

die zu diesem Ziele führen. Die Wichtigkeit und allgemeine Bedeutung der selbstregulatorischen Vorgänge im Organismus und der zahlreichen korrelativen Beziehungen, die bei jedem Reizakt mitspielen, ist erst in der zweiten Auflage des Handbuchs in allen ihren Konsequenzen durchgeführt. Nicht nur bei den transitorischen oder rückregulierenden Reizvorgängen, für welche *Pfeffer* schon 1873 in der Mimose und den Staubfäden der Cynareen typische Beispiele entdeckt hatte, nicht nur bei solchen Bewegungen also, die trotz Fortdauer des Reizes wieder rückgängig gemacht werden, sondern auch bei den sogenannten stationären Prozessen, wie z. B. der geotropischen Krümmung, die bei Fortdauer des geotropischen Reizes anhält, machen sich im Organismus Gegenwirkungen (Gegenreaktionen) geltend, die auf Wiederherstellung der vor der Reizung bestehenden Gleichgewichtslage hinzielen. Sie werden im letzteren Falle durch den fortdauernden Reiz überwunden, machen sich aber sofort geltend, wenn der Reiz aufhört zu wirken, oder statt einseitig, allseitig angreift. Dann gleicht sich die geotropische Krümmung wieder aus, eine Erscheinung, die von *Pfeffer* Autotropismus genannt worden ist.

Wenn wir zum Schluß noch der Förderung gedenken, die die Lehre von den Veränderungen der Reizbarkeit unter verschiedenen Außen- und Innenbedingungen (Umstimmung) durch *Pfeffer* erfahren hat und betonen, daß die Erkenntnis der prinzipiellen Gleichheit der tierischen und pflanzlichen Reizerscheinungen der Hauptsache nach *Pfeffers* Verdienst ist, so ist zwar der Gedankenreichtum der *Pfefferschen* Arbeiten bei weitem nicht erschöpfend charakterisiert, wohl aber ist der Zweck dieser Zeilen vielleicht insofern erfüllt, als schon das wenige, was sie bringen konnten, die eingangs erwähnte große Bedeutung *Pfeffers* für die Entwicklung der Reizphysiologie erkennen läßt.

Die Bedeutung Wilhelm Pfeffers für die pflanzenphysiologische Technik und Methodik.

Von Prof. Dr. L. Jost, Straßburg i. E.

Eine einzelne Entdeckung kann dem glücklichen Zufall entspringen. Wenn aber eine Kette glänzender wissenschaftlicher Taten sich durch das ganze Leben eines Forschers zieht, so muß dieser nicht nur ein ungewöhnliches Forscherengium, sondern auch eine besondere Methodik besitzen. Demnach ist es von großem Interesse, zu untersuchen, welches die Methoden sind, deren *Wilhelm Pfeffer* sich bedient hat.

Wenn wir von „Methode“ in der Wissenschaft sprechen, so denken wir dabei an ein auf Überlegung beruhendes Verfahren, um zu wissenschaftlichen Resultaten zu gelangen. Im einzelnen sind solche Methoden sehr verschieden, und von dem einen Extrem, etwa dem einfachen

„Handgriff“, bis zum anderen, der kompliziertesten Verstandesoperation, gibt es keine scharfe Grenze; denn auch der Handgriff ist nur dann Methode, wenn er mit Verstand ausgeführt wird. Trotzdem wird man es verstehen, wenn wir im folgenden eine Grenze zwischen diesen Extremen ziehen, und von *Technik* reden, sofern es sich um experimentelle Methoden handelt, also um einfachere oder kompliziertere Handgriffe, dagegen von *Methodik*, sofern der Nachdruck auf der geistigen Verarbeitung von Versuchsergebnissen liegt.

