Die Anwendung der Photographie in der Astronomie.

Die bewundernswerten Fortschritte, welche die Kenntnis des Weltalls im verflossenen Jahrhundert gemacht hat, sind besonders auf die glückliche Verbindung zweier Forschungsergebnisse zurückzuführen, von denen jedes einzelne dem suchenden und strebenden Menschengeiste zu hohem Ruhme gereicht. Einmal wurden die mathematischen Methoden ungemein vervollkommnet, durch welche es möglich wurde, die am Himmelszelte gemachten Beobachtungen rechnend zu verfolgen und die wahrgenommenen Bewegungen der Gestirne in exakten Formeln auszudrücken; zweitens aber wurden die Beobachtungsmittel selbst in früher nie geahnter Weise vermehrt und verfeinert, so daß jetzt Objekte und Vorkommnisse in den Tiefen des Weltalls zu unser Kenntnis gelangen, die andernfalls uns wohl für immer unbekannt geblieben wären. Dabei schritt natürlicher Weise gleichzeitig auch unsere Erkenntnis des Baues der schon früher bekannten Sterngebilde mächtig weiter.

Eines der wichtigsten dieser neuen Beobachtungsmittel ist die in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts so wesentlich vervollkommnete photographische Platte, und die Anwendung der Photographie in der Astronomie soll im Folgenden in gedrängter Kürze behandelt werden, soweit dies auf dem mir zur Verfügung stehenden Raume überhaupt möglich ist. Außer der in den Ausführungen selbst angegebenen Literatur wurden dabei besonders benutzt: von Schweiger-Lerchenfeld: Atlas der Himmelskunde, und H. J. Klein: Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung.

Lange Zeit hindurch blieb der Laie von der Arbeit, die sich in den ihm unnahbaren Räumen der Tempel Uranias, der Sternwarten, vollzog, ausgeschlossen. Die teuren Instrumente, deren Handhabung besondere Anweisung und lange Übung voraussetzt, die höhere Mathematik, deren Anwendung ununterbrochen nötig war, sowie das rein sachliche Denken bei der Erkennung, Deutung und Verknüpfung der sich bietenden Ergebnisse lagen den meisten Nichtfachmännern zu fern. Der für die Geheimnisse der „erhabensten aller Wissenschaften" sich interessierende Laie mußte sich im allgemeinen damit begnügen, die fertigen Resultate der Beobachtungs- und Denkarbeit des Astronomen und die aus ihnen für die Anordnung des Weltganzen zu ziehenden Schlüsse entgegenzunehmen. Aber auch der Astronom selbst, dessen natürliche Sehkraft durch das Fernrohr verstärkt und erweitert wurde, und in dessen Gesichtskreis vorher gänzlich unbekannte Regionen gelangten, mußte erkennen, daß die auflösende Kraft seiner Instrumente ihre Grenzen hatte. Selbst die Rieseninstrumente der Neuzeit, welche an den geeignetsten Punkten der Erde aufgestellt wurden, versagten gegenüber den lichtschwachen Objekten, die in für uns unvorstellbaren Fernen zahlreich ihre Gegenwart andeuten. Da setzte die Photographie ein, durch deren Anwendung die Himmelskunde zu einem der populärsten Zweige der Naturwissenschaft wurde. Durch ihre Leistungen wurde zunächst auch der Laie in den Stand gesetzt, sich eine klare, greifbare Vorstellung von denjenigen Dingen zu machen, welche von den Astronomen gesehen und beobachtet werden. Aber auch für den Astronomen selbst wurde die Photographie ein neues, vorzügliches Mittel zur Erkenntnis. Während nämlich unsere Netzhaut uns durch die Lichtstärke ein Urteil über die Helligkeit eines Gegenstandes zu bilden ermöglicht, hält die photographische Platte die Lichtmenge fest. Ein sehr lichtschwaches Objekt mag auch bei der Anwendung der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

besten Instrumente zu wenig Helligkeit besitzen, um auf der Netzhaut ein uns wahrnehmbares Bild entstehen zu lassen; richtet man aber den photographischen Apparat stundenlang auf dieses Objekt, so speichert man gewissermaßen die chemisch wirksamen Lichtreize jenes Objektes unausgesetzt auf und erhält schließlich die naturgetreue Abbildung desselben. So treten auf den photographischen Platten Objekte des Sternenhimmels in die Erscheinung, die in keinem Fernrohre der Welt sichtbar sind, also noch niemals von einem menschlichen Auge unmittelbar gesehen worden sind und sich der Mehrheit nach wohl auch in alle Zukunft der direkten Beobachtung entziehen werden. Wo seither die besten, nach Beobachtung und Messung am Fernrohr angefertigten Sternkarten fast sternenleere Stellen aufweisen, da zaubert uns die Platte auf dieselben ein wunderbares Gewimmel kleiner und kleinster Sterne, zum Teil auf nebeligen Schleiern projiziert, welch letztere in Sternhaufen aufzulösen bisher weder mit den schärfsten Linsen noch mit den empfindlichsten Platten gelungen ist.

Doch noch einen zweiten großen Vorteil bietet die photographische Platte dem forschenden Astronomen. Sie gibt nämlich die Stellung der Sterne zu einander absolut richtig wieder, so daß die Abmessungen der Distanzen auf den Platten mindestens ebenso gut ausgeführt werden können, wie mit Hilfe der zuverlässigsten Mikrometer bei direkter Beobachtung. Diese Ausmessung der Platten kann aber bequem am Arbeitstisch bei Tage, ganz unabhängig von den Luftverhältnissen, bei stets gleichen Temperaturen u. dergl. ausgeführt werden. Hierdurch wird aber eine bedeutende Zeitersparnis herbeigeführt, da durch die Verlegung der Ausmessung in die Tageszeit die zu Aufnahmen günstigen Nachtstunden besser ausgenützt werden können.

Wie alle großen Errungenschaften der Wissenschaft fiel aber auch die heutige Himmelsphotographie den Jüngern Uranias nicht als reife Frucht mühelos in den Schoß. Vielmehr hat eine ganze Reihe tüchtiger Gelehrten mehrerer Nationen jahrzehntelange, heiße Arbeit ihrer Ausbildung gewidmet. Sobald Daguerre gelernt hatte, auf Silberplatten, die in Joddämpfen geräuchert waren, positive Bilder herzustellen, machte er auch schon Versuche, das in der camera obscura entstehende Bild des Mondes nach diesem Verfahren zu fixieren. Das gewonnene Resultat erschien dem großen Arago so wichtig, daß er es nicht unterließ, in der französischen Akademie der Wissenschaften darauf hinzuweisen. Dabei sprach er die uns heute fast prophetisch erscheinenden Worte: „Die Platte, wie sie Herr Daguerre präpariert, ist gegen die Einwirkung des Lichtes empfindlicher als alles früher Bekannte. Bisher haben die Mondstrahlen, selbst wenn sie sich im Brennpunkte der größten Linse oder des größten Hohlspiegels vereinigten, keinerlei nachweisbare physikalische Wirkung ausgeübt; aber die nach Daguerre's Verfahren bereiteten Platten bleichen unter der Einwirkung dieser Strahlen und der nachfolgenden Operationen derart, daß die Hoffnung begründet erscheint, man werde einst photographische Karten unseres Satelliten herzustellen vermögen, d. h. man werde im Laufe weniger Minuten eine der langwierigsten, mühsamsten und schwierigsten Arbeiten in der Astronomie ausführen können."

