Werk

Titel: Die Naturwissenschaften

Ort: Berlin

Jahr: 1919

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0007|log411

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 35. (Seite 629—644) **29. August 1919.** **Siebenter Jahrgang.**

INHALT:

Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie. Von *Dr. Erwin Freundlich, Berlin-Babelsberg.* S. 629.

Die Entstehung der deutschen Kalisalzlager. Von *Prof. Dr Ernst Jänecke, Hannover.* (Schluß.) S. 636.

Besprechungen:

Haberlandt, G., Beiträge zur Allgemeinen Botanik. Von *H. v. Guttenberg, Berlin-Dahlem.* S. 640.

Schallmeyer, W., Vererbung und Auslese, Grundriß der Gesellschaftsbiologie und der Lehre vom Rassedienst. Von *E. G. Pringsheim, Halle.* S. 643.

Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. Von *E. Küster, Bonn.* S. 643.

Morton, F., Wasserpflanzen. Von *E. G. Pringsheim, Halle.* S. 643.

Sterzinger, Othmar, Zur Psychologie und Naturphilosophie der Geschicklichkeitsspiele. Von *Hans Reichenbach, Berlin-Lichterfelde.* S. 644.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

—

Kein Zuheisswerden

—

Winziger Stromverbrauch

Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

10. IX. 19

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"

Berlin W 9, Link-Str 23 24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A Pütter, Bonn a. Rh , Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40 , Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C. Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Gg. Leisegang Berlin
Potsdamerstr. 138
Tauentzienstr. 12
Schloß-Platz 4

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Frage der Verstaatlichung der Kaliindustrie

- Von Dr. **H. Giebel**

Preis M. 6.—

(Hierzu Teuerungszuschläge)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

B. Riemann

Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen

Neu herausgegeben und erläutert von

Prof. Dr. **H. Weyl**

Preis M. 5.60

Hierzu 10% Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang. 29. August 1919. Heft 35.

Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie[1]).

Von Dr. Erwin Freundlich, Berlin-Babelsberg.

Es liegen zurzeit zwei Möglichkeiten vor, die allgemeine Relativitätstheorie auf astronomischem Wege zu prüfen, erstens durch den Nachweis der Ablenkung eines Lichtstrahles beim Durchgang durch ein Gravitationsfeld und zweitens durch den Nachweis der relativen Verschiebung der Spektrallinien zweier Lichtquellen, die ihr Licht in verschiedenen Gravitationsfeldern emittieren. Der erste dieser beiden Effekte konnte möglicherweise vor wenigen Tagen anläßlich der totalen Sonnenfinsternis festgestellt werden. Während aber sein Auftreten in der Theorie noch wesentlich bedingt ist durch die spezielle Gestalt der Feldgleichungen für das Gravitationsfeld, welche man der Theorie zugrunde legt, fußt der zweite Effekt, die Gravitationsverschiebung der Spektrallinien, unmittelbar in der fundamentalen Hypothese der neuen Gravitationstheorie von *Einstein*, der sog. Äquivalenzhypothese und bildet somit einen der Grundpfeiler der neuen Theorie. Der nächstliegende Weg, um diese Gravitationsverschiebung der Spektrallinien nachzuweisen, ist natürlich der, die Sonnenlinien mit den entsprechenden Linien einer irdischen Lichtquelle zu vergleichen. Nach der Äquivalenzhypothese müßten die Linien im Sonnenspektrum gegenüber den entsprechenden irdischen Linien um das $2 \cdot 10^{-6}$-fache der Wellenlänge nach dem roten Ende des Spektrums hin verschoben sein, d. h. also eine Linie bei 4000 Å um den Betrag von 0,008 Å = 0,6 km, wenn diese Verschiebung als Dopplereffekt interpretiert würde. Ein solcher Effekt liegt zurzeit an und für sich durchaus im Bereiche unserer Meßgenauigkeit. Und trotzdem ist es bis heute nicht gelungen festzustellen, weder daß ein solcher Effekt vorliegt, noch daß er unzweifelhaft nicht vorliegt. Die Ursache dieses Mißerfolges ist wohl hauptsächlich darin zu suchen, daß die leuchtenden Dämpfe in der Sonnenatmosphäre Eigengeschwindigkeiten besitzen, deren Dopplereffekte anscheinend von der gleichen Größenordnung sind wie der erwartete Gravitationseffekt. Dazu kommt, daß die Wellenlängen in der Bogenlampe, die bei diesen Vergleichungen als irdische Lichtquelle benutzt wird, vermutlich noch durch unerforschte Fehlerquellen verfälscht sind, so daß möglicherweise die gesuchte Rotverschiebung der Sonnenlinien in diesen verschiedenen systematischen Verfälschungen verschwindet. Nur ein genaues Studium der Emissionsverhältnisse auf der Sonnenoberfläche und die Wahl einer besonders geeigneten irdischen Vergleichslichtquelle wird wohl auf diesem Wege zum gewünschten Ziele hinführen.

Bei dieser Sachlage erschien es dringend notwendig, neue Methoden zur Prüfung dieser Frage zu entwickeln. Da aber nur bei einem ziemlich beträchtlichen Potentialgefälle diese Linienverschiebungen meßbar groß werden können — das Potentialgefälle zwischen Sonne und Erde ist gerade hinreichend, um einen meßbar großen Effekt hervorzurufen —, so kommen nur Fixsterne außer der Sonne zur Prüfung dieser Frage in Betracht. Da dieselben überdies beträchtlich größer als die Sonne sein können, so sind um ein Vielfaches größere Beträge der gesuchten Linienverschiebung zu erwarten als bei der Sonne, so daß möglicherweise die bei der Sonne so stark verfälschenden Faktoren von geringerem Einfluß sind. Dafür tritt allerdings eine Schwierigkeit zutage, die anfangs diesen Weg ganz ungangbar erscheinen ließ. Bei den Sternen treten starke Linienverschiebungen der Spektrallinien sowohl nach dem Roten als auch nach dem Violetten auf, und zwar Dopplereffekte, hervorgerufen durch die Bewegungen der Sterne in Richtung der Visionslinie. Diese Dopplereffekte nehmen, da Geschwindigkeiten der Sterne relativ zur Erde im Werte von 20 bis 30 km fast die Regel sind, solche Beträge an, daß andere Linienverschiebungen in ihnen zu verschwinden drohen. Und da wir nur in diesen Dopplereffekten ein Kriterium für die vorhandenen Radialgeschwindigkeiten der Sterne besitzen, so haben wir ohne weiteres gar keine Handhabe zu entscheiden, ob eine bei irgend einem Stern gemessene Linienverschiebung ϱ sich zum Teil aus einem wirklichen Dopplereffekt d, zum Teil aber aus einer Linienverschiebung anderen Ursprungs, z. B. einer Gravitationsverschiebung K zusammensetzt, so daß $\varrho = d + K$ ist. Bisher hat man eine jede beobachtete Linienverschiebung im vollen Betrage als kinematischen Dopplereffekt interpretiert und aus ihr die Radialgeschwindigkeit des Sternes abgeleitet.

Will man also auch die Erscheinungen bei den Fixsternen zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie heranziehen, so wird man versuchen müssen, an der Hand von geeigneten Hilfshypothesen aus dem komplexen Bild, welches uns die Gesamtheit der Fixsterne darstellt, einen Effekt

[1]) Nach einem Vortrag, gehalten in der Sitzung der Dtsch. Physik. Gesellschaft am 13. Juni 1919. Eine ausführliche Darstellung der hier mitgeteilten Resultate folgt in der Physik. Zeitschrift.

wie die vermutete Gravitationsverschiebung der Spektrallinien herauszuschälen.

Bevor ich jedoch auf die bisher vorliegenden Resultate in dieser Richtung eingehe, möchte ich einige rein astronomische Dinge behandeln, damit die späteren Ausführungen verständlich werden.

Wenn wir an die Aufgabe herantreten, einen Gravitationseffekt bei den Fixsternen festzustellen, müssen wir natürlich Kenntnisse über die Gravitationsfelder auf den Oberflächen der Sterne zu gewinnen suchen; das erfordert die Kenntnis der durchschnittlichen *Massen und Dichten der Sterne*. Bis jetzt wissen wir aber außerordentlich wenig über diese beiden Elemente, und damit fehlen uns die Hauptbestimmungsstücke zur Berechnung des Potentialgefälles zwischen Stern und Erde, auf welches es bei dem vermuteten Gravitationseffekt in erster Linie ankommt.

Wir besitzen aber immerhin schon ziemlich zuverlässige Kriterien, um zu entscheiden, ob wir es bei gewissen Sterntypen mit sehr großen massigen Systemen zu tun haben oder nicht. Da sind insbesondere die Sterne höchster effektiver Temperatur, d. h. also höchster Oberflächentemperatur, die sog. Heliumsterne (B-Typ), in deren Spektren die Heliumlinien die hervorstechendste Rolle spielen, und die ihnen nahestehenden wenig zahlreichen weißen Sterne, in deren Spektren neben den Absorptionslinien noch helle Emissionslinien auftreten (O-Typ). Nicht allein der unmittelbare Augenschein lehrt, daß diese besonders hellen Sterne sehr groß sein müssen; denn trotz der großen Helligkeit sind ihre Parallaxen außerordentlich klein. Auch das Studium der spektroskopischen Doppelsterne unter ihnen hat sichere Hinweise dafür erbracht, daß die Massen dieser Sterne diejenigen der sonnenähnlichen Sterne wesentlich übersteigen. Und wenn wir den Gedankengang verfolgen, daß die Energie des Gravitationsfeldes der Sternmaterie hinreichen muß, um bei der Kontraktion des Sternes seine Materie zu höchster Weißglut zu erhitzen, kommen wir zu der Auffassung, daß die weißesten Sterne am Himmel, also die B- und O-Sterne, eine gewisse Minimalmasse übersteigen müssen[1]). Wir haben also allen Grund zu vermuten, daß die weißesten Sterne am Himmel besonders große Systeme sind und darum möglicherweise einen merklich großen Gravitationseffekt offenbaren werden. Bei der Ausdehnung solcher Betrachtungen auf die Sterne anderen Spektralcharakters zeigen sich aber kompliziertere Verhältnisse. Es sind nämlich sicherlich nicht die Mehrzahl der roten Sterne, die wir am Himmel sehen, kleine Objekte verglichen mit den ungefähr gleich hellen weißen Sternen. Denn die Mehrzahl der ganz besonders hellen Sterne, die dem unbewaffneten Auge am Himmel auffallen, sind rote Sterne, ich nenne nur α Orionis, α Tauri, α Bootis. Diese erscheinen uns aber bei ihrer niedrigen Oberflächenhelligkeit nicht deshalb so helleuchtend, weil sie der Sonne besonders nahe sind, sondern weil sie offenbar außerordentlich große Oberflächen haben. Denn ihre Parallaxen sind im Mittel kaum größer als die der oben erwähnten B-Sterne. Darum müssen wir auch diese absolut hellen roten Sterne als sehr große Systeme ansehen. Neben ihnen treten dann noch in unzweifelhaft überwiegend großer Zahl kleine rote Sterne auf, deren Spektralcharakter von dem der absolut hellen nicht wesentlich abweicht. Zu ihnen z. B. gehört 61 Cygni, ein roter Stern, der wegen seiner auffallend großen Parallaxe von 0,3″. den Astronomen früh auffiel und zu den uns am nächsten stehenden Himmelskörpern gehört, der aber nicht heller als 7.—8. Größe ist und nur im Fernrohr beobachtet werden kann.

Man ist darum zu der Einsicht gelangt, daß die Reihe der weißen, gelben und roten Sterne keine eindeutige Entwicklungsreihe der Sterne darstellt, wie man anfangs glaubte. Es ist ziemlich sicher nicht so, daß ein Stern aus Nebelmaterie als weißer Stern geboren wird, um durch Abkühlung und Kontraktion schließlich als dunkelroter Stern in Dunkelheit unterzutauchen. Wir haben es vielmehr nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse mit folgenden verschiedenen Typen zu tun:

$$\left.\begin{matrix} M^{(1)} \\ K^{(1)} \end{matrix}\right\} \text{ rot } \left\{\begin{matrix} M^{(2)} \\ K^{(2)} \end{matrix}\right.$$

$$\left.\begin{matrix} G^{(1)} \\ F^{(1)} \end{matrix}\right\} \text{ gelb } \left\{\begin{matrix} G^{(2)} \\ F^{(2)} \end{matrix}\right.$$

$$A^{(1)} \quad \text{weiß} \quad A^{(2)}$$

$$\overbrace{B^{(1)}, O, B^{(2)}}$$

Diese Zweiteilung der Sterne ist durch folgende Erfahrungstatsachen nahe gelegt. Denken wir uns alle Sterne in eine irgendwie vereinbarte Einheitsentfernung gebracht, so lehrt die Erfahrung an den Sternen, deren Entfernungen uns ungefähr bekannt sind, daß wir es anscheinend mit zwei verschiedenen Arten von roten Sternen zu tun haben. Ein Teil derselben wird uns in der Einheitsentfernung — man wählt für dieselbe gewöhnlich diejenige Entfernung, in welcher der Stern eine Parallaxe von 1″ aufweisen würde — als heller Stern etwa 1. Größe, wie der Sirius in seinem wahren Abstand von der Erde, erscheinen, andere dagegen um 5—6 Größenklassen schwächer. Man unterscheidet diese beiden Typen durch die Bezeichnung Giganten- und Zwergsterne, und zählt die einen zum Spektraltyp $M^{(1)}$ bezw. $K^{(1)}$, die anderen zum Typ $K^{(2)}$ bezw. $M^{(2)}$[1]). Ebenso unterscheidet man auch bei den gelben, sonnenähnlichen Sternen vom F- und G-Typ zwei Klassen nach der absoluten Helligkeit, doch ist hier die Spaltung schon nicht mehr so ausgesprochen und bei den Sternen vom A-Typ, die zwi-

[1]) Siehe den Aufsatz von *A. Kohlschütter* „Der innere Aufbau der Sterne" diese Zeitschrift 1919, Heft 5 und 6.

[1]) Eine genaue Beschreibung des Unterschiedes in den Spektren der so durch Buchstaben charakterisierten Sterne findet man in jeder populären Astronomie.

schen den sonnenähnlichen und den weißen B-Sternen liegen, wie auch bei diesen letzteren selbst, noch nicht sichergestellt. Eine ausgezeichnete Rolle unter diesen verschiedenen Typen spielen die B-Sterne, bei denen man schon seit langem vermutet, daß sie besonders massige Systeme sind, und desgleichen die Giganten unter den roten Sternen, die trotz ihrer anscheinend niedrigen Oberflächentemperatur doch außerordentlich hell erscheinen, so daß wir ihnen riesige Oberflächen zusprechen müssen.

Ob zwischen diesen verschiedenen Typen verwandtschaftliche Verhältnisse bestehen, d. h. ob wir sie als Etappen einer einheitlichen Entwicklungsgeschichte der Sterne auffassen müssen, ist heute noch eine offene Frage. Man vertritt zwar vielfach die Auffassung, daß ein Stern sich aus kosmischer Staubmaterie zusammenballend und langsam erhitzend zuerst ein $M^{(1)}$-Stern wird, von großem Volumen, niedriger Temperatur und geringer Dichte. Durch Kontraktion sich weiter erhitzend durchläuft er die Stadien $K^{(1)}$, $G^{(1)}$, $F^{(1)}$, $A^{(1)}$, um schließlich, falls überhaupt seine Gesamtmasse ausreichte, als B-Stern die höchst effektive (Oberflächen-) Temperatur von 13 000°—15 000° zu erreichen. Von da soll er dann sich weiter verdichtend und abkühlend die Stadien als $A^{(2)}$-, $F^{(2)}$-, $G^{(2)}$-, $K^{(2)}$-, $M^{(2)}$-Stern in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen. So verlockend einfach in mancher Hinsicht diese Auffassung der Dinge wirken mag, so scheinen doch die wahren Verhältnisse des Universums viel komplexer zu sein. Eine so einfache Entwicklungslinie der Sterne würde überzeugend wirken, wenn die verschiedenen Sterntypen miteinander gut vermischt wären und das Ganze als ein in statistischem Gleichgewicht befindliches Gebilde aufgefaßt werden könnte. Doch davon scheint gar keine Rede zu sein. Sowohl nach ihrer Gesamtanordnung am Himmel als auch nach ihren Bewegungsgesetzen stellen anscheinend die B-Sterne und ebenso die Giganten unter den roten Sternen voneinander und der übrigen Schar von Sternen unabhängige Gebilde dar. Die B-Sterne offenbaren eine unzweifelhafte Konzentration nach der Ebene der Milchstraße und beteiligen sich nicht an den Strombewegungen, die man bei der großen Schar der die Sonne umgebenden Sterne hat feststellen können. Die absolut hellen M-Sterne ihrerseits zeigen im wesentlichen eine kugelsymmetrische Anordnung. Für beide Systeme von Sternen ist dagegen die Geschwindigkeit der Sonne relativ zum Schwerpunkt des betreffenden Systems die gleiche, aber, nach den bisherigen Ergebnissen, wesentlich größer als relativ zum Schwerpunkt der großen Zahl von A-, F- und G-Sternen, welche den bisherigen statistischen Untersuchungen zugrunde liegen. Diese Hinweise dokumentieren, daß wir es anscheinend mit den Sternen am Himmel nicht mit einem einheitlichen System zu tun haben, wodurch alle statistischen Untersuchungen ungemein erschwert werden. Vorerst kann man nur auf jede dieser Spektralklassen für sich statistische Betrachtungen anwenden und wenn man hoffen will, etwas zugunsten der Frage nach der von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderten Gravitationsverschiebung der Spektrallinien aus ihnen abzuleiten, so liegen bisher nur die zwei Fingerzeige vor, daß die B-Sterne vermutlich an Masse die sonnenähnlichen Sterne wesentlich übersteigen und die absolut hellen K- und M-Sterne sich von ihnen durch ihre riesigen Oberflächen unterscheiden, also vermutlich auch im Mittel viel massigere Systeme darstellen.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen wollen wir uns wieder konkret der Frage nach dem Vorhandensein einer Gravitationsverschiebung der Spektrallinien zuwenden und zuerst speziell *an den B-Sternen untersuchen, was sich für oder wider die allgemeine Relativitätstheorie aus ihnen folgern läßt.*

Setzen wir einmal voraus, daß diese Sterne eine mittlere Gravitationsverschiebung ihrer Spektrallinien im Betrage von $+K$ Kilometern aufweisen — man kann jede Linienverschiebung durch die ihr als Dopplereffekt entsprechende Geschwindigkeit in Kilometern messen —, dann mißt ein Astronom bei diesen Sternen nicht den reinen Dopplereffekt ihrer Radialgeschwindigkeiten $\pm d$ in der Visionslinie, sondern er mißt als vermeintliche Radialgeschwindigkeit ϱ die Summe $\pm d + K$. Sind die eigentlichen Dopplereffekte nach dem Zufall verteilt, so ist die Häufigkeitskurve der Radialgeschwindigkeiten eine Fehlerkurve. Man wird dies vorerst immer voraussetzen können, da ohne weiteres nichts dafür spricht, daß die Sonne mit der Erde eine irgendwie ausgezeichnete Rolle spielt, so daß nicht gleich viele Sterne sich von uns fort als auf uns zu bewegen. Wenn sich aber über diese reinen Dopplereffekte noch eine konstante mittlere Verschiebung $+K$ lagert, so hätte diese zur Folge, daß die Häufigkeitskurve der Radialgeschwindigkeiten nicht um den Wert Null sich symmetrisch ausbreitet, sondern um die positive Geschwindigkeit $+K$. In der folgenden Tabelle sind nun die durch Abzählung gewonnenen Werte für die Häufigkeit positiver und negativer Radialgeschwindigkeiten der B-Sterne in verschiedenen Geschwindigkeitsintervallen niedergelegt. Es offenbart sich in diesen 212 Radialgeschwindigkeiten ein ausgesprochenes Überwiegen der positiven Werte. Trägt man diese Häufigkeiten als Ordinaten zu den mittleren Geschwindigkeiten jedes Intervalls als Abszissen ab, so schmiegen sich diese Punkte be-

Geschw.-Intervalle	Anzahl der Radialgeschw.	
	>0	<0
0—10 km	54	31
10—20 „	56	18
20—30 „	40	11
>30 „	10	2

friedigend einer nach den positiven Geschwindigkeiten hin verschobenen Fehlerkurve an. Um den Betrag dieser Verrückung zu bestimmen, kann man folgendermaßen vorgehen:

Die bei den B-Sternen beobachteten Radialgeschwindigkeiten $V_{beob.}$ rühren hauptsächlich daher, daß das Sonnensystem sich mit großer Geschwindigkeit relativ zum Schwerpunkt dieses Sternsystems bewegt. Nennt man V_0 die Geschwindigkeit des Sonnensystems, λ den Winkelabstand eines Sternes von dem Zielpunkt der Sonnenbewegung an der Himmelssphäre und V_* die von der Sonnenbewegung befreite Radialgeschwindigkeit des Sterns, dann gilt:

$$V_* = V_{beob.} - V_0 \cos \lambda.$$

Lagert sich aber über die Dopplereffekte eine mittlere Gravitationsverschiebung der Linien im Betrage von K Kilometern, so hat man anzusetzen:

$$V_* + K = V_{beob.} - V_0 \cos \lambda.$$

Diese Gleichungen lassen sich nicht ohne weiteres ausgleichen, da wir ja die V_* nicht kennen. Faßt man aber die Sterne in größeren Gruppen zusammen, so kann man annehmen, daß sich unter ihnen gleich viele von uns fort als auf uns zu bewegen, so daß in der aus obigen Gleichungen sich ergebenden Mittelwertsgleichung für jede Gruppe $V_* = 0$ ist. Man hat dann ein System von Gleichungen der Gestalt:

$$K = V_{beob.} - V_0 \cos \lambda$$

nach der Methode der kleinsten Quadrate auszuwerten. Auf diesem Wege hat man in der Tat für die B-Sterne einen Wert für $K = +4{,}3$ km $\pm$ 0,5 km abgeleitet, wie er sich kund tun müßte, wenn die B-Sterne einen mittleren Gravitationseffekt von + 4,3 km anzeigten. Will man dagegen auf der Auffassung beharren, daß jede Linienverschiebung als kinematischer Dopplereffekt zu deuten sei, so hieße das Auftreten der Größe K, daß die B-Sterne eine allgemeine Expansion von dem durchschnittlichen Betrage von + 4,3 km offenbaren. Dieser Standpunkt wird in der Tat von verschiedenen Astronomen vertreten, obwohl sehr unwahrscheinliche Hilfshypothesen herangezogen werden müssen, um diese Expansion des Systems der B-Sterne zu erklären. Verläßt man aber den Standpunkt, daß alle gemessenen Linienverschiebungen Dopplereffekte sind, so gelangt man zu der Erkenntnis: in den Linienverschiebungen der Spektren der B-Sterne steckt neben den nach dem Zufall verteilten Dopplereffekten der Radialgeschwindigkeiten eine vermutlich konstante allgemeine Rotverschiebung der Linien im Betrage von + 4,3 km, wie sie wirklich zutage treten müßte, wenn die von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderte Gravitationsverschiebung der Spektrallinien existierte und die B-Sterne im Durchschnitt viel massiger wären als die Sonne, worauf auch unsere sonstige Erfahrungen an ihnen hinweisen.

Führt man die gleichen Überlegungen auch bei den anderen Sterntypen durch, so gelangt man zu folgenden Resultaten: die Giganten unter den K- und M-Sternen offenbaren auch eine deutlich ausgeprägte Rotverschiebung ihrer Spektrallinien, und zwar ist dieselbe[1])

bei den $K^{(1)}$-Sternen: $= +3{,}2$ km $\pm$ 0,8,
bei den $M^{(1)}$-Sternen: $= +4{,}7$ km $\pm$ 1,5.

Bei den übrigen Typen läßt sich ein solcher Effekt nicht nachweisen. Da ja alles darauf hindeutet, daß die Sterne vom Spektraltyp $K^{(1)}$ und $M^{(1)}$ außerordentlich große Systeme sind, so ist das Auftreten einer merklichen Rotverschiebung vom Standpunkt der allgemeinen Relativitätstheorie durchaus zu erwarten. Immerhin darf man nicht vergessen, daß es bei dem fraglichen Gravitationseffekt auf das Gravitationspotential an der Oberfläche des Sternes ankommt und daß dieses trotz großer Oberfläche und Gesamtmasse bei geringer mittlerer Dichte nicht so stark von dem an der Sonnenoberfläche abzuweichen braucht, um eine so ausgesprochene Rotverschiebung zu erklären. Man kann darum das Resultat der statistischen Untersuchung nicht als einen Beweis, sondern nur als einen Hinweis für die Existenz einer Gravitationsverschiebung der Spektrallinien auffassen.

Man hat natürlich versucht, auch auf anderem Wege das Auftreten einer allgemeinen Rotverschiebung der Spektrallinien bei den B-Sternen und den absolut hellen roten Sternen zu erklären So nahm man an, daß bei der großen Masse der B-Sterne die Linien durch Druckeinflüsse verschoben seien oder daß nahe Begleiter der Linien deren Schwerpunkte scheinbar nach dem Roten hin verlagerten. Sehr wahrscheinlich sind diese Erklärungen nicht, weil es schwer verständlich ist, wie sie alle Linien, und zwar auch die ganz verschiedenen Linien, die bei einem B-Stern und einem M-Stern vermessen werden, in gleicher Weise beeinflussen sollten. Doch bedarf dieser Punkt noch einer eingehenden Prüfung.

Schließlich ist auch die naheliegende Auffassung vertreten worden, daß es sich bei dieser Rotverschiebung um einen ganz gewöhnlichen Dopplereffekt handele, daß also tatsächlich die Systeme der B-Sterne und absolut hellen K- und M-Sterne einer allgemeinen Expansion unterlägen, welche kosmogonischen Ursprungs sei. Gerade weil sich diese Sterntypen auch sonst anders als unsere Umgebung verhalten, wie oben betont wurde, ist diese Auffassung an sich möglich und würde den gefährlichsten Einwand gegen den hier vertretenen Standpunkt darstellen, wenn es nicht möglich wäre, ziemlich eindeutig zu erweisen, daß es sich bei dieser Rotverschiebung der Spektrallinien um keinen Dopplereffekt handelt, sondern um einen physikalischen Effekt bei der Lichtemission auf der Oberfläche des Sternes. Dieser Nachweis kann folgendermaßen erbracht werden.

Wenn es, wenigstens für einige B-Sterne, möglich wäre, die Radialgeschwindigkeit unverfälscht von einem etwaigen Gravitationseffekt zu messen, so wäre ja die Trennung der gemessenen Linienverschiebung in die zwei Summanden: $\varrho = \pm d + K$ nach Dopplereffekt $\pm d$ und Gravita-

[1]) *W. Gyllenberg:* Lund Medd. Ser. II Nr. 13.

tionseffekt K durchführbar. Dies wäre nun in der Tat der Fall, wenn ein Stern von einer sehr ausgedehnten Atmosphäre umgeben ist bzw. in einem weiten helleuchtenden Nebel schwimmt. Bei der unzweifelhaft vorhandenen engen Beziehung der B-Sterne zu der am Himmel sichtbaren Nebelmaterie konnte man hoffen, solche Konstellationen zu finden. Bei einer solchen wären die Absorptionslinien der weiten Sternatmosphäre bzw. die Emissionslinien des Nebels vermutlich durch einen Gravitationseffekt kaum verfälscht, da die Gravitationsfelder in den weiten interstellaren Räumen, die die fein verteilte Nebelmaterie ausfüllt, viel schwächer als an der Oberfläche der Sterne sind. Aus der mit dem Stern bewegten Atmosphäre bezw. Nebelmaterie müßte man demgemäß den reinen Dopplereffekt des betrachteten Systems ableiten können und die Frage wäre nun, ob das *Sternspektrum gegenüber den Nebellinien* dieselbe *Rotverschiebung* aufweist, die sich statistisch kundgetan hatte.

Ein außerordentlich günstiges Objekt für eine solche Untersuchung bietet sich uns im Orionnebel, zugleich auch bisher das einzige dieser Art. Dieser Nebel ist der hellste am Himmel und umgibt eine auffallend starke Anhäufung heller B-Sterne, die unzweifelhaft miteinander als auch mit dem Nebel eine organische Einheit bilden. Darauf deutet einerseits die äußere Struktur des Nebels hin, andrerseits bei den Sternen die Gleichheit der Spektren, der Eigenbewegungen und Radialgeschwindigkeiten.

In der nachfolgenden Tabelle sind alle Sterne der sogenannten Orion-Nebelgruppe angeführt, ferner die beobachtete Radialgeschwindigkeit ϱ_b, die von der Sonnenbewegung befreite ϱ_* und schließlich die Differenz: $\varrho_* - \varrho_N$, wo ϱ_N die Radialgeschwindigkeit des Nebels bedeutet.

Stern	Spekt.	ϱ_b km	ϱ_* km	$\varrho_* - \varrho_N$ km
τ Orionis...	B_5	+20,8	+ 2,8	+ 3,5
o „ ...	B_3	+28,0	+10,6	+11,4
Boss 1295 ..	B_3	+22,4	+ 5,4	+ 6,1
η Orionis...	B_1	+35,5	+17,9	+18,6
ψ „ ...	B_2	+12,0	− 4,7	− 4,0
Boss 1332 ..	B_3	+21,6	+ 5,2	+ 5,9
δ Orionis...	B_0	+23,1	+ 5,7	+ 6,4
36 „ ...	B_0	+17,0	− 1,5	− 0,8
Boss 640 ...	O_5	+20,0	+ 2,4	+ 3,1
Boss 619 ...	B_2	—	—	—
Θ Orionis ..	O_5	+19,0	+ 1,4	+ 2,1
τ „ ..	B_3	—	—	—
ι „ ..	O_5	+21,5	+ 3,5	+ 4,2
ε „ ..	B_0	+24,5	+ 6,9	+ 7,6
A. G. C. 6471	B_1	+29,0	+10,7	+11,4
ζ Orionis...	B_0	+18,3	+ 0,6	+ 1.3
A. G. C. 6616	B_2	+26,1	+ 8,5	+ 9,2

Mittel $+6{,}0 \pm 1{,}0$ km

Wie die Tabelle zeigt, ist eine allgemeine Rotverschiebung der Sternspektren gegenüber dem Nebelspektrum deutlich ausgeprägt. Nur zwei Sterne fallen aus dem Rahmen, und zwar ψ Orionis und 36 Orionis. Zu diesen ist aber folgendes zu bemerken. Während die sphärischen Eigenbewegungen der Sterne in der Tabelle durchweg sehr klein und kaum nachweisbar sind — sie liegen in Deklination unterhalb 0,01″ —, sind die Eigenbewegungen der beiden Sterne ψ- und 36 Orionis die einzigen, für welche die Eigenbewegungen in Deklination größer als 0,01″ nach den bisherigen Katalogbeobachtungen herauskommen. Dieser Umstand zugleich mit dem, daß die Radialgeschwindigkeiten ϱ_b merklich kleiner sind als das Mittel aus den übrigen, spricht dafür, daß die beiden Sterne nicht zur engeren Orion-Nebelgruppe gehören, sondern sich nur in dieses Gebiet der Sphäre projizieren. Möglicherweise sind bei ihnen auch die Radialgeschwindigkeiten durch unbekannte Bahnbewegungen verfälscht, denn ein ungewöhnlich hoher Prozentsatz der B-Sterne sind spektroskopische Doppelsterne mit großen Bahngeschwindigkeiten. Dieser verfälschende Einfluß der Bahngeschwindigkeit ist besonders noch bei dem Stern η Orionis zu befürchten, der nach der anderen Seite merklich aus dem Mittel herausfällt. Dieser Stern stellt nach den Untersuchungen über die spektroskopischen Doppelsterne eines der größten Systeme dar, die man bisher gefunden hat. Die besonders auffallende Rotverschiebung könnte also möglicherweise reell sein. Doch ist bei den großen Bahngeschwindigkeiten, welche bei diesem System auftreten, und den noch unaufgeklärten systematischen Abweichungen, die sich in der errechneten Bahn zeigen und die vermutlich von weiteren Massen in diesem System herrühren, die Unsicherheit in der Bestimmung der Radialgeschwindigkeit des Schwerpunktes noch so groß, daß der obige Wert um 10 und mehr Kilometer falsch sein kann. Ich habe darum diesen Stern zugleich mit ψ- und 36 Orionis aus der Mittelbildung ausgeschlossen.

Wir gelangen damit durch den Vergleich der Linienverschiebungen bei den Sternen und dem Nebel im Orion zu der Erkenntnis, daß die allgemeine Rotverschiebung, die sich bei den B-Sternen statistisch offenbarte, sich auch wieder zwischen Stern- und Nebelspektrum zu erkennen gibt. *Dies weist wohl unzweifelhaft darauf hin, daß die Rotverschiebung kein Dopplereffekt* ist, sondern in den besonderen Bedingungen der Lichtemission auf den Sternen ihren Ursprung hat. Vom Standpunkt der allgemeinen Relativitätstheorie ist eine solche Rotverschiebung der Spektren der Sterne gegenüber demjenigen des Nebels durchaus als Folge der Gravitationszustände auf den Oberflächen der Sterne zu erwarten. Darum spricht auch dieses Ergebnis sehr gewichtig zugunsten der neuen Theorie. Daß die Rotverschiebung der Sterne im Orion im Betrage von +6 km merklich größer herauskommt als nach der statistischen Methode, ist

vielleicht nicht allein durch die Unsicherheiten bedingt, die beiden Werten anhaftet, sondern möglicherweise ein Hinweis dafür, daß wir es im Orion mit besonders großen Sternmassen zu tun haben.

Leider gibt es außer dem Orionnebel keinen weiteren für eine solche Untersuchung geeigneten Fall, da die Nebel, welche sich noch in Verbindung mit Heliumsternen finden, zu schwach leuchten, als daß man ihre Radialgeschwindigkeiten messen könnte. Doch zeigen die Spektren der B-Sterne eine Anomalie, die im Zusammenhang mit diesen Untersuchungen besonders an Interesse gewinnt, weil sie den dritten Hinweis für die Existenz der Gravitationsverschiebung bei den Heliumsternen abgibt.

Bekanntlich ist unter den B-Sternen ein ungewöhnlich hoher Prozentsatz von spektroskopischen Doppelsternen, bei denen also die Linien in den Sternspektren infolge der Bahngeschwindigkeiten periodische Schwankungen um eine Mittellage ausführen. Nun fiel zum ersten Male bei dem Stern δ Orionis die merkwürdige Erscheinung auf, daß in seinem Spektrum die beiden schwachen Absorptionslinien des Calciums *H* und *K* an diesen periodischen Schwankungen nicht teilnehmen. Die ursprüngliche Auffassung, daß diese Linien durch Absorption in interstellaren Calciumwolken erzeugt seien, hat an Wahrscheinlichkeit eingebüßt, seitdem man eine ganze Reihe solcher Sterne gefunden hat, bei einigen von diesen aber auch die Calciumlinien periodische Schwankungen zeigen, wenn auch mit geringerer Amplitude. Vielmehr spricht alles dafür, daß diese Linien von weiten Calciumatmosphären herrühren, welche die Sterne umgeben. Für diese Auffassung spricht ferner, daß unter den B-Sternen sich manche von direkt sichtbarer nebelhafter Struktur zeigen. Eine weitere Stütze hat diese Auffassung gefunden, seitdem die grundlegenden Untersuchungen von *Eddington* über den inneren Aufbau der Sterne, über welche Herr *A. Kohlschütter* vor kurzem in dieser Zeitschrift berichtet hat, zu dem Resultat führten, daß bei hoher effektiver Temperatur und großer Masse infolge des Strahlungsdruckes eine gewisse Instabilität der Sternmaterie entstehen kann. Infolge derselben wird möglicherweise Materie sich vom Sterne ablösen und als weite Atmosphäre sich um den Stern legen. Daß gerade die Sterne höchster effektiver Temperatur, nämlich die B- und O-Sterne, Anzeichen solcher weiten Atmosphären aufweisen, bedeutet also wiederum einen Hinweis darauf, daß sie besonders große Massen haben. Auch die besondere Rolle, die hierbei dem Calcium zufällt, ist nach unseren Erfahrungen über die überwiegende Bedeutung des Calciums in den äußersten Schichten der Sonnenatmosphäre durchaus verständlich.

Man wird darum erwarten, daß, wenn diese Auffassung richtig ist, sich wiederum eine Rotverschiebung der Sternlinien gegenüber den ruhenden Calciumlinien offenbaren wird. Denn die beiden Calciumlinien entspringen nach dieser Auffassung Gebieten, die so weit von der eigentlichen Oberfläche des Sternes abliegen, daß das Gravitationspotential wesentlich anders ist als dort, wo die eigentlichen Sternlinien emittiert werden. Dieses Gefälle des Gravitationspotentials müßte eine scheinbare Verschiebung der Sternlinien nach dem Roten hin erzeugen gegenüber den Linien der weiten Atmosphäre. Daß sich in der Tat ein Effekt dieser Art bemerkbar macht, lehrt die nachfolgende Tabelle. In ihr sind alle diejenigen Sterne verzeichnet, bei denen die Calciumlinien vermessen sind und die Schwerpunktsgeschwindigkeit aus den bewegten Sternlinien abgeleitet ist. Bei einigen konnte ich nur einen Vermerk finden, in welchem Sinne die Radialgeschwindigkeit aus den Sternlinien von der aus den Calciumlinien folgenden Radialgeschwindigkeit abweicht; in allen diesen Fällen ist der Unterschied im Sinne einer Rotverschiebung der Sternlinien

In der Tabelle bedeutet ϱ_* die Schwerpunktsgeschwindigkeit, wie sie aus den periodisch schwankenden Sternlinien folgt, ϱ_K die Radialgeschwindigkeit nach den Calciumlinien. Auch diese ist in einem Falle, wie bei 9 Camelopardalis, wo die Calciumlinien nicht ruhen, der an diese Linien anknüpfenden Bahnuntersuchung entnommen.

Stern u. Spekt.	ϱ_* km	ϱ_K km	$\varrho_* - \varrho_K$ km	
o Persei B_1	+ 18,5	+ 12,4	+ 6,1	
ξ „ Oe_5	> 30	+ 15,4		starke Rotverschiebung angedeutet
9 Camelop. B..	+ 6,4	— 2,2	+ 8,6	
η Orionis B_1 ...	+ 35,5			starke Rotverschiebung angedeutet
δ Orionis B ...	+ 23,1	+ 17,2	+ 5,9	
V V Orionis B_2 .	+ 20,8	+ 16,7	+ 4,1	
ε Orionis B ...	+ 24,8	+ 15,6	+ 8,9	
β Scorpii B_1 ...	— 9,5	— 12,6	+ 3,1	
σ Aquilae B_8 ...	— 5,0	— 12,6	+ 7,6	
ν Geminorum B_5	—	—		Rotverschiebung angedeut.

Bei diesen Sternen ist ausnahmslos eine Verschiebung in dem erwarteten Sinne angezeigt. Allerdings sind es vorerst nur 10 Systeme, für die Messungen vorliegen. Weiteres, speziell im Hinblick auf diese neue Hypothese diskutiertes Material soll entscheiden, ob der hier vertretene Standpunkt der richtige ist. Immerhin liegt hier wieder *ein ganz ausgesprochener Hinweis für eine Gravitationsverschiebung der Spektrallinien* bei den B-Sternen vor. Daß man es bei dieser Erscheinung mit dem gleichen Effekt zu tun hat wie bei

dem Orionnebel, dafür spricht folgendes. Unter den Sternen in der letzten Tabelle finden sich drei, welche auch zu der Orionnebelgruppe gehören, nämlich η, δ und ε Orionis. Bei δ und ε Orionis liegen vollkommene Messungen vor, und zwar ist bei:

δ Orionis: $\varrho_* - \varrho_N = +6{,}4$ km; $\varrho_* - \varrho_K = +5{,}9$ km

ε Orionis: $\varrho_* - \varrho_N = +7{,}6$ km; $\varrho_* - \varrho_K = +8{,}9$ km

Die Übereinstimmung ist so gut, als man bei der Unsicherheit der Einzelwerte nur erwarten kann und spricht dafür, daß es sich in beiden Fällen um den gleichen Effekt handelt.

Diese drei voneinander unabhängigen Überlegungen weisen übereinstimmend darauf hin, daß bei den Spektrallinien der B-Sterne ein Effekt nach Art des von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderten Gravitationseffektes sich bemerkbar macht. Daß es sich dabei nicht um einen Dopplereffekt handeln kann, geht wohl ziemlich zwingend aus der Untersuchung am Orionnebel und den Calciumlinien hervor. Wenn es eindeutig dargetan sein wird, daß es sich hier nicht um Druckeffekte oder die Wirkung naher Begleiter der Linien handelt, so können diese Resultate zwar nicht als quantitative, so doch als qualitative Prüfungen der allgemeinen Relativitätstheorie gelten, falls weiteres speziell im Hinblick auf diese Hypothesen diskutiertes Material im gleichen Sinne entscheiden sollte.

Eine quantitative Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie auf diesem Wege zu erbringen, wird vorerst nicht möglich sein, solange wir über die Massen und Dichten der Sterne so wenig Bescheid wissen. Man kann nur die Probe anstellen, ob die Hypothese, daß die bei den B-Sternen sich äußernde Rotverschiebung der Spektrallinien im Betrage von 4 bis 6 km ein Gravitationseffekt sei, nicht quantitativ zu Werten für die Massen der Sterne führt, die absurd erscheinen. Da jedoch der Gravitationseffekt nur etwas über das Gravitationspotential an der Sternoberfläche aussagt, so ermöglicht er auch nicht die Massen der Sterne zu berechnen, sondern nur miteinander verträgliche Werte für Massen und mittlere Dichten, die ja vereint das Gravitationspotential bestimmen. Über die mittleren Dichten der Sterne sind wir nun ebenso schlecht unterrichtet wie über ihre Massen. Nimmt man die mittlere Dichte der B-Sterne zu $^1/_{10}$ Sonnendichte an, ein Wert, den man zurzeit für den wahrscheinlichen hält, so liefert ein Gravitationseffekt von 4—6 km Massen von 40—100 Sonnenmassen. Das ist bedeutend mehr, als man auf Grund des Studiums der spektroskopischen Doppelsterne für die B-Sterne annehmen zu müssen glaubte. Doch leiten sich diese unsere Kenntnisse aus ganz wenigen Systemen ab und sind noch mit einer großen Unsicherheit behaftet. Daß solche Massenwerte aber durchaus möglich sind, erhellt aus folgendem. Die Kenntnis des Gravitationspotentials an der Oberfläche des Sternes, d. h. also die Kenntnis der Gravitationsverschiebung der Spektrallinien erlaubt das Verhältnis: $\frac{\text{Masse}}{\text{Dichte}}$ für einen Stern zu berechnen. Fassen wir den Stern als schwarzen Strahler auf, was bei den B-Sternen durchaus zulässig zu sein scheint, so ist die von seiner Oberfläche emittierte Strahlung proportional seiner Oberfläche und der vierten Potenz seiner Oberflächentemperatur T, d. h. also proportional dem Produkt: $\left(\frac{M}{d}\right)^{2/3} T^4$. Bezeichnet man mit m_* die *absolute* Helligkeit des Sternes, das ist seine scheinbare Helligkeit in Größenklassen für die Entfernung 1, $m_\odot$ die absolute Helligkeit der Sonne, so gilt die Beziehung:

$$m_* = m_\odot - 2{,}5 \log \frac{\left[\left(\frac{M}{d}\right)^{\frac{2}{3}} T^4\right]_*}{\left[\left(\frac{M}{d}\right)^{\frac{2}{3}} T^4\right]_\odot}$$

Die Kenntnis des Gravitationseffektes zugleich mit derjenigen der effektiven Temperatur, die durch direkte Messungen gewonnen wird und für T bei den B-Sternen einen Wert von 13 000 ° bis 15 000 ° liefert, ermöglicht es uns also, die absolute Helligkeit des Sternes zu berechnen. Ist diese bekannt, so folgt, nach Umrechnung der bolometrischen Helligkeiten in visuelle, aus ihr und der scheinbaren visuellen Helligkeit des Sternes — das ist derjenigen Helligkeit, in welcher er uns wirklich erscheint — unmittelbar seine Entfernung oder Parallaxe.

Führt man diese Rechnung für die Sterne der Orion-Nebelgruppe durch unter der Annahme eines Gravitationseffektes von 4—6 km, so erhält man für die Parallaxe

$$\pi = 0{,}003'' - 0.005''.$$

Diesen Wert kann man nun mit den aus direkten Parallaxenuntersuchungen gewonnenen Beträgen vergleichen. Den wohl am sichersten fundierten Wert für die Parallaxe der Orion-Nebelgruppe hat *Kapteyn* abgeleitet und findet

$$\tau = 0{,}0054''.$$

Einzeluntersuchungen von *Hertzsprung*, *Stebbins* und anderen führten für verschiedene Mitglieder der Gruppe zu Werten, die zwischen 0,003″ und 0,008″ schwanken. Wie man sieht, steht der obige Wert mit den rein astronomisch gewonnenen in ausgezeichneter Übereinstimmung und beweist, daß ein Gravitationseffekt von 4—6 km nicht zu astronomisch absurden Folgerungen vorerst Veranlassung gibt. Wenn auch das hier herangezogene Kriterium nicht sehr empfindlich ist, so muß man sich doch vor Augen halten, daß hier ein ganz neuartiges Hilfsmittel zur Berechnung der Parallaxe hinzugezogen wurde und im voraus nicht ausgemacht werden konnte, ob diese Berechnungsart nicht Beträge von anderer Größenordnung liefern würde. Schon eine Parallaxe von einigen Hundertsteln von Bogensekunden wäre bei den Orionsternen im höchsten Grade unwahrscheinlich gewesen.

Nach allem kann man zusammenfassend sagen, daß sich bei den B-Sternen in dreierlei Weise ein Effekt nach Art der von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderten Gravitationsverschiebung der Spektrallinien deutlich zu erkennen gibt, und zwar in einem Betrage von 4—6 km, der auch quantitativ nicht zu unwahrscheinlichen Folgerungen führt.

Versucht man auch bei den absolut hellen roten Sternen vom K- und M-Typ die statistisch gefundene Rotverschiebung der Linien in ihrem Wesen tiefer zu erfassen, wie das bei den Heliumsternen möglich war, so ermangelt es einem vorerst noch an jeglichem Angriffspunkt. Nahe liegend erscheint folgender Weg, um zu entscheiden, ob es sich bei dieser Rotverschiebung um einen Gravitationseffekt handelt. Wie zu Anfang ausgeführt wurde, hat man es bei den roten Sternen mit zwei deutlich unterschiedenen Typen zu tun, den absolut hellen sog. „Giganten" unter ihnen und den schwachen „Zwergsternen". Die Giganten zeigen die Rotverschiebung der Spektrallinien. Es liegt nun nahe, auf *dem* Wege dieser Erscheinung zu Leibe zu rücken, daß man die gleiche statistische Untersuchung auch bei einer genügend großen Zahl von Zwergsternen durchführt. Doch es liegt noch kein Beobachtungsmaterial vor, um diese Aufgabe in Angriff nehmen zu können. Was bisher an Zwergsternen spektrographisch untersucht ist, ist nach einem ganz einseitigen Prinzip ausgewählt und darum für statistische Untersuchungen nicht brauchbar. Man hat aus der Überfülle von Objekten vorerst nur diejenigen untersucht, die sich durch auffallend große Parallaxen oder Eigenbewegungen besonders bemerkbar machten. Hier liegen noch wichtige Aufgaben für die Zukunft vor.

Die Entstehung der deutschen Kalisalzlager.

Von Prof. Dr. Ernst Jänecke, Hannover.

(Schluß.)

Die Ursache der Salzausscheidung liegt selbstverständlich in dem Verdunsten des Wassers, wodurch das Lösungsmittel entfernt wird. Dieses Verdunsten findet im wesentlichen in der heißen Zeit, also im Zechsteinsommer, statt. In diesem steigt aber auch gleichzeitig die Temperatur des Salzmeeres. Es können also sich nur solche Salze ausscheiden, die in der Wärme schwerer löslich sind. Im Zechsteinwinter kühlt sich dann das Meer ab, und hierbei findet entsprechend dem vorhergegangenen Wasserverlust eine Salzausscheidung der in der Kälte schwerer löslichen Salze statt. Es lagern sich also *schichtenweise* die Salze in Jahresringen übereinander, ähnlich wie dieses besonders zwischen Anhydrit oder Polyhalit und Steinsalz beobachtet wird.

Nach vollständigem Eintrocknen des Zechsteinmeeres hätte sich also ein Schichtenstoß von 10 Schichten gebildet. und es muß dessen Schicksal weiter verfolgt werden. Ob es immer zur Ausbildung aller 10 Schichten gekommen ist, ob besonders die Bischofitschicht wirklich überall gebildet wurde, muß an den in der Natur vorkommenden Salzlagern besonders untersucht werden. Im Vergleich zu den angegebenen zehn Schichten haben die Kalilager in wesentlichen Punkten ein anderes Aussehen. Vor allem wird das Kalium nur selten als Kainit oder Leonit, sondern meist als Carnallit oder als Sylvin gefunden. Ebenso liegt der schwefelsaure Kalk fast vollständig als Anhydrit vor und nicht als Gips.

Diese Umwandlung der primär ausgeschiedenen Salze in andere vollzog sich nun beim Einsinken in die Tiefe und beim Wiederauftauchen. Nach der Zechsteinzeit wurden die Salzlager in den folgenden geologischen Zeiträumen, der Trias-, Jura- und Kreidezeit von anderen Schichten überdeckt. Sie versanken in der Erde wohl wesentlich, ohne daß große tektonische Störungen eintraten. Das überdeckende Gebirge ist auf 3000 m und mehr geschätzt worden. Hierbei wurden die Salzlager durch die gesteigerte Erdwärme auf höhere Temperatur gebracht. Durch diese Erwärmung fand, gerade wie es z. B. beim Glaubersalz beobachtet wird, ein teilweises Schmelzen statt. Wird Glaubersalz auf 32 ° erwärmt, so verflüssigt es sich bekanntlich teilweise unter Bildung von wasserfreiem Natriumsulfat. Es schmilzt, wie man sagt, *inkongruent*. In gleicher Art schmelzen einige der angegebenen Salze und Salzgemenge, wenn sie auf eine bestimmte Temperatur gebracht werden, unter Bildung anderer Salze ebenfalls.

Für das Gemenge Carnallit-Kieserit findet ein Schmelzen unter Bildung von Sylvin-Kieserit erst oberhalb 160 ° statt. Dieses hätte ein Einsinken dieser Schicht von über 5000 m in die Erde bedingt, was von geologischer Seite für wenig wahrscheinlich erklärt wird. Da auch von anderer Seite immer wieder betont wird, daß gewisse in der Natur gefundene Carnallitlager primär entstanden sein müssen, soll nur der Fall untersucht werden, daß das Einsinken in die Tiefe nur bis etwa 3000 m erfolgt sei, was ganz sicherlich den Tatsachen entspricht. Das vollständige Fehlen der Carnallitlager in gewissen Gebieten, so vor allem im hannoverschen Schollengebiete, könnte dann zwanglos durch die Schrumpfung des eintrocknenden Salzmeeres erklärt werden. In diesen Gebieten wäre es kaum oder gar nicht mehr zur Ausscheidung von Carnallitlagern gekommen, weil das Meer sich infolge der fortschreitenden Verdunstung nach tieferen Stellen im Süden zurückzog. Die dort gefundenen Kalilager wären also im wesentlichen auf die Schichten VII und VIII mit Kalimagnesia und besonders Kainit zurückzuführen.

Das Verhalten der 10 Salzschichten beim Erwärmen läßt sich chemisch genau verfolgen. Es soll an Hand von Fig. 7 auseinandergesetzt werden. An der linken Seite ist schematisch der

Schichtenstoß angegeben, wie er sich aus den 10 Schichten aufbaut, ohne daß die Mächtigkeit berücksichtigt wird. Daneben ist die Veränderung vermerkt, die durch das Erwärmen beim Einsinken bis 3000 m eintritt. Es wird hierbei also: Gips zu Anhydrit, Astrakanit zu Loeweit und Vanthoffit, Leonit zu Langbeinit und Kieserit, Kainit zu Sylvin und Kieserit. Alle so veränderten Schichten werden von Laugen durchtränkt, die *verschieden* zusammengesetzt sind. Die oberste Schicht aus Bischofit ist, falls sie überhaupt vorhanden war, vollständig geschmolzen. Die in den anderen Schichten vorhandene Laugenmenge läßt sich in jedem Falle berechnen. Sie war aber immer erheblich geringer als die von ihr durchfeuchteten Salzmassen. Das „Schmelzen" der Salze führte also nicht zur *vollständigen Verflüssigung*, sondern nur zu einer Durchtränkung. Der Schichtenverband blieb bei dieser dickbreiigen Beschaffenheit noch bestehen. Hierauf soll besonders hingewiesen werden, da vielfach irrtümlicherweise unter diesem *„Schmelzen"* ein vollständiges Flüssigwerden verstanden wird.

In dem folgenden geologischen Zeitraum, dem Tertiär, begann die Aufwärtsbewegung der Salzmassen. Diese ist nicht ohne starke tektonische Störungen vor sich gegangen, wobei die breiigen Schichten leicht gefaltet, zerdrückt und verschoben werden konnten, gerade wie man es jetzt noch an den verfestigten Salzmassen beobachten kann. Falls die Laugen hierbei einfach, ohne sich vermischt zu haben, nach oben abgepreßt wurden, blieben die Salze zurück, die sich in der Tiefe gebildet hatten. Es entstand also eine Schichtenfolge, wie in dem zweiten Profil der Fig. 7 angegeben ist, wenn einfach in der Bezeichnung der Ausdruck „Lauge" fortgelassen wird. Dieser Fall ist wohl als Grenzfall anzusehen, er wird nirgends vollständig eingetreten sein. Eine Reihenfolge der Salze in der angegebenen Art findet sich z. B. in dem „älteren Lager" von Solvay in Preußen.

In der langen Zeit, während welcher die Salzmassen sich mit Laugen durchtränkt als Salzbrei unter hohem Druck in der Erde befanden, vermischten sich jedenfalls die verschieden zusammengesetzten Laugen auch miteinander. Im besonderen drangen die großen obenliegenden Laugenmassen nach unten. Hier bewirkten sie Veränderungen an den Salzgemengen, die vorher mit den anders zusammengesetzten Laugen in Berührung waren. Die Veränderung erstreckte sich im wesentlichen auf die Umwandlung von Langbeinit in Sylvin und Kieserit sowie von Vanthoffit und Loeweit in Kieserit und Steinsalz. Auch eine Veränderung der kalkhaltigen Salze konnte da eintreten, wo die aus der kalifreien Schicht stammenden natriumsulfathaltigen Laugen mit Anhydrit zusammentrafen. Hier bildete sich Glauberit, das Doppelsalz von Natriumcalciumsulfat. Möglicherweise ist aber Glauberit auch eine primäre Bildung.

Die Vermischung der Laugen bewirkte also eine Vereinfachung des Profils in der Art, wie es die dritte Kolumne der Fig. 7 angibt. Wurden also aus *diesem* so veränderten Schichtenstoß die Laugen weggepreßt, so entstand eine Salzfolge, die vom Hangenden zum Liegenden kurz als Anhydrit-Polyhalit-Kieserit-Carnallit bezeichnet werden kann, also das klassische Profil von Staßfurt. Bei genauer Verfolgung der beobachteten Schichten in den verschiedenen Kalilagern kann der Zusammenhang noch deutlich erkannt werden.

Es bleibt nun noch zu untersuchen, was aus den mit Laugen durchtränkten Salzmassen wird, wenn sich durch das Abtragen der bedeckenden Schichten die breiigen Salzmassen wieder der Erdoberfläche nähern. Würden die Gemische,

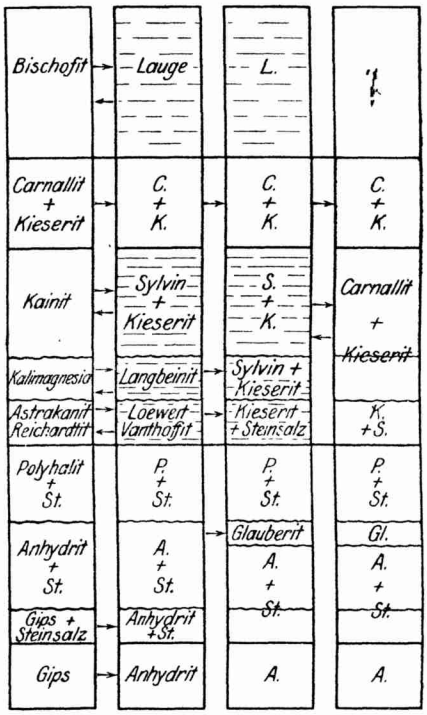

Fig. 7. Die Umwandlung der primär ausgeschiedenen Salze beim Einsinken bis 3000 m Tiefe (Erwärmung) und beim Wiederauftauchen.

wie sie das zweite Profil der Fig. 7 angeben, ohne daß die Laugen ihre Zusammensetzung durch Vermischen ändern, abgekühlt, so bildete sich genau der Salzstoß zurück, aus dem sie entstanden sind und der in der ersten Kolumne dargestellt wurde. Der einzige Unterschied bestände darin, daß vorher geschichtete Salze nachher nicht mehr geschichtet zu sein brauchen. Dieser Fall ist in der Natur jedenfalls auch nicht einmal angenähert vorgekommen. Sicher ist aber eine Verfestigung der Salze nach teilweiser Durchmischung der Laugen eingetreten. Hierbei bildete sich aus dem Gemenge *Sylvin*-Kieserit, wenn es mit stark magnesiumchloridhaltiger Lauge durchfeuchtet war, ein *Carnallit*-Kieserit-Gemenge. Dieses Verhalten gibt eine

zwanglose Erklärung für den vielfach beobachteten Zusammenhang zwischen Hartsalz- und Carnallitlager im gleichen Horizont. Je nach der Menge und Art der zurückgebliebenen Laugen können auch andere Salze teilweise zurückgebildet worden sein. Doch sind diese Rückbildungen von geringerer Bedeutung. Im ganzen wird also aus dem Schichtenstoß in der dritten Kolumne der Fig. 7 das in der vierten gebildet.

Es zeigt sich also, daß Carnallit teilweise primärer Natur sein kann, teilweise aber auch aus Kainit oder Kaliummagnesia gebildet wurde. Aus der ursprünglich vollständig gleichartigen Schichtenfolge können sich also die verschiedensten Profile gebildet haben. Die Verschiedenheit hängt besonders davon ab, wie stark sich die verschiedenen Laugen vermengt haben, und wann und in welchen Massen sie fortgepreßt wurden. Im wesentlichen lassen sich die drei angegebenen verschiedenen Typen unterscheiden.

Ein sehr wichtiger Umstand ist zunächst noch zu erörtern, da darin eine scheinbare große Unstimmigkeit zwischen der auseinandergesetzten Theorie und dem geologischen Vorkommen gefunden werden könnte. Nach der auseinandergesetzten Theorie muß die Menge des Steinsalzes und der Kalksalze, die sich in den eigentlichen Kalilagern finden, gering sein. Es sollte sich, wie die Rechnung zeigt, etwa 3 % Steinsalz und fast gar kein Calcium vorfinden, während in der Natur in Wirklichkeit 30 % Steinsalz und mehr sowie auch erhebliche Mengen von Kalksalzen gefunden werden. Diese Steinsalz- und Calciummengen können nicht bei späteren Umwandlungen den Lagern zugeführt sein. Sie müssen ohne Zweifel sich schon primär mit den Kalisalzen zusammen ausgeschieden haben. Die Erklärung für diese scheinbare Unstimmigkeit findet sich leicht, wenn die geologischen Vorgänge herangezogen werden. Wie oben auseinandergesetzt wurde, mußte eine gewaltige Schrumpfung des Zechsteinmeeres eintreten, ehe die Ausscheidung von Kalisalzen einsetzte. Infolge der langsamen Senkung des Bodens im Süden der großen Salzpfanne sammelten sich hier die konzentrierten Salzlaugen. Der unebene Untergrund zerteilte die verdunstenden Lösungsmassen in einzelne kleinere oder größere Becken, die teilweise für sich bestanden oder auch oberflächlich zusammenhingen. Nun verdunstet wegen seiner relativ größeren Oberfläche ein kleines Becken leichter als ein großes. So konnte es kommen, daß die kleineren Salzpfannen den größeren in der Salzausscheidung vorauseilten. In ihnen fanden bereits Kristallisationen von Kalisalzen statt, als die größeren noch keine solche Ausscheidung zeigten. Die stärker verdunstenden Gebiete befanden sich offenbar im Süden des Zechsteingebietes. Nimmt man nun die geologisch erwiesene Tatsache hinzu, daß der südliche Teil eine dauernde langsame Senkung erfuhr, so mußten die Laugen der größeren nördlichen Becken sich allmählich in die südlicheren ergießen. Für die Art der Salzausscheidung bewirkte dieses aber, daß die sich ausscheidenden Kalisalze mit Steinsalz und Kalksalzen durchsetzt wurden, womit deren Vorkommen in größerer Menge, als es beim einfachen Eindunsten der Fall wäre, leicht erklärt ist. Die Salzlager, die den Kalisalzen zwischengelagert sind, sind daher auch verschieden stark, manchmal sind es Leitschichten.

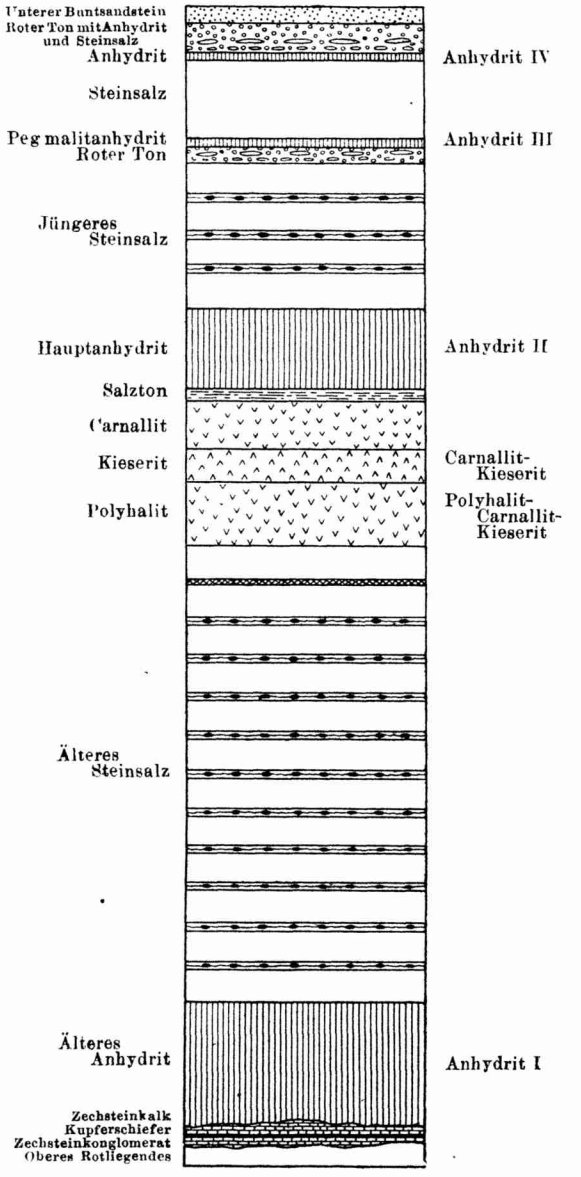

Fig. 8.
Profil durch das norddeutsche Salzgebirge (*Walther*).

In dieser Darlegung liegt auch gleichzeitig die Erklärung dafür, daß sich mehrere Salzfolgen, ältere, jüngere und jüngste vorfinden, die auch

in verschiedenen Gebieten verschieden sind. In Fig. 8 ist ein Profil gezeichnet, das drei Salzlager enthält. Die Erklärung der mehrfachen Wiederkehr der Lager liegt darin, daß ein kleineres Becken auch vollständig eintrocknen konnte, während an andern Stellen noch größere Salzpfannen bestanden. Dieses kleinere Gebiet wurde von Wüstenstaub zugedeckt und konnte, indem das Gebiet sich weiter senkte, von neuem von den im Süden befindlichen Salzlösungen überdeckt werden. Deren Verdunstung rief dann ein neues Lager hervor. Dieses Verhalten veranlaßte also an einzelnen Stellen die Bildung mehrerer Lager, während anderswo nur ein solches zur Ausbildung gelangte.

Es geht hieraus hervor, daß es nicht nötig ist, den Einbruch des *offenen Meeres* zur Erklärung der mehrfachen Lager heranzuziehen, wie dieses häufiger geschieht. Zudem wäre dieses kaum mit dem geologischen Befund in Einklang zu bringen. Die angegebene Erklärung stimmt mit den geologischen und chemischen Tatsachen überein. Diese Unterscheidung der Entstehung der Salzlager in südliche und mehr nördliche paßt sich außerdem auch anderen geologischen Tatsachen gut an. Besonders läßt sie sich auch gut mit der Verschiedenheit der Salze in Mitteldeutschland gegenüber denen im nördlichen Hannover in Einklang bringen.

Diese auseinandergesetzte Theorie läßt sich an bestimmten Profilen noch genauer prüfen. Hierbei kann es natürlich infolge der vielen Vorgänge, die sich in der Natur nebenbei noch abgespielt haben können, schwierig sein, die Übereinstimmung zwischen der auseinandergesetzten Theorie und dem geologischen Befund vollständig zu machen. Ganz kurz sollen nur noch die Lager im Werra- und Fuldagebiet und im Elsaß erwähnt werden. In dem ersten Gebiet müssen die Kalilager bereits *bei der Ausscheidung* der Salze aus dem Meerwasser in ihrer merkwürdigen Art vorgebildet sein. Die Entstehung hängt mit den soeben erwähnten südlichen Laugenzuflüssen zusammen. Im Werra- und Fuldagebiet befand sich eine Meeresbucht, in der bereits Kalisalze zur Ausscheidung gelangt waren, als ein *reichlicher* Zufluß von Lösungen diese veränderte, besonders unter Bildung von Sylvin. Sie wurden alsdann von dem sich jetzt allein ausscheidenden Steinsalz überdeckt, bis erneut eine Ausscheidung von Kalisalzen stattfand. Nochmals verstärkte sich der Zufluß aus dem Norden, veränderte wiederum die Kalisalze und überdeckte sie erneut mit Steinsalz. So bildeten sich die beiden Lager, die jetzt gefunden werden.

Diese Auffassung über die Entstehung der Kalilager im Werra-Fulda-Gebiet wird auch gestützt durch den eigenartigen Charakter der Salze. Das untere Kalilager besteht aus drei Teilen, deren Mächtigkeit äußerst wechselnd an verschiedenen Stellen ist. Über kieseritischem Sylvinhalit liegt konglomeratischer Carnallit und darüber Sylvinhalit. Auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden, es soll nur erwähnt werden, daß sich diese Schichtenfolge gut dem auseinandergesetzten Verhalten anpaßt, wenn man annimmt, daß der konglomeratische Carnallit ursprünglichen Kainitschichten sein Dasein verdankt, wie dieses auch sonst der Fall ist. Der Einbruch größerer Meerwassermengen erfolgte also nach Ausscheidung der Carnallitschicht, die sich dabei in Sylvin verwandelte, entsprechend dem Sylvinhalit, wie es im Hangenden des unteren Kalilagers gefunden wird. Gestützt wird diese Ansicht noch wesentlich durch das Vorkommen von Kainit, das bei „Alexandershall" sogar in „Jahresringen" auftritt. Kainit ist hier offenbar in gleicher Art wie in den „Salzhüten" entstanden: durch Zutritt von Laugen zu Salzgemengen von Carnallit-Kieserit. Ähnlich wie in dem unteren Kalilager zeigt auch das obere im Hangenden Sylvinhalit, während das Liegende Hartsalz ist. Auch sonstige Erscheinungen passen sich gut der gegebenen Erklärungsweise an.

Die Kalilager im Elsaß sind ganz anderer Art als die bisher auseinandergesetzten. Sie gehören auch einer anderen geologischen Zeit, dem Tertiär an. Es fehlen fast vollständig die schwerer löslichen Sulfate. Man kann mit ziemlicher Sicherheit behaupten, daß sie aus stark magnesiumchloridhaltigen Lösungen, die noch Chlornatrium und Chlorkalium enthielten, entstanden sind. Vermutlich sind diese wieder auf neu aufgelöste Zechsteinsalze zurückzuführen.

So ist im Vorstehenden in großen Zügen gezeigt, in welcher Art die deutschen Kalilager entstanden sind. Um eine auch ins einzelne gehende Prüfung der Theorie zu ermöglichen, und um im besonderen die große Mannigfaltigkeit zu verstehen, sind noch manche Untersuchungen zu machen. Insbesondere ist es natürlich auch erforderlich, das Gebirge chemisch, geologisch und petrographisch zu untersuchen, das nur geringen Kaligehalt hat und für die Kaliwerke deswegen weniger Interesse darbietet.

Es läßt sich also sagen, daß die auseinandergesetzte Theorie als Grundlage für das Entstehen angesehen werden muß. Diese Theorie baut sich auf wenigen Annahmen auf, nämlich einmal, daß die Kalilager aus Meerwasser durch Verdunsten entstanden sind; ferner daß die Verdunstung erfolgt ist unter Ausscheidung von Salzen, wie es die Versuche *van't Hoffs* und seiner Schüler ergeben haben, und endlich auf die früher vernachlässigte Tatsache, daß die Salzlager durch die Erdwärme nach Überdeckung von jüngeren Schichten in besonderer Art verändert wurden. Die konsequente Durchführung dieser Gedanken führt dann zu den auseinandergesetzten Profilen. Weitere Untersuchungen werden die Theorie bestätigen.

Besprechungen.

Haberlandt, G., Beiträge zur Allgemeinen Botanik. 1. Band, Berlin, Gebr. Borntraeger, 1918. 98 Textabbildungen und 13 Tafeln.

Von dieser neuen, während des Krieges begonnenen Zeitschrift liegt nunmehr der erste Band abgeschlossen vor. Er stellt eine Sammlung der in den letzten Jahren im Pflanzenphysiologischen Institut der Berliner Universität ausgeführten Arbeiten dar. Zur Einführung schildert *G. Haberlandt* den Neubau dieses Instituts, das kurz vor dem Krieg, mit allen für ein modernes Forschungsinstitut nötigen Einrichtungen versehen, in Dahlem fertiggestellt wurde. Von den Arbeiten vorwiegend anatomischen Inhalts wurden die „Anatomisch-physiologischen Untersuchungen über Wasserspalten" von *E. Neumann-Reichardt* bereits an dieser Stelle besprochen. — „Über den anatomischen Bau der Wurzelhaube einiger Glumifloren und seine Beziehungen zur Beschaffenheit des Bodens" berichtet *W. Rasch*. Der Autor studierte insbesonders die trockenen, fast nadelscharfen Wurzelspitzen, wie sie bei manchen sandbewohnenden Cyperaceen und Gramineen vorkommen. Solche Pflanzen besitzen eine vom normalen Typus stark abweichende Wurzelhaube. Während diese sonst als zartwandiges Parenchym die fortwachsende Wurzelspitze bedeckt, treten hier mächtig verdickte Zellen auf, die ein „Knorpel"-Kollenchym bilden und einen lokalen mechanischen Apparat der Wurzel darstellen, der dieser das Vordringen im Boden erleichtert. Von besonderem Interesse ist, daß die Verdickung der Wurzelhaube bei Kultur der Pflanzen in feuchter, lockerer Erde unterbleibt. Es liegt also ein unmittelbarer Einfluß der Bodenbeschaffenheit auf den anatomischen Bau der Wurzelhaube vor. — *E. Wendel* teilt die Resultate ihrer Untersuchungen „Zur physiologischen Anatomie der Wurzelknöllchen einiger Leguminosen" mit. Seit *Hellriegels* grundlegenden Untersuchungen wissen wir, daß die Leguminosen imstande sind, den freien Luftstickstoff auszunützen und daher auch dann noch gedeihen können, wenn im Boden stickstoffhaltige Verbindungen wie Nitrate, Ammoniak usw. fehlen. Diese Fähigkeit ist auf das Vorhandensein von Bakterien in knöllchenartigen Anschwellungen der Wurzeln zurückzuführen. Die Knöllchenbakterien sind die eigentlichen Stickstoffbinder, die Leguminose aber ist befähigt, den Bakterien die N-Verbindungen zu entziehen und für sich zu verwerten. Die Verfasserin unterzog die Knöllchen zahlreicher Leguminosen unter Zuhilfenahme der Mikrotomtechnik einer eingehenden Untersuchung und gibt schließlich eine nach physiologischen Gesichtspunkten geordnete Übersicht der in ihnen aufgefundenen Gewebe. Nach außen werden die Knöllchen entweder von einer Epidermis oder von einem korkartigen Gewebe abgeschlossen, das seinen Ausgang von einer verkorkten Schutzscheide (Endodermis) nimmt, welche unter den äußersten, bald absterbenden Rindenparenchymschichten liegt. Auf das Hautgewebe folgt ein stärkehaltiges Speichergewebe, in welchem auch die zu einem Kreis angeordneten Gefäßbündel verlaufen. Jedes Bündel ist von einer eigenen Schutzscheide umgeben und kollateral gebaut, wodurch es sich vom radiären Gefäßbündel der Wurzel unterscheidet. Es hängt dies wohl damit zusammen, daß die Knöllchen nicht, wie man früher annahm, umgewandelte Nebenwurzeln sind, vielmehr Neubildungen darstellen, die ihren Ausgang vom Rindenparenchym der Wurzel nehmen und ihre Gefäßbündel erst sekundär an das der Wurzel anschließen. Das zentrale Parenchym enthält das „Bakterioidengewebe", d. h. die die Bakterien einschließenden Zellen. In diesen fallen die großen, häufig gelappten oder in Teilstücke zerfallenen Zellkerne auf, wie sie auch sonst in Zellen angetroffen werden, welche von Parasiten bewohnt sind. Man wird geneigt sein, diese Oberflächenvergrößerung der Kerne auf ihre erhöhte Aktivität zurückzuführen. Von Wichtigkeit für die Frage, wie den im Innern der Wurzel eingeschlossenen Bakterien der Luftstickstoff zugeführt werden könne, war die Untersuchung des Durchlüftungssystems. Man hat nämlich von vornherein mit 2 Möglichkeiten zu rechnen: der Stickstoff kann von den Bakterien in Gasform oder aber in Wasser gelöst aufgenommen werden. Im ersteren Falle müßten die Bakterien enthaltenden Zellen von Luft umspült sein, wobei freilich letzten Endes der N doch nur in Wasser gelöst in das Innere der die Bakterien einschließenden Zellen gelangen könnte. Im Gegensatz zu den früheren Autoren konnte die Verfasserin zeigen, daß tatsächlich ein Netz von Interzellularen das ganze Knöllchen durchzieht und durch Löcher und Spalten auch mit der Außenluft in Verbindung steht. Doch neigt sie wegen der geringen Anzahl von Durchgangsstellen in der äußeren Endodermis doch zu der Annahme, daß der Stickstoff in Wasser gelöst zugeführt werde, wofür auch die gute Ausbildung des wasserleitenden Teiles der Gefäßbündel spricht.

Die zuerst durch *Bruckmann* bekannt gewordenen „Pilzdurchlaßzellen der Rhizoiden des Prothalliums von *Lycopodium Selago*" hat *Haberlandt* einer neuen genauen Untersuchung unterzogen. Die Entwicklung des Prothalliums der Lycopodiaceen hängt von der Gegenwart eines Fadenpilzes ab, der schon frühzeitig in dieses eindringt und eine noch nicht näher bekannte ernährungsphysiologische Rolle spielt. Da aus dem älteren Prothallium zahlreiche Pilzhyphen wieder auswandern, ist anzunehmen, daß diese die Funktion der Rhizoiden, also die Aufnahme von Wasser und der darin gelösten Stoffe des Bodens unterstützen und so das weitere Gedeihen des symbiontischen Organismus ermöglichen. Die Auswanderung des Pilzes geht nur an bestimmten Stellen, nämlich durch die „Fußzellen" der Rhizoiden vor sich. Diese Zellen kommen dadurch zustande, daß jede Außenzelle, welche ein Rhizoid bildet, dieses durch eine schräge Wand von der Mutterzelle trennt, so daß eine Haarzelle und eine Fußzelle entstehen. Letztere, die später zur Pilzdurchlaßzelle wird, zeigt die Eigentümlichkeit, daß ihre Außenwand dort, wo sie an das Rhizoid grenzt, eine beträchtliche Verdickung aufweist. Auch nach außen springt hier eine polsterartige Verdickung vor, die von einer äußerst dünnen Kutinlamelle begrenzt ist. Dringen Pilzfäden aus den inneren Schichten in eine Durchlaßzelle ein, so wenden sie sich der verdickten Stelle zu, durchdringen diese schräg und kommen schließlich an der polsterartigen Anschwellung zum Durchbruch, welche sich inzwischen in einen verschleimten, nach außen offenen Trichter umgewandelt hat. Es liegt also eine präformierte Ausgangsstelle für den Pilz vor, und es scheint von dieser ein chemischer Reiz auszugehen, der die Pilzfäden gerade an diese Stelle lockt.

C. Zollikofer zeigt in ihrer Untersuchung „Über die Endigungen der Harzgänge in den Blättern einiger *Pinus*-Arten", daß diese Gänge stets nahe der Blattbasis enden, und zwar bei einigen Arten derart, daß die Sekretzellen unvermittelt aufhören, wogegen die sie umgebenden Bastscheiden noch etwas weiter reichen. Bei einem 2. Typus treten am basalen Ende statt der Sekretzellen „Übergangszellen" auf, welche mehr und

mehr den Charakter der Zellen der Schutzscheide annehmen.

Von großem praktischen, aber auch von theoretischem Interesse sind *Haberlandts* „Mikroskopische Untersuchungen über die Zellwandverdauung". Der Verfasser studierte die Veränderungen, welche pflanzliche Gewebe im Verdauungskanal des Menschen und verschiedener Tiere erleiden, und zwar in der Weise, daß er die in den Fäces enthaltenen Pflanzenreste einer genauen mikroskopischen Untersuchung unterzog. Von den zahlreichen Ergebnissen seien hier folgende hervorgehoben. Entgegen der bisherigen Annahme sind Zellkerne samt ihrem Chromatin verdaulich, größere Resistenz zeigen Chlorophyllkörner, das Zytoplasma wird fast ganz gelöst. Dieser Vorgang findet auch in Zellen statt, deren Wände unzerstört sind. Letztere sind also für die betreffenden Enzyme durchlässig. Die Zellwände zeigen sehr verschiedene Veränderungen. Zellulosemembranen können entweder bloß verquellen, oder sie zeigen eine Streifung, die bis zur Auflösung in Fibrillenbündel führen kann. Diese Art der Auflösung kann sowohl auf die Einwirkung zelluloselösender Enzyme, die das Tier selbst produziert, als auch auf die Einwirkung der im Verdauungskanal befindlichen Bakterien zurückgeführt werden. Lokale Korrosionen, wie sie besonders Bastzellen nach der Verdauung zeigen, werden jedenfalls durch anhaftende Bakterien hervorgerufen. Natürlich hängt der Grad der Auflösung weitgehend vom chemischen Aufbau der Wand ab. Am leichtesten lösen sich die relativ reinen Zellulosen, doch zeigen auch hier die einzelnen Gewebe große Verschiedenheiten. Verholzte Wände sind in viel höherem Maße verdaulich, als man bisher angenommen hat, nur kutinisierte Membranen passieren den Verdauungskanal ganz unverändert. Es unterliegt keinem Zweifel, daß das von *Haberlandt* eingeschlagene Verfahren geeignet ist, bei weiterem Ausbau besonders für die Ernährung der Haustiere wichtige Ergebnisse zu liefern. So steht z. B. schon jetzt fest, daß die zahlreichen Bastzellen des Roggenstrohs vom Rinde ausgenützt werden, wogegen das Pferd diese nur dann in erheblichem Maße verwenden kann, wenn sie früher durch Kochen mit Natronlauge aufgeschlossen wurden („Kraftstroh").

Einen entwicklungsgeschichtlichen Beitrag liefert *R. Häuser* mit seinen „Untersuchungen an Makrogametophyten von Piperaceen". Sie bringen eine Erweiterung der Befunde *Johnsons*, der zuerst bei einigen Piperaceen statt des bei den Angiospermen normalen achtkernigen Embroysacks einen 16-kernigen feststellen konnte. Zunächst schildert *Häuser* die Entstehung der Samenknospe. Unter Beifügung sehr instruktiver Abbildungen wird die Entwicklung des Nucellus und der Integumente eingehend beschrieben. Ersterer geht aus etwa 9 Zellen der äußersten Schicht des Periblems des Bodens der Fruchtknotenhöhlung hervor. Die mittelste dieser Zellen wird, nachdem sie nach innen eine Zelle abgegliedert hat, zum Archespor. Erst viel später teilt sich dieses wieder und bildet nach innen zu die Embryosackmutterzelle, nach außen eine Deckschichtinitiale, aus welcher eine Anzahl von Deckzellen hervorgehen. Der erste der beiden nächsten Teilungsschritte der Embryosack-(Makrosporen-)Mutterzelle ist eine typische Reduktionsteilung. Es kommt aber nicht — wie es sonst bei den Angiospermen die Regel ist — zur dauernden Ausbildung von 4 Zellen, deren eine den Embryosack (die Makrospore) darstellt, vielmehr geht dieser aus der Verschmelzung der 4 Protoplasten hervor. Dabei werden bei *Peperomia resediflora* und *P. blanda* bei beiden Teilungsschritten Zellwände angelegt, aber nach kurzer Zeit wieder aufgelöst; bei *Peperomia marmorata* kommt es nicht zur Wandbildung, wohl aber sind alle 4 Kerne durch Spindelfaserzüge untereinander verbunden. Diese Art stellt also den am weitesten reduzierten Fall dar; eine Mittelstufe bilden jene *Peperomia*-Arten, in welchen nach *Brown* wohl noch Zellplatten, aber keine Wände mehr in der Makrosporenmutterzelle gebildet werden. Die 4 Kerne des Embryosacks teilen sich nun 2-mal synchron, so daß 16 Kerne entstehen, die in gleicher Weise vom Ausgangskern abstammen. Die weitere, nur für *Peperomia magnoliifolia* durchgeführte Untersuchung ergab dann, daß im oberen Embryosackende die Eizelle und eine Synergide, im unteren 6 Antipodenzellen gebildet werden. Die restlichen 8 „Polkerne" verschmelzen miteinander zum Endosperm-Initialkern.

Von den im Bande enthaltenen physiologischen Arbeiten seien zunächst die entwicklungsphysiologischen Studien *W. Lamprechts* „Über die Kultur und Transplantation kleiner Blattstückchen" besprochen. Die Versuche des Verfassers schließen an die Beobachtungen *Haberlandts* an, wonach kleinste Kartoffelstückchen, weiters auch kleine aus oberirdischen Stammteilen mancher Pflanzen gewonnene Gewebestückchen, nur dann imstande sind zur Zellteilung zu schreiten und auf diese Weise Wundkork zu bilden, wenn Teile des Gefäßbündels, und zwar des eiweißleitenden Teiles desselben (des Leptoms), in ihnen vorhanden sind. Der Verfasser verwendete nun für derartige Versuche Blattstückchen, und zwar wurde mit Blättern solcher Sukkulenten gearbeitet, welche erfahrungsgemäß leicht Wundkork bilden. Die Kultur erfolgte unter möglichster Vermeidung des Zutritts von Mikroorganismen in Petrischalen auf sterilisiertem feuchten Sand. Zunächst zeigte sich, daß kleinste Blattstückchen verschiedener *Peperomia*-Arten und mancher *Crassulaceen* behufs Bildung eines Vernarbungsgewebes an der Wundfläche zu Zellteilungen schritten. Am geeignetsten erwies sich *Bryophyllum calycinum*, wo Teilungen noch in $1{,}5 \times 1{,}5$ mm großen Blattstückchen eintraten. Wurden solche tangential gespalten, und zwar derart, daß die eine Hälfte gefäßbündellos war, so zeigte diese niemals Teilungen, wohl aber die andere; wurden die Teile aber nach der Spaltung wieder aufeinandergelegt, so traten in beiden Hälften Teilungen auf. Ebenso wurden in bündellosen Gewebestücken dann Teilungen erzielt, wenn jene erst von der ganzen Pflanze entnommen und wieder auf die ursprüngliche Stelle aufgesetzt, also replantiert wurden. Der Versuch gelang auch bei autoplastischer Transplantation, d. h. wenn die Stückchen einem anderen Blatt derselben Pflanze eingefügt wurden, ferner bei homoioplastischer Transplantation, d. h. wenn sie auf die Schnittfläche eines Blattes eines anderen Individuums gebracht wurden. Nun wurde auch heteroplastische Transplantation versucht, es wurden parenchymatische Blattstückchen einer Art auf die Schnittfläche des Blattes einer anderen Art übertragen. Auch hier kam es in einigen Fällen zu Teilungen, so zwischen *Peperomia*-Arten, ferner zwischen *Bryophyllum* und *Kalanchoe*. In *Lamprechts* Versuchen war nicht nur das Vorhandensein von Leptom für das Eintreten von Zellteilungen unverläßlich, es zeigt sich auch, daß diese in der Umgebung des Leptoms stets am reichlichsten auftraten. Die Versuche des Verf. ergänzen also *Haberlandts* Beobachtungen in ausgezeichneter Weise und stützen dessen Ansicht, daß das Leptom,

und zwar wohl die Siebröhren, Reizstoffe enthalten, die zur Zellteilung anregen. Der Wundreiz allein kann solche nicht veranlassen.

G. Windel geht in seiner Arbeit „Über die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkerns in wachsenden Haaren" auf die Einwände ein, welche *Küster* gegen *Haberlandts* Anschauung vorgebracht hat, daß der Kern, der sich in wachsenden Zellen in der Regel an der Stelle des stärksten Wachstums befindet, auf dieses einen Einfluß nehme. Die von *Haberlandt* untersuchten Wurzelhaare besaßen ausgesprochenes Spitzenwachstum, demgemäß befand sich auch der Zellkern stets nahe der Spitze. Demgegenüber beobachtete *Küster* an Wurzelhaaren von Wasserpflanzen und mancher Luftwurzeln basale Lagerung des Kernes. *Windels* Untersuchungen ergaben zwar, daß auch die Wurzelhaare der von ihm studierten Wasserpflanzen Spitzenwachstum besitzen, doch tritt hier eine sehr rasche Plasmaströmung auf, welche dem Kern trotz seiner Entfernung einen Einfluß auf die Spitze sichern dürfte. Werden Wurzeln von *Hydrocharis morsus ranae* und *Hydromystria stolonifera* statt in Wasser in feuchtem Sand gezogen, so verlangsamt sich die Plasmaströmung, die Wurzelhaare bilden an der Spitze unregelmäßige Aussackungen und Verdickungen und der Kern wandert an diese Stellen stärkster Membranbildung. Dies spricht aber sehr zugunsten der Auffassung, daß der Zellkern an dieser irgendwie beteiligt ist.

F. Hagens Untersuchung „Zur Physiologie des Spaltöffnungsapparates" stellte es sich zur Aufgabe, die Bedeutung der Inhaltsstoffe der Schließzellen für die Funktion derselben klarzulegen. Die in den Schließzellen vorhandene Stärke zeigt sich gegen Lösungsversuche sehr widerstandsfähig. Doch gelang es bei *Peperomia marmorata* mit Hilfe käuflicher Diastase die Stärke zum größten Teil zu lösen, wonach sich die Spaltöffnungen sehr weit öffneten. Dadurch erhielt die Ansicht eine wichtige experimentelle Stütze, daß die Pflanze auch normalerweise durch Umwandlung der Schließzellenstärke in Zucker den Turgor dieser Zellen erhöht und so die Öffnungsbewegung herbeiführt. Auch ließ sich in geöffneten Spaltöffnungen stets reichlich Zucker nachweisen. Die Spaltöffnungen immergrüner Gewächse sind während des Winters stets geschlossen; demnach dürften sie nur wenig osmotisch wirksame Substanzen enthalten. Dem standen aber Beobachtungen von *Lidforss* entgegen, wonach gerade solche Spaltöffnungen stärkearm und zuckerreich seien. Der Stärkemangel wurde vom Verf. bestätigt, doch fand er an Stelle der Stärke nicht immer Zucker, vielmehr häufiger Öle und Gerbstoffe. Die Umwandlung der Stärke in Öl dürfte damit im Zusammenhange stehen, daß dadurch das Zustandekommen eines hohen osmotischen Druckes verhindert und so das Geschlossenbleiben der Spalten während des Winters ermöglicht wird. Daß auch zucker- und gerbstoffhaltige Stomata geschlossen sein können, ergibt sich daraus, daß dann die Nebenzellen noch reicher an solchen Substanzen sind, also höheren Turgor aufweisen als die Schließzellen und so diese passiv schließen.

H. Otto hat „Untersuchungen über die Auflösung von Zellulosen und Zellwänden durch Pilze" angestellt. Der ausführlichen Arbeit sei folgendes entnommen. Zur Untersuchung wurden vor allem verschiedene Humuspilze herangezogen. Dabei wurde zunächst das Gedeihen dieser Pilze auf Zellulosesubstrat studiert, besonders dann, wenn diese die einzige C-Quelle bildet, ferner wurden die mikroskopisch nachweisbaren Veränderungen untersucht, welche die Zellulosefasern bezw. Zellwände dabei erleiden. Als Zellulosesubstrat diente gereinigtes Fließpapier, Baumwolle, Leinenfaser usw. Es ergab sich, daß eine ganze Reihe von Humuspilzen zweifellos das Vermögen hat, Zellulose mit Hilfe eines hydrolytisch spaltenden Enzyms zu lösen und aufzunehmen, und daß solche Formen mit Zellulose als einziger C-Quelle gut gedeihen. Die Lösung der Zellulose läßt sich auch mikroskopisch nachweisen, wobei ähnliche Bilder auftreten, wie sie *Haberlandt* bei der Verdauung von Zellwänden im Tierkörper fand. Kultinisierte und verkorkte Membranen werden von Pilzen niemals angegriffen — ein deutlicher Beweis für die Schutzfunktion dieser Gewebe. Auch verholzte Wände werden nur wenig verändert.

Von den drei reizphysiologischen Arbeiten, welche der Band schließlich noch enthält, sei hier nur die Untersuchung *O. Bannerts* „Über den Geotropismus einiger Infloreszenzachsen und Blütenstiele" kurz besprochen, da Ref. über zwei weitere Arbeiten *C. Zollikofers* zur Statolithentheorie demnächst an dieser Stelle im Zusammenhang mit anderen Arbeiten berichten will. *Bannert* ging besonders der Frage nach, ob die sogenannte „vitale Lastkrümmung" *Wiesners* einer kritischen Prüfung standhält. Es ist bekannt, daß sehr viele Blütenknospen vor ihrer Entfaltung „nicken", d. h. infolge einer Krümmung des Blütenstiels nach abwärts gerichtet sind, sich aber beim Erblühen wieder erheben. Dieses Nicken könnte von vornherein auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden, so vor allem auf eine besondere Art des Geotropismus, also auf die Einwirkung der Schwerkraft als Krümmungsreiz, dann auch, wie *Wiesner* für manche Fälle, z. B. das Maiglöckchen angenommen hat, dadurch, daß die Knospe durch ihr Eigengewicht sich zu senken trachtet und dabei auf die physikalisch obere Seite des Stieles einen Zug ausübt, der das Wachstum an dieser Stelle beschleunige, und auf die Unterseite einen gewissen Druck, durch den das Wachstum dort gehemmt werde. Das wäre dann eine „vitale Lastkrümmung" im Sinne *Wiesners*. Schließlich könnte es auch ohne äußere Reizwirkung aus inneren Gründen zu einer Krümmung kommen, die wir dann als autonome Epinastie zu bezeichnen hätten. Eine solche hat *Wiesner* für die Knospen von *Papaver*arten angenommen. Um zu einer Entscheidung zu kommen, stellte *Bannert* folgende Versuche an: Maiblumen-Blütenstände mit noch aufgerichteten jungen Knospen wurden langsam um die horizontale Achse eines Klinostaten rotiert. Auf diese Weise gelingt es bekanntlich, die einseitige Wirkung der Schwerkraft auszuschalten, da hierbei nach und nach jede Seite des Pflanzenorgans gleiche Zeiten hindurch unten und oben ist. Voraussetzung ist, daß das Organ physiologisch radiär ist, d. h. allseits gleichartig reagiert. Die Blütenstiele der Maiglöckchen blieben in diesen Versuchen bis zum Aufblühen gerade, das Nicken kann also ohne einseitige Schwerkraftwirkung nicht zustande kommen, und damit scheidet zunächst die Möglichkeit einer autonomen Epinastie aus. Nun wurde an aufrechtstehenden Pflanzen das Knospengewicht dadurch aufgehoben, daß an den Blütenstielen mittels Kokonfäden Gewichtchen (60 mg) befestigt wurden. Die Fäden wurden über Rollen geleitet und so das Knospengewicht (40—50 mg) kontrebalanciert. Die Krümmung der Blütenstiele trat trotzdem ein, eine „vitale Lastkrümmung" liegt also nicht vor, viel-

mehr wird die Krümmung nach abwärts allein durch den positiven Geotropismus des Blütenstiels bewirkt. Dasselbe ließ sich für die nickenden Knospen einer größeren Anzahl von Pflanzen nachweisen.

H. v. Guttenberg, Berlin-Dahlem.

Schallmayer, W., Vererbung und Auslese, Grundriß der Gesellschaftsbiologie und der Lehre vom Rassedienst. 3. Aufl. Jena, G. Fischer, 1918, 335 S. Preis geh. M. 15,—, geb. M. 19,—.

Die Lehre vom Rassedienst baut sich auf naturwissenschaftlicher Grundlage auf, weshalb das Buch hier besprochen sei. Die erste Auflage ging aus von einem Preisausschreiben, das von *F. A. Krupp* durch *Haeckel, Conrad* und *Fraas* erlassen worden war. Der Verfasser sucht zu beweisen, daß es unbedingt nötig sei, die Fortpflanzung der sozial wertvollsten Menschen zu heben, die der sozialen Schädlinge herabzudrücken oder ganz zu verhindern.

Nachdem die Lehre vom Rassedienst gekennzeichnet und abgegrenzt, ihre Hilfswissenschaften und ihre Geschichte dargestellt worden sind, wird auf mehr als 80 Seiten die biologische Entwicklungslehre, Vererbung und Variabilität, soweit sie für das Hauptthema in Betracht kommen, geschildert. Auf dieser Grundlage wird dann das für die menschliche Erbanlage Wichtigste gegeben, wobei die Schwierigkeiten der Unterscheidung zwischen Phänotypus und Genotypus gebührend hervorgehoben werden.

Im nächsten Abschnitt wird gezeigt, durch welche Faktoren die Lebensauslese beim Menschen beeinflußt wird. Es sind hier hauptsächlich Kultureinflüsse, Rechts- und wirtschaftliche Verhältnisse, Ernährung, Heilwesen und Hygiene, die in Betracht kommen, dann die Auslesewirkungen des Krieges, die eingehend geschildert werden, sowie die Beeinflussung der Fruchtbarkeitsauslese durch unsere Kultur. Der Verfasser kommt zu dem Schluß, daß durch das Aufrücken der Einzelmenschen in sozial höhere Schichten ein Herausheben der Tüchtigeren vor sich geht, das aber durch die geringere Fortpflanzung der oberen Stände schließlich zu einer Verarmung der Gesamtbevölkerung an sozial wertvollen Persönlichkeiten, zu einer Verschlechterung des Durchschnittswertes führen muß, weil eine Förderung der Vermehrung der Tüchtigsten unter unseren kulturellen Verhältnissen nicht oder kaum stattfindet und der Krieg im Gegenteil sogar eine negative Auslese, eine Vernichtung und eine Verminderung der Fortpflanzung der Besten bedingt.

Zu demselben Ergebnis führt die im nächsten Abschnitt gegebene Schilderung des Niedergangs und Aussterbens von Völkern. Daß dieses aber keine Naturnotwendigkeit ist, wird an dem Beispiel der Chinesen dargetan, deren Rassedienst durch uralte ethische Anschauungen gesichert und durch die Erziehung aufrecht erhalten werde. In engem Zusammenhang mit diesen Darlegungen steht die Auffassung des Verfassers vom Endziel und Wertmaß aller staatlichen Politik. Ausgehend von der biologischen Erfahrung, daß das Leben und Gedeihen des Einzelwesens hinter der Erhaltung der Art zurückstehen müsse, lehnt er die Anschauung ab, daß die Ethik ihre Rechtfertigung in einer Vermehrung menschlichen Glückes finde, vielmehr sei der tiefste Sinn der Ethik, eine Gesellschaft existenzfähig zu machen.

Im zweiten Hauptteil werden nun die Ziele und Wege des Rassedienstes dargelegt, wobei immer zwischen Personen- und Rassenhygiene unterschieden wird. Die Volksvermehrungspolitik, also die Mehrung des Nachwuchses, die Minderung der Säuglingssterblichkeit dient dem Rassedienst nur nebenher, der hauptsächlich die gute Kombination von Erbanlagen zum Ziele haben muß. Eine Begünstigung der nordischen Rasse gehört nicht in das Programm der Eugenik, als deren Grundlage die Anlegung von „erbbiographischen Personalbogen" gefordert wird. Solange diese aber nicht bestehen, muß der persönliche Wert der Eltern, der im Durchschnitt dem Rassewert sich nähert, als Ausgangspunkt für die Förderung oder Erschwerung der Fortpflanzung genommen werden. An Maßnahmen werden besprochen: Eheverbote und Gesundheitszeugnisse, Sterilisierung und Zwangsasylierung, Reform der Sexualordnung (Polygamie u. dergl.), Einfluß der Erziehung, von Auszeichnungen und Strafen, von hygienischen und volkswirtschaftlichen Maßnahmen.

Schließlich folgt dann die Besprechung des Einflusses, der auf die Gattenwahl, auf die Verhütung von „Keimvergiftungen" (Alkohol), auf die Zahl und Aufeinanderfolge der Geburten und dergl. ausgeübt werden kann, alles Dinge, die für den Rassedienst nach Ansicht des Verfassers von weniger großer Bedeutung sind.

Der sehr reiche Inhalt des Werkes konnte hier nur angedeutet werden. Soweit der Referent sich ein Urteil erlauben darf, sind alle Probleme gut durchdacht und die Folgen der empfohlenen Maßnahmen wohl berücksichtigt. Die Grundlage des Ganzen freilich, das Versagen des Ersatzes der oberen Bevölkerungsschichten aus den sich reichlich vermehrenden unteren und die Möglichkeit der Verbesserung des Erbgutes durch Eugenik lassen sich kaum beweisen, so gut sie in die Weltanschauung des Naturforschers passen.

E. G. Pringsheim, Halle.

Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. Für Botaniker, Gärtner, Landwirte, Forstleute und Pflanzenfreunde. Zweite neubearbeitete Auflage. Jena, G. Fischer, 1918. XI, 324 S. und 137 Abbildungen. Preis geh. M. 13,—, geb. M. 15,50.

Trotz allen Schwierigkeiten, die der Krieg gebracht hat, kann Verfasser zwei Jahre nach dem Erscheinen der ersten Auflage seiner „Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei" eine neue, verbesserte herausgeben. In allen wesentlichen Zügen ist die neue der ersten Auflage ähnlich geblieben; es darf daher auf die in Bd. *5*, S. 603, der „Naturwissenschaften" erschienene Besprechung verwiesen werden, in der bereits die ausgezeichneten Qualitäten des Buchs, die Darstellungskunst des Verfassers und die Anschaulichkeit der von ihm gegebenen Abbildungen gewürdigt worden sind. Der Umfang des neuen Buches übertrifft nur um etwa einen Druckbogen das frühere, die Zahl der Abbildungen ist um ein geringes vermehrt worden. Von den neuen Abschnitten, die Verfasser hinzuzufügen für richtig gehalten hat, seien besonders erwähnt das die Wirkung der Regenwürmer auf Topf- und Freilandkultur behandelnde Kapitel, reizphysiologische Erörterungen und einige Bemerkungen über Burdonen. Vielleicht wäre es vielen Gärtnern erwünscht, über Pflanzenpathologie, namentlich über pathologische Stoffwechselerscheinungen und die Wirkung der Parasiten mehr zu erfahren, als Verfasser über diese Themata mitteilt.

E. Küster, Bonn.

Morton, F., Wasserpflanzen. Leipzig, Theod. Thomas, 1919. 70 S. Preis M. 1,—.

Das mit 29 Abbildungen versehene Heftchen enthält eine recht brauchbare Übersicht über die Lebenseigentümlichkeiten unserer Wasserpflanzen mit Berücksichtigung der Physiologie und wird besonders

geeignet sein, die Aufmerksamkeit der Aquarienliebhaber auf sie zu lenken. Denn die Aquarienpflanzen sind nicht nur für das Gedeihen der Wassertiere notwendig, sondern an und für sich wert, daß man sich eingehend mit ihnen beschäftigt.

E. G. Pringsheim, Halle.

Sterzinger, Othmar, Zur Psychologie und Naturphilosophie der Geschicklichkeitsspiele, in *Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen,* herausgegeben von Dr. *Karl Marbe,* V. Band, 1. Heft, November 1917.

