

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw. ~~26~~

Die Beschaffenheit
der Himmelskörper

Von
Prof. W. F. Wislicenus

Neu bearbeitet von
Dr. S. Ludendorff

Mit 15 Abbildungen



Naturwissenschaftliche Bibliothek

aus der Sammlung Götschen.

Jedes Bändchen elegant in Leinwand gebunden 80 Pfennig.

- Paläontologie und Abstammungslehre** von Prof. Dr. Karl Diener in Wien. Mit 9 Abbildungen. Nr. 460.
- Der menschliche Körper** von C. Rebmann. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. S. Seiler. Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.
- Urgeschichte der Menschheit** von Prof. Dr. M. Hoernes. Mit 48 Abbildungen. Nr. 42.
- Völkerkunde** von Dr. M. Haberlandt. Mit 51 Abbildungen. Nr. 73.
- Tierkunde** von Prof. Dr. F. v. Wagner. Mit 78 Abbild. Nr. 60.
- Geschichte der Zoologie** von Prof. Dr. Rud. Vurchardt. Nr. 357.
- Entwicklungs-geschichte der Tiere** von Dr. Johs. Meisenheimer, Professor der Zoologie an der Universität Jena. I: Furchung, Primitivanlagen, Larven, Formbildung, Embryonalhüllen. Mit 48 Figuren. Nr. 378.
- II: Organbildung. Mit 46 Figuren. Nr. 379.
- Tierbiologie** von Prof. Dr. S. Simroth. Nr. 131.
- Tiergeographie** von Prof. Dr. A. Jacobi. Mit 2 Karten. Nr. 218.
- Das Tierreich I: Säugetiere** von Oberstudientrat Prof. Dr. Karl Lampert. Mit 15 Abbildungen. Nr. 282.
- III: Reptilien und Amphibien von Dr. Franz Werner, Professor an der Universität Wien. Mit 48 Abbildungen. Nr. 383.
- IV: Fische von Dr. Max Rauther in Neapel. Mit 37 Abbild. Nr. 356.
- V: Insekten von Dr. J. Groß in Neapel (Stazione Zoologica). Mit 56 Abbildungen. Nr. 594.
- VI: Die wirbellosen Tiere von Dr. Ludwig Böhmig, Professor der Zoologie an der Universität Graz. I: Urtiere, Schwämme, Nesseltiere, Rippenquallen und Würmer. Mit 74 Figuren. Nr. 439.
- II: Krebse, Spinnentiere, Tausendfüßer, Weichtiere, Moostierchen, Armfüßer, Stachelhäuter und Manteltiere. Mit 97 Figuren. Nr. 440.
- Schmarotzer und Schmarotzertum in der Tierwelt** von Prof. Dr. F. v. Wagner. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.
- Die Pflanze** von Prof. Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbild. Nr. 44.
- Die Stämme des Pflanzenreiches** von Privatdozent Dr. Rob. Pilger, Rector am Kgl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 22 Abbildungen. Nr. 485.
- Pflanzengeographie** von Prof. Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbild. Nr. 389.
- Pflanzenbiologie** von Prof. Dr. E. Dennert. Mit 43 Abbild. Nr. 127.
- Morphologie** von Prof. Dr. M. Nordhauß. Nr. 141.
- Pflanzenphysiologie** von Prof. Dr. M. Nordhauß. Mit 43 Abbildungen. Nr. 591.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295780

Wenden!

Vom 1. Januar 1913 ab
beträgt der Preis der
Sammlung Göschen
90 Pf. für den Band

- Zellenlehre und Anatomie der Pflanzen** von Prof. Dr. S. Mische. Nr. 556.
Mit 79 Abbildungen.
- Die Pflanzenwelt der Gewässer** von Prof. Dr. W. Migula. Mit Nr. 158.
50 Abbildungen.
- Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen.** 2 Bänden. Mit 100 Abbildungen. Nr. 268, 269.
- Die Pilze. Eine Einführung in die Kenntnis ihrer Formenreihen** von Prof. Dr. G. Lindau in Berlin. Mit 10 Figurengruppen im Text. Nr. 574.
- Die Nadelhölzer** von Prof. Dr. F. W. Neger in Tharandt. Mit 85 Abbildungen, 5 Tabellen und 3 Karten. Nr. 355.
- Nutzpflanzen** von Prof. Dr. J. Behrens. Mit 53 Abbildungen. Nr. 123.
- Das System der Blütenpflanzen** mit Ausschluß der Gymnospermen von Dr. R. Pilger. Mit 31 Figuren. Nr. 393.
- Die Pflanzenkrankheiten** von Dr. Werner Friedrich Bruch in Gießen. Mit 45 Abbildungen und 1 farbigen Tafel. Nr. 310.
- Mineralogie** von Prof. Dr. R. Brauns. Mit 132 Abbild. Nr. 29.
- Geologie** von Prof. Dr. E. Fraas. Mit 16 Abbildungen und 4 Taf. Nr. 13.
- Paläontologie** von Prof. Dr. R. Hoernes. Mit 87 Abbild. Nr. 95.
- Petrographie** von Prof. Dr. W. Brühns. Mit vielen Abbild. Nr. 173.
- Kristallographie** von Prof. Dr. W. Brühns. Mit 190 Abbild. Nr. 210.
- Geschichte der Physik** von Prof. A. Reifner. Mit 16 Figuren. 2 Bde. Nr. 293, 294.
- Theoretische Physik** von Prof. Dr. G. Jäger. Mit Abbildungen, 4 Teile. Nr. 76—78, und 374.
- Radioaktivität** von Wilh. Frommel. Mit 21 Figuren. Nr. 317.
- Physikalische Messungsmethoden** von Oberlehrer Dr. Wilh. Bahrdt. Nr. 301.
Mit 49 Figuren.
- Physikalische Aufgabensammlung** von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.
- Physikalische Formelsammlung** von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.
- Physikalisch-Chemische Rechenaufgaben** von Professor Dr. R. Abegg und Privatdozent Dr. O. Sackur, beide an der Universität Breslau. Nr. 445.
- Vektoranalysis** von Dr. Siegf. Valentiner, Professor an der Bergakademie in Clausthal. Mit 11 Figuren. Nr. 354.
- Geschichte der Chemie** von Dr. Hugo Bauer. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie, von Lavoisier. Nr. 264.
— II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.
- Anorganische Chemie** von Dr. J. Klein. Nr. 37.
- Organische Chemie** von Dr. J. Klein. Nr. 38.
- Chemie der Kohlenstoffverbindungen** von Dr. S. Bauer. 4 Teile. Nr. 191—194.

Wenden!

- Analytische Chemie** v. Dr. Johs. Hoppe. 1. u. 2. Teil. Nr. 247, 248.
- Maßanalyse** von Dr. D. Röhm. Mit 14 Figuren. Nr. 221.
- Technisch-Chemische Analyse** von Prof. Dr. G. Lunge. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.
- Stereochemie** von Prof. Dr. E. Wedekind. Mit 34 Fig. Nr. 201.
- Allgemeine und physikalische Chemie**, von Dr. Max Rudolph. Mit 22 Abbildungen. Nr. 71.
- Elektrochemie** von Dr. Heinr. Danneel. I: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Figuren. Nr. 252.
- II: Experimentelle Elektrochemie, Meßmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.
- Pharmazeutische Chemie** von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. 3 Bändchen. Nr. 543—544 und 588.
- Toxikologische Chemie** von Privatdoz. Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.
- Agrikulturchemie. I: Pflanzenernährung** von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
- Das agrikulturchemische Kontrollwesen** von Dr. Paul Krißche. Nr. 304.
- Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden** von Prof. Dr. E. Haselhoff. Nr. 470.
- Physiologische Chemie** v. Dr. med. A. Legahn. 2 Theile. Nr. 240, 241.
- Meteorologie** von Dr. W. Trabert. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.
- Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht** von Dr. A. Ripploldt. Mit 17 Abbildungen und 5 Tafeln. Nr. 175.
- Astronomie** von A. F. Möbius, neubearbeitet von Prof. Dr. Herm. Kobold. I: Das Planetensystem. Mit 33 Abbildungen. Nr. 11.
- II: Kometen, Meteore und das Sternsystem. Mit 15 Figuren und 2 Sternkarten. Nr. 529.
- Astrophysik** von Prof. Dr. W. F. Wislicenus, neubearbeitet von Dr. G. Ludendorff. Mit 15 Abbildungen. Nr. 91.
- Astronomische Geographie** von Prof. Dr. E. Günther. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
- Physische Geographie** von Prof. Dr. E. Günther. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
- Physische Meereskunde** von Prof. Dr. Gerhard Schott. Mit 39 Abbildungen und 8 Tafeln. Nr. 112.
- Klimakunde. I: Allgemeine Klimalehre** von Prof. Dr. W. Köppen. Mit 2 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 114.
- Paläoklimatologie** von Dr. Wilh. R. Eckardt. Nr. 482.
- Luft- und Meeresströmungen** von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationschule zu Lübeck. Mit 27 Abbildungen und Tafeln. Nr. 551.
- Nautik.** Kurzer Abriss des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Theils der Schiffahrtskunde von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationschule zu Lübeck. Mit 56 Abbildungen. Nr. 84.

Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Sammlung Götschen

Astrophysik

Die Beschaffenheit der Himmelskörper

Von

Prof. W. F. Wislicenus

Dritte Auflage

Neu bearbeitet von

Dr. H. Ludendorff

Observator am Kgl. Astrophysikalischen Observatorium
in Potsdam

Mit 15 Abbildungen



Franz Magnus

Leipzig

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung

1909

W 24

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,
von der Verlagshandlung vorbehalten

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW**

~~I 26~~

I 301476

BPK-B-1/2017
Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig

Akc. Nr.

~~26 93~~ / 49

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Literatur	4
Einleitung	5
Erstes Kapitel: Die Sonne.	
§ 1. Die Erscheinungen auf der Sonnenoberfläche . .	9
§ 2. Die Beobachtungen am Rande der Sonne . . .	17
§ 3. Das Spektrum der Sonne und ihrer einzelnen Teile	20
§ 4. Die spektroheliographische Erforschung der Sonne.	27
§ 5. Die Rotation der Sonne	31
§ 6. Helligkeit und Temperatur der Sonne	34
§ 7. Die Sonnentheorien	39
§ 8. Die Korona und das Zodiakallicht	44
Zweites Kapitel: Der Mond.]	
§ 9. Die Gebilde der Mondoberfläche	49
§ 10. Helligkeit, Atmosphäre und Temperatur des Mondes	58
§ 11. Die Veränderungen auf dem Monde	62
§ 12. Die Entstehung der Gebilde auf dem Monde . .	65
Drittes Kapitel: Die Planeten und ihre Trabanten.	
§ 13. Helligkeiten und Spektren der Planeten und Trabanten	68
§ 14. Die physische Beschaffenheit der inneren Planeten	78
§ 15. Die physische Beschaffenheit der äußeren Planeten	88
Viertes Kapitel: Die Kometen und Meteore.	
§ 16. Die Kometen	95
§ 17. Die Meteore	100
Fünftes Kapitel: Die Fixsterne und Nebelflecke.	
§ 18. Die Spektralanalyse der Fixsterne	101
§ 19. Die veränderlichen und neuen Sterne	116
§ 20. Die Nebelflecke und Sternhaufen	141

Literatur.

A. M. Clerke, Problems in Astrophysics. London (Black) 1903.

—, The System of the Stars. London (Black) 1905.

G. E. Hale, The Study of Stellar Evolution. Chicago (University Press) 1908.

G. Müller, Die Photometrie der Gestirne. Leipzig (Engelmann) 1897.

Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie. Dritte Auflage. Herausgegeben von H. C. Vogel. Leipzig (Engelmann) 1905.

J. Scheiner, Populäre Astrophysik. Leipzig (Teubner) 1908.

Astronomische Nachrichten. Herausgegeben von H. Kobold. Kiel. Jährlich etwa drei Bände.

The Astrophysical Journal. Edited by G. E. Hale and E. B. Frost. Chicago. Jährlich zwei Bände.

Die Publikationen verschiedener Sternwarten, namentlich des Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam, des Lick-Observatoriums (Mount Hamilton, California), des Yerkes-Observatoriums (Williams Bay, Wisconsin, U. S. A.), des Harvard-College-Observatoriums (Cambridge, Mass., U. S. A.) u. a. m.

Einleitung.

Die Astrophysik ist ein verhältnismäßig junger Zweig der Astronomie. Während unter Astrometrie oder Astronomie schlechthin diejenige Wissenschaft verstanden wird, welche sich mit der Bewegung, der Entfernung und der Größe der Himmelskörper, ihrer gegenseitigen Stellung usw. beschäftigt, hat die Astrophysik die Aufgabe, die physische und chemische Beschaffenheit der einzelnen Himmelskörper zu ergründen. Infolge des gewaltigen Aufschwungs, den die Physik im neunzehnten Jahrhundert genommen hat, wurde es zur Nothwendigkeit, mit Hilfe der neuen physikalischen Methoden und Entdeckungen die Körper im Weltraum zu studieren, und so ist die Astrophysik in den letzten Jahrzehnten zu einem recht umfangreichen Wissensgebiet geworden.

Bei einem jeden, der sich mit den Ergebnissen der Astrophysik näher befassen will, muß eine gewisse Kenntnis der Elemente der Astronomie vorausgesetzt werden, etwa wie sie in Möbius' „Astronomie“ (Sammlung Götschen Nr. 11) dargestellt werden. Namentlich aber sind auch physikalische Kenntnisse nötig. Der Leser soll hier zunächst an einige physikalische Grundbegriffe kurz erinnert werden, ohne daß indessen ein näheres Eingehen auf dieselben geplant ist.

Bei der Erforschung der Himmelskörper auf ihre Beschaffenheit hin sind wir meist einzig darauf angewiesen, das von ihnen zu uns dringende Licht zu untersuchen. Zu der anschaulichsten Vorstellung vom Wesen des Lichtes gelangt man, wenn man

dasſelbe als Wellenbewegung des Äthers auffaßt. Die Wellen ſind transverſale, d. h. die Schwingungen erfolgen ſenkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des Lichtes, und zwar in der Regel in allen möglichen durch den Lichtſtrahl gelegten Ebenen. Wenn jedoch ein Lichtſtrahl unter einem beſtimmten Winkel, dem Polarisationwinkel, auf eine ſpiegelnde Fläche fällt, ſo iſt der reflektierte Lichtſtrahl polarisiert, d. h. die Schwingungen erfolgen nur noch in einer beſtimmten Ebene. Die Größe des Polarisationwinkels hängt von der Beſchaffenheit der ſpiegelnden Fläche ab. Trifft ein Lichtſtrahl auf die Fläche unter einem andern als dem Polarisationwinkel, ſo wird nur ein Teil des reflektierten Lichtes polarisiert. Die Polarisation läßt ſich durch beſondere Apparate nachweiſen, und man kann ſomit feſtſtellen, ob ein Himmelskörper eigenes oder reflektiertes Licht zu uns ſendet.

Für Licht von einer beſtimmten Farbe erfolgen die Ätherſchwingungen in einer ganz beſtimmten Periode, die man als Schwingungsdauer bezeichnet. Während dieſer Zeit pflanzt ſich die Schwingung um eine gewiſſe Strecke, die Wellenlänge, fort. Da die Schwingungen äußerst raſch vor ſich gehen, ſo ſind trotz der großen Fortpflanzungsgewindigkeit des Lichtes (300 000 km in der Sekunde) die Wellenlängen ſehr klein. Man mißt ſie in Ängſtrömschen Einheiten ($1 \text{ \AA} = 0,000\ 000\ 1 \text{ mm}$) oder in $\mu\mu$ ($1 \mu\mu = 10 \text{ \AA}$). Durch die Wellenlänge wird die Farbe des Lichtes bedingt.

Um Strahlen verſchiedener Wellenlänge voneinander zu trennen, bedient man ſich eines Spektroſkopes. Man läßt das Licht einen feinen Spalt paſſieren und darauf eine Linſe, die ſo geſtellt iſt, daß ſie die Lichtſtrahlen parallel macht. Letztere fallen alſdann auf ein Prisma, welches die Strahlen verſchiedener Wellenlänge verſchieden ſtark bricht, die roten am wenigſten, die violetten am ſtärkſten. Das Licht wird ſo in ein Spektrum zerlegt, welches man durch ein Fernrohr

betrachtet. Ist die Lichtquelle ein fester oder flüssiger glühender Körper, so ist das Spektrum ein kontinuierliches, d. h. ein ununterbrochenes Band von Farben, die in der Reihenfolge Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett ineinander übergehen. Ist dagegen die Lichtquelle ein glühendes Gas, so besteht das Spektrum aus einzelnen, hellen Linien (Emissionsspektrum). Die Wellenlängen der Linien lassen erkennen, was für Elemente in der Lichtquelle leuchten, da jedes Element Linien von ganz bestimmten Wellenlängen erzeugt. Darauf beruht die Wissenschaft der Spektralanalyse.

Es möge hier erwähnt werden, daß gewisse Elemente, namentlich aber chemische Verbindungen, sogenannte Banden- oder Bänderspektren besitzen, in denen die Linien in engen Gruppen angeordnet sind. In schwachen Spektralapparaten lassen sich die Gruppen nicht mehr in einzelne Linien auflösen.

Betrachtet man das Spektrum der Sonne, so bemerkt man, daß dasselbe zwar kontinuierlich, aber von zahllosen dunkeln Linien durchzogen ist. Die Deutung dieser sogenannten Fraunhoferschen Linien gelang erst, als Kirchhoff und Bunsen fanden, daß Gase Lichtstrahlen von denselben Wellenlängen, welche sie selbst auszusenden vermögen, absorbieren, wenn diese Strahlen von einem glühenden Körper herkommen, der eine höhere Temperatur besitzt als die Gase selbst. Genau an der Stelle der hellen Linien, die das Spektrum der Gase selbst zeigen würde, erblickt man also dunkle Linien in dem sonst kontinuierlichen Spektrum des glühenden Körpers, man erhält ein Absorptionsspektrum. Aus den Wellenlängen der Absorptionslinien kann man wiederum auf die Konstitution der betreffenden Gase schließen, in obigem Beispiel also auf die Zusammensetzung der Atmosphäre der Sonne. Das Aussehen der einzelnen Spektrallinien — sowohl der Emissions- wie der Absorptionslinien — hängt u. a. ab von dem Druck,

unter welchem die die Linien erzeugenden Gase stehen. Ist dieser Druck stark, so erscheinen die Linien breiter und verwaschener als bei geringerem Druck. Auch die Temperatur der Gase und die Gegenwart anderer Gase beeinflussen das Aussehen der einzelnen Linien wie auch des ganzen Spektrums.

Die Wellenlängen der Spektrallinien werden ebenfalls durch den Druck beeinflusst, in weit stärkerem Grade aber durch die relative Bewegung des Beobachters und der Lichtquelle. Nähert sich die Lichtquelle dem Beobachter — gleichgültig, ob infolge einer Bewegung der Lichtquelle oder des Beobachters oder beider —, so erscheinen die Wellenlängen der Spektrallinien verkleinert gegenüber ihrem normalen Wert. Nimmt die Entfernung zwischen Beobachter und Lichtquelle dagegen zu, so erscheinen die Wellenlängen vergrößert. Da im sichtbaren Spektrum die violetten Strahlen die kleinsten, die roten die größten Wellenlängen besitzen, so sind im ersten Falle die Spektrallinien etwas nach Violett, im zweiten nach Rot verschoben. Man nennt die Geschwindigkeit, mit der sich ein Körper infolge seiner und des Beobachters Bewegung dem letzteren nähert oder von ihm entfernt, die Radialgeschwindigkeit in bezug auf den Beobachter. Die erwähnte Änderung der Wellenlänge einer Spektrallinie ist proportional der Radialgeschwindigkeit und der Wellenlänge selbst (Dopplersches Prinzip). Durch Messung der Verschiebung der Spektrallinien kann man die Radialgeschwindigkeit bestimmen.

Das dem menschlichen Auge sichtbare Spektrum (vom Rot bis zum Violett) umfaßt nicht den ganzen Bereich der von einem glühenden Körper ausgehenden Strahlung. Es setzt sich vielmehr über das Violett hinaus fort in das Ultraviolett, welches sich durch seine Wirkung auf die photographische Platte nachweisen läßt, und über das Rot hinaus in das Gebiet der ultraroten und Wärmestrahlen, die sich durch ihre Warmwirkung bemerkbar machen.

Auch auf einige Begriffe aus der Wärmelehre möge hier hingewiesen werden. Unter einer *Grammkalorie* versteht man die Wärmemenge, welche nötig ist, um 1 g Wasser von der Temperatur 0° auf die Temperatur $+1^{\circ}$ C zu bringen. Die Wärme ist eine Bewegung der kleinsten Teilchen eines Körpers. Sind solche Bewegungen überhaupt nicht vorhanden, so hat der betreffende Körper die tiefste überhaupt denkbare Temperatur. Dieser absolute Nullpunkt der Temperatur liegt, wie hier nicht bewiesen werden kann, bei -273° C. Die von dem absoluten Nullpunkt an gezählte Temperatur nennt man *absolute Temperatur*; man erhält diese also, wenn man zu der nach der gewöhnlichen Skala gemessenen Temperatur 273° addiert.

Erstes Kapitel.

Die Sonne.

§ 1. Die Erscheinungen auf der Sonnenoberfläche.

Als Zentralkörper unseres Planetensystems verdient die Sonne ganz besonderes Interesse; sie ist zudem der einzige Fixstern, der uns so nahe ist, daß wir Einzelheiten auf seiner Oberfläche und in seiner näheren Umgebung zu erkennen vermögen. Die Ergebnisse der Sonnenforschung sind demnach auch für die Astrophysik der Fixsterne von der größten Bedeutung. Daher wird gegenwärtig der Untersuchung der Vorgänge auf der Sonne seitens der Astronomen weitgehende Aufmerksamkeit geschenkt, und gerade in den letzten Jahren sind einige wichtige Fortschritte in diesem Zweige der Astrophysik erzielt worden.

Einen Begriff von der enormen Größe ¹⁾ der Sonne erhält man durch folgende Angaben: Der Durchmesser der Sonne ist 109 mal so groß als der der Erde. Denkt man sich die Sonne als Hohlkugel, in deren Mittelpunkt sich die Erde befinden möge, so kann sich unser Mond innerhalb dieser Kugel nicht nur frei in seiner Bahn bewegen, sondern von dieser bis zur äußeren Schale ist noch ein nahezu ebenso großer Abstand, wie ihn der Mond von der Erde hat. Das Volumen der Sonne ist 1 300 000 mal so groß als das der Erde, ihre Masse aber nur 330 000 mal so groß als die Erdmasse. Die mittlere Dichte der Sonne ist daher nur etwa ein Viertel von der mittleren Erddichte, d. h. etwa 1,4 mal so groß als die des Wassers. Die Anziehung, die der ungeheure Sonnenball auf die Körper an seiner Oberfläche ausübt, ist so groß, daß ein auf eine Federwaage gelegtes Kilogrammgewicht auf der Sonnenoberfläche so stark angezogen werden würde, daß der Zeiger der Waage auf 27,7 kg zeigt.

Diejenige Schicht der Sonne, welche sich dem Auge als Sonnenoberfläche darstellt, wird Photosphäre genannt. Betrachtet man die Sonne durch ein gutes Fernrohr bei günstigem Luftzustande, so bemerkt man, daß die Photosphäre nirgends gleichmäßig hell erscheint, sondern eine ausgesprochen körnige Struktur hat. Man sieht nämlich auf der Sonnenoberfläche eine Unzahl dicht gesäter, durch dunklere Zwischenräume getrennter, vielfach aber auch direkt aneinander anstoßender Körperchen von leuchtend weißem Glanze. Für diese Erscheinung ist der Name „Granulation“ der Sonnenoberfläche eingeführt worden; die einzelnen Körperchen werden als „Reiskörner“ bezeichnet, da sie häufig eine gewisse Ähnlichkeit mit solchen besitzen. Janssen in Meudon bei Paris

¹⁾ Genaue Zahlenangaben über scheinbare und wahre Größe der Sonne, ihre Entfernung von der Erde usw. findet man in „Astronomie von A. F. Möbius“ (Sammlung Götschen Nr. 11).

und andere haben photographische Aufnahmen der Sonne angefertigt, welche die Granulation prächtig zeigen; Fig. 1 stellt einen Teil einer solchen Aufnahme dar.

Die Ausdehnung der Reiskörner ist sehr verschieden; zu meist sind sie 1—4 Bogensekunden groß, haben also in Wirklichkeit immerhin Dimensionen von 700—3000 km; es kommen aber auch kleinere von 200 km Größe vor. Man will bemerkt haben, daß sich die größeren Reiskörner aus kleinen leuchtenden Punkten zusammensetzen. Alle Reiskörner sind in lebhaftester, regelloser Bewegung, so daß auf photographischen Aufnahmen,



Fig. 1. Granulation der Sonne.

die mit Zwischenzeiten von 5 Minuten hergestellt sind, das Bild der Granulation ein vollständig anderes geworden ist. Indem man Aufnahmen sehr rasch hintereinander anfertigte, ist es in einigen Fällen gelungen, die Bewegung einzelner Reiskörner zu verfolgen. Sie haben meist Geschwindigkeiten von einigen Kilometern in der Sekunde. Janssen hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß auf seinen Sonnenphotographien die Granulation in einzelnen Gebieten der Sonnenoberfläche scharf und deutlich, in anderen Gebieten ganz verschwommen ist. Durch diese Verschiedenheiten entsteht das, was Janssen das „photosphärische Netz“ nennt. Es herrscht aber kein Zweifel, daß diese Erscheinung nur durch

Schlieren in unserer irdischen Atmosphäre entsteht, die das Bild der Sonne teilweise undeutlich machen.

Die Körner der Granulation sind als die eigentlichen Lichtspender anzusehen. Die relativ dunkeln Zwischenräume zwischen ihnen nennt man, namentlich wenn sie etwas größer sind, „Poren“. Vereintigt sich eine Anzahl von diesen Poren, so entsteht ein sogenannter Sonnenfleck. Die Sonnenflecke bilden die bei weitem auffälligste Erscheinung, welche die Photosphäre uns darbietet. Ein solcher Fleck besteht im wesentlichen aus einem dunkeln, zentralen Teil, dem Kernfleck, und einem weniger dunkeln, letzteren umschließenden Hofe, dem Halbschatten oder der Penumbra. Das Ganze stellt oft ein rundliches Gebilde dar, doch sind auch langgestreckte und ganz unregelmäßige Flecke recht häufig. Der Kernfleck ist keineswegs schwarz, sondern meist von grauer Färbung; in ihm treten gelegentlich besonders dunkle Stellen deutlich hervor. Viel heller als der Kern ist die Penumbra, die eine faserige, radial zum Kern verlaufende Struktur erkennen läßt. Die Helligkeit eines Kernflecks ist nach Uvvershed etwa $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{100}$ der eines gleich großen Stückes der Photosphäre.

Die Größe der Flecke ist außerordentlich verschieden: Flecke von 10 000 km Durchmesser sind häufig, und es kommen auch weit größere vor. So hat man im Jahre 1858 einen Fleck von 230 000 km Durchmesser beobachtet. Fig. 2 stellt einen von Lohse in Potsdam am 30. Mai 1881 beobachteten großen Sonnenfleck dar, der durch eindringende Lichtmassen mehrfach geteilt erscheint. Ein Sonnenfleck ist nämlich beständigen, meist ziemlich schnellen Veränderungen unterworfen, die nicht nur seine äußere Gestalt betreffen, sondern auch völlige Zerreißen und Auflösungen des Flecks in eine Fleckengruppe zur Folge haben. Im Kernfleck zeigen sich gelegentlich wolkenartige, zarte Gebilde; dann schießen wieder von der

Penumbra Ströme durch den Kernfleck, die eine Lichtbrücke über denselben bilden, wie solche der linke Teil des Flecks in Fig. 2 schön zeigt. Dadurch wird vielfach die Zerteilung und damit allmähliche Auflösung des Flecks eingeleitet; doch tritt auch gelegentlich der entgegengesetzte Fall ein, daß mehrere kleine, benachbarte Flecke sich zu einem großen zusammenschließen. Die durchschnittliche Lebensdauer eines Flecks beträgt ungefähr 50 Tage, doch bleiben manche weit länger



Fig. 2. Sonnenfleck (nach Lohse).

bestehen. Hervorzuheben ist noch, daß die Flecke meist gruppenweise auftreten.

Die Flecke nehmen an der Rotation der Sonne um ihre Achse teil. Nähert sich ein Fleck dem Sonnenrande, so verbreitert sich die Penumbra allmählich auf der dem Rande zugekehrten Seite etwas, während sie auf der entgegengesetzten Seite schmaler wird und der Kernfleck ebenfalls langsam anfängt, schmaler zu werden. Endlich ist die Penumbra auf der vom Sonnenrand abgekehrten Seite ganz verschwunden, während sie auf der anderen Seite noch breit erscheint; je näher nun der Fleck dem Rande rückt, desto schmaler erscheinen Kernfleck und Penumbra, bis endlich ersterer ganz verschwindet,

während letztere erst kurz vor der Berührung mit dem Rande unsichtbar wird. Dieselben Erscheinungen wiederholen sich in umgekehrter Reihenfolge beim Austauchen eines Flecks am Sonnenrande. Der ganze Vorgang, der zuerst von Wilson um 1770 beobachtet wurde, erweckt den Eindruck, als ob die Flecke trichterförmige Vertiefungen in der Photosphäre seien. Ubrigens zeigt sich das Wilsonsche Phänomen keineswegs bei allen Flecken, und einzelne erfahrene Beobachter behaupten sogar, daß es nur verhältnismäßig selten in Erscheinung tritt. Immerhin ist aber die Ansicht, daß die Flecke Vertiefungen seien, ziemlich allgemein angenommen, zumal da auch noch andere Gründe dafür sprechen.

Wenn auch aus dem Altertum vereinzelte Beobachtungen vorliegen, die sich zweifellos auf das Erscheinen besonders großer Sonnenflecke beziehen, so datiert doch die eigentliche Entdeckung derselben erst seit der Erfindung des Fernrohrs. Zuerst mit einem solchen gesehen hat sie wohl Galilei im August 1610. Im Dezember desselben Jahres entdeckte sie unabhängig der Ostfrieser Johann Fabricius, und im März 1611 der Jesuit Christoph Scheiner in Ingolstadt. Letzterem kommt der Ruhm zu, daß er der erste war, der die Sonnenflecke Jahre hindurch systematisch beobachtete und so bereits zu einer eingehenden Kenntniß ihrer Eigentümlichkeiten gelangte. 1775 sprach Horrebow die Vermutung aus, daß die Flecke in bezug auf die Häufigkeit ihres Erscheinens eine gewisse Periodizität zeigen. Diese Vermutung wurde im 19. Jahrhundert durch die Untersuchungen Schwabes bestätigt, und nachdem Wolf in Zürich die gesamten Sonnenfleckenbeobachtungen bearbeitet hatte, fand er, daß die Häufigkeit der Flecke einer Periode von $11\frac{1}{9}$ Jahren unterworfen ist, d. h. alle $11\frac{1}{9}$ Jahre ist die Fleckenhäufigkeit besonders groß (Sonnenfleckenmaximum), während sie zu einer zwischen zwei Maximis liegenden Zeit besonders klein ist (Sonnen-

fleckenminimum). Ein Minimum liegt aber nicht genau in der Mitte zwischen zwei Maximis, sondern es folgt dem vorangehenden Maximum nach ungefähr sechs Jahren. Die Zeiten der Maxima und Minima werden keineswegs genau innegehalten, sondern es zeigen sich ziemlich große Unregelmäßigkeiten. Die angegebenen Zahlen sind demnach nur als Durchschnittswerte anzusehen. Es sei übrigens bemerkt, daß auch zur Zeit eines Fleckenmaximums die von Flecken bedeckte Fläche wohl nur selten $\frac{1}{100}$ der sichtbaren Sonnenhalbkugel beträgt.

Außer der elfjährigen Fleckenperiode hat man auch Perioden von anderer Dauer, die sich über die erstere lagern, feststellen zu können geglaubt. So hat Schuster neuerdings ziemlich deutlich eine Periode von 4,8 Jahren konstatiert, die aber, verglichen mit der Hauptperiode, nur ziemlich kleine Schwankungen der Fleckenhäufigkeit zur Folge hat.

Die elfjährige Periode hat man zu den verschiedensten anderen Vorgängen in Beziehung setzen wollen. Sicher ist nachgewiesen, daß die täglichen Variationen der Elemente des Erdmagnetismus einen der Sonnenfleckenhäufigkeit parallelen Verlauf zeigen. Auch beobachtet man häufig starke Störungen des Erdmagnetismus, wenn ein Sonnenfleck den der Erde zugekehrten Zentralmeridian der Sonne passiert. Die Polarlichterscheinungen zeigen gleichfalls eine gewisse Abhängigkeit von den Sonnenflecken¹⁾. Eine Beeinflussung der meteorologischen Elemente auf der Erde durch die Sonnenfleckenhäufigkeit ist vielleicht auch angedeutet, doch sind die Meinungen hierüber noch sehr geteilt.

Die Flecke treten nicht auf der ganzen Sonnenoberfläche gleichmäßig auf, sondern fast immer in einem Gürtel zu beiden Seiten des Sonnenäquators. Man denkt sich die Sonne von

¹⁾ Näheres über diese Dinge siehe in A. Nippoldt „Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht“ (Sammlung Götschen Nr. 175).

einem ebensolchen System von Breitenkreisen überzogen wie die Erde, und wie jedem Punkte der Erdoberfläche eine gewisse geographische Breite entspricht, so entspricht jedem Punkte auf der Sonne eine bestimmte heliographische Breite. Flecke, die eine größere (nördliche oder südliche) Breite als 40° besitzen, kommen nur äußerst selten vor. Carrington und Spörer haben ein höchst eigentümliches Gesetz aufgefunden, nach welchem sich die Lage der jeweiligen Hauptfleckenzone regelt. Nach einem Minimum der Fleckenhäufigkeit treten nämlich die ersten Flecke in etwa 30° nördlicher und südlicher Breite auf. Allmählich rückt dann die Zone, in welcher sich die meisten Flecken bilden, mehr nach dem Sonnenäquator hin, so daß zur Zeit des Maximums die Mehrzahl der Flecke eine Breite von $\pm 15^\circ$ hat. Das Fortrücken der Fleckenzone dauert an, bis kurz vor dem nächsten Minimum der Äquator von Norden und Süden her erreicht wird. Während dann noch einige wenige Flecke am Äquator auftreten, beginnt das Spiel in höheren Breiten wieder aufs neue. — Als Teile der Sonnenoberfläche nehmen die Flecke, wie schon erwähnt, an der Rotation der Sonne teil und können zur Bestimmung der Sonnenrotation benutzt werden (vgl. § 5). Sie zeigen aber auch häufig von der Sonnenrotation unabhängige Bewegungen, die in Länge meist in der Richtung der Rotation vor sich gehen, während sie in Breite meist ganz unregelmäßig und klein sind.

In der Umgebung der Flecke zeigen sich in der Regel besonders helle Gebilde von geädertem Struktur, die sogenannten Sonnenfackeln. Sie treten aber auch oft ohne Zusammenhang mit einem Fleck auf, und zwar in allen heliographischen Breiten, nicht nur in der Fleckenzone. Ihre Anzahl ist ebenfalls einer elfjährigen Periode unterworfen. Besonders auffällig sind die Fackeln in der Nähe des Sonnenrandes, während sie in der Mitte der Sonnenscheibe unsichtbar

werden. Diese eigentümliche Erscheinung läßt sich durch die Annahme erklären, daß die Fackeln über dem allgemeinen Niveau der Photosphäre liegen. Man denkt sich nämlich über die Photosphäre eine verhältnismäßig dünne Schicht stark absorbierender Dämpfe gelagert. Lichtstrahlen, die von einem am Sonnenrande gelegenen Punkte der Photosphäre herkommen, haben nun einen weiteren Weg durch die genannte Schicht zurückzulegen als Strahlen, die von der Mitte der Sonnenscheibe zu uns gelangen. Erstere werden daher durch die Absorption in jener Schicht stärker geschwächt als letztere, so daß die Sonnenscheibe am Rande beträchtlich weniger hell ist als in der Mitte (vgl. § 6). Die Fackeln, welche nach unserer Annahme Erhöhungen der Photosphäre darstellen, werden nun von der Absorption am Rande wegen ihrer Höhenlage weniger betroffen als die übrigen Teile der Photosphäre; der Kontrast zwischen der Fackel und ihrem Hintergrund wird also am Rande der Sonne verstärkt, so daß die Fackeln dort leichter sichtbar sind als in der Mitte der Sonnenscheibe. Für die Annahme einer höheren Lage der Fackeln spricht auch die von einigen Beobachtern gemachte Wahrnehmung, daß dieselben, wenn sie durch die Rotation der Sonne an den äußersten Rand der Sonnenscheibe geführt werden, wulstartig über den Rand hervorragen.

§ 2. Die Beobachtungen am Rande der Sonne.

Die im vorigen Paragraphen beschriebenen Erscheinungen sind jederzeit unter günstigen Bedingungen auf der Sonne sichtbar; bedeckt dagegen bei einer totalen Sonnenfinsternis¹⁾ der Mond die sichtbare Sonnenscheibe vollständig, so zeigt sich eine Anzahl neuer Phänomene. Zunächst wird um die ver-

¹⁾ Über die Bedingungen, unter denen eine solche entsteht, siehe „Astronomie von A. F. Möbius“ (Sammlung Götschen Nr. 11.)

dunkelnde Mondscheibe eine mehr oder minder hell leuchtende Strahlenkrone, eine Art Heiligenschein von unregelmäßiger Gestalt, sichtbar, die sogenannte Korona der Sonne (vgl. § 8); in diese ragen an verschiedenen Stellen, scheinbar vom Mondrande ausgehend, einzelne in rotem Lichte strahlende Erhebungen oder Protuberanzen hinein, welche aus einer ganz schmalen, entweder den ganzen Mondrand oder doch einen großen Teil desselben umgebenden, ebenfalls roten Schicht — nach Lockers Vorschlag die Chromosphäre genannt — herauszuwachsen scheinen. Bei der Finsternis vom 18. August 1868 gelang es Janssen, mittels des Spektroskops die Protuberanzen auch nach Beendigung der Finsternis zu sehen. Am 20. Oktober desselben Jahres glückte Lockers in England ganz unabhängig davon eine ähnliche Beobachtung, während Zöllner schon mehrere Monate vor Janssens Entdeckung die Theorie einer Methode angegeben hatte, um mittels des Spektroskops Protuberanzen auch ohne Finsternis beobachten zu können, worauf wir im nächsten Paragraphen ausführlicher zurückkommen. Seitdem werden Protuberanzen und Chromosphäre regelmäßig beobachtet und neuerdings auch photographiert.

Die Chromosphäre zeigt sich als heller, den Sonnenrand umgebender Lichtstreifen. Unter günstigen Beobachtungsverhältnissen gleicht ihr Aussehen dem eines im Durchschnitt betrachteten langhaarigen Pelzes oder eines wogenden Kornfeldes. Die Dicke der Chromosphäre kann man zu 7000 bis 8000 km annehmen. Gelegentlich zeigen sich auf ihr lichtglänzende Anhäufungen, die den Übergang zu den Protuberanzen bilden. Secchi gliedert letztere ihrer Form nach in Haufen-, Nebel-, Strahlen- und Büschelprotuberanzen. Diese Einteilung ist jedoch keine scharfe, und diejenige in eruptive und ruhende Protuberanzen ist ihr vorzuziehen. Zuweilen schießen aus der Chromosphäre einzelne glänzende Flammen

hervor, die vielfach wie aus mehreren Fäden zusammengesetzt erscheinen. An ihrer Spitze lösen sie sich in leichte Wölkchen auf, oder sie sinken wieder zurück, so daß dann das Ganze wie ein feuriger Springbrunnen erscheint (eruptive Protuberanzen). Derartige schöne Erscheinungen sind oft nach einer Viertelstunde schon wieder verschwunden, um vielleicht nach einer weiteren halben Stunde an derselben Stelle, wenn auch minder hoch, wieder emporzuschießen. Diese Protuberanzenform, die meist in der Nähe von Flecken auftritt und im allgemeinen auf die Fleckenzone beschränkt ist, zeichnet sich durch große Veränderlichkeit und schroffen Formenwechsel aus. Dagegen sind diejenigen Protuberanzen, welche größere Flächen bedecken und sich in breiterer Gestalt entwickeln, viel beständiger (ruhende Protuberanzen). Die hierbei auftretenden Formen sind von größter Mannigfaltigkeit. Bald gleichen sie ungeheuren Pilzen, bald ähneln sie einem Schornstein, bei welchem der Wind den Rauch scharf zur Seite treibt, bald zeigen sie Formen wie die Windwolken in der Erdatmosphäre. Gelegentlich verschwinden die Verbindungsstücke mit dem Sonnenrand gänzlich, und man sieht dann freischwebende Wolken oder Nebelmassen. Man findet diese Art von Protuberanzen an allen Teilen des Sonnenrandes; auch in ihnen kommen übrigens bisweilen starke Bewegungen vor.

Die Protuberanzen erreichen mitunter enorme Höhen. Wohl die höchste bisher überhaupt beobachtete war eine eruptive Protuberanz am 3. März 1907, welche eine Höhe von 720000 km erreichte, eine Größe, die fast der doppelten Entfernung des Mondes von der Erde entspricht. Diese Protuberanz stieg mit sehr großer Geschwindigkeit empor, einzelne ihrer Teile bewegten sich um etwa 580 km in der Sekunde. Es kommen aber selbst noch größere Geschwindigkeiten vor, z. B. solche bis zu 770 km bei einer Protuberanz vom 11. Juli 1892.

Wie die Flecke und die Fackeln, so sind auch die Protuberanzen in ihrer Häufigkeit der elfjährigen Periode unterworfen. Auch sind sie zur Zeit des Maximums der Fleckenhäufigkeit besonders hoch, zur Zeit des Minimums dagegen durchschnittlich nur niedrig.

§ 3. Das Spektrum der Sonne und ihrer einzelnen Teile.

Wenn man, etwa mittels eines Spiegels, Sonnenlicht auf den Spalt eines Spektralapparates wirft, so fällt Licht von allen Teilen der Sonne auf denselben, und durch Zerlegung dieses Lichtes erhält man das sogenannte mittlere Sonnenspektrum. Dieses Spektrum stellt sich dar als ein kontinuierliches, welches von zahllosen dunkeln Linien von verschiedener Intensität und Breite, den Fraunhoferschen Linien, durchsetzt ist. Von den vielen Untersuchungen des mittleren Sonnenspektrums ist die umfangreichste und genaueste die von Rowland, der zwischen den Wellenlängen 7331 ÅE (im äußersten Rot) und 2976 ÅE (im Ultraviolett) die Wellenlängen von beinahe 20000 Linien bestimmt und ein Verzeichnis dieser Wellenlängen sowie einen photographischen Atlas des Sonnenspektrums veröffentlicht hat. Während sich das Sonnenspektrum wesentlich weiter ins Ultraviolett, als es von Rowland geschehen ist, nicht verfolgen läßt, da unsere Atmosphäre alles Licht von kleinerer Wellenlänge als 2930 ÅE absorbiert, ist eine Untersuchung des Sonnenspektrums bis weit ins Ultrarot und das Gebiet der Wärmestrahlen hinein mit dem sogenannten Bolometer möglich. Wir verdanken Langley eine solche Untersuchung. Er konnte in dem langen, dem Auge gänzlich unsichtbaren Spektralbezirk bis zur Wellenlänge 53000 ÅE die Lage von etwa 700 Absorptionslinien messen.

Durch Vergleichung der Wellenlängen der Linien im Sonnenspektrum mit denen der Spektrallinien irdischer Sub-

stanzen kann festgestellt werden, welche Elemente in der absorbierenden Schicht über der Photosphäre vorkommen. Es sind dies die folgenden Elemente, die ungefähr nach der Anzahl der ihnen angehörenden Spektrallinien, die im Sonnenspektrum nachgewiesen werden können, geordnet sind:

Eisen, Nickel, Titan, Mangan, Chrom, Kobalt, Kohlenstoff, Vanadium, Zirkon, Cer, Kalzium, Scandium, Neodym, Lanthan, Yttrium, Niobium, Molybdän, Palladium, Magnesium, Natrium, Silizium, Wasserstoff, Strontium, Barium, Aluminium, Cadmium, Rhodium, Erbium, Zink, Sauerstoff, Kupfer, Silber, Germanium, Beryllium, Zinn, Blei, Dysprosium, Kalium, Helium, Indium, Platin, Praseodym, Wolfram, Ytterbium, Thallium, Ruthenium, Gallium.

Von den ersten der genannten Elemente finden sich im Sonnenspektrum sehr viele Linien, nämlich vom Eisen etwa 2750 und von den ersten auf das Eisen folgenden Elementen je mehrere Hundert. Nicht auf der Sonne nachweisbar sind Gold, Quecksilber, Stickstoff u. a. Es ist damit aber keineswegs gesagt, daß diese Elemente wirklich nicht auf der Sonne vorkommen, ja es muß nach unseren Ansichten über die Entstehung des Planetensystems als im höchsten Grade wahrscheinlich betrachtet werden, daß alle irdischen Elemente auf der Sonne vorhanden sind. Dafür, daß die Spektrallinien einiger von ihnen im Sonnenspektrum fehlen, lassen sich verschiedene Erklärungen aufstellen, auf die hier nicht eingegangen werden kann. — Einige der stärksten Fraunhoferschen Linien werden mit lateinischen Buchstaben bezeichnet; die wichtigsten von ihnen sind in der folgenden Tabelle nebst ihren Wellenlängen und den Elementen, denen sie angehören, zusammengestellt:

C 6563 ÅE	Wasserstoff	F 4861 ÅE	Wasserstoff
D ₁ 5896	Natrium	G 4308	Eisen und Kalzium
D ₂ 5890	"	H 3969	Kalzium
E ₁ 5270	Eisen	K 3934	"

Eine Anzahl von Linien des Sonnenspektrums verdankt ihren Ursprung nicht der Absorption des Lichtes in der Atmosphäre der Sonne, sondern derjenigen in unserer Erdatmosphäre. Man nennt sie tellurische Linien. Die wichtigsten unter ihnen sind die Liniengruppen A und B im roten Teile des Spektrums, die dem Sauerstoff angehören.

Abgesehen von den tellurischen Linien denkt man sich die Fraunhoferschen Linien entstanden durch Absorption in einer verhältnismäßig dünnen, direkt über der Photosphäre liegenden Schicht der Sonnenatmosphäre, der sogenannten umkehrenden Schicht. Man hat nur anzunehmen, daß diese Schicht, wie es ganz natürlich ist, eine geringere Temperatur besitzt als die Photosphäre, und daß sie die betreffenden Elemente enthält; alsdann erklärt sich das Zustandekommen der Fraunhoferschen Linien in dem von der Photosphäre ausgesandten kontinuierlichen Spektrum nach den Prinzipien der Spektralanalyse. Dabei ist es durchaus nicht nötig, die umkehrende Schicht als dunkel anzusehen. Sie besteht vielmehr aus leuchtenden Gasen, wie man bei totalen Sonnenfinsternissen nachweisen kann. In dem Moment nämlich, wo die Totalität beginnt, ist die Photosphäre schon vollständig durch den Mond verdeckt, die umkehrende Schicht am Sonnenrande dagegen noch nicht, so daß für wenige Sekunden das Spektrum derselben im Spektralapparate sichtbar wird und photographiert werden kann. Es ist dies ein aus zahllosen hellen Linien bestehendes Emissionsspektrum, und zwar entsprechen die hellen Linien genau den dunkeln des mittleren Sonnenspektrums. Letzteres erscheint also „umgekehrt“. Auch in dem Moment vor Ende der Totalität ist dieses umgekehrte Spektrum, welches man seines blitzartig schnellen Auftretens wegen mit dem englischen Ausdruck „Flash-Spektrum“ bezeichnet, sichtbar. Übrigens werden nicht alle Linien des Sonnenspektrums im Flash-Spektrum

umgekehrt, sondern vorwiegend nur diejenigen, welche Elementen von geringem Atomgewicht (bis etwa 92) angehören. Es erklärt sich dies wohl dadurch, daß die schweren Elemente nur in den untersten Teilen der umkehrenden Schicht vorkommen. Die Dicke der umkehrenden Schicht dürfte 1000 km nicht übersteigen. Nach außen geht sie allmählich in die Chromosphäre über.

Das Spektrum der Chromosphäre ist gleichfalls ein Emissionsspektrum, d. h. es besteht aus hellen Linien. Da die Schicht der Chromosphäre eine weit größere Tiefe besitzt, als die umkehrende, so ist es unter günstigen Verhältnissen auch außerhalb der totalen Finsternisse möglich, das Spektrum der Chromosphäre zu beobachten. Stellt man den Spalt des Beobachtungsspektroskops radial zum Sonnenrand, so sieht man die hellen Linien des Chromosphärenspektrums in einer der Höhe der Chromosphäre entsprechenden Länge wie Lanzenspitzen auf den ihnen entsprechenden dunkeln Linien des Sonnenspektrums aufsitzen, d. h. die hellen Chromosphärenlinien schließen sich breit an die letzteren an und werden nach außen zu spitz; dies besagt, daß die betreffenden Gase nach außen zu an Dichte verlieren. Vor allem zeigen sich im Spektrum der Chromosphäre ständig die Linien des Wasserstoffs, des Heliums und des Kalziums. Die für das Auge hellste Linie ist die rote Wasserstofflinie C, und deswegen erscheint bei den Finsternissen die Chromosphäre dem Auge rot. Von den Linien des Heliums ist die mit D_3 bezeichnete gelbe die auffälligste. Im Sonnenspektrum entspricht der hellen D_3 -Linie des Chromosphärenspektrums im allgemeinen keine dunkle Linie; nur in der Umgebung der Sonnenflecke findet man sie als solche häufig vor. Überhaupt wurde die D_3 -Linie zuerst durch die spektroskopische Beobachtung der Chromosphäre bzw. der Protuberanzen bekannt, und da man sie in dem Spektrum keines irdischen Elementes wiederfinden

konnte, so schrieb man sie einem besonderen Element zu, von dem man annahm, daß es nur auf der Sonne vorkomme, und das man daher Helium nannte. Später ist das Helium auch auf der Erde gefunden worden, und es hat sich gezeigt, daß dem Spektrum dieses Gases noch eine ganze Anzahl anderer Linien angehören.

Eine weitere auffallende Linie im Chromosphärenspektrum ist die grüne Linie von der Wellenlänge 5317 ÅE, welche vielleicht dem Eisen, wahrscheinlich aber einer unbekanntem Substanz zuzuschreiben ist und früher fälschlich mit der nahe liegenden Linie des Spektrums der Korona (vgl. § 8) identifiziert wurde. Außerdem läßt sich im Chromosphärenspektrum noch eine sehr große Zahl anderer Linien feststellen, die verschiedenen Elementen angehören, z. B. dem Eisen, Titan, Kohlenstoff, Magnesium. Hauptsächlich sind, wie im Flashespektrum, die Elemente mit geringem Atomgewicht vorhanden. Alle diese Linien sind aber nicht immer und nicht in allen Teilen der Chromosphäre vertreten.

Die Protuberanzen ragen, wie wir gesehen haben, aus der Chromosphäre hervor, und ihr Spektrum zeigt ungefähr dieselbe Zusammensetzung wie das der letzteren. Die Hauptrolle spielen auch in ihm Wasserstoff, Helium und Kalzium, namentlich in dem der ruhenden Protuberanzen, während in dem der eruptiven auch die anderen Elemente der Chromosphäre auftreten. Es ist hier der Ort, die schon erwähnte Methode auseinanderzusetzen, nach der man mit dem Spektroskop auch ohne Sonnenfinsternis die Protuberanzen sehen kann. Diese Methode beruht auf folgendem:

Durch ein Prisma gesehen erscheint eine Lichtquelle, die nur Strahlen von einer Wellenlänge enthält (monochromatisches Licht), in ihrer wahren Gestalt; die hellen Linien eines Gasspektrums sind nun nichts weiter als monochromatische Bilder des Spaltes. Öffnet man den letzteren ver-

hältnismäßig weit, so verwandelt sich die helle Linie in das Bild der eigentlichen Lichtquelle, d. h. in diesem Falle der Protuberanz. Ist eine Protuberanz groß, so kann es vorkommen, daß man sie nicht auf einmal durch den Spalt erblicken kann; dann muß man diesen entsprechend verschieben, um die anderen Teile der Protuberanz zu sehen. Ob man bei der Beobachtung den Spalt radial oder tangential zum Sonnenrand stellt, bleibt sich im Prinzip gleich, nur muß der Spektralapparat starke Zerstreuung besitzen, d. h. ein sehr langes Spektrum erzeugen; denn je stärker die Zerstreuung ist, um so schwächer erscheint das kontinuierliche Spektrum der Sonne und um so besser hebt sich infolgedessen das Bild der Protuberanz ab.

Es sind nun noch die Spektren der auf der Sonnenoberfläche sichtbaren Gebilde, nämlich der Fackeln und der Flecke, zu besprechen.

Das Spektrum der Fackeln bietet außer einer Aufhellung des kontinuierlichen Untergrundes nichts Merkwürdiges dar; diese Aufhellung kann durch die früher schon erwähnte Annahme erklärt werden, daß die Fackeln sich über das Niveau der Photosphäre erheben.

Sehr viel komplizierter sind die Erscheinungen, die das Spektrum der Sonnenflecke zeigt. Im großen ganzen stimmt es mit dem mittleren Sonnenspektrum überein; nur ist der kontinuierliche Untergrund schwächer als bei letzterem, so daß es als dunklerer Streifen im Sonnenspektrum erscheint. Unter besonders günstigen Umständen hat man feststellen können, daß diese relative Schwäche des kontinuierlichen Spektrums sich durch zahllose eng beieinander liegende, sehr feine Absorptionslinien erklärt. Bei genauerer Betrachtung des Fleckenspektrums treten dann noch weitere Unterschiede hervor. Zahlreiche Absorptionslinien sind kräftiger als dieselben Linien im mittleren Sonnenspektrum, andere sind

schwächer, wieder andere unverändert, und zwar finden sich häufig unter den Linien desselben Elements sowohl verstärkte, wie schwächer gewordene, wie unveränderte. Die neuesten Untersuchungen von Hale und Adams geben eine befriedigende Erklärung dieses zunächst rätselhaften Verhaltens. Sie fanden nämlich folgendes: Verbrennt man ein Element, z. B. Eisen, im elektrischen Bogen, so ändern sich die relativen Intensitäten der Spektrallinien, wenn man die Stromstärke ändert. Es ergab sich, daß bei Übergang von größeren zu kleineren Stromstärken dieselben Linien stärker bzw. schwächer werden, welche im Fleckenspektrum stärker bzw. schwächer sind als im mittleren Sonnenspektrum. Bei Verringerung der Stromstärke wird nun höchst wahrscheinlich die Temperatur des Bogens geringer, und es liegt daher der Schluß sehr nahe, daß auch in den Flecken die Temperatur geringer ist als in der Photosphäre. Diese Annahme wird noch dadurch wahrscheinlicher gemacht, daß man in den Fleckenspektren die sogenannten Bandenspektren gewisser chemischer Verbindungen, namentlich des Titanoxyds, nachweisen kann; zu dem Zustandekommen dieser Verbindungen ist aber eine verhältnismäßig niedrige Temperatur nötig. (Im mittleren Sonnenspektrum lassen sich nur gewisse Kohleverbindungen nachweisen.) Auch andere Gründe sprechen noch dafür, daß die Temperatur der Flecke niedriger ist als die der Photosphäre.