Die Ergebnisse Daguerre's und seiner ersten Nachfolger litten vor allem an dem Mißstande, daß man die Platten mehrere Minuten exponieren mußte, wodurch man verwaschene Bilder erhielt, da man durch die Anwendung eines Uhrwerks wohl die während der Belichtungsdauer erfolgende scheinbare tägliche und die dieser entgegengesetzte Eigenbewegung des Mondes zu kompensieren vermochte, nicht aber die dazu senkrechte Bewegung in Deklination. Immerhin verbesserte man das Verfahren, namentlich durch die Einführung der Kollodium-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

schicht, soweit, daß man mit einer Belichtungsdauer von zwei Sekunden recht befriedigende Resultate erhielt. Auch die erste photographische Aufnahme einer Sonnenfinsternis wurde am 28. Juli 1851 vorgenommen. Einen großen Schritt vorwärts machte Rutherfurd, indem er ein Instrument ersann, in welchem der optische und der chemische Brennpunkt zusammenfielen. Eine Fixsternaufnahme zeigte Fixsterne bis zur 10. Größe herab, und eine im März 1865 bewerkstelligte Mondaufnahme ergab ein $1^1/_2$ cm großes Fokalbild, welches eine zwanzigfache Vergrößerung vertrug, ohne durch das sich mit vergrößernde „Korn" der Kollodiumschicht zu leiden. Weitere Ausbildung und Verbesserung fand das neue Hilfsmittel der Astronomie durch Draper, Warren de la Rue, Wolf und Rayet und durch Ellery.

Ein wesentliches Hindernis in der Entwicklung dieser Technik bildete die ältere photographische Methode, nämlich das „nasse" (Kollodium) Verfahren. Die Kollodiumplatten waren immerhin nur wenig empfindlich und vertrugen keine lange Belichtung, auch konnten sie nur im nassen Zustande verwendet werden und verloren mit dem Trockenwerden ihre Brauchbarkeit. Dieses Hindernis wurde beseitigt durch die von dem englischen Arzte Maddox erfundenen Bromsilber-Gelatineplatten oder „Trockenplatten", welche den Vorteil beständiger Gebrauchsfähigkeit mit dem hoher Empfindlichkeit verbanden, wozu noch ihre leichte Behandlung und die tadellose Güte erprobter Fabrikate kommt. An ihrer Verbesserung wird noch immerwährend gearbeitet und damit Hand in Hand geht die weitere Vervollkommnung der astronomischen Instrumente und der photographischen Apparate.

Noch immer blieb die Schwierigkeit zu überwinden, welche durch die teils scheinbare, teils eigene Bewegung der himmlischen Objekte hervorgerufen wird. Zur Kompensierung der scheinbaren Bewegung der Sterne bedient man sich eines sehr genau gehenden Uhrwerks, welches dem Instrumente eine ähnliche, aber entgegengesetzte Bewegung erteilt, wie sie die Erde täglich vollführt. Aber selbst das beste Uhrwerk wird durch äußere Einflüsse (Staub, Temperaturwechsel, Eintrocknung des Öles u. dergl.) in seinem regelmäßigen Gange beeinflußt, und so erwächst dem Astronomen die Aufgabe, während der ganzen oft stundenlangen Belichtung das Uhrwerk aufs genaueste zu kontrollieren, um jede kleine Unregelmäßigkeit des Ganges sofort unschädlich machen zu können. Zur Ausübung dieser Kontrolle (zum Pointieren) bediente man sich zuerst des an jedem größeren Instrumente angebrachten Suchers, wobei das abzubildende Objekt (oder irgend ein bestimmter Fixstern) stets genau im Durchschnittspunkte des Fadenkreuzes festgehalten werden mußte, da alsdann auch die photographische Platte immer genau auf denselben Punkt des Himmels gerichtet sein sollte. Doch zeigte sich hierbei sehr bald eine neue Fehlerquelle, indem die Durchbiegung des Fernrohres je nach der Lage des Instrumentes eine andere ist als die des Suchers, sodaß der notwendige Parallelismus der beiden optischen Achsen verloren geht und es so vorkommen kann, daß ein Stern im Sucher genau festgehalten wird, während dies von demselben Stern auf der Platte nicht mehr zutrifft. Zur Beseitigung dieses Übelstandes wurden verschiedene Wege eingeschlagen; am besten begegneten demselben die Brüder Henry in Paris, indem sie ein Instrument in Gebrauch nahmen, bei dem gewissermaßen zwei Rohre in einem vereinigt sind. Von den beiden Objektiven, die gleiche Brennweite haben, dient das eine für die photographische Aufnahme, das andere zum Festhalten des himmlischen Objektes. Der nach diesem Principe gebaute photographische Doppelrefraktor des astro-physikalischen Observatoriums zu Potsdam, das erste in Deutschland aufgestellte Instrument dieser Art, gefertigt von der Firma A. Repsold und Söhne in Hamburg, zeigt einen fast elliptischen Querschnitt, weil es zwei Fernrohre in sich

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

vereinigt, deren optische Achsen genau parallel sind. Ein photographisches Objektiv von 13 Zoll Öffnung entwirft ein Bild des Objektes auf die in einer Kassette am entgegengesetzten Ende des Rohres befindliche Trockenplatte; das zur Festhaltung des Objektes dienende Objektiv hat 9 Zoll Öffnung.

Nachdem so der Wissenschaft ein vorzügliches Rüstzeug der Himmelsforschung in die Hand gegeben war, vereinigten sich im Jahre 1887 auf Anregung des damaligen, inzwischen verstorbenen Direktors der Pariser Sternwarte, des Admirals Mouchez, auf einer in Paris zusammengetretenen internationalen Konferenz 18 Sternwarten zur photographischen Aufnahme des ganzen Sternenhimmels. Es ist die Aufgabe, eine den ganzen Himmel umfassende Karte herzustellen, welche ein getreues Abbild des gegenwärtigen Fixsternhimmels liefern soll. Auf mehreren Kongressen wurden die Grundlagen festgestellt, welche die Gewähr geben, daß nach einem einheitlichen Plane gearbeitet wird. Der von jeder sich beteiligenden Sternwarte aufzunehmende Teil des Himmels wurde nach der Lage der betreffenden Warte genau bestimmt. Das zum Pointieren dienende Beobachtungs-Fernrohr hat 24 cm Öffnung, während das für die blauen und violetten Strahlen achromatisierte photographische Objektiv 34 cm Öffnung besitzt. Beide haben eine Brennweite von 343 cm. Für die zu verwendenden Trockenplatten (Bromsilber-Gelatine) wurde gleichfalls eine einheitliche Präparierung angestrebt. Jede Platte nimmt am Himmel einen Raum von vier Quadratgraden auf. Um der Störung zu begegnen, die sich durch Schrumpfung der Gelatineschicht beim Entwickeln oder nachher ergibt, photographiert man zunächst auf die Platte ein vorher ausgemessenes gitterförmiges Netz, dessen wagerechte und senkrechte, höchstens 0,01 mm breiten Striche je 5 mm von einander abstehen. Da dieses Gitter erst mit der Sternaufnahme gleichzeitig entwickelt wird, so hat es alle Verzerrungen der Gelatine gemeinsam mit dieser zu erleiden, sodaß bei der Ausmessung der Platte die Verzerrungen der photographischen Schicht durch den Anschluß der Sterne an die nächsten Gitterstriche unschädlich gemacht werden können. Es wurde ferner festgestellt, daß jede Stelle am Himmel zweimal aufgenommen werden solle; einmal bei einer Belichtungsdauer von 15 Minuten, sodaß die Platte alle Sterne bis zur 14. Größe herab enthalten wird, und dann nochmals bei einer Belichtungsdauer von 1 Minute, sodaß diese Platte nur die Sterne bis zur 11. Größe darstellt. Allein die letztere Aufnahme soll ausgemessen und die aus ihr berechneten Sternpositionen zu dem photographischen Sternkatalog vereinigt werden. Danach würden etwa 1 Million Sterne auszumessen sein, während auf den Bonner Sternkarten infolge der zeitraubenden Beobachtungen am Meridiankreise die Orte von etwa nur 20 000 Sternen festgestellt sind. Auf diese Weise wird durch die gemeinsame Arbeit aller Kulturvölker ein Werk entstehen, welches nicht nur ein absolut sicheres Orientierungsmittel am Himmel darbietet, sondern auch in alle Zukunft die Möglichkeit gewähren wird, auch die kleinste Änderung in der gegenseitigen Stellung der Gestirne genau zu verfolgen und so späteren Geschlechtern Aufschluß über die Gesetze zu geben, nach denen die Harmonie der ganzen Schöpfung erhalten bleibt.

