



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der Schattenkonstruktion und Beleuchtungskunde

Göller, Adolf

Stuttgart, 1895

Art. 71. Die schraubenförmige Röhre oder Wulstfläche und andere
Röhrenflächen mit kreisförmigem Querschnitt

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

schattengrenzen erklärt, die sich übrigens ganz in derselben Weise finden lassen wie bei den Schraubenflächen. Die Körperschattengrenze ergibt sich als Lichtstufenlinie ± 4 oder auch ohne die Hilfsmittel der Beleuchtungskunde auf eigenen Wegen, die ebenfalls in Art. 106 gezeigt sind.

Verwandt mit den Schraubenflächen, weil auffassbar als aus solchen zusammengesetzt, ist ferner das ringförmig-steigende Tonnengewölbe. Es ist als Gegenstand der Beleuchtungskunde ebenfalls behandelt in Art. 106 und in den Figuren 106c und d. Ein Halbkreis mit vertikaler Achse (oder Segmentbogen oder Spitzbogen oder eine andere Mauerbogenlinie) rückt derart fort, dass sein Scheitelpunkt immer auf einer vertikalstehenden Schraubenlinie bleibt und seine Ebene immer durch die Achse dieser Schraubenlinie geht. Jede Tangente an dem beweglichen Bogen beschreibt eine Schraubenfläche. Das allgemeine Verfahren für gekrümmte Flächen ist hier das nächstliegende, weil Schlagschatten auftreten. Zu seiner Durchführung ist eine genügende Zahl der von den Kreispunkten beschriebenen Schraubenlinien in Grundriss und Aufriss zu zeichnen. Für jeden im Grundriss gezogenen Lichtstrahl sind die Schnittpunkte mit den Grundrisskreisen in die Aufrisse der Schraubenlinien hinaufzuloten (und bei schiefwinkligem Durchschnitt mit Hilfe der Proportionalität der Höhen und Centriwinkel schärfer zu bestimmen). Hiedurch wird im Aufriss die Schnittlinie der vertikalstehenden Lichtstrahlenebene mit der Leibungsfläche erhalten, die mit den übrigen in bekannter Weise zu benutzen ist.

71. Die schraubenförmige Röhre oder Wulstfläche und andere Röhrenflächen mit kreisförmigem Querschnitt.

Unter einer „Röhrenfläche“ versteht man zwar gewöhnlich die Fläche, welche ein unveränderlicher Kreis bei normalgerichtetem Fortschreiten auf irgend einer Linie erzeugt; hier sollen jedoch, um eine kurze Bezeichnung für eine in der Technik nicht selten vorkommende Art von Flächen zu haben, als Röhrenflächen im weitesten Sinn bezeichnet werden alle Flächen, welche eine beliebige unveränderliche oder geometrisch ähnlich bleibende gekrümmte oder zusammengesetzte ebene Linie erzeugt, indem ein Punkt ihrer Ebene auf einer Leitlinie fortschreitet und ihre Ebene immer normal zu dieser Linie bleibt. (Man kann ja die bewegliche Linie immer zur geschlossenen Figur ergänzen, so dass in der That eine „Röhre“ erzeugt wird.) Zur Begriffserklärung der Fläche gehört noch, dass sich die bewegliche Linie gegenüber der Leitlinie auch nicht in ihrer eigenen Ebene verdrehen darf; das heisst, es muss bei einer ebengekrümmten Leitlinie immer dieselbe Sehne der beweglichen Linie in der Ebene der Leitlinie bleiben, und bei einer gewundenen Leitlinie immer dieselbe Sehne der beweglichen Linie in die „Schmiegungebene“ der Leitlinie fallen; mit andern Worten, die bewegliche Linie muss immer dieselbe Lage gegenüber der „Hauptnormalen“ der Leitlinie beibehalten. („Schmiegungebene“ in einem bestimmten Punkt einer gewundenen Kurve heisst diejenige Ebene, welche

durch die beiden an den Punkt anstossenden, geradlinig gedachten Elemente der Kurve gelegt ist. Verbindet man den Punkt geradlinig mit einem vor ihm liegenden und einem nachfolgenden Punkt, so bilden die beiden Verbindungslinien eine bestimmte Ebene. Nähern sich die beiden Punkte dem gegebenen, so schmiegt sich die Ebene der Kurve immer mehr an; fallen sie endlich mit dem