkeiten überflüssig erscheinen zu lassen. Da ist zunächst der Turgor, der auf die Zellhaut und, unter Vermittelung dieses Widerlagers, auf die Hautschicht allseitig einen so hohen Druck (meist von vielen Atmosphären) ausübt, dass man sich schwer vorstellen kann, wie das geringe Gewicht des flüssigen, bezw. halbflüssigen Zellinhalts einseitig noch besonders percipirt werden könne. Es wird unterhalb der Schwelle für Unterschiedsempfindlichkeit bleiben. Einige Zahlen mögen dies näher illustriren. Nehmen wir eine Zelle, deren Turgordruck die mässige Höhe von 3 Atmosphären erreicht, so lastet auf der Hautschicht ringsum der Druck einer ca. 30 m hohen Wassersäule. Setzen wir den Durchmesser der schlauchförmigen Zelle mit 0,1 mm an, so wird das Plus dieses Flüssigkeitssäulchens von 0,1 mm Höhe (also dem $\frac{1}{300000}$ Theil des allseitig wirkenden hydrostatischen Drucks, oder bei schräger Lage der orthotropen Zelle einem noch vielmals geringeren Theile) wohl kaum die Schwelle der Unterschiedsempfindlichkeit erreichen, er wird sich der Wahrnehmung entziehen. Für Wasserpflanzen, Charen, Nitellen u. dergl. ist dabei noch mit dem Drucke der darüberstehenden Wassermasse zu rechnen. Es ist deshalb wohl von vornherein ausgeschlossen, dass flüssiger oder halbflüssiger Zellinhalt die Rolle eines Statoblasten übernehmen könnte, und es bleibt, wenn

wir unter Berücksichtigung der Centrifugal-Versuche, welche die Schwerkraftswirkung in der Pflanze identificiren mit einer Gewichtswirkung¹⁾ nur übrig an discrete specifisch schwerere oder leichtere Körperchen als Vermittler der primären Geoperception zu denken, eine Schlussfolgerung, zu der ich mich bereits bei dem Studium der empirischen geotropischen Reizfelder unumgänglich und principiell gedrängt sah²⁾. Die nächste Sorge wird nun die sein müssen, durch kritische Untersuchungen im Anschluss an HABERLANDT und NĚMEC festzustellen, ob sichtbare und daher controllirbare Inhaltkörper der Zelle als Statoblasten von den Pflanzen — allgemein oder nur von einem Theil derselben — zur primären Geoperception benutzt werden, oder ob uns, wie bei anderen Perceptionsvorgängen, leider nichts übrig bleiben wird, als sie jenseits der Grenze des uns direct Wahrnehmbaren zu vermuthen. Ich muss gestehen, dass mir eine Vergleichung der geometrischen Eigenschaften der Reizfelder bei verschiedenen geotropischen Reactionsformen mit den unregelmässigen, oft zufällig wechselnden Formen, wie sie zumal Gewebszellen als Statocysten liefern, die erstere Möglichkeit nicht gerade wahrscheinlicher macht.

45. W. Zaleski: Beiträge zur Verwandlung des Eiweissphosphors in den Pflanzen.

(Vorläufige Mittheilung).

Eingegangen am 22. Juli 1902.

Unsere früheren Untersuchungen haben gezeigt³⁾, unter welchen Bedingungen der Stickstoff verschiedener Stickstoffverbindungen in Eiweissstickstoff übergeht. Jetzt hat sich der Verfasser die Aufgabe gestellt, zu untersuchen, aus welchen Verbindungen und unter welchen Bedingungen sich Eiweissphosphor- und Schwefel bilden. Es ist der Zweck vorliegender Mittheilung, einige Resultate, die ich bei dem Studium der Frage über die Verwandlung des Eiweissphosphors erhalten habe, mitzutheilen.

1) Vergl. Heterog. Ind., S. 40.

2) Heterog. Ind., S. 42ff.

3) W. ZALESKI, Ber. der Deutsch. Bot. Ges. 1897, Bd. XV, 1898, Bd. XVI, 1900, Bd. XVIII, 1901, Bd. XIX.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Noll F.

Artikel/Article: [Zur Controverse über den Geotropismus 403-426](#)