Schon seit längerer Zeit hat man gefunden, daß gewisse Linien im Spektrum der Sonnenflecke ein eigentümlich verwaschenes Aussehen besitzen oder auch doppelt, ja selbst dreifach erscheinen. Während man früher zur Erklärung dieser Wahrnehmungen mehr oder weniger gekünstelte Hypothesen aufzustellen genötigt war, ist es Hale im Jahre 1908 gelungen, zu beweisen, daß diese Verwaschenheiten und Verdoppelungen durch ein in dem betreffenden Fleck vorhandenes starkes magnetisches Feld hervorgerufen werden. Es ist nämlich eine

bekannte Tatsache, daß sich Spektrallinien im magnetischen Felde verbreitern oder auch verdoppeln und vervielfachen (Zeeman-Effekt). Näher auf die Halesche Beweisführung einzugehen, verbietet sich hier leider, da dazu schwierige physikalische Auseinandersetzungen notwendig wären. Jedenfalls ist der Nachweis, daß in den Flecken Magnetfelder auftreten, für die Sonnenforschung von epochemachender Bedeutung, und es wird dadurch ein neues Licht auf die Erscheinung geworfen, daß die Sonne und speziell die Flecke von Einfluß auf den Erdmagnetismus sind.

§ 4. Die spektroheliographische Erforschung der Sonne.

Das Spektroskop hat uns, wie aus dem vorigen Paragraphen ersichtlich ist, mannigfachen Aufschluß über die Beschaffenheit der Sonne geliefert. Noch weitere Einblicke in die verwickelten Vorgänge, welche sich auf der Sonne abspielen, gewährt uns ein um 1890 unabhängig von dem Amerikaner Hale und dem Franzosen Deslandres erfundener spektroskopischer Apparat, der sogenannte Spektroheliograph, der die Photographie der Sonne in monochromatischem Licht, d. h. im Lichte von einer einzigen, ganz bestimmten Wellenlänge ermöglicht, und der zunächst hauptsächlich zur Photographie der Protuberanzen bestimmt war. Die ziemlich komplizierte Konstruktion des Spektroheliographen kann hier nicht auseinandergesetzt werden; sie ist derartig getroffen, daß z. B. nur das Licht der roten Wasserstofflinie C auf die photographische Platte gelangt, so daß nur diejenigen Teile der Sonne sich abbilden, welche in diesem Lichte leuchten. Ebenso kann man auch andere Spektrallinien zur monochromatischen Photographie der Sonne benutzen. Es ist hierbei zu bedenken, daß die Absorptionslinien im mittleren Sonnenspektrum nur durch Kontrast dunkel erscheinen,

in Wirklichkeit aber eine ganz bedeutende Helligkeit besitzen, die völlig zu photographischen Aufnahmen ausreicht, wenn man dabei auch sehr viel längere Belichtungszeiten wählen muß als bei der Photographie mit Hilfe der kontinuierlichen Teile des Spektrums. Besonders leicht gelingen solche monochromatische Aufnahmen mit den Kalziumlinien H und K. Diese erscheinen im Sonnenspektrum als breite dunkle Bänder, die mit H_1 und K_1 bezeichnet werden, und in deren Mitte man unter günstigen Umständen je eine helle Emissionslinie, H_2 bzw. K_2 , wahrnimmt; in der Mitte dieser hellen Linien H_2 und K_2 ist wieder je eine feine dunkle Linie, H_3 bzw. K_3 , sichtbar. Diese eigentümliche Konstitution der Linien H und K erklärt man in folgender Weise: Die untersten Schichten des Kalziumdampfes in der umkehrenden Schicht stehen unter verhältnismäßig starkem Druck und erzeugen daher die breiten Absorptionslinien H_1 und K_1 . Darüber können nun unter Umständen Kalziumwolken sich befinden, die durch die Bewegungen in der Sonnenatmosphäre dorthin gelangt sind und noch eine höhere Temperatur besitzen. Diese werden dann die Emissionslinien H_2 und K_2 erzeugen, die, da die entsprechenden Dämpfe unter geringerem Druck stehen, schmaler sind als H_1 und K_1 , und daher in diesen zu lagern scheinen. Die noch höher befindlichen und daher unter noch geringerem Druck befindlichen Kalziumdämpfe werden kühler sein und rufen daher innerhalb von H_2 und K_2 die feinen Absorptionslinien H_3 und K_3 hervor. Spektroheliographische Aufnahmen, die mit dem Lichte von H_2 bzw. K_2 gemacht werden, entsprechen also einem höheren Niveau auf der Sonne als die mit dem Licht von H_1 bzw. K_1 gemachten, und die mit dem Licht von H_3 bzw. K_3 gemachten werden die höchsten Kalziumwolken zur Abbildung bringen. Es sei hier nochmals betont, daß, obwohl H_1 und K_1 sowie H_3 und K_3 Absorptionslinien sind, ihr Licht doch zu spektroheliographischen Aufnahmen ausreicht.

Die Kalziumlinien H und K geben uns also ein Mittel an die Hand, die von den Kalziumdämpfen in verschiedenen Höhengschichten auf der Sonnenoberfläche dargebotenen Phä-

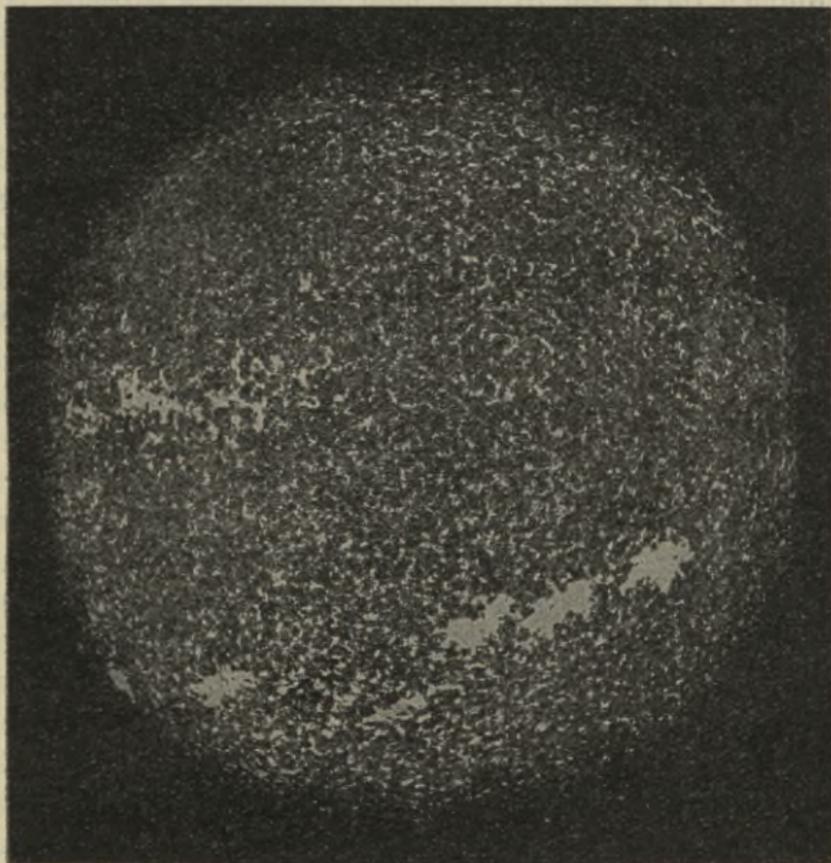


Fig. 3. Photographie der Sonne im Lichte der Kalziumlinie K.

nomene zur Darstellung zu bringen und zu untersuchen. Die übrigen zu spektroheliographischen Aufnahmen benutzten Spektrallinien gestatten dies wegen ihrer geringen Breite nicht.

Die besten Spektroheliogramme werden zurzeit von Hale auf der großartigen Sonnenwarte, die er aus Mitteln der Carnegie-Institution auf dem Gipfel des Mt. Wilson in

Kalifornien errichtet hat, hergestellt, und seine Untersuchungen sind für die Sonnenforschung von der allergrößten Wichtigkeit.

Auf den in Kalziumlicht aufgenommenen Spektroheliogrammen (siehe Fig. 3) sieht man die ganze Oberfläche der Sonne überall von kleinen und größeren, durch dunkle Zwischenräume getrennten, leuchtenden Kalziumwolken bedeckt. Die ganze Erscheinung erinnert sehr an die Granulation und an die Fackeln, darf aber nicht mit diesen verwechselt werden, da sie in einer höheren Schicht liegt. Hale bezeichnet die Wolken als „Kalziumfloculi“. Man hat sich nach seinen Untersuchungen diese Floculi als gewaltige Säulen glühenden Kalziumdampfes vorzustellen, die sich in ihren untersten Teilen mit den Reiskörnern der Granulation und den Fackeln berühren, bzw. von diesen emporsteigen. Die Floculi wurden daher früher auch mit den Fackeln verwechselt. Nach oben hin dehnen sich diese Säulen nach allen Seiten aus und erstrecken sich bis in die Chromosphäre hinein. Ihre Beziehung zu den Protuberanzen ist noch nicht ganz klargestellt. Wie bei letzteren kann man rasch veränderliche eruptive und ruhende Floculi unterscheiden. Erstere stehen jedenfalls mit den eruptiven Protuberanzen in engem Zusammenhang.

Abgesehen von den Kalziumlinien H und K hat Hale hauptsächlich die Wasserstofflinien bei den spektroheliographischen Aufnahmen verwandt, und ebenso wie Kalziumfloculi hat er auch Wasserstofffloculi konstatiert. Diese entsprechen im ganzen den ersteren, aber im allgemeinen sind die Wasserstofffloculi dunkel, während dies bei den Kalziumfloculi nur relativ selten der Fall ist. Es kommen aber auch, namentlich in der Nähe der Flecke, helle Wasserstofffloculi vor. Wahrscheinlich befinden sich die dunkeln Wasserstofffloculi in den oberen Schichten der Chromosphäre, wo die Temperatur bereits niedriger ist, und wahrscheinlich sind

manche von ihnen mit Protuberanzen, welche sich auf die Sonnenscheibe projizieren, identisch. Dasselbe gilt wohl auch von den dunkeln Kalziumfloculi, welche ebenfalls einem sehr hohen Niveau angehören.

Die Photographie der Sonne im Lichte der Wasserstofflinien, namentlich der roten Linie C, hat in allerletzter Zeit Hale zu einigen sehr interessanten Ergebnissen geführt. Es zeigte sich nämlich auf den Spektroheliogrammen, daß die Sonnenflecken Anziehungszentren sind, die den Wasserstoff der Sonnenatmosphäre an sich ziehen. Um die Flecke herum bilden sich riesige Wirbel von Wasserstoff. So war eine gar nicht sehr große Fleckengruppe am 30. April 1908 von einem enormen Wasserstoffzylinder umgeben, der sich auf der Sonnenoberfläche über 35° in Breite und 50° in Länge erstreckte. Ein großer Kalziumfloculus über dieser Gruppe verriet merkwürdigerweise keine Wirbelbewegung.

Am 3. Juni 1908 konnte Hale beobachten, wie ein großer, langgestreckter Wasserstofffloculus mit dem einen Ende in einen Fleck hineingezogen wurde mit einer Geschwindigkeit von 100 Kilometer in der Sekunde. Die Wirkung des Flecks auf ihn fing an, als er noch 140000 Kilometer von dem Fleck entfernt war.

Es darf wohl sicher darauf gehofft werden, daß uns die spektroheliographischen Aufnahmen allmählich eine tiefere Erkenntnis des Wesens der Vorgänge auf der Sonne ermöglichen werden, als wir sie bisher haben gewinnen können.

§ 5. Die Rotation der Sonne.

Die älteste Methode zur Bestimmung der Rotationszeit der Sonne beruht auf der Beobachtung der Sonnenflecke. Da aber, wie wir gesehen haben, die Flecke ihre Form ändern, häufig rasch vergänglich sind und außerdem eigene Bewegungen

haben, so sind sehr ausgedehnte Fleckenbeobachtungen zu einer zuverlässigen Bestimmung der Rotationszeit erforderlich. Derartige Untersuchungen sind von verschiedenen Seiten gemacht worden. Es hat sich dabei das höchst merkwürdige Resultat ergeben, daß die Umdrehungszeit der Sonne für verschiedene heliographische Breiten verschieden ist. Am Äquator rotiert die Sonne am schnellsten. Maunder hat neuerdings aus den in Greenwich 1879—1901 angestellten Messungen von Sonnenflecken folgende Zahlen abgeleitet:

Heliographische Breite	Rotationszeit
0°	24,9 Tage
+10°	25,0 "
+20°	25,4 "
+30°	25,9 "

Die Rotationszeit für höhere Breiten läßt sich aus Fleckenbeobachtungen nur unsicher feststellen, da Flecke dort selten sind. Für 40° nördliche oder südliche Breite ergibt sich eine Umdrehungszeit von ungefähr 27¹/₂ Tagen. Auch die Faceln zeigen eine Verzögerung der Rotation für höhere Breiten an.

Man hat die Rotation der Sonne auch auf spektroskopischem Wege untersucht. Die Teile des östlichen Sonnenrandes bewegen sich nämlich infolge der Rotation auf den Beobachter zu, die des westlichen entfernen sich von ihm. Man kann daher die Drehungsgeschwindigkeit der Sonne an den verschiedenen Punkten ihres Randes unter Zugrundelegung des Dopplerschen Prinzips durch Messung der Verschiebung der Spektrallinien ermitteln. Die ersten Versuche, dies auszuführen, machte schon 1871 H. C. Vogel, und in letzter Zeit sind von verschiedenen Astrophysikern genaue Messungen dieser Art gemacht worden. Adams ist zu folgenden Zahlen gelangt:

Heliographische Breite	Rotationszeit
0°	24,6 Tage
±10°	25,0 "
±20°	25,6 "
±30°	26,5 "
±40°	27,5 "
±50°	28,9 "
±60°	30,9 "
±70°	32,5 "

Halm glaubt durch seine Beobachtungen kleine Änderungen in der Rotationszeit nachgewiesen zu haben; daß diese reell sind, ist kaum anzunehmen, denn Dunér hat bei seinen in den Jahren 1887—1889 und 1899—1901 angestellten Messungen solche Änderungen nicht feststellen können, und ebenso wenig Adams bei seinen Beobachtungen in den Jahren 1906 bis 1908. Letzterer fand, daß die Messung der Verschiebungen gewisser Absorptionslinien am Rande der Sonne abweichende Werte der Drehungsgeschwindigkeit ergeben. So folgt aus der Messung der Wasserstofflinien eine auffallend geringe Rotationszeit, und eine Zunahme derselben in höheren Breiten läßt sich in den Zahlen, die aus den Verschiebungen dieser Linien folgen, fast gar nicht mehr erkennen. Dieser merkwürdige Umstand erklärt sich wohl dadurch, daß die Dämpfe, welche die Wasserstoffabsorptionslinien erzeugen, in sehr hohem Niveau liegen, wo das Rotationsgesetz der Photosphäre keine Gültigkeit mehr hat. Auch die Wasserstofffocculi auf den spektroheliographischen Aufnahmen lassen auf eine gleichförmige Rotationsgeschwindigkeit über die ganze Sonnenoberfläche hinweg schließen, während die hellen Kalziumfocculi, die, wie wir sahen, tiefer liegen, die erwähnte Zunahme der Rotationszeit mit der heliographischen Breite zeigen.

Wie man aus dem Gesagten ersieht, ist die Rotation der Sonne ein äußerst kompliziertes Phänomen. Eine in jeder Hinsicht befriedigende Erklärung für dasselbe hat man noch nicht gefunden, und auf die zahlreichen, mehr oder minder wahrscheinlichen Hypothesen, welche aufgestellt worden sind, um die beobachteten Erscheinungen zu deuten, kann hier nicht eingegangen werden.

§ 6. Helligkeit und Temperatur der Sonne.

Da die Sonne an Helligkeit alle uns sonst bekannten Lichtquellen weit übertrifft, so ist es schwer, ein Maß für dieselbe zu finden, und die darüber gemachten Angaben sind durchweg noch ziemlich ungenau. Nahe liegt die Vergleichung der Sonne mit dem Vollmond. Es hat sich ergeben, daß die Sonne 570000 (nach anderen Angaben 540000) mal so hell ist als der Vollmond. Die Helligkeit der Sonne ist auch mit der von Fixsternen verglichen worden. Nach Ceraski ist die Sonne scheinbar 290550 Millionen mal so hell als der Polarstern, 77630 Millionen mal so hell als Procyon und 17045 Millionen mal so hell als Sirius. Die Helligkeit der Sonne in Größenklassen ist nach Ceraski —26,6, nach Pickering —26,8¹⁾. — Die scheinbare Helligkeit der Sonnenscheibe ist keine gleichmäßige, sondern nimmt von der Mitte zum Rande hin ab. Diese Abnahme ist für Strahlen verschiedener Wellenlänge verschieden, am geringsten für Strahlen größerer Wellenlänge (rote Strahlen), am stärksten für solche kleinerer Wellenlänge (ultraviolette Strahlen), und zwar ist die Helligkeit am äußersten Rande für rote Strahlen 0,3, für grüne 0,16, für violette 0,13 von der Helligkeit in der Mitte der Sonnenscheibe. Auch die Wärmestrahlung ist am Rande viel geringer als in der Mitte der Scheibe (0,4).

¹⁾ Über die Definition der „Größenklasse“ siehe Möbius' „Astronomie“ (Sammlung Götschen Nr. 11).

Die Schwächung der verschiedenen Strahlengattungen am Rande der Sonne rührt von der Absorption in der Sonnenatmosphäre her, in welcher die zu uns gelangenden Randstrahlen einen viel längeren Weg zurückzulegen haben als die vom Zentrum der Sonnenscheibe zu uns gelangenden Strahlen. Da der Betrag der Absorption von der Wellenlänge abhängig ist, so ist die Schwächung für die verschiedenen Strahlengattungen verschieden. Ohne ihre Atmosphäre würde uns die Sonne bedeutend heller und heißer erscheinen, als es tatsächlich der Fall ist.

Von besonderem Interesse ist nun die Frage nach der Temperatur der Sonne. Es ist von vornherein klar, daß sich diese Frage nur in einer gewissen Beschränkung beantworten läßt. Denn die einzelnen Teile der Sonne, z. B. ein Punkt der Photosphäre und ein Punkt des Sonneninnern, werden ungeheuer verschiedene Temperaturen haben. Da wir ferner Schlüsse auf die Temperatur der Sonne nur aus Messungen der Wirkung ihrer Strahlung ziehen können, so müßte eigentlich das Gesetz, welches Temperatur und Strahlung der Sonne untereinander verbindet, bekannt sein, um die Sonnentemperatur berechnen zu können; das ist aber nicht der Fall. Man hilft sich nun in der Weise, daß man sich die Sonne ersetzt denkt durch einen gleich großen Körper, für den dieses Gesetz bekannt ist, und nun die Temperatur ermittelt, die dieser Körper haben müßte, um auf der Erde genau dieselben Strahlungswirkungen hervorzubringen wie die Sonne. Man wählt zu diesem Zwecke den „absolut schwarzen Körper“, d. h. einen Körper, der die Eigenschaft hat, alle auf ihn fallenden Strahlen zu absorbieren und in Wärme umzuwandeln; bei einem solchen absolut schwarzen Körper ist die Gesamtstrahlung proportional der vierten Potenz seiner absoluten Temperatur (Stefansches Strahlungsgesetz). Die Temperatur nun, die ein absolut schwarzer Körper von derselben Größe

und in derselben Entfernung wie die Sonne haben müßte, damit seine Gesamtstrahlung auf der Erde dieselbe Wirkung hervorbringt wie die der Sonne, nennt man die effektive Temperatur der Sonne.

Um diese effektive Sonnentemperatur zu ermitteln, ist es nötig, die Wirkung der Sonnenstrahlung auf der Erde zu bestimmen. Hierbei stößt man auf die Schwierigkeit, daß ein beträchtlicher Teil der Sonnenstrahlung durch unsere Atmosphäre absorbiert wird. Es gelingt indessen, den Betrag der Absorption zu messen, wobei es freilich ohne gewisse, etwas willkürliche Annahmen nicht abgeht. Unter Berücksichtigung dieser Absorption kann man mit Hilfe besonderer Apparate die Solar-konstante bestimmen; es ist dies die Anzahl von Kalorien, welche die Sonnenstrahlung bei senkrechtem Einfall in einer Minute einer Fläche von einem Quadratcentimeter zuführt. Der numerische Wert der Solar-konstante ist 2,1 nach den besten Messungen, die von Langley und Abbot herrühren. Nach dem oben angeführten Stefanschen Strahlungsgesetz ergibt sich daraus die effektive absolute Temperatur der Sonne zu 5960° . — Man kann die Temperatur eines Körpers auch dadurch ermitteln, daß man die Wellenlänge des Energiemaximums in seinem Spektrum bestimmt. Nach dem sogenannten Wienschen Gesetz ist die absolute Temperatur des schwarzen Körpers umgekehrt proportional dieser Wellenlänge, die für das Sonnenspektrum nach Abbot 4330 ÅE ist; daraus ergibt sich für die effektive Temperatur der Sonne der Wert von etwa 6750° .

Man wird nach den beiden angeführten Resultaten annehmen können, daß die effektive Sonnentemperatur 6000° bis 7000° beträgt. Es muß aber betont werden, daß gegen die Voraussetzungen, auf denen die Bestimmungen dieses Wertes beruhen, Einwände erhoben werden können.

Die Messungen der Solarkonstante durch Langley und Abbot haben nun zu dem Ergebnis geführt, daß der Betrag dieser Größe nicht immer genau derselbe ist, sondern sich um etwa zehn Prozent ändert. Abbot ist der Ansicht, daß diese Änderungen wirklich bestehen und nicht etwa durch Ungenauigkeit der Beobachtungen erklärt werden können, und er glaubt auch, entsprechende Änderungen in den auf der Erde an den verschiedensten Orten gemessenen Temperaturen nachweisen zu können. Eine besonders deutliche Abnahme des Wertes der Solarkonstante wurde 1903 beobachtet. Irgendwelche Gesetzmäßigkeiten in diesen Änderungen hat man noch nicht auffinden können. Vielleicht kann eine wechselnde Durchlässigkeit der Sonnenatmosphäre für die Strahlung zur Erklärung der Schwankungen der Solarkonstante dienen; dies ist wenigstens die Ansicht von Abbot.

Da die Sonne fortgesetzt Wärme in den Weltraum ausstrahlt, so entsteht die Frage, ob ihre Temperatur nicht in ständiger Abnahme begriffen ist. Es läßt sich berechnen, daß, wenn die Sonne für die ausgestrahlte Wärme keinen Ersatz empfängt, ihre Temperatur in jedem Jahre mindestens um $0,4^{\circ}\text{C}$ sinken muß. Hiernach müßte sie seit dem Jahre 1100 vor Chr. mindestens 1200° kühler geworden sein. Nun ist aber verschiedentlich nachgewiesen worden (z. B. auf Grundlage botanischer Untersuchungen), daß in historischer Zeit das Klima der Erde keine wesentliche Änderung erfahren hat, die Sonne sich also nicht merklich abgekühlt haben kann. Es muß also tatsächlich ein Ersatz der verlorenen Wärme stattgefunden haben; auf welchem Wege das möglich ist, darüber lassen sich nur mehr oder minder plausible Hypothesen aufstellen, von denen die wichtigsten folgende sind: J. Robert Mayer, der Begründer der mechanischen Wärmetheorie, meint auf Grund der letzteren, daß der Wärmeverlust der Sonne durch das Einstürzen von Meteoriten auf dieselbe gedeckt

werde. Nun ist gar nicht zu bezweifeln, daß Meteore gerade so gut auf die Sonne wie auf unsere Erde fallen; ja von ersterer werden sie infolge der größeren Masse der Sonne viel stärker und zahlreicher angezogen werden, als von der Erde. Sicher ist auch, daß ihre Berührung mit der Sonnenoberfläche Wärme erzeugt; aber damit durch diese der Wärmeverlust der Sonne gedeckt würde, wären ganz ungeheure Mengen von Meteoriten nötig, und durch diesen Meteorregen würde die Masse der Sonne allmählich so stark vergrößert werden, daß die Bewegung der Erde um die Sonne sehr merkliche Änderungen erfahren müßte. Da dies nun in historischer Zeit bestimmt nicht stattgefunden hat, so hat man, um diesen Widerspruch zwischen den Thatsachen und der Mayer'schen Theorie zu beseitigen, angenommen, daß die auf die Sonne einstürzenden Meteoriten schon vorher sich in Bahnen bewegt hätten, die innerhalb der Erdbahn verliefen, so daß innerhalb dieser nur eine Konzentrierung, aber keine Vermehrung der vorhandenen Massen stattgefunden hätte. Damit wäre der erwähnte Widerspruch nur für einen bestimmten Zeitraum, nämlich bis alle innerhalb der Erdbahn kreisenden Meteore in die Sonne gestürzt wären, gehoben und diese Meteormassen müßten sich bei ihrer Bewegung um die Sonne auch sonst irgendwie bemerkbar gemacht haben.

Frei von solchen Widersprüchen mit den Thatsachen ist die Helmholtz'sche Theorie. Nach der Kant-Laplace'schen Theorie hat sich unser Sonnensystem aus einer ungeheuren Gasugel nach und nach verdichtet, wobei kolossale Wärmemengen erzeugt worden sind. Es ist nun nach Helmholtz' Anschauung gar nicht einzusehen, warum dieser Verdichtungsprozeß bei der Sonne, die doch im wesentlichen aus Gasmassen besteht, schon aufgehört haben soll. Setzt er sich aber fort, so würde ein Anwachsen der jetzigen Sonnendichte (1,4) bis zu der Dichte der Erde (5,6) eine solche Wärmemenge

erzeugen, daß damit der durch Ausstrahlung in den Welt-
raum erzeugte Wärmeverlust auf rund 17 Millionen Jahre ¹⁾
gedeckt wäre. Allerdings würde dadurch der Sonnenball
kleiner und kleiner werden, aber das würde so langsam gehen,
daß der scheinbare Sonnendurchmesser sich in historischen
Zeiten nur um einen ganz minimalen, nicht nachweisbaren
Betrag geändert haben würde. Nach dieser Theorie würde
die ganze Sonnenkugel erwärmt, während der Wärmeverlust
durch Ausstrahlung an der Oberfläche eintritt. Derselbe wird
durch die Wärmezufuhr aus dem Sonneninnern wieder ersetzt.

Die Theorie von Helmholtz muß als durchaus befriedigend
bezeichnet werden. Es ist aber nicht unmöglich, daß bei der
Erklärung des Wärmeersatzes auf der Sonne die neuen
physikalischen Vorstellungen, die sich namentlich an die Eigen-
schaften des Radiums knüpfen, eine Rolle zu spielen berufen
sind. Man hat freilich nicht vermocht, daß Radium spektral-
analytisch auf der Sonne nachzuweisen.

§ 7. Die Sonnentheorien.

Die bisher über die Beschaffenheit der Sonne aufgestellten
Theorien sind durchweg noch sehr weit davon entfernt, die
beobachteten, in den vorangehenden Paragraphen geschilderten
Phänomene in ausreichender Weise zu deuten, und über die
wichtigsten Punkte befinden wir uns noch vollkommen im
Unklaren.

Die älteste eigentliche Sonnentheorie ist die von Wilson
im Jahre 1769 aufgestellte, der auch Wilhelm Herschel bei-
pflichtete. Danach ist die Sonne ein dunkler, kalter Körper,
der von einer glühenden Gasatmosphäre umgeben ist. Die
Sonnenflecke sind zeitweilige Öffnungen in der letzteren,

¹⁾ Nach neueren Untersuchungen von Emden wäre diese Zahl allerdings
zu hoch.

durch welche man den dunkeln Sonnenkörper erblickt. Diese Theorie widerspricht allen physikalischen Anschauungen der Jetztzeit und hat lediglich historisches Interesse.

Durch Kirchhoffs Entdeckung der Spektralanalyse um die Mitte des 19. Jahrhunderts kam Wilsons Theorie vollständig zu Fall; denn ersterer stellte auf Grund seiner Beobachtungen die Ansicht auf, daß die Sonne ein fester oder tropfbarflüssiger Körper in höchster Glühhitze, umgeben von einer Atmosphäre von etwas niedrigerer Temperatur, sei. In der letzteren schwimmen kleine Wolken, und sobald eine solche (durch Vereinigung mit mehreren anderen etwa) eine etwas größere Dicke erreicht, versperrt sie den vom Sonnenkörper kommenden Wärmestrahlen teilweise den Weg, so daß oberhalb der Wolke Abkühlung und damit Verdichtung in der Sonnenatmosphäre eintritt, wodurch schließlich die Wolke sehr dick und in ihrer Mitte völlig, nach ihren Rändern zu wenigstens teilweise undurchsichtig wird, d. h. wir sehen von außen her einen Sonnenfleck mit dem dunkeln Kernfleck in der Mitte und der ihn umgebenden halbhellen Penumbra. Die durch den Fleck verhinderte Wärmeausstrahlung an dieser Stelle bewirkt schließlich eine derartige Temperatursteigerung unter demselben, daß die ihn bildenden Kondensationsprodukte allmählich wieder aufgelöst werden, der Fleck also verschwindet.

Kirchhoffs Theorie bedeutet gegenüber der von Wilson einen großen Fortschritt, aber sie vermag die zu ihrer Entstehungszeit noch größtenteils unbekannt, verwickelten Erscheinungen auf der Sonne nicht zu erklären, und es lassen sich namentlich gegen die Annahme, daß die Sonne eine glühend flüssige Kugel mit der Photosphäre als Oberfläche sei, gewichtige Bedenken erheben.

Nach Kirchhoff sind dann, je weitere Fortschritte man in der Beobachtung der Sonne machte, um so kompliziertere Sonnentheorien aufgestellt worden, unter denen namentlich

die von Zöllner, von Secchi und von Faye Erwähnung verdienen. Sie mögen wohl einiges Zutreffende enthalten, aber im großen ganzen hat man sie doch aufgeben müssen, und wir wollen daher nicht auf sie eingehen. Es mögen hier zunächst nur die Anschauungen wiedergegeben werden, die vor wenigen Jahren der um die Sonnenforschung sehr verdiente amerikanische Astronom Young geäußert hat ¹⁾.

Young nimmt an, daß der Sonnenball aus glühenden Gasen besteht. Im Innern der Sonne herrschen natürlich enorme Drücke, und es ist nicht gut möglich, sich von dem Verhalten der Gase daselbst eine Vorstellung zu machen. Jedenfalls sind die Gase stark verdichtet und bilden wahrscheinlich eine zähflüssige Masse. Nach außen hin nehmen Druck und Temperatur ab, und in einer gewissen Schicht, wo die Temperatur infolge der Ausstrahlung in den Weltraum hinreichend niedrig ist, bildet sich durch Kondensation eine Wolkenhülle um die Sonne. Diese Wolkenhülle ist die Photosphäre, die sichtbare Sonnenoberfläche, die ja in der Tat, wie wir gesehen haben, eine wolkige Struktur besitzt. Infolge des Wärmeausgleichs zwischen der kühleren Wolkenhülle, deren Dicke wahrscheinlich einige Tausend Kilometer beträgt, und den heißeren Gasmassen darunter entstehen starke Strömungen in vertikalem Sinne, und die Teile der Photosphäre sind daher in lebhafter Bewegung.

Über der Photosphäre lagern die noch kühleren Gase und Dämpfe, welche die umkehrende Schicht zusammensetzen. Eine scharfe Grenze zwischen Photosphäre und umkehrender Schicht existiert nicht, ebensowenig wie zwischen der umkehrenden Schicht und der darüber befindlichen Chromosphäre. Letztere besteht aus außerordentlich verdünnten, nicht kondensierten Gasen. Durch aufsteigende Strömungen und

¹⁾ Ausführlicheres hierüber siehe (in Youngs eigener Darstellung) in Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie, dritte Auflage, herausgegeben von H. C. Vogel, Leipzig (Engelmann) 1905.

Stürme werden über die Chromosphäre Gasmassen hinausgeschleudert, die sich uns als Protuberanzen zeigen. Was die Sonnenflecke angeht, so scheint es Young nicht erlaubt zu sein, sie immer als Vertiefungen der Photosphäre anzusehen. Ihre relative Dunkelheit ist durch verstärkte Absorption des Lichtes in über ihnen befindlichen Gasen zu erklären. Wie die Flecke entstehen, läßt Young ganz unentschieden. Keine der hierüber aufgestellten Hypothesen hält er für befriedigend, und es erscheint einstweilen als das beste, einzugestehen, daß wir uns über diesen Punkt noch ganz im Ungewissen befinden. Ebenso wie über die Ursache der Entstehung der Sonnenflecke wissen wir auch nichts Bestimmtes über die Ursache ihrer Periodizität. Diese Ursache ist höchst wahrscheinlich in der Sonne selbst, nicht in äußeren Einflüssen (etwa der Einwirkung der Planeten) zu suchen. Auch die bei der Rotation der Sonne beobachteten Erscheinungen sind sehr schwer zu erklären. Bei der Deutung derselben müssen wahrscheinlich die Vorgänge berücksichtigt werden, welche bei der Entstehung unseres Sonnensystems und der Sonne eine Rolle gespielt haben.

Die Ausführungen von Young haben den großen Vorzug, daß sie offen die Unzulänglichkeit unseres Verständnisses der beobachteten Tatsachen eingestehen und nicht dem Fernerstehenden ein Wissen vortäuschen, das wir noch nicht besitzen. Es soll damit natürlich nicht gesagt sein, daß alle hypothetischen Erklärungsversuche der von der Sonne dargebotenen Phänomene überhaupt zu verwerfen sein; sie sind vielmehr sogar notwendig, um tiefer in das Wesen der Erscheinungen einzudringen. Aber man muß sich stets gegenwärtig halten, daß solche Hypothesen jederzeit durch neue Beobachtungen umgestoßen werden können, und in dem engen Rahmen dieses Büchleins können sie keinen Platz finden, zumal ihre Darstellung in kürzer, allgemein verständlicher Form un-

möglich ist. So müssen wir denn die geistreichen Sonnentheorien von Emden und v. Oppolzer übergehen. Es sollen nur noch die Theorien von Schmidt und von Julius kurz erwähnt werden, welche sehr anregend gewirkt haben und dadurch für die Sonnenforschung von Bedeutung geworden sind, wenn sie auch kaum der Wirklichkeit entsprechen.

Schmidt erklärt die Erscheinungen auf der Sonne, wie wir sie beobachten, im großen ganzen für nicht reell; er meint vielmehr, daß sie uns durch die Brechung der Lichtstrahlen in der Sonnenatmosphäre nur vorgetäuscht werden. Die Sonne ist nach ihm ein Gasball, dessen Dichte nach außen hin ständig abnimmt; der scharfe Rand der Sonne ist nicht wirklich vorhanden, sondern erklärt sich durch die erwähnte Strahlenbrechung. Diese Theorie ist sehr scharfsinnig und zunächst sehr verlockend. Einer scharfen Prüfung hält sie aber nicht stand.

Nach der Ansicht von Julius ist ebenfalls ein großer Teil der Phänomene auf der Sonne nicht reell, sondern er wird durch die sogenannte „anomale Dispersion“ hervorgerufen. Julius stützt sich auf folgende physikalische Erfahrung: Licht, dessen Wellenlänge derjenigen gewisser Absorptionslinien sehr nahe benachbart ist, kann sehr viel stärker als andere Strahlen abgelenkt werden, wenn es nicht homogene Dämpfe passiert, welche die betreffende Absorptionslinie erzeugen. Eben diese Erscheinung nennt man anomale Dispersion. Nach Julius existieren nun z. B. Chromosphäre und Protuberanzen überhaupt nicht wirklich. Die hellen Linien in ihren Spektren sind einfach photosphärisches Licht, welches durch anomale Dispersion in nicht homogenen Dämpfen weit abgelenkt worden ist und uns an einer von seinem wirklichen Ausgangspunkt ganz verschiedenen Stelle erscheint. Während ein großer Teil der Physiker geneigt ist, die Richtigkeit der Theorie von Julius anzuerkennen, ist dies bei der über-

wiegenden Mehrheit der Beobachter der Sonne nicht der Fall. In der That wird es nötig sein, wesentlich mehr Beweisgründe für diese Theorie anzuführen, als es bisher geschehen ist, wenn man sie für richtig halten soll; denn es ist mehr als fraglich, ob auf der Sonne Bedingungen vorhanden sind, die eine so starke anomale Dispersion zustande kommen lassen.

§ 8. Die Korona und das Zodiakallicht.

Die schon zu Anfang des § 2 erwähnte und kurz beschriebene Korona der Sonne ist nur während der kurzen Zeiten der totalen Sonnenfinsternisse sichtbar, und es ist bisher trotz eifrigster Bemühungen nicht gelungen, sie außerhalb dieser Zeiten zu sehen oder zu photographieren. Unsere Kenntniss von der Korona ist daher im ganzen noch recht mangelhaft. Das Bild, welches die Korona bei einer totalen Sonnenfinsternis bietet, ist ungefähr folgendes: Die dunkle Scheibe des verfinsternenden Mondes ist von einem nach außen hin sehr rasch an Helligkeit abnehmendem Ringe von perlmutterartigem, weißem Glanze umgeben, der sich ohne sichtbare äußere Grenze gegen den Himmelshintergrund verliert. Aus diesem Ringe ragen Strahlen hervor, die sich oft weit in den Weltraum hinein erstrecken. Überhaupt besitzt die ganze Korona eine ausgesprochen strahlige Struktur, und zum größten Theile stehen die Strahlen ungefähr radial zur Sonnenoberfläche. Die Gesamthelligkeit der Korona ist bei verschiedenen Finsternissen verschieden; im allgemeinen ist sie größer als die des Vollmondes. Die Form der Korona ist in auffälliger Weise von der jeweiligen Sonnentätigkeit abhängig: Um die Zeit der Sonnenfleckmaxima ist sie im ganzen kreisförmig, also an den Polen der Sonne ebenso ausgedehnt und hell wie am Äquator. Zu den Zeiten der Fleckenminima dagegen sind die Strahlen der Korona an den Polen kurz

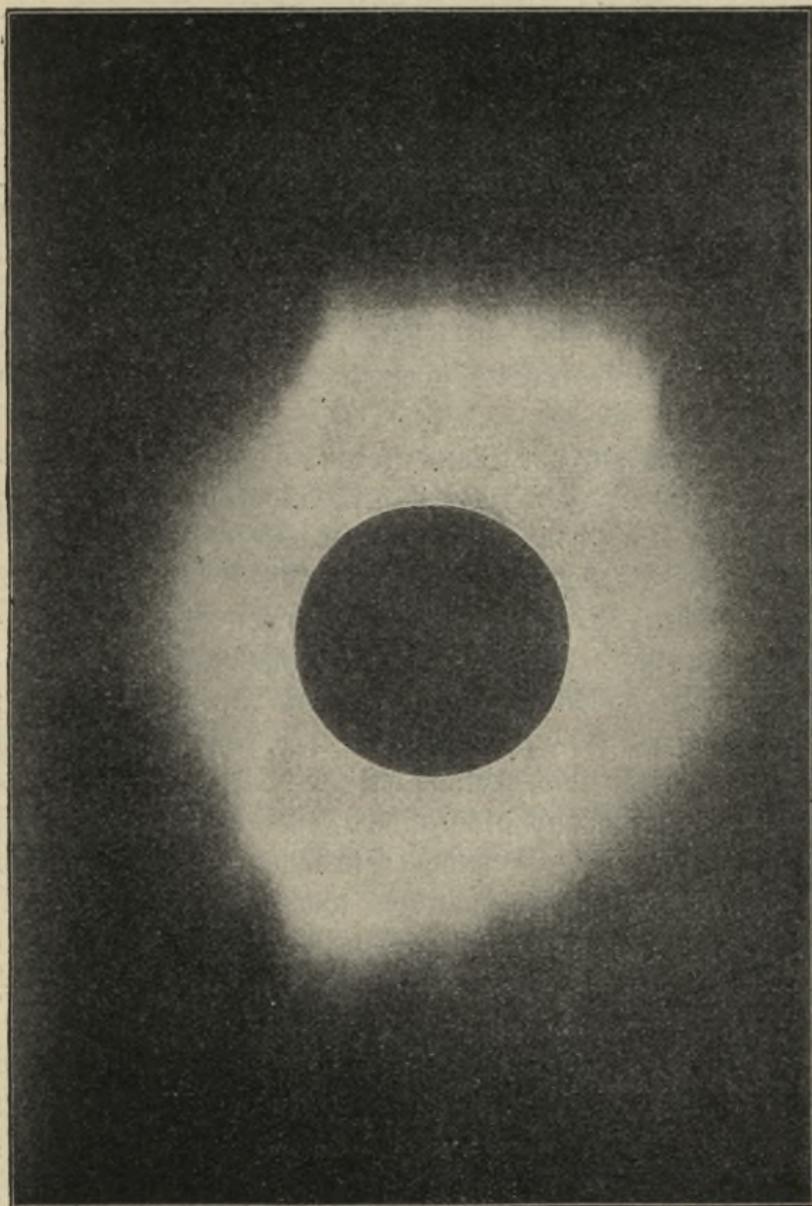


Fig. 4. Korona der Sonne am 28. Mai 1900.

und schwach, dagegen die von der äquatorialen Zone der Sonne ausgehenden Strahlen hell und oft mehrere Sonnendurchmesser lang. In der Regel erstrecken sich dann je zwei breite Strahlen sowohl nach Osten wie nach Westen, und wir haben uns die ganze Fleckenzone der Sonne von einem solchen enormen Strahlenkranz umgeben zu denken (siehe Fig. 4). Die Ausgangsstellen der Hauptstrahlen sind meist etwas weiter vom Sonnenäquator entfernt als die Hauptfleckenzonen. Zwischen gewissen in der Korona wahrgenommenen Details einerseits und den Flecken, sowie namentlich den Protuberanzen andererseits scheinen enge Beziehungen zu bestehen.

Die Beobachtung der Sonnenkorona während der Finsternisse geschieht heutzutage zumeist auf photographischem Wege; Zeichnungen selbst von geübten Beobachtern haben sich bei der Kürze der Beobachtungszeit (höchstens 8 Min.) und der unvermeidlichen Erregtheit der Beobachter als wenig zuverlässig erwiesen. Fig. 4 zeigt eine photographische Aufnahme der Korona während der Finsternis vom 28. Mai 1900; dieselbe rührt von der Expedition des U. S. Naval Observatory in Washington her. Neuerdings hat man versucht, durch Vergleichung von Koronaphotographien, die auf verschiedenen, weit voneinander entfernten Stationen (Spanien und Ägypten) aufgenommen worden waren und daher auch zeitlich auseinanderliegen (etwa 70 Minuten), Bewegungen einzelner gut definierter Punkte in der Korona zu konstatieren, hat solche aber nicht mit Sicherheit feststellen können.

Das Spektrum der inneren Teile der Korona ist ein kontinuierliches, über welches ein Emissionsspektrum gelagert ist. Das kontinuierliche Spektrum der inneren Korona läßt keine Spur der Fraunhoferschen Absorptionslinien erkennen, woraus man schließen kann, daß die innere Korona in der Hauptsache aus glühenden Partikeln besteht, die ihre hohe

Temperatur durch die Nähe der Sonne erhalten haben. Das über das kontinuierliche Spektrum gelagerte Emissionsspektrum, welches aus ein bis zwei Duzend Linien besteht, beweist aber, daß auch glühende Gase in der Korona vorhanden sein müssen. Die hellste Linie in diesem Emissionsspektrum ist eine grüne (Wellenlänge 5303 ÅE); sie sowohl wie auch die anderen Linien lassen sich nicht mit den Linien irgend eines bekannten Elementes identifizieren. Man hat dasjenige Element, dem die grüne Linie angehört, „Koronium“ genannt. Wie viele unbekannte Elemente in der Korona vorhanden sind, ist nicht bekannt. Es kommen Veränderungen in dem Emissionsspektrum der Korona vor; so hat man bei der totalen Sonnenfinsternis vom Januar 1908 eine sehr helle Linie im Ultraviolett (Wellenlänge 3602 ÅE) konstatiert, die früher nicht vorhanden gewesen ist. An der Stelle der Koronalinien finden sich im Sonnenspektrum keine entsprechenden Absorptionslinien.

Das bisher Gesagte bezieht sich auf das Spektrum der innersten Teile der Korona. Das Spektrum ihrer mittleren und äußeren Teile ist kontinuierlich und zeigt schwach die Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspektrums. Freilich sind diese nicht von allen Beobachtern wahrgenommen worden. Man darf wohl den Schluß ziehen, daß das Licht dieser Teile der Korona wenigstens zum Teil reflektiertes Sonnenlicht ist, zumal da sich eine teilweise Polarisation dieses Lichtes hat nachweisen lassen.

Zu einer in jeder Weise befriedigenden Erklärung der Korona ist man noch nicht gelangt. Als sicher darf man annehmen, daß sie eine ganz außerordentlich geringe Dichte besitzt. Schäberles mechanische Theorie nimmt an, daß die Korona aus Strömen feiner Materie besteht, die von der Sonne ausgehen. Arrhenius meint, daß die Kraft, welche diese Materie von der Sonne fortreibt, der „Lichtdruck“

sei. Lichtstrahlen üben nämlich auf alle Körper, die sie treffen, einen gewissen Druck aus, und für sehr kleine Partikel kann dieser Lichtdruck die Schwerkraft übertreffen. Die magnetische Theorie der Korona sieht diese als eine etwa dem Polarlicht entsprechende Erscheinung an. Vielleicht spielen auch Fluoreszenzphänomene in der Korona eine Rolle.

Als eine Art Fortsetzung der Korona nach außen hin betrachten einige Astronomen das Zodiakallicht. Dieses stellt sich dem Auge des Beobachters meistens als ein vom Horizont emporsteigender Lichtfegel dar, dessen Begrenzungslinie die Hälfte einer langgezogenen Ellipse darstellt, deren große Achse mit der Ekliptik zusammenfällt, so daß also die ganze Erscheinung an den als Zodiakus bezeichneten Streifen am Himmel gebunden ist und daher ihren Namen führt. Genauere Untersuchungen haben es indessen wahrscheinlich gemacht, daß die große Achse in die Richtung des Sonnenäquators fällt, der gegen die Ekliptik um 7° geneigt ist. Unter den Tropen erhebt sich das Zodiakallicht nahezu senkrecht zum Horizont als eine schöne, etwa so hell wie die Milchstraße leuchtende Erscheinung und ist zu allen Zeiten des Jahres gut zu sehen. Seine von der Sonne entfernteren Partien erscheinen schwächer, sind aber doch meist bis 90° Abstand von der Sonne zu verfolgen. Zuzeiten gelingt es dort wohl auch, das Zodiakallicht über die ganze Ekliptik hin zu verfolgen, wobei sich dann meistens in dem der Stellung der Sonne diametral gegenüberliegenden Punkte der Ekliptik ein schwacher rundlicher Lichtschein, Gegenschein genannt, zeigt, welcher auch gelegentlich bei nicht geschlossenem Zodiakallicht, also isoliert von dem östlichen oder westlichen Lichtfegel, auftritt. In den gemäßigten Zonen wird derselbe selten beobachtet, wohl hauptsächlich, weil sich dort das Zodiakallicht als ein schwaches, schwer zu sehendes Phänomen darstellt. Man nimmt es noch am besten wahr, wenn

morgens oder abends die Ekliptik recht steil über den Horizont sich erhebt, also für nördliche Breiten im September und Oktober am Morgenhimmel, im Februar und März abends bald nach Sonnenuntergang.

Die spektroskopische Untersuchung des Zodiakallichtes ist wegen seiner Lichtschwäche schwierig. Es hat sich gezeigt, daß das Spektrum ein kontinuierliches ist, in welchem man irgendwelche Einzelheiten seiner Schwäche wegen nicht wahrnehmen kann. Wahrscheinlich ist es nur reflektiertes Sonnenlicht, welches das Zodiakallicht uns zusendet.

Über die Natur des Zodiakallichtes sind zahlreiche Hypothesen aufgestellt worden. Man geht schwerlich fehl, wenn man es für eine die Sonne umgebende, bis über die Erdbahn hinausreichende Wolke kosmischen Staubes hält, welche die Gestalt einer flachen Scheibe besitzt, und welche von außerordentlich geringer Dichte ist.

Zweites Kapitel.

Der Mond.

§ 9. Die Gebilde der Mondoberfläche.

Nächst der Sonne ist der Mond der hellste Himmelskörper an unserem Firmament. Er ist im Mittel nur 384 000 km von der Erde entfernt; seine Masse ist $\frac{1}{81}$, seine Dichte etwa die Hälfte von der der Erde, sein Volumen $\frac{1}{50}$ von dem der Erde. Die Schwere auf der Oberfläche des Mondes ist $\frac{1}{6}$ von der auf der Erdoberfläche. Da die Rotationszeit des Mondes um seine Achse gleich seiner Umlaufszeit um die

Erde ist, so kehrt er der letzteren immer dieselbe Seite zu, und wir besitzen daher nur von dieser Seite Kenntniß¹⁾.

Der Anfang der Untersuchung der Mondoberfläche fällt mit der Erfindung des Fernrohrs zusammen. Galilei war der erste, der den Mond durch das Fernrohr studierte und die Berge auf ihm entdeckte. Er versuchte sogar, die Höhen derselben dadurch zu bestimmen, daß er den Abstand einer eben aus dem Dunkel auftauchenden Bergspitze von der Lichtgrenze schätzte.

Unter den Astronomen des 17. Jahrhunderts, die sich mit der Erforschung der Mondoberfläche befaßten, sind vor allen Langrenus und Hevelius zu nennen, die beide (ersterer 1645, letzterer 1647) Mondkarten veröffentlichten. Wenige Jahre darauf erschien die von Riccioli in seinem „Almagestum novum“ wiedergegebene Mondkarte, auf der die hauptsächlichsten Gebilde mit den Namen berühmter Astronomen und Mathematiker belegt sind. (Schon Langrenus hatte diesen Objekten Namen gegeben.) Im 18. Jahrhundert war es zunächst Tobias Mayer in Göttingen, der sich um die Topographie des Mondes verdient machte. Seine kleine, 1775 veröffentlichte Mondkarte blieb fünfzig Jahre hindurch die beste. Sehr umfangreich waren die um das Ende des 18. Jahrhunderts von dem Oberamtmann Schröter in Lilienthal bei Bremen ausgeführten Mondbeobachtungen. Er bestimmte die Höhe der Mondberge, indem er die Länge des von ihnen geworfenen Schattens maß, und fertigte detaillierte Zeichnungen einzelner Teile der Mondoberfläche an.

Aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts haben wir die Mondkarte von Lohrmann und diejenige von Beer und Mädler zu erwähnen, welche letztere noch heute in ihrer kleineren Ausgabe viel von Amateuren benutzt wird. Zur

¹⁾ Genaueres über die Bewegung, Größe, Entfernung und über die Libration des Mondes, insofern wir etwas mehr als die Hälfte seiner Oberfläche zu Gesicht bekommen, siehe in „Astronomie von Möbius“ (Sammlung Götschen Nr. 11).

Bezeichnung der einzelnen Objekte verwandten diese beiden Autoren fast alle von Riccioli und von Schröter eingeführten Namen und fügten noch eine große Zahl neuer (nach berühmten Astronomen, Mathematikern usw.) hinzu. Im Jahre 1878 erschien dann die große, fast 2 m im Durchmesser haltende Mondkarte von Julius Schmidt, dem Direktor der Sternwarte in Athen; sie ist noch jetzt die größte zusammenhängende Mondkarte, die wir besitzen.

Seit der Einführung der Photographie in die Astronomie sind von verschiedenen Seiten photographische Atlanten des Mondes herausgegeben worden, die direkt den Anblick des Mondes (bzw. einzelner Teile desselben) im Fernrohr wiedergeben. Der schönste unter diesen Atlanten ist der auf der Pariser Sternwarte von Loewy und Puiseux hergestellte, der noch im Erscheinen begriffen ist. Als Probe einer Mondphotographie reproduzieren wir in Fig. 5 eine auf der Yerkes-Sternwarte gewonnene Aufnahme eines Teiles der Mondoberfläche (Gegend um die Krater Clavius, Longomontanus, Tycho).

Bei einer Betrachtung mit bloßem Auge scheint die Oberfläche des Mondes aus dunkeln und hellen Flecken zu bestehen; sobald man jedoch das Fernrohr auf dieselbe richtet, erkennt man, daß ihre Struktur keineswegs einfach ist. Es zeigt sich, daß die dunkeln Flecke ausgedehnte Ebenen sind, während die hellen Partien übersät sind von weitverzweigten Gebirgsbildungen, die vorherrschend eine runde Gestalt haben und an die Krater unserer irdischen Vulkane erinnern. Außerdem kommen noch Erhöhungen vor, die den irdischen Gebirgen gleichen, und endlich bemerkt man bei genauerem Studium noch eine große Zahl mehr oder weniger langer Spalten im Boden des Mondes, die man als „Rillen“ bezeichnet. So kann man auf dem Monde folgende vier Hauptklassen von Formationen unterscheiden: Ebenen,

Krater, Gebirge und Rillen, die der Reihe nach besprochen werden sollen.

Die Ebenen sind, wie schon erwähnt, von dunkler Färbung. Langrenus hat für die größeren von ihnen die Bezeichnung „Meer“ (mare) und „Ozean“ (oceanus), für die kleineren „See“ (lacus) und „Sumpf“ (palus) eingeführt unter Beifügung von entsprechenden Eigennamen. Für einzelne, sich in die hellen Bergländer hinein erstreckende Teile der Ebenen ist der Gattungsname „Meerbusen“ (sinus) im Gebrauch. Mit all diesen Bezeichnungen soll aber durchaus nicht gesagt sein, daß diese dunklen Flecke wirklich von Wasser gebildet seien; dies ist vielmehr sicher nicht der Fall. Die Meere stellen keineswegs überall glatt verlaufende Ebenen dar, sondern sind häufig von Kratern, kleinen Höhenzügen und Spalten unterbrochen. Auch sind sie nicht streng voneinander gesondert, sondern gehen vielfach ineinander über. Im wesentlichen bilden sie einen Gürtel auf der Mondoberfläche, der nach Franz um 21° gegen den Mondäquator geneigt ist und in seinen verschiedenen Teilen sehr verschieden breit ist. Im ganzen nehmen die Meere ein knappes Drittel der uns sichtbaren Mondoberfläche ein; ihr Niveau ist tiefer als das der Bergländer. Die wichtigsten Meere heißen (von West nach Ost) Mare Foecunditatis, Mare Crisium, Mare Tranquillitatis, Mare Serenitatis, Mare Imbrium, Mare Nubium, Oceanus Procellarum und Mare Humorum.

