

# ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

Nr. 4071.

Band 170.

15.

## Zwei Beobachtungen mittels Selenzellen bei der totalen Sonnenfinsternis am 30. August 1905.<sup>1)</sup>

Von *Th. Wulf*.

Die vorliegenden Beobachtungen habe ich gemeinschaftlich mit Herrn *J. D. Lucas* aus Namur angestellt. Beobachtungsort war Tortosa an der Ostküste von Spanien, wohin uns Herr P. Cirera, Direktor des im vorigen Jahre errichteten Observatorio del Ebro, freundlichst eingeladen hatte. Herr Cirera stellte uns das größte Zimmer im Meteorologischen Pavillon mit einem Fenster nach Ost, Süd und West und mit einer Pendeluhr für mittlere Zeit vollständig zur Verfügung. Für die im zweiten Teil beschriebene Beobachtung waren umfassende Vorarbeiten notwendig, die wir im physikalischen Institut des Ignatius-Collegs zu Valkenburg in Holland ausgeführt haben.

Das Selen hat bekanntlich die Eigenschaft, den elektrischen Strom viel besser zu leiten, sobald es von Lichtwellen getroffen wird, als wenn es sich im Dunkeln befindet. Es kann demnach dem Astronomen zu einem doppelten Zweck dienen, einmal zur Bestimmung der Lichtänderung. Das hat schon E. Ruhmer<sup>2)</sup> im Jahre 1902 bei einer partiellen Sonnenfinsternis getan. Sodann kann das Selen zur Zeitbestimmung verwendet werden, wenigstens für den Anfang und das Ende der Totalität. Diese letztere Anwendung des Selen wird ohne Zweifel von uns das erstemal gemacht.

### I.

Die erste Beobachtung hatte die Änderung der von der Sonne ausgehenden Lichtmenge zum Gegenstand. Der Widerstand des Selen bei der veränderten Belichtung wurde direkt gemessen. Von der gesamten auffallenden Strahlung ist besonders das Rot, dann das Gelb und weniger schon das Grün wirksam, während Violett und Ultraviolett, aber auch Ultrarot unwirksam bleiben. Die erhaltenen Resultate gelten daher nur insoweit für die Gesamtstrahlung, als man annehmen kann, daß mit der fortschreitenden Verfinsternung alle Strahlen in gleicher Weise abgeblendet werden. Besonders für eine Finsternis dürfte diese Annahme wohl nahezu richtig sein. Für die Lichtabnahme gegen Morgen und Abend kann man nicht das gleiche behaupten. Da wiegen die roten Strahlen bedeutend vor, weshalb das Dämmerlicht, mit einem Selenauge betrachtet, viel zu stark erscheint. Im allgemeinen aber fällt der Bereich der Empfindlichkeit der Selenzelle mit dem unseres Auges zusammen; so ist es in der Hauptsache dieselbe Strahlung, welche wir mit dem Auge und der Selenzelle beobachten.

Wir schalteten eine Batterie von fünf Akkumulatoren in Reihe mit einer Selenzelle und einem Zeiger galvanometer. Die Zelle war eine Flachzelle, vor  $\frac{1}{2}$  Jahr von Ruhmer in Berlin geliefert. Um bei der Bewegung der Sonne das Licht immer unter demselben Winkel auffallen zu lassen, wurde die Zelle auf den Spiegel eines Heliostaten mit Uhrwerk gebunden und der Spiegel so gedreht, daß das Licht immer senkrecht auffiel, eine Stellung, die sehr leicht dadurch kontrolliert werden konnte, daß das Licht einer vorgehaltenen Blende in sich selbst reflektiert wurde.

Wir beobachteten den ganzen Tag, von eine Stunde vor Sonnenaufgang bis nach Sonnenuntergang, und machten für gewöhnlich alle halbe Stunde eine Beobachtung, zu den Zeiten des Sonnenauf- und untergangs, wie während der partiellen Finsternis jedoch häufiger, und während der Totalität wurde kontinuierlich beobachtet, so viel man notieren konnte. Die Messungen umfaßten folgende Punkte. Nach einer Kontrolle der Batterie wurde zuerst der Widerstand der geschlossenen Zelle gemessen, also im Dunkeln, dann wurde 1 Minute belichtet und die Stromstärke am Schluß notiert. Darauf wurde die Zelle gleich wieder geschlossen und es erfolgte eine abermalige Kontrolle der Batterie. Nur in den letzten Minuten vor der Totalität, als das Licht schon sehr schwach war, blieb die Zelle immer auf und es wurde nur eine große Zahl Beobachtungen der Leitfähigkeit mit Zeitangabe gemacht.