Die Theorie der Wahrscheinlichkeitgesetze zerfällt in zwei prinzipielle Teile. Der eine beschäftigt sich mit der formalen Struktur der *rechnerischen Beziehungen,* die in diesen Gesetzen enthalten sind; er stellt die Mathematik der Wahrscheinlichkeitsgesetze dar und ist wie jede mathematische Disziplin eine logisch auflösbare und eindeutig entscheidende Wissenschaft, deren Resultate im mathematischen Sinne streng beweisbar sind. Der andere Teil untersucht die *Beziehungen* dieser mathematischen Disziplin *zur Wirklichkeit,* d. h. die Frage, welche Geltung diese Rechenformeln für das Geschehen beobachtbarer Dinge besitzen. Es soll nun hier nicht behauptet werden, daß diese erkenntnistheoretische Untersuchung weniger streng und logischer Auflösung unzugänglich sein muß; aber sicher ist, daß für sie nicht die allgemeine Einstimmigkeit der Meinung behauptet werden kann, die die Mathematik auszeichnet, und die ganze Unentschiedenheit und Unklarheit, die heute das Gebiet der philosophischen Erkenntnistheorie beherrscht, wird das Geltungsproblem der Wahrscheinlichkeitsgesetze ebenso durchziehen. Die Arbeit *Sterzingers* gehört diesem Problemkreis an, und es muß von vornherein gesagt werden, daß sie diese Unklarheit für ihr Gebiet nicht überwunden hat, im Gegenteil, das Bild einer gedanklichen Verwirrung darstellt, wie sie für die Diskussion erkenntnistheoretischer Fragen charakteristisch ist.

Sterzinger untersucht *die Geltung von Wahrscheinlichkeitsgesetzen für gewisse psycho-physiologische Reaktionen.* Bereits in der Entwicklung des Problems fehlt jede klare Begriffsabgrenzung. Er versteht unter Naturphilosophie die Disziplin der „Erscheinungen, die Umfassungen der Erscheinungen der Einzelwissenschaften darstellen, oder die wegen ihres allgemeinen Charakters in diesen keine Aufnahme gefunden haben". In dieses Sammelbecken wissenschaftlicher Restbestände ordnet er dann die Zufallsspiele ein; ihnen verwandt sind wieder die Geschicklichkeitsspiele, die aber z. T. in das Gebiet der Psychologie hineinfallen. Die definierte Naturphilosophie zerfällt wieder in einen theoretischen und einen experimentellen Teil. Diese experimentelle Naturphilosophie ist es (neben der Psychologie), die durch statistische Aufnahme von Geschicklichkeitsspielen bereichert werden soll. — Zu dem Zweck läßt *Sterzinger* Versuchspersonen ein *Ballspiel* ausführen, bei dem ein Ball, der durch einen Faden an einen Fangbecher geknüpft ist, in die Höhe geschnellt und aufgefangen wird. Die Anzahl der Treffer und Versager wird gezählt und bildet das experimentelle Material der naturphilosophischen Erörterungen. Ein ähnliches Material liefert ein *Spiel mit dem Ergographen,* dem bekannten Apparat zur Messung von Ermüdungserscheinungen.

Für die Auswertung des Materials stellt sich *Sterzinger* folgendes Problem. Nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung gilt für Treffer wie Versager je eine bestimmte Wahrscheinlichkeit, ihr Zahlen*verhältnis* muß also für eine große Zahl von Versuchen nach einem bestimmten Wert streben. Die mathematische Wahrscheinlichkeitsrechnung lehrt jedoch, über diese einfachste Aussage hinausgehend, noch bestimmte Regeln für die Häufigkeit von Kombinationen; sie gibt z. B. an (durch das Theorem von *Bernouilli*), wie oft eine Kombination von 3 Treffern nacheinander auftreten muß usw. Hier setzt nun *Sterzingers* Fragestellung ein. Er will die Häufigkeit derartiger Kombinationen, Gruppen (nach *Marbe*) genannt, prüfen. Er vermutet, daß gewisse Gruppen häufiger vorkommen, als sie nach der Berechnung sollten, und nimmt die Existenz von Rhythmen in der Zahlenfolge der Ereignisse an, die das Bild der rein mathematischen Streuung durchsetzen. (Zur Verarbeitung des experimentellen Zahlenmaterials bedient er sich der von *Marbe* eingeführten tychographischen Beschreibung.)

Experimentelle Untersuchungen werden immer ein Resultat liefern; es fragt sich nur, ob dieses Resultat eine über den Kreis des Erfahrungsmaterials hinausgehende Geltung besitzt, *ob es ein allgemeineres Prinzip natürlicher Zusammenhänge darstellt.* Würde sich der Experimentator der Geschicklichkeitsspiele diese Frage gestellt haben, so würde er zwischen der in den Wahrscheinlichkeitsbeziehungen enthaltenen Formal*gesetzlichkeit* und der Struktur *bestimmter empirischer* Inhalte unterschieden haben. Er würde bemerkt haben, daß es zahlreiche Fälle gibt, in denen der einfache Wahrscheinlichkeitsansatz nicht erfüllt ist, weil hier besondere störende Umstände vorliegen (wie z. B. bei dem falschen Würfel), und daß aus ihnen niemals ein Schluß über die Formal*gesetzlichkeit* selbst, sondern nur über ihre spezielle Anwendbarkeit gezogen werden kann. Wenn deshalb *Sterzinger* durch seine Statistik zu dem Resultat kommt, daß die Gruppen der Treffer von einer gewissen Gruppengröße ab häufiger sind als der Berechnung entspricht, so würde eine klare Kritik darauf antworten, daß damit nichts über die *Wahrscheinlichkeitsgesetze,* sondern nur über *die Psychologie des Fangballspiels* etwas herausgebracht ist. Vermutlich wird die Aufmerksamkeit der Versuchsperson durch das Gelingen einer Trefferwiederholung so angespornt (wie auch *Sterzinger* schon andeutet), daß dadurch günstigere Bedingungen für den Treffer geschaffen werden. Aber von einer derart nüchternen Einsicht in das Resultat der umfangreichen Untersuchung ist nichts zu spüren. *Sterzinger* glaubt, hier auf ein tiefes Naturgesetz gestoßen zu sein, das allgemeiner ist als die normale der Berechnung entsprechende Verteilung, daß das normale „Bild der Zufallgeschehnisse auf Superposition verschiedener Wellen, namentlich solcher inkommensurabler Wellenlänge zurückgehe, und daß die Ausgleichung des Zufalls sohin auf das Vorhandensein einer rhythmischen Achse beruht".

Der Irrtum in der Bewertung experimenteller Resultate, der hier zutage tritt, ist so groß, daß man ihn nur verstehen kann, wenn man an die Verworrenheit der ersten Definitionen dieser Arbeit zurückdenkt. Freilich, wenn man die Philosophie experimentell ergründen will, wird man die Experimente wenig philosophisch beurteilen.

Hans Reichenbach, Berlin-Lichterfelde.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie

Von

Dr. **Erwin Freundlich**

Mit einem Vorwort von **Albert Einstein**

Zweite, erweiterte und verbesserte Auflage. 1917

Preis M. 3.60

Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik

Zur Einführung in das Verständnis der Relativitäts- und Gravitationstheorie

Von Prof. Dr. **Moritz Schlick**

Zweite, stark vermehrte Auflage

1919. Preis M. 5.20

Raum — Zeit — Materie

Vorlesungen über allgemeine Relativitätstheorie

Von

Prof. Dr. **Hermann Weyl**

Zweite, unveränderte Auflage

Mit 13 Textfiguren

1919. Preis M. 14.—

Soeben erschien:

Einleitung in die Mengenlehre

Eine gemeinverständliche Einführung in das Reich der unendlichen Größen

Von

Dr. **Adolf Fraenkel**

Privatdozent an der Universität Marburg

Mit 10 Textabbildungen

Preis M. 10.—

Hierzu Teuerungszuschläge

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Naturwissenschaften

Preis für das Vierteljahr (13 Hefte) M. 9.—; für das Einzelheft M. —.90

Probehefte unentgeltlich

Seit Januar 1919 sind folgende Aufsätze erschienen:

Allgemeines.

Die Reste fossiler Tiere im Volksglauben. Von *O. Abel, Wien.*
Francis Bacon, der Philosoph des Machtgedankens. Von *Oskar Kraus, Prag.*
Hundert Jahre Welt als Wille und Vorstellung. Von *M. Kronenberg, Berlin.*

Allgemeine Biologie.

Ueber die Deutung des Weberschen Gesetzes. Von *Karl Bühler, Dresden.*
Die Wirkung des Lichtes auf die Schmetterlingspuppe. Von *B. Dürken, Göttingen.*
Gibt es eine Farbendressur der Insekten? Von *Fritz Knoll, Wien.*
Die Mimikry als Prüfstein phylogenetischer Theorien. Von *E. Study, Bonn.*

Botanik.

Die jährliche Gesamtproduktion der grünen Pflanzendecke der Erde. Von *H. Schroeder, Kiel.*
Das Wandern der Pflanzen. Von *Hugo de Vries, Lunteren.*
Ueber erbliche Ursachen eines frühzeitigen Todes. Von *Hugo de Vries, Lunteren.*

Zoologie.

Die Insektenwelt des Bialowieser Urwaldes in ihren Beziehungen zum Kulturzustand des Forstes. Von *H. W. Frickhinger. München.*
Wanderheuschrecken und ihre Bekämpfung. Von *K. Friederichs, Rostock.*
Die Zoologie und ihre Leistungen im Kriege 1914-1918. Von *Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.*
Der Flug der Insekten und der Vögel. Von *Wilhelm Hoff, Berlin-Köpenick.*
Vermittelt das Labyrinth der Fische Gehörswahrnehmungen? Von *O. Körner, Rostock.*
Die natürliche Nahrung der Kleinkrebse. Von *A. Pütter, Bonn*
Der volkswirtschaftliche Wert unsrer Fischgewässer. Von *P. Schiemenz, Berlin-Friedrichshagen.*

Medizin.

Funktionelle Anpassung. Von *Leon Asher, Bern.*
Die Maximaldosis des Salvarsans. Von *A. Heffter, Berlin.*
Ueber experimentelle Strahlentherapie. Von *Erich Kuznitzky. Breslau.*
Das Kaiserin Auguste Viktoria-Haus zur Bekämpfung der Säuglingssterblichkeit im Deutschen Reich. Von *Leo Langstein, Berlin.*
Pfeilgifte und Pfeilgiftwirkungen. Von *Louis Lewin, Berlin.*
Zur Erinnerung an Paul Ehrlich: Seine wiedergefundene Doktor-Dissertation. Von *Leonor Michaelis, Berlin.*
Die Frage der Doppelinnervation der willkürlichen Muskeln. Von *A. Pütter, Bonn.*
Fortschritte der Diphtheriebekämpfung. Von *E. Seligmann, Berlin.*
Zur Entwicklungsphysiologie des Auges der Wirbeltiere. Von *Horst Wachs, Rostock.*

Chemie.

Gylceringewinnung aus Zucker. Von *W. Connstein und K. Lüdecke, Berlin.*
Zur Kenntnis der chemischen Affinität. Von *Fritz Ephraim, Bern.*
Beilsteins Handbuch der organischen Chemie, ein Spiegel ihrer Entwicklung. Von *P. Jacobson, Berlin.*
Ueber den Zusammenhang von Atmung und Gärung. Von *Otto Meyerhof, Kiel.*
Die chemische Anpassung der Mikroorganismen. Von *Hans Pringsheim, Berlin.*

Geologie und Mineralogie.

Ueber Verwitterungsformen im Pariser Grobkalk. Von *B. Brandt Belzig i. d. M.*
Ueber die Funken und den Geruch beim Aneinanderschlagen von Mineralien. Von *A. Johnsen, Kiel.*
Die Kristallbaustile. Von *F. Rinne, Leipzig.*

Astronomie.

Der innere Aufbau der Sterne. Von *Arnold Kohlschütter, Potsdam,*
Die Polhöhenschwankungen. Von *B. Wanach, Potsdam.*

Physik.

Zum fünfundzwanzigjährigen Todestage von Heinrich Hertz. Von *M. Abraham, Berlin.*
Vom mechanischen Aether zur elektrischen Materie. Von *M. Born, Frankfurt a. M.*
Geräte zur Darstellung des Sehens durch gute und durch schlechte Brillengläser. Von *H. Erggelet, Jena.*
Messungen der durchdringenden Strahlung während der Sonnenfinsternis vom 21. August 1914. Von *Werner Kolhörster, Cottbus.*
Ueber die physikalische Natur der Valenzkräfte. Von *W. Kossel, München.*
Das Gesetz der Proportionalität von Trägheit und Gravität. Von *D. Pekár, Budapest.*
Baron Roland v. Eötvös wissenschaftliche Laufbahn. Von *D. Pekár, Budapest.*
Die geophysikalischen Messungen des Barons Roland v. Eötvös. Von *D. Pekár, Budapest.*
Die Reichsanstalt für Maß und Gewicht, ihre Aufgaben und Einrichtungen. Von *F. Plato, Berlin.*
Quantitatives über Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten. Von *R. Seeliger, Greifswald.*
Aerophysikalische Forschungen mit dem Flugzeuge. Von *A. Wigand, Halle.*

Technik.

Einiges über unsere Torfmoore. Von *Asmus Jabs, Zürich.*
Die Grundlagen der Kinematographie. Von *W. Merlé, Jena.*
Ist ein Bedürfnis für hochwertige Konservengläser vorhanden? Von *H. Thiene, Jena.*
Luftfilter für Maschinenbetriebe. Von *Heinrich Treitel, Berlin.*

Mathematik.

* Die Bedeutung des Erlanger Programms. Von *C. Caratheodory, Berlin.*
* Felix Klein zum 25. April 1919, seinem siebzigsten Geburtstage. Von *Robert Fricke, Braunschweig.*
Ueber Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Physik. Von *J. v. Kries, Freiburg i. B.*
Marbes Gleichförmigkeit in der Welt und die Wahrscheinlichkeitsrechnung. Von *R. v. Mises, Frankfurt.*
* Felix Klein und die Förderung der angewandten Wissenschaften. Von *L. Prandtl, Göttingen*
* Klein und die nichteuklidische Geometrie. Von *A. Schoenflies. Frankfurt.*
* Klein, Riemann und die mathematische Physik. Von *A. Sommerfeld, München.*
* Felix Klein und die Reform des mathematischen Unterrichts. Von *E. F. Timerding, Braunschweig.*
* Felix Klein als junger Doktor. Von *A. Voss, München.*
* Klein und die Mathematik der letzten fünfzig Jahre. Von *Wilh. Wirtinger, Wien.*

* Diese Arbeiten sind in dem Felix Klein zu seinem 70. Geburtstage gewidmeten Sonderheft enthalten.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co., Berlin SW 19, Beuthstraße 8.