

Haltbi blivthud
28. 3. 1925

Stadtbücherei
Elbing

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 13 (SEITE 253-276)

27. MÄRZ 1925

DREIZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

Hermann Braus †. Von H. SPemann, Freiburg i. Br.	253	KÖPPEN, W., Die Klimate der Erde. Von Bruno Schulz, Hamburg	272
Über die Entwicklung stellarer Materie. Von P. TEN BRUGGECATE, Göttingen. (Mit 7 Figuren)	261	HEDIN, SVEN, Ossendowski und die Wahrheit. Von O. Baschin, Berlin	273
Über den Grad der Dämpfung der Ohrresonatoren. Von E. MEYER, Berlin, und E. WAETZMANN, Breslau	268	GESELLSCHAFT FÜR ERDKUNDE ZU BERLIN: Einbeziehung des Nordpolgebietes in den Weltluftverkehr. Die Argentinische Kordillere	273
BESPRECHUNGEN:		MITTEILUNGEN AUS VERSCHIEDENEN GEBIETEN:	
GEHLHOFF, G., Lehrbuch der technischen Physik für fortgeschrittene Studenten und Ingenieure. Erster Band: Maße und Messen, Mechanik, Akustik und Thermodynamik. Von R. Swinne, Berlin	271	Aufhellung alter vergilbter Drucke. Über den Wärmehaushalt der Waldameise <i>Formica rufa</i> . Experimentelle Studien über Schallperzeption bei Reptilien. Un nouveau mode d'autotomie: l'autopsalze	275
CHWOLSON, O.D., Die Physik und ihre Bedeutung für die Menschheit. Von W. Westphal, Berlin	272		

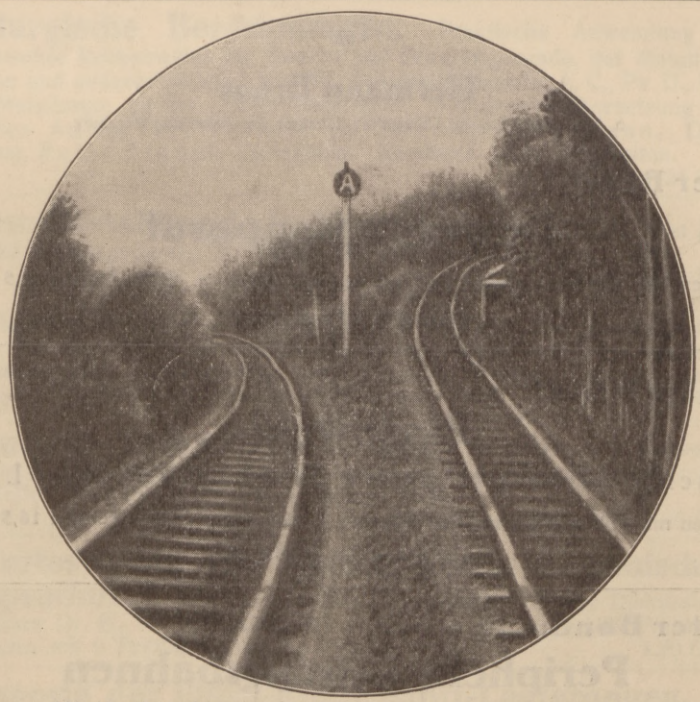


Abb. 12. Geleisefehler, wie sie durch das Fernrohr übertrieben erscheinen

Aus: **Die Fernrohre und Entfernungsmesser**

Von **A. König**

Dr. phil., Beamten des Zeiss-Werkes

215 Seiten mit 254 Abbildungen. 1923. Format 16x24 cm. 7.50 Goldmark, gebunden 9.50 Goldmark

(Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher. V. Band)

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Der Postvertrieb der „Naturwissenschaften“ erfolgt von Leipzig aus!

94

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen in wöchentlichen Heften und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland 7 50 Goldmark (1 Gm. = $\frac{10}{42}$ Dollar nord-amerikanischer Währung). Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft 0.75 Goldmark zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{1}$ Seite 90 Goldmark, Millimeter-Zeile 0.20 Goldmark. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-Anzeigepreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24. Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Anatomie des Menschen

Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte

In drei Bänden

Von

Hermann Braus

o. ö. Professor an der Universität, Direktor der Anatomie Würzburg

Erster Band:

Bewegungsapparat

846 Seiten mit 400 zum großen Teil farbigen Abbildungen. 1921. Format 16,5 × 25 cm
Gebunden 16 Goldmark

Zweiter Band:

Eingeweide

(Einschließlich periphere Leitungsbahnen. I. Teil)

705 Seiten mit 329 zum großen Teil farbigen Abbildungen. 1924. Format 16,5 × 25 cm
Gebunden 18 Goldmark

Dritter Band:

Periphere Leitungsbahnen

(II. Spezieller Teil)

Zentral- und Sinnesorgane

Generalregister

In Vorbereitung

Hermann Braus †.

Von H. SPEMANN, Freiburg i. Br.

In diesem Raume, wo viele von uns noch vor kurzem seine Stimme gehört haben, wollen wir jetzt das Gedächtnis von HERMANN BRAUS feiern. An der Stelle, wo ich stehe, um dem Freunde ein Wort ehrenden Gedenkens nachzurufen, hat er gestanden, noch wenige Tage vor seinem Tode, in aller Schwäche aufrecht gehalten durch das starke Gefühl der Pflicht. Nach kurzem, schmerzlichem Krankenlager ist er in der Nacht vom 27. zum 28. November vorigen Jahres gestorben, in seinem Arbeitszimmer, zwischen seinen Büchern und Papieren, von Schönheit umgeben und von zarter treuer Liebe. Zu früh, viel zu früh für uns, für die Wissenschaft; in vollem Schaffenstrieb, weg von unvollendetem Werke; aber auch, ohne das Nachlassen alternder Kraft gespürt zu haben. Wohl ihm!

Wir aber suchen zusammen, was uns von ihm geblieben ist. Lassen Sie mich alten Erinnerungen nachgehen.

Wie reich an Erinnerungen ist mir dieser Ort! Drüben im zoologischen Institut saß ich als Schüler BOVERIS. Wenn ich von der Arbeit aufsaß, erblickte ich über der Straße am Fenster den alten Koelliker, den schönen Kopf mit der blühenden Farbe und den schneeweißen Locken tief übers Mikroskop gebeugt. So saß ich auch eines Tages — es war im Herbst 1899 — als junger Dozent, in jener inneren Spannung, wie sie der ersten Vorlesung des Semesters voranzugehen pflegt. Da trat ein junger Mann meines Alters bei mir ein, der sich als HERMANN BRAUS aus Jena vorstellte. Er war mit seiner jungen Frau, der Tochter des Anatomen MAX FÜRBRINGER, nach Würzburg übergesiedelt, als Prosektor von KOELLIKER. Ich hatte schon von ihm gehört; ein Freund von ihm, der Norweger JOHAN HJORT, der im Winter 1897/98 einige Wochen Gast unseres Institutes gewesen war, hatte ihn in Jena getroffen und mir von ihm erzählt. Ich war neugierig auf ihn gewesen, wie junge Leute sind, die von einander hören. Nun trat er mir entgegen, in der freien, gewinnenden Art, die wir alle an ihm kannten. Er fragte mich, ob er meine Vorlesung über Entwicklungsmechanik hören dürfe. Aus dieser kurzen Begegnung wurde bald eine herzliche Freundschaft, die ungetrübt bis an seinen Tod gedauert hat. Von jenem Tage an bin ich Zeuge und Teilnehmer seiner wissenschaftlichen Entwicklung gewesen, für welche die kurzen 1½ Jahre, die er in Würzburg zubrachte, einen wichtigen Abschnitt bedeuteten. Was vor jener Zeit liegt, weiß ich aus seinen und seiner Freunde Erzählungen und aus seinen Arbeiten.

Am 15. August 1868 in Burtscheid als Sohn eines Arztes geboren, nach dem Tode einer Schwester

als einziges Kind aufgewachsen, studierte er zuerst in Bonn, wo ihn vor allem die Botanik und der Botaniker fesselten. Äußere Rücksichten hielten ihn ab, sich ganz dieser Wissenschaft zu widmen. Von STRASBURGER empfohlen, ging er zu dem Anatomen MAX FÜRBRINGER nach Jena.

Nach Jena! Welcher Zauber umwebt diese Stadt, welche Anmut und welche Größe! Die engen krummen Gassen mit den traulichen Häuschen und unter ihren kleinen Fenstern schlichte Tafeln mit Deutschlands erlauchteten Namen. Und nun flutete ein neuer Strom geistigen Lebens durch das alte Tal. ERNST HAECKEL, GEGENBAUR, FÜRBRINGER, BIEDERMANN, ABBE, man braucht nur diese Namen und manche andere zu nennen, so geht es wie ein Leuchten von dem lieblichen Ort an der Saale aus. Dort legte BRAUS den Grund zu seinem ganzen späteren Leben; dort fand er den Lehrer und den Zugang zur Forschung, die ersten wissenschaftlichen Freunde und die Lebensgefährtin. BRAUS selbst hat sich einmal über jene Jahre rückblickend geäußert, in einem Aufsatz zu Ehren von ROUXS 70. Geburtstag (1920): „In meiner Jugend ganz unter dem Eindruck aufgewachsen, den JOHANNES MÜLLER auf seine Schüler ausübte und den mein Vater, der begeistert zu seinen Füßen gesessen hatte, in seinem Tun und Reden dem empfänglichen Geiste des jungen Naturwissenschaftlers wiederspiegelte, kam ich nach Jena, als dort der älteste Schüler KARL GEGENBAURS, MAX FÜRBRINGER, als Anatom, und W. BIEDERMANN als Physiolog zu lehren begannen. FÜRBRINGERS Eigenart ist in gewisser Weise eine höchste Erfüllung des von GEGENBAUR, dem Meister, zuerst eingeschlagenen und vorgezeichneten Wegs. Rückblickend glaube ich, daß niemand besser die eigentliche Schulung in dieser Forschungsrichtung vermitteln konnte und ich preise mein Geschick, das mich damals nach Jena führte.“ Denn in Jena wurde BRAUS nun FÜRBRINGERS Schüler, erst empfangender, dann mitschaffender Arbeitsgenosse. Im Februar 1894, bei der Feier von HAECKELS 60. Geburtstag, wurde ihm und seinem Freunde DRÜNER die Anstellung als Assistenten am Anatomischen Institut mitgeteilt. Es folgten Jahre jugendlicher Begeisterung und Schaffensfreude. „Es war eine unvergleichliche Zeit“, schreibt mir sein Freund DRÜNER, „in der die Freude an der Forschung, unserer eigenen und der anderer, alle anderen Regungen überwog, und in der wir nur eines bedauerten, daß der Tag durch die Nacht unterbrochen wurde. Wie oft fand der eine von uns den anderen Morgens noch vor, auf die Wiederkehr guten Tageslichts wartend, wenn

er in der Früh in die Anatomie kam. Wir waren jung und bedurften da nicht der Schonung, wo uns die Freude an der Sache und Begeisterung am Erfolg trieb. Leuchtendes Vorbild war uns unser Lehrer FÜRBRINGER in der Vielseitigkeit seines Könnens, seinem unwandelbaren Fleiß, seiner unvergleichlichen Literaturkenntnis, und in seiner immer auch zu manchmal zeitraubender Hilfe bereiten, tiefgründigen Freundlichkeit. Es herrschte bei ihm der Geist freudigen Vorwärtstrebens.“ So DRÜNER. BRAUS hat seinem Lehrer zeitlebens dankbare Verehrung bewahrt, und er durfte es auch; vieles Beste in seiner Art zu arbeiten war Fürbringersche Tradition.

Der Anfang von BRAUS eigener Forscherarbeit wurzelt in diesem Boden; er begann als reiner vergleichender Anatom im Sinne HAECKELS und GEGENBAURS. Bei seinen beiden ersten Untersuchungen war auch der Gegenstand von außen an ihn herangebracht; bei seiner Dissertation über „Die Rami ventrales der vorderen Spinalnerven einiger Selachier“ (Jena 1892) naturgemäß durch eine Anregung seines Lehrers; bei den „Untersuchungen zur vergleichenden Histologie der Leber der Wirbeltiere“ (1896) durch das Material, welches SEMON, FÜRBRINGERS Assistent, von seiner Forschungsreise in Australien und dem Malayischen Archipel mitgebracht hatte. Beide Arbeiten spielen in seiner weiteren Entwicklung keine größere Rolle mehr, doch waren sie nicht ohne Folgen. Die Leberarbeit, auf deren Gegenstand BRAUS vor einigen Jahren noch einmal kurz zurückkam, in einer Mitteilung über Lebermodelle, (1921) hat, so viel ich weiß, den Altmeister der Histologie KOELLIKER auf ihn aufmerksam gemacht und bei seinem ersten Ruf nach Würzburg eine Rolle gespielt. Die Arbeit über die Spinalnerven trug wohl dazu bei, ihn auf eine Frage zu führen, die ihn dann zeitlebens nicht mehr losgelassen hat. Ehe wir auf diese Frage näher eingehen, möchte ich noch seine Untersuchungen über die frühesten Entwicklungsstadien von Amphibien erwähnen (1895 b und c). Obwohl auch sie ohne weitertragende direkte Folgen für ihn blieben, scheinen sie mir im Zusammenhang seiner Entwicklung wichtig, weil sie außerhalb des engeren Interessenskreises der morphologischen Schule lagen und ihn zuerst mit Objekten bekannt machten, die er später neben den Selachierembryonen als Untersuchungsmaterial benutzte.

Wichtiger aber für seine Zukunft war es, daß er nun ein Problem von grundlegender Bedeutung in Angriff nahm, die Frage nach der Entstehung der paarigen Gliedmaßen der Wirbeltiere, und damit in einen Kampf eintrat, welcher die Morphologie jener Tage aufs lebhafteste bewegte.

Die paarigen Gliedmaßen sämtlicher Wirbeltiere, d. h. also die Arme und Beine der Landbewohner, die Brust- und Bauchflossen der Fische, haben das Gemeinsame, daß sie aus zwei Hauptabschnitten zusammengesetzt sind, der frei beweglichen Gliedmaße und dem Gliedmaßengürtel,

durch welchen jene mit dem Rumpf zusammenhängt. Zur morphologischen Erklärung dieser Einrichtung, d. h. zu ihrer Ableitung von anderen Bildungen, stehen sich zwei Anschauungen gegenüber, die *Archipterygiumtheorie* von GEGENBAUR und die von verschiedenen Forschern (THACHER, MIVART, BALFOUR, DOHRN u. a.) ausgebaute und vertretene *Seitenfaltentheorie*. Das Archipterygium, die Urflosse, dachte GEGENBAUR sich ähnlich gebaut wie die Flosse des Ceratodus, eines noch heute lebenden sehr altertümlichen Fisches; als einen langen, schmalen, zugespitzten Hautlappen, der von fiederförmig zweizeilig angeordneten Knorpelstäben gestützt ist und einem im Rumpf steckenden bogenförmigen Gürtel ansitzt. Das Skelett dieser Urflosse leitet nun GEGENBAUR von einem Kiemenbogen mit seinen Anhängen ab und zwar den Gliedmaßengürtel vom Bogen selbst, das Skelett der freien Gliedmaße von den Strahlen oder Radien, welche das dem Bogen außen aufsitzende Septum zwischen zwei Kiemenspalten stützen. Zweimal hätte sich ein solcher Kiemenbogen aus dem Verbinde des Kiemenkorbs gelöst und wäre nach hinten gewandert, um das erste Mal zur hinteren, das zweite Mal zur vorderen Extremität zu werden. Dabei wäre er aus dem Gebiet der Kopfmuskulatur, welche die Kiemenbögen bewegt, in immer weiter hinten liegende Teile der Rumpfmuskulatur gelangt. Im Gegensatz dazu halten die Vertreter der Seitenfaltentheorie die Gliedmaßen für an Ort und Stelle entstanden, als Reste von seitlichen Hautfalten, welche früher den Rumpf rechts und links in ganzer Länge flankierten, gerade so, wie sich die unpaaren Flossen, die Pinnae, aus einem zusammenhängenden Hautsaum entwickelten, welcher Rücken und Schwanz bis zum After umzog. Diese Hautfalten waren nach jener Annahme von einer Reihe von Knorpelstäben gestützt, welche durch ebenfalls metamer angeordnete, dorsale und ventrale Muskeln bewegt, d. h. gehoben und gesenkt werden konnten. Davon erhielten sich jene Hautlappen an der Stelle der Brust- und Bauchflossen; in ihrem Bereich konzentrierten sich die Skelettstäbe an ihrer Basis, ähnlich wie man ein Stück Papier, das man wellblechartig gefaltet hat, am einen Ende zusammenfassen und dadurch zu einem Fächer machen kann; von der Basis aus wuchsen sekundär Gliedmaßengürtel in den Rumpf hinein. Während GEGENBAUR seine Theorie auf dem Grunde des Vergleichs erwachsener Formen aufbaute, stützten sich die Vertreter der Seitenfaltentheorie auf die zu beobachtende individuelle Entwicklung. Sie sollte, nach HAECKELS biogenetischem Grundgesetz, den Weg bezeichnen, den einst die Vorfahren genommen, als sie sich jene Organe erwarben. Diesen Gründen brauchte ein Verfechter der Gegenbaurschen Theorie nicht zu weichen, wenn ihm die vergleichend anatomischen Gegenstände zwingend schienen; denn es sind Fälle genug bekannt, wo die individuelle Entwicklung, die Ontogenie, unmöglich eine kurze Wiederholung der Stammesentwicklung, der Phylo-

genie, sein kann, wo sie nicht palingenetisch treu, vielmehr caenogenetisch abgeändert ist.

An diesem Punkte nun setzte BRAUS mit seiner Arbeit ein. Er zog sich nicht, von der Richtigkeit der Gegenbaurschen Lehre überzeugt, auf den eben angedeuteten kritischen Standpunkt zurück, sondern er prüfte aufs Neue sowohl den Bau der fertigen Flosse (1898a und b, 1900, 1901), wie ihre Entwicklung (1899, 1904) und kam nach sorgfältigster Untersuchung zu dem überraschenden Ergebnis, daß der Gang der individuellen Entwicklung der Flosse viel eher zur Gegenbaurschen Theorie führt als zur Seitenfaltentheorie, welche er begründen sollte. Das im einzelnen auszuführen, kann hier nicht meine Aufgabe sein, wo wir das Werk nur so weit kennen lernen wollen, als es nötig ist, um die Eigenart des Mannes zu beleuchten. Deshalb möchte ich lieber noch ein Wort über die Ausführung jener Arbeit sagen, die mir für BRAUS charakteristisch scheint.

Es handelte sich bei jenen Untersuchungen zum Teil um allerfeinste Präparationen, die mit bloßem Auge und mit den bis dahin gebräuchlichen Präparierlupen nicht ausführbar waren; es handelte sich ferner um seltenes Untersuchungsmaterial; beides mußte beschafft werden. Auch darüber verdanke ich seinem Freunde und Arbeitsgenossen DRÜNER eine anschauliche Schilderung. „Was uns an Untersuchungsmethoden überliefert wurde,“ schreibt er, „genügte nicht für die feinen Präparationen, die wir brauchten. Es war gerade die Zeit der Wiederauffindung der Porroschen Prismen durch ERNST ABBE. Da fragten wir bei dem Zeißwerk an, ob man uns nicht ein bildumkehrendes Prismenokular an einen auf Stativ beweglichen Mikroskoptubus setzen könnte. Und als wir das neue monokulare Präpariermikroskop hatten, ergab sich sofort das Verlangen nach einem binokularen Instrumente dieser Art. Gerade war auf Anregung des Amerikaners GRENOUGH ein binokularer Tubus im Zeißwerk fertig geworden; diesen benutzten wir für unser Präpariermikroskop. Das war der wichtigste Punkt für unser Weiterarbeiten.“ Auf diesem „Braus-Drünerschen Präpariermikroskop“, wie es früher genannt wurde, ruht die ganze Entwicklung der mikrochirurgischen Operationstechnik. „Der zweite war, ein vergleichend anatomisches Material zu erwerben, das nach der Art seiner Konservierung für das Präpariermikroskop genügte. Denn wir waren beide bei unsern Arbeiten zu dem Ergebnis gekommen, daß an altem, ja selbst frischem Alkoholmaterial die feinen Nerven, über die wir arbeiteten — er an den Spinalnerven, ich am Sympathicus — gar nicht darzustellen waren. Das zeitigte den Plan einer Reise an die zoologische Station Bergen, um dort tadellos konserviertes Haifischmaterial zu sammeln. KÜKENTHAL, der dort gut bekannt war, hatte uns dazu geraten. HAECKEL gab aus der Ritter-Stiftung den größten Teil der Mittel. Unterwegs trafen wir mit dem Maler Fidus zusammen. Das führte zu einem fast freundschaftlichen

Verkehr während der viertägigen Schifffahrt auf dem „Nordstjernen“ von Hamburg nach Bergen, dank dem großen Interesse und der umfassenden Bildung, die BRAUS auf dem Gebiet der bildenden Kunst schon damals hatte. Wir gewannen ein wunderbares, auch entwicklungsgeschichtliches Material für unsere Arbeiten. Als wir Ende September in Jena wieder eintrafen, waren drei große Blechkisten mit Fischen für uns unterwegs.“ DRÜNER erzählt dann noch, wie sie mit dem Zoologen SCHAUDINN und dem Tiermaler FRIESE zusammentrafen und wie BRAUS auf allen Touren den Führer und Reisemarschall machte. Also schon gerade so, wie ihn seine Freunde später kannten. Es war mir Bedürfnis, diese Stimmen aus sonniger Jugendzeit hier erklingen zu lassen.

So war es ein in seinen Grundzügen fertiger Mann, welcher im Herbst 1899 in unseren Würzburger Kreis eintrat. Daß er ihm nur 1½ Jahre lang angehört hat, ist uns später nie recht glaublich erschienen, so sehr zählten wir ihn bald zu den Unseren.

Diese erste Würzburger Zeit war für BRAUS vor allem wichtig als Zeit der Anregung und des Lernens. Bei KOELLIKER und STÖHR, hier in diesem schönen großen Institut, blühte eine Technik und Kunst des Unterrichts, von welcher ein Glied der alten Morphologenschule wohl manches lernen konnte. BRAUS hat dies mir gegenüber oft geäußert. Und geistig durften wir um BOVERI ihn auch bald zu den Unsern zählen. Hier fand er eine mehr physiologische Auffassung auch der *Gestalt* des Tieres, eine methodische Anwendung des Experiments auf morphologische Fragen, was ihn, der bei BIEDERMANN gelernt hatte, und von ihm auf W. ROUX hingewiesen worden war, nicht unvorbereitet traf. So bekam die Bahn seiner wissenschaftlichen Entwicklung hier einen Impuls in neuer Richtung, der sich im Laufe der folgenden Jahre mehr und mehr auswirkte und wohl noch nicht erschöpft war, als er vorzeitig die Arbeit niederlegen mußte.

Nicht etwa, daß BRAUS nun, der Zeitströmung folgend, der vergleichenden Anatomie den Rücken gekehrt hätte und zur Entwicklungsphysiologie übergegangen wäre. Im Gegenteil, seine eigenartige Stellung und seine Bedeutung für die Entwicklung der Biologie beruht gerade darauf, daß er auch da, wo er experimentierte, im Grunde immer vergleichender Morphologe blieb. Mehr nebenher ergaben sich dabei allerdings einige Arbeiten mit rein entwicklungsphysiologischer Fragestellung, die zu höchst wichtigen Entdeckungen führten. Sie sind alle, auch das ist wieder charakteristisch, an der vorderen Gliedmaße niederer Wirbeltiere ausgeführt. Ich will zwei dieser Arbeiten so weit schildern, daß ihr Sinn und ihr Ergebnis klar wird.

Die erste Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob die erste Differenzierung des Skeletts von der Muskulatur abhängig ist. Als Objekt der Untersuchung diente die Brustflosse von Haifisch-

embryonen. Sie entsteht als seitliche Falte, in welche vom Rumpf aus Muskelstreifen einwachsen. Jedes der Ursegmente im Bereich der Falte gibt zwei Muskelknospen ab, die sich wieder in eine obere und untere teilen, und dann in die Falte hineinwachsen. So entstehen zwei Lagen von reihenweise angeordneten, in die Falte ausstrahlenden Muskelstreifen, Radialmuskeln. Zwischen diesen Lagen differenzieren sich aus dem embryonalen Bindegewebe die Knorpelstäbe des Skeletts, die Radien, welche in ihrer Richtung und Anordnung den Muskelstreifen entsprechen, zwar keineswegs genau, aber doch im Großen und Ganzen. Es war nun von mehreren Forschern als sicher vorausgesetzt worden, daß die serialen Knorpelradien unter dem Einfluß der serialen Radialmuskeln entstehen, indem aus der räumlichen Nachbarschaft und der zeitlichen Folge ohne weiteres auf ursächliche Verknüpfung geschlossen wurde. BRAUS prüfte diese Meinung durch ein sehr einfaches Experiment. Er machte in die Hautfalte parallel zu ihrer Basis einen Einschnitt, welcher einem Teil der Muskelknospen das Einwachsen verwehrte; so mußte sich zeigen, ob sich Knorpelradien auch in dem muskelfreien Bezirk der Flosse außerhalb der trennenden Spalte entwickeln können. Das war in der Tat der Fall und damit bewiesen, daß die Differenzierung der Radien unabhängig von den Radialmuskeln erfolgt. Eine leichte Abänderung des Experiments zeitigte ein zweites Ergebnis von nicht geringerer Bedeutung. Die Differenzierung der Radien erfolgt nämlich nicht gleichzeitig in der ganzen Flosse, sondern beginnt hinten und schreitet nach vorn fort. Nun wurde der Schnitt quer zur Falte geführt, in der Richtung der späteren Radien und Radialmuskeln; so wurde das Einwachsen der letzteren vor und hinter der Spalte natürlich nicht gehindert. Trotzdem machte die beginnende Differenzierung der Radien an der Spalte Halt. Ihr Fortschreiten ist also nicht nur ein zeitliches, sondern zugleich ein ursächlich verknüpftes, indem die jeweils hinteren Teile die vor ihnen liegenden zur Differenzierung veranlassen. Etwas dergartiges war schon mehrmals in anderen Fällen vermutet, aber meines Wissens niemals bewiesen worden. Meine eigenen Arbeiten der letzten Jahre haben ähnliches für die Determination der ersten Organanlagen in weiterem Umfang nachgewiesen.

In einer anderen rein entwicklungsphysiologischen Arbeit wurde ein weiterer überraschender Fall von Selbstdifferenzierung aufgedeckt, das Fehlen einer kausalen Beziehung da, wo man sie sicher erwartet hätte. Es handelt sich um folgendes: Die Gliedmaßen der Amphibien entstehen als knospenartige Auswüchse des Rumpfes; die vordere, an der experimentiert wurde, liegt am hinteren Ende des Kiemenkorbs. Dieser ist bei den ungeschwänzten Amphibien, z. B. bei einer Unke, zur Zeit, wo die Knospe entsteht, von einer Hautfalte, dem Kiemendeckel oder Operculum, bedeckt. Die vordere Gliedmaße ist also während

der ganzen Larvenzeit von außen nicht zu sehen und macht sich erst zu Beginn der Metamorphose bemerkbar. Wenn die Hinterbeine schon voll ausgebildet sind und das Schwänzchen anfängt zu schrumpfen, drängen die Vorderbeine mit dem Ellenbogen von innen gegen die sie bedeckende Opercularfalte, die an dieser Stelle dünner und dünner wird und schließlich durchbricht. Es entsteht ein rundes Loch, durch welches der Arm durchgesteckt wird. Er schaut dann aus der Hautfalte heraus wie aus einem Hemd ohne Ärmel. Es hat durchaus den Anschein, auch auf dem mikroskopischen Schnittbild, als hätte der andrängende Ellenbogen die Haut zum Schwinden gebracht und sich selbst den Weg gebahnt. Die Überraschung war daher nicht gering, als sich herausstellte, daß sich das Loch im Operculum auch dann bildet, und zwar an der richtigen Stelle und im richtigen Augenblick, wenn die Gliedmaßenknospe gleich im Anfang ihrer Entstehung operativ entfernt worden war. Die beiden Entwicklungsprozesse, welche ursächlich zusammenzuhängen scheinen, sind also unabhängig voneinander, aber irgendwie so auf einander abgestimmt, daß sie zusammenpassen. Oder vielmehr, die Sache ist noch merkwürdiger. Die Gliedmaße wirkt nämlich zweifellos mit bei der Bildung des Loches, denn das ohne sie entstandene Loch ist kleiner als das normale. Aber die Haut kommt der Gliedmaße dabei entgegen; und das ist nun so mechanisiert, daß Verdünnung und Durchbruch der Haut auch ohne den normalen Anstoß von Seiten der Gliedmaße zustande kommt. Der Vorgang ist also gewissermaßen doppelt gesichert, wie BRAUS das im Anschluß an RHUMBLER genannt hat.

Als unser Freund dieses Ergebnis BOVERI und mir erzählte, — ich weiß noch die Stelle, es war vor der Türe zu BOVERIS Zimmer, — war ich gerade bei meinen Versuchen über die Entwicklung der Linse demselben Verhalten auf die Spur gekommen. Das Prinzip der doppelten Sicherung hat seither eine gewisse Bedeutung erlangt, auch in der Physiologie. S. BECHER hat in geistvoller Weise auf die Ähnlichkeit mit psychischen Verhältnissen hingewiesen.

Noch einige andere schöne entwicklungsphysiologische Entdeckungen hat BRAUS gemacht, aber trotz ihrer Tragweite würde ich ihn, wie gesagt, nicht in erster Linie zu den Forschern dieser Richtung zählen; so wenig wie man bei dem Namen BOVERI in erster Linie an die vergleichende Anatomie denkt, obwohl ihm auf diesem Gebiete ein Wurf ersten Ranges, die Entdeckung der Niere des Amphioxus und noch einiges andere Schöne gelang. BRAUS blieb auch als Experimentator vergleichender Anatom. So entsprangen auch die eben geschilderten beiden Experimente Streitfragen der vergleichenden Anatomie, und ihr Ergebnis wurde verwendet, um als Gewicht in die Wagschale einer vergleichend anatomischen Theorie geworfen zu werden. Es waren Anhänger der Seitenfaltentheorie, welche behauptet hatten, die

Muskeln erzeugten sich selbst ihr Skelett, und welche durch das Ergebnis an der eingeschnittenen Haifischflosse widerlegt werden sollten. Im Dienst vergleichend-anatomischer Fragestellung wurde auch, wie wir gleich sehen werden, die vordere Gliedmaßenknospe der Unkenlarve herausgeschnitten, und das überraschende Ergebnis, daß nun das Loch für die Gliedmaße im Operculum auch dann entsteht, wenn die Gliedmaße fehlt, die hindurchgesteckt werden soll, diente BRAUS als Beweisgrund für die Vererbbarkeit erworbener Eigenschaften, wurde also sofort zu einer Schlußfolgerung verwertet, welche nur demjenigen nahe lag, der mit seinen Gedanken beständig in Fragen der Abstammungslehre lebte. Aber immerhin gehören die Experimente selbst nach Fragestellung und Ergebnis zur Entwicklungsphysiologie, und zwar zu ihren besten Leistungen.

Anders die Arbeiten, denen wir uns jetzt zuwenden; sie gehören zur rein beschreibenden Embryologie im Dienst vergleichend-anatomischer Forschung. Bei ihnen bezweckte das Experiment nicht die Aufdeckung ursächlicher Beziehungen, sondern die rein beschreibende Ermittlung von Entwicklungsvorgängen, die sich aus mehr äußeren Gründen der Feststellung durch unmittelbare Beobachtung entziehen. So ist es z. B. häufig nicht ohne weiteres möglich, bestimmte Teile des Keims in ihrem Schicksal durch die Entwicklung hindurch zu verfolgen, weil sie keine Merkmale besitzen, an denen man sie wieder erkennen könnte. Hier hilft ein einfaches Experiment, die Anbringung kleiner Marken durch Anstich, über die Schwierigkeit hinweg. Ein anderes derartiges Mittel ist die embryonale Transplantation, die Verpflanzung von Keimteilen an fremde Stellen. BRAUS wandte es auf die Gliedmaßenanlage der Amphibien an. Um zu erfahren, was in der vorderen Gliedmaßenknospe einer Unkenlarve an Anlagen steckt, entfernte er sie an ihrer normalen Stelle — das war eben die Veranlassung der oben mitgeteilten Entdeckung über das Loch im Operculum gewesen — und brachte sie an abnormer Stelle wieder zur Einheilung. Was sich dann aus dem etwa stehengebliebenen Rest und aus dem verpflanzten Stück entwickelte, mußte im Augenblick der Operation als Anlage in ihm gewesen sein.

Der Grundgedanke dieser Arbeitsrichtung, welche BRAUS als experimentelle Morphologie bezeichnete, war nicht völlig neu; neu und folgenreich war die spezielle Anwendung des experimentellen Gedankens auf die Anlage der Gliedmaße, und charakteristisch für BRAUS auch hier die vergleichend-anatomische Einstellung, die Ausgangs- und Zielpunkt blieb.

Bei den Untersuchungen über die Entwicklung der Selachierflosse hatte sich gezeigt, daß zuerst der Gliedmaßengürtel entsteht, hernach das Skelett der freien Flosse. Das war auch der Gang, welchen die vergleichend-anatomische Spekulation für die Entwicklung der Flosse aus einem Kiemenbogen

gefordert hatte. Die Ergebnisse der Entwicklungsgeschichte stützten also die Gegenbaursche Archipterygiumtheorie. Bei den Amphibien dagegen hatte die embryologische Untersuchung den umgekehrten Gang der Entwicklung aufgedeckt, indem zuerst das Skelett der freien Gliedmaße in der Anlage sichtbar wird, und von ihm aus nach und nach der Gliedmaßengürtel. Dieser scheint von der freien Gliedmaße aus in den Rumpf einzuwachsen. Hier also sprach die Entwicklung im Sinne der Seitenfaltentheorie. BRAUS nahm nun die freie Gliedmaße im Knospenstadium weg, zu einer Zeit, wo von einem Gliedmaßengürtel noch nicht die Spur zu sehen ist. Trotzdem waren nachher an der Entnahmestelle Bruchstücke eines Schultergürtels entwickelt. Es war also das Material dazu hier schon vorhanden und zu seinem Schicksal bestimmt gewesen. Dadurch wurde der Unterschied in der Entwicklung der Selachierflosse und des Amphibienbeins seines prinzipiellen Charakters entkleidet.

Durch diesen und ähnliche Fälle wurde BRAUS in seiner Überzeugung befestigt, daß der Verlauf der Entwicklung häufig nur scheinbar caenogenetisch ist, daß die Ontogenie sich viel häufiger als Wiederholung der Phylogenie erweisen würde, wenn man sie vollständig darstellen könnte; wenn man nicht nur die sichtbar ablaufenden, direkt zu beobachtenden Zustände und Veränderungen kennen würde, sondern auch die virtuellen Anlagen, die Wanderungen von Zellen, die äußerlich den andern gleichen und daher nicht verfolgt werden können, kurz alle die Dinge, welche nur durch geeignete Experimente aufgedeckt werden können. Das erhob BRAUS zum Programm und nannte es experimentelle Morphologie.

Damit ist ein neues Erkenntnismittel, das Experiment, in den Dienst der vergleichend-anatomischen Fragen gestellt, die alte morphologische Forschungsrichtung aber nicht verlassen. Doch die Entwicklung drängte weiter, sie trieb zu einer Kritik der morphologischen Grundbegriffe selbst. Daß eine solche nötig sei, folgte schon allein aus den zahlreichen Kontroversen im Bereich der vergleichend-anatomischen Forschung, die kein Ende nehmen und zu keiner Entscheidung kommen konnten, da der gleiche Tatbestand von den verschiedenen Forschern in entgegengesetztem Sinne gedeutet wurde. Diese Sachlage ist wohl der Hauptgrund, warum sich so viele junge Forscher von der vergleichenden Anatomie abgewandt haben. „Wir können uns irren, aber unsere Gegner können nie wissen“, dieses Wort von DRIESCH beleuchtet scharf die Situation. Mag sein, daß die vergleichende Anatomie uns oft noch keine sicheren Antworten geben kann; aber sie kann uns Fragen stellen, auf die wir ohne sie nicht gekommen wären, und das ist für den lebendigen Fortgang einer Wissenschaft nicht weniger wichtig. Und solche Fragen sind in erster Linie die Prinzipien, die sich in mehr unbewußter Anwendung bei der vergleichend-anatomischen For-

schung als fruchtbar erwiesen haben. W. ROUX hat schon vor langen Jahren (1895) darauf hingewiesen, daß es meist unbewiesene Sätze der Entwicklungsmechanik sind, welche der vergleichende Anatom als Axiome seinen Schlüssen zugrunde legt. Sie gilt es nun herauszuarbeiten und zu prüfen. Hier öffnet sich eine Erfolg versprechende Bahn, die kaum noch beschritten ist. BRAUS und ich planten einmal ein gemeinsames zu schreibendes Buch, welches etwa den Titel „Prinzipien und Kriterien der vergleichenden Anatomie“ hätte bekommen sollen. Andere Arbeiten, die uns dringender erschienen, ließen es nicht zustande kommen. Bei mir wurde nur ein kurzer Aufsatz „Zur Geschichte und Kritik des Begriffs der Homologie“ daraus, bei BRAUS zwei kleinere Mitteilungen „Imitationen im Knochensystem, auf Grund embryonaler Transplantation“ (1909) und „Über die Entstehung der Kiemen, ein Beitrag zur Homologiefrage“ (1914). Ihr Sinn ist kurz der folgende:

Nach der strengsten Fassung des Homologiebegriffs können zwei Organe nur dann völlig homolog genannt werden, wenn ihre Teile auch während der ganzen Entwicklung homolog sind, d. h. an genau entsprechenden Stellen entstehen. Nehmen wir als Beispiel den mehrfach besprochenen Fall der Gliedmaßen der Wirbeltiere. Sie sollen nach der Gegenbaurschen Theorie Kiemenbögen homolog sein. Wenn sie nun bei ihrer Wanderung nach hinten in neue Muskelgebiete gelangen und diese sich dienstbar machen, während sie gleichzeitig alte Gebiete verlassen und aufgeben, so kann während der ganzen Zeit die Flossenmuskulatur dieselbe Anordnung beibehalten und doch nicht eigentlich homolog bleiben, weil sie sich aus Material bildet, das nicht homolog ist. Auch vom Skelett könnte man Homologie mit Kiemenbögen nach jener strengen Fassung des Begriffs nur dann behaupten, wenn man annehmen wollte, daß die Skelettbildner noch jetzt zuerst an der Stelle früherer Kiemenbögen liegen und dann jene Wanderung nach hinten tatsächlich ausführen, in jeder individuellen Entwicklung aufs Neue. Für den vorderen Gliedmaßengürtel mag das annehmbar sein; für den hinteren wird es wohl auch ein Anhänger der Archipterygiumtheorie schwerlich behaupten. Dann bleibt aber von der ganzen Homologie in jenem strengen Sinne eigentlich gar nichts mehr übrig. Und doch hätte, die Archipterygiumtheorie als richtig vorausgesetzt, ein ideeller Augenzeuge der Stammesentwicklung das Schauspiel gehabt, wie sich vom hinteren Rand des Kiemenkorbs ein Kiemenbogen ablöste und im Laufe ungezählter Generationen langsam nach hinten wanderte; er würde nicht zögern, die Identität dieses Gebildes durch die ganze Stammesgeschichte hindurch zu behaupten. FÜRBRINGER war meines Wissens der erste, welcher diesen Sachverhalt erkannte; er sprach in solchen Fällen von „imitatorischer Homologie.“ BRAUS griff die Bezeichnung auf und nannte solche Bildungen Imitationen.

Schon ROUX hatte (1895) die Aufmerksamkeit auf das damit gegebene Problem gelenkt und seine Lösung der Entwicklungsmechanik als Aufgabe zugewiesen. Das Problem hängt, wie wir jetzt klar zu erkennen glauben, aufs engste mit den allgemeinen Anschauungen über das Wesen der Entwicklung zusammen. Die ältere strenge Fassung des Homologiebegriffs hatte, wohl halb unbewußt, die Entwicklung als Evolution aufgefaßt, als Entfaltung eines Komplexes einzelner Anlagen, welche sich durch die Generationen hindurch erhalten und sich daher auch einzeln entsprechen können. Die Unhaltbarkeit jenes Homologiebegriffs, wie sie sich im Fortgang der Forschung innerhalb der vergleichenden Anatomie selbst herausstellte, hängt eng zusammen mit der Unrichtigkeit dieser evolutionistischen Auffassung, wie sie zum mindesten für den Kreis der Wirbeltiere durch Erfahrungen der Vererbungslehre und Entwicklungsmechanik erwiesen wurde. Ähnliche Gedankengänge leiteten BRAUS bei den vorhin erwähnten Arbeiten über Kiemenentwicklung und Knochenimitation. An diesem Punkte hätte er vielleicht die Forschungsarbeit wieder aufgenommen, wenn er den oft ersehnten Augenblick erlebt hätte, wo die Riesenlast von ihm genommen war, die er sich mit dem großen Lehrbuch der Anatomie des Menschen aufgebürdet hatte. Denn in dieser Richtung lag die Fortsetzung der Bahn, die er bis dahin folgerichtig durchgemessen hatte.

Freilich, neue Anknüpfungspunkte hatte er genug gewonnen auch für einen Fortgang in anderer Richtung. Bei seinen Untersuchungen über die Flosse des Ceratodus und der Selachier hatte die Frage nach der Nervenversorgung eine große Rolle gespielt; denn durch nichts läßt sich nach FÜRBRINGERS Grundanschauung die Zugehörigkeit eines Muskels mit solcher Sicherheit feststellen wie durch seine Innervation. Muskeln und Skelett können sich gegeneinander verschieben, alte Verbindungen lösen und neue eingehen; Muskeln und Nerv dagegen bleiben zusammen. Ist das wirklich so und wie ist es zu erklären? Diese Frage führte BRAUS zu einer längeren Reihe wichtiger Untersuchungen über Nervenentwicklung, deren Ergebnisse er dann in einem schönen Vortrag (1911) zusammengefaßt hat. Durch diese Untersuchungen nun wurde er zur Anwendung von HARRISON'S Methode der Deckglaskulturen geführt, zur Aufzucht kleiner Keimteile in Blutplasma oder künstlicher Nährlösung und dadurch wieder zu einer neuen Reihe vielversprechender Experimente, seinen bekannten Explantationen von Herzanlagen. All das lockte, und es ist schwer zu sagen, wohin er sich gewendet hätte. Aber am wahrscheinlichsten ist mir doch, daß wir von ihm die Fortsetzung des Gegenbaurschen Werkes in neuer Richtung hätten erhoffen dürfen.

Als dieser große Mann die vergleichende Anatomie auf dem Boden der Abstammungslehre neu begründet hatte, erwuchs für seine Nachfolger

als nächstes die Aufgabe, die von ihm aufgestellten und an einigen Beispielen erprobten Grundsätze systematisch auf den ganzen Umkreis tierischer Formen anzuwenden. Dies Gebäude nach dem Plan des Meisters aufzuführen unternahm die Gegenbauersche Schule, allen voran MAX FÜRBRINGER. Aber noch ehe die Arbeit zu einem gewissen Abschluß gebracht ist, droht Arbeitermangel einzutreten. Zum Teil mag das von der Unrast des menschlichen Geistes kommen, der so häufig alte Probleme liegen läßt, nicht weil sie gelöst sind, sondern weil neue stärker locken. Zum guten Teil aber kommt die Erscheinung eben doch daher, daß man den Fundamenten nicht mehr recht traut und seine Arbeit nicht verschwenden möchte. Die beschreibende Embryologie, durch Aufstellung des biogenetischen Grundgesetzes zur Mitarbeit herangezogen, hat diese Unsicherheit und Gärung hervorgebracht. Da gilt es nun, den Weg zu Ende zu gehen, die Grundlagen zu prüfen und neu zu sichern. Für diese Aufgabe schien BRAUS durch seinen ganzen Bildungsgang wie wenige geeignet; er hat sie mit der ihm eigenen Entschlossenheit in Angriff genommen und ein gutes Stück gefördert. Mögen ihm Nachfolger auf diesem Wege erwachsen.

Damit habe ich die großen Linien der wissenschaftlichen Entwicklung von HERMANN BRAUS gezogen, soweit ich sie zu erkennen und nachzeichnen vermochte. Und noch habe ich nicht sein imposantestes Werk genannt, welches seinen Namen in die weitesten Kreise getragen hat, sein Lehrbuch der menschlichen Anatomie. Es fachmännisch zu würdigen, muß ich einem Berufeneren überlassen; ich will nur versuchen, zu zeigen, wie es sich in sein übriges Lebenswerk einfügt.

Waren auch BRAUS eigene Beiträge zur menschlichen Anatomie wenig zahlreich und umfassend, so war doch sein Interesse für den Bau des menschlichen Körpers groß, und tief in seiner Natur begründet. Der Künstler in ihm strebte nach Anschauung des lebendigen Körpers. Als er nun im Frühjahr 1901 nach Heidelberg übergesiedelt war und acht Jahre später als FÜRBRINGERS Nachfolger den Heidelberger Lehrstuhl für Anatomie übernahm, konnte es bei ihm, der so stark auf jede Anregung und Anforderung der Umgebung ansprach, nicht ausbleiben, daß er bald anfang, den anatomischen Unterricht im Sinne seines Ideals umzugestalten, mit immer stärkerer Betonung des Physiologischen. Mit empfindlichen Organen für die Geistesbewegung der Zeit begabt, strebte er aus der Trennung in die Einheit zurück, und so suchte er auch den Gegenstand seines Nachdenkens und Schauens, den menschlichen Körper, in jedem Augenblick als ein untrennbares Ganzes zu fassen. Daß dabei Schwierigkeiten für die didaktische Klarheit der Darstellung entstehen können, daß diese bei dem Buch noch größer sein mußten als bei dem persönlichen Unterricht, aus dem es hervorging, liegt auf der Hand. Ob BRAUS diese Schwierigkeiten alle überwunden hat, vermag

ich nicht zu beurteilen; es ist eigentlich bei einem ersten Versuch gar nicht möglich. Aber das Streben nach einem neuen und hohen Ziel kann nur verkennen, wem das Problem nie aufgegangen ist; und wie jemand das Buch aus der Hand legen kann, ohne daß zum mindesten Bewunderung der ganz ungeheuren Arbeitsleistung und Hochachtung vor dem Manne, der sie vollbracht hat, das stärkste Gefühl ist, vermag ich nicht zu verstehen. Mir ist es unvergeßlich, wie BRAUS mir die Vollendung des zweiten Bandes in nahe Aussicht stellte und dann hinzufügte: „dahinter erhebt sich wie ein Turm die Arbeit am dritten Band.“ Es liegt eine tiefe Tragik darin, daß BRAUS den Tag nicht erleben durfte, wo auch der letzte Band fertig vor ihm lag; das Warten auf den anderen Tag, wo ihm, bei aller etwaigen Kritik im einzelnen, allgemeine freudige Anerkennung im Ganzen zuteil wurde, das Warten auf diesen Tag, der sicher kommen wird, hätte er über neuen Arbeiten vergessen.

Das ist das Werk, das uns geblieben ist. Was wir verloren haben, der Mann, der dahinter stand, war viel mehr als sein Werk; das wissen die, welche ihn kannten. Denn es ist dem Forscher nicht, wie dem Künstler gegeben, sein ganzes menschliches Wesen in seinem Werke auszudrücken, und manchmal mag er das, namentlich im Drange der Jugend, als schmerzlichen Mangel empfinden. Denn auch bei ihm ist es das heiß schlagende Herz, das seine Arbeit treibt; und der Fremde ahnt nicht, wie viel Leben oft in die ruhigen klaren Sätze hineingearbeitet ist, die nur dem Verstande zu entspringen scheinen. Aber etwas anderes ist dem Forscher, zumal dem Erforscher der Natur, gegeben, was nicht weniger groß ist. Kann er nicht eine Welt aus sich wachsen lassen, so kann er dafür in eine Welt von erhabener Größe hinein wachsen und dadurch seine Seele ins Unendliche erweitern. Und auch Dank wird ihm zuteil. Denn was er an neuer Erkenntnis erarbeitet hat, das ist in der Erinnerung der Menschen fortan zu einem Teil seiner Persönlichkeit geworden; das Stück Natur, das er dem Geiste erobert hat, es trägt hinfort seinen Namen. Und legt er die Arbeit nieder und scheidet von uns, so ist es, als rief er uns zu: „Die ihr mit mir dieselbe Schönheit sucht, gedenkt beim Schauen freundlich mein.“

Ja, lieber Freund, wir werden dein gedenken; und nicht wir allein. Dein Werk wird dauern und mit ihm dein Gedächtnis.

Literatur:

1892. Die Rami ventrales der vorderen Spinalnerven einiger Selachier. Diss. Jena, 35 S.
1895a. zusammen mit L. DRÜNER, Über ein neues Präpariermikroskop und über eine Methode, größere Tiere in toto histologisch zu konservieren. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. 29, N. F. 22, S. 435–442.
1895b. Über Zellteilung und Wachstum des Triton-Eies, mit einem Anhang über Amitose und Polyspermie. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. 29, N. F. 22, S. 443–511.

- 1895c. Rückenrinne und Rückennaht der Triton-gastrula. *Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss.* 29, N. F. 22, S. 512-514.
- 1896a. Über Photogramme von Metallinjektionen mittelst Röntgenstrahlen. *Anat. Anz.* 11, S. 625-629.
- 1896b. Untersuchungen zur vergleichenden Histologie der Leber der Wirbeltiere. SEMON, *Zoologische Forschungsreisen in Australien und dem Malayischen Archipel.* S. 303-364.
- 1898a. Über die Innervation der paarigen Extremitäten bei Selachiern, Holocephalen und Dipnoern. Ein Beitrag zur Gliedmaßenfrage. *Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss.* 31, N. F. 24, S. 239-468.
- 1898b. Über die Extremitäten der Selachier. *Verhandl. d. anat. Ges.* 12. Vers., S. 166-179, Diskussion von RABL.
1899. Beiträge zur Entwicklung der Muskulatur und des peripheren Nervensystems der Selachier. I. Teil: Die metotischen Urwirbel und spino-occipitalen Nerven. II. Teil: Die paarigen Gliedmaßen. *Morphol. Jahrb.* 27, S. 417-629.
- 1900a. Über den feineren Bau der Glandula bulbourethralis (Cowperschen Drüse) des Menschen. *Anat. Anz.* 17, S. 381-397.
- 1900b. Die Muskeln und Nerven der Ceratodusflosse. Ein Beitrag zur vergleichenden Morphologie der freien Gliedmaße bei niederen Fischen und zur Archipterygiumtheorie. *Denkschr. d. med.-nat. Ges. Jena* 4, S. 137-300.
- 1901a. Rückenrinne und Rückennaht der Triton-gastrula. *Anat. Anz.* 20, S. 238-240.
- 1901b. Über neuere Funde versteinerner Gliedmaßenknorpel und -muskeln von Selachiern. *Verhandl. d. phys.-med. Ges. Würzburg* 34, S. 177-192.
- 1903a. Versuch einer experimentellen Morphologie. *Münch. med. Wochenschr.* 1903, Nr. 47 (Vortrag im naturhist.-med. Verein Heidelberg).
- 1903b. Sekretkanälchen und Deckleisten. *Anat. Anz.* 22, S. 368-373.
- 1904a. Demonstration überzähliger Extremitäten an einer lebenden, in Metamorphose befindlichen Unkenlarve. *Münch. med. Wochenschr.* 1904, Nr. 362.
- 1904b. Einige Ergebnisse der Transplantation von Organanlagen bei Bombinatorlarven. *Verhandl. d. anat.-Ges.* 18. Vers. S. 53-65.
- 1904c. Tatsächliches aus der Entwicklung des Extremitätenskelettes bei den niedersten Formen. Zugleich ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Skelettes der Pinnae und der Visceralbögen. *Festschrift zum 70. Geburtstage von ERNST HAECKEL* S. 379-436.
- 1905a. Experimentelle Beiträge zur Frage nach der Entwicklung peripherer Nerven. *Anat. Anz.* 26, S. 433-479.
- 1905b. Über den Entbindungsmechanismus beim äußerlichen Hervortreten der Vorderbeine der Unke und über künstliche Abarchie. *Münch. med. Wochenschr.* 1905, Nr. 36.
- 1906a. A. BANCHI (Florenz) und seine Gliedmaßen-transplantationen bei Anurenlarven. *Anat. Anz.* 28, S. 365-368.
- 1906b. Über das biochemische Verhalten von Amphibienlarven. *Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen* 22, S. 564-580.
- 1906c. Ist die Bildung des Skelettes von den Muskelanlagen abhängig? Eine experimentelle Untersuchung an der Brustflosse von Haiembryonen. *Morphol. Jahrb.* 35, S. 240-321.
- 1906d. Vordere Extremität und Operculum bei Bombinatorlarven. Ein Beitrag zur Kenntnis morphogener Korrelation und Regulation. *Morphol. Jahrb.* 35, S. 509-590.
- 1906e. Die Entwicklung der Form der Extremitäten und des Extremitätenskeletts. *O. Hertwigs Handb. d. vergl. u. exp. Entwicklungslehre d. Wirbeltiere* 3, Tl. 2, S. 167-338.
- 1906f. Zur Entwicklungsgeschichte niederer Haie. Notizen über Vorkommen, Taxonomie, Eier und Eihüllen dieser Fische. *Sitzungsber. d. Akad. Berlin* S. 907-932.
- 1906g. Über den embryonalen Kiemenapparat von Heptanchus. *Anat. Anz.* 29, S. 545-560.
- 1906h. Die Morphologie als historische Wissenschaft. *Exper. Beitr. z. Morphol.* 1, S. 1-37. (*Morphol. Jahrb.* 35).
- 1906i. Leichenbestattung in Unteritalien. *Arch. f. Religionswissenschaft* 9, S. 385-396.
1907. Über Frühanlagen der Schultermuskeln bei Amphibien und ihre allgemeinere Bedeutung. *Verhandl. d. anat. Ges.* 21. Vers. S. 192-219.
- 1908a. Entwicklungsgeschichtliche Analyse der Hyperdactylie. *Münch. med. Wochenschr.* 1908, S. 386 bis 390.
- 1908b. Das neue orthomorphe Stereoskop von ROHR-KÖHLER, *Zeitschr. f. wiss. Mikr. u. f. mikr. Technik* 25, S. 282-287.
- 1909a. Experimentelle Untersuchungen über die Segmentalstruktur des motorischen Nervenplexus. *Anat. Anz.* 34, S. 529-551.
- 1909b. Gliedmaßenpfropfung und Grundfragen der Skelettbildung. I. Skeletanlage vor Auftreten des Vorknorpels und ihre Beziehung zu den späteren Differenzierungen *Morphol. Jahrb.* 39, S. 155-301.
- 1909c. Imitationen im Knochensystem, auf Grund embryonaler Transplantation. *Verhandl. d. Ges. dtsh. Naturforsch. u. Ärzte*, 80. Vers. Köln, 2. Tl., S. 516-517.
- 1909d. Pfropfung bei Tieren. *Verhandl. d. naturw.-med. Ver. Heidelberg* 8, S. 525-539.
- 1910a. Ein experimentell-embryologischer Beitrag zur Entstehungsgeschichte der angeborenen Luxation. *Münch. med. Wochenschr.* 1910, Nr. 33.
- 1910b. Angeborene Gelenksveränderungen, bedingt durch künstliche Beeinflussung des Anlagematerials. Ein experimenteller Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Gelenke und ihrer Abnormitäten (kongenitale Luxation). *Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen* 30, S. 459-496.
- 1910c. Präparatorische und experimentelle Untersuchungen über die motorischen Nerven der Selachierflosse. Eine Erwiderung auf die Arbeit von E. MÜLLER. *Anat. Hefte* 1. Abt. 40, S. 423-488.
- 1910d. Über Nervengeflechte. *Verhandl. d. anat. Ges.* 24. Vers. S. 14-29.
- 1911a. Die Entstehung der Nervenbahnen. *Verhandl. d. Ges. dtsh. Naturforsch. u. Ärzte* 83. Vers., 1. Tl., S. 114-148.
- 1911b. Mikro-Kino-Projektionen von in vitro gezüchteten Organanlagen. *Ebenda.*
- 1911c. Demonstration und Erläuterung von Deckglas-kulturen lebender Embryonalzellen und -organe. *Münch. med. Wochenschr.* (Vortrag im Naturhistor.-med. Ver. zu Heidelberg).
- 1911d. Die Nervengeflechte der Haie und Rochen. *Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss.* 47, S. 569-632.
1914. Über die Entstehung der Kiemen, ein Beitrag zur Homologiefrage. *Zeitschr. f. Morphol. u. Anthropol.* 18 (Festschrift für A. SCHWALBE).

1916. Kontur und Fläche der menschlichen Körperform. Neujahrgabe der Universität Heidelberg für ihre im Felde stehenden Studenten.
1917. Über Formprobleme des menschlichen Körpers. Münch. med. Wochenschr. Nr. 30 (Naturhistor.-med. Ver. Heidelberg).
1919. Der Brustschulterapparat der Froschlurche. Sitzungsber. Heidelberger Akad. d. Wiss. Math.-Naturwiss. Kl. Abt. B.
1920a. WILHELM ROUX und die Anatomie. Naturwissenschaften 8, S. 435–442.
1920b. Über die Gesetzlichkeit der Körperform. Verhandl. d. Naturhistor. med. Ver. Heidelberg. N. F. 14, 2; S. 215–256.

- 1920c. Über Cytoarchitektur des embryonalen Rückenmarkes. Verhandl. d. anat. Ges. 29. Vers. Jena. Anat. Anz. 53, Erg.-Heft, S. 55–70.
1921. Mitteilungen über Lebermodelle. Verhandl. d. anat. Ges. 30. Vers. Marburg. Anat. Anz. 54, Erg.-Heft, S. 119–125.
1924. Nebenhoden und Samenfäden. Verhandl. d. anat. Ges. 33. Vers. Halle. Anat. Anz. 58, Erg.-Heft, S. 121–131.
Anatomie des Menschen. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte. I. Bd.: Bewegungsapparat 1921. II. Bd.: Eingeweide (einschließlich periphere Leitungsbahnen 1. Tl.) 1924. Julius Springer, Berlin.

Über die Entwicklung stellarer Materie.

VON P. TEN BRUGGENCATE, Göttingen.

Das letzte Ziel der Kosmogonie läßt sich dahin zusammenfassen, das räumliche Nebeneinander der verschiedenen Himmelsobjekte aufzulösen in ein zeitliches Nacheinander. Man hat bisher versucht, dies Ziel zu erreichen auf Grund *statistischer Untersuchungen* gewisser Eigenschaften (absolute Helligkeit, Spektraltypus, Temperatur, Durchmesser) der einzelnen Sterne des *galaktischen Systems*. Dabei ergaben sich Schwierigkeiten, von denen ich nur eine nennen will. Das zur Verfügung stehende Material ist stets gewissen *Auswahlprinzipien* unterworfen: es werden Sterne großer Eigenbewegung und großer scheinbarer Helligkeit bei Bestimmung der Parallaxen bevorzugt. Auf die Parallaxen ist man angewiesen, weil man *absolute Helligkeiten* kennen muß; denn die Bestimmung der Entwicklungsgeschichte eines einzelnen Sternes ist im wesentlichen identisch mit der Auffindung eines Zusammenhanges zwischen absoluter Helligkeit und Spektraltypus als Funktion der Zeit. Diesen Umstand hat man zu verbessern gesucht durch Einführung von Gewichten¹⁾, die die Bevorzugung gewisser Sterne ausgleichen sollen. Das folgende Beispiel kann dieses Vorgehen vielleicht erläutern: Das zugrunde liegende Material (etwa ein Parallaxenkatalog) enthalte z. B. zehn Sterne, deren scheinbare Helligkeit zwischen $7^m,5$ und $8^m,5$ liegt, und zehn Sterne, deren scheinbare Helligkeit zwischen $3^m,5$ und $4^m,5$ liegt. Bei der statistischen Untersuchung irgendwelcher anderer Eigenschaften der Sterne (z. B. der Parallaxen) sind die beiden Gruppen einander erst dadurch statistisch gleichwertig zu machen, daß man eine der Gruppen mit einer Verhältniszahl multipliziert, die das wirkliche Verhältnis der Sternzahlen in den betreffenden Gruppen angibt. So weiß man, um auf das Beispiel zurückzukommen, daß in Wirklichkeit etwa hundertmal soviel Sterne der scheinbaren Helligkeit $7^m,5$ bis $8^m,5$ am Himmel vorhanden sind als Sterne der scheinbaren Helligkeit $3^m,5$ bis $4^m,5$. Das heißt, geht man von den zehn Sternen mit einer scheinbaren

Helligkeit zwischen $3^m,5$ und $4^m,5$ aus, so muß man, um statistisch vergleichbare Zahlen zu erhalten, die aus dem Material abgezählte Anzahl der Sterne von einer scheinbaren Helligkeit zwischen $7^m,5$ und $8^m,5$ mit 100 multiplizieren. Die zitierten Arbeiten von HESS und VAN RHIJN geben ein Bild von der großen Vorsicht, mit der bei der statistischen Diskussion eines Materials vorgegangen werden muß, das sich aus Sternen des Sternsystems zusammensetzt. Sie zeigen aber auch, daß die dort entwickelte Methode nur wenig erweiterungsfähig ist. Es wird uns nie gelingen, ein im statistischen Sinne vollständiges Material für die Sterne des Sternsystems zu schaffen. Man wird auf die Einführung von Gewichten zum Ausgleich der Sternzählungen nie verzichten können, und gerade diese bringen Unsicherheit in die Untersuchungen.

Was kann nun die Anwendung statistischer Methoden auf das Material der Sterne des Sternsystems in kosmogonischer Hinsicht liefern? Zählt man die Sterne einer bestimmten Spektralklasse, etwa alle A-Sterne, nach verschiedenen absoluten Helligkeiten ab, d. h. bestimmt man die Zahl der A-Sterne mit einer absoluten Helligkeit zwischen $+1^m,0$ und $+2^m,0$, zwischen $+2^m,0$ und $+3^m,0$ usw. (die absoluten Helligkeiten (M) sind immer bezogen auf die Entfernung 10 pars.), so erhält man die statistische Verteilung der A-Sterne nach ihrer absoluten Helligkeit. Mathematisch läßt sich diese Verteilung darstellen durch eine Verteilungsfunktion, die wir $\varphi_A(M)$ nennen wollen. Der Index A soll andeuten, daß es sich um die Verteilung der A-Sterne handelt. Entsprechende Verteilungsfunktionen kann man für jeden beliebigen Spektralbereich aufstellen. Diese Verteilungsfunktionen haben im allgemeinen *mindestens ein Maximum*. Das heißt man kann z. B. bei den A-Sternen von einer bei diesen *am häufigsten* vorkommenden absoluten Helligkeit sprechen. Auf diese Art kann man zu jedem Spektraltypus mindestens eine am häufigsten vorkommende absolute Helligkeit angeben. Diese Werte lassen sich in ein Koordinatensystem eintragen (die Kreuze in Fig. 2), wenn man, wie das gewöhnlich geschieht, den Spektraltypus

¹⁾ HESS, Astron. Nachr. 5261, und Seeliger Festschrift 1924, S. 265; VAN RHIJN, Seeliger Festschrift 1924, S. 247.

als Abszisse, die absolute Helligkeit als Ordinate wählt. Diagramme mit den so gewählten Koordinatenachsen sollen Farbenhelligkeitsdiagramme (F.H.D.) heißen. Es zeigt sich nun (s. die Fig. 1), daß die Funktionen $\varphi_S(M)$, wo S irgendeinen Spektraltypus darstellen soll, um so deutlicher das Vorhandensein zweier Maxima zeigen, je röter der Spektraltypus wird. Nur die Funktionen $\varphi_B(M)$ und $\varphi_A(M)$ haben bestimmt nur ein Maximum. Bei $\varphi_F(M)$ und $\varphi_G(M)$ wird das Maximum, das zur größeren absoluten Helligkeit (M_g) gehört, verdeckt durch das viel schärfere und höhere Maximum bei kleineren absoluten Helligkeiten (M_k), weil die

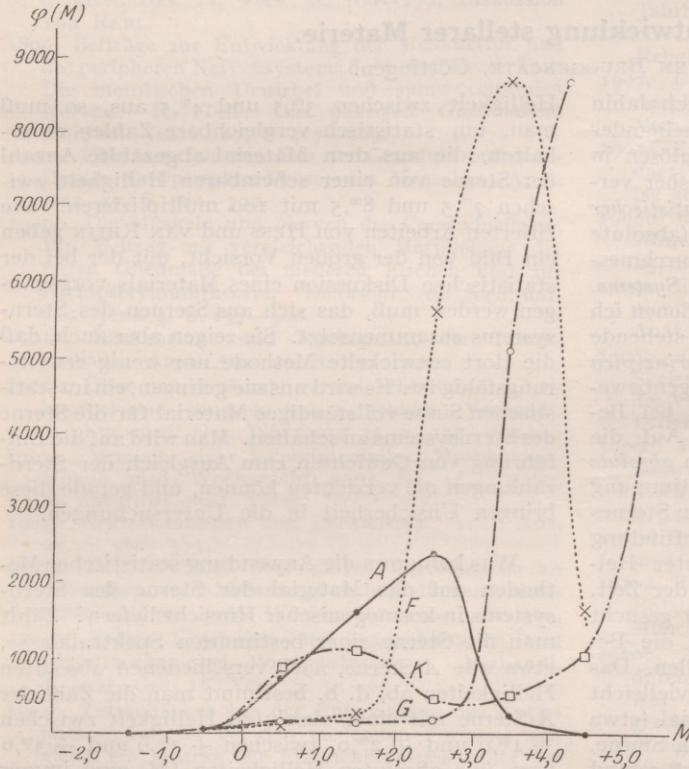


Fig. 1. Die Verteilungsfunktionen $\varphi_A(M)$, $\varphi_B(M)$, $\varphi_G(M)$, $\varphi_K(M)$.

Differenz zwischen M_g und M_k klein ist. Bei $\varphi_K(M)$ und $\varphi_M(M)$ findet keine Überdeckung mehr statt; hier sind die zwei Maxima schon so weit auseinandergerückt, $M_g - M_k$ ist schon so groß, daß diese Kurven deutlich zweigipfelig sind. Dabei ist allerdings der Gipfel, der zu M_g gehört, viel niedriger als derjenige, der zu M_k gehört. Aus der Tatsache, daß sich an die eingipfeligen Kurven $\varphi_B(M)$ und $\varphi_A(M)$ in den Spektralbereichen F , G , K und M immer deutlichere zweigipfelige Kurven anschließen, erkennt man, daß sich die Sterne des Sternsystems statistisch in zwei Klassen teilen lassen, und die Trennung der beiden Klassen ist um so deutlicher, je röter der Spektraltypus ist. Veranschaulicht ist diese Verteilung der Sterne nach Helligkeit und Spektraltypus im bekannten Russell-

Diagramm oder dem Farbenhelligkeitsdiagramm für die Sterne des Sternsystems¹⁾, das in Fig. 2 schematisch wiedergegeben ist. Dieses Diagramm entsteht dadurch, daß man die einzelnen Sterne je nach ihrer Helligkeit und ihrem Spektraltypus als Punkte in ein rechtwinkliges Koordinatensystem einzeichnet, dessen Abszissenachse die Achse der Spektraltypen und dessen Ordinatenachse die Achse der absoluten Helligkeiten darstellt. Dieses auf empirischem Wege gewonnene statistische Ergebnis führte zur Theorie der Riesen- und Zwergsterne.

Über die Entwicklung stellarer Materie aber sagen diese Untersuchungen nichts aus. Die statistische

Untersuchung der Sterne des Sternsystems kann uns nicht weiter führen. Das Kernproblem, ob die empirisch gefundene Spaltung der Sterne in Riesen und Zwerge nur eine statistische Bedeutung hat, oder ob sie physikalisch begründet ist, läßt sich auf diesem Wege nicht beantworten. Das Problem läßt sich noch anders formulieren. Verbindet man die im F.H.D. eingezeichneten Punkte, die die Lage der Maxima der Funktionen $\varphi_S(M)$ angeben, wie es in Fig. 2 geschehen ist, so erhält man zwei Kurven („Kammlinien“ — ein Name, der später verständlich wird): den Riesenast und den Zwergast. Die Punkte der Kammlinien geben nach ihrer Definition an, welche Kombinationen von Spektraltypus und absoluter Helligkeit bei den Sternen des Sternsystems am häufigsten vorkommen. Wir wollen nun (s. Fig. 2) von irgendeinem Punkte I auf einer der beiden Kammlinien ausgehen. Dieser Punkt I stellt uns den Zustand I eines Sternes von bestimmter Masse zu einer bestimmten Zeit seiner Entwicklung dar. Nach einer gewissen Zeit ist der Stern vom Zustand I in einen Zustand II übergegangen; dabei habe sich seine Leuchtkraft M um ΔM , sein Spektraltypus S um ΔS geändert. Und die Frage ist nun die: Wird der Zustand II,

der dem Zustand I benachbart ist, durch einen Punkt II dargestellt, der, wie Punkt I, auf der Kammlinie liegt, oder durch einen Punkt II', der nicht auf der Kammlinie liegt? Im ersten Falle kommt der Kammlinie, die im F.H.D. die Maxima der Funktionen $\varphi_S(M)$ verbindet, eine physikalische Bedeutung zu, im zweiten Falle nur eine statistische.

Eine Entscheidung dieser Frage war nur zu erwarten von dem Versuch, die Entwicklung einer Gaskugel bei weitgehender Idealisierung mathematisch zu studieren. Dieser Versuch ist von EDDINGTON durchgeführt worden²⁾ und hat zu dem Ergebnis geführt, daß der theoretische Entwicklungsgang eines Sternes in großen Zügen über-

¹⁾ M. WILSON, Report 1921, S. 270.

²⁾ EDDINGTON, Zeitschr. f. Phys. 7, 351. 1921.

einstimmt mit dem Verlauf der Kammlinien im F.H.D. Auf Grund der Eddingtonschen Arbeiten hat man sich deshalb daran gewöhnt, das Russell-Diagramm als Entwicklungsdiagramm zu deuten. Aber zu Beginn vorigen Jahres hat EDDINGTON seine alte Anschauung umgestoßen und auf Grund neuerer Untersuchungen, nach denen die Theorie der Riesensterne ausgedehnt werden darf auf die Zwergsterne, die Anschauung vertreten, daß die Anordnung der Sterne im F.H.D. nichts zu tun habe mit der *Entwicklung* stellarer Materie. Vielmehr komme dem F.H.D. lediglich eine *statische Bedeutung* zu. Die Entwicklungswege der Sterne verschiedener Masse verlaufen demnach im F.H.D. nahezu horizontal, gleichgültig, ob wir einen Riesen oder Zwerg betrachten. Nach der alten Theorie galt dies nur für die Riesen. In Fig. 2 ist ein solcher schematisch (nach EDDINGTON) eingezeichnet. Die Kammlinien im F.H.D. müssen nach EDDINGTONS neuer Auffassung gedeutet werden als Verbindungslinien derjenigen Punkte im F.H.D., die die Zustände größter Verweilzeit wiedergeben. Denn nur dadurch, daß die Punkte der Kammlinie besonders stabile Zustände der Sterne auf ihrem Entwicklungsweg im F.H.D. angeben, in denen diese somit lange verharren, ist die Häufung der Sterne des Sternsystems längs der Kammlinien verständlich.

Es gibt aber, wie auch EDDINGTON betont, noch eine Möglichkeit, das F.H.D. als *Entwicklungsdiagramm* zu deuten; nämlich dann, wenn ein Stern während seiner Entwicklung enorm an Masse verliert. Durch die Strahlung der Sterne findet zweifellos ein Massenverlust statt. Aber dieser Massenverlust ist, wenn man die bisherige Zeitskala für kosmogonische Vorgänge zugrunde legt, die auf ein Alter des Sternsystems von etwa 10^9 Jahren führt, so gering, daß ein Stern, wenn er sein Leben als roter Riese beginnt, nicht als roter Zwerg enden kann. Der Lebensweg *abc* (Fig. 2) ist nur dann möglich, wenn die alte Zeitskala mit 10^3 oder gar 10^4 multipliziert wird. Die Entscheidung zwischen den Lebenswegen *abc* und *a'c'* hängt am Ende nur ab von der Wahl der Zeitskala, die man kosmogonischen Vorgängen zugrunde legt. Dadurch, daß EDDINGTON an der „kleinen“ Zeitskala festhält, kommt er zu den Lebenswegen *a'c'*. Legt man die „große“ Skala zugrunde, so führt dies zum Weg *abc*. Aber die *physikalische Erklärung* dieses gebrochenen Weges, der sich zusammensetzt aus einem „aufsteigenden“ Ast *ab* und einen absteigenden Ast *bc*, ist nach den neuen Untersuchungen EDDINGTONS ein anderer. Nach der *alten* Theorie war es die *Dichte*, nach der *neuen* ist es die *Masse* der Sterne, die den Unterschied zwischen Riesen und Zwergen bedingt.

Diese Umwälzung in der theoretischen Auffassung der Entwicklung stellarer Materie — inwieweit die Grundlage der neuen Eddingtonschen Auffassung gesichert ist, soll dahingestellt bleiben — hat die Kosmogonie, soweit sie sich mit der Entwicklung eines einzelnen Sternes befaßt, eigentlich wieder zurückgebracht auf den Stand vor den

ersten theoretischen Untersuchungen EDDINGTONS. Man hat nun die Aufgabe, nach Kriterien zu suchen, von denen eine Entscheidung zwischen beiden Auffassungen zu erwarten ist. Einen Versuch in dieser Richtung hat VOGT¹⁾ unternommen. Die Aufgabe dieses Aufsatzes soll sein, zu zeigen, wie es möglich ist, das Problem der Lösung näherzubringen durch Heranziehen der *Sternhaufen*.

Die im Beobachtungsmaterial liegenden Schwierigkeiten fallen zum großen Teil weg, wenn man vom galaktischen System übergeht auf die *statistische Untersuchung der Sternhaufen* oder mancher Sternwolken, allgemein ausgedrückt einer Art selbständiger, abgeschlossener Systeme, unter denen wir solche Sterngruppen verstehen, bei denen die gegenseitigen Entfernungen der einzelnen Sterne vernachlässigt werden können im Vergleich zur Entfernung der ganzen Gruppe von der Sonne. Bei den Sternen dieser selbständigen Systeme — wir

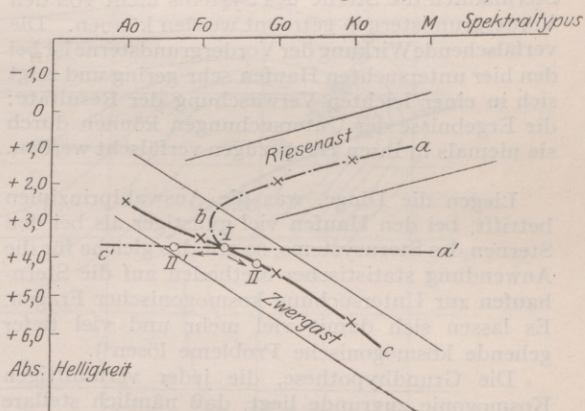


Fig. 2. Schematische Darstellung des F.H.D. für die Sterne des Sternsystems. *abc* Lebensweg eines Sternes mittlerer Masse nach der alten Eddingtonschen Auffassung. *a'c'* Lebensweg eines Sternes nach der neuen Eddingtonschen Auffassung.

wollen im folgenden kurz von „Sternhaufen“ sprechen — ist es möglich, die scheinbare Helligkeit *m* als ein Maß für die Leuchtkraft der Sterne anzusehen, ohne einen merklichen Fehler zu begehen, eben weil die Sterne eines solchen Systems alle in praktisch der gleichen Entfernung angenommen werden können. Deshalb treten diejenigen Auswahlprinzipien gar nicht auf, durch die die Parallaxenkataloge der Sterne des Sternsystems im statistischen Sinne verfälscht werden. Dagegen tritt bei der Wahl von konzentrierten Kugelhaufen zu statistischen Untersuchungen auf dem Gebiet der Kosmogonie ein *anderes Auswahlprinzip* auf, nämlich dadurch, daß das Zentrum der Haufen für die Untersuchungen nicht herangezogen werden kann, weil dort die Trennung der einzelnen Sterne nicht mehr möglich ist. Die Wirkung dieser Auswahl ist einfach zu übersehen und nur bei den konzentriertesten Haufen von größerer Bedeutung. Nach den

¹⁾ VOGT, Zeitschr. f. Phys. 26, 139. 1924.

dynamischen Vorstellungen, die wir uns von einem abgeschlossenen System von Sternen machen müssen, befinden sich im Zentrum der Haufen die größten Massen. Die statistische Untersuchung kann folglich nur in der Weise gefälscht werden, daß die Sternzählungen zu wenig absolut sehr helle Sterne, also sehr massige Sterne, enthalten. Darauf ist wohl auch z. T. das seltene Vorkommen langperiodischer δ -Cephei-Sterne in Kugelhaufen zurückzuführen, die bekanntlich zu den absolut hellsten Sternen gehören, die wir überhaupt kennen. Sobald das Zentrum der Haufen sich auflösen läßt wie bei den offenen Sterngruppen und den Sternwolken, fällt auch noch dies einzige Auswahlprinzip fort, und man kann das Beobachtungsmaterial ohne weitere Korrektur diskutieren, wenn man vorher die Vollständigkeitsgrenze des Materials nach der Seite schwacher scheinbarer Helligkeiten festlegt. Erschwerend ist es, daß bei den Untersuchungen der Sternhaufen die Sterne des Systems nicht von den Vordergrundsternen getrennt werden können. Die verfälschende Wirkung der Vordergrundsterne ist bei den hier untersuchten Haufen sehr gering und zeigt sich in einer leichten Verwaschung der Resultate; die Ergebnisse der Untersuchungen können durch sie niemals in ihren Hauptzügen verfälscht werden.

Liegen die Dinge, was die Auswahlprinzipien betrifft, bei den Haufen viel günstiger als bei den Sternen des Sternsystems, so gilt das gleiche für die Anwendung statistischer Methoden auf die Sternhaufen zur Untersuchung kosmogonischer Fragen. Es lassen sich damit viel mehr und viel tiefer gehende kosmogonische Probleme lösen¹⁾.

Die Grundhypothese, die jeder vernünftigen Kosmogonie zugrunde liegt, daß nämlich stellare Materie sich unter den gleichen Bedingungen an jeder Stelle des Weltraums auf die gleiche Weise entwickelt, muß auch hier gemacht werden, wo wir die Sternhaufen zur Aufstellung einer Kosmogonie heranziehen. Eine zweite Hypothese, die in das Folgende eingeht, ist die, daß die Sterne eines konzentrierten Kugelhaufens praktisch alle gleich alt sind. Diese Hypothese findet eine starke Stütze, wie schon vielfach in der Literatur betont worden ist, in der Tatsache, daß die Farbe der Sterne röter wird, wenn ihre Helligkeit zunimmt²⁾. Dies gilt, einerlei ob man die alte oder neue Eddingtonsche Theorie zugrunde legt. Denn die beobachtete Erscheinung bezieht sich ja auf Riesensterne, und für diese gibt die neue Eddingtonsche Theorie den gleichen Zusammenhang zwischen Leuchtkraft, Spektraltypus und Masse wie die alte. Für die offenen und offensten Sterngruppen folgt dann das gleiche Alter ihrer Sterne aus der Vorstellung, die wir uns von der Entwicklung eines Kugelhaufens unter Einwirkung äußerer Kräfte, wie sie in der Anziehung des ganzen Sternsystems vorliegen, nach den theoretischen Arbeiten von JEANS³⁾ ma-

chen müssen. JEANS konnte zeigen, daß die äußeren Kräfte auflösend auf einen Sternhaufen wirken. Ob diese Auflösung restlos vor sich geht, oder ob ein unaufgelöster Kern übrig bleibt, hängt, wie JEANS gezeigt hat, von der zentralen Dichte des Haufens ab. Durch die Arbeiten von v. ZEIPPEL und PLUMMER u. a., die sich damit beschäftigt haben, das räumliche Dichtegesetz in den Haufen abzuleiten aus der Dichte ihrer Sterne in der Projektion am Himmel, unter Ansatz einer kugelsymmetrischen Verteilung der Haufensterne, weiß man, daß das Dichtegesetz im Zentrum der Haufen nahe übereinstimmt mit der Dichte in einer adiabatischen Gaskugel, aufgebaut aus einem Gas mit einem Verhältnis der spezifischen Wärmen von $\frac{6}{5}$. Für einen Sternhaufen mit einer solchen Zentraldichte läßt sich aber zeigen¹⁾, daß sie nicht ausreicht, um den auflösenden Kräften zu widerstehen. Wir sind also wohl dazu berechtigt, die offensten Sterngruppen als endgültige Auflösungsprodukte von Kugelhaufen anzusehen, sind auch alle Beweise über die Auflösung konzentrierter Sternhaufen nur in speziell konstruierten Idealfällen mathematisch durchzuführen. Aber das ist ja das Wesen jeder mathematischen Naturbeschreibung, die Annäherung an die Wirklichkeit in der Betrachtung von idealen Fällen zu suchen.

Zu der auflösenden Wirkung der äußeren Kräfte tritt noch ein anderer Umstand, der die Auflockerung der Sternhaufen fördert. Nach den Vorstellungen der Relativitätstheorie ist jede Strahlung mit Massenverlust verbunden. In den dichten Kugelsternhaufen muß also die Strahlung der vielen tausend Riesensterne einen recht merklichen Massenverlust des ganzen Systems verursachen. Dadurch wird aber das gesamte Gravitationsfeld des Haufens verkleinert, also eben die Kraft, die die Auflösung des Systems verhindert. Verliert der Durchschnittstern eines Sternhaufens in einem gewissen Zeitabschnitt durch Strahlung 10% seiner Masse, so bedeutet das, daß nach diesem Zeitabschnitt die Sterne des Haufens einen um 37% größeren Raum einnehmen. — Diese Abschweifung zu den mathematischen Versuchen, die dynamische Entwicklung der Sternhaufen zu erfassen, war notwendig, wenn wir die dem Weiteren zugrunde liegende Annahme rechtfertigen wollen, daß die Sternhaufen im allgemeinen desto älter sind, je offener sie uns erscheinen.

Den Entwicklungsweg eines Sternes im F.H.D. im großen festzulegen, gelingt daher auf Grund der oben entwickelten Vorstellungen durch Untersuchung der Verteilung der Sterne von verschiedenen stark konzentrierten Sternhaufen nach Helligkeit und Farbe. Bei stark konzentrierten Kugelhaufen hat man die Verteilung junger Sterne, bei ganz offenen Gruppen die Verteilung alter Sterne vor sich. Man braucht offenbar nur zuzusehen, wie sich diese Verteilung der Sterne im F.H.D. verlagert beim Übergang von einem Kugelhaufen zu

¹⁾ TEN BRUGGENCATE, ungedruckte Münchener Dissertation.

¹⁾ S. Seeliger-Festschrift 1924, S. 60.

²⁾ S. z. B. Seeliger-Festschrift 1924, S. 51.

³⁾ JEANS, Monthly Notices 82, Nr. 3.

einem offenem Haufen, um den Entwicklungsweg der Sterne in großen Zügen vor sich zu haben.

Diejenige Methode, die die *Verteilung der Sterne eines Haufens im F.H.D.* am anschaulichsten wiedergibt, ist ausführlich von HESS¹⁾ oder von KIENLE und mir²⁾ beschrieben worden. Das Prinzip der Methode soll kurz skizziert werden. Bei den Sternen der konzentrierteren Sternhaufen kann man keine Spektraltypen bestimmen. Das Äquivalent für den Spektraltypus bildet hier der Farbenindex (*FI*). Er ist die Differenz zwischen photographischer und photovisueller Helligkeit. Außerdem ist es hier möglich, die absoluten Helligkeiten *M* durch die scheinbaren Helligkeiten *m* zu ersetzen.

Masche senkrecht auf der Zeichenebene (*FI, m*) steht. Macht man dies für jede Masche im F.H.D., so liefern die Endpunkte aller Geraden (die in den Maschenmittelpunkten senkrecht auf der Ebene des F.H.D. stehen) eine Fläche, die sich wie ein Gebirge über das F.H.D. wölbt. Die Höhe eines Punktes des „Gebirges“ über der Ebene des F.H.D. ist ein Maß für die Anzahl der Sterne, die im F.H.D. in einer Masche liegen, die den Fußpunkt der betreffenden Höhe zum Mittelpunkt hat. Auf diese Art kann man sich ein dreidimensionales Modell entwerfen, das ein anschauliches Bild gibt von der Verteilung der Sterne eines Sternhaufens im F.H.D., also nach Farbe und Leuchtkraft. Aber genau so,

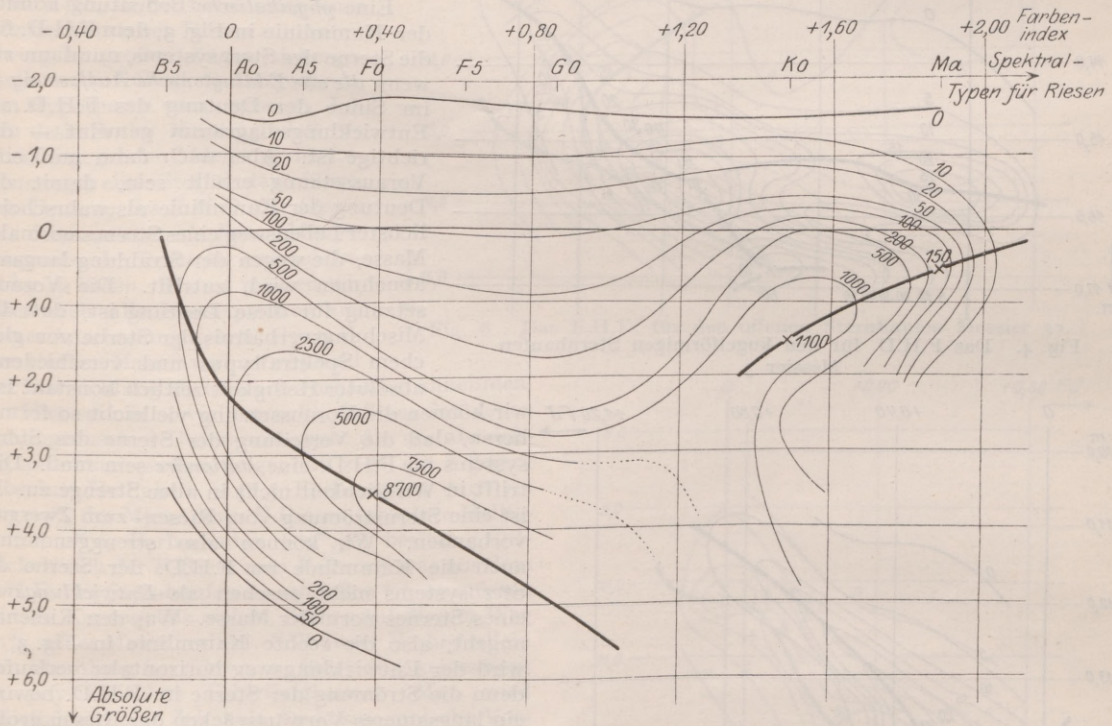


Fig. 3. Die Verteilung der Sterne des Sternsystems nach absoluter Helligkeit und Spektraltypus.

Bei den Sternhaufen treten also an die Stelle der Funktionen $\varphi_s(M)$ die Funktionen $\varphi_{FI}(m)$, die die Verteilung der Sterne von einem bestimmten Farbenindex nach ihren scheinbaren Helligkeiten wiedergeben. In das rechtwinkelige Koordinatensystem *FI, m* (*FI* Abszissen, *m* Ordinaten) zeichnet man nun nach einem Farbenhelligkeitskatalog die Sterne eines Sternhaufens ein. Überdeckt man dann die Ebene der *FI* und *m* mit einem rechtwinkligen Netz von lauter gleich großen Maschen, das parallel den Koordinatenachsen orientiert ist, so läßt sich abzählen, wieviel Sterne in jede Masche fallen. Diese gefundene Anzahl kann man auf einer Geraden auftragen, die in dem Mittelpunkt der

wie man ein Gebirge auf einer Karte durch „Höhenlinien“ veranschaulicht, können wir auch die Verteilungsfläche der Sterne eines Sternhaufens uns im F.H.D. zweidimensional durch Höhenkurven, die hier vielleicht zutreffender „Häufigkeitskurven“ genannt werden, veranschaulichen. Jede Häufigkeitskurve im F.H.D. ist dann die Projektion eines ebenen Schnittes durch die Verteilungsfläche, parallel zur Ebene des F.H.D. Und jede Häufigkeitskurve verbindet dann im F.H.D. die Punkte gleicher Sternhäufigkeit. Die Figg. 3–7 stellen solche Verteilungsflächen dar. Als Kreuze sind in die Figuren die „Gipfel“ der Verteilungsflächen, als stärkere Linien die „Kammlinien“ eingezeichnet. Die Namen Gipfel und Kammlinien sind eben in Analogie zur Vorstellung eines Gebirges gewählt. Was bedeuten diese Linien? Wird die Ver-

¹⁾ HESS, Seeliger-Festschrift 1924, S. 265.

²⁾ KIENLE und TEN BRUGGENCATE, Zeitschr. f. Phys. 28, S. 381 ff.

teilungsfäche durch eine Ebene, die senkrecht auf der Achse der FI steht, geschnitten, so liefert die Schnittkurve das Verteilungsgesetz $\varphi_{FI}(m)$ der scheinbaren Helligkeiten aller Sterne mit dem bestimmten Farbenindex FI . Denn die Höhen der Punkte der Schnittkurve geben an, wie sich die Anzahl der Sterne ändert, wenn man z. B. von größeren zu kleineren Helligkeiten fortschreitet,

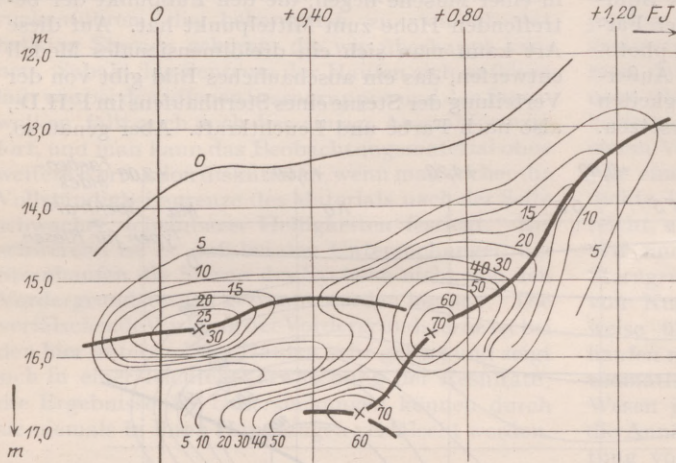


Fig. 4. Das F.H.D. für den kugelförmigen Sternhaufen Messier 3.

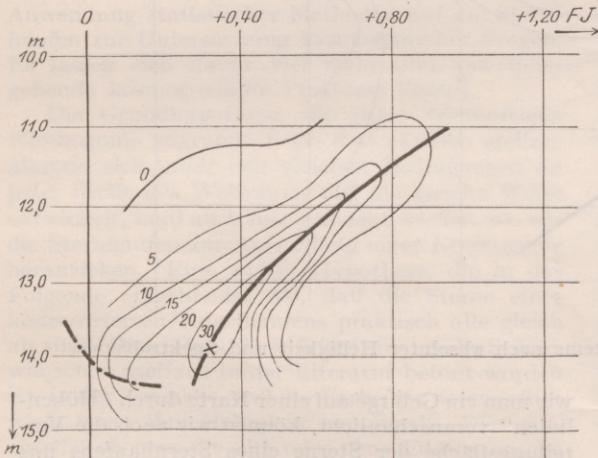


Fig. 5. Das F.H.D. für den offenen Sternhaufen Messier 11.

und zwar senkrecht zur Achse der Farbenindices, diesen also festhält. Dieses Verteilungsgesetz hat, wie schon weiter oben betont wurde, im allgemeinen mindestens ein Maximum, dessen Lage im F.H.D. angegeben werden kann und somit den Punkt größter Höhe bezeichnet, den man erreicht, wenn man das „Gebirge“ an einer bestimmten Stelle senkrecht zur Achse der FI überschreitet. Die Kammlinie ist nun nichts anderes als die Verbindungslinie dieser Punkte für die einzelnen Verteilungsfunktionen $\varphi_{FI}(m)$ bei veränderlichem FI .

Sie ist, wie man sich einfach überzeugt, in der Ebene des F.H.D. dadurch festgelegt, daß sie durch diejenigen Punkte der Häufigkeitskurven gehen soll, in welchen diese zur Achse der Helligkeit parallele Tangenten besitzen. Die Kammlinie hat somit zunächst nur eine rein *statistische* Bedeutung, denn die Verteilungsfäche hat bisher nur einen *statistischen* Sinn. Wir haben zuzusehen, ob ihr auch irgendeine *physikalische* Bedeutung zukommt. — Hier müssen wir trennen zwischen Fig. 3, die die Verteilungsfäche für die Sterne des *Sternsystems* darstellt und den Figg. 4–7, welche die Verteilungsfächen für *Sternhaufen* wiedergeben.

Eine *physikalische* Bedeutung kommt der Kammlinie in Fig. 3, dem F.H.D. für die Sterne des *Sternsystems*, nur dann zu, wenn die *alte Eddingtonsche Auffassung* — im Sinne der Deutung des F.H.D. als Entwicklungsdiagramm gemeint — die richtige ist. Aber auch dann muß eine Voraussetzung erfüllt sein, damit die Deutung der Kammlinie als wahrscheinlichster Lebensweg eines Sternes normaler Masse, die wegen der Strahlung langsam abnehmen wird, zutrifft. Die Voraussetzung für diese Deutung ist, daß das Mischungsverhältnis der Sterne von gleichem Spektraltypus und verschiedener absoluter Helligkeit zeitlich konstant ist;

wir können die Voraussetzung vielleicht so formulieren, daß die Verteilung der Sterne des *Sternsystems* im F.H.D. eine *stationäre* sein muß. Dies trifft in Wirklichkeit nicht in aller Strenge zu. Es ist eine Sternströmung vom Riesen- zum Zwergast vorhanden. Wir können also strenggenommen auch die Kammlinie im F.H.D. der Sterne des *Sternsystems* nicht ansehen als *Entwicklungsweg* eines Sternes normaler Masse. Was den Riesenast angeht, also die rechte Kammlinie in Fig. 3, so wird der Entwicklungsweg horizontal verlaufen, denn die Strömung der Sterne im F.H.D. bewirkt ein langsamerer Vorwärtsrücken der Riesen großer Leuchtkraft gegenüber den Riesen schwächerer Leuchtkraft, wodurch eben eine Neigung der statistischen Kurve maximaler Häufigkeit im steiler werdenden Sinne erfolgt. So viel ist sicher, daß das F.H.D. des *Sternsystems*, wenigstens mit großer Annäherung, eine *stationäre* Sternverteilung darstellt. Dies ist das eine Extrem. Das andere Extrem ist die „strömende“ Sternverteilung im F.H.D., die immer dargestellt wird von einem System gleichalter Sterne, also eben von den *Sternhaufen*. Die *statistische* Bedeutung der Kammlinie ist bei den F.H.D. der *Sternhaufen* in Figg. 4–7 genau die gleiche, nämlich die Linie, die die Zustände maximaler Häufigkeit im F.H.D. verbindet. Hier dagegen hat die Kammlinie der Verteilungsfäche mit dem Entwicklungsweg eines Sternes normaler Masse gar nichts zu tun. Sie ist die Verbindungslinie der gleichzeitigen wahrscheinlichsten Zustände von Sternen verschiedener Masse.

Sieht man von den Einzelheiten der Verteilung ab und betrachtet nur die Veränderung der Grenzlinie der Verteilung, als welche wir etwa die Kurve 5 ansehen wollen, von Fig. 4 über 5 und 6 zu Fig. 7, und vergleicht ihre Form jeweils z. B. mit der Kurve 500 der Verteilungsfunktion der Sterne des Sternsystems, wie sie in Fig. 3 gezeichnet ist, so erkennt man die in die Augen springende Verlagerung der Häufigkeitskurven vom roten Teil des Riesenastes bei Messier 3 zu dem von den *B*-Typen nach rechts unten verlaufenden Zwergast bei N.G.C. 1647 über die offenen Haufen Messier 11 und Messier 37¹⁾. Damit, glaube ich, ist der Lebensweg eines Sternes vom roten Riesen zum roten Zwerg in großen Zügen sichergestellt — die Gültigkeit der gemachten Hypothesen vorausgesetzt. Ich bin deshalb der Meinung, daß die eben angegebene Ableitung des Lebensweges eines Sternes dazu führt, die Deutung des *F.H.D.* der Sterne des Sternsystems als Entwicklungsdiagramm der Sterne für wahrscheinlicher zu halten. Damit müssen wir aber auch alle Konsequenzen aus dieser Anschauung ziehen; also z. B. den starken Massenverlust während der Entwicklung als wirklich vorhanden annehmen.

Hier sei nur so viel bemerkt, daß aus den neuen Eddingtonschen Untersuchungen, die wir als richtig annehmen wollen, folgt, daß z. B. ein *F*-Zwerg (absolute Helligkeit + 4^m,5, Farbenindex + 0^m,70) nur 50% der Masse eines *F*-Riesen (absolute Helligkeit + 2^m,0, Farbenindex + 0^m,70) besitzt. Entwickelt sich der *F*-Riese zum *F*-Zwerg, was aus dem *F.H.D.* der Sternhaufen zu schließen ist, so müssen wir die Konsequenz ziehen, daß er auf diesem Weg 50% seiner Masse verliert. Soll dieser Verlust allein von Strahlung herrühren, so führt dies keineswegs zu physikalischen Schwierigkeiten. Man wird lediglich auf eine Zeitskala für kosmogonische Vorgänge geführt, die enorm groß ist; die Dauer des Entwicklungsstadiums vom *F*-Riesen zum *F*-Zwerg ist dann von der Größenordnung von 10¹²–10¹³ Jahren. *M* 3, ein typischer Kugelhaufen, enthält zahlreiche *F*-Riesen. N.G.C. 1647 enthält *F*-Zwerg, aber keine *F*-Riesen mehr. Mit einiger Wahrscheinlichkeit kann man deshalb, auf Grund der gemachten Voraussetzungen, sagen, daß sich der Prozeß

¹⁾ Mit Hilfe der Parallaxen der vier Haufen (Seeliger-Festschrift 1924, S. 57, und Zeitschr. f. Physik 29, 248, 1924) findet man, daß der absoluten Helligkeit + 2^m,0 im Sternhaufen Messier 3 eine scheinbare Helligkeit entspricht, die gleich oder schwächer als 16^m,0 ist, im Haufen Messier II die scheinbare Helligkeit 14^m,0, im Haufen Messier 37 die scheinbare Helligkeit 13^m,0 und endlich im Haufen N.G.C. 1647 die scheinbare Helligkeit 12^m,0.

des Einwanderns der Sternhaufen in das engere Sternsystem, der Prozeß ihrer allmählichen Auflösung abspielt in einem Zeitraum von der gleichen Größenordnung von 10¹² Jahren. Diese Tatsache zeigt, ebenso deutlich wie die Abschätzungen von JEANS¹⁾ über die Häufigkeit von Zusammenstößen zwischen Sternen des Sternsystems, wenn man diese auf die tausendmal größere Zeitskala überträgt, daß

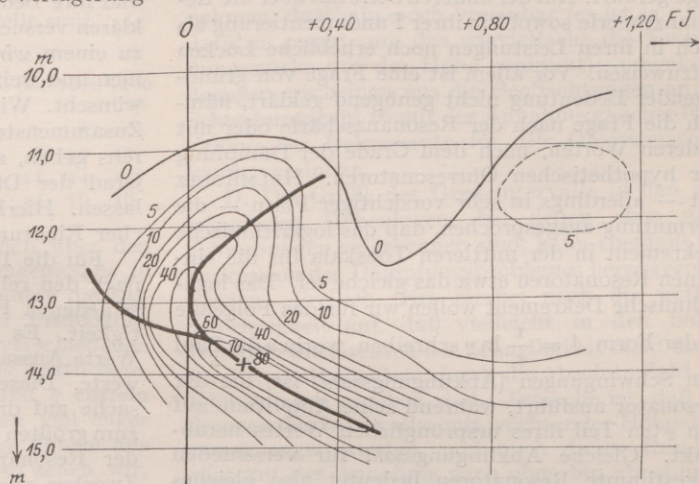


Fig. 6. Das *F.H.D.* für den offenen Sternhaufen Messier 37.

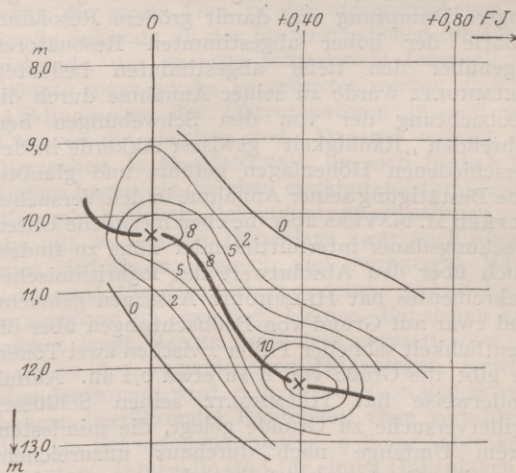


Fig. 7. Das *F.H.D.* für die ganz offene Sterngruppe N.G.C. 1647.

solche Katastrophen in der Entwicklung der Sterne, selbst auf dem kleinen Stück des Lebensweges vom *F*-Riesen zum *F*-Zwerg, nichts Seltenes zu sein brauchen. Und solche Katastrophen sind stets mit Massenverlust verbunden. Man wird dadurch zur Vorstellung geführt, daß bei einer großen Zahl der Sterne durchaus auch die Möglichkeit anderweitigen Massenverlustes außer durch Strahlung existiert.

¹⁾ JEANS, Nature 114, 828. 1924.

Über den Grad der Dämpfung der Ohrresonatoren.

Von E. MEYER, Berlin, und E. WAETZMANN, Breslau.

Seit HELMHOLTZ ist mehrfach der Versuch gemacht worden, die Resonanztheorie des Hörens durch eine andere Hörtheorie zu ersetzen. Keiner dieser Versuche hat bisher zu einem endgültigen Erfolge geführt. Auf der anderen Seite hat aber die Resonanztheorie sowohl in ihrer Fundamentierung als auch in ihren Leistungen noch erhebliche Lücken aufzuweisen. Vor allem ist eine Frage von grundlegender Bedeutung nicht genügend geklärt, nämlich die Frage nach der Resonanzschärfe oder mit anderen Worten, nach dem Grade der Dämpfung der hypothetischen Ohrresonatoren. HELMHOLTZ hat — allerdings in sehr vorsichtiger Form — die Vermutung ausgesprochen, daß das logarithmische Dekrement in der mittleren Tonskala für die einzelnen Resonatoren etwa das gleiche sei. Das logarithmische Dekrement wollen wir für das Folgende in der Form $\Delta = \frac{I}{s} \ln \varrho$ schreiben, worin s die Zahl von Schwingungen (Abklingungszahl) ist, die der Resonator ausführt, während seine Amplitude auf den ϱ ten Teil ihres ursprünglichen Wertes herabsinkt. Gleiche Abklingungszahl für verschieden abgestimmte Resonatoren bedeutet also gleiches logarithmisches Dekrement und damit gleiche Resonanzschärfe, während gleiche Abklingezeit geringere Dämpfung und damit größere Resonanzschärfe der höher abgestimmten Resonatoren gegenüber den tiefer abgestimmten bedeutet. HELMHOLTZ wurde zu seiner Annahme durch die Beobachtung der von den Schwebungen herührenden „Rauhigkeit“ gewisser Akkorde in den verschiedenen Höhenlagen geführt und glaubte, eine Bestätigung seiner Annahme in den Versuchen ALFRED M. MAYERS über die eben merkliche Unterbrechungsdauer intermittierender Töne zu finden. Auch über den Absolutwert des logarithmischen Dekrements hat HELMHOLTZ Aussagen gemacht, und zwar auf Grund von Beobachtungen über die Deutlichkeit schneller Triller zwischen zwei Tönen. Er gibt die Größe von Δ zu etwa 0,1 an. Auffallenderweise hat HELMHOLTZ seinen Schlüssen Trillerversuche zu Grunde gelegt, die mindestens ihrem Umfange nach durchaus unzureichend waren¹⁾. O. ABRAHAM²⁾ hat dann aus umfangreicheren, gemeinsam mit KARL L. SCHAEFER³⁾ ausgeführten Trillerversuchen den Schluß gezogen, daß „alle Töne unabhängig von ihrer Höhe dieselbe Abklingezeit haben“, freilich mit einer Begründung, die uns nicht stichhaltig zu sein scheint, und ohne irgendwelche Folgerungen für die Er-

klärung der Tatsachen des Hörens daraus zu ziehen. Ferner hat der eine von uns¹⁾, an ABRAHAM-SCHAEFER anknüpfend, durch weitere Versuche und Überlegungen die Frage der Resonanzschärfe und ihre Bedeutung für die Theorie des Hörens zu klären versucht. Jedoch ist es noch nicht gelungen, zu einem *wirklich gesicherten Endresultat* zu kommen und weitere Beobachtungen sind dringend erwünscht. Wir möchten im Folgenden eine kritische Zusammenstellung derjenigen Tatsachen des Hörens geben, aus denen sich Rückschlüsse auf den Grad der Dämpfung der Ohrresonatoren ziehen lassen. Hierbei wird von selbst ersichtlich, in welcher Richtung die Weiterarbeit erfolgen muß.

Für die Theorie des Hörens ist schon die Frage nach den relativen Dämpfungswerten in den verschiedenen Höhenlagen von grundlegender Wichtigkeit. Es ist auch leichter, über die relativen Werte Aussagen zu machen, als über die Absolutwerte. Diese Aussagen stützen sich in der Hauptsache auf drei Gruppen von Beobachtungen, die zum größten Teil nicht im Hinblick auf das Problem der Resonanzschärfe, sondern zu ganz anderen Zwecken angestellt worden sind und deshalb vielleicht besonderes Zutrauen verdienen. Die erste Gruppe umfaßt Beobachtungen an Schwebungen zwischen zwei gleichzeitig erklingenden Tönen (Interferenzschwebungen), die zweite Gruppe Beobachtungen über die eben merkliche Unterbrechungsdauer eines intermittierend angegebenen Tones (Unterbrechungsschwebungen) und die dritte Gruppe Beobachtungen über die Deutlichkeit schneller Triller zwischen zwei Tönen.

I. Interferenzschwebungen.

A. Die Interferenzschwebungen kommen nach der Resonanztheorie dadurch zustande, daß auf die beiden Primärtöne p und q nicht nur die auf sie abgestimmten Ohrresonatoren reagieren, sondern infolge der Dämpfung auch noch die benachbarten, also auch die zwischen p und q liegenden. Infolgedessen führen diese Resonatoren wieder eine schwebende Schwingung aus. Rücken p und q sehr nahe aneinander, etwa auf Halbtonabstand oder näher, so hört man einen zwischen ihnen liegenden Ton, den sog. Zwischenton und diesen schwebend. Nun hat F. KRUEGER²⁾ als „charakteristischen Unterschied“ der Höhenlagen gefunden, daß das Intervall, bei welchem die beiden Töne völlig zu einem Zwischenton verschmelzen, um so kleiner ist, je höher die Töne liegen. Wir ziehen daraus den Schluß, daß in den höheren Lagen die Resonanzschärfe größer, das logarithmische Dekrement also kleiner ist als in den tieferen Lagen.

B. Rücken p und q weiter auseinander, so hört man zwei Töne, und man wird vom Standpunkte

¹⁾ Eine Kritik der Helmholtzschen Aussagen über die Dämpfung der Ohrresonatoren findet sich bei E. WAETZMANN, Die Resonanztheorie des Hörens, Vieweg 1912, S. 55 ff.

²⁾ Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. 20, 417. 1899.

³⁾ Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. 20, 408. 1899.

¹⁾ E. WAETZMANN, I. c.

²⁾ WUNDT'S Philosophische Studien 16, 658. 1900.

der Resonanztheorie aus die Annahme machen dürfen, daß dann zwei Töne zu hören sind, wenn die Resonanzkurve der Ohrresonatoren zwei deutlich ausgeprägte Maxima besitzt. Je größer die Resonanzschärfe, um so enger sind die Intervalle, bei denen die Teilung der Resonanzkurve eintritt. KARL L. SCHAEFER und GUTTMANN¹⁾ haben hierüber Beobachtungen angestellt, deren Resultate in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Tabelle 1.

Schwingungszahl . . .	90	150	300	400	600	800	1000	1200
Beginnende Unreinheit	11	7	5	6	7	7	8	9
Deutliche Unreinheit	16	10	7	8	9	8	10	11
Beginnende Zweiheit	20	16	10	10	13	11	14	14
Deutliche Zweiheit	25	23	13	11	14	14	16	18

Die Beobachtungen erstrecken sich über den Tonbereich von 90—1200 Schwingungen. Die in der Tabelle angegebenen Zahlen bedeuten die Differenzen der Schwingungszahlen der Primärtöne und sind Mittelwerte von vier verschiedenen Beobachtern. Die Zahlen zeigen aufs deutlichste, daß das Intervall, bei welchem p und q einzeln wahrnehmbar sind, in höheren Lagen viel enger als in tieferen ist. Greifen wir einige Zahlen aus der letzten Horizontalreihe heraus, so sehen wir, daß das fragliche Intervall in der Gegend von 600 Schwingungen nur etwa halb so groß ist wie in der Gegend von 300 und daß es in der Nähe von 1200 nur wenig mehr als die Hälfte des Intervalles bei 600 beträgt. Hiernach könnte also von gleichem logarithmischen Dekrement für die verschiedenen Ohrresonatoren keine Rede sein, vielmehr würde sich auch hier, wenn unsere Voraussetzungen zutreffen, eine Abnahme mit wachsender Höhenlage ergeben, und zwar eine so starke Abnahme, daß die relativen Dämpfungswerte etwa dadurch charakterisiert werden könnten, daß nicht das logarithmische Dekrement, d. h. die Abklingzahl, sondern die Abklingzeit für alle Ohrresonatoren ungefähr die gleiche ist.

C. Man könnte daran denken, auch aus den relativen Empfindungsstärken gleich schneller Interferenzschwebungen in verschiedenen Höhenlagen Schlüsse auf den Grad der Dämpfung zu ziehen, wenn man die nicht unwahrscheinliche Voraussetzung macht, daß die Schwebungen unter sonst gleichen Bedingungen um so empfindungsstärker sind, je geringer die Resonanzschärfe der Ohrresonatoren ist. C. STUMPF²⁾ hat derartige Versuche, wenn auch nicht im Hinblick auf das Dämpfungsproblem, angestellt. Bei der Schwebungszahl 16 pro Sekunde fand er keinen Unterschied der Schwebungsstärke in verschiedenen Tonregionen, was wiederum auf viel größere Resonanzschärfe der höher abgestimmten Resonatoren hindeutet. Dagegen fand er bei der Schwebungszahl 100 pro sec. eine Zunahme der Schwebungsschärfe

mit wachsender Höhenlage. Dieses Resultat kann man vielleicht dadurch erklären, daß bei der großen Schwebungszahl von 100 das Intervall der Primärtöne in den tiefen Lagen schon so groß wird, daß man sich hier der Grenze der Erkennbarkeit von Schwebungen nähert. In jedem Falle ist diese Beobachtung mit der Annahme, daß die logarithmischen Dekremente mit wachsender Tonhöhe abnehmen, durchaus noch vereinbar (es ist ja nichts darüber gesagt, um das wievielfache die Empfindungsstärke mit der Höhe zunimmt); umgekehrt dagegen erscheinen uns die Beobachtungen an der Schwebungszahl 16 mit der Annahme gleicher logarithmischer Dekremente für alle Ohrresonatoren kaum vereinbar.

D. Die Größe der Grenzintervalle in den verschiedenen Höhenlagen, bei denen eben noch Schwebungen zu erkennen sind, kann ebenfalls zur Diskussion des Dämpfungsproblems herangezogen werden. Freilich tritt hierbei noch die weitere Schwierigkeit auf, daß vielleicht in den hohen Tonlagen die Grenzen der Schnelligkeit nicht durch das Intervall, sondern durch die absolute Zahl der Schwebungen gegeben sind. Tatsache ist, daß die Grenzen des Intervalles mit wachsender Höhenlage immer enger werden, und auch dieses Resultat wäre mit der Annahme nach oben hin abnehmender Dekremente wohl vereinbar. Die Angabe STUMPF¹⁾, daß in der dreigestrichenen Oktave etwa die große Terz, in der viergestrichenen die große Sekunde, in der fünfgestrichenen die kleine Sekunde, das weiteste schwebende Intervall ist, könnte sogar wieder so gedeutet werden, daß die Abklingzeiten der Ohrresonatoren in den drei Oktaven die gleichen sind. Dagegen würden aus Versuchen A. M. MAYERS²⁾, die sich freilich auf tiefere Lagen als die eben erwähnten Stumpfschen Versuche beziehen, Dekremente zu entnehmen sein, die mit wachsender Höhenlage zwar auch abnehmen, jedoch in ungleich viel geringerem Maße. Hier wird Δ in dem Gebiet von 128—1024 Schwingungen nur um etwa 80% kleiner. Bei seinen Versuchen fragt MAYER nach dem engsten Intervall $p : q$ in den verschiedenen Höhenlagen, welches eben konsonant wird, d. h. dessen (von den Schwebungen herrührende) Rauigkeit eben verschwindet. Die Schwebungszahlen $p - q$ dieser „eben konsonanten“ Intervalle sind für einige Höhenlagen in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 2.

Höhenlage . . .	128	256	432	575	766	1706
$p - q$	38	58	85	107	130	210

E. Unlängst hat H. BARKHAUSEN³⁾ geprüft, wie klein der Frequenzunterschied zwischen zwei Tönen sein muß, damit sie noch aufeinander einwirken. Die Einwirkung wird dadurch konstatiert, daß die „Hörbarkeit“ beim Hinzugeben des zweiten

¹⁾ l. c. II, 464.

²⁾ A. M. MAYER, Phil. MAG 37, 259. 1894. Vgl. auch H. HARTRIDGE, Journ. of Psychol. 13, 185. 1921.

³⁾ Physikal. Zeitschr. 25, 537. 1924.

¹⁾ Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. 32, 87. 1903.

²⁾ C. STUMPF, Tonpsychologie II, 467.

Tones zum ersten vergrößert wird. Der Begriff der Hörbarkeit scheint dabei ganz allgemein gehalten zu sein, so daß auf die Tonhöhe des Gehörten nicht besonders geachtet wird. Das Intervall der beiden Töne, die gleiche Hörbarkeit (Lautstärke) besitzen, wird, vom Einklange ausgehend, mehr und mehr vergrößert, bis durch das Hinzufügen des zweiten Tones an der Hörbarkeit des ersten nichts mehr geändert wird. Damit ist die Resonanzkurve des ersten Tones gewonnen. BARKHAUSEN findet für die Tonhöhen 500 und 1500 die gleichen Resonanzkurven, die dadurch charakterisiert sind, daß die Beeinflussung der Hörbarkeit durch einen zweiten Ton bei dem Intervall von einer kleinen Terz aufhört. Für die Tonlage von 1500 Schwingungen stimmt dieses Resultat mit den unter D erwähnten Stumpfschen Schwebungsbeobachtungen gut überein, für die Tonlage von 500 Schwingungen dagegen nicht.

II. Unterbrechungsschwebungen.

Die unter I D erwähnten Beobachtungen über die Zahl der Schwebungen, bei welcher die Rauigkeit eines Intervalles eben verschwindet, stehen in einem gewissen inneren Zusammenhange mit der eben merklichen Unterbrechungsdauer eines Tones. Die Zahl der eben merklichen Unterbrechungsschwebungen für einen einzelnen Ton, wie sie A. M. MAYER¹⁾ gefunden hat, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 3.

Tonhöhe	128	256	432	575	766	1024	1706
U . . .	36	62	91	113	138	170	219
S . . .	1,77	2,06	2,37	2,54	2,77	3,01	3,89

S bedeutet die Zahl von Schwingungen, die während der jedesmaligen Tondauer in das Ohr gelangen. Die Versuchsanordnung bringt es mit sich, daß der Ton hierbei nicht konstante (physikalische) Intensität hat, sondern erst an- und dann wieder abklingt. Rechnet man die physikalischen An- und Abklingezeiten mit zur Tondauer, so ist diese jedesmal gleich der darauffolgenden Unterbrechungsdauer. MAYER rechnet die Unterbrechungsdauern etwas anders, was aber für unsere Betrachtungen nicht ins Gewicht fällt. Nun hat schon HELMHOLTZ aus ähnlichen, älteren Versuchen A. M. MAYERs geschlossen, daß die logarithmischen Dekremente für alle Höhenlagen ungefähr die gleichen seien, da ja die eben merkliche Unterbrechungsdauer eines Tones mit wachsender Höhenlage so stark abnehme, daß man unmöglich von gleicher physiologischer Abklingezeit für alle Ohrresonatoren sprechen könne, vielmehr eher an gleiche Abklingezeiten denken müsse. Rechnet man etwas weniger summarisch als HELMHOLTZ, so ergibt sich zwar auch aus den in Frage stehenden Versuchen eine kleine Abnahme des Dekrements nach oben hin (von 128—1024 Schwingungen um etwa 80%²⁾), wie bei den unter I D an

letzter Stelle besprochenen Versuchen), aber diese Abnahme ist doch so gering, daß sie sich der Abnahme gleicher Abklingezeiten für die verschiedenen Ohrresonatoren unvergleichlich viel mehr nähert, als der Annahme gleicher Abklingezeiten.

Daß die Zahlen für die eben noch merklichen Interferenzschwebungen und für die eben noch merklichen Unterbrechungsschwebungen in einer bestimmten Tonlage der Größenordnung nach immer die gleichen sind, scheint nicht wunderbar, da dem Ohre in beiden Fällen etwas sehr Ähnliches dargeboten wird. Eine andere — noch nicht geklärte — Frage ist die, ob die Versuche wirklich beweisen, daß die Abklingezeiten der Ohrresonatoren nach oben hin angenähert im Verhältnis der eben merklichen Unterbrechungsdauern abnehmen. Wir werden nämlich unter Abschnitt III Beobachtungen besprechen, die den ziemlich gegenteiligen Schluß nahelegen, daß die Abklingezeiten für alle Ohrresonatoren etwa die gleichen sind. In jedem Falle sind weitere Versuche über die eben merkliche Unterbrechungsdauer, namentlich unter Variation der relativen Ton- bzw. Unterbrechungsdauern, dringend erwünscht.

III. Triller.

Die oben erwähnten Versuche von O. ABRAHAM und KARL L. SCHAEFER wie die daran anschließenden Versuche des einen von uns über die Deutlichkeit schneller Triller zwischen zwei Tönen ergeben das Resultat, daß in den verschiedenen Höhenlagen etwa gleich schnell getrillert werden kann, bevor der Triller verwaschen wird. Die Triller mit zwei Tönen werden etwa in der Weise erzeugt, daß in zwei Löcherkreisen einer Sirenscheibe abwechselnd gleiche Strecken von Löchern verstopft und die beiden Kreise aus zwei Röhren gleichzeitig angeblasen werden. Die Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe wird dann soweit gesteigert, bis der Triller nicht mehr deutlich als Triller, sondern als intermittierender Akkord gehört wird. Diese Grenze der Deutlichkeit des Trillers wird innerhalb eines weiten Tongebietes (Anfang der eingestrichenen bis Ende der dreigestrichenen Oktave) bei etwa 16 Doppelschlägen, also einer Dauer jedes der beiden Trillertöne von etwa 0,035 Sekunden erreicht. Daß die Zahl der Schläge bei einem eben noch deutlichen Triller in einer bestimmten Höhenlage viel geringer ist, als die Zahl der eben noch merklichen Unterbrechungsschwebungen in der gleichen Höhenlage ist verständlich, weil die Einstellungskriterien in beiden Fällen ganz andere sind. Bei der Festlegung der Grenze für die Unterbrechungsschwebungen wird auf völlige Gleichmäßigkeit der Tonempfindung eingestellt, bei der Festlegung der Trillergrenze dagegen nur darauf, daß die beiden Töne nicht mehr einzeln gehört werden, sondern als Akkord, aber immer noch als intermittierender Akkord erscheinen. Dagegen sind die beiden Beobachtungsergebnisse, daß einerseits in allen Höhenlagen gleich schnell getrillert werden kann und daß andererseits die Zahl

¹⁾ A. M. MAYER, I. c.

²⁾ H. HARTRIDGE, I. c.

der Unterbrechungsschwebungen mit wachsender Höhenlage stark ansteigt, auf Grund rein physikalischer Erwägungen über die Abklingezeiten der Ohrresonatoren kaum miteinander vereinbar, denn die Trillerbeobachtungen weisen auf angenähert gleiche Abklingezeiten, die Unterbrechungsversuche auf angenähert gleiche Abklingezahlen für alle Ohrresonatoren hin.

Es erscheint uns nicht ausgeschlossen, daß aus den Mayerschen Versuchen in erster Linie nicht Schlüsse auf die Abklingezeiten der Ohrresonatoren, sondern Schlüsse darauf zu ziehen sind, bei welcher Zahl von Reizen pro Sekunde die zu den einzelnen Ohrresonatoren gehörenden Nerven der Reizschwankung nicht mehr zu folgen vermögen; dann würden die Beobachtungen über die Grenzen der Schnelligkeit der Interferenz- und Unterbrechungsschwebungen aus der Diskussion des Dämpfungproblems auszuschneiden haben.

Neuerdings hat D. MACKENZIE¹⁾ versucht, aus Trillerbeobachtungen die relativen Empfindungsstärken zweier verschieden hoher Töne zu messen. Er überträgt also das Flickerprinzip aus der Optik auf die Akustik. Die Unterbrechungen des jeweils stärkeren Tones treten deutlicher hervor, als die des schwächeren, und als Einstellungskriterium soll gelten, daß beide Töne gleichmäßig unterbrochen erscheinen. Für unser Problem ist an diesen Versuchen interessant, daß MACKENZIE in dem Tonbereich von 100—4000 Schwingungen eine Tondauer von 0,04 Sekunden für jeden der beiden Trillertöne als passend angibt. Brauchbare Tondauern liegen zwischen 0,02 und 0,08 Sekunden. Der Größenanordnung nach stimmen diese Angaben mit den Resultaten ABRAHAMS und KARL L. SCHAEFERS und des einen von uns gut überein. Nebenbei bemerkt, scheint es uns wichtig, bei der Anwendung des Flickerprinzips neben der Frage nach den Intensitäten auch der Frage nach den Abklingezeiten mehr Aufmerksamkeit zu schenken, als es bisher geschehen ist.

IV. Verschiedene Beobachtungen.

Außer der Dauer des Abklingens einer Tonempfindung können auch die Anklingezeiten ein Maß für den Dämpfungsgrad der Ohrresonatoren geben. Freilich sind die hierher gehörenden Beobachtungsergebnisse womöglich noch unsicherer und auch noch schwieriger zu deuten als die bisher besprochenen. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß die Feststellungen, nach wieviel Schwingungen

überhaupt eine Tonempfindung da ist, wann die Tonhöhe richtig erkannt wird und wann bei vorgegebener physikalischer Intensität die volle Empfindungsstärke erreicht ist, äußerst schwierig sind. Auch werden sich hier wieder den physikalischen Schwingungsvorgängen Nervenprozesse und vor allem Empfindungsvorgänge in sehr komplizierter Weise überlagern. Es scheint uns zu gewagt, aus dem bisher vorliegenden Material nach irgend einer Richtung hin Schlüsse zu ziehen.

Einen neuen Weg, die Resonanzschärfe eines Ohrresonators (Zone der Basilarmembran) zu bestimmen, haben WEGEL und LANE¹⁾ eingeschlagen. Sie prüfen, welches die physikalischen Intensitäten der dem Eigentone des betreffenden Ohrresonators benachbarten Töne sind, die von diesem Ton gerade noch überdeckt werden, und konstruieren hieraus eine Art Einhüllende, welche die Resonanzkurve der entsprechenden Zone der Basilarmembran repräsentiert. Freilich scheinen uns die dieser Konstruktion zu Grunde liegenden Annahmen über den Schwingungszustand der Basilarmembran an der Verdeckungsgrenze äußerst bedenklich. WEGEL und LANE geben als Resultat an, daß die Kurven mit abnehmender Frequenz weniger scharf werden, das logarithmische Dekrement also zunimmt. Zwischen 200 und 400 Schwingungen sinkt der ihrer Darstellung zu entnehmende Δ -Wert auf etwa die Hälfte herab (während die Abklingezeiten für die auf 200 bzw. 400 abgestimmten Ohrresonatoren entsprechen würde), von 400 auf 800 und ferner auf 1800 sinkt er weiter merklich ab, während der Wert bei 1200 aus dieser abnehmenden Reihe herausfällt.

V. Zusammenfassung.

Die bisher vorliegenden Beobachtungen reichen noch nicht aus, um einigermaßen sichere Aussagen über die absoluten Dämpfungswerte der Ohrresonatoren machen zu können. Was die Relativwerte anbelangt, so glauben wir bei aller Vorsicht in der Beurteilung und Deutung der Versuche schließen zu dürfen, daß eine erhebliche Abnahme der Dämpfungswerte, also eine erhebliche Zunahme der Resonanzschärfe mit wachsender Höhenlage wahrscheinlich ist. Zahlreiche Tatsachen des Hörens, die mit der Helmholtzschen Annahme gleichen logarithmischen Dekrementses für alle Ohrresonatoren kaum vereinbar erscheinen, lassen sich auf Grund unserer Annahme zwanglos aus der Resonanztheorie ableiten.

¹⁾ D. MACKENZIE, Physical Review 20, 331. 1922.

¹⁾ Physical Review 23, 266. 1924.

Besprechungen.

GEHLHOFF, G., Lehrbuch der technischen Physik für fortgeschrittene Studenten und Ingenieure. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben. Erster Band. Maße und Messen, Mechanik, Akustik und Thermodynamik. J. A. Barth: Leipzig 1924. XIII, 386 S. und 248 Textabb. Preis geh. 17,50, geb. 20 Goldmark.

Die Physik hat seit einem Menschenalter nicht nur

eine Umgestaltung ihrer allgemeinen Grundlagen erfahren, wie diese durch die Ausbildung der Atomistik, der Quanten- und Raumzeitlehre gekennzeichnet ist. Die Physik wird auch in immer weiter ausgreifendem Maße in der Technik herangezogen und erfährt eine immer tiefer gehende Ausgestaltung ihrer Anwendungen so daß längst bestehende Industriezweige befruchtet werden oder neue ihre schnelle Entwicklung erleben

können. Ein für die verschiedensten Ansprüche berechnetes Schrifttum gibt z. T. eine viel zu reichliche Gelegenheit, die erwähnten Fortschritte der reinen Physik kennenzulernen. Anders steht es aber um die technische Physik; wohl sind deren Ergebnisse in Zeitschriftenaufsätzen und z. T. in Spezialbüchern dargestellt. Auch hat die weitgehende Beschäftigung von Physikern in der Industrie an den deutschen technischen Hochschulen eine besondere Ausbildungsrichtung mit entsprechendem Programm und Prüfungen für technische Physik entstehen lassen. So lag der Gedanke der Herausgabe eines Lehrbuches der technischen Physik in der Luft; den Schritt zur Tat beging GEHLHOF, dessen Tatkraft und Organisationstalent die vor mehr als fünf Jahren gestiftete Gesellschaft für technische Physik ihren Aufschwung und ihre Ausbreitung mit verdankt.

Der vorliegende 1. Band des zweibändigen Lehrbuches setzt die Kenntnis der reinen Physik und höheren Mathematik voraus und behandelt in gedrängter Fassung und klarer Darstellung, unterstützt von Zeichnung, Formel und Zahlenmaterial, die verschiedenen, im Titel erwähnten Abschnitte, unter Heraushebung der physikalischen Gesichtspunkte. In Anbetracht der besonders in der Technik hervortretenden Spezialisierung mußte eine Reihe von Mitarbeitern, zum größeren Teile aus der Industrie, herangezogen werden; entsprechend ihrer persönlichen Einstellung wird von ihnen bald mehr die physikalische, bald mehr die technische Seite betont. Bei einer Neuauflage dürfte sich wohl in dieser Beziehung eine größere Gleichmäßigkeit durch Eingreifen des Herausgebers erzielen lassen können. Bedauerlich ist, daß Nachweise des hauptsächlichlichen Schrifttums zur Weiterbildung nur einem Teil der Abschnitte beigegeben sind. Als besonders gelungen ist die Darstellung von „Maße und Messen“ durch G. BERNDT (30 S.) und der Mechanik durch L. HOPF und TH. v. KÁRMÁN (100 S.) zu bezeichnen. Bei der eigenartig systematischen Behandlung der Akustik (30 S.) durch W. HAHNEMANN und H. HECHT fällt die mangelhafte Berücksichtigung der eigentlichen Sprach- und Tonfrequenzen auf. Auf 100 Seiten wird dann, z. T. unter ungenügender Berücksichtigung der technischen Forderungen, die (physikalische) Thermodynamik von W. MEISSNER dargestellt. Den Schluß bilden folgende Abschnitte der technischen Thermodynamik, welche dabei besonders gut geraten sind: die Kraft- und Arbeitsmaschinen für flüssige und gasförmige Mittel von G. FLÜGEL (65 S.), Kältetechnik von E. ALTENKIRCH (45 S.) und endlich Explosionsvorgänge von R. BECKER (10 S.).

Möge dieses Lehrbuch nicht nur viel Freunde bei angehenden und berufstätigen technischen Physikern finden, sondern möge es dazu beitragen, ein größeres Verständnis für die technische Physik bei den reinen Physikern zu entwickeln. R. SWINNE, Berlin.

CHWOLSON, O. D., *Die Physik und ihre Bedeutung für die Menschheit*. Aus dem Russischen übersetzt von GEORG KLUGE. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1924. VIII, 277 S. und 33 Abb. im Text. Preis geh. 10,80 Goldmark.

Das Buch ist entstanden aus einer Anregung des Dichters MAXIM GORKI und ist dazu bestimmt, dem Drang breiter Volksschichten nach Wissen, der sich im heutigen Rußland mit großer Macht regt, Rechnung zu tragen. In der richtigen Erkenntnis, daß es für diesen Zweck nicht auf Vollständigkeit ankommt, sondern viel mehr auf ein tieferes Eindringen in einzelne Spezialkapitel einer Wissenschaft, behandelt der Verf. lediglich die folgenden Kapitel der Physik: Moleküle, Atome

und Elektronen, Erhaltung der Masse und Energie, die Wärme als Bewegung der Moleküle und Atome, die Strahlungsenergie, den zweiten Hauptsatz und die Welt als Organismus, Struktur und Zerfall der Atome. Es geht voraus ein Kapitel über Aufgaben und Methoden der Physik, den Schluß bildet ein Kapitel über die Physik und das Streben des Menschen nach Bequemlichkeit. Mit der den deutschen Physikern aus CHWOLSON'S Lehrbuch bekannten Meisterschaft der klaren Darstellung werden die genannten Wissensgebiete dem Verständnis des nicht vorgebildeten Lesers so nahe gebracht, wie das nach Lage der Dinge nur möglich ist. Ohne eigene intensive Arbeit des Lesers geht das natürlich nicht ab, aber da man heute ein tiefgehendes Interesse an diesen Fragen auch in weiteren Volkskreisen voraussetzen darf, so dürfte es seinen Zweck nicht verfehlen und kann auch dem deutschen Laien — auch dem gebildeten — als eine äußerst anregende und lehrreiche Lektüre warm empfohlen werden. Insbesondere dürfte es sich auch zur Anschaffung für Volksbüchereien und Schulbibliotheken empfehlen. W. WESTPHAL, Berlin. KÖPPEN, W., *Die Klimate der Erde*. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1923. X, 369 S., 19 Textfiguren und 8 Tafeln. 13 × 21 cm. Preis 8,20 Goldmark.

Die wegen ihrer klaren Darstellung und der scharfen Herausarbeitung der Hauptwesenszüge geschätzten „Allgemeine Klimalehre“ von W. KÖPPEN (114. Band der Sammlung Göschen) hat den in der Vorrede in Aussicht gestellten zweiten Teil, der die spezielle Klimakunde behandeln sollte, mit Spannung erwarten lassen. Mit der Veröffentlichung des vorliegenden Buches hat der Verfasser sein Versprechen eingelöst, was seitens der geographischen Welt sicher allgemein mit Dank begrüßt wird.

Der erste Teil (97 Seiten) ist eine Neubearbeitung des vergriffenen und nicht wieder aufgelegten Göschenbandes und behandelt die „Allgemeine Klimalehre“; die Fassung ist noch klarer und schärfer geworden. Im zweiten Teile (69 Seiten) wird „das geographische System der Klimate“ besprochen und zwar im engsten Anschluß an die Abhandlung in Petermann's Geographischen Mitteilungen 1918. Nach dem Aggregatzustande des Wassers und der Ausbildung der Pflanzenwelt werden auf der Nordhalbkugel 6, auf der Südhalbkugel 5 Hauptgürtel von Klimaten unterschieden, deren Verbreitung auch hier durch eine Karte dargestellt ist. Für die Fläche der einzelnen Klimagürtel sind die von HERMANN WAGNER gefundenen Zahlen gegeben. Um die verschiedenen Klimate auf kurze Weise bezeichnen zu können, sind Buchstabenbezeichnungen eingeführt, deren Anwendung zu *Klimajormeln* führt, durch welche die Eigenschaften der Klimate in ähnlicher Weise kurz bezeichnet werden wie durch die chemischen Formeln jene der Stoffe. Unter Benutzung dieser Grundlagen wird die ideale geographische Verteilung der Klimate betrachtet und deren Abhängigkeit von Luftdruck, Wind und Meeresströmungen.

Die strenge Durchführung seiner Klimaklassifikation gestattet es dem Verfasser, die Einzelbeschreibung der Klimaerscheinungen in den einzelnen Kontinenten im dritten Teile seines Buches auf 134 Seiten in äußerst knapper, präziser Form zu geben. Der große Fortschritt den das Köppensche System bedeutet, tritt hier am augenfälligsten entgegen. Außer den Festländern sind auch die Polargegenden und die Ozeane behandelt.

Im vierten Teile (72 Seiten) ist in zwei umfangreichen Tabellen in denkbar komprimierter Form das Zahlenmaterial für die Klimaerscheinungen einer sehr großen Zahl von Orten gegeben. Da die Benutzung

durch ein Ortsregister sehr erleichtert ist, werden die Zusammenstellungen besonders für geographische Betrachtungen von großem Werte sein.

BRUNO SCHULZ, Hamburg.

HEDIN, SVEN, *Ossendowski und die Wahrheit*. Leipzig:

F. A. Brockhaus 1925. III S. Preis geh. 2 Goldmark.

Der polnische Schriftsteller, Professor FERDINAND OSSENDOWSKI, schildert in seinem Werk „Tiere, Menschen und Götter“ eine Reise durch Tibet, die der bekannte schwedische Tibetforscher SVEN HEDIN für erdichtet hält. Verschiedene Persönlichkeiten haben für und wider diese Behauptung Partei genommen, doch sind die zahlreichen Erörterungen in der Tagespresse nicht geeignet, den Streit zu schlichten. Man muß dem Verfasser daher Dank wissen, daß er seine

Einwände und die Rechtfertigungsversuche OSSENDOWSKIS und seiner Gefolgschaft in aller Ausführlichkeit zusammenstellt und jedem Leser ein selbständiges Urteil ermöglicht. Die Darlegungen HEDINS sind so zwingend und die Gegen Gründe OSSENDOWSKIS so fadenscheinig, daß man nicht recht versteht, wie sich außer denjenigen Stellen, die an dem Absatz von OSSENDOWSKIS Büchern geschäftlich beteiligt sind, achtbare Persönlichkeiten für ihn einsetzen konnten. Die Abfuhr, die ALBRECHT PENCK dem polnischen Reisenden zuteil werden läßt (Deutsche Literaturzeitung 1925, H. 2), sowie die im Dezember 1924 erschienene temperamentvolle Schrift von Dr. GEORGE MENTANDON: „Ossendowski. Le menteur sans honneur“ werden kurz erwähnt. O. BASCHIN, Berlin.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 7. Februar 1925 machte Geheimrat ERNST KOHLSCHÜTTER-Potsdam Mitteilung über Vorarbeiten, die eine Einbeziehung des Nordpolgebietes in den Weltluftverkehr zum Ziele haben. Schon vor Jahren hatte der Luftschifführer, Hauptmann WALTER BRUNS einen Plan veröffentlicht, der eine Luftverbindung zwischen Europa und den Küstländern des Stillen Ozeans über die arktische Zone hinweg in Aussicht nahm. Zur Verwirklichung dieses Projektes ist eine Erforschung der atmosphärischen Verhältnisse der Arktis nötig, die zweckmäßig an jene, vom Grafen Zeppelin und Geheimrat HERGESELL ausgeführten Vorarbeiten anknüpft, die im Sommer 1910 zu einer aerologischen Studienreise nach Spitzbergen geführt hatten. Ein Antrag, den Hauptmann BRUNS im April 1922 an die Gesellschaft für Erdkunde richtete, hatte die Einsetzung eines Ausschusses von Gelehrten und Technikern zur Folge, die den Plan durchberieten und die Ausführungsmöglichkeiten nach allen Richtungen hin untersuchten. Das Ergebnis wurde in einer Denkschrift niedergelegt, der drei Anlagen beigefügt sind, in welchem die meteorologischen Verhältnisse, die navigatorischen Schwierigkeiten und die funken-telegraphischen Hilfsmittel ausführlich gewürdigt werden. Am wichtigsten sind die Witterungsverhältnisse, über die man nur durch spärliche Beobachtungen von weit auseinanderliegenden Stationen und gelegentliche Expeditionen oberflächlich unterrichtet ist. Es gelang jedoch für typische Wetterlagen synoptische Karten zu konstruieren, aus denen hervorgeht, daß die Monate Mai und Juni wegen der Seltenheit von Sturm und Nebel für Luftfahrten die günstigsten Aussichten darbieten. Die Schwierigkeiten, welche die Innehaltung des richtigen Kurses in jenen polnahen Gegenden bietet, in denen sowohl der Magnetkompaß wie der Kreiselkompaß versagt, lassen sich jetzt durch neuere Navigationsmethoden überwinden. Insbesondere kann die, während des Krieges zu hoher Vollkommenheit entwickelte Methode der Ortsbestimmung durch Funkpeilung mit großer Aussicht auf Erfolg zur Anwendung gelangen.

Die Arbeiten des Ausschusses zeigten, daß bereits eine doppelte Überquerung des Nordpolargebietes so wertvolle Aufschlüsse verspricht, daß sich der Einsatz der dafür aufzuwendenden Mittel lohnt. Die günstigste Zeit für eine solche Fahrt ist der Mai. Der geeignetste Ausgangspunkt dürfte Murmansk, die nördlichste Station des europäischen Eisenbahnnetzes an der Nordküste der Halbinsel Kola sein. Die Wahl des einzuschlagenden Weges wird in erster Linie von der jeweiligen Wetterlage abhängen, aber auch durch die Rücksichtnahme auf die Nähe von Land, sowie auf

die Ausführbarkeit wissenschaftlicher Arbeiten beeinflusst werden.

Unter Würdigung dieser drei Faktoren wird die Route voraussichtlich über Franz Josef-Land zum Nordpol, dann über das große, noch gänzlich unbekanntes Gebiet nordwestlich des nordamerikanischen arktischen Archipels nach Nome in Alaska führen. Von diesem Wendepunkt geht der Rückweg über die Beringstraße, Wrangel-Insel, De Long-Insel, das kürzlich entdeckte aber noch unerforschte Nikolaus II.-Land und Nowaja Semlja nach der Murmanküste zurück.

Um den Anforderungen hinsichtlich der wissenschaftlichen Ausrüstung und der Sicherheit der Besatzung zu genügen, ist ein Luftschiff von etwa 150 000 Kubikmeter Inhalt erforderlich, dessen Bau von den Fachleuten für durchaus möglich gehalten wird. Es würde in Durchmesser und Länge ungefähr um ein Viertel größer sein, als der Amerikafahrer L. Z. 126.

Die Wissenschaften, die von einer solchen Fahrt wichtige neue Ergebnisse und Fortschritte erwarten dürfen, sind in erster Linie Erdkunde, Meereskunde, Wetterkunde, Physik der freien Atmosphäre oder Aerologie und Erdmagnetismus. Zweifellos würde die Fahrt unsere Kenntnis der Verteilung von Wasser und Land auf der Erde erheblich bereichern und wichtige Aufschlüsse über Tiefen und Strömungen des Meeres, Art und Trift des schwimmenden Polareises, Verbreitung von Treibholz usw. liefern. Die Frage nach der Existenz des hypothetischen Harris-Landes (vgl. Die Naturwissenschaften 1914, Jg. 2, S. 573—575) könnte endgültig gelöst und der Schlüssel für die Zirkulation der Atmosphäre auf der Nordhalbkugel gefunden werden.

Nachdem die Fahrt Dr. ECKENERS mit dem L. Z. 126 nach Amerika in überzeugender Weise den Beweis erbracht hat, daß das Luftschiff zu einem sicheren Verkehrsmittel geworden ist, muß alles daran gesetzt werden, es zu kulturellen Aufgaben zu verwenden, denn nur auf diese Weise wird es möglich sein, die vom Grafen Zeppelin geschaffene Luftschiffahrt mit Schiffen starren Systems zu pflegen und die auf diesem Gebiete geleistete ungeheure geistige Arbeit, sowie die gewonnenen Erfahrungen, die für die ganze Welt und für alle Völker von gleich großem Werte sind, nicht verloren gehen zu lassen, sondern weiter zu entwickeln. Da in Deutschland allein die für dieses Unternehmen nötigen Mittel nicht aufzutreiben sein werden, mußte es auf eine breitere internationale Basis gestellt werden.

Die führenden Gelehrten der nordischen Länder sind bereits für den Plan gewonnen worden, und FRIDTJOF NANSEN, der berühmte norwegische Polarforscher, hat in einer Sitzung der geographischen Gesellschaft in Oslo (seit 1. Januar 1925 der Name für das bisherige

Kristiania) bekannt gegeben, daß er sich an die Spitze einer zu diesem Zwecke zu gründenden internationalen Gesellschaft stellen werde und die wissenschaftliche Leitung der Fahrt übernehmen will. Es ist daher zu erwarten, daß noch viele Gelehrte und Gönner aus anderen Ländern sich dieser Gesellschaft anschließen werden. Gelingt die erste Fahrt, so dürfte auch die Anregung SVEN HEDINS, daß weitere Fahrten zur Erforschung anderer unbekannter oder wenig erforschter Teile der Erdoberfläche folgen mögen, Aussicht auf Verwirklichung haben.

Darauf schilderte Professor FRANZ KÜHN (Paraná) die **Argentinische Kordillere** im Süden von Mendoza auf Grund einer im Jahre 1924 unternommenen Studienreise. Bei der großen Längerstreckung der argentinischen Kordillere, die, wenn man sie in die Alte Welt versetzen könnte, vom Nordkap bis nach Kairo reichen würde, findet man in ihr die verschiedenartigsten Klimatypen vertreten. Im Norden überwiegt die subtropische Trockenzone, im Süden herrscht ein regenreiches Klima, und die Niederschläge erreichen hier stellenweise im Jahresmittel Durchschnittshöhen von 3000 mm. Diesen Klimaten entsprechen die jeweiligen Landschaftsbilder: Wüstengebirge, Urwälder und in der patagonischen Kordillere Vergletscherung von polarer Ausdehnung. Das von dem Vortragenden bereiste Gebiet in etwa 34° südl. Breite liegt noch in der Trockenzone, doch spürt man bereits den Übergang zu feuchterem Klima, welches aber erst vom 39. Breitengrade an einen Waldwuchs gestattet.

Der Ausgangspunkt der Reise war San Rafael am Rio Diamante. Zwischen diesem Ort und der Hauptkordillere ist die Präkordillere Sierra Pintada eingeschaltet, die sich weiter im Norden eng an die Hauptkordillere angliedert, bei San Rafael aber schon von ihr durch die weite intermontane Hochebene der Pampa del Medio isoliert ist. Die Präkordillere ist viel älter als die Hauptkordillere, und ihr Westrand stellt einen alten Kontinentalrand dar. Die mesozoischen Sedimente der Hauptkordillere kommen in der Präkordillere noch nicht vor. Die Sierra Pintada bildet den gehobenen Ostrand einer gekippten Scholle und erscheint daher, wenn der Anstieg überwunden ist, als eine weite Hochfläche, eine peneplain im Sinne von Davis, die jedoch durch Täler stark zerschnitten ist. Die Pampa del Medio bildet eine etwa 1600 m hoch gelegene, 80 km breite sandige Halbwüste. Die Schrägstellung dieser Scholle hat Zerreißen der festen Erdkruste zur Folge gehabt, was das Empordringen vulkanischer Gesteine begünstigte. So ragt als isolierter Kegel der Cerro Diamante 2500 m hoch empor. Er ist von posttertiärem Alter und seine Gehänge sind noch nicht durch radiale Regenrinnen gefurcht, ein Beweis für die Jugendlichkeit seiner Entstehung. Das Gestein ist feste dunkle Andesitlava. Nach Ersteigung des Kraterrandes zeigte sich den erstaunten Blicken im Innern des Kraters eine saftige grüne Wiese auf der 20 Guanacos weideten. Zwei Flüsse entwässern die Pampa del Medio, der Rio Diamante, welcher die Kordillere in einer engen, unzugänglichen Schlucht, die Pampa in einem Cañon-Tal durchfließt, und der Rio Atuel, dessen Tal in der Kordillere außerordentlich breit und bequem fahrbar ist, so daß hier ein guter Zugang in das Gebirge ermöglicht wird.

Die Gegend ist nahezu unbewohnt. Nur am Wasserlauf selbst findet man gelegentlich Indianerhütten, die äußerst primitiv aus dem jeweils vorhandenen Baumaterial, entweder Reisigbündeln oder Flußgeröllen hergestellt sind, und deren Dach aus Ziegenfellen besteht.

In der Diluvialzeit war die Schneebedeckung in

der Kordillere erheblich größer als heute, und die Schmelzwässer haben große Erosionsarbeit geleistet, die an mehreren Terrassenniveaus erkennbar ist. Der Rio Diamante zeigt eine stufenförmige Vertiefung seines Bettes, woraus hervorgeht, daß sich das Land stufenweise gehoben hat.

Die Hauptkordillere stellt eine wichtige Klimascheide zwischen dem feuchten Gebiet des Westens und der wüstenhaften Trockenheit des Ostens dar. Die heftigen Westwinde in den großen Höhen lassen es aber auf dem Westabhang nicht zu einer Ablagerung des Schnees kommen, der vielmehr über die Wasserscheide hinübergeblasen wird und sich erst auf der Leeseite des Gebirges im Osten ansammelt. Aus den so entstandenen Firnfeldern und Gletschern nehmen der Rio Diamante wie der Rio Atuel ihren Ursprung. Die Schneegrenze liegt in 3900 m Höhe. Vor der Zentralkette der Hauptkordillere erweckt besonderes Interesse eine Zone großer vulkanischer Ausbrüche, welche durch die drei mächtigen Massive des Risco Plateado (4900 m), Sosneado (5200 m) und Overo (4800 m) vertreten wird. Der Sosneado stellt mit seinen mächtigen Graten und Türmen einen formensönen, imposanten Berg dar, der wegen seiner Steilheit nur wenig Schnee und zwei kleine Gletscher trägt. An seinem Fuße treten Schwefelquellen mit 32° warmem Wasser zutage. Im Gegensatz zum Sosneado ist der Overo eine mächtige kuppelförmige Aufwölbung ohne eigentlichen Gipfel, eine Oberflächenform, welche die Ansammlung von Schnee begünstigt. Er trägt daher einen mächtigen Firnpanzer. Aber statt einer gleichmäßigen Schneefläche bieten sich dem Auge tausende von zackenförmig viele Meter in die Höhe strebenden Schneefiguren. Es ist der sog. Zackenfirn oder Bäuberschnee (nieve penitente), so genannt, weil er aus der Ferne einer Schar von knieenden Pilgern in weißen Mänteln gleicht. Dieses merkwürdige Phänomen kommt auch in anderen Hochregionen vor, ist aber nirgends so intensiv entwickelt, wie in der argentinischen Kordillere. Die Figuren kommen durch eine Schmelzwirkung der Sonnenstrahlen zustande, sie sind daher nach Norden vornübergeneigt und ihre südliche, beschattete Rückseite verläuft in der Einfallrichtung der Sonnenstrahlen zur Zeit des Sommersolstitiums. Die Schrägstellung ist daher im Süden größer als im Norden, wo sie steiler aufgerichtet sind. Man kann daher den Einfallswinkel der Schattenseite annähernd zur Bestimmung der geographischen Breite benutzen. Meist handelt es sich nicht um Kegel, sondern um Platten, die in der Ost-Westrichtung gestreckt sind und oben eine sehr scharfe Kante besitzen. Im Laufe des Sommers schmelzen sie immer mehr ab, bilden schließlich isolierte, schräg auf dem Geröll stehende Kegel und verschwinden im Herbst vollständig, um sich nach dem winterlichen Schneefall im Frühling wieder neu zu bilden. In analoger Weise entstehen auch Kleinformen, denen der Vortragende den Namen Mikropenitententes beilegte. Dieselben dürfen jedoch nicht verwechselt werden mit den karrenartigen Eisfiguren (Kerzenfelder), die durch Schmelzwässer entstehen. Im Zackenfirn findet man nämlich keine Spur von Eis, sondern nur jenen verfestigten Schnee, den man als Firn bezeichnet. Der Overo trägt seinen Namen (= Schecke) mit Recht, denn zu der dunklen, graubraunen Farbe des vulkanischen Gesteins und den weißen Schneeflecken gesellen sich noch gelbe Schwefellager. Der Overo ist zuerst von dem Deutschen PAUL GÜSSFELDT 1888 gesehen worden, während eine spätere argentinische Expedition ihn nicht finden konnte und daher seine Existenz bezweifelte.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Aufhellung alter vergilbter Drucke. Die Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt (1924, 3. und 4. Heft, S. 42) enthalten eine Mitteilung über die Aufhellung alter vergilbter Drucke, die des allgemeinen Interesses sicher ist.

Alte, vergilbte und unansehnlich gewordene Drucke, Stiche usw. werden im allgemeinen durch Behandlung mit schwachen Bleichlösungen und alkalischen Flüssigkeiten von den Vergilbungskörpern usw. befreit und so wieder „restauriert“; die Technik dieser Behandlung ist im Laufe der Zeit von einigen Spezialisten auf diesem Gebiete so weit entwickelt worden, daß die behandelten Stücke den Eindruck neuer Drucke machen. Ob es

wurden dann abwechselnd in kaltem und heißem Wasser gespült und darauf in einem nach Süden gelegenen Fenster der Einwirkung des Tageslichtes ausgesetzt. Während der Belichtungszeit (annähernd 4 Wochen bei meist bedecktem Himmel) wurden die Abschnitte, um die Wirkung des Lichtes zu unterstützen, von Zeit zu Zeit mit Wasser angefeuchtet. Nach dieser Behandlung waren bei allen Proben die gelbbraunen Flecke und die bräunliche Färbung des Papiers verschwunden, und auf den aufgehellten Stücken fanden sich nunmehr weder Reste des Klei-



Fig. 1.

schon allein durch Wasserbehandlung und Belichtung, also ohne Anwendung von Chemikalien, möglich sei, vergilbte Drucke aus dem 15. Jahrhundert, die mit Kleister zu einer Pappe für Buchdeckel zusammengeklebt waren, so wieder aufzuhellen, daß insbesondere von dem Kleister keine Spur mehr zu sehen wäre, sollte das Amt feststellen. Ein Büchersammler hatte angegeben, er hätte Druckblätter aus alten Buchdeckeln durch längere Behandlung mit kaltem und warmem Wasser mit darauf folgender Belichtung so weit aufgehellt und gereinigt, daß von den Kleisterresten nichts mehr zu sehen war. Ein Sachverständiger setzte Zweifel in diese Angabe, und daraufhin wurde das Amt aufgefordert, Versuche zur Klärung der Sachlage anzustellen. Das Probematerial bestand aus mehreren bedruckten Papierblättern, die, angeblich aus dem 15. Jahrhundert stammend, stark vergilbt, vielfach (auch durch Wurmfraß) beschädigt und mit gelbbraunen Flecken übersät waren; aus den Proben wurden einige Abschnitte entnommen und zunächst mehrere Stunden in kaltes, dann in warmes Wasser gelegt und die aufgeweichten Reste des auf dem Papier vorhandenen Kleisters mechanisch abgehoben. Die Abschnitte

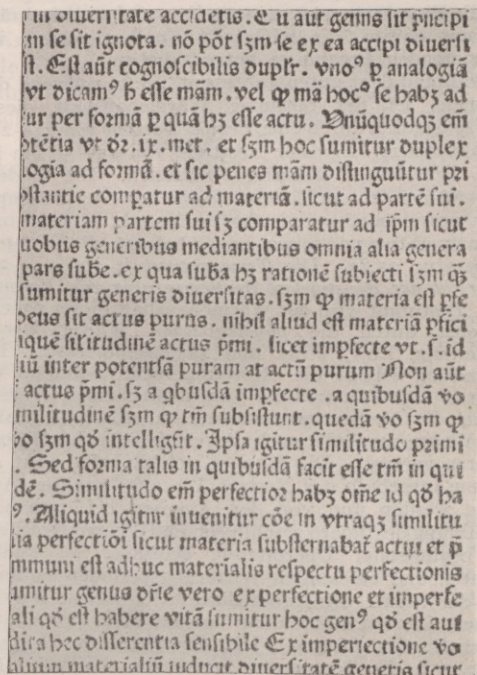


Fig. 2.

sters noch Zeichen der Vergilbung. Fig. 1 zeigt ein Stück der Drucke im unbehandelten Zustand, Fig. 2 nach der Wasser-Lichtbehandlung. Der Versuch hat somit gezeigt, daß sich Kleisterreste und Vergilbungskörper aus Drucken geschilderter Art auch ohne Chemikalien entfernen lassen; wie weit die Reinigung getrieben werden kann, hängt außer von dem ursprünglichen Zustand der Blätter hauptsächlich von der Erfahrung und Geduld der Person ab, die das Reinigen vornimmt; ist beides vorhanden, so ist zweifellos eine so gut wie vollständige Reinigung und Aufhellung der Blätter möglich.

Über den Wärmehaushalt der Waldameise Formica rufa veröffentlicht soeben STEINER in der Zeitschr. f. wissenschaftl. Biol., Abt. C: Zeitschr. f. vergl. Physiol. 2. H. 1, 1924, sehr interessante Einzelheiten. Die Untersuchungen sind in der Schweiz in verschiedenen Höhenlagen durchgeführt worden. Zunächst wird im allgemeinen Teil der Arbeit der Bauplan der kombinierten Nester der Ameise Formica rufa erörtert. Der Bau besteht aus dem unterirdischen Erdnest und der darüber liegenden oberirdischen Kuppel. Der Kuppelbau der Ameisenester ist ja auch dem Nicht-Entomologen eine bekannte

Erscheinung. Kuppel und Erdnest enthalten zahlreiche Gänge und Kammern, die man als Labyrinth bezeichnet. Mit Hilfe einer eigenen Methodik untersuchte Verfasser den Wärmehaushalt in verschiedenen Nestern und zwar führte er immer gleichzeitig 5 Messungen aus. Gemessen wurde: a) die Sonnentemperatur, b) Schattentemperatur, c) Bodentemperatur, d) die Temperatur unter der Kuppel, e) die Temperatur in verschiedenen Tiefen des Erdnestes. Zur Messung wurden besonders hergerichtete Quecksilberthermometer verwandt. Innerhalb von 24 Stunden wurden jeweils 5 Messungen ausgeführt. Die vielfachen Messungen sind dann graphisch ausgewertet worden und in zahlreichen Kurven und Protokollen wiedergegeben. Es ist natürlich unmöglich, auf alle Einzelheiten hier einzugehen, und wir beschränken uns darauf, die wichtigsten und allgemein interessierenden Ergebnisse hervorzuheben.

Während der „guten Jahreszeit“, d. h. während des Sommers, ist der optimale Wärmehaushalt dieser Ameisenstaaten durch eine *Temperaturzone von 23–29°* charakterisiert. In einer Nesttiefe von 15–50 cm ist diese Temperatur dauernd vorhanden. Die Bodentemperatur in 10 cm Tiefe wird von der Kuppeltemperatur um ungefähr 10° übertroffen, d. h. bei einer Erdtemperatur von etwa 15,9° beträgt die Kuppeltemperatur 25,8°. *Die Temperaturstufe von 23–29° entspricht der günstigsten Bruttemperatur von Formica rufa.* Bestimmt wird der Wärmehaushalt dieser Ameise zunächst durch die *physikalischen Wärmefaktoren*: Besonnung, Luft, Wind und Bodentemperatur. Die Besonnung erhöht die Nesttemperatur, während die anderen drei Faktoren im allgemeinen einen Wärmeverlust des Nestes verursachen. Außerdem wird aber der Wärmehaushalt noch durch *biologische Wärmefaktoren* geregelt. Die Kuppel isoliert bzw. staut die Wärme innerhalb des Nestes. Die angebrachten Gänge werden nun von den Ameisen bei drohender Abkühlung des Innern geschlossen und dementsprechend bei beginnender Überhitzung geöffnet. In kühlen Nächten und bei kühlen Witterungsperioden sammelt sich der Staat. Die produzierte Atemwärme der gesamten Tiere erhöht dann wieder die Temperatur innerhalb des Nestes. Mit Eintritt des Herbstes senkt sich die Temperatur unter der Kuppel. Die Ursache hierfür liegt vor allen Dingen in der starken Abschwächung der Lebenstätigkeit der Ameisen. Im Winter zieht sich der Staat ins Erdnest zurück und verharrt dort in Starre. Die Temperatur liegt dann im Nest durchschnittlich nur $\frac{1}{2}^{\circ}$ über der 30 cm-Bodentemperatur. Die Temperatur des Nestes steht aber in der Regel etwas über dem Nullpunkt. Die Gefahr des Erfrierens für den Staat ist mithin keine sehr große. Als Reiztemperatur für die Erzeugung von Wärme gibt STEINER 10–14° an, wobei allerdings keine so strenge Gesetzmäßigkeit herrscht wie z. B. im Bienenstaate. Verfasser berichtet dann noch über Ameisenstaaten, welche auch in der guten Jahreszeit keinen regelmäßigen Wärmehaushalt führen. Junge Staaten oder überalterte Staaten oder Staaten in zu großen Nestern zeigen vielfach einen Wärmehaushalt, der von dem optimalen abweicht.

Zum Schluß seiner Arbeit betont STEINER, daß die Voraussetzungen für den geregelten Wärmehaushalt von *Formica rufa* sind: einmal ein gut ausgebildeter Temperatursinn der einzelnen Tiere, damit auch kleinste Wärmeunterschiede wahrgenommen werden können. Ferner ist notwendig das Vorhandensein eines ausgebildeten sozialen Wärmeinstinktes, welcher die Tiere befähigt, die physikalischen Wärmefaktoren durch entsprechendes biologisches Verhalten auszunützen,

zu beeinflussen oder zu ergänzen. In ihrem Verhalten muß also die Ameise eine gewisse Plastizität zeigen. Die Tiere passen sich den jeweiligen veränderten, äußeren Bedingungen an.

Daß die Ameise tatsächlich einen hochentwickelten Temperatursinn besitzt, hat kürzlich HERTER (vgl. Besprechung in dieser Zeitschr. Jg. 12, 1924, H. 40, S. 833) in einer größeren Arbeit nachgewiesen, auf die ergänzend besonders hingewiesen sei. ALBRECHT HASE.

Experimentelle Studien über Schallperzeption bei Reptilien. (K. BERGER, Zeitschr. f. vergl. Physiol. I. 1924.) Exakte experimentelle Untersuchungen über den Gehörsinn der Reptilien wurden bisher nur wenig angestellt. Unsere Kenntnis über diese Dinge beruhte daher z. T. auf Berichten über Gelegenheitsbeobachtungen. K. BERGER stellte jetzt in vorliegender Arbeit zahlreiche exakte Versuche mit 2 Eidechsenarten (*Lacerta agilis* und *L. vivipara*), 8 Schildkrötenarten und 1 Krokodil (*Osteoleaemus tetraspis*) an. Während die Versuche mit den Schildkröten in Übereinstimmung mit allen an diesen Tieren bisher ausgeführten Versuchen ergebnislos waren, konnte für die Eidechsen und das Krokodil ein Schallperzeptionsvermögen nachgewiesen werden. So öffneten schlafende Eidechsen beim Ertönen einer elektrischen Klingel oder einer Pfeife stets mindestens ein Auge. Die Eidechsen und das Krokodil zeigten beim Ertönen von Signalen je nach ihrer Stärke mehr oder minder große Veränderungen des Atemrhythmus. Diese Beeinflussung des Atemrhythmus konnte bei Eidechsen mittels Galtonpfeife zur Feststellung der oberen Grenze der für die Tiere hörbaren Töne benutzt werden. In der aufsteigenden Tonreihe hörte zwischen 8200 und 7400 Schwingungen jede Reaktion der Tiere auf. Eine Dressur auf einen bestimmten Ton gelang sehr gut bei den Eidechsen. Sie wurden 2 Monate lang an einer bestimmten Stelle des Terrariums mit Regenwurmstückchen und Milch gefüttert, wobei stets das a' einer Stimmpfeife ertönte. Nach Ablauf der Dressurzeit wurden die ruhig daliegenden Tiere sofort nach Ertönen des Signals lebhaft und gingen zur Futterstelle, ohne daß dort Futter geboten wurde. Der Sinneseindruck Ton war also mit dem Sinneseindruck Futter infolge der Dressur verknüpft, und der Ton hatte dieselbe Reaktion zur Folge wie der Sinneseindruck des Futters. K. BALDUS.

Un nouveau mode d'autotomie: l'autopsalixe. (PIÉRON und RABAUD, Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. 91, Nr. 24, S. 362–364. 1924.) Die Verfasser haben beobachtet, daß bei folgenden Arten: *Tylopsis thymifolia*, *Leptophyes punctatissima* (Phaneroptera), *Meconema thalassina* (Meconemiden), Larven von Ephippiger ephippiger (Ephippigeriden) ein merkwürdiger Fall von *Autotomie* auftritt, den sie als *Autopsalixe* (vom griechischen $\Psi\alpha\lambda\iota\zeta\omega$ = mit Scheren schneiden) bezeichnen. Wenn auf die Füße — und zwar kommen besonders die ersten vier Füße in Betracht — ein bestimmter Druck ausgeübt wird, das Tier also an seinen Bewegungen gehindert wird, so beißt es sich das betreffende Glied ab. Das Abbeißen geht so schnell vor sich, wie wenn man mit einer Schere das Glied abschneiden würde. Die Verfasser konnten feststellen, daß u. U. alle vier Vorderfüße durch diese merkwürdige Reaktion „abgeschnitten“ wurden. Ob diese eigenartige Selbstverstümmelung in der Gruppe der Orthopteren noch weiter verbreitet ist, muß noch untersucht werden. Es bedarf m. E. dieser immerhin sehr seltsame Vorgang der Autotomie bei der oben genannten Gruppe noch genauerer Darlegungen, als es in den sehr kurzen Ausführungen der Verfasser der Fall ist. ALBRECHT HASE.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Probleme der Astronomie

Festschrift

für

Hugo von Seeliger

dem Forscher und Lehrer zum
fünfundsiebzigsten Geburtstag

479 Seiten mit 58 Abbildungen, 1 Bildnis und 3 Tafeln 1924. Format 16,5×21,5 cm

45 Goldmark

Aus dem Inhalt:

Jeans, J. H., London, *The Origin of the Solar System*. — Eddington, A. S., Cambridge (England), *The Interior of a Star*. — Kienle, H., Göttingen, *Die ruhenden Calciumlinien*. — Bruggencate, P. ten, Göttingen, *Die Bedeutung von Farbenhelligkeitsdiagrammen für das Studium der Sternhaufen*. — Wirtz, C., Kiel, *Kugelnebel, Spiralnebel und Flächenhelligkeit*. — Ludendorff, H., Potsdam, *Über die Beziehungen der verschiedenen Klassen der veränderlichen Sterne*. — Schwarzschild †, K., Potsdam, *Stationäre Geschwindigkeitsverteilung im Sternsystem*. — Bohlin, K., Stockholm, *Beziehungen zwischen den unter sich getrennten Bewegungsformen im Gebiete der Himmelsmechanik*. — Eberhard, G., Potsdam, *Zur Bestimmung effektiver Wellenlängen der Sterne*. — Kohlschütter, A., Potsdam, *Über die zwei Sternströme*. — Oppenheim, S., Wien, *Zur Statistik der Kometen und Planeten im Zusammenhang mit der Verteilung der Sterne*. — Zeipel, H. v., Upsala, *Zum Strahlungsgleichgewicht der Sterne*. — Wilkens, A., Breslau, *Über die Grenzkurven und ihre Einhüllende im asteroidischen Dreikörperproblem bei elliptischer Bahn des störenden Körpers*. — Popoff, K., Sofia, *Sur une propriété géométrique des trajectoires des volides dans l'atmosphère terrestre*. — Brendel, M., Frankfurt a. M., *Probleme der rechnenden Himmelsmechanik*. — Herglotz, G., Leipzig, *Bemerkungen zum dritten Keplerschen Gesetz*. — Lichtenstein, L., Leipzig, *Untersuchungen über die Figur der Himmelskörper*. — Strömgren, E., Kopenhagen, *Zur Durchmusterung der Probleme restreint*. — Kopff, A., Heidelberg-Königstuhl, *Zur Weiterentwicklung der Weltgeometrie (Relativitätstheorie)*. — Rhyn, P. J. van, Groningen, *Die Verteilung der Leuchtkräfte der Sterne, besonders des M-Typus*. — Hess, R., München, *Die Verteilungsfunktion der absoluten Helligkeiten in ihrer Abhängigkeit vom Spektrum*. — Sametinger, W., München, *Die Grenzen des typischen Sternsystems und die Verteilungsfunktion der absoluten Leuchtkräfte*. — Großmann, E., München, *Eigenbewegungen*. — Wolf, M., Heidelberg, *Die Sternleeren bei S Monocerotis*. — Plaskett, J. S., Victoria B. C., *Problems of the O-Type Stars*. — Bottlinger, K. F., Berlin-Babelsberg, *Die Durchmesser der Fixsterne*. — Emden, R., München, *Über Strahlungsgleichgewicht und Helligkeitsverteilung der Sonnenphotosphäre*. — Zinner, E., München, *Über das Reizempfindungsgesetz und die Farbgleichung*. — Kühl, A., München, *Die Reduktion von Fernrohrbeobachtungen wegen Kontrastfehler*. — Bergstrand, Oe., Upsala, *Über die Abhängigkeit der photographisch effektiven Wellenlängen vom chromatischen Korrektionszustand des Objektivs*. — Guthnick, P., Neubabelsberg, *Zwölf Jahre lichtelektrischer Photometrie auf der Berliner Sternwarte*. — Schnauder †, G., Potsdam, *Ionisation und Atomtheorie*. — Schlesinger, F., New Haven, *Photographic Determinations of Stellar Parallaxes*. — Shapley, H., Cambridge, *The Magellanic Clouds*. — Stebbins, J. Madison, *On the Reflection of Light in a Close Binary System*. — Bernheimer, W. E., Wien, *Das Problem der Veränderlichkeit der Sonnenstrahlung*.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN WIEN VI

Soeben erschien:

Dynamische Meteorologie

Von

Felix M. Exner

o. ö. Professor der Physik der Erde an der Universität Wien
und Direktor der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Zweite, stark erweiterte Auflage

Mit 104 Figuren im Text — 421 Seiten

In Ganzleinen gebunden S 40-80 = ö. K. 408.000 / 24 Goldmark

Inhaltsverzeichnis:

Einleitung: Dynamische Meteorologie. Die Atmosphäre als Schauplatz der meteorologischen Erscheinungen. Verteilung der Schwere auf der Erde. Niveauflächen der Schwerkraft — Erstes Kapitel: Die Gasgesetze. Maße und Einheiten. Gasgesetze für trockene atmosphärische Luft. Gasgesetz für ungesättigt-feuchte Luft und Ausdrücke für die Feuchtigkeit. Gleichung für die zugeführte Wärme bei trockener Luft. Adiabatische Zustandsänderungen feuchter Luft. Pseudoadiabatische Zustandsänderungen. Die relative Feuchtigkeit bei adiabatischen Zustandsänderungen — Zweites Kapitel: Allgemeine dynamische und hydrodynamische Gleichungen. Bewegungsgleichungen eines Punktes im rotierenden Koordinatensystem der Erde. Die Erhaltung des Rotationsmomentes. Bewegung eines Massenpunktes auf der Erdoberfläche. Ablenkende Kraft der Erdrotation bei horizontaler Bewegung. Die vertikale Beschleunigung des bewegten Massenpunktes. Hydrodynamische Bewegungsgleichungen im festen und im rotierenden Koordinatensystem. Die Kontinuitätsgleichung — Drittes Kapitel: Statik der Atmosphäre. Differentialgleichung der Statik, lineare Temperaturverteilung bei Wärmezufuhr. Mitteltemperatur einer Luftsäule. Barometrische Höhenformel. Flächen gleichen Druckes. Beziehung des Luftdrucks in der Höhe und am Boden zur Mitteltemperatur einer Luftsäule — Viertes Kapitel: Vertikale Temperaturverteilung im Ruhezustand. Einfluß der Wärmeleitung, Wärmestrahlung und Ausdehnung (Kompression). Statisches Gleichgewicht, Auftrieb, Stabilität. Einfluß der vertikalen Bewegung auf die vertikale Temperaturverteilung. Wärmeleitungsgleichgewicht. Strahlungsgleichgewicht — Fünftes Kapitel: Kinematik. Stromlinien und Stromröhren; stationärer Zustand. Stromlinien in der Vertikalebene. Bestimmung zeitlicher Druckänderung und vertikaler Bewegung aus der Kontinuitätsgleichung. Niederschlagsbildung bei vertikaler Bewegung. Absteigende Luftströme. Föhn. Temperatur in Stromröhren mit veränderlichem Horizontalquerschnitt — Sechstes Kapitel: Allgemeine Dynamik der Luftströmungen. Prinzip der geometrisch ähnlichen Bewegungen nach Helmholtz. Horizontale Strömung ohne Reibung. Zwei Integrale der Bewegungsgleichungen für horizontale Luftströmungen ohne Reibung. Reibung der Luft an der Erdoberfläche. Innere Reibung der Luft. Austausch und Turbulenz. Ausfüllende, stationäre und gegen den Gradienten gerichtete Bewegung. Das Zirkulationsprinzip. Vertikaler Druckgradient und vertikale Bewegung. Wärmeaustausch zwischen Erde und bewegter Luft — Siebentes Kapitel: Energie der Luftbewegungen. Vorgänge mit Wärmeaustausch und ohne solchen; Richtung derselben. Gleichung der lebendigen Kraft. Potentielle Energie der horizontalen Druckverteilung. Energiegleichung der abgeschlossenen Luftmasse. Druck- und Temperaturveränderung durch Advektion. Beispiele für vertikale Umlagerungen der Luftmassen nach Margules. Bedeutung der Kondensationswärme für die lebendige Kraft. Wärmezufuhr als Energiequelle stationärer Bewegungen. Zirkulation und Wirbelbildung; Energieleistung derselben. Temperaturverteilung in Zirkulationen mit Wärmeumsatz. Energieverbrauch in der Atmosphäre durch virtuelle innere Reibung (Austausch) — Achtes Kapitel: Stationäre Strömungen in der Atmosphäre. Stationäre Bewegungen. Horizontales Temperaturgefälle bei stationärer Bewegung. Stabile Diskontinuitätsflächen in der Atmosphäre. Fortsetzung; Stationäre Kälte- und Wärmegebiete. Stationäre Zirkulationen der Luft um die Erde — Neuntes Kapitel: Allgemeiner Kreislauf der Atmosphäre. Übersicht über die vorhandenen Bewegungen. Qualitative Erklärung des großen Kreislaufes. Verteilung von Temperatur, Druck und Windstärke nach den Beobachtungen. Verteilung von potentieller Temperatur und Rotationsmoment. Wärmetransport von niedrigen in höhere Breiten. Einfluß von Land und Meer auf den allgemeinen Kreislauf. Länger andauernde Anomalien der Zirkulation. Ältere Theorien über den Kreislauf der Atmosphäre — Zehntes Kapitel: Dynamik zyklonaler Bewegungen. Bildung und Wachstum einfacher Wirbel in Flüssigkeiten. Rotationsbewegung bei symmetrischer Temperaturverteilung. Lösungen von Oberbeck, Ferrel und Ryd. Windbahnen und Druckverteilung bei bewegten Zyklonen — Elftes Kapitel: Unperiodische Veränderungen an einem Orte der Atmosphäre. Die Massenverteilung in einer Luftsäule. Das Zustandekommen von Luftgradienten; Luftversetzung. Unmittelbare Ursachen von Temperatur- und Druckveränderungen. Differentialgleichung des Druckes bei adiabatischer Horizontalbewegung. Ergebnisse der Statistik über die Beziehungen der Veränderlichen in der Atmosphäre zueinander — Zwölftes Kapitel: Unperiodische Veränderungen in synoptischer Darstellung. Luftkörper und Gleitflächen. Vorstoß und Rückzug von Luftkörpern. Kälteeinbrüche und Gewitterböen. Beobachtungen von Kältewellen, Wärmewellen. Bewegungsgleichung des Kälteschalles. Örtlichkeit von Kälteeinbrüchen. Bildung von Zyklonen. Niedrige Depressionen und Antizyklonen. Bjerknes' Polarfront. Die Entstehung hoher Depressionen und Antizyklonen. Steig- und Fallgebiete des Druckes. Schema der Konstitution hoher Depressionen und Antizyklonen. Veränderungen der synoptischen Wetterkarten — Dreizehntes Kapitel: Periodische Veränderungen der Atmosphäre. Periodische Veränderungen, hervorgerufen durch die Verteilung von Land und Meer. Gravitationswellen an der Grenze ungleich dichter Medien. Tägliche Periode von Wind und Luftdruck. Tägliche Periode von Luftdruck und Temperatur. Freie elastische Schwingungen der Atmosphäre — Register.