Fig. 1 enthält eine graphische Darstellung der Resultate. Die obere Kurve gibt die Leitfähigkeit des belichteten Selen, die untere diejenige des unbelichteten. Man sieht, daß die Ruhepausen durchaus nicht ausreichen, um den Dunkelwiderstand vollkommen wieder herzustellen. Interessant ist aber zu bemerken, daß, sowie die Helligkeit der Mittagssonne wegen der eintretenden Finsternis abnimmt, auch der Widerstand der unbelichteten Zelle schon bald wieder wächst. Man hat daher in dem Abstand der zwei Kurven voneinander ein genaueres Bild der augenblicklichen Lichtstärke. Da das Selen bei Belichtung seine Leitfähigkeit sehr schnell ändert, aber nicht so schnell bei Verdunkelung, so ist die »Vorgeschichte« der Zelle hauptsächlich von Einfluß bei abnehmender Lichtstärke, während die Leitfähigkeit bei steigender Helligkeit innerhalb einer Minute stets nahezu zum Maximum ansteigt, gleichviel welches der Zustand der Zelle ist.

<sup>1)</sup> Nach einem ausführlicheren Bericht in der Physikalischen Zeitschrift 1905 S. 838-847 im Auszuge mitgeteilt vom Verfasser.

<sup>2)</sup> Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin 1904, S. 1025.

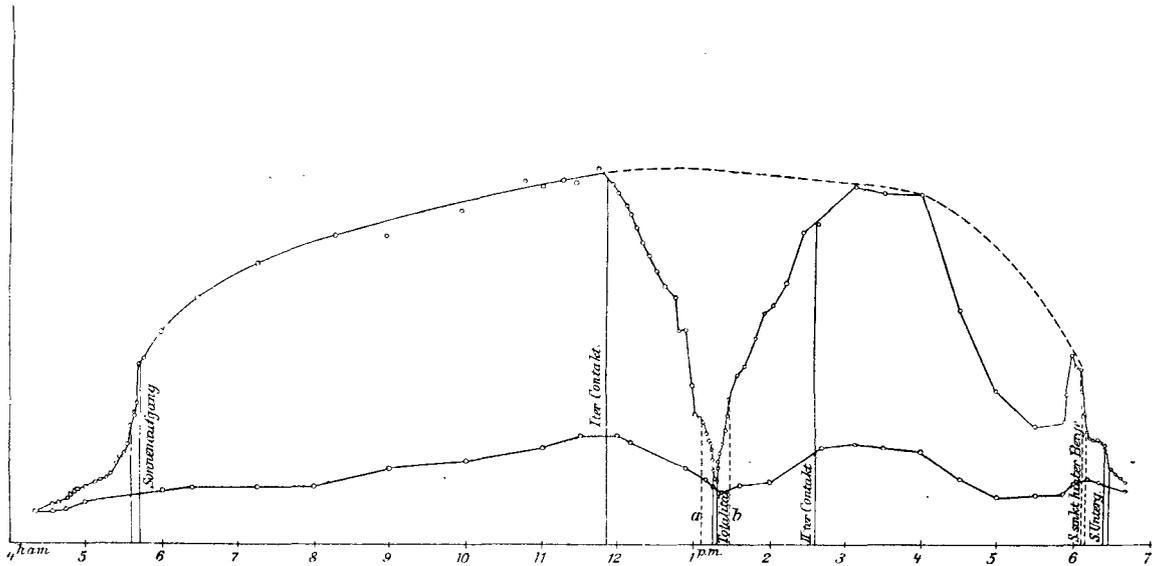


Fig. 1.

In der Figur ist zwischen 2<sup>h</sup> und 3<sup>h</sup> p. m. statt: II. Kontakt zu lesen: IV. Kontakt.

An der Hand der Kurve können wir jetzt folgendes über die Belichtung am Tage der Finsternis aussagen. Die Morgendämmerung fand einen durchaus klaren Himmel, so daß der Sonnenaufgang als Typus für den Vorgang dienen kann. Die Kurve setzt gleich mit einem langsamen Anstieg ein, der Zeit der »astronomischen Dämmerung«. Gegen 5<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> beginnt sie rascher zu steigen; man kann draußen gut lesen. Die an der Atmosphäre reflektierten und gebrochenen Strahlen treffen bereits den Ort: die bürgerliche Dämmerung. Gegen 5<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> treffen die ersten direkten Strahlen auf den Apparat, die Leitfähigkeit nimmt rapid zu, bis die ganze Sonnenscheibe sichtbar ist, ziemlich genau 5 Minuten.

Von nun an steigt die Lichtintensität noch wegen des kürzeren Weges durch die Atmosphäre (die Strahlen fallen aber immer senkrecht auf die Zelle) bis kurz vor 12<sup>h</sup>, wo die Finsternis beginnt.

Zu Anfang der Finsternis war der Himmel noch klar. Wir hatten gar nicht erwartet, daß das Selen jetzt schon reagieren würde, da man ja auch mit dem Auge eine partielle Verfinsterung an der allgemeinen Helligkeit nicht wahrnimmt. Wir waren daher nicht wenig erstaunt, als gleich vom ersten äußeren Kontakt an unser Galvanometer sich in Bewegung setzte und fast eine Stunde lang ganz gleichmäßig sich abwärts bewegte. Etwa eine halbe Stunde vor Beginn der Totalität bildeten sich Wolken, welche zeitweilig die Sonne verhüllten, daher die Ecken in dem abfallenden Kurventeil. Um diese Zeit häuften wir die Beobachtungen, um einen möglichst vollständigen Verlauf der Lichtänderungen zu bekommen. In größerem Maßstabe, mit Einzeichnung aller Beobachtungen, sind die erhaltenen Werte in Fig. 2 dargestellt. Dieser Teil der Kurve ist der interessanteste und lehrreichste. Er zeigt eine kontinuierliche Abnahme des Lichtes bis zur Dunkelheit der Totalität. Diese letztere tritt nicht mit einem Sprung abwärts auf, wie wir es erwartet hatten, sondern im Gegenteil: der Eintritt der Totalität war dadurch charakterisiert, daß die Helligkeit, welche bisher

beständig abgenommen hatte, von nun an nicht mehr weiter abnahm, sondern merklich konstant blieb. Allerdings neigt sich die Kurve noch weiter abwärts bis zum Ende der Totalität. Das kommt aber von der Selenzelle selber her, die bekanntlich nach vorhergegangener Belichtung ihren Maximalwiderstand nicht momentan wieder annimmt, sondern nur nach einer längeren Ruhepause. So haben wir tatsächlich den tiefsten Punkt der Kurve am Ende der Totalität, und mußte notwendig gerade dieser dritte Kontakt außerordentlich scharf ausgeprägt sein, indem der Galvanometerzeiger

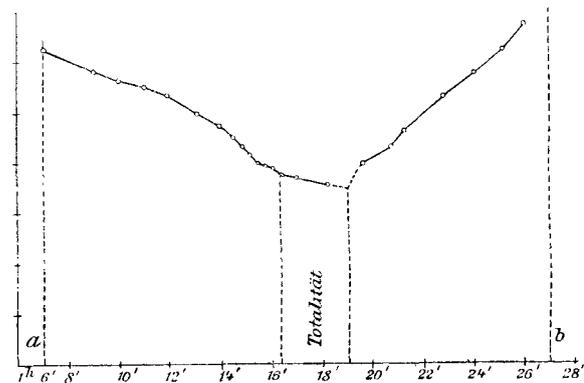


Fig. 2.

plötzlich umkehrte und wieder zu steigen begann. Leider wurde gerade am Ende der Totalität 1<sup>h</sup> 19<sup>m</sup> keine Ableseung vorgenommen. Es soll deshalb ausdrücklich hier bemerkt werden, daß der gestrichelte Kurventeil extrapoliert ist, da wir glauben, daß nach dem ganzen Verhalten des Selen zu urteilen wie auch nach der im zweiten Teil beschriebenen Beobachtung ein anderer Verlauf nicht möglich ist, da von 1<sup>h</sup> 18<sup>m</sup>–19<sup>m</sup> kein Licht auf die Zelle einwirken konnte. Auch hier war von keinem Sprung die Rede, wie Fig. 2 zeigt, sondern die Stromstärke nahm allmählich wieder zu, ganz in

dem Maße, als die Sonnenscheibe wieder frei wurde. So wahrscheinlich und gar selbstverständlich das erscheinen mag, so widerspricht es doch durchaus den bisherigen Beobachtungen. Und es entsteht daher die Frage, wie es kommt, daß uns der Vorgang so ganz anders erscheint. Die Beantwortung dieser Frage ist nicht schwer. Unser Auge empfindet nicht alle Helligkeiten gleich leicht. Wenn bereits starke Reize auf unser Auge wirken, empfindet es eine kleine Schwankung nicht, die es aber sehr lebhaft wahrnimmt, wenn die übrigen Reize verschwinden. Darum sind wir für den letzten Strahl der verschwindenden Sonne sehr empfindlich und scheint uns die Lichtänderung in diesem Augenblick ungleich größer zu sein als die ganze Zeit vorher. Demnach müßte man sagen, daß unser Auge das geeignetste Instrument sei zur Beobachtung dieser Momente. So wäre es in der Tat, wenn wir auch noch imstande wären, unsere Gesichtswahrnehmung ohne Zeitverlust zu notieren. Da aber die persönlichen Fehler bei verschiedenen Individuen und zu verschiedenen Zeiten ungleich und besonders in den kritischen Augenblicken einer Finsternis ganz unberechenbar sind, so sind doch selbsttätig wirkende Einrichtungen dem Auge vorzuziehen.

Die zweite Hälfte der Finsternis fiel zusammen mit einer langsamen Aufklärung des Himmels, deshalb und weil die Selenzelle auch bei starker Belichtung ihren Höchstwert nur langsam annimmt, war der letzte Kontakt mit der Selenzelle nicht zu erkennen.

Gegen 4 Uhr nachmittags bildeten sich neuerdings Wolken, die einen großen Teil des Lichtes fortnahmen. Es trat gegen 6 Uhr abends bis Schluß noch einmal Aufklärung ein. Sonnenuntergang traf für den 30. August auf  $6^h 23^m$ . Es ist aber Tortosa besonders im Westen von einer langen Bergkette umgeben, die in dem Monte Espina, 13 km vom Beobachtungsorte entfernt, eine Höhe von 1180 m erreicht, daher schon bald nach  $6^h$  der jähe Lichtabfall, welcher dem Sonnenuntergang durchaus entspricht. Merkwürdig ist, daß trotzdem der astronomische Sonnenuntergang ebenfalls noch durch ein schnelleres Sinken der Lichtintensität bemerkbar ist.

Zur Vervollständigung dieser Beobachtung haben wir auch an einigen der folgenden klaren Tage an derselben Stelle beobachtet, um die Kluft der Finsterniszeit zu überbrücken. Die Werte sind durch die gestrichelte Linie in Fig. 1 dargestellt. Schon um 1 Uhr konnte man eine Abnahme der Mittagshelligkeit wahrnehmen. Wahrscheinlich wird die größte Lichtstärke genau mit dem wahren Mittag zusammenfallen, wegen der Nachwirkung der Belichtung werden aber alle Angaben des Nachmittags ein wenig zu groß sein.

## II.

Zweitens versuchten wir, mittels Selen eine genaue Zeitbestimmung, zunächst für den Anfang und das Ende der Totalität, auszuführen. Die Änderung der Leitfähigkeit vollzieht sich zwar nicht vollständig momentan, aber doch so schnell, daß man die Zelle zur Lichttelefonie verwenden kann, d. h. daß innerhalb kleiner Zeiteinheiten, die weniger als ein tausendstel Sekunde betragen, eine gut merkliche Änderung eintritt. Wir mußten also ein genügend schnell

schwingendes Galvanometer anwenden und dessen Stromstärke kontinuierlich aufzeichnen mit Angabe der absoluten Zeit. Alles sollte aber mechanisch geschehen, so daß persönliche Fehler das Resultat nicht beeinflussen konnten.

Durch das Uhrwerk eines Chronographen *Cr* (Fig. 3) wurde ein hochempfindlicher photographischer Film gleichmäßig an einem horizontalen Spalt vorbeibewegt. In dem Spalt befand sich eine Zylinderlinse *C*, welche quer über den Film eine scharfe Lichtlinie von ca. 0.3 mm Dicke zeichnete. Unmittelbar vor dem Film befand sich noch eine Millimeter-skala auf Glas, durch welche auf dem Film der ganzen

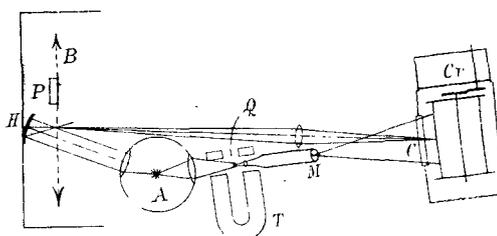


Fig. 3.

Länge nach parallele Linien gezeichnet wurden. Die Geschwindigkeit des Films wurde zuletzt zu 12 mm/sec gewählt, so daß die belichtete Linie in  $0^{\circ}025$  wechselte. Auch diese Geschwindigkeit war noch unnötig groß.

Jetzt handelte es sich noch um ein hinreichend empfindliches und zu gleicher Zeit sehr schnell sich einstellendes Galvanometer. Dazu erwies sich das Einthovensche Fadengalvanometer<sup>1)</sup> sehr geeignet. Prof. Edelmann in München, verfertigte uns ein sehr einfaches Galvanometer mit Stahlmagneten. Das Instrument besteht aus einem hufeisenförmigen Magneten *T*, zwischen dessen Polen ein versilberter Quarzfaden *Q* ausgespannt ist; wird dieser von einem Strom durchflossen, so wird der Faden von dem Magneten abgelenkt. Die Ablenkung ist innerhalb gewisser Grenzen der Stromstärke proportional. Je straffer der Faden angezogen wird, desto kleiner, aber auch desto schneller sind die Ausschläge. Bei der Finsternis betrug die Dauer der Einstellung kaum  $0^{\circ}01$ , wie wir uns durch mehrmalige kurze Unterbrechung des Stromes überzeugten. Es ist auf dem Film

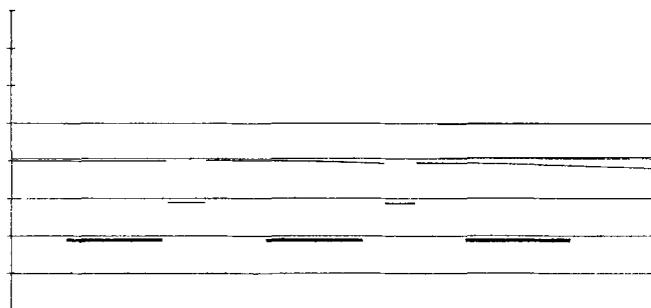


Fig. 4.

mit bloßem Auge überhaupt kein Unterschied wahrzunehmen. Fig. 4 enthält als Probe des 4 m langen Streifens eine solche Unterbrechungsstelle aus der Zeit nach der Totalität.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> W. Einthoven, Annalen der Physik 12.1059. 1903.

<sup>2)</sup> Das Original erwies sich zur mechanischen Vervielfältigung als zu schwach. Dasselbe gilt von Fig. 5.

Zur Projektion benutzten wir eine Acetylenflamme  $A$ , durch welche wir mittels des Mikroskops  $M$  und der Zylinderlinse  $C$  ein Bild des mittleren Fadenstückes auf dem bewegten Film entwarfen. Die Entfernung des Okulars vom Film war ungefähr 60 cm.

Die Selenzelle, ebenfalls von E. Ruhmer, hatte Zylinderform und befand sich im »Brennpunkt« eines Parabolreflektors. Da das volle Sonnenlicht die Selenzelle gleich durchgeschmolzen haben würde, so stellten wir bei den Versuchen mit Sonnenlicht grüne Scheiben vor, welche die langwelligen Strahlen bis Rot einschließlich sehr stark absorbierten. Wir mußten nun die Schaltung wählen, welche einerseits sehr kleine Stromstärken verlangte, um die Versilberung des Galvanometerfadens nicht durchzuschmelzen, andererseits aber mußten wir sehr große Stromänderungen herbeiführen, um einen gut merklichen Ausschlag zu bekommen. Wir wählten daher die Brückenschaltung und regelten die Widerstände der vier Zweige so, daß anfangs bei der Belichtung der Strom in der einen Richtung durch das Galvanometer ging, um dann während der Totalität durch Null hindurch zur entgegengesetzten Richtung umzukehren. Bekanntlich ist diese Methode zur Bestimmung kleiner Widerstandsschwankungen in dem einen Zweige sehr empfindlich, ja fast von einer unbegrenzten Empfindlichkeit; da man durch Vermehrung der Spannung der Elemente auch bei einer kleinen Abweichung vom »Gleichgewicht« der Widerstände eine beliebig große Spannungsdifferenz an den Enden der Brücke erzielen kann. Durch Verwendung von zwei Selenzellen, in den diagonal gegenüberliegenden Brücken Zweigen eingeschaltet, würde die Empfindlichkeit ebenfalls sofort auf das Doppelte steigen. Wir benutzten in Ermangelung einer konstanteren Betriebskraft vier große Chromsäureelemente, also 8 Volt. Da ihnen nur ein Strom von ca. 1 Milliampere entnommen wurde, so waren sie für die 5 Minuten der Beobachtung hinreichend konstant.

Bei den Vorarbeiten handelte es sich zunächst darum, festzustellen, ob die ganze Einrichtung wirklich pünktlich arbeite bzw. wie groß die Verzögerungen waren.

Wir wählten dazu folgende Versuchsanordnung, von der wir glauben, daß sie durchaus exakt und einwandfrei ist. Das von einem Heliostaten reflektierte Bündel Sonnenlicht sammelten wir durch eine Linse in einem Brennpunkt von ca. 2 mm Durchmesser. Von da aus ging das divergente Strahlenbündel zum Teil auf die Selenzelle, ein kleiner Bruchteil aber wurde durch geeignete Spiegel auf die Zylinderlinse geworfen und erzeugte auf dem bewegten Film eine dunkle Linie. Wurde dann in den Brennpunkt des Sonnenlichtes schnell ein Schirm gehalten, so bezeichnete das Ende der Lichtlinie genau jene Stelle des Films, welche gerade in diesem Augenblick exponiert war. Durch dieselbe Bewegung wurde aber auch das ganze Licht plötzlich von der Selenzelle abgehalten bzw. zugelassen, und das Galvanometer wurde durch die veränderte Leitfähigkeit des einen Brücken-zweiges abgelenkt. Wenn nun an irgend einer Stelle der Vorgang eine Verzögerung erfuhr, sei es in der Selenzelle, sei es im Galvanometer, so mußte die Ablenkung des Galvanometers hinter dem Ende der Lichtlinie auf dem Film um so viel verschoben sein, als sich der Film in der Zwischenzeit voranbewegt hatte.

Fig. 5 gibt eine Probe der Photographien. Die Stellen links auf der Figur sind zuerst exponiert, so daß die linken Enden der dunklen Linien die Momente bezeichnen, wo das Licht auf die Zellen einzuwirken begann. Eine Betrachtung der Figur bestätigt uns zunächst, daß diese Methode in hohem Grade geeignet ist, den Moment der Lichteinwirkung genau, jedenfalls weit über 0,1 genau festzulegen. Denn bei einer Geschwindigkeit von 12 mm/sec käme auf 0,1 1,2 mm Verschiebung. Daß eine solche auch nicht annähernd vorliegt, zeigt ein Blick auf die Figur.

Da nun bei dieser Beobachtung nicht bloß der Verlauf der Lichtänderung aufgezeichnet, sondern eine genaue Zeitbestimmung vorgenommen werden sollte, so bedurfte es jetzt

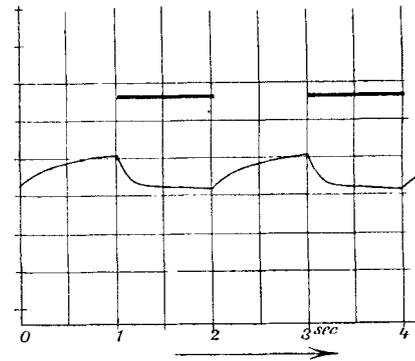


Fig. 5.

noch eines Mittels, welches auf dem Film fortwährend die Zeit notierte, zu welcher jede einzelne Stelle unter der Lichteinwirkung gestanden, und zwar mußte dieses Mittel ebenso schnell arbeiten, wie die übrigen Apparate, wenn nicht alles andere umsonst sein sollte. Wir benutzten dazu eine sehr einfache und (soviel wir bis jetzt erfahren haben) neue Vorrichtung, die wohl auch bei anderen ähnlichen Beobachtungen gute Dienste leisten würde. Wir rückten den ganzen Apparat vor die Uhr, welche zur Zeitbestimmung dienen sollte und befestigten auf der Rückwand des Uhrgehäuses hinter der Pendelstange einen kleinen Hohlspiegel  $H$ , Fig. 3. Auf die Pendelstange selbst setzten wir ein ca. 4 cm langes und ebenso breites schwarzes Blech  $B$ . Das Licht einer Flamme (wir benutzten dieselbe Flamme, welche auch zur Projektion diente) fiel auf den Spiegel  $H$  und wurde in einem Brennpunkt gesammelt. Flamme und Spiegel waren so angeordnet, daß der Brennpunkt gerade von dem kleinen Schirm auf der Pendelstange durchschnitten wurde. Es war das ungefähr der Fall, wenn das Pendel sich in seiner tiefsten Lage befand. Von diesem Lichtkegel wurde dann mittels einer weiteren Linse auf dem photographischen Papier eine dunkle Linie erzeugt, die aber nach jeder Sekunde scharf abgeschnitten eine Sekunde aussetzte, wenn nämlich der Schirm auf dem Pendel den Lichtkegel abblendete. Damit war die Zeit genau aufgezeichnet. Denn wenn auch die Verdunklung gar nicht in der Ruhelage eintrat, so entsprach doch die Mitte des dunklen Striches genau dem einen Umkehrpunkt des Pendels, die Mitte des hellen Zwischenraumes dem anderen Umkehrpunkt.

So waren wir im Besitz einer Methode, deren Genauigkeitsgrenze nicht in unserem Apparat, sondern in der Un-

möglichkeit einer genaueren Zeitbestimmung gelegen war. Nebenbei hielten wir es für möglich oder gar wahrscheinlich, daß wir sämtliche Protuberanzen und im günstigsten Falle selbst die schnell vorüberziehenden Schatten, welche den Eintritt und das Ende der Totalität begleiten, nach Zeit, Zahl und Dauer mitphotographieren würden. Wenn sich auch alle diese Hoffnungen dieses Mal noch nicht erfüllten, so zweifeln wir doch nicht, daß es mit Benutzung der gemachten Erfahrungen ein anderes Mal gelingen wird, auch dieses Ziel zu erreichen.

Ein Hauptvorteil der Methode liegt noch darin, daß sie auch bei bedecktem Himmel noch Resultate gibt, wenn alle anderen Methoden vollständig versagen. Den denkbar ungünstigsten Fall erlebten wir gleich dieses Mal, daß nämlich kurz vor der Totalität die Wolken sich bildeten und so die Unstetigkeit der Kurve mehr oder weniger verwischten. Gleichwohl ließ sich der Moment der totalen Verfinsterung noch mit einer befriedigenden Sicherheit feststellen.

Wir hatten, wie erwähnt, die vier Brückenwiderstände so gewählt, daß bei einer Helligkeit von vielleicht ein viertel des Sonnenlichtes der Strom noch in der einen und bei völliger Verdunklung schon recht stark in der anderen Richtung das Galvanometer durchfloß. So mußte bis zum Moment der Totalität die Brücke nahezu stromlos werden und die Unstetigkeit der Galvanometerkurve am schärfsten hervortreten. Allein diese Überlegung erwies sich als unrichtig. Schon der normale Verlauf einer Finsternis ist, wie die oben besprochene Dauerbeobachtung zeigt, der, daß die Verminderung des Lichtes bis zum Eintritt der Totalität nahezu abgeschlossen ist. In diesem besonderen Falle kam noch hinzu, daß etwa eine Viertelstunde vor der Totalität eine starke Wolkenbildung eintrat, welche den Rest des Sonnenlichtes noch bedeutend verminderte. Obgleich wir nun alle Grünscheiben vom Spiegel entfernten, so war doch die Folge, daß die Selenzelle schon vor der Totalität fast Dunkelwiderstand annahm und infolgedessen das Galvanometer schon so weit abgelenkt war, daß die Empfindlichkeit bedeutend sank, zumal wir in der Besorgnis, es möchte bei der plötzlichen Lichtänderung der Faden ganz aus dem »Gesichtsfeld« fahren, denselben ziemlich straff angezogen hatten. Etwa 65 Sekunden vor dem berechneten Anfang der Totalität setzten wir den Film in Bewegung. Er hatte 5 m Länge und reichte also fast 7 Minuten. Während der Bewegung unterbrachen wir 6 Sekundenstriche, die wir notierten. Außerdem wurde der Galvanometerstrom einige Male unterbrochen und kommutiert, zur Fixierung der Ruhelage und der Schwingungsdauer. Der entwickelte Film zeigte sehr gut die Änderungen der Belichtung, anfangs Abnahme, dann beständige Dunkelheit und endlich wieder Zunahme der Helligkeit, allein eine mit bloßem Auge wahrnehmbare scharfe Unstetigkeit war nicht vorhanden, besonders der Anfang der Totalität schien nicht festzustellen zu sein. Erst eine mikroskopische Ausmessung der Kurve in der Umgebung der charakteristischen Stellen zeigte uns einen Erfolg unserer Arbeit. In Abständen von 1 bzw. 2 cm wurde eine Anzahl Linien quer über den Film gezogen und an diesen Stellen die Lage des Fadens zwischen den zwei benachbarten Millimeterstrichen gemessen. Es wurden an jeder Linie etwa 10 Einstellungen vorgenommen. Eine Unstetigkeit der Kurve muß sich dann in einer plötzlichen

Änderung des Differentialquotienten zeigen. Tabelle 1 setzt außer allem Zweifel, daß dieselbe zwischen den Linien 9 und 10 gelegen ist. Beim Herannahen der Totalität nahm die Helligkeit mit wachsender Geschwindigkeit ab. Die schwachen Änderungen nach Nr. 10 kommen zum Teil von der Bedeckung der Chromosphäre, zum Teil von der bekannten Nachwirkung des Selens her. Zur genaueren Bestimmung des Momentes der Totalität wurde nun das Kurvenstück zwischen Nr. 9 und 10 in fünf kleinere Teile zerlegt und wiederum ausgemessen. Tabelle 2 gibt die Resultate und zeigt, daß der Unstetigkeitspunkt bei 9.2 gelegen ist. Während der Totalität erhielten wir fast eine gerade Linie von ca. 2 m Länge, die nur anfangs noch ein wenig sich senkte.

Das Ende der Totalität war ungleich deutlicher ausgeprägt, einmal weil die Selenzelle auf »Helligkeit« viel exakter reagiert, als auf »Dunkelheit«, sodann auch, weil der Wolkenschleier sich während der Totalität zerteilte und die ersten Strahlen gleich voll zur Geltung kamen. Die Ausmessung dieser Partie des Films ergab die in Tabelle 3 unter Nr. 48–58 verzeichneten Werte mit einem Knick zwischen 50 und 51. Da die nahezu konstanten Änderungen des Differentialquotienten für die kurze Extrapolation eine gute Richtschnur an die Hand geben, so können wir mit Sicherheit sagen, daß der Knick zwischen 50.0 und 50.3 mm liegt, wir nehmen also 50.15 an, was von den beiden Extremen um 0.2 entfernt liegt.

Tabelle 1.  
Anfang der Totalität.

Nr.	Galvanometer	Differenz
	mm	
1	18.563	
2	18.831	0.268
3	19.113	0.282
4	19.397	0.284
5	19.720	0.323
6	20.050	0.330
7	20.393	0.343
8	20.800	0.407
9	21.190	0.390
10	21.380	0.190
11	21.506	0.126
12	21.570	0.066
13	21.630	0.060
19	21.920	0.048
40	22.063	0.005

Tabelle 2.

Nr.	Galvanometer	Differenz
	mm	
9.0	21.190	
9.2	21.256	0.066
9.4	21.289	0.033
9.6	21.319	0.030
9.8	21.350	0.031
10.0	21.380	0.030

Tabelle 3.  
Ende der Totalität.

Nr.	Galvanometer	Differenz
	mm	
48	22.063	
49	22.07	0.007
50	22.067	0.003
51	22.00	0.067
52	21.90	0.10
53	21.78	0.12
54	21.64	0.14
55	21.48	0.16
56	21.30	0.18
57	21.12	0.18
58	20.84	0.28

Die ganze Kurve ist in Fig. 6 in der Weise dargestellt, daß die Abszissen 20-fach verkleinert, die Ordinaten 5-fach vergrößert sind.

Die Methoden zur Bestimmung der richtigen Uhrzeit übergehen wir hier. Es sei nur bemerkt, daß wir durch Telephon und Mikrophon mit der astronomischen Uhr des Observatoriums verbunden waren, so daß wir das Ticken derselben in unserem Zimmer hören und so nach der Methode der Koinzidenzen den Gang unserer Uhr verfolgen konnten.

Es bestätigt sich auch durch das Selen die allgemein gemachte Beobachtung, daß die Finsternis dieses Mal um ein Bedeutendes der Rechnung vorausgeeilt ist. Die letzten Rechnungen, welche Herr P. Berloty unter Zugrundelegung der genauesten Annahmen über die Lage von Tortosa (1<sup>m</sup>58<sup>s</sup>6

Valkenburg (Holland), Dezember 1905.



Fig. 6.

östl. v. Greenw. und +4° 49' 11") ausgeführt hatte, hatten ergeben:

Rechnung.

Anfang der Totalität	1 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> 18 M. Z. Gr.
Ende » »	1 19 20.51 »
Dauer » »	2 50.33 »

Beobachtung mittels Selen.

Anfang der Totalität	1 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> 6 M. Z. Gr.
Ende » »	1 19 6.9 »
Dauer » »	2 51.3 »

Mit diesem Resultat glauben wir die Brauchbarkeit der Methode genügend bewiesen zu haben. Wenn man eine Reihe solcher Apparate auf den Weg der Finsternis verteilte, so würde man nicht nur die persönlichen Fehler vermeiden, sondern vor allem würde auch die Schwierigkeit fortfallen, daß verschiedene Beobachter immer einen anderen Grad der Verfinsternung als Anfang bzw. Ende der Totalität bezeichnen werden. Obwohl die Frage, welcher Augenblick durch die Selenzelle als Anfang und Ende genommen wird, erst noch einer genaueren Untersuchung bedürfte, so erhalte man doch auch unabhängig davon wenigstens untereinander vergleichbare Resultate.

Th. Wulf.

## Planet 1905 RZ und neuer Planet 1905 SP.

Dr. J. Palisa teilte mir mit, daß auf Grund einer Prüfung am Himmel Jan. 1 die dem Planeten 1905 RZ zugeschriebene Beobachtung Dez. 31 (A N. 4067, vgl. auch Berichtigung Nr. 4068) wahrscheinlich nicht diesem, sondern einem unbekanntem Planeten angehöre. Eine infolgedessen von Prof. M. Wolf vorgenommene Aufnahme hat nun in der Tat in dieser Gegend die folgenden beiden Planeten ergeben:

Nr.	$\alpha$	$\delta$	tägl. Bew.	Gr.
a	2 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 5	+19° 13'	+0 <sup>m</sup> 4 -1'	13
b	2 46.8	+20 11	+0.3 +2	13

Zur weiteren Prüfung habe ich für 1905 RZ aus den Beobachtungen Nov. 1, 25 Königstuhl und Dez. 18 Wien die folgenden Elemente abgeleitet:

Epoche 1905 Dez. 18.5 Berlin.

$$\left. \begin{aligned} M &= 107^\circ 7' 53''.0 \\ \omega &= 257 28 35.3 \\ \delta &= 31 5 35.1 \\ i &= 6 23 45.2 \end{aligned} \right\} 1905.0$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= 12^\circ 50' 33''.9 \\ \mu &= 767''.0483 \\ \log a &= 0.443456 \end{aligned} \right\}$$

Die nicht benutzten Wiener Beobachtungen Dez. 2 und 5 werden dargestellt (B-R):

$$\begin{aligned} 1905 \text{ Dez. } 2 & \Delta\lambda = -6''.6 & \Delta\beta = +4''.0 \\ & \text{» } 5 & = -11.4 & = +4.3 \end{aligned}$$

Ein näherer Anschluß an diese Beobachtungen wurde nicht versucht. Die Elemente zeigen nun für die oben er-

wähnte Beobachtung von Dez. 31 die unzulässige Abweichung (B-R):  $\Delta\lambda = -6' 52''.4$ ,  $\Delta\beta = +16''.5$ , oder  $\Delta\alpha = -28''.17$ ,  $\Delta\delta = -1' 48''.6$ , führen aber für Jan. 20 auf den Planeten b, so daß dieser sicher mit RZ identisch ist. Es werden deshalb die Wiener Beobachtung Dez. 31 und die Heidelberger Planetenspur a von Jan. 20 einem neuen Planeten 1905 SP zuzurechnen sein.

Kiel, 1906 Jan. 26.

H. Kreutz.