das Pulver im Versuch verhalten. Hatte der Mond nur eine dünne feste Kruste auf flüssiger Unterlage, so konnte natürlich kein Zentralberg entstehen, und ebenso keine Staubstrahlen, sondern der Krater füllte sich dann mit flüssiger Lava, die als ebener Kraterboden später erstarrte. War dagegen die Unterlage bereits tief erstarrt, so mußte ein Zentralberg entstehen und Staubstrahlen ausgeschleudert werden.

Zum Schluß wird die Frage behandelt, welcher Art die aufgestürzten Körper waren und warum auf unserer Erde nur ein einziger Krater dieser Art — der Meteoritenkrater in Arizona von 1150 m Durchmesser — bekannt ist. Damit werden kosmogonische Fragen aufgeworfen, für deren Beantwortung uns die Mondoberfläche wenigstens gewisse Andeutungen gibt, die immerhin beachtenswert sind.

Die Anordnung der Mondmeere, die als besonders große Aufstürze zu deuten sind, ungefähr in einem Großkreis deutet an, daß die Bahnen der aufgestürzten Massen alle nahezu in einer Ebene lagen, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß diese Ebene mit der Ekliptik zusammenfiel. Demnach hätten wir es nicht mit Meteoriten zu tun, sondern mit zum Sonnensystem gehörigen Körpern, deren Bahnen um die Sonne der Erdbahn ähnlich waren. Dies Ergebnis scheint noch bestätigt zu werden durch das starke Vorwiegen der reinen Kreisform bei den Mondkratern, welche auf ein sehr steiles Herabfallen schließen läßt. Denn dies besagt, daß die Annäherung hauptsächlich nur durch die Anziehung des Mondes bewirkt wurde und die aufstürzenden Körper also ungefähr in der Mondbahn und mit gleicher Geschwindigkeit wie dieser um die Sonne kreisten.

Ein zweites Anzeichen liefern die Schmelzspuren. Den größten Umfang erreichen sie in den Meeren, wo auch die Aufstürze die größten Dimensionen aufweisen. Wir schließen daraus, daß die hohe Wärme erst durch die Aufstürze erzeugt wurde. Unverkennbar ist ferner ein Temperaturrückgang auf dem Monde in demjenigen Zeitalter, in welchem die heute sichtbaren Oberflächenformen entstanden. Denn wo ältere Krater sich noch mit Lava gefüllt haben oder gar Lavaüberschwemmungen große Teile der Mondrinde ganz überfluteten, haben die letzten Ankömmlinge nur noch starres Gestein vorgefunden, das nicht einmal durch ihren eigenen Aufprall mehr zur teilweisen Schmelzung gebracht werden konnte, wie die Staubstrahlen und hohe Albedo dieser Gebilde zeigen. Um also die frühere höhere Wärme zu erklären, müssen wir annehmen, daß die Bildung der heute sichtbaren Mondkrater nur das Abklingen eines viel größeren Prozesses darstellt und also in früherer Zeit die Aufstürze noch viel größer und häufiger waren. Ihre Spuren wurden aber teils eingeschmolzen, teils durch Überdeckung durch

spätere unkenntlich gemacht. Da nun schon die jetzt noch erkennbaren Aufstürze eine merkliche Vergrößerung der Mondmasse bewirkt haben müssen, werden wir ganz von selbst zu dem Schluß gedrängt, daß wir es hier mit der *Bildung des Mondes* zu tun haben. Dies Ergebnis ist von weittragender kosmogonischer Bedeutung; denn zum erstenmal bietet uns hier ein Weltkörper unmittelbare — wenn auch nur unsichere — Anzeichen für die Art seiner Entstehung dar, was bisher bei keinem anderen Weltkörper, auch nicht der Erde, der Fall ist. Diese Bildung des Mondes durch Zusammensturz kleinerer fester Körper, die nach Art der kleinen Planeten um die Sonne kreisten, wird einstmals langsam begonnen haben, dann infolge der zunehmenden Gravitationswirkung des wachsenden Mondes eine Kulminationszeit gehabt haben, in welcher die Wärmeerzeugung gegenüber der Ausstrahlung überwog, bis durch Verbrauch der verfügbaren Körper die Aufstürze wieder seltener wurden und die hohe Eigenwärme durch Ausstrahlung in den Weltenraum wieder verloren ging.

Wenn man, was naheliegt, auch die Erde als auf gleiche Weise und vielleicht gleichzeitig mit dem Monde entstanden annimmt, so darf man deshalb nicht fordern, daß auch ihre Oberfläche noch die Spuren der Aufstürze zeige. Denn der größeren Erdmasse entsprechend mußte die hier erzeugte Wärme viel größer sein und obendrein wurde sie durch die schützende Atmosphäre viel länger gegen die Zerstreuung in den Weltenraum bewahrt, so daß hier auch das Abklingen des Sammelprozesses noch in die glutflüssige Phase fallen mußte.

Besprechungen.

Haas, Arthur, Das Naturbild der neuen Physik.
Berlin, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger,
1920. 114 S. und 6 Figuren. Preis geh. M. 13,—.

Dieses Buch ist ein Muster populärer Darstellung. Es ist klar, verständlich, einfach, anregend — und das alles, ohne einem „lieben Leser“ mit Beispiels-trivialitäten aus seiner Alltätigkeit die Physik schmackhaft zu machen, oder in sentimentalem Schwung Abgründe des Weltgefühls hinter jedem Molekül hervorzuzaubern. Nein, hier ist Physik, das heißt sichere logische Konstruktion auf deutlich beobachteten Tatsachen, oder kunstvolle Anordnung von Beobachtungen auf Grund kühn verzweigter Gedankenketten. Man spürt etwas von der Strenge dieser Wissenschaft, von der Intensität, die sie unaufhörlich dem einzigen Ziel näher führt, der Kenntnis der Wirklichkeit; man wird gepackt von der großartigen Neugierde, die so viele hervorragende Gehirne immer wieder vor die brennende Frage treibt, wie denn die wirklichen Dinge eigentlich aussehen.

Die historische Übersicht über die Entwicklung der *elektromagnetischen Lichttheorie*, die das Buch einleitet, ist eine schöne Einführung in solchen Geist der Naturbetrachtung. Es wird die Bedeutung der Huy-

gens-Fresnelschen Wellenhypothese geschildert und in den knappen Satz zusammengefaßt: „die Annahme von der Wellennatur und der Transversalität des Lichtes war richtig, hingegen war die spezielle Vorstellung falsch, daß diese Wellen mechanisch-elastisch sein müßten.“ Von hier aus übersieht man die große Maxwellsche Entdeckung, die in der Verschmelzung von Optik und Elektrizität besteht. *Maxwell* entdeckte die theoretische Möglichkeit *elektrischer Wellen* und faßte die kühne Vermutung, daß in den Lichtschwingungen bereits solche Wellen vorliegen. Aber erst *Hertz*' überraschende Versuche brachten den direkten Beweis für die Existenz der Wellen. Hier ist jedoch die Entwicklung noch nicht abgeschlossen: die Kristallphotographien von *Laue* zeigten die Wellennatur der Röntgenstrahlen und erlaubten zugleich den Schluß auf deren Wellenlänge. In einer übersichtlichen Skizze zeichnet *Haas* das ganze bekannte Spektrum auf, von den Wellen der drahtlosen Telegraphie bis zu den γ -Strahlen; ein kleiner Ausschnitt in der Mitte ist das sichtbare Gebiet.

Man bemerkt, wie hier die *historische* Entwicklung zum Ausdruck einer *gedanklichen* Entwicklung wird; in diesem stets von neuem durchdringenden Motiv liegt ein großer Reiz des Haasschen Buches. Wir finden diesen Gedanken im 2. Abschnitt wieder, in der Schilderung der *Molekularstatistik*. An die Mayersche Entdeckung der Äquivalenz von Wärme und Arbeit wird die Entwicklung der kinetischen Gastheorie angeschlossen. Die Auffassung der Gase als statistischer Gesamtheiten bedeutet einen weiten Schritt in der prinzipiellen Arbeitsrichtung der Physik, in dem Bestreben, hinter der bunten Vielheit der Sinnesindrücke ein einheitliches, objektives Weltbild zu schaffen. Die Wärme wird als Bewegung von Molekülen gedeutet. Und wenn auch die Mechanik statistische Betrachtungsweise ein wesentliches Element, wie es die alten Atomisten glaubten, zur physikalischen Grundwissenschaft wird, so bleibt doch die ment der neuen Physik. An den Entdeckungen von *Clausius*, *Boltzmann*, *Loschmidt*, *Einstein*, *Smoluchowski* wird sodann die Durchschlagskraft der neuen Gedanken gezeigt und ihre direkte Veranschaulichung in den Schwankungserscheinungen geschildert.

