

Johannes v. Kries.

Zu seinem siebzigsten Geburtstage (6. Oktober 1923).

Von Wilhelm Trendelenburg, Tübingen.

Kurz nach *Albrecht Kossel* feiert auch der Vertreter der Physiologie auf der südlichen badi-schen Universität seinen siebzigsten Geburtstag. Fern vom Getriebe des Tages gelangt eine Persönlichkeit von selten hoher Begabung und wissenschaftlicher Bedeutung im vollen Besitz ihrer geistigen und körperlichen Rüstigkeit an einen Lebenstag, an dem Freunde und Verehrer des Gefeierten gern ein wenig halt zu machen pflegen, um rückschauend zu sehen, was auch der Mitwelt ein reiches, der Wissenschaft gewidmetes Leben geschenkt hat. Öfters hat *v. Kries* in diesen Blättern das Wort ergriffen, und so haben wir allen Anlaß, an dieser Stelle ihm einige Zeilen in dankbarer Gesinnung zu widmen. Um so mehr Berechtigung haben wir dafür, als das Lebenswerk eines Mannes von erstaunlicher Vielseitigkeit und Höhe der geistigen Kultur vor uns liegt, Physiologie, Psychologie und Philosophie, Mathematik und Physik spannend, und auch in der Kunst verwurzelt.

Johannes v. Kries wurde am 6. Oktober 1853 in Roggenhausen i. Westpr. geboren. Er genoß den ersten Unterricht bei einem Hauslehrer auf dem Lande, kam mit acht Jahren auf das Gymnasium in Marienwerder und verließ es im Jahre 1869 mit dem Reifezeugnis. Er studierte in Halle, Zürich, Leipzig und Berlin und legte in Berlin die Staatsprüfung und Doktorprüfung ab. Darauf arbeitete er ein Jahr lang im Institut von *Helmholtz* und weiterhin bei *Ludwig* in Leipzig. Im Jahre 1880 wurde er zunächst als Extraordinarius auf den Lehrstuhl der Physiologie in Freiburg i. B. berufen, den er jetzt einer jüngeren Kraft überläßt, bis zuletzt in unveränderter Frische und Klarheit seine Aufgaben als akademischer Lehrer erfüllend. In Freiburg konnte *v. Kries* in den neunziger Jahren das auch heute noch muster-gültige Institut eröffnen, welches unter seiner Leitung neu errichtet wurde, nachdem bis dahin der Physiologie in Freiburg nur sehr bescheidene Räume zur Verfügung gestanden hatten.

Von den beiden großen Meistern der Physiologie, *Helmholtz* und *Ludwig*, hat *v. Kries* entscheidende Anregungen für seine weitere wissenschaftliche Entwicklung erhalten. So sehr das für *Helmholtz* zutage liegt, so sehr ist es auch für *Ludwig* der Fall. Hat *v. Kries* auch weniger dessen experimentelle Richtung des Tierversuches in erster Linie weiter verfolgt, so beherrschte er doch auch schwierige Tierexperimente vollkommen

und konnte auf seine Schüler, die zum Teil wieder mehr in dieser Richtung ihren Anlagen und Neigungen folgten, die Kunst des sauberen und gewissenhaften Arbeitens übertragen, durch welche zu vorbestimmter Zeit ein größerer Vorlesungsversuch bereitet, durch welche in unermüdlichem Ausprobieren eine Fragestellung zu klarer Beantwortung gebracht wird. Den Überlieferungen des Meisters entsprechend arbeitete dabei auch *v. Kries* mit einfachen Mitteln, vom langjährigen Institutsmechaniker *Köpfer* getreu unterstützt. Es ist gut, sich auch heute wieder daran zu erinnern, daß es vor noch nicht so weit zurückliegender Zeit ebenso wie heute Aufgabe war, mit bescheidenen Mitteln Großes zu leisten.

Eine Reihe von Arbeiten widmete *v. Kries* den Problemen der Muskel- und Nervenphysiologie. Unter anderem wurde der Vorgang der Summierung zweier Zuckungen näher untersucht und festgestellt, daß wesentlich verwickeltere Tatsachen vorliegen, als dem einfachen Summierungsschema entspricht. In die Methodik der Nervenreizung wurden die „Zeitreize“ (Stromanstiege von veränderlicher Steilheit) eingeführt und die davon abhängige Veränderung des Reizerfolges untersucht. Bedeutsam sind weiter die kritischen Übersichten, die *v. Kries* in späterer Zeit über Fragestellungen der Muskelphysiologie und der Bewegungskoordination gab, in denen sich die in allen seinen Arbeiten hervortretende große Selbständigkeit des Urteils und der Auffassung zeigt, die bei ihm ein bloßes Berichten und Zusammenstellen ausschlossen.

Weitere experimentelle Arbeiten befaßten sich mit der Physiologie des Herzens und des Kreislaufes. In den Studien zur Pulslehre wird die periphere Wellenreflexion und ihre Bedeutung für das normale und veränderte Pulsbild eingehend untersucht, nicht nur experimentell, sondern auch mit den Hilfsmitteln der Mathematik, die *v. Kries* hervorragend beherrscht. Die Methode der Flammentachographie, mit der sich unmittelbar die bisher nur mittelbar erhaltenen Kurven der Geschwindigkeitsänderungen der Blutströmung gewinnen lassen, ist hier des weiteren als bedeutend hervorzuheben. Das gleiche gilt für eine Arbeit zur Theorie des Manometers. Am Herzen wurden eigentümliche Störungen des Rhythmus und der Koordination gefunden, die sich durch besondere Maßnahmen hervorrufen lassen und die

für die Theorie der Herzstörungen überhaupt von Bedeutung sind.

Schon im Ludwigschen Institut hatte *v. Kries*, zum Teil in Gemeinschaft mit seinem Freunde *v. Frey*, Arbeiten aus dem Gebiet der physiologischen Optik unternommen, die ihn in späterer Zeit so eingehend beschäftigten und in welcher er das Werk eines *Helmholtz* fortsetzte und ergänzte. Im Jahre 1882 erschien eine größere Arbeit über die Analyse der Gesichtsempfindungen. Hier wird der wichtige Gedanke ausgeführt, daß die peripheren Einrichtungen des Farbensinnes von anderer Art sind als die zentralen, und daß hierin die Besonderheiten der Ergebnisse der objektiven und subjektiven Untersuchungsmethode des Farbensinnes begründet ist, eine Anschauung, die von ihm späterhin als Zonentheorie bezeichnet wurde. Schon hier wendet sich *v. Kries* gegen die Anwendung der Heringschen Theorie auf die peripheren Vorgänge¹⁾.

Seit dem Jahr 1895 erschien eine große Reihe von physiologisch optischen Arbeiten, die sich in erster Linie mit denjenigen Erscheinungen befassen, die wir jetzt als Dämmerungssehen nach *v. Kries* zu bezeichnen gewohnt sind. Ferner wurden systematische Untersuchungen über die abweichenden Formensysteme angestellt, über die sogenannten Dichromaten („Rot-Grün-Blinde“), die Totalfarbenblinden und die anomalen Trichromaten. Bei den Dichromaten ist die Feststellung von grundlegender Bedeutung, daß sich bei ihrer Durchuntersuchung mit der Methode der spektralen Farbmischung zwei getrennte Typen ergeben, deren Verhalten der Helmholtzschen Theorie entspricht, den Heringschen Annahmen aber nicht. Auch bei der Untersuchung der anomalen Trichromaten ergab sich die Unhaltbarkeit einer von Hering entwickelten Vorstellung, daß nämlich die Anomalie auf abnormen physikalischen Absorptionsverhältnissen beruhe. Fördert *v. Kries* in diesen Arbeiten die Weiterentwicklung der Young-Helmholtzschen Theorie, so geht er bald über diese hinaus und ergänzt die bisherigen Vorstellungen durch eine Theorie, die er später als Duplizitätstheorie bezeichnete. Die Gesamtheit dieser Arbeiten, die unter dem Titel Abhandlungen zur Physiologie der Gesichtsempfindungen²⁾ auch gesondert erschienen, bildet eine systematische Untersuchung eines neuen Arbeitsfeldes. Die Ergebnisse seien kurz im Zusammenhang dargestellt. Glaubte man bisher, daß im Gesichtssinn ein einheitlicher, wenn auch dreifach gegliederter „Apparat“ vorliege, den man sich des näheren nach *Helmholtz* oder *Herings* Vorstellungen gebaut dachte, oder nach sonstwelchen theoretischen Vorstellungen, so ist das Wesentliche der neuen Vorstellung, daß neben

den genannten Einrichtungen noch ein zweiter, vom vorigen funktionell abgrenzbarer Apparat vorliegt. Aus noch zu erörternden Gründen werden als peripheres Aufnahmeorgan des ersteren die Zapfen, des letzteren die Stäbchen der Netzhaut betrachtet. Hierdurch läßt sich eine Reihe merkwürdiger Erscheinungen erklären. Stellt man für das hellangepaßte Auge und die Fovea der Netzhaut Farbgleichungen an, so zeigt sich, daß diese ungültig werden, wenn man sie mit dunkelangepaßten seitlichen Netzhautteilen betrachtet. Und zwar werden dabei die Farbeindrücke viel weißlicher. Farben, die in der hellangepaßten Fovea den Eindruck gleicher Helligkeit machen, sehen verschieden hell aus, wenn sie mit dunkelangepaßten seitlichen Netzhautteilen betrachtet werden (*Purkinjes* Phänomen). Bietet man dem dunkelangepaßten Auge ein sehr lichtschwaches Spektrum dar, so kann man keine Farben erkennen, alle Strahlungen sehen weißlich aus, mit einem im Grün liegenden Helligkeitsmaximum. Auch im hellangepaßten Auge kann man bei Beobachtung in der Netzhautperipherie einen Zustand der Farbenblindheit beobachten, der dem eben erwähnten in vieler Beziehung ähnlich ist, sich von ihm aber dadurch scharf unterscheidet, daß nun das Helligkeitsmaximum im Gelb liegt. Geht man zu geringeren Lichtstärken und Dunkeladaptation über, so zeigt nun auch die Netzhautperipherie das Helligkeitsmaximum im Grün. Eigentümlich ist ferner noch, daß das *Purkinje*-Phänomen in der Fovea fehlt und daß sie an der großen Steigerung der Netzhautempfindlichkeit, die im Dunklen eintritt²⁾, keinen wesentlichen Anteil hat. Nun ist anatomisch die Fovea dadurch ausgezeichnet, daß sie nur Zapfen, keine Stäbchen enthält. Hieraus ergibt sich die schon oben erwähnte Annahme. Ein weiterer Schritt ergab sich aus der von *Kühne* entdeckten Tatsache, daß an den Stäbchen ein purpurner lichtempfindlicher Farbstoff vorkomme, der Schpurpur. Er wird nach *v. Kries* als Reizüberträger des Stäbchenapparates aufgefaßt, und es konnte gezeigt werden, daß diese Annahme mit den Bleichwerten verschiedener Strahlungen auf den Schpurpur übereinstimmt. Die Bleichwerte der Lichter entsprechen ihren Dämmerungswerten auf das dunkelangepaßte Auge, also ihren Wirkungen auf den Stäbchenapparat.

Liegt so ein neues Lehrgebäude vor, so kann schon heute gefragt werden, was von ihm als bleibend bezeichnet werden darf. Nach der ebenso sachlichen wie überzeugenden Kritik, die *v. Kries* selber erst kürzlich an den Ansichten seiner Gegner übte, kann kein Zweifel sein, daß seine Arbeit im wesentlichen zum bleibenden Bestand der physiologischen Optik gehören wird. Es ist eben nicht angängig, alle Erscheinungen des Farblossehens etwa der Heringschen Schwarz-Weißsubstanz zuschreiben zu wollen. Damit läßt sich die Verschiedenheit der Peripherie- und Dämmerungswerte niemals erklären, welche sich

¹⁾ Das Auge ist hier als peripherster, die Occipitalrinde als zentralster Abschnitt des ganzen Sehorgans bezeichnet. Die Gegenüberstellung von Netzhautperipherie und -zentrum steht hier nicht in Erörterung.

²⁾ Heft 1 bis 4. Leipzig, Barth, 1897—1918.

in der verschiedenen Lage des Helligkeitsmaximums ausspricht. Auch andere genau festgestellte Tatsachen vermag die Heringsche Theorie nicht zu deuten. Die Annahme einer Doppelanordnung der Einrichtungen des Licht- und Farbensinns ist unumgänglich. Aber hier mögen diese Andeutungen genügen. Wir können es ruhig der Zukunft überlassen, Fragen zu entscheiden, die einstweilen noch in Erörterung stehen.

Von weiteren Arbeiten aus der physiologischen Optik seien noch die zusammenfassende Darstellung in Nagels Handbuch der Physiologie erwähnt, sowie die Neuherausgabe der physiologischen Optik von Helmholtz (mit Nagel und Gullstrand). Sie ist mit ergänzenden Aufsätzen des Herausgebers versehen, in welchen Stellung zu entgegenstehenden Ansichten genommen, aber auch den Ansichten von Helmholtz gegenüber kein einseitiger Standpunkt vertreten wird. Es seien nur die Ausführungen über psychologische Fragen aus Helmholtz' Darstellung erwähnt.

Auch in der physiologischen Akustik hat v. Kries Bleibendes geschaffen. Die Bedeutung der doppelten Anlage des Gehörorgans für die Wahrnehmung der Schallrichtung wurde aufgeklärt und den eigentümlichen Leistungen des „absoluten Gehörs“ nachgegangen.

Einen allgemeinen Abschluß fanden die sinnesphysiologischen Arbeiten von v. Kries in seiner „Allgemeinen Sinnesphysiologie“³⁾, die unlängst erschien. Kein anderes Werk auf diesem Gebiet kann ihr an die Seite gestellt werden. Die Erfahrung eines langen Forscherlebens, eines tiefen und selbständigen Nachdenkens ist darin niedergelegt. Die Darstellung ist abgeklärt, so leicht verständlich, als der schwierige Gegenstand es zuläßt, und doch weit entfernt von flacher „Allgemeinverständlichkeit“.

