Wilhelm Pfeffer.

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. G. Haberlandt, Berlin-Dahlem,

ord. Mitglied der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften.

Ein Vertreter der allgemeinen Botanik, ein Pflanzenphysiologe von Weltruf feiert am 9. März dieses Jahres seinen 70. Geburtstag. Die vielen Beweise freudiger Anerkennung und Verehrung, die *Wilhelm Pfeffer* an diesem Tage seitens der Biologen, Physiker und Chemiker deutscher Zunge erfahren wird, müssen ihn dafür entschädigen, daß die Gratulanten des Auslandes in geringerer Anzahl zum Worte kommen können, als es in Friedenszeiten der Fall wäre. Allein auch im Feindeslande werden vom Westen bis in den fernsten Osten zahlreiche Forscher, obwohl durch die Kriegsnot zum Schweigen verurteilt, dankbar des Mannes gedenken, dessen Lebensarbeit nicht nur für die botanische Wissenschaft von größter Bedeutung geworden ist.

Wilhelm Pfeffer wurde am 9. März 1845 zu Grobenstein bei Cassel als Sohn des Apothekers *Wilhelm Pfeffer* geboren, der ihn schon in jungen Jahren zur Beobachtung der Pflanzenwelt anregte. Im Jahre 1863 bezog er die Universität Göttingen und wurde daselbst schon am 10. Februar 1865 zum Doktor der Philosophie promoviert. So hat der nun Siebzigjährige bereits sein goldenes Doktorjubiläum hinter sich, was sich in unseren Tagen fast wie ein Hysteron-Proteron ausnimmt. In seiner Dissertation „Über einige Derivate des Glycerins und dessen Überführung in Äthylen“ behandelte der jugendliche Doktor ein rein chemisches Thema. Seine gründliche Kenntnis der chemischen Tatsachen und Methoden ist *Pfeffer* später bei so vielen seiner physiologischen Arbeiten von großem Nutzen gewesen. Nach Fortsetzung seiner Studien in Marburg, wo er *Wigand* hörte, wandte er sich unter der Leitung seines Vaters dem Apothekerberufe zu, der ihn aber nicht so stark in Anspruch nahm, daß er nicht auch seinen naturwissenschaftlichen Neigungen hätte folgen können. Es war ihm um diese Zeit vergönnt, zum Teil unter der Anweisung seines Onkels, des Geologen *Gottfried Theobald*, Professors an der Kantonschule in Thur, mit der Alpenwelt und den Aufgaben, die sie dem Forscher stellt, bekannt zu werden. Mit besonderer Vorliebe ging er der geographischen Verbreitung der Moose nach. Die Ergebnisse dieser mehrjährigen Beobachtungen legte er in seinen „Bryogeographischen Studien aus den Rhätischen Alpen“ 1869 nieder. Jeder Botaniker, der sich eingehend mit Laub- und Lebermoosen beschäftigt hat, sei es auch nur, um sie genau zu bestimmen, der weiß aus Erfahrung, wie sehr die minutiöse Untersuchung der so subtilen Strukturen dieser zierlichen Pflänzchen die Beobachtungsgabe

schärft und sie für weiter ausgreifende Untersuchungen vorbereitet. Auch *Pfeffer* hat aus dieser selbstgewählten Schulung manchen Vorteil gezogen.

Inzwischen reifte in ihm der Plan, die akademische Laufbahn einzuschlagen. So trat er im Herbst 1869 zu seiner weiteren Ausbildung in das Privatlaboratorium *Pringsheims* in Berlin ein, das damals eine der Stätten war, wo die in voller Blüte stehende Entwicklungsgeschichte der Pflanzen, besonders der Kryptogamen, erfolgreich und geistvoll gepflegt wurde. Hatte *Pfeffer* schon früher unter *Wigands* Leitung eine Untersuchung über die Blütenentwicklung der Primulaceen und Ampelideen ausgeführt (1869), so ging er nun mit seiner bei *Pringsheim* begonnenen Arbeit über „die Entwicklung des Keimes bei der Gattung *Selaginella*“ auf ein Gebiet über, das seit *Hofmeisters* klassischen Untersuchungen (1851) so fleißig bebaut wurde und so reiche Früchte trug. Der Generationswechsel der Moose, der „höheren Kryptogamen“ und der Phanerogamen wurde zu einer Quelle zahlreicher Einzelprobleme, die die Entwicklungsgeschichte in den Dienst der allgemeinen Systematik stellten und noch heute den Scharfsinn der Forscher herausfordern.

Am Schlusse seiner *Selaginella*-Arbeit dankt *Pfeffer* seinen beiden Lehrern *Pringsheim* und *Sachs*. Schon im Frühjahr 1870 war er nämlich nach Würzburg übersiedelt, wo *Julius Sachs* in seinem Institut begabte Schüler um sich versammelte, die von diesem Feuergeiste die nachhaltigsten Anregungen empfangen. Unter dem Einfluß von *Sachs* ging *Pfeffer* von der Entwicklungsgeschichte zur Entwicklungsphysiologie über und war von nun an für immer für das Gesamtgebiet der Pflanzenphysiologie gewonnen. In seinen „Studien über Symmetrie und spezifische Wachstumsursachen“ beschäftigt er sich namentlich mit den Brutknospen von *Marchantia polymorpha*, die schon *Mirbel* (1835) als ein für entwicklungsphysiologische Fragen sehr wertvolles Untersuchungsobjekt erkannt hatte. Er wies in dieser physiologischen Erstlingsarbeit den Einfluß der Schwerkraft auf das Auswachsen der Rhizoiden nach und zeigte, daß durch das Licht die dauernde Dorsiventralität der jungen *Thalussprosse* induziert wird. So war diese Arbeit ein grundlegender Beitrag zur Kenntnis der formativen Wirkung äußerer Reize auf den Pflanzkörper.

Noch eine andere Arbeit hat *Pfeffer* im Würzburger Institut ausgeführt. Sie betrifft

„die Wirkung farbigen Lichtes auf die Zersetzung der Kohlensäure in Pflanzen“. Seither hat *Pfeffer* immer wieder auch ernährungsphysiologische Fragen in Angriff genommen und ihrer Lösung eine Wendung ins allgemeine zu geben gewußt. Auch wenn er über die Arbeiten anderer referiert, tritt dieses Bestreben zutage. Als *Ch. Darwins* Werk über die insektenfressenden Pflanzen erschienen war, da meinten viele, daß *Darwin* ein höchst absonderliches ernährungsphysiologisches Kuriosum entdeckt hätte. *Pfeffer* machte aber alsbald darauf aufmerksam, „daß in den fleischfressenden Pflanzen ein in prinzipieller Hinsicht durchaus nicht neuer, sondern vielmehr ein recht verbreiteter Modus der Stoffaufnahme in Pflanzen gegeben ist“.

Im Frühjahr 1871 habilitierte sich *Pfeffer* als Privatdozent der Botanik an der Universität *Marburg*. Hier führte er seine wichtigen „Untersuchungen über die Proteinkörner und die Bedeutung des Asparagins beim Keimen der Samen“ aus. Hier kamen auch seine „Untersuchungen über Reizbarkeit der Pflanzen“ und „über Öffnen und Schließen der Blüten“ zustande, die er 1873 unter dem Gesamttitel „Physiologische Untersuchungen“ herausgab. Mit diesen Arbeiten betrat *Pfeffer* das Gebiet der *Reizphysiologie*, auf dem er bekanntlich Bahnbrechendes geschaffen hat.

Es ist für die damalige Auffassung der pflanzlichen Reizerscheinungen bezeichnend, daß eine Arbeit über die Mechanik der Reizbewegungen der „Sinnpflanzen“ durch den Titel „Untersuchungen über Reizbarkeit der Pflanzen“ hinlänglich gekennzeichnet wurde. Heutzutage wäre dieser Titel viel zu allgemein und unbestimmt, und gerade *Pfeffers* spätere Untersuchungen und Betrachtungen waren es vor allem, die uns gelehrt haben, daß bei fast allen Lebenserscheinungen Reizvorgänge eine entscheidende Rolle spielen. Das ganze Lebensgetriebe löst sich, wie *Pfeffer* als erster betont hat, in ein schwer entwirrbares Geflecht von zahlreichen „Reizketten“ auf. Es war ein langer und mühsamer Weg, auf dem die Pflanzenphysiologie zu der Erkenntnis vorgegangen ist, daß nicht nur der Stoß, der das Senken des Laubblattes der *Mimosa pudica*, die Verkürzung der Staubfäden von *Centaurea* bewirkt, sondern fast jeder äußere Einfluß auf das lebende Protoplasma der Pflanze als Reiz zur Geltung kommt. *Pfeffer* war unser bedeutendster und unermüdlichster Führer auf diesem Wege.