Die *Elektronentheorie* bildet den Gegenstand des nächsten Kapitels. Es wird geschildert, wie die Atome des Chemikers als kleinste Teile nicht mehr zureichen, wenn es sich um die Erklärung der Strahlungsphänomene, der Radioaktivität handelt. Die Materie vermag Elektrizitätsatome auszusenden; und diesen kleinsten Teilen fällt die besondere Rolle zu, daß sie erst den Aufbau der Materie begreiflich machen. „Durch die eben entwickelte Auffassung hat aber nun ein ebenso alter wie fundamentaler Begriff der Naturphilosophie völlig den Sinn geändert, den er durch viele Jahrhunderte hatte. Der *Begriff der Materie* existiert für die moderne Physik nicht mehr in seiner ursprünglichen Bedeutung. Bis vor kurzem hatte noch die Physik der massigen Materie die Elektrizität gegenübergestellt, in der sie nichts weiter als einen Zustand der massigen Materie erblickte. Die neueren Forschungen haben gezeigt, daß die Massigkeit nur ein Schein, überhaupt nur eine Folge des elektrischen Zustandes ist. In dem modernen System der Physik steht die Elektrizität nicht mehr an der Seite der Materie; sie ist an deren Stelle gerückt. In der Elektrizität darf die neue Physik den von den Forschern durch Jahrtausende gesuchten einheitlichen Urstoff

erblicken, aus dem alle sinnlich wahrnehmbaren Dinge gebildet sind.“ (S. 55.)

Neben der großen Umwandlung des Substanzbegriffes, die unsere Zeit erleben durfte, steht ein erkenntnistheoretisches Ereignis von ähnlicher Tragweite: die Neugestaltung der Begriffe von *Raum und Zeit* durch die *Relativitätstheorie*. Sie schloß sich an die Entdeckung der Besonderheiten der Lichtbewegung an und führte zunächst zu einer Kritik der Gleichzeitigkeit. In der Sprache *Minkowskis* fand sie ihre klassische Formulierung, die Physik wurde zur vierdimensionalen Geometrie. Erst das neue mathematische Gewand ermöglichte es ihrem großen Schöpfer, den Weg zur allgemeinen Relativität zu finden. Diese Verallgemeinerung schloß die Lücke, die mit der speziellen Theorie noch geblieben war, und die niemand störender empfand als *Einstein* selbst. In wenigen Seiten versucht *Haas* ein Bild der Gravitationstheorie zu geben; er versucht sogar, die Tensorgeometrie ohne Benutzung von Formeln zu veranschaulichen. Hier ist vielleicht ein Punkt, mit dem der Kritiker nicht einverstanden sein kann. Der mathematische Gehalt der Theorie ist in populärer Sprache nicht zu fassen; hier wäre eine Verfolgung der philosophischen Probleme von Raum und Zeit wertvoller gewesen; denn diese sind es, die den Laien am dringendsten interessieren.

Die *Quantentheorie* behandelt das letzte Kapitel. Sie ist „aus dem Bestreben entstanden, dem atomistischen Prinzip, das sich als so fruchtbar in seiner Anwendung auf die Materie und die Elektrizität erwiesen hatte, eine noch weitere und allgemeinere Ausdehnung zu geben“. *Plancks* Strahlungsgesetz ist die große Rechtfertigung dieses Gedankens. Es folgte die Hypothese der Lichtquanten und das Atommodell *Bohrs*, das eine geniale Verbindung von Quantenhypothese und Atomphysik bedeutet. Mit den scharfsinnigen Ergänzungen von *Sommerfeld* führte diese Theorie zu einer Deutung der Spektrallinien bis in ihre feinsten Einzelheiten.

