

Beleuchtungsverhältnisse bei totalen Mondesfinsternissen.

Von

Prof. Dr. K. Hillebrand.

Vortrag, gehalten den 16. Dezember 1903.

(Mit 2 Abbildungen im Texte.)

Wenn es sich darum handelt, irgend ein Naturereignis darzustellen, so ist es nicht möglich, sämtliche Umstände in Rechnung zu ziehen, die zum Zustandekommen und zu der Art des Verlaufes desselben beitragen, deren Zahl ja naturgemäß eine unabsehbar große ist; man wird vielmehr nur eine beschränkte Anzahl derselben in Betracht ziehen, die so ausgewählt sind, daß sie das Charakteristische der fraglichen Erscheinung darstellen, so zwar, daß sie doch eine gewisse Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse bedeuten. Dieser stets notwendige Prozeß des Ausscheidens unwesentlicher Umstände ist in der Mehrzahl der Fälle durchaus kein leichter und eine fehlerhafte Beurteilung ihres relativen Gewichtes oft kaum zu vermeiden.

Gerade dieses letztere Moment, das in der Schwierigkeit, die ausschlaggebenden Umstände herauszufinden, seinen Grund hat, kann nun zur Folge haben, daß die gegebene Darstellung überhaupt nicht mehr als erste Annäherung des betreffenden Vorganges gelten kann.

Ein sehr augenfälliges Beispiel einer derartigen Verschiebung der wirklichen Verhältnisse bietet der Gegenstand, der uns im folgenden beschäftigen soll: die Helligkeitsverhältnisse in und um den Totalitätsbereich einer Mondesfinsternis.

Im ersten Momente scheint dieser Gegenstand wenig Anlaß zu eingehenderen Erörterungen zu geben: das Zustandekommen einer Mondesfinsternis und die Art, wie sich die einzelnen Phasen einer solchen abspielen, scheint nach der üblichen Darstellung ein so einfacher Vorgang zu sein, daß er durch ganz elementare geometrische Anschauungen mit einemale erfaßt werden kann. Es kann aber gezeigt werden, daß unter Berücksichtigung aller hier in Frage kommenden Momente die Deutung dieses Phänomens von einer ganz anderen Basis aus zu geschehen hat, als sie uns durch die rein geometrischen Verhältnisse geboten wird.

Nimmt man zunächst nur auf diese Rücksicht, wie es bei der gewöhnlichen schematischen Darstellung geschieht, so erhält man folgende grundlegende Daten, die sich auf mittlere Distanzen beziehen, was für die folgenden Betrachtungen vollkommen genügt.

Aus der Entfernung der Erde von der Sonne von 148·65 Millionen Kilometer, dem Sonnenhalbmesser von 0·6933 und dem Erdhalbmesser von 0·0664 erhält man für den Kernschattenkegel eine Länge von 1·384 vom Erdmittelpunkt aus. Da die Distanz Mond-Erde 0·384 beträgt, so folgt daraus, daß der Mond überhaupt von diesem Schattenkegel getroffen werden kann; da ferner der Durchmesser des letzteren in der Monddistanz 0·0092 beträgt, der Monddurchmesser aber nur 0·0035, so ergibt sich daraus die Möglichkeit einer totalen Verfinsternung. Denken wir uns den Erdschatten durch eine Ebene in Monddistanz, normal zur Verbindungslinie Sonne-Erde,

aufzufangen, so würde einem Beobachter im Erdmittelpunkte der Totalitätsbereich als ein Kreis mit dem Radius $41' 11''$ erscheinen, während der Halbschattenbereich durch einen Kreis vom Radius $1^\circ 13' 13''$ begrenzt wäre. Innerhalb des ersteren wird ein Element der Mondoberfläche kein Licht empfangen, während dasselbe beim Durchwandern des letzteren alle Helligkeitsstufen von Null bis zur vollen Sonnenbeleuchtung sukzessive erhalten wird. Zu bemerken ist dabei nur, daß die Helligkeitszunahme keine gleichförmige sein wird; am Beginn und Ende des Halbschattenbereiches wird einem bestimmten Fortrücken des Mondoberflächenelementes ein geringerer Flächenzuwachs der sichtbaren Sonnenscheibe entsprechen als im mittleren Teile desselben, wie es ja das Vorbeibewegen einer Kreisscheibe vor einer anderen auf den ersten Blick zeigt. Es wird daher die Helligkeitszunahme nach dem Verlassen des Kernschattens zunächst sehr langsam vor sich gehen, immer rascher werdend ein Maximum erreichen und darauf sich wieder verlangsamen bis zum Eintritte in das volle Sonnenlicht.

Vergleicht man nun diesen Verlauf, der sich ja für jeden einzelnen Fall rechnermäßig festlegen läßt, mit den Beobachtungen, so zeigen dieselben ausnahmslos zwei auffällige Abweichungen: erstens erscheint der Kernschattenbereich durchaus nicht als ein Bereich absoluter Dunkelheit; nach Eintritt der Totalität, bei welcher der Kontrast mit hellen Partien der Mondoberfläche wegfällt, sieht man unschwer den Mond als eine schwach erleuchtete kupferrote Scheibe, eine Erscheinung, die mit

der gegebenen Darstellung sich nicht verträgt; zweitens findet man die Grenze dieses Kernschattenbereiches nicht dort, wo sie der Rechnung nach sein sollte, sondern etwas nach außen verschoben, so daß der den Totalitätsbereich angegebende Kreis einen etwas größeren Radius besitzt als der oben angegebene Betrag. Diese Vergrößerung beträgt im Mittel etwa $51''$, wobei zu bemerken ist, daß die einzelnen Beobachtungen nur um wenige Bogensekunden von diesem Betrage abweichen, daher diese Erscheinung als gut verbürgte zu betrachten ist. Die Art dieser Abweichung hätte an sich nichts so Auffälliges wie die erste: bei der unmittelbar nach dem Kernschattenbereich sehr langsamen Helligkeitszunahme ist es ja immerhin denkbar, daß das Auge die Grenze desselben etwas nach außen verlegt. Da aber der Betrag eine derartige Verschiebung weit übersteigt, so steht man hier vor einer weiteren Anomalie und gerade diese war es, welche Anlaß gegeben hat, dem ganzen Schattenphänomen etwas näher zu treten.

Den früheren Erklärungen dieser eigentümlichen Erscheinungen liegt nun schon der ganz richtige Gedanke zugrunde, daß die Erdatmosphäre bei dem Phänomen eine nicht zu vernachlässigende Rolle spiele, nur wurde dieselbe in ganz oberflächlicher und durchaus nicht einwandfreier Weise angegeben.

Es wurde gewöhnlich angenommen, die Vergrößerung des Kernschattens rühre von dem Umstande her, daß die unteren Schichten der Atmosphäre bei der Länge des Weges, den die Lichtstrahlen in ihnen zurückzulegen

haben, so viel Licht absorbieren, daß sie wie ein wenig durchsichtiger Schirm wirken. Diese Erklärung ist unrichtig, weil dabei nur die absorbierende Wirkung der Atmosphäre berücksichtigt ist, nicht aber auch die lichtbrechende. Der letzteren zufolge wird erst ein Lichtstrahl vom Sonnenrande, der in einer Höhe von zirka $36 \frac{1}{2} km$ unsere Atmosphäre passiert, die Grenze des geometrischen Kernschattens in Monddistanz treffen, das heißt mit anderen Worten: unsere Atmosphäre könnte bis zur angegebenen Höhe gänzlich undurchsichtig sein, so würde der erste durchgelassene Randstrahl derart abgelenkt werden, daß er gerade die Grenze des geometrischen Kernschattens trifft, so daß selbst in diesem — die Absorptionskraft der Atmosphäre weit übersteigenden — Falle der Kernschattenbezirk noch immer nicht vergrößert sein würde.

Die Erklärung der zweiten Anomalie, der Sichtbarkeit des „total verfinsterten“ Mondes, durch Sonnenstrahlen, die vermöge der Brechung in der Atmosphäre in den geometrischen Schattenkegel gelangen, ist zwar an sich richtig, aber insoferne ungenügend, als dadurch die Bedeutung des geometrischen Totalitätsbereiches gänzlich annulliert wird und die Frage nach dem Zustandekommen einer gut definierten Schattengrenze, noch dazu außerhalb des geometrischen Bereiches, völlig offen bleibt.

Es kann nun gezeigt werden, daß bei Anwesenheit der Erdatmosphäre das ganze Phänomen ein wesentlich anderes wird als jenes, welches durch das gewöhnliche

geometrische Schema einer Mondesfinsternis gezeigt wird. Schon eine ganze angenäherte Rechnung kann uns das dartun.

Ein Lichtstrahl, dessen Weg nahe der Erdoberfläche vorbeiführt, wird nach dem Eintritte in die immer dichter werdende Atmosphäre von der geradlinigen Bahn so abgelenkt, daß er eine Kurve beschreibt, deren konkave Seite dem Erdmittelpunkte zugewendet ist. Er wird an einer bestimmten Stelle eine kürzeste Distanz von diesem, respektive von der Erdoberfläche erreichen, von welchem Punkte aus sich der Weg bis zum Austritte aus der Atmosphäre symmetrisch wiederholen wird. Die Grenze des eigentlichen Kernschattens wird durch jenen Randstrahl der Sonne gegeben sein, bei welchem diese Refraktionskurve die Erdoberfläche gerade berührt. Ein Beobachter in diesem Berührungspunkte wird die betreffende Lichtquelle im Horizonte erblicken, während die tatsächliche Visierlinie nach derselben unterhalb des Horizontes gerichtet ist. Der Betrag der Ablenkung bis zum Berührungspunkte ist demnach gleich der Refraktion im Horizonte. Da sich nach dem Berührungspunkte der Vorgang wiederholt, so wird die Gesamtablenkung des Lichtstrahles vom Eintritte in die Atmosphäre bis zum Austritte aus derselben gleich der doppelten Horizontalrefraktion sein. Diese letztere Größe ist uns aber durch Beobachtungen bekannt, allerdings nicht mit großer Schärfe, wie es ja die Qualität von Beobachtungen in der Nähe des Horizontes mit sich bringt. Man kann dieselbe mit rund 34' annehmen, so daß also die Seite des Schatten-

kegels um den Betrag von $1^{\circ} 8'$ gegen die Achse gebrochen wird. Dadurch wird natürlich die Länge des Kegels verkürzt, und zwar bei dem geringen Öffnungswinkel desselben ($31' 43''$) um einen nicht unbedeutenden Betrag.

Die Rechnung ergibt für den durch die Refraktion verkürzten Schattenkegel eine Länge von 0.262. Da nun die mittlere Mondsdistanz 0.384 beträgt, so folgt daraus die bemerkenswerte Tatsache, daß der Mond in den tatsächlichen Kernschattenbereich überhaupt nicht gelangen kann, was ja mit den erwähnten Beobachtungen in vollkommenem Einklang steht. Das, was man bisher als Totalitätsbereich aufgefaßt hat, ist demnach nur eine gewisse Umgebung des Helligkeitsminimums und es drängt sich nun die Frage auf, auf welche Weise trotzdem eine deutliche Schattengrenze zustande kommt, wo doch die Helligkeit vom Minimum an stetig zunimmt und insbesondere die geometrische Schattengrenze gänzlich bedeutungslos ist.

Die Grundlage für die Beantwortung dieser Frage muß natürlich die Untersuchung des Ganges der Helligkeit bilden, insbesondere in der Umgebung des kritischen Gebietes, nämlich der scheinbaren Kernschattengrenze, und zwar unter Zuziehung aller einflußnehmenden Faktoren. Dahin gehört, wie eben auseinandergesetzt wurde, vor allem die Erdatmosphäre in ihrer doppelten Wirkungsweise als lichtbrechendes und absorbierendes Medium. Noch ein Umstand fällt gerade bei der vorliegenden Frage nach der Ursache einer merklichen Schattengrenze sehr ins Gewicht, das ist die Abschattierung der

Sonnenscheibe. Dieselbe nimmt nämlich gegen den Rand an Helligkeit ab, allerdings so, daß diese Abnahme erst in der Nähe des Sonnenrandes merklich wird; da aber für die Beleuchtung der Mondoberfläche in der Umgebung des Minimums gerade die Randpartien der Sonne ausschlaggebend sind, so kann man von vorneherein durch diesen Umstand eine wesentliche Beeinflussung der fraglichen Erscheinung erwarten.

Man hat nun unter Berücksichtigung dieser Umstände die Helligkeit der Mondoberflächenelemente in den einzelnen Stadien der Verfinsterung, besonders aber in der Umgebung der scheinbaren Schattengrenze zu bestimmen.

Die Durchführung dieser Rechnung ist mit ziemlichen Schwierigkeiten verbunden. Schon der rein mathematische Teil ist eine durchaus nicht einfache Aufgabe. Die Elemente der Sonnenoberfläche, die an der Beleuchtung eines bestimmten Elementes der Mondoberfläche partizipieren, senden letzterem Lichtstrahlen zu, die an ursprünglicher Intensität, an der Größe des Ausstrahlungswinkels, der Weglänge, der Refraktion und Absorption von einander verschieden sind, so daß man es mit einer Summe von Größen zu tun hat, die in vielfacher und komplizierter Weise von Element zu Element sich ändern.

Eine zweite Schwierigkeit liegt in der Beschaffung gewisser grundlegender Daten, die sich insbesondere auf die Konstitution unserer Atmosphäre beziehen, soweit sie deren optisches Verhalten beeinflussen. Wir kennen

dieses letztere selbst für Beobachtungen auf der Erdoberfläche nicht völlig ausreichend, in der vorliegenden Frage ist es aber notwendig, dasselbe für den Verlauf der Lichtstrahlen in jeder beliebigen Höhe zu kennen, und es bedarf einer sorgfältigen Erwägung des einschlägigen Erfahrungsmaterialies, um brauchbare Annahmen über diesen Punkt zu erhalten.

Auf die Details derartiger Untersuchungen kann hier natürlich nicht eingegangen werden. Es liegen über diesen Gegenstand zwei fundamentale Arbeiten vor, welche von den Astronomen v. Hepperger¹⁾ (Wien) und Seeliger (München) herrühren und welche die Grundlagen der vorliegenden Erörterungen bilden.

Zwei bemerkenswerte Modifikationen sind aber auch ohne Rechnung sofort einzusehen. Da sich infolge der Refraktion der Übergang von vollkommener Dunkelheit bis zur vollen Beleuchtung auf einen größeren Raum erstreckt, so wird die Raschheit der Helligkeitszunahme durchschnittlich jedenfalls verringert. Ferner kommen die Strahlen, die den Raum unmittelbar nach dem eigentlichen Kernschattengebiete erleuchten, von den wenigstens intensiv leuchtenden Teilen der Sonnenscheibe und haben

¹⁾ v. Hepperger, „Über die Helligkeit des verfinsterten Mondes und die scheinbare Vergrößerung des Erdschattens“. Sitzungsberichte der kais. Akad. der Wissensch. in Wien 1895, math.-naturw. Klasse, und Seeliger, „Die scheinbare Vergrößerung des Erdschattens bei Mondesfinsternissen“. Abhandlungen der math.-phys. Klasse der kgl. bayrischen Akad. der Wissensch. 1898.

außerdem den am stärksten absorbierenden Teil der Erdatmosphäre zu durchsetzen; beide Umstände bewirken demnach eine besondere Verzögerung der Helligkeitszunahme im Anfange des tatsächlichen Halbschattengebietes. Die Details des ganzen Verlaufes können natürlich, wie erwähnt, nur durch die Durchführung der Rechnung ermittelt werden.

Die Ergebnisse derselben sollen durch die nebenstehende Zeichnung veranschaulicht werden, welche die Helligkeiten in der Umgebung der kritischen Stelle, der Stelle der scheinbaren Schattengrenze, angibt. Dazu ist folgendes zu bemerken:

Der Punkt 0 bezeichnet die Stelle der Grenze des geometrischen Kernschattens, die mit 10", 20", 30" u. s. w. bezeichneten Punkte repräsentieren jene Orte in Mondstanz, welche einem Beobachter auf der Erde um 10, 20, 30 u. s. w. Bogensekunden vom Schattenzentrum weiter entfernt sind als die geometrische Schattengrenze; außerdem ist noch jener mit — 10" bezeichnete Punkt mitgenommen, der 10" innerhalb dieser Grenze liegt. Die Kurven stellen nun die Helligkeiten unter verschiedenen Annahmen vor, so zwar, daß der senkrechte Abstand der einzelnen Kurvenpunkte von der horizontalen Achse ein Maß für die Helligkeit eines Mondoberflächenelementes in der angegebenen Entfernung von der geometrischen Schattengrenze ist. Die diesen Kurven zugrunde liegenden Helligkeitszahlen sind relative, das heißt, geben die Helligkeit in Bruchteilen der Helligkeit bei voller Beleuchtung. Die mit I bezeichnete Kurve stellt

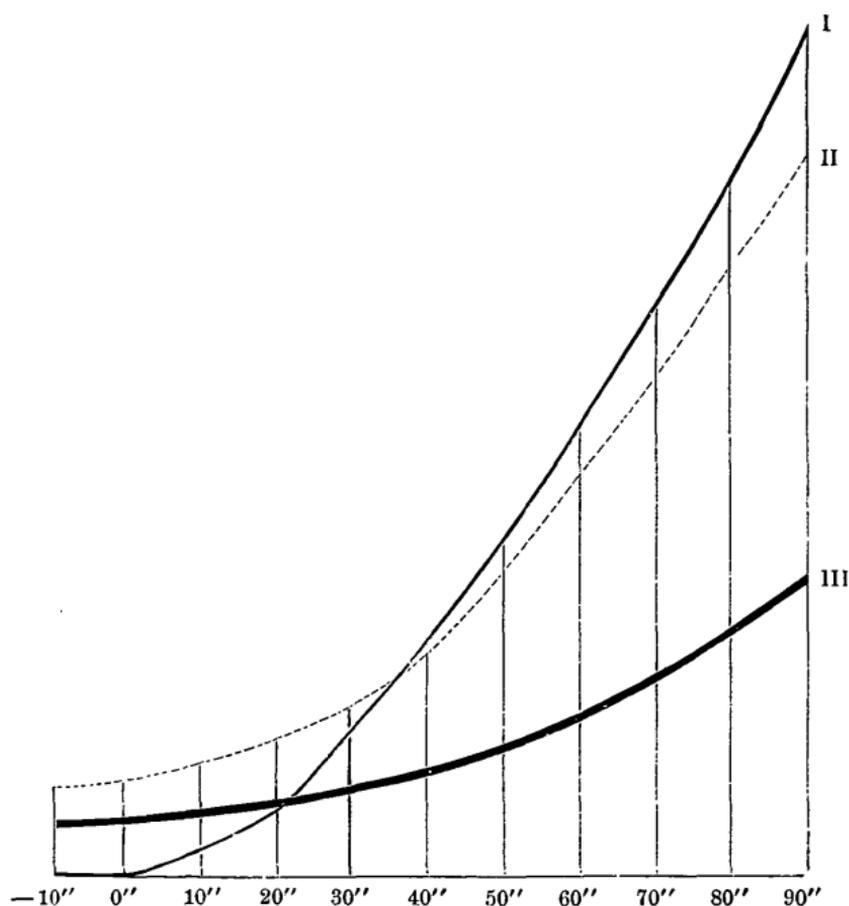


Fig. 1.

den Verlauf der Helligkeit beim rein geometrischen Phänomen, also ohne Berücksichtigung der Wirkung der Erdatmosphäre und der Abschattung der Sonnenscheibe. Dieselbe nimmt demgemäß erst von 0 ab Werte an, die von Null verschieden sind, steigt unmittelbar nach dieser Grenze allerdings langsam an, zeigt aber ziemlich bald eine sehr rasche und wenig veränderliche Helligkeits-

zunahme. Kurve II zeigt den Helligkeitsverlauf bei Berücksichtigung der brechenden und absorbierenden Kraft der Atmosphäre dar. Da vermöge der ersteren die Helligkeit, wie früher gezeigt wurde, überhaupt nicht Null wird, so setzt dieselbe auch hier mit einem endlichen Werte derselben ein, steigt aber, in Übereinstimmung mit der eben gemachten Überlegung, viel weniger steil an, so daß sie bald gegen die Kurve des geometrischen Phänomens zurückbleibt, ohne übrigens in diesem Bereiche sehr bedeutende absolute Abweichungen gegen dieser zu zeigen.

Zieht man nun außer der Wirkung der Erdatmosphäre auch noch die Abschattierung der Sonnenscheibe in Rechnung, so erhält man die Kurve III, die demnach den tatsächlichen Verlauf der Helligkeit in diesem Schattengebiete darstellt. Sie beginnt, den weniger intensiven Randpartien der Sonnenscheibe entsprechend mit geringerer Helligkeit als die Erscheinung II, bleibt aber im weiteren Verlaufe ganz beträchtlich gegen die Zunahmen der beiden vorigen Fälle zurück. Man sieht unmittelbar, daß die Verschiedenheit der Intensität der Sonnenscheibe ein Faktor ist, der — wenigstens für den hier untersuchten Schattenbezirk — durchaus nicht übersehen werden darf, ja die Helligkeitsverteilung in demselben ganz wesentlich ändert, eine Wirkung, die nach dem Früheren auch zu erwarten war. Von ausschlaggebender Bedeutung ist der Umstand, daß durch diese Abschattierung der Bereich langsamer Helligkeitszunahme in der Umgebung der Zentrale wesentlich vergrößert wird.

Man sieht aus dieser Darstellung, daß der ganze Vorgang einer Mondesfinsternis gründlich verschieden ist von dem, wie ihn die rein geometrische Betrachtung ergibt.

Es ist nur noch die Frage nach dem Zustandekommen einer deutlich wahrnehmbaren Schattengrenze zu beantworten, deren Nichtbeantwortung einen gewichtigen Einwand gegen die hier gegebene Darstellung bedeuten würde.

Da die Helligkeit von einem gewissen Minimum an ohne jede sprunghafte Änderung zunimmt, so ist die Bedingung für das objektive Zustandekommen irgend einer Helligkeitsgrenze überhaupt nicht gegeben; anders ausgedrückt: die bloß geometrische Betrachtung der Helligkeitskurve kann uns bei dem stetigen Verlauf derselben keinen Anhaltspunkt für eine derartige Grenzbildung geben. Dieselbe muß vielmehr eine bloß scheinbare, das heißt, in unserem Wahrnehmungsvermögen begründete, also ein physiologischer Vorgang sein. Für einen solchen sind aber die Bedingungen bei der hier ermittelten Helligkeitszunahme allerdings gegeben.

Die Unterschiedsempfindlichkeit unseres Auges ist keine unbegrenzte; daher werden Helligkeitsdifferenzen, die unter einer bestimmten Grenze liegen, nicht mehr wahrgenommen; daher wird auch eine stetige Helligkeitsänderung unter einer bestimmten Grenze und bei genügender Kleinheit des gleichzeitig gesehenen Bereiches unmerklich sein.

Nimmt nun in irgend einem Bereiche die Helligkeit nicht gleichmäßig zu, sondern beginnt dieselbe mit einem

gewissen Minimalbetrag des Ansteigens, der unter der Grenze der Wahrnehmbarkeit liegt, und wird dieses Ansteigen im weiteren Verlaufe immer rascher, so werden wir zunächst keine Helligkeitszunahme wahrnehmen, daher einen gleichmäßig hellen Bereich zu erblicken glauben und werden an jene Stelle, an der die Zunahme den eben merklichen Betrag erreicht hat, den Beginn der Helligkeitszunahme verlegen, das heißt, wir werden jene Stelle als Grenze eines gleichmäßig dunklen Anfangsbezirkes auffassen.

Der Eintritt einer derartigen Erscheinung kann nun im vorliegenden Falle als ganz zweifellos angenommen werden, da die Helligkeitszunahme in einer gewissen Umgebung des Minimums gewiß unmerklich ist, andererseits im weiteren Verlaufe ein beträchtlich rasches Ansteigen annimmt. Ob nun die hier mitgeteilte, theoretisch ermittelte Helligkeitsverteilung so beschaffen ist, daß diese physiologische Grenze an jener Stelle zustande kommt, die man als Schattengrenze bei Mondesfinsternissen auffaßt, ob also die in Betracht gezogenen Umstände für die Erklärung des Phänomens ausreichen, darüber kann natürlich nur der Versuch entscheiden.

Derartige experimentelle Untersuchungen wurden tatsächlich an der Sternwarte in München angestellt. Als Hilfsmittel diente eine rotierende Scheibe, wie sie ja so vielfache Verwendung auf dem Gebiete der physiologischen Optik finden. Versetzt man eine derartige Scheibe wie die nebenstehend abgebildete in so rasche Rotation, daß sich die Eindrücke von Hell und Dunkel mischen, so

werden die Helligkeiten in den einzelnen Abständen vom Mittelpunkte den Zentriwinkeln proportional sein, die den hellen Bögen in den betreffenden Abständen entsprechen. Man kann auf diese Weise jede beliebige Helligkeitsverteilung erhalten.

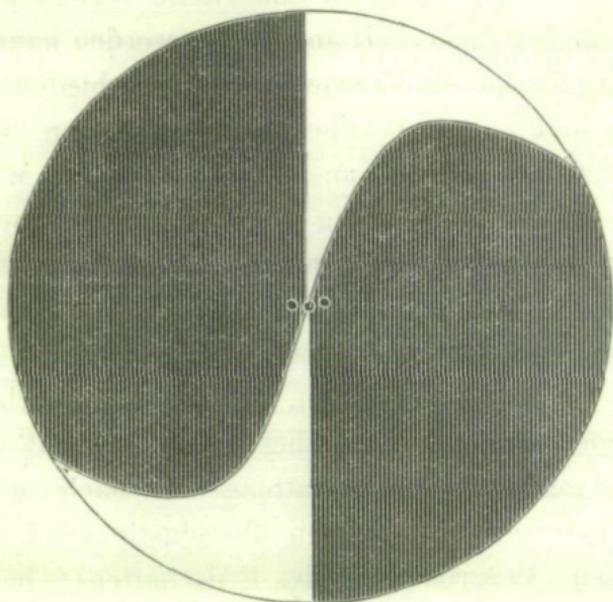


Fig. 2.

Bestimmt man nun, wie es in der vorstehenden Zeichnung getan ist, diese Zentriwinkel so, daß sie den tatsächlichen Helligkeiten in der Umgebung der geometrischen Schattengrenze proportional sind, und zwar derselben Umgebung, auf welche sich auch die obigen Kurven beziehen, so erhält man durch Rotation einer derartigen Scheibe die Helligkeitsverteilung im angegebenen Bereiche (das ist von 10'' vor bis 90'' nach der

geometrischen Grenze, was ungefähr den Distanzen von $41' 0''$ bis $42' 40''$ vom Schattenzentrum entspricht). Der Versuch zeigt nun tatsächlich einen scheinbar gleichmäßig dunklen inneren Teil, an den sich ein stetig heller werdender Bereich anschließt, und zwar derart, daß der Beginn der Aufhellung an eine Stelle verlegt wird, die mit ziemlicher Sicherheit angegeben werden kann.

Eine Reihe von Versuchen mit verschiedenen Beobachtern und unter verschiedenen Umständen (Beleuchtungsintensität, Farbe) angestellt, ergab als Mittel für die Grenze der gleichmäßig dunklen inneren Partie eine Distanz vom Mittelpunkt, welche gleich 0.62 des Halbmessers der Scheibe ist, wobei zu bemerken ist, daß die einzelnen Beobachtungen nur um geringfügige Beträge von diesem Mittel abweichen. Nach den gemachten Anordnungen entspricht das aber einem Abstand von $52''$ von der geometrischen Schattengrenze nach außen, ein Betrag, der als vollkommen übereinstimmend mit der fraglichen „Vergrößerung des Erdschattens“ betrachtet werden kann.

Damit ist der letzte, allerdings auch entscheidende Schritt in dieser Frage getan und damit auch gezeigt, daß die Berücksichtigung der Erdatmosphäre sowie der Abschattierung der Sonnenscheibe eine völlig befriedigende Darstellung des Phänomens einer Mondesfinsternis ergibt. Man sieht, daß durch dieselbe der ganze Vorgang ein so wesentlich anderer geworden ist, daß man die usuelle rein geometrische Darstellung, die die angegebenen Momente nicht in Rechnung zieht, kaum als eine

erste Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse mehr betrachten kann.

Um nun den Unterschied der beiden Erscheinungen auch von einem anderen Standpunkte aus zu betrachten, soll noch eine kurze Bemerkung darüber gemacht werden, wie sich dieselben einem Beobachter am Monde präsentieren würden. Ein solcher würde, wenn die Erde keine Atmosphäre hätte, innerhalb des geometrischen Schattenkegels offenbar das Phänomen einer totalen Sonnenfinsternis im strengsten Sinne des Wortes haben und würde beim Durchwandern des Halbschattengebietes die Sonne als stetig zunehmende Sichel erblicken. Durch das Vorhandensein einer Erdatmosphäre wird aber dem angenommenen Beobachter ein wesentlich anderes Schauspiel geboten. Wir wissen, daß auch noch in das Zentrum des Schattenbereiches Licht gebrochen wird, und zwar von jeder beliebigen Seite in der gleichen Weise, da ja in diesem Punkte die Verhältnisse nach jeder Richtung dieselben sind. Infolgedessen wird der Beobachter, der im Orte der zentralen Verfinsternung steht, den völlig dunklen Erdkörper von einem schmalen und sehr wenig hellen Lichtring umgeben sehen. Das von diesem Ring zum betreffenden Punkte des Mondes gelangende Licht ist übrigens so gering, daß die Helligkeit des sich im Zentrum des Schattenbereiches befindlichen Oberflächenelementes nur 0.0000016 der Helligkeit des voll beleuchteten beträgt. Das gilt wie alle bisherigen Angaben für die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde und es soll hier nur nebenbei bemerkt werden, daß

für die Helligkeit in der zentralen Gegend die Verschiedenheiten der wirklichen Mondstrecken schon von ziemlichem Einfluß sind. Rückt der Beobachter am Monde aus der zentralen Lage, so wird an jener Seite, nach welcher die Bewegung erfolgt, der Lichtring breiter, an der entgegengesetzten Seite schmaler werden, schließlich zerreißen, so daß wieder eine sichelförmige Lichtfigur entsteht, die bei wachsender Entfernung des Beobachters vom Schattencentrum an Breite zunimmt, deren Umfang sich aber zunächst zusammenzieht, und zwar ziemlich rasch. Es wird — so lange der Sonnenrand noch nicht aus dem Bereiche des wirksamen Teiles der Erdatmosphäre getreten ist — diese Lichtfigur dann eine mehr pilzhutähnliche Gestalt annehmen, deren Basis sehr schwach nach außen gekrümmt ist. Das wird auch noch der Fall sein, wenn sich der Beobachter in der Nähe der geometrischen Kernschattengrenze befindet. Um nun einen Begriff von der Erscheinung an dieser Stelle zu geben, die ja gerade für die vorliegende Betrachtung von Wichtigkeit war, seien die folgenden Zahlen mitgeteilt, wozu noch bemerkt werden soll, daß die erste Vertikalreihe bedeutet, daß sich die nebenstehenden Daten auf Mondorte beziehen, die von der Erde aus gesehen $10''$ vor, oder ($0''$) in der geometrischen Schattengrenze, respektive $10''$ — $40''$ nach derselben liegen, die zweite gibt die scheinbare Höhe (Breite) der Lichtfigur, die dritte die scheinbare Länge derselben vom Monde aus gesehen, die vierte endlich gibt an, in welchem Teile der Höhe diese Länge erreicht wird, welche Daten wenigstens

ein ungefähres Bild der Erscheinung zu geben in der Lage sind.

	Höhe	Länge	Stelle des Maximums der Länge
— 10"	14"	12' 46"	$\frac{1}{8}$
0	15"	12' 42"	$\frac{1}{8}$
+ 10"	17"	12' 39"	$\frac{1}{9}$
20"	20"	12' 36"	$\frac{1}{10}$
30"	25"	12' 34"	$\frac{1}{12}$
40"	34"	12' 32"	$\frac{1}{17}$

Wie man sieht, findet auch hier noch ein Zusammenziehen der Lichtfigur in der Längendimension statt.

Je weiter man sich nun vom Schattenzentrum entfernt, um so geringer wird die Erscheinung von der Atmosphäre beeinflusst werden, um so mehr wird der sichtbare Teil der Sonnenscheibe die gewöhnliche Meniskusform annehmen. Nach plausiblen Hypothesen über die Konstitution der Atmosphäre kann man annehmen, daß vom Monde aus gesehen etwa 40" vom Erdrande weg sowohl Refraktion als auch Absorption unmerklich ist.

Man sieht demnach, daß das Phänomen auch von diesem letzteren Standpunkte aus gerade in dem kritischen Bereiche sich ganz anders ausnimmt als das geometrische Schattenphänomen und daß erst die Einbeziehung der öfters genannten Faktoren eine richtige Vorstellung von dem Wesen jener Erscheinung geben, die wir als „totale Mondesfinsternis“ zu bezeichnen gewohnt sind.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: [44](#)

Autor(en)/Author(s): Hillebrand Gerlinde

Artikel/Article: [Beleuchtungsverhältnisse bei totalen Mondesfinsternissen. 245-265](#)