Auch für die Klärung des *Reizbegriffes* hat *Pfeffer* hervorragendes geleistet. Aus naturphilosophisch-mystischen Anfängen hat sich dieser Begriff allmählich bis zur Klarheit streng physikalischer Definitionen durchgerungen. Immer bestimmter und stets dem jeweiligen Stande der naturwissenschaftlichen Erkenntnis entsprechend wurde von verschiedenen Forschern — *Dutrochet*, *Treviranus*, *G. Th. Fechner* u. a. — der Charakter der Reizvorgänge als Auslösungsvorgänge hervor-

gehoben, allein erst *Pfeffer* hat hierüber völlige Klarheit geschaffen. Nachdem er auf diese Frage schon 1877 in seinen „Osmotischen Untersuchungen“ eingegangen war, hat er sie in der I. Auflage seiner „Pflanzenphysiologie“ 1881 in einer Weise aufgefaßt und behandelt, die durchaus mit dem heutigen Standpunkt übereinstimmt.

Im Herbst 1873 folgte *Pfeffer* einem Rufe als a. o. Professor an die Universität *Bonn*, wo er bis Frühjahr 1877 verweilte. In *Bonn* führte er seine so berühmt gewordenen „Osmotischen Untersuchungen“ aus, die nicht nur für die Pflanzenphysiologie von weittragender Bedeutung geworden sind, sondern bekanntlich auch den wirkksamsten Anstoß zur Begründung der physikalischen Chemie gegeben haben. Wie *Pfeffer* von seinen Untersuchungen über die Reizbewegungen der Sinnpflanzen auf das scheinbar so entlegene Gebiet der osmotischen Vorgänge im Pflanzenkörper geleitet wurde, hat er selbst in dem Vorwort seines oben genannten Werkes auseinandergesetzt. „Während ich bestrebt war, gewisse Bewegungsvorgänge auf den zu Grunde liegenden Zellmechanismus zurückzuführen, stieß ich auf Tatsachen, welche erst kausal erklärt werden mußten, ehe auf ein erfolgreiches weiteres Vordringen zu rechnen war.“ Vor allem mußte die Ursache der hohen Druckkräfte aufgedeckt werden, die auch in Pflanzenzellen bestehen, deren Zellsaft nur eine verdünnte Lösung ist. Es ist hier nicht der Ort, des näheren auszuführen, wie *Pfeffer* diese Aufgabe gelöst hat. Nur darauf soll hingewiesen werden, daß er sich schon von Anfang an der Tragweite seiner Entdeckungen nicht nur für die Physiologie, sondern auch für Physik und Chemie voll bewußt war. Sagt er doch ausdrücklich, daß „in den physikalischen Untersuchungen der Faden gelegentlich gerade da fallen gelassen wurde, wo der Physiker von seinem Standpunkte aus die interessantesten Angriffspunkte erst gefunden haben würde“. Die Fäden der Untersuchung und theoretischen Verarbeitung wurden bekanntlich am erfolgreichsten von *van 't Hoff* wieder aufgegriffen, der sie in seiner „Theorie der Lösungen“ zu einem kunstvoll-durchsichtigen Gewebe verknüpft hat.

In physiologischer Hinsicht hatten die „Osmotischen Untersuchungen“ zahlreiche Arbeiten über die Eigenschaften der Plasmahaut als semipermeable Membran im Gefolge, von deren Erkenntnis sich bekanntlich auch *Hugo de Vries* sehr große Verdienste erworben hat. Die regulatorischen Fähigkeiten der Plasmahaut, die sich bei der Stoffaufnahme und dem Stoffaustausch in so mannigfaltiger Weise äußern, haben sich bisher jeder streng physikalischen Erklärung als unzugänglich erwiesen. Trotz schöner Einzelerfolge ist eine restlose Erklärung bislang nicht erfolgt. Daß hier ein „Lebensrätsel“ vorliegt, hat *Pfeffer* in seiner Pflanzenphysiologie mit den Worten gekennzeichnet: „Es ist wohl zu beachten, daß die Plasmahaut ein lebendiges und vom

Organismus abhängiges Organ ist, dessen sich der Protoplast zur Regelung des Verkehrs mit der Außenwelt bedient.“ Und in einer späteren Arbeit bezeichnet er die Plasmahaut „als einen Pförtner, der im Dienste des lebendigen Protoplasmas und, von diesem regiert, arbeitet.“ Bestimmter konnte Pfeffer seine Auffassung nicht ausdrücken.

