



Angewandte Perspektive

Kleiber, Max

Leipzig, 1912

Neunter Abschnitt. Erläuterungen und Beispiele über Bestimmung der Schatten bei direkter Beleuchtung durch künstliches und natürliches Licht &c.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-80387](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-80387)

Neunter Abschnitt.

Erläuterungen und Beispiele über Bestimmung der Schatten bei direkter Beleuchtung durch künstliches und natürliches Licht 2c.

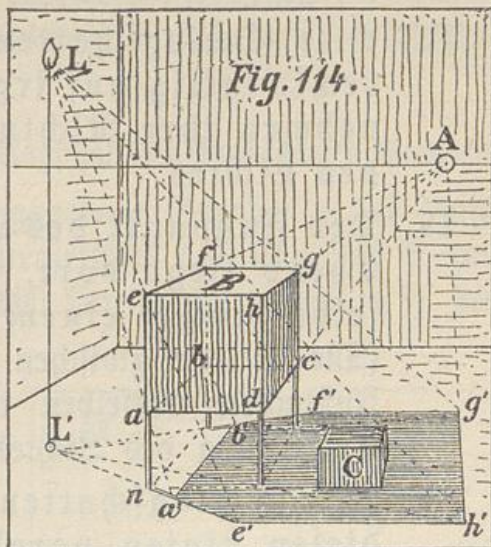
§ 154. Von einem jeden leuchtenden Körper breitet sich das Licht in Strahlen nach allen Seiten aus; diese Strahlen können als gerade Linien betrachtet und dargestellt werden (vergl. § 9). — Wenn nun ein Teil dieser Strahlen, welche von einem selbstleuchtenden Körper herrühren, auf einen an sich dunklen, undurchsichtigen Körper fällt, so wird diejenige Seite desselben, welche dem Lichte zugekehrt ist, beleuchtet sein, die entgegengesetzte Seite aber im Schatten liegen. Ebenso wird auch der Raum, welcher von den an den äußeren Grenzen des Körpers vorbeistreichenden Lichtstrahlen eingeschlossen wird, kein direktes Licht erhalten und deshalb auch ein innerhalb dieses Raumes liegender Körper, wie C in Fig. 114, nicht unmittelbar beleuchtet sein^{*)}.

Fallen die Lichtstrahlen von einem gegebenen Punkte L aus auf einen Körper B, so entsteht dadurch wie in

^{*)} Ueber die mittelbare oder indirekte Beleuchtung der Schattenteile durch reflektirtes Licht siehe § 171 bis 175.

Fig. 114 eine Strahlenpyramide*), deren Spitze L, deren Basis hier $a'b'f'g'h'e$ ist und deren Seitenflächen den gegebenen Körper einhüllen.

Die von den Lichtstrahlen berührten Kanten ab , bf , fg , gh , he , ea bilden die Grenze zwischen den beleuchteten und den im Schatten liegenden Teilen des Körpers. Befindet sich auf der dem Lichte entgegengesetzten Seite des Körpers eine Fläche, durch welche die Strahlenpyramide geschnitten wird, so entsteht dadurch auf dieser Fläche ein Schattenbild des beleuchteten Körpers, oder der sogenannte Schlagschatten $a'b'f'g'h'e'a'$ desselben.



Betrachtet man in Fig. 114 L' als den Fußpunkt oder als die Horizontalprojektion des Lichtpunktes L , so ist unschwer zu ersehen, daß der Schatten $na'e'$ einer auf der Grundfläche stehenden Geraden nae nichts anderes ist als der Schnitt der aus L durch nae gelegten Strahlenfläche $Le'L'$ mit der Grundfläche. Die Aufgabe der Schattenkonstruktion besteht somit darin, die Schnitte solcher Strahlenflächen mit anderweitigen Flächen oder Körpern zu bestimmen.

§ 155. Ehe wir nun das soeben Gesagte durch nachstehende Beispiele in Kürze erläutern, seien folgende, für die Schattenlehre allgemein gültige Sätze hier aufgestellt.

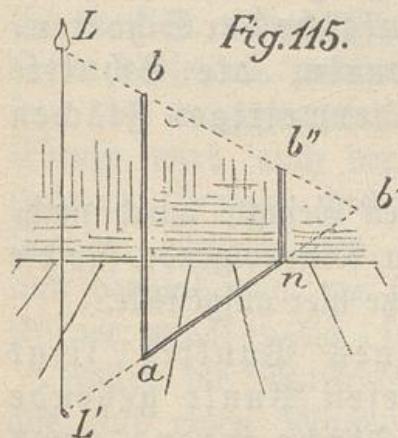
I. Der Schlagschatten eines Punktes liegt dort, wo der durch diesen Punkt gehende Lichtstrahl (Gerade) die Fläche irgend eines Gegenstandes trifft.

*) Oder falls der Körper rund, z. B. eine Kugel ist, ein Strahlenkegel.
Kleiber, Angewandte Perspektive. 12

- II. Der Schlagschatten einer Geraden auf ebener Fläche ist wieder eine Gerade (vergl. § 13 und 14).
- III. Alle Schlagschatten von Geraden, welche rechtwinklig auf irgend einer Ebene stehen, nehmen ihre Richtung aus dem Fußpunkte des Lichtes.
- IV. Der Fußpunkt des Lichtes auf irgend einer Ebene liegt dort, wo ein Lichtstrahl dieselbe unter einem rechten Winkel trifft. (Die Strecke zwischen dem Lichtpunkte und dem Fußpunkte desselben ist also immer die kürzeste Entfernung des Lichtes von dieser Fläche.)
- V. Alle Schlagschatten von Linien bleiben zu diesen Linien parallel, wenn die Flächen, auf welche dieselben fallen, mit den schattenwerfenden Linien gleichfalls parallel sind.

Die nun folgenden Beispiele sollen diese Sätze illustrieren und noch weiter ergänzen.

§ 156. Bestimmung des Schlagschattens einer senkrechten Geraden.



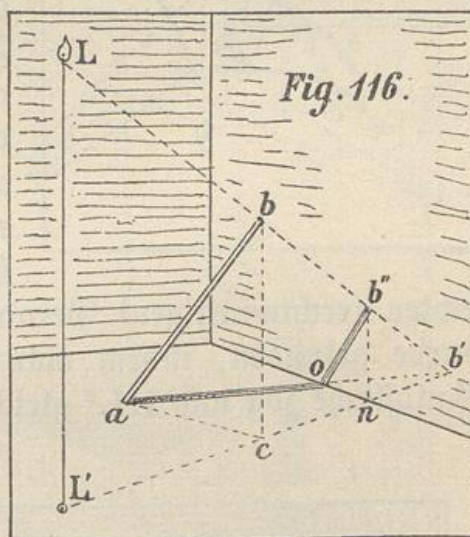
Lichtstrahl in b' erhalten. Nun befindet sich aber rückwärts eine senkrechte, mithin zu ab parallele Wand, und demgemäß

In Fig. 115 sei ab eine senkrechte Gerade, L etwa das Licht einer Kerze und L' der Fußpunkt des Lichtes auf der Bodenebene ($L'L$ gleich der kürzesten Entfernung des Lichtes von der Bodenfläche). Der Schlagschatten von ab nimmt seine Richtung aus L' und seine Länge ab' auf der horizontalen Ebene wird durch den von L durch b gehenden

wird der Schatten von n aus gleichfalls senkrecht, also parallel mit ab verlaufen, weil die aus L durch ab gedachte Strahlenebene eine senkrechte ist, daher die gleichfalls senkrechte Rückwand wieder nach einer senkrechten Geraden nb'' schneiden muß.

§ 157. Bestimmung des Schlagschattens einer schiefen Geraden.

In Fig. 116 ist ab die gegebene Gerade, c der Fußpunkt oder die Horizontalprojektion des Punktes b auf der Bodensfläche, ac also die Horizontalprojektion*) der Geraden ab . Nun bestimme man zunächst den Schatten der senkrechten Hilfslinie (Projizierenden) bc in der gleichen Weise wie vorher bei Fig. 115; b' ist sodann der Schlagschatten von b , und a mit b' verbunden der Schatten der Geraden ab auf der Bodensfläche. Punkt b'' aber ist der Schatten von b auf der gegebenen senkrechten Wandfläche, und folglich verläuft der Schatten von o aus gegen b'' , weil o der Wandfläche und der Bodensfläche gemeinschaftlich angehört. Die Schattenlinie aob'' ist, wie leicht ersichtlich, wieder nichts anderes als der Schnitt der aus L durch ab gelegten Strahlenebene mit der Boden- und Wandfläche.



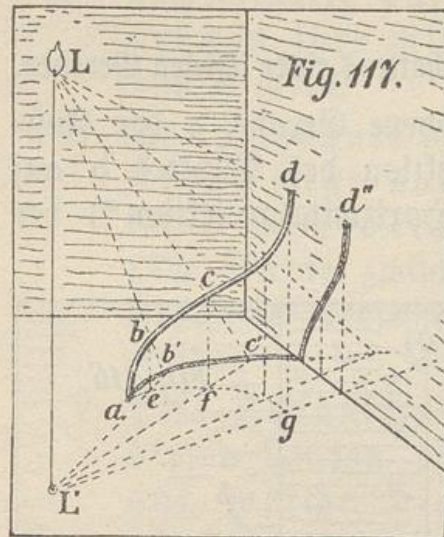
§ 158. Bestimmung des Schattens irgend einer krummen Linie.

Man bestimme (Fig. 117, S. 180) die Horizontalprojektion e, f, g der einzelnen Punkte b, c, d und die

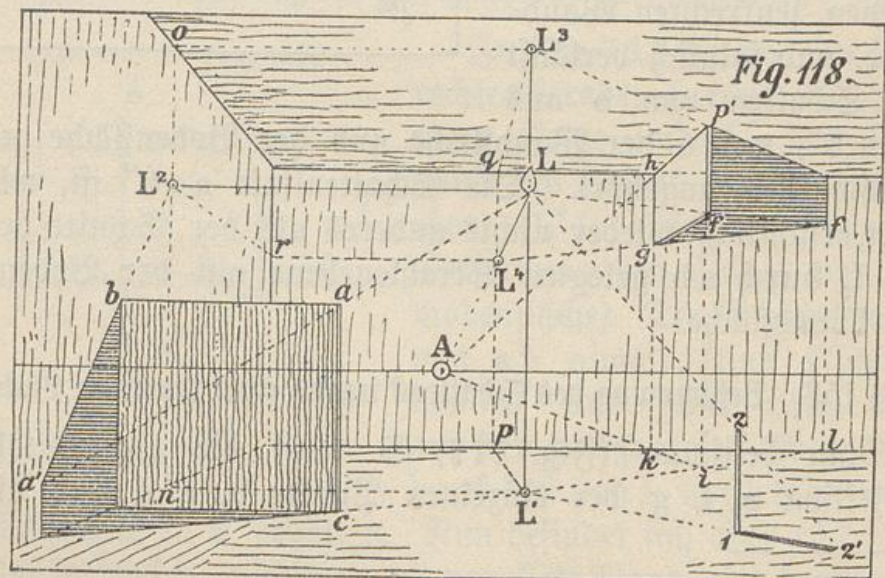
*) Vergl. Anmerkung zu § 11.

Schatten der Punkte b, c, d ebenso, wie bei b' oder b'' in Fig. 116.

§ 159. Schlagschatten von Geraden, welche rechtwinklig auf verschiedenen Ebenen oder Wandflächen stehen.



Man findet die Schatten in der Weise, daß man von einer Geraden, wie z. B. ab in Fig. 118, welche rechtwinklig zur linken Wandfläche steht, den Schatten der Senkrechten ac wie bei Fig. 115 bestimmt, oder indem man den Fußpunkt L^2 des Lichtes auf der Wandfläche angiebt und dann mittels L^2 ebenso operiert wie mit L' bei den zur Bodenfläche senkrechten (rechtwinkligen) Geraden. Der Fußpunkt L^2 aber wurde gefunden, indem man LL^2 , $L'n$ rechtwinklig zur Wandfläche zog und LL^2 gleich $L'n$ machte.



In ähnlicher Weise sind auch die Fußpunkte L^3 , L^4 , welche an der Zimmerdecke und Rückwand liegen, bestimmt und die Schatten solcher Geraden, welche zu den betreffenden Flächen rechtwinklig stehen, gefunden worden. Man beachte nur noch, daß eine aus L zur Rückwand rechtwinklig gezeichnete Gerade ihre Flucht im Augenpunkte hat.

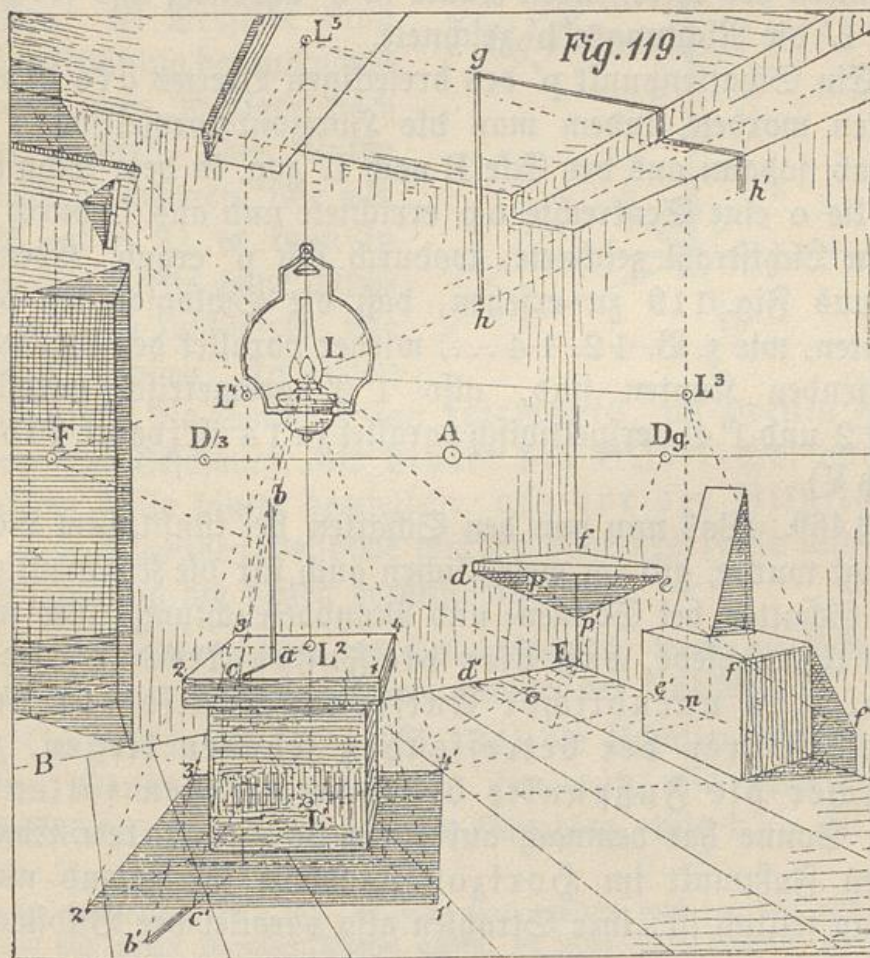


Fig. 119 zeigt eine weitere Anwendung des soeben Erklärten. L' ist der Fußpunkt des Lichtes auf der Bodenfläche, L^2 auf der Oberfläche des Körpers, auf welcher die Senkrechte ab steht, und L^3 , L^4 , L^5 sind die Fußpunkte an den beiden Seitenwänden und der Decke des Zimmers; daß

die zur Seitenwand Rechtwinklige LL^3 nach einem Fluchtpunkte rechts, also perspektivisch parallel mit einer Kante BE , und LL^4 nach F etc. gezeichnet werden mußte, ist aus Fig. 119 leicht zu entnehmen. Die Schattenfortsetzung $c'b'$ der Geraden ab auf der Bodenfläche konnte am einfachsten dadurch gefunden werden, daß man den Schatten- und Kantenpunkt c mittels des Lichtstrahles cc' auf den Schatten der betreffenden Kante in c' übertrug und sodann aus L' die Richtung $c'b'$ zeichnete.

Ein Schattenpunkt p' des dreieckigen Brettes dfe ist erhalten worden, indem man die Horizontalprojektion $d'e'$ angab, sodann aus der Ecke E nach L' zog, in dem Schnittpunkte o eine Senkrechte op errichtete und aus L durch p einen Lichtstrahl zeichnete, wodurch sich p' ergab. Ebenso ist aus Fig. 119 zu ersehen, daß die Schlagschatten der Kanten, wie z. B. 12, 14..., wieder parallel den schattenwerfenden Kanten sind, also $1'2'$ geometrisch parallel zu 12 und $1'4'$ perspektivisch parallel zu 14 ist (vergl. § 155, Satz V).

§ 160. Was nun von den Schatten bei künstlichem Licht gesagt wurde, gilt im wesentlichen auch für die Konstruktion der Schatten bei Sonnen- und Mondbeleuchtung, nur mit dem Unterschiede, daß hier die Fußpunkte der Lichtquelle in unendlicher Entfernung, also auf den Fluchtspuren der betreffenden Ebenen liegen, zu welcher die Fußpunkte bestimmt werden sollen*). Die Sonne hat demnach auf einer horizontalen Ebene ihren Fußpunkt im Horizonte, sofern ihr Stand nicht genau seitlich ist, ihre Strahlen also parallel der Bildfläche einfallen.

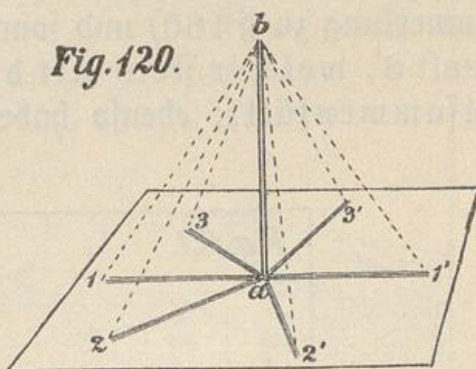
*) Bei Sonnenbeleuchtung fällt die Annahme verschiedener Fußpunkte für höher oder tiefer liegende Parallelebenen deshalb weg, weil bei der außerordentlich großen Entfernung der Sonne (149 Millionen km) diese Entfernung gegenüber der Größe von terrestrischen Gegenständen als unendlich bezeichnet werden darf. Aus demselben Grunde sind auch die Schatten von parallelen Kanten wieder unter sich parallel, weil die Lichtstrahlen, als aus unendlicher Entfernung kommend, wieder als Parallele betrachtet werden können.

§ 161. Mögliche Richtungen des Schlagschattens bei Sonnenbeleuchtung.

Bei Sonnenschlagschatten sind dreierlei Fälle zu unterscheiden, welche sich auf den Standpunkt beziehen, den wir mit unserer Bildfläche gegen den Stand der Sonne einnehmen.

Nämlich: 1) der Schlagschatten einer senkrechten Geraden ab (Fig. 120) kann wie $a1$ oder $a1'$ parallel der Bildfläche nach rechts oder links fallen. 2) Derselbe kann seine Richtung herauswärts mehr oder weniger nach der rechten oder linken Seite zu nehmen, wie $a2$, $a2'$, oder 3) er kann in gleicher Weise seine Richtung nach einwärts wie $a3$, $a3'$ haben. Im ersten

Fig. 120.



Falle steht die Sonne genau seitwärts, im zweiten Falle vor dem Beschauer, also hinter der Bildfläche, und im dritten Falle hinter demselben, also vor der Bildfläche.

Die folgenden Beispiele werden diese drei Fälle und ihre Behandlung am besten veranschaulichen.

§ 162. Konstruktion des Schlagschattens, wenn die Schattenrichtung einer senkrechten Kante parallel der Bildfläche ist.

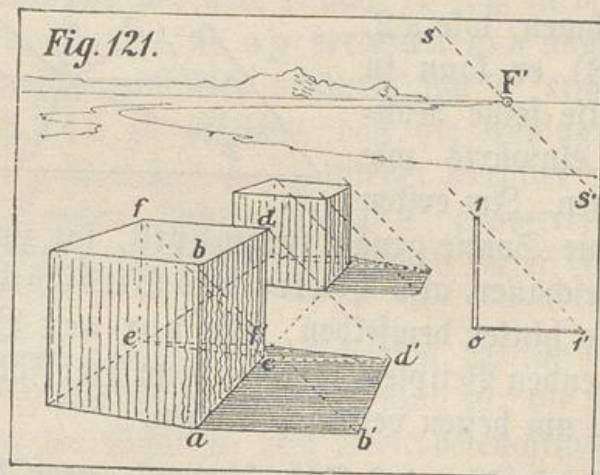
Ist wie in Fig. 121 (S. 184) die Schattenrichtung ab' einer Kante ab parallel dem Horizont, also parallel der Bildfläche, so sind sowohl die Strahlen, wie bb' , dd' ...

(vergl. Anmerkung zu § 16). Dasselbe kann praktisch auch von dem uns allerdings viel näher liegenden Monde gelten, da seine Entfernung, gegenüber den irdischen Größen, immer noch derart ist, daß sie in obigem Sinne als unendlich angenommen werden kann. Der charakteristische Unterschied bei künstlicher und natürlicher Beleuchtung liegt also darin, daß der Schlagschatten eines Körpers in ersterem Falle um so größer wird, je weiter der betreffende Körper von der Schlagschattenebene entfernt liegt, während im zweiten Falle unter derselben Bedingung die Größe des Schlagschattens stets gleich bleibt der Größe des schattenwerfenden Körpers, weil bei künstlichem Lichte die den Körper umhüllenden Strahlen divergieren, während sie bei natürlichem Lichte parallel bleiben.

als auch alle weiteren Schattenrichtungen von senkrechten Kanten unter sich geometrisch parallel (vergl. § 20).

§ 163. Schlagschatten von Körpern, wenn die Schattenrichtung einer senkrechten Kante herauswärts geht.

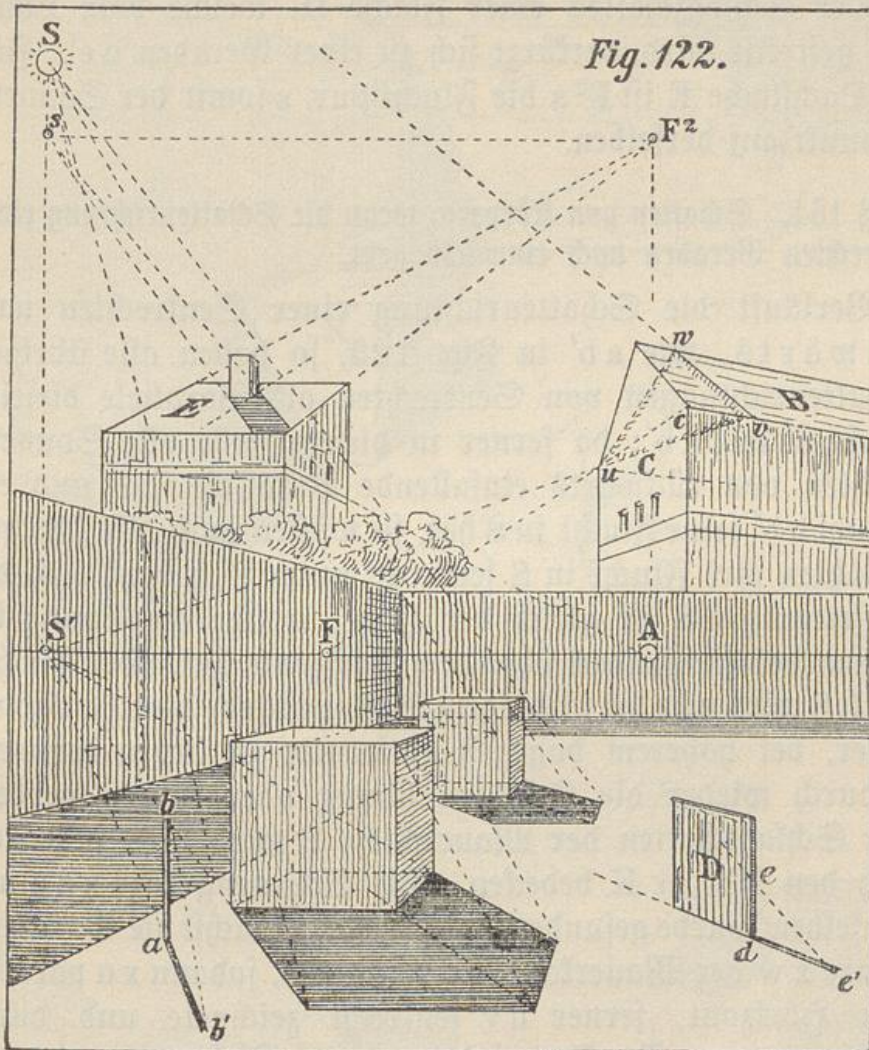
Ist letzteres, wie in Fig. 122, auf einer horizontalen Ebene der Fall, so haben die Schatten aller Senkrechten eine horizontale, perspektivisch parallele Lage (siehe Anmerkung zu § 160) und somit einen gemeinsamen Fluchtpunkt S' , welcher stets mit dem Fußpunkt der Sonne zusammenfällt; ebenso haben auch alle Sonnenstrahlen



als in Wirklichkeit Parallele ihre Flucht S in der Sonne selbst. War also der Stand der Sonne in S und ihr Fußpunkt S' auf dem Bilde gegeben, so brauchte man nur aus S' durch a die Richtung des Schattens und mittels des Strahles Sb dessen Länge ab' zu bestimmen. Wie hier der Schatten der Körper, sowie der nach rückwärts abschließenden Mauer gefunden wurde, ist nach dem oben Gesagten leicht zu erkennen.

Um zu erfahren, ob eine Dachfläche bei B auf der vorderen, sichtbaren Seite noch beleuchtet ist oder nicht, denke man sich an beliebiger Stelle den Dachkörper durch eine senkrechte Strahlenebene geschnitten; konstruiert man also einen sogen.

Lichtdurchschnitt uvw , dessen Ebene die Senkrechte $S'S$, bezw. deren Verlängerung zur Fluchtpur hat, so wird die Verlängerung von vw diese Fluchtpur entweder: 1) über S , wie hier, oder 2) in S selbst oder 3) unterhalb S schneiden.



Im ersten Falle ist die Dachfläche B, wie hier, im Schatten; im zweiten wird sie von den Sonnenstrahlen berührt, d. h. sie fällt mit einer aus S durch die Firskante gelegten Strahlenebene zusammen*); im dritten Falle würde sie beleuchtet

*) Die Dachfläche wird also von den Sonnenstrahlen nicht durchschnitten, sondern nur gestreift; solche Flächen liegen in einer Art Halbschatten, dessen größere oder geringere Helligkeit von der Struktur der Fläche, wie auch von ihrer höheren oder tieferen Lage u. abhängt.

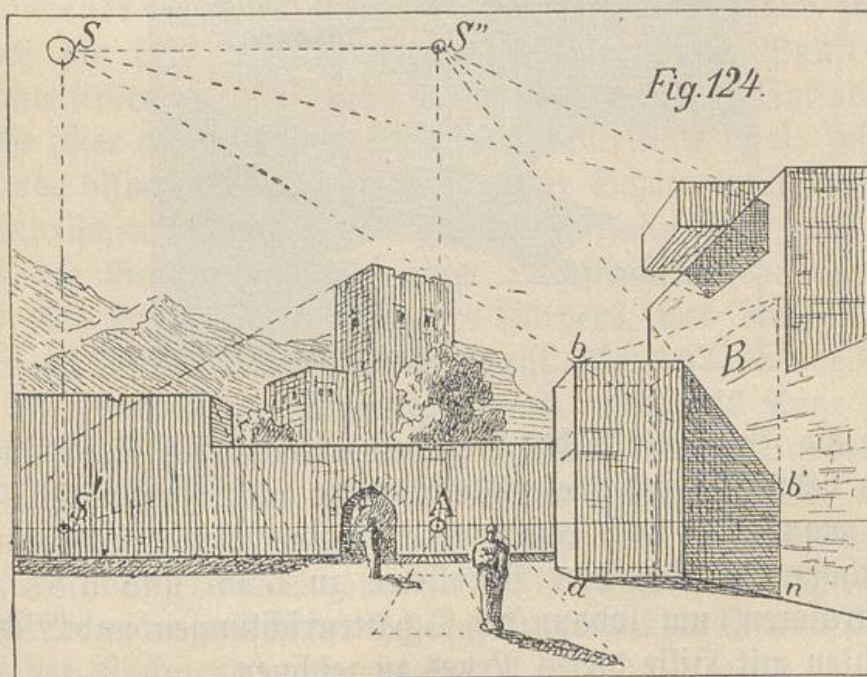
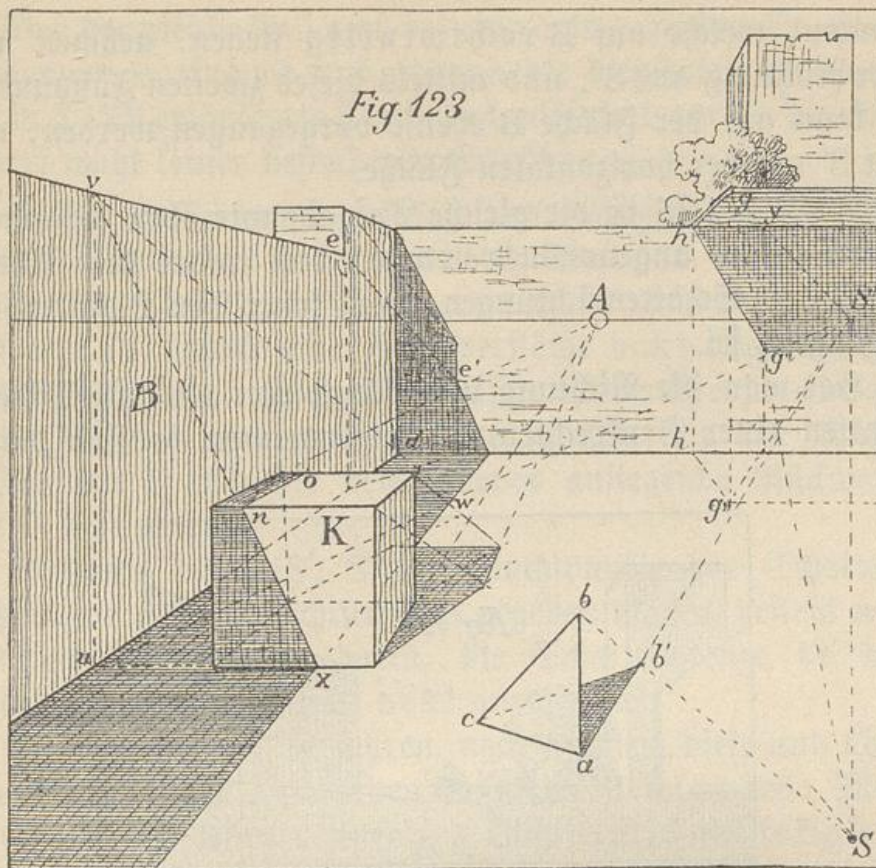
sein. Ebenso würde auch die Mauerfläche C des Gebäudes vom Lichte gestreift oder nicht mehr beleuchtet sein, je nachdem die Flucht F der horizontalen Kante c u entweder mit S' zusammenfiel, oder links von S' zu liegen käme.

Der Schlagschatten einer Fläche D, welche vom Lichte nur gestreift wird, verkürzt sich zu einer Geraden d e'. Für die Dachfläche E ist F²s die Fluchtspur, s somit der Sonnenfußpunkt auf derselben.

§ 164. Schatten von Körpern, wenn die Schattenrichtung einer senkrechten Geraden nach einwärts geht.

Verläuft die Schattenrichtung einer Senkrechten nach einwärts, wie a b' in Fig. 123, so haben alle übrigen Schattenrichtungen von Senkrechten als Parallele dieselbe Flucht S' wie a b'; da ferner in diesem Falle alle Sonnenstrahlen von rückwärts einfallende Parallele sind und ein Strahl b b' seine Flucht in S hat, so müssen auch alle übrigen Strahlen ihre Flucht in S senkrecht unter S' haben, und die Entfernung SS' ist gleich der Höhe, welche die Sonne im Rücken des Beschauers über dem Horizonte hat. Der Fluchtpunkt S wird also bei niedrigem Sonnenstande dem Horizonte näher, bei höherem dagegen entfernter zu liegen kommen, wodurch wieder die Schatten länger oder kürzer werden. Der Schlagschatten der Mauerfläche B wird hier zum Teil auch den Körper K bedecken. Die Schattengrenze x n o auf demselben wurde gefunden, indem man zunächst die Schattengrenze x w der Mauerkante v e bestimmte, sodann x u parallel dem Horizont, ferner u v senkrecht zeichnete und durch Ziehen von x v Punkt n, sodann durch Ziehen von n A die Schattengrenze n o erhielt.

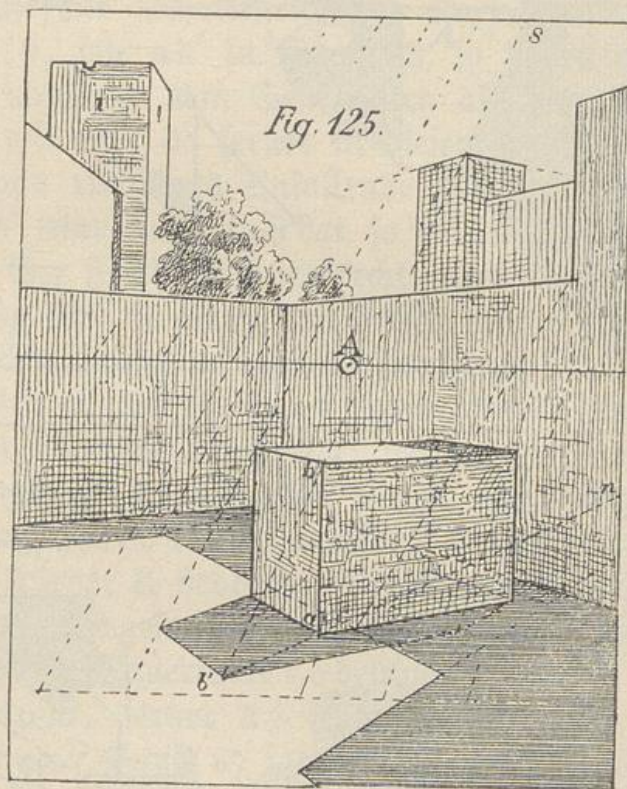
§ 165. In Fig. 124 ist S, die Sonne, wieder hinter dem Bilde, die Schattenrichtung also gegen den Vordergrund zu angenommen worden. Für eine Mauerfläche B, deren Fluchtspur AS'' ist (vergl. § 146, Fig. 107, Fläche IV), wurde der Fußpunkt S'' in gleicher Weise wie bisher für den Horizont bestimmt. Die Schlagschatten von



Ranten, welche auf B rechtwinklig stehen, nehmen nun ihre Richtung aus S'' , und mittels dieses zweiten Fußpunktes S'' kann auf der Fläche B ebenso vorgegangen werden, wie mit S' auf der horizontalen Fläche.

In Fig. 125 ist die gleiche Aufgabe wie oben behandelt, wobei jedoch angenommen wurde, daß weder der Fluchtpunkt der Schattenrichtungen, noch jener der Lichtstrahlen zugänglich sei.

Hat man die Richtung und Länge von $a b'$ als Schlag Schatten einer Senkrechten $a b$ angenommen, so sind damit



auch die Fluchtpunkte der Geraden $a b'$ und $b b'$ ihrer Lage nach bedingt; sind diese Fluchtpunkte nicht zugänglich, so hat man nur nach der in § 120 und 122 angegebenen Methode ein Netz von Parallelen zu $b'a$ und $b'bs$ zu konstruieren, um sodann die Schattenrichtungen und Lichtstrahlen mit Hilfe dieses Netzes zu zeichnen.

Daß der gleiche Fall auch bei einwärts gehenden Schattenrichtungen vorkommt und sodann die Neklinen etwa nach der in § 123 erläuterten Methode konstruiert werden könnten, bedarf wohl keiner besonderen Erwähnung.

§ 166. Konstruktion der Selbst- und Schlagschatten bei cylindrischen Flächen, wie Tonnengewölben, Säulen 2c.

In Fig. 126 (S. 190) ist ein parallel mit der Längsrichtung aa' durch eine Cylinderfläche $bckl$ abgerundeter Körper gegeben. Das geometrische Normalprofil $abcde$, bezw. dessen erweiterte Ebene wollen wir der Kürze halber mit P und die dem Körper anliegende Rückwand mit B bezeichnen.

Nachdem durch S' , S die Fluchtpunkte der Schattenrichtungen und der Lichtstrahlen gegeben waren, besteht nun zunächst die Aufgabe darin, die Schattengrenze tt' der cylindrischen Körperfläche $bckl$ anzugeben.

Ein allgemeines Verfahren, nach welchem diese und ähnliche Aufgaben gelöst werden könnten, ist folgendes: Man lege durch den Körper einen sog. Lichtdurchschnitt ($efighd$), ferner an die Kurven desselben (hier z. B. an die Kurve hgi) tangierende Strahlen (also hier den Strahl Sg) und ziehe durch die betr. Berührungspunkte (hier durch Punkt g) Mantellinien, d. h. Gerade in der Richtung der Cylinderfläche (hier also aus A durch g die Mantellinie $t'gt$); solche Gerade bilden alsdann die Licht- oder Schattengrenzen der cylindrischen Flächen. Im gegebenen Falle (Fig. 126) ist tgt' die Berührungsstelle einer Lichtstrahlenebene $tt'nt^3$ mit dem cylindrischen Teile des Körpers, und die Fluchtspur AS dieser Strahlenebene (vergl. Fig. 107, Ebene III) ist die rechtwinklige Projektion eines durch das Auge (O) gehenden Lichtstrahles auf die Bildfläche, oder mit anderen Worten: der Schnitt einer durch das Auge gehenden und mit den Lichtstrahlen parallelen Ebene mit der Bildfläche. Die Gerade tgt' als Schattengrenze ist zugleich eine schattenwerfende und $t''nt'$ ist ihr Schlagschatten auf der Grundfläche und der Rückwand.

Der Grund für dieses Verfahren ist leicht einzusehen, wenn man beachtet, daß tt' parallel der Grundfläche ist, somit nach § 155 der Schlagschatten dieser Geraden, soweit er auf diese Grundfläche fällt, ebenfalls parallel mit tt' sein muß; ferner die durch tt' , nt^3 gedachte Strahlenebene die Ebenen P und B rechtwinklig und daher nach den geometrisch Parallelen t^3t , nt' schneidet, diese Schnittlinien somit rechtwinklige Projektionen des in der Ebene $tt'nt^3$ liegenden Strahles tt'' auf den zu einander parallelen Ebenen P und B darstellen, sowie, daß alle zu $tt'nt^3$ parallelen und durch den Körper gehende Ebenen, diesen nach Mantellinien, sowie nach Geraden wie op , bc &c. schneiden, welche letztere parallel zu bb'' , also auch parallel zu tt^3 oder AS sind.

Da AS, wie schon erwähnt, die rechtwinklige Projektion eines durch das Auge gehenden Lichtstrahles auf die Bildfläche und diese, wie bekannt, mit der Fläche P oder B parallel ist, so folgt daraus, daß man, falls S zugänglich ist, nur AS und damit geometrisch parallel tt^3 , ferner tt' , t^3nt' &c. zu ziehen brauchte, um die Grenzen des Selbst- und Schlagschattens zu finden.

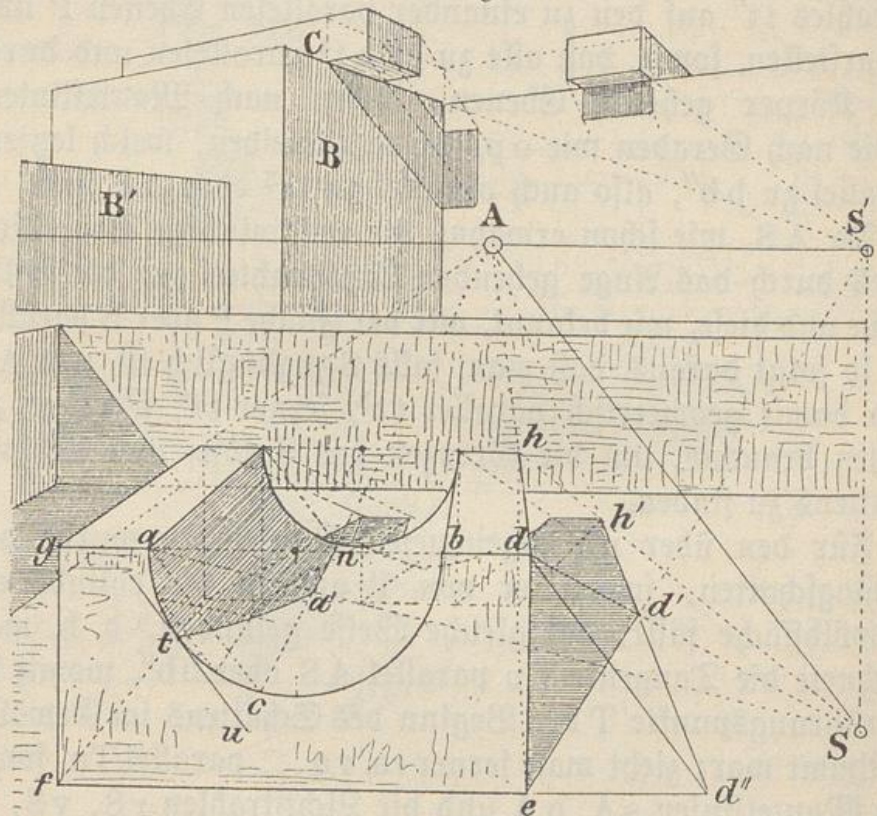
Für den über nq gezeichneten Rundbogen wurde der Schlagschatten, soweit er von T aus in die cylindrische Gewölbfläche fällt, auf gleiche Weise gefunden, d. h. man zeichnete die Tangente Tu parallel AS oder bb'' , womit im Berührungspunkte T der Beginn des Schattens im Gewölbe bestimmt war; zieht man ferner rs , vq ... parallel Tu, sowie die Mantellinien sA , qA und die Lichtstrahlen rS , vS , so ergeben sich hierdurch die Schattenpunkte r' , v' ; ein auf der Grundfläche liegender Schattenpunkt x' ist in bekannter Weise gefunden worden (vergl. § 158, Fig. 117).

Dieses Verfahren, nämlich die Licht- oder Sonnenstrahlen in die schon vorhandene Schnittebene eines Körpers (Fig. 126 und 127) oder, wie z. B. bei Fig. 131, in die Ebene $abcde$ des Rundbogens zu projizieren, kann überall angewendet werden, wo es sich um das Bestimmen der Selbst- und Schlagschatten an cylindrischen Flächen handelt.

§ 167. Aufgabe: Es ist der Schatten einer Hohlkehle *u.* zu konstruieren.

In Fig. 127 ist *dd'S* ein Lichtstrahl, *ed'* der Schlag-
schatten der senkrechten Körperkante *ed*, und *dd''* die recht-
winklige Projektion des Lichtstrahles *dd'* auf die Profile-
ebene *acbddefg*. Zeichnet man die Tangente *tu* geometrisch

Fig. 127.



parallel mit *dd''* oder *AS*, so ist *t* der Beginn des Schlag-
schattens in der Hohlkehle; zeichnet man ferner *ac* parallel
tu und zieht *cA* und *aS* *u.*, so ist damit durch *ta'n* *u.*
die Schattengrenze in der Hohlkehle bestimmt.

Die Mauerflächen *B, B'* haben ihre Fluchtspur in *S'S*,
sind also mit einer senkrechten Strahlenebene parallel, wes-
halb die Flächen von den Strahlen nur gestreift werden, d. i.
mit der Strahlen- oder Schattenrichtung zusammenfallen.

Der Schlagschatten eines von der Mauerfläche vorstehenden Körpers C nimmt sodann seine Richtung nach S und würde, solange er auf die Fläche B fällt, nach abwärts unbegrenzt sein. Die Flächen B, B' werden nur vermöge ihrer Textur, d. h. durch die auf jeder Fläche mehr oder weniger vorspringenden kleinen Körperchen oder Rauigkeiten, Licht erhalten und demgemäß um so weniger beleuchtet sein, je glatter sie sind, sich daher vom Schlagschatten des Körpers C bezüglich ihrer Helligkeit nur wenig unterscheiden.

§ 168. Aufgabe: Es soll der Schatten eines senkrechten und eines liegenden Cylinders konstruiert werden.

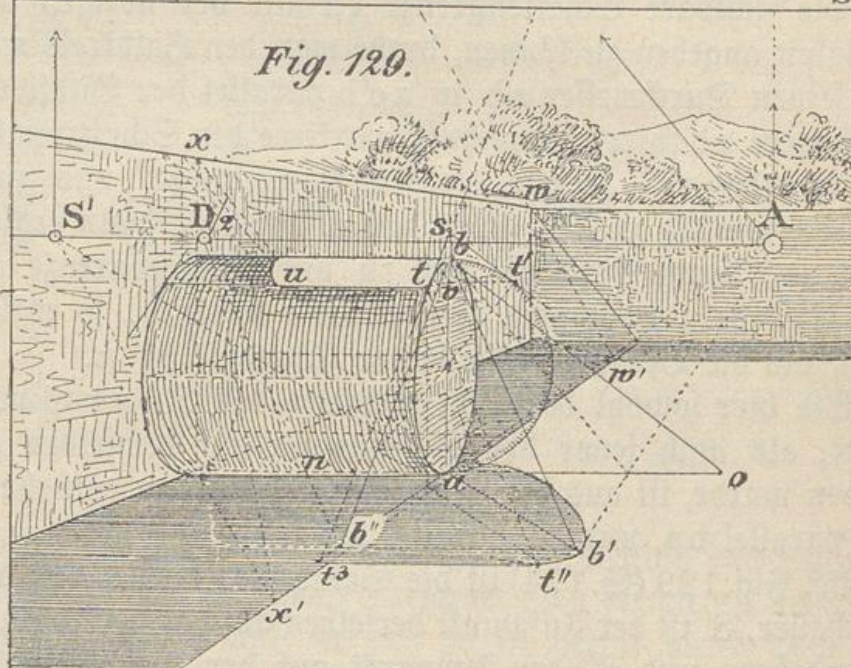
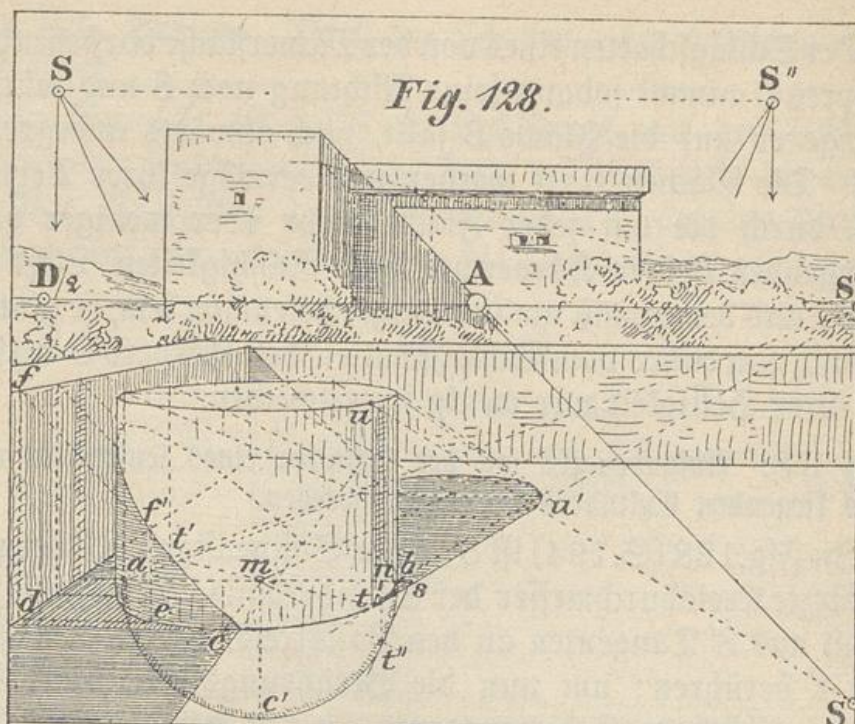
In Fig. 128 (S. 194) ist S', S der Sonnenstand, a b der unverkürzte Kreisdurchmesser der Cylinderbasis. Man ziehe zunächst aus S' Tangenten an den Basiskreis, welche denselben in t, t' berühren; um nun die Berührungsstelle t und damit die sichtbare Schattengrenze t u mit der nötigen Genauigkeit angeben zu können, drehe man den Halbkreis a c b um seinen Durchmesser a b in a c' b parallel der Bildfläche, verlängere a b (hier nach rechts), markiere den Schnittpunkt s der Geraden t S', zeichne die Kreistangente s t'' und ziehe t'' n rechtwinklig zu a b, sowie aus A durch n, dann ergiebt sich t und durch Errichten von t u die Schattengrenze auf dem Cylinder; zieht man ferner von t durch m, so ergiebt sich t' als die Berührungsstelle der Tangente S t' 2c.

Wie hier sowohl der Schlagschatten des Cylinders vollendet, als auch jener der Seitenwand auf demselben gefunden wurde, ist aus der Zeichnung unschwer zu entnehmen (d e parallel b a, und f f' parallel A S 2c.).

Bei Fig. 129 (S. 194) ist die Sonne S*) wieder vor dem Beschauer, S' ist der Fußpunkt derselben auf der horizontalen Grundebene und S'' der Fußpunkt auf der zur Bildfläche senkrechten Ebene S'' t t³ A, deren Fluchtspur A S'' ist (vergl. § 165, Fig. 124); um die Schattengrenze t u auf dem Cylinder zu finden, ziehe man aus S'' eine Tangente S'' t t³

*) Die Punkte S, S'' liegen hier im Raume der Figur 128.

Kleiber, Angewandte Perspektive.



an den verkürzten Kreis atb , markiere s auf der Verlängerung des Durchmessers ab , drehe den Halbkreis bta um seinen Durchmesser ab in $at'b$ parallel zur Bildfläche,

ziehe st' und $t'v$, sowie aus A durch v , wodurch sich t und damit auch tu 2c. ergeben hat. Wäre S'' unzugänglich gewesen, so hätte man etwa durch b einen Lichtstrahl bb' bis zur Bodenfläche gezogen, bb' wieder in bb'' rechtwinklig zur Kreisebene projiziert, sodann ao (z. B. mittels der halben Distanz $D/2$) gleich ab'' gemacht ($ao = 2 \text{ mal } an$), ferner die Gerade ob , und hiermit geometrisch parallel die Tangente $t's$, sowie stt^3 gezeichnet 2c.

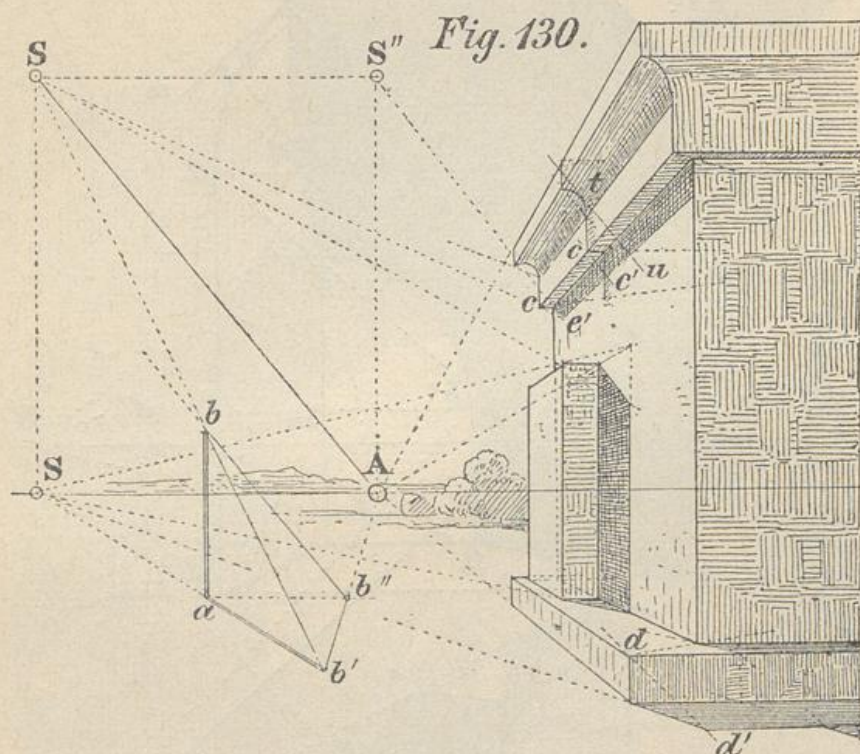


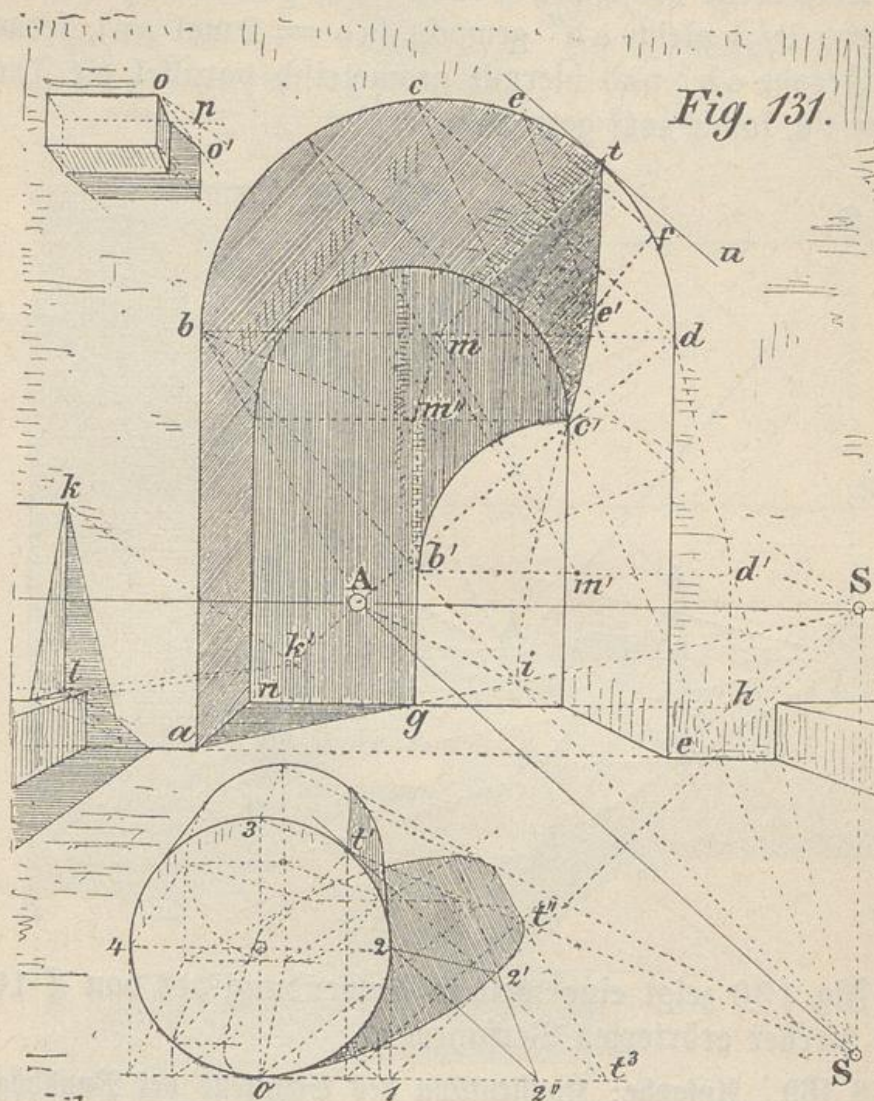
Fig. 130 zeigt eine weitere Anwendung des von § 166 bis hierher erörterten Verfahrens.

§ 169. Aufgabe: Konstruktion des Schattens bei Rundbögen in gerader Ansicht.

Die Aufgabe bei Fig. 131 (S. 196) ist gleich derjenigen in Fig. 126 (§ 166).

Die Kreistangente tu , sowie die Geraden ef , cd sind geometrisch parallel der Strahlenprojektion AS oder $22''$; um $22''$ zu finden, wurde wiederum der Schatten

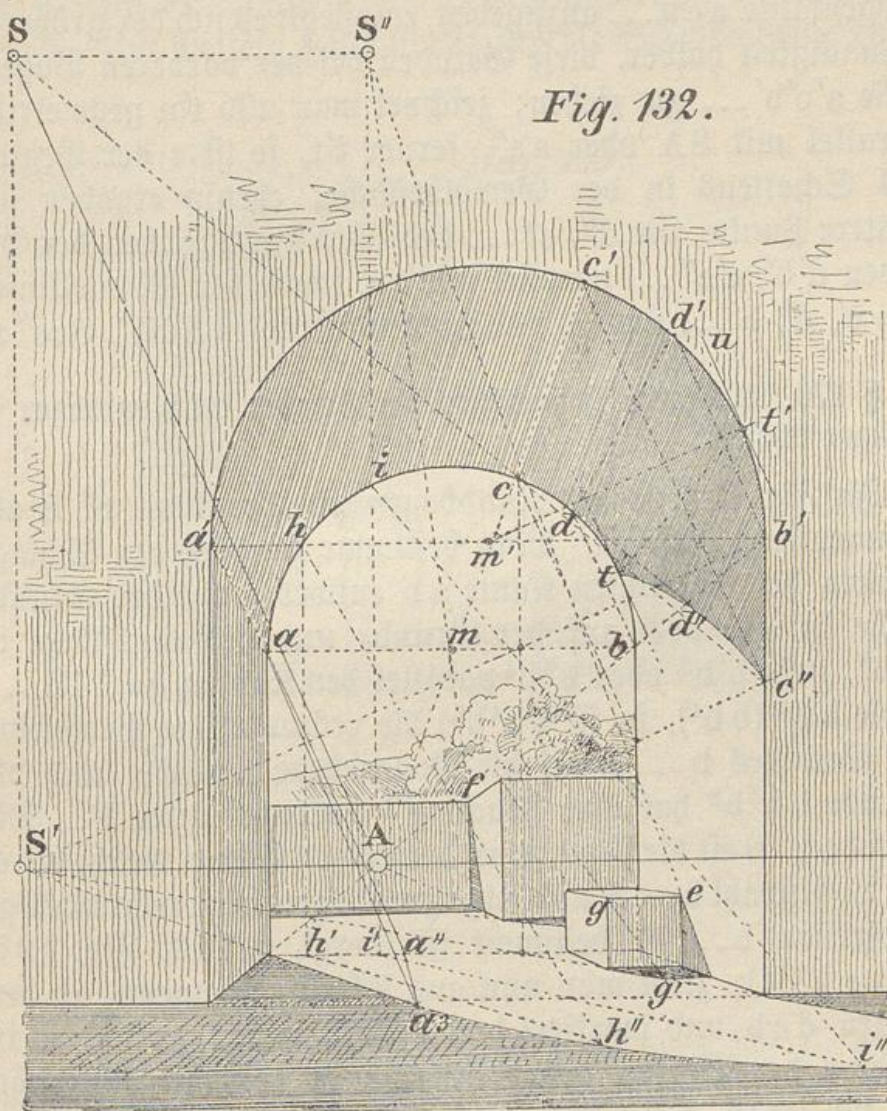
einer Senkrechten 12 in 12' bestimmt und sodann der Lichtstrahl 22' rechtwinklig zur Kreisebene 0234 nach 22'' projiziert. Bei dem Rundbogen wurde von den unteren Endpunkten f, d... der Sehnen ef, cd... nach A und von



e und c... aus nach S gezogen, wodurch sich die Schattenpunkte e', c'... in der Gewölbefläche ergeben. Die Linienfigur agb'e'e't ist der Schlagschatten der Bogenkante abt auf der Grundfläche, der Rückwand und dem Gewölbe, während die Fortsetzung c'i der Linie te'e' den Schatten

auf der eventuell nach rückwärts erweiterten Leibungsfläche des Rundbogens, und $c'd'he$ den Schatten der Bogenkante $ctde$ auf der nach rechts erweitert gedachten Rückwand und der Grundfläche andeutet. Wäre in Fig. 131 etwa die Schattenrichtung aS' einer Kante ab und der Beginn des Bogen-

Fig. 132.



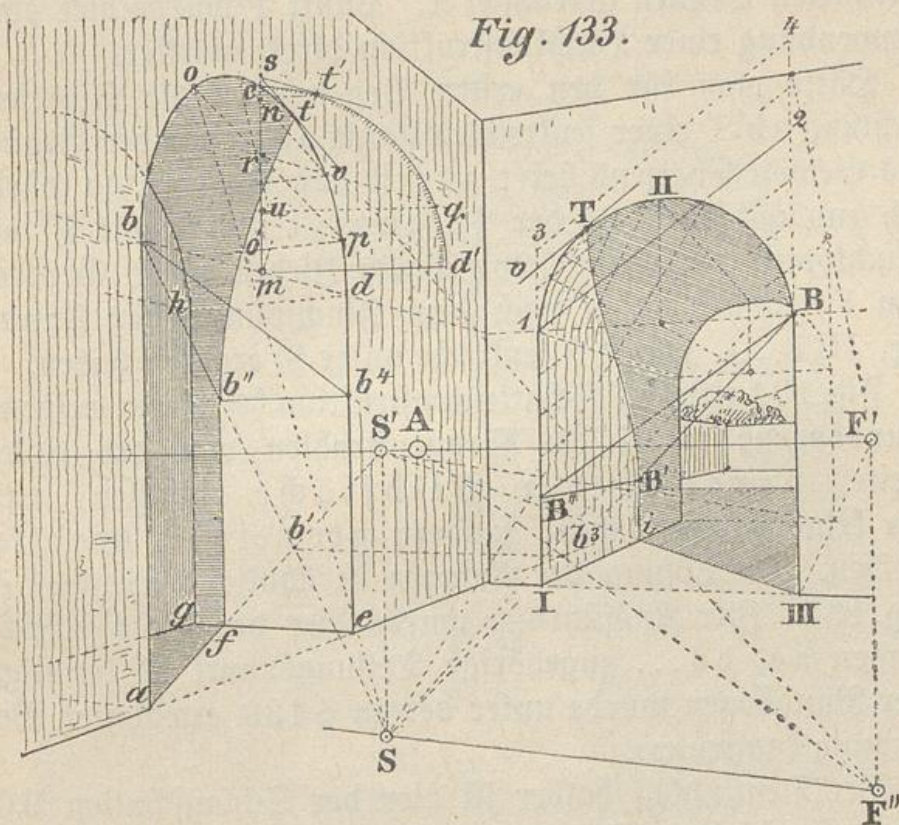
schattens bei t zuerst angenommen worden, so würde sich die Flucht S der Sonnenstrahlen nachträglich dadurch ergeben haben, daß man an t die Kreistangente tu , sowie zu ihr geometrisch parallel durch A die Gerade AS zeichnete und S auf der von S' gefällten Senkrechten markierte.

Fig. 132 (S. 197) zeigt die gleiche Aufgabe nur mit dem Unterschiede, daß hier die Sonne S wieder hinter der Bildfläche steht und daher die Schatten gegen den Vordergrund fallen. Anstatt die zu SA oder auch aa'' geometrisch parallelen Sehnen nebst der Tangente bei der rückwärtigen Bogenkante $acb \dots$ anzugeben, empfiehlt es sich der größeren Genauigkeit halber, diese Geraden bei der vorderen Bogenlinie $a'c'b' \dots$ zu ziehen; zeichnet man also $t'u$ geometrisch parallel mit SA oder aa'' , ferner $t't$, so ist t der Beginn des Schattens in der Gewölbefläche; ebenso ergaben sich weitere Punkte wie $d'', c'' \dots$ desselben durch Ziehen der Geraden $d'b', c'c'' \dots$ parallel mit $t u$, sowie der Mantellinien von $c', d', b' \dots$ nach A und der Lichtstrahlen $Sd d'', Sec'' \dots$.

§ 170. Aufgabe: Konstruktion der Schatten bei Rundbögen in schräger Ansicht.

In Fig. 133 ist der Rundbogen $abcde$, sowie S', S als Sonnenstand gegeben. Man bestimme zunächst den Schlag Schatten der senkrechten Kante ab entweder auf der Grundfläche in ab' oder auf der Grund- und Leibungsfläche in ab'' , ziehe $b'b^3$ oder $b''b^4$ parallel den Kanten $ge, III \dots$, sowie bb^3 (bb^4), so ist bb^4b^3 die rechtwinklige Projektion des Strahles $b \dots S$ auf die Bogenebene $abcde$, und die Gerade bb^4b^3 hat ihre Flucht F'' senkrecht unter F' . Die Gerade $F''S$ ist die Fluchtspur derjenigen Ebene, welche durch den Lichtstrahl $b \dots S$ und seine zur Bogenebene rechtwinklige Projektion $b \dots F''$ bestimmt ist (vergl. § 146, Fig. 107, Ebene VIII); zieht man nun aus F'' eine Tangente an den Bogen dcb und markiert deren Berührungspunkt t , so ist letzterer der Beginn des Schattens in der Gewölbefläche. Da sich jedoch dieser Berührungspunkt t in den wenigsten Fällen unmittelbar genau angeben läßt, weil die Berührende und der Bogen sehr oft auf eine kleine Strecke scheinbar zusammenfallen, so benötigt man zumeist noch eine Hilfskonstruktion, um Punkt t und damit den oberen Anfang des Gewölbeschattens genau angeben zu können. Man verlängere

zu diesem Zwecke die Tangente $F''t$ nach oben, bis sie die gleichfalls nach oben verlängerte Gerade mc in s schneidet, drehe ferner den Viertelbogen cd um mc parallel zur Bildfläche nach $c'd'$ (zeichne also den Viertelkreis $ct'd'$), lege aus s an $c'd'$ die Tangente st' , ziehe $t'n$ parallel $d'm$ und von n nach F' ; damit ist der Berührungspunkt t genau bestimmt. Um weitere Hilfspunkte für die Schattenkurve tb'' ,



z. B. einen Punkt o' zu erhalten, ziehe man die zu stF'' parallele Sehne op , ferner die Mantellinie po' und den Strahl $oo'S$ 2c.

Wäre F'' unzugänglich, so hätte man eine Sehne op auch auf folgende Weise ihrer Lage nach finden können: Man zeichne qr geometrisch parallel mit st' , ziehe qu und up , sowie aus p durch r bis o 2c. Wäre auch S' , S , oder S

allein unzugänglich, so müßte man eben Nezhlinien, welche gegen die betr. Punkte konvergieren, nach der in § 118 bis 123 angegebenen Weise konstruieren.

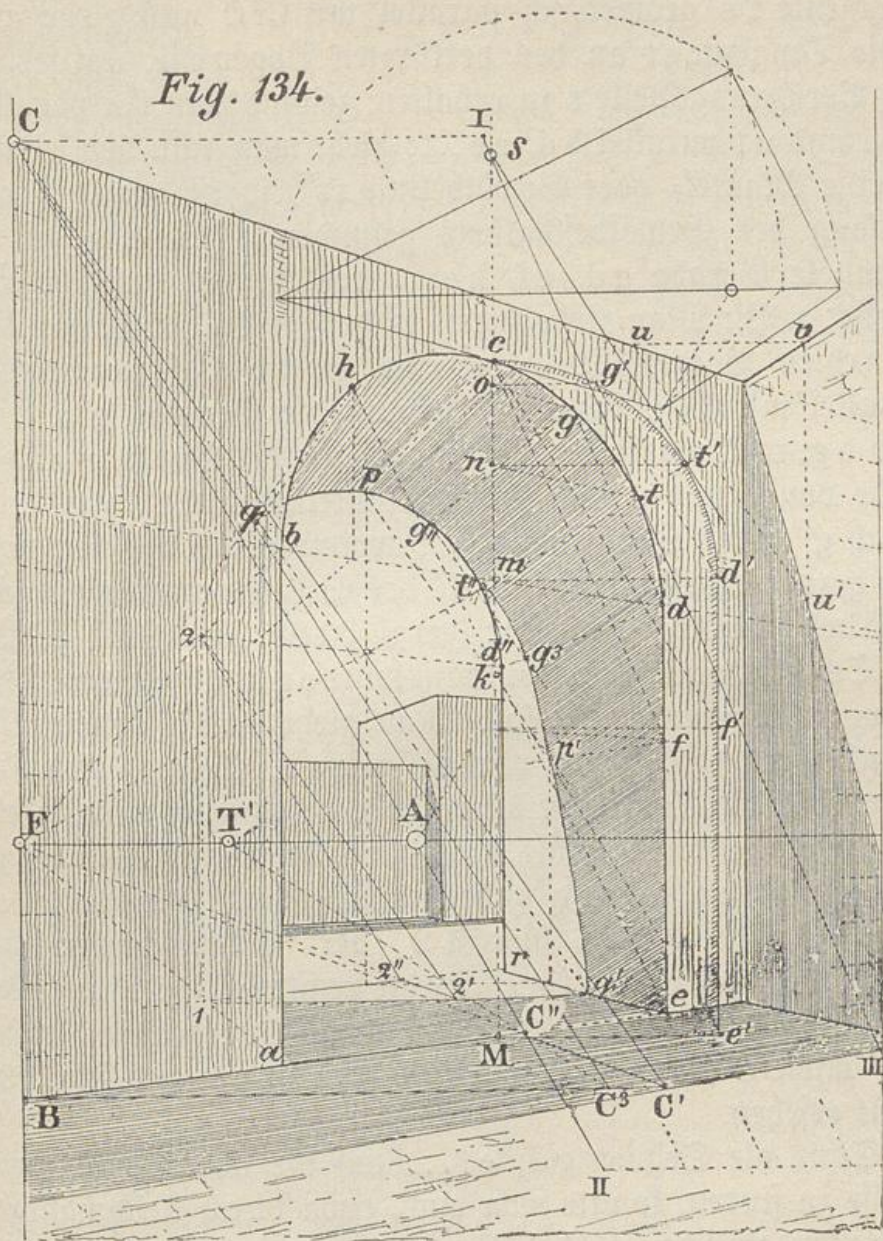
Der Schatten $TB'iIII$ eines zweiten Bogens wurde in ähnlicher Weise gefunden; nämlich BB' nach BB'' rechtwinklig auf die betr. Bogenebene projiziert, sodann wurden parallel BB'' Nezhlinien wie 12, 34... konstruiert (z. B. $B2$ perspektivisch $= B''1$ etc.) und hiermit parallel die zu Tv parallelen Sehnen gezeichnet etc. Punkt T wurde hier ohne Anwendung einer Hilfskonstruktion direkt markiert.

Hätte man für den ersten Bogen etwa die Schattenrichtung $ab'S'$ einer senkrechten Kante ab , sowie den Beginn des Gewölbeschattens bei t zuerst angenommen, so würde sich zunächst die Lage der Tangente st und damit F'' als Fluchtpunkt derselben, sowie durch Ziehen einer Geraden von F'' nach F (d. i. nach dem Fluchtpunkte der Kanten eg , IIII...), Punkt S senkrecht unter S' ergeben haben.

Fig. 134 zeigt die Schattenkonstruktion bei einem weiteren Rundbogen, wobei die Sonnenstrahlen von der linken Seite, parallel der Bildfläche einfallen, mithin keine Flucht haben, sondern geometrisch parallel bleiben. Die Lösung der Aufgabe ist ähnlich derjenigen in Fig. 133. Zur Ausführung wurde hier der für die Richtungen ae , bd ... zugehörige Teilungspunkt T' benötigt. Der Rundbogen wurde unter der in § 133 erwähnten Bedingung konstruiert.

Der Deutlichkeit halber ist hier der Schlagschatten BC' einer Senkrechten BC angenommen, und hierdurch die Richtung eines Strahles CC' bestimmt worden; indem man nun von C' nach F eine Gerade zog und auf ae Punkt C'' markierte, erhielt man durch Verbinden von C , C'' die rechtwinklige Projektion des Lichtstrahles auf der Bogenebene $abcde$; die Strahlenprojektion CC'' hat nun ebenso, wie eine Bogentangente st ihre Flucht (F'') senkrecht unter dem hier rechts außer der Zeichnung liegenden Fluchtpunkte (F') der Geraden ae , bd ... (vergl. Fig. 133).

Um nunmehr die Tangente st , sowie die zu ihr parallelen Geraden gd , cf ... (welche nach dem hier unzugänglichen

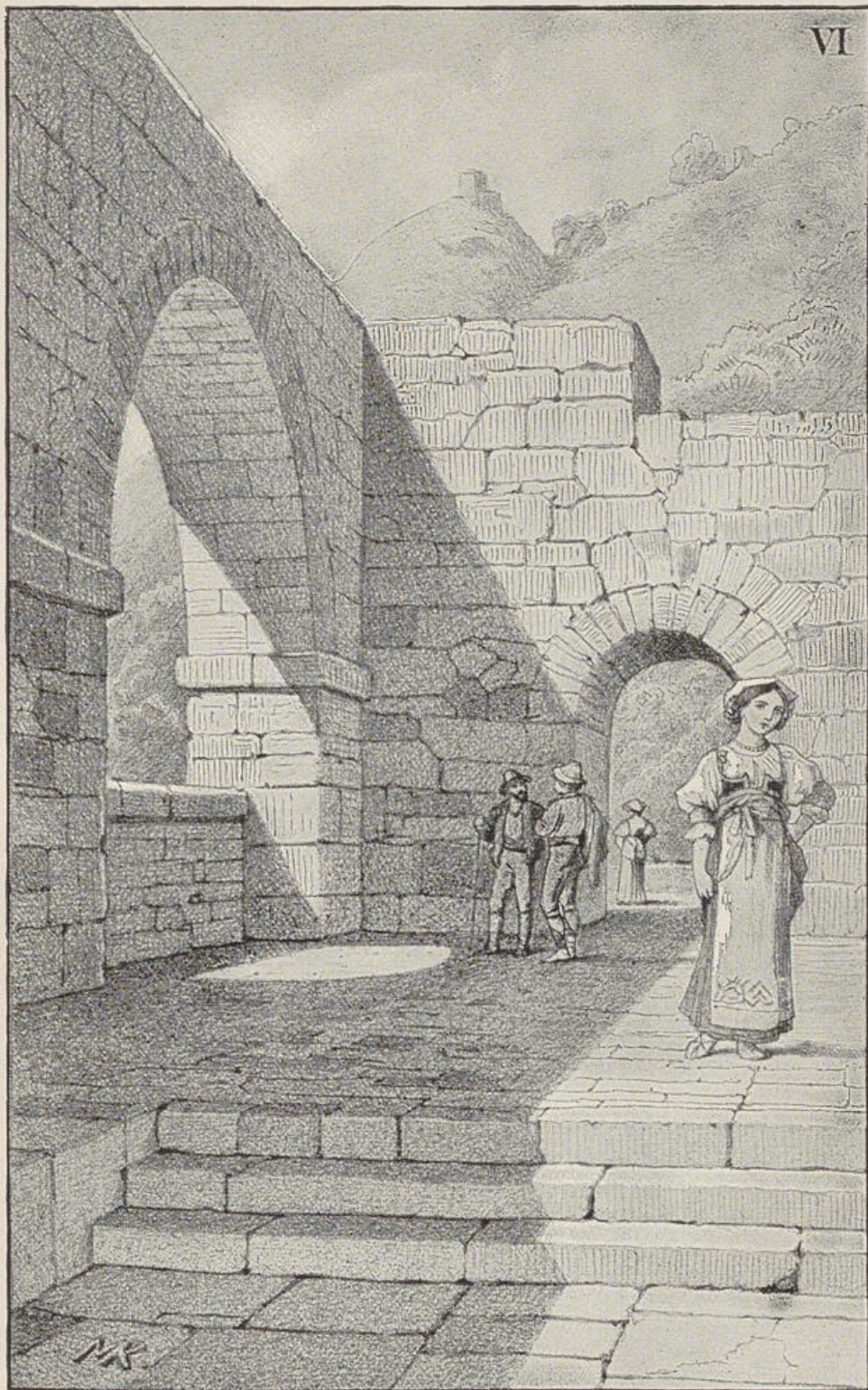


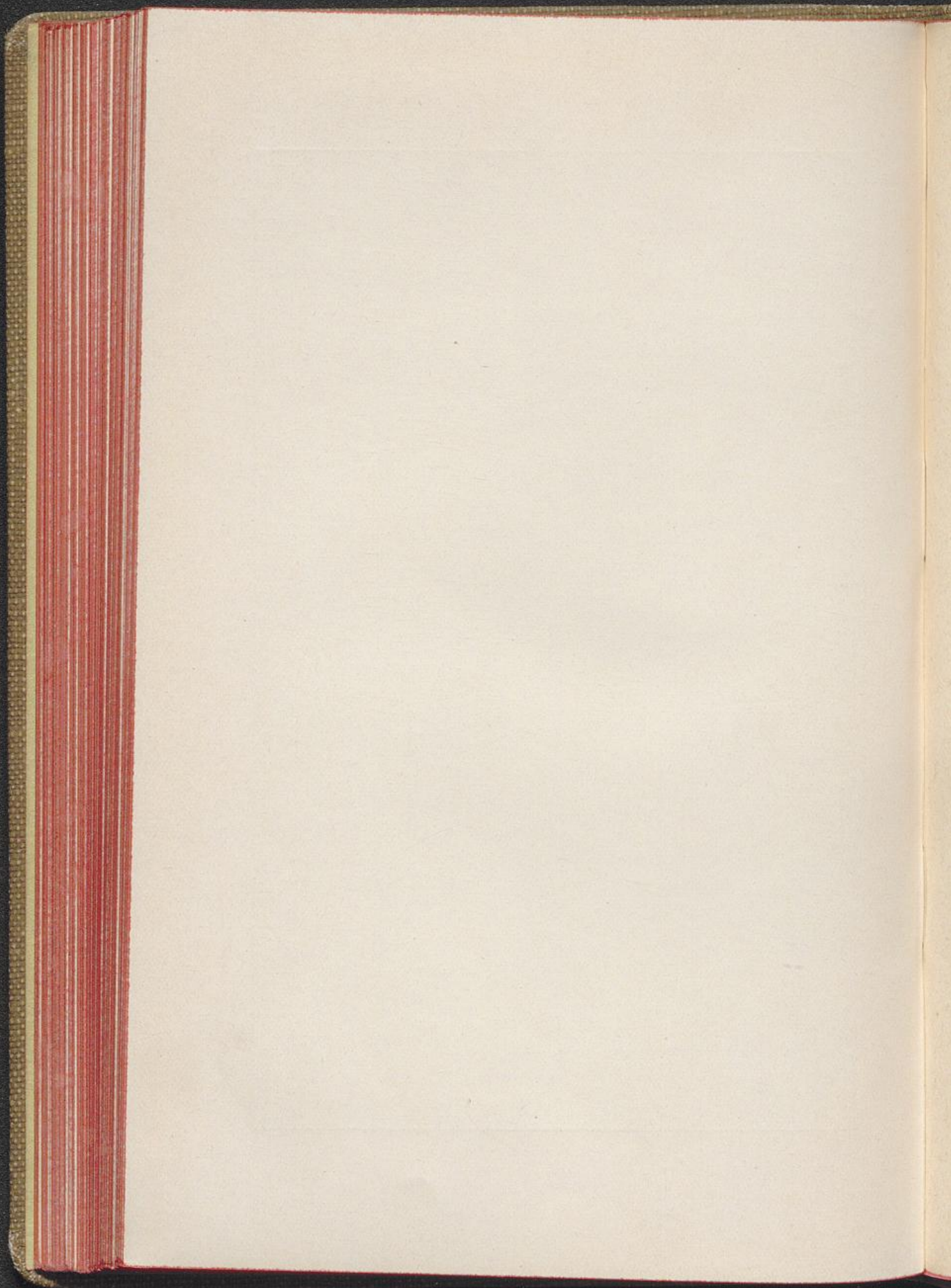
Fluchtpunkt F'' gehen) ihrer Richtung nach zu finden, ver-
fahre man wie folgt: Man drehe zuerst das Dreieck $BC C''$
um seine senkrechte Seite BC nach $BC C^3$ parallel zur Bild-

fläche, mache also BC^3 mittels des Teilungspunktes T' gleich BC'' und verbinde C mit C^3 durch eine Gerade, sodann beschreibe man aus m den Viertelskreis cd' , lege hieran die Tangente $t's$ geometrisch parallel mit C^3C und ziehe aus s die Tangente st an den verkürzten Bogen cd ; um ferner die Berührungsstelle t zu erhalten, zeichne man $t'n$ parallel $d'm$ und nt parallel bd , $ae...$; zieht man nun von t nach F eine Mantel- oder Gewölbelinie tt'' , so ist damit t'' als Anfang des Gewölbeschattens gefunden. Weitere zu st parallele Gerade gd , cf , $he...$ erhält man auf ähnliche Weise; z. B.: Man ziehe zuerst in der zur Bildfläche parallel gedrehten Bogenhälfte $cd'e'$ eine Sehne $d'g'$ geometrisch parallel mit CC^3 , bezw. st' , sodann die Geraden $g'o$, $d'm$ und og , md , markiere auf dem Bogen die Punkte g und d , ziehe von g und d nach F die Mantellinien gg'' , dd'' und durch g'' einen Lichtstrahl $g''g^3$, wodurch sich auf der vorhin gezogenen Mantellinie dd'' der Schattenpunkt g^3 innerhalb des Gewölbes ergibt u. (vergl. § 168, Fig. 129). Sollte ein Schattenpunkt q' in der Basiskante er angegeben werden, so verfähre man wie folgt: Man ziehe aus e' geometrisch parallel mit C^3C (bezw. parallel mit $t's$, $d'g'...$) eine Gerade, bis die Senkrechte Mmc in k geschnitten wird, ziehe ferner von e durch k bis h , sodann die Gewölbelinie hq ; dann wird ein durch q gehender Lichtstrahl die Kante er in q' treffen. Daß hier $12'$ der Schlag Schatten der Kante 12 , sowie $22''$ ebenfalls die rechtwinklige Projektion eines Strahles ($22'$) auf die äußere Bogenebene, daher $22''$ mit CC'' , st , $gd...$ parallel ist, läßt sich aus Fig. 134 leicht ersehen.

Statt die Sehnen gd , $cf...$ auf die oben beschriebene Weise zu finden, konnte man auch, etwa durch gleichmäßiges Einteilen zwischen CII, III, Neklinen erhalten und mit Hilfe derselben die betr. Sehnen direkt zeichnen (vergl. Fig. 73).

Tafel VI veranschaulicht eine ähnliche Aufgabe unter Weglassung der betr. Konstruktionen.





Erläuterungen über die Wirkung des atmosphärischen Lichtes.

§ 171. Beleuchtung durch atmosphärisches Tageslicht und die hierdurch erzeugten Schatten.

Eine Beleuchtung, wie sie etwa bei bedecktem Himmel oder da erfolgt, wo direkte Sonnenstrahlen nicht hinkommen, nennen wir atmosphärische oder Tageslichtbeleuchtung. Hierbei gilt für Gegenstände im Freien das ganze Himmelsgewölbe (Firmament) als Lichtquelle. Da nämlich die Durchsichtigkeit und damit auch die Durchlässigkeit der direkten Lichtstrahlen bei der Atmosphäre keine vollkommene ist, sondern der darin enthaltene, mehr oder weniger verdichtete Wasserdampf, ferner Staubteilchen, Wolkenbildungen 2c. die Lichtstrahlen nach den verschiedensten Richtungen ablenken, d. h. mehr oder weniger reflektieren, so ist dies einerseits die Ursache, daß Schatten nicht vollständig schwarz erscheinen und im Schatten liegende Gegenstände damit unsichtbar, sondern zum Teil wieder erhellt sind, sowie anderseits, daß an Stellen, welche auch von solchen reflektierten oder indirekten Strahlen gar nicht oder nur spärlich getroffen werden können, wieder mehr oder weniger dunkle Schatten entstehen. So ist z. B. leicht einzusehen, daß die oberen Seiten horizontaler Flächen in der Regel am hellsten und die unteren Seiten derselben am dunkelsten sind, weil letztere nur einen verhältnismäßig kleinen Teil des vom Erdboden 2c. reflektierten Lichtes erhalten, oder: daß die Wände hoher Gebäude in einer engen Straße besonders nach unten zu weniger Lichtstrahlen erhalten, als solche auf weiten Plätzen oder an breiten Straßen, weil bei ersteren nur ein kleiner Teil des vom Himmelsgewölbe reflektierten Lichtes zur Wirkung gelangen kann 2c. Da nun je nach der Tageszeit, der Bewölkung, oder einer mehr oder weniger klaren Luft eine Reihe von Modifikationen für einen und denselben Fall eintreten können, so lassen sich für die indirekte Beleuchtung im Freien und für die hierdurch bedingten Schatten bestimmte Regeln überhaupt nicht aufstellen; hier wird man

stets auf die durch das Studium nach der Natur gewonnene Erfahrung oder auf das unmittelbare Nachahmen derselben angewiesen bleiben.

§ 172. Regeln für die indirekte Beleuchtung von Innenräumen.

Bei der indirekten Beleuchtung abgeschlossener, lediglich durch Oeffnungen, wie Fenster *z.*, erhellen Innenräume ist die Aufstellung bestimmter Regeln deshalb leichter möglich, weil die betr. Lichtöffnung eine durch ihre Form begrenzte und bedingte Größe ist und daher als fixe Lichtquelle von stärkerer oder geringerer Intensität betrachtet werden kann.

Angenommen, bei einem Interieur (Fig. 136, S. 207) sei nur eine Lichtöffnung 1 2 3 4, und zwar der Einfachheit halber ohne Mauerdicke (Leibung), angenommen, so besteht bezüglich des Schlagschattens der Flächen B, C, D die Aufgabe darin:

1. Die Grenzen derjenigen Stellen anzugeben, welche von keinem der von allen Punkten der Lichtöffnung möglichen Strahlen getroffen werden können; solche Stellen, wie $ab'c''d$, $ikl'm$, $nopq$, bezeichnen wir als Kernschatten.
2. Diejenigen Stellen anzugeben, welche nicht von allen durch die Lichtöffnung möglichen Strahlen getroffen werden; diese Stellen, *z.* B. $b'c''e$ oder $c'c''eb^3c^5c'$ *z.*, bezeichnen wir als Halbschatten, wobei jedoch zu bemerken ist, daß letztere von verschiedener Helligkeit sind, sowie mit zunehmender Entfernung vom Kernschatten immer schwächer und verschwommener werden, so daß deren äußerste Grenzen um so weniger wahrnehmbar sind, je geringer die Intensität des Lichtes ist.

Es werden also weder die Grenzen des Kernschattens, noch weniger aber jene des Halbschattens in so bestimmter, abgegrenzter Form erscheinen, wie sie in Fig. 136 wegen der Erklärung des Prinzipes und der Deutlichkeit halber

angegeben sind. Für die Praxis genügt schon die Angabe der Kernschatten, und wenn man auch diese in den seltensten Fällen konstruiert, so wird doch die Kenntniss des hier und in den folgenden Paragraphen erörterten Gesetzes für die Schärfe der Beobachtung von wesentlichem Vorteil sein, denn wo das innere, geistige Verständnis für eine Erscheinung vorhanden ist, wird auch deren künstlerische Wiedergabe leichter und sicherer von statten gehen.

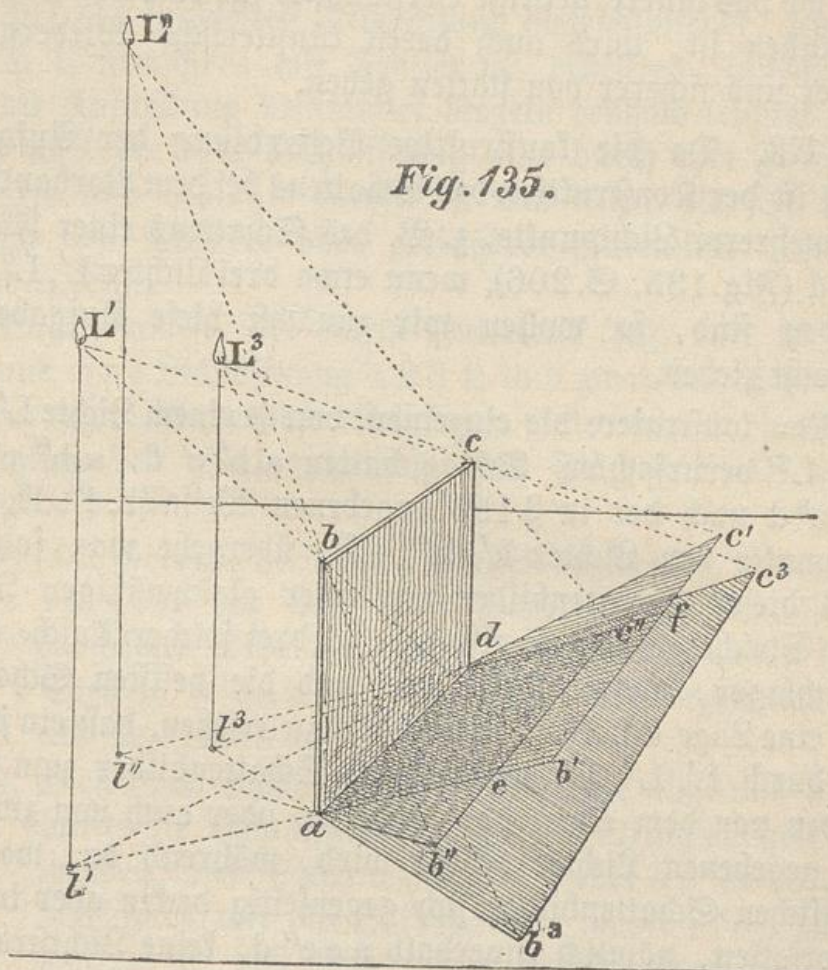
§ 173. Da die konstruktive Behandlung der Aufgabe gleich ist der Konstruktion des Schattens bei dem Vorhandensein mehrerer Lichtpunkte, z. B. des Schattens einer Fläche $abcd$ (Fig. 135, S. 206), wenn etwa drei Lichter L', L'', L^3 gegeben sind, so wollen wir zunächst diese Aufgabe in Betracht ziehen.

Man konstruiere die einzelnen, von je einem Lichte L', L'' und L^3 verursachten Schlagschatten $ab'c'd$, $ab''c''d$, ab^3c^3d nach der in § 156 angegebenen Weise (l', l'', l^3 sind Fußpunkte der Lichter L', L'', L^3); übergeht man sodann jedes dieser Schattenbilder mit einer gleichmäßigen Ton- oder Strichlage, so daß also $aec''d$ drei solcher Tusch- oder Strichlagen, andere Teile zwei und die hellsten Schatten nur eine Lage erhalten, so ist leicht zu ersehen, daß ein jedes der durch L', L'', L^3 verursachten Schattenbilder zum Teil wieder von dem einen oder anderen, oder auch von zweien der gegebenen Lichter erhellt wird, während da, wo die sämtlichen Schattenbilder sich gegenseitig decken oder ineinanderfallen, nämlich innerhalb $aec''d$, keine Lichtstrahlen aus L', L'' oder L^3 hintreffen können, die Flächenfigur $aec''d$ somit im Kernschatten liegt.

In Fig. 135 wurde (ebenso in Fig. 136 und 137) jede der einzelnen Schattenfiguren durch eine andere Strichlage angedeutet, woraus zu ersehen ist, daß z. B. die Flächenfigur aeb'' nur von dem einen Licht L' , die Flächenfigur $ab^3c^3fb'e b''a$ jedoch von den beiden Lichtern L', L'' Strahlen erhält 2c.

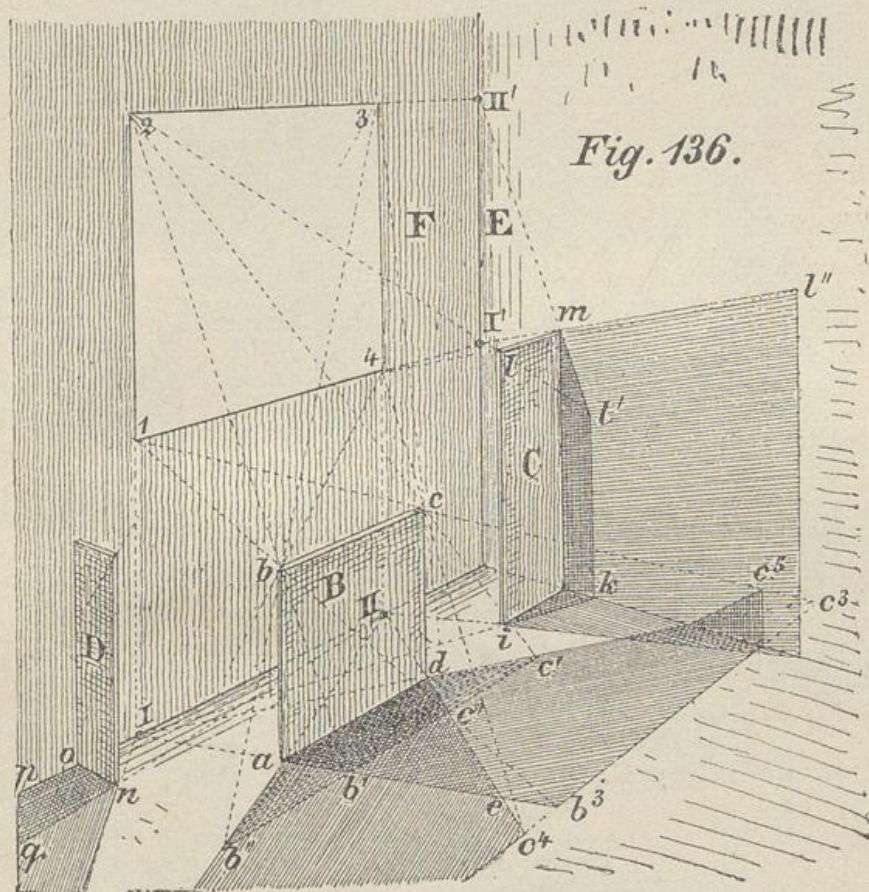
§ 174. Die Konstruktion des Tageslichtschattens in Fig. 136 enthält nun die gleiche Aufgabe bei gleicher Lösung wie oben, wobei 1, 2, 3, 4 als die äußersten Lichtpunkte, bezw. 1 2, 2 3, 3 4, 4 1 als Leuchtkanten der Fensteröffnung in Betracht kommen; I, II sind Fußpunkte von 1, 2 und 4, 3

Fig. 135.



auf der Bodenfläche; I', II' sind Fußpunkte von 4, 1 und 3, 2 auf der Seitenwand E; im übrigen wurde bezüglich der Punkte 1, 2, 3, 4 als Lichtpunkte ebenso verfahren wie bei Fig. 135 (vergl. § 159, Fig. 118 und 119). Da ferner hier nicht nur die Eckpunkte 1, 2, 3, 4, sondern auch die Kanten und jeder in dem Viereck 1 2 3 4 liegende Punkt als leuchtend gilt, so folgt daraus, daß in Fig. 136 zwischen

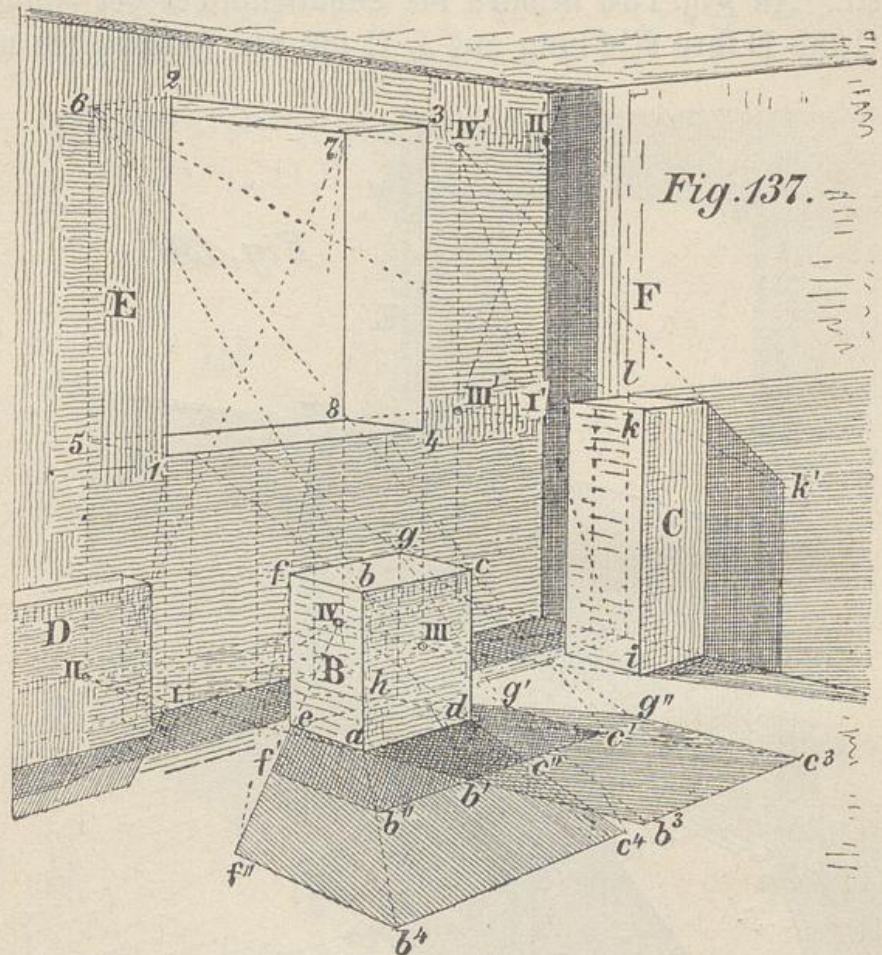
den Grenzen der Kernschatten und jenen der Halbschatten sehr viele Abstufungen vom Dunkeln zum Hellen stattfinden müssen und die äußersten Grenzen der Halbschatten nur sehr schwach oder auch gar nicht mehr wahrnehmbar sind, je nachdem das Lichtviereck 1 2 3 4 mehr oder weniger intensiv wirkt. In Fig. 136 nehmen die Schattenbilder der Flächen B, C und D ihre Richtung aus I, II als den Fußpunkten von



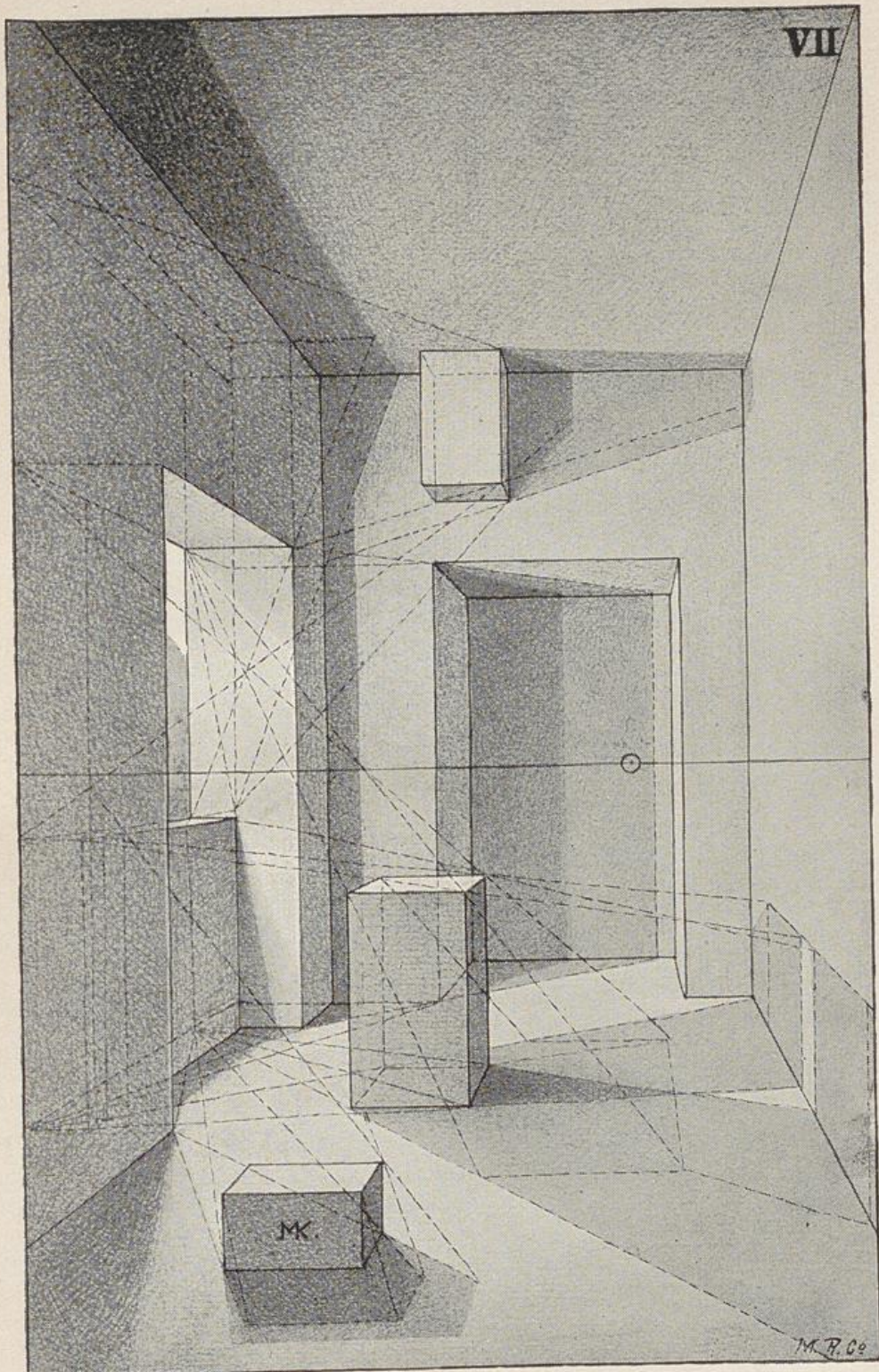
1, 2 und 4, 3 und für die Bestimmung der Schattengrenzen ml' , ml'' konnten auch die Fußpunkte II', I' auf der Wand E verwendet werden (vergl. § 159). Die Kernschatten der Flächen B, C, D sind $ab'c''d$, $ikl'm$, $nopq$. Da hier, der leichteren Erklärung halber, von einer Leibung der Fensteröffnung abgesehen wurde, so kann von der Wand F auch kein bestimmter Kernschatten angegeben werden.

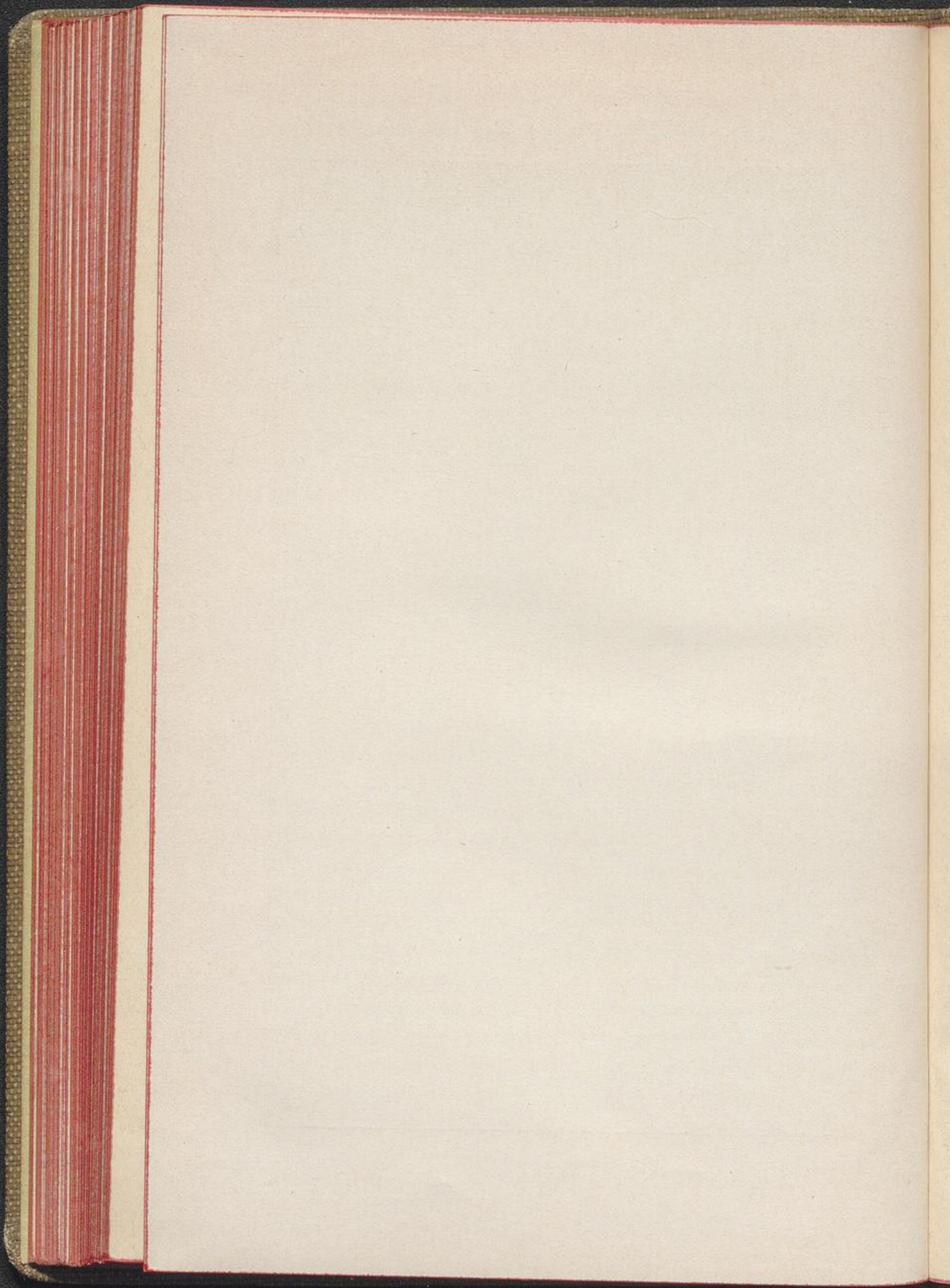
§ 175. Aufgabe: Es sollen die Kern- und Halbschatten einfacher Gegenstände in einem Zimmer gefunden werden.

In Fig. 137 beachte man vor allem, daß sowohl die inneren Kanten 12, 23, 34, 41, wie auch die äußeren 56, 67, 78, 85 des Fensters für die Konstruktion der



Kern- und Halbschatten je nach Lage und Größe der schattenwerfenden Körper in Betracht kommen; so sind z. B. für den Körper B, dessen Höhe geringer ist als die Brüstungshöhe I1, die äußeren Punkte 6, 7, bezw. die Kante 67, sowie die Senkrechten 56, 78 für die Schattenbilder $ab'c'g'h$, und $ef'b''c''d$ und damit auch für den Kernschatten $ab'c''d$ maßgebend, während für die äußersten Grenzen der Halbschatten gegen den Vordergrund zu, auch noch die Kante 14





insofern in Betracht kommt, als sie höher liegt wie die Kanten fb , bc , cg des Körpers B .

Zur Vereinfachung des Verfahrens sei noch bemerkt, daß auch hier Satz V des § 155 Geltung hat, somit, wenn z. B. ein Schattenpunkt b' oder b'' oder b^3 der Ecke b gefunden ist, die Schlagschattengrenzen von diesen Punkten aus parallel sind den in b zusammenstoßenden horizontalen Kanten fb , bc 2c., also Schattengrenzen wie $b'c'$ oder b^3c^3 , b^4c^4 2c. parallel bc bleiben, mithin $b'c'$, b^3c^3 ... und bc nach dem gleichen Fluchtpunkt konvergieren.

Für die auf dem Boden stehenden Gegenstände gelten, ebenso wie bei der Beleuchtung durch Kerzenlicht (siehe § 159), I, II, III, IV als Fußpunkte auf der Bodenfläche, und für die der Fläche F anliegenden Körper (z. B. für Körper C) gilt das gleiche von den Punkten I' , II' , III' , IV' .

Infolge der Leibung des Fensters wirkt hier auch die Wand E einen Kernschatten auf Boden, Seitenwand und Decke, wobei für den Kernschatten auf der Bodenfläche die Gerade 67 eine Leuchtkante und 14 die schattenwerfende oder Schattenkante ist; das Gleiche gilt auch von 56 und 43 bezüglich des Schattens auf der Wand F und von 58 , 23 bezüglich des Schattens an der Zimmerdecke.

Tafel VII veranschaulicht ein in der Abtönung genauer ausgeführtes Beispiel über die Wirkung des Tageslichtes bei einem einfachen Interieur.

Einige Worte über Spiegelbilder.

§ 176. Wenn Lichtstrahlen auf undurchsichtige Körper oder Flächen fallen, so werden sie zurückgeworfen oder reflektiert, und zwar unter dem nämlichen Winkel, unter welchem sie auffallen; das heißt, der Reflexionswinkel ist gleich dem Einfallswinkel.

Ist die Fläche, auf welche Lichtstrahlen einfallen, rauh und uneben, so werden die Reflexionswinkel auf den verschiedenen Punkten der Fläche ebenfalls verschieden, und die zurückgeworfenen Strahlen zerstreuen sich, so daß sie sich in den verschiedensten Richtungen kreuzen, wodurch eine unbestimmte Reflexion entsteht. Die letztere ist nun auch, wie schon erwähnt (§ 171), der Grund, weshalb Schatten niemals absolut dunkel sind, weil sie das von der Atmosphäre und von den verschiedensten Gegenständen, als Häusern, Wolken &c., zurückgeworfene (reflektierte) Licht zum Teil mehr oder weniger wieder erhellt. Ist hingegen die reflektierende Fläche vollständig glatt, wie z. B. eine polierte Stahlplatte, eine Spiegelscheibe oder eine ruhige Wasseroberfläche, so werden die von einem Punkte nach allen Seiten ausgehenden Strahlen (vergl. § 9) in bestimmter Richtung zurückgeworfen, und hierdurch entsteht das sogenannte Spiegelbild eines Gegenstandes, welcher sich vor oder über einer Spiegelfläche befindet.

als ob sich das Spiegelbild von P in P' befände, welcher Punkt in der verlängerten Geraden Oc liegt, wodurch dem Auge O , c und P' nur als ein Punkt erscheint. An der Erscheinung von P' wird sich nun auch nichts ändern, wenn das Auge an einer anderen Stelle, z. B. bei o sich befindet, indem die Verlängerung eines jeden nach dem Auge gelangenden Strahles, wie z. B. oa , stets durch P' gehen wird.

Jedes Spiegelbild eines Punktes wird also in derselben Entfernung hinter oder unter der Spiegelfläche zu sein scheinen, in welcher der Originalpunkt sich vor oder über derselben befindet.

Fig. 139 und 140 (S. 211) zeigen Anwendungen dieses Satzes bei senkrechter und schiefer Stellung der Spiegelflächen.

Man beachte nur, daß in Fig. 139 na' gleich na , ebenso mb' gleich mb gemacht wurden und in Fig. 140 die Gerade coc' rechtwinklig zu po , d. h. rechtwinklig zur Spiegelfläche, und oc' gleich oc ist zc.

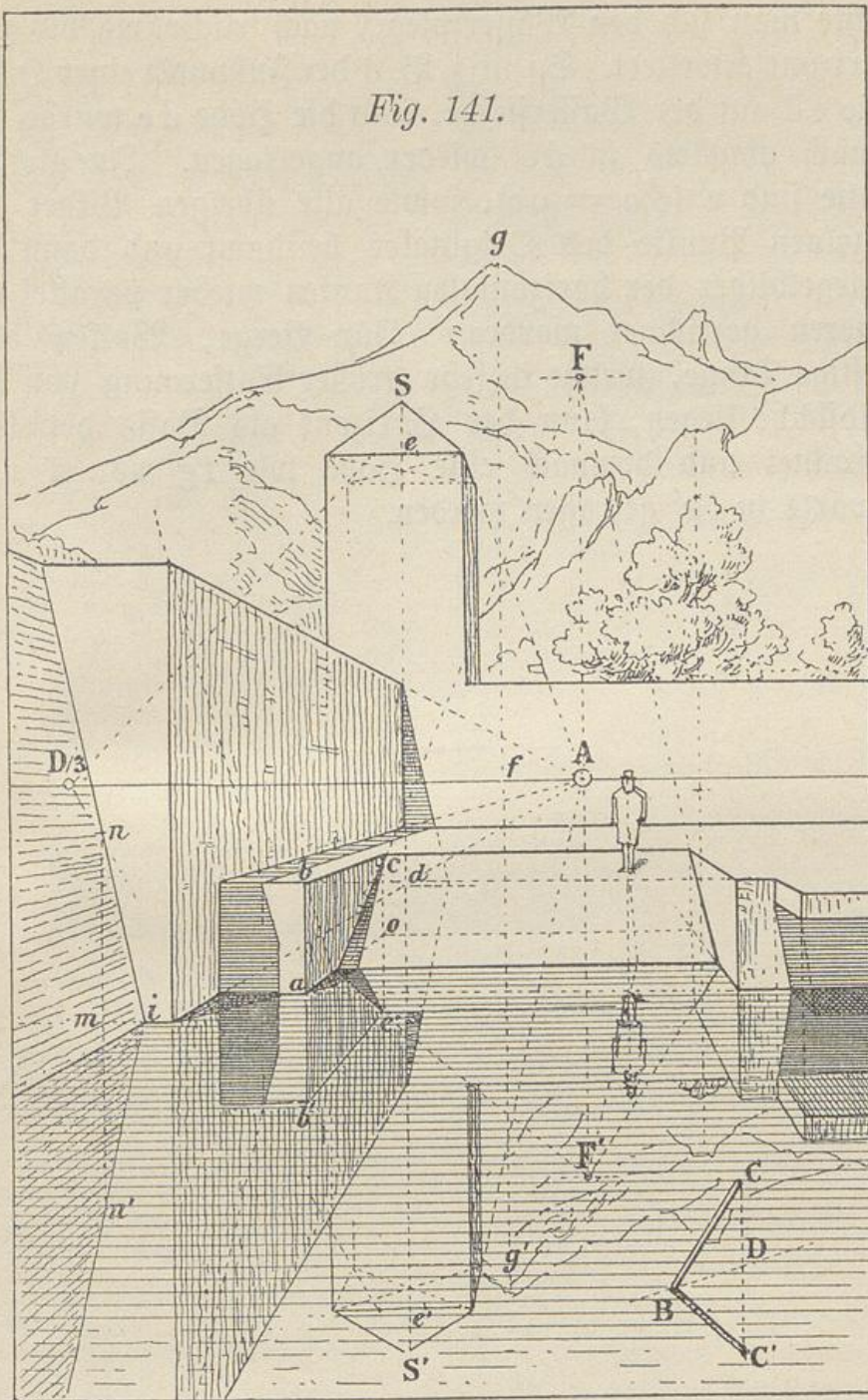
§ 177. Ein Beispiel über Wasserspiegelung.

Die häufigste Anwendung findet obiger Satz wohl bei Spiegelbildern auf stillstehenden Wasserflächen, und die Konstruktion solcher Bilder bietet auch keine Schwierigkeiten.

Da Wasserflächen immer wagrecht sind, so besteht das Spiegelbild bloß aus einer nach abwärts gefehrten konstruktiven Wiederholung des Originals*), wobei indes oft ein Teil durch mehr im Vordergrunde stehende Gegenstände verdeckt ist oder bei vorspringenden Ausladungen zc. sich die betreffenden Untersichten dieser Körper, welche im Original nicht sichtbar sind, als sichtbar darstellen können.

*) Unter einer solchen Wiederholung ist jedoch nicht zu verstehen, daß etwa das Spiegelbild seiner perspektivischen Erscheinung nach dem Original völlig gleich sei, sondern es kann, je nach Horizonthöhe, Lage des Objektes zc. sich sehr verschieden vom Original darstellen, oder überhaupt nicht mehr sichtbar sein.

Fig. 141.



So ist z. B. in Fig. 141 ab' gleich ab ; mn' gleich mn , wodurch man die Richtung in' als Spiegelbild der Böschungskante erhielt. Um das Bild e' der Turmkante zu erhalten,

dachte man sich den Wasserspiegel nach rückwärts bis zum Horizont erweitert. Er ist z. B. d der Fußpunkt einer Hilfslinie ed auf der Wasserfläche, und die Höhe de wurde von d nach abwärts in de' wieder angetragen. In gleicher Weise sind c' ($c'o = oc$), sowie alle übrigen Bilder der einzelnen Punkte des Originalen bestimmt und dann die Spiegelbilder der horizontalen Kanten wieder parallel mit letzteren gezeichnet worden. Für Berge, Wolken oder sonstige Dinge, welche in sehr großer Entfernung von der Bildfläche liegen, kann der Horizont als Basis derselben betrachtet und demnach eine Höhe wie fg von f nach abwärts in fg' getragen werden.

