

Ueber die Form des Sonnenbildes

Autor(en): **Kaiser, J. A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen
Naturwissenschaftlichen Gesellschaft**

Band (Jahr): **22 (1880-1881)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-834675>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

VIII.

Ueber die Form des Sonnenbildes.

Von

Dr. J. A. Kaiser.

Mit Abbildungen von G. Kühnenthal, Ingenieur.

Ueber diesen schon in den ersten der Optik gewidmeten Lehrstunden behandelten Gegenstand habe ich in allen mir zugänglichen Lehrbüchern der Physik Angaben gefunden, die mich nicht befriedigen konnten. So steht in *Pouillet-Müller, Lehrbuch der Physik und Meteorologie*, 8., von Pfannndler bearbeitete Aufl., Braunschweig, Vieweg, 1878, II, pag. 13: „Wenn man das Licht der Sonne durch eine kleine Oeffnung fallen lässt, so erhält man jederzeit ein rundes Sonnenbild, welches auch die Gestalt der Oeffnung selbst sein mag.“ Müller nimmt dann eine im Verhältnisse zum normalen Sonnenbilde (worunter wir das bei punktartiger Oeffnung entstehende verstehen wollen) kleine Oeffnung an, welche die Form eines sog. stehenden, d. h. auf eine Spitze gestellten Quadrates hat, und zeigt, wie jedes der von verschiedenen Punkten der Sonnenscheibe ausgehenden, die Oeffnung passirenden Strahlenbüschel auf dem Schirm, auf welchem das Bild aufgefangen wird, ein Abbild der Oeffnung erzeugt. Er wählt hiebei ausser dem Mittelpunkt der Sonne noch den obersten und untersten, sowie auch den

äussersten Punkt rechts und links, welche letztern vier Randpunkte je ein Abbild der Oeffnung in n , resp. n'' , l , r hervorbringen, und fährt dann fort: „Alle übrigen Punkte des Sonnenrandes geben viereckige Bilder, *die auf den Umfang des Kreises $l n'' r n$ (welchen Müller die äussersten Ecken der vier Quadrätchen tangiren lässt) fallen*, während die übrigen Punkte der Sonne das Innere dieses Kreises erleuchten; die Gesammtheit aller der einzelnen viereckigen hellen Bildchen zusammengenommen bildet mithin einen kreisförmigen hellen Fleck. Wäre die Sonnenscheibe nicht rund sondern eckig, so würde *jedes, auch ein rundes*, Loch einen eckigen hellen Fleck geben. Dies kann man in der That während einer Sonnenfinsterniss beobachten, indem die hellen Flecke die sichelförmige Gestalt des unbedeckten Theiles der Sonnenscheibe zeigen.“ Ich bestreite nun, dass die Abbilder sämtlicher zwischen den vier angenommenen liegenden Punkte des Sonnenrandes „*auf den Umfang*“ jenes Kreises fallen. Hätte Müller statt dieses willkürlich angenommenen Kreises denjenigen gezeichnet, in welchem sich das *normale* Sonnenbild darstellt, oder hätte er statt seines stehenden ein liegendes Quadrat als Form der Oeffnung angenommen, so würde er seinen Irrthum ohne Zweifel erkannt haben. Ich bestreite ferner die Richtigkeit des Satzes: „Wäre die Sonnenscheibe nicht rund etc.“ Ich kann nicht zugeben, dass auf die Form der Sonne *alles*, auf diejenige der Oeffnung *nichts* ankomme, welcher Auffassung Müller offenbar huldigt.

In *Wüllner, Lehrbuch der Experimental-Physik*, 3. Aufl., Leipzig, Teubner, 1875, II, pag. 6, lesen wir: „Lässt man die Sonne durch eine *wie immer gestaltete kleine Oeffnung* hindurchscheinen und fängt die Sonnenstrahlen auf einem hinter der Oeffnung befindlichen Schirme auf, so sieht man

auf dem Schirme *nicht einen hellen Fleck von der Gestalt der Oeffnung sondern immer einen hellen runden Fleck*, dessen Grösse sich ändert u. s. w.“ „Von jedem Punkte der Sonne geht Licht durch die Oeffnung hindurch und entwirft auf dem dahintergehaltenen Schirm ein kleines Bildchen der Oeffnung. *Da nun alle Punkte des kreisförmigen Sonnenrandes solche kleinen Bildchen erzeugen, so liegen diese in einem Kreise geordnet, und da sich die einzelnen Bilder unendlich nahe liegen und zum Theil ineinander greifen, so erzeugen diese einen zusammenhängenden hellen Kreis*, dessen Mitte durch die hellen Bilder, welche von den mittleren Punkten der leuchtenden Sonne erzeugt werden, ausgefüllt wird. Auf dem Schirm entsteht also ein leuchtendes Bild der Sonne. Dass dieses richtig ist, davon überzeugt man sich leicht zur Zeit einer Sonnenfinsterniss u. s. w.“

Nachdem dann Wüllner pag. 7 weiter gezeigt, wie unter gleichen Bedingungen auch ein verkehrtes Bild von einer Kerzenflamme und von der beleuchteten Landschaft erhalten werden kann, so fährt er pag. 8 fort: „Ist die Oeffnung *hinreichend klein*, so fallen die einzelnen Bilder der Oeffnung unmittelbar neben einander und erzeugen so ein Bild der Gegenstände, von deren sämtlichen Punkten Licht durch die Oeffnung auf den Schirm fällt. Ist aber die Oeffnung *gross*, so fallen die einzelnen von den verschiedenen leuchtenden Punkten beleuchteten Flächenstücke des Schirmes, die einzelnen Bilder der Oeffnung *nicht mehr neben sondern über einander*, und dadurch wird das Bild der Gegenstände ausserhalb auf dem Schirme *verwaschen* und undeutlich; und wird die Oeffnung endlich *sehr gross*, wie z. B. ein Fenster, so entsteht gar kein Bild mehr sondern nur eine beleuchtete Fläche, deren Grenzen den Grenzen der Oeffnung *ähnlich sind*.“

Ich bestreite nun keineswegs die Richtigkeit des Satzes, dass, da alle Punkte des kreisförmigen Sonnenrandes Bildchen der Oeffnung erzeugen, *diese Bildchen in einem Kreise geordnet liegen*, ebenso wenig diejenige des unmittelbar darauf folgenden Vordersatzes, dass sich die einzelnen Bilder *unendlich nahe liegen* und zum Theil *ineinander greifen*, wohl aber die Richtigkeit des daraus gezogenen Schlusses, dass diese Bilder deshalb *einen zusammenhängenden Kreis erzeugen müssen*. Wo dann Wüllner von dem verkehrten Landschaftsbilde redet, da vermisse ich die nöthige Präcisirung der Grössenbegriffe „hinreichend klein“, „gross“, „sehr gross“. Wann ist die Oeffnung „hinreichend“ klein? Wo hört der Begriff „gross“ auf und fängt der Begriff „sehr gross“ an?

Mousson, welcher in seinem Werke: „*Die Physik auf Grundlage der Erfahrung*“, 3. Aufl., Zürich, Schulthess, 1881, die Frage der „*Bilder durch kleine Oeffnungen*“ von einem allgemeineren, mehr mathematischen Standpunkt aus behandelt, stellt Tom. II, pag. 350, als exacten Ausdruck für die Grösse der „*Undeutlichkeit*“ des Bildes die Formel auf

$$\frac{\gamma'}{a} = \frac{\gamma (D + d)^2}{D^2 a} = \frac{\gamma (D + d)^2}{d^2 A},$$

wo A die Oberfläche des Gegenstandes und a diejenige des Bildes, D die Entfernung des Gegenstandes und d diejenige des Bildes von der Wand, in der die Oeffnung angebracht ist, endlich γ die Grösse der Oeffnung und γ' die Grösse von deren Abbild auf dem Schirme, „die Fläche der Undeutlichkeit“ bedeutet, und folgert daraus, dass die (im Vergleiche mit der Flächengrösse des Bildes bestehende) Undeutlichkeit „um so weniger störend wird, je weiter die Wand (so heisst hier, was oben mit „Schirm“ bezeichnet ist) absteht“. Im unmittelbaren Anschlusse daran fährt er

fort: „Während für kleine Oeffnungen und entfernte Wände die *Gestalt der Oeffnung* nicht auf die *Grösse* des Bildes sondern nur auf seine *Schärfe* Einfluss hat, tritt bei *sehr grosser Oeffnung und ganz naher Wand* die *Gestalt* der Oeffnung hervor, verundeutlicht durch die Grösse des Bildes. Die Sonne, ihre Strahlen durch ein Schlüsselloch, die Lücken eines Fensterladens, die Zwischenräume der Baumblätter sendend, zeichnet nicht die Umrisse der Oeffnungen sondern kleine Lichtkreise des eigenen Bildes.“ Die Richtigkeit der zuerst gemachten Folgerung bezüglich des Einflusses, den die Entfernung des Schirmes von der Oeffnung hat, ist unanfechtbar. Dagegen begreife ich nicht, wie dann weiter gefolgert werden kann, dass für kleine Oeffnungen und entfernte Wände (Schirme) die *Gestalt der Oeffnung* nicht auf die *Grösse* des Bildes sondern nur auf seine *Schärfe* Einfluss haben soll. Besteht ein Einfluss auf die Schärfe, so besteht eo ipso auch einer auf die Grösse. Letztere muss um das Mass der Verschwommenheit des Umrisses des Bildes zunehmen, oder, exact gesprochen, wenn a_1 den Durchmesser des normalen Sonnenbildes, γ'_1 denjenigen des Abbildes der Oeffnung bezeichnet, so muss a_1 um γ'_1 zunehmen. γ'_1 ist aber hier gleich γ_1 , d. h. gleich dem Durchmesser der Oeffnung, weil wir in der Gleichung

$$\frac{\gamma'}{a} = \gamma \frac{(D + d)^2}{D^2 a} = \gamma \frac{(D^2 + 2 Dd + d^2)}{D^2 a}$$

die Summanden d^2 und $2 Dd$, als, wenn es sich um die Sonne handelt, im Verhältnisse zu D^2 verschwindend klein, streichen dürfen. Die additionelle Durchmesser-Vergrösserung des normalen Bildes, welche jedenfalls gleich dem Durchmesser des Abbildes der Oeffnung ist, ist bei der Sonne, deren Entfernung in diesem Zusammenhang als unendlich gross angenommen werden darf, auch gleich dem Durch-

messer der Oeffnung selbst. Die Durchmesser-Vergrößerung des normalen Bildes fällt aber auch unter allen Umständen zusammen mit der Flächenbreite der Undeutlichkeit des Bildes. Wenn dann Mousson weiter bemerkt, dass „bei sehr grosser Oeffnung und ganz naher Wand (Schirm) die Gestalt der Oeffnung hervortrete, verundeutlicht durch die Grösse des Bildes“ (worunter hier ohne Zweifel dasselbe gemeint ist, was wir oben als „normales“ (Sonnen-)Bild bezeichnet), so schliesse ich daraus, Mousson nehme an, dass gleichzeitig mit der Grösse der Oeffnung auch die *Gestalt* derselben einen mit dem Wachsthum der ersteren steigenden Einfluss auf die Beschaffenheit des Bildes ausüben müsse — eine Ansicht, welcher ich vollkommen beipflichte.

Fliedner spricht sich in seinen „*Aufgaben aus der Physik*“, 6. Aufl., Braunschweig, Vieweg, 1880, pag. 93, Aufg. 11, mit folgenden Worten über den Gegenstand aus: „Wenn man durch eine Oeffnung in dem Fensterladen eines dunklen Zimmers directes Sonnenlicht auf einen Schirm fallen lässt, so erhält man auf diesem einen hellen *Kreis*, der, wenn die Oeffnung *sehr eng* ist, einem bei der Oeffnung befindlichen Auge nahe unter demselben Sehwinkel erscheint wie die Sonne, nämlich unter einem Winkel von 32 Minuten. *Dabei ist die Form der Oeffnung gleichgültig, so dass auch, wenn diese z. B. ein Quadrat ist, ein kreisförmiges Bild auf dem Schirme entsteht.* Mit *Vergrößerung der Oeffnung* wird nun aber das Bild *grösser* und zwar *der Grösse und Gestalt nach gleich der Oeffnung*, vermehrt nach jeder Richtung um *den Halbmesser des Kreises, der bei möglichst enger Oeffnung entsteht.* In dieser, im Uebrigen gewiss sehr präcisen und klaren Darlegung muthet uns nur das befremdlich an, wie mit der Vergrößerung der Oeffnung *plötzlich* die bei sehr enger Oeffnung noch gleichgültig gewesene Gestalt derselben

zur Geltung kommen könne. In welchem Stadium des Wachstums der Oeffnung soll denn dieser *Wendepunkt* eintreten?

Ich werde nun im Nachfolgenden den Gegenstand in der Form behandeln, in der ich ihn seit einer Reihe von Jahren den Schülern unseres physikalischen Schlusscurses vorzulegen pflege.

Die für sämtliche vier im Nachfolgenden angenommenen Fälle geltende Voraussetzung ist, es befinde sich eine Lichtquelle in unendlicher Entfernung dem Verdunklungs-laden gerade gegenüber (oder für den Fall, dass ein Helio-stat in den Gang der Lichtstrahlen eingeschaltet ist, natürlich auch in beliebiger anderer Richtung), und der Schirm, worauf das Bild aufgefangen wird, sei parallel mit der Ebene der die Oeffnung tragenden Wand.

1) Die Lichtquelle sei ein *Punkt* und die Oeffnung sei ein *Punkt*, dann ist auch das Bild ein *Punkt*.

2) Die Lichtquelle sei ein *Punkt* und die Oeffnung ein *liegendes Quadrat*, dann ist das Bild ein *liegendes Quadrat* von gleicher Grösse wie die Oeffnung.

3) Die Lichtquelle sei eine Kugel oder, was optisch dasselbe ist, erscheine als eine *Kreisfläche* und die Oeffnung sei ein *Punkt*, dann ist das Bild eine *Kreisfläche*, welche von der Oeffnung aus gesehen, unter demselben Winkel erscheint wie die Lichtquelle selber.

4) Die Lichtquelle erscheine als eine *Kreisfläche* und die Oeffnung sei ein *liegendes Quadrat*, dann gibt es was für ein Bild? Ich habe, von der Ansicht ausgehend, derjenige Unterricht sei weit fördernder, wo der Schüler zum Selberdenken und Selberfinden angehalten wird, als wo in einem fort vorgetragen, d. h. Lehrstoff aufgetragen wird, bis jetzt, nachdem ich noch einige die Beantwortung er-

leichternden Andeutungen gegeben, diese Frage die Schüler selber beantworten lassen. Für die Zukunft werde ich mir nun aber diese Frage schon aus dem Register meiner physikalischen Knacknüsse austreichen müssen, da mir die Höflichkeit gegenüber denjenigen Lesern dieser Blätter, welche nicht meine Schüler sind, nicht gestattet, mich hierorts auch bloß auf Andeutungen zu beschränken.

Wir können sagen, indem wir an 2) anknüpfen: Die Sonne schafft sich für jeden Punkt der Oeffnung ihr kreisförmiges Abbild. Da nun die Oeffnung die Form eines liegenden Quadrates hat, so müssen auch die kreisförmigen Abbilder der Sonne in Form eines liegenden Quadrates geordnet sein, oder aber,

indem wir an 3) anknüpfen: Jeder Punkt der Sonne schafft ein Abbild der quadratförmigen Oeffnung. Da uns nun die Sonne als ein Kreis erscheint, so müssen auch die quadratförmigen Abbilder der Oeffnung in Form eines Kreises geordnet sein.

Was für ein Bild kömmt aber dabei heraus?

Wir erhalten den Umriss des Bildes, indem wir uns vorstellen, das Abbild des Gegenstandes (in unserem Falle die Kreisfläche wie in 3)), mit seinem Mittelpunkte die Peripherie der Oeffnung (in unserem Falle also eines liegenden Quadrates) streifend, mache eine volle Umdrehung, ohne sich dabei aber um die eigene Axe zu drehen, oder aber

das Abbild der Oeffnung, mit seinem Mittelpunkte der Peripherie des Abbildes, des Gegenstandes folgend, mache eine volle Umdrehung, ohne sich dabei aber um die eigene Axe zu drehen.

Unter „Mittelpunkt“ des Abbildes ist hier ganz allgemein der gemeinsame Mittelpunkt der am meisten in horizontaler und verticaler Richtung von einander abstehenden

Endpunkte und nicht etwa der Schwerpunkt der betreffenden Fläche verstanden.

Von den zwei untersten Figuren auf Taf. 8 gibt die vordere der ersten, die hintere der zweiten der soeben in Worten ausgedrückten Vorstellungen auch noch den nöthigen graphischen Ausdruck. Dabei ist die specielle Annahme gemacht, dass die Grösse des normalen Sonnenbildes und diejenige der Oeffnung einen gleich grossen Einfluss auf die Gestalt des Bildes ausüben, indem eben die Quadratseite gleich dem Kreisdurchmesser gesetzt ist. Auch ist, wie man sehen wird, der Sehwinkel, unter dem die Sonne erscheint, sechzigmal grösser angenommen, d. h. für 32 Minuten sind im Interesse der Deutlichkeit ebenso viele Grade gesetzt. Bezeichnen wir wie oben die Entfernung des Schirmes von der Oeffnung mit d , den Durchmesser des normalen Sonnenbildes mit a_1 , so haben wir $\frac{1}{2} \frac{a_1}{d} = \text{tg } 16'$ oder $a_1 = 2 d \text{ tg } 16'$ oder nahe $= d \text{ tg } 32'$ (welch' letzteres nur wenig grösser ist). Bezeichnen wir ferner den Durchmesser der Oeffnung mit γ_1 , so fragt es sich einfach, was grösser sei $d \text{ tg } 32'$ oder γ_1 . Je nach dem wird die Sonne oder aber die Oeffnung den grösseren Einfluss auf *Grösse und Gestalt* des Bildes ausüben. *Immer* aber sind beide dabei betheiligt. Es gibt nicht einen *Wendepunkt*, wo plötzlich das Eine zu wirken aufhörte, das Andere zu wirken begänne.

Was nun die verschiedenen Figuren betrifft, die das Bild überhaupt anzunehmen fähig ist, so ist die Zahl derselben eine ebenso grosse als diejenige der Formen, die die Oeffnung annehmen kann. Speciell für ein Drei-, Vier- oder Vieleck gilt der Satz: „Das Bild ist ein Abbild der Oeffnung, vergrössert nach jeder Richtung um

den Radius des normalen Sonnenbildes und unterbrochen an jeder Ecke durch einen Kreisbogen, dessen Centriwinkel gleich dem Supplement des betreffenden Eckwinkels ist.“

Für den Fall einer Sonnenfinsterniss, wo auch die Form der Lichtquelle eine andere ist, vermehrt sich natürlich die Zahl der möglichen Bilder noch mehr.

* * *

Ich hatte, als ich mich an die Abfassung meiner Abhandlungen machte, den Vorsatz gefasst, möglichst wenig das polemische Feld zu betreten. Bei der Beschreibung meiner Apparate nun ist es mir nicht schwer geworden, diesem Vorsatze in befriedigendem Grade nachzukommen. Denn wenn auch jedem dieser Apparate die Tendenz zu Grunde liegt, in ihm etwas zu liefern, was besser wäre als das mir bisher in dieser Richtung Bekannte, so hatte ich deshalb doch nicht nöthig, die Mängel des Bisherigen besonders herauszukehren. Ich konnte sie ja meist als bekannt voraussetzen und durfte folglich mein Bischen Kraft im Wesentlichen darauf concentriren, die Vorzüge der neuen Apparate gehörig in's Licht zu setzen. Was dann gar die harmlose „geographisch-astronomische Säule“ betrifft, so bot dieselbe zu Polemik auch nicht die mindeste Veranlassung dar. Anders bei der letzten kleinen Abhandlung. Da wird mir auch der friedfertigste Leser zugestehen, dass es ohne Polemik schlechterdings nicht abgehen *konnte*. Galt es doch einen bisherigen Irrthum zu berichtigen. In solchen Fällen scheint mir der Ausspruch desjenigen Philosophen, welcher trotz des ihm angehängten „Epitheton ornans“ denn doch nicht immer geweint zu haben scheint, zuzutreffen: „πολεμος πατηρ παντων!“ Freilich wird man mir auf diese

antike Weisheit mit dem modernen Bonmot erwidern: „Beaucoup de bruit pour une omelette!“ Gewiss, mehr als eine Omelette ist es nicht, was ich dem freundlichen lesenden Gaste geboten habe. Aber ist eine Omelette denn nicht immer noch mehr werth als die bisher an ihrer Stelle serviren, wie wir jetzt wohl überzeugt sind, entschieden unverdauliche Substanz enthaltenden Bonbons?