Fast in jeder größeren Arbeit *Pfeffers* findet sich nun eine bestimmte Technik. So ist die Untersuchung über die Proteinkörner aus dem Jahre 1872 durch die weitgehendste Verwendung der Mikrochemie ausgezeichnet. In mehreren kleineren Aufsätzen kehrt die gleiche Technik wieder, in größeren tritt sie neben anderen Techniken auf. Wenn auch in den meisten Fällen diese Mikrochemie sich durchaus an das anlehnt, was andere auf diesem Gebiete geschaffen haben, so nimmt sie doch in zwei Arbeiten *Pfeffers* eine durchaus neue Form an, so daß man zunächst auf den ersten Blick gar nicht von Mikrochemie reden zu dürfen glaubt. Die eine ist die Arbeit über Chemotaxis. Die Aufgabe war hier, einen in minimaler Menge vorhandenen, gelösten Stoff, auf den die Spermatozoiden der Farne oder andere bewegliche Organismen hinein, *chemisch* zu charakterisieren. Durch die gewöhnliche Mikrochemie, durch Erzeugung von Niederschlägen, Färbungen oder durch Lösung war hier nichts zu erzielen. So wurde ein ganz neuer mikrochemischer Weg eingeschlagen: der Organismus selbst diente als *Reagens*, und es wurde systematisch durchprobiert, auf welche Stoffe er zueilt. Dabei wurden die verschiedenen Stoffe in wechselnden Konzentrationen in einseitig geschlossenen Glaskapillaren eingefüllt und dem Organismus dargeboten. War auch die erste so ausgeführte Analyse qualitativ nicht ganz vollständig, so war doch das Prinzip richtig und es ist ja bekannt, wie außerordentlich oft die Kapillarenmethode späterhin verwendet wurde. Außerdem aber hat diese Kapillarenmethode vor anderer Mikrochemie noch das voraus, daß sie in gewissem Sinne quantitativ ist, daß sie zu *schätzen* gestattet, in welcher Konzentration die chemotaktisch wirksamen Stoffe z. B. aus den Archegonien der Farne austreten. — Die zweite hier zu nennende Arbeit *Pfeffers* beschäftigt sich mit der Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen. Freilich sind hier die Farbstoffe in erster Linie Reagentien auf die Permeabilität bzw. Impermeabilität der Protoplasmas; dennoch kann man auch hier von „Mikrochemie“ reden, denn nur sofern bestimmte, die Farbstoffe speichernde Stoffe im Zellinnern vorhanden sind, kann es zu einer sichtbaren Färbung kommen. So schließt sich das Studium dieser speichernden Stoffe unmittelbar an das der Plasmahaut an, und um sie zu charakterisieren, werden neben den Anilinfarben auch

viele andere Stoffe verwendet, die eine Reaktion mit ihnen geben. Während gewöhnlich die Mikrochemie, wie überhaupt die Chemie, durch ihre Eingriffe das Leben vernichtet, ist bei diesen Studien, wie auch später bei der Einführung von Wasserstoffsuperoxyd in die Zelle, gerade die *Erhaltung des lebenden Zustandes* die Hauptsache. Dadurch ist aber eine Methode gewonnen, die für das Studium des Organismus die allergrößte Bedeutung besitzt.

Denselben Nachdruck, den wir so auf verschiedenen Gebieten auf die Mikrochemie gelegt finden, sehen wir in einer Reihe anderer Arbeiten der *mikroskopischen Messung* verliehen. Solche werden zuerst 1873 und 1875 beim Studium der seismo- und nyktinastischen Bewegungen verwendet. Stets wird die Distanz zwischen zwei künstlich angebrachten Marken mit Hilfe des Okularschraubenmikrometers und anfangs mit dem gewöhnlichen, später mit dem Horizontalmikroskop gemessen. Meistens werden so lineare Dimensionen ermittelt, manchmal aber auch, wie beim Gelenk der Mimose, Volumina berechnet. — Bei diesen Untersuchungen, vor allem bei den seismonastischen Bewegungen, war auch die Frage nach den *Druckleistungen* der Pflanze aufgetaucht, und sie fand schon hier, sowie später beim Studium der nyktinastischen Bewegungen und bei den osmotischen Untersuchungen Berücksichtigung, um dann erst 1893 eingehend ergründet zu werden. Durch *Eingipsung* der Pflanze wird die nötige Widerlage geschaffen und mit verschiedenen Arten von *Dynamometern* wird der Außendruck gemessen. Die Eingipsungstechnik aber fand dann später auch auf ganz anderen Gebieten wichtige Anwendung.