Als Schwendener zum Nachfolger W. Hofmeisters nach Tübingen berufen wurde, kam an seiner Statt Pfeffer im Frühjahr 1877 als Ordinarius nach Basel. Schon im Herbst des nächsten Jahres übersiedelte er als Nachfolger Schwenders nach Tübingen, wo er neun Jahre lang gewirkt hat.

Der Aufenthalt in der für ruhiges Schaffen so günstigen kleinen Universitätsstadt des Schwabenlandes, in der einst Hugo von Mohl die Zellenlehre begründen half und die Pflanzenanatomie erneuerte, wurde für Pfeffer zu einer sehr fruchtbaren Arbeitsperiode. Wenn man die beiden Bände der „Untersuchungen aus dem Botanischen Institut zu Tübingen“ (1881—1888) durchblättert, so findet man neben einer Anzahl von Schülerarbeiten fünf Abhandlungen aus Pfeffers Feder, die alle Teildisziplinen, die er bisher gepflegt hatte, um ein gutes Stück weiter förderten. Reizphysiologischen Inhaltes sind die Arbeiten „Zur Kenntnis der Kontaktreize“, „Lokomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize“, „Über chemotaktische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten und Volvocineen“; Fragen der Stoffaufnahme und Stoffwanderung behandelt die Arbeit „Über Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen“, worin zuerst die Methode der „Lebendfärbung“ zur Anwendung gelangte; ein wichtiges Stoffwechselproblem endlich wird in der Abhandlung „Über intramolekulare Atmung“ besprochen.

Auf den Inhalt dieser Arbeiten näher einzugehen, kann nicht Aufgabe dieser Skizze sein. Nur eine Entdeckung möge ihrer allgemeinen Bedeutung und der Perspektiven halber, die sie eröffnete, kurz erwähnt werden: Der Nachweis der als psychophysisches oder Webersches Gesetz bekannten Beziehungen zwischen Reiz und Reaktion für die lokomotorischen Bewegungen der Samenfäden der Farne. Das Webersche Gesetz war bis dahin nur für die zu unserem Bewußtsein kommenden Reize festgestellt, es war ausschließlich ein sinnespsychologisches Gesetz. Der ungeheure Sprung von den Sinnesempfindungen des Menschen bis zu den Reizbewegungen der Spermatozoiden war der Anstoß dazu, daß nun neuerdings wieder die uralte Frage nach dem „Seelenleben“ der Pflanzen aufgeworfen wurde, die zuletzt G. Th. Fechner in seiner „Nanna“ als geistreicher Dichter und liebenswürdiger Philosoph eingehend behandelt hatte. Ob den Pflanzen Sinnesempfindungen im Sinne des Psychologen zukommen, wird niemals sicher bejaht, aber auch niemals sicher verneint werden können.

Über die Feststellung von Analogien kann die Naturforschung auf diesem Gebiete nicht hinauskommen; sie hat sie nicht abzulehnen und nur dafür zu sorgen, daß kein bloßes Spiel mit Analogien daraus werde, das sich dann als wissenschaftliche Erkenntnis ausgibt. Diesen Standpunkt vertritt auch Pfeffer, wenn er sagt, daß für Pflanzen und niedere Tiere in gleichem Sinne die Frage zu beantworten ist, inwieweit denselben psychische Regungen zuzugestehen seien. Daß Pfeffer berechnete Analogien auf diesem Gebiete nicht leugnet und sich nicht zu dem Puritanertum jener Forscher bekennt, die die Korrektheit ihres physiologischen Denkens durch terminologische Reformen zum Ausdruck zu bringen suchen, geht besonders deutlich daraus hervor, daß er ohne Bedenken immer wieder vom „Empfindungsvermögen“ der Pflanzen spricht, ohne dasselbe im psychologischen Sinn zu verstehen. Um Wortstreitigkeiten hat Pfeffer sich nie viel gekümmert.