Den Naturwissenschaftler werden weiter noch kleinere Aufsätze interessieren, von denen der über Goethe als Naturforscher⁴⁾, ein Nachruf auf Helmholtz, ein Aufsatz über das physikalische Weltbild erwähnt seien. Die beiden letzteren sind in dieser Zeitschrift veröffentlicht. In ersterem bewundern wir die Einfühlungsfähigkeit des Verfassers nicht nur in die naturwissenschaftlichen Gedankengänge Goethes, sondern in sein ganzes Wesen als „Dichterspsycholog“. Überzeugend wird dann dargelegt, wie Goethe durch seine Grundauffassung von der Wesensgleichheit der Sinne mit der durch sie aufzufassenden Wirklichkeit, durch seine naiv-sinnliche anstatt abstrakt-mathematische Anschauungsweise zu seinem Irrtum gegen Newton kam. Gerade in heutiger Zeit, in welcher man wieder Goethes Auffassung gegen Newton zu halten versuchte, wird v. Kries' Aufsatz ein wertvoller Führer sein, um so mehr, als auch er in Goethe einen großen Naturforscher sieht. Und so seien abschließend einige Worte aus dem Aufsatz hergesetzt: „Alles Reichthums

und aller Schönheit uns zu erfreuen, vor allem Großen und Gewaltigen uns in Demut zu beugen: das ist der Gewinn, der uns aus der Beschäftigung mit Goethe erwächst“.

Sehen wir so, wie tiefes Verständnis v. Kries für die Methode des rein anschaulichen Erfassens hat, so zeigen weitere Werke ihn als Meister der abstrakt-mathematischen Methode, die ja auch den schon berührten Arbeiten von Anfang an zugrunde liegt. Seine „Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung, eine logische Untersuchung“ aus älterer Zeit (1886)⁵⁾ und seine „Logik. Grundzüge einer kritischen und formalen Urteilslehre“ aus dem Jahre 1916⁶⁾ sind hier zu nennen. Soll das erstere Werk in erster Linie die Aufmerksamkeit der Philosophie auf die logischen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung lenken, so kann das zweitgenannte, großangelegte Werk, der Erlanger philosophischen Fakultät, deren Ehrendoktor v. Kries ist, gewidmet, gerade dem Naturforscher ungemein tiefe Belehrung bieten. Mit erstaunlich umfassendem Wissen und, man kann nur sagen, hoher Weisheit werden hier die schwierigsten erkenntnistheoretischen Probleme behandelt. Und das alles in einer Darstellungsweise von wunderbarer Klarheit. Da gibt es keine gesuchten Wortneubildungen, kein In-Anführungszeichen-Setzen alltäglicher Ausdrücke, um anzudeuten, daß sie in ganz besonderem Sinne gebraucht werden —, hier ist alles klar auseinandergesetzt, wie es gemeint ist, und eine Sprache angewendet, die den feinsten Abstufungen von Meinungen und Fragen nachzukommen imstande ist. Einzelnes näher auszuführen, hieße den Zusammenhang zerreißen. Ich kann es hier nur als meine Aufgabe ansehen, diejenigen, welche diesen allgemeinen Fragen nachgehen wollen, anzuregen, das v. Kries'sche Buch zur Hand zu nehmen, in welchem sich z. B. eingehende Auseinandersetzungen über das Kausalprinzip, die Energiegesetze, über die Frage der a priori-Gültigkeit solcher Gesetze, über psychophysische Zusammenhänge und vieles andere finden, Dinge, die ganz unmittelbar dem Ideenkreis des Naturwissenschaftlers angehören.

Ich verlasse damit die Darstellung der wissenschaftlichen Lebensarbeit von v. Kries und bin mir wohl bewußt, nur Andeutungen ihres Gehaltes geben zu können. Und nun die Persönlichkeit! Deren Zauber hat jeder in reichstem Maße an sich erfahren, der v. Kries näher stehen, ihn näher kennen lernen durfte. Stets freundlich und verbindlich, und doch bestimmt in der Stellungnahme, stets bereit, ein verständnisvoller Berater zu sein, stets voll höchster Selbstbeherrschung, bei aller Höhe der Begabung bescheiden und nach der Tagesarbeit gern geneigt, auch harmlos erholende und ablenkende Gespräche zu führen. Dabei hat er eine überraschend schnelle Auffassung und die Befähigung, eine behandelte

³⁾ Leipzig, Vogel, 1923. 299 S.

⁴⁾ Jahrb. d. Goethe-Gesellschaft 7, 1920.

⁵⁾ Freiburg i. B., Siebeck, 1886. 298 Seiten.

⁶⁾ Tübingen, Siebeck, 1916. 732 Seiten.

Frage mit dem Bestand seines großen Wissens zu vergleichen, in dasselbe aufzunehmen und den ganzen Wissensbestand in geordneter Bereitschaft zu haben. Eine besondere Freude hat v. Kries an der Musik, für die er große Begabung besitzt und die er auf dem Klavier auch heute noch hervorragend beherrscht. Mit Vorliebe der klassisch-romantischen Richtung sich zuwendend, hat er aber auch für neuere Erscheinungen der Musik großes Interesse. In seiner Gattin findet sein Wesen eine schöne Ergänzung. In langer, glücklicher Ehe ist er mit ihr verbunden, Glück im Sinne des tiefen, verständnisvollen Zusammenlebens miteinander und mit lieben Kindern und Enkelkindern. Doch schweres Leid blieb nicht erspart. Er ertrug es mit bewundernswerter und

vorbildlicher Standhaftigkeit. Und so trug er auch den gewaltigen Schmerz um den Niedergang des Vaterlandes.

So steht eine ganze Persönlichkeit vor uns. Seine Wirkung auf seine Schüler ist nicht die des zündenden Rhetorikers, sondern die viel tiefere Wirkung des klaren Verstandes, des warmerhitzigen Gemütes, der Vornehmheit der Gesinnung. So kam sein im besten Wortsinn fesselnder Vortrag zustande. Und so hat ihm auch die begeisterte Anhänglichkeit seiner Schüler nicht gefehlt.

Ein seltenes Glück ist uns in ihm beschert, daß er auch heute noch geistige Werte säen und ernten kann. Möge ihm und uns dies Glück noch lange erhalten bleiben!

Die Bedeutung des Gesanges der Vögel in biologisch-anatomischer Behandlung¹⁾.

Von Hans Böker, Freiburg i. Br.

Der Gesang der Vögel ist eine Lebenserscheinung, die seit alters her in den weitesten Kreisen lebhaftes Interesse gefunden hat. Und mit Recht, denn die Vogelstimmenkunde ist wirklich eine liebenswürdige Wissenschaft. Für den wissenschaftlich Denkenden geht aber mit der Freude an den Schönheiten des Gesanges Hand in Hand das Fragen nach seiner Bedeutung und nach dem Zweck, der ihm innewohnt.

Fast einstimmig ist man der Überzeugung, daß der Gesang ein Zeichen der Brunst, ein Paarungsgesang ist. Man hat sich wohl so ausgedrückt: die Gesangsäußerungen geschlechtsreifer Vögel sind der direkte Ausfluß des Geschlechtslebens, den Grad der geschlechtlichen Erregung erkennt man an der relativen Stärke des Gesanges, ein in der Freiheit singendes Männchen steht unter der Einwirkung des Geschlechtstriebes und der Gesangstrieb geht mit dem Geschlechtstrieb parallel (*Hagen*). Den Zweck hat man gesehen in dem Anlocken der Weibchen, im Überwinden seiner Sprödigkeit, im Abschrecken der Nebenbuhler und in anderem mehr. Ich gehe wohl nicht fehl, wenn ich vermute, daß auch die Mehrzahl der Leser mit diesen Deutungen durchaus einverstanden sein wird. Würde man nach den Gründen für diese Überzeugung fragen, dann würde man wohl hören, daß durch die Beobachtungen am Lebenden die zeitliche Übereinstimmung der Fortpflanzungsperiode mit der Hauptgesangsperiode doch so klar zutage trete, daß man darin den eindeutigen Beweis erblicken könne. Trotzdem wurden immer wieder Zweifler laut, ich nenne vor allem *Kleinschmidt* und *B. Hoffmann*, die besonders darauf hinwiesen, daß man von vielen Vogelarten, z. B. von Rotkehlchen, Rotschwänzchen, Zaunkönig, Was-

seramsel und auch vom Buchfink neben vielen anderen, regelmäßigen Herbst- ja Wintergesang hören könne, zu Zeiten also, wo sicher keine Bruten stattfinden. Um aber diese Zweifler zu beruhigen, sagte man, das seien Erinnerungen an Zeiten, in denen auch noch zu diesen Jahreszeiten Bruten gemacht worden seien, oder aber es seien die ersten Anzeichen davon, daß diese Vögel in ferner Zukunft weitere Bruten machen würden (*Hagen* und *Braun*). Scheinbrunst und unvollständige Brunst nannte man diese Erscheinungen. Man brachte also zur Erklärung des Gesanges die eine biologische Beobachtung mit einer anderen in Beziehung — Gesang und Brunst — und erklärte die eine durch die andere. Es will mir scheinen, als ob unserem Drang nach Erkenntnis diese Methode heute nicht mehr genügen könne, und daß man für seine Erklärungen bessere Grundlagen haben müsse. Man wird es nicht verwunderlich finden, wenn ich als Anatom diese Grundlagen in der Morphologie suche, wenn ich die biologischen Beobachtungen mit anatomischen Untersuchungen in Parallele bringe, die Lebenserscheinungen also anatomisch zu erklären versuche. Da dieser Weg in gewisser Hinsicht neu ist, muß ich auf diese Methode, welche Lebendbeobachtungen und anatomische Untersuchungen ursächlich vereint, mit ein paar Worten eingehen²⁾.

Die vergleichende Anatomie soll nach dieser Methode in Zukunft ihre Aufgabe im Verstehenlernen von Lebenserscheinungen sehen. Bisher sah sie ihre Aufgabe auf anderem Gebiet. Die vergleichende Anatomie der letzten Jahrzehnte suchte zu erkennen, was morphologisch gleichwertig ist, denn nur das war für sie vergleichbar.

²⁾ Ausführlich in der Zeitschr. für Morph. und Anthropol. 1923: Begründung einer biologischen Morphologie.

¹⁾ Nach einem Vortrag am 23. Februar 1923 in der med.-naturw. Gesellschaft zu Jena.

Sie fand das morphologisch Gleiche in dem, was gleicher Abstammung ist. Gleiche Organe nannte sie homolog. Sie brauchte und benutzte diese Homologienforschung für ihr Ziel, die natürlichen Verwandtschaftsbeziehungen der Organismen aufzudecken, sie lebte also ganz in der Phylogenese. Die morphologischen Erklärungen waren phylogenetische Erklärungen. — Die Erforschung der Lebenserscheinungen ist in erster Linie Aufgabe der Physiologie. Diese dagegen erklärt, indem sie die Lebensvorgänge auf physikalische und chemische Gesetze zurückführt. Darin liegt aber eine gewisse Einseitigkeit, deren Folge eine Vernachlässigung vieler Lebenserscheinungen ist. Probleme wie etwa die Bedeutung des Vogelgesanges interessierten also weder den Morphologen noch den Physiologen. Alle Beziehungen des Organismus zur Umgebung und zu den Wesen, mit denen er leben muß, die Chorologie, Ethologie und Ökologie wurden von ihnen überhaupt nicht oder nur ganz nebenbei beachtet. Doch schon *Haeckel* schrieb in der generellen Morphologie 1869: „der außerordentlichen Bedeutung dieser Verhältnisse entspricht aber ihre wissenschaftliche Behandlung nicht im mindesten“. Die Physiologie hat „die Beziehungen (des Organismus) zur Außenwelt, die Stellung, welche jeder Organismus im Naturhaushalt, in der Ökonomie des Naturganzen einnimmt, in hohem Grade vernachlässigt und die Sammlung der hierauf bezüglichen Tatsachen der kritiklosen Naturgeschichte überlassen, ohne einen Versuch zu ihrer mechanischen Erklärung zu machen“. Wie vor 50 Jahren so noch heute, die anatomischen Grundlagen für biologische Vorgänge werden nicht erforscht. Die Lücke klafft zum Schaden des Fortschrittes der Erkenntnis nach wie vor. Soll sie ausgefüllt werden, so muß der Anatom sich dieser Aufgaben annehmen. Aber es nützt nicht, wenn der Anatom sich den Kopf darüber zerbricht, welche Funktion eine von ihm erforschte Struktur wohl besitzen möge. Dabei kommt er vielfach über unfruchtbare theoretisierende Betrachtungen nicht hinaus. Sondern es gilt die chorologischen, ethologischen und ökologischen Beziehungen der Organismen zu beobachten und zu analysieren, und nun nicht nach den Funktionen, welche den *Betrieb* des Organismus ermöglichen, sondern nach denen zu suchen, welche die *Gestalt* bedingen, die Form beeinflussen. Lebensweise und Körperbau sind in ihrem ursächlichen Verhalten zu einander zu erforschen, es ist *die für jeden Lebensvorgang typische anatomische Konstruktion* zu erkennen! Ich habe diese Forschungsrichtung eine *biologische Anatomie* genannt; „Anatomie“, weil sie in erster Linie in den Arbeitsbereich des Morphologen, nicht des Physiologen gehört, und „biologisch“, weil sie in einem historischen Gegensatz zur bisherigen „genetischen“ Morphologie steht.

Die genetische Morphologie *Gegenbaurs* und

Haeckels soll durch die biologische Anatomie nicht als wertlos bezeichnet und für überwunden gelten, sondern die neue Richtung soll einen Schritt weiter tun, indem sie dabei auf den Ergebnissen der bisherigen Richtung fußt, nicht wie die genetische Morphologie selbst vor fast 70 Jahren durch *Darwins* Werk hervorgehoben, die idealistische Morphologie *Goethes* ablöste und sich völlig an ihre Stelle setzte. Nur der Gesichtspunkt, unter dem morphologisch und auch phylogenetisch gearbeitet werden soll, muß geändert werden. Wie die idealistische Morphologie hinter der Form die Idee, den Typus suchte, wie die genetische die Homologie, die Abstammung, so sucht die biologisch gerichtete Morphologie *die für einen Lebensvorgang typische anatomische Konstruktion*.

Gegenbaur und die ihm folgenden Morphologen mußten mit Recht diese biologische Betrachtungsweise zunächst ablehnen, weil in ihr große Gefahren lagen zu einer Zeit, als man noch geneigt war, Organe gleicher Funktion auch als morphologisch gleich zu betrachten. *Gegenbaur* schrieb deshalb 1870, die vorwiegende Berücksichtigung der physiologischen Verhältnisse der Organe sei das größte Hemmnis für die Entwicklung der vergleichenden Anatomie gewesen. Aber nachdem die morphologische Beurteilung der Organe heute dank der Homologienforschung so weit gediehen ist, daß wir in der Berücksichtigung der Funktion keine Gefahren mehr erblicken können, da ist es die Pflicht der Morphologie, sich der biologischen Betrachtungsweise zuzuwenden. Tut sie das nicht, so wird sie, davon bin ich überzeugt, an Interesse noch viel mehr verlieren und danach in ihrer Bedeutung ganz verkannt werden. Seit einer Reihe von Jahren ist die Morphologie, weil sie nur die Phylogenese sah, immer mehr in den Schatten gedrängt worden und hat der Vererbungslehre und der die Embryologie immer mehr beeinflussenden Entwicklungsmechanik Platz machen müssen, wodurch eine kausal-analytische Forschungsperiode zur Herrschaft gelangt ist. Wie die menschliche Anatomie als Lehrfach durch die biologische Betrachtungsweise, wie sie vor allem *H. Braus* eingeführt hat, außerordentlich belebt worden ist, so wird die vergleichende Anatomie als biologische Anatomie ebenfalls einer neuen Blüte entgegengehen.

Daß die phylogenetische Forschung durch sie nicht vernachlässigt, sondern ebenfalls neues Interesse gewinnen wird, sei hier nur angedeutet. Die biologische Anatomie wird sich nämlich nicht nur auf die Erforschung der anatomischen Konstruktion eines sich vor unseren Augen abspielenden Lebensvorganges beschränken, sondern wird Hand in Hand mit der Paläobiologie, *O. Abel*, dem *Werdegang* der Lebenserscheinungen nachgehen. Dabei wird sie sich ganz besonders auf die Homologienforschung stützen. Aber die biologische Anatomie wird ihr dabei nicht blind-

lings folgen, sondern sie wird als Wegweiser, als Korrigens der Homologienforschung auftreten. In Parallele zum Stammbaum der Organe und Organismen wird sie einen Stammbaum der Lebensweise aufstellen, beide müssen sich logisch decken, sonst ist die Ableitung falsch. Vorerst jedoch kann die Erforschung der Phylogenese für die biologische Anatomie nur von untergeordneter Bedeutung sein, bis die Lebenserscheinungen in ihrer für eine jede Erscheinung typischen und durch sie ursächlich bedingten anatomischen Konstruktion erforscht sein werden.

Kehren wir jetzt zu unserem eigentlichen Problem zurück und stellen wir die Fragen: Was für eine Lebenserscheinung ist der Gesang der Vögel und worin liegt die für ihn typische anatomische Konstruktion, die in ursächlichem Zusammenhang mit ihm steht? — Die anatomischen Werkzeuge, mit denen der Gesang hervorgerufen wird, sollen uns hier nicht beschäftigen. —

Alle Lebenserscheinungen, die wir am lebenden Tier wahrnehmen, stehen unter dem Einfluß von drei Trieben, dem Ernährungstrieb, Fortpflanzungstrieb und dem Trieb, sich zu schützen. Dazu kommen bei den höheren Wirbeltieren unserer Wahrnehmung in steigendem Maße zugängliche Äußerungen seelischer Erregungen. Es bedarf keiner Erörterungen, daß der Ernährungstrieb und der Trieb, sich zu schützen, mit dem Gesang nicht in Zusammenhang gebracht werden können. Wie aber einleitend auseinandergesetzt wurde, wird fast allgemein der Gesang

hatte. Dabei war es am besten, wenn alle Vögel, die man dazu benutzte, von derselben Art waren, am selben Ort und möglichst während eines Jahreszyklus zur Beobachtung gelangten. Die biologischen Beobachtungen mußten sich erstrecken auf das erste Auftreten des Frühjahrgesanges, auf den letzten Gesang im Sommer, auf Herbst- und Wintergesang, ferner mußten Daten gesammelt werden über die Vorgänge der Paarung, die ersten Begattungen, Eiablagen und über etwaige Bruten im Herbst. Bei Zugvögeln wäre dazu noch der Ankunfts- und Abzugstermin festzustellen und zu erforschen gewesen, wie sie sich im Winterquartier verhalten. Zu den anatomischen Untersuchungen mußten Vögel erlegt werden beim Beginn des Gesanges, beim Aufhören, bei Herbst- und Wintergesang, dann vor der Brunst, beim Beginn, dem Höhepunkt und dem Abflauen der Brunst und schließlich beim Beginn und während der Beendigung der Mauser.

Ich habe dies Material, so gut es gelingen wollte, vor allem am Buchfink in Freiburg i. B. gesammelt. Der Buchfink ist ein so häufiger und sich so rasch vermehrender Singvogel, daß man sich kein Gewissen daraus zu machen brauchte, wenn man einige von ihnen tötete. Ausführlich habe ich dies Material im Journal f. Ornithologie 1923, H. 2 u. 3 besprochen, worauf hiermit verwiesen sei.

Die Beobachtungen am Lebenden und die Ergebnisse der anatomischen Untersuchungen bringe ich der Übersichtlichkeit halber in Form folgender Tabelle zur Darstellung:

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Fortpflanzung				—								
Samenbildung			123 + 45	—								
Gesang		—										
Mauser							—					

als Ausfluß des Fortpflanzungstriebes bezeichnet. Ist das zutreffend, dann muß sich dieser Zusammenhang auch anatomisch im Bereich der Geschlechtsorgane zeigen. Wir müssen also vor allem an den Keimdrüsen nach der „typischen Konstruktion“ sehen, die den Gesang ursächlich bedingt, oder mit anderen Worten, in den Keimdrüsen müßten sich anatomisch nachweisbare Vorgänge abspielen, welche die Veranlassung für den Gesang darstellen.

Zu dem Zweck, dies zu erweisen oder als nicht zutreffend zu erkennen, mußte ein reiches Material gesammelt werden, das aus biologischen Beobachtungen und erlegten Vögeln zu bestehen

Das bedeutet: 1. Die Fortpflanzungsperiode beim Buchfinken beginnt in Freiburg in der dritten Märzwoche mit der Bildung der Paare und dem Auftreten der Brunstkämpfe, Anfang April sind die ersten Begattungen zu beobachten, die bis Mitte Juli, 13. Juli 1922, wiederholt werden können. 2. Während des Winters befinden sich die Hoden in völliger Ruhe, die Samenzellen sind Spermatogonien⁽¹⁾. In der letzten Februarwoche setzen Zellteilungen unter diesen ein und vergrößern sich die Zellen zu Spermatozyten⁽²⁾, bis Mitte März sind darauf durch die beiden Reifeteilungen die Präspematiden⁽³⁾ und die Spematiden⁽⁴⁾ gebildet, die sich dann in der dritten

Märzwoche in reife Spermien (5) umwandeln. Die Hoden schwellen in der Zeit von 1 : 2 mm Durchmesser zu 7 : 9 mm an, die Hodenkanälchen messen in der Ruhe 66 μ , Ende Februar 166 μ , während die des Brunsthodens sich auf 500—800 μ Durchmesser ausdehnen. Von der letzten Juliwoche an setzen die Rückbildungen der Samenzellen wieder ein, so daß Zellen und Maße bald wieder den Ruhestand erreichen. 3. Der Gesang des Buchfinken, die typische „Würzgebier“-Strophe, ist in Freiburg regelmäßig schon am 2. oder 3. Februar zu hören und kommt gewöhnlich schon Mitte des Monats zur vollen Stärke. Anfang Juli klingt er langsam ab, den letzten Schlag hört man gewöhnlich am 8. oder 10. Juli. Ende Juli, den ganzen August, September und besonders den Oktober hindurch hört man schlechten Buchfinkengesang, und im Dezember habe ich das ebenfalls schon mehrfach gehört. Diese Herbst- und Wintersänger sind alles Jungvögel. Herbstgesang alter Buchfinken habe ich noch nicht feststellen können, doch halte ich das nicht für ausgeschlossen, kommt er doch bei vielen der anderen Herbstsänger, die im Oktober sehr lebhaft singen, Rotkehlchen und Rotschwänzchen vor allem, sicher vor. 4. Die Mauser setzt in der zweiten Juliwoche ein und dauert bis Ende September, sie ist bei Erwachsenen eine Vollmauser, bei Jungvögeln nur eine Teilmauser.

Daraus lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Die Fortpflanzungsperiode, die mit dem ersten Auftreten der Brunstkämpfe und der Teilung der Vogelgesellschaften in Paare beginnt, und mit der letzten Begattung ihr Ende erreicht, dauert anatomisch so lange, wie man reife Samenzellen in den Hodenkanälchen findet. Die Zeit der Samenreife und die Zeit des Zerfalls der Samenzellen gehört nicht zur Brunstzeit. Die Ergebnisse einer großen Untersuchung von *Tandler* und *Grosz* über die Spermiogenese des Maulwurfs stimmen damit überein, denn sie beginnt schon im Oktober und ist erst im März beendet, und dann erst beginnt die Brunstzeit des Maulwurfs. Ebenso wenig wie der Maulwurf im Winter in Brunst ist, so wenig ist es der Buchfink vor der dritten Märzwoche. Da der Buchfink mit seinem Gesang aber schon viel früher, bis zu 6 Wochen früher, beginnt, so kann der Gesang kein Brunstmerkmal sein. Derselbe Schluß ergibt sich aus der Tatsache, daß die Fortpflanzungsperiode im Juli länger dauert als die Gesangsperiode, beim Buchfinken etwa zwei Wochen. Das Ende des Vogelgesanges im Sommer geht dagegen synchron mit dem Beginn der Mauser. Da diese Sommermauser bei den ausgewachsenen Buchfinken eine Vollmauser ist, wird der Gesang völlig unterbrochen, während die den Jungvögeln nur eigene Teilmauser es nicht verhindert, daß diese schon bald nach dem Selbständigwerden anfangen zu singen. Dieses Singen der jungen Buchfinken ist zuerst nur ein Stümpfern, die typische Strophe will gelernt sein.

Im Oktober jedoch kann man schon recht guten Buchfinkenschlag zu hören bekommen.

Das Ergebnis dieser biologisch-anatomischen Untersuchung ist bisher also negativ ausgefallen, da wir die für den Gesang typische anatomische Konstruktion nicht gefunden haben. Das erste Ergebnis besagt also, daß der Gesang der Vögel mit dem Fortpflanzungstrieb in keinem ursächlichen Zusammenhang steht. Ich möchte dabei aber betonen, daß man wohl unterscheiden muß, daß die „Singvögel“, wie die meisten Vögel überhaupt, über die verschiedensten Lautäußerungen verfügen, von denen wir gewisse zweifellos als „Paarungsrufe“ und „Begattungslaute“ aufzufassen haben. Diesem steht aber der „Gesang“ als etwas ganz anderes schroff gegenüber!

Fragen wir uns jetzt aber, wo wir denn nun die anatomische Untersuchung anzusetzen haben, welche die „typische Konstruktion“ für die Lebenserscheinung Gesang aufdeckt, so bleibt uns nichts anderes übrig als das Gehirn als Organ für alle seelischen Regungen der Tiere. Die Hirnforschung ist aber leider noch nicht so weit, daß sie uns für jeden seelischen Vorgang die anatomische Unterlage demonstrieren könnte. Das muß der Zukunft noch überlassen bleiben. Immerhin sind wir wohl berechtigt zu sagen, daß die Vögel in ihrer Gesamtheit und unter ihnen besonders die „Sing“-Vögel und diejenigen, welche die menschliche Sprache nachzuahmen verstehen, auf höherer psychischer Stufe stehen, als die meisten anderen Tiere einschließlich der Säugetiere.

Ich komme also zu der Ansicht, daß der Gesang der Vögel immer der Ausfluß höherer psychischer Regungen ist, daß er immer von psychischen Reizen ausgelöst wird. Nur dann singen die Vögel nicht, wenn sie sich körperlich so wenig wohl fühlen, daß psychische Reize sie nicht zum Singen veranlassen können. Das ist der Fall im Winter, wenn die Nahrungssorgen den Vogel ganz beschäftigen, und zur Zeit der Vollmauser. Es wird Aufgabe der Ornithologen sein, durch Lebendbeobachtung die psychischen Reize, die den Gesang auslösen, zu erkennen. Solche Reize können von Freund und Feind und der leblosen Umgebung ausgehen, sie können so stark sein, daß sie Gesang auslösen, auch wenn der Vogel sich körperlich unwohl fühlt, ja wenn er sterbenskrank ist. Auch in der Zeit des Wandertriebes wird der Vogel unter besonderen psychischen Reizen stehen, welche dann Gesang auslösen, wenn die Wanderung etwa unterbrochen wird, oder aber wenn der Antritt der Reise im Herbst hinausgezögert wird. Den starken Herbstgesang der Rotkehlchen und Rotschwänzchen erkläre ich mir damit. Die Zeit aber, in der die Vögel unter den stärksten psychischen Reizen stehen, ist die Brunstzeit, deshalb wird der Gesang in dieser Zeit auch am stärksten erschallen. In der Verkennung dieser Über-

legung beruhte das alte Vorurteil, das im Vogelgesang lediglich einen Brunstgesang sehen wollte! Der Gesang der Vögel ist ein *Artmerkmal* und nicht ein Geschlechtsmerkmal. Daher erklärt es sich, wenn die weiblichen Singvögel vielfach richtigen Gesang hören lassen. Es ist vielleicht nicht zu viel gesagt, wenn man die Ansicht äußert, daß die Weibchen es psychisch in Zukunft auch einmal so weit bringen werden, wie

es die Männchen jetzt schon sind, daß sie also ebenso stark und gut singen werden, wie wir es jetzt in der Regel nur von den männlichen Vögeln zu hören gewohnt sind.