Erwähnt sei jetzt nur noch die Arbeit über Kontaktreize, in der die *Gelatine* dazu dient, Kontaktreizbarkeit von der Stoßreizbarkeit zu unterscheiden, und die beiden neuesten Arbeiten über nyktinastische Bewegungen, in denen die *Selbstregistrierung* von Bewegungen in ausgedehntestem Maße verwendet wird.

Diese Beispiele mögen das eingangs Gesagte illustrieren, daß in fast jeder größeren Arbeit *Pfeffers* sich eine besondere Technik findet. Über einen Punkt haben aber unsere Ausführungen noch keinen Aufschluß gegeben, nämlich inwieweit diese Techniken *neu* sind. *Wirklich neu* ist, wie uns scheint, nur die Verwendung der Gelatine bei den Kontaktreizen und die der Kapillaren bei der Chemotaxis. *Pfeffer* hat nicht etwa mikrochemische Studien in die Physiologie eingeführt; die Chemotaxis war auch schon vor ihm bekannt, die Aufnahme von Anilinfarben wenigstens für tierische Zellen erwiesen, mikrometrische Messungen gab es längst, und die Registrierung ist in der Tierphysiologie, das Eingipsen in der Chirurgie seit lange üblich. Somit ist es im allgemeinen nicht eine prinzipiell neue Technik, die uns bei *Pfeffer* entgegentritt, wie ja überhaupt die Physiologie bei ihrer Abhängigkeit von Physik und

Chemie häufig nichts anderes tun kann, als deren Methoden auf das Organische zu übertragen. *Pfeffers* Verdienst liegt darin, daß er zum *erstenmal* viele dieser Techniken auf das Gebiet der Pflanzenphysiologie übertragen hat, zu einer Zeit, wo andere die Bedeutung einer solchen Übertragung nicht erkannten. Neu ist aber auch die *Ausführung* der betr. Technik. Wir meinen nicht nur die persönliche Geschicklichkeit des Experimentators, sondern auch die Gründlichkeit und Vollkommenheit der Ausarbeitung der Technik. Sie ist meist so groß, daß vielfach später bis zum heutigen Tag keine weitere Verbesserung möglich war, auch dann, wenn die Technik noch recht häufig benutzt worden ist. Außerdem macht sich überall die Tendenz geltend, wenn irgend möglich die Erscheinungen *quantitativ* zu erfassen. Und die quantitative Forschung kann ja vor manchen Fehlern schützen, die bei nur qualitativem Arbeiten unvermeidlich sind. — Am deutlichsten sieht man auf dem Gebiete der Mikrochemie, worin der Unterschied zwischen der Technik *Pfeffers* und der seiner Vorgänger besteht. Mikrotechnik ist seit langer Zeit verwandt worden. Wir erinnern an die Reaktionen auf Stärke und auf Cellulose. Auf physiologischem Gebiete ist sie z. B. von *Sachs* bei seinen Keimungsarbeiten ausgiebig verwertet worden. Bei den Untersuchungen *Pfeffers* über Aleuronkörner aber werden mikrochemische Methoden in einem Umfang und mit einer Präzision verwendet, wie sie vorher niemals erreicht worden waren. So konnte *Tunmann*, ein Spezialist auf dem Gebiete der Mikrochemie, vor kurzem mit Recht sagen: „Die erste hervorragende Leistung auf dem Gebiete der Pflanzenmikrochemie war die Untersuchung der Aleuronkörner von *Pfeffer*.“

Diese überlegene Technik kann nicht hoch genug gewertet werden; und dennoch liegt in ihr nur der kleinere Teil der Erfolge begründet, die *W. Pfeffer* errungen hat. In der Tat wäre das Bild, das wir von seiner Bedeutung entwerfen wollen, überaus einseitig, wenn wir nur seine experimentelle Geschicklichkeit hervorheben wollten. Sie wird noch weit überragt durch seine *Methodik*, durch die Art, wie er das Material geistig verarbeitet, das die Versuche ergeben haben. In den Spezialarbeiten sein *eigenes* Material, im „Handbuch“ das *Gesamtmaterial* der Pflanzenphysiologie.