„So enthüllt uns die neue Physik ein Naturbild von großer Einfachheit. In der Tat ist nicht die Natur kompliziert. Kompliziert war nur der Weg, der zu ihrer wahren Erkenntnis führte. Er war es, weil er seinen Ausgang nahm von den eng begrenzten Sinnen des Menschen und weil nur allmählich der theoretischen Physik die Lösung von menschlichen Gesichtspunkten gelang.“ (S. 91.)

Hans Reichenbach, Stuttgart.

Kende, Oskar, Geographisches Wörterbuch. I. Allgemeine Erdkunde. Teubners kleine Fachwörterbücher Nr. 8. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1921. IV, 235 S. und 81 Abbild. im Text. Preis M. 9,—.

Ein sehr nützliches Büchlein, das in mehr als 3500 Stichwörtern kurz und präzise Aufklärung über die wichtigsten Fachausdrücke und Gegenstände der allgemeinen Erdkunde, insbesondere der astronomischen und mathematischen Geographie, Geophysik, Klimatologie, Meereskunde und Geomorphologie (unter Mitberücksichtigung der Geologie und der Paläogeographie) bietet. Pflanzen- und Tiergeographie sowie die Anthropogeographie in ihren verschiedenen Zweigen sind, entsprechend dem gesteckten Ziel, weniger ausführlich behandelt, doch findet man auch hier das Wichtigste kurz und treffend angeführt, z. B. wichtige Pflanzenformationen, tiergeographische Regionen, Menschenrassen und Völkerstämme, Siedlungsformen usw. Besonders willkommen dürften vielen Benutzern

auch die biographischen Mitteilungen über hervorragende Geographen und Forschungsreisende vom Altertum bis zur Gegenwart sein, ferner eine ausführlichere Übersicht über die geologischen Zeitalter mit Angabe der Gesteine, der Lebewelt und des Klimas in den einzelnen Perioden der Erdgeschichte, schematische Darstellungen der wichtigsten astronomisch-geographischen, klimatischen und geomorphologischen Vorgänge, Kartenskizzen zur Erläuterung der gebräuchlichsten Projektionsarten usw.

Bei den zahlreichen Fachausdrücken sind etymologische Ableitung, Aussprache und Betonung, sowie bei mehrdeutigen Ausdrücken auch die verschiedenen Auffassungen seitens der einzelnen Fachmänner, die durch Angaben der betreffenden Stellen aus der Literatur belegt werden, hinzugefügt.

Einen besonderen Vorzug, durch den sich das Werk vor anderen seiner Art auszeichnet, bilden die zahlreichen Literaturnotizen, die nicht nur auf viele, am Schlusse angeführte Quellenwerke und Lehrbücher verweisen, sondern auch gleich die Seitenzahl der betreffenden Bände angeben, was die Benutzung des trefflichen Nachschlagewerkes natürlich ungemein erleichtert.

In einer späteren Neuauflage dürfte es zweckmäßig sein, bei der Bezugnahme auf Abbildungen nicht deren Nummer, sondern die schneller auffindbare Ziffer der Buchseite anzugeben.

O. Baschin, Berlin.

Defant, Albert, Untersuchungen über die Gezeitenerscheinungen in Mittel- und Randmeeren, in Buchten und Kanälen (I.—III. Teil). Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-Naturw. Klasse, 96. Band. Wien, Alfred Hölder, 1919. 118 S. und 32 Textfiguren. Preis M. 15,—.

Zur Erklärung der in den Randmeeren, Meerbusen, Buchten und Kanälen auftretenden Gezeiten, die häufig vollkommen von denen des offenen Ozeans abweichen, hat man bislang fast nur vom offenen Ozean in die Nebenmeere fortschreitende Wellen herangezogen. R. v. Sterneck und A. Defant haben nun in mehreren Arbeiten neue Methoden zur Untersuchung der Gezeitenerscheinungen in Nebenmeeren entwickelt, bei denen im Gegensatz zu den bisher angewandten Methoden allein stehende Wellen in den in verschieden starkem Maße vom Ozean abgeschlossenen Meeren betrachtet werden, dagegen die Beeinflussung durch fortschreitende Wellen aus dem Ozean außer Betracht bleibt.

In vorliegender Arbeit werden nun im ersten, umfangreichsten Teile die Untersuchungsmethoden, die z. T. schon früher von den beiden genannten Verfassern für die Gezeiten des Mittelmeeres und der Adria Anwendung gefunden haben, zusammenfassend übersichtlich dargestellt. Es handelt sich dabei zunächst um die Berechnung der von den meist stark wechselnden Breiten- und Tiefenverhältnissen der abgeschlossenen Meeresbecken und der Randmeere abhängigen Schwingungsdauer der freien Schwingungen der Wassermassen nach den drei bislang bekannten Methoden, nämlich der Chrystalischen, der japanischen und der Restmethode. Die unter der Einwirkung der fluterzeugenden Kräfte des Mondes und der Sonne bei abgeschlossenen Wassermassen auftretende Schwingungsform hängt, wie durch umfangreiche Entwicklungen gezeigt wird, in ihrer Amplitude stark von dem Verhältnis der Eigenperiode der Wassermasse zur Periode der gezeiten erzeugenden Kraft ab, während aber die Periode mit der der er-

zeugenden Kraft übereinstimmt. Die Ergebnisse werden für abgeschlossene Becken west-östlicher, nord-südlicher und beliebiger Erstreckung abgeleitet. Weiterhin wird bei Randmeeren, die also nur zum Teil vom Ozean abgeschlossen sind, und bei beiderseits offenen Kanälen das Mitschwingen mit der Gezeitenbewegung des äußeren Meeres und ebenfalls die Ausbildung selbständiger Gezeiten betrachtet sowie endlich der Einfluß der Erdrotation auf alle abgeleiteten Schwingungen eingehend diskutiert.

Im zweiten und dritten Teile werden die gewonnenen theoretischen Ergebnisse auf die Gezeitenerscheinungen des Roten Meeres sowie des Persischen Golfes und der Meerenge von Hormus angewandt. Beide Meere zeigen bemerkenswerte Gegensätze. Im Roten Meere mit der mittleren Tiefe von etwa 500 m haben wir kaum 1 m erreichende Hubhöhen, im Persischen Golf, der nur 25 m mittlere Tiefe aufweist, dagegen stellenweise fast 3 m Hubhöhe. Zur Anwendung der Theorie auf das Rote Meer lockten insbesondere noch die verhältnismäßig einfachen orographischen Verhältnisse, indem das Rote Meer kurz als eine annähernd nord-südlich verlaufende langgestreckte, rinnenartige Mulde zu betrachten ist. Die Beobachtungstatsachen, nämlich die Verteilung der Hochwasserzeiten und der Amplituden im Roten Meere deuten auf das Bestehen einer stehenden Schwingung, indem der Unterschied der Hafenzeiten des Nordens und des Südens etwa 6 Stunden beträgt, außerdem haben die Hubhöhen dort Maxima und ein Minimum im mittleren Teil. Die Wassermassen in Nähe der Straße von Perim dagegen scheinen noch mit denen des Golfes von Aden zu schwingen. Auch im Golf von Suez deuten die Beobachtungen auf das Bestehen einer stehenden Schwingung, während im Golf von Akabah ganz entgegengesetzte Verhältnisse herrschen, da im ganzen Golf Hochwasser fast zur selben Zeit wie am Nordende des Roten Meeres eintritt, die Hubhöhen sind dagegen etwas größer.

Die theoretische Ableitung der Gezeiten erfolgt nach den im ersten Teile gegebenen Gesichtspunkten. Es wird zunächst die Eigenperiode der einknotigen Schwingungen in den einzelnen Meeresteilen berechnet. Für den Golf von Suez finden sich 6,7, den Golf von Akabah 0,97 und das Rote Meer 12,9 Stunden. Die errechneten Knoten liegen dort, wo sie durch die Beobachtungen festgestellt sind. Die Berechnung der selbständigen Gezeiten ergibt, daß die Gezeiten der beiden nördlichen Fortsätze des Roten Meeres auf periodische aus dem Roten Meere stammende Impulse zurückzuführen sind und die selbständigen Gezeiten nur ganz untergeordnete Bedeutung haben. Die außerordentlich verschiedene Wirkung dieser Impulse auf die beiden langgestreckten nördlichen Becken ist befriedigend auf den Einfluß der ganz voneinander abweichenden orographischen Gestaltung zurückzuführen. Die Halbtagsgezeiten des Roten Meeres selbst sind etwa in gleichem Maße durch eine selbständige Gezeitenschwingung und durch Mitschwingung mit den Gezeiten des Golfes von Aden zu erklären, die eintägigen Gezeiten dagegen rühren vom Mitschwingen der Wassermassen mit der kräftigen, eintägigen Gezeitenbewegung im Golfe von Aden her. Die Beobachtungstatsachen werden durch die angedeutete hydrodynamische Theorie in hinreichender Weise erklärt.

Das gleiche Ergebnis hat die Anwendung der Theorie auf die Gezeiten des Persischen Golfes und der Meerenge von Hormus. Sie sind als Überlagerung der

Mitschwingung mit dem Indischen Ozean und der Mitschwingung mit den selbständigen Gezeiten des Golfes von Oman aufzufassen. Durch den Einfluß der Erdrotation bilden sich zwei Amphidromien heraus. Die theoretisch erschlossenen Flutstundenlinien stimmen mit dem auf Grund der Beobachtungstatsachen erschlossenen Bilde ganz vortrefflich überein. Beide Karten sind fast identisch. Dies ist ein schöner Erfolg der Theorie, besonders wenn man bedenkt, daß hier die orographischen Verhältnisse und die Gezeitenerscheinung selbst viel komplizierter sind als im Roten Meere.

Bruno Schulz, Hamburg.

Kayser, E., Abriß der allgemeinen und stratigraphischen Geologie. Zweite, vermehrte Auflage. Stuttgart, F. Enke, 1920. VIII, 460 S., 212 Textfiguren, 54 Versteinerungstafeln und 1 geolog. Übersichtskarte von Mitteleuropa. Preis geh. M. 42,—; geb. M. 50,—.

Der Abriß, der in gedrängtester Form die Hauptlehren der allgemeinen und der stratigraphischen Geologie enthält, stellt im wesentlichen einen Auszug aus dem großen zweibändigen ausführlichsten deutschen Geologielehrbuch desselben Verfassers dar. In der neuen, um fast 3 Bogen und um 36 Textfiguren vermehrten Auflage des Abrisses hat besonders die Darstellung der allgemeinen Geologie eine weitere Ausgestaltung erfahren. Neben den vulkanischen Erscheinungen sind nunmehr auch die Lagerung der Gesteine, die Tektonik und die Tätigkeit des strömenden Wassers etwas ausführlicher behandelt. Ganz neu eingefügt wurden die Abschnitte über Meteoriten, über die Klimate der geologischen Vorzeit, über geologische Zeitrechnung und über die magnetischen Erscheinungen der Erde.

Die dem Buche beigegebene geologische Übersichtskarte 1 : 3 500 000 von Mitteleuropa ist dem Andreeschen Handatlas entnommen. Sie ist nach der von den internationalen Geologenkongressen herausgegebenen Karte von Europa hergestellt und wird, auch wenn sie nicht mehr überall dem neuesten Kenntnisstande entspricht, sicherlich vielen willkommen sein.

Die Ausstattung des Buches, vornehmlich die 54 Versteinerungstafeln, sind ganz vorzüglich geraten. Jeder Nichtgeologe wird das Lehrbuch mit Nutzen gebrauchen, wo er sich in Kürze über allgemeine geologische und erdgeschichtliche Fragen unterrichten will. Der Fachgeologe wird jedoch das große zweibändige Werk des gleichen Autors und desselben Verlages nicht entbehren können. J. Wilsner, Freiburg i. Br.

Astronomische Mitteilungen.

Über die Dichten der Doppelsterne. Von E. Bernewitz. (Astron. Nachr. Band 213, Seite 1.) Die Dichten der Fixsterne können wir als Quotient aus Masse und Volumen nur bei Doppelsternen aus der Bahnbewegung erfahren. Bei einfachen Sternen fehlt uns vorerst jeglicher Anhalt. Das 3. Keplersche Gesetz lautet $\frac{a^3}{U^2} = C (M_1 + M_2)$, wo a die Bahnhalfachse, U die Umlaufszeit, M_1 und M_2 die Massen der beiden Komponenten und C die Gravitationskonstante sind. Ein Fall, in dem die Dichte verhältnismäßig leicht zu bestimmen ist, sind die Verdunkelungsveränderlichen (Algol- und β -Lyrae-Sterne). Aus der Lichtkurve ergibt sich das Verhältnis der Sternradien zur Halfachse (γ_1 und γ_2). Kennen wir das Massenverhältnis der

beiden Komponenten nicht, so können wir unter der Annahme gleicher Dichte für beide Komponenten die mittlere Dichte berechnen, indem wir $M = \frac{4}{3} \pi (a \gamma)^3 \varrho$ setzen. Dann fällt in obiger Gleichung a^3 heraus. Ist das Massenverhältnis (aus der spektroskopischen Bahn bei zwei meßbaren Komponenten) bekannt, so können wir die Dichten beider Körper angeben.

Eine ähnliche Überlegung läßt sich auf die Doppelsterne anwenden, die keine Verdunkelungsveränderlichen sind, und zwar auf Grund der Hypothese, daß die Sterne das Plancksche Strahlungsgesetz des schwarzen Körpers befolgen, eine Voraussetzung, die nach unseren Erfahrungen im allgemeinen erfüllt zu sein scheint. Aus der Energieverteilung im Sternspektrum schließen wir auf Temperatur und Oberflächenhelligkeit, aus der scheinbaren (photometrischen) Helligkeit und Oberflächenhelligkeit auf die scheinbare Oberfläche oder den Durchmesser in Bogen Sekunden. Da wir bei den visuellen Doppelsternen die Bahnhalfachse a auch in Bogensekunden angeben, so läßt sich hier wieder ohne Kenntnis der Parallaxen der Quotient Sternradius : Halfachse bilden und die mathematische Behandlung ist die gleiche wie vorher.

Die erste Untersuchung dieser Art wurde 1916 von *Opik* gemacht (Astrophysical Journal Band 44), *Bernewitz* hat sie auf Grund vermehrten Materials wiederholt. Da die effektiven Sterntemperaturen dem Spektraltypus parallel laufen, genügt es, den genauen Spektraltypus eines Sternes zu kennen, um die Oberflächenhelligkeit zu bestimmen. Zwar kommen bei Sternen der gleichen Spektralklasse ziemlich erhebliche Farbunterschiede vor, besonders bei den gelben und roten Typen, doch sind sie nicht so bedeutend, daß dadurch die Untersuchung ernstlich gefährdet würde. Der wichtigste Teil bei dieser Untersuchung ist, die photometrische Helligkeit der Sterne in die bolometrische zu verwandeln. *Bernewitz* hat mit Hilfe der empirischen Empfindlichkeitskurve des Auges von *Honning* (Jahrbuch für Radioaktivität u. Elektronik 1919, Heft 1) durch mechanische Integration die Reduktionsgrößen berechnet, um die bolometrische Helligkeit zu erhalten. Die Korrektur ist klein und ergibt sich, für die Sonne gleich Null gesetzt, für Spektraltypus A zu +0,0049 für Me zu -0,0039, in der astronomisch üblichen Größenklassenskala. Die Oberflächenhelligkeit (in Größenklassen und ebenfalls Sonne = 0) ist eine reine Funktion von Temperatur beziehungsweise Spektraltypus. Die Dichtenformel, die hier zweckmäßig logarithmisch geschrieben wird, ergibt sich dann zu:

$$\log \varrho_1 = \log (a^3 U^2) + 0,6 (m_1 - i_1) - \log \left(1 + \frac{M_2}{M_1} \right) + 0,089,$$

wo m die bolometrische Sterngröße, i die spezifische Oberflächenhelligkeit ist. Wir können hier die Dichte jedes einzelnen Körpers berechnen. Wenn das Massenverhältnis unbekannt ist, kann man einen schätzungsweise Wert angeben, der empirisch aus dem Helligkeitsunterschied zu finden ist. Ist bei engen Doppelsternen das Spektrum nicht für beide Komponenten getrennt bekannt, so kann man bei geringem Helligkeitsunterschied eine mittlere Dichte angeben, bei großen Helligkeitsunterschieden nur die Dichte des helleren Körpers.

63 Doppelsternsysteme sind von *Bernewitz* auf diese Weise untersucht worden. Unter Ausschaltung einiger unten zu erwähnender Fälle ergibt sich hier zunehmende Dichte beim Fortschritt von den weißen zu den roten Sternen, wie folgende Tabelle der Mittelwerte zeigt: