

Warum ist der verfinsterte Mond rot?

Von

HCH. MEYER-BÜHRER (Glarisegg-Steckborn)¹⁾.

(Mit 2 Abbildungen.)

(Als Manuskript eingegangen am 15. Oktober 1931.)

Diese Frage taucht bei jeder gut sichtbaren Mondfinsternis auf, und wer die beiden Mondfinsternisse dieses Jahres, 1931, am 2. April und 26. September, beobachten konnte, der mag sich im September auch noch gefragt haben, warum diesmal der total verfinsterte Mond so hell war selbst um etwa 20^h 50^m MEZ., d. h. zur Zeit, da er so tief im dunklen Erdschatten drin steckte, dass dieser Schattenrand sich noch um ein gutes Drittel des Monddurchmessers „unterhalb“ (ausserhalb) der Mondscheibe — am Himmel — freilich unsichtbar — hinczog. Die Helle des graugelben unteren Teiles der Mondfläche war noch so gross, dass manche Leute glaubten, der Mond sei überhaupt nicht total verfinstert und die Angaben der Astronomen stimmen diesmal nicht.

Die Rotfärbung sowohl, als die verschiedene Helle des verfinsterten Mondes bei verschiedenen Finsternissen wurden natürlich schon lange bemerkt und zu erklären versucht. Allein man blieb, eines merkwürdigen Zufalls wegen, dabei in einigen Fehlern stecken²⁾.

Die Sonnenstrahlen, welche den Schattenraum hinter der Erde begrenzend umhüllen, müssen die Erdatmosphäre durchlaufen. Diese

¹⁾ Im Anschluss an die totale Mondfinsternis vom 26. September l. J. ist in unseren Tagesblättern vielfach auf die sehr auffallende Rotfärbung der Mondoberfläche hingewiesen worden und die Redaktion der Vierteljahrsschrift hat Schritte bei unsern Astronomen, Prof. Dr. A. WOLFER und Prof. Dr. W. BRUNNER unternommen und diese gebeten, für unsere Zeitschrift einen kurzen Artikel über das seltsame Phänomen schreiben zu wollen. Auf Veranlassung von Prof. BRUNNER hat sich der vorzügliche Kenner der Himmelsfärbungen, H. MEYER-BÜHRER, bereit gefunden, dem Ansuchen zu entsprechen und die Redaktion ist hiefür Prof. Dr. W. BRUNNER wie HCH. MEYER-BÜHRER sehr dankbar. Prof. Dr. ALFR. WOLFER, der den Gedanken des Redaktors sehr begrüsst hatte, ist leider inzwischen gestorben.

²⁾ Siehe: H. MEYER-BÜHRER: Zum Erdschatten-Problem. Astr. Nachrichten, Nr. 5486 (Bd. 229, Febr. 1927).

beeinflusst das Licht, wie bekannt ist, hauptsächlich in folgender Weise:

1. Die vom Licht getroffenen Gas-Moleküle, sowie Dunst- und Staubteilchen verschlucken einen Teil dieses Lichtes. (Allgemeine Absorption des Lichtes.)
2. Alle Lichtstrahlen, welche namentlich tiefere Atmosphärenschichten durchlaufen, werden durch Lichtbrechung, ähnlich wie bei einer Sammellinse, aus ihrer geraden Bahn abgelenkt und zur Konvergenz gegen die Axe des Schattenkegels hin gezwungen (Refraktion).
3. Schon die Gas-Moleküle der hohen, noch reinen Atmosphäre reflektieren und zerstreuen zunächst den kurzwelligen violetten und blauen Anteil des Sonnenlichtes überallhin, wodurch das Blau des Himmels entsteht.
4. Die langwelligen gelben und roten Anteile des Lichtes beugen sich noch um die kleinen Luft-Moleküle herum, werden dann aber von den größern Dunst- und Staubteilchen der tiefern Luftschichten ebenfalls durch Reflexion und Beugung zerstreut und zwar um so mehr, je länger der Weg der Lichtstrahlen innerhalb der Atmosphäre verläuft. Es bleibt dadurch schliesslich nur noch rötlichgelbes und rotes bis dunkelrotes Licht übrig. (Selektive Absorption). Das trifft also für jene Lichtstrahlen zu, welche die Erdoberfläche mehr oder weniger nahe streifen.

Wenn jetzt am Abend oder Morgen die Sonne unserem Horizont nahe oder unter demselben steht, so freuen wir uns, „dank der selektiven Absorption“, an den manchmal sehr intensiven Gelb- und Rotfärbungen des Dämmerungshimmels. Die Sonnenscheibe selbst blendet kaum mehr, oder sie steht gar als rote Scheibe auf dem Horizont. Kehren wir dieser Sonnenstelle den Rücken zu, so sehen wir an der Gegenstelle des Himmels, also am Abend z. B. im Osten, auch wieder Gelb- und Rotfärbungen, welche zuerst vielleicht noch als Alpenglühen auf den Bergflanken leuchten, dann über dieselben an den Himmel als sogen. Gegendämmerung emporsteigen. Das bunte Sonnenlicht war demnach nicht nur einmal durch die ganze Atmosphäre bis zu uns vorgedrungen; vielmehr nahm es von hier aus seinen Weg weiter, um „jenseits“, d. h. der Sonne gegenüber, sich der Atmosphäre und deren Einflüssen ein zweites Mal auszusetzen. Dabei werden natürlich die kürzeren Wellen des grünen und gelben Lichtes abermals stark „ausgesiebt“, abgelenkt und geschwächt.

Dieser Vorgang spielt sich längs des ganzen Kreises der Lichtgrenze auf der Erdkugel ab. Nahe der Erdoberfläche und vielleicht bis über 1000 m Höhe hinaus wird alles streifende Licht verschluckt, bevor es die Atmosphäre wieder verlässt. Höher über die Erde hin-

weg ziehen ebenfalls noch stark geschwächte gelbe und rote Lichtstrahlen weiter in den Weltraum hinaus. Sie umhüllen dabei als trüb graugelber und kupferroter Lichtmantel den durchaus lichtlosen schwarzen Schattenkegel der Erdkugel und ihrer undurchsichtigsten innersten Luftschale. In der Gegendämmerung sehen wir z. B. den gelben und roten Lichtschein sich um den noch graublauen „Erd-schatten“ wölben. Es ist hier noch die Atmosphäre, welche einen Teil dieses „Mantellichtes“ dem Beobachter wieder zurückstrahlt. Das in den Weltraum hinausstrebende bunte Licht aber bleibt unsichtbar — bis eines Abends der Vollmond der verlängerten geraden Linie: Sonne - Erde, so nahe kommt, dass er in den bunten Lichtmantel hinter der Erde eintritt und uns einen Teil des aufgefangenen Morgen- und Abendrotes wieder zustrahlt. — Das ist die kekannte und soweit richtige Erklärung für die graugelbe, kupferrote bis dunkelrotgraue Buntfärbung des verfinsterten Vollmondes.

Allein dem aufmerksamen Beobachter einer Mondfinsternis wird es nicht entgangen sein, dass der Mond zuerst in einen dunklen, mehr grauen Schatten eingedrungen und erst dort drinnen eigentlich gelb und rot geworden war. Am 26. Sept. z. B. reichte zur Zeit der grössten Verfinsternung, 20^h 48^m, der für die Ostschweiz „obere“ Mondrand ziemlich genau bis in die Axe des Schattenkegels hinein. Die Mondkugel erschien unten graugelb, gegen oben in Rot und Graurot dunkler werdend. Für diese Farbenverteilung innerhalb des Erdschattens machte man, wieder z. Teil mit Recht, die Refraktionswirkung der Atmosphäre verantwortlich. Man stellte sich vor, dass die Lufthülle durch Brechung jene bunten Lichtstrahlen, welche die Erde nahezu streifen und den an sich völlig lichtlosen Erdkugelschatten also umhüllen müssten, in den dunklen Erdkugelschatten hinein ablenke. Dort erst fängt sie der verfinsterte Mond auf und macht sie uns sichtbar

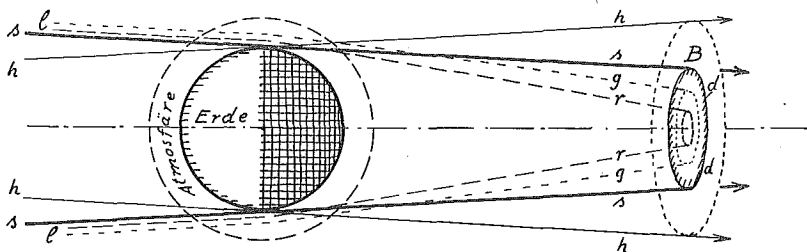


Abb. 1. Falscher, bisheriger Strahlengang.

Abbildung 1 verdeutlicht diese Annahme. Grenzstrahlen *s* kommen von Randpunkten der weit links stehend zu denkenden Sonne her, streifen

beinahe die Erdkugel und gehen ungebrochen, gradlinig weiter, als Mantellinien des Kernschattenkegels. Entsprechende Sonnenstrahlen h würden in gleicher Weise den Halbschattenkegel der Erde andeuten. Etwa bei B , wo die Mondbahn durchgehen möge, denken wir uns die Kegel durch eine Normalebene geschnitten, so dass wir auf dieser eine kreisrunde Erdschattenscheibe erhalten würden.

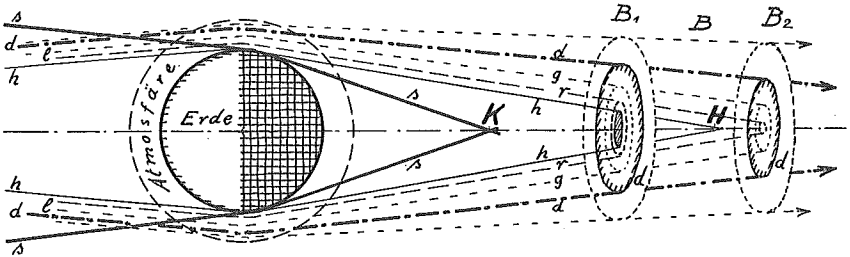


Abb. 2. Richtiger Strahlengang.

Berechnet man z. B. den Radius für den Kreis d der Strahlen s , also des geometrischen Kernschattens der Erdkugel, ohne Rücksicht auf Lichtbrechung und Ablenkung, wie das die Figur 1 zeigt, so erhält man — und das ist das Merkwürdige — für diesen Schattenradius, der in Wirklichkeit gut zu bestimmen ist, einen Wert wie er beinahe genau (bis auf rund $\frac{1}{100}$) mit dem gemessenen bzw. aus der Beobachtung abgeleiteten Radius des deutlichen dunklen Schattens übereinstimmt. Man hat somit, wie es scheint, wirklich den sog. Kernschatten der Erdkugel beobachtet und dessen Radius berechnet. — Andere Strahlen l mögen die Erdatmosphäre durchlaufen verfärbt und abgelenkt werden, sodass sie als Strahlen g und r in den eben erwähnten „Kernschatten“ hineingelangen und auf unserer gedachten Schnittebene, wie auch auf der durchziehenden Mondfläche, entsprechend buntfarbige Kreisringe erzeugen. Der Augenschein bestätigt uns auch diese Annahme. Und doch stimmt etwas nicht. Abbildung 2 macht ersichtlich, dass ja die Strahlen s (in Abb. 1) der Erde am nächsten kommen, folglich auch am stärksten abgelenkt und von allen gezeichneten Strahlen die innersten sein müssen. Sie können nicht, wie das in Abb. 1 der Fall wäre, den wirklich beobachteten dunklen Schatten d begrenzen. Vielmehr spitzt sich (Abb. 2) dieser eigentliche Kernschatten der Erdkugel rasch zu, so dass die Schatten spitze K die Stellen B der Mondbahn nie erreicht! Was man bis jetzt für die Grenze (d) eines geometrischen Kernschattens der Erdkugel hielt, zeigt sich in Wirklichkeit stets sogar noch etwas grösser, als die Rechnung bei Annahme ungebrochenen Strahlenganges ergibt. Lange

kam man nicht um diesen Widerspruch herum, um so weniger, als ja nicht nur der vermeintliche Kernschatten deutlich und dunkel den Mond überzog, sondern, wenn auch viel schwächer, ein Halbschatten, in Abb. 1 durch Strahlen h angedeutet, ebenfalls zu bemerken war, wie er notwendig vorhanden sein musste, da die Sonne keine punktförmige, sondern eine gross ausgedehnte Lichtquelle ist. Aber auch diese Illusion eines Halbschattens der Erdkugel um den dunkeln Schatten d herum muss fallen, denn die Strahlen h , welche der Erde ebenso nahe kommen, wie die Strahlen s , werden auch ebenso stark abgelenkt. Obwohl sie vor der Erde, d. h. sonnenseits, gegen die Erde hin divergieren, so schliessen auch sie sich hinter der Erde bald zu einem Halbschattenkegel zusammen, dessen Spitze H , Abb. 2, den Mond in Erdnähe und etwa in mittlerer Entfernung noch erreichen kann, ihn dagegen in Erdferne unberührt lässt.

Die Entstehung unseres dunklen Schattens d ist nun immer noch unerklärt. Das Nächstliegende wäre, diesen Schatten als Kernschatten einer noch stark getrübten, wenig lichtdurchlässigen Atmosphärenschicht zu deuten. Die begrenzenden Lichtstrahlen müssen dabei so hoch über der Erde hinstreichen, dass sie dort oben schon keiner Ablenkung mehr unterliegen. Der Schleierschatten um d herum könnte dann als Halbschatten dieser selben Schicht gedacht werden. Allein selbst diese glaubwürdig erscheinende Annahme dürfen wir noch nicht gelten lassen. Die hiezu nötige trübe, noch stark undurchlässige Luftschicht müsste nämlich eine Höhe bzw. Dicke von etwa 40 km und mehr haben und bis dort hinauf nur wenig Sonnenlicht durchgehen lassen! Eine solche Annahme widerspricht offenbar jeglicher Erfahrung. Es bleibt, soweit bis jetzt zu übersehen ist, nur der eine Ausweg übrig, dass man die beobachteten Schatten als Halbschatten von Atmosphärenschichten betrachtet, niemals aber als Kernschatten. Nach den Masszahlen für die Lichtbrechung in verschiedenen Höhen über der Erdoberfläche zu schliessen, ist dann der beobachtete dunkle Schatten (d in den Figuren) ein Halbschatten der Luftschichten bis zu rund 8 km Höhe. In dieser Höhe hört bekanntlich die Bildung der Nebelwolken auf und beginnt das Reich der Cirrus- oder Eisnadelwolken bei ziemlich schroffem Übergang. Unser Schatten d zeigt einen etwas unscharfen Übergangssaum zum viel hellern Schleierschatten. Die scheinbare Breite dieses Saumes beträgt etwa eine bis zwei Bogenminuten, welchem Betrage in der Atmosphäre eine Übergangs-Höhenzunahme von 400—500 m entspricht. Die folgenden höhern Luftschichten verursachen dann ebenfalls nur durch ihren Halbschatten jene zarte, manchmal schwer bemerkbare Ver-

dunkelung des Mondes, welche uns so lange einen Halbschatten der Erde vorgetäuscht hat.

Die Tatsache, dass auch diese Halbschatten der mässig hohen Atmosphärenschichten noch gegen den Mond hin konvergieren (und nicht divergieren, wie es in den geogr. Atlanten gezeichnet ist), erklärt uns endlich (siehe Abb. 2), dass der verfinsterte Mond in Erdferne, wo er am 26. Sept. nahezu stand, weniger dunkle Schatten durchlaufen muss als in Erdnähe, wie das am 2. April beinahe der Fall war.