Diese seine Methode ist die *kritische*. Durch sie vor allem unterscheidet sich *Pfeffer* von *Julius Sachs*, dessen Verdienste um die Pflanzenphysiologie ganz gewiß nicht zu gering angeschlagen werden dürfen. *Sachs* erschaute wie ein Künstler mit lebhafter Phantasie die Probleme; er bildete sich eine Vorstellung und suchte diese, nicht selten mit Gewalt, als die einzig mögliche hinzustellen. Ganz anders *Pfeffer*. Er wägt auf das sorgfältigste ab, welche Schlüsse ein Versuch erlaubt und welche nicht. Unerbittlich ist er im

Abweisen zu weitgehender Schlüsse, unerbittlich aber auch im Ausdehnen der Schlüsse auf die entferntesten Gebiete. So wachsen oft unscheinbare Beobachtungen zu Tatsachen von fundamentaler Wichtigkeit aus.

Diese *kritische* Physiologie ist die *moderne* Physiologie, als deren *Begründer* darum niemand anders als *Wilhelm Pfeffer* genannt werden kann. Aber diese moderne Physiologie hat sich nicht überall Freunde erworben. Wer dieser Wissenschaft etwas ferner steht und nur ihre Resultate möglichst abgerundet und einfach vernehmen möchte, der ist von dem Ergebnis: „es kann so sein, es kann aber auch anders sein“ nicht besonders befriedigt. Wer dagegen selbst physiologisch arbeitet oder andere zu solcher Arbeit anleitet, der ist immer wieder von neuem erstaunt, wie jede Möglichkeit der Deutung einer Tatsache, die im Laufe einer Arbeit auftaucht, stets bei *Pfeffer* schon in Betracht gezogen ist und dementsprechend irgendwo im Handbuch mitgeteilt wird — oft nur ganz nebenbei —, so daß man sie leicht übersieht. Wie kein anderer hat *Pfeffer* das Riesengebiet durchdacht.

Wenn *Pfeffer* weiter nichts geleistet hätte als die Aufdeckung der falschen oder einseitigen Schlüsse älterer Autoren, so wäre das gewiß ein großes Verdienst. Aber seine Kritik ist nicht bei Negativem stehen geblieben, sie hat auch zu positiven Auffassungen, und zwar solchen von allgemeiner Bedeutung geführt. Überall hat er gezeigt, wie verwickelt das Getriebe im Organismus ist. Jedesmal, wenn wir glaubten, das Leben aus *einfachen* physikalischen und chemischen Gesetzen verstehen zu können, sind wir auf einem Irrweg gewesen. Das Protoplasma, der Träger des Lebens, ist vergleichbar einer enorm komplizierten Fabrik, in der tausend und abertausend Maschinen laufen, alle betrieben mit von außen eingeführter Energie; aber jede einzelne liefert ein Produkt besonderer Art. Dieses Produkt ist aber nicht immer dasselbe, weder qualitativ, noch quantitativ. Schon eine gewisse Überproduktion kann automatisch die Tätigkeit einer Maschine einschränken oder aufheben. Aber auch durch die Tätigkeit der Nachbarmaschinen wird sie beeinflusst, kann z. B. durch Stilllegung einer solchen zu einer qualitativen Änderung ihrer Tätigkeit veranlaßt werden. Die Begriffe der *Reizbarkeit*, der *Regulation* und der *Korrelation* sind aus dem Pfefferschen Kritizismus herausgewachsen und haben uns jedenfalls eine erheblich tiefere Einsicht in das Wesen der lebenden Substanz verschafft als der Vitalismus oder grober „Physikalismus“.

Niemand hätte vielleicht mehr Grund gehabt, in den Irrtum zu verfallen, die Zelle als einen *einfachen* physikalischen Apparat aufzufassen, als gerade *Pfeffer*; hat er doch 1877 in glänzender Weise gezeigt, wie man ein osmotisches Modell der Zelle herstellen kann. Aber schon damals wußte er mit voller Schärfe auf die Unterschiede

zwischen einer solchen osmotischen und einer lebenden Zelle hinzuweisen. Schon damals betonte er die Veränderlichkeit der Plasmahaut *durch das Leben*. Und von 1877 bis 1895, wo er den bekannten Vortrag auf der Naturforscherversammlung hielt, hat er die Lehre von der Reizbarkeit immer klarer ausgebaut. Sie beherrscht heute fast die ganze Physiologie. Nur auf dem Gebiete des Formwechsels scheint es auch heute noch erlaubt zu sein, unkritisch auf Grund äußerlicher Ähnlichkeit zwischen organischen und unorganischen Gestalten auf die gleichen Bildungsbedingungen zu schließen.

Pfeffers Arbeit ist keine einsame gewesen. Schon nach Tübingen, noch mehr dann nach Leipzig kamen Schüler von nah und fern, um bei ihm Technik und Methodik zu lernen. Aber es wäre unrecht, nur diejenigen als seine Schüler zu bezeichnen, denen es vergönnt war, in persönlichem Verkehr bei ihm zu lernen. Jeder, der sich mit Physiologie beschäftigt, mußte sein Schüler werden; ein Pflanzenphysiologe, der nichts von *Pfeffer* gelernt hätte, ist nicht denkbar.

Übersicht über die Pfeffer-Festschrift¹⁾.

Fitting, Hans, Untersuchungen über die Aufnahme von Salzen in die lebende Zelle.

Die Frage, ob und wie weit Lösungen von Salzen, für die das Plasma permeabel ist, die Durchlässigkeit für die gleichen Salze beeinflussen, ist noch keineswegs gelöst. Die Methoden, mit denen man (*Nathansohn, Meurer, Fröndle, Lepeschkin, Lundegårdh, Osterhout*) dieses für die Salzaufnahme so wichtige Problem auf pflanzenphysiologischem Gebiete bisher zu lösen versuchte, vermögen einer eingehenden Kritik nicht standzuhalten. Es gelang dem Verf. durch wesentliche Vervollkommen der *plasmolytischen Methode*, vornehmlich an den Blättern von *Rhoeo discolor*, jetzt den lange gesuchten exakten Beweis für die Richtigkeit der wohl zuerst von *Pfeffer* ausgesprochenen Vermutung zu erbringen, daß tatsächlich die Plasmahäute unter der Einwirkung der permeablen Salze (wie Kaliumchlorid, -chlorat, -sulfat, -bromid; Natriumnitrat, -chlorid; Lithiumchlorid, -nitrat) ihre Durchlässigkeit für die gleichen Salze schon nach kurzer Dauer der Einwirkung verändern, und zwar schließlich bis auf Null vermindern. Diese Verminderung ließ sich quantitativ recht genau samt ihrem Zeitfaktor verfolgen. Zugleich zeigte sich, daß die Permeabilität für die Salze jahreszeitlich recht verschieden ist. Auch die Durchlässigkeit des Plasmas für Wasser, die übrigens ebenfalls von vornherein verschieden groß sein kann, scheint durch die Salze verringert zu werden.

Die Versuche des Verf. klären die seltsame Tatsache auf, daß die Plasmolyse in Salzlösungen so oft nicht zurückgeht, die die Zelle aufnehmen muß, und sie zeigen, daß eine Salzspeicherung nicht bis zum

¹⁾ Erscheint binnen kurzem als 56. Band der *Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*. Berlin, Gebr. Borntraeger. Der Band wird etwa 50 Bogen umfassen und eine größere Anzahl Tafeln und viele Textabbildungen enthalten.