Mit der Bezeichnung Krater belegt man alle diejenigen Mondformationen, die eine runde Form zeigen. Sie sind von außerordentlich verschiedener Ausdehnung, und man hat sich daher genötigt gesehen, sie nach ihrer Größe in verschiedene Klassen einzuordnen, die sich freilich nicht streng gegeneinander abgrenzen lassen, sondern alle möglichen Zwischenstufen und Übergangsformen zeigen. Die größten

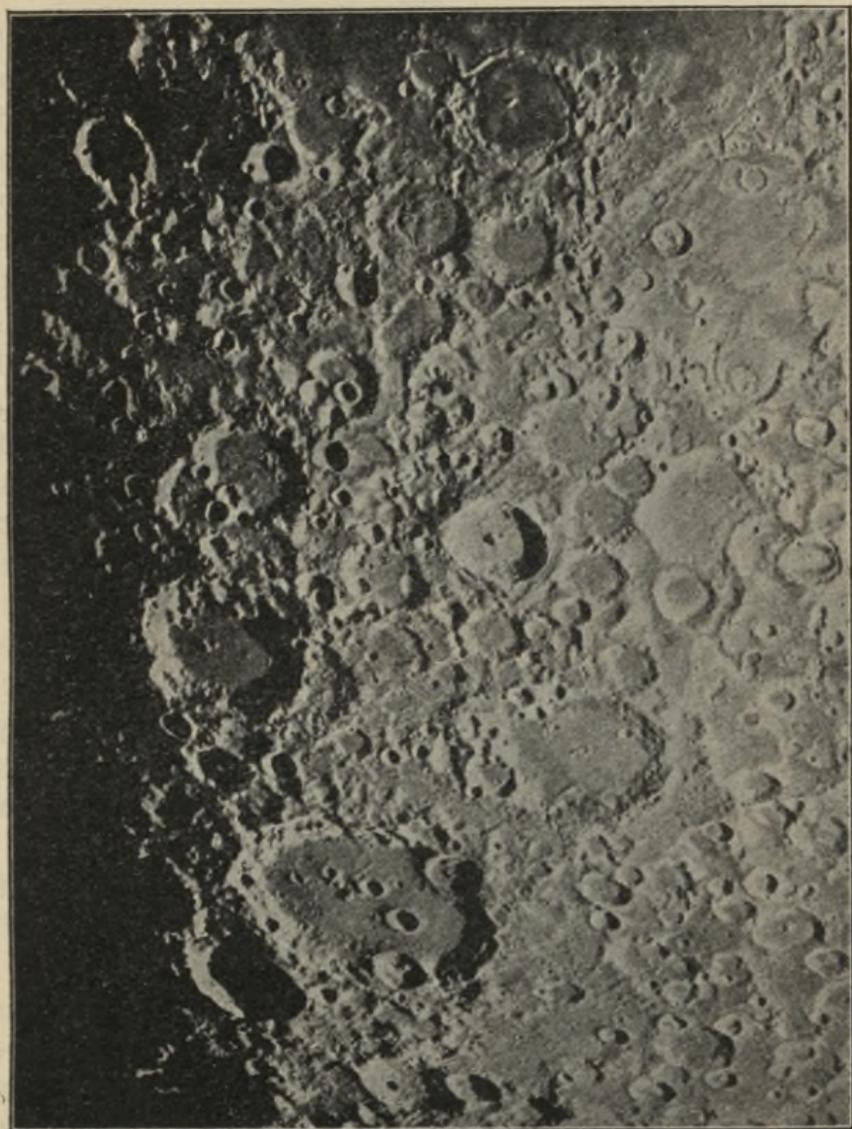


Fig. 5. Teil der Mondoberfläche.

Krater nennt man Wallebenen, die etwas kleineren Ringgebirge und Ringebenen, die noch kleinen Kraterebenen und Krater und schließlich die kleinsten Kratergruben.

Die größten Wallebenen haben Durchmesser bis zu 250 km, die kleinsten Kratergruben von weniger als 1 km. Von den irdischen Vulkanen sind die Mondkrater wesentlich verschieden. Ihr Bau ist im allgemeinen der folgende: Ein ringförmiges Gebirge von oft komplizierter Struktur umgibt eine Ebene, in deren Mitte sich sehr häufig ein Zentralkegel erhebt. In dieser Ebene bemerkt man oft kleinere Krater, Berge und auch Rillen. Der Zentralkegel ist niedriger als der Wall, der die Ebene umgibt, und der Wall fällt nach innen steil, nach außen allmählich ab. Das Innere des Kraters liegt etwas tiefer als die äußere Umgebung. Das Aussehen der ganzen Formation für einen irdischen Beobachter hängt sehr stark ab von dem Winkel, unter dem die Sonne sie beleuchtet, bzw. von dem durch diesen Winkel bedingten Schattenwurf. Fig. 6 gibt eine Ansicht der ungefähr 90 km im Durchmesser haltenden Wallebene Gassendi, bald nachdem die Sonne für diesen Teil des Mondes aufgegangen ist, und bei höchstem Sonnenstande. Die Umwallung des Gassendi ragt in ihren höchsten Erhebungen bis zu fast 3000 m empor. Der höchste Gipfel des Zentralkegels erhebt sich etwa 1200 m über die ihn umgebende Ebene.

Die kleinsten kraterartigen Gebilde, die Kratergruben, besitzen keine eigentliche Umwallung, sondern bilden nur eine Vertiefung im Boden des Mondes.

Die Zahl der Krater ist ganz außerordentlich groß. Die Schmidt'sche Mondkarte enthält deren über 30 000, und die Anzahl aller unter den günstigsten Bedingungen auffindbaren Krater ist jedenfalls noch ganz wesentlich größer. An vielen Stellen der Mondoberfläche bemerkt man, daß die Krater in Reihen angeordnet sind. Auch liegen sie keineswegs alle gesondert voneinander, sondern vielfach berühren sie sich oder greifen ineinander über, wobei dann der eine den andern mehr oder weniger zerstört hat. Im Innern und

Süd



West

Bald nach Sonnenaufgang.

Ost



Bei höchstem Sonnenstande.

Nord

Fig. 6. Die Wallebene Cassendi.

auf den Wällen der größeren Krater finden sich oft kleinere. Auf dem Walle größerer Krater liegende kleinere Krater nennt Franz, einer der besten Kenner des Mondes, „Wallkrater“, und er stellt die Regel auf, daß niemals ein Wallkrater von dem Walle, auf dem er sich befindet, unterbrochen wird, sondern daß stets das Umgekehrte der Fall ist. Man muß daraus schließen, daß die Wallkrater später entstanden sind als die großen Krater. Überhaupt haben sich nach Franz die großen Krater zuerst, die kleinen erst später gebildet, so daß die Größe eines Kraters ein Zeichen seines Alters ist. Von der Entstehungsweise der Krater wird später die Rede sein.

Waren die bisher besprochenen Gebilde den Oberflächenformen der Erde, welche ihnen den Namen gegeben haben, im allgemeinen recht unähnlich, so ist dies bei den Bergen auf dem Monde weit weniger der Fall. Man trifft auf dem Monde große Bergländer an, die aus einzelnen durch Täler getrennten, aber auch wieder durch Querrücken verbundenen Gebirgsketten bestehen, denen oft Vorberge vorgelagert sind, welche mit den Hauptzügen eine breite Masse bilden. Die bekanntesten unter diesen Bergländern des Mondes sind die „Apenninen“, der „Kaukasus“ und die „Alpen“. Die Apenninen haben in der Richtung von Nord nach Süd eine Ausdehnung von 300 km, in der von Ost nach West eine solche von 270 km. Ihre höchste Erhebung über die umgebende Ebene beträgt 6000 m. In nordwestlicher Richtung von den Apenninen erstreckt sich der Kaukasus, dessen höchste Spitze nicht ganz 5800 m erreicht. Von diesem wieder nördlich liegen die Alpen, deren Gipfel sich etwa nur 4000 m erheben.

Außer den Bergländern kommen auch isoliert liegende Bergspitzen vor, die durchschnittlich 1200 m hoch sind, doch erreichen einige wenige fast die doppelte Höhe. Ferner

gibt es dann noch Hochebenen mit mehr oder minder steilen Abhängen und schließlich Bergrücken bis zu 300 km Ausdehnung und in entsprechend kleinerem Maßstabe Landrücken.

Für die Höhen der Gebirgsbildungen auf dem Monde haben wir schon einige Beispiele angeführt. Während man auf der Erde alle Höhen auf die Meeresoberfläche bezieht, kann man die Höhen der Berge auf dem Monde nur in bezug auf ihre nächste Umgebung messen. Durch den Umstand, daß die Schwere auf der Mondoberfläche nur sehr gering ist, nämlich $\frac{1}{6}$ der Schwere auf der Erdoberfläche, ist die Entstehung großer Höhen sehr begünstigt worden, und so sind denn die Erhebungen im Verhältnis zum Mondradius weit bedeutender als die auf der Erde im Verhältnis zum Erdradius. Ein Gipfel in der Umwallung des Ringgebirges Curtius überragt die innere Fläche desselben um 8000 m, und ein Gipfel in den Leibnizbergen scheint bis zu etwa 9000 m emporzuragen.

Vergeblich sucht man auf der Erde nach einem Analogon für jene eigentümlichen, von Schröter auf dem Monde entdeckten und von ihm Killen genannten Gebilde. Das von Schmidt über dieselben aufgestellte Verzeichnis umfaßt 425 Nummern. Seit Schmidt aber hat sich die Zahl derselben durch Neuentdeckungen sehr vergrößert und immer noch werden neue aufgefunden. Fig. 6 zeigt im Innern des Gassendi einige kleinere Killen, an denen man ihren allgemeinen Habitus recht gut erkennen kann. Diese Spalten bilden längere (bis 500 km) oder kürzere, enge und ziemlich tiefe Schluchten, die teils grade, teils gekrümmt sind, teils einzeln, teils sich verzweigend und schneidend auftreten. Bald werden sie von einem Berge oder Krater unterbrochen, bald durchschneiden sie ein solches Gebilde oder laufen um es herum. Zuweilen gehen sie strahlenförmig von einem

Krater aus oder umgeben ihn nekartig, zuweilen verlaufen sie zwischen zwei Bergen oder nehmen wenigstens einen solchen als Ausgangspunkt, zuweilen zeigen sie sich in Ebenen ohne besonders markierten Anfangs- und Endpunkt, kurz, sie zeigen die größte Mannigfaltigkeit.

Noch räthselhafter als diese Killen sind ihrer Natur nach jene oft sehr ausgedehnten Systeme von hellen Streifen oder Strahlen, welche einzelne Gebilde der Mondoberfläche umgeben. Dieselben sind durchaus nicht immer sichtbar, sondern nur, wenn die betreffende Gegend unter voller Beleuchtung liegt. Sie gehen von einzelnen Formationen der Kraterklasse aus, indem sie, meist in einiger Entfernung vom Walle beginnend, nach den verschiedensten Richtungen hin auseinanderlaufen auf Hunderte von Kilometern Entfernung. Scheinbar ohne irgendeine Unterbrechung oder Störung zu erleiden, gehen sie über Ebenen, Krater, Berge und Täler hinweg. Fast immer verlaufen sie gerade, selten gekrümmt, gelegentlich jedoch verzweigen sie sich. Die Zahl der Strahlen, welche von einem Gebilde ausgehen, ist sehr verschieden: der Krater Messier hat nur zwei, das Ringgebirge Tycho dagegen an hundert getrennte Strahlen; das System des Tycho ist überhaupt das glänzendste und ausgedehnteste auf dem Monde, denn einzelne Strahlen lassen sich auf 1800 km verfolgen. Was man sich unter diesen Strahlen zu denken hat, ist noch nicht mit Sicherheit zu sagen; jedenfalls sind es keine Erhebungen, denn sie werfen niemals einen Schatten.

§ 10. Helligkeit, Atmosphäre und Temperatur des Mondes.

Bei der stets wechselnden Helligkeit des Mondes in seinen Phasen ist es selbstverständlich, daß man bei der Vergleichung der Helligkeit des Mondes mit der von andern Objekten eine

ganz bestimmte Phase zugrunde legen muß, und hierfür bietet sich am ungezwungensten der Vollmond dar. Über die Vergleichung seiner Helligkeit mit derjenigen der Sonne ist bereits zu Beginn des § 6 das Nötige gesagt worden, und mit Hilfe der dort gemachten Angaben über das Helligkeitsverhältnis von Sonne und einzelnen Sternen kann man auch leicht das Helligkeitsverhältnis von Vollmond und denselben Sternen berechnen. Alle diese Zahlen sind aber wegen der enormen Helligkeitsdifferenzen, die hier in Betracht kommen, nur ziemlich ungenau. W. S. Pickering, der die Helligkeit der Sonne in Größenklassen gleich $-26,8$ setzt, nimmt die des Vollmondes zu $-12,5$ an.

Was nun die Helligkeit der Mondphasen anbetrifft, so existieren darüber verschiedene Messungsreihen, die aber ziemlich stark voneinander abweichen. In der folgenden Tabelle ist die Helligkeit des Vollmondes gleich 100 gesetzt und dann angegeben, wie hell die Mondphasen so viel Tage und Stunden vor und nach Vollmond sind, als die erste Kolonne angibt. Die Zahlen beruhen auf Messungen von W. S. Pickering.

Tage und Stunden vor oder nach Vollmond				Helligkeit des Mondes
0	Tage	0	Stunden	100
1	"	15	"	69
3	"	7	"	43
4	"	22	"	24
6	"	13	"	12
8	"	5	"	6

Diese Zahlen stimmen mit den theoretisch abgeleiteten Formeln für die Helligkeit der verschiedenen Phasen sehr schlecht überein; diese Abweichungen rühren daher, daß bei den theoretischen Betrachtungen eine in allen Punkten das

Licht gleichmäßig reflektierende Oberfläche vorausgesetzt wird, die eben der Mond durchaus nicht besitzt.

Der Mond strahlt nun keineswegs das ganze Licht, welches er von der Sonne empfängt, wieder zurück, wie dies ja überhaupt kein beleuchteter Körper tut. Lambert hat für das Verhältnis der reflektierten Lichtmenge zu der eingestrahnten die Bezeichnung „Albedo“ eingeführt und diese definiert als das Verhältnis der von einem Flächenelement nach allen Seiten reflektierten Lichtmenge zu derjenigen, die dasselbe aus einer bestimmten Richtung empfangen hat. Danach würde sich die Albedo mit der Richtung des einfallenden Lichtes ändern, und daher hat Seeliger vorgeschlagen, den Mittelwert sämtlicher für einen Körper nach Lamberts Definition möglichen Albedowerte einzuführen und diesen mit dem Namen „Albedo“ zu belegen, wie im folgenden immer geschehen wird. Der Wert der Albedo ist für verschiedene Stellen der Mondoberfläche sehr verschieden; als mittlerer Wert wird 0,17 angenommen. Die hellsten Stellen des Vollmondes leuchten etwa 160 mal so hell als die dunkelsten. Im allgemeinen sind die in tiefem Niveau liegenden Teile der Mondoberfläche, namentlich die Meere, weit dunkler als die höher gelegenen. Manche Berge zeichnen sich durch außerordentlich große Helligkeit aus. Zweifellos werden diese Verschiedenheiten der Helligkeit durch die verschiedene Bodenbeschaffenheit bedingt. — Hier sei erwähnt, daß das sogenannte „aschfarbene Licht“, welches sich auf dem nicht von der Sonne beleuchteten Teile der Mondscheibe gelegentlich zeigt und am besten bei ganz schmaler Mondichel zu sehen ist, nichts weiter ist als eine sehr schwache Erleuchtung der nicht im Sonnenlicht liegenden Mondpartien durch die von der Sonne beschienene Erde. Desgleichen ist das bei totalen Mondfinsternissen auf der Mondscheibe zuweilen sichtbare schwache rötliche Licht dieser nicht eigentümlich, sondern

dadurch hervorgerufen, daß die an der Erde vorbeistreifenden Sonnenstrahlen in der Atmosphäre derselben so gebrochen werden, daß sie auf den im Erdschatten befindlichen Mond fallen.

Das Licht, welches wir vom Monde empfangen, ist reflektirtes Sonnenlicht, und das Spektrum des Mondes muß daher im wesentlichen mit dem Sonnenspektrum übereinstimmen. Wenn aber der Mond eine merkliche Atmosphäre besäße, so müßten in seinem Spektrum neue Absorptionslinien zu den im mittleren Sonnenspektrum vorhandenen hinzutreten oder wenigstens einige von den letzteren verstärkt erscheinen. Dies ist aber nicht der Fall, das Mondspektrum stimmt vielmehr ganz genau mit dem Sonnenspektrum überein. Der Mond besitzt also gar keine oder nur eine außerordentlich dünne Atmosphäre. Zugunsten dieser Ansicht kann man noch anführen, daß man nie zweifellose Spuren von Wolkenbildung auf dem Monde wahrnimmt, daß bei Sonnenfinsternissen der Mondrand scharf erscheint, daß die Schatten auf dem Monde stets tief schwarz und nicht grau sind, daß das Licht der Sterne, welche der Mond in seinem Laufe bedeckt, keinerlei Abnahme zeigt, wenn sie sich dem Mondrande nähern usw. Man kann mit einiger Sicherheit behaupten, daß eine etwa vorhandene Mondatmosphäre nur etwa $\frac{1}{2000}$ der Dichte der Erdatmosphäre besitzen kann, also ohne jede Bedeutung ist. Dagegen ist es recht wohl möglich, daß der Mond früher eine dichtere Atmosphäre besessen hat. Wie Stonely auf Grund der kinetischen Gas- theorie nachgewiesen hat, muß diese Atmosphäre unter der Voraussetzung, daß sie aus denselben Gasen wie die irdische bestanden hat, allmählich immer dünner geworden sein. Unter den auf dem Monde herrschenden Schwere- und Temperaturverhältnissen müssen nämlich die Geschwindigkeiten, welche die Gasmoleküle nach der kinetischen Gastheorie

haben, so groß sein, daß diese Moleküle vom Monde fort in den Weltraum fliegen. Die aus den Beobachtungen gefolgerte Tatsache, daß der Mond keine merkliche Atmosphäre besitzt, steht mit dieser Theorie im besten Einklang.

Die Temperatur des Mondes zu bestimmen, ist eine ziemlich schwierige Aufgabe. Man hat von vornherein zu erwarten, daß die Temperaturschwankungen auf dem Monde sehr groß sein werden, denn ein bestimmter Teil der Mondoberfläche hat vierzehn irdische Tage hintereinander Nacht und vierzehn Tage hintereinander wird er von der Sonne bestrahlt. Während der langen Nacht wird die Temperatur des Bodens nahezu auf die des Weltraums, d. h. auf den absoluten Nullpunkt (-273°C) sinken, während des langen Tages aber wird sich die Bodentemperatur ganz wesentlich erhöhen. In der Tat konnte Lord Rosse eine Temperaturdifferenz von 300°C zwischen Tag und Nacht auf dem Monde durch seine Messungen feststellen. Bery glaubt aus seinen eigenen Untersuchungen folgern zu können, daß die Bodentemperatur am Mondäquator $+100^{\circ}\text{C}$ beträgt, wenn die Sonne am höchsten steht.

§ 11. Die Veränderungen auf dem Monde.

Wir haben schon bei Besprechung der Mondformationen auf das ganz verschiedene Aussehen eines und desselben Gebildes unter veränderter Beleuchtung hingewiesen; wenn wir jetzt die Veränderungen auf der Mondoberfläche ins Auge fassen, so sollen natürlich alle derartigen scheinbaren Änderungen von der Betrachtung ausgeschlossen sein. Es soll vielmehr nur die Frage näher beleuchtet werden, ob tatsächlich Neu- oder Umbildungen einzelner Objekte auf dem Monde vorkommen. Die landläufige Anschauung ist die, daß wir es auf dem Monde mit einer wasserlosen Wüste

ohne Atmosphäre zu tun haben. Man wird zugeben müssen, daß infolge der enormen, am Schlusse des vorigen Paragraphen erwähnten Temperaturschwankungen sich Ausdehnungen und Zusammenziehungen des Materials der Mondoberfläche vollziehen können, die zur Lockerung des inneren Zusammenhaltes desselben, ja zum völligen Zerfall einzelner Teile führen können. Nun werden derartige Veränderungen sehr schwer zu konstatieren sein, denn dies setzt eine außerordentlich genaue Bekanntschaft des Beobachters mit der betreffenden Örtlichkeit voraus, und selbst dann wird er nur größere Veränderungen wahrzunehmen vermögen; denn die meisten Bergstürze, wie sie auf der Erde vorkommen, würden auch mit den besten optischen Hilfsmitteln auf dem Monde ihres geringen Umfanges wegen nicht konstatiert werden können. Außer diesem allmählichen Zerfall einzelner Gebilde wird man aber auch die Möglichkeit von Neubildungen zugeben müssen, sobald man entgegen der landläufigen Ansicht die vulkanische Tätigkeit auf dem Monde nicht als vollkommen erloschen betrachtet, und in der That beziehen sich die meisten Beobachtungen von Veränderungen auf Neubildungen, deren Realität aber nur sehr schwer sicher zu konstatieren ist.

Eines der auffälligsten Beispiele für eine vermutliche Veränderung liefert der Krater Linné. Lohrmann beschreibt ihn als einen unter jeder Beleuchtung zu sehenden, sehr tiefen Krater von 10 km Durchmesser; Beer und Mädler rühmen seine Deutlichkeit besonders bei schräger Beleuchtung, auch Schmidt hat ihn im Anfang seiner Mondstudien so gesehen. 1867 zeigte jedoch Schmidt an, daß Linné verschwunden sei. An seiner Stelle befindet sich noch heute ein diffuser Lichtfleck, innerhalb dessen ein Hügel mit einem Kraterchen auf seinem Gipfel wahrgenommen werden kann. H. J. Klein ist der Ansicht, die Erscheinung sei dadurch zu erklären, daß in

dem ehemaligen Krater Linné eine vulkanische Eruption stattgefunden habe; flüssige Eruptionsprodukte haben den Krater größtenteils angefüllt und sich über seinen Rand ergossen, so daß ein flacher Hügel entstanden ist. W. S. Pickering hat die Wahrnehmung gemacht, daß der Durchmesser des erwähnten diffusen Lichtflecks sich während einer Mondfinsternis, während also der Schatten der Erde darüber hinwegt, in merkwürdiger Weise ändert. Auch mit der Änderung der Sonnenhöhe für diese Gegend des Mondes finden Änderungen des Durchmessers jenes Flecks statt.

In dem soeben besprochenen Falle scheint ein Krater verschwunden zu sein, in dem nunmehr zu erörternden aber scheint sich ein neuer Krater gebildet zu haben. Am 19. Mai 1877 erblickte H. J. Klein nahe bei dem Krater Hyginus sehr deutlich eine kreisförmige Kratergrube von 3—4 km Durchmesser. Da er den betreffenden Teil der Mondoberfläche genau kannte, so schloß er sofort, daß eine Neubildung stattgefunden habe, und die beiden besten Kenner des Mondes zu jener Zeit, Schmidt und Neison, die gleichfalls jene Gegend häufig beobachtet hatten, pflichteten ihm vollkommen bei. Es scheinen in jener Gegend später noch weitere Veränderungen vor sich gegangen zu sein.

Auf andere mehr oder minder wahrscheinliche Fälle von Veränderungen auf dem Monde können wir hier nicht näher eingehen. Wenn auch die Realität der Neubildungen nicht absolut streng bewiesen werden kann, so ist sie doch in einigen Fällen, und namentlich in den beiden näher besprochenen, wahrscheinlich. Eine endgültige Entscheidung kann nicht getroffen werden. Wenn wirklich Änderungen vorkommen, so ist zu hoffen, daß man solche auch einmal auf photographischen Aufnahmen des Mondes finden wird. Damit wäre dann die strittige Frage definitiv beantwortet.

§ 12. Die Entstehung der Gebilde auf dem Monde.

Die Theorien über die Entstehung der Gebilde auf der Mondoberfläche beschäftigen sich in erster Linie mit den besonders charakteristischen Objekten, den Kratern. Über die Entstehung derselben ist eine sehr große Zahl von Hypothesen aufgestellt worden, von denen aber die meisten gänzlich unhaltbar sind. Nur einige der wichtigsten, die eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich haben, sollen hier betrachtet werden.

Eine der bekanntesten Theorien über die Entstehung der Mondkrater ist die sogenannte Meteortheorie. Nach dieser sind die Krater dadurch entstanden, daß auf die Mondoberfläche Meteore gestürzt sind; die Spuren dieser Meteorfälle sind die Ringwälle. In der That gelingt es, experimentell in kleinem Maßstabe Gebilde herzustellen, welche den Mondkratern ähneln, wenn man auf eine Oberfläche aus passend gewähltem, bildsamem Material kleine Kugeln aufstreifen läßt. Gegen diese Hypothese läßt sich einwenden, daß, wenn der Mond von zahllosen Meteoriten aller Größen (bis zu hundert und mehr Kilometer Durchmesser) getroffen worden ist, dies auch für die Erde hätte der Fall sein müssen. Man hat aber auf der Erde bisher nur ein kleines, den Mondkratern ähnliches Gebilde aufgefunden, das ohne Zweifel durch das Auftreffen eines Meteors zu erklären ist, und wenn auch kleine Meteore in der Erdatmosphäre verdampfen, so ist dies doch bei großen nicht möglich. Auf den genannten Einwand erwidern nun die Anhänger der Meteortheorie, daß jene Meteore, die den Mond getroffen haben, nicht aus dem Weltraum gekommen sind, sondern daß sie selbständige, kleine Monde der Erde waren, die sich in ähnlicher Bahn wie unser jetziger Mond bewegten und sich schließlich mit ihm vereinigten. Nach der Kant-Laplace'schen Hypothese über die

Entstehung der Planeten und ihrer Monde kann ja tatsächlich etwas derartiges eingetreten sein. Aber selbst wenn man das erwähnte Bedenken als widerlegt betrachten will, so bleiben doch gewichtige Einwände physikalischer Natur gegen die Meteortheorie übrig. Man darf sich in solchem Falle nicht durch die scheinbare Beweiskraft von Laboratoriumsversuchen, die in kleinem Maßstabe und unter ganz besonderen Bedingungen angestellt sind, täuschen lassen. — H. Ebert hat eine andere Theorie über die Bildung der Mondkrater aufgestellt, die wohl mehr Beachtung verdient. Er denkt sich die Vorgänge folgendermaßen: Als die Oberfläche des Mondes schon im großen ganzen erstarrt war, das Innere sich aber noch in glühend-flüssigem Zustande befand, mußten in diesem glühend-flüssigem Magma infolge der Anziehung der Erde, da Umlauf- und Umdrehungszeit des Mondes damals noch nicht gleich gewesen zu sein brauchen, Gezeiten auftreten, die seinen Spiegel abwechselnd hoben und senkten. Hob sich das Magma, so suchte es sich einen Ausweg durch die schon erstarrte Oberfläche, es quoll also bei jeder Flut über die festen Schollen empor, überflutete diese und zog sich dann bei Ebbe wieder zurück, indem es zugleich erstarrte Teile zurückließ. Es entstanden so Wellen, die von der Öffnung aus nach allen Seiten hin vordrangen, an den liegen gebliebenen erstarrten Massen brandeten und immer von neuem erstarrendes Material absetzten. So bildete sich allmählich längs der Brandungslinie ein Wall, der an der inneren, der Brandung ausgesetzten Seite eine stärkere Böschung als nach außen hatte, wie es tatsächlich bei der Umwallung der Mondkrater der Fall ist. War der ganze Boden der Einsenkung erstarrt und nur noch in der Mitte ein Kanal frei, so bildete das Magma bei seinen letzten Ausbrüchen dort einen Zentralkegel. Es ist Ebert gelungen, unter Anwendung eines geeigneten Apparates auf experimentellem Wege den Vorgang

nachzuahmen, und er erhielt tatsächlich Gebilde, die den Mondkratern sehr ähnlich waren.

Eine weitere Theorie rührt von Goewy und Puisseur her. Sie nehmen an, daß, als die Oberfläche des Mondes schon erstarrt war, sich im Innern große Mengen von Gasen und Dämpfen befanden, die stellenweise einen starken Druck auf die Rinde ausübten. Diese wölbte sich daher an den betreffenden Stellen in Gestalt einer Kugelhaube empor. Allmählich bildeten sich Risse und vulkanische Regel auf der Wölbung, die Dämpfe konnten entweichen und der innere Druck wurde geringer. Unter der Einwirkung der Schwere sank dann die ganze Wölbung in sich zusammen, und nur dort, wo sie auf der Mondoberfläche aufsaß, blieb ein ringförmiger Wall stehen. Um die Zentralregel zu erklären, sind besondere Annahmen nötig.

Keine der drei erläuterten Hypothesen kann als völlig einwandfrei bezeichnet werden, aber die übrigen, außerdem aufgestellten sind es noch weit weniger.

Auf die Erklärung der Entstehung der übrigen Gebilde der Mondoberfläche kann hier nicht eingegangen werden. Besonders schwer ist es, für die hellen Strahlensysteme eine Deutung zu finden. Goewy und Puisseur nehmen an, daß die Asche bei vulkanischen Ausbrüchen durch Strömungen in der ehemaligen Atmosphäre des Mondes weit davongetragen wurde und erst allmählich niedersank; so entstanden die hellen Streifen, die über alle Unebenheiten des Bodens gleichmäßig hinwegziehen.

Drittes Kapitel.

Die Planeten und ihre Trabanten.

§ 13. Helligkeiten und Spektren der Planeten und Trabanten.

Von den zu unserem Sonnensystem gehörigen Himmelskörpern sind die beiden für unsere Erde wichtigsten, die Sonne und der Mond, in den vorangehenden Kapiteln besprochen worden. Mit der Erde selbst haben wir uns hier nicht zu beschäftigen, und wir wenden uns daher nunmehr den übrigen großen Planeten und ihren Trabanten, sowie der Gruppe der kleinen Planeten zu. Letztere besteht aus hunderten von einzelnen Körpern, von deren physischer Beschaffenheit wir aber infolge ihrer Kleinheit nur sehr wenig wissen. Nur die Helligkeitsmessungen geben uns einigen Aufschluß über sie. Es sollen daher die Ergebnisse der photometrischen Messungen der kleinen und der besseren Übersicht wegen auch der großen Planeten zunächst besprochen werden. Über die letzteren können wir auch mit Hilfe der Spektralanalyse einiges ermitteln. Was wir sonst über die physische Beschaffenheit der großen Planeten und ihrer Trabanten wissen, wird den Gegenstand der beiden nächsten Paragraphen bilden.

Um aus den Helligkeitsverhältnissen eines Planeten einen Rückschluß auf seine Oberflächenbeschaffenheit machen zu können, ist es nötig, das Verhältnis zu kennen, in welchem das von einer beleuchteten Fläche wieder ausgestrahlte Licht zu der Gestalt und Natur dieser Fläche und zu der Art ihrer Beleuchtung steht. Nun kennen wir aber in Wahrheit diese Beziehungen, die sehr kompliziert sind, nicht, sondern müssen uns mit theoretisch ermittelten Gesetzen behelfen, die alle

nur eine Annäherung an die Wahrheit bedeuten. Solche Gesetze sind von Euler, Lambert und Lommel-Seeliger aufgestellt, und wenn auch das letzte derselben wohl der Wirklichkeit am nächsten kommt, so vermag es doch nicht alle am Himmel auftretenden Helligkeitsverhältnisse darzustellen und zu erklären. Eine große Schwierigkeit bietet dabei die Aufgabe, eine Formel aufzustellen, nach welcher man die Helligkeit einer unvollständig erleuchteten Kugel berechnen kann, wenn die Helligkeit der vollständig beleuchteten bekannt ist, also z. B. die Helligkeit der verschiedenen Lichtgestalten oder „Phasen“ des Mondes in Bruchteilen der Vollmondhelligkeit auszudrücken. Es ist bereits in § 10 darauf hingewiesen, daß die verschiedenen theoretischen Ausdrücke diese Aufgabe beim Mond absolut nicht zu lösen vermögen, weil dieselben notgedrungen eine glatte, das Licht überall gleich stark reflektierende Oberfläche des betreffenden Körpers voraussetzen, die der Mond nicht besitzt.

Schon etwas besser als beim Monde werden die betreffenden Formeln die Phasenhelligkeit bei solchen Körpern darstellen, die von einer Atmosphäre umhüllt sind, welche das von außen kommende Licht teilweise reflektiert, während der Rest an der Oberfläche des Körpers selbst reflektiert wird. Ist endlich die Atmosphäre eines Planeten oder Trabanten so dicht oder so mit Kondensationsprodukten (Wolken) erfüllt, daß das Sonnenlicht schon in den äußersten Schichten derselben reflektiert wird, so wird die theoretisch vorausgesetzte glatte, gleichmäßig reflektierende Oberfläche in der Wirklichkeit nahezu erreicht sein. Die Helligkeit einer bestimmten Phase hängt natürlich davon ab, wie groß das Stück der der Erde zugewendeten Halbkugel des betreffenden Himmelskörpers ist, welches im Schatten liegt, und dieses wird am einfachsten durch den im Winkelmaß ausgedrückten Kreisbogen auf dem Äquator des fraglichen Planeten gemessen.

Diese Größe des verfinsterten Theiles der Kugel entspricht dem Winkel, welchen die vom Mittelpunkt der Kugel nach der Sonne und Erde gezogenen Richtungslinien miteinander einschließen; man bezeichnet denselben als „Phasenwinkel“. So scharf und bequem wie beim Mond lassen sich nun freilich die Phasen bei den Planeten nicht beobachten, am besten noch bei der Venus; beim Merkur erlaubt seine große Nähe an der Sonne nur Messungen bei 50° bis 120° Phasenwinkel. Bei den außerhalb der Erdbahn kreisenden Planeten kann der Phasenwinkel naturgemäß nicht groß werden; so beim Mars höchstens 50° , bei den Planetoiden höchstens 30° , beim Jupiter 12° , beim Saturn 6° , beim Uranus 3° und beim Neptun noch nicht einmal 2° . Bei den vier letztgenannten Planeten darf man daher kaum eine meßbare Helligkeitsänderung mit der Phase erwarten, und in der That tritt eine solche auch nicht auf. Für Merkur, Venus und Mars ist man dagegen zu folgenden Resultaten gelangt: Die Helligkeit des Merkur hängt in ganz ähnlicher Weise von der Phase ab, wie dies bei unserem Monde der Fall ist. Da nun der Mond gar keine oder nur eine außerordentlich dünne Atmosphäre besitzt, so ist wahrscheinlich auch die Atmosphäre des Merkur nur dünn; auch seine Oberflächenbeschaffenheit dürfte Ähnlichkeit mit der des Mondes haben. Sehr verschieden von dem Verlauf der Phasenhelligkeiten des Mondes ist derjenige der Phasenhelligkeiten bei Venus und Mars, die untereinander in diesem Punkte Ähnlichkeit besitzen. Der hiernach naheliegende Schluß, daß die Atmosphären von Venus und Mars ebenfalls ähnlich sind, scheint aber nicht zuzutreffen, da man aus andern Gründen zu der Ansicht gekommen ist, daß die Atmosphäre der Venus weit dichter ist als die des Mars. Zu dieser Erkenntnis führt uns die Betrachtung der Werte der Albedo. Der Begriff der Albedo ist bereits in § 10 erläutert worden. Man kann auf Grund einer bestimmten

Beleuchtungstheorie die Albedo eines Planeten nur berechnen, wenn man die Größe desselben und die Helligkeit der Sonne im Vergleich zu dem betreffenden Planeten kennt. Diese letztere Kenntnis ist noch eine mangelhafte, und zudem stellt, wie erwähnt, keine der vorhandenen Beleuchtungstheorien den Verlauf der Helligkeit eines Planeten genügend dar. Daher sind auch die Albedowerte, wie sie in der folgenden Tabelle nach den auf Grund der Seeligerschen Theorie angestellten Berechnungen von Müller angeführt sind, noch unsicher.

Planet	Albedo
Merkur	0,19
Venus	1,01
Mars	0,29
Jupiter	0,82
Saturn	0,96
Uranus	0,80
Neptun	0,69

Wenn man bedenkt, wie kräftig die Wolken in unserer Atmosphäre das Sonnenlicht zurückstrahlen, so daß sie glänzend weiß erscheinen, so wird man sagen können, daß diejenigen Planeten, deren Atmosphärenhülle ganz mit solchen Kondensationsprodukten erfüllt ist, das Licht am stärksten zurückwerfen, also die größte Albedo haben werden. Ähnelt dagegen die Atmosphäre eines Planeten mehr der unserer Erde an Dichtigkeit, so wird ein großer Teil des von ihm zurückgestrahlten Lichtes erst an seiner viel dunkleren und also mehr Licht absorbierenden Oberfläche reflektiert; die Albedo wird demnach kleiner sein müssen als bei der ersten Gattung. Besitzt dagegen ein Planet gar keine oder nur eine äußerst dünne Atmosphäre, so wird es in erster Linie von der Beschaffenheit seiner Oberfläche, d. h. von dem Material, aus

welchem er vorwiegend besteht, abhängen, wie groß seine Albedo ist; im allgemeinen wird diese aber klein sein, denn die meisten uns bekannten festen Materialien reflektieren das Licht schwächer als z. B. voll beleuchtete Kumuluswolken. Die obige Tabelle zeigt nun, daß alle Planeten außer Merkur eine größere Albedo besitzen als Mars und demnach wohl auch dichtere, mehr Kondensationsprodukte enthaltende Atmosphären haben als dieser. Was die Atmosphäre des Mars selbst anbetrifft, so lehrt die direkte Beobachtung dieses Planeten, daß sie sehr arm an Wolken ist. Sie dürfte sicherlich weniger dicht als die Erdatmosphäre sein, mit der sie sonst wohl Ähnlichkeit besitzen wird.

Daß die Albedo der Venus sogar größer als die Einheit wird, ist ja eigentlich mit dem Begriff der Albedo unvereinbar und würde andeuten, daß dieser Planet auch eigenes Licht aussendet. Da dies aber nicht der Fall ist, so wird man wohl lieber dieses auffällige Resultat auf die Ungenauigkeit der zur Rechnung verwendeten Grundlagen schieben. Jedenfalls besitzt die Venus eine sehr große Albedo, die man durch die Annahme einer dichten Wolkenhülle erklärt. Die Albedo des Merkur würde dem in der Tabelle gegebenen Werte entsprechen, wenn dieser Planet keine oder nur eine sehr dünne Atmosphäre hätte und seine Oberfläche aus Tonmergel bestände.

Was die Helligkeiten der Planeten betrifft, so sind dieselben infolge der wechselnden Entfernung von der Erde außerordentlich starken Schwankungen unterworfen; daher kommt es auch, daß die Planeten durchaus nicht immer bei vollbeleuchteter Scheibe im hellsten Lichte erscheinen. Am schlagendsten zeigt sich das bei der Venus, die bei vollbeleuchteter Scheibe ihre größte Entfernung von der Erde hat, und die im größten Glanze strahlt, wenn ihr Phasenwinkel etwa 120° ist, sie sich uns also als schmale Sichel darstellt.

Aus der großen Zahl der Planetoiden sind erst verhältnismäßig sehr wenige auf ihre Helligkeitsschwankungen hin genauer untersucht worden; doch haben diese teils von Parthurst, teils von G. Müller herrührenden Beobachtungen klar eine Schwankung der Helligkeit mit der Phase erwiesen. Der Verlauf, die Lichtzu- und -abnahme mit der Phasenänderung, zeigt bei den bisher untersuchten 34 Planetoiden erhebliche Differenzen; wenn man aber das Mittel aus den Helligkeitskurven für diese verschiedenen kleinen Planeten nimmt, so erhält man ein dem Merkur am nächsten kommendes Verhalten, was also auf eine gewisse Ähnlichkeit der Oberflächen- und Atmosphärenbeschaffenheit zwischen den Planetoiden und dem Merkur hindeuten würde. Die Probe darauf durch Berechnung der Albedowerte kann man deshalb nicht machen, weil es bisher im allgemeinen nicht möglich war, die Durchmesser dieser kleinen Himmelskörper direkt zu messen. Man kann aber umgekehrt unter Annahme eines Albedowertes die Durchmesser der Planetoiden aus ihren Helligkeiten bestimmen, und das hat Müller für die bisher photometrisch untersuchten Planeten getan, indem er einmal die Annahme machte, daß ihre Albedo gleich der des Merkur, ein anderes Mal, daß sie gleich der des Mars sei. In der umstehenden Tabelle sind die von ihm gefundenen Werte zusammengestellt. Beigefügt sind die Helligkeiten der Planetoiden, die sie in der Opposition haben, wenn Planetoiden und Erde sich in ihren mittleren Abständen von der Sonne befinden.

Für die ersten vier der genannten Planeten ist es Barnard gelungen, die Durchmesser durch direkte Messung zu bestimmen. Er fand den Durchmesser der Ceres zu 768 km, den der Pallas zu 483 km, den der Juno zu 193 km und den der Vesta zu 385 km. Die Abweichungen gegen die oben angegebenen berechneten Werte sind recht groß, namentlich bei Vesta, die eine abnorm große Albedo zu besitzen scheint.

Nummer und Name des Planetoiden	Durchmesser in Kilometern		Helligkeit in Sterngrößen	Nummer und Name des Planetoiden		Durchmesser in Kilometern		Helligkeit in Sterngrößen
	Merkur-Albedo	Mars-Albedo		Merkur-Albedo	Mars-Albedo			
1. Ceres	857	684	7,1	25. Phocäa	110	88	10,8	
2. Pallas	662	529	7,7	29. Amphitrite	315	251	8,8	
3. Juno	329	263	9,0	30. Urania	124	99	10,4	
4. Vesta	939	750	6,0	37. Fides	168	134	10,4	
5. Asträa	180	144	10,1	39. Lätitia	266	213	9,7	
6. Hebe	253	202	9,0	40. Harmonia	147	117	9,7	
7. Iris	273	218	8,7	41. Daphne	141	113	11,0	
8. Flora	210	168	8,9	43. Ariadne	103	83	10,4	
9. Metis	281	225	8,7	44. Psyche	172	138	9,9	
11. Parthenope	193	154	9,7	56. Metete	128	102	10,9	
12. Victoria	137	109	10,1	71. Niobe	209	167	10,2	
14. Irene	227	181	9,6	75. Eurydice	63	50	12,6	
15. Eunomia	343	274	8,9	77. Frigga	177	141	10,4	
16. Psyche	322	257	9,6	127. Johanna	65	52	12,7	
18. Melpomene	224	179	9,0	192. Raufisaa	163	130	9,8	
20. Massalia	239	190	9,1	258. Tyche	155	124	10,5	
21. Lutetia	157	125	10,1	261. Brynnno	41	33	12,7	

Bei einigen unter den kleinen Planeten hat man nun sehr eigentümliche, von der Phase ganz unabhängige Helligkeitsänderungen wahrgenommen, die im Laufe weniger Stunden vor sich gehen. Ein besonders interessantes Beispiel hierfür bietet derjenige unter den kleinen Planeten dar, der von allen der Erde am nächsten kommen kann, der Ceros. Zu Beginn des Jahres 1901 zeigte derselbe Helligkeitsänderungen von mehr als einer Größenklasse, die eine Periode von etwa $2\frac{1}{2}$ Stunden innehielten. Im Mai 1901 waren diese Schwankungen verschwunden, und auch bei der letzten Opposition Ende 1907 war die Helligkeit des Ceros konstant, abgesehen von den durch die Phase und die Änderung der Entfernung von der Erde bedingten Schwankungen. Eine völlig befriedigende Erklärung dieser Erscheinungen steht noch aus; vielleicht ist der Ceros nicht von kugelförmiger, sondern von unregelmäßiger Gestalt, wozu noch ungleichmäßige Färbungen der Oberfläche als Ursache der Lichtschwankungen kommen mögen. Auch bei einigen andern kleinen Planeten sind ähnliche Helligkeitsänderungen neuerdings beobachtet worden, so bei (7) Iris, (15) Eunomia und (135) Hertha. Aber auch bei diesen Planeten ist die Sachlage noch nicht klargestellt.

Von den Trabanten in unserem Planetensystem ist ein großer Teil, nämlich die des Mars, Uranus und Neptun, die neuentdeckten Monde des Jupiter und einige von den Monden des Saturn, außerordentlich schwach und nur in großen Instrumenten sichtbar. Ihre photometrische Untersuchung ist daher sehr schwierig, und es ist wenig über sie bekannt. Zu interessanten Ergebnissen ist man dagegen bei den vier schon von Galilei entdeckten Jupitermonden und den fünf hellsten Monden des Saturn (Tethys, Dione, Rhea, Titan, Japetus) gelangt. Alle diese Trabanten zeigen Helligkeitsschwankungen und zwar ist die Periode derselben in allen Fällen gleich der

Umlaufszeit des betreffenden Mondes um seinen Planeten. Da diese Helligkeitsänderungen vermutlich mit der Rotation der Monde um ihre Achse zusammenhängen, so kann man den Schluß ziehen, daß, wie bei dem Monde der Erde, so auch bei den genannten Monden die Umdrehung um die Achse in derselben Zeit wie der Umlauf um den Hauptplaneten erfolgt, daß also diese Monde ihrem Hauptplaneten stets dieselbe Seite zukehren.

Der Verlauf der Helligkeitsschwankungen während eines Umlaufs ist bei den vier Jupitermonden sehr kompliziert und zudem Veränderungen unterworfen. Die Größe der Schwankungen erreicht nur bei dem zweiten Jupitermonde eine Größenklasse und ist bei den andern kleiner. Auch bei den Saturnmonden scheinen Schwankungen von mehr als einer Größenklasse nicht vorzukommen. Ihre Helligkeitsänderungen sind noch nicht so genau untersucht wie die der Jupitermonde. Wie alle diese Erscheinungen im einzelnen zu deuten sind, steht noch dahin. Jedenfalls bietet die Erklärung sehr große Schwierigkeiten.

Das Licht, welches die Planeten uns zusenden, ist reflektiertes Sonnenlicht, und das Spektrum der Planeten muß daher im großen ganzen mit dem Sonnenspektrum übereinstimmen. Wenn aber ein Planet eine Atmosphäre besitzt, so hat das von seiner Oberfläche zurückgeworfene Licht, ehe es zu uns gelangt, diese Atmosphäre zweimal durchlaufen, und es können daher neue Absorptionslinien im Spektrum auftreten oder schon vorhandene gegenüber dem Sonnenspektrum verstärkt werden. Die Spektralanalyse vermag uns daher wichtige Aufschlüsse über die Atmosphären der Planeten zu liefern.

Im Spektrum des Merkur scheinen die tellurischen¹⁾ Banden des Wasserdampfes etwas verstärkt zu sein, woraus

¹⁾ Vgl. § 3.

man schließen kann, daß er eine Wasserdampf enthaltende Atmosphäre besitzt. Dieses Resultat bedarf aber noch dringend der Bestätigung. Etwas sicherer ist man für die Venus zu dem gleichen Ergebnis gelangt. Jedenfalls ist die Absorption in der Venusatmosphäre nur gering; da man aber diesem Planeten aus andern Gründen eine dichte Atmosphäre zuschreibt, so ist anzunehmen, daß die Sonnenstrahlen nicht tief in dieselbe eindringen, sondern von einer Wolkenschicht reflektiert werden. Ob auch im Spektrum des Mars die Wasserdampfbanden verstärkt erscheinen, ist eine lange Zeit hindurch eine strittige Frage gewesen. Erst durch die Beobachtungen von Slipher ist dieselbe wohl endgültig in bejahendem Sinne entschieden. Die Marsatmosphäre enthält also tatsächlich Wasserdampf. Im übrigen unterscheidet sich das Spektrum des Mars nicht von dem der Sonne.

Zu befriedigenderen Resultaten hat die Untersuchung der Spektren von Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun geführt. Alle diese Planeten zeigen Absorptionsbanden und -linien, die im Sonnenspektrum nicht vorhanden sind, und andere Banden und Linien sind verstärkt. Die neu auftretenden Banden und Linien werden von Planet zu Planet in obiger Reihenfolge (also mit wachsender Entfernung von der Sonne) stärker und zahlreicher; ein großer Teil von ihnen ist unbekanntes Ursprungs, die übrigen gehören dem Wasserdampf an. Im Spektrum des Uranus und noch deutlicher in dem des Neptun sind auch die Wasserstofflinien verstärkt und es treten Heliumlinien auf, so daß also in den Atmosphären dieser beiden Planeten freier Wasserstoff und freies Helium vorhanden sein muß. Es ist auffallend, daß gerade in den Atmosphären der äußersten Planeten die leichtesten Gase auftreten. Der Saturnring besitzt keine Atmosphäre, denn in seinem Spektrum fehlen die dem Saturn eigentümlichen Absorptionsbanden, namentlich, wie schon Vogel konsta-

tieren konnte, daß den vier äußeren Planeten eigentümliche starke Absorptionsband unbekanntes Ursprungs von der Wellenlänge 6190 ÅE.

Über die Spektren der kleinen Planeten und der Trabanten der Planeten ist Sicheres noch nicht bekannt. Wegen der Lichtschwäche dieser Himmelskörper ist die Untersuchung ihrer Spektren äußerst schwierig.

§ 14. Die physische Beschaffenheit der inneren Planeten.

Seit der Erfindung des Fernrohres hat man die Oberflächen der verschiedenen Planeten aufmerksam beobachtet, aber zunächst fast ausschließlich zu dem Zweck, Anhaltspunkte für eine Bestimmung ihrer Achsenrotation zu finden; erst die neuere Zeit hat den Schwerpunkt auf die Erforschung der Oberfläche als solche gelegt. Hierbei setzte der Merkur wegen seiner großen Sonnennähe der Beobachtung die größten Schwierigkeiten entgegen; doch glaubte Schröter am Ende des 18. Jahrhunderts einige Veränderungen an den Spitzen (sogenannten Hörnern) der Merkursichel wahrgenommen zu haben, aus denen eine Rotationsdauer von 24 Stunden abgeleitet wurde. In der Neuzeit (1882—89) hat Schiaparelli auf dem Merkur Flecke und Streifen wahrgenommen und schließt daraus, daß der Merkur der Sonne immer dieselbe Seite zuehrt, d. h. eine Rotationsdauer von 88 Tagen besitzt. Die von Schiaparelli in einer Kartenskizze zusammengestellten Flecke zeigen alle eine streifenartige Form mit undeutlichen und verwaschenen Rändern. Beobachtungen von anderen Astronomen bestätigten teils den angegebenen Wert der Untersuchungszeit, teils führten sie zu gänzlich andern Resultaten. Nun hat vor einiger Zeit Billiger gezeigt, daß jede Kugel mit glatter, heller Oberfläche bei seitlicher Beleuchtung dunkle Streifen zeigt, die auf Sinnestäuschung

beruhen; er hat diese Tatsache durch praktische Experimente an Gips- und Gummikugeln bewiesen. Daher liegt die Vermutung sehr nahe, daß ein großer Teil der auf dem Merkur beobachteten Flecke in ähnlicher Weise zu erklären ist. Nur sehr sorgfältige und ausgedehnte Beobachtungsreihen können uns vielleicht sichere Anhaltspunkte dafür geben, was für Gebilde auf der Oberfläche des Merkur sichtbar sind, und wie schnell er um seine Achse rotiert.

Das eben Gesagte gilt in noch höherem Grade von dem Planeten Venus, der mit seiner sehr großen Albedo (vgl. § 13) den Bedingungen der Willigerschen Experimente weit besser entspricht als der Merkur. Schon immer waren die auf der Venus sichtbaren, verwaschenen und zarten Flecke den Beobachtern zweifelhaft und unsicher erschienen, und viele hatten sie nur für atmosphärische Gebilde angesehen und aus diesen Beobachtungen auf eine sehr dichte Wolkenhülle der Venus geschlossen, wie sie ja auch nach den Betrachtungen im vorigen Paragraphen wahrscheinlich ist. Andere Astronomen freilich schrieben die wahrgenommenen Flecke der Oberfläche des Planeten zu. Jetzt kann man wohl mit ziemlich großer Gewißheit sagen, daß die meisten der auf der Venus gesehenen Flecke auf Sinnestäuschung beruhen; und es wird auch hier sehr eingehender Studien bedürfen, wenn es gelingen soll, die dem Planeten eigentümlichen Flecke von diesen Sinnestäuschungen zu trennen, und schließlich aus denselben die Rotationsdauer des Planeten zu bestimmen. Diese letztere ist bis jetzt noch völlig unbekannt, und wie sehr wir noch über die Oberflächenbeschaffenheit der Venus im Unklaren sind, beweisen am besten die verschiedenen für die Umdrehungszeit abgeleiteten Zahlen. 1667 schloß Cassini aus Beobachtungen eines Fleckes auf eine Rotation von etwa 23^h. 1728 veröffentlichte Bianchini den Wert von 24 Tagen 8 Stunden als Umdrehungszeit der Venus; bald darauf zeigte der jüngere

Cassini jedoch, daß Bianchini seine Beobachtungen falsch diskutiert habe, und daß der wahre Wert $23\frac{1}{3}$ Stunden betrage; diesen glaubten Schröter zu Ende des 18. Jahrhunderts und De Vico um 1840 bestätigen zu können. 1890 folgerte Schiaparelli aus seinen Beobachtungen und denen anderer, daß auch bei Venus die Dauer der Rotation gleich der ihres Umlaufs um die Sonne, also gleich 225 Tagen, sei, und der Amerikaner Lowell bestätigte später dieses Resultat, während die Beobachtungen Brenners wieder auf eine kurze Rotationsdauer hindeuteten. Dann hat Belopolski in Pulkowa versucht, die Rotationsdauer der Venus auf spektroskopischem Wege auf Grund des Dopplerschen Prinzips zu bestimmen. Er maß dabei die Radialgeschwindigkeit der Randteile des Planeten, die offenbar von der Geschwindigkeit der Rotation abhängig ist. Die durch die Rotation bewirkte Verschiebung der Spektrallinien ist aber in diesem Falle nur sehr gering und die Entscheidung der Frage daher auf diesem Wege äußerst schwierig. Belopolskis Messungen lassen auf eine schnelle Umdrehung schließen. Dagegen ist der Amerikaner Slipher ebenfalls auf spektroskopischem Wege zu dem entgegengesetzten Resultate, nämlich zur Annahme einer sehr langsamen Rotation gelangt. Es muß also eingestanden werden, daß über die Rotation der Venus noch nichts Positives bekannt ist.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei dem Planeten Mars. Hier wissen wir mit Bestimmtheit, daß die auf ihm sichtbaren Gebilde seiner Oberfläche angehören, und daß an denselben wohl hie und da erhebliche Gestaltsänderungen wahrnehmbar sind, daß sie aber ihren Ort auf der Marskugel nicht ändern. So können wir z. B. einen von Huygens im Jahre 1659 gezeichneten Fleck heute noch mit voller Bestimmtheit identifizieren, und somit ist auch die Rotationsdauer des Mars mit aller Schärfe bestimmbar; sie hat sich aus einer

großen Anzahl von Beobachtungen zu $24^h 37^m 23^s$ ergehen. Wir besitzen eine große Anzahl von Karten der Marsoberfläche, die von den verschiedensten Beobachtern entworfen sind. Da man bei der Bezeichnung der auf dem Mars wahrgenommenen Gebilde früher nicht einheitlich vorging, so war in der Benennung derselben eine große Verwirrung eingerissen, die erst durch die von Schiaparelli herausgegebenen Marskarten mit Namen aus der Geographie und Mythologie des Altertums beseitigt wurde. Fig. 7 und 8 sind verkleinerte Bilder der von Schiaparelli auf Grund seiner Beobachtungen aus den Jahren 1877—1888 entworfenen Marskarten, und zwar zeigt Fig. 7 die Gebilde der Marsoberfläche in ihrem normalen Aussehen unter Beifügung der meisten von Schiaparelli gegebenen Namen, während Fig. 8 das gleich näher zu besprechende Phänomen der Verdoppelung zur Anschauung bringt.

Man kann auf dem Mars drei Hauptarten von Flecken unterscheiden: 1. weiße Regionen, welche an seinen Polen auftreten; 2. helle Regionen, für gewöhnlich dunkelgelb oder orange, die aber Abstufungen vom Gelb bis zum reinen Weiß, vom Rotorange bis zum Tiefrot zeigen; 3. dunkle Regionen (Flecke im gewöhnlichen Sinne), gewöhnlich eisengrau, schwanken zwischen aschgrau und schwarz. Sehen wir uns diese drei Kategorien etwas näher an.

1. Weiße Regionen. An den Polen des Mars, aber nicht mit diesen genau konzentrisch, zeigen sich hell leuchtende weiße Flecke, die an Durchmesser abnehmen, je näher das Sommerstiz für den betreffenden Pol rückt; doch erreicht der Fleck am nördlichen Pol seinen geringsten Durchmesser durchschnittlich erst 50—60 Tage nach dem nördlichen Sommerstiz und wird dann langsam wieder größer; der am Südpol hat seine geringste Ausdehnung durchschnittlich 90—120 Tage nach dem südlichen Sommerstiz und wächst dann ziemlich

rasch wieder. Man glaubt, daß die Polarflecke aus Schnee und Eis oder etwas Ähnlichem bestehen und demnach im Sommer zusammenschmelzen; sie entsprechen völlig dem Polareis der Erde. Das ungleiche Verhalten an den beiden Polen hängt damit zusammen, daß die Nordhalbkugel des Mars einen langen gemäßigten Sommer und kurzen milden Winter, die südliche dagegen einen kurzen heißen Sommer und einen langen kalten Winter hat, genau wie das auch auf der Erde der Fall ist. An den Polarflecken zeigen sich gelegentlich Abzweigungen; eine sehr konstante aus dem Jahre 1888 ist auf der Karte angegeben.