Mit exakten biologischen Beobachtungen in Parallele mit genauesten anatomischen Untersuchungen, d. h. also mit Hilfe der biologischen Anatomie, wird man diese wie noch viele andere Probleme der Lösung zuzuführen imstande sein!

Besprechungen.

Study, E., Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume. Zweite umgearbeitete Auflage. Erster Teil: Das Problem der Außenwelt. Einzeldarstellungen aus der Naturwissenschaft und der Technik, Bd. 54. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1923. X, 83 S. Preis Gz. geh. 3,5; geb. 5.

—, **Mathematik und Physik.** Eine erkenntnistheoretische Untersuchung. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 65. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1923. 31 S. Preis Gz. 1,5.

—, **Denken und Darstellung, Logik und Werte, Dingliches und Menschliches in Mathematik und Naturwissenschaften.** Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 59. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1921. 43 S. Preis Gz. 2.

Die erste Schrift behandelt, als Einleitung in die Lehre vom physischen Raume, die Frage nach Sinn und Berechtigung unserer Annahme einer materiellen Welt überhaupt. Die ersten drei Kapitel untersuchen, mit besonderer Bezugnahme auf *Vaihinger*, die Begriffe der Hypothese und der Fiktion; ihr Ziel ist der Nachweis, daß in den Aussagen der Naturforschung zwar durchweg hypothetische und fiktive Bestandteile miteinander vermischt auftreten, daß sie sich aber grundsätzlich durchaus voneinander unterscheiden lassen. — Das erste Kapitel handelt von den Hypothesen. Den Zweck der Hypothesenbildung sieht *Study* mit *Vaihinger* darin, das „Gegebene“ (d. h. vor allem den individuellen Empfindungsverlauf) in Zusammenhang zu bringen, um die Lücken dieses Zusammenhangs, die unsere Erfahrung uns reichlich darbietet, zu schließen. Zu diesem Zweck stellt die Hypothese eine „Abbildung“ des Gegebenen auf eine gewisse logische Verkettung her, wobei einzelnen Kettengliedern gegebene Stücke entsprechen, anderen aber nicht; und zwar werden diese logischen Verkettungen so gewählt, daß sich im ganzen ein möglichst einfaches, d. h. willkürfreies Weltbild ergibt. Während *Vaihinger* nur provisorische Hypothesen anerkennen will, d. h. Annahmen, die sich unmittelbar und vollständig an der individuellen Sinneserfahrung bestätigen oder widerlegen lassen, zeigt *Study* an zahlreichen Beispielen, daß die Hypothesen der Naturwissenschaft im allgemeinen nur mittelbar, nur teilweise und nur im Zusammenhange mit andern solchen Hypothesen eine empirische Prüfung gestatten, daß sie also höchstens „bekräftigt“, nicht aber bestätigt werden können. — Das zweite Kapitel handelt von den Fiktionen. *Study* versteht darunter mit *Vaihinger* und *Lotze* Annahmen, die man mit dem vollständigen Bewußtsein ihrer Unmöglichkeit macht, weil man weiß, daß sie entweder innere Widersprüche enthalten oder dem Erfahrungsinhalt, auf den sie sich beziehen, nicht gerecht werden. Nur

Fiktionen der letzteren Art sind nach *Study* in der Naturforschung zulässig und notwendig, nämlich als bewußte „Idealisierungen“, schematische Vereinfachungen der Naturwirklichkeit. Denn mit solchen Vereinfachungen können wir zur Not fertig werden, während ein genaues Weltbild nie in unsere Köpfe hineingehen würde. Der Gebrauch solcher Fiktionen in der Forschung schließt aber stets noch die Hypothese in sich, daß zwischen der Wirklichkeit und dem fingierten Bilde eine Art von Parallelismus besteht: erst diese Hypothese kann Erkenntniswert besitzen, nicht schon die Fiktion als solche, wie *Study* an zahlreichen Beispielen erläutert. — Im dritten Kapitel werden Tatsachen, Hypothesen und Fiktionen als Relativbegriffe, nämlich in ihrer Beziehung zum erkennenden Subjekt betrachtet; insbesondere wird (im Anschluß an *Vaihinger*) die Möglichkeit erörtert, daß eine und dieselbe Annahme nacheinander im selben oder gleichzeitig in verschiedenen Subjekten als Tatsache, Hypothese und Fiktion bewertet werden kann.

Das vierte Kapitel behandelt nun die realistische Grundhypothese und ihre Gegner, welche *Study* unter dem Namen Immanenzphilosophen zusammenfaßt. Für den sogenannten naiven Realismus des täglichen Lebens und der naturwissenschaftlichen Praxis ist die Außenwelt eine Tatsache schlechthin, für die Immanenzphilosophen ist sie höchstens eine praktisch brauchbare Fiktion „ohne Erkenntniswert“. Der „theoretische“ oder „wissenschaftliche“ Realismus hingegen, wie ihn *Study* vertritt, sieht in der Annahme der Außenwelt (neben der Annahme einer unbedingten Gesetzlichkeit alles Geschehens) die Grundhypothese der ganzen Naturwissenschaft, welche durch alle Erfahrung unausgesetzt bekräftigt wird, während sie durch die Einwände der Immanenzphilosophen nicht widerlegt zu werden vermag. Ihren Haupteinwand, daß der Begriff einer vom Erkennen unabhängigen Realität logische Widersprüche enthalte, beantwortet *Study* durch den Hinweis, daß die reale Außenwelt in logischer Hinsicht ein implizite definierter Gegenstand sei, analog den Gegenständen der mathematischen Axiomatik. Zwar vermögen wir nicht das Ding an sich zu erkennen, wohl aber Beziehungen zwischen Dingen. Das „tun wir z. B. schon dann, wenn wir sagen, daß nicht zwei physische Körper dieselbe Stelle in Raum und Zeit einnehmen können. Das Ding betrachtet der Physiker als *Träger* dieser Beziehungen, zahllose Fäden scheinen sich ihm von einem Ding zum andern zu spinnen, und genau so liegt die Sache im Grunde auch schon für den naiven Menschen, wenn er sich auch schwerlich mit diesen oder ähnlichen Worten ausdrücken wird. *Der Begriff des Dinges ist praktisch unentbehrlich. Er ist aber auch theoretisch unentbehrlich*, denn ohne die Annahme eines Trägers, an dem alle jene Fäden angeheftet sind, können wir es durchaus

nicht verstehen, warum sie zusammen bleiben. Zwar haben wir es bei der Außenwelt, anders als bei den Gegenständen der Axiomatik, „mit einer Hypothese zu tun, die auf immer Hypothese bleiben muß — aber mit einer Hypothese, die gerade in dem, worauf es ankommt, anderen Hypothesen gleicht, Hypothesen wie der Abstammungslehre, die jeder verständige Forscher annimmt, die aber folgerecht ebenfalls abgelehnt werden müssen, wenn man auf Herbeischaffung eines bündigen Beweises (einer meines Erachtens sinnlosen Forderung) bestehen will.“ Umgekehrt ist es nun das Ziel *Studys*, den theoretischen Realismus als die einzig zulässige philosophische Fortbildung des naiven zu erweisen und damit zugleich zu zeigen, daß zwischen der Theorie der Immanenzphilosophen und ihrer Praxis, in der sie alle Realisten sind, ein unlösbarer Widerspruch besteht. Auch der naive Realist bildet, wie *Study* ausführt, beständig, und zwar ganz instinktiv, Hypothesen und fragt nach ihrer Bewährung: aus dem „eminent praktischen Grunde, daß es durchaus nicht gelingen will, ohne solche, wenn auch noch so unvollkommene und fluktuierende Hilfskonstruktionen der Phantasie und des Verstandes, in den Erscheinungen, besonders auch in denen der anderen Iche, einen gesetzmäßigen Zusammenhang zu erkennen: *Erst aus solcher Erkenntnis lassen sich brauchbare Motive des Handelns ableiten.*“ Der theoretische Realismus besteht „in der bewußten und planmäßigen, zugleich vor- und umsichtigeren Ausübung desselben bewährten Denkprozesses und in seiner Anwendung auf die Erkenntnis um der Erkenntnis willen“. Ihm sind die Hypothesen unvermeidliche Brücken zwischen den Erscheinungen, um diese in logischen Zusammenhang miteinander zu bringen. So bleibt er mit der Praxis des Lebens und der Wissenschaft in bester Übereinstimmung; seine Gegner aber stehen ratlos vor der Frage, woher es kommt, daß die Fiktion einer Außenwelt alle anderen Fiktionen so weit an Brauchbarkeit überragt; worauf denn der Erfolg solcher Begriffsbildungen wie Materie, Atome, Lichtwellen usw. beruht, wenn wir doch in ihnen nicht einmal ungetreue Abbilder einer Wirklichkeit erblicken dürfen. Nach *Studys* Ansicht kennt der Realismus solche Fragen nicht, während sie für die Immanenzphilosophie unvermeidlich sind. Eine genügende Antwort auf diese Fragen hält *Study* gar nicht für möglich; immerhin zieht er einmal den Fall in Betracht, daß man „dem bezeichneten Problem ernstlich zu Leibe gehen sollte“. Die Immanenzphilosophen aber können jedenfalls, wie er meint, nur dann zu einer Lösung dieses Problems gelangen, wenn sie den Erkenntniswert, den der Realismus jenen Begriffsbildungen zuschreiben darf, im Widerspruch zu ihrem prinzipiellen Standpunkt nachträglich usurpieren: für sie „darf es keine Naturwissenschaft geben, wenn diese mehr als ein Gewebe von Einbildungen sein will, keine fremden Iche und keine Psychologie“.

Eine gesonderte Besprechung erfahren in den beiden nun folgenden Kapiteln noch der sogenannte Konventionalismus, der sich nach *Study* höchstens in nebensächlichen Dingen aufrechterhalten läßt („Je mehr Konventionelles und also Willkürliches in einer physikalischen Theorie steckt, desto schlechter ist sie“), und endlich der Fiktionalismus *Vaihingers*, welcher allgemein behauptet, daß unser Denken mit Widersprüchen durchsetzt ist, und daß gerade diese Widersprüche das Wertvollste daran sind. *Study* wendet sich insbesondere gegen *Vaihingers* Versuch, seine Lehre an der Mathematik zu erhärten; er findet „die Psychologie dieser Wunderlichkeit“ darin, daß *Vaihinger* zwischen der Mathe-

matik schlechthin und ihrem historischen Embryonalzustand (z. B. zur Zeit *Berkeley*s und *Kants*) keinen Unterschied macht. Die reine Mathematik ist, wie *Study* darlegt, überhaupt nicht fiktiv; denn alle ihre Aussagen lassen sich, soweit sie einwandfrei begründet sind, auf Aussagen über natürliche Zahlen zurückführen, und der Begriff der natürlichen Zahl „ist — gleich anderen Begriffen (Säugetier, Vogel, Denken, Empfinden usw.) *imaginativ (ideell)*, aber keineswegs fiktiv. Wer immer ihn anwendet, hat nicht das Bewußtsein, daß sein Denken sich „im Unmöglichen bewegt“, am wenigsten die Mathematiker von Fach, die hier doch wohl zuerst gehört werden müssen“. Der Fortschritt der Mathematik beruht, wie der wissenschaftliche Fortschritt überhaupt, nicht auf etwaigem innerem Widerspruch der Begriffsbildung, sondern gerade umgekehrt auf deren Wahrheitsgehalt. Der Fiktionalismus geht „auf Zerstörung alles redlichen Denkens aus“; seinen Gipfel erreicht er in dem „kindischen Zerstörungstrieb“ *Nietzsches*. Den Schluß dieses Kapitels bildet eine scharfe Absage an einen großen Teil der bisherigen philosophischen Literatur, deren Züge, so wie sie *Study* zeichnet, den „auf das Objektive gerichteten schlichten Sinn des Naturforschers und Mathematikers abstoßen müssen, dem es nicht entgehen kann, wie oft bei solchen Philosophen ein Wunsch der Vater des Gedankens ist“.

