



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Lehre von der Beleuchtung und Schattierung

Delabar, Gangolf

Freiburg im Breisgau [u.a.], 1893

I. Grundbegriffe und Grundsätze der Beleuchtung und Schattierung:

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78623](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78623)

Theoretischer Teil.

I.

Grundbegriffe und Grundsätze der Beleuchtung und Schattierung.

(Fig. 1—23, Blatt 1—2.)

3. Bei der Beleuchtung und Schattierung der Körper hat man im allgemeinen auf dreierlei Dinge Rücksicht zu nehmen:

- a) auf die Lichtquelle oder den leuchtenden Körper;
- b) auf die Form, Lage und Beschaffenheit des beleuchteten Körpers; und
- c) auf den Standpunkt des Beobachters.

a. Von der Lichtquelle oder dem leuchtenden Körper und der Fortpflanzung des Lichtes.

4. Als Lichtquelle dient entweder ein irdisches Licht oder das Sonnenlicht. Beim technischen Zeichnen wird jedoch fast ausschließlich das Sonnenlicht zu Grunde gelegt. Es ist hier nicht der Ort, in eine theoretische Auseinandersetzung des Lichts näher einzutreten. Für unsern Zweck genügt es, zu wissen, daß sich das Licht von der Lichtquelle aus wie die Radien einer Kugel nach allen Richtungen ausbreitet und daß diese Ausbreitung oder Fortpflanzung — unter der Voraussetzung,

daß sie in einem homogenen oder gleichartigen Mittel stattfindet — nach geraden Linien angenommen werden kann.

5. Jede gerade Linie, nach welcher sich das Licht von der Lichtquelle aus fortpflanzt, nennt man einen Lichtstrahl. Eine größere Anzahl von Lichtstrahlen, die von demselben leuchtenden Punkte ausgehen, wird hingegen ein Strahlenbündel oder Strahlenbüschel genannt. Zur Beleuchtung eines Körpers ist natürlich immer ein ganzer Strahlenbündel nötig.

Wie man in der Mechanik mittelst des Kräfteparallelogramms zwei oder mehrere Seitenkräfte in eine Mittelkraft zusammensetzen, oder eine solche in zwei oder mehrere Seitenkräfte zerlegen kann, ebenso kann man auch hier mittelst des Strahlenparallelogramms einen mittlern Lichtstrahl oder Lichtbündel aus zwei oder mehrern Lichtstrahlen oder Lichtbündeln zusammensetzen oder in zwei oder mehrere Seitenlichtstrahlen zerlegen und damit die Richtung und Intensität der Beleuchtung bestimmen.

6. Wird die Lichtquelle als ein Lichtpunkt angenommen, so bilden die von ihm ausgehenden Lichtstrahlen, welche den beleuchteten Körper ringsherum berühren, eine umhüllende Strahlenpyramide oder einen umhüllenden Strahlenkegel (siehe Fig. 1 und 2, Blatt 1), je nachdem derselbe eine eckige oder runde Form hat.

Der dem leuchtenden Punkt zugewendete Teil des beleuchteten Körpers ist dann im Licht und der dem Licht abgewendete Teil desselben im Schatten. Die Linie, welche den beleuchteten Teil vom unbeleuchteten Teil des Körpers trennt, nennt man die Trennungslinie von Schatten und Licht. Dieselbe ist stets eine geschlossene Linie, und zwar im ersten Fall, wenn der beleuchtete Körper von eckigen Flächen eingeschlossen, eine zusammenhängende geradlinig gebrochene Linie, im andern Fall, wenn derselbe, wie z. B. die Kugel, von einer krummen Fläche begrenzt ist, eine geschlossene krumme Linie.

7. Wird die umhüllende Strahlenfläche auch hinter dem beleuchteten Körper noch weiter fortgesetzt, so befindet sich auch der ganze von ihr eingeschlossene Raum im Schatten, und die Figur, in welcher dieser Schattenraum von den Projektionsebenen oder andern hinterliegenden Flächen geschnitten wird, nennt man den Schlag Schatten. So ist in Fig. 1 und 2, Blatt 1, der Schlag Schatten auf der hinterliegenden Ebene MN durch die Figur ABCHEF, resp. ABCD angegeben.

8. Sowohl die Trennungslinien von Licht und Schatten als die Schlag Schatten umrisse erscheinen unter dieser Voraussetzung als polare oder zentrale Projektionen, die, wie im dritten Abschnitt des vierten Heftes unserer „Anleitung“ gezeigt worden ist, bestimmt werden.

9. Wenn dagegen der leuchtende Körper eine größere Ausdehnung hat, so wird der Schatten, der sich hinter dem leuchtenden Körper einstellt, in den Kern- oder Ganz Schatten und in den Halbschatten unterschieden.

Ist z. B. in Fig. 3 S (die Sonne) der leuchtende und E (die Erde) der beleuchtete Körper, beide als runde Körper vorausgesetzt, und zieht man die gemeinschaftlichen äußern und innern Tangenten an dieselben, so wird der kegelförmige Raum $aeba$ gar kein Licht empfangen, der ihn umgebende Raum $gdaebef$, welcher die Form eines kegelförmig eingeschnittenen Kegels hat, wird dagegen nur von mehr oder weniger Lichtstrahlen getroffen während die andern Lichtstrahlen vom Körper E gehindert werden, in diesen Raum einzudringen. Dieser letztere Raum ist daher jedenfalls weniger hell als der ganz beleuchtete Raum, hingegen heller als der Raum $aeba$. Man nennt deshalb, wie gesagt, den Raum $gdaebef$ den Halbschatten und den Raum $aeba$ den Ganz- oder Kern Schatten.

10. Wird der Schattenraum durch eine Ebene MN (Fig. 3) geschnitten, so bildet der Schnitt des Kern Schattens einen kleinen, dunkeln Kreis, der Halbschatten-

schnitt dagegen einen größeren, blässern Kreisring (siehe Fig. 4). Dieser letztere ist am äußern Umfang nicht scharf begrenzt, sondern etwas geschwächt, und sieht daselbst wie verwaschen oder verwischt aus. Dies ist um so mehr der Fall, je weiter der Schnitt MN von dem Körper E entfernt ist. Die Schlagschatten (im Halbschatten) werden deshalb um so schwächer und unbestimmter, je weiter sie vom beleuchteten Körper abstehen.

11. Die in den beiden letzten Nummern gegebenen Erklärungen treffen wirklich zu, wenn wir die Sonne als Lichtquelle annehmen. Denn bezeichnen wir die Radien der Sonne und Erde mit R und r, und die Entfernung der Sonne von der Erde mit e, so ist annähernd: $R = 110,2 \cdot r$ und $e = 23344 \cdot r$, oder, da der mittlere Erdradius $r = 6367$ km beträgt,
 $R = 701643$ km = 94561 geogr. Meilen und
 $e = 148631250$ km = 20029980 geogr. Meilen.

12. Da die Sonne 20 Millionen geogr. Meilen von der Erde entfernt ist, so kann man die Lichtstrahlen, welche von ihr gleichzeitig auf die Erde gelangen, in Bezug auf die kurze Strecke derselben, wie sie bei technischen Zeichnungen (irdischer Gegenstände) überhaupt nur in Betracht kommt, als parallele Geraden ansehen und ihre Intensität auf diese verhältnismäßig kleine Ausdehnung als gleich stark betrachten. Aus demselben Grund kann auch die Größe der Sonnenscheibe, deren

Gesichtswinkel nach obigen Daten nicht mehr denn etwa 32 Minuten*) beträgt, unberücksichtigt bleiben, d. h. die Sonnenstrahlen können so angesehen werden, wie wenn sie von einem Punkt ausgingen. Endlich wird aus demselben Grunde der Centriwinkel boc (Fig. 5), welcher dem Bogen bc des Halbschattens auf der Erdkugel oder auf irgend einem andern sphärischen Körper auf derselben entspricht, und welcher dem Gesichtswinkel $B \varepsilon C$, unter welchem die leuchtende Sonnenkugel einem auf der Erdoberfläche in ε befindlichen Beobachter erscheint, gleich ist, ebenfalls nicht mehr denn 32 Minuten betragen, und damit findet man:

$$\text{arc } bc = \frac{1}{108} \cdot r^{**}),$$

d. h. auf der Erdoberfläche oder auf einem andern sphärischen Körper, der auf letzterer sich befindet und von der Sonne beleuchtet wird, beträgt die Breite der vom Halbschatten eingenommenen Zone nicht mehr als den 108ten Teil des Halbmessers des sphärischen

*) Bezeichnet man den Winkel $B \varepsilon C = \varepsilon \varepsilon f = boc = \alpha$, so ist:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{R}{e} = \frac{94561}{20029980}, \text{ woraus: } \frac{\alpha}{2} = 16' 10'', \text{ also } \alpha = 32' 20''.$$

**) Es verhält sich nämlich $\text{arc } bc : 32' = 2r\pi : 360 \cdot 60$, woraus: $\text{arc } bc = \frac{2r\pi \cdot 32}{360 \cdot 60} = \frac{1}{108} \cdot r$.

Körpers. Dasselbe Resultat kann auch auf jeden andern Körper ausgedehnt werden. Bei der Kleinheit dieses Resultates ist es daher gestattet, den vom Sonnenlicht erzeugten Halbschatten ganz zu vernachlässigen, und damit vereinfacht sich alsdann die Aufgabe der Beleuchtung und Schattierung wesentlich.

13. Unter dieser Voraussetzung, die wir auch wirklich unsern Beleuchtungs- und Schattenkonstruktionen zu Grunde legen werden, bilden alsdann die den beleuchteten Körper umhüllenden Sonnenstrahlen, je nachdem dieser ein eckiger oder runder Körper ist, ein Strahlenprisma oder einen Strahlencylinder, dessen Erzeugende der gegebenen Richtung der Lichtstrahlen parallel sind, und die Trennungslinien von Licht und Schatten erscheinen wieder als Berührungslinien der erwähnten Strahlenfläche mit dem beleuchteten Körper und die Begrenzungslinien des Schlagschattens als Durchschnittsfigur derselben mit den Projektionsebenen oder mit den sonstigen hinterliegenden Flächen.

14. Die Trennungslinien des eigenen Schattens wie die Begrenzungslinien des Schlagschattens können demnach als orthogonale Parallelprojektionen aufgefaßt und gefunden werden, wie dies in den vier ersten Abschnitten des dritten Heftes ausführlich gezeigt worden ist. Die Umrisse der Schlagschatten können übrigens auch, wenn man will, als schiefe Parallelprojektionen

der entsprechenden Trennungslinien von Schatten und Licht betrachtet und demzufolge wie in dem zweiten Abschnitt des vierten Heftes unserer „Anleitung“ bestimmt werden.

15. Ist der beleuchtete Körper z. B. eine Kugel, so ist die umhüllende Strahlenfläche eine schiefe Kreiscylinderfläche, die Trennungslinie von Schatten und Licht eine Kreislinie, und zwar ein größter Kreis der Kugel, und die Begrenzungslinie des Schlagschattens auf der Projektionsebene ist eine Ellipse (siehe Fig. 6).

16. Ist der Körper dagegen ein senkrechter Kreiscylinder, der auf der Grundebene aufsteht, so ist die umhüllende Strahlenfläche zusammengesetzt aus einem schiefen cylindrischen Flächenstück und zwei zur Grundebene senkrechten ebenen Flächen; die Trennungslinie von Schatten und Licht besteht aus zwei geraden Erzeugungslinien und einem sie verbindenden Halbkreisbogen und die Begrenzungslinie des Schlagschattens aus ihren schiefen Projektionen auf die Grundebene, also aus zwei schiefen Geraden und einer halben Ellipse (siehe Fig. 7).

17. Ist ebenso der beleuchtete Körper ein senkrechtes, z. B. fünfseitiges Prisma, so ist die umhüllende Strahlenfläche aus zwei senkrechten und zwei (unter Umständen drei) schiefen ebenen Flächen zusammengesetzt, die Trennungslinie zwischen Schatten und Licht entsprechend aus zwei senkrechten Kanten und zwei (oder

drei sie verbindenden liegenden Kanten der obern Basis und die Begrenzung des Schlagschattens aus ihren schiefen Projektionen, also aus ebenso vielen Geraden wie die Trennungslinie des eigenen Schattens (siehe Fig. 8).

18. Ist der beleuchtete Körper ein senkrechter Kreiskegel oder eine senkrechte Pyramide, so besteht die umhüllende Strahlenfläche aus zwei Ebenen, die sich in dem durch den Scheitel gehenden Lichtstrahl durchschneiden, und die Trennungslinie von Schatten und Licht aus zwei Erzeugenden resp. Kanten, und die Schlagschattenbegrenzung aus zwei Geraden, den Rissen beider Berührungsebenen, die sich in einem Punkt, dem Durchschnittpunkt des durch den Scheitel gehenden Lichtstrahles mit der Grundebene, durchschneiden (siehe Fig. 9 und 10).

19. Zur Ausführung dieser verschiedenen Schattenkonstruktionen muß man, da die Richtung des einfallenden Sonnenlichtes nach der verschiedenen Jahres- und Tageszeit sich ändert, eine bestimmte Richtung der einfallenden Sonnenstrahlen als unveränderlich annehmen. Gewöhnlich werden dieselben so angenommen, daß sie von links nach rechts, von vorn nach hinten und von oben nach unten einfallen, und zugleich mit der Diagonale AE eines Würfels, der so gestellt ist, daß je zwei Flächen mit der H.E. wie mit der V.E. parallel sind, gleiche Richtung haben (siehe Fig. 12 a und 12 b, Blatt 2).

Unter dieser Annahme machen alsdann beide Projektionen des Lichtstrahles mit der Projektionsachse XX Winkel von 45° , und der Lichtstrahl selbst mit der H.E. und V.E. macht einen Neigungswinkel α von $35^\circ 16'$ (siehe Fig. 12 a)*).

Dieser Neigungswinkel kann übrigens auch aus den rechtwinkligen Projektionen des Würfels und des Lichtstrahles durch eine einfache Umdrehung der letztern in eine zur V.E. parallele Lage unmittelbar in wahrer Größe gefunden werden, wie in Fig. 12 b zu ersehen ist.

b. Von der Lage und Beschaffenheit des beleuchteten Körpers, von der Beleuchtungsintensität desselben und vom Reflektlicht

20. Bekanntlich sind die Körper, die nicht selbst leuchtend sind, für uns nur sichtbar dadurch, daß sie das Licht, welches von einem leuchtenden Körper auf sie einfällt, mehr oder weniger vollkommen reflektieren oder zurückwerfen, und zwar geschieht diese Zurückwerfung nach dem physikalischen Satze, daß der Ausfallswinkel gleich ist dem Einfallswinkel, d. h. daß der Winkel ECN, welchen der zurück-

*) Bezeichnet man die Würfelseite $AB = BC = 1$, so ist die Flächen diagonale $AC = \sqrt{2}$ und die Körperdiagonale $AE = \sqrt{3}$, also $\sin CAE = \sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$, woraus $\alpha = 35^\circ 15' 52''$, wofür man näherungsweise $35^\circ 16'$ setzen kann.

geworfene Strahl CE mit dem zugehörigen Perpendikel CN bildet, gleich ist dem Winkel DCN, welchen dieses mit dem Einfallsstrahl CD macht (siehe Fig. 13).

21. Fallen die Lichtstrahlen senkrecht auf eine Fläche ein, so wird diese am hellsten beleuchtet. Die Beleuchtung derselben nimmt dagegen um so mehr ab, je schief die Lichtstrahlen gegen sie einfallen. Denn wird z. B. die ebene Fläche (AB, a'b'b'a', Fig. 14), auf welche die Lichtstrahlen nach der Richtung von L ⊥ AB einfallen, um den Winkel α = ∠BAC gedreht, so daß der Winkel, den die eingefallenen Lichtstrahlen mit der gedrehten ebenen Fläche (AC, a'c'c'a') bilden, β = ∠AFd = ∠ACc = (90° - α) ist, so fallen von den Lichtstrahlen, die auf AB fallen, nur noch diejenigen auf die gleich große ebene Fläche AC auf, welche zwischen A und c zu liegen kommen. Die Beleuchtung der Fläche in der geneigten Lage (AC, a'c'c'a') wird daher im Verhältnis von Ac : AB schwächer sein als in der Lage (AB, a'b'b'a'), in welcher die Lichtstrahlen senkrecht zu ihr sind.

22. Bezeichnen wir die Helligkeit oder Beleuchtungsintensität des Rechtecks in der Lage (AB, a'b'b'a'), in welcher die Lichtstrahlen senkrecht auf dasselbe einfallen, mit H und in der Lage (AC, a'c'c'a'), in welcher sie den Winkel β = (90° - α) mit ihm bilden, mit H', so verhält sich nach dem Vorhergehenden:

$$H : H' = \overline{AB} : \overline{Ac} = \overline{AB} : \overline{AC} \cos \alpha = AB : AB \cos \alpha = 1 : \cos \alpha = 1 : \sin \beta,$$

woraus: 1) $H' = H \cos \alpha = H \sin \beta$.

Ebenso folgt, wenn der Winkel BAD = α' und der Winkel ADd = β' gesetzt wird, die Helligkeit H'' des Rechtecks in dieser neuen Lage:

$$2) H'' = H \cos \alpha' = H \sin \beta'.$$

Und aus 1) und 2) ergibt sich nun weiter:

$$H' : H'' = H \cos \alpha : H \cos \alpha' = H \sin \beta : H \sin \beta'$$

$$\text{oder: } H' : H'' = \cos \alpha : \cos \alpha' = \sin \beta : \sin \beta',$$

d. h. die Helligkeiten oder Beleuchtungsintensitäten zweier Rechtecke oder zweier gleich großen ebenen Flächen überhaupt, welche gegen die Lichtstrahlen verschiedene Lage haben, verhalten sich wie die Kosinusse ihrer Neigungswinkel oder Einfallswinkel, oder wie die Sinusse der Winkel, welche der einfallende Lichtstrahl mit den geneigten Ebenen selbst bildet.

23. Mittelfst dieses Satzes sind wir nun auch im Stande, die Lagen von Ebenen zu bestimmen, deren Helligkeiten oder Beleuchtungsintensitäten stetig abnehmen, deren Helledifferenzen also gleich sind.

Ist AB (Fig. 15) diejenige Lage einer Ebene, in welcher sie von den Lichtstrahlen senkrecht getroffen wird, und AM diejenige, in welcher die Lichtstrahlen mit ihr parallel sind, und sollen wir alle Zwischenlagen der Ebenen bestimmen, so daß der Unterschied ihrer Hellig-

heit durchgehends $\frac{1}{10}$ beträgt, so beschreiben wir mit AB aus A den Kreisbogen BM, teilen AB in zehn gleiche Teile, ziehen durch die Teilpunkte c, d, e, . . . Parallelen zur Lichtrichtung L der Lichtstrahlen und verbinden die Durchschnittspunkte C, D, E, . . . mit A, so sind AC, AD, AE, . . . die verlangten Zwischenlagen der Ebene, deren Helligkeiten je um $\frac{1}{10}$ differieren. Denn es verhalten sich die Helligkeiten derselben in diesen verschiedenen Lagen wie die Breiten Ab, Ac, Ad, Ae, . . . und, da diese nach der Konstruktion sich wie 10 : 9 : 8 : 7 : . . . verhalten, so verhalten sich auch die Helligkeiten selbst wie 10 : 9 : 8 : 7 : . . . und ihr Helligkeitsunterschied ist daher wirklich je $\frac{1}{10}$.

für die Helligkeit	1	den Winkel	$\alpha_1 = 0^\circ -'$	oder den Winkel	$\beta_1 = 90^\circ -'$
0,9	"	"	$\alpha_2 = 25^\circ 50'$	"	$\beta_2 = 64^\circ 10'$
0,8	"	"	$\alpha_3 = 36^\circ 52'$	"	$\beta_3 = 53^\circ 8'$
0,7	"	"	$\alpha_4 = 45^\circ 25'$	"	$\beta_4 = 44^\circ 35'$
0,6	"	"	$\alpha_5 = 53^\circ 52'$	"	$\beta_5 = 36^\circ 8'$
0,5	"	"	$\alpha_6 = 60^\circ -'$	"	$\beta_6 = 30^\circ -'$
0,4	"	"	$\alpha_7 = 66^\circ 35'$	"	$\beta_7 = 23^\circ 25'$
0,3	"	"	$\alpha_8 = 72^\circ 28'$	"	$\beta_8 = 17^\circ 32'$
0,2	"	"	$\alpha_9 = 78^\circ 45'$	"	$\beta_9 = 11^\circ 15'$
0,1	"	"	$\alpha_{10} = 84^\circ 45'$	"	$\beta_{10} = 5^\circ 15'$
0	"	"	$\alpha_{11} = 90^\circ -'$	"	$\beta_{11} = 0^\circ -'$

24. Dem Winkel $\alpha = 0^\circ$ oder $\beta = 90^\circ$ entspricht daher das Maximum der Beleuchtung und dem Winkel $\alpha = 90^\circ$ oder $\beta = 0^\circ$ das Minimum der Beleuchtung. Bezeichnen wir ersteres mit 1 und letzteres mit 0 und die Zwischenstufen der Beleuchtung mit 0,9 bis 0,1, so können wir auch umgekehrt die Neigungswinkel bestimmen, welche diesen Beleuchtungsintensitäten entsprechen. Da nach der obigen Gleichung 1) allgemein

$$H' = H \cos \alpha = H \sin \beta,$$

so ist auch: $\cos \alpha = \sin \beta = \frac{H'}{H}$, und damit findet man, wenn man $H = 1$ und H' nacheinander 1, 0,9, 0,8, 0,7, 0,6, 0,5, 0,4, 0,3, 0,2, 0,1, 0 setzt,

25. Diese aus elf Stufen bestehende Beleuchtungsstufale kann nun als Norm für die Beleuchtung ebener Flächen benützt werden. Um hiernach die angegebenen Helligkeitsgrade oder Lichtintensitäten auf ebenen

Flächen von der entsprechenden Stellung wirklich zu erhalten, kann man dieselben nacheinander mit einem dem Maximum der Beleuchtung entsprechenden Tuschton nur einmal, oder mit einem entsprechend schwächeren Tuschton zweimal, dreimal u. c. bis elfmal anlegen, je nachdem dieselben die Helligkeitsgrade 1, 0,9 0,8, 0,1, 0 haben sollen. Oder man kann auch die einzelnen aufeinander folgenden Tuschöne, womit man die Flächen anlegt, so verstärken, daß man die verlangten Helligkeitsgrade sofort nach dem ersten Anlegen oder doch schon nach einigen wenigen Wiederholungen erhält. Wir werden später im praktischen Teile auf die angedeutete Beleuchtungsstafe und ihre praktische Anwendung nochmals zurückkommen.

26. Die vorigen Erklärungen sind vorzugsweise für ebene Flächen aufgestellt worden. Sie können aber auch auf krumme Flächen übertragen werden. Denn ist z. B. PZ (Fig. 16) irgend eine krumme Fläche und will man die Beleuchtungsintensität oder den Helligegrad in den Punkten A, B, C, . . . derselben kennen, so denke man sich in diesen Punkten die Normalen N_1, N_2, N_3, \dots zur Fläche gezogen und die Winkel $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$, welche sie mit dem einfallenden Lichtstrahl AL_1, BL_2, CL_3, \dots bilden, bestimmt. Die Beleuchtungsintensität der krummen Fläche in den Punkten A, B, C, . . . ist alsdann proportional dem Kosinus der Winkel $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$. Statt der Normalen könnte man auch an die krumme Fläche, in den Punkten A,

B, C, . . . Tangierungsebenen T_1, T_2, T_3, \dots legen, und die Winkel, welche dieselben mit dem einfallenden Lichtstrahl bilden, bestimmen. Denn dann ist die Beleuchtungsintensität der krummen Fläche in den betreffenden Punkten A, B, C, . . . proportional dem Sinus der Winkel $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$. Auf diese Weise ist man im stande, die Beleuchtungsintensität oder den Helligegrad eines jeden beliebigen Punktes irgend einer gegebenen krummen Fläche zu bestimmen.

27. Ist die krumme Fläche z. B. eine senkrechte Kreiszylinderfläche und der Bogen PZ (Fig. 16) ein Teil des Grundkreises oder der Normaldirektrix derselben, so wird die Erzeugende des Punktes A_0 , für welchen $\alpha = 0^\circ$ und $\beta = 90^\circ$, am hellsten beleuchtet, und die Beleuchtungsintensität längs der Erzeugenden in den Punkten A, B, C, . . . ist wieder dem Kosinus der Einfallswinkel $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ oder dem Sinus der Tangentenwinkel $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$ proportional. Bezeichnen wir daher die Intensität in A_0 mit H und in den Punkten A, B, C, . . . bezw. mit H_1, H_2, H_3, \dots , so verhält sich:

$$H_1 : H_2 : H_3 \dots = H \cos \alpha_1 : H \cos \alpha_2 : H \cos \alpha_3 : \dots$$

$$= \cos \alpha_1 : \cos \alpha_2 : \cos \alpha_3 : \dots$$

oder wenn man mit dem Radius $r = AO = BO = CO \dots$ multipliziert, so erhält man:

$$H_1 : H_2 : H_3 \dots = AO \cos \alpha_1 : BO \cos \alpha_2 : CO \cos \alpha_3 : \dots$$

$$= Oa : Ob : Oc : \dots$$

d. h. die Helligkeiten in den beliebigen Punk-

ten A, B, C, \dots des Grundkreises der Cylinderfläche verhalten sich wie die Projektionen $\overline{Oa}, \overline{Ob}, \overline{Oc}, \dots$ der zugehörigen Radien $\overline{OA}, \overline{OB}, \overline{OC}, \dots$ auf die angenommene Lichtrichtung \overline{OL} .

Sollen also die Beleuchtungsintensitäten stetig abnehmen, ihre Helledifferenzen also gleich sein, so müssen auch die Punkte a, b, c, \dots den Radius \overline{OA}_0 so teilen, daß die Abstände der Teilpunkte einander gleich sind. Teilt man daher den Radius \overline{CA} des Grundkreises oder der Normaldirektrix der senkrechten Kreiscylinderfläche (Fig. 24, Blatt 3) in zehn gleiche Teile und errichtet in den Teilpunkten Senkrechte zu \overline{CA} , so schneiden diese den Umfang des Kreises offenbar in Punkten, deren Beleuchtungsintensitäten je um $\frac{1}{10}$ voneinander verschieden sind. Denkt man sich in den Teilpunkten des Radius \overline{CA} zugleich senkrechte Ebenen errichtet, so schneiden diese die Cylinderfläche in Erzeugungslinien, deren Beleuchtungsintensitäten ebenfalls je um $\frac{1}{10}$ voneinander verschieden sind. Diese Erzeugungslinien sind im Aufriß der Fig. 24, Blatt 3, für die zur Achse ($C, c'z'$) senkrechte Lichtrichtung ($l'l'$) dargestellt.

28. Zur gehörigen Abstufung sowohl der beleuchteten als der schattierten Partien einer stetig gekrümmten Fläche dienen ganz vorzüglich die Linien gleicher

Helligkeit oder gleicher Lichtintensität, die nach dem Griechischen Ψοφηγεν oder Ψοφωτην *) genannt werden. Es sind jene geraden oder krummen Linien, längs deren die Winkel des Lichtstrahles mit den Normalen oder Tangierungsebenen in allen Punkten derselben gleich sind, und in welchen folglich auch die Helligkeit oder Beleuchtungsintensität überall die gleiche ist. Konstruiert man auf solchen krummen Flächen, wie dies oben für die Kreiscylinderfläche (Fig. 24) angedeutet worden ist, eine Anzahl von Linien gleicher Helligkeit oder gleicher Lichtintensität dergestalt, daß die Helle oder Lichtintensität von der einen zur andern dieser Linien immer um gleichviel zu- oder abnimmt, so können solche krumme Flächen in ähnlicher Art getuscht und schattiert werden, wie dies oben für ebene Flächen erläutert worden ist. Je mehr man solche Lichtabstufungen benützt, desto vollkommener wird auch die Beleuchtung resp. Schattierung der krummen Fläche ausfallen.

29. Obschon die Ausführung des angedeuteten Verfahrens bei der Beleuchtung und Schattierung krummer Flächen für diejenigen, die mit den verschiedenen Methoden der darstellenden Geometrie vertraut sind, keine besondern Schwierigkeiten hat, so machte man von derselben bisher doch nur selten Gebrauch, weil sie meistens, wenn nicht gerade zu schwierigen, so doch zu ziemlich langwierigen Konstruktionen führt. Man be-

*) Ψοφηγεν aus $\psi\sigma\sigma$ gleich und $\phi\acute{\epsilon}\gamma\gamma\omega\varsigma$ Helle und Ψοφωτην aus $\psi\sigma\sigma$ gleich und $\phi\omega\omega\varsigma$ Licht zusammenge setzt.

diente sich daher, um beim Auffuchen der Linien gleicher Lichtintensität für krumme Flächen diese langwierigen und zeitraubenden Beleuchtungs- und Schattierungs-konstruktionen möglichst zu vermeiden, häufig einer Normalkugel, auf welcher eine entsprechende Anzahl von Linien gleicher Helligkeit und Dunkelheit für gleiche Licht- und Schattendifferenzen konstruiert worden ist *). Denn da auf einer Kugeloberfläche alle nur möglichen Helligkeitsgrade oder Beleuchtungsintensitäten vorkommen, so kann man mit einer solchen Kugel, für welche die Helligkeit eines jeden beliebigen Punktes auf ihr mittelst einer hinreichenden Anzahl von Isophoten oder Helligkeitskurven bekannt ist, oder doch leicht gefunden werden kann, zugleich auch die Helligkeitsgrade jeder andern krummen Fläche bestimmen. Wir werden weiter unten — bei den Übungsbeispielen — zeigen, wie eine solche Normalkugel zur Bestimmung der Beleuchtung und Schattierung der verschiedenen übrigen krummen Flächen wirklich angewendet werden kann. Hier soll vorläufig nur noch gezeigt werden, wie die Helligkeitsgrade und

*) Der Gebrauch der Hilfskugel zum Schattieren krummer Flächen wurde unseres Wissens zuerst von Professor J. Egle, dem gewesenen Direktor der Kunstgewerbeschule in Stuttgart, gelehrt. Siehe dessen Abhandlung „Über das Schattieren der Oberflächen regelmäßiger Körper“ in der „Einladungsschrift der Polytechnischen Schule in Stuttgart zu der Feier des Geburtstages Sr. Majestät des Königs Wilhelm von Württemberg, am 27. September 1855“. Weiter ausgeführt ist derselbe in der „Schattierungskunde von Professor C. Rieß in Stuttgart von 1871“.

die entsprechenden Helligkeitskurven auf der Kugeloberfläche selbst bestimmt werden.

30. Zu diesem Behufe sei in Fig. 17 AB der Durchmesser und C der Mittelpunkt einer Kugel und CL, senkrecht zu AB, die Richtung des einfallenden Lichtstrahles. Dann ist offenbar K, der Durchschnittspunkt dieses Strahles mit der Kugeloberfläche, der hellste Punkt der letztern. Zieht man ferner an die Kugeloberfläche die berührenden Strahlen, wie LA, so bilden sie eine umhüllende Cylinderfläche, welche die Kugeloberfläche rings herum in einem Kreise AB berührt, welcher die dunkelste Lichtkurve oder die Trennungslinie von Licht und Schatten angeht. Will man nun ebenso für irgend zwei andere Punkte D und G der Kugeloberfläche den Helligkeitsgrad bestimmen, so ziehe man zu denselben die Normalen CN und CN₁ und die Tangenten DM und GP, sowie die Lichtstrahlen DL || GL || CL; denn alsdann verhält sich nach früherem (siehe §§ 22 und 27) die Helligkeit H' des Punktes D zur Helligkeit H'' des Punktes G wie die Kosinusse der Einfallswinkel LDN und LGN₁, oder, da $\sphericalangle LDN = \sphericalangle FCD = \alpha$ und $\sphericalangle LGN_1 = \sphericalangle JCG = \alpha_1$, wie die Kosinusse der Centralwinkel FCD und JCG, so daß man hat:

$$H' : H'' = \cos FCD : \cos JCG = \cos \alpha : \cos \alpha_1,$$

oder, wenn man die letzten Glieder mit $r = CD = CG$ multipliziert, so folgt:

$$H' : H'' = CD \cdot \cos FCD : CG \cdot \cos JCG = CF : CJ.$$

Dieselbe Helligkeit wie der Punkt D hat aber auch der ganze zur Achse KS senkrechte Parallelkreis DE und die zugehörige Kegelfläche MDE, und dieselbe Helligkeit wie der Punkt G hat auch der zu KS senkrechte Parallelkreis GH und die zugehörige Kegelfläche PGH, weil die Einfallswinkel α und α_1 für alle Punkte dieser Kreise ringsherum dieselben sind. Es sind somit die Parallelkreise DE und GH Kurven gleicher Helligkeit, und ihre Helligkeiten verhalten sich daher ebenfalls wie $CF : CJ$, d. h. wie die Abstände ihrer Ebenen vom Kugelcentrum.

Die Isophoten oder Lichtkurven der Kugel oder vielmehr ihre Ebenen sind, wie man sieht, zugleich senkrecht zu demjenigen Lichtstrahl, der durch den Mittelpunkt der Kugel geht und die Kugeloberfläche in dem hellsten Punkte K durchschneidet. Für diesen Punkt ist der Einfallswinkel $\alpha = 0^\circ$, also $\cos 0^\circ = 1$ und ebendeshalb die Helligkeit desselben am größten. Für den Punkt A und alle übrigen Punkte des Kreises AB oder der Grenzisophoten hingegen ist der Einfallswinkel $\angle A Q = 90^\circ$, also $\cos 90^\circ = 0$, und ebendeshalb auch die Helligkeit derselben gleich Null.

31. Da nach dem Vorhergehenden die Beleuchtungsintensitäten der Lichtkurven auf der Kugel sich verhalten wie die Abstände ihrer Ebenen vom Kugelcentrum, so müssen notwendig auch für gleiche Helledifferenzen derselben ihre gegenseitigen Abstände einander gleich sein.

Teilt man darum den mit dem Lichtstrahl L parallelen Radius CD (Fig. 18) in eine beliebige Anzahl, z. B. in sieben gleiche Teile, und legt durch diese Teilpunkte 1, 2, 3, . . . Ebenen, senkrecht zu CD, so schneiden diese die Kugeloberfläche in den Kreisen EF, GH, JK, . . . von gleicher Helligkeit, deren Helligkeitsgrade sich verhalten wie die Abstände $C1 : C2 : C3 : \dots$ oder wie $\frac{1}{7} : \frac{2}{7} : \frac{3}{7} : \dots$. Die Helledifferenz beträgt daher in diesem Fall $\frac{1}{7}$. Hätte man den Radius CD in zehn gleiche Teile geteilt, so würden sich die entsprechenden Helligkeitsgrade der Isophotenkreise wie $\frac{1}{10} : \frac{2}{10} : \frac{3}{10} : \dots = 1 : 2 : 3 \dots$ verhalten und die Helledifferenz würde $\frac{1}{10}$ betragen.

32. Wollte man hiernach die Beleuchtung und Schattierung der Kugel wirklich ausführen, so hätte man zuerst einen Tushton so zu wählen, wie er für die Dunkelheit der Grenzisophote geeignet erscheint, und denselben hierauf so zu verdünnen, daß er nach einmaligem Auftragen die Helligkeit 1, nach zweimaligem Auftragen die Helligkeit 0,9, nach dreimaligem Auftragen die Helligkeit 0,8 etc. und nach elfmaligem Auftragen wieder die ursprüngliche Dunkelheit 0 der Grenzisophote geben würde. Mit diesem verdünnten Tushton hätte man alsdann die ganze halbe beleuchtete Kugeloberfläche ADBA vom Kreise AB bis zum Punkte D einmal, bis zum Kreise

QR zweimal, bis zum Kreise OP dreimal $2c$. und bis zum Kreise EF zehnmal und die ganze Schattenhälfte vom Kreise AB bis S elfmal, oder mit dem ursprünglichen Tuschton einmal anzulegen.

Das letztere trifft nun freilich in der Wirklichkeit nicht zu. Denn es ist aus der Erfahrung hinlänglich bekannt, daß die Körper in der Natur auf der dem Licht abgewandten, also auf der Schattenseite, nicht überall gleich dunkel sind, sondern von der Schattengrenze AB an gegen das hintere Ende S wieder heller werden. Es ist dies eine Folge des indirekten oder Reflexlichtes, dessen Einfluß im folgenden nun noch etwas näher untersucht werden soll.

33. Alle Körper, die tropfbar-flüssigen und gasförmigen wie die festen, haben die Eigenschaft, daß sie das von irgend einer Lichtquelle, z. B. von der Sonne, erhaltene Licht mehr oder weniger reflektieren oder zurückwerfen. Auf dieser Zurückwerfung des Lichtes beruht, wie schon oben (§ 20) bemerkt worden ist, überhaupt die Möglichkeit, daß wir die Körper sehen. Denn ohne dieselbe müßten notwendig alle diejenigen Oberflächenteile eines Körpers, welche von den direkt von der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlen nicht getroffen werden, absolut dunkel, für unser Auge also unsichtbar sein. Dies ist nun aber, wie gesagt, in der Wirklichkeit nicht der Fall, indem durch die reflektierten Lichtstrahlen auch die im Schatten befindlichen Flächenteile noch hinlänglich beleuchtet werden, so daß sie in an-

gemessener Entfernung von unserem Auge wahrgenommen werden können.

34. Soll daher bei der Schattierung der Körper auf das Reflexlicht Rücksicht genommen werden, so wird zur Vereinfachung gewöhnlich angenommen, daß die von hinterliegenden Flächen und Körpern (wie namentlich auch von Luft, Wolken und Wasser) reflektierten Lichtstrahlen den direkt einfallenden parallel und gerade entgegengesetzt gerichtet seien. Dieselbe Beleuchtungsstufe, wie wir sie im Vorausgehenden (§§ 24—25 und 31 bis 32) für das direkt einfallende Licht aufgestellt haben, kann daher auch — jedoch im entgegengesetzten Sinne — für reflektiertes Licht in Anwendung gebracht werden. Nur muß hierbei beachtet werden, daß die entsprechenden Helligkeitsgrade oder Beleuchtungsintensitäten immer merklich schwächer gehalten werden als beim direkten Licht.

35. Am dunkelsten unter allen Flächenteilen eines Körpers, mögen sie durch direktes oder indirektes oder reflektiertes Licht beleuchtet sein, sind immer diejenigen, welche in der Richtung der berührenden Lichtstrahlen selbst liegen, weil dieselben weder durch direktes noch durch reflektiertes Licht beleuchtet werden. In diesem Fall befindet sich z. B. die Fläche (BC, $b'c'b'$), Fig. 19, da sie weder direktes noch indirektes Licht erhält.

Werden die Flächen (AB, $a'b'b'a'$, und CD, $c'd'd'c'$) unter gleichen Winkeln α von den Lichtstrahlen getroffen, erstere durch direktes Licht L, letztere durch reflektiertes R, so muß erstere dennoch, da das direkte

Licht immer stärker als das reflektierte ist, heller als letztere gehalten werden.

36. Die Stärke der Reflexion wie der hierbei ebenfalls in Betracht kommenden Absorption oder Einsaugung des Lichtes hängt von verschiedenen Einflüssen ab. Außer der Form und Lage ist es namentlich die Beschaffenheit der Oberflächen des beleuchteten Körpers, welche hierauf von Einfluß ist. In dieser Beziehung kommt es nämlich wesentlich darauf an, ob die beleuchteten Flächen eine rauhere oder glattere Beschaffenheit besitzen oder nicht. Vollkommen glatte oder polierte Flächen werden das auf sie einfallende Licht vollständig reflektieren oder zurückwerfen. Bei rauhen oder matten Flächen dagegen, die einen Teil des auf sie einfallenden Lichtes immer absorbieren, einsaugen oder verschlucken, ist diese Zurückwerfung nur unvollständig und zudem sehr unregelmäßig.

Im ersten Fall, also bei vollkommen glatten oder polierten Oberflächen, würde man daher nur diejenigen Stellen sehen, deren reflektiertes Licht in unser Auge zurückgeworfen wird. Es sind dies die sogen. Glanzstellen. Alle übrigen Stellen der Oberfläche, von denen kein Licht in unser Auge gelangt, würden uns dagegen unsichtbar oder doch dunkel erscheinen. Ebenso würden bei einer vollkommen glatten Cylinder- oder Kegelfläche nur eine Gerade als Glanzlinie gesehen werden, während die übrigen Flächenteile uns mehr oder weniger dunkel erscheinen würden.

Von einer allmählichen Abstufung sowohl des Lichtes als des Schattens könnte somit bei solchen Flächen keine Rede sein.

Indessen giebt es, außer etwa den Metallspiegeln und gewissen andern glatt geschliffenen Metalllegierungen, keine solch absolut glatte, spiegelnde Flächen, welche alle Strahlen, die auf sie einfallen, nach dem oben (§ 20) erwähnten Reflexionsgesetze reflektieren oder zurückwerfen würden. Die meisten Flächen der wirklichen, physischen Gegenstände enthalten vielmehr eine zahllose Menge Unebenheiten und Rauigkeiten, welche bewirken, daß das Licht unvollständig und unregelmäßig, d. h. nach allen möglichen Richtungen reflektiert wird, so daß die betreffenden Flächen von jedem Standpunkt aus in ihrer ganzen Ausdehnung — freilich ohne Glanz oder Spiegel — gesehen werden können.

37. Man begreift, daß es beim technischen Zeichnen nicht möglich ist, auf diese ins Unendliche variierende Beschaffenheit der Oberflächen in jedem einzelnen Falle Rücksicht zu nehmen. Hier, wo es sich mehr um die mathematisch-technische Lösung der Beleuchtungsaufgabe handelt, sind wir zur Vereinfachung der Sache genötigt, die Oberflächen der Körper von einer gewissen idealen, gleichmäßigen Reflexionsbeschaffenheit anzunehmen.

e. Vom Standpunkt und der Entfernung des Beobachters in Bezug auf den beleuchteten Körper und vom Kontraste.

38. Außer den im vorigen berührten Einflüssen bleibt nun auch noch der Standpunkt des Beobachters

und die Entfernung desselben vom beleuchteten Körper bezüglich der Beleuchtung und Schattierung der Oberflächen zu betrachten übrig.

Was zunächst den Standpunkt des Beobachters oder die Lage des Auges desselben anbelangt, so ist dies bei jeder Projektionsart als das entsprechende projizierende Auge anzunehmen. Bei den polarperspektivischen Projektionen fällt das Auge mit dem Pol, für welchen die Darstellung ausgeführt ist, zusammen. Bei den Parallelprojektionen ist es dagegen in der Richtung der projizierenden Geraden vom Körper entfernt im Unendlichen zu denken. Und ebendeshalb ist bei solchen Darstellungen auf die Lage des Auges streng genommen keine Rücksicht zu nehmen, weil derjenige, welcher die Zeichnung ansieht, jenen Standpunkt in Wirklichkeit doch nicht einnehmen könnte.

39. Was im weitern die Entfernung der beleuchteten Oberfläche vom Auge des Beobachters betrifft, so hat dieselbe allerdings auf die Beleuchtungsintensität insofern einen Einfluß, als uns infolge der eigentümlichen Beschaffenheit unseres Sehorgans die nähern Flächen heller und die entferntern dunkler erscheinen. Sieht man aber von dieser subjektiven Erscheinung ab und faßt man nur die objektive Intensität des direkt einwirkenden Sonnenlichtes ins Auge, so hat die Entfernung des beleuchteten Körpers von der Lichtquelle auf die Intensität der direkten Beleuchtung desselben keinen merklichen Einfluß, weil es

bei der großen Entfernung der Sonne von der Erde offenbar gleichgiltig ist, ob derselbe etwas mehr oder weniger von der Sonne entfernt ist.

Anders ist es freilich, wenn wir irgend ein irdisches Licht der Beleuchtung zu Grunde legen. Denn dann ist die Intensität der beleuchteten Fläche um so schwächer, je weiter diese von demselben entfernt ist, und zwar nimmt dieselbe nach einem bekannten physikalischen Gesetz mit dem Quadrat der Entfernung der beleuchteten Fläche von der (irdischen) Lichtquelle ab.

40. Beim Sonnenlicht, welches wir unserer Betrachtung ausschließlich zu Grunde legen, hat die Entfernung des Körpers von der Lichtquelle auf die Intensität der direkten Beleuchtung, wie gesagt, keinen merklichen Einfluß. Wohl aber findet ein solcher Einfluß beim indirekten, reflektierten Sonnenlicht statt, wie leicht einzusehen, wenn man bedenkt, daß sich dieses in Beziehung auf die Fortpflanzung wie ein direktes irdisches Licht verhält und folglich seiner Intensität nach ebenfalls mit dem Quadrat der Entfernung von der reflektierenden Fläche abnimmt. Deshalb erscheinen denn auch die nach hinten zurückliegenden ebenen Flächen 2, 3, 4 (Fig. 20, Blatt 2) um so dunkler, je weiter sie gegen die vordere Fläche 1 zurückliegen. Im übrigen sind aber die einzelnen zur V.E. parallelen Flächenstücke (AB, a'b'b'a'), (CD, c'd'd'c'), ... ihrer ganzen Ausdehnung nach gleich stark anzulegen. Gehen die einzelnen zurückstehenden

Flächen 1, 2, 3, ... in eine zum Aufriß und zur Gesichtsfäche schräg gestellte Ebene (A B, a' b' b' a'), Fig. 21, über, so erscheint dieselbe aus gleichem Grunde nach hinten gegen (A, a' a') am dunkelsten und nach vorne gegen (B, b' b') am hellsten und ist daher von hinten gegen vorne zu verwaschen, d. h. von hinten gegen vorne stetig heller zu halten.

41. Hat eine ebene Fläche im weitem eine solche Lage, daß sie im Aufriß nach oben gegen unten zurücksteht und im Grundriß nach vorne gegen hinten tiefer liegt, so ist sie im Aufriß oben und im Grundriß vorne am dunkelsten zu halten und im weitem zu verwaschen, wie dies in den Fig. 22 a) und 22 b) angedeutet ist.

Nimmt man hierbei zugleich auf das Medium, d. h. auf die atmosphärische Luft, Rücksicht, durch welche die Lichtstrahlen vom beleuchteten Körper zum Auge des Beobachters gelangen, so findet man, daß mit der Entfernung des Auges vom Gegenstande die direkt beleuchteten Flächen desselben minder hell und die indirekt beleuchteten oder die Schattenflächen minder dunkel erscheinen, als es ohne dieses Zwischenmittel, das für sich wieder als eine reflektierende Materie auftritt, der Fall sein würde.

42. Alles dies gilt auch für krumme Flächen. Bei den Cylinder- und Kegelflächen hat man zu diesem Behufe nur eine Reihe von Erzeugungslinien anzunehmen und die zwischen je zwei unmittelbar aufeinander folgenden Erzeugenden gelegenen ebenen Flächen-

elemente auf gleiche Weise zu behandeln, wie vorhin für ebene Flächen angegeben worden ist. Bei der Kugelfläche und andern Umdrehungsflächen nimmt man ebenso eine Reihe von Parallelkreisen an, welche die Oberfläche in ebensoviele Zonen abteilen, und behandelt diese alsdann wie Cylinder- oder abgekürzte Kegelflächen. Wir werden auch auf diesen Punkt später im praktischen Teile nochmals zurückkommen. Hier haben wir schließlich noch auf einen andern Punkt, nämlich auf die Kontrastererscheinungen, aufmerksam zu machen.

43. Es ist eine bekannte Erscheinung, daß uns z. B. ein grauer Fleck auf einer weißen Fläche dunkler, auf einer schwarzen dagegen heller und zugleich größer erscheint, als wenn die ganze Fläche mit demselben grauen Tone angelegt wäre. Ebenso erscheint uns auch, wenn eine Lichtfläche und eine Schattenfläche in einer Linie zusammenstoßen, die erstere in der Nähe der Trennungslinie heller und die andere dunkler, als sie wirklich ist.

Desgleichen erscheint auch der Schlag Schatten eines Körpers auf einer hellen Fläche dunkler, auf einer dunkeln dagegen heller als er an und für sich ist.

Noch augenfälliger ist die Erscheinung, die wahrgenommen wird, wenn man einen grauen Streifen Papier auf eine farbige Fläche, z. B. auf eine rote Fläche legt, indem alsdann der graue Streifen einen grünlichen Ton, auf eine grüne Fläche gelegt dagegen einen rötlichen Ton zeigt.

Diese Erscheinungen, die aus dem Kontraste oder Gegensätze von Licht und Schatten und der verschiedenen komplementären Farben hervorgerufen werden, sind nicht objektiv vorhanden, sondern rein nur in unserer subjektiven Anschauung begründet, also gleichsam nur als Sinnestäuschungen zu betrachten. Da sie aber, wie gesagt, in der erwähnten Art wahrgenommen werden, so müssen sie eben doch in allen Fällen, in welchen ein naturgetreues, künstlerisches Bild verlangt wird, berücksichtigt werden.

44. Gewöhnlich wird jedoch bei der Licht- und Schattenverteilung der vom Sonnenlicht beleuchteten Körper nur auf die Form und Lage der beleuchteten Flächen derselben gegen die Licht- und Seherichtung Rücksicht genommen und von ihrer natürlichen Beschaffenheit hinsichtlich ihrer Rauigkeit, Glätte, Farbe zc., sowie auch von den subjektiven Kontrastercheinungen ganz abgesehen. Dann hat man es freilich nicht mehr mit der wirklichen oder natürlichen, sondern mit einer hypothetisch idealen oder abstrakt geometrischen Beleuchtung zu thun. Diese zerfällt dann weiter, je nachdem man nur auf die Lage der beleuchteten Flächen gegen die Licht- oder gleichzeitig auf die Lage derselben gegen die Licht- und die Seherichtung Rücksicht nimmt, in die

einfache und die zusammengesetzte geometrische Beleuchtung, von denen erstere wohl auch die absolute oder wahre und die letztere die relative oder scheinbare Beleuchtung genannt wird*).

Wir werden nun im folgenden zunächst die wahre oder einfache geometrische Beleuchtung und dann auch das Wichtigste der scheinbaren oder zusammengesetzten geometrischen Beleuchtung in möglichst elementarer, leichtverständlicher Form behandeln.

*) Diese beiden Beleuchtungsarten sind von Burmeister in seinem 1871 erschienenen Werke „Theorie und Darstellung der Beleuchtung“ auf meisterhafte Weise mit Hilfe der höhern Analysis und der neuern Geometrie behandelt worden. Die wahre Beleuchtung dagegen ist schon früher von Lilljäger in seinem 1862 erschienenen Werke „Die Lehre der geometrischen Beleuchtungskonstruktionen“ rein geometrisch nach der Methode der gewöhnlichen darstellenden Geometrie bearbeitet worden. Das erstere Werk setzt die Kenntnis der höhern Mathematik voraus und ist deshalb für die untern und mittlern Schulen unzugänglich, und das andere ist seiner Methode und Behandlung nach etwas schwerfällig und nicht leicht verständlich, daher für die Schüler dieser Anstalten ebenfalls nicht gut zu gebrauchen. Für diese ist nun das vorliegende Werkchen bestimmt, in welchem vorzugsweise ebenfalls nur die einfache geometrische Beleuchtung in möglichst elementarer, gemeinverständlicher Form behandelt ist.