



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der Schattenkonstruktion und Beleuchtungskunde

Göller, Adolf

Stuttgart, 1895

Art. 81. Das Gesetz der Lichtstufen

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96402](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96402)

B. Beleuchtungskunde oder Lehre von den Lichtstufen.

Während in der Schattenkonstruktionslehre nur Lichtflächen, Körperschattenflächen und Schlag-schattenflächen an den dargestellten Gebilden auftraten und nur die Grenzlinien dieser drei Flächen zu suchen waren, ist die Beleuchtungskunde, wie früher ausgesprochen, die Lehre von den feineren Unterschieden der Schattierung, von der Abstufung der Lichtstärken auf den beleuchteten oder im Schatten befindlichen Flächen eines Körpers. Sie stellt sich zunächst die Frage: „Wie gross ist unter Voraussetzung der eingeführten Richtung der Lichtstrahlen die Stärke der Beleuchtung an jedem einzelnen Punkt der Oberfläche des darzustellenden Körpers?“ und sucht auf den gekrümmten Flächen ununterbrochene Linien, von welchen jede die Punkte einer bestimmten Lichtstärke zusammenfasst.

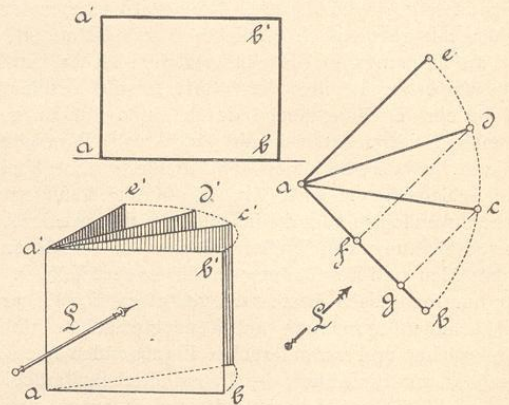
XI. Die Normalkugel.

81. Das Gesetz der Lichtstufen.

Eine genügend einfache und deutliche Formenwiedergabe der technischen Gebilde mit Hilfe der Schattierung ist nur möglich unter der Voraussetzung einfarbiger, nicht glänzender, nicht erheblich durchscheinender Oberflächen, für welche eine Aenderung der Stellung des anschauenden Auges eine merkliche Aenderung der wahrgenommenen Beleuchtungsstufen nicht herbeiführt. Gekrümmte Spiegel-flächen, die alles auf sie fallende Licht regelmässig zurückwerfen und ihr Aussehen mit jedem Standpunkt ändern, schattieren sich überhaupt nicht, sondern zeigen nur Spiegelbilder äusserer Dinge; für minder stark glänzende Oberflächen müsste immer ein bestimmtes Verhältnis zwischen der Menge des regelmässig zurückgeworfenen und zerstreut reflektierten Lichtes festgesetzt werden, um ihre Lichtstufen verfolgen zu können; auch wäre immer ausser der Lichtrichtung ein Standpunkt des betrachtenden Auges oder eine Richtung paralleler Sehstrahlen einzuführen, welchen gegenüber das physikalische Gesetz von der Zurückwerfung des Lichtes anzuwenden wäre, wodurch die Bestimmung der Lichtstufen äusserst umständlich und schwierig werden müsste. Eine so erhaltene Schattierung, etwa für ein Ellipsoid, würde das formale Gesetz der Fläche weit weniger deutlich fühlen lassen, als diejenige für eine nicht glänzende Oberfläche, wie am besten die Photographie beweisen kann; die Darstellung würde also trotz des grösseren Aufwandes weniger erklären als sie erklären soll. Wenn es auch der Theorie nach kaum eine Fläche geben mag, die nicht bei Sonnenbeleuchtung einiges Glanzlicht in einer bestimmten Richtung zurückwirft, so lehrt doch die Beobachtung, dass die Schattierung auf solchen Stoffen, die nach der gewöhnlichen Auffassung als glanzlos be-

zeichnet werden, sich mit der Bewegung des Auges nicht merklich ändert, dass es also gerechtfertigt ist, von einer scheinbaren Beleuchtung, die gleichzeitig von der Lichtrichtung und Sehstrahlenrichtung abhängig wäre, bei der Schattierung technischer Gebilde Umgang zu nehmen. Anders ist es in der künstlerischen Malerei.

Die Annahme einer Beleuchtung nicht glänzender, nicht erheblich durchscheinender Oberflächen durch par-



Figur 81.

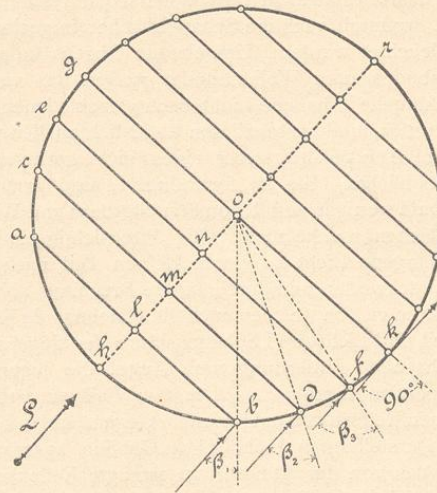
allele Lichtstrahlen, welche andere Lichtquellen nicht erzeugen, führt zu der von der Beobachtung bestätigten Folgerung, dass die vom Licht senkrecht getroffenen Stellen einer Körperoberfläche die hellsten sind, und dass die Lichtstärke um so geringer wird, je schiefer die Lichtstrahlen die Fläche treffen. Dabei richten sich die Lichtstärken nach folgendem Gesetz:

„Die Lichtstärken verschieden gerichteter beleuchteter Ebenen verhalten sich wie die Sinuse der Winkel, unter

denen die Ebenen von den Lichtstrahlen getroffen werden, oder, mit andern Worten, wie die Kosinuse der Winkel, welche die Lichtstrahlen mit den Senkrechten auf den Ebenen bilden. — Bei gekrümmten Flächen ist jedes Flächenelement ebenso hell wie die zugehörige tangierende Ebene. Die Lichtstärken verschiedener Punkte einer beleuchteten gekrümmten Fläche verhalten sich also wie die Kosinuse der Winkel, welche die Lichtstrahlen mit den Normalen der Fläche in diesen Punkten bilden.“

Dieses Gesetz wird durch folgende Betrachtung gewonnen. Es sei in Figur 81 die Horizontallinie L die Richtung des Lichtstrahls (das heisst, das Grundebenensystem sei so gewählt, dass die im Raum geneigte Richtung des Lichtstrahls als horizontale Linie auftritt). ab sei ein ebenes Rechteck, senkrecht zum Lichtstrahl gerichtet und von der Höhe h . Dieses Rechteck wird getroffen von einem vierseitig prismatischen Lichtstrahlenbüschel, dessen Querschnittsfläche gleich ist der Fläche des Rechtecks, also ausgedrückt ist durch $ab \cdot h$. — Denkt man sich nun das Rechteck um seine Kante aa' in die Lage ac gedreht, so wird das Lichtstrahlenbüschel, das in dieser Lage seine Ebene trifft, kleiner sein; es wird einen Querschnitt haben gleich $ag \cdot h$. — Dreht man das Rechteck weiter in die Lage ad , so wird das Lichtstrahlenbüschel abermals kleiner; es wird einen Querschnitt haben gleich $af \cdot h$. Daraus folgt, dass die Lichtmengen auf dem Rechteck in den zwei beliebigen Lagen ac und ad sich verhalten wie ag zu af oder wie $\sin acg$ zu $\sin adf$; denn $\sin acg = \frac{ag}{ab}$ und $\sin adf = \frac{af}{ab}$. Also verhalten sich die Lichtstrahlenbüschel, welche zwei beliebige Lagen der rechteckigen Ebene treffen, mit andern Worten die Lichtmengen auf der Ebene, wie die Sinuse der Winkel, welche die Lichtstrahlen mit dieser Ebene bilden. Dies trifft nicht etwa nur beim Rechteck zu, sondern eine einfache Betrachtung kann lehren, dass für jede beliebige ebene Figur der Querschnitt des Lichtstrahlenbündels gleich ist der Fläche der Figur mal dem Sinus des Winkels der Lichtstrahlen mit der Fläche.

auf der Kugelfläche, denselben Winkel β_2 ; denn wie dieser Winkel in der Figur erscheint, so ist er in jeder andern Ebene, die durch den Durchmesser hr gelegt wird. Also wird die Lichtstärke der Kugelfläche längs des ganzen Parallelkreises cd dieselbe sein. Dasselbe gilt für den Parallelkreis ab , weil in allen seinen Punkten der Winkel



Figur 82.

β_1 derselbe sein muss, endlich für den Parallelkreis ef mit dem gleichbleibenden Winkel β_3 .

Wendet man das Gesetz an, dass sich die Lichtstärken verschiedener Flächenpunkte verhalten wie die Kosinuse der Winkel des Lichtstrahls mit den Normalen in diesen Punkten, so findet sich, wenn mit h die Lichtstärke im Punkt h und mit ab die Lichtstärke längs des Kreises ab bezeichnet wird, die Proportion:

$$h : ab : cd : ef : gk = \cos 0^\circ : \cos \beta_1 : \cos \beta_2 : \cos \beta_3 : \cos 90^\circ.$$

Nun ist aber

$$\begin{aligned} \cos 0^\circ &= 1 \\ \cos \beta_1 &= \cos boh = 0|ob = \frac{3}{4} \\ \cos \beta_2 &= \cos doh = 0m/od = \frac{2}{4} \\ \cos \beta_3 &= \cos foh = 0n/of = \frac{1}{4} \\ \cos 90^\circ &= 0. \end{aligned}$$

Also verhalten sich jene Lichtstärken wie $1 : \frac{3}{4} : \frac{2}{4} : \frac{1}{4} : 0$, oder wie $4 : 3 : 2 : 1 : 0$.

Hätte man etwa den Kugelradius oh in 6 gleiche Teile anstatt in 4 geteilt, so wäre für die Lichtstärken erschienen das Verhältnis $6 : 5 : 4 : 3 : 2 : 1 : 0$, und damit ein geringerer Unterschied der Lichtstärke von einem Parallelkreis zum andern.

Reflexlichtwirkung. Lichtstufen auf der Schatten-83. seite der Kugel.

Was die vom Sonnenlicht abgewandte Hälfte der Kugel betrifft, so wäre sie unter der gemachten Voraussetzung, dass die direkten Lichtstrahlen keine weiteren Lichtquellen hervorrufen, durchaus gleich dunkel wie der schattenabgrenzende Grosskreis; sie würde also durchaus

82. Lichtstufen auf der Lichtseite der Kugel.

Als erster Gegenstand der Verwertung des Gesetzes über die Lichtstärken sei die Kugel gewählt. Der gezeichnete Kreis (Figur 82) sei die Horizontalprojektion einer Kugel in einem Grundebenensystem, in welchem die Richtung des Lichtstrahls wieder dargestellt ist durch die Horizontallinie L . Man zieht einen Kugeldurchmesser parallel zum Lichtstrahl und teilt ihn in 8 gleiche Teile; durch die Teilpunkte legt man Ebenen senkrecht zum Lichtstrahl; diese schneiden die Kugel nach 7 Kreisen, die sich in der Figur als gerade Linien projizieren und von welchen der mittlere als Grosskreis die Grenze zwischen Licht und Körperschatten bildet, indem längs dieses Kreises die Lichtstrahlen die Kugel berühren. Der Punkt h , in welchem der Lichtstrahl zusammenfällt mit der Normalen auf der Kugelfläche, wird der hellste Punkt sein. In jedem Punkt des Parallelkreises cd bildet der Lichtstrahl mit dem Kugelradius, das heisst mit der Normalen