In die Tübinger Arbeitszeit fällt auch das Erscheinen der ersten Auflage seiner „Pflanzenphysiologie“ (1881). Der erste Band „Stoffwechsel“ umfaßt 383 Seiten, der zweite Band „Kraftwechsel“ 474 Seiten. Die völlig umgearbeitete zweite Auflage ist viel umfangreicher geworden. Der erste Band (1897) ist 620, der zweite (1904) 986 Seiten stark. Eine gewaltige Geistesarbeit steckt in dem großen Werke, das in der gesamten botanischen Literatur aller Kulturvölker einzig dasteht.

Wie Pfeffer im Vorworte zur ersten Auflage hervorhebt, wollte er keine einfache statistische Zusammenstellung der in der physiologischen Literatur gebotenen Versuche und Schlußfolgerungen liefern; er ist vielmehr bestrebt gewesen, „kritisch zu sichten und hervortreten zu lassen, welche Tatsachen als sicherstehend hinzunehmen sind und wo nur unzureichende und lückenhafte Erfahrungen vorliegen“. In der Tat kommt der kritische Scharfblick des Verfassers auf jeder Seite des Werkes zur Geltung, Fragezeichen werden auf Fragezeichen gehäuft, und nicht selten verschwindet beinahe die Feststellung der „sicherstehenden Tatsachen“ unter dem üppigen Geranke der gebotenen Einschränkungen und Vorbehalte, wozu die bis zum äußersten getriebene Vorsicht, die Verfolgung aller möglichen Seitenpfade den Verfasser nötigt. Gerade deshalb aber wird das Studium des Werkes für den Kenner zu einer sehr fesselnden und anregenden Lektüre, obgleich bei der begreiflichen Schwerflüssigkeit des Stiles nur ein sehr langsames und oft unterbrochenes Studium dem Leser dauernden Gewinn bringen kann. Es gibt wohl nur wenige wissenschaftliche Werke, die den Leser so sehr zu fruchtbarer geistiger Mitarbeit zwingen, wie Pfeffers Pflanzenphysiologie.

Im Herbst 1887 wurde Pfeffer als Nachfolger A. Schenks an die Universität Leipzig berufen, an der er eine noch regere Lehrtätigkeit entfalten

konnte als in Tübingen. Eine Anzahl bedeutender Pflanzenphysiologen, die gegenwärtig als Lehrer an Hochschulen des In- und Auslandes wirken, ist aus seiner Schule hervorgegangen. Obwohl nicht immer bei bester Gesundheit, blieb ihm doch Zeit und Kraft genug übrig, um eine Reihe größerer Abhandlungen zu verfassen, die zum Teil sehr mühevoll und langwierige Untersuchungen voraussetzten. In den „Studien zur Energetik der Pflanze“, in den Abhandlungen „Über Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper“, „Zur Kenntnis der Plasmahaut und der Vakuolen“, „Druck- und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen“ wurden im Anschluß an frühere Arbeiten allgemeine Probleme des Stoff- und Kraftwechsels behandelt. Mit seinen „Untersuchungen über die Entstehung der Schlabewegungen der Blattoorgane“ ist Pfeffer wieder zu einem der schwierigsten Kapitel der Reizphysiologie zurückgekehrt. Den Löwenanteil seiner wissenschaftlichen Tätigkeit hat aber in Leipzig die Bearbeitung der zweiten Auflage seiner „Pflanzenphysiologie“ in Anspruch genommen, die seither in verschiedene andere Sprachen übersetzt worden ist.

So wie man von einer „theoretischen Physik“ spricht, darf auch von einer „theoretischen Physiologie“ gesprochen werden. Unter den Botanikern ist Pfeffer gegenwärtig ihr bedeutendster und vielseitigster Vertreter. Aber auch als Experimentator hat er ungewöhnlich Hervorragendes geleistet und eine ganze Reihe neuer Untersuchungsmethoden eingeführt, die noch lange die Wege zu neuen Auffindungen ebnen werden. Der Methode der „Lebendfärbung“, deren Urheber so manche Forscher, die sich heutzutage ihrer bedienen, schon nicht mehr kennen, ist oben bereits gedacht worden. Die Methode des „Gipsverbandes“ hat sich bei den verschiedenartigsten Untersuchungen über Wachstum und Arbeitsleistungen der Pflanze als höchst verwendbar erwiesen. Wie ein Zimmer für konstante Temperaturen zweckmäßig eingerichtet, wie ein tadellos funktionierender „Klinostat“ gebaut wird, wie der Projektionsapparat zur Demonstration von Lebensvorgängen angewendet werden kann, ist zuerst von Pfeffer gezeigt worden.

Der Jubilar hat nie besonderen Wert darauf gelegt, daß sein Name vor der breiten Öffentlichkeit genannt wird. Auch eignen sich ja nur wenige seiner Arbeiten für eine populäre Darstellung zwecks „belehrender Unterhaltung“. Um so größer ist die allgemeine Anerkennung seitens der Fachgenossen, der Akademien der Wissenschaften und anderer gelehrter Gesellschaften, deren ordentliches oder korrespondierendes Mitglied Pfeffer ist. Auch die Regierungen haben es an äußeren Zeichen der Wertschätzung nicht fehlen lassen. Pfeffer ist u. a. Ritter des Ordens Pour le mérite, der jetzt an Deutschlands siegreiche Feldherren verliehen wird. Auch der nun Siebzigjährige hat Schlachten gewonnen, Schlach-

ten der Wissenschaft, die gleich den Großtaten des Krieges in der Geschichte fortleben werden.

Möge er sich noch lange in körperlicher und geistiger Frische der Früchte seiner wissenschaftlichen Siege erfreuen!

Wilhelm Pfeffer und die physikalische Chemie.

Von Prof. Dr. Ernst Cohen, Utrecht.

Die Physiologie hat mit dem osmotischen Druck als einer Tatsache zu rechnen, die in keiner Weise durch theoretische Erklärungen über das Zustandekommen des Druckes verschoben wird.

W. Pfeffer.

Wäre es *van't Hoff* beschieden gewesen, den heutigen Tag zu erleben, zweifelsohne hätte der Freund es sich nicht nehmen lassen, unserm Jubilar seinen Festgruß darzubringen und in beredten Worten den Einfluß zu schildern, welchen dessen osmotische Studien auf den Werdegang der physikalischen Chemie ausgeübt haben.

Ein grausames Geschick hat es anders gewollt!

Wer indes aufmerksam den Ausführungen folgt, die *van't Hoff* zu verschiedenen Zeiten über die Entwicklung des Wissenszweiges gegeben hat, der ihm so nahe am Herzen lag, dem dürfte es nicht schwer fallen zu erfahren, was die physikalische Chemie unserm Siebzigjährigen schuldet.

Folgen wir zunächst den Fäden, die die beiden Forscher zu ihrem Zusammentreffen im Labyrinth der osmotischen Erscheinungen führten, jenem Zusammentreffen, das für die von ihnen vertretenen Wissenszweige die schönsten Früchte zu zeitigen berufen war.

Wir betreten im Jahre 1872 das botanische Institut der Universität Marburg. Dort treffen wir den jungen Privatdozenten Pfeffer an, der sich mit den Vorarbeiten zu einer ausgedehnten Untersuchung befaßt, die erst in späteren Jahren, als er bereits als Extraordinarius in Bonn wirkte, ihren Abschluß finden sollte. Sein Problem knüpfte er uns mit folgenden Worten: „Während ich bestrebt war, gewisse Bewegungsvorgänge auf den zugrunde liegenden Zellenmechanismus zurückzuführen, stieß ich auf Tatsachen, welche erst kausal erklärt werden mußten, ehe auf ein erfolgreiches weiteres Vordringen zu rechnen war. Vor allem mußte die Ursache der auffallend hohen hydrostatischen Druckkraft aufgedeckt werden, welche auch in Pflanzenzellen besteht, deren Zellsaft eine nur verdünnte Lösung ist, und hier wurde aus den Beobachtungen in der Pflanzenzelle die Fragestellung für experimentelle Forschung abgeleitet. Welche osmotische Druckkraft erzeugen gelöste Körper, speziell die sogenannten Kristalloide, wenn sie nicht diosmieren? — so lautete die nächste Frage, und Traubes Niederschlagsmembranen ermöglichten nach dem Muster der Pflan-