Für die Erweiterung unserer Kenntnisse der Struktur der Sternhaufen wurde die Himmelsphotographie ebenfalls ganz wesentlich nutzbar gemacht. Nicht nur wurde, wie schon früher ausgeführt, durch die Anwendung der Photographie eine bedeutende Zeitersparnis bewirkt, sondern es wurde die Ausmessung der Sternhaufen selbst in solchen Fällen, und zwar mit ganz beträchtlicher Genauigkeit, ermöglicht, in denen wegen Dichtigkeit und großer Sternenfülle zur Auflösung sehr kräftige optische Hilfsmittel angewandt werden müssen, und

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

daher die verschiedenen Methoden der direkten Ausmessung am Fernrohr vermittelst eines Mikrometers völlig versagen. Ein glänzendes Beispiel für die Bedeutung der photographischen Darstellung bietet die von Scheiner in Potsdam vorgenommene Aufnahme und Ausmessung des großen Sternhaufens im Herkules (Messier 13; N. G. C. 6205). Innerhalb eines Quadrates von zehn Minuten Seitenlänge (1 Minute am Himmel entspricht 1 mm) befinden sich mehr als 500 Objekte, deren Positionen bis auf wenige Zehntel Bogensekunden sicher bestimmt wurden. Auf die Einzelheiten der hierbei gemachten Beobachtungen und gezogenen Schlüsse Scheiners, welche die sehr große Überlegenheit der photographischen Aufnahme gegenüber den sorgfältigsten, nach direkten Beobachtungen angefertigten Zeichnungen ins hellste Licht stellen, kann hier des zur Verfügung stehenden, beschränkten Raumes halber nicht eingegangen werden. Interessenten wollen darüber in den Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1892, Anhang, das Nähere nachlesen. — Die jetzt von den Sternhaufen aufgenommenen Photographien werden auch durch die Vergleichung mit solchen, die in späteren Jahren aufgenommen werden, die Möglichkeit zur Feststellung ergeben, welche Sterne eines Sternhaufens wirklich mit einander in näherem Zusammenhange stehen und daher auch eine nach Richtung und Größe gemeinsame Eigenbewegung haben, und welche wir nur zufällig an derselben Stelle des Himmels sehen, wie den betreffenden Sternhaufen, die also nur optisch zu diesem gehören.

Desgleichen begann auch für die Entdeckung und Beobachtung der Nebelflecke mit der Anwendung der Photographie auf diesem Gebiete eine neue Ära. Selbst über die Konstruktion heller, lange bekannter und schon oft aufs sorgfältigste am Fernrohr gezeichneter Nebel hat die photographische Aufnahme genauere Aufschlüsse gegeben. So sind fast alle die zahlreichen Nebelflecke, welche sich am nördlichen Himmel durch Größe, Gestalt und Helligkeit auszeichneten, gegenwärtig bereits photographisch aufgenommen worden, und dabei hat es sich ergeben, daß sämtliche früher angefertigten Handzeichnungen dieser Gebilde fast so gut wie wertlos sind. Von ganz besonderer Wichtigkeit in dieser Beziehung ist das von Isaac Roberts herausgegebene Werk: Photographs of Star-Clusters and Nebulae, 2 vls., London 1899, welches die hauptsächlichsten der von ihm aufgenommenen Nebelfleck-Photographien in sehr guten Reproduktionen wiedergibt. Ein geradezu klassisches Beispiel, um die Überlegenheit der photographischen Aufnahme über die noch so sorgfältig angefertigte Handzeichnung der Gestalt eines Nebelfleckes zu zeigen, bietet folgende Tatsache: Professor Dr. H. C. Vogel zeichnete am Wiener 27zölligen Refraktor nach sorfältigsten Studien einen Spiralnebel, welchen E. von Gothard mit einem sehr bescheidenen Instrumente, nämlich mit einem $10^1/_2$ zölligen Spiegelteleskop, photographisch aufnahm. Schon ein flüchtiger Blick auf diese beiden Darstellungen zeigt, daß das am Rieseninstrument gezeichnete Bild nur als eine Skizze des außerordentlich detailreichen Photogramms angesehen werden kann. Vogel selbst sagt hierüber: „Die Nebelaufnahmen des Herrn von Gothard zeigen, daß auch mit verhältnismäßig sehr geringen instrumentellen Mitteln auf photographischem Wege ein wissenschaftliches Resultat erhalten werden kann, welches bei weitem dasjenige übersteigt, was man selbst mit den größten Instrumenten durch Okularbeobachtung gewonnen hat."

Aber auch die Zahl der aufgefundenen Nebelflecke ist durch die Anwendung der Himmelsphotographie mächtig gewachsen. Während Herschel im Generalkatalog deren 5079 aufzählt, und man jetzt optisch, also durch direkte Beobachtung, ihrer 8000 festgestellt hat, ist die Zahl der bekannten Nebelflecke durch die Photographie auf etwa 120 000 gestiegen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

So entdeckten beispielsweise die Brüder Henry im Jahre 1885 den später besonders durch die Arbeiten des Professors Dr. Max Wolf zu einer gewissen Berühmtheit gelangten Maja-Nebel in den Plejaden, und ähnliche Resultate haben sich seitdem wiederholt ergeben. Außer vielen anderen fand M. Wolf bei 11stündiger Belichtung in drei Nächten, vom 11.—13. September 1891, den durch seine Form so interessanten „Amerika-Nebel". Ferner zeigte die Aufnahme des Nebels Messier 51, des berühmten Spiralnebels in den Jagdhunden, am Croßley-Reflektor der Lick-Sternwarte durch Keeler bei drei- bis vierstündiger Belichtung noch sieben kleinere, bisher unbekannte Nebelflecke in dessen Nähe auf einer Fläche des Himmels, welche kaum einen Quadratgrad umfaßt. Ja eine bei dreistündiger Exponierung am selben Instrument durch Coddington am 21. Dezember 1897 erhaltene Aufnahme des großen Andromeda-Nebels, Neuer Generalkatalog 224, zeigt in dessen Umgebung auf der gleichen Fläche nicht weniger als 31 neue kleine Nebel, und eine Platte, welche Keeler ebendaselbst bei $3^1/_2$ stündiger Belichtung von einem schon J. Herschel bekannten Nebelfleck im Pegasus (N. G.-K. 7479) erhielt, brachte außerdem noch 20 andere Nebel in dessen unmittelbarer Nähe an das Licht.

Die Astro-Photographie hat sogar ergeben, daß der Weltraum allenthalben von Nebelmassen erfüllt ist. Professor Archenhold hat solche Verschleierungen des Himmelsgewölbes im Perseus auf photographischem Wege festgestellt, und M. Wolf hat durch entsprechend lange Belichtung gefunden, daß der von den Brüdern Henry photographisch entdeckte Maja-Nebel in den Plejaden sich viel weiter nach Osten ausdehnt, als ursprünglich angenommen wurde. Besonders die zahlreichen photographischen Aufnahmen von M. Wolf, welche ganze Sternbilder umfassen, zeigen, daß viele isoliert, aufgeführte Nebel durch höchst feine Nebelmassen mit einander in Verbindung stehen, so im Schwan, im Cepheus und in der Kassiopeja. Selbst in dem letztgenannten, an ausgedehnten, strukturreichen Nebeln ärmeren Sternbilde erscheinen große Partien des Himmels, besonders die sternreichsten, auch mit feiner Nebelmaterie erfüllt. (Siehe hierüber Astronomische Nachrichten Nr. 3214.) Im Jahre 1894 schreibt Professor Dr. M. Wolf: „In zukünftigen General-Katalogen wird man für gewisse Gegenden des Himmels immer mehr davon abkommen, von einzelnen selbständigen Nebeln zu sprechen, und die Ortsangaben werden sich auf die Verdichtungszentren oder besonders augenfällige Punkte der Konturen der größeren Nebelmassen beziehen müssen."

Auch zur Ermittelung der Parallaxen der Fixsterne ist die Himmelsphotographie mit vielem Erfolge herangezogen worden. Diese Ermittelung hatte früher ungemein große Schwierigkeiten, und ihre Ergebnisse waren immerhin noch zweifelhaft. Die Kleinheit der zu ermittelnden Größe gibt den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern einen überwiegenden Einfluß, und infolge dessen sind die Ergebnisse, welche von verschiedenen Seiten bei denselben Sternen erhalten wurden, oft sehr von einander abweichend. Ja selbst bei demselben Beobachter ergaben sich unerklärliche Abweichungen. So erhielt Bessel für den bekannten Doppelstern 61 Cygni, dessen bedeutende Eigenbewegung auf eine verhältnismäßig große Nähe schließen ließ, aus mikrometrischen Messungen während der ersten vierzehn Monate als Parallaxe den Wert 0,357", aus den Messungen während der drei letzten Monate dagegen 0,536", und die wahrscheinliche Ursache des Fehlers ließ sich trotz zahlreicher Versuche und Rechnungen nicht ermitteln. Als Parallaxe desselben Fixsterns erhielten: Johnson aus seinen Messungen während der ersten elf Monate 0,526", aus denjenigen während der letzten sieben Monate 0,192", Struve 0,511", Auwers 0,564". Welchen bedeutenden Vorteil die Himmels-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

photographie bei dieser Bestimmung bietet, hat Pritchard gezeigt, indem er durch überaus sorgfältige Untersuchungen bewies, daß die parallaktischen Verschiebungen, d. h. die Änderungen der Position der Fixsterne unter Zugrundelegung eines oder mehrerer Vergleichssterne durch die Ausmessung der Negative mit dem sehr großen Vorzuge der Muße und der Wiederholung sicher ermittelt werden können. Bedenkt man, daß bei Bessels heliometrischer Parallaxenbestimmung des Sternes α Cygni die Resultate, wie oben angegeben, gewaltig schwankten, und daß erst nach wiederholten, mühseligen Untersuchungen ein Mittelwert von etwa $\pi = 0{,}44''$ festgestellt werden konnte, während Pritchard einer einzigen Reihe von photographischen Aufnahmen den Wert $\pi = 0{,}434''$ entnahm, so begreift man den ungeheuren Forttschritt, welchen die Einführung der photographischen Methode darbietet. So hat Pritchard in den Jahren 1887—1890 aus am 13zölligen Reflektor zu Oxford gemachten photographischen Aufnahmen die Parallaxe von 28 Fixsternen bestimmt, darunter solche, deren Werte nur einige Hundertstel einer Sekunde betragen. (Siehe Obs. at the Oxford Univers. Observatory, Vol. 3, 4, 5; Oxford 1889 and 1892). Seither hat man durch die Anwendung der Himmelsphotographie die Anzahl der bekannten Fixsternparallaxen auf 80 gesteigert.

Desgleichen wurde die Einführung der Photographie von hervorragender Bedeutung für die spektrographische Untersuchung der Fixsterne. Professor Dr. Hermann Karl Vogel hat in Weiterentwicklung der Fixstern-Klassifizierung Secchis die spektroskopische Durchmusterung sämtlicher Sterne bis zu einer gewissen Größenklasse in Angriff genommen, wobei er sich eines eigens für diesen Zweck konstruierten Spektroskopes bediente. Die ersten Ausführungen über seine heute fast allgemein angenommene spektroskopische Einteilung der Fixsterne, welche lediglich auf direkten Beobachtungen beruhten, veröffentlichte Vogel im Jahre 1873 (Astron. Nachr. Nr. 2000), als er noch die Stelle des Direktors an der Privatsternwarte des Kammerherrn von Bülow zu Bothkamp bei Kiel bekleidete. Seine ersten Versuche der spektroskopischen Untersuchungen waren in hohem Grade interessant, obgleich ihnen ein fühlbarer Übelstand anhaftete. Die zuerst erhaltenen Spektra waren nämlich ungemein lichtschwach, was darauf zurückzuführen ist, daß sich das ohnehin schwache Licht des betreffenden Sternes auf die ganze Länge des Spektrums verteilt. Dieses letztere ist aber nur eine lange Linie, auf welcher die Fraunhofer'schen Linien als Pünktchen projiziert erscheinen. Durch die Einschaltung einer Cylinderlinse erhielt man freilich eine Verbreiterung des Spektrums, und die Pünktchen wurden zu wirklichen Linien, aber dieser Vorteil wurde auf Kosten einer weiteren Schwächung des Lichtes erzielt. Dazu kam noch der weitere Übelstand, daß das Spektrum entweder gar nicht oder durch eine nur mangelhafte Zeichnung von ganz subjektivem Werte festgehalten werden kann. Auch können gewisse Lichtwirkungen ihrer außerordentlichen Schwäche wegen vom Auge nicht mehr wahrgenommen werden. Die Bestrebungen, diese Übelstände zu beseitigen oder doch ganz wesentlich herabzumindern führten zu der Erkenntnis, daß hier die Einführung der Photographie Hilfe bringen werde, und dies geschah in der Tat, besonders seit durch Vogels Entdeckung der farbenempfindlichen Platten die photographischen Aufnahmen auch auf das rote Ende des Spektrums ausgedehnt werden können. Man brachte es bald dahin, von Fixsternen Spektren zu erhalten, die in Bezug auf ihren Linienreichtum den besten Darstellungen von Sonnenspektren sehr nahe kommen. Nach Dr. Scheiner gewährt die in Ruhe ausgeführte Messung dieser Linien eine Genauigkeit, welche die vorher bei Sternspektren erzielte um das Zehn- bis Zwanzigfache übersteigt und den feinsten Messungen am Sonnenspektrum fast gleichkommt. Die Unruhe der Luft übt auf die photographischen Auf-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

nahmen der Spektren bei weitem nicht den Einfluß aus wie auf die direkte Beobachtung. Schwache Spektrallinien, welche das Auge unmittelbar nicht mehr zu erkennen vermag, erscheinen bei längerer Belichtungsdauer noch deutlich auf der Platte. Die Photographie bietet auch hier wieder den gewaltigen Vorteil, daß sie günstige Beobachtungsmomente ausgiebiger auszunutzen gestattet, als die direkte Beobachtung, so daß sie ein schnelleres Arbeiten ermöglicht. Auf diesem Wege ist es dem sehr reich ausgestatteten Harvard College-Observatorium zu Cambridge (Mass.) und dessen Filiale zu Arequipa in Peru möglich geworden, innerhalb weniger Jahre die Spektren der Sterne bis zur 9. Größe herab aufzunehmen.

Durch Anwendung der Spektral-Analyse unter Zuhilfenahme der Photographie ist es auch möglich geworden, die Bewegung eines Sternes im Visionsradius zu erkennen und sogar ihre Geschwindigkeit zu messen. Nach dem Doppler'schen Prinzip tritt bekanntlich, wenn eine Lichtquelle dem Beobachter sich nähert oder von ihm entfernt, eine Verschiebung der einzelnen Linien ihres Spektrums gegen das Violett, beziehungsweise gegen das Rot ein. Wird also das Spektrum eines Sternes auf photographischem Wege festgelegt, und photographiert man zugleich ein Vergleichsspektrum, welches von einer irdischen Lichtquelle herrührt, so gibt die Verschiebung der dunklen Linien nach Rot oder Violett ein Maß für die Entfernung oder Annäherung des betreffenden Sternes in der Richtung des Visionsradius. Auf diesem Wege ist es Vogel und Scheiner gelungen, bis zum Jahre 1894 von 51 der hellsten Sterne des bei uns sichtbaren Himmels die Eigenbewegung im Visionsradius bis auf Bruchteile einer geographischen Meile genau zu bestimmen.

Da sowohl zu Cambridge und Arequipa als auch in Potsdam die nämliche Gegend des Himmels mehrfach aufgenommen worden ist, so hat die Vergleichung der verschiedenen Platten mehrfach zur Entdeckung von Veränderungen der Spektra und damit zur Auffindung von veränderlichen Sternen und bisher unbekannten engen Doppelsternen von schneller Bewegung geführt. Der seitherige Nachweis dunkler oder wenig leuchtender Massen bei einigen Sternen durch die veränderliche eigene Bewegung der letzteren bezeichnete zwar einen Triumpf der astronomischen Beobachtungskunst, gleichzeitig aber auch die Grenze für die Schärfe der Messungen an Heliometern und Fadenmikrometern. Erst durch die photographische Aufnahme der Sternspektren ist es möglich geworden, diese Grenze zu überschreiten und das Vorhandensein mehrfacher Körper bei Fixsternen nachzuweisen, die in jedem Fernrohre als unteilbare Punkte erscheinen. Bei der oben angegebenen Untersuchung des Spektrums der 51 hellsten Sterne behufs Feststellung einer etwaigen Eigenbewegung im Visionsradius fand Vogel im Jahre 1890, daß die Linienverschiebung im Spektrum der Spica (α Virginis) eine Unregelmäßigkeit in der Eigenbewegung verriet, indem der Stern sich abwechselnd von der Erde entfernt und sich derselben wieder nähert. Dieser Vorgang wiederholt sich alle 4,0134 Tage und führte zu der Erkenntnis, daß Spica einen für uns unsichtbaren Begleiter hat, also ein Doppelstern ist, und daß dieses System in der genannten Zeit einen Umlauf um seinen gemeinsamen Schwerpunkt vollendet. Da der Hauptstern keine Lichtschwankungen zeigt, so muß die Bahn des Begleiters merklich gegen die Gesichtslinie zur Erde geneigt sein, sodaß periodische Verfinsterungen nicht eintreten können. Es gelang sogar, die Masse des Systems zu 2,6 Sonnenmassen zu bestimmen und für den Fall, daß beide Komponenten an Masse als gleich angenommen werden, ihren Abstand vom gemeinsamen Schwerpunkt gleich 679 000 geographische Meilen zu berechnen. Selbst bei einer Parallaxe von 0,2″ würde die scheinbare Entfernung beider Sterne im Maximum nur 0,014″ betragen, sodaß also der Begleiter auch an den

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

größten Instrumenten nicht direkt gesehen werden kann. (Vergleiche Sitzungsbericht der Kgl. Preuß. Akademie vom 24. April 1890 und Astron. Nachr. Nr. 2995.)

Schon vor der Untersuchung des Spektrums der Spica hatte Vogel dasjenige von β Persei (Algol) photographisch aufgenommen und untersucht. Die Veränderlichkeit dieses Sternes war schon im Jahre 1667 von Montanari bemerkt worden, und im Jahre 1782 hatte Goodrike die Vermutung ausgesprochen, daß der auf einen Zeitraum von $9^1/_4$ Stunden beschränkte Lichtwechsel des Algol ein Analogon partieller Sonnenfinsternisse sein und demzufolge durch den Vorübergang eines dunklen oder weniger leuchtenden Körpers vor der Scheibe dieses Sternes hervorgerufen werde möge. Diese Vermutung ist durch die spektrophotographischen Aufnahmen Vogels als zutreffend erwiesen worden. Diese Arbeiten wurden im Winter 1889/90 begonnen. Es zeigte sich, daß die Linien des Sternspektrums vor dem Minimum gegen Rot verschoben waren, und zwar um einen Betrag, welcher einer Entfernung des Sternes von der Erde um 5,3 geographische Meilen in der Sekunde entsprach, nach dem Minimum dagegen gegen Violett, und zwar entsprechend einer Annäherung zur Erde um 6,2 geographische Meilen in einer Sekunde. Unter der Voraussetzung einer kreisförmigen, nur unmerklich gegen die Gesichtslinie zur Erde geneigten Bahn und gleicher Dichte beider Weltkörper leitete Vogel aus seinen Ausmessungen der spektrophotographischen Aufnahmen folgende Werte ab: Die Geschwindigkeit des Hauptsternes in der Bahn beträgt 42 km in der Sekunde, diejenige des Begleiters in der Bahn dagegen 88 km; die Masse des Hauptsternes ist $^4/_9$ der Sonnenmasse, die Masse des Begleiters $^2/_9$ der Sonnenmasse, und die Mittelpunkte beider Sterne sind um 5194000 km von einander entfernt. Auch läßt eine kaum bemerkbare Biegung der Lichtkurve zu Anfang und Ende der Periode auf mächtige Atmosphären beider Körper schließen. (Man vergleiche hierüber: Astron. Nachrichten Nr. 2947 und Publikationen des astrophys. Observ. zu Potsdam, Bd. 8, Seite 111.)

Durch derartige Untersuchungen, welche namentlich in Cambridge (Mass.) und in Potsdam unternommen wurden, gelangte man für die Massen mehrerer Fixsterne zu Werten, welche beweisen, daß unter diesen die Sonne als ein keineswegs bedeutender Himmelskörper erscheint, und andererseits ist zweifellos festgestellt worden, daß die Masse und die gegenwärtige Leuchtkraft der Sterne in keiner unmittelbaren Abhängigkeit von einander stehen.

Desgleichen gewährte die photographische Aufnahme der Kometen manchen Nutzen. Schon lange hatte man erkannt, daß viele Kometen innerhalb kurzer Zeit sehr weitgehenden Gestaltsveränderungen unterworfen sind. Auf Grund dieser Wahrnehmungen wurden Zeichnungen angefertigt, welche selbstverständlich nur die subjektive Auffassung des betreffenden Beobachters wiedergeben, deren Reellität daher zweifelhaft erscheinen muß. Diesem Übelstande wurde durch die Anwendung der Photographie abgeholfen, und außerdem kommt dabei auch wieder das schon des öfteren erwähnte Moment hinzu, daß bei kleinen, lichtschwachen Kometen solche geringe Lichteindrücke, die sich der direkten Wahrnehmung am Fernrohre entziehen, bei längerer Belichtungsdauer von der Platte aufgenommen werden. Es wird daher im allgemeinen eine Expositionsdauer von 1 Stunde bis zu 1 Stunde und 20 Minuten gewählt. Auf diese Weise zeigte sich zum Beispiel bei dem Kometen 1892 VI, dessen Schweiflänge im Kometensucher nur $^1/_2$ Grad (gleich dem Durchmesser des Vollmondes) lang erschien, auf der photographischen Platte eine solche von 5 Grad, also 10mal größerer Erstreckung, und dieses bereits bei einer Belichtungsdauer von 20 Minuten. Auch ergab sich aus den Bildern auf den photographischen Platten, daß alle Kometen in Kern, Koma und Schweif eine noch viel

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

größere Unbeständigkeit der Gestaltsverhältnisse aufweisen, als man bis dahin auf Grund der direkten Beobachtungen anzunehmen geneigt war. Und diese Veränderungen gehen zuweilen so rasch vor sich, daß sie bei längerer Belichtung sogar das photographische Bild beeinflussen, so daß dieses nicht einen bestimmten Zustand während einer bestimmten Zeit darstellt, sondern ein während der Dauer der Belichtung aus mehrfachen Formveränderungen kombiniertes Durchschnittsbild.

Daß bei photographischen Himmelsaufnahmen auch gelegentlich neue Kometen aufgefunden wurden, ist nach dem, namentlich bei der Aufnahme von Nebeln Gesagten, eigentlich zu erwarten. Besonders interessant in dieser Hinsicht ist folgender Fall. Während der totalen Sonnenfinsternis am 16. April 1893 hatte die von der Lick-Sternwarte nach Chile entsandte Expedition eine Anzahl photographischer Aufnahmen gemacht. Bei der Durchmusterung dieser Aufnahmen entdeckte Schaeberle zwischen den Strahlen der Korona einen Kometen, welcher dann auch auf den von anderen Expeditionen gemachten Aufnahmen gefunden wurde, so auch auf den Platten der von der englischen Expedition in Afrika gemachten. Bei der Vergleichung ergab sich nun, daß der Komet auf den englischen Platten gegenüber seinem Orte auf den amerikanischen um 10 Bogenminuten voraus war. Da nun zwischen den Aufnahmen in Afrika und denen in Chile eine Zeitdifferenz von $1^1/_4$ Stunden lag, so ergibt sich, daß jener Komet in seiner Sonnennähe eine tägliche Bewegung von $3^1/_4$ Grad hatte. Dieses höchst interessante Ergebnis verdankt man ausschließlich der Himmelsphotographie.

Wir wenden uns nunmehr der Anwendung der Photographie auf die Körper unseres Sonnensystems zu. Bei der photographischen Aufnahme der Sonne bedingt die ungeheure Leuchtkraft derselben die Anwendung der Momentphotographie, und zwar kommt hierbei eine Belichtungsdauer von $^1/_{1000}$ bis $^1/_{2000}$ Sekunde in Betracht. Janssen, dessen Sonnenaufnahmen sich durch Größe und Deutlichkeit des Details unter allen in der neuesten Zeit aufgenommenen ganz besonders auszeichnen, geht sogar auf $^1/_{3000}$, $^1/_{4000}$, ja auf $^1/_{5000}$ einer Sekunde herab. Solch kurze Expositionen erreicht Janssen durch folgende Einrichtung. Er schaltet im optischen Brennpunkt des Objektivs eine Platte ein, welche in der Mitte eine kreisförmige Öffnung besitzt. Diese Öffnung wird durch eine zwischen Führungsrollen bewegliche, durch einen Spalt von verstellbarer Weite versehenen Platte bedeckt, welche dem Lichte nur dann den Durchgang gestattet, wenn der Spalt bei der Bewegung der Platte gerade über jene Öffnung zu stehen kommt. Die bewegliche Platte, welche von Federn nach der einen Seite gezogen wird, wird durch einen Faden festgehalten. Beim Durchschneiden des Fadens muß also die Platte mit dem Spalt in großer Geschwindigkeit vor der Öffnung vorüberschnellen, und damit diese Bewegung vor der Öffnung mit gleichförmiger Geschwindigkeit vor sich geht, ist die Einrichtung getroffen, daß die Federn genau in dem Augenblicke zu wirken aufhören, in welchem der Spalt an der feststehenden Öffnung anlangt, sodaß also von da ab der Verschluß nur mehr mit der bis dahin erlangten Geschwindigkeit sich bewegt. Eine besondere Vorrichtung gestattet, diese Geschwindigkeit genau zu bestimmen. Die von Janssen auf solche Weise erhaltenen Sonnenaufnahmen zeigen die schon früher erkannte Granulation der Sonne mit großer Schärfe und Bestimmtheit. Das bemerkenswerteste Ergebnis aus Janssens Photographien ist indes dasjenige, was er unter dem Namen des „photographischen Netzes“ begreift. Es ist dies nicht ein Netzwerk von Linien, sondern eine weitere Teilung der Photosphäre in Gegenden, in denen die „Reiskörner“ hart und gut begrenzt erscheinen, und in solche, in welchen sie weich und verwaschen aussehen. Häufig machen die hierdurch gebildeten Figuren

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

auch streifigen Gebilden Platz, so daß man annehmen darf, daß innerhalb dieser Flächen die photosphärischen Massen sehr heftigen Bewegungen ausgesetzt sind, welche die Granulation verwirren. Auch über die Form und Gestaltsänderungen der Sonnenflecken und Sonnenfackeln lieferten die photographischen Sonnenaufnahmen neue und interessante Erkenntnisse.

Von ganz besonderem Nutzen erwies sich die Sonnenphotographie bei totalen Sonnenfinsternissen. Sie bietet in diesem Falle das geeignetste Mittel für das Studium der Korona und der Protuberanzen, deren Natur jetzt wohl allgemein als bekannt angenommen werden dürfte. In dieser Hinsicht sind namentlich die Arbeiten des bereits genannten Schaeberle bahnbrechend gewesen.

In neuester Zeit hat Charles Lane Poor aus einer Reihe zu verschiedenen Zeiten aufgenommener Photographieen der Sonne eine neue Beobachtung bezüglich der Gestalt der Sonne abgeleitet. (cf. Astrophysical. Journal 1905, vol. XXII, pag. 103—114, sowie auch den Bericht in der naturwissenschaftlichen Rundschau 1906, Heft 6, pag. 73 f.) 22 durch Lewis M. Rutherfurd aufgenommene Sonnenphotographieen, von welchen 4 im Jahre 1870, 8 im Frühling und Sommer 1871 und 10 im Frühling und Sommer 1872 hergestellt waren, wurden auf dem Recheninstitute der Sternwarte der Columbia University durch Miss Harpham und Miss Davis einer doppelten Ausmessung unterzogen. Hierbei wurden die Differenzen zwischen dem Polar- und Äquatorialradius der Sonne an den einzelnen Daten zusammengestellt. Während die Differenzen Polarradius minus Äquatorialradius in jedem einzelnen Jahre ziemlich gut übereinstimmten, waren deren Mittelwerte für die verschiedenen Jahre sehr von einander abweichend. Sie betrugen für 1870 (22. September): $+ 0{,}50''$, für 1871 (19. Juli): $- 0{,}32''$, für 1872 (2. Juli): $+ 0{,}22''$. Hieraus schließt Herr Poor, daß in diesen 3 Jahren die Gestalt der Sonne sich wirklich verändert habe: Der Äquatorialdurchmesser hat im Vergleich mit dem Polardurchmesser erst zugenommen und dann wieder abgenommen. Durch dieses Ergebnis wurde Herr Poor veranlaßt, eine sehr große Zahl von Heliometermessungen, die schon von Auwers behandelt worden waren, einer neuen Berechnung zu unterziehen. Er brachte die Beobachtungen in zwei Reihen: von September 1873 bis Januar 1875 und von Mai 1880 bis Juni 1883, und ordnete jede der beiden Reihen nach der Zeit der Einzelmessungen. In der ersten Reihe zeigte sich nun, daß in den ersten Messungen der äquatoriale Durchmesser etwas größer war als der polare, während in den späteren der Polardurchmesser entschieden größer war. Und diese Änderung der Differenz zwischen den beiden Durchmessern entspricht vollkommen der für die Jahre 1871—1872 aus den Messungen der photographischen Aufnahmen gefundenen. Auch in der zweiten Reihe ergab sich eine fortschreitende Differenz der beiden Durchmesser: der Äquatordurchmesser war entschieden länger als der Polardurchmesser; die Änderung der Differenz war also die entgegengesetzte wie für die Jahre 1874 bis 1875, in denen der Äquatorialdurchmesser kürzer wurde. Auch aus 5 Sonnenphotographien, welche Dr. Wilson in den Jahren 1893 und 1894 erhalten hatte, und die Poor in der gleichen Weise wie die Rutherfurd'schen Platten ausmessen ließ, fand er ein Kleinerwerden der Differenz der beiden Durchmesser. Nunmehr schritt Poor zu einer Berücksichtigung der Zahl der Sonnenflecken während der angegebenen Zeiten. Ende 1870 war ein Fleckenmaximum eingetreten, von dem ab ihre Zahl bis 1876 abnahm. Nun zeigten gerade vor dem Maximum die Platten ein Wachsen des Äquatorialdurchmessers, während für die Jahre 1871 bis 1876 die Platten wie die Heliometermessungen eine Abnahme des Äquatorialdurchmessers erkennen lassen. Von 1880 bis 1883 nahm die Zahl der Sonnenflecke zu, das Maximum wurde Ende 1883

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

erreicht; für dieselbe Zeit nimmt auch der äquatoriale Durchmesser im Vergleich zu dem polaren nach Ausweis der Heliometermessungen zu. Und wie das Fleckenmaximum des Jahres 1883 geringer ist als das des Jahres 1870, so ist auch die Zunahme des Äquatordurchmessers 1883 nicht so ausgesprochen wie 1870. Auch im Jahre 1893 trat ein Maximum der Sonnenflecken auf, und die Zahl derselben nahm im Jahre 1894 schnell ab. Dementsprechend zeigen auch die Wilson'schen Photographien eine Abnahme des Äquatorialdurchmessers im Vergleich zum polaren. Es scheint also das Verhältnis der beiden Durchmesser der Sonne ein veränderliches zu sein, und die Periode dieser Veränderlichkeit scheint dieselbe zu sein, wie diejenige der Sonnenflecken.

Wenig erfolgreich war die Anwendung der Photographie auf die Erforschung der Oberflächen der Planeten. Die Ergebnisse waren so wenig zufriedenstellend, daß selbst die von den Brüdern Henry aufgenommenen photographischen Darstellungen von Jupiter und Saturn, sowie auch die auf der Lick-Sternwarte vom Jupiter erhaltenen, obgleich sie zu den am besten gelungenen gehören, nicht annähernd jene Feinheiten und Details zeigen, die man selbst mit mittleren Fernrohren sehen und sogar messen kann. Die Handzeichnungen, welche von Keeler und Weinek geliefert wurden, sind durch die Photographie längst nicht erreicht, geschweige denn übertroffen, und solche Darstellungen, wie sie von verschiedenen Astronomen vom Mars hergestellt wurden, auf photographischem Wege zu erzielen, ist bis jetzt vollkommen ausgeschlossen.

Desto größere Triumpfe feierte die Photographie bei der Aufsuchung, beziehungsweise Entdeckung der Planetoiden. Der Erste, der hierbei die Himmelsphotographie in Anwendung brachte, ist Professor Dr. Max Wolf in Heidelberg. Er ging von dem Gedanken aus, daß bei tadellos funktionierendem Uhrwerk und unausgesetztem, sorgfältigem Pointieren, alle Fixsterne sich selbst bei mehrstündigem Exponieren als Pünktchen oder Scheibchen abbilden müssen, während ein Planet infolge seiner Eigenbewegung sein Dasein durch das Auftreten eines längeren oder kürzeren Striches dokumentieren müsse. Das erste Ergebnis hatte Wolf am 22. September 1891, als es ihm gelang, den verloren gegangenen Planetoiden (275) Sapientia wiederzufinden und gleichzeitig einen neuen, (323) Brucia, zu entdecken. Wolf bediente sich bei seinen Arbeiten anfangs einer 5 zölligen Porträtlinse von Kranz, seit Februar 1892 dagegen einer 6 zölligen von Voigtländer mit dem Verhältnisse 1 : 5 zwischen Öffnung und Brennweite, also eines Instrumentes von kurzer Brennweite, welches nur schwache Vergrößerungen ergibt, aber sehr lichtstark ist und ein großes Gesichtsfeld umfaßt. Seit dem Herbste des Jahres 1900 verwendet Wolf außerdem noch einen doppelten Sechzehnzöller, das Bruce-Telescop, zur gelegentlichen Aufsuchung schwächerer Planeten, deren Örter zu bestimmen sind. Dabei wird grundsätzlich nur nach alten, sogenannten „hilfebedürftigen", nie nach neuen, noch unbekannten Planeten gesucht. Auf diese Weise wurden im Jahre 1904 auf dem Astrophysikalischen Institut Königstuhl bei Heidelberg im ganzen 150 verschiedene Gegenden des Himmels auf Planeten hin aufgenommen. Dazu und zur Verfolgung einzelner Planeten wurden insgesamt 178 verschiedene Aufnahmen mit 441 Platten und 435 Stunden Belichtung gemacht. In diesen 150 verschiedenen Gegenden fanden sich neben 132 alten 50 neue Planeten. Neben Wolf haben sich an der Verfolgung der kleinen Planeten mit Hilfe der Photographie namentlich Charlois in Nizza und Palisa in Wien beteiligt, und die Wissenschaft erzielte mit dieser Methode eine reiche Ernte an bisher unbekannten und großenteils sehr lichtschwachen Planetoiden. So ergibt das Berliner Jahrbuch für 1905/06 573 berechnete

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bahnen von Planetoiden. Die Gesamtzahl der entdeckten Planeten würde aber weit über 600 sein, nur sind die übrigen nicht genügend durch Beobachtungen gesichert.

Wenn nun auch bei langer Belichtungsdauer die Planetenstriche meist deutlich in die Erscheinung treten, so können doch auf einer Platte ähnliche Bildungen, die nicht reell sind, zu Täuschungen Veranlassung geben. Wolf sagt hierüber: „Um einen sicheren Schluß zu ziehen, muß man mindestens zwei Platten derselben Himmelsgegend besitzen. Das genügt aber sehr oft auch noch nicht; es wird vielmehr meistens erforderlich sein, von derselben Himmelsgegend zwei zeitlich möglichst nahe aufeinander folgende Aufnahmen zu besitzen. Denn auf der zweiten Platte muß dann die Stelle, an welcher sich der Planetenstrich auf der ersten Platte befindet, leer sein, und der zweite Strich muß die Fortsetzung des ersten Striches bilden. Auf zwei Platten hingegen, deren Aufnahmen zeitlich weit auseinander liegen, wird eine Unreinlichkeit in Form eines Planetenstriches auf der einen Platte durch die andere Platte kaum kritisiert. Man weiß ja nicht recht, wie weit und in welcher Richtung der Planet gewandert ist.“ Da die unmittelbar hintereinander vorgenommene Aufnahme sehr zeitraubend (eine Aufnahme beansprucht immerhin eine Zeit von zwei Stunden) und demgemäß infolge der notwendigen ununterbrochenen und genauen Kontrolle durch Pointieren am Leitstern auch sehr aufreibend ist, so benutzt Wolf zur Abkürzung dieser Arbeit zwei genau gleichartige Apparate. Zuerst öffnet er eine Stunde lang den einen Apparat, hierauf eine Stunde lang beide; dann schließt er den ersteren und pointiert noch eine Stunde lang den zweiten allein. So sind statt vier nur drei Stunden Belichtungsdauer erforderlich, während der Vorteil zweier unmittelbar aufeinander folgender Aufnahmen gewahrt bleibt. Auch die Untersuchung der Platten nach etwa auf denselben enthaltenen Planetenspuren ist sehr anstrengend und erfordert viel Zeit. „Die Platte wird mit der Schichtseite schräg nach unten auf ein Gestell gelegt, das wie ein Retouchierpult gebaut ist. Auf die Rückseite der Platte hält man mit der Hand eine Aufsatzlupe und sucht damit die Platte Gesichtsfeld um Gesichtsfeld genau ab und vergleicht sie mit der daneben liegenden Vergleichsplatte.“ Eine sehr große Erleichterung hierin brachte der von Pulfrich bei Carl Zeiß in Jena konstruirte Stereokomparator. Derselbe zeigt bei zwei zu verschiedenen Zeiten von derselben Himmelsgegend aufgenommenen Photographien die Planeten weit vor den Fixsternen schwebend, und er läßt selbst bei zwei in kurzem Intervall hintereinander aufgenommenen Platten einen Planeten deutlich vor den Fixsternen hervortreten. Da jede Verschiedenheit auf den verglichenen Platten beim Betrachten mit dem Stereokomparator sofort ins Auge fällt, ist derselbe zur Auffindung von Planetenspuren ganz hervorragend geeignet. (Siehe Pulfrich in „Zeitschrift für Instrumentenkunde“. Berlin 1903).

Zum Schluße mögen noch einige kurze Bemerkungen über die Anwendung der photographischen Methode auf das Studium und die Darstellung der Oberfläche des uns nächsten Himmelskörpers, des Mondes, folgen. Die Objekte des Mondreliefs treten am deutlichsten an der Beleuchtungsgrenze hervor. Im nichtbeleuchteten Teil der Mondoberfläche ist naturgemäß gar nichts zu sehen; auf dem vollbeleuchteten Teile versinnlichen helle und verwaschene graue Flecken die Höhen und Tiefen des Bodenreliefs. An der Beleuchtungsgrenze dagegen liegen Licht und Schatten hart nebeneinander; die Krater, Ringgebirge, Wallebenen und Gebirgszüge, kurz alle Objekte erhalten eine ungemein scharfe Modellierung, sodaß selbst kleine Unebenheiten im Terrain sichtbar werden, indem sie ihr Dasein durch die Schatten, welche sie werfen, verraten. Nun leuchtet ein, daß diese sehr verschiedenen Lichtverhältnisse in den einzelnen Teilen der Mondoberfläche bei der photographischen Aufnahme sehr störend werden

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

können. Innerhalb einer gewissen Belichtungsdauer werden nämlich die hellen Partien bereits ausexponiert, die dunklen jedoch stark unterexponiert sein, sodaß hier wenige Details zur Wirkung kommen; werden hingegen die dunkleren Partien richtig exponiert, so findet eine Überlichtung der helleren Partien statt. Und in der Tat zeigten die ersten auf photographischem Wege gewonnenen Mondbilder ein sehr verwaschenes Aussehen. Dies änderte sich, als der große Sechsunddreißigzöller der Lick-Sternwarte auf dem Mount Hamilton in Californien zuerst im Jahre 1888 durch Burnham zur photographischen Mondaufnahme benutzt wurde und ausgezeichnete Negative lieferte. Selbst der ausgezeichnete Selenograph Weinek in Prag, der bis dahin die besten, sowohl in Bezug auf Treue als auf künstlerische Ausführung vollendetsten Handzeichnungen von Mondlandschaften geliefert hatte, kennzeichnet den Eindruck, welchen die einer starken Vergrößerung fähigen Lick-Aufnahmen auf ihn machten, durch folgende Worte: „Der erste Anblick eines von Professor Burnham an der Lick-Sternwarte im Jahre 1888 aufgenommenen Mondpositivs auf Glas unter starker Okularvergrößerung machte es mir sofort klar, daß die transparente Betrachtung solcher Platten jeder Kopie auf Papier bei weitem überlegen ist und fähig erscheint, ein überaus mannigfaltiges Detail zu enthüllen, wenn auch die Klarheit und Schärfe desselben in einigen Fällen noch Manches zu wünschen übrig ließen. Vor allem zeigte sich die Plastik der photographischen Mondlandschaften in wundervoller Schönheit, und es konnte keinem Zweifel unterliegen, daß eine vergrößerte, möglichst treue Wiedergabe einzelner Mondpartien nach diesen Platten für die Förderung der Selenographie von höchstem Werte sein müßte.“ Damals war Professor Weinek noch der Ansicht, daß die direkte photographische Vergrößerung nicht geeignet sei, Erfolg zu versprechen; er entschloß sich daher für die Methode des vergrößerten Zeichnens. Als er aber, in der photographischen Technik reich erfahren und geübt, auch in der photographischen Vergrößerung bahnbrechend gewirkt hatte, da trat die Photo-Selenographie in ein neues Stadium. Die Mondforschung hatte damit binnen wenigen Jahren ein graphisches Hilfsmittel gewonnen, dessen Dienste um so unschätzbarer sind, als die Erzielung ausgezeichneter Originalplatten sowohl auf der Lick-Sternwarte als auch auf der Sternwarte zu Paris durch M. Loewy und P. Puiseux damit parallel ging. (Vergleiche Atlas photographique de la Lune publié par l'observat. de Paris exécuté par M. Loewy et P. Puiseux, Paris.) Gerade diese letzteren Aufnahmen benutzte der inzwischen verstorbene J. M. Krieger auf der Pia-Sternwarte zu Triest zur Anfertigung seines „Mond-Atlas“, indem er geleitet wurde von dem Gedanken, diese Photographien als allgemeine Unterlage zu benutzen und das an einem starken Refraktor unter guten Luftverhältnissen sichtbare Detail in dieselben einzutragen. Der Krieger'sche Mondatlas wird in seiner Vollendung die weitaus detailreichste Darstellung der Mondoberfläche gewähren und für alle Zeiten ein unschätzbares Dokument für Fragen etwaiger Veränderungen auf der Oberfläche des treuen Begleiters unserer Erde bleiben. Leider hat der Begründer des Werkes nur das Material für zwei Bände fertigstellen können, deren zweiter erst nach seinem Tode erschien. Möge ihm bald ein seiner würdiger Nachfolger erstehen!

Ich stehe am Schlusse meiner Ausführungen. Sollte es mir gelungen sein, in etwa ein allgemeines Bild von dem Einflusse, welchen die Einführung der Photographie unter die Hilfsmittel der astronomischen Forschung auf unsere Kenntnis des „gestirnten Himmels über uns“ ausgeübt hat, zu geben, und vielleicht den einen oder anderen Amateurphotographen zu veranlassen, seinen Apparat gelegentlich auch einmal auf Objekte außerhalb der Erde zu richten, so ist der Zweck, welcher mir bei der Niederschrift dieser Zeilen vorschwebte, erreicht.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf