

## Werk

**Titel:** Die Bedeutung von W. Pfeffer's physikalischen Forschungen für die Pflanzenphysiolo...

**Autor:** Czapek, Friedrich

**Ort:** Berlin

**Jahr:** 1915

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X\\_0003|log121](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0003|log121)

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

auch aus *Helmholtz' Faraday-Lecture* hervorzugehen schien.

„So lag die Frage nahe, ob nicht noch in einfacheren Fällen diese Wasseranziehung in mehr direkter Weise zu messen sei, und dann ist wohl die wässrige Lösung die einfachst denkbare, bedeutend einfacher als die Kristallwasserbildung. Mit dieser Frage auf den Lippen aus dem Laboratorium kommend, begegnete ich dann meinem Kollegen *Hugo de Vries* und seiner Frau; der war gerade mit osmotischen Versuchen beschäftigt und machte mich mit *Pfeffers* Bestimmungen bekannt.“ Daß *van't Hoff* die „Osmotischen Untersuchungen“, die sich als eine wahre Fundgrube wichtiger experimenteller Daten entpuppten, als treues Vademecum betrachtete, darf nicht wundernehmen, wenn man weiß, daß seine theoretischen Ausführungen über die Affinität in jenem Buche eine unparteiische Bestätigung erfuhren. Und als er dann kurze Zeit darauf, wiederum an Hand thermodynamischer Betrachtungen zu dem Schlusse gelangte, daß die allbekannten Gesetze der verdünnten *Gase* sich auf die verdünnten *Lösungen* übertragen ließen, waren es wiederum die „Osmotischen Untersuchungen“ *Pfeffers*, die den Prüfstein jener Spekulationen bildeten, waren *Pfeffers* Messungen die einzigen direkten experimentellen Daten, die die Richtigkeit des Resultats zu beurteilen ihn in stand setzten.

Daß das bereits viele Jahre früher gewonnene *Pfeffersche* Versuchsmaterial für den Urheber der neuen Theorie von höchster Wichtigkeit war, leuchtet ohne weiteres ein. Aber auch für die Fachgenossen, die dem neuen Gedankengange zunächst fremd gegenüberstanden, bildeten die vorliegenden direkten Messungen des osmotischen Druckes verdünnter Lösungen eine Art demonstratio ad oculos, deren Wert nicht hoch genug angeschlagen werden kann, zumal es sich um Ideen handelte, die sich — die Geschichte der physikalischen Chemie bietet dafür schlagende Belege — nur langsam Bahn brachen. Ich stehe denn auch nicht an der Meinung Ausdruck zu geben, daß die Übereinstimmung, die sich zwischen den Erfahrungen *Pfeffers* und den Forderungen der osmotischen Theorie herausstellte, nicht wenig dazu beigetragen hat, den neuen Anschauungen Eingang zu verschaffen.

Welchen Einfluß dann später die Theorie des osmotischen Druckes auf die Erkenntnis des Stoff- und Kraftwechsels in der Pflanze ausgeübt hat, darüber wird man sich wohl am liebsten durch die „*Pflanzenphysiologie*“ unseres Jubilars belehren lassen.

Utrecht, *van't Hoff*-Laboratorium.

### Die Bedeutung von W. Pfeffers physikalischen Forschungen für die Pflanzenphysiologie.

Von Prof. Dr. Friedrich Czapek, Prag.

Eine festliche Würdigung *Wilhelm Pfeffers* hat neben den glänzenden Errungenschaften,

welche die Biologie den experimentellen und theoretischen Arbeiten des großen Forschers verdankt, nicht weniger die in *Pfeffers* Arbeitsweise und Geistesrichtung so bestimmt hervortretende Stellung als Physiker zu betonen. Dies in vollem Umfange und mit aller wünschenswerten Fachkenntnis darzulegen, dürfte allerdings der Feder eines Biologen versagt sein. Das Werk eines Forschers, dessen Bedeutung und Eigenart sich nur an der Größe eines *Helmholtz* messen läßt, fordert einen ebenbürtigen Geschichtsschreiber.

Die berühmten „Osmotischen Untersuchungen“, in welchen *W. Pfeffer* 1877 ein Problem von anscheinend unüberwindlichen experimentellen Schwierigkeiten zielbewußt und so gut wie restlos gelöst hat, waren nicht ein einzelner großer glücklicher Wurf, wie er in der Geschichte der Forschung hier und da gelungen ist. Ihr Inhalt stellt vielmehr in innigstem Zusammenhange mit *Pfeffers* ganzem wissenschaftlichen Entwicklungsgange.

Schon eine der ersten physiologischen Jugendarbeiten *Pfeffers*, die in Würzburg unter *Julius Sachs* ausgeführten Untersuchungen über die Wirkung farbigen Lichts auf die Zersetzung der Kohlensäure in Pflanzen (1871), zeigt den 26jährigen Forscher in seiner erstaunlich gründlichen Kenntnis der physikalischen Literatur und in der geschickten Durchführung experimenteller Einzelheiten voll und ganz als wissenschaftlichen Physiker. Gleich darauf wendet sich *Pfeffers* Arbeitskraft den so sehr fesselnden Problemen der Bewegungsphysiologie zu, und in den 1873 erschienenen „*Physiologischen Untersuchungen*“ über *Mimosa* prägen sich scharf ungewöhnliche Züge einer wahren großen physikalischen Begabung bei dem jungen Marburger Privatdozenten der Botanik aus. Trotz der sichtlich durch die nicht allzu reich bemessenen Hilfsmittel des Laboratoriums eingegengten experimentellen Durcharbeitung der Fragen drückt das scharf zergliedernde Eingehen auf die Einzelbeobachtungen, die eminente analytische Fähigkeit, die sachliche Darstellung, welche weder Bilder, noch Kombinationen, noch philosophische Exkurse, noch ökologische Erörterungen kennt, der Arbeit einen überaus markanten Charakter auf. Selbst ein der Biologie wissenschaftlich nicht näher stehender Physiker muß lebhaft Freude und natürliches Interesse empfinden, wenn er die klare Behandlung der Mechanik des Reizvorganges in dieser Untersuchung verfolgt. Das Suchen nach weiten Überblicken, den unbezwingbaren Trieb nach ordnendem Zusammenfassen, wie er anderen hervorragenden Biologen eigen ist, vermissen wir hier. Unser Forscher gehört nicht zu den „Polizeimenschen“ *Immanuel Kants*, denen vor allem jede Unordnung, auch in dem entlegensten Winkel ihres geistigen Gebietes, ein unerträglicher Gedanke ist. Unbekümmert um solche Bestrebungen geht *Pfeffer* auf dem von ihm abgegrenzten Gebiete analysierend in die Tiefe ein.

Die Fortsetzung des Werkes, welche nach Pfeffers Berufung als außerordentlicher Professor nach Bonn unter dem Titel „Die periodischen Bewegungen der Blattorgane“ 1875 erschien, trägt, die Denkrichtung ihres Verfassers klar bezeichnend, die Widmung an Helmholtz. Sie bietet außerordentliches Interesse durch ihre Methodik. Vor allem werden wir gefesselt durch das meisterhafte Erfassen des physikalisch lösbaren Hauptproblems in der Untersuchung der Biegefestigkeit der reizbaren Blattgelenke. Es ist bekannt, wie wichtig und wie schwierig es in der Physiologie ist, den richtigen Punkt des zu untersuchenden Fragenkomplexes auszuwählen, in welchem der Hebel der physikalischen Methode zunächst einzusetzen ist. Dies wird in der Regel bei größeren Problemen ohne hervorragendes physikalisches Talent nicht möglich sein. Aber kaum leichter ist die fernere Aufgabe, jene inneren physiologischen Vorgänge, welche kausal wichtig, jedoch nicht dem Experiment direkt zugänglich sind, als physikalische Faktoren im Hinblick auf den beobachteten Außeneffekt richtig zu beurteilen. Hier strandet der unphysikalische Forscher meistens an der Sandbank unklarer vitalistischer Vorstellungen. Wie glänzend Pfeffer dieser Aufgabe Herr wird, ist ungemein lehrreich zu verfolgen. Dabei beobachten wir immer wieder, wie zunächst die mit den derzeitigen Mitteln der Physik lösbaren Teilfragen ohne Schwanken herausgewählt werden. Diese Arbeiten hatten zu dem bedeutsamen Ergebnis geführt, daß die lebende Zelle imstande ist, außerordentlich hohe hydrodynamische Druckleistungen zu entwickeln. Wie kommen nun diese Kräfte zustande, welche Erklärung vermag die Physik für diese so auffallenden Tatsachen zu liefern?

Dieses gewaltige Problem führte nun Pfeffer zum erstenmal über das bis dahin erforschte Reich der Physik hinaus. Kein Physiker konnte damals darüber Aufschluß geben, welche Stoffe solche Wirkungen auszuüben imstande sind. Selbst Clausius erklärte es Pfeffer gegenüber als eine Unmöglichkeit, osmotische Druckkräfte von Salzen zu messen. Der Wunsch, ein möglichst der Wirklichkeit nahe kommendes Modell der osmotisch tätigen lebenden Pflanzenzelle herzustellen, ferner einige Anhaltspunkte, welche W. Traubes geniale Versuche über anorganische Niederschlagsmembranen ergaben, waren die Keime zur experimentellen Durchführung der osmotischen Untersuchungen an Salzen. Nach langen Mühen, Enttäuschungen und Irrwegen, wie sie große Forscherleistungen fast immer mit sich bringen, führten dieselben schließlich zu den Grundlagen der Lehre vom osmotischen Druck in Lösungen der gewaltigen Basis, auf welcher lange Zeit die physikalische Chemie ausschließlich ruhte.

Wollen wir hier Pfeffer als physikalischen Forscher kennzeichnen, so können wir dies nicht besser tun, als in Anlehnung an die schönen Worte, welche Pfeffer selbst gelegentlich dem Vater der

osmotischen Forschung, *Dutrochet*, widmet. Es lag ihm fern, „begeistert von einer Idee über Fragen hinwegzueilen, deren kritische Erwägung dem Gedankenfluge Halt geboten haben würde“. Es schien ihm „nüchternes Zurechtfinden in der Welt der Erscheinungen“ immer das Wesentlichste; er vermied es stets, durch Hypothesen „zuvor richtig Gesehenes in einen unnatürlichen Rahmen zu zwingen“.

In der vergleichenden Biologie ist es eher möglich, durch Wiedergabe der kaleidoskopartig unendlich variierenden Verhältnisse ein Heer von guten Beobachtungen wohlgeordnet, wenn auch ohne allzustraffes Zusammenfassen, so wiederzugeben, daß der Leser ein anschauliches Bild von den Erfahrungen des Verfassers erhält. Die physikalische Forschung jedoch hat meist in großen einfachen Zügen ein Erscheinungsbild zu entwerfen, welches seinen wissenschaftlichen Wert durch die richtige Erkennung der bestimmenden Beziehungen erhält, welche dem Phänomen zugrunde liegen. Dadurch erst erhebt sich die Arbeit über den Rang einer gelegentlichen Beobachtung. Ein Mißgriff in der Beurteilung der Verkettung von ursächlichen Faktoren hat hier viel unheilvollere Folgen, als in biologischen Darstellungen, und beraubt in der Regel die Arbeit eines realen Wertes. Den richtigen Blick aber für die wahre Verknüpfung der Tatsachen wird immer nur derjenige Forscher haben können, welcher unbefangen und eingehend den Stand der Dinge prüft und sich von anderen Einflüssen nicht verlocken läßt.

Pfeffer selbst führte bekanntlich den rein physikalischen Teil der osmotischen Untersuchungen nicht weiter. Doch fesseln ihn andauernd die von ihm erschlossenen Grenzgebiete der Physik und Chemie; die Physik der Pflanzenzelle und des Protoplasmas bleibt für sein ferneres Leben eines seiner Lieblingsstudienobjekte. Viele der pflanzenphysiologischen Arbeiten aus Pfeffers späterer Bonner und nachherigen Tübinger Zeit werden das lebhafteste Interesse der Fachphysiker beanspruchen dürfen, vor allem die grundlegenden Studien über die Rolle der Pflanzenatmung als Mittel zur Beschaffung der Betriebsenergie, über die intramolekulare Atmung und Gärung; nicht weniger die 1883 begonnenen Untersuchungen über Chemotaxis, welche reizvolle physikalische Probleme enthüllen.

Es sei hier gestattet, auf die berühmte Hypothese Pfeffers über die Natur der Sauerstoffatmung der Pflanzen und den Zusammenhang von Atmung und Gärung näher einzugehen. Pasteur hatte wohl zuerst die große Bedeutung der Versuche von Lechartier und Bellamy erkannt, welche zeigten, daß Früchte im sauerstofffreien Raume fortfahren, Kohlensäure auszuscheiden und dabei Alkohol bilden. Der große französische Biologe war sich dessen klar, daß dieser Prozeß mit der Alkoholgärung durch Hefe identisch sein müsse. Pfeffer ging, mittlerweile durch die schönen Versuche von Pflüger über die Kohlen-

säureproduktion durch Tiere bei Sauerstoffentzug weiter gestützt, einen wichtigen Schritt auf dieser Bahn weiter. In seiner 1878 erschienenen Arbeit „Das Wesen und die Bedeutung der Pflanzenatmung“, worin *Pfeffer* auch den seither allgemein für die Kohlensäureproduktion ohne Sauerstoffkonsum gebräuchlichen Ausdruck „intramolekulare Atmung“ zuerst einführte, weil es sich um CO<sub>2</sub>-Erzeugung durch Molekularspaltung handelt, ist wieder die Wahl des physikalischen Ausgangspunktes für die Lösung des Problems entscheidend. Nachdrücklich hob *Pfeffer* hervor, daß sowohl die normale Sauerstoffatmung als die anaerobe Atmung einem gemeinsamen Ziele dienen: durch molekulare Umsetzungen geeigneter Zellsubstanzen diejenige Energiemengen zu liefern, welche zur Instandhaltung des Betriebes im Zelleben notwendig ist. Infolgedessen müssen beide als „Atmung“ oder „Betriebsstoffwechsel“ bezeichnet werden. Daraus ergibt sich sofort eine außerordentliche Vertiefung des Atmungsproblems. *Pfeffer* lenkte aber weiter die Aufmerksamkeit auf die bei Sauerstoffentziehung prompt eintretende Alkoholbildung bei Früchten und anderen Pflanzenorganen und sah voraus, daß derlei Vorgänge in weiter Verbreitung bei Pflanzen vorkommen müssen. Wenn aber eine solche Vertretung der Sauerstoffatmung durch Alkoholgärung stattfindet, so muß man einen innigen Zusammenhang zwischen beiden Prozessen annehmen, so daß *Pfeffer* geradezu die Alkoholgärung als Ursache der Sauerstoffatmung anzusprechen in der Lage war. Diese Auffassung hat sich vollständig bewährt. Augenscheinlich finden gewisse der Alkoholgärung zugrundeliegende Zuckerspaltungen, wenigstens in ähnlicher Form, auch bei der Sauerstoffatmung primär statt, an die sich erst weiterhin Sauerstoff bindende Prozesse anschließen. Dabei ist es durchaus unnötig, anzunehmen, daß auch in der Sauerstoffatmung Alkohol wirklich entsteht; wahrscheinlich ist dies sogar in der Regel nicht der Fall. Die „Tübinger Untersuchungen“ bringen in der Folge noch eine Reihe weiterer wertvoller Beiträge zur Bearbeitung des Atmungsproblems.

Hier gelangen wir zur Schwelle von *Pfeffers* Leipziger Forscherlaufbahn, welche das Ansehen deutscher Wissenschaft so mächtig fördern geholfen hat, und von der wir eine lange, segensreiche Fortdauer noch erhoffen. Von den Arbeiten physikalisch-physiologischen Inhaltes, welche in die ersten Leipziger Jahre fallen, kann nicht eindringlich genug auf die bedeutsamen Studien zur Kenntnis der Plasmahaut (1890) und zur Energetik der Pflanze (1892) die Aufmerksamkeit hingelenkt werden. Die erstgenannte Arbeit stellt die tiefstnigste Studie über den Mikrokosmos der lebenden Zelle dar, die wir aus der Physik des Protoplasmas bis heute besitzen. Kaum sind selbst jetzt alle geistigen Schätze gehoben, welche hier niedergelegt sind, nicht nur für die Biologie, sondern auch für die wissenschaftliche Physik. Wir

finden hier einen Epilog zu den osmotischen Untersuchungen, welche dieselben weitreichend ergänzen. Wir finden auch die erste Darstellung der fundamentalen Erscheinungen, welche die Oberflächenenergie im Zellplasma bedingt, im Anschlusse an die geistvollen Arbeiten des Physikers *Quincke*, die in uns den lebhaften Wunsch erregen, daß sich mehr physikalische Forscher finden mögen, die in gleich unermüdlicher Weise die Biologie durch die Bearbeitung zellphysiologischer Fragen fördern würden. Voraussichtlich wird das Studium der Oberflächenwirkungen einst zu ebenso bedeutenden physikalischen und biologischen Ergebnissen führen, wie die Aufklärung der Natur des osmotischen Druckes.

Die Studien zur Energetik der Pflanze bringen die umfassendste Behandlung des Energieumsatzes in der lebenden Zelle, welche bisher auf pflanzenphysiologischem Gebiete vorgenommen worden ist. Mit tiefer Berechtigung äußert sich *Pfeffer* hier dahin, „daß die getrennte Betrachtung der Lebensvorgänge nach der stofflichen und energetischen Seite überhaupt nur aus praktischen Rücksichten geboten sei und durch unsere psychischen Fähigkeiten bedingt werde, welche über die dualistische Auffassung von Materie und Energie nicht hinauszukommen vermochten“.

Und wie sehr sich der Physiologe *Pfeffer* Physiker fühlt, zeigen uns die 1895 in einer akademischen Inaugurationsschrift geäußerten Gedanken über die Aufgaben der Physiologie: „Speziell der Physiologie fällt als letztes Ziel die Aufgabe zu, die Bedeutung und Verwendung der im Weltall gebotenen elementaren Mittel und Kräfte für den Bau und den Betrieb der lebendigen Organismen zu erforschen. Dieses dürfte aber das schwierigste und verwickelteste Problem sein, welches das gesamte Walten und Schaffen auf unserem Planeten stellt, und es ist selbstverständlich, daß ohne ein eingehendes Studium einfacher Verhältnisse, ohne die tatkräftige Unterstützung von seiten der Chemie und Physik ein erfolgreiches Vordringen in das wunderbare Getriebe des lebendigen Organismus gar nicht möglich ist.“

In der Einleitung zum ersten Band der zweiten Auflage der monumentalen „Pflanzenphysiologie“ (1897) finden wir Äußerungen darüber, wie sich *Pfeffer* die physikalische Analyse der Lebensvorgänge denkt: „Alle Naturwissenschaft vermag überhaupt nur auf Grund der durch Erfahrung bekannten Eigenschaften abzuleiten, was unter gegebenen Bedingungen mit Notwendigkeit erfolgt; und wenn der Physiologe auf empirische Qualitäten baut, welche Resultanten aus verwickelten Komponenten sind, so verfährt er hierbei nicht anders als der Physiker, dem häufig eine in Faktoren zerlegbare Größe als Ausgangspunkt für seine Forschung dient, oder der Mathematiker, der die Folge aus Voraussetzungen zwingend darlegt, auch wenn er komplexe Größen in die Rechnung einführt.“

Von den wichtigen Ergebnissen der Arbeiten

Pfeffers auf dem Gebiete der Ernährungsphysiologie aus dieser Zeitperiode muß wenigstens die Erforschung des elektiven Stoffwechsels, der regulatorischen Beeinflussung der Enzymproduktion und des relativen Ausnutzungsgrades der Nahrungsbestandteile von Pflanzen wegen des weittragenden Charakters dieser Darlegungen hier Berücksichtigung finden. Schon Pasteur hatte die hochinteressante Tatsache entdeckt, daß die beiden optischaktiven Weinsäuren durch Pilze sehr ungleich verarbeitet werden. In der Folge haben sich Beispiele derartiger Vorgänge in größerer Zahl, z. B. bei Milchsäure, Mandelsäure, Glycerinsäure, Hexosen und anderen racemischen Verbindungen, ergeben, so daß sich die organische Chemie dieser „biologischen Methode“ nicht selten mit großem Erfolg zur Isolierung sonst nicht rein darstellbarer optischaktiver Modifikationen bedienen konnte. Erst Pfeffer hat das wahre Wesen dieser Erscheinung 1895 dahin präzisiert, daß es sich um ungleich schnelle Verarbeitung der optischaktiven Modifikationen handele, und der Fall nicht anders liegt als z. B. bei gleichzeitiger Darbietung von Glycerin und d-Glukose, wo die Gegenwart der letzteren das Glycerin erfolgreich vor dem Verbrauche schützt. Im Verein mit seinen Schülern Katz und Hansteen hat Pfeffer weiter gezeigt, wie bei verschiedener Kohlenstoffernährung Enzyme in sehr verschiedener Menge erzeugt werden, und andererseits die Abfuhr der enzymatischen Reaktionsprodukte weitgehend die Mobilisierung von Reservestoffen unterstützt. Die große Bedeutung dieser Vorgänge beruht auf ihrem Charakter als Selbststeuerungs-Erscheinungen. Nur wenn Schimmelpilze auf stärkehaltigem Nährboden wachsen, bilden sie sehr reichlich Diastase, wogegen die Erzeugung dieses Enzyms erheblich beschränkt wird, wenn stärkefreier Nährboden geboten wird. Ebenso wird die Stärke in isolierten Maisendospermen unter der Einwirkung diastatischen Enzyms nur dann rasch in Zucker übergeführt, wenn man durch Befestigen der Samen auf wasserdurchtränkten Gipssäulchen, die in größere Wasserbehälter gestellt werden, dafür sorgt, daß der entstandene Zucker ebenso rasch entfernt wird, wie es am unversehrten keimenden Samen durch den wachsenden Embryo geschieht.

Eine treffende Charakteristik des Nährwertes von Kohlenstoffverbindungen erhält man, wie Pfeffer zuerst durch Kunstmann 1895 zeigen ließ, wenn man vergleicht, wieviel Pilztrockengewicht durch 100 Gewichtsteile des dargebotenen Stoffes erzeugt werden kann. Dieses Verhältnis wurde als „ökonomischer Koeffizient“ bezeichnet. Er ist im allgemeinen umso größer, je besser eine Verbindung nährt, im übrigen ebenso veränderlich, wie der respiratorische Koeffizient mit der Zusammensetzung des Substrates, mit der Temperatur usw. Daß Reziprozität mit dem Verbrauche in der Atmung eintreten kann, ist leicht verständlich.

Nur kurz kann auf die Arbeiten über temperäre Inaktivierung von Chlorophyllkörnern

durch verschiedene chemische und physikalische Faktoren, ferner über die Sauerstoffbindung durch bestimmte Bakterienfarbstoffe, und auf verschiedene Institutsarbeiten über das Problem der Turgorerzeugung und Plasmapermeabilität hingewiesen werden. Der Einfluß der zahlreichen ernährungsphysiologischen Arbeiten des Leipziger Institutes war ein äußerst tiefgehender auf die neuere Entwicklung der chemischen Physiologie der Pflanze.

Pfeffers wissenschaftliche Darstellungsweise ist, wie bei vielen Naturforschern, welche von der Biologie ausgehend, mit Vorliebe theoretisch-physikalische Probleme bearbeiten, häufig stark abstrahierend. In manchen Schriften, vor allem in den allgemeinen Abschnitten der „Pflanzenphysiologie“, findet man stellenweise gehäuft aufeinander folgend Urteile von weitestem Geltungsbereiche. Mancher Biologe, welcher mehr dazu neigt, die konkreten Tatsachen bis in ihre Einzelheiten zu vergleichen, wird in Pfeffers Handbuch mehr eine philosophische Behandlung botanischer Probleme, als die Pflanzenphysiologie selbst erblicken wollen. Eine derartige Auffassung würde aber nicht die zutreffenden Gesichtspunkte entwickeln; denn Pfeffer formuliert seine Zusammenfassungen nicht anders als es ein hervorragender Physiker tun müßte, wenn er ein sachkundiges Urteil über physiologische Fragen und Forschungsziele abzugeben hätte. Seine Verallgemeinerungen bleiben jeder metaphysischen Verkleidung fern. Sie führen niemals Begriffe ein, welche nicht mehr der exakten Naturwissenschaft angehören: immer sehen wir das Bestreben, die Analyse des biologischen Vorganges auf einem Boden zu erhalten, welcher der Erforschung in der anorganischen Naturwissenschaft zugänglich ist. Von einer solchen Grundlage sind die theoretischen Betrachtungen über „Auslösungsercheinungen“ ausgegangen, welche nur den Zweck im Auge haben, die komplexen vitalen Reizbewegungen von demselben gemeinsamen höheren Standpunkte aus zu behandeln, wie komplexe anorganische Mechanismen. Analog faßte Pfeffer die „Selbstregulation“ der lebenden Organismen als eine Summe von Einrichtungen auf, welche für Vitalprozesse überaus charakteristische, höchst verwickelte Mechanismen bedeuten, die jedoch prinzipiell ohne weiteres Gegenstücke in der unbelebten Natur, wenn auch viel einfacheren Baues, zu konstruieren gestatten.

Die überaus scharfe Begriffsdefinierung und Abgrenzung, welche für Pfeffers Darstellungsweise so bezeichnend ist, erlaubte es ihm schon in der ersten Auflage der „Pflanzenphysiologie“ vielfach Zusammenhänge zu formulieren, welche erst lange Zeit nachher durch die experimentelle Forschung bestätigt und so für die Wissenschaft neu erobert werden konnten. Wie oft ist es nicht uns jüngeren Physiologen vorgekommen, daß wir nach eingehendem Nachdenken über ein Problem und mühsamer Bestimmung der be-