Das letzte Kapitel faßt den Hauptinhalt der bisherigen zusammen in der (durch *O. Selz* angeregten) Lehre, daß unsere Erkenntnisse eine natürliche Rangordnung besitzen: In erkenntnistheoretischer Hinsicht an erster Stelle stehen Logik und Mathematik, dann folgt das „unmittelbar Gegebene“, dann nacheinander die Hypothesen der realen Außenwelt und des eigenen Ichs, des fremden Seelenlebens, endlich der Gesetzmäßigkeit *alles* Geschehens (mit Einschluß des psychischen). Hieran schließt sich noch eine Auseinandersetzung mit *Mach* und *Russell*. Zwar hält auch *Study* es für eine vernünftige Forderung, zuzusehen, wie weit sich die Theorie der Naturforschung unabhängig von der realistischen Grundhypothese, allein vom individuell gegebenen Empfindungsverlauf aus entwickeln läßt; aber er behauptet nicht nur, daß dieser Grundgedanke bei *Mach* ungenügend durchgeführt ist (was *Mach* wohl selbst am wenigsten bestritten haben würde), sondern auch, daß alle weiteren erkenntnistheoretischen Prinzipien *Machs* bereits seinem Grundgedanken widersprechen, auch das Prinzip der sparsamsten und genauesten Symbolisierung des Gegebenen. Erst das Werk von *Russell*¹⁾ ist nach *Study* ein ernsthafter Versuch, den Grundgedanken *Machs* durchzuführen. Auch hier bleiben jedoch eben die intellektuellen Bedürfnisse unerfüllt, in deren Befriedigung die Realisten „geradezu die Aufgabe der Erkenntnistheorie erblicken“: es ergibt sich nämlich nur „eine ungeheuer verwickelte Umschreibung des Dingbegriffs“, wobei das Ding als ein substratloser Komplex von Wechselbeziehungen erscheint. Nach *Study* existiert die Tatsache, auf die seines Erachtens das größte Gewicht gelegt werden muß, nämlich die *Zugänglichkeit*, mit der wir gewisse Vorstellungen bilden, für diese Betrachtungsweise gar nicht. Nichtsdestoweniger wird *Russell* im ganzen weit günstiger beurteilt als *Mach*. Seine eigene Arbeit hat *Study* in der Absicht ausgeführt, eine Basis zu gewinnen, von der „eine Untersuchung über die mit den Worten Zeit

1) „Our knowledge of the external world as a field of scientific method in philosophy“, 2. Aufl., London 1922.

und Raum zu verbindenden Begriffe ausgehen kann, ja die Basis, von der sie ausgehen muß“.

Als Thema der zweiten Schrift bezeichnet *Study* die Frage: „Was ist der Mathematik zuzurechnen, was ist spezifisch-physikalisch in der theoretischen Physik, und wie geht es zu, daß sich Teile der Mathematik überhaupt mit der Physik zu einer höheren Einheit verbinden lassen?“ Für den ersten Punkt vertritt *Study* im Hinblick auf die „präzise Begründung der Lehre von den Zahlen durch *Dedekind* und *G. Cantor*“ die Ansicht, daß sich die gesamte reine Mathematik auf das Rechnen mit natürlichen Zahlen gründen lasse. Bei dieser Auffassung wird auch die Geometrie „arithmetisiert“, d. h. ihre Gebilde werden durch Koordinaten und Gleichungen definiert. Z. B. heißt es: „Die Zahlenkonfiguration (je nach Umständen die einzelne Zahl, das Paar von Zahlen, das Tripel usw.) ist der Punkt.“ Hiermit ist die Raumanschauung als Forschungsmittel keineswegs ausgeschaltet, auch von den Anwendungsmöglichkeiten geht nichts verloren, während „die logische Seite der Sache sich sehr viel einfacher darstellt“ als bei der axiomatischen Begründung der Geometrie. Jedenfalls ist die gesamte reine Mathematik „logisch unabhängig von der Erfahrung“. Auch die theoretische Physik enthält, wie *Study* nun weiter ausführt, einen solchen arithmetisierbaren, rein mathematischen Bestandteil, und zwar ist dieser ausgewählt auf Grund eines außerlogischen Motivs, nämlich daß man nur solche Überlegungen anstellen will, deren Ergebnisse eine enge Beziehung zur Erfahrung haben. „Nur psychologisch und historisch“ ist also auch die theoretische Physik abhängig vom Inhalte der Erfahrung. Zur Antwort auf seine Hauptfrage unterscheidet nun *Study* in der Physik drei Bestandteile von ganz verschiedenem erkenntnistheoretischem Charakter, deren jedem eine bestimmte Methode entspricht: Erstens den mathematisch-deduktiven Bestandteil, zweitens den Bestandteil der Experimentalphysik mit der Methode der unvollständigen Induktion, und drittens zwischen jenen ein Grenzgebiet, das in beide übergreift und sie zueinander in Beziehung setzt, mit der Methode der Idealisierung (im früher besprochenen Sinne). Die physikalische Forschung stellt sich nun „historisch und psychologisch“ dar als ein Kreislauf durch jene drei Gebiete: „Beobachtungsergebnisse werden idealisiert und dadurch der mathematischen Behandlung zugänglich gemacht. Die Ergebnisse der Rechnung werden dann wieder mit der Wirklichkeit verglichen. Ist das Resultat unbefriedigend, so hebt der Kreislauf von neuem an, man versucht es mit einer verfeinerten oder auch ganz neuen Idealisierung. Das Grenzgebiet zusammen mit der mathematischen Theorie macht die theoretische Physik aus“.

In der dritten Schrift polemisiert *Study* gegen die Forderung von *M. Pasch*²⁾, daß grundsätzlich alle mathematischen Beweise in einfachste Syllogismen aufgelöst werden sollen. Diese Forderung läßt sich wohl in ausgewählten Beispielen verwirklichen, aber allgemein aufgestellt läuft sie darauf hinaus, daß die Darstellung in Wort und Schrift auf die ganz Unbefähigten zugeschnitten werden soll, was praktisch unmöglich und auch didaktisch unerwünscht ist. Denn zur Schulung der Selbstkritik dient mehr noch als eine Sammlung zergliederter Schlußketten die Vorführung tatsächlich vorgekommener Fehlschlüsse, und was das Überzeugtwerden anbelangt, so fühlen wir uns durch so manchen logisch richtigen Beweis mehr düpiert als

belehrt. Überhaupt besteht Mathematik nicht darin, daß man nach Annahme gewisser Grundwahrheiten, wie *Pasch* sagt, „folgerichtig weiterdenkt“. Vielmehr könnte sowohl die Begriffs- als die Urteilsbildung rein logisch noch in unbegrenzt vielen Richtungen erfolgen: wenn in der Tat nur einige wenige solcher Richtungen eingeschlagen werden, so beruht diese Auswahl stets auf einem außerlogischen Motiv, einem Werturteil. So stehen wir denn vor einer der heikelsten Fragen, die es gibt: „Was ist wertvoll?“ Die Antwort auf diese Frage gibt *Study* im Anschluß an *Poincaré*: ihm ist wissenschaftlich wertvoll, was folgenreich, was fruchtbar ist, was unsere Kräfte stärkt. „Vor allen Dingen muß der Forscher *Phantasie* haben. Die reine Logik ist unfruchtbar, weil sie sich sofort ins Uferlose verliert.“ Also kann auch der mathematische Unterricht keineswegs eine bloße Anleitung zum Zergliedern sein; vielmehr wird der Lehrer der Mathematik, „so gut oder schlecht er es eben vermag, die Probleme zu motivieren, die Methoden zu vergleichen, die Zweckmäßigkeit der Begriffsbildungen zu beurteilen haben“, nicht dogmatisch, sondern um dem Hörer „zu Gemüte zu führen, über wie vieles der Mathematiker nachdenken muß, das im Deduktionsschema keinen Platz finden kann“. — *Study* betont, daß seine Darlegungen ebenso wie diejenigen *Paschs* überall in dem schwierigen Gebiete der Werturteile sich bewegen, also in ihren Wurzeln tief ins Persönliche hinabreichen. Er bekämpft nur die „anachronistische“ Ausschließlichkeit, mit der ihm *Pasch* sein Ideal zu vertreten scheint. „Die freie Vortragsform erst . . . hat das Aufblühen und Gedeihen der modernen Wissenschaft möglich gemacht. Dieser Freiheit, die eine gelegentliche Rückkehr zur antiken Darstellungsweise (und meinetwegen auch den Gebrauch einer Begriffsschrift) keineswegs ausschließt, wollen wir uns rückhaltlos freuen. Laßt uns versuchen, ihren Mißbrauch einzuschränken, vor allem Selbstkritik zu üben, nicht aber danach trachten, uns selbst und andere des köstlichsten Gutes zu berauben.“

Ich hoffe, im vorstehenden den Inhalt der drei Schriften im wesentlichen richtig wiedergegeben zu haben. Ihre Beurteilung wird natürlich davon abhängen, welche Aufgaben man einer Theorie der exakten Forschung zuweist. *Karl Gerhards, Aachen.*

Eddington, A. S., Raum, Zeit und Schwere. Ein Umriss der allgemeinen Relativitätstheorie. Ins Deutsche übertragen von *W. Gordon*. Sammlung „Die Wissenschaft“ Bd. 70. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1923. VIII, 204 S. und 19 Abbildungen. 14 × 22 cm. Preis Gz. geh. 6.50; geb. 8.

Bei den Einführungen in die Relativitätstheorie tritt je nach der Einstellung des Verfassers bald mehr die mathematische Geschlossenheit der Theorie, bald mehr die physikalische Notwendigkeit ihrer Gedankengänge in den Vordergrund. *Eddington* gehört zu den ausgesprochenen Bewunderern des mathematischen Gebäudes der Relativitätstheorie. Sein vor kurzem in diesen Blättern¹⁾ angezeigtes zweites Werk über diese Theorie (*The Mathematical Theory of Relativity*) und die von ihm darin gegebene, rein im Formalen liegende Weiterführung zeigen dies. Auch das hier vorliegende Buch, die Übersetzung von „Space, Time and Gravitation“ (erschienen 1920), das im wesentlichen die allgemeine Relativitätstheorie — „für Leser ohne fachwissenschaftliche Vorkenntnisse“ —

²⁾ „Mathematik und Logik“, Leipzig 1919.

¹⁾ Die Naturwissensch. 11, 382 (Heft 20), 1923. Besprechung von *M. v. Laue*.

behandelt, legt besonderes Gewicht auf die Darstellung der Verknüpfung der Physik mit der Geometrie. So bildet auch ein Prolog: Was ist Geometrie? die Einleitung.

Trotzdem bleibt *Eddington* nicht beim Mathematisch-Formalen stehen. Gerade die Deutung der physikalischen Vorgänge durch die Relativitätstheorie im Vergleich zu der durch die klassische Physik ist mit großer Eindringlichkeit dargestellt (z. B. 4. Kapitel: Kraftfelder, worin das Äquivalenzprinzip außerordentlich anschaulich behandelt wird).

Daß im ganzen *Eddington* der Relativitätstheorie gegenüber eine durchaus selbständige Auffassung einnimmt, zeigt besonders das 12. Kapitel: Über die Natur der Dinge. Die vierdimensionale „Welt“ bedeutet für ihn kein bloßes Schema, in das die physikalischen Vorgänge sich einordnen lassen, sondern sie ist die wirkliche Welt der Physik; die alltägliche dreidimensionale Welt besitzt für sich keine Realität. Die vierdimensionale Tensorarstellung der physikalischen Zusammenhänge ist vielleicht als die letzte Stufe physikalischer Erkenntnis aufzufassen. „Die physikalische Forschung kann niemals über die Form hinausgelangen.“ Die Materie und ihre Bewegung sind Äußerungen der Krümmung von Raum und Zeit und *nur das*.

Von großem Interesse ist das 10. Kapitel: Der Unendlichkeit entgegen. Hier setzt sich *Eddington* mit den kosmologischen Untersuchungen von *Einstein* und *de Sitter* auseinander. Ähnlich wie *Weyl* und andere Autoren steht er ihnen *hier* im ganzen ablehnend gegenüber. Er will die Zentrifugalkraft nicht auf eine Rotation relativ zu irgendwelcher von uns feststellbaren Materie zurückführen. Für ihn sind die geodätischen Linien ebenso real wie die materiellen Teilchen. Beide kennzeichnen die absolute Struktur der Welt, „und eine Rotation relativ zur geodätischen Struktur steht augenscheinlich auf keiner anderen Stufe wie eine Geschwindigkeit relativ zur Materie“. Fern von allen Massen sind die geodätischen Linien Gerade und bilden das „Trägheitssystem“. In einem zum Trägheitssystem rotierenden Koordinatensystem treten (zufolge der Relativität der Kraft) Zentrifugalkräfte auf. In dieser Auffassung ist dann freilich, wie auch *Eddington* hervorhebt, die dargestellte Theorie keine eigentliche Relativitätstheorie; sie wird vielmehr zur einfachen Gravitationstheorie. In seinem zweiten Werk (z. B. S. 160 und 168) erkennt übrigens *Eddington* die kosmologischen Untersuchungen von *Einstein* u. a. in ihrer vollen Bedeutung an.

Auf alle Fälle ist mit der von *W. Gordon* besorgten, gut gelungenen Übersetzung von „Space, Time and Gravitation“ eines der wertvollsten Bücher über die Relativitätstheorie, das reich ist an klugen Gedanken und treffenden Einfällen, dem deutschen Leser leichter zugänglich geworden. Allerdings bietet es infolge seiner mehr abstrakten Einstellung nicht immer den leichtesten Weg dar, in die Theorie vorzudringen.

A. Kopff, Heidelberg-Königstuhl.

Winternitz, Josef, Relativitätstheorie und Erkenntnislehre. Wissenschaft und Hypothese XXIII. Leipzig, B. G. Teubner, 1923. 8°. VIII, 230 S. Preis Gz. geh. 3,5; geb. 4,6.

Dieses Buch ist eine ausführliche Darstellung der philosophischen Probleme der Relativitätstheorie, die sich durch gute Beherrschung des physikalischen Ge-

halts der Theorie auszeichnet. Ein einleitender Abschnitt teilt die erkenntnistheoretische Stellung des Verfassers mit, es folgen 9 Abschnitte über Relativität von Raum und Zeit, den absoluten Raum, die spezielle Relativitätstheorie, Zeitordnung und Kausalzusammenhang, Geometrie und Erfahrung, Relativität und Gravitation usw. Im Schlußkapitel setzt sich der Verfasser mit anderen philosophischen Auffassungen der Theorie auseinander.

Die philosophische Einstellung des Verfassers ist eine Art „geläuterter Kantianismus“. Er glaubt, daß es apriorische Prinzipien der Physik gibt, zumindest das Kausalitätsprinzip, unterscheidet sich von Kant aber darin, daß er die von Kant selbst genannten Prinzipien zum Teil aufgibt. Vor allem erkennt er die Einsteinsche Relativität von Raum und Zeit völlig an. Jedoch sind seine Ausführungen nicht so sehr eine Begründung dieses philosophischen Standpunktes, als eine Reihe von Anmerkungen zum Verständnis der Relativitätstheorie; und als solche mögen sie zur Einführung in die begrifflichen Probleme manchem von Nutzen sein. Freilich wirkt die mehr glossierende Art der Darstellung, die aus einem Mangel an Disposition entspringt, ermüdend, und so mögen manche scharfsinnige Einzelbemerkungen unter dem schlecht geordneten Stoff für den Leser verloren gehen. Auf keinen Fall wird man aber diese Darstellung als einen Beitrag zum Aprioritätsproblem betrachten dürfen, denn sie teilt ihre Auffassung nur mit, ohne sie eingehender zu begründen.

Fragen wir nach der Auffassung der einzelnen begrifflichen Probleme der Theorie, so muß anerkannt werden, daß hier eine gute Zusammenstellung der bisher bekannten Darstellungen gegeben wird. Was über Gleichzeitigkeit, Geometrie und Erfahrung, Relativität der Bewegung, reine Anschauung gesagt wird, ist mit gutem Urteil gerade den tieferen Arbeiten auf diesem Gebiete entnommen. Einige Bemerkungen verraten auch Originalität, so die Anmerkung über den Uhrentransport auf S. 83, die Kritik an einem Mißverständnis des Referenten in bezug auf die Weysche Theorie (S. 217), das allerdings im wesentlichen schon vom Referenten selbst korrigiert wurde, eine Bemerkung über physikalische Beobachtungen, die keine Koinzidenzen sind (S. 158), u. a. Dagegen offenbaren andere Stellen einen gewissen Dogmatismus, der manches denkbare Verhalten der Natur als a priori unmöglich ausschließen will, so die Ablehnung der zeitlich geschlossenen zeitartigen Weltlinie. Vor allem ist hier aber die Auffassung der Kausalität als eines unentbehrlichen Prinzips der Physik zu nennen, die den Verfasser sonderbarerweise dazu verführt, die Existenz einer Maximalgeschwindigkeit der Wirkungsübertragung als *a priori notwendig* zu fordern; während doch höchstens zu folgern wäre, daß *jede* Wirkungsübertragung sich mit *endlicher* Geschwindigkeit ausbreitet (also möglicherweise auch ohne *Grenze* im Endlichen). Ferner scheint mir die Weysche Forderung der Relativität der Größe auf S. 180 zu Unrecht abgelehnt zu werden. Aber es wird richtiger sein, die Verfolgung dieser sachlichen Fragen nicht so sehr in dem Buch zu suchen, das vor allem *mitteilen* will; und würde der Ton des Werkchens diesen vorzugsweise *darstellenden* Charakter im Gegensatz zur *forschenden* Untersuchung mehr unterstreichen, so würde es damit nur gewinnen.

Hans Reichenbach, Stuttgart.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Die physikalische Wirklichkeit.

Die Physik will, wie zuletzt alle Wissenschaft, die Wirklichkeit erforschen helfen. Der Teil der Wirklichkeit, der ihr Forschungsgebiet ist, wird von den außerhalb des menschlichen Körpers gelegenen Bedingungen der erfahrungsmäßig gegebenen sinnlichen „Empfindungskomplexe“ gebildet. Diese Bedingungen sollen nach der gewöhnlichen Auffassung der Physiker nicht selbst wieder sinnlicher Natur sein. Da nun aber alle Erfahrung auf sinnlicher — sinnesphysiologischer — Unterlage beruht, macht jene Auffassung ein Nicht-erfahrbares zum Gegenstand der physikalischen Forschung. Das kann sich nur dadurch rechtfertigen, daß das niederfahrbare Weltbild, das von der Physik entworfen wird, Punkt für Punkt der wirklichen Erfahrung eindeutig zugeordnet werden kann (*H. Hertz*).

Diese eindeutige Zuordnung eines Bildes — eines „inneren Scheinbildes“ oder „Symbols“ (*H. Hertz*), einer „Fiktion“ (*Vaihinger*) — zur Erfahrung ist eine indirekte Beschreibung der physikalischen — nämlich von der Physik gesuchten — Wirklichkeit. Denn sie ist dadurch eine doppelte Zuordnung, daß sie zwischen die sinnesphysiologische Wirklichkeit und das arithmetische System eine geometrische Anordnung, ein geometrisches Gebäude einschaltet, für das jenes arithmetische eine direkte Beschreibung gibt. So selbst noch in der Relativitätstheorie, solange man z. B. noch von der Minkowskischen vierdimensionalen Welt spricht, oder in der quantentheoretischen Atomtheorie, in der man zwischen die spektroskopischen Erfahrungen und die sie vorauszusagen gestattenden arithmetischen Entwicklungen das „Atommodell“ einschiebt.

Natürlich sind diese Bilder von größtem Wert, solange man eine direkte arithmetische Zuordnung zur Erfahrung noch nicht vornehmen kann. Es ist aber erkenntnistheoretisch irreführend, wenn man sie als die physikalische Wirklichkeit hinstellt. Diese ist und bleibt vielmehr, wie alle dem Menschen zugängliche Wirklichkeit, die sinnesphysiologische, durch seine Sinnesorganisation bedingt, und im besonderen sind die eigentlichen Objekte der Physik Koinzidenzen von Wahrnehmungen und ihre letzte Aufgabe, diese arithmetisch zu ordnen, sie ohne Zwischenschaltung eines geometrischen Bildes in ein arithmetisches System zu bringen oder sie direkt zu beschreiben. Wie sich die Geometrie die Arithmetisierung hat gefallen lassen müssen, muß es schließlich auch die Physik. Die geometrischen Zwischenstücke sind ja im Grunde in demselben Maße unanschaulich wie die arithmetischen Systeme. Die allein anschaulich lebendige Geometrie des Geometers, Trigonometers, Kristallographen, Astronomen, Technikers usw. ist die „perspektivische“; eine andere Anschaulichkeit als die sehräumliche gibt es nicht, und wer den Euklidischen Raum für anschaulich hält — wie z. B. sogar der Physiologe *v. Kries* in seiner Logik —, läßt sich durch die Unterschiebung des Scheinraums täuschen, die er stillschweigend selber vornimmt.

Darum ist es auch irreführend, wenn man die Frage der Relativitätstheorie nach der Endlichkeit oder Unendlichkeit der Welt als erkenntnistheoretische nimmt. Die Erkenntnistheorie bleibt von diesem Problem durchaus unberührt. Es ist ganz allein eine Frage nach Endlichkeit oder Unendlichkeit des geometrischen Bildes der physikalischen Wirklichkeit. Daher könnte ebensogut eine zeitliche Endlichkeit wie

eine räumliche und neben der räumlichen, also eine endliche vierdimensionale Welt behauptet werden¹⁾. Mit der physikalischen Wirklichkeit hat das gegenwärtig nichts zu tun, es betrifft einstweilen nur das geometrische Bild, obwohl die dem Menschen zugängliche Wirklichkeit — die Welt des Menschen — räumlich und zeitlich tatsächlich nur endlich ist, zuletzt also auch die physikalische Wirklichkeit.

Ein starkes Hemmnis für das Durchdringen der hier skizzierten Anschauung scheint noch immer die Meinung zu bilden, die räumlichen und zeitlichen Maße müßten absolute unveränderliche Größen sein. Sind aber nur Koinzidenzen die empirischen Gegenstände der physikalischen Theorie, so kommt es überhaupt nur auf Ortsgrößen an, auf Ortsraum wie auf Ortszeit: eine allgemeine Zeit und eine allgemeine Länge sind dann ganz überflüssige Forderungen, völlig leer laufend.

Kann ich die aus logischen und aus erkenntnistheoretischen Beweggründen fließenden Ausführungen *Rudolf Seeligers* über die Raumfrage (*Die Naturwissenschaften* 1923, 34. Heft, S. 725) auch nicht für zutreffend halten, so erscheinen sie mir gleichwohl dankenswert. Über diese Dinge müßte doch endlich Klarheit geschaffen werden können: die Zeit ist überreif dazu. Aus dem oben Dargelegten geht wohl deutlich genug hervor, daß *Seeligers* Erörterungen gar nicht die physikalische Wirklichkeit, sondern nur jenes geometrische Zwischenstück betreffen. Fällt das letztere, dann auch der Streit über Nah- und Fernwirkung, der auf gar keine Realität geht: für die Beschreibung ist es prinzipiell gleichgültig, ob die „Zeitkoordinate“ in dem betreffenden beschreibenden arithmetischen Ausdruck enthalten ist oder nicht. In der physikalischen Wirklichkeit „wirkt“ auch gar nichts und wird nichts „bewirkt“; sie enthält nur Geschehnisse, die einander eindeutig zugeordnet werden können, in Abhängigkeit von der „Zeit“ oder unabhängig von ihr. So ist es auch kein erkenntnistheoretisches Problem, wie man den „Körper“ und das „Kraftfeld“ definieren soll. Zweifellos ist der Vorschlag *Seeligers* innerhalb des Gebietes jenes Zwischenstücks zulässig. *Mach* hat schon in seiner Prager Programmschrift von 1872 denselben Gedanken ausgesprochen („Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit“, Zweiter Abdruck, Leipzig 1909, S. 32): „Ein Körper ist dort, wo er wirkt.“ Dieser Körper ist aber ebensowenig physikalische Wirklichkeit wie der Körper ohne „Kraftfeld“. Er ist nur Sache der Beschreibung, der Begriffsbildung, die der Theoretiker so und so handhaben kann. Nur die geschichtliche Entwicklung wird darüber entscheiden, in welchem Maße die physikalische Wirklichkeit zweckmäßig mit den Begriffen von — räumlicher und zeitlicher — „Fernwirkung“ und „Nahwirkung“ aufzufassen, zu beschreiben ist. Einst aber wird das geometrische Zwischenstück aus der Physik verschwunden sein, und, wenn ich ein mathematisches Bild gebrauchen darf, statt einer projektiven werden wir eine perspektive Physik haben, statt einer mittelbaren arithmetischen Zuordnung eine unmittelbare.

Berlin-Spandau, 14. September 1923.

Petzold.

¹⁾ Die Einsteinsche absolute Welt ist „räumlich“ endlich, „zeitlich“ unendlich, obwohl man bei den x_1, \dots, x_4 gar nicht mehr an Räumliches oder überhaupt Ausgedehntes zu denken brauchen soll.

Physiologische Mitteilungen¹⁾.

Galvanotaxis beim Regenwurm. (*A. R. Moore*, Journ. of gen. physiol. Bd. 5, Nr. 4, S. 452—459, 1923.) Wie Verf. und *Kellog* gemeinsam mitteilten (1916), wendet der Regenwurm, unter Wasser dem galvanischen Strom ausgesetzt, beide Körperenden der Kathode, die Körpermitte der Anode zu; bei transversalem Stromfluß im Körper nimmt dieser also U-Gestalt an, indem sich die kathodennahe Muskulatur unverhältnismäßig stark kontrahiert. *Hyman* und *Bellamy* erklärten dies Verhalten nach dem Kataphoreseprinzip. Das Potential (inneres) der Körperenden sei positiv gegen die Körpermitte, und so würden die Körperenden von der Kathode angezogen, die Körpermitte aber von ihr abgestoßen, so daß das Tier sich passiv in den Strom einstelle, etwa wie die auf Kork gesteckte Magnetnadel in einer Waschschißel sich nach Norden dreht.

Der folgende neue Versuch widerlegt diese Annahme schlagend und entzieht damit der Hymanschen Hypothese ihre beste Stütze: unpolarisierbare Elektroden werden dem in Luft befindlichen Regenwurm dergestalt an die Körpermitte angelegt, daß der Strom quer durch den Körper fließt. Wiederum beugt nun das Tier die beiden Körperenden der Kathode zu, gleichgültig ob nach dorsal, ventral oder zur Seite (je nach der Lage der Elektroden), obwohl die Körperenden jetzt stromlos sind. Wird das Bauchmark aber links und rechts vom durchströmten Querschnitt durchtrennt, während sonst alle anderen Organe intakt bleiben, so unterbleibt die Reaktion der Körperenden. — Läßt man den Strom am Hinterende des Tieres ein- und am Vorderende (Kathode) wieder austreten (im Wasser wie auch in der Luft), so kontrahiert sich die Ringmuskulatur und das Tier wird so lang als möglich. Liegt jedoch die Kathode am Hinterende, so kontrahiert sich die Längsmuskulatur, und das Tier wird so kurz wie möglich. Dasselbe tritt auch ein, wenn nur ein Teil des Körpers durchströmt wird. Ragt z. B. die ganze Körpermitte und das Hinterende aus dem vom Strome durchflossenen Paraffintropfen mit Wasser heraus, so dehnt oder kontrahiert sich doch der ganze Körper maximal je nach der Lage der Kathode.

All das spricht entschieden dafür, daß die Galvanotaxis zustande kommt, indem das elektrisch erregte *Bauchmark* in verschiedenen Muskelgruppen verschieden starken Muskeltonus erregt. Wird dabei nun der ganze Reflexbogen oder nur Teile von ihm durchlaufen, und wenn, welche? Die Exteroreceptoren spielen sicher keine Rolle, denn Magnesiumanästhesie hebt die beschriebenen Reaktionen nicht auf. Wie partielle Querschnittsversuche zeigen, leitet nur das Bauchmark die Erregung. Da man nun nicht wohl eine Wirkung des elektrischen konstanten Stromes auf die Nervenfasern annehmen kann, so bleiben allein die Ganglienzellen übrig, die denn auch schon von *Loeb* und *Maxwell* (Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 63, 121, 1896) bei ihrer Analyse der Galvanotaxis von *Palaemonetes* als Angriffspunkt der Erregung durch den Strom angesprochen wurden. Die Polarität des Vorganges aber erklärt Verf. durch folgende Annahme: Der Strom erregt nur die Ganglienzellen, bei denen am axonalen Pole (der Seite, wo das Axon austritt) die Konzentration positiver Ionen erhöht ist, nicht da-

gegen diejenigen, bei denen am abaxonalen Pole (der dem Axonaustritt entgegengesetzten Seite) erhöhte $+$ -Ionenkonzentration herrscht. Dann müßten alle motorischen Ganglienzellen, die die Ringmuskulatur erregen, die Stelle des Axonaustrittes dem Vorderende zuzuwenden, während die motorischen Neuronen für die Längsmuskulatur mit dem abaxonalen Pole dem Hinterende zugewandt lägen. Natürlich ließe sich auch die sinngemäß in allen Stücken umgekehrte Annahme machen. — Da die Reizung weniger Ganglien genügt, um den ganzen Körper in gleichsinnige Erregung zu versetzen, so folgt, daß Längsverbindungen von analogen Neuronen (z. B. der motorischen Ganglienzellen für die Längsmuskulatur der verschiedenen Körpersegmente) durch das ganze Bauchmark laufen müssen. — Die Kataphorese-theorie der Galvanotaxis von Metazoen ist abzulehnen, die Muskeltonustheorie beherrscht das Feld.

Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten verschiedener Spinnen. (*Etienne Rabaud*, Année psychol. Bd. 22, S. 21—57, 1922.) Verf. verweist eine Reihe bekannter Spinnenbeobachtungen von *Fabre* ins Reich der Fabel und versucht, sie durch exakte sinnesphysiologische Untersuchungen und darauf gegründete sichere Schlüsse zu ersetzen. Nach *Fabre* soll *Thomisus onustus* nur Bienen fressen, und sie um ihrer Gefährlichkeit willen durch einen bestimmt lokalisierten Biß lähmen; die Argiopiden dagegen fressen die verschiedensten Insekten und haben es daher nicht zu solch spezialisierten Fähigkeiten im Lähmen der Beute gebracht. In Wahrheit verhalten sich beide Gruppen gleich; beide fressen beliebige Beutetiere und beißen zu, wo und wie immer die relative Lage von Beute und Cheliceren des Erbeuters, kurz der Zufall es mit sich bringt. Von Thomisiden gebissene Insekten sterben rasch, von Argiopiden gebissene, besonders Heuschrecken und Hummeln, können leben bleiben und nach 24 Stunden wieder völlig erholt sein.

Der Hauptteil der Arbeit beschäftigt sich mit den Argiopiden. Bei der Nahrungsauswahl spielt der Gesichtssinn sicher keine Rolle (sie sehen höchstens einige Millimeter weit), auch die Körpergröße und -form ist gleichgültig, doch ist der Geruch maßgeblich. So werden Hornissen im Gegensatz zu Wespen verschmäht, ebenso stinkende Baumwanzen, sobald sie ihre Stinkstoffe ausscheiden. Die „Gefährlichkeit“ spielt gar keine Rolle; so wird auch die große *Xylocopa violacea* ohne weiters gefressen. — Die Argiopiden pflegen ihre Beute, bevor sie sie fressen, einzuspinnen, indem sie sie rotieren lassen und dabei mit den Hinterbeinen den Faden darumwickeln. Ist das Tier wegen seiner Größe, flacher Form oder dergl. schwer beweglich, so bespinnen sie die eine Körperseite, ohne zu drehen. Bienen, Heuschrecken u. a. werden stets zuerst eingesponnen, dann gebissen, *Eristalis* dagegen wird erst gebissen und dann flüchtig eingespinnen, nie zum zweiten Male gebissen; Schmetterlinge endlich werden ohne weiteres gefressen.

Ähnliche Unterschiede macht auch *Agalena* gegenüber großen und kleinen Beutetieren, doch läßt sich zeigen, daß lediglich der Grad der Erschütterung, die das Beutetier hervorruft, das Verhalten der Spinne bestimmt. Starke Erschütterungen jagen die Spinne in die Flucht, schwächere veranlassen sie zuzubeißen. Das gleiche Verhalten ließ sich mit Stimmgabeln auslösen, deren Tonhöhe der einiger Beutetiere ungefähr entsprach. Die Stimmgabel von

¹⁾ Aus den Bericht. üb. d. ges. Physiol. u. experim. Pharm.

435 V.D., auf den Netzrand aufgesetzt, zog die Agalena lebhaft an, stieß sie in der Nähe aber wieder ab; eine andere von 256 V.D. dagegen wurde auch aus der Nähe nicht geflohen, sondern erklettert und sogar gebissen. Daher ist auch das Verhalten gegenüber dem Schmetterling ein anderes als gegenüber starke Erschütterungen setzenden Beutetieren, wie der brummenden Fliege, der Biene usw., denn der Schmetterling bewegt sich nur schwach und wird entsprechend kurz abgetan. Die soeben angeschlagene Stimmgabel mit ihren starken Schwingungen stößt stets aus der Nähe ab, die schon stark gedämpfte gleicher Tonhöhe wird unter Umständen sogar eingesponnen. — Der Annäherungsreflex, der Beißreflex, der Einspinnreflex und endlich der Reflex, bei Annäherung an die einzuspinnende Beute einen weit dickeren Faden zu spinnen als auf dem gewöhnlichen Wege, diese 4 Reflexe, die, zur Kette verbunden, im landläufigen Sinne als Instinkt bezeichnet werden könnten, lassen sich einzeln und abgeleitet auslösen. Hat man durch häufiges Aufsetzen der Stimmgabel auf den Netzrand die Spinne gegen die Fernwirkung, die immer keine Beute bringt, abgestumpft, so kann man durch direkte Berührung der Spinne selbst mit der Gabel den Einwickelreflex allein auslösen. Manchmal spinnen Argiopiden schon unbeweglich gemachte Beutetiere nachträglich noch ein, und zwar jetzt stets in gleichsam nachlässiger Weise, mit dünnem Faden und nur wenigen Windungen. Dies „sekundäre“ Einspinnen läßt sich mittels kleiner Papierröllchen auslösen, die mit Fliegensaft getränkt sein müssen. Auch hier sind also Geruchs- oder Geschmacksreize mitbeteiligt.

Fabre hatte behauptet, die Spinne halte in ihrem Schlupfwinkel den Faden, der vom Zentrum des Netzes zum Schlupfwinkel zieht, und an dem entlang sie sich auf Erschütterungen des Netzes hin zum Netze begibt, in den Klauen, so daß er ihr sofort jede Erschütterung des Netzes von dem erschütterungsempfindlichsten Punkte desselben aus signalisiere („fil avertisseur“). In Wahrheit geht der Faden nicht immer von der Mitte aus, sondern auch von beliebigen anderen Netzteilen, und nachdem er durchschnitten ist, reagiert die Spinne auf Netzerschütterungen noch genau so wie vorher, indem die radiären Anheftungsfäden die Erschütterungen zu dem Blatte leiten, auf dem sie die Argiopa verborgen hält. Auch braucht das Tier beim Aufsuchen der Beute durchaus nicht immer die Netzmitte zu passieren; der Weg der Erschütterungen, die sich vom zappelnden Beutetiere dem Netz mitteilen, zeigt der Spinne den Weg. Lenkt man die Erschütterungswellen ab, z. B. durch ein ins Netz geworfenes kleines Holzsplitterchen, so geht die Spinne irre. — Wie man sieht, ist die Reihenfolge der Reflexe in der Kette durchaus nicht festgelegt, sondern mit den auslösenden äußeren Umständen variabel, und zwar in hohem Maße. Die anschließenden Erörterungen über das Verhältnis von Instinkt und Intelligenz, über die „Überflüssigkeit“ der verwickelteren Tätigkeiten wie Netzbau, Einspinnen usw. mögen im Original nachgelesen werden.

Untersuchungen über den Mechanismus der phototropen Bewegungen. (W. v. Buddenbrock, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, hrsg. v. d. Kommission z. Untersuchung d. dtsh. Meere in Kiel u. d. Biol. Anst. auf Helgoland. N. F. Abt. Helgoland, Bd. 15, Festschrift für Heincke, Abhandlung 5, 1922.) Schon in einem Vortrage (vgl. diese Berichte 9, 504) hatte Verf. sich gegen *Loebs* Tropismenlehre gewandt und eigne Auffassungen über die phototaktischen Be-

wegungen der Tiere auseinandergesetzt. Es könnte zwar scheinen, als ob durch die Untersuchungen von *Cole* (1907), *Bierens de Haan* (vgl. diese Berichte 10, 187) u. a. der Tropismenlehre endgültig der Garaus gemacht worden sei, doch liegen die Verhältnisse doch nicht so einfach, wie man zuerst annahm, zweitens gilt es, etwas Neues an die Stelle des Alten zu setzen. Die vorliegende Arbeit bringt nun vor allen Dingen das im Vortrage versprochene Tatsachenmaterial zum Beweise der Aussage, daß *Loebs* Gesetz von der Erregungssymmetrie nicht zur Erklärung der gerichteten Bewegungen der Tiere im Felde zweier voneinander entfernt angebrachter Reizquellen ausreicht.

Verf. arbeitete nur mit positiv phototaktischen Tieren. Zwei kleine Nachtlichter standen in einiger Entfernung voneinander auf der schwarzen, in kleine Quadrate untergeteilten Tischplatte, auf der das Landtier kroch; seine Kriechspur wurde durch kleine Kreidzeichnungen markiert und hernach mittels eines Verkleinerungsverfahrens auf Millimeterpapier übertragen. Die Bewegungen von Wassertieren in runden Glasbehältern, hinter deren Wand die Lichter standen, wurden freihändig aufs Papier übertragen. Nach jedem Versuche vertauschte Verf. die beiden Nachtlichter miteinander, um die Wirkung etwaiger Intensitätsunterschiede auszuschalten. — Tiere, die im Sinne der Tropismenlehre *regelmäßig* und *ausnahmslos* zwischen beiden Lichtern hindurchwandern, wurden überhaupt *nicht* beobachtet, vielmehr kamen fast alle Tiere zuletzt am einen oder am anderen Lichte an: nur in sehr wenigen Ausnahmefällen (einmal bei *Nassa incrassata*, zweimal bei *Asterias rubens* unter 22 Fällen, stets bei Zocä- und Megalopalarven von dekapoden Krebsen, sowie bei *Podocerus falcatus*, wenn die beiden Lichter nahe beieinanderstanden, nicht dagegen, wenn sie weiter voneinander entfernt waren) erfolgte Durchlaufen oder Schwimmen bis zur Glaswand zwischen den beiden Lichtern.

Es lassen sich nun zwei Reaktionsweisen unterscheiden: a) Die Tiere bewegen sich von Anfang an mehr oder weniger geradlinig gegen das eine der beiden Lichter, gleich als ob das andere Licht gar nicht vorhanden wäre; b) die Tiere gehen zuerst in der Richtung der Mittelsenkrechten voran, die man auf der Verbindungslinie der beiden Lichter errichtet denken möge, bis zu dem „Entscheidungspunkte“, dessen Abstand vom Fußpunkte der Mittelsenkrechten für die einzelne Art recht konstant zu sein pflegt; hier halten sie an und führen unter Umständen Suchbewegungen aus, um sich dann dem einen der beiden Lichter zuzuwenden. Am nächsten dem Fußpunkte der Mittelsenkrechten liegt der Entscheidungspunkt bei *Podocerus falcatus*, der dort also fast um 90° von der Mittellinie abbiegen muß, um zu einem der Lichter zu gelangen. Stehen die Lichter so nahe beieinander, daß der Entscheidungspunkt außerhalb des Gefäßes fällt, so schwimmen die Tiere, genau so wie es die Tropismenlehre verlangt, gerade aus zwischen den beiden Lichtern hindurch bis zur Glaswand; rückt man aber die Lichter so weit auseinander, daß der Entscheidungspunkt noch im Gefäße liegt, so folgen die Krebse nur bis zu ihm der Mittellinie, um dann im fast rechten Winkel zu einem Lichte abzubiegen.

Keine Tierart befolgt ausschließlich die eine oder die andere Reaktionsweise; bei *Asterias rubens*, *Nassa incrassata*, *Diastylis rathkei*, *Hippolyte varians* läßt sich keine deutliche Bevorzugung der einen vor der anderen Reaktionsweise erkennen. An-

dere Formen bevorzugen deutlich die Reaktionsweise a, nämlich Eupagurus, Carcinus maenas, Galathea intermedia, Mysis ornata, Buccinum undatum, Oerstedtia dorsalis (Nemertine), Scopellosoa satellitia-Raupen und die Fliegen Laphria, Sarcophaga, Calliphora u. a. Zu denen, die in der Regel nach b reagieren, gehören viele Dekapodenlarven, Podocerus falcatus, Littorina obtusata, Daphnia und die Raupe von Arctia caja. Nicht selten entscheiden sich diese Tiere als mehr in der Hälfte der Fälle für das eine der beiden Lichter, offenbar infolge mnemischer Einwirkungen; ob bei Buccinum und Littorina, die stets häufiger nach rechts gingen, die Asymmetrie des Körperbaues verantwortlich zu machen ist, konnte nicht entschieden werden. Tiere mit seitlichem Gange, die also nur ein Auge der Lichtquelle zuwenden (Carcinus, Galathea), verhalten sich genau so wie die in der Symmetrieebene des Körpers sich voranbewegenden.

Die Reaktionsweise a ist völlig unvereinbar mit der Tropismenlehre, sie kann nur als echte Fixierbewegung aufgefaßt werden. Dasselbe gilt auch für die zweite Reaktionsweise, obwohl diese auf den ersten Blick gut mit der Tropismenlehre vereinbar zu sein scheint. Die Feststellung des Vorkommens eines Entscheidungspunktes zwingt zu der Annahme, im Auge seien zwei physiologisch verschiedene Bezirke zu unterscheiden: Befindet sich ein Tier im Entscheidungspunkte, kann also die zwei Lichter gleichzeitig nicht mehr zur Orientierung benutzen, so wird der innere vordere Augensektor beider Augen, der „Fixierraum“, nicht mehr von beiden Lichtern erhellt. Nur der äußere hintere Augensektor wird jetzt beleuchtet, dem offenbar andere Aufgaben zukommen, und erst die Wendung zu einem der beiden Lichter bringt den Fixierraum wieder in den Lichtkegel, diesmal aber nur eines Lichtes. Man könnte nun sagen, für den Fixierraum wenigstens gelte das Loeb'sche Gesetz von der Erregungssymmetrie, die Tropismenlehre erfahre also nur eine Einschränkung. Mit dieser Auffassung aber sind viele Einzelheiten unvereinbar, so das Verhalten des seitlich kriechenden, funktionell einäugigen Carcinus, ferner das Vorkommen von Suchbewegungen, die Tatsache, daß die Tiere, die beim

Ausüben der Reaktionsweise b dem Tropismengesetze gehörten, recht oft auch die Weise a befolgen, die nur als Fixierbewegung zu verstehen ist u. a. m. So liegt es weit näher, auch den Modus b lediglich durch Fixierbewegungen zustande kommen zu lassen, so daß alle möglichen Verhaltensweisen unter einem einheitlichen Gesichtspunkte begriffen werden.

Die bildersiehenden Tiere scheiden sich in binokular einfachsehende und nur panoramisch monokular sehende; beide werden der Reaktionsweise a folgen. Bei ihnen kann der zweite Reaktionsmodus (b) nur dann verwirklicht werden, wenn beide Lichter relativ zur Entfernung des Tieres so nahe beieinanderstehen, daß sie zusammen als ein Fixierpunkt gelten können. Die nicht bildersiehenden, sondern nur Helligkeitsunterschiede wahrnehmenden Tiere, denen eine Stelle des deutlichsten Sehens und damit die Fähigkeit, einen Punkt zu fixieren, abgeht, können bei einäugigem Sehen keine scharfe phototaktische Einstellung zeigen, wohl aber, wenn das Licht beide Augen innerhalb des Fixierraumes trifft. Hier wird es keinen Unterschied machen, ob ein in der Symmetrieebene des Körpers einfallender Lichtstrahl oder ob zwei links und rechts von ihr angebrachte Lichter den Fixierraum beider Augen erhellen. Ob dabei beide Augen getrennte Lichteindrücke oder einen einheitlichen vermitteln, wird unentschieden bleiben müssen; da aber anzunehmen ist, daß die die monokular bildersiehenden Tiere von den hier in Rede stehenden nichtbildersiehenden Formen abstammen, so liegt die Vermutung näher, diese würden von beiden Augen getrennte Helligkeitsempfindungen erhalten (binokulares Doppeltsehen). Ein solches Tier bewegt sich im Zweilichtversuch in der Mittellinie, weil ihm dann die beiden Fixierraumhälften der Augen gleich helle Eindrücke vermitteln; am Entscheidungspunkte ist der Fixierraum nicht mehr erhellt, das Tier sucht nun so lange nach Reizen, bis eines der Lichter von neuem den Fixierraum erhellt, und schlägt die Richtung ein, bei der wieder die beiden Fixierraumhälften gleich hell erscheinen, d. h. geradlinig zum einen Lichte hin.

O. Kochler.

Botanische Mitteilungen.

Über die Bedeutung von Lichtintensität und Wellenlänge für die Assimilation farbiger Algen. Um die bekannte Erfahrungstatsache zu erklären, daß in tieferen Meeresschichten die grünen Algen häufig durch rote ersetzt werden, stellte *Engelmann* seine vielumstrittene Hypothese von der „komplementären Adaptation“ auf. Danach nehmen die Algen gerade den Farbton an, der zu dem hauptsächlich zur Verfügung stehenden Licht komplementär ist. Das Oberflächenlicht ist reich an roten Strahlen und so treffen wir hier in den Zellen als vorherrschenden Farbstoff Chlorophyll, in größerer Wassertiefe überwiegt weit aus der grüne Teil des Spektrums und die Algen produzierten Phycoerythrin. Nun entspricht ja die Farbe der Algen dem Teil des Spektrums, der durchgelassen wird, während der übrige absorbiert wird; man kann also auch sagen: die Algen entwickeln Farbstoffe, die in erster Linie das im Spektrum vorherrschende Licht absorbieren und — das ist das Schlußglied der Gedankenkette — zur Assimilation verwenden: $E_{\text{abs.}} = E_{\text{ass.}}$ ¹⁾. *Engelmann* und sein Schüler *Gaidakow* haben diese Theorie in doppelter Weise zu

stützen gesucht: erstens durch den Nachweis, daß tatsächlich die verschiedenen Algen gerade in dem Teil des Spektrums am stärksten assimilieren, der ihrer eigenen Farbe komplementär ist, und zweitens durch den Nachweis, daß Blaualgen, die in verschiedenfarbigem Licht gezogen werden, die zu dem jeweils herrschenden Lichte komplementäre Farbe annehmen. Beide Tatsachen sind sehr stark angefochten worden. Gegen die Umfärbungsversuche wurde geltend gemacht, daß hierbei in erster Linie die Lichtintensität und chemische Einflüsse maßgebend gewesen wären. Daß dadurch aber die Ergebnisse von *Gaidakow* nur modifiziert werden und der Kern als richtig bestehen bleibt, hat jüngst *Borersch* (s. Ref. in früherer Nummer) nachgewiesen. Dagegen blieb der Widerspruch gegen die Engelmann'schen Assimilationsversuche noch bestehen. Es war vor allem *Richter*, der dafür eintrat, daß die Stärke der Assimilation nicht von der Qualität, sondern von der Intensität des Lichts abhängt, daß also die Vorstellung, die Assimilation ginge der Absorption parallel, falsch ist. An diesem Punkte setzt eine Arbeit von *Harder* ein (*Zeitschr. f. Bot.* 15, 1923), aus der zu ersehen ist, daß die Wahrheit in der Mitte liegt. Er kultivierte die Cyanophyce Phor-

¹⁾ Die absorbierte Energie entspricht der zur Assimilation verwendeten Energie.

midium foveolarum, die den charakteristischen Farbwandel zeigt, in verschiedenen Lichtintensitäten und Lichtqualitäten und bestimmte die Assimilationsleistung. Es ergab sich, daß Sonnenpflanzen in starkem Licht besser als Schattenpflanzen, Schattenpflanzen in schwachem Licht besser als Sonnenpflanzen assimilierten; das gilt unabhängig von der Farbe des Versuchslichts. „Es assimilierten z. B. spangrüne *Schattentalgen* (die also in rotem Licht aufgewachsen waren) in schwachem grünblauen Licht relativ besser als in starkem roten Licht, und purpurrote *Sonnenalgen* (also in grünblauen Licht aufgewachsen) in starkem roten Lichte besser als in schwachem grünblauen.“ Es ist also offenbar eine Anpassung an die Lichtintensität eingetreten; daß aber auch eine solche an die Lichtqualität vorliegt, das kann man ohne weiteres dartun, wenn man die Intensitätsdifferenzen ausschaltet, indem man entweder zur Aufzucht oder aber zu den nachfolgenden Assimilationsversuchen *energiegleiches*, also bloß hinsichtlich der Wellenlänge verschiedenes Licht verwendet. Da zeigt sich dann ausnahmslos, daß die Assimilationsleistung in dem jeweiligen Komplementärlicht am größten ist, daß also wirklich den Chromophyllen die von *Engelmann* vermutete Bedeutung zukommt und infolgedessen eine nützliche Anpassungserscheinung vorliegt. Bei der Verwandtschaft der Chromophylle ist anzunehmen, daß diese zunächst bloß für die Cyanophyceen ermittelten Beziehungen auch für die anderen Algen Gültigkeit haben werden.

Über den Einfluß des Welkens auf die Regulierung der Spaltöffnungen. Das Spiel der Spaltöffnungen der Pflanzen äußert sich unter normalen Verhältnissen darin, daß sie sich bei hoher Wasserbilanz und Sonnenschein öffnen, bei Wassermangel und Dunkelheit dagegen schließen. In diesen Prozeß greift die Pflanze dadurch aktiv ein, daß sie im einen Fall Stärke in osmotisch wirksamen Zucker umwandelt, im anderen den Zucker wieder synthetisch in Stärke umsetzt. Die Steigerung des osmotischen Wertes zieht nun dadurch, daß dem Nachbargewebe Wasser entzogen wird, eine Erhöhung der Turgeszenz der Spaltöffnungszellen nach sich, und die Bedeutung des ganzen Vorgangs beruht darauf, daß auf Grund des mechanischen Baus der Wände der Schließzellen die wachsende Turgeszenz eine Erweiterung des Spalts, sinkende Turgeszenz eine Verengung nach sich zieht und dadurch der Gasaustausch geregelt wird. Bei sehr starkem Welken nun können mehr oder minder weitgehende Störungen Platz greifen, die Spalten bleiben bei Wiederherstellung günstiger Transpirationsbedingungen geschlossen und sterben z. T. ab. Mit diesen Dingen beschäftigt sich eine Arbeit von *Iljin* (Jahrb. f. wiss. Bot. 61, 1922.) *Iljin* fand, daß bei abnorm gesteigertem Wasserverlust zunächst — wie es der Norm entspricht — Zucker in Stärke umgesetzt wird, daß aber mehr und mehr wieder Stärkeabbau platzgreift, bis die letzten Spuren verschwunden sind. *Iljin* erklärt dies in folgender Weise: das Gleichgewicht im System Zucker : Stärke wird geregelt durch zwei Fermente, ein hydrolysierendes und ein synthetisierendes; durch starkes Welken wird — wahrscheinlich durch die zu hohe Konzentrierung des Zellsaftes — das synthetisierende Ferment mehr und mehr zerstört, die hydrolysierenden Prozesse erlangen das Übergewicht und die Stärke verschwindet. Aber der Abbau greift noch über das Zuckerstadium hinaus, der Zucker zerfällt weiter und wird z. T. in osmotisch nicht mehr wirksame Stoffe ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) veratmet.

Auf diese Weise sinkt der osmotische Wert der Schließzellen schrittweise herab, das Übergewicht gegenüber den benachbarten Epidermiszellen verschwindet, und somit wird verständlich, daß schließlich dauernder Spaltenschluß eintritt.

Die Leitung des geotropischen Reizes bei Wurzeln ist der Gegenstand einer Untersuchung von *R. Snow* (Ann. of Bot. 37, 1923), die sich auf *Vicia Faba* (Aubohne) erstreckt. Nach der zum erstenmal von *Boysen-Jensen* für Haferkeimlinge angewendeten Methode schnitt *Snow* die Wurzelspitze ab und klebte sie dann in normaler Orientierung wieder mit Gelatine fest. Hierauf wurden die Wurzeln in die horizontale geotropische Reizlage versetzt; dasselbe geschah in einer Kontrollserie mit dekapitierten Wurzeln ohne aufgesetzte Spitze. Im Kontrollversuch traten nur eben angedeutete geotropische Reaktionen ein, entsprechend der schon von *Darwin* festgestellten Tatsache, daß die geotropische Sensibilität im wesentlichen auf die Wurzelspitze beschränkt ist. Die Versuchspflanzen mit wieder aufgesetzter Spitze dagegen zeigten sehr ausgeprägte Abwärtskrümmungen. Das deutet, was übrigens schon durch Versuche von *Boysen-Jensen* mit Haferkeimlingen nahegelegt wurde, darauf hin, daß auch der geotropische Reiz wie der phototropische (*Boysen-Jensen, Paal, Stark*) und der traumatotropische (*Stark*) auf dem Wege der Diffusion bestimmter Stoffe durch die trennende Gelatineschicht hindurchgeleitet werden kann. Eine normale geotropische Reaktion erfolgte auch dann, wenn der Leitungsweg durch einen bis zur Mitte reichenden Einschnitt, in den zur Sistierung der Diffusion ein Glimmerstückchen eingelegt wurde, halbseitig auf irgendeiner Flanke unterbrochen war. Dagegen blieb im Gegensatz zu *Pollock* und *Fitting* eine Reaktion im Stumpf aus, wenn infolge nahe beieinander liegender doppelseitiger Einschnitte ein geradliniger Diffusionsweg, unterbrochen war. *Snow* gelangt auf Grund seiner Versuche zu der Auffassung, daß die Leitung an Diffusionsprozesse geknüpft ist, woraus natürlich nicht gefolgert werden kann, daß dabei nicht auch die lebenden Zellen irgendwie aktiv in den gesamten Prozeß eingreifen.

Zur Reizphysiologie der Fucusspermatozoiden. Einen kurzen Überblick über die verschiedenen Reizempfindlichkeiten der Spermatozoiden des Blasenentang (*Fucus*) gibt *W. Kotte* (Ber. d. deut. bot. Ges. 41, 1923). Nach seinen eigenen Erfahrungen und denen anderer Forscher weisen diese Spermatozoiden eine chemotaktische, phototaktische, aërotaktische, thigmotaktische und wahrscheinlich auch eine geotaktische Sensibilität auf. Chemotaktische Ansammlung kann sehr leicht durch Seewasser, das mit Fucoseiern in Berührung stand, hervorgerufen werden. Dem Licht und dem Sauerstoff gegenüber verhalten sich die Spermatozoiden negativ, Berührungsreizen gegenüber aber positiv taktisch; so ist es die positive Thigmotaxis, welche sie veranlaßt, sich auf der Oberfläche der Fucoseier festzusetzen. Auf positiver Geotaxis beruht es wohl, wenn sie sich stets nach der Basis der Kulturflüssigkeit begeben. Die biologische Bedeutung all dieser Reizbarkeiten ist leicht zu durchschauen. Für Chemotaxis und Thigmotaxis liegt sie ja ohne weiteres auf der Hand. Negative Phototaxis, negative Aërotaxis und positive Geotaxis wirken nun gleichsinnig dahin, daß die Spermatozoiden sich nach dem Grund begeben, wo sich die infolge ihrer Schwere niedersinkenden Oogonien befinden, in deren chemotaktischen Wirkungsbereich sie damit gelangen. *Stark*.