2. Helle Regionen, welche man als Länder anzusehen gewöhnt ist, obgleich sich nicht mit Bestimmtheit sagen läßt, daß sie wirklich unserem Begriff „Land“ entsprechen. Diese zeigen wirkliche, dauernde Veränderungen nur selten, dagegen zahlreiche optische, die periodisch, d. h. mit der Rotation des Mars, wiederkehren. Die Gegenden Elysium und Tempe (Fig. 7) zeigen das besonders auffallend, indem sie am Planetenrande häufig weiß erscheinen, beim Passieren der Mitte orangefarben und, wenn sie sich dem Rande nähern, wieder weiß werden. Eine wirkliche, aber vorübergehende Veränderung zeigt z. B. die Gegend zwischen dem Mare Sirenum und den Kanälen Titan, Acheron und Sirenius, indem sie zu gewissen Zeiten hell und ohne eine Spur von Kanälen erscheint, zu anderen Zeiten dunkler und von den in der Karte eingetragenen dunkeln Linien durchkreuzt ist. Auch kleine weißleuchtende Flecke sind gelegentlich lange auf einer und derselben Stelle sichtbar, zeigen sich jedoch dann nicht wieder, wenn der Mars nach zwei Jahren und zwei Monaten wieder eine für die Beobachtung günstige Stellung hat. Eine dauernde Veränderung scheint der Kontinent Libya (Fig. 7, ganz links) erfahren zu haben, indem die ihn begrenzende Syrtis major ein immer größeres Stück des-

selben mit einem grauen Ton überdeckt und damit dort eines jener Zwischengebilde geschaffen hat, die gleichsam helle und

3. dunkle Regionen verbinden. Diese Übergangsformen sind besonders zahlreich auf der südlichen Halbkugel; dieselben stellen meistens hellere Regionen in den dunkeln Flecken dar, sind in Farbe und Helligkeit recht wechselnd und ohne scharfe Grenzen; Beispiele dafür sind die in Fig. 7 auf der linken südlichen Halbkugel bezeichneten: Deucalionis-, Pyrrhä-, Protei- und Oghis-Regio, ferner Zaphygia, Onotria, Noachis und Hellas. Die dunkeln Regionen selbst pflegt man als Meere, Meeresteile und Seen, kurz als Wasser anzusehen, ohne daß indessen ein strenger Beweis für die Zulässigkeit dieser Annahme bisher erbracht wäre. Diese dunkeln Flecke zeigen keine von der Rotation abhängige Änderung in Farbe oder Helligkeit, wohl aber zeigen sie in langen Perioden gelegentlich Änderungen ihrer Schwärze bis zum Hellgrau. Kleinere „Seen“ verschwinden mitunter ganz, während sich andererseits auch neue bilden. Mitunter werden große Landmassen „überschwemmt“, d. h. ihre helle Färbung verwandelt sich in eine dunkle. Alle diese vorübergehenden Veränderungen scheinen in engem Zusammenhange mit den Jahreszeiten auf dem Mars zu stehen.

Zu den dunkeln Gebilden gehören auch jene rätselhaften Kanäle, von denen die breitesten wohl schon früher beobachtet waren, die aber erst 1877 von Schiaparelli als charakteristische Eigentümlichkeit der Marsoberfläche erkannt wurden. Seit den ersten Entdeckungen von Schiaparelli sind auch von andern Beobachtern noch zahlreiche Kanäle aufgefunden worden. Sie sind 30—300 km breit und 500—5000 km lang und verlaufen meist ganz gerade oder in großen flachen Bögen, wodurch sie sich wesentlich von unseren Flüssen unterscheiden. Auch darin sind sie von letzteren verschieden, daß sie niemals mitten in einem Lande ihren Ursprung nehmen, sondern stets

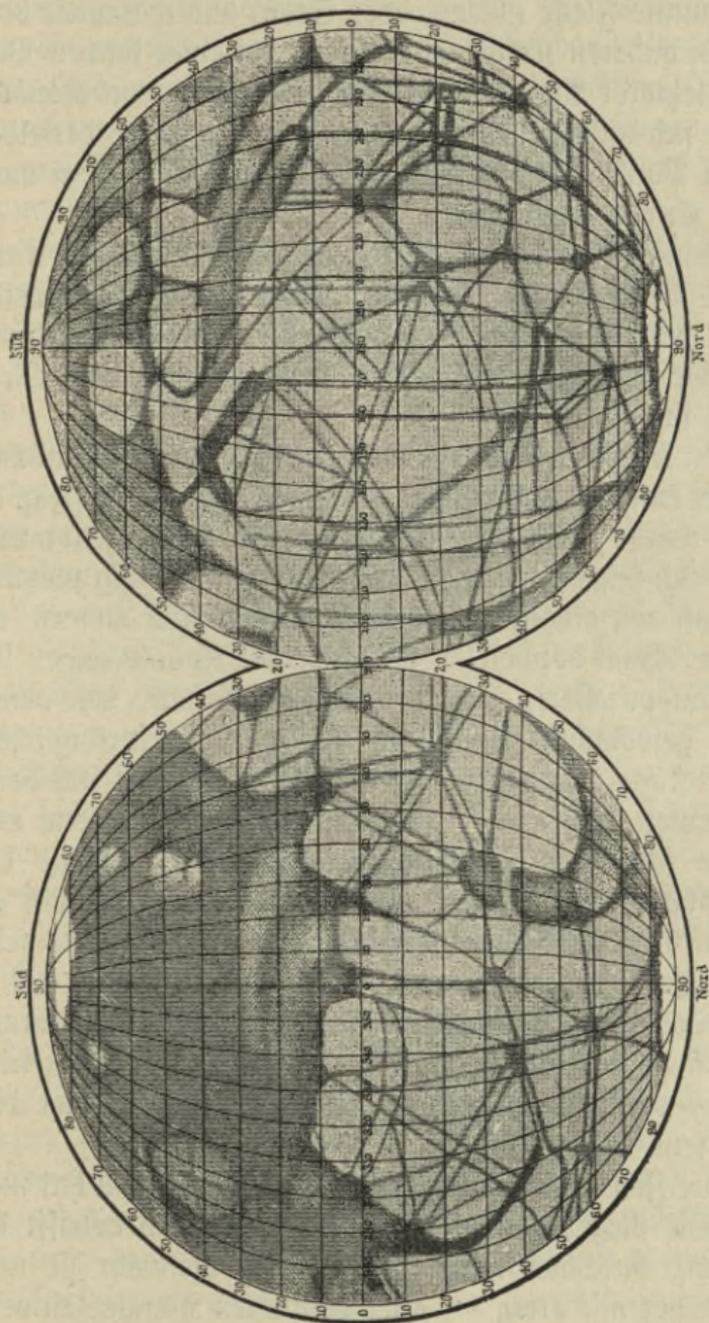


Fig. 8.
Karte des Mars nach Schiaparelli. (Mit verdoppelten Kanälen.)

größere dunkle Flecke (Meere oder Seen) untereinander oder mit einem anderen Kanal verbinden. Bei einer solchen Verbindung letzterer Art oder bei einer Kreuzung von Kanälen stören sie sich nicht gegenseitig; nur wenn mehrere derselben an einem Punkt zusammenlaufen, bilden sie an diesem meist eine Art Erweiterung, einen See.

Die Kanäle sind zumeist sehr zarte Gebilde und nur unter günstigen Bedingungen sichtbar. Auch ist die Sichtbarkeit ein und desselben Kanals großen Veränderungen unterworfen, die ebenfalls von den Jahreszeiten auf dem Mars abhängig sind.

An den Kanälen ist nun ein sehr merkwürdiges Phänomen beobachtet worden, nämlich das der Verdoppelung (Fig. 8). Dasselbe wurde zuerst 1882 von Schiaparelli wahrgenommen und stellt sich folgendermaßen dar: Verhältnismäßig plötzlich, gelegentlich von einem Beobachtungsabend zum andern, erscheint ein Kanal doppelt, d. h. statt eines Kanals zeigen sich zwei genau parallele, nahe benachbarte Kanäle, von denen der eine gewöhnlich genau die Stelle des ursprünglichen, einfachen Kanals innehat. In der Regel gleichen sich beide Komponenten in Farbe, Breite und Dunkelheit. Wenn nun auch ihre scheinbare Entfernung voneinander infolge des großen Abstandes des Mars vom Beobachter nur klein erscheint, so kann sie doch in Wirklichkeit recht bedeutend sein, und man hat Entfernungen der beiden Komponenten bis zu 900 km beobachtet. Eine untere Grenze für diese Entfernung läßt sich nicht gut angeben. Die Distanz der Komponenten scheint bei verschiedenen Verdoppelungen nicht immer dieselbe zu sein.

Für die Zeit des Eintretens der Verdoppelungen hat man bisher keine Regel aufstellen können. Übrigens betrifft die Erscheinung durchaus nicht alle Kanäle, vielmehr ist nach Lowell bisher nur etwa $\frac{1}{4}$ aller bekannten Kanäle zeitweise

doppelt gesehen worden. Fig. 8 stellt alle Verdoppelungen dar, die von Schiaparelli 1882—1888 beobachtet worden sind; aber diese waren niemals alle gleichzeitig sichtbar. Wenn ein Kanal im Begriff ist, sich zu verdoppeln, so erscheint er häufig in einen Nebel gehüllt, aus dem sich dann allmählich die beiden Komponenten entwickeln.

Bei der Erklärung der auf dem Mars beobachteten Phänomene muß man nicht außer acht lassen, daß die mittlere Temperatur dieses Planeten jedenfalls sehr viel niedriger ist als die der Erde, da die Sonnenstrahlung für ihn wesentlich kleiner ist als für letztere. Man wird daher wohl annehmen dürfen, daß die mittlere Temperatur des Mars unter dem Gefrierpunkt liegt. Daß er eine Atmosphäre besitzt, erfahren wir aus den spektroskopischen Beobachtungen, und das Vorhandensein einer solchen wird noch dadurch bestätigt, daß das Detail auf der Oberfläche des Planeten an den Rändern undeutlicher erscheint als in der Mitte der Scheibe. Daß aber die Atmosphäre nur eine geringe Dichte besitzt, folgt aus dem kleinen Werte der Albedo des Mars und der Tatsache, daß man Wolken und Trübungen der Atmosphäre nur selten und nur über kleinen Teilen der Scheibe wahrgenommen hat. Die Oberfläche scheint sehr eben zu sein, wenngleich man an der Lichtgrenze bisweilen Andeutungen für die Existenz von Gebirgszügen wahrgenommen haben will.

Im allgemeinen neigt man dazu, die helleren Teile der Oberfläche des Mars für Land, die dunkleren für Wasser anzusehen. Freilich läßt sich die niedrige mittlere Temperatur gegen die letztere Annahme ins Feld führen. Besondere Schwierigkeit bietet die Deutung der Kanäle und ihrer Verdoppelungen. Diese Gebilde lediglich als subjektive Täuschungen der Beobachter aufzufassen ist schon deswegen nicht angängig, weil es gelungen ist, sie zu photographieren; es

zeigen sich sogar einige Fälle von Verdoppelungen der Kanäle auf den Platten. Cerulli nimmt an, daß die Kanäle zwar nicht ganz illusorisch, aber doch nicht ununterbrochene, gerade Linien sind; vielmehr meint er, daß die Beobachter unwillkürlich getrennte, dunkle Fleckchen und Merkmale auf der Oberfläche des Planeten zu geraden Linien zusammenfassen. Auch diese Ansicht dürfte sich angesichts der photographischen Resultate nur mit Schwierigkeiten aufrecht erhalten lassen. Teilt man sie nicht, sondern sieht die Kanäle als etwas vollkommen Reelles an, wie es viele der eifrigsten Marsbeobachter tun, so steht man allerdings einem Rätsel gegenüber. Die zur Lösung desselben aufgestellten Hypothesen verlassen aber meist die Grenzen exakter Forschung, und es kann nicht unsere Aufgabe sein, auf derartige Spekulationen näher einzugehen.

§ 15. Die physische Beschaffenheit der äußeren Planeten.

Die äußeren Planeten sind alle größer als die inneren, der größte unter ihnen aber ist der Jupiter, dessen Durchmesser 11 mal größer ist als der der Erde; dabei ist aber seine Dichte nur $\frac{1}{4}$ von der der Erde und 1,4 mal so groß als die des Wassers. Er ist nicht genau kugelförmig, sondern stark abgeplattet. Da die Neigung der Rotationsachse des Jupiter gegen seine Bahnebene rund 87° beträgt, so ist kein ausgesprochener Wechsel von Jahreszeiten auf ihm zu erwarten. Schon die ersten Beobachter seiner Oberfläche sahen auf ihm zwei parallele dunkle Streifen. Nun haben zwar spätere Beobachtungen sicher bewiesen, daß die auf dem Jupiter sichtbaren Gebilde starken Veränderungen unterworfen, aber trotzdem diese zwei dunkeln Streifen immer auf ihm wahrnehmbar sind. Dieselben verlaufen auf der nördlichen und südlichen Halbkugel des Planeten in ungefähr gleichen Ab-

ständen vom Äquator und parallel zu diesem. Zwischen ihnen zeigen sich häufig weiße Flecke, wie solche in Fig. 9 zu sehen sind, die eine von Wislicenus am 17. April 1886 mit Hilfe eines mittelgroßen Fernrohrs gemachte Zeichnung des Jupiter darstellt, in welcher der Südpol oben liegt. An diese dunkeln Äquatorialstreifen schließen sich meistens hellere oder weiße Partien an, dann folgen oft nochmals dunklere schmale



Fig. 9. Jupiter.

Streifen, während die Gegenden nach den Polen zu fast stets eine gleichmäßig hellgraue Färbung zeigen. Die dunkeln Äquatorialstreifen, die sich übrigens bisweilen miteinander vereinigen, zeigen häufig einen leicht rötlichen Anhauch, gelegentlich wohl auch einen violetten Schimmer. Wahrscheinlich sehen wir die eigentliche Oberfläche dieses Planeten überhaupt nicht, sondern nur Kondensationsprodukte in seiner Atmosphäre, wobei die dunkeln Streifen und Stellen solche Gegenden darstellen, wo das Licht tiefer in die Atmosphäre

eindringen kann. Die Annahme, daß wir in den Flecken nur wolkenähnliche Gebilde vor uns haben, erklärt auch die starke Veränderlichkeit der Details auf der Oberfläche des Jupiter. Auch der große Wert der Albedo und die spektroskopische Untersuchung des Planeten hatten uns zu der Erkenntnis geführt, daß er eine dichte Atmosphäre besitzen müsse (vgl. § 13). Wahrscheinlich besitzt der Jupiter noch eine beträchtliche eigene Wärme, denn die Sonnenstrahlung, die für diesen Planeten wegen seiner großen Entfernung von der Sonne nur noch gering ist, würde kaum ausreichen, um die starken Bewegungen in seiner Atmosphäre zu veranlassen. Allerdings sind die Gebilde, die wir auf der Jupiteroberfläche beobachten, sehr viel beständiger als die Wolken in der irdischen Atmosphäre; z. B. hat sich der große „rote Fleck“, der im Jahre 1878 ein sehr auffallendes Objekt wurde, von dem aber Andeutungen auch schon früher vorhanden waren, bis in die Gegenwart erhalten. Seine ausgesprochen rote Färbung ist allerdings verschwunden, aber seine Größe (40000 km Länge und 14000 km Breite) und seine elliptische Gestalt hat er beibehalten.

Durch Beobachtung der Flecke kann man die Rotationsdauer des Jupiter bestimmen. Da aber die Flecke nicht der eigentlichen Oberfläche angehören und eigene Bewegungen haben, so wird man bei Beobachtung verschiedener Flecke auch zu verschiedenen Werten der Rotationsdauer geführt. Man findet aus Flecken nahe am Äquator des Jupiter im allgemeinen eine Rotationszeit von etwa $9^h 50\frac{1}{2}^m$, Flecke in höheren Breiten (solche von mehr als 40° Breite kommen kaum vor) ergeben dagegen eine um etwa 5^m längere Umdrehungszeit. Man findet also bei Jupiter ein ähnliches Verhalten wie bei der Sonne angedeutet, daß nämlich am Äquator die Umdrehung am schnellsten vor sich geht. Es fragt sich aber, ob wir es hier nicht nur mit gesetzmäßigen Strömungen

in der Atmosphäre des Planeten zu tun haben, die uns eine verschiedene Rotation für verschiedene Breiten vortäuschen.

Auf den vier großen Jupiter-Satelliten lassen sich nur unter den günstigsten Umständen einige Details erkennen. Der erste von ihnen scheint einen hellen Äquatorialgürtel und dunkle Polkappen zu haben, auf dem dritten und vierten sind helle Polkappen beobachtet worden. Gelegentlich sind diese Monde, namentlich der erste, in elliptischer Gestalt gesehen worden, es bleibt aber eine weitere Bestätigung dieser Wahrnehmungen, die wohl meist auf Täuschung beruhen, abzuwarten. Die Dichte dieser Himmelskörper ist sehr gering, nämlich nur ein- bis zweimal so groß als die des Wassers. Über die interessanten Helligkeitsschwankungen und die daraus zu ziehenden Folgerungen hinsichtlich der Umdrehungszeiten ist schon in § 13 gesprochen worden.

Den sonderbarsten Anblick von allen Planeten bietet zweifellos der Saturn dar, und die ersten Astronomen, welche ihn durch das Fernrohr betrachteten, vermochten über seine wunderbare Gestalt, die sie meist in ihren mangelhaften Instrumenten nicht richtig erkennen konnten, nicht ins Klare zu kommen. Erst als Christian Huygens den Saturn in den Jahren 1655—1656 systematisch beobachtete, erkannte er, daß die eigentliche Planetenkugel von einem freischwebenden Ring umgeben ist. Fig. 10 stellt den Saturn dar, wie ihn Waph Hall am 7. Oktober 1884 im großen Refraktor der Washingtoner Sternwarte sah. Der freischwebende Ring besteht zunächst aus einem äußeren, etwas weniger hellen Ring (Ring A) der durch eine breite, dunkle Linie, eine zuerst 1715 von Cassini erkannte und nach ihm benannte Teilung, von dem inneren hellsten Ringe B getrennt ist, an welchen sich dann ein von Bond im Jahre 1850 zuerst deutlich beobachteter dunkler oder Dunst-Ring C schließt. Wahrscheinlich ist letzterer auch schon vorher beobachtet, jedenfalls sicher 1838 von Galle,

und es würde auch sehr wunderbar sein, wenn ein so gut und deutlich sichtbares Objekt, das die Bezeichnung dunkel eben nur im Vergleich mit den helleren Nebenobjekten verdient, so lange unbemerkt geblieben sein sollte. Außer der Cassinischen Teilung, die nicht immer so gut und scharf zu sehen ist, wie sie die Figur zeigt, sind bis in die neueste Zeit hinein immer wieder neue Teilungen beobachtet worden, von denen die bekannteste die von Ende auf dem Ringe A. entdeckte ist; diese verschiedenen Teilungen, außer der Cassinischen und

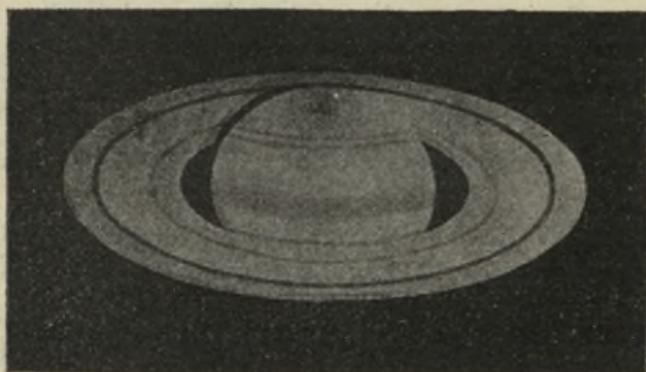


Fig. 10. Saturn.

wahrscheinlich der Endeschen, sind aber keineswegs un-
änderlich, sondern scheinen sich bald zu schließen, bald zu öffnen.
Die Dimensionen der Ringe und der Saturnkugel sind nach
den Messungen von Barnard die folgenden:

Außerer Durchmesser des Ringes A	278000	km
Innerer	"	"
Außerer	"	"
Innerer	"	"
Innerer	"	"
Äquatorialer	"	"
Polarer	"	"
	B	234800
	"	"
	C	142000
	Saturn	123000
	"	"

In der Figur ist auch deutlich der Schatten zu erkennen, den die Saturnkugel auf den Ring wirft. An diesem Schatten hat man gelegentlich Einkerbungen oder auch eine Krümmung nach innen statt nach außen bemerkt, was wohl durch Unebenheiten der Ringe zu erklären ist. Für das Vorhandensein von solchen Unebenheiten spricht auch die Tatsache, daß, wenn die Erde in der Ringebene steht, der Ring nicht als gleichmäßige, feine Linie gesehen wird, sondern man Lichtknoten auf demselben wahrnimmt. Die Dicke des Ringes ist sehr gering und liegt unterhalb von 200 km.

Während man anfangs die Ringe für feste Gebilde hielt, ist es jetzt nachgewiesen, daß sie aus lauter kleinen, einzeln nicht mehr wahrnehmbaren Körperchen bestehen; daß dies der Fall sein muß, zeigte Clerk Maxwell im Jahre 1856 auf Grund mathematischer Betrachtungen. Ein fester oder flüssiger Ring würde sich nämlich nicht auf die Dauer erhalten können, sondern müßte bei der geringsten Störung des Gleichgewichts auf den Saturn stürzen. Derartige Gleichgewichtsstörungen müßten aber allein schon infolge der Anziehungswirkungen der Monde des Saturn eintreten.

Die Maxwell'sche Theorie über die Konstitution des Saturnringes hat nun eine Reihe glänzender Bestätigungen erfahren. Zunächst zeigt eine von Seeliger auf Grund derselben aufgestellte Beleuchtungstheorie des Ringes eine auffallend gute Übereinstimmung mit den beobachteten Verhältnissen. Durch die Maxwell'sche Annahme würde sich auch das Auftreten und Verschwinden gelegentlicher Teilungen im Ringe am einfachsten erklären, ebenso das von Lassell, Trouvelot und anderen behauptete Durchschimmern der Saturnkugel durch den dunklen Ring; dieser würde dann als aus weniger dicht zusammengedrückten Körperchen bestehend anzusehen sein.

Schließlich wurde die Richtigkeit der Maxwell'schen Theorie endgültig durch die spektroskopischen Beobachtungen von

Keeler erwiesen. Dieser zeigte durch Messungen der Verschiebung der Linien im Spektrum des Saturnringses, daß die innersten Teile des Ringes sich am schnellsten, die äußersten sich am langsamsten um den Saturn bewegen, ganz wie es der Bewegung nach den Keplerschen Gesetzen¹⁾ entspricht. Das wäre natürlich ganz unmöglich, wenn die Ringe ein festes Ganzes bildeten. — Der Saturn selbst besitzt, wie die oben für den Polar- und den Äquatorialdurchmesser gegebenen Werte zeigen, eine starke Abplattung. Aus dem hohen Werte der Albedo und den Resultaten der spektroskopischen Beobachtungen haben wir bereits auf eine dichte Atmosphäre geschlossen. Auf der Oberfläche lassen sich nur einige zarte, verwaschene, hellere oder dunklere Streifen erkennen, die dem Äquator parallel sind. Selten sind etwas deutlichere, helle Flecke, die eine Bestimmung der Umdrehungszeit des Saturn ermöglichen. Es hat sich dafür ein Wert von $10\frac{1}{4}^h$ ergeben. Ein im Jahre 1903 beobachteter weißer Fleck ließ dagegen auf eine Rotationszeit von $10^h 38^m$ schließen; wahrscheinlich hat er eine eigene Bewegung besessen. Ähnlich wie bei Jupiter sehen wir sicherlich nicht die eigentliche Oberfläche des Saturn, sondern nur eine höhere Schicht seiner Atmosphäre. Die mittlere Dichte des Saturn erreicht noch nicht einmal die des Wassers.

Auf den Trabanten des Saturn sind infolge der großen Entfernung Einzelheiten nicht wahrzunehmen, und einige Beobachtungen dieser Art sind zu zweifelhaft, als daß sie hier besprochen werden müßten.

Auch über die Beschaffenheit des Uranus und seiner vier Monde wissen wir nur sehr wenig. Die Bahnebenen der Monde stehen fast senkrecht auf der des Planeten, was eine ähnliche Lage der Äquatorebene des letzteren vermuten läßt. Einzelne Beobachter glauben Streifen auf der grünlich leuch-

¹⁾ Vgl. Möbius, *Astronomie* (Sammlung Götschen Nr. 11).

tenden Uranusſcheibe geſehen zu haben, deren Lage dieſe Vermutung beſtätigen würde; aber dieſe Wahrnehmungen ſind höchſt unſicher, und das ſind daher auch die Schlüſſe, die man daraus auf die Rotationszeit des Uranus gezogen hat. Auch die Ergebniſſe von ſpektroſkopischen Beobachtungen, die Deſlandres angeſtellt hat, um die Rotation des Uranus zu unterſuchen, bedürfen noch ſehr der Beſtätigung. Die Dichte des Uranus iſt ungefähr 1,3 mal ſo groß als die des Waſſers.

Neptun iſt ſo weit von der Erde entfernt, daß man wohl in abſehbarer Zeit kaum Einzelheiten auf ſeiner Oberfläche wird erkennen oder ſeine Rotationszeit wird beſtimmen können. Seine Dichte iſt nur wenig größer als die des Waſſers. Über die Beſchaffenheit ſeines Trabanten iſt ebenſowenig bekannt wie über diejenige der Trabanten des Uranus. Was wir über die Atmoſphären der beiden äußerſten Planeten wiſſen, iſt ſchon in § 13 geſagt worden.

Viertes Kapitel.

Die Kometen und Meteore.

§ 16. Die Kometen.

Während die Planeten ſich in elliptiſchen Bahnen um die Sonne bewegen, die im allgemeinen nicht allzuſtark vom Kreiſe abweichen, iſt die Sachlage bei den Kometen weſentlich anders. Die Mehrzahl von ihnen beſchreibt parabolische Bahnen oder doch wenigſtens elliptiſche von ſehr großer Exzentrität. Auch die phyſiſche Beſchaffenheit der Kometen iſt von derjenigen der Planeten durchaus verſchieden.

In der „Astronomie“ von Möbius (Sammlung Göschen Nr. 11) handelt das fünfte Kapitel von den Kometen und Meteoren. Dort wird nicht nur die Bewegung der ersteren besprochen, sondern auch ihr Aussehen, die Veränderungen desselben, die Schweifbildungen usw. Ferner wird der Zusammenhang zwischen Kometen und Meteorenschwärmen an der Identität ihrer Bahnen nachgewiesen, wobei schließlich der Ansicht Ausdruck gegeben wird, daß die Kometen aus einer Masse getrennter Partikel bestehen, die unter der Macht äußerer Einflüsse sich über immer größere Strecken der Kometenbahn ausbreiten. Von dieser Annahme wollen wir ausgehen, wenn wir jetzt die physische Beschaffenheit der Kometen näher betrachten, wobei alles, was in dem zitierten Kapitel gesagt ist, als bekannt vorausgesetzt und nur wo nötig angedeutet werden soll.

Die soeben erwähnte Hypothese über die Zusammensetzung der Kometen erhält weitere Stützpunkte durch das Aussehen teleskopischer Kometen, die einem Dunst- oder Nebelwölkchen gleichen, also wohl aus einzelnen, im Verhältnis zu der ungeheuren Ausdehnung der Kometen, die nicht selten Hunderttausende von Kilometern mißt, äußerst kleinen und zwar festen Teilchen bestehen. Diese haben sicherlich beträchtliche Abstände voneinander, und die Verdichtung nach der Mitte zu ist nur eine scheinbare, weil hier der Haufen seine größte Dicke hat; denn sonst wäre die Durchsichtigkeit solcher Kometen, sowie der Umstand, daß sie das Licht der durch sie hindurch ungeschwächt leuchtenden Sterne auch in keiner Weise ablenken oder brechen, nicht wohl erklärbar. Auch die geringe, selbst bei großer Annäherung an andere Himmelskörper nicht störend wirkende Masse drängt zu obiger Annahme, während außerdem auch der spektroskopische Befund darauf hinweist; denn dieser zeigt uns ein schwaches, kontinuierliches Spektrum, in dem auch Fraunhofersche Linien nachgewiesen sind; so

daß wir es im Kometenlicht auch teilweise mit reflektiertem Sonnenlicht zu tun haben, wofür auch die weitere Beobachtung spricht, daß ein Teil des Kometenlichtes polarisiert ist.

Freilich rührt das kontinuierliche Spektrum der Kometen wohl auch zum Teil vom Eigenlicht her; denn beim Kometen 1884 I beobachtete G. Müller in wenigen Stunden eine Zunahme der Helligkeit um das $3\frac{1}{3}$ fache ihres ursprünglichen Wertes, während H. C. Vogel gleichzeitig eine beträchtliche Aufhellung seines kontinuierlichen Spektrums konstatierte. Daß die Kometen uns überhaupt nicht nur reflektiertes Sonnenlicht, sondern auch eigenes Licht zu senden, zeigt weiter die Tatsache, daß über das besprochene kontinuierliche Spektrum ein Emissionsspektrum gelagert ist, welches in der Regel aus drei hellen Banden in Gelb, Grün und Blau besteht. Nach der roten Seite des Spektrums hin sind diese Banden scharf begrenzt, nach Violett hin sind sie dagegen verwaschen. Nach Lage und allgemeinem Habitus entsprechen sie drei Banden im Spektrum des Kohlenstoffs; kleine Verschiedenheiten in der Helligkeitsverteilung lassen sich durch besondere Druck- und Temperaturverhältnisse in den Kometen, vielleicht auch durch Beimengung von Kohlenoxydgas erklären. Hinsichtlich der Zugehörigkeit der Banden zum Kohlenstoff ist zu bemerken, daß dieselbe nicht ganz zweifelsfrei ist. Es ist vielmehr auch möglich, daß sie, wie man früher allgemein annahm, dem Spektrum des Kohlenwasserstoffs oder dem des Kohlenoxyds angehören, da es experimentell äußerst schwierig ist, diese drei Gase voneinander zu trennen. Außer den genannten Banden treten in den Kometenspektren auch die des Cyans (Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff) häufig auf. Bei dem Welleschen Kometen (1882) leuchteten ferner, als er in der Nähe der Sonne war, die Natriumlinien sehr hell auf; dieselben wurden auch bei dem großen Septemberkometen von 1882 beob-

achtet nebst einigen anderen Linien, die man mit solchen des Eisens identifizierte. Auch Linien und Banden unbekanntes Ursprungs hat man in den Kometenspektren aufgefunden, so in den Spektren des Kometen Daniel (1907), und des Kometen Morehouse (1908) eine Anzahl von merkwürdigen Doppellinien, die einem unbekanntem Element anzugehören scheinen. Bei dem letztgenannten Kometen, in welchem auch das Vorhandensein von Stickstoff festgestellt werden konnte, war das kontinuierliche Spektrum äußerst schwach, das Emissionsspektrum aber, namentlich in seinen brechbareren Teilen, sehr hell. Überhaupt ist das Verhältnis der Helligkeiten von kontinuierlichem Spektrum und Emissionsspektrum bei verschiedenen Kometen sehr verschieden, d. h. manche Kometen haben verhältnismäßig viel eigenes Licht; andere dagegen werden uns hauptsächlich dadurch sichtbar, daß sie das Sonnenlicht reflektieren. Über die Art des Selbstleuchtens der Kometen ist man sich noch nicht ganz im klaren; wahrscheinlich ist es, daß elektrische Vorgänge dabei eine große Rolle spielen. Die Gase, deren Leuchten das Emissionsspektrum hervorruft, haben ihren Ursprung offenbar im Kern des Kometen; wahrscheinlich besteht dieser aus mehr oder weniger dicht gedrängten festen Teilchen, die unter dem Einfluß der Wärme, welche der Komet bei seiner Annäherung an die Sonne von dieser empfängt, jene Gase ausscheiden. Diese Verdampfung beginnt und bleibt am stärksten auf der der Sonne zugewandten Seite des Kerns; daher sehen wir hier sich Ausstrahlungen gegen die Sonne hin entwickeln, welche jedoch bald sich wieder nach rückwärts krümmen. Dieses Rückwärtskrümmen tritt ein infolge einer von der Sonne ausgeübten Repulsivkraft, welche wir bei den Kometenschweiften entschieden als wirksam annehmen müssen. Ob dieselbe elektrischer Natur ist, oder ob sie einfach mit dem „Lichtdruck“ (vgl. § 8) zu identifizieren ist, muß einstweilen

dahingestellt bleiben. Unter dem Einfluß dieser Repulsivkraft umfließen die aus dem Kern sich entwickelnden Gase denselben als Hülle und bilden schließlich den oder die von der Sonne weggewendeten Schweife des Kometen, welche also keine von demselben mitgeschleppte Materie, sondern stets neu sich entwickelnde Verdampfungsprodukte sind. Nur auf diese Weise läßt sich die außerordentliche Dünne und Durchsichtigkeit der Schweife sowie ihre ganz enorm schnelle Bewegung erklären; denn für den Schweif kommt außer der kolossalen Geschwindigkeit, die der Kopf in der Sonnennähe hat, noch die Drehung hinzu, die er um den letzteren machen muß, um immer auf der von der Sonne abgewandten Seite zu bleiben. Die kleinen, kurzen Schweife, welche gelegentlich in entgegengesetzter Richtung beobachtet sind, dürften aus mitgerissenen festen Teilchen bestehen, gegen welche die oben genannten Kräfte nicht viel ausrichten können.

Die Form und Richtung der Kometenschweife hängt von der Größe der Repulsivkraft ab. Man nimmt an, daß dieselbe um so stärker ist, je kleineres Molekulargewicht die betreffenden Gase haben, und unterscheidet hiernach drei Typen von Kometenschweifen. Die Schweife vom ersten Typus, die wahrscheinlich aus Wasserstoff bestehen, sind gerade und ziemlich genau von der Sonne fortgewandt. Für sie ist die Repulsivkraft 18 mal so groß als die Anziehungskraft der Sonne. Die weniger langen, etwas stärker gekrümmten Schweife vom zweiten Typus entsprechen einer Repulsivkraft, die 0,5—2,2 mal so groß ist als die Anziehungskraft, und bestehen wahrscheinlich hauptsächlich aus Kohlenstoffgasen. Die Schweife vom dritten Typus endlich sind kurz und schwach; sie setzen sich vermutlich aus schweren Elementen, z. B. Eisen, zusammen. In ihnen ist die Repulsivkraft höchstens gleich etwa einem Drittel der Anziehungskraft.

Dies ist in rohen Umriß die von Bredichin auf Grundlage der Anschauungen von Olbers, Bessel und Zöllner aufgebaute Kometentheorie, die er so weit ausgebildet hat, daß man, sobald die Bahnelemente eines Kometen bekannt sind, die bei demselben möglichen Schweifformen vorausbestimmen kann. Eine weitere Stütze erhält diese Theorie in der Schlußfolgerung, daß bei häufiger Wiederkehr eines Kometen zur Sonne die schweifbildenden Gase allmählich aufgebraucht werden müssen. In der That besitzen die periodischen Kometen von kurzer Umlaufszeit keine bedeutenden Schweife, und bei einzelnen mit längerer Periode läßt sich nachweisen, daß sie bei früheren Erscheinungen glänzendere Schweife hatten.

Ganz neuerdings sind gegen die Bredichinsche Kometentheorie, die sonst fast allgemein angenommen worden ist, gewisse Einwände geltend gemacht worden; es bleibt abzuwarten, ob sich dieselben werden aufrecht erhalten lassen.

§ 17. Die Meteore.

Die Meteore sind feste Körper, welche auf ihrem Fluge durch den Weltraum in die Erdatmosphäre eindringen, sich infolge der Reibung in letzterer erhitzen und zumeist völlig verdampfen. Die unbedeutenderen unter den Meteoriten nennt man „Sternschnuppen“, die man in jeder klaren Nacht in ziemlich großer Zahl beobachten kann. Die größeren Meteore bezeichnet man als „Feuerkugeln“. Zuweilen verdampft ein Meteor nicht ganz, sondern fällt als Meteorstein zur Erde nieder. Die Beobachtung des Spektrums der Meteore ist wegen der kurzen Dauer ihres Aufleuchtens sehr schwierig und gelingt meist nur durch günstigen Zufall. Gelegentlich hat man ein kontinuierliches Spektrum beobachtet, gelegentlich aber auch ein reines Gaspektrum. Secchi

will auf spektroskopischem Wege Magnesium, Konfoly Natrium in Meteoriten nachgewiesen haben. Kürzlich ist es Blajko in Moskau gelungen, die Spektren zweier Meteore zu photographieren. In beiden Fällen erhielt er reine Gasspektren; in dem einen zeigten sich 10 helle Linien, von denen einige dem Magnesium und Kalium angehörten, in dem andern 13 helle Linien, von denen einige auf das Vorhandensein von Helium und Thallium deuteten. Die Mehrzahl der Linien war aber in beiden Fällen unbekanntes Ursprungs.

Durch das Herabstürzen einzelner Meteore auf die Erde sind wir in den Stand gesetzt, ihre Beschaffenheit auf das Genaueste zu untersuchen. Dabei hat sich herausgestellt, daß sich in ihnen chemische Verbindungen vorfinden, die zum Teil auf der Erde nicht vorkommen und charakteristische Eigenschaften besitzen, woran sie immer wieder zu erkennen sind. Neue Elemente haben sich dagegen nicht gefunden. Nach ihrer Zusammensetzung teilt man die Meteorsteine ein in Eisenmeteorite, die hauptsächlich aus Nichteisen bestehen, Mesosiderite, die neben dem Eisen auch einen großen Prozentsatz anderer Mineralien enthalten, und Steinmeteorite, deren Hauptbestandteile Kalk, Kieselsäure, Tonerde usw. sind.

Fünftes Kapitel ¹⁾.

Die Fixsterne und Nebelflecke.

§ 18. Die Spektralanalyse der Fixsterne.

Da auch in den größten Fernrohren alle Fixsterne nur als leuchtende Punkte erscheinen, so sind wir zur Ermittlung ihrer Beschaffenheit lediglich auf die spektroskopische und

¹⁾ Dieses Kapitel hat gegen die früheren Auflagen eine durchaus veränderte Gestalt angenommen und rührt ganz aus der Feder des Bearbeiters her.

photometrische Untersuchung des von ihnen ausgestrahlten Lichtes angewiesen. In diesem Paragraphen werden wir uns zunächst mit der Spektralanalyse der Fixsterne beschäftigen.

Schon Fraunhofer konnte um 1820 die Haupttypen der Spektren der Fixsterne unterscheiden, ohne indessen eine Deutung dafür geben zu können. In den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts stellte dann Secchi seine Klassifizierung der Fixsternspektren auf, die bereits die wesentlichen Punkte durchaus trifft und gelegentlich auch heute noch verwandt wird. Später sind dann noch verschiedene Klassifizierungen vorgeschlagen worden, namentlich von H. C. Vogel, E. C. Pickering und Miß Maury. Wir halten uns hier an die Vogelsche Einteilung, die von der Secchischen nur wenig abweicht und ohne Zweifel die übersichtlichste ist.

In ihrer überwiegenden Mehrzahl besitzen die Fixsterne, ebenso wie unsere Sonne, Absorptionsspektren, d. h. kontinuierliche, von Absorptionslinien durchzogene Spektren. Emissionslinien treten nur verhältnismäßig selten auf. Vogel teilt nun die Fixsternspektren in drei Klassen mit mehreren Unterabteilungen ein. Zum Teil mit Vogels eigenen Worten lassen wir diese Klassifizierung hier folgen:

Klasse I. Kontinuierliche Spektren, deren brechbarere Teile, Blau und Violett, durch ihre Intensität besonders auffallen. Die Spektren sind durchsetzt von der ganzen Reihe der Wasserstofflinien, die als dunkle, breite Absorptionslinien erscheinen und im allgemeinen die außerdem sich zeigenden Linien anderer Elemente an Intensität erheblich übertreffen. Ganz selten treten die Linien des Wasserstoffs und anderer Elemente nicht als Absorptions-, sondern als Emissionslinien auf kontinuierlichem Untergrund auf.

Die Klasse I zerfällt in mehrere Unterabteilungen, nämlich:

Ia1. Spektren, die nur die Wasserstofflinien als breite, starke Linien, andere Linien aber überhaupt nicht enthalten.

Ia2. Spektra, in denen neben den starken Wasserstofflinien noch Linien anderer Elemente, namentlich von Kalzium, Magnesium, Natrium, aber keine Heliumlinien auftreten. Die Kalziumlinie 3934 ÅE erscheint scharf begrenzt, kommt aber den Wasserstofflinien an Breite nicht gleich. Die Linien der anderen Metalle sind meist nur sehr schwach.

Ia3. Spektra, in denen die eben genannte Kalziumlinie ebenso stark ist wie die Wasserstofflinien und mit der durch die Kalziumlinie 3996 ÅE verbreiterten Wasserstofflinie 3970 ÅE ein auffallendes Linienpaar bildet. Heliumlinien sind nicht vorhanden, dagegen treten zahlreiche und kräftige Linien verschiedener Metalle, namentlich des Eisens auf. Die Wasserstofflinien herrschen jedoch immer vor.

Ib. Spektra, in denen außer den stets dominierenden Wasserstofflinien die Linien des Heliums erscheinen. Außerdem treten mehr oder minder zahlreich und kräftig die Linien von Kalzium, Magnesium, Natrium, Eisen und einigen anderen Elementen auf.

Ic. Spektra, in denen die Wasserstofflinien und mitunter auch noch die Linien des Heliums und anderer Elemente hell erscheinen.

Klasse II. Spektra, in denen die Linien der Metalle sehr deutlich und kräftig auftreten und die Wasserstofflinien nicht mehr dominieren. Die brechbareren Teile des Spektrums sind im Vergleich zu Klasse I ziemlich matt.

Unterabteilungen:

IIa. Spektra mit sehr zahlreichen Metalllinien. Die Wasserstofflinien sind meist kräftig, aber nie so auffällig wie in Klasse I. Das Spektrum der Sonne ist typisch für die Klasse IIa.

IIb. Spektra, in denen außer dunklen Linien auch mehrere helle Linien auftreten (Wolf-Rayet-Sterne).

Klasse III. Spektra, in denen außer zahlreichen dunklen Linien auch noch dunkle Banden auftreten, namentlich im

weniger brechbaren Teile. Die brechbareren Teile des Spektrums sind sehr schwach.

Unterabteilungen:

IIIa. Die dunklen Banden sind nach der brechbareren Seite des Spektrums hin scharf begrenzt.

IIIb. Die dunklen Banden sind nach der roten Seite des Spektrums hin scharf begrenzt.

Fig. 11 gibt eine schematische Darstellung der Spektren der Klassen Ia, IIa, IIIa, IIIb. Die Wellenlängen sind in $\mu\mu$ ($1 \mu\mu = 10 \text{ \AA}$) angegeben. Das violette Ende der Spektren liegt in der Figur rechts.

Die soeben angegebene Einteilung der Fixsternspektren nach Vogel erlaubt die Einordnung fast aller Sterne. Es ist dies aber nicht so zu verstehen, daß nun für jeden Stern ohne jeden Zweifel angegeben werden kann, in welche Abteilung er gehört. Vielmehr gibt es zahlreiche Übergangsformen zwischen den einzelnen Abteilungen und Klassen, z. B. zwischen Ia 3 und IIa, IIa und IIIa usw.

Es ist nun eine Tatsache von dem größten kosmogonischen Interesse, daß die weitaus meisten Sterne den Klassen Ia, Ib und IIa angehören. Sterne der Klasse III, namentlich aber der Klasse Ic und IIb sind verhältnismäßig selten; wir werden hierauf noch zurückkommen. Zunächst sollen an der Hand der oben gegebenen Übersicht die einzelnen Spektralklassen etwas näher betrachtet werden. — Die Sterne der Spektralklasse I sind weiß oder bläulich. Aus dem Umstande, daß in ihren Spektren die Absorptionslinien des Wasserstoffs vorherrschen, ist zu schließen, daß in den Atmosphären dieser Sterne sehr viel Wasserstoff vorhanden ist. Als Huggins im Jahre 1879 das Spektrum der Wega photographierte, erkannte er in demselben eine Anzahl kräftiger Linien in auffällig rhythmischer Anordnung. Im weniger brechbaren Teile des Spektrums lagen diese Linien ziemlich weit auseinander,

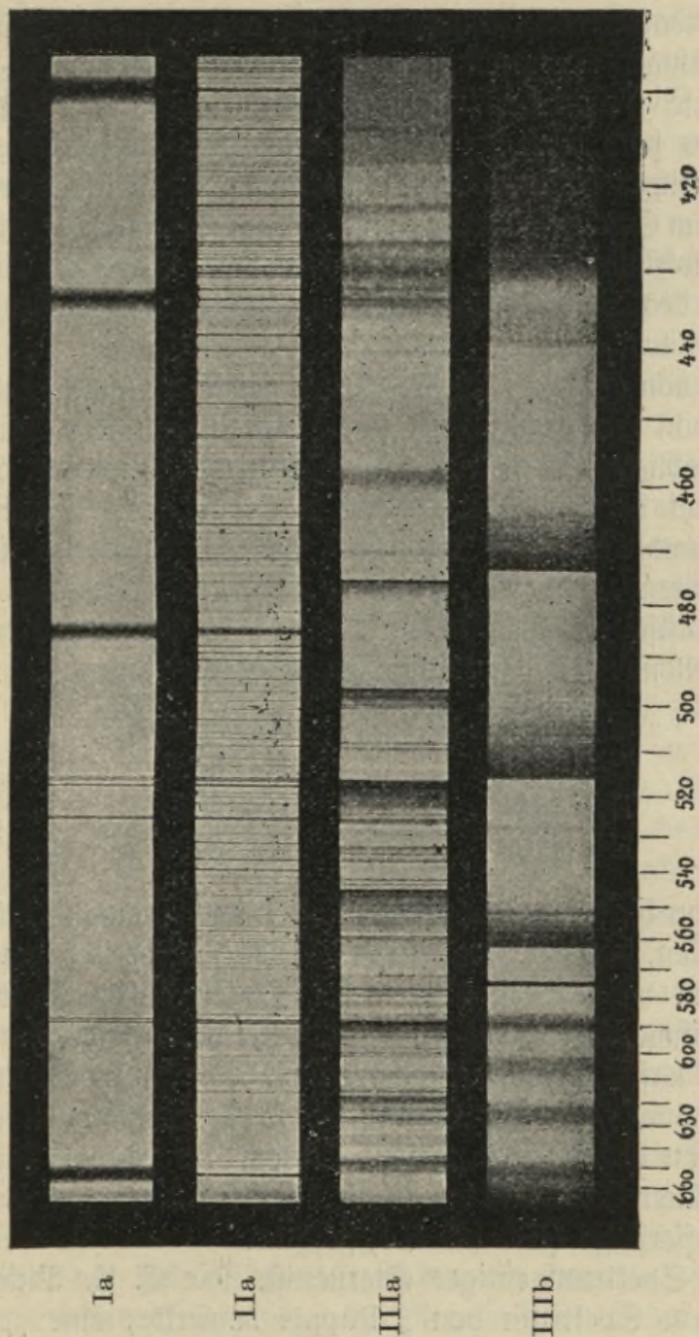


Fig. 11. Spektalklassen nach Vogel.

im brechbareren aber drängten sie sich eng zusammen. Dieser gesetzmäßigen Anordnung wegen lag der Schluß nahe, daß alle diese Linien demselben Element angehörten, und da Huggins fand, daß die beiden ersten von ihnen dieselben Wellenlängen hatten wie zwei dem Wasserstoff angehörende Linien im Sonnenspektrum, so folgerte er, daß alle jene Linien Wasserstofflinien seien. Diese Annahme ist durch Untersuchung des Wasserstoffspektrums im Laboratorium als richtig erwiesen worden.

Die von Huggins im Spektrum der Wega aufgefundenene Serie von Wasserstofflinien findet sich in den Spektren all der unzähligen Sterne der ersten Spektralklasse wieder. Man bezeichnet die Linien der Reihe nach, am roten Ende des Spektrums beginnend und nach dem ultravioletten Ende fortschreitend, mit $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$ usw. $H\alpha$ bzw. $H\beta$ sind identisch mit den Linien C bzw. F im Sonnenspektrum. Die Wellenlängen der wichtigsten Wasserstofflinien sind:

$H\alpha$ 6563 ÅE	$H\epsilon$ 3970 ÅE
$H\beta$ 4861	$H\zeta$ 3889
$H\gamma$ 4341	$H\eta$ 3836
$H\delta$ 4102	$H\theta$ 3798

Schon diese wenigen Zahlen lassen das Aneinanderrücken der Linien, je weiter man in der Reihe fortschreitet, deutlich erkennen. Die Wellenlängen der Linien haben so streng gesetzmäßige Werte, daß sie sich durch eine einfache Formel, die Balmer'sche, genau darstellen lassen. Man hat im Spektrum der Chromosphäre der Sonne die Wellenlängen von etwa 30 Linien dieser Serie messen können. In dem in Fig. 11 dargestellten Spektrum der Klasse I sind die vier ersten Linien des Wasserstoffs ($H\alpha$ bis $H\delta$) sichtbar.

Im Spektrum einiger Sterne ist, wie G. C. Pickering zuerst am Spektrum von ζ Puppis bemerkte, eine zweite

Serie von Linien zu finden, deren Wellenlängen mit denen der besprochenen Serie in gesetzmäßigem Zusammenhang stehen. Daraus kann man schließen, daß auch diese Linienreihe dem Wasserstoff angehört. Bisher ist es aber noch nicht gelungen, diese neuen Linien des Wasserstoffspektrums im Laboratorium zu erzeugen.

Die Huggins'sche Serie von Wasserstofflinien charakterisiert, wie gesagt, alle Sterne der ersten Spektralklasse. Wenn wir nun von den Sternen mit Emissionslinien absehen, so lassen sich alle Sterne der Spektralklasse I in zwei große Gruppen einteilen: Solche, die keine Linien des Heliums aufweisen (Klasse Ia) und solche, bei denen die Heliumlinien vorhanden sind (Klasse Ib). Die drei oben angeführten Unterabteilungen der Klasse Ia, nämlich Ia1, Ia2 und Ia3, sind nur graduell verschieden. Vogel rechnet zur Abteilung Ia1 nur die Sterne, in deren Spektrum nur die Wasserstofflinien sichtbar sind. Es fragt sich aber, ob es solche Sterne, strenggenommen, überhaupt gibt. Bei genauerer Untersuchung findet man nämlich außer den starken Wasserstofflinien in der Regel auch schwache, kaum sichtbare Linien anderer Elemente, hauptsächlich des Eisens, Magnesiums, Kalziums, Titans, Natriums, Vanadiums, Siliziums, Chroms und Scandiums. Eine der Linien, die meist deutlich hervortritt, ist die Kalziumlinie 3934 ÅE. So findet man unter den Sternspektren zahlreiche Übergangsformen zwischen den Abteilungen Ia1 und Ia2 und ebenso auch, wenn die Linien kräftiger sind, zwischen Ia2 und Ia3.

Auch die Grenzen zwischen den Klassen Ia und Ib können nicht streng gezogen werden. Z. B. findet man im Spektrum der Wega Spuren der Heliumlinie 4472 ÅE, ohne daß man dieses Spektrum deswegen zur Klasse Ib rechnet. Die Intensität der Heliumlinien ist in den Spektren der Klasse Ib sehr verschieden. Die Linien der Metalle sind in diesen Spektren

meist überhaupt nicht oder nur schwach vorhanden; etwas deutlicher treten meist nur solche von Magnesium und Kalzium hervor. Dafür findet man aber in einigen Heliumsternen Sauerstoff (z. B. in β Crucis, β und ϵ Canis majoris) und außerdem auch Stickstoff (β und γ Orionis). Auch Silizium ist nicht selten. Sind die Heliumlinien sehr schwach, so sind häufig zahlreiche Metalllinien (des Eisens, Titans u. a. m.) vorhanden. Die Pickering'sche Serie von Wasserstofflinien wird vorwiegend in Spektren der Klasse Ib beobachtet.

Indem wir die Besprechung der Spektren der Abteilung Ic, welche helle Linien aufweisen, einstweilen unterlassen, wenden wir uns der Spektralklasse II zu. Ebenso allmählich, wie die Übergänge innerhalb der Klasse I sind, ist auch der Übergang von der Klasse Ia β zur Klasse IIa. Je stärker und zahlreicher die Linien der Metalle werden und gegenüber denen des Wasserstoffs hervortreten, um so mehr nähern sich die Spektren der Klasse Ia β denen der Klasse IIa. Ein Beispiel für diesen Übergangstypus ist das Spektrum von α Persei. Für die eigentlichen Spektren der Klasse IIa ist das der Sonne ein Beispiel. Sehr nahe mit diesem übereinstimmend ist z. B. das Spektrum von η Bootis. Von den Huggins'schen Wasserstofflinien sind nur die fünf ersten ($H\alpha$ bis $H\epsilon$) in den Spektren der Klasse IIa mit Sicherheit nachweisbar. Sehr bemerkenswert ist es, daß es der Klasse IIa angehörende Sterne gibt, deren Spektrum große Ähnlichkeit mit dem der Sonnenflecke (vgl. § 3) besitzt. Da man nun ziemlich sicher weiß, daß die Sonnenflecke eine tiefere Temperatur haben als die Photosphäre der Sonne, so wird man hinsichtlich dieser Sterne zu der Annahme geführt, daß sie in der Abkühlung schon weiter vorgeschritten sind als die Sonne. Als Beispiel möge α Bootis (Arcturus) angeführt werden.

Bei einer Reihe von Sternspektren sind nun die charakteristischen Eigentümlichkeiten des Spektrums der Sonnen-

flecke noch stärker ausgeprägt als bei letzterem selbst und bei Arkturus; diese Sterne sind also jedenfalls noch kühler. Typisch für sie ist α Orionis, dessen Spektrum bereits zur Klasse IIIa gerechnet wird, die von der Klasse IIa durchaus nicht scharf geschieden ist; es gibt vielmehr auch hier ganz allmähliche Übergänge. Während die Sterne der Klasse IIa gelblich sind, ist die Färbung derjenigen der Klasse IIIa eine rötliche. Die Banden, welche in den Spektren dieser Klasse auftreten, sind nach der brechbareren Seite hin scharf begrenzt. Im wesentlichen sind sie auf den weniger brechbaren Teil des Spektrums beschränkt, während in den stärker brechbaren Teilen, die relativ schwach sind, große Ähnlichkeit mit den Spektren der Klasse IIa besteht. Nach neueren Untersuchungen gehören die Banden höchst wahrscheinlich Verbindungen des Titans an, namentlich dem Titanoxyd.

Mit den Spektren der Klasse IIIa sind diejenigen der Klasse IIIb in gewisser Hinsicht verwandt. Nur schwache Sterne — alle schwächer als fünfter Größe — gehören dieser Klasse an; ihre Zahl beträgt nach dem jetzigen Stande der Kenntnis etwa 250. Die Spektralklasse IIIb wird charakterisiert durch das Vorhandensein einer Anzahl starker, dunkler Banden, die nach der roten Seite des Spektrums hin scharf begrenzt sind und dem Kohlenstoff und Zyan (Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff) angehören. Außerdem zeigt sich eine große Zahl von Absorptionslinien, die dem Wasserstoff, Kalzium, Magnesium, Natrium, Eisen, Titan und einigen anderen Elementen zuzuschreiben sind, und die zum Teil gegenüber dem Sonnenspektrum ähnliche Änderungen zeigen, wie dieselben Linien im Spektrum der Sonnensflecke. Ferner sind in den Spektren der Klasse IIIb zahlreiche Emissionslinien unbekanntem Ursprungs beobachtet worden (in Fig. 11 nicht sichtbar), die dadurch zu erklären sind, daß über den dichten, die Absorptionslinien und -banden erzeugenden Dämpfen

glühende Gase lagern, die jenes Emissionsspektrum liefern. Ein sehr merkwürdiges Verhalten zeigen in diesen Spektren die Wasserstofflinien, indem z. B. im Spektrum von 19 Piscium $H\beta$ ganz fehlt, während $H\gamma$ und $H\delta$ als Absorptionslinien auftreten. Bei anderen Sternen ist $H\beta$ als Emissionslinie sichtbar. Die brechbareren Teile des Spektrums sind, wie bei der Klasse IIIa, sehr schwach, und die Sterne der Klasse IIIb haben daher ebenfalls eine rötliche Färbung. Nach der Ansicht von Hale entwickeln sich die Sterne der Klasse IIIb ebenso wie die der Klasse IIIa durch Abkühlung aus Sternen der Klasse IIa. Ein beträchtlicher Teil der Sterne der Klassen IIIa und IIIb ist veränderlich.

Von den Vogelschen Spektralklassen sind bisher nur Ic und IIb noch nicht besprochen worden, denen beiden nur wenige Sterne angehören. Diese beiden Klassen zeichnen sich durch helle Linien aus, die über ein Absorptionsspektrum gelagert sind. In den Spektren der Klasse Ic treten die Linien des Wasserstoffs und auch einige andere, namentlich solche des Heliums, als Emissionslinien auf. Das Absorptionsspektrum ist ein solches der Klasse I. Der bekannteste Stern der Klasse Ic ist γ Cassiopejæ. Nur die ersten Wasserstofflinien der Hugginschen Serie sind in seinem Spektrum hell, die brechbareren sind Absorptionslinien; die ersteren haben eine merkwürdige, komplizierte Struktur. Auch helle Magnesiumlinien sind vorhanden. Das Absorptionsspektrum gehört zur Klasse Ib. — Die Sterne der Klasse IIb werden nach ihren ersten Entdeckern Wolf-Rayet-Sterne genannt. Mit einer Ausnahme sind es sämtlich schwache, dem unbewaffneten Auge nicht sichtbare Sterne; die erwähnte Ausnahme ist der Stern γ Argus, auch γ Velorum genannt. Das Spektrum dieser Sterne wird von Absorptionsbanden und -linien durchzogen, die teils unbekanntes Ursprunges sind, teils dem Wasserstoff und Helium angehören. Zugleich bemerkt man auch helle

Linien der beiden genannten und unbekannter Elemente, sowie auch wahrscheinlich solche des Eisens und Magnesiums. Außer der Huggins'schen Serie von Wasserstofflinien ist auch die Pickering'sche stets sichtbar. Es sind im ganzen gegen 100 Wolf-Rayet-Sterne bekannt.

Wenn wir von den Spektren der veränderlichen Sterne absehen, von denen im nächsten Paragraphen die Rede sein wird, so lassen sich, wie schon erwähnt, die Spektren fast aller Sterne in die Vogelschen Klassen einordnen. Man hat Kataloge aufgestellt, in denen angegeben wird, welcher Spektralklasse jeder Stern angehört. Der umfangreichste dieser Kataloge ist der von der Harvard-Sternwarte (Cambridge, U. S. A.) herausgegebene „Draper-Katalog“, welcher über die Spektren von mehr als 10 000 Sternen zwischen dem Nordpol und -25° Deklination Auskunft gibt. An dieses Werk haben sich interessante statistische Untersuchungen über die Häufigkeit der den einzelnen Spektralklassen angehörigen Sterne sowie über die Verteilung der Spektraltypen am Himmel angeschlossen. Es hat sich ergeben, daß 62% der Sterne des Draper-Katalogs der ersten, 37% der zweiten, 1% der dritten Spektralklasse angehören. Auf Grund des genannten und anderer, ähnlicher Kataloge zeigte es sich ferner, daß die Sterne der Klassen IIa und IIIa ziemlich gleichmäßig über den ganzen Himmel verteilt sind und keine Anhäufung nach der Milchstraße hin zeigen. Auch die Sterne der Klasse Ia kommen am ganzen Himmel vor, aber sie zeigen eine deutliche Anhäufung nach der Milchstraße hin. Besonders deutlich tritt dies bei den Heliumsternen (Klasse Ib) hervor, indem 90% von ihnen innerhalb eines Gürtels der Himmelskugel liegen, der durch zwei der Milchstraße parallele und 30° zu beiden Seiten von ihr entfernte Kreise begrenzt wird. Besonders starke Anhäufungen von Heliumsternen liegen in den Sternbildern Argo und Orion,

so daß man die Sterne der Klasse Ib bisweilen geradezu als „Orionsterne“ bezeichnet. Die Heliumsterne sind meist ziemlich hell, und man hat unter den etwa 30 000 Sternen, die auf ihre Spektren hin mehr oder weniger genau untersucht worden sind, deren etwa 800 gefunden.

Die Wolf-Rayet-Sterne (Klasse Ib) liegen fast ausnahmslos in der Milchstraße selbst oder in unmittelbarer Nähe derselben. Auch die Sterne der Klasse IIIb zeigen eine Bevorzugung der Milchstraße, wenn auch lange nicht in dem Grade, wie die der Klasse IIb.

Während wir über die scheinbare Verteilung der den verschiedenen Spektralklassen angehörenden Sterne bereits nähere Angaben zu machen vermögen, wie aus dem eben darüber Gesagten hervorgeht, so wissen wir über die wirkliche, räumliche Verteilung erst sehr wenig, da nur von wenigen Sternen die Entfernungen bekannt sind. Nach den Untersuchungen von Kapteyn ist es indessen sehr wahrscheinlich geworden, daß die Sterne der Klasse IIa uns durchschnittlich näher sind als die der ersten Spektralklasse.

Bei der Besprechung der Spektralklasse IIIa ist schon darauf hingewiesen worden, daß die derselben angehörigen Sterne höchst wahrscheinlich durch Abkühlung aus denen der Klasse IIa hervorgehen. In ähnlicher Weise gehen vermutlich die letzteren aus solchen der ersten Klasse hervor, so daß uns also die Vogelsche Einteilung der Sternspektren zugleich ein Bild von der Entwicklung der Sterne bietet. Die heißesten Sterne, die man gewöhnlich als die relativ jüngsten ansieht, sind diejenigen der ersten Spektralklasse. Sie haben enorme Atmosphären, die hauptsächlich aus Wasserstoff oder aus Wasserstoff und Helium bestehen, so daß diese Elemente im Spektrum vorherrschen. (Manche Astrophysiker nehmen an, daß innerhalb der ersten Klasse die Heliumsterne [Klasse Ib] auf einer früheren Entwicklungsstufe stehen und demnach

heißer sind als die der Klasse Ia, und in der Tat scheint diese Ansicht richtig zu sein.) Allmählich kühlen sich nun die Sterne der ersten Spektralklasse durch Ausstrahlung der Wärme in den Weltraum ab und ziehen sich zusammen. In den Atmosphären treten immer mehr metallische Dämpfe auf, die sich auch im Spektrum immer deutlicher verraten. Die Spektren gehen allmählich in solche der Klasse Ia₂, dann in solche der Klasse Ia₃ über. Bei noch weiterer Abkühlung wird das Spektrum dem der Sonne ähnlich, d. h. es entsteht ein Spektrum der Klasse IIa. Von nun an scheint es zwei Möglichkeiten der Entwicklung zu geben. Entweder es tritt bei weiterer Abkühlung ein Spektrum der Klasse IIIa zutage, und dies dürfte die Regel sein, oder aber in seltenen Fällen ein solches der Klasse IIIb. Warum in einem Falle die erste, in einem anderen die zweite Entwicklung vor sich geht, ist unbekannt, und es bestehen noch Zweifel, ob die Entwicklung der Klasse IIIb aus der Klasse IIa wirklich angenommen werden darf. Diese Zweifel erscheinen um so begründeter, als man bisher noch keine Sternspektren beobachtet hat, die Übergangsformen zwischen den Klassen IIa und IIIb darstellen.

Im unklaren ist man sich auch darüber, welche Stellung den Spektralklassen Ic und IIb in der Entwicklungsreihe anzuweisen ist; nur so viel ist klar, daß die Klasse Ic eine frühe Entwicklungsform darstellt. Bei diesen beiden Klassen, wie auch bei IIIb, handelt es sich jedenfalls um Ausnahmsbildungen, wie auch schon aus der sehr kleinen Zahl der ihnen angehörigen Sterne gefolgert werden muß. Die Erklärung der hellen Linien, welche die Klassen Ic, IIb und IIIb zeigen, bietet manche Schwierigkeiten, und wir können uns hier nicht näher mit diesem Thema beschäftigen.

Daß die oben skizzierte, auf Grund der spektralanalytischen Resultate aufgestellte Theorie der Entwicklung der Sterne

richtig ist, wird noch durch verschiedene weitere Beobachtungsergebnisse fast zur Gewißheit erhoben. Wie wir in § 6 sahen, ist die effektive absolute Temperatur eines Körpers umgekehrt proportional der Wellenlänge des Energiemaximums in seinem Spektrum (Wiensches Gesetz). Spektralphotometrische Messungen haben nun ergeben, daß dieses Energiemaximum bei den Sternen der ersten Spektralklasse eine kleinere Wellenlänge hat als bei denen der Klasse IIa, und bei diesen wiederum eine kleinere als bei der Klasse IIIa. Dies entspricht der Tatsache, daß die violetten und ultravioletten Teile des Spektrums am stärksten bei der Klasse I, weniger stark bei der Klasse IIa, noch weniger stark bei der Klasse III ausgebildet sind. Es folgt also hieraus, daß die Sterne der Klasse I die höchste effektive Temperatur haben, die der Klasse III die niedrigste. Ferner hat man bei den Algolsternen (vgl. § 19), wie hier nicht näher dargelegt werden kann, gewisse Anhaltspunkte für die Dichte, und man hat gefunden, daß diese Sterne, die alle der ersten Spektralklasse angehören, durchweg eine weit geringere Dichte haben als die der Klasse IIa angehörende Sonne. Auch dies spricht dafür, daß die Sterne der ersten Klasse in ihrer Entwicklung noch nicht so weit vorgeschritten sind als die der zweiten.

Es kann nach all diesem kein Zweifel obwalten, daß die Sterne der ersten Spektralklasse die relativ jüngsten sind. Wie sie selbst entstehen, ist unbekannt. Vielfach wird es, namentlich von populären Schriftstellern, als selbstverständlich angenommen, daß sich die Sterne aus den Nebeln bilden. Dies ist aber nur eine Hypothese, für deren Richtigkeit man nur sehr zweifelhafte Gründe anführen kann.

Die Spektralanalyse hat es uns nicht nur ermöglicht, einen Blick in die Entwicklungsgeschichte der Sterne zu tun, sondern sie hat uns noch eine andere, nicht minder wichtige Erkenntnis erschlossen: die nämlich, daß überall im Universum dieselben

chemischen Elemente auftreten und daß zwischen der Sonne und vielen enorm weit entfernten Sternen die größte Ähnlichkeit in der Zusammensetzung besteht. Freilich hat man in den Sternspektren Linien gefunden, die man bisher noch nicht mit den Linien bekannter Elemente hat identifizieren können, aber es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß wir noch nicht alle Elemente, die auf der Erde vorkommen, kennen, und auch die Spektren der bekannten Elemente sind noch nicht in völlig erschöpfender Weise erforscht worden. Jedenfalls kann man die Erkenntnis der Gleichartigkeit des Stoffes im ganzen Universum als eines der merkwürdigsten und interessantesten Forschungsergebnisse betrachten, welches die Astrophysik uns vermittelt hat.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß das Aussehen und in geringem Grade auch die Lage der Spektrallinien durch den Druck, unter welchem die die Linien erzeugenden Dämpfe stehen, beeinflusst werden. In der Tat haben in den Spektren verschiedener Sterne, selbst wenn diese derselben Spektralklasse angehören, die Spektrallinien häufig sehr verschiedenes Aussehen. In manchen Spektren sind sie schmal und scharf, in andern breit und verwaschen. Es ist zu hoffen, daß die nähere Untersuchung dieser Verhältnisse uns Aufschlüsse über die in den Atmosphären der Sterne herrschenden Zustände liefern wird. Bisher ist wenig in dieser Richtung geschehen, und das kann auch nicht wundernehmen, denn man steht hier vor Erscheinungen, die sich nach sehr verwickelten Gesetzen regeln, da nicht der Druck allein, sondern auch andere Umstände mit ins Spiel kommen.

Die spektralanalytische Zerlegung des Lichtes der Fixsterne ermöglicht auf Grund des Dopplerschen Prinzips auch die Bestimmung der Radialgeschwindigkeiten der Sterne. Es sind in dieser Richtung bereits sehr bemerkenswerte Erfolge erzielt worden, aber wir können uns hier nicht näher

damit beschäftigen, da dieses Gebiet mehr zur eigentlichen Astronomie als zur Astrophysik gehört und daher auch in Möbius' „Astronomie“ (Sammlung Götschen Nr. 11) behandelt wird.

Zum Schlusse dieses Paragraphen geben wir eine Liste, aus der man für die vierzig hellsten Sterne die Helligkeit (in Größenklassen) und die Spektralklasse entnehmen kann. Für α Orionis ist keine Größe angegeben, da dieser Stern veränderlich ist.

§ 19. Die veränderlichen und neuen Sterne.

Die weitaus überwiegende Mehrzahl der Fixsterne besitzt eine konstante Helligkeit; nach derselben ordnet man die Sterne in verschiedene „Größenklassen“ ein. Die genaue Definition dieses Begriffes ist in Möbius' „Astronomie“ (Sammlung Götschen Nr. 11) gegeben, und es möge hier nur ganz kurz erwähnt werden, daß die schwächsten Sterne, die dem unbewaffneten, normalen Auge gerade noch sichtbar sind, als sechster Größe bezeichnet werden, und daß ein Stern einer bestimmten Größenklasse 2,512 mal so hell leuchtet als ein Stern der folgenden Größenklasse, so daß z. B. ein Stern fünfter Größe 2,512 mal so hell ist als ein Stern sechster Größe.

Die in Größenklassen ausgedrückten Helligkeiten der 40 hellsten Sterne sind in der Tabelle am Schlusse des vorigen Paragraphen gegeben. Auch für die schwächeren Sterne sind die Helligkeiten genau gemessen und in Form von Katalogen zusammengestellt worden. Das genaueste derartige Verzeichnis ist die „Potsdamer Photometrische Durchmusterung“ von Müller und Kempf, welche die Größen von mehr als 14 000 Sternen des nördlichen Himmels auf Grund der Messungen dieser beiden Astronomen angibt. Noch umfang-

Nummer und Name des Sterns	Größe	Spektrum	Nummer und Name des Sterns	Größe	Spektrum
1. α Canis majoris (Sirius)	-1,7	Ia2	21. ε Ursae majoris	1,4	Ia2
2. α Carinae (Canopus)	-1,0	Ia3	22. β Crucis	1,5	Ib
3. α Lyrae (Wega)	0,1	Ia2	23. γ "	1,5	IIIa
4. α Centauri	0,2	IIa	24. α Geminorum (Castor)	1,6	Ia2
5. α Aurigae (Capella)	0,2	IIa	25. γ Orionis (Bellatrix)	1,6	Ib
6. α Bootis (Arcturus)	0,3	IIa	26. ε "	1,6	Ib
7. β Orionis (Rigel)	0,4	Ib	27. β Tauri	1,7	Ib
8. α Canis minoris (Procyon)	0,5	Ia3	28. ε Canis majoris	1,7	Ib
9. α Eridani	0,5	Ib	29. β Carinae	1,7	Ia2
10. β Centauri	0,8	Ib	30. ε "	1,7	IIa
11. α Aquilae (Atair)	0,8	Ia3	31. λ Scorpii	1,8	Ib
12. α Orionis (Beteigeuze)	—	IIIa	32. η Ursae majoris	1,8	Ib
13. α Crucis	1,0	Ib	33. α Persei	1,9	Ia3 bis
14. α Tauri (Aldebaran)	1,1	IIa			IIa
15. α Virginis (Spica)	1,2	Ib	34. ζ Orionis	1,9	Ib
16. α Cygni (Deneb)	1,3	Ia2	35. α Trianguli austr.	1,9	IIa
17. β Geminorum (Pollux)	1,3	IIa	36. γ Geminorum	1,9	Ia2
18. α Piscis austrini (Fomalhaut)	1,3	Ia2	37. γ Velorum	1,9	IIb
19. α Scorpii (Antares)	1,3	IIIa	38. α Gruis	1,9	Ia2
20. α Leonis (Regulus)	1,4	Ib	39. ε Sagittarii	1,9	Ia3
			40. α Ursae majoris	2,0	IIa

reichere, aber weniger genaue Helligkeitskataloge sind von der Harvard-Sternwarte herausgegeben worden. Aber nicht alle Sterne leuchten stets in derselben Helligkeit; es gibt vielmehr solche, deren Helligkeit regelmäßigen oder unregelmäßigen Schwankungen von oft sehr erheblichem Betrage unterworfen ist. Man nennt diese Sterne „veränderliche Sterne“. Auch kommt es vor, daß plötzlich ein schwacher oder vorher gar nicht sichtbar gewesener Stern zu großer Helligkeit emporflammt, um diese dann ziemlich rasch und auf immer wieder zu verlieren. Diese merkwürdigen Objekte werden „neue Sterne“ oder „Novae“ genannt.

Die veränderlichen Sterne werden mit Hilfe der großen Buchstaben des lateinischen Alphabets von R an und dem Namen des betreffenden Sternbildes bezeichnet. So heißt z. B. der erste im Sternbilde des Großen Bären entdeckte Veränderliche R Ursae majoris, der zweite S Ursae majoris usw. Da in vielen Fällen das Alphabet nicht ausreicht, so werden alsdann Kombinationen von zwei Buchstaben gebraucht. Auf Z Ursae majoris folgen also RR Ursae majoris, RS Ursae majoris usw. Einzelne hellere Veränderliche haben besondere Bezeichnungen, z. B. β Persei (Algol), ϵ Aurigae, \omicron Ceti (Mira) u. a. m.

Um eine Übersicht über die zahlreichen Sterne, an denen man Lichtschwankungen wahrgenommen hat, zu ermöglichen, werden von Zeit zu Zeit Verzeichnisse dieser Objekte veröffentlicht. Der letzte Katalog der Veränderlichen ist der von Miß Cannon zusammengestellte und von E. C. Pickering im Jahre 1907 herausgegebene. Nach den in diesem Werk gemachten Angaben waren damals 3748 Veränderliche bekannt, wobei die in den Sternhaufen und den Magellanischen Wolken zusammengedrängten mitgezählt sind. (Die Magellanischen Wolken sind zwei Anhäufungen von Sternen am südlichen Himmel, welche denselben Anblick wie Teile der

Milchstraße gewähren, aber von dieser isoliert sind; sie enthalten nach Pickering gegen 1800 Veränderliche.)

Die Zahl der Neuentdeckungen von Veränderlichen ist in den letzten Jahren so groß gewesen, daß man mit der genaueren Erforschung des Lichtwechsels bei der Mehrzahl derselben im Rückstande geblieben ist; man weiß daher von sehr vielen Veränderlichen nichts weiter, als daß sie eben veränderlich sind. Viele von ihnen sind so schwach, daß ihre Beobachtung nur mit starken Instrumenten oder auf photographischem Wege möglich ist.

Bei den meisten Veränderlichen ist der Lichtwechsel gewissen Gesetzen unterworfen, er wiederholt sich in bestimmten Zeitintervallen in derselben oder wenigstens ungefähr derselben Weise. Die Zeit, innerhalb deren der Lichtwechsel sich abspielt, um sich darauf zu wiederholen, heißt die Periode des Veränderlichen. Die größte Helligkeit, die ein Veränderlicher erreicht, nennt man sein Maximum, die kleinste sein Minimum. Um sich eine bequeme Übersicht über die Helligkeitsschwankungen eines Veränderlichen zu verschaffen, greift man häufig zu einer graphischen Darstellung derselben. Zu diesem Behufe trägt man auf einer geraden Linie von einem bestimmten Punkte aus Strecken ab, die den von einem bestimmten Zeitpunkte an gerechneten Zeitintervallen proportional sind. Im Endpunkte einer jeden dieser Strecken denkt man sich ein Lot errichtet, welches proportional der in Größenklassen ausgedrückten Helligkeit ist, die der Veränderliche zu der betreffenden Zeit besaß, und zwar denkt man sich die Lote nach unten gezogen, damit ihre Endpunkte um so tiefer liegen, je kleiner die Helligkeit war. Verbindet man die Endpunkte dieser Lote, so erhält man eine Kurve, welche ein Bild von den Helligkeitsänderungen des Sternes liefert und seine Lichtkurve genannt wird. Diese Lichtkurve ermöglicht es uns, für jeden Augenblick des Zeitintervalles,

welches sie umfaßt, die Helligkeit des Veränderlichen in Größenklassen abzulesen. Ist der Lichtwechsel ein ganz regelmäßiger, so kehrt nach Ablauf einer Periode dasselbe Bild der Lichtkurve wieder, und es genügt daher, sie für eine einzige Periode zu zeichnen.

Nach diesen Vorbemerkungen können wir uns nunmehr der Beschreibung der einzelnen Arten der Veränderlichen zuwenden. Wir folgen dabei im allgemeinen der Einteilung von G. C. Pickering. Ähnlich wie die Bogelsche Klassifizierung der Spektren charakterisiert sie nur in großen Zügen die Eigentümlichkeiten der einzelnen Individuen, und nicht jeder Veränderliche läßt sich ohne weiteres in eine der Klassen einordnen. Die Pickering'schen Klassen sind die folgenden:

I. Neue Sterne.

II. Sterne, die in Perioden von einer Anzahl von Monaten oder selbst Jahren große Lichtschwankungen erleiden. Beispiele: α Ceti und χ Cygni.

III. Sterne, die nach bisher unbekanntem Gesetze kleine Änderungen erleiden. Beispiele: α Orionis, α Cassiopejæ.

IV. Sterne, deren Licht sich kontinuierlich ändert; die Veränderungen wiederholen sich mit großer Regelmäßigkeit in einer Periode, die im allgemeinen einige Tage nicht übersteigt. Beispiele: δ Cephei, ζ Geminorum, β Lyrae.

V. Sterne, welche in Intervallen von wenigen Tagen oder selbst in kürzeren Zwischenräumen für einige Stunden eine Verminderung der Helligkeit erleiden; diese Erscheinung tritt mit großer Regelmäßigkeit ein. Beispiele: β Persei (Algol) und δ Cancri.

Die Besprechung der Klasse I (neue Sterne) wird auf den Schluß dieses Paragraphen verschoben. Für die übrigen Klassen empfiehlt es sich, besondere Namen einzuführen, und nach dem heutigen Stande der Wissenschaft ist es zugleich notwendig, gewisse Ergänzungen und Erweiterungen der

obigen Klassifizierung eintreten zu lassen. Man nennt die Veränderlichen der Klasse II Veränderliche vom Mira-Typus (nach dem bekanntesten Vertreter dieser Klasse, Mira Ceti). Klasse III soll alle ganz unregelmäßigen Veränderlichen umfassen, auch die mit großen Lichtschwankungen. Klasse IV, welche die kurzperiodischen Veränderlichen mit kontinuierlicher Helligkeitsänderung umfaßt, zerfällt in drei später näher zu beschreibende Abteilungen, die Sterne vom δ Cephei-Typus, vom ζ Geminorum- und vom β Lyrae-Typus. Klasse V bezeichnet man als Algol-Typus. Schließlich ist noch eine besondere Klasse, die Sterne vom Antalgol-Typus enthaltend, hinzuzufügen; bei diesen werden die Zeiten konstanter Helligkeit unterbrochen von regelmäßig wiederkehrenden Aufhellungen, während beim Algol-Typus regelmäßige Verminderungen der Helligkeit auftreten.

Wir beginnen mit der Besprechung der unregelmäßigen Veränderlichen (Klasse III), deren Lichtschwankungen keine oder nur geringe Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen. Die einzelnen Individuen dieser Klasse zeigen große Verschiedenheiten. Einen besonders interessanten Fall unregelmäßiger Veränderlichkeit bietet R Coronae borealis dar. Dieser Stern ist oft jahrelang unverändert sechster Größe; plötzlich nimmt dann die Helligkeit in wenigen Wochen um mehrere (zweilen acht) Größenklassen ab, um dann wieder, manchmal erst nach Jahren, unter unregelmäßigen Schwankungen bis zur sechsten Größe anzuwachsen. Die Ursache der Lichtschwankungen ist völlig rätselhaft. Das Spektrum des Sterns gleicht sehr dem der Sterne der Spektralklasse Ia3, nur fehlen merkwürdigerweise sämtliche Absorptionslinien des Wasserstoffs. Das Auftreten von hellen Linien, das von manchen Beobachtern behauptet wird, kann noch nicht als ganz sicher gewährleistet werden.

U Geminorum ist ein weiteres Beispiel für unregelmäßige Veränderlichkeit. In der Regel ist dieser Stern etwa dreizehnter Größe. In unregelmäßigen, etwa zwei bis fünf Monate betragenden Intervallen, nimmt plötzlich seine Helligkeit sehr rasch bis höchstens zur neunten Größe zu, und darauf langsamer wieder ab. Die Maxima dauern abwechselnd längere und kürzere Zeit. Ähnliche Erscheinungen zeigt SS Cygni, dessen Lichtschwankungen indessen in letzter Zeit ganz regellos geworden sind.

In den besprochenen Fällen, denen sich andere anreihen lassen, sind die Lichtschwankungen groß und einstweilen unerklärlich. Es kommen nun auch unregelmäßige Veränderliche mit geringen Schwankungen vor, z. B. α Herculis und α Orionis. Diese Sterne besitzen ein Spektrum der Klasse IIIa, ähnlich dem der Sonnenflecke. Wahrscheinlich erklärt sich daher bei ihnen die Veränderlichkeit durch ausgedehnte Fleckenbildungen.

Mehr Regelmäßigkeit als die besprochenen Veränderlichen zeigen diejenigen vom Mira-Typus (Pickering's Klasse II). Dieser Klasse gehören sehr viele Veränderliche an. Bei Mira oder α Ceti wurde die Veränderlichkeit schon 1596 von Fabricius bemerkt. Erst später erkannte man jedoch, daß die Veränderungen eine gewisse Periode innehalten, die indessen beträchtlichen Unregelmäßigkeiten unterworfen ist. Die Zeiten zwischen zwei aufeinanderfolgenden Maximis sind nämlich nicht immer dieselben, sondern betragen 320—370 Tage. Als Mittelwert für die Periode kann man 332 Tage annehmen. Auch die größte Helligkeit ist in den einzelnen Maximis sehr verschieden; in den hellsten ist der Stern erster Größe, in den schwächsten vierter bis fünfter Größe. Die Minimalhelligkeiten sind gleichfalls verschieden, in der Regel entsprechen sie der achten bis neunten Größe. Die Form der Lichtkurve wechselt stark, fast ausnahmslos aber ist die Zeit

vom Minimum bis zum Maximum kürzer als die vom Maximum zum nächsten Minimum. Diese Erscheinung, daß die Zunahme der Helligkeit in kürzerer Zeit erfolgt als die Abnahme, wird bei den meisten Veränderlichen vom Mira-Typus beobachtet. Bei χ Cygni z. B., dessen Periode im Mittel 407 Tage beträgt, aber auch starken Unregelmäßigkeiten unterliegt, folgt das Minimum dem vorangehenden Maximum durchschnittlich nach 238 Tagen und geht dem folgenden Maximum um durchschnittlich 169 Tage voraus. In den hellsten Maximis ist χ Cygni dritter bis vierter Größe, in den Minimis in der Regel dreizehnter bis vierzehnter Größe.

Bei fast allen Veränderlichen vom Mira-Typus zeigen, wie bei α Ceti und χ Cygni, die Länge der Periode, die Maximal- und die Minimalhelligkeit mehr oder minder starke Abweichungen von der Regelmäßigkeit. Man kann für alle diese Größen immer nur gewisse Mittelwerte angeben. Die kürzeste Periode, die bei diesen Sternen vorkommt, ist die von RX Andromedae (45 Tage), die längsten sind die von S Cassiopejæ (610 Tage) und RW Ophiuchi (745 Tage, aber noch fraglich). Am häufigsten sind Perioden von 200—400 Tagen, während solche von weniger als 150 und mehr als 450 Tagen sehr selten sind. Alle Sterne vom Mira-Typus, deren beinahe 500 bekannt sind, haben rötliche Färbung, und je länger die Periode ist, um so ausgesprochener rot ist die Farbe.

Das Spektrum der Veränderlichen vom Mira-Typus ist sehr charakteristisch, und bei vielen von ihnen ist man erst durch das Spektrum auf die Veränderlichkeit aufmerksam geworden. Am sorgfältigsten untersucht ist das Spektrum der Mira Ceti, welches für diese Klasse von Sternen durchaus typisch ist; es besteht aus einem Absorptionsspektrum mit darüber gelagerten Emissionslinien. Das Absorptionsspektrum gehört der Spektralklasse IIIa an, zeigt also außer zahlreichen

Linien auch eine Anzahl von Banden, die dem Titanoghd angehören. Die Emissionslinien sind die des Wasserstoffs, daneben sind in hellen Maximis auch noch andere Emissionslinien (Eisen, Silizium, Magnesium) sichtbar. Die Wasserstofflinie $H\epsilon$ fehlt meist völlig in der Reihe der Emissionslinien; dies läßt sich dadurch erklären, daß sie durch eine naheliegende, starke Absorptionslinie des Kalziums ausgelöscht wird. Gelegentlich zeigen die Wasserstofflinien zur Zeit des Maximums der Helligkeit des Sterns Verdoppelungen, ja selbst Verdreifachungen. Wie dies zu erklären ist, ist noch unentschieden. Sowohl bei Mira Ceti wie bei γ Cygni sind die hellen Wasserstofflinien relativ zu den entsprechenden Absorptionslinien nach der brechbareren Seite des Spektrums hin verschoben.

Der Zusammenhang zwischen den Lichtschwankungen des Sterns und dem Aussehen seines Spektrums ist selbst bei Mira Ceti noch nicht in ausreichender Weise untersucht worden. Wenn der Stern an Helligkeit verliert, so scheinen die weniger brechbaren Teile des Spektrums schneller an Helligkeit abzunehmen als die brechbareren. Gewisse Absorptionslinien scheinen sich dabei zu verbreitern. Die Absorptionsbanden sind in den helleren Maximis nicht so deutlich wie in den schwächeren. Dies dürfte darauf hindeuten, daß bei den helleren Maximis, wie es auch an sich wahrscheinlich ist, höhere Temperaturen auftreten als bei den schwächeren, da bei höheren Temperaturen das Zustandekommen chemischer Verbindungen, die die Banden im Spektrum erzeugen, erschwert wird. Die hellen Linien ändern während der Lichtschwankungen des Sternes ihre relativen Intensitäten. Im Minimum scheinen die hellen Wasserstofflinien ganz zu verschwinden.

Die überwiegende Mehrzahl der Veränderlichen vom Mira-Typus besitzen ganz ähnliche Spektren wie Mira Ceti;

nur wenige bilden eine Ausnahme, indem sie einfach der Spektralklasse IIIa oder auch IIIb angehören.

Die Erklärung des Lichtwechsels der veränderlichen Sterne vom Mira-Typus bietet große Schwierigkeiten. Man hat verschiedene Hypothesen darüber aufgestellt, die aber meist einer näheren Prüfung nicht standhalten. Am wahrscheinlichsten ist wohl diejenige, welche als Ursache der Helligkeitsänderungen die Bildung von den Sonnenflecken ähnlichen Flecken auf der Oberfläche dieser Sterne annimmt. In der That gehört ja das Absorptionsspektrum dieser Sterne in weitest aus den meisten Fällen der Klasse IIIa an, zeigt also Verwandtschaft mit dem der Sonnenflecke. Die Sterne vom Mira-Typus sind wahrscheinlich weit dichter mit Flecken bedeckt, als es bei der Sonne der Fall ist, und wenn die Fleckentätigkeit auf ihnen, wie auf der Sonne, periodisch ist, so würde das tatsächlich den Lichtwechsel erklären können. Die hellen Linien im Spektrum der Mira-Sterne könnte man sich durch Erscheinungen hervorgerufen denken, die den Protuberanzen oder Flocculi der Sonne entsprechen; nur müßte man auch hier eine viel stärkere Entwicklung dieser Phänomene annehmen, als sie auf der Sonne statthat. Die mehr oder minder große Menge und Helligkeit dieser Gebilde wird natürlich auch die Helligkeit des Sterns beeinflussen.

Die bisher betrachteten Klassen von Veränderlichen zeigen in ihrem Lichtwechsel starke Unregelmäßigkeiten. Wir wenden uns nun denjenigen zu, bei welchen die Abweichungen von der Regelmäßigkeit nur klein oder überhaupt nicht nachweisbar sind. Es sind die kurzperiodischen Sterne mit kontinuierlicher Helligkeitsänderung (Klasse IV), die Algol-Sterne (Klasse V) und die Antalgol-Sterne. Am einfachsten liegen die Verhältnisse bei den Algol-Sternen, deren Lichtwechsel sich kurz wie folgt charakterisieren läßt: Während des größten Theiles der Periode ist die Helligkeit konstant. Sie nimmt dann zu

bestimmten Zeiten mehr oder weniger schnell ab, bis das Minimum erreicht ist. In diesem verharrt der Stern kurze Zeit bei konstanter Helligkeit; dann nimmt letztere wieder zu, bis die frühere Maximalhelligkeit erreicht ist. Dieses Spiel wiederholt in sich in ganz regelmäßigen Zeitintervallen, die nur bisweilen innerhalb längerer Zeiträume sehr wenig veränderlich sind. Das Verharren im Minimum dauert in vielen Fällen nur sehr kurze Zeit, und bei Algol selbst z. B. beginnt nach Erreichung des Minimums sofort wieder das Anwachsen der Helligkeit. In den meisten Fällen sind der absteigende und der aufsteigende Teil der Lichtkurve völlig oder nahezu völlig symmetrisch zur Mitte des Minimums. Das klassische Beispiel für die geschilderte Art der Veränderlichkeit ist der Stern β Persei oder Algol, nach welchem die ganze Klasse von Veränderlichen ihren Namen „Algol-Sterne“ erhalten hat. Der Lichtwechsel des Algol verläuft in folgender Weise: Während der Zeit von ungefähr 2 Tagen 9 Stunden ist der Stern konstant von der Größe 2,4. Alsdann nimmt die Helligkeit in sechs Stunden um 1,1 Größenklassen ab, und darauf in derselben Zeit um den gleichen Betrag wieder zu. Die Periode beträgt 2 Tage 20 Stunden 49 Minuten; ihre Länge ist langsamen Änderungen (um einige Sekunden) unterworfen. Fig. 12 gibt ein Bild der Lichtkurve von sieben Stunden vor bis sieben Stunden nach dem Minimum. Der Lichtwechsel Algols läßt sich auf einfache Weise erklären. Wir wollen annehmen, daß Algol einen dunkeln Satelliten hat, der ihn in 2 Tagen 20 Stunden 49 Minuten umkreist, und daß die Verbindungslinie zwischen Erde und Algol in die Bahnebene dieses Satelliten fällt. Bei jedem Umlauf wird also der Satellit, von der Erde aus gesehen, einmal vor die Scheibe des Algol treten und so eine Verfinsterung desselben verursachen. Wäre der Satellit völlig dunkel und so groß, daß er den Stern ganz bedeckte, so würde letzterer für

kurze Zeit überhaupt verschwinden; bei nicht totaler Bedeckung dagegen wird nur eine Verkleinerung der Helligkeit des Algol eintreten, wie es tatsächlich der Fall ist. — Es bietet sich nun die Möglichkeit dar, die Richtigkeit der soeben auseinandergesetzten Theorie einer Prüfung zu unterziehen. Infolge der Anziehung des Satelliten muß nämlich Algol eine Bahn um den Schwerpunkt des aus ihm und seinem Satelliten gebildeten Systems beschreiben. Diese Bahn ist zu eng, als daß sich die Bewegung des Algol in ihr durch eine

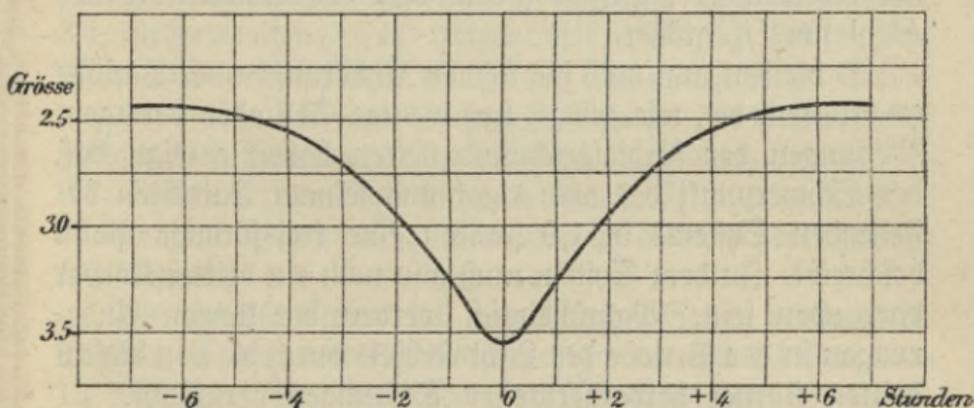


Fig. 12. Lichtkurve des Algol.

laterale Bewegung des Sternes an der Himmelskugel bemerkbar machen könnte. Dagegen wird sich diese Bahnbewegung in den Radialgeschwindigkeiten des Algol, die man auf spektroskopischem Wege messen kann, verraten, da sich Algol in einem Teil seiner Bahn auf uns zu, in dem entgegengesetzten von uns weg bewegen muß. Algol muß also, kurz gesagt, ein spektroskopischer Doppelstern sein. Daß dies tatsächlich zutrifft, hat H. C. Vogel in Potsdam schon im Jahre 1889 gezeigt, und die spektroskopischen Beobachtungen haben bewiesen, daß die oben angegebene Erklärung des Lichtwechsels richtig ist.

Die Messungen der Radialgeschwindigkeit geben uns nun auch die Möglichkeit, die Dimensionen und die Gestalt der von Algol beschriebenen Bahn zu berechnen. Es hat sich ergeben, daß diese Bahn nur wenig elliptisch, also nahezu kreisförmig ist, und daß die Ellipse eine große Achse von etwas über 3000000 km besitzt. Durch Vereinigung der spektroskopischen Resultate mit den photometrischen ist man ferner in die Lage versetzt, die Durchmesser des Algol und seines Begleiters angenähert berechnen zu können; der Durchmesser des letzteren ist ungefähr gleich dem der Sonne, der des Algol um $\frac{1}{5}$ größer.

Es bleiben nun noch die kleinen Änderungen der Periode zu erklären, die, wie gesagt, nur wenige Sekunden betragen. Messungen der Radialgeschwindigkeiten haben gezeigt, daß der Schwerpunkt des aus Algol und seinem Satelliten bestehenden Systems in 1,9 Jahren eine kreisförmige Bahn beschreibt. In dem System muß also noch ein dritter Körper vorhanden sein. Wahrscheinlich werden die kleinen Änderungen in der Periode des Lichtwechsels durch die von diesem dritten Körper hervorgerufenen Störungen verursacht.

In ganz ähnlicher Weise wie bei Algol selbst sind auch die Lichtschwankungen der übrigen Algol-Sterne zu erklären. Es ist durchaus nicht nötig anzunehmen, daß der die Verfinsterung verursachende Begleiter dunkel ist. Auch wenn er hell ist, wird offenbar eine Abschwächung des Gesamtlichtes eintreten, wenn er sich vor dem Hauptstern vorbei bewegt. Es wird dann aber auch noch ein zweites Minimum bei jedem Umlauf statthaben, wenn nämlich der Begleiter hinter den Hauptstern tritt. Derartige sekundäre Minima sind tatsächlich bei mehreren Algol-Sternen festgestellt worden. Ist die Bahnbewegung stark elliptisch, so braucht das sekundäre Minimum nicht in der Mitte zwischen zwei Hauptminimis zu liegen; als Beispiel hierfür kann RS Sagittarii angeführt werden.

Die Eigentümlichkeit vieler Algol-Sterne, daß um die Mitte des Minimums die Helligkeit einige Zeit konstant ist, läßt sich ebenfalls leicht erklären. Man hat sich nur vorzustellen, daß der eine der beiden Sterne wesentlich größer ist als der andere. Alsdann wird sich offenbar, solange der kleinere Stern ganz vor oder ganz hinter dem größeren steht, die Helligkeit nicht ändern.

Die Größe der Lichtschwankungen ist bei einigen Algol-Sternen recht ansehnlich. Bei RW Tauri beträgt z. B. der Helligkeitsunterschied zwischen Maximum und Minimum 3,7 Größenklassen. Der Lichtwechsel spielt sich bei diesem Stern in folgender Weise ab: In 3,3 Stunden sinkt der Stern von der Größe 7,87 zur Größe 11,54 herab. In dieser Minimalgröße verharrt er 1,3 Stunden, um dann wieder in 3,3 Stunden zum Maximum (Größe 7,87) emporzusteigen. Während 2 Tagen $10\frac{1}{2}$ Stunden ist alsdann die Helligkeit konstant.

Die kürzeste bisher bei einem Algol-Stern beobachtete Periode ist die von RZ Draconis; sie beträgt 13 Stunden 13 Minuten. Von den Anfang 1909 bekannten 66 Algol-Sternen haben 8 eine Periode von weniger als einem Tage, 40 eine Periode von 1—5 Tagen, 11 eine solche von 5—10 Tagen, 3 eine solche von 10—20 Tagen, 3 eine solche von 30—35 Tagen. Nur ein einziger hat eine Periode von mehr als 35 Tagen, nämlich RZ Ophiuchi, dessen Periode 261 Tage 19 Stunden beträgt. Die Lichtschwankung dieses Sterns beträgt 0,8 Größenklassen, die Lichtabnahme und -zunahme dauert je 6 Tage, und $6\frac{1}{2}$ Tage bleibt der Stern konstant im Minimum. Die übrigen 243 Tage der Periode ist der Stern in konstanter Maximalhelligkeit.

Aus dem Verlauf der Lichtkurve und der Periode der Algol-Sterne können, wie hier allerdings nicht näher dargelegt werden kann, gewisse Schlüsse über die Dichte dieser

Himmelskörper gezogen werden. So hat man gefunden, daß die mittlere Dichte des Algol und seines Begleiters höchstens $\frac{1}{14}$ von der Dichte der Sonne ist. Bei andern Systemen ist sie noch geringer, z. B. bei VW Cygni höchstens $\frac{1}{50}$. Überhaupt ist die Dichte aller Algol-Sterne sehr gering im Vergleich zu der der Sonne. Nun hat sich gezeigt, daß alle Algol-Sterne, soweit ihre Spektren schon untersucht worden sind, der ersten Spektralklasse, und zwar vorwiegend der Abteilung Ib, angehören. Wir wiesen schon im vorigen Paragraphen darauf hin, daß die Zugehörigkeit der Algol-Sterne zur ersten Spektralklasse im Verein mit ihrer geringen Dichte eine Bestätigung der oben auseinandergesetzten Ansichten über die Entwicklungsgeschichte der Fixsterne liefert.

Eine merkwürdige Stellung unter den Veränderlichen nimmt der Stern ϵ Aurigae ein. Seine Lichtkurve gleicht durchaus der eines Algol-Sternes, aber die Periode ist die längste bisher überhaupt bei einem Veränderlichen nachgewiesene, nämlich 27,1 Jahre. Während 25,1 Jahren ist die Helligkeit konstant, nimmt dann in ungefähr sieben Monaten um 0,7 Größenklassen ab, bleibt zehn Monate konstant im Minimum und steigt dann in sieben Monaten wieder zur früheren Größe an. Wenn man den Lichtwechsel auf dieselbe Art wie bei den eigentlichen Algol-Sternen erklären wollte, so müßte man eine enorm geringe Dichte annehmen. Spektroskopische Beobachtungen haben bewiesen, daß ϵ Aurigae aus drei Komponenten besteht. Das Spektrum gehört der Klasse Ia3 an.

In mancher Hinsicht mit den Algol-Sternen verwandt sind die kurzperiodischen Veränderlichen mit kontinuierlichem Lichtwechsel (Pickering's Klasse IV), von denen etwa 100 bekannt sind. Die Lichtkurven dieser Sterne sind aber vor allem dadurch von denen der Algol-Sterne verschieden, daß die Helligkeit niemals, wie es bei letzteren der Fall ist, längere

Zeit hindurch konstant ist; sie ändert sich vielmehr ständig. Diese Änderungen gehen aber im allgemeinen sehr regelmäßig vor sich, und die Perioden sind, wie bei den Algol-Sternen, höchstens langsamen und sehr geringen Änderungen unterworfen.

Innerhalb dieser Klasse von Veränderlichen lassen sich nun nach der Form der Lichtkurve drei Typen unterscheiden, deren Hauptvertreter δ Cephei, ζ Geminorum und β Lyrae sind.

Fig. 13 gibt eine Darstellung der Lichtkurve von δ Cephei.

Die Periode ist 5,37 Tage. Man sieht aus der Figur, daß die Zunahme der Helligkeit weit rascher vor sich geht als die Abnahme, und diese rasche Zunahme ist charakteristisch für die Sterne vom δ Cephei-Typus. Die Größe der Lichtschwankung beträgt bei δ Cephei ungefähr 1,2 Größenklassen.

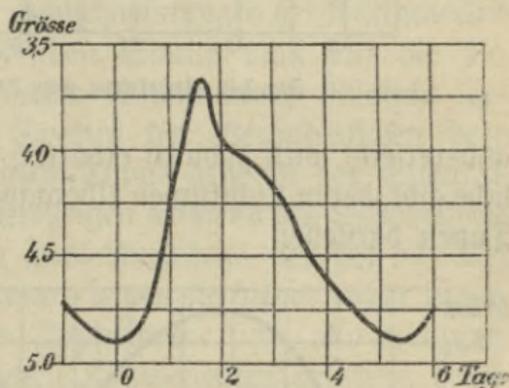


Fig. 13. Lichtkurve von δ Cephei.

Während die Helligkeitszunahme ganz gleichmäßig vor sich geht, zeigt der absteigende Teil der Lichtkurve kleine Unregelmäßigkeiten. Bei anderen Sternen dieses Typus ist auch der absteigende Teil der Lichtkurve ganz glatt, bei noch anderen sind die Unregelmäßigkeiten größer; sind sie besonders groß, so entstehen mitunter Lichtkurven, die mit der weiter unten beschriebenen von β Lyrae Verwandtschaft besitzen.

Bei ζ Geminorum, dessen Periode 10,2 Tage beträgt, und dessen Lichtkurve Fig. 14 wiedergibt, sind die Zeiten der Lichtzunahme und -abnahme nahezu gleich. Die Helligkeits-

schwankung beträgt nur 0,8 Größenklassen. Die Verwandtschaft zwischen ζ Geminorum und den ihm ähnlichen Veränderlichen einerseits und den Sternen vom δ Cephei-Typus

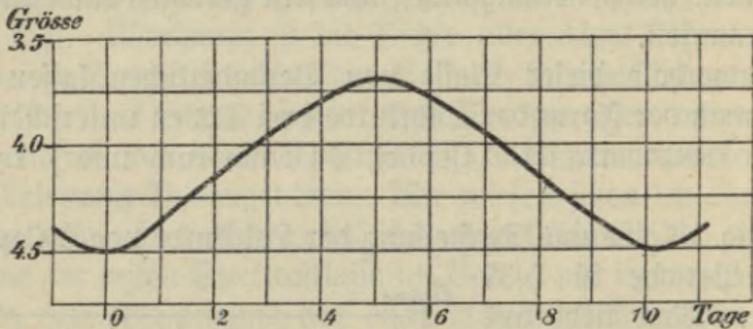


Fig. 14. Lichtkurve von ζ Geminorum.

andererseits wird dadurch erhärtet, daß es einige Veränderliche gibt, deren Lichtkurven Übergangsformen zwischen beiden Typen darstellen.

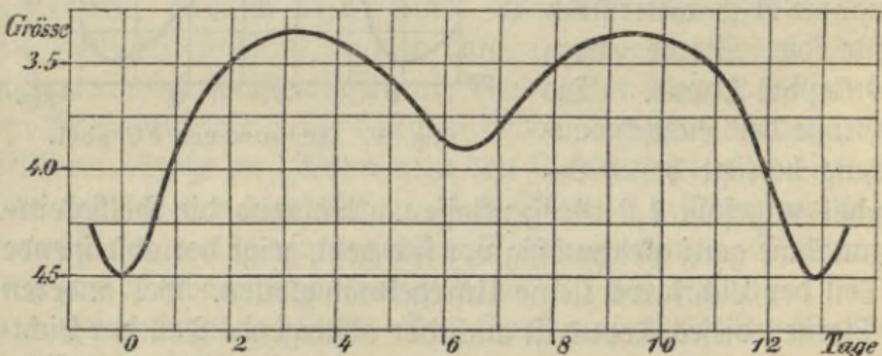


Fig. 15. Lichtkurve von β Lyrae.

Eine merkwürdige Lichtkurve besitzen β Lyrae (siehe Fig. 15) und die wenigen ihm ähnlichen Sterne. Die Minima sind in regelmäßiger Abwechslung tiefer und flacher, während die Maxima gleich hoch sind. Die Periode von β Lyrae ist 12,9 Tage. In den Hauptminimis besitzt der Stern die Größe

4,5, in den sekundären die Größe 3,9, während die Größe im Maximum 3,4 ist.

Die Periodenlänge übersteigt bei den bisher bekannten kurzperiodischen Veränderlichen mit kontinuierlicher Helligkeitsänderung nur in seltenen Fällen den Wert von 30 Tagen. Die kürzeste bisher in dieser Klasse und überhaupt bei einem Veränderlichen konstatierte Periode ist die von XX Cygni, die nur $3\frac{1}{4}$ Stunden beträgt. Dieser Stern gehört dem δ Cephei-Typus an, die Lichtschwankung ist 0,7 Größenklassen.

Bei der Erklärung der Lichtschwankungen der kontinuierlich veränderlichen, kurzperiodischen Sterne muß auf die Ergebnisse der spektroskopischen Untersuchung Rücksicht genommen werden. Die Spektren der Veränderlichen vom δ Cephei- und ζ Geminorum-Typus gehören der Spektralklasse IIa an, und die Linien zeigen während des Lichtwechsels keine merkliche Änderung ihres Aussehens. Es hat sich aber gezeigt, daß alle diese Sterne, soweit sie bisher näher untersucht sind, spektroskopische Doppelsterne sind, also aus zwei nahe beieinander befindlichen Komponenten bestehen, deren Umlaufsbewegung um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt sich in genau derselben Periode vollzieht, wie der Lichtwechsel. In allen Fällen ist nur das Spektrum der einen Komponente sichtbar, die andere ist also dunkel oder jedenfalls wesentlich schwächer als jene. Zunächst liegt nun der Gedanke sehr nahe, auch hier, wie bei den Algol-Sternen, den Lichtwechsel durch eine Verfinsternung zu erklären. Dies ist aber nicht zulässig. Im Minimum müßte nämlich nach dieser Theorie die dunkle Komponente, von der Erde aus gesehen, vor der hellen stehen. Die Messungen der Radialgeschwindigkeit lehren aber, daß dies keineswegs der Fall ist. Es kann aber andererseits kein Zweifel herrschen, daß die Helligkeitsänderungen in engem Zusammenhang mit der Umlaufs-

bewegung stehen; dies beweist die Gleichheit der Perioden beider Vorgänge, sowie die Tatsache, daß die größte Annäherungsgeschwindigkeit der hellen Komponente ungefähr mit dem Helligkeitsmaximum, die größte von uns fortgerichtete Geschwindigkeit ungefähr mit dem Helligkeitsminimum zusammenfällt. Eine durchaus befriedigende Erklärung ist für die beobachteten Erscheinungen bis jetzt noch nicht gegeben; am meisten leuchtet vielleicht noch die ganz neuerdings von Duncan aufgestellte Hypothese ein. Dieser macht folgende Annahmen: Die helle Komponente des Systems hat eine starke Atmosphäre, und sie bewegt sich noch innerhalb der sehr ausgedehnten und sehr dünnen Atmosphäre der anderen, uns nicht sichtbaren Komponente. Durch die Reibung in diesem Mittel wird die Atmosphäre der hellen Komponente entgegengesetzt der Bewegungsrichtung der letzteren verschoben, d. h. sie ist auf der in der Bewegung vorangehenden Seite des Sterns weniger tief als auf der entgegengesetzten und absorbiert daher dort auch weniger von dem Lichte des Sternes. Ist die Bewegung daher gerade auf uns zu gerichtet, so wird uns der Stern am hellsten erscheinen, im entgegengesetzten Teile der Bahn am schwächsten. Dies deckt sich zwar mit den beobachteten Tatsachen, doch ist die Richtigkeit der Hypothese immerhin noch recht fraglich.

Noch schwieriger als bei den Sternen vom δ Cephei- und ζ Geminorum-Typus ist die Sachlage bei β Lyrae, dessen Spektrum sehr kompliziert ist. Über ein Absorptionsspektrum der ersten Spektralklasse sind helle Linien gelagert, besonders solche des Wasserstoffs und des Heliums. Die hellen und dunkeln Linien erleiden gegeneinander Verschiebungen, und die Vorgänge sind so verwickelt, daß sie hier nicht näher dargestellt werden können, zumal eine Deutung derselben noch nicht gelungen ist. Der Lichtwechsel allein — ohne Rücksicht auf die Erscheinungen im Spektrum — läßt sich unter der

Annahme erklären, daß β Lyrae aus zwei hellen, ellipsoidischen Körpern verschiedener Größe besteht, die einander äußerst nahe sind und sich in nahezu kreisförmigen Bahnen um den gemeinsamen Schwerpunkt bewegen, wobei sie sich abwechselnd bedecken.

Schließlich bleibt uns noch die letzte Klasse von Veränderlichen, die der Antalgol-Sterne, zu betrachten. Diese haben, wie wir schon sahen, ihren Namen infolge des Umstandes erhalten, daß sie sich in gewisser Hinsicht gerade entgegengesetzt wie die Algol-Sterne verhalten. Ihre Helligkeit ist nämlich längere Zeit konstant, sinkt dann aber nicht, wie bei den Algol-Sternen, zu einem Minimum herab, sondern steigt vielmehr zu einem Maximum empor, um dann wieder bis zu der früheren Größe abzunehmen. Während aber bei den Algol-Sternen Abfall und Anstieg der Helligkeit meist genau oder nahezu genau gleichviel Zeit erfordern, trifft dies bei den Antalgol-Sternen nicht zu. Die Helligkeitszunahme geschieht vielmehr rascher als die darauffolgende Helligkeitsabnahme. Die Antalgol-Sterne haben die Eigentümlichkeit, daß fast alle in engen Sternhaufen liegen; außerhalb von solchen waren Anfang 1909 nur 8 Antalgol-Sterne bekannt, die alle eine Periode von $10-13\frac{1}{2}$ Stunden haben und ausnahmslos selbst im Maximum sehr schwach sind. Als Beispiel möge ST Ophiuchi dienen. Während 4 Stunden 9 Minuten ist dieser Stern konstant im Minimum (Größe 12,3). In 53 Minuten steigt er dann zum Maximum (Größe 11,0) empor, und nimmt darauf in 5 Stunden 46 Minuten bis zur Größe 12,3 ab. Die Periode beträgt also 10 Stunden 48 Minuten.

Besonders reich an Veränderlichen der Antalgol-Klasse sind die Sternhaufen ω Centauri, Messier 3 und Messier 5. In ω Centauri sind im ganzen 128 Veränderliche nachgewiesen. Von 95 dieser Sterne sind die Lichtkurven genau

untersucht, und es hat sich herausgestellt, daß 37 der Antalgol-Klasse angehören (mit Perioden von 12—15 Stunden). Die übrigen gehören überwiegend zum δ Cephei- und ζ Geminorum-Typus. Zwischen dem ersteren und dem Antalgol-Typus scheint eine ziemlich enge Verwandtschaft zu bestehen. — In den Sternhaufen Messier 3 und Messier 5 sind 129 bzw. 87 Veränderliche gefunden worden, und für 109 bzw. 65 derselben ist der Lichtwechsel näher untersucht. Alle diese Sterne mit zwei Ausnahmen sind Antalgol-Sterne und haben sämtlich Perioden, die nicht sehr von einem halben Tage verschieden sind. Wie diese höchst merkwürdige Tatsache zu erklären ist, muß noch als völliges Rätsel bezeichnet werden. Überhaupt hat man für den Lichtwechsel der Antalgol-Sterne noch keine befriedigende Erklärung gefunden. Auch die spektralen Eigenschaften dieser Himmelskörper sind noch unbekannt, da es sich durchweg um sehr schwache Objekte handelt.

Wir verlassen nunmehr das Gebiet der veränderlichen Sterne und wenden uns den neuen Sternen (vgl. Seite 118) zu. Diese sind recht seltene Erscheinungen; im ganzen sind seit 1572, dem Jahre, in welchem der von Tycho Brahe beobachtete Stern in der Cassiopeja aufflammte, 23 neue Sterne beobachtet worden, von denen aber kaum die Hälfte dem bloßen Auge sichtbar gewesen ist. Ein großer Teil von den schwächeren ist auf photographischem Wege entdeckt worden. Alle bisher beobachteten neuen Sterne liegen in oder nahe der Milchstraße. Wir werden uns hier eingehender nur mit den beiden zu beschäftigen haben, die mit den modernen spektroskopischen Hilfsmitteln besonders sorgfältig untersucht worden sind, nämlich der Nova Aurigae vom Jahre 1892 und der Nova Persei vom Jahre 1901. Die heutigen Theorien über die neuen Sterne stützen sich hauptsächlich auf die bei diesen beiden beobachteten Erscheinungen.

Die Nova Aurigae wurde zuerst am 24. Januar 1892 von Anderson in Edinburg als Stern fünfter Größe entdeckt. Photographische Aufnahmen des betreffenden Teiles des Himmels bewiesen, daß der Stern am 8. Dezember 1891 jedenfalls noch schwächer als neunter Größe gewesen sein muß, am 10. Dezember aber schon fünfter Größe war. Am 20. Dezember war er, wie ebenfalls aus vorhandenen photographischen Aufnahmen folgte, am hellsten, etwa von der Größe 4,5. Nach der Entdeckung durch Anderson nahm er erst langsam, dann schneller an Helligkeit ab und war schon im April 1892 schwächer als vierzehnter Größe. Im August 1892 stieg die Nova Aurigae nochmals zur Größe 9,5 empor und blieb längere Zeit in dieser Helligkeit. Gegenwärtig ist sie ein schwacher, nur in starken Instrumenten sichtbarer Stern.

Das Spektrum der Nova Aurigae wurde von Anfang Februar 1892 an beobachtet. Auf kontinuierlichem Grunde zeigten sich zahlreiche helle, meist breite Linien, namentlich des Wasserstoffs, Heliums, Kalziums, Natriums und Eisens. An der brechbareren Seite waren diese Emissionslinien zum großen Teile von starken Absorptionslinien begleitet. Mit der Helligkeitsabnahme des Sternes wurde das kontinuierliche Spektrum schwächer, die hellen Linien blieben sichtbar, bis der Stern wegen ungünstiger Stellung zur Sonne nicht mehr beobachtet werden konnte. Als er im August wieder sichtbar wurde, zeigte es sich, daß sich das Spektrum in das eines Gasnebels (vgl. den nächsten Paragraphen) verwandelt hatte; doch waren die Emissionslinien breiter und verwäschener als in einem solchen. Im Jahre 1903 wurde konstatiert, daß das Spektrum der Nova ein kontinuierliches geworden war.

Infolge der verspäteten Entdeckung der Nova Aurigae begannen die spektroskopischen Beobachtungen erst, als der Stern bereits seine größte Helligkeit überschritten hatte.

Günstiger gestaltete sich die Sachlage bei der Nova Persei vom Jahre 1901. Auch diese wurde von Anderson entdeckt und zwar als Stern der Größe 2,5 in den Morgenstunden des 22. Februar 1901. Wie eine zufällig aufgenommene photographische Platte der betreffenden Gegend des Himmels bewies, war der Stern 28 Stunden früher jedenfalls noch schwächer als zwölfter Größe gewesen. Am Abend des 23. Februar war die Nova heller als α Aurigae (Capella). Von da an nahm die Helligkeit ab, so daß der Stern am 6. März nur noch dritter Größe war. Von Mitte März bis Anfang Juni schwankte die Helligkeit wie die eines veränderlichen Sternes in etwa drei- bis fünftägiger Periode, wobei sie aber ständig weiter sank. Im Juli waren diese Schwankungen fast ganz verschwunden und der Stern war sechster Größe. Ende des Jahres 1901 war die Nova siebenter Größe, später ist sie dann zu einem Stern elfter bis zwölfter Größe geworden.

Das Spektrum der Nova Persei wurde zuerst am Abend des 22. Februar 1901 von E. C. Pickering beobachtet. Es war damals ein Spektrum der ersten Klasse, helle Linien waren nur ganz leicht an der weniger brechbaren Seite der sehr breiten und matten Absorptionslinien angedeutet. Daß die hellen Linien nicht deutlicher sichtbar waren, ist wohl ohne Zweifel der großen Intensität des kontinuierlichen Spektrums zuzuschreiben. Am 23. Februar, also zur Zeit der größten Helligkeit der Nova, war das Spektrum im wesentlichen unverändert. Am 24. Februar dagegen, als die Helligkeit schon wieder etwas abgenommen hatte, glich das Spektrum dem der Nova Aurigae, wie es oben beschrieben worden ist, d. h. es zeigten sich breite Emissionslinien, auf deren brechbarer Seite Absorptionslinien lagen. Zunächst waren alle diese Linien in ihrer Intensität und Breite erheblichen Änderungen unterworfen, und als die Nova die oben erwähnten periodischen Helligkeitsschwankungen erlitt, zeigte das Spek-

trum interessante Änderungen, die wir hier indessen nicht näher beschreiben können. In der zweiten Hälfte des Jahres 1901 hatte sich das Spektrum der Nova in das eines Gasnebels verwandelt, wie es auch bei der Nova Aurigae der Fall gewesen war; auch bei der Nova Persei waren aber die Linien viel breiter als im Spektrum eines Nebels. Später trat das kontinuierliche Spektrum wieder mehr hervor, und schließlich (1907) nahm das Spektrum ganz den Charakter des Spektrums eines Wolf-Rayet-Sternes an.

Ganz ähnliche Wahrnehmungen wie an den Spektren der Nova Aurigae und der Nova Persei hat man auch an denen der meisten anderen, schwächeren neuen Sterne gemacht, so daß es sich also hier um Erscheinungen handelt, die für die neuen Sterne charakteristisch sind. Dies gilt namentlich von dem paarweisen Auftreten heller und dunkler Linien, von denen die ersteren gegen die normale Lage, die sie im Spektrum des betreffenden Elementes haben, stark nach der roten Seite des Spektrums, die letzteren stark nach der violetten Seite verschoben sind. Wollte man diese Verschiebungen nach dem Dopplerschen Prinzip, als durch Radialbewegung verursacht, deuten, so müßte man annehmen, daß die Emissionslinien von einem Stern, die entsprechenden Absorptionslinien von einem anderen herrühren, und daß diese beiden Sterne eine kolossale relative Geschwindigkeit gegeneinander (von 1000 km oder noch mehr in der Sekunde) besitzen. Da die Verschiebungen Monate hindurch anhalten und sich bei verschiedenen neuen Sternen stets im selben Sinne und in ungefähr derselben Größe gezeigt haben, so ist diese Deutung nach dem Dopplerschen Prinzip im höchsten Grade unwahrscheinlich und wird heutzutage allgemein verworfen. Man hat daher auch die Hypothese, daß die Erscheinung der neuen Sterne durch das Zusammentreffen zweier Fixsterne im Weltenraume zu erklären sei, fallen lassen.

Diejenige Theorie zur Erklärung der neuen Sterne, die sich gegenwärtig der meisten Anhänger erfreut, ist die von Seeliger. Dieser nimmt an, daß das Ausleuchten einer Nova durch das Eindringen eines dunkeln oder nur schwach leuchtenden Weltkörpers in eine ebenfalls dunkle oder nur schwach leuchtende kosmische Staubwolke oder Nebelmasse verursacht wird. Durch den Widerstand, den die letztere der Bewegung des Weltkörpers entgegensetzt, muß dieser sich erhitzen, ebenso müssen aber auch die von ihm getroffenen Teile der Wolke eine starke Temperaturerhöhung erfahren. Die theoretische Verfolgung der sich hierbei darbietenden Erscheinungen führt in der That zu einer ganz befriedigenden Übereinstimmung mit den an den neuen Sternen beobachteten Phänomenen. Namentlich lassen sich auch die wichtigsten an den Spektren der neuen Sterne gemachten Wahrnehmungen erklären, wenn man mit H. Ebert annimmt, daß die der Nova benachbarten Teile der Wolke eine anomale Dispersion (vgl. § 7) des von dem Stern ausgehenden Lichtes erzeugen. Für die Umwandlung des Nova-Spektrums in das eines Gasnebels hat Halm eine Erklärung gegeben, die an die Seeliger'sche Theorie anknüpft, aber doch noch zu hypothetisch ist, als daß wir sie hier auseinandersetzen hätten.

Die Seeliger'sche Hypothese, welche schon gelegentlich des Ausleuchtens der Nova Aurigae aufgestellt wurde, erfuhr eine schöne Bestätigung durch den Umstand, daß man auf lange belichteten photographischen Aufnahmen der Nova Persei Nebelmassen entdeckte, welche den Stern umgaben. Diese Nebelmassen zeigten eine zur Nova konzentrische Anordnung, und es ließ sich feststellen, daß sie sich mit großer Geschwindigkeit ausdehnten. Zur Erklärung dieser Bewegungen nahm Seeliger an, daß die Nebelmassen nicht in eigenem Lichte leuchteten, sondern nur das Licht der Nova reflektierten. Wenn dies der Fall war, so mußten sich die

Nebelmassen tatsächlich um so weiter nach allen Seiten auszubreiten scheinen, je weiter das Licht der Nova in ihnen vordrang. Gegenwärtig sind die Nebel um die Nova Persei völlig verschwunden.

§ 20. Die Nebelflecke und Sternhaufen.

Unter „Sternhaufen“ versteht man Anhäufungen zahlreicher Sterne auf einem scheinbar engen Raum an der Himmelskugel, unter „Nebelflecken“ dagegen helle, in weißlichem Lichte leuchtende Gebilde verschiedenster Größe, die sich auch unter Anwendung der stärksten optischen Mittel nicht in eine Anhäufung einzelner Sterne auflösen lassen. Früher glaubte man, daß nur die ungeheure Entfernung der Nebelflecke der Auflösung in Sterne im Wege stände; mit Hilfe der Spektralanalyse aber hat man erkannt, daß wenigstens ein Teil der Nebelflecke von den Sternhaufen durchaus verschieden ist, da sie ein aus hellen Linien bestehendes Gasspektrum besitzen. Andere Nebel — und zwar wahrscheinlich die Mehrzahl — haben kontinuierliche Spektren mit Absorptionslinien und sind daher den Sternhaufen zum mindesten eng verwandt.

Man teilt die Nebelflecke im allgemeinen in folgende Klassen ein, zwischen denen es allerdings Übergangsformen gibt, und in die sich auch nicht alle Nebel zwanglos einordnen lassen:

1. unregelmäßige Nebel;
2. Ringnebel;
3. planetarische Nebel;
4. Nebelsterne;
5. Spiralnebel.

Über das Aussehen der „unregelmäßigen Nebel“ läßt sich Allgemeines nicht sagen. Ihr Anblick ist, wie man nament-

lich auf photographischen Aufnahmen erkennt, häufig von sinnverwirrender Kompliziertheit. Oft sind diese Nebel von großer Ausdehnung und erstrecken sich, freilich in großer Lichtschwäche, über viele Quadratgrade am Himmel. Das bekannteste Beispiel für diese Klasse ist der große Nebelfleck im Orion. Sehr interessant sind auch die schwachen, langgestreckten Nebelstreifen im Sternbilde des Schwanz, welche eine gewisse Ähnlichkeit mit zartem Cirrusgewölk, in einem Teile auch mit einem Kometen besitzen. — Für die Ringnebel ist derjenige im Sternbilde der Leier typisch. Dieser kleine Nebel gleicht einem elliptischen Ringe, in dessen Mitte ein schwacher Stern steht. Die genauere Untersuchung zeigt, daß auch das ganze Innere des Ringes mit Nebelmasse angefüllt ist, die aber nicht so hell ist wie der Ring selbst. Während die Zahl der Ringnebel nur klein ist, ist die der planetarischen Nebel ziemlich bedeutend. Diese erscheinen als kleine kreisrunde oder etwas elliptische Scheibchen und besitzen meist einen Zentralstern. Die Photographie, die uns überhaupt erst eine Kenntnis der feineren Einzelheiten bei den Nebelflecken ermöglicht hat, zeigt auf den Scheibchen häufig ein kompliziertes Detail. Eine scharfe Grenze zwischen den planetarischen und den Ringnebeln läßt sich nicht ziehen, und ebenso auch nicht zwischen den planetarischen Nebeln und den Nebelsternen, unter denen man Sterne mit einer nebeligen, nach außen allmählich an Helligkeit abnehmenden Atmosphäre versteht. Der Hauptunterschied gegen die planetarischen Nebel ist der, daß der Stern im Verhältnis zum Nebel ziemlich hell und daß die Nebelmasse nicht deutlich begrenzt ist. In einigen Fällen ist bei Nebelsternen der Stern doppelt, ja selbst dreifach. Meist scheinen diese von Nebel eingehüllten Sterne der Spektralklasse Ib anzugehören.

Eine besondere, von den bisher besprochenen ziemlich scharf getrennte Klasse von Nebeln bilden die Spiralnebel,

deren Zahl eine ganz enorm große ist. Keeler glaubte annehmen zu dürfen, daß er mit dem Großhohreflektor der Lick-Sternwarte, mit welchem er seine epochemachenden photographischen Aufnahmen von Nebelflecken hergestellt hat, 120 000 Spiralnebel photographieren könne, und diese Schätzung ist vielleicht noch zu niedrig. Das Aussehen der Spiralnebel ist, je nach ihrer Lage im Raume, sehr verschieden. Ist diese eine solche, daß wir genau oder nahezu senkrecht auf die Ebene dieser flachen Gebilde blicken, so sehen wir einen hellen Kern, von welchem in Spiralförmigkeit Arme (meist zwei) ausgehen, die mit Lichtknoten besetzt sind. Einen solchen Anblick gewährt der bekannte Spiralnebel in den Jagdhunden. Ist die Lage des Nebels dagegen eine solche, daß wir ihn von der Kante sehen, so erblicken wir nur einen hellen, schmalen Streifen, eine sehr langgestreckte Ellipse. Man betrachtet daher heutzutage die langgestreckten, elliptischen Nebel meist als Spiralnebel, ohne eigentlich beweisen zu können, daß sie es wirklich sind. Sehen wir einen Spiralnebel halb von der Seite, so ergibt sich ein Bild, wie es der große Andromedanebel bietet: eine Ellipse mit hellem Kern in der Mitte, um welchen herum man in der hellen Nebelmasse dunkle Streifen verfolgen kann, welche die Zwischenräume zwischen den Windungen der Spiralen darstellen.

Über die Natur der Nebelflecke kann uns nur die Spektralanalyse Auskunft geben. Man stößt aber infolge der großen Lichtschwäche der Mehrzahl der Nebelflecke bei der spektralanalytischen Untersuchung derselben auf große Schwierigkeiten. Indessen ist man doch bereits zu einigen recht bemerkenswerten Ergebnissen gelangt.

Der größte Teil des Lichtes, welches die Spiralnebel aussenden, liefert, soweit man aus dem spärlichen Beobachtungsmaterial auf die Allgemeinheit schließen darf, ein kontinuierliches Spektrum. In einigen wenigen Fällen ist

es gelungen, Absorptionslinien in diesem kontinuierlichen Spektrum wahrzunehmen, aber wohl nur die große Schwäche der Spektren ist Schuld daran, daß dies nicht bei allen Spiralnebeln gelingt. Emissionslinien, die über das kontinuierliche Spektrum gelagert sind, sind bisher nur in zwei Fällen konstatiert worden. In einem derselben sind es die Linien des Spektrums der Gasnebel (vgl. weiter unten). Das Spektrum des großen Andromedanebels gehört der Spektralklasse IIa an und zeigt keine hellen Linien. Hiernach kann man annehmen, daß dieser Nebelfleck aus Sternen der zweiten Spektralklasse besteht, die nur wegen der enormen Entfernung nicht mehr voneinander getrennt werden können. Bis vor kurzem glaubte man, daß alle Spiralnebel sich, wie der Andromedanebel, aus einzelnen Sternen zusammensetzten. Die Auffindung der Linien des Gasnebelspektrums bei einem Spiralnebel zwingt aber zu der Annahme, daß wenigstens in manchen Fällen außer den Sternen auch eigentliche Nebelmaterie bei der Zusammensetzung der Spiralnebel in Frage kommt; die Sterne dürften aber doch die Hauptrolle spielen.

Nach der Ansicht vieler Forscher besitzt auch die Milchstraße und das ganze Sternsystem, welches sie umfaßt, und zu dem auch unsere Sonne gehört, eine spiralförmige Struktur und würde von fern gesehen als Spiralnebel erscheinen. Ob diese Anschauung richtig ist, und ob man die Spiralnebel demnach als ferne Milchstraßensysteme anzusehen hat, ist aber eine durchaus unentschiedene Frage.

Die Nebelflecke der übrigen Klassen liefern ein Emissionsspektrum, welches aus wenig zahlreichen hellen Linien besteht. Zwischen den Spektren der verschiedenen Objekte herrscht eine große Ähnlichkeit: stets bemerkt man die Linien des Wasserstoffs (Huggins'sche Serie), häufig auch Linien des Heliums, außerdem aber stets noch Linien, welche man bisher nicht in den Spektren irdischer Elemente hat auffinden können,

und die daher einem oder mehreren unbekanntem Gasen angehören müssen. Die auffallendsten von diesen Linien, welche in den Spektren aller Gasnebel wiederkehren, liegen im Grün und haben die Wellenlängen 5007 \AA und 4959 \AA . In allen Nebeln stehen sie, wie die Messungen von Scheiner und Wilsing bewiesen haben, in demselben Intensitätsverhältnis, und es kann daher als sicher angesehen werden, daß diese beiden sogenannten Hauptnebellinien von einem und demselben Gase herrühren, welches man Nebulium genannt hat. Vielleicht gehört auch eine Anzahl anderer unbekannter Linien diesem Gase an, während eine Linie im Ultraviolett (3727 \AA), die in manchen Nebelspektren kräftig hervortritt, wohl anderen Ursprungs ist. Einige Linien scheinen mit solchen im Spektrum der Wolf-Rayet-Sterne zusammenzufallen. Viele von den Nebeln, die ein Gaspektrum liefern, weisen außerdem auch Spuren eines kontinuierlichen Spektrums auf.

Auch über die Mischung der Gase in den einzelnen Teilen der Nebel vermag uns die Spektralanalyse Auskunft zu geben. Es hat sich, wie schon oben erwähnt wurde, gezeigt, daß die beiden Hauptlinien des Nebuliums immer in demselben Intensitätsverhältnis stehen; dagegen ist das Verhältnis der Intensität dieser Linien zu derjenigen der Linien des Wasserstoffs in verschiedenen Nebeln verschieden. Im Orionnebel leuchtet der Wasserstoff verhältnismäßig hell, in anderen Nebeln im Verhältnis zum Nebulium weit schwächer. Man darf hieraus wohl schließen, daß im Orionnebel verhältnismäßig viel Wasserstoff vorhanden ist. Im Orionnebel ist das Verhältnis der Helligkeit der Linien des Nebuliums zu der der Wasserstofflinien an verschiedenen Stellen nicht das gleiche, so daß also wahrscheinlich die Mischung der Gase nicht im ganzen Nebel gleichförmig ist. Ähnliches hat man auch bei dem Ringnebel in der Geier bemerkt.

Nach dem über das Spektrum der Gasnebel Gesagten haben wir uns diese Objekte als aus leuchtenden Gasen zusammengesetzt zu denken. Diese Gase befinden sich jedenfalls im Zustande äußerster Verdünnung und ihre Temperatur dürfte eine sehr niedrige sein. Über die Ursache ihres Leuchtens ist man sich nicht recht im klaren. In Wirklichkeit ist das Leuchten in den meisten Nebeln wohl nur ein sehr schwaches, und daß wir es überhaupt wahrnehmen, erklärt sich nur durch die große Dicke der Schichten, von denen es ausgeht. Die Form mancher Nebel deutet auf starke Bewegungen in ihnen hin. Es ist aber bisher nur beim Orionnebel gelungen, durch Messung der Radialgeschwindigkeiten in verschiedenen Teilen geringe Bewegungen innerhalb des Nebels zu konstatieren.

Besonderes Interesse verdienen unter den Nebeln einige, die der Veränderlichkeit ihrer Helligkeit verdächtig sind. Ganz sicher bewiesen ist diese noch bei keinem, wohl aber bei drei oder vier Nebeln ziemlich wahrscheinlich. Wenn weitere Beobachtungen wirklich die Veränderlichkeit von Nebeln bestätigen, so wird die Erklärung dieses Phänomens große Schwierigkeiten bieten.

Daß die Nebelflecke einen physischen Zusammenhang mit den Sternen besitzen, die scheinbar in ihnen stehen, ist natürlich nicht immer notwendig, denn es ist recht wohl möglich, daß diese Sterne weit vor oder hinter dem Nebel stehen und sich nur auf diesen projizieren. In vielen Fällen ist aber ein solcher Zusammenhang zweifellos, so bei den Zentralsternen der planetarischen und Ringnebel. Auch im Orionnebel zeigen sich z. B. Beziehungen der Struktur des Nebels zu einigen Sternen, die auf einen Zusammenhang schließen lassen, und ähnliche Beispiele ließen sich noch mehr anführen. Am auffälligsten aber ist es, daß sich in manchen Sternhaufen Nebelmassen befinden, oder daß erstere inmitten großer Nebelmassen liegen. In besonders ausgeprägter Weise zeigt sich

das bei den Plejaden, deren Hauptsterne in merkwürdige Nebelstreifen eingebettet sind. Auch die ganze Gegend des Himmels um die Plejaden herum ist von sehr schwachen Nebelmassen bedeckt. Die in Nebel eingelagerten Sterne scheinen, wie schon erwähnt, meist der ersten Spektralklasse, und zwar meist der Abteilung Ib, anzugehören, was auf einen frühen Entwicklungszustand hindeutet. So haben von den Plejadensternen, soweit sie auf ihre Spektren hin untersucht sind, 59 ein Spektrum der ersten, 18 ein solches der zweiten Klasse, 14 stehen ihrem Spektralcharakter nach zwischen der ersten und zweiten Klasse. In Sternhaufen, die von Nebel frei sind, ist die Sachlage zum Teil anders. In der Praesepe (im Krebs) z. B. werden 28 Sterne der ersten, 20 der zweiten und 41 Sterne, die zwischen der ersten und zweiten Klasse stehen, gezählt. Für die Coma Berenices sind die betreffenden Zahlen 18, 45 und 52. Im ganzen sind infolge der Schwäche der Sterne in den Sternhaufen erst wenige von diesen Gebilden auf die Verteilung der Spektralklassen in ihnen untersucht worden.

Über die Astrophysik der Sternhaufen ist sonst weiter nichts zu sagen, da von den interessanten veränderlichen Sternen, die in einigen von ihnen gefunden worden sind, bereits im vorigen Paragraphen die Rede gewesen ist

Register.

- Abbot 36 f.
 Adams 26, 32 f.
 Albedo 60.
 — des Mondes 60.
 — der Planeten 70 ff.
 Algol 120, 126 ff., 130.
 Algolsterne- und -typus 114,
 121, 125 ff., 133, 135.
 Alpen (auf dem Mond) 56.
 Anderson 137 f.
 Andromedanebel 143 f.
 Ängströmsche Einheit 6.
 Anomale Dispersion 43, 140.
 Antalgolsterne und -typus
 121, 125, 135 f.
 Apenninen (auf dem Mond)
 56.
 Arcturus 108 f.
 Archenius 47.
 Astrometrie 5.
 Astrophysik, Aufgabe der 5.
 Atmosphäre des Jupiter 77,
 90.
 — des Mars 70, 72, 77, 87.
 — des Merkur 70, 72, 77.
 — des Mondes 61 f.
 — des Neptun 77, 95.
 — des Saturn 77, 94.
 — des Uranus 77, 95.
 — der Venus 70, 72, 77,
 79.
 Balmer'sche Formel 106.
 Barnard 73, 92.
 Beer 50, 63.
 Belopolski 80.
 Bessel 100.
 Bianchini 79 f.
 Blasjo 101.
 Bolometer 20.
 Bond 91.
 Brahe, Tycho 136.
 Breichin 100.
 Brenner 80.
 Bunsen 7.
 Cannon, Miß 118.
 Carrington 16.
 Cassini, J. D. 79.
 — J. 80, 91 f.
 Ceraske 34.
 Ceres 73 f.
 Cerulli 88.
 Chromosphäre 18, 23 f., 30,
 41 ff.
 Clavius (Mondkrater) 51.
 Coma Berenices 147.
 Croßley 143.
 Curtius (Mondkrater) 57.
 Daniel 98.
 Deslandres 27, 95.
 De Vico 80.
 Dione 75.
 Doppeler'sches Prinzip 8, 32,
 80, 139.
 Draper-Katalog 111.
 Duncan 134.
 Dunér 33.
 Ebert, H. 66, 140.
 Eisenmeteoriten 101.
 Emden 39, 43.
 Ende 92.
 Erdmagnetismus 15.
 Erös 75.
 Euler 69.
 Eunomia 74 f.
 Everhed 12.
 Fabricius, D. 122.
 — J. 14.
 Faye 41.
 Feuerkugeln 100.
 Fixsterne 101 ff.
 Fixsterne, Entwicklung 112 ff.
 — Helligkeit 34, 116 ff.
 — Spektre 101 ff.
 Flocculi 30 f., 33, 125.
 Franz 52, 56.
 Fraunhofer 102.
 Fraunhofer'sche Linien 7,
 20 ff., 46 f., 96.
 Galilei 14, 50, 75.
 Galle 91.
 Gassendi (Mondkrater) 54 f.,
 57.
 Gegensehein 48.
 Gleichartigkeit des Stoffes
 115.
 Grammkalorie 9.
 Granulation 10 ff., 30.
 Größenklassen 116.
 Hale 26 f., 29 ff., 110.
 Hall 91.
 Halm 33, 140.
 Helligkeit der Fixsterne 34,
 116 ff.
 — der Kometen 97 f.
 — des Mondes 58 ff.
 — der Mondphasen 59.
 — der Planeten 68 ff.
 — der Sonne 34 f.
 Helligkeitsänderungen der
 Fixsterne 118 ff.
 — der Jupitermonde 75 f.
 — der Kometen 97.
 — der Nebelflecke 146.
 — der neuen Sterne 137 f.
 — der Planetoiden 75.
 — der Saturnmonde 75 f.
 Helmholtz, v. 38 f.
 Herschel, W. 39.
 Hertha 75.
 Hevelius 50.

- Horrebow 14.
 Huggins 104, 106 ff., 111, 144.
 Huygens 80, 91.
 Hyginus (Mondkrater) 64.
 Janssen 10 f., 18.
 Japetus 75.
 Jris 74 f.
 Julius 43.
 Juno 73 f.
 Jupiter 70 f., 75, 77, 88 ff.
 Jupitermonde 75 f., 91.
 Kalziumlinien H und K 21, 28 ff.
 Kant = Laplace'sche Theorie 38, 65.
 Kapteyn 112.
 Kaufasus (auf dem Monde) 56.
 Keeler 94, 143.
 Kempf 116.
 Kepler 94.
 Kernsied 12 f.
 Kirchhoff 7, 40.
 Klein 63 f.
 Kometen 95 ff.
 Kometenschweif-Typen 99.
 Konkoly, v. 101.
 Korona 18, 24, 44 ff.
 Koronium 47.
 Lambert 60, 69.
 Langley 20, 36 f.
 Langrenus 50, 52.
 Laffell 93.
 Leibnizberge (auf dem Monde) 57.
 Lichtdruck 47 f., 98 f.
 Linné (Mondkrater) 63 f.
 Lohyer 18.
 Lohrmann 50, 63.
 Lohse 12.
 Lommel 69.
 Longomontanus (Mondkrater) 51.
 Lowell 80, 86.
 Loewy 51, 67.
 Mädler 50, 63.
 Magellanische Wollen 118 f.
 Mars 70 ff., 75, 77, 80 ff.
 — Kanäle 84 ff.
 — Bänder 82 f.
 — Meere 84, 86.
 Mars, Polarflecke 81 f.
 Marsmonde 75.
 Maunder 32.
 Maury, Miß 102.
 Maxwell 93.
 Mayer, J. R. 37 f.
 Mayer, L. 50.
 Merkur 70 ff., 76, 78 f.
 Mesosiderite 101.
 Messier (Mondkrater) 58.
 Meteor 96, 100 f.
 Meteorsteine 100 f.
 Mira Ceti 120 ff.
 Mira-Typus 121 ff.
 Mond 49 ff.
 — Albedo 60.
 — Violettfarbenedes Licht 60.
 — Atmosphäre 61 f.
 — Ebenen 51 f.
 — Entstehung der Gebilde auf dem 65 ff.
 — Finsternisse 60.
 — Gebirge 51 ff.
 — Helligkeit 58 ff.
 — Karten 50 f.
 — Krater 51 ff., 63 ff.
 — Kratererebenen u. -gruben 53 f.
 — Meere 52.
 — Hühen 51 f., 54, 57.
 — Ringebenen und -gebirge 53.
 — Spektrum 61.
 — Strahlensysteme 58, 67.
 — Temperatur 62.
 — Veränderungen auf dem 62 ff.
 — Wallebenen 53 ff.
 — Wallkrater 56.
 Monochromatisches Licht 24, 27.
 Morehouse 98.
 Müller, G. 71, 73, 97, 116.
 Nebelflecke 141 ff.
 Nebelsterne 141 f.
 Nebulium 145.
 Neison 64.
 Neptun 70 f., 75, 77, 95.
 Neptunmond 75, 95.
 Neue Sterne, Novae 118, 136 ff.
 Nova Aurigae 136 ff.
 — Persei 136, 138 ff.
 Nullpunkt, absoluter 9, 62.
 Olbers 100.
 Oypolzer, E. v. 43.
 Orionnebel 142, 145 f.
 Pallas 73 f.
 Parkhurst 73.
 Penumbra 12 f.
 Phasenhelligkeit 69 f., 73.
 Phasenwinkel 70, 72 f.
 Photosphäre 10 ff., 17, 21 f., 33, 35, 40 ff.
 Photosphärisches Netz 11.
 Pickering, E. C. 102, 106, 108, 111, 118 ff., 130, 138.
 Pickering, W. S. 34, 59, 64, Planetarische Nebel 141 f., 146.
 Planeten 68 ff.
 — äußere 88 ff.
 — innere 78 ff.
 Planetoiden 68, 70, 73 ff.
 Plejaden 147.
 Polarisation 6.
 Polarlicht 15.
 Poren 12.
 Praesepe 147.
 Protuberanzen 18 ff., 23 ff., 30 f., 42 f., 125.
 Puffeug 51, 67.
 Radialgeschwindigkeit 8, 115.
 Radium 39.
 Reißbörner 10 ff., 30.
 Repulsivkraft (der Sonne) 98 f.
 Rhea 75.
 Riccioli 50 f.
 Ringnebel 141 f., 145 f.
 Rosse 62.
 Rotation des Jupiter 90.
 — des Mars 80 f.
 — des Merkur 78.
 — des Mondes 49.
 — des Neptun 95.
 — des Saturn 94.
 — der Sonne 13, 16, 31 ff., 42.
 — des Uranus 95.
 — der Venus 79 f.
 Rowland 20.
 Saturn 70 f., 75, 77, 91 ff.
 Saturnmonde 75 f., 94.
 Saturnring 77, 91 ff.
 Schärferle 47.

Register.

- Abbot 36 f.
 Adams 26, 32 f.
 Albedo 60.
 — des Mondes 60.
 — der Planeten 70 ff.
 Algol 120, 126 ff., 130.
 Algolsterne- und -typus 114, 121, 125 ff., 133, 135.
 Alpen (auf dem Mond) 56.
 Anderson 137 f.
 Andromedanebel 143 f.
 Ängströmsche Einheit 6.
 Anomale Dispersion 43, 140.
 Antalgolsterne und -typus 121, 125, 135 f.
 Apenninen (auf dem Mond) 56.
 Arcturus 108 f.
 Archeniüs 47.
 Astrometrie 5.
 Astrophysik, Aufgabe der 5.
 Atmosphäre des Jupiter 77, 90.
 — des Mars 70, 72, 77, 87.
 — des Merkur 70, 72, 77.
 — des Mondes 61 f.
 — des Neptun 77, 95.
 — des Saturn 77, 94.
 — des Uranus 77, 95.
 — der Venus 70, 72, 77, 79.
 Balmer'sche Formel 106.
 Barnard 73, 92.
 Beer 50, 63.
 Belopolski 80.
 Bessel 100.
 Bianchini 79 f.
 Blafko 101.
 Bolometer 20.
 Bond 91.
 Brahe, Tycho 136.
 Bredichin 100.
 Brenner 80.
 Bunsen 7.
 Cannon, Miß 118.
 Carrington 16.
 Cassini, J. D. 79.
 — J. 80, 91 f.
 Ceraſki 34.
 Ceres 73 f.
 Cerulli 88.
 Chromosphäre 18, 23 f., 30, 41 ff.
 Clavius (Mondkrater) 51.
 Coma Berenices 147.
 Croßleh 143.
 Curtius (Mondkrater) 57.
 Daniel 98.
 Deslandres 27, 95.
 De Bico 80.
 Dione 75.
 Dopplersches Prinzip 8, 32, 80, 139.
 Draper-Katalog 111.
 Duncan 134.
 Dunér 33.
 Ebert, H. 66, 140.
 Eisenmeteoriten 101.
 Emden 39, 43.
 Ende 92.
 Erdmagnetismus 15.
 Groß 75.
 Euler 69.
 Eunomia 74 f.
 Evershed 12.
 Fabricius, D. 122.
 — J. 14.
 Faye 41.
 Feuerkugeln 100.
 Fixsterne 101 ff.
 Fixsterne, Entwicklung 112 ff.
 — Helligkeit 34, 116 ff.
 — Spektre 101 ff.
 Flocculi 30 f., 33, 125.
 Franz 52, 56.
 Fraunhofer 102.
 Fraunhofer'sche Linien 7, 20 ff., 46 f., 96.
 Galilei 14, 50, 75.
 Galle 91.
 Gassendi (Mondkrater) 54 f. 57.
 Geyerschein 48.
 Gleichartigkeit des Stoffes 115.
 Grammkalorie 9.
 Granulation 10 ff., 30.
 Größenklassen 116.
 Hale 26 f., 29 ff., 110.
 Hall 91.
 Halm 33, 140.
 Helligkeit der Fixsterne 34, 116 ff.
 — der Kometen 97 f.
 — des Mondes 58 ff.
 — der Mondphasen 59.
 — der Planeten 68 ff.
 — der Sonne 34 f.
 Helligkeitsänderungen der Fixsterne 118 ff.
 — der Jupitermonde 75 f.
 — der Kometen 97.
 — der Nebelflecke 146.
 — der neuen Sterne 137 f.
 — der Planetoiden 75.
 — der Saturnmonde 75 f.
 Helmholz, v. 38 f.
 Herschel, W. 39.
 Hertzsprung 75.
 Hevelius 50.

- Horrebow 14.
 Huggins 104, 106 ff., 111, 144.
 Huygens 80, 91.
 Hyginus (Mondkrater) 64.
 Janssen 10 f., 18.
 Japetus 75.
 Iris 74 f.
 Julius 43.
 Juno 73 f.
 Jupiter 70 f., 75, 77, 88 ff.
 Jupitermonde 75 f., 91.
 Kalziumlinien H und K 21, 28 ff.
 Kant = Laplace'sche Theorie 38, 65.
 Kapteyn 112.
 Kantafus (auf dem Monde) 56.
 Keeler 94, 143.
 Kempf 116.
 Kepler 94.
 Kernfleck 12 f.
 Kirchhoff 7, 40.
 Klein 63 f.
 Kometen 95 ff.
 Kometenschweif-Typen 99.
 Kuntz, v. 101.
 Korona 18, 24, 44 ff.
 Koronium 47.
 Lambert 60, 69.
 Langley 20, 36 f.
 Langrenus 50, 52.
 Lassell 93.
 Leibnizberge (auf dem Monde) 57.
 Lichtdruck 47 f., 98 f.
 Linné (Mondkrater) 63 f.
 Locher 18.
 Lohrmann 50, 63.
 Lohse 12.
 Lommel 69.
 Longomontanus (Mondkrater) 51.
 Lowell 80, 86.
 Loewy 51, 67.
 Mädler 50, 63.
 Magellanische Wolken 118 f.
 Mars 70 ff., 75, 77, 80 ff.
 — Kanäle 84 ff.
 — Länder 82 f.
 — Meere 84, 86.
 Mars, Polarflecke 81 f.
 Marsmonde 75.
 Maunder 32.
 Maury, Miß 102.
 Maxwell 93.
 Mayer, F. R. 37 f.
 Mayer, L. 50.
 Merkur 70 ff., 76, 78 f.
 Mesosiderite 101.
 Messier (Mondkrater) 58.
 Meteore 96, 100 f.
 Meteorsteine 100 f.
 Mira Ceti 120 ff.
 Mira-Typus 121 ff.
 Mond 49 ff.
 — Albedo 60.
 — Aschfarbenes Licht 60.
 — Atmosphäre 61 f.
 — Ebenen 51 f.
 — Entstehung der Gebilde auf dem 65 ff.
 — Finsternisse 60.
 — Gebirge 51 ff.
 — Helligkeit 58 ff.
 — Karten 50 f.
 — Krater 51 ff., 63 ff.
 — Kraterebenen u. -gruben 53 f.
 — Meere 52.
 — Hülsen 51 f., 54, 57.
 — Ringebenen und -gebirge 53.
 — Spektrum 61.
 — Straßensysteme 58, 67.
 — Temperatur 62.
 — Veränderungen auf dem 62 ff.
 — Wallebenen 53 ff.
 — Wallkrater 56.
 Monochromatisches Licht 24, 27.
 Morehouse 98.
 Müller, G. 71, 73, 97, 116.
 Nebelflecke 141 ff.
 Nebelsterne 141 f.
 Nebulium 145.
 Neison 64.
 Neptun 70 f., 75, 77, 95.
 Neptunmond 75, 95.
 Neue Sterne, Novae 118, 136 ff.
 Nova Aurigae 136 ff.
 — Persei 136, 138 ff.
 Nullpunkt, absoluter 9, 62.
 Olbers 100.
 Oppolzer, E. v. 43.
 Orionnebel 142, 145 f.
 Pallas 73 f.
 Parhurst 73.
 Penumbra 12 f.
 Pfahenwinkelt 69 f., 73.
 Pfahenwinkel 70, 72 f.
 Photosphäre 10 ff., 17, 21 f., 33, 35, 40 ff.
 Photosphärisches Netz 11.
 Pickering, E. C. 102, 106.
 108, 111, 118 ff., 130, 138.
 Pickering, W. S. 34, 59, 64,
 Planetarische Nebel 141 f., 146.
 Planeten 68 ff.
 — äußere 88 ff.
 — innere 78 ff.
 Planetoiden 68, 70, 73 ff.
 Plejaden 147.
 Polarisation 6.
 Polarlicht 15.
 Poren 12.
 Praesepe 147.
 Protuberanzen 18 ff., 23 ff., 30 f., 42 f., 125.
 Puisseux 51, 67.
 Radialgeschwindigkeit 8, 115.
 Radium 39.
 Reiskörner 10 ff., 30.
 Repulsivkraft (der Sonne) 98 f.
 Rheia 75.
 Riccioli 50 f.
 Ringnebel 141 f., 145 f.
 Rosse 62.
 Rotation des Jupiter 90.
 — des Mars 80 f.
 — des Merkur 78.
 — des Mondes 49.
 — des Neptun 95.
 — des Saturn 94.
 — der Sonne 13, 16, 31 ff., 42.
 — des Uranus 95.
 — der Venus 79 f.
 Rowland 20.
 Saturn 70 f., 75, 77, 91 ff.
 Saturnmonde 75 f., 94.
 Saturnring 77, 91 ff.
 Schaberle 47.

- Scheiner, Chr. 14.
 Scheiner, J. 145.
 Schiaparelli 78, 80f., 83ff.
 Schmidt, A. 43.
 Schmidt, J. 51, 54, 57, 63f.
 Schröter 50f., 57, 78, 80.
 Schuster 15.
 Schwabe 14.
 Schwarzer Körper 35f.
 Secchi 18, 41, 100, 102.
 Seeliger, v. 60, 69, 71, 93, 140.
 Siphher 77, 80.
 Solarkonstante 36f.
 Sonne 9ff.
 — Dichte 10.
 — Elemente auf der 21.
 — Größe 10.
 — Helligkeit 34f.
 — Magnetische Felder auf der 26f.
 — Masse 10.
 — Rotation 13, 16, 31ff., 42.
 — Temperatur 35ff.
 Sonnenchromosphäre siehe Chromosphäre.
 Sonnenfäden 16f., 25, 30.
 Sonnenfinsternis 17f., 22f., 44ff.
 Sonnenflecke 12ff., 19, 25ff., 30ff., 39f., 42, 108f., 125.
 — Periodizität der 14ff., 42.
 Sonnenkorona siehe Korona.
 Sonnenphotosphäre siehe Photosphäre.
 Sonnenprotuberanzen siehe Protuberanzen.
 Sonnenspektrum siehe Spektrum.
 Sonnentheorien 39ff.
 Spektralanalyse 7f.
 Spektralklassen, Vogel'sche 102ff.
 — Häufigkeit 111.
 — Verteilung 111.
 Spektroheliograph 27.
 Spektroheliographische Aufnahmen 27ff.
 Spektroskop 6.
 Spektrum, Absorptions= 7.
 — Banden- oder Bänder= 7, 26.
 — der Chromosphäre 23f., 106.
 — Emissions= 7.
 — der Fixsterne 101ff., 147.
 — des Flashes 22ff.
 — des Heliums 23f.
 — des Jupiter 77.
 — der Kometen 96ff.
 — kontinuierliches 6ff.
 — der Korona 46f.
 — des Mars 77.
 — des Merkur 76.
 — der Meteore 100f.
 — des Mondes 61.
 — der Nebelflecke 137, 139, 141ff.
 — des Neptun 77.
 — der neuen Sterne 137ff.
 — der Planeten 76ff.
 — der Planetoiden 78.
 — der Protuberanzen 24f.
 — des Saturn 77.
 — des Saturnrings 77.
 — der Sonne 20ff., 103, 108.
 — der Sonnenfäden 25.
 — der Sonnenflecke 25ff., 108f.
 — der Trabanten 78.
 — des Uranus 77.
 — der Venus 77.
 — der veränderlichen Sterne 121ff., 127f., 130, 133f., 136.
 — des Wasserstoffs 106f.
 — des Zodiaklichts 49.
 Spiralnebel 141ff.
 Spörer 16.
 Stefan'sches Strahlungsgesetz 35f.
 Steinmeteoriten 101.
 Sternhaufen 135f., 141, 146f.
 Sternschnuppen 100.
 Stoneh 61.
 Tellurische Linien 22.
 Temperatur, absolute 9.
 Temperatur des Mondes 62.
 — der Sonne 35ff.
 Tethys 75.
 Titan 75.
 Trabanten der Planeten 75f.
 Trouvelot 93.
 Tycho (Mondkrater) 51, 58.
 Ultrarot 8, 20.
 Ultraviolet 8, 20.
 Umkehrende Schicht 22f., 28, 41.
 Unregelmäßige Nebel 141f.
 — Veränderliche 121f.
 Uranus 70f., 75, 77, 94f.
 Uranusmonde 75, 94.
 Venus 70ff., 77, 79f.
 Veränderliche (Sterne) 118ff.
 — Anzahl 118.
 — Bezeichnung 118.
 — Klassen 120ff.
 — Lichtkurve 119.
 — Periode 119ff.
 Verv 62.
 Vesta 73f.
 Villiger 78f.
 Vogel 32, 77, 97, 102, 104f., 107, 110ff., 120, 127.
 Wärmestrahlen 8, 20.
 Vega 104, 106f.
 Wellenlänge 6.
 Well'scher Komet 97.
 Wien'sches Gesetz 36, 114.
 Wilsing 145.
 Wilson 14, 39f.
 Wislicenus 89.
 Wolf, R. 14.
 Wolf-Rabot-Sterne 103, 110ff., 139, 145.
 Young 41f.
 Zeeman-Effekt 27.
 Zodiaklicht 48f.
 Zöllner 18, 41, 100.

Sammlung

Jeder Band
in Leinw. geb.

80 Pf. **Böfchen**

Verzeichnis der bis jetzt erschienenen Bände.

- Abwässer. Wasser und Abwässer.** Ihre Zusammenfügung, Beurteilung u. Untersuchung von Professor Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher d. landw. Versuchsstation in Marburg in Hessen. Nr. 473.
- Ackerbau- u. Pflanzenbaulehre** von Dr. Paul Rippert in Essen und Ernst Langenbeck, Groß-Vichterfelde. Nr. 232.
- Agrarwesen und Agrarpolitik** von Prof. Dr. W. Wygodzinski in Bonn. 2 Bändchen. I: Boden und Unternehmung. Nr. 592.
- II: Kapital u. Arbeit in der Landwirtschaft. Verwertung der landwirtschaftl. Produkte. Organifat. d. Landwirtschaftl. Berufsstandes. Nr. 593.
- Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung** von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
- Agrikulturchemische Kontrollwesen, Das,** v. Dr. Paul Krijsche in Leopoldshall-Staffurt. Nr. 304.
- **Untersuchungsmethoden** von Prof. Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtschaftl. Versuchsstation in Marburg in Hessen. Nr. 470.
- Akustik. Theoret. Physik I: Mechanik und Akustik.** Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.
- **Musikalische,** von Professor Dr. Karl L. Schäfer in Berlin. Mit 35 Abbild. Nr. 21.
- Algebra. Arithmetik und Algebra** von Dr. S. Schubert, Professor an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.
- **Beispielsammlung z. Arithmetik u. Algebra** v. Dr. Hermann Schubert, Prof. a. d. Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.
- Algebraische Kurven** v. Eugen Beutel, Oberreallehrer in Baihingen-Enz. I: Kurvendiskussion. Mit 57 Figuren im Text. Nr. 435.
- II: Theorie und Kurven dritter und vierter Ordnung. Mit 52 Figuren im Text. Nr. 436.
- Alpen, Die,** von Dr. Rob. Sieger, Professor an der Universität Graz. Mit 19 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 129.
- Althochdeutsche Literatur** mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Th. Schausfler, Professor am Realgymnasium in Ulm. Nr. 28.
- Alttestamentl. Religionsgeschichte** von D. Dr. Max Böhr, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 292.
- Amphibien. Das Tierreich III: Reptilien und Amphibien** v. Dr. Franz Werner, Professor an der Universität Wien. Mit 48 Abbildungen. Nr. 383.
- Analyse, Techn.-Chem.,** von Dr. G. Lunge, Prof. a. d. Eidgen. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abb. Nr. 195.
- Analysis, Höhere, I: Differentialrechnung.** Von Dr. Frdr. Zunker, Rektor des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Göppingen. Mit 68 Figuren. Nr. 87.
- **Repetitorium und Aufgabensammlung zur Differentialrechnung** von Dr. Frdr. Zunker, Rektor d. Realgymnas. u. der Oberrealsch. in Göppingen. Mit 46 Fig. Nr. 146.
- II: **Integralrechnung.** Von Dr. Friedr. Zunker, Rektor des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Göppingen. Mit 89 Figuren. Nr. 88.

Chemie d. Kohlenstoffverbindungen v. Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I. II: Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191. 192.

— III: Karbocyclische Verbindungen. Nr. 193.

— IV: Heterocyclische Verbindungen. Nr. 194.

— **Organische**, von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.

— **Pharmazeutische**, von Privatdozent Dr. C. Mannheim in Bonn. 3 Bändchen. Nr. 543/44 u. 588.

— **Physiologische**, von Dr. med. A. Vegahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.

— II: Dissimilation. M. 1 Taf. Nr. 241.

— **Zoologische**, von Privatdozent Dr. C. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.

Chemische Industrie, Anorganische, von Dr. Gust. Rauter i. Charlottenburg. I: Die Leblancsodaindustrie und ihre Nebenzweige. Mit 12 Taf. Nr. 205.

— II: Salinenwesen, Kalisalze, Düngerindustrie und Verwandtes. Mit 6 Tafeln. Nr. 206.

— III: Anorganische chemische Präparate. Mit 6 Tafeln. Nr. 207.

Chemische Technologie, Allgemeine, von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.

Chemisch-Technische Analyse von Dr. G. Lunge, Professor an der Eidgenössischen Polytechnischen Schule in Zürich. Mit 16 Abbild. Nr. 195.

Christlichen Literaturen des Orients, Die, von Dr. Anton Baumstark. I: Einleitung. — Das christlich-aramäische u. d. koptische Schrifttum. Nr. 527.

— II: Das christl.-arab. u. das äthiop. Schrifttum. — Das christl. Schrifttum d. Armenier und Georgier. Nr. 528.

Dampfkessel, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Obergeringieur Friedrich Barth in Nürnberg. I: Kesselsysteme und Feuerungen. Mit 43 Figuren. Nr. 9.

— II: Bau und Betrieb der Dampfkessel. Mit 57 Figuren. Nr. 521.

Dampfmaschinen, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Obergeringieur in Nürnberg. 2 Bdchn. I: Wärmetheoretische und dampftechnische Grundlagen. Mit 64 Figuren. Nr. 8.

— II: Bau und Betrieb der Dampfmaschinen. Mit 109 Fig. Nr. 572.

Dampfturbinen, Die, ihre Wirkungsweise und Konstruktion von Ingenieur Herm. Wilda, Prof. a. staatl. Technikum i. Bremen. Mit 104 Abb. Nr. 274.

Desinfektion von Dr. M. Christian, Stabsarzt a. D. in Berlin. Mit 18 Abbildungen. Nr. 546.

Determinanten v. B. B. Fischer, Oberl. a. d. Oberrealsch. z. Groß-Lichterf. Nr. 402.

Deutsche Altertümer von Dr. Franz Fuhrle, Direktor d. städt. Museums in Braunschweig. Mit 70 Abb. Nr. 124.

Deutsche Fortbildungsschulwesen, Das, nach seiner geschichtlichen Entwicklung u. in seiner gegenwärt. Gestalt v. H. Sierdis, Revisor gewerbl. Fortbildungsschulen in Schleswig. Nr. 392.

Deutsches Fremdwörterbuch von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.

Deutsche Geschichte von Dr. F. Kurze, Prof. a. kgl. Luisengymnas. i. Berlin. I: Mittelalter (bis 1519). Nr. 33.

— II: Zeitalter der Reformation und der Religionskriege (1517 bis 1648). Nr. 34.

— III: Vom Westfälischen Frieden bis zur Auflösung des alten Reichs (1648—1806). Nr. 35.

— siehe auch: Quellenkunde.

Deutsche Grammatik und kurze Geschichte der deutschen Sprache von Schult. Prof. Dr. D. Lyon in Dresden. Nr. 20.

Deutsche Handelskorrespondenz von Professor Th. de Beaug, Officier de l'Instruction Publique. Nr. 182.

Deutsches Handelsrecht von Dr. Karl Lehmann, Prof. an der Universität Göttingen. 2 Bde. Nr. 457 u. 458.

Deutsche Heldensage, Die, von Dr. Otto Luitpold Striczek, Professor an der Universität Würzburg. Nr. 32.

Deutsches Kolonialrecht von Dr. H. Adler von Hoffmann, Professor an der kgl. Akademie Posen. Nr. 318.

Deutsche Kolonien. I: Togo und Kamerun von Prof. Dr. A. Dove. Mit 16 Taf. u. 1 lithogr. Karte. Nr. 441.

— **II: Das Südfseegebiet und Kiautschou** von Prof. Dr. A. Dove. Mit 16 Tafeln u. 1 lithogr. Karte. Nr. 520.

— **III: Ostafrika** von Prof. Dr. A. Dove. Mit 16 Tafeln und 1 lithogr. Karte. Nr. 567.

Deutsche Kulturgeschichte von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.

Deutsches Leben im 12. u. 13. Jahrhundert. Realkommentar zu den Volks- u. Kunstlepen u. zum Minnesang. Von Prof. Dr. Jul. Dieffenbacher in Freiburg i. B. I: Öffentliches Leben. Mit zahlreichen Abbildungen. Nr. 93.

— **II: Privatleben.** Mit zahlreichen Abbildungen. Nr. 328.

Deutsche Literatur des 13. Jahrhunderts. Die Epigonen des höfischen Epos. Auswahl a. deutschen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junk, Altuarium der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Nr. 289.

Deutsche Literaturdenkmäler des 14. u. 15. Jahrhunderts. Ausgewählt und erläutert von Dr. Hermann Janßen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 181.

— **16. Jahrhunderts. I: Martin Luther und Thom. Murner.** Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

— **II: Hans Sachs.** Ausgewählt u. erläutert v. Prof. Dr. J. Sahr. Nr. 24.

— **III: Von Brant bis Rollenhagen: Brant, Kuffen, Fischart, sowie Tierepos und Fabel.** Ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Julius Sahr. Nr. 36.

— **des 17. und 18. Jahrhunderts bis Klopstock. I: Lyrik** von Dr. Paul Legband in Berlin. Nr. 364.

— **II: Prosa** von Dr. Hans Legband in Kassel. Nr. 365.

Deutsche Literaturgeschichte von Dr. Max Koch, Professor an der Universität Breslau. Nr. 31.

— **der Klassikerzeit** von Carl Weitbrecht, durchgesehen und ergänzt von Karl Berger. Nr. 161.

Deutsche Literaturgeschichte des des 19. Jahrhunderts von Carl Weitbrecht, neu bearbeitet von Dr. Rich. Weitbrecht in Wimpfen. I. II. Nr. 134, 135.

Deutschen Mundarten, Die, v. Prof. Dr. S. Reis in Mainz. Nr. 605.

Deutsche Mythologie. Germanische Mythologie von Dr. Eugen Mogk, Prof. a. d. Univerf. Leipzig. Nr. 15.

Deutschen Personennamen, Die, v. Dr. Rud. Kleinpaul i. Leipzig. Nr. 422.

Deutsche Poetik von Dr. A. Borinski, Prof. an d. Univ. München. Nr. 40.

Deutsche Redelehre von Hans Probst, Gymnasialprof. in Bamberg. Nr. 61.

Deutsche Schule, Die, im Auslande von Hans Amrhein, Seminar-Oberlehrer in Rheidt. Nr. 259.

Deutsches Seerecht v. Dr. Otto Brandis, Oberlandesgerichtsrat in Hamburg. I. Allgemeine Lehren: Personen und Sachen des Seerechts. Nr. 386.

— **II: Die einzelnen seerechtlichen Schuldverhältnisse: Verträge des Seerechts und aufervertragliche Haftung.** Nr. 387.

Deutsche Stammeskunde v. Dr. Rudolf Much, a. v. Prof. an der Univerf. Wien. Mit 2 Kart. u. 2 Taf. Nr. 126.

Deutsches Unterrichtswesen. Geschichte des deutschen Unterrichtswesens v. Prof. Dr. Friedrich Seiler, Direktor des kgl. Gymnasiums zu Luckau. I: Von Anfang an bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Nr. 275.

— **II: Vom Beginn d. 19. Jahrhund.** bis auf die Gegenwart. Nr. 276.

Deutsche Urheberrecht, Das, an literarischen, künstlerischen und gewerblichen Schöpfungen, mit besonderer Berücksichtigung der internationalen Verträge von Dr. Gustav Rauter, Patentanwalt in Charlottenburg. Nr. 263.

Deutsche Volkslied, Das, ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Jul. Sahr. 2 Bändchen. Nr. 25 u. 132.

Deutsche Wehrverfassung von Karl Andres, Geheimer Kriegsrat und Vortrag. Rat im Kriegsministerium in München. Nr. 401.

Deutsches Wörterbuch v. Dr. Richard Loewe. Nr. 64.

Deutsche Zeitungswesen, Das, von Dr. Robert Brunhuber in Köln a. Rh. Nr. 400.

- Deutsches Zivilprozessrecht** von Professor Dr. Wilhelm Risch in Straßburg i. E. 3 Bände. Nr. 428—430.
- Dichtungen aus mittelhochdeutscher Frühzeit.** In Auswahl mit Einlfg. u. Wörterb. herausgegeben v. Dr. Herm. Janßen, Direktor der königl. Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 137.
- Dietrichpen, Kudrun und Dietrichpen.** Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Professor an der Universität Würzburg. Nr. 10.
- Differentialrechnung** von Dr. Frdr. Junker, Rektor des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Göppingen. Mit 68 Figuren. Nr. 87.
- Repetitorium u. Aufgabensammlung zur Differentialrechnung** von Dr. Frdr. Junker, Rektor des Realgymnasiums u. d. Oberrealschule in Göppingen. Mit 46 Fig. Nr. 146.
- Drogenkunde** von Rich. Dorfsteiwitz in Leipzig und Georg Ottersbach in Hamburg. Nr. 413.
- Druckwasser- und Druckluft-Anlagen.** Pumpen, Druckwasser- und Druckluft-Anlagen von Dipl.-Ingen. Rudolf Bogdt, Regierungsbaum. a. D. in Aachen. Mit 87 Fig. Nr. 290.
- Ebdalieder** mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Dr. Wilhelm Ranisch, Gymnasial-Oberlehrer in Osnabrück. Nr. 171.
- Eisenbahnbau. Die Entwicklung des modernen Eisenbahnbaues** von Dipl.-Ing. Alfred Birk, v. ö. Prof. a. d. k. k. Deutsch. Techn. Hochschule in Prag. Mit 27 Abbild. Nr. 553.
- Eisenbahnfahrzeuge** von H. Hinnenthal, Regierungsbaumeister u. Oberingenieur in Hannover. I: Die Lokomotiven. Mit 89 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. Nr. 107.
- II: Die Eisenbahnwagen u. Bremsen. Mit Anhang: Die Eisenbahnfahrzeuge im Betrieb. Mit 56 Abb. im Text und 3 Tafeln. Nr. 108.
- Eisenbahnpolitik. Geschichte der deutschen Eisenbahnpolitik** von Betriebsinspektor Dr. Edwin Koch in Karlsruhe i. B. Nr. 533.
- Eisenbetonbau, Der,** v. Reg.-Baumeist. Karl Köhle. Mit 75 Abbild. Nr. 349.
- Eisenhüttenkunde** von A. Krauß, dipl. Hütteningenieur. I: Das Roheisen. Mit 17 Figuren u. 4 Tafeln. Nr. 152.
- Eisenhüttenkunde II: Das Schmiedeeisen.** Mit 25 Fig. u. 5 Taf. Nr. 153.
- Eisenkonstruktionen im Hochbau** von Ingenieur Karl Schindler in Weifen. Mit 115 Figuren. Nr. 322.
- Eiszeitalter, Das,** v. Dr. Emil Berth in Berlin-Wilmersdorf. Mit 17 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 431.
- Elastizitätslehre für Ingenieure I: Grundlagen und Allgemeines über Spannungszustände, Zylinder, Ebene Platten, Torsion, Gehrümte Träger.** Von Dr.-Ing. Max Enßlin, Professor an der königl. Baugewerkschule Stuttgart und Privatdozent an der Techn. Hochschule Stuttgart. Mit 60 Abbild. Nr. 519.
- Elektrischen Meßinstrumente, Die,** von J. Herrmann, Professor an der Technischen Hochschule in Stuttgart. Mit 195 Figuren. Nr. 477.
- Elektrische Telegraphie, Die,** von Dr. Lud. Reilstab. Nr. 19 Fig. Nr. 172.
- Elektrizität. Theoret. Physik III: Elektrizität u. Magnetismus** von Dr. Gust. Jäger, Prof. a. d. Techn. Hochschule in Wien. Mit 33 Abb. Nr. 78.
- Elektrochemie** von Dr. Heinr. Danneel in Genf. I: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 16 Figuren. Nr. 252.
- II: Experimentelle Elektrochemie, Meßmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.
- Elektromagnet. Lichttheorie. Theoretische Physik IV: Elektromagnetische Lichttheorie u. Elektronik** von Professor Dr. Gust. Jäger in Wien. Mit 21 Figuren. Nr. 374.
- Elektrometallurgie** von Dr. Friedr. Regelsberger, kaiserl. Regierungsrat in Steglitz-Berlin. Nr. 16 Fig. Nr. 110.
- Elektrotechnik. Einführung in die Starkstromtechnik** v. J. Herrmann, Prof. d. Elektrotechnik an der kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 95 Fig. u. 16 Taf. Nr. 196.
- II: Die Gleichstromtechnik. Mit 118 Figuren und 16 Tafeln. Nr. 197.
- III: Die Wechselstromtechnik. Mit 126 Figuren und 16 Tafeln. Nr. 198.
- Die Materialien des Maschinenbaues und der Elektrotechnik** v. Ingenieur Professor Hermann Wilda in Bremen. Mit 3 Abbild. Nr. 476.

- Elfaß-Lothringen, Landeskunde v.**, von Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. M. 11 Abb. u. 1 Karte. Nr. 215.
- Englisch = deutsches Gesprächsbuch** von Professor Dr. E. Hausknecht in Lausanne. Nr. 424.
- Englische Geschichte** von Prof. L. Gerber, Oberlehrer in Düsseldorf. Nr. 375.
- Englische Handelskorrespondenz v. E. C. Whitfield, M. A.**, Oberlehrer an King Edward VII Grammar School in King's Lynn. Nr. 237.
- Englische Literaturgeschichte** von Dr. Karl Weiser in Wien. Nr. 69.
- — **Grundzüge und Haupttypen der englischen Literaturgeschichte** von Dr. Arnold M. M. Schröder, Prof. an der Handelshochschule in Köln. 2 Teile. Nr. 286, 287.
- Entwicklungsgeschichte der Tiere** von Dr. Johannes Meisenheimer, Professor der Zoologie an der Universität Jena. I: Furchung, Primitivanlagen, Larven, Formbildung, Embryonalhüllen. Mit 48 Fig. Nr. 378.
- — II: Organbildung. Mit 46 Fig. Nr. 379.
- Epigonen, Die, des höfischen Epos.** Auswahl aus deutschen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junk, Aktuar der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Nr. 289.
- Erdmagnetismus, Erdstrom, Polarlicht** von Dr. A. Nippoldt, Mitglied des königlich Preussischen Meteorologischen Instituts in Potsdam. Mit 17 Abbild. und 5 Tafeln. Nr. 175.
- Erdteile, Länderkunde der außer-europäischen**, von Dr. Franz Heiderich, Professor an der Exportakademie in Wien. Mit 11 Textkärtchen und Profilen. Nr. 63.
- Ernährung und Nahrungsmittel v.** Oberstabsarzt Professor S. Bischoff in Berlin. Mit 4 Abbildungen. Nr. 464.
- Ethik** von Professor Dr. Thomas Achilles in Bremen. Nr. 90.
- Europa, Länderkunde von**, von Dr. Franz Heiderich, Professor an der Exportakademie in Wien. Mit 14 Textkärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Nr. 62.
- Exkursionsflora von Deutschland** zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eizenach. 2 Teile. Mit je 50 Abbildung. Nr. 268 u. 269.
- Explosivstoffe.** Einführung in die Chemie der explosiven Vorgänge von Dr. S. Brunwig in Steglitz. Mit 6 Abbildungen und 12 Tab. Nr. 333.
- Familienrecht. Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches. Viertes Buch: Familienrecht** von Dr. Heinrich Titz, Professor an der Universität Göttingen. Nr. 305.
- Färberei. Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe** von Dr. Wilhelm Massot, Professor an der Preussischen höheren Fachschule für Textilindustrie in Aresfeld. Mit 28 Figuren. Nr. 186.
- Feldgeschütz, Das moderne**, von Oberstleutnant W. Heydenreich, Militärlehrer an d. Militärtechn. Akademie in Berlin. I: Die Entwicklung des Feldgeschützes seit Einführung des gezogenen Infanteriegewehrs bis einschl. der Erfindung des rauchl. Pulvers, etwa 1850 bis 1890. M. 1 Abb. Nr. 306.
- — II: Die Entwicklung des heutigen Feldgeschützes auf Grund der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1890 bis zur Gegenwart. Mit 11 Abb. Nr. 307.
- Fernsprechwesen, Das**, von Dr. Ludwig Kellstab in Berlin. Mit 47 Figuren und 1 Tafel. Nr. 155.
- Festigkeitslehre** von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit 56 Fig. Nr. 288.
- **Aufgabensammlung zur Festigkeitslehre mit Lösungen** von R. Haren, Diplom-Ingenieur in Mannheim. Mit 42 Figuren. Nr. 491.
- Fette, Die, und Öle** sowie die Seifen- u. Kerzenfabrikat. u. d. Harze, Lacte, Firnisse m. ihren wichtigst. Hilfsstoffen von Dr. Karl Braun in Berlin. I: Einführung in die Chemie, Besprech. einiger Salze u. d. Fette und Öle. Nr. 335.
- — II: Die Seifenfabrikation, die Seifenanalyse und die Kerzenfabrikation. Mit 25 Abbild. Nr. 336.
- — III: Harze, Lacte, Firnisse. Nr. 337.

Feuerwaffen. Geschichte der gesamten Feuerwaffen bis 1850. Die Entwicklung der Feuerwaffen von ihrem ersten Auftreten bis zur Einführung der gezogenen Hinterlader, unter besonderer Berücksichtigung der Heeresbewaffnung v. Hauptmann a. D. W. Gohlke, Steglitz-Berlin. Mit 105 Abbildungen. Nr. 530.

Filzfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Geh. Regierungsr. im kgl. Landesgewerbeamt z. Berlin. M. 29 Fig. Nr. 185.

Finanzsysteme d. Großmächte, Die, (Internationales Staats- u. Gemeinde-Finanzwesen) von D. Schwarz, Geh. Oberfinanzrat in Berlin. Zwei Bändchen. Nr. 450 und 451.

Finanzwissenschaft von Präsident Dr. R. van der Borgh in Berlin. I: Allgemeiner Teil. Nr. 148.
— II: Besonderer Teil (Steuerlehre). Nr. 391.

Finnisch-ugrische Sprachwissenschaft von Dr. Josef Szinyei, Prof. an der Universität Budapest. Nr. 463.

Finnland. Landeskunde des Europäischen Russlands nebst Finnlands von Professor Dr. A. Philippson in Halle a. S. Nr. 359.

Firnisse. Harze, Lacke, Firnisse von Dr. Karl Braun in Berlin. (Fette und Öle III.) Nr. 337.

Fische. Das Tierreich IV: Fische von Professor Dr. Max Rauther in Neapel. Mit 37 Abbild. Nr. 356.

Fischerei und Fischzucht von Dr. Karl Eckstein, Professor an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 159.

Flora. Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach, 2 Teile. Mit je 50 Abbildungen. Nr. 268, 269.

Flußbau von Regierungsbaumeister Otto Rappold in Stuttgart. Mit vielen Abbildungen. Nr. 597.

Forensische Psychiatrie von Professor Dr. W. Weggandt, Direktor der Irrenanstalt Friedrichsberg in Hamburg. Zwei Bändchen. Nr. 410 und 411.

Forstwissenschaft von Dr. Ad. Schwappach, Prof. a. d. Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirig. bei d. Hauptstation d. forstl. Versuchswes. Nr. 106.

Fortbildungsschulwesen. Das deutsche, nach seiner geschichtl. Entwicklung und in seiner gegenwärt. Gestalt von H. Siercks, Revisor gewerbl. Fortbildungsschulen in Schleswig. Nr. 392.

Franken. Geschichte Frankens von Dr. Christ. Meyer, kgl. preuß. Staatsarchivar a. D. in München. Nr. 434.

Frankreich. Französische Geschichte von Dr. R. Sternfeld, Professor an d. Universität Berlin. Nr. 85.

Frankreich. Landes- u. Frankreich v. Dr. Richard Neuse, Direkt. d. Ober-Realschule in Spandau. 1. Bändchen. Mit 23 Abbild. im Text und 16 Landschaftsbildern auf 16 Tafeln. Nr. 466.
— 2. Bändchen. Mit 15 Abbild. im Text, 18 Landschaftsbildern auf 16 Tafeln und einer lithogr. Karte. Nr. 467.

Französisch-deutsches Gesprächsbuch von C. Francillon, Lektor am orientalis. Seminar u. an d. Handelshochschule in Berlin. Nr. 596.

Französische Handelskorrespondenz von Professor Ch. de Beaug, Officier de l'Instruction Publique. Nr. 183.

Fremdwort, Das, im Deutschen von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 55.

Fremdwörterbuch, Deutsches, von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.

Fuge. Erläuterung und Anleitung zur Komposition derselben v. Prof. Stephan Frehl in Leipzig. Nr. 418.

Funktionentheorie, Einleitung in die, (Theorie der komplexen Zahlenreihen) von Max Rose, Oberlehrer an der Goethechule in Deutsch-Wilmersdorf. Mit 10 Figuren. Nr. 581.

Fußartillerie, Die, ihre Organisation, Bewaffnung und Ausbildung von Splett, Oberleutnant im Lehrbataillon der Fußartillerie-Schießschule u. Biermann, Oberleutnant in der Versuchsbatterie der Artillerie-Prüfungskommission. Mit 35 Figuren. Nr. 560.

Gardinenfabrikation. Textilindustrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation v. Professor Max Gärtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Figuren. Nr. 185.

Gas- und Wasserinstallationen mit Einschluß der Abortanlagen von Professor Dr. phil. und Dr.-Ingen. Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit 119 Abbildungen. Nr. 412.

Gaskraftmaschinen, Die, von Ing. Alfred Kirckhöe in Kiel. Mit 55 Figuren. Nr. 316.

Gasthäuser und Hofels von Architekt Max Wöhler in Düsseldorf. I: Die Bestandteile und die Einrichtung des Gasthauses. Mit 70 Figuren. Nr. 525.

— II: Die verschiedenen Arten von Gasthäusern. Mit 82 Fig. Nr. 526.

Gebirgsartillerie. Die Entwicklung der Gebirgsartillerie von Aluhmann, Oberst und Kommandeur der 1. Feldartillerie-Brigade in Königsberg i. Pr. Mit 78 Bildern und Übersichtstafeln. Nr. 531.

Genossenschaftswesen, Das, in Deutschland von Dr. Otto Linddecke in Düsseldorf. Nr. 384.

Geodäsie. Vermessungskunde von Diplom-Ing. P. Werkmeister, Oberlehrer an der Kaiserl. Technisch. Schule in Straßburg i. E. I: Feldmessen und Nivellieren. Mit 146 Abbild. II: Der Theodolit. Trigonometrische und barometrische Höhenmessung, Tachymetrie. Mit 109 Abbildungen. Nr. 468 u. 469.

Geologie in kurzem Auszug für Schulen und zur Selbstbelehrung zusammengestellt von Professor Dr. Eberh. Fraas in Stuttgart. Mit 16 Abbildungen und 4 Tafeln mit 51 Figuren. Nr. 13.

Geometrie, Analytische, der Ebene von Professor Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 57 Figuren. Nr. 65.

— **Aufgabensammlung zur Analytischen Geometrie der Ebene** von D. Th. Bürklen, Professor am Königl. Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Mit 32 Figuren. Nr. 256.

Geometrie, Analytische, d. Raumes v. Prof. Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 28 Abbildungen. Nr. 89.

— **Aufgabensammlung zur Analytischen Geometrie des Raumes** von D. Th. Bürklen, Professor am Königl. Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Mit 8 Figuren. Nr. 309.

— **Darstellende**, v. Dr. Robert Kaufner, Professor an der Universität Jena. I. Mit 110 Figuren. Nr. 142.

— II. Mit 40 Figuren. Nr. 143.

— **Ebene**, von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit 111 zweifarbigen Figuren. Nr. 41.

— **Projektive**, in synthet. Behandlung von Dr. Karl Doehlemann, Professor an der Universität München. Mit 91 Figuren. Nr. 72.

Geometrische Optik, Einführung in die, von Dr. W. Hinrichs in Wilmersdorf-Berlin. Nr. 532.

Geometrisches Zeichnen von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Bauerschule in Magdeburg, neubearbeitet von Professor J. Bonderlinn in Münster. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

Germanische Mythologie von Dr. E. Mogk, Prof. a. d. Univ. Leipzig. Nr. 15.

Germanische Sprachwissenschaft von Dr. Rich. Voewe. Nr. 238.

Gefangenskunst. Technik der deutschen Gefangenskunst von Oskar Noé und Dr. Hans Joachim Moser. Nr. 576.

Geschichtswissenschaft, Einleitung in die, von Dr. Ernst Bernheim, Prof. an der Univ. Greifswald. Nr. 270.

Geschütze, Die modernen, der Fußartillerie von Munnenhoff, Major und Lehrer an der Fußartillerie-Schießschule in Bitterbog. I: Vom Auftreten d. gezogenen Geschütze bis zur Verwendung des rauchschwachen Pulvers 1850—1890. Mit 50 Textbildern. Nr. 334.

— II: Die Entwicklung der heutigen Geschütze der Fußartillerie seit Einführung des rauchschwachen Pulvers 1890 bis zur Gegenwart. Mit 33 Textbildern. Nr. 362.

Geschwindigkeitsregler der Kraftmaschinen, Die, von Dr.-Ing. H. Kröner in Friedberg. Mit viel. Figuren. Nr. 604.

Gesetzbuch, Bürgerliches, siehe: Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches.

- Gesundheitslehre. Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten** von E. Rehm, Oberlehrer an der Karlsruher. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbildungen u. 1 Tafel. Nr. 18.
- Gewerbehygiene** von Dr. E. Roth in Potsdam. Nr. 350.
- Gewerbewesen** von Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule Berlin. I. II. Nr. 203. 204.
- Gewerbliche Arbeiterfrage, Die**, von Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule Berlin. Nr. 209.
- Gewerbliche Bauten. Industrielle und gewerbliche Bauten** (Speicher, Lagerhäuser und Fabriken) von Architekt Heinrich Salzmann in Düsseldorf. I: Allgemeines über Anlage und Konstruktion der industriellen und gewerblichen Bauten. Nr. 511.
— II: Speicher und Lagerhäuser. Mit 123 Figuren. Nr. 512.
- Gewichtswesen. Maß-, Münz- und Gewichtswesen** von Dr. Aug. Blind, Prof. a. d. Handelssch. i. Köln. Nr. 283.
- Giebereimaschinen** von Dipl.-Ing. Emil Treiber in Heidenheim a. B. Mit 51 Figuren. Nr. 548.
- Glas- und keramische Industrie (Industrie der Silikate, der Bausteine und des künstlichen Mörtels I)** von Dr. Gustav Rauter in Charlottenburg. Mit 12 Taf. Nr. 233.
- Gleichstrommaschine, Die**, von Ingenieur Dr. E. Künzbrunner in Manchester. Mit 81 Figuren. Nr. 257.
- Glossikerkunde** von Dr. Fritz Machacek in Wien. Mit 5 Abbildungen im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.
- Gotische Sprachdenkmäler** mit Grammatik, Uebersetzung und Erläuterung v. Dr. Herm. Janßen, Direktor d. Königin Luise-Schule i. Königsberg i. Pr. Nr. 79.
- Gottfried von Straßburg. Hartmann von Aue. Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg.** Auswahl aus dem hessisch. Epos mit Anmerk. u. Wörterbuch v. Dr. A. Marold, Prof. am kgl. Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.
- Graphischen Künste, Die**, von Carl Kampmann, k. k. Lehrer an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit zahlreichen Abbildungen und Beilagen. Nr. 75.
- Griechische Altertumskunde** von Professor Dr. Rich. Maiß, neu bearbeitet von Rektor Dr. Franz Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.
- Griechische Geschichte** von Dr. Heinrich Swoboda, Professor an der deutschen Universität Prag. Nr. 49.
- Griechische Literaturgeschichte** mit Berücksichtigung d. Geschichte d. Wissenschaften von Dr. Alfred Gerke, Prof. an der Univ. Breslau. 2 Bände. Nr. 70 und 557.
- Griechischen Sprache, Geschichte d., I: Bis zum Ausgange der klassischen Zeit** von Dr. Otto Hoffmann, Prof. a. d. Universität Münster. Nr. 111.
- Griechische u. römische Mythologie** v. Prof. Dr. Herm. Steuding, Rektor d. Gymnasiums in Schneeberg. Nr. 27.
- Grundbuchrecht, Das formelle**, von Oberlandesgerichtsr. Dr. F. Kretschmar in Dresden. Nr. 549.
- Handelspolitik, Auswärtige**, von Dr. Heinr. Sieveking, Professor an der Universität Zürich. Nr. 245.
- Handelsrecht, Deutsches**, von Dr. Karl Lehmann, Professor an der Universität Göttingen. I: Einleitung. Der Kaufmann und seine Hilfspersonen. Offene Handelsgesellschaft. Kommandit- und stille Gesellschaft. Nr. 457.
— II: Aktiengesellsch. Gesellsch. m. b. H. Eing. Gen. Handelsgesch. Nr. 458.
- Handelschulwesen, Das deutsche**, von Direktor Theodor Blum in Dessau. Nr. 558.
- Handelsstand, Der**, von Rechtsanwalt Dr. jur. Bruno Springer in Leipzig. (Kaufmann. Rechtsk. Bd. 2.) Nr. 545.
- Handelswesen, Das**, von Geh. Oberregierungsrat Dr. Wilh. Veris, Professor an der Universität Göttingen. I: Das Handelspersonal und der Warenhandel. Nr. 296.
— II: Die Effektenbörse und die innere Handelspolitik. Nr. 297.
- Handfeuerwaffen, Die Entwicklung der**, seit der Mitte des 19. Jahrhunderts und ihr heutiger Stand von G. Wrzodek, Hauptmann und Kompagniechef im Infanterie-Regim. Freiherr Hiller von Gärtringen (4. Posenches) Nr. 59 in Soldau. Mit 21 Abbildungen. Nr. 366.

- Harmonielehre** von A. Salm. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 120.
- Karlmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Strazburg.** Auswahl aus dem höfischen Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. A. Marold, Professor am königlichen Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.
- Karze, Lacke, Firnisse** von Dr. Karl Braun in Berlin. (Die Feise und Ole III.) Nr. 337.
- Hauptliteraturen, Die, d. Orients** v. Dr. M. Haberlandt, Privatdoz. a. d. Univerf. Wien. I. II. Nr. 162. 163.
- Bezeuge, Die, ihre Konstruktion u. Berechnung** von Ing. Prof. Hermann Wilda, Bremen. Nr. 399 Abb. Nr. 414.
- Seeresorganisation, Die Entwicklung der, seit Einführung der stehenden Seere von Otto Neuschler, Hauptmann u. Batterieführer in Ulm. I: Geschichtl. Entwicklung bis zum Ausgange d. 19. Jahrh. Nr. 552.**
- Heizung u. Lüftung** v. Ing. Johannes Körling in Düsseldorf. I: Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 34 Fig. Nr. 342. — II: Die Ausführung d. Heizungs- u. Lüftungsanlage. Mit 191 Fig. Nr. 343.
- Hessen, Landeskunde des Großherzogtums Hessen, der Provinz Hessen-Nassau und des Fürstentums Waldeck** von Prof. Dr. Georg Greim in Darmstadt. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 376.
- Hieroglyphen** von Geh. Regier.-Rat Dr. W. Erman, Prof. an der Univerfität Berlin. Nr. 608.
- Hochspannungstechnik** von Dr.-Ing. A. Fischer in Hamburg-Bergedorf. Mit vielen Figuren. Nr. 609.
- Holz, Das, Aufbau, Eigenschaften u. Verwendung** v. Ingen. Prof. Hermann Wilda in Bremen. Nr. 33 Abb. Nr. 459.
- Hotels, Gasthäuser und Hotels** von Architekt Max Wöhler in Düsseldorf. I: Die Bestandteile u. d. Einrichtung d. Gasthauses. Mit 70 Figuren. Nr. 525. — II: Die verschiedenen Arten v. Gasthäusern. Mit 82 Figuren. Nr. 526.
- Hydraulik** von W. Hauber, Dipl.-Ing. in Stuttgart. Mit 44 Fig. Nr. 397.
- Hygiene des Städtebaus, Die, von Professor S. Chr. Nussbaum in Hannover. Mit 30 Abbildungen. Nr. 348.**
- Hygiene d. Wohnungswesens, Die, von Prof. S. Chr. Nussbaum in Hannover. Mit 5 Abbildungen. Nr. 363.**
- Iberische Halbinsel, Landeskunde der Iberischen Halbinsel** von Dr. Frh. Regel, Prof. a. d. Univ. Würzburg. Mit 8 Kartchen u. 8 Abb. im Text und 1 Karte in Farbendruck. Nr. 235.
- Indische Religionsgeschichte** v. Prof. Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.
- Indogerman. Sprachwissenschaft** v. Dr. R. Meringer, Professor an der Univerf. Graz. Mit 1 Tafel. Nr. 59.
- Industrielle u. gewerbliche Bauten** (Speicher, Lagerhäuser und Fabriken) von Architekt Heinrich Salzmann in Düsseldorf. I: Allgemeines über Anlage und Konstruktion der industriellen und gewerblichen Bauten. Nr. 511. — II: Speicher und Lagerhäuser. Mit 123 Figuren. Nr. 512.
- Infektionskrankheiten, Die, und ihre Verhütung** von Stabsarzt Dr. W. Hoffmann in Berlin. Mit 12 vom Verfasser gezeichneten Abbildungen und einer Fiebertafel. Nr. 327.
- Insekten. Das Tierreich V: Insekten** von Dr. J. Groß in Neapel (Stazione Zoologica). Mit 56 Abbildungen. Nr. 594.
- Instrumentenlehre** v. Musikdir. Franz Mayerhoff i. Chemnitz. I: Text. Nr. 437. — II: Notenbeispiele. Nr. 438.
- Integralrechnung** von Dr. Friedr. Junker, Rektor des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Göppingen. Mit 89 Figuren. Nr. 88.
- Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung** von Dr. Friedrich Junker, Rektor des Realgymnasiums u. d. Oberrealschule in Göppingen. Mit 52 Fig. Nr. 147.
- Israel. Geschichte Israels bis auf die griechische Zeit** von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.
- Italienische Handelskorrespondenz** von Professor Alberto de Beauv. Oberlehrer am königl. Institut S. S. Annunziata in Florenz. Nr. 219.
- Italienische Literaturgeschichte** von Dr. Karl Vohler, Professor an der Univerfität München. Nr. 125.
- Kalkulation, Die, im Maschinenbau** von Ingenieur S. Bethmann, Dozent am Technikum Altenburg. Mit 63 Abbildungen. Nr. 486.

- Kältemaschinen.** Die thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraft- und Kältemaschinen von M. Röttlinger, Diplom-Ingenieur in Mannheim. Mit 73 Fig. Nr. 2.
- Kamerun.** Die deutschen Kolonien I: Togo und Kamerun von Prof. Dr. Karl Dove. Mit 16 Tafeln und einer lithographischen Karte. Nr. 441.
- Kanal- und Schleusenbau** von Regierungsbaumeister Otto Rappold in Stuttgart. Mit 78 Abbild. Nr. 585.
- Kant, Immanuel.** (Geschichte d. Philosophie Band 5) von Dr. Bruno Bauch, Prof. a. d. Univ. Jena. Nr. 536.
- Kartell und Truff** v. Dr. E. Tschierschky in Düsseldorf. Nr. 522.
- Kartenkunde** von Dr. M. Groll, Kartograph in Berlin. 2 Bändchen. I: Die Projektionen. Mit 53 Figuren. Nr. 30.
— II: Der Karteninhalt und das Messen auf Karten. Mit 36 Figuren. Nr. 599.
- Kaufmännische Rechtskunde.** I: Das Wechselwesen von Rechtsanwalt Dr. Rudolf Mothes in Leipzig. Nr. 103.
— II: Der Handelsstand v. Rechtsanw. Dr. jur. Bruno Springer, Leipzig. Nr. 545.
- Kaufmännisches Rechnen** von Prof. Richard Just, Oberlehrer a. d. Öffentl. Handelslehranstalt d. Dresdener Kaufmannsch. I. II. III. Nr. 139. 140. 187.
- Keramische Industrie.** Die Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine und des Mörtels von Dr. Gustav Rauter. I: Glas- u. keram. Industrie. M. 12 Taf. Nr. 233.
- Kerzenfabrikation.** Die Seifenfabrikation, die Seifenanalyse und die Kerzenfabrikation von Dr. Karl Braun in Berlin. (Die Fette u. Ole II.) Mit 25 Abbild. Nr. 336.
- Kiautschou.** Die deutsch. Kolonien II: Das Südgebiet und Kiautschou von Prof. Dr. K. Dove. Mit 16 Taf. u. 1 lithogr. Karte. Nr. 520.
- Kinematik** von Dipl.-Ing. Hans Volster, Assistent an der kgl. Techn. Hochschule Dresden. Mit 76 Abbild. Nr. 584.
- Kirchenrecht** von Dr. E. Sehling, ord. Prof. d. Rechte in Erlangen. Nr. 377.
- Klimakunde I:** Allgemeine Klimalehre von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Taf. und 2 Figuren. Nr. 114.
- Kolonialgeschichte** von Dr. Dietrich Schäfer, Professor der Geschichte an der Universität Berlin. Nr. 156.
- Kolonialrecht, Deutsches,** von Dr. H. Eder von Hoffmann, Professor an der kgl. Akademie Posen. Nr. 318.
- Kometen. Astronomie.** Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearbeitet von Dr. Herm. Kobold, Professor an der Universität Kiel. II: Kometen, Meteore und das Sternsystem. Mit 15 Figuren u. 2 Sternkarten. Nr. 529.
- Kommunale Wirtschaftspflege** von Dr. Alfons Rieh, Magistratsassessor in Berlin. Nr. 534.
- Kompositionslehre.** Musikalische Formenlehre von Stephan Krehl. I. II. Mit viel. Notenbeispiel. Nr. 149. 150.
- Kontrapunkt.** Die Lehre von der selbstständigen Stimmführung von Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 390.
- Kontrollwesen, Das agrrikulturchemische,** von Dr. Paul Kriehle in Leopoldsdorf-Stachfurt. Nr. 304.
- Koordinatensysteme** v. Paul B. Fischer, Oberlehrer an der Oberrealschule zu Groß-Lichterfelde. Mit 8 Fig. Nr. 507.
- Körper, Der menschliche, sein Bau und seine Tätigkeiten** von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abb. u. 1 Taf. Nr. 18.
- Kostenanschlag** siehe: Veranschlagten.
- Kriegsschiffbau. Die Entwicklung des Kriegsschiffbaues vom Altertum bis zur Neuzeit.** Von Tjad Schwarz, Geh. Marinebau- u. Schiffbau-Direktor. I. Teil: Das Zeitalter der Ruderschiffe u. der Segelschiffe für die Kriegsführung zur See vom Altertum b. 1840. Mit 32 Abbildungen. Nr. 471.
— II. Teil: Das Zeitalter der Dampfschiffe für die Kriegsführung zur See von 1840 bis zur Neuzeit. Mit 81 Abbildungen. Nr. 472.
- Kriegswesens, Geschichte des,** von Dr. Emil Daniels in Berlin. I: Das antike Kriegswesen. Nr. 488.

Kriegswesens, Geschichte des, von Dr. Emil Daniels in Berlin. II: Das mittelalt. Kriegswesen. Nr. 498.
 — III: Das Kriegswesen der Neuzeit. Erster Teil. Nr. 518.
 — IV: Das Kriegswesen der Neuzeit. Zweiter Teil. Nr. 537.
 — V: Das Kriegswesen der Neuzeit. Dritter Teil. Nr. 568.

Kristallographie von Dr. W. Brühns, Prof. an der Bergakademie Clausthal. Mit 190 Abbildungen. Nr. 210.

Kudrun und Dietrichen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Professor an der Universität Würzburg. Nr. 10.

Kultur, Die, der Renaissance. Gesittung, Forschung, Dichtung von Dr. Robert F. Arnold, Professor an der Universität Wien. Nr. 189.

Kulturgeschichte, Deutsche, von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.

Kurvendiskussion. Algebraische Kurven von Eugen Beutel, Oberreallehrer in Baihingen-Enz. I: Kurvendiskussion. M. 57 Fig. i. Text. Nr. 435.

Kurzschrift siehe: Stenographie.

Küstenartillerie. Die Entwicklung der Schiffs- und Küstenartillerie bis zur Gegenwart v. Korvettenkapitän Huning. Mit Abbildungen und Tabellen. Nr. 606.

Lacke, Harze, Lacke, Firnisse von Dr. Karl Braun in Berlin. (Die Fette und Öle III) Nr. 337.

Lagerhäuser. Industrielle und gewerbliche Bauten. (Speicher, Lagerhäuser u. Fabriken) von Architekt Heinrich Salzmann, Düsseldorf. II: Speicher u. Lagerhäuser. Mit 123 Fig. Nr. 512.

Länder- und Völkernamen von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 478.

Landsraumbau von Hgl. Oberlehrer A. Liebmann, Betriebsdirektor a. D. in Magdeburg. Mit 44 Fig. Nr. 598.

Landwirtschaftliche Betriebslehre v. E. Langenbeck in Groß-Lichterfelde. Nr. 227.

Landwirtschaftlichen Maschinen, Die, von Karl Walther, Diplom-Ingenieur in Mannheim. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildgn. Nr. 407-409.

Lateinische Grammatik. Grundriß der lateinischen Sprachlehre von Prof. Dr. W. Vofsch in Magdeburg. Nr. 82.

Lateinische Sprache. Geschichte der lateinischen Sprache von Dr. Friedrich Stolz, Professor an der Universität Innsbruck. Nr. 492.

Licht. Theoretische Physik II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gust. Säger, Prof. an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 47 Abb. Nr. 77.

Logarithmen. Vierstellige Tafeln und Gegentafeln für logarithmisches und trigonometrisches Rechnen in zwei Farben zusammengestellt von Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 81.

— **Fünfstellige**, von Professor August Adler, Direktor der k. k. Staatsoberrealschule in Wien. Nr. 423.

Logik. Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie von Professor Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.

Lokomotiven. Eisenbahnfahrzeuge von S. Hinnenthal. I: Die Lokomotiven. Mit 89 Abb. im Text u. 2 Taf. Nr. 107.

Lothringen. Geschichte Lothringens von Dr. Hermann Berichswester, Geh. Regierungsrat in Straßburg. Nr. 6.

— **Landeskunde v. Elßaß-Lothring.** v. Prof. Dr. R. Langenbeck i. Straßburg i. E. Mit 11 Abb. u. 1 Karte. Nr. 215.

Ötrohprobierkunde. Qualitative Analyse mit Hilfe des Ötrohrs von Dr. Martin Henglein in Freiberg i. Sa. Mit 10 Figuren. Nr. 483.

Lübeck. Landeskunde der Großherzogtümer Mecklenburg u. der Freien u. Hansestadt Lübeck von Dr. Sebald Schwarz, Direktor d. Realschule zum Dom in Lübeck. Mit 17 Abbildungen und Karten im Text und 1 lithographischen Karte. Nr. 487.

Luft- und Meeresströmungen von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationschule zu Lübeck. Mit 27 Abbildungen u. Tafeln. Nr. 551.

Lüftung. Heizung und Lüftung von Ingenieur Johannes Förting in Düsseldorf. I: Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 34 Figuren. Nr. 342.
 — II: Die Ausführung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 191 Figuren. Nr. 343.

Luther, Martin, u. Thom. Murner.
Ausgewählt und mit Einleitungen und
Anmerkungen versehen von Prof. G.
Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymna-
sium zu Leipzig. Nr. 7.

**Magnetismus. Theoretische Phy-
sik III. Teil: Elektrizität u. Mag-
netismus.** Von Dr. Gustav Jäger,
Professor an der Technischen Hochschule
Wien. Mit 33 Abbildungen. Nr. 78.

**Mälzerei. Brauereiwesen I: Mäl-
zerei** von Dr. P. Dreverhoff, Direktor
der Öffentl. u. l. Sächsl. Versuchsanst. für
Brauerei u. Mälzerei, sow. d. Brauer-
und Mälzerschule zu Grimma. Nr. 303.

Maschinenbau, Die Kalkulation im,
v. Ing. H. Bethmann, Doz. a. Technik.
Altenburg. Mit 63 Abbild. Nr. 486.

— **Die Materialien des Maschinen-
baues und der Elektrotechnik**
von Ingenieur Prof. Hermann Wilda.
Mit 3 Abb. Nr. 476.

Maschinenelemente, Die. Kurzge-
fasstes Lehrbuch mit Beispielen für das
Selbststudium und den praktischen Ge-
brauch von Fr. Barth, Oberingenieur
in Nürnberg. Mit 86 Figuren. Nr. 3.

Maschinenzeichnen, Praktisches,
von Ing. Rich. Schöffner in Warm-
brunn. I: Grundbegriffe, Einfache
Maschinenteile bis zu den Kuppelungen.
Mit 60 Tafeln. Nr. 589.

— — II: Lager, Riemen- u. Seilscheiben,
Zahnräder, Kolben-Pumpe. Mit 51
Tafeln. Nr. 590.

Maschanalyse von Dr. Otto Röhm in
Darmstadt. Mit 14 Figuren. Nr. 221.

Mas-, Münz- und Gewichtswesen
von Dr. August Blind, Professor an
der Handelschule in Köln. Nr. 283.

Materialprüfungsweisen. Einführung
in d. mod. Technik d. Materialprüfung
von K. Memmiser, Diplom-Ingenieur,
ständ. Mitarbeiter a. Kgl. Material-
Prüfungsamte zu Groß-Vichterfelde.
I: Materialeigenschaften. — Festig-
keitsversuche. — Hilfsmittel für Festig-
keitsversuche. Mit 58 Fig. Nr. 311.

— — II: Metallprüfung u. Prüfung von
Hilfsmaterialien des Maschinenbaues.
— Baumaterialprüfung. — Papier-
prüfung. — Schmiermittelprüfung. —
Einiges über Metallographie. Mit
31 Figuren. Nr. 312.

Mathematik, Geschichte der, von
Dr. H. Sturm, Professor am Ober-
gymnasium in Seitenstetten. Nr. 226.

Mathematische Formelsammlung u.
Repetitorium der Mathematik, enth. die
wichtigsten Formeln und Lehrsätze der
Arithmetik, Algebra, algebraischen
Analysis, ebenen Geometrie, Stereo-
metrie, ebenen und sphärischen Trigo-
nometrie, math. Geographie, analyt.
Geometrie der Ebene u. d. Raumes, der
Differenz- u. Integralrechn. von D. Th.
Bürklen, Prof. am Kgl. Realgymn. in
Sch.-Gmünd. Mit 18 Figuren. Nr. 51.

Maurer- und Steinhauerarbeiten
von Prof. Dr. phil. und Dr.-Ingen.
Eduard Schmitt in Darmstadt. 3 Bänd-
chen. Mit vielen Abbild. Nr. 419—421.

**Mechanik. Theoret. Physik I. Teil:
Mechanik und Akustik.** Von Dr.
Gust. Jäger, Professor an der Tech-
nischen Hochschule in Wien. Mit 19 Ab-
bildungen. Nr. 76.

Mechanische Technologie von Geh.
Hofrat Professor H. Lüdicke in Braun-
schweig. 2 Bändchen. Nr. 340, 341.

**Mecklenburg. Landeskunde der
Großherzogtümer Mecklenburg
u. der Freien u. Hansestadt Lü-
beck** v. Dr. Sebald Schwarz, Direktor d.
Realschule zum Dom in Lübeck. Mit 17
Abbildungen im Text, 16 Tafeln und
1 Karte in Lithographie. Nr. 487.

Mecklenburgische Geschichte von
Oberlehrer Otto Alense in Neubranden-
burg i. M. Nr. 610.

Meereskunde, Physische, von Pro-
fessor Dr. Gerhard Schott, Abteilungs-
vorsteher bei der Deutschen Seewarte
in Hamburg. Mit 39 Abbildungen
im Text und 8 Tafeln. Nr. 112.

**Meeresströmungen. Luft- und
Meeresströmungen** v. Dr. Franz
Schulze, Dir. der Navigationschule zu
Lübeck. Mit 27 Abbildungen u. Tafeln.
Nr. 551.

**Menschliche Körper, Der, sein Bau
und seine Tätigkeiten** von C. Reb-
mann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit
Gesundheitslehre v. Dr. med. H. Seiler.
Mit 47 Abbild. und 1 Tafel. Nr. 18.

- Metallographie.** Kurze, gemeinschaftliche Darstellung der Lehre von den Metallen und ihren Legierungen unter besonderer Berücksichtigung der Metallmikroskopie von Prof. E. Seyn u. Prof. O. Bauer am kgl. Materialprüfungsamt (Gr.-Lichterfelde) der kgl. Techn. Hochschule zu Berlin. I: Allgem. Teil. Mit 45 Abbildungen im Text u. 5 Lichtbildern auf 3 Tafeln. Nr. 432.
- II: Spezieller Teil. Mit 49 Abb. im Text u. 37 Lichtb. auf 19 Taf. Nr. 433.
- Metallurgie** von Dr. August Geth, in Kristiansand (Norwegen). I. II. Mit 21 Figuren. Nr. 313, 314.
- Meteore. Astronomie.** Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearbeitet von Dr. Herm. Kobold, Prof. an der Universität Kiel. II: Kometen, Meteore und das Sternsystem. Mit 15 Figuren u. 2 Sternkarten. Nr. 529.
- Meteorologie** von Dr. W. Traber, Professor an der Universität Wien. Mit 49 Abbild. u. 7 Tafeln. Nr. 54.
- Militärstrafrecht** von Dr. Max Ernst Mayer, Professor an der Universität Straßburg i. E. 2 Bde. Nr. 371, 372.
- Mineralogie** von Geh. Bergrat Dr. R. Brauns, Prof. an der Universität Bonn. Mit 132 Abbild. Nr. 29.
- Minnefang und Spruchdichtung. Walthar von der Vogelweide mit Auswahl aus Minnefang und Spruchdichtung.** Mit Anmerkungen u. einem Wörterb. v. D. Günter, Prof. an der Oberrealschule und an d. Techn. Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.
- Mittelhochdeutsch. Dichtungen aus mittelhochdeutscher Frühzeit.** In Auswahl mit Einleitung und Wörterbuch herausgegeben von Dr. Hermann Janßen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 137.
- Mittelhochdeutsche Grammatik. Der Nibelunge Nôt in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik m. kurzem Wörterbuch** v. Dr. W. Golther, Prof. a. d. Universität Rostock. Nr. 1.
- Morgenland. Geschichte des alten Morgenlandes** von Dr. Fr. Hommel, Professor an der Universität München. Mit 9 Bildern und 1 Karte. Nr. 43.
- Morphologie u. Organographie der Pflanzen** von Prof. Dr. M. Nordhausen i. Kiel. M. 123 Abbild. Nr. 141.
- Mörtel. Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels** v. Dr. G. Rauter in Charlottenburg. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.
- Mundarten, Die deutschen**, v. Prof. Dr. S. Reis in Mainz. Nr. 605.
- Mundarten, Plattdeutsche**, von Dr. Hubert Grimme, Professor an der Universität Münster i. W. Nr. 461.
- Münzwesen. Maß-, Münz- u. Gewichtswesen** v. Dr. Aug. Blind, Prof. a. d. Handelsschule in Köln. Nr. 283.
- Murner, Thomas. Martin Luther und Thomas Murner.** Ausgewählt u. m. Einleitungen u. Anmerk. versehen von Prof. G. Berlit, Oberl. am Nikolaigymn. zu Leipzig. Nr. 7.
- Musik, Geschichte der alten u. mittelalterlichen**, von Dr. A. Mühlner in Steinhilfen. 2 Bdeh. M. zahlr. Abb. und Musikbeilagen. Nr. 121 und 347.
- Musikalische Akustik** von Professor Dr. Karl L. Schäfer in Berlin. Mit 35 Abbildungen. Nr. 21.
- Musikalische Formenlehre (Kompositionslehre)** von Stephan Krehl. I. II. Mit viel. Notenbeisp. Nr. 149, 150.
- Musikästhetik** von Dr. Karl Grunsky in Stuttgart. Nr. 344.
- Musikgeschichte des 17. und 18. Jahrhunderts** von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. Nr. 239.
- Musikgeschichte seit Beginn des 19. Jahrhunderts** von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. I. II. Nr. 164, 165.
- Musiklehre, Allgemeine**, von Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 220.
- Nadelhölzer, Die**, von Dr. F. M. Neger, Professor an der königlichen Forstakademie zu Tharandt. Mit 85 Abbild., 5 Tab. und 3 Karten. Nr. 355.
- Nahrungsmittel. Ernährung und Nahrungsmittel** von Oberstabsarzt Professor H. Bischoff in Berlin. Mit 4 Abbildungen. Nr. 464.
- Nautik.** Kurzer Abriss des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffsfahrkunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor d. Navigations-Schule zu Lübeck. M. 56 Abb. Nr. 84.
- Neugriechisch-deutsches Gesprächsbuch** mit besonderer Berücksichtigung der Umgangssprache von Dr. Johannes Kallitjunakis, Dozent am Seminar für orient. Sprache in Berlin. Nr. 585.

Neunzehntes Jahrhundert. Geschichte des 19. Jahrhunderts von Oskar Säger, o. Honorarprof. a. d. Univ. Bonn. 1. Bdn.: 1800—1852. Nr. 216.
— 2. Bändchen: 1853 bis Ende des Jahrhunderts. Nr. 217.

Neutestamentliche Zeitgeschichte von Lic. Dr. W. Staerk, Prof. a. der Univ. in Jena. I: Der historische und kulturgeschichtliche Hintergrund des Urchristentums. Mit 3 Karten. Nr. 325.

— II: Die Religion des Judentums im Zeitalter d. Hellenismus u. d. Römerherrschaft. Mit 1 Planskizze. Nr. 326.

Nibelunge Nöt, Der, in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Goltzher, Professor an der Univ. Rostock. Nr. 1.

Nordische Literaturgeschichte I: Die isländische u. norwegische Literatur des Mittelalters von Dr. Wolfgang Goltzher, Prof. an der Univerf. Rostock. Nr. 254.

Ruhpflanzen von Professor Dr. J. Behrens, Vorst. d. Großherzogl. landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.

Ole. Die Setze und Ole sowie die Seifen- u. Kerzenfabrikation u. d. Harze, Lacke, Firnisse m. ihren wichtigst. Hilfsstoffen von Dr. Karl Braun in Berlin. I: Einführ. in d. Chemie, Besprech. einiger Salze und der Setze und Ole. Nr. 335.

Ole und Nieschstoffe, Altherische, von Dr. F. Rochussen in Miltitz. Mit 9 Abbildungen. Nr. 446.

Optik. Einführung in die geometrische Optik von Dr. W. Hinrichs in Wilmersdorf-Berlin. Nr. 532.

Orientalische Literaturen. Die Literaturen des Orients von Dr. M. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. I: Die Literaturen Ostasiens und Indiens. Nr. 162.

— II: Die Literaturen der Perser, Semiten und Türken. Nr. 163.

— **Die christlichen Literaturen des Orients** von Dr. Anton Baumstark. I: Einleitung. — Das christlich-aramäische u. d. koptische Schrifttum. Nr. 527.

— II: Das christlich-arabische und das äthiopische Schrifttum. — Das christliche Schrifttum der Armenier und Georgier. Nr. 528.

Ortsnamen im Deutschen, Die, ihre Entwicklung und ihre Herkunft von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig-Gohlis. Nr. 573.

Ostafrika. (Die deutschen Kolonien III) von Prof. Dr. A. Dove. Mit 16 Tafeln u. 1 lithogr. Karte. Nr. 567.

Österreich. Österreichische Geschichte von Prof. Dr. Franz von Krönes, neu bearb. von Dr. Karl Uhlirz, Prof. a. d. Univ. Graz. I: Von d. Urzeit b. z. Tode Königs Albrechts II. (1439). Mit 11 Stammtafeln. Nr. 104.

— II: Vom Tode König Albrechts II. bis zum Westf. Frieden (1440—1648). Mit 3 Stammtafeln. Nr. 105.

— **Landeskunde von Österreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Prof. an der Universität Prag. Mit 10 Textillustrationen und 1 Karte. Nr. 244.

Ovidius Naso, Die Metamorphosen des. In Auswahl mit einer Einleit. u. Anmerk. herausgegeben von Dr. Jul. Ziehen in Frankfurt a. M. Nr. 442.

Pädagogik im Grundriss von Professor Dr. W. Rein, Direktor des Pädagog. Seminars an der Univ. Jena. Nr. 12.

— **Geschichte der**, von Oberlehrer Dr. S. Weimer in Wiesbaden. Nr. 145.

Paläogeographie. Geologische Geschichte der Meere und Fessländer von Dr. Franz Kossinat in Wien. Mit 6 Karten. Nr. 406.

Paläoklimatologie von Dr. Wilh. R. Eckardt in Weisburg (Lahn). Nr. 482.

Paläontologie von Dr. Rud. Soernes, Professor an der Universität Graz. Mit 87 Abbildungen. Nr. 95.

— **und Abstammungslehre** von Dr. Karl Diener, Professor an der Univerf. Wien. Mit 9 Abbildungen. Nr. 460.

Palästina. Landes- u. Volkskunde Palästinas v. Lic. Dr. Gustav Hölscher i. Halle. M. 8 Völbild. u. 1 K. Nr. 345.

Parallelerperspektive. Rechtwinklige und schiefwinklige Aronometrie von Professor J. Vonderlinn in Münster. Mit 121 Figuren. Nr. 260.

Personennamen, Die deutschen, von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 422.

Petrographie von Dr. W. Brubns, Professor an der Bergakademie Clausthal. Mit 15 Abbildungen. Nr. 173.

Pflanze, Die, ihr Bau und ihr Leben von Professor Dr. E. Dörmert. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.

Pflanzenbaulehre. Ackerbau- und Pflanzenbaulehre von Dr. Paul Ripper in Essen und Ernst Langenbeck in Groß-Lichterfelde. Nr. 232.

Pflanzenbiologie von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Esseenach. I: Allgemeine Biologie. Mit 43 Abbildungen. Nr. 127.

Pflanzenernährung. Agrikkulturchemie I: Pflanzenernährung von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.

Pflanzengeographie von Professor Dr. Ludwig Diels in Marburg (Hessen). Nr. 389.

Pflanzenkrankheiten von Dr. Werner Friedr. Bruch, Privatdozent in Gießen. Mit 1 farb. Taf. u. 45 Abbild. Nr. 310.

Pflanzenmorphologie. Morphologie u. Organographie d. Pflanzen von Prof. Dr. M. Nordhausen in Kiel. Mit 123 Abbild. Nr. 141.

Pflanzenphysiologie von Dr. Adolf Hanfen, Professor an der Universität Gießen. Mit 43 Abbild. Nr. 591.

Pflanzenreichs, Die Stämme des, von Privatdozent Dr. Robert Pilger, Auktos am kgl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 22 Abb. Nr. 485.

Pflanzenwelt, Die, der Gewässer von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Forstak. Esseenach. Mit 50 Abb. Nr. 158.

Pflanzenzellenlehre. Zellenlehre und Anatomie der Pflanzen von Prof. Dr. S. Mehe in Leipzig. Mit 79 Abbildungen. Nr. 556.

Pharmakognosie. Von Apotheker F. Schmitthenner, Assst. a. Botan. Institut. d. Techn. Hochsch. Karlsruhe. Nr. 251.

Pharmazeutische Chemie von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. 3 Bändchen. Nr. 543/44 u. 588.

Philologie, Geschichte d. klassischen, v. Dr. Wilhelm Kroll, ord. Prof. a. d. Universität Münster in Westf. Nr. 367.

Philosophie, Einführung in die, von Dr. Max Wentlicher, Professor an der Universität Bonn. Nr. 281.

Philosophie, Gesch. der, IV: Neuere Philosophie b. Kant v. Dr. B. Bauch, Professor an der Univ. Jena. Nr. 394.

— **V: Immanuel Kant** von Dr. Bruno Bauch, Professor an der Universität Jena. Nr. 536.

Philosophie, Geschichte der, VI: Die Philosophie im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts von Arthur Drews, Prof. d. Philosophie an der Techn. Hochschule in Karlsruhe. Nr. 571.

— **Hauptprobleme der,** von Dr. Georg Simmel, Prof. a. d. Univ. Berlin. Nr. 500.

— **Psychologie und Logik** zur Einführung in die Philosophie von Professor Dr. Th. Essenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.

Photographie, Die. Von S. Kehler, Professor an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 3 Tafeln und 42 Abbildungen. Nr. 94.

Physik, Theoretische, von Dr. Gustav Jäger, Professor der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. I. Teil: Mechanik und Akustik. Mit 24 Abbildungen. Nr. 76.

— II. Teil: Licht und Wärme. Mit 47 Abb. Nr. 77.

— III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Mit 33 Abbildungen. Nr. 78.

— IV. Teil: Elektromagnetische Lichttheorie u. Elektronik. M. 21 Fig. Nr. 374.

— **Geschichte der,** von Prof. A. Kistner in Wertheim a. M. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Figuren. Nr. 293.

— II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 3 Figuren. Nr. 294.

Physikalisch-Chemische Rechenaufgaben von Professor Dr. R. Abegg u. Privatdozent Dr. D. Sackur, beide an der Universität Breslau. Nr. 445.

Physikalische Aufgabensammlung von G. Mahler, Professor der Mathematik u. Physik am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.

Physikalische Formelsammlung von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit 65 Figuren. Nr. 136.

Physikalische Messungsmethoden v. Dr. Wilh. Bahrdt, Oberl. a. d. Oberrealschule i. Gr. Lichterf. M. 49 F. Nr. 301.

Physiologische Chemie von Dr. med. A. Lehmann in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.

— II: Dissimilation. Mit 1 Taf. Nr. 241.

Physische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Prof. a. d. kgl. Techn. Hochsch. in München. Mit 32 Abbild. Nr. 26.

Physische Meereskunde von Prof. Dr. Gerh. Schott, Abteilungsleiter bei der Deutsch. Seewarte in Hamburg. Mit 39 Abbild. im Text und 8 Taf. Nr. 112.

Pflze, Die. Eine Einführung in die Kenntnis ihrer Formenreihen von Prof. Dr. G. Lindau in Berlin. Mit 10 Figurengruppen im Text. Nr. 574.

Planeten-system. Astronomie (Größe, Bewegung und Entfernung d. Himmelskörper) von A. F. Möbius, neu bearb. von Dr. Herm. Kobold, Prof. an der Universität Kiel. I: Das Planeten-system. Mit 33 Abbildung. Nr. 11.

Plastik, Die, des Abendlandes von Dr. Hans Stegmann, Direktor des Bayerischen Nationalmuseums in München. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.

— **Die, seit Beginn des 19. Jahrhunderts** von A. Heilmeyer in München. Mit 41 Vollbildern. Nr. 321.

Plattdeutsche Mundarten von Dr. Hubert Grimme, Professor an der Universität Münster i. W. Nr. 461.

Poetik, Deutsche, von Dr. A. Borinski, Prof. a. der Univ. München. Nr. 40.

Polarlicht. Erdmagnetismus, Erdstrom u. Polarlicht v. Dr. A. Nippoldt, Mitglied des kgl. Preussischen Meteorologischen Instituts zu Potsdam. Mit 15 Abbild. und 7 Tafeln. Nr. 175.

Polnische Geschichte von Dr. Clemens Brandenburger in Posen. Nr. 338.

Pommern. Landeskunde von Pommern von Dr. W. Deecke, Prof. an der Universität Freiburg i. B. Mit 10 Abbild. und Karten im Text u. 1 Karte in Lithographie. Nr. 575.

Portugiesische Literaturgeschichte von Dr. Karl von Reinhardtsoellner, Professor an der königlichen Technischen Hochschule München. Nr. 213.

Posamentiererei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Garbinnenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im kgl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Fig. Nr. 185.

Postrecht von Dr. Alfred Wolcke, Postinspektor in Bonn. Nr. 425.

Preßluftwerkzeuge, Die, von Dipl.-Ing. P. Altis, Oberlehrer an der kais. Technischen Schule in Straßburg. Mit 82 Figuren. Nr. 493.

Preussische Geschichte. Brandenburgisch-Preussische Geschichte von Prof. Dr. M. Thamm, Direktor des Kaiser Wilhelms-Gymnasiums in Montabaur. Nr. 600.

Preussisches Staatsrecht von Dr. Fritz Stier-Somlo, Professor an der Universität Bonn. 2 Teile. Nr. 298, 299.

Psychiatrie, Forensische, von Professor Dr. W. Weygandt, Direktor der Irrenanstalt Friedrichsberg in Hamburg. 2 Bändchen. Nr. 410 und 411.

Psychologie und Logik zur Einführ. in die Philosophie von Prof. Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.

Psychophysik, Grundriß der, von Professor Dr. G. F. Lipps in Zürich. Mit 3 Figuren. Nr. 98.

Pumpen, Druckwasser- u. Druckluft-Anlagen. Ein kurzer Überblick von Dipl.-Ing. Rudolf Vogdt, Regierungsbaumeister a. D. in Aachen. Mit 87 Abbildungen. Nr. 290.

Quellenkunde der deutschen Geschichte von Dr. Carl Jacob, Prof. an d. Univ. Tübingen. 1. Band. Nr. 279.

Radioaktivität von Dipl.-Ing. Wilhelm Frommel. Mit 21 Abbild. Nr. 317.

Rechnen, Das, in der Technik und seine Hilfsmittel (Rechenstieher, Rechen-tafeln, Rechenmaschinen usw.) von Ingenieur Tob. Eugen Mayer in Freiburg i. Br. Mit 30 Abbild. Nr. 405.

— **Kaufmännisches,** von Prof. Richard Just, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. I. II. III. Nr. 139, 140, 187.

Recht des Bürgerlich. Gesetzbuches. Erstes Buch: Allgemeiner Teil. I: Einleitung — Lehre von den Personen u. v. d. Sachen von Dr. Paul Dertmann, Prof. a. d. Univ. Erlangen. Nr. 447.

— — II: Erwerb und Verlust, Geltendmachung und Schutz der Rechte von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 448.

— Zweites Buch: Schuldrecht. I. Ab-teilung: Allgemeine Lehren von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 323.

— — II. Abteilung: Die einzelnen Schuldverhältnisse v. Dr. Paul Dertmann, Prof. an der Universität Erlangen. Nr. 324.

— Drittes Buch: Sachenrecht von Dr. F. Arehschmar, Oberlandesgerichtsrat in Dresden. I: Allgemeine Lehren. Be-ß und Eigentum. Nr. 480.

— — II: Begrenzte Rechte. Nr. 481.

— Viertes Buch: Familienrecht von Dr. Heinrich Eike, Professor an der Uni-versität Göttingen. Nr. 305.

- Rechtsgeschichte, Römische**, von Dr. Robert von Mayr, Prof. an der Deutschen Universität Prag. 1. Buch: Die Zeit des Völkerechts. 1. Hälfte: Das öffentliche Recht. Nr. 377.
— 2. Hälfte: Das Privatrecht. Nr. 578.
- Rechtshandb., Der internationale gewerbliche**, von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 271.
- Rechtswissenschaft, Einführung in**, von Dr. Theodor Sternberg in Berlin. I: Methoden- und Quellenlehre. Nr. 169.
— II: Das System. Nr. 170.
- Redelehre, Deutsche**, von Hans Probst, Gymnasialprof. in Bamberg. Nr. 61.
- Redekunst** siehe: Stenographie.
- Reichsfinanzen, Die Entwicklung der**, von Dr. Theodor Sternberg in Berlin. Nr. 427.
- Religion, Die Entwicklung der christlichen**, innerhalb des Neuen Testaments von Professor Dr. Lic. Carl Elemen. Nr. 388.
— **Die, des Judentums** im Zeitalter des Hellenismus und der Römerherrschaft von Lic. Fr. W. Staerk (Neutestamentl. Zeitgeschichte II.) Mit einer Planskizze. Nr. 326.
- Religionen der Naturvölker, Die**, von Dr. Th. Uchels, Professor in Bremen. Nr. 449.
- Religionswissenschaft, Abriss der vergleichenden**, von Professor Dr. Th. Uchels in Bremen. Nr. 208.
- Renaissance. Die Kultur der Renaissance. Geßlung, Forschung, Dichtung** von Dr. Robert F. Arnold, Prof. an der Universität Wien. Nr. 189.
- Reptilien. Das Tierreich III: Reptilien und Amphibien**. Von Dr. Franz Werner, Professor an der Universität Wien. Mit 48 Abb. Nr. 383.
- Rheinprovinz, Landeskunde der**, von Dr. B. Steinede, Direktor des Realgymnasiums in Essen. Mit 9 Abb., 3 Karten und 1 Karte. Nr. 308.
- Reichstoffe. Atherische Ole und Reichstoffe** von Dr. F. Rochussen in Miltitz. Mit 9 Abbildungen. Nr. 446.
- Roman. Geschichte des deutschen Romans** v. Dr. Hellm. Mielke. Nr. 229.
- Romanische Sprachwissenschaft** von Dr. Adolf Zauner, Professor an der Univ. Graz. 2 Bände. Nr. 128 250.
- Römische Altertumskunde** von Dr. Leo Bloch in Wien. N. 8 Vollb. Nr. 45.
- Römische Geschichte** von Realgymnasial-Direktor Dr. Jul. Koch in Grunewald. Nr. 19.
- Römische Literaturgeschichte** von Dr. Hermann Joachim in Hamburg. Nr. 52.
- Römische und griechische Mythologie** von Prof. Dr. Hermann Steuding. Rektor des Gymnasiums in Schneeberg. Nr. 27.
- Rußland. Russische Geschichte** von Dr. Wily. Reeb, Oberlehrer am Ostergymnasium in Mainz. Nr. 4.
— **Landeskunde des Europäischen Rußlands nebst Finnlands** von Professor Dr. A. Philippson in Halle a. S. Nr. 359.
- Russisch-Deutsches Gesprächsbuch** von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität München. Nr. 68.
- Russische Grammatik** von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität München. Nr. 66.
- Russische Handelskorrespondenz** von Dr. Theodor von Sawrasky in Leipzig. Nr. 315.
- Russisches Lesebuch** mit Glossar von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität München. Nr. 67.
- Russische Literatur** von Dr. Erich Boehme, Rektor a. der Handelshochschule Berlin. I. Teil: Auswahl moderner Prosa und Poesie m. ausführlichen Anmerkgn. u. Akzentbezeichnung. Nr. 403.
— II. Teil: Всеволодъ Гаршинъ, Разказы. Mit Anmerkungen und Akzentbezeichnung. Nr. 404.
- Russische Literaturgeschichte** von Dr. Georg Polonskij in München. Nr. 166.
- Russisches Vokabelbuch, Kleines**, von Dr. Erich Boehme, Rektor an der Handelshochschule Berlin. Nr. 475.
- Sachenrecht. Recht d. Bürgerl. Gesetzbuches, Drittes Buch: Sachenrecht** von Dr. F. Areßschmar, Oberlandesgerichtsrat in Dresden. I: Allgemeine Lehren. Besitz und Eigentum.
— II: Begrenzte Rechte. Nr. 480, 481.
- Sachs, Sans.** Ausgewählt und erklärt von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 24.

- Sachsen. Sächsische Geschichte** von Professor Otto Kaemmel, Rektor des Nikolaigymnasiums z. Leipzig. Nr. 100.
- **Landeskunde des Königreichs Sachsen** von Dr. J. Zemmrich, Oberlehrer am Realgymnasium in Plauen. Mit 12 Abb. und 1 Karte. Nr. 258.
- Sängeri. Das Tierreich I: Säugtiere** von Oberstudienrat Professor Dr. Kurt Lampert, Vorsteher des königlichen Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbildungen. Nr. 282.
- Schattenkonstruktionen** von Professor J. Vonderlinn in Münster. Mit 114 Figuren. Nr. 236.
- Schiffs- und Küstenartillerie bis zur Gegenwart, Die Entwicklung der**, von Korvettenkapitän Hüning. Mit Abbild. u. Tabellen. Nr. 606.
- Schleswig-Holstein. Landeskunde von Schleswig-Holstein, Helgoland und der freien und Hansestadt Hamburg** von Dr. Paul Hambruch, Abteilungsleiter am Museum für Völkerkunde in Hamburg. Mit Abbild., Plänen, Profilen u. 1 Karte in Lithographie. Nr. 563.
- Schleusenbau. Kanal- u. Schleusenbau** von Regierungsbaumeister Otto Rappold in Stuttgart. Mit 78 Abbildungen. Nr. 585.
- Schmalspurbahnen (Klein-, Arbeits- und Feldbahnen) v. Dipl.-Ing. August Boshart** in Nürnberg. Mit 99 Abbildungen. Nr. 524.
- Schmaroher und Schmaroherium in der Tierwelt.** Erste Einführung in die tierische Schmaroherkunde von Dr. Franz v. Wagner, a. v. Prof. an der Univ. Graz. Mit 67 Abb. Nr. 151.
- Schreiner- u. Arbeiter. Tischler- (Schreiner-)Arbeiten I: Materialen, Handwerkszeuge, Maschinen, Einzelverbindungen, Fußböden, Fenster, Fensterladen, Treppen, Aborte** von Prof. C. Viehweger, Architekt in Köln. Mit 628 Fig. auf 75 Tafeln. Nr. 502.
- Schuldrecht. Recht des Bürgerl. Gesetzbuches. Zweites Buch: Schuldrecht.** I. Abteilung: Allgemeine Lehren von Dr. Paul Vertmann, Prof. a. d. Univ. Erlangen. Nr. 323.
- II. Abteilung: Die einzelnen Schuldverhältnisse von Dr. Paul Vertmann, Prof. an der Univ. Erlangen. Nr. 324.
- Schule, die deutsche, im Auslande** von Hans Amrhein, Seminar-Oberlehrer in Rhedt. Nr. 259.
- Schulhaus. Die Baukunst des Schulhauses** von Professor Dr.-Ing. Ernst Vetterlein in Darmstadt. I: Das Schulhaus. Mit 38 Abbildungen. II: Die Schulräume — Die Nebenanlagen. Mit 31 Abbildungen. Nr. 443 u. 444.
- Schulpraxis.** Methodik der Volksschule von Dr. R. Seyfert, Seminardirektor in Zschopau. Nr. 50.
- Schwedisch-deutsches Gesprächsbuch** von Johannes Neubaus, Dozent der neunordischen Sprachen an der Universität Berlin. Nr. 555.
- Schwedisches Vesebuch** zur Einführung in die Kenntnis des heutigen Schwedens mit Wörterverzeichnis von Johannes Neubaus, Dozent der neunordischen Sprachen an der Universität Berlin. Nr. 554.
- Schweiß- und Schneidverfahren, Das autogene**, von Ingenieur Hans Niese in Kiel. Mit 30 Fig. Nr. 499.
- Schweiz. Schweizerische Geschichte** von D. A. Dändliker, Professor an der Universität Zürich. Nr. 188.
- **Landeskunde der Schweiz** von Prof. Dr. H. Wäfler in Bern. Mit 16 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 398.
- Schwimmanksten. Öffentl. Bade- und Schwimmanksten** von Dr. Karl Wolff, Stadt-Oberbaurat in Hannover. Mit 50 Figuren. Nr. 380.
- Seemacht, Die, in der deutschen Geschichte** von Wiral. Admiraltätsrat Dr. Ernst von Halle, Professor an der Universität Berlin. Nr. 370.
- Seerecht, Das deutsche**, von Dr. Otto Brandis, Oberlandesgerichtsrat in Hamburg. I. Allgemeine Lehren: Personen und Sachen des Seerechts. Nr. 386.
- II. Die einzelnen seerechtlichen Schuldverhältnisse: Verträge des Seerechts u. außervertragliche Haftung. Nr. 387.
- Seifenfabrikation, Die, die Seifenanalyse u. d. Kerzenfabrikation** v. Dr. Karl Braun i. Berlin. (Die Zelle und Ole II.) Mit 25 Abbild. Nr. 336.
- Semitische Sprachwissenschaft** von Dr. C. Brodclmann, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 291.

- Silikate. Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine u. des Mörtels** von Dr. Gustav Rauer in Charlottenburg. I: Glas und keramische Industrie. Mit 12 Taf. Nr. 233. — II: Die Industrie d. künstl. Bausteine u. d. Mörtels. Mit 12 Taf. Nr. 234.
- Simplicius Simplicissimus** von Hans Jakob Christoffel v. Grimmelshausen. In Auswahl herausgegeben von Professor Dr. F. Bobertag, Dozent an der Universität Breslau. Nr. 138.
- Skandinavien, Landeskunde von**, (Schweden, Norwegen und Dänemark) von Heinrich Aerp, Kreis Schulinsp. in Kreuzburg. M. 11 Abb. u. 1 K. Nr. 202.
- Slavische Literaturgeschichte** v. Dr. Josef Karásek in Wien I: Ältere Literatur bis zur Wiedergeburt. Nr. 277. — II: Das 19. Jahrhundert. Nr. 278.
- Soziale Frage. Die Entwicklung der sozial. Frage** von Professor Dr. Ferdin. Tönnies. Nr. 353.
- Sozialversicherung** von Prof. Dr. Alfred Manes in Berlin. Nr. 267.
- Soziologie** von Professor Dr. Thomas Adels in Bremen. Nr. 101.
- Spanien. Spanische Geschichte** von Dr. Gustav Merck. Nr. 266.
- **Landeskunde der Iberischen Halbinsel** v. Dr. Fritz Regal, Prof. an der Univ. Würzburg. Mit 8 Kart. und 8 Abbildungen im Text und 1 Karte in Farbendruck. Nr. 235.
- Spanische Handelskorrespondenz** von Dr. Alfredo Nadal de Marizcurrena. Nr. 295.
- Spanische Literaturgeschichte** v. Dr. Rudolf Beer, Wien. I. II. Nr. 167, 168.
- Speicher. Industrielle und gewerbliche Bauten** (Speicher, Lagerhäuser und Fabriken) von Architekt Heinrich Salzmann in Düsseldorf. II: Speicher u. Lagerhäuser. Mit 123 Fig. Nr. 512.
- Spinnerei. Textil-Industrie I: Spinnerei und Zwirnerei** von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 39 Figuren. Nr. 184.
- Spitzenfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- u. Gardinenfabrikat. u. Filzfabrikation** von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Figuren. Nr. 185.
- Spruchdichtung. Walthar von der Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang und Spruchdichtung.** Mit Anmerkungen u. einem Wörterbuch v. Otto Güntler, Professor an d. Oberrealschule und an der Technischen Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.
- Staatslehre, Allgemeine**, von Dr. Hermann Rehm, Professor an der Universität Straßburg i. E. Nr. 358.
- Staatsrecht, Allgemeines**, von Dr. Julius Haseck, Prof. d. Rechte a. d. Univ. Göttingen. 3 Bde. Nr. 415—417.
- Staatsrecht, Preussisches**, von Dr. Fritz Stier-Somlo, Prof. a. d. Universität Bonn. 2 Teile Nr. 298, 299.
- Stammeskunde, Deutsche**, von Dr. Rudolf Much, a. o. Prof. a. d. Univ. Wien. M. 2 Kart. u. 2 Taf. Nr. 126.
- Statik** von W. Hauber, Dipl.-Ing. I. Teil: Die Grundlehren der Statik starrer Körper. Mit 82 Figuren. Nr. 178. — II. Teil: Angewandte Statik. Mit 61 Figuren. Nr. 179.
- , **Graphische**, von Hgl. Oberlehrer Dipl.-Ing. Otto Henkel in Rendsburg. Mit vielen Figuren. Nr. 603.
- Steinhauerarbeiten. Maurer- und Steinhauerarbeiten** von Professor Dr. phil. und Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildgn. Nr. 419—421.
- Stenographie. Geschichte der Stenographie** von Dr. Arthur Menk in Königsberg i. Pr. Nr. 501.
- Stenographie n. d. System v. F. X. Gabelsberger** v. Dr. Albert Schramm, Landesamtsass. in Dresden. Nr. 246.
- **Die Redeschrift des Gabelsbergerischen Systems** von Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor in Dresden. Nr. 368.
- **Lehrbuch d. Vereinfachten Deutschen Stenographie** (Einig.-System Stolze-Schrey) nebst Schlüssel, Lese- stücken und einem Anhang von Dr. Amiel, Studienrat des Kadettenkorps in Bensberg. Nr. 86.
- **Redeschrift.** Lehrbuch der Redeschrift des Systems Stolze-Schrey nebst Kürzungsbeisp., Lese- und Schrebstücken, Schlüssel und einer Anleitung zur Steigerung der stenographischen Fertigkeit von Heinrich Dröse, amtl. bad. Landtagsstenograph in Karlsruhe (B.). Nr. 494.

- Stereochemie** von Dr. E. Wedekind, Professor an der Universität Tübingen. Mit 34 Abbildungen. Nr. 201.
- Stereometrie** von Dr. R. Glaser in Stuttgart. Mit 66 Figuren. Nr. 97.
- Sternsystem. Astronomie.** Größe, Bewegung u. Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearbeitet von Dr. Herm. Kobold, Prof. a. d. Universität Kiel. II: Kometen, Meteore und das Sternsystem. Mit 15 Fig. und 2 Sternkarten. Nr. 529.
- Steuerysteme des Auslandes, Die,** von Geh. Oberfinanzrat D. Schwarz in Berlin. Nr. 426.
- Stilkunde** v. Prof. Karl Otto Hartmann in Stuttgart. Mit 7 Vollbildern und 195 Textillustrationen. Nr. 80.
- Stöchiometrische Aufgabensammlung** von Dr. Wilh. Bahrdt, Oberl. an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit den Resultaten. Nr. 452.
- Straßenbahnen** von Dipl.-Ing. August Boshart in Nürnberg. Mit 72 Abbildungen. Nr. 559.
- Strategie** von Wöfler, Major im kgl. Sächs. Kriegsmin. in Dresden. Nr. 505.
- Ströme und Spannungen in Starkstromnetzen** v. Jos. Herzog, Dipl.-Elektroingenieur in Budapest u. Clarence Feldmann, Professor der Elektrotechnik in Delft. Mit 68 Abb. Nr. 456.
- Südseegebiet. Die deutschen Kolonien II: Das Südseegebiet und Kiautschou** von Prof. Dr. K. Dove. Nr. 16 Taf. u. 1 lithogr. Karte. Nr. 520.
- Talmud. Die Entstehung d. Talmuds** v. Dr. S. Jank in Borkowik. Nr. 479.
- Talmudproben** von Dr. S. Jank in Borkowik. Nr. 583.
- Technisch-Chemische Analyse** v. Dr. G. Lunge, Prof. a. d. Eidg. Polytechn. Schule i. Zürich. Mit 16 Abb. Nr. 195.
- Technische Tabellen und Formeln** von Dr.-Ing. W. Müller, Dipl.-Ing. am kgl. Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde. Mit 106 Figuren. Nr. 579.
- Technisches Wörterbuch,** enthaltend die wichtigsten Ausdrücke des Maschinenbaues, Schiffbaues und der Elektrotechnik von Erich Krebs in Berlin.
I. Teil: Deutsch-Englisch. Nr. 395.
— — II. Teil: Englisch-Deutsch. Nr. 396.
— — III. Teil: Deutsch-Französl. Nr. 453.
— — IV. Teil: Französl.-Deutsch. Nr. 454.
- Technologie, Allgemeine Chemische,** von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.
- **Mechanische,** v. Geh. Hofrat Prof. A. Vaidie i. Braunschweig. Nr. 340, 341.
- Teerfarbstoffe, Die,** mit besond. Berücksichtigung der synthetischen Methoden v. Dr. Hans Bucherer, Prof. a. d. Königl. Techn. Hochschule, Dresden. Nr. 214.
- Telegraphenrecht** von Postinspektor Dr. jur. Alfred Wolcke in Bonn. I: Einteilung. Geschichtliche Entwicklung. Die Stellung des deutschen Telegraphenwesens im öffentlichen Rechte, allgemeiner Teil. Nr. 509.
— — II: Die Stellung des deutsch. Telegraphenwesens im öffentlichen Rechte, besonderer Teil. Das Telegraphen-Strafrecht. Rechtsverhältnis der Telegraphie zum Publikum. Nr. 510.
- Telegraphie, Die elektrische,** v. Dr. Lud. Neßstab. Mit 19 Fig. Nr. 172.
- Testament. Die Entstehung des Alten Testaments** von Lic. Dr. W. Staerk, Prof. a. d. Univ. Jena. Nr. 272.
— **Die Entstehung des Neuen Testaments** von Professor Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 285.
- Textil-Industrie. I: Spinnerei und Zwirnerei** von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im kgl. Vandesgewerbeamt, Berlin. M. 39 Fig. Nr. 184.
— II: **Weberei, Wirkerei, Pojamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation** von Prof. M. Gürtler, Geh. Regierungsr. i. kgl. Vandesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Figuren. Nr. 185.
— III: **Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe** von Dr. Wilh. Maffot, Prof. a. d. Preuß. höheren Fachschule für Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Figuren. Nr. 186.
- Thermodynamik** (Technische Wärmelehre) v. K. Walther u. M. Rößinger, Diplom-Ingen. M. 54 Fig. Nr. 242.
— **Die thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraft- und Kältemaschinen** von M. Rößinger, Diplom-Ingenieur in Mannheim. Nr. 2.
- Thüringische Geschichte** von Dr. Ernst Deverit in Leipzig. Nr. 352.
- Tierbiologie. Abriß der Biologie der Tiere** von Dr. Heinrich Simroth, Prof. an der Univ. Leipzig. Nr. 131.

Tiere, Entwicklungsgeschichte der, von Dr. Johs. Meisenheimer, Professor der Zoologie an der Universität Genua. I: Furchung, Primitivanlagen, Larven, Formbildung, Embryonalhüllen. Mit 48 Figuren. Nr. 378.

— II: Organbild. M. 46 Fig. Nr. 379.

Tiergeographie v. Dr. Arnold Jacobi, Prof. der Zoologie a. d. kgl. Forstakademie zu Tharandt. M. 2 Kart. Nr. 218.

Tierkunde von Dr. Franz v. Wagner, Professor an der Universität Graz. Mit 78 Abbildungen. Nr. 60.

Tierreich, Das, I: Säugetiere von Oberstudienr. Prof. Dr. Kurt Lampert, Vorst. d. kgl. Naturalienkabinetis in Stuttgart. Mit 15 Abbild. Nr. 282.

— III: **Reptilien und Amphibien** von Dr. Franz Werner, Professor a. d. Univ. Wien. Mit 48 Abb. Nr. 383.

— IV: **Fische** von Professor Dr. Max Rauther in Neapel. Nr. 356.

— V: **Insekten** von Dr. J. Groß in Neapel (Stazione Zoologica). Mit 56 Abbild. Nr. 594.

— VI: **Die wirbellosen Tiere** von Dr. Ludwig Böhmig, Professor der Zoologie an der Universität Graz. I: Urtiere, Schwämme, Nesseltiere, Rippenquallen und Würmer. Mit 74 Figuren. Nr. 439.

— II: Krebse, Spinnentiere, Tausendfüßer, Weichtiere, Moostierchen, Armfüßer, Stachelhäuter und Manteltiere. Mit 97 Figuren. Nr. 440.

Tierzuchtlehre, Allgemeine und spezielle, von Dr. Paul Rippert in Essen. Nr. 228.

Tischler- (Schreiner-) Arbeiten I: Materialien, Handwerkszeuge, Maschinen, Einzelverbindungen, Fußböden, Fenster, Fensterladen, Treppen, Aborte von Prof. E. Bieheweger, Architekt in Köln. Mit 628 Fig. auf 75 Tafeln. Nr. 502.

Togo. Die deutschen Kolonien I: Togo und Kamerun von Prof. Dr. Karl Dove. Mit 16 Tafeln und einer lithographischen Karte. Nr. 441.

Zoikologische Chemie von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.

Trigonometrie, Ebene u. sphärische, von Professor Dr. Gerh. Hessenberg in Breslau. Mit 70 Fig. Nr. 99.

Tropenhygiene von Medizinalrat Professor Dr. Nocht, Direktor des Instituts für Schiffs- und Tropenkrankheiten in Hamburg. Nr. 369.

Trußl. Kartell und Trußl von Dr. S. Tschierichay in Düsseldorf. Nr. 522.

Turnkunst, Geschichte der, von Dr. Rudolf Gajda, Prof. a. König Georg-Gymnas. Dresden. M. 17 Abb. Nr. 504.

Ungarn. Landeskunde von Österreich-Ungarn von Dr. Alfred Grund, Professor an der Universität Prag. Mit 10 Textillustr. u. 1 Karte. Nr. 244.

Ungarische Literatur, Geschichte der, von Prof. Dr. Ludwig Katona und Dr. Franz Szinnyei, beide an der Universität Budapest. Nr. 550.

Ungarische Sprachlehre von Dr. Josef Szinnyei, o. ö. Prof. an der Universität Budapest. Nr. 595.

Unterrichtswesen. Geschichte des deutschen Unterrichtswesens von Prof. Dr. Friedrich Seiler, Direktor des Königl. Gymnasiums zu Luckau. I. Teil: Von Anfang an bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Nr. 275.

— II. Teil: Vom Beginn d. 19. Jahrhunderts bis auf die Gegenwart. Nr. 276.

Untersuchungsmethoden, Agrikulturchemische, von Professor Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtschaftlichen Versuchstation in Marburg in Hessen. Nr. 470.

Urgeschichte der Menschheit von Dr. Moritz Hoernes, Prof. an der Univ. Wien. Mit 53 Abbildungen. Nr. 42.

Urheberrecht, Das, an Werken der Literatur und der Tonkunst, das Verlagsrecht und das Urheberrecht an Werken der bildenden Künste und Photographie von Staatsanwalt Dr. J. Schlittgen in Chemnitz. Nr. 361.

— **Das deutsche,** an literarischen, künstlerischen und gewerblichen Schöpfungen, mit besonderer Berücksichtigung der internationalen Verträge von Dr. Gustav Rauter, Patentanwalt in Charlottenburg. Nr. 263.

Urzeit. Kultur der Urzeit von Dr. Moritz Hoernes, o. ö. Prof. an der Univ. Wien. 3 Bändch. I: Steinzeit. Mit 40 Bildergruppen. Nr. 564.

— II: Bronzezeit. Mit 36 Bildergruppen. Nr. 565.

— III: Eisenzeit. Mit 35 Bildergruppen. Nr. 566.

- Vektoranalyse** von Dr. Siegf. Valentin, Professor an der Bergakademie in Clausthal. Mit 11 Fig. Nr. 354.
- Veranschlagen, Das, im Hochbau.** Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen des Kostenanschlags von Architekt Emil Beutinger, Assistent a. d. Techn. Hochsch. in Darmstadt. Mit vielen Fig. Nr. 385.
- Vereinigte Staaten, Landeskunde der Vereinigten Staaten von Nordamerika** von Professor Heinrich Fischer, Oberlehrer am Luisenstädt. Realgymnasium in Berlin. I. Teil. Mit 22 Karten und Figuren im Text und 14 Tafeln. Nr. 381.
— II. Teil: Mit 3 Karten im Text, 17 Taf. u. 1 lithogr. Karte. Nr. 382.
- Vergil, Die Gedichte des P. Vergilius Maro.** In Auswahl mit einer Einleitung und Anmerkungen herausgegeben von Dr. Julius Ziehen. I: Einleitung und Aeneis. Nr. 497.
- Vermessungskunde** von Diplom.-Ing. P. Werkmeister, Oberlehrer an der Kaiserl. Technischen Schule in Straßburg i. E. I: Feldmessen und Nivellieren. Mit 146 Abb. Nr. 468.
— II: Der Theodolit, Trigonometrie u. barometrische Höhenmessung, Tachymetrie. Mit 109 Abb. Nr. 469.
- Versicherungsmathematik** von Dr. Alfred Voewy, Professor an der Universität Freiburg i. B. Nr. 180.
- Versicherungsweisen, Das,** von Dr. iur. Paul Moldenhauer, Professor der Versicherungswissenschaft an der Handelshochschule Köln. I: Allgemeine Versicherungslehre. Nr. 262.
- Völkerkunde** von Dr. Michael Haberlandt, k. und k. Kustos der ethnogr. Sammlung des naturhistor. Hofmuseums und Privatdozent an der Universität Wien. Mit 56 Abbildungen. Nr. 73.
- Völkernamen, Länder- u. Völkernamen** von Dr. Rudolf Aleinpaul in Leipzig. Nr. 478.
- Volksbibliotheken** (Bücher- und Leshallen), ihre Einrichtung und Verwaltung von Emil Jaeschke, Stadtbibliothekar in Elberfeld. Nr. 332.
- Volkslied, Das deutsche,** ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Jul. Sahr. 2 Bändchen. Nr. 25, 132.
- Volkswirtschaftslehre** von Dr. Carl Johs. Fuchs, Professor an der Universität Tübingen. Nr. 133.
- Volkswirtschaftspolitik** v. Präsident Dr. R. van der Borcht, Berlin. Nr. 177.
- Wahrscheinlichkeitsrechnung** von Dr. Franz Hadt, Professor am Eberhard-Ludwigs-Gymnasium i. Stuttgart. Mit 15 Figuren im Text. Nr. 508.
- Waldeck, Landeskunde des Großherzogtums Hessen, der Provinz Hessen-Nassau und des Fürstentums Waldeck** von Professor Dr. Georg Greim in Darmstadt. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 376.
- Walsharilied, Das,** im Versmaße der Urschrift überseht und erläutert von Prof. Dr. H. Althof, Oberlehrer am Realgymnasium in Weimar. Nr. 46.
- Walther von der Vogelweide,** mit Auswahl aus Minnesang u. Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von Otto Gänker, Prof. an der Oberrealschule und an der Techn. Hochsch. in Stuttgart. Nr. 23.
- Walzwerke, Die, Einrichtung und Betrieb.** Von Dipl.-Ing. A. Solverscheid, Oberlehrer an der Kgl. Maschinenbau- und Säffenschule in Duisburg. Mit 151 Abbild. Nr. 580.
- Warenkunde** v. Dr. Karl Saffack, Prof. und Leiter der k. k. Handelsakademie in Graz. I. Teil: Unorganische Waren. Mit 40 Abbildungen. Nr. 222.
— II. Teil: Organische Waren. Mit 36 Abbildungen. Nr. 223.
- Warenzeichenrecht, Das,** nach dem Gesetz z. Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894. Von Reg.-R. J. Neuberg, Mitglied des Kaiserlichen Patentamts zu Berlin. Nr. 360.
- Wärme, Theoretische Physik II. T.: Licht u. Wärme.** Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Techn. Hochschule Wien. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.
- Wärmekraftmaschinen, Die thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraft- u. Kältemaschinen** von M. Röttinger, Diplom.-Ingenieur in Mannheim. Mit 73 Figuren. Nr. 2.
- Wärmelehre, Technische, (Thermodynamik)** v. A. Walther u. M. Röttinger, Dipl.-Ing. M. 54 Fig. Nr. 242.
- Wäscherei, Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe** von Dr. Wilh. Massot, Professor an der Preuss. höh. Fachschule für Textil-Industrie in Krefeld. Mit 28 Figuren. Nr. 186.

- Wasser, Gas, und seine Verwend-**
ung in Industrie und Ge-
werbe v. Dr. Ernst Leher, Dipl.-Ing.
 in Saalfeld. Mit 15 Abbild. Nr. 261.
- Wasser und Abwässer.** Ihre Zu-
 sammensetzung, Beurteilung u. Unter-
 suchung von Prof. Dr. Emil Hofelhoff,
 Vorsteher der landwirtschaftl. Versuchs-
 station i. Marburg i. Hessen. Nr. 473.
- Wasserinstallationen. Gas- und**
Wasserinstallationen mit Ein-
schluß der Abortanlagen von
 Professor Dr. phil. und Dr.-Ingen.
 Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit
 119 Abbildungen. Nr. 412.
- Wasserturbinen, Die,** von Dipl.-Ing.
 P. Söll in Berlin. I: Allgemeines.
 Die Freistrahlturbinen. Mit 113 Ab-
 bildungen. Nr. 541.
- II: Die Überdruckturbinen. Die
 Wasserkraftanlagen. Mit 102 Abbil-
 dungen. Nr. 542.
- Wasserversorgung der Ortschaften**
 von Dr.-Ing. Robert Weyrauch, Pro-
 fessor an der kgl. Technischen Hoch-
 schule Stuttgart. Mit 85 Fig. Nr. 5.
- Weberei, Textil-Industrie II:**
Weberei, Wirkerei, Posamen-
tiererei, Spitzen- u. Gardinen-
fabrikation und Filzfabrikation
 von Prof. Max Gürtler, Geh. Reg.-
 Rat im Königl. Landesgewerbeamt
 zu Berlin. Mit 29 Figur. Nr. 185.
- Wechselstromerzeuger** von Ing. Karl
 Fichelmayer, Prof. an der k. k. Tech-
 nischen Hochschule in Wien. Mit 40
 Figuren. Nr. 547.
- Wechselwesen, Das,** v. Rechtsanw. Dr.
 Rudolf Mothes in Leipzig. Nr. 103.
- Wehrverfassung, Deutsche,** von Geh.
 Kriegsrat Karl Endres, vortr. Rat im
 Kriegsministerium i. München. Nr. 401.
- Werkzeugmaschinen für Holzbear-**
beitung, Die, von Ing. Professor
 Herm. Wilda in Bremen. Mit 125
 Abbildungen. Nr. 582.
- Werkzeugmaschinen für Metallbe-**
arbeitung, Die, von Ing. Prof.
 Hermann Wilda in Bremen. I: Die
 Mechanismen der Werkzeugmaschinen.
 Die Drehbänke. Die Fräsmaschinen.
 Mit 319 Abbildungen. Nr. 561.
- Werkzeugmaschinen für Metall-**
bearbeitung, Die, II: Die Bohr-
 und Schleifmaschinen. Die Hobel-,
 Shaping- und Stoßmaschinen. Die
 Sägen und Scheren. Antrieb und
 Kraftbedarf. Mit 199 Abbildungen.
 Nr. 562.
- Westpreußen. Landeskunde der**
Provinz Westpreußen von Frh
 Braun, Oberlehrer am kgl. Gym-
 nasium in Graudenz. Mit 16 Tafeln,
 7 Textkarten u. 1 lith. Karte. Nr. 570.
- Wettbewerb, Der unlaufere,** von
 Rechtsanwalt Dr. Martin Wasser-
 mann in Hamburg. I: Generalklausel,
 Reklameauswüchse, Ausverkaufswesen,
 Angestelltenbestechung. Nr. 339.
- II: Krediterschädigung, Firmen- und
 Namensmißbrauch, Verrat von Geheim-
 nissen, Ausländerschutz. Nr. 535.
- Wirbellose Tiere. Das Tierreich VI:**
Die wirbellosen Tiere von Dr.
 Ludwig Böhmig, Prof. der Zoologie
 an der Universität Graz. I: Artiere,
 Schwämme, Nesseltiere, Rippenquallen
 und Würmer. Mit 74 Fig. Nr. 439.
- II: Krebse, Spinnentiere, Tausend-
 füßer, Weichtiere, Moostierchen, Arm-
 füßer, Stachelhäuter und Manteltiere.
 Mit 97 Figuren. Nr. 440.
- Wirkerei, Textil-Industrie II:**
Weberei, Wirkerei, Posamen-
tiererei, Spitzen- u. Gardinen-
fabrikation und Filzfabrikation
 von Prof. Max Gürtler, Geh. Reg.-
 Rat im Königl. Landesgewerbeamt
 zu Berlin. Mit 29 Figur. Nr. 185.
- Wirtschaftlichen Verbände, Die,** v.
 Dr. Leo Müffelmann i. Rostock. Nr. 586.
- Wirtschaftspflege. Kommunale**
Wirtschaftspflege von Dr. Alfons
 Rieß, Magistratsass. i. Berlin. Nr. 534.
- Wohnungsfrage, Die,** v. Dr. L. Pohle,
 Professor der Staatswissenschaften zu
 Frankfurt a. M. I: Das Wohnungs-
 wesen in der modernen Stadt. Nr. 495.
- II: Die städtische Wohnungs- und
 Bodenpolitik. Nr. 496.

Wolfram von Eschenbach, Hartmann v. Aue, Wolfram v. Eschenbach und Goltfried von Straßburg. Auswahl aus dem hñf. Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. A. Marold, Professor am Königl. Friedrichskolleg. zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Wörterbuch nach der neuen deutschen Rechtschreibung von Dr. Heinrich Klenz. Nr. 200.

— **Deutsches**, von Dr. Richard Loewe in Berlin. Nr. 64.

— **Technisches**, enthaltend die wichtigsten Ausdrücke des Maschinenbaues, Schiffbaues und der Elektrotechnik von Erich Krebs in Berlin. I. Teil: Deutsch-Englisch. Nr. 395.

— — II. Teil: Englisch-Deutsch. Nr. 396.

— — III. Teil: Deutsch-Französl. Nr. 453.

— — IV. Teil: Französl.-Deutsch. Nr. 454.

Württemberg. Württembergische Geschichte v. Dr. Karl Weller, Prof. a. Karls Gymnas. i. Stuttgart. Nr. 462.

— **Landeskunde des Königreichs Württemberg** von Dr. A. Hassert, Professor der Geographie an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 157.

Zeichenschule von Professor A. Kimmich in Ulm. Mit 18 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck und 200 Voll- und Textbildern. Nr. 39.

Zeichnen, Geometrisches, von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neu bearbeitet von Prof. J. Bunderlinn, Direktor der königl. Baugewerkschule zu Münster. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

Zeitungswesen, Das deutsche, v. Dr. Rob. Brunhuber, Köln a. Rh. Nr. 400.

— **Das moderne**, (Syst. d. Zeitungswesen) von Dr. Robert Brunhuber in Köln a. Rh. Nr. 320.

Zeitungswesens, Allgemeine Geschichte des, von Dr. Ludwig Salomon in Jena. Nr. 351.

Zellenlehre und Anatomie der Pflanzen von Prof. Dr. S. Miesche in Leipzig. Mit 79 Abbild. Nr. 556.

Zentral-Perspektive von Architekt Hans Frenberger, neu bearbeitet von Professor J. Bunderlinn, Direktor der Königl. Baugewerkschule in Münster i. W. Mit 132 Figuren. Nr. 57.

Zimmerarbeiten von Carl Opitz, Oberlehrer an der Kaiserl. Technisch. Schule in Straßburg i. E. I: Allgemeines, Balkenlagen, Zwischendecken u. Deckenbildungen, hölzerne Fußböden, Fachwerkschwände, Hänge- und Sprengwerke. Mit 169 Abbild. Nr. 489.

— II: Dächer, Wandbekleidungen, Simschalungen, Blod-, Bohlen- und Bretterwände, Jäune, Türen, Tore, Tribünen und Baugerüste. Mit 167 Abbildungen. Nr. 490.

Zivilprozeßrecht, Deutsches, von Professor Dr. Wilhelm Risch in Straßburg i. E. 3 Bände. Nr. 428—430.

Zoologie, Geschichte der, von Prof. Dr. Rud. Burckhardt. Nr. 357.

Zündwaren von Direktor Dr. Alfons Bujard, Vorstand des Städtischen Chemischen Laboratoriums in Stuttgart. Nr. 109.

Zwangversteigerung, Die, und die Zwangsverwaltung von Dr. F. Krehshmar, Oberlandesgerichtsrat in Dresden. Nr. 523.

Zwirnerei, Textil-Industrie I: Spinnerei und Zwirnerei von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 39 Figuren. Nr. 184.

== Weitere Bände sind in Vorbereitung. ==

Soeben erschienen:

Der deutsche Student

Von

Prof. Dr. Theobald Ziegler

Erste und zwölfte Auflage

Gebunden M. 3.50

Diese „Studentenpredigten“, wie sie Paulsen genannt hat, haben sich unter der studierenden Jugend viele Freunde erworben. Und so war es nicht zu verwundern, daß das Buch seit seinem Erscheinen fast alljährlich eine neue Auflage erlebte. Herausgewachsen war es aus der fin-de-siècle-Stimmung vor der Jahrhundertwende, die besonders in studentischen Kreisen die Herzen höher schlagen und das Blut rascher kreisen ließ, eben deswegen aber auch nach besonnener Führung sich sehnte. Eine solche fanden sie hier. Den Auflagen im neuen Jahrhundert fügte der Verfasser eine Nachtragsvorlesung hinzu zur Überleitung in ruhigere Bahnen und zur Ergänzung durch manches inzwischen Neugewordene. Im Winter 1905/06 aber hat er in Straßburg die Vorlesung über den deutschen Studenten noch einmal gehalten und hier vor allem die Vorgänge jener bewegten Zeit, des sogenannten „Hochschulstreites“ und des Kampfes gegen die konfessionellen Korporationen freimütig und kritisch besprochen. Der neuen Auflage ist die Vorlesung in dieser späteren Fassung, wenigstens in der ersteren größeren Hälfte, zugrunde gelegt worden. Die fin-de-siècle-Stimmung ist verschwunden, dafür sind die Probleme, die das Studentenleben im ersten Jahrzehnt des 20sten Jahrhunderts bewegt haben und bewegen, in den Vordergrund gerückt und so das Buch durchaus modernisiert und wieder ganz aktuell geworden. Dabei hat es eine nicht unbeträchtliche Erweiterung erfahren. Und doch ist der Geist des Buches der alte geblieben, es ist der Geist der Freiheit, die als akademische Studenten und Professoren gleichmäßig am Herzen liegt, und der Geist eines kräftigen sittlichen Idealismus, der sich nicht fürchtet, Jünglinge zu wagen, damit Männer aus ihnen werden. Und auch der alte gute Freund des deutschen Studenten ist der Verfasser geblieben, der ihn versteht, weil er ihn liebt. Das zeigt gleich von vornherein die Widmung des Buches an die Straßburger Studentenschaft. So ist es beim Abgang Zieglers von Straßburg zu einem Vermächtnis an seine jungen Freunde auf allen deutschen Hochschulen geworden, und soll nun auch in der neuen Gestalt wieder vielen eine Hilfe werden und ein Halt.

Soeben erschien:

Das Gefühl

Eine psychologische Untersuchung

Von

Prof. Dr. Theobald Ziegler

Fünfte, durchgesehene und verbesserte Auflage

Broschirt M. 4.20, gebunden M. 5.20

Als dieses Buch vor 19 Jahren zum ersten Mal erschien, da wirkte die Theorie des Verfassers von der Priorität des Gefühls und von dem Einfluß desselben auf alle Gebiete des geistigen Lebens, vor allem auch auf Bewußtsein und Apperception, trotz des Vorgangs von Horwicz wie ein ganz Neues, das als gegen den Strom der vorwiegend intellektualistischen oder auch schon voluntaristischen Auffassung der Psychologie schwimmend wenig Gläubige fand. Allein es hat sich trotz dieser anfänglichen Ablehnung durchgesetzt und gehört heute zu den meist gelesenen Schriften über Psychologie; die Anschauung, die es vertritt, steht längst nicht mehr vereinzelt da. Zu diesem sich Durchsetzen hat auch der Stil und die ganze Haltung des Buches beigetragen, die gleichweit entfernt sind von unwissenschaftlicher Popularität wie von trockener pedantischer Gelehrsamkeit. Auch die ästhetischen, ethischen und religionsphilosophischen Abschnitte haben ihm viele Freunde erworben. Die neue, fünfte Auflage, die schon nach vier Jahren wieder notwendig geworden ist, hält an dem vom Verfasser als richtig Erkannten durchaus fest, sie zieht sogar die Linien da und dort noch schärfer und bestimmter; insbesondere sind die Kapitel über das körperliche Gefühl und über die Gefühlsäußerungen in diesem Sinn und unter Berücksichtigung der neueren Forschung und ihrer Ergebnisse umgearbeitet und erweitert worden. Aberhaupt trägt die neue Auflage nach, was seit dem Erscheinen der vierten Auflage zur Lehre vom Gefühl wertvolles Neues zutage gefördert worden ist, und setzt sich dabei gelegentlich auch polemisch mit allerlei Angriffen und entgegenstehenden Anschauungen auseinander. So ist das Buch durchaus auf den neuesten Stand der psychologischen Forschung gebracht und ergänzt, und ist doch in seinen Grundanschauungen und in seiner Anlage nach wie vor das alte geblieben.

Soeben erschien:

Grundriß einer Philosophie des Schaffens als Kulturphilosophie

Einführung in die Philosophie als Weltanschauungslehre

Von

Dr. Otto Braun

Privatdozent der Philosophie in Münster i. W.

Broschirt M. 4.50, gebunden M. 5.—

Der Verfasser findet das Wesen der Philosophie darin, daß sie Gesamtwissenschaft, d. h. Weltanschauungslehre ist: sie erhebt sich auf dem Fundament aller übrigen Wissenschaften und sucht (induktiv) zu einem Weltbilde vorzudringen, dessen „Wahrheit“ durch seine personale Einheitslichkeit bedingt ist. Nachdem der Verfasser sich eine erkenntnistheoretische Basis geschaffen — es wird ein Real-Idealismus vertreten —, sucht er an ein Grunderlebnis anzuknüpfen, das er durch den Begriff „Schaffen“ bezeichnet. Dieses Schaffen führt zur Entwicklung einer Kulturphilosophie — die Formen und Stoffe des Schaffens werden untersucht, und dann die Hauptgebiete des Kulturlebens in den Grundzügen dargestellt: Wissenschaft, Kunst, Religion, soziales Leben, Staat, Recht, Sitte, Ethik finden ihre Würdigung. So wird der Versuch gemacht, aus dem Wesen des modernen Geistes heraus eine systematische Weltanschauung zu gewinnen, wobei der kulturimmanente Standpunkt ausschlaggebend ist, wenn auch eine kosmisch-metaphysische Vertiefung sich als notwendig zeigt, der Begriff des Schaffens wird durch einen geschichtsphilosophischen Überblick über das 19. Jahrhundert als notwendig und berechtigt erwiesen.

J. F. Herbart

Grundzüge seiner Lehre

Von

Friedrich Franke

Broschiert M. 1.50, gebunden M. 2.—

Diese Darstellung sucht in Herbart's System möglichst direkt einzuführen, ohne von den späteren Fortbildungen auszugehen, läßt immer nach Herbart's eigenen Weisungen die prinzipiellen Teile zuerst einzeln entstehen und darnach in den Zusammenhang treten, den die Betrachtung unserer praktischen Anliegen verlangt. Dabei ist dann auch vielfach Gelegenheit, auf die empirische Detailforschung und ihre philosophische Bearbeitung, auf die Kunstbewegung, die sozialen und politischen Aufgaben und anderes, was die Gegenwart bewegt, Blicke zu werfen.

Friedrich Nietzsche

Eine intellektuale Biographie

Von

Dr. G. Friedlaender

Broschiert M. 2.80

Um einen Denker, wie Nietzsche, voll und ganz zu verstehen, ist vor allem die Erkenntnis des Werdegangs seiner Ideen notwendig. Bei dieser schwierigen Arbeit ist das Buch von Friedlaender ein zuverlässiger Führer und Wegweiser. Denn der Untertitel „Intellektuale Biographie“ bedeutet eben nichts anderes als eine Darstellung der philosophischen Entwicklung Friedrich Nietzsches. Von dem richtigen Grundsatz ausgehend, daß der späteste Nietzsche nur aus dem frühesten verstanden werden kann, behandelt der Verfasser nach einer orientierenden Einleitung zuerst dessen geniales Erstlingswerk: „Die Geburt der Tragödie aus dem Geiste der Musik“, um dann darauf die späteren Schriften und deren Grundgehalt einzeln zu erläutern und den Fortschritt, der darin enthalten, festzustellen.

Die Reichsversicherungsordnung

Handausgabe mit gemeinverständlichen Erläuterungen
in vier Bänden

Dr. Manes

von

Dr. Menzel

Professor

Regierungsrat

Dozent der Handelshochschule Berlin

Mitglied des Reichsversicherungsamts

Dr. Schulz

Regierungsrat

Mitglied des Reichsversicherungsamts

Band 1: Die für alle Versicherungszweige geltenden Bestimmungen der Reichsversicherung
sicherungsordnung nebst Einleitung und Einführungsgefeß.

Band 2: Die Krankenversicherung.

Band 3: Die Unfallversicherung.

Band 4: Die Invaliden- und Hinterbliebenenversicherung.

Preis: in vier Leinenbände gebunden M. 20.—

Jeder Band ist auch einzeln zu haben. :: Preis für Band 1 gebunden M. 7.—;
Band 2 gebunden M. 4.80; Band 3 gebunden M. 6.—; Band 4 gebunden M. 4.20.

Das

Versicherungsgesetz für Angestellte

Handausgabe mit ausführlichen Erläuterungen

von

Dr. Alfred Manes und Dr. Paul Königsberger

Professor

Landrichter

Preis in Leinwand gebunden M. 9.—.

Praktikum des Zivilprozeßrechtes

von

Dr. Wilhelm Risch

Professor an der Universität Straßburg i. E.

In Leinwand gebunden M. 4.80.

Einführung in das Deutsche Kolonialrecht

Von

Professor H. Edler von Hoffmann

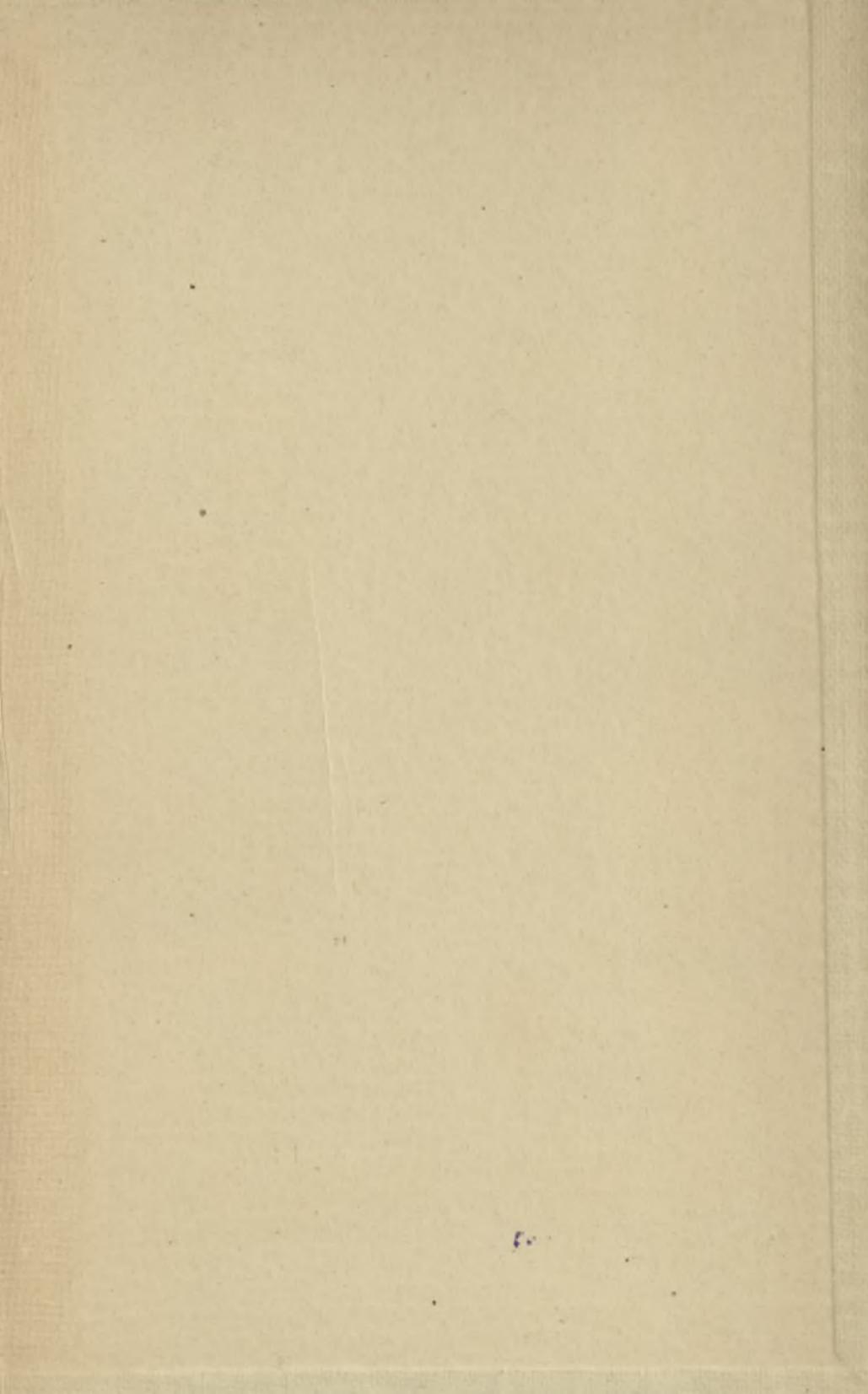
Studiendirektor der Akademie für kommunale Verwaltung in Düsseldorf

In Leinwand gebunden M. 6.—

Mehr und mehr wendet sich die wissenschaftliche Arbeit dem Kolonialrechte zu, das sich auch als Gegenstand des wissenschaftlichen Unterrichtes eingebürgert hat. Es fehlte aber bisher an einem auf den Resultaten der neueren Forschung beruhenden Lehrbuche des Deutschen Kolonialrechts. Das vorliegende Werk versucht es, diese Lücke auszufüllen. Es will aber nicht nur der Ergänzung des akademischen Unterrichtes dienen, es will auch dem Kolonialpraktiker ein Wegweiser durch die Anzahl von kolonialen Rechtsnormen sein. Die ganze Anlage des Werkes ist dadurch bedingt, daß es sich um eine „Einführung“ handelt, d. h. nicht um eine Zusammenstellung aller und jeder kolonialrechtlichen Normen, sondern um eine dogmatische Behandlung des wichtigsten Stoffes. Dem Lehrzwecke entsprechend, ist zur besseren Beleuchtung und Hervorhebung der deutschen Rechtsnormen das fremde Kolonialrecht, insbesondere das englische, zum Vergleiche herangezogen worden.

Das Buch will ein rechtswissenschaftliches sein, kolonialpolitische Erörterungen treten deshalb völlig zurück, jedoch ist, wo dies notwendig ist, stets auf die kolonialpolitischen Gesichtspunkte verwiesen worden, durch die die Gesetzgebung bestimmt wird.

S-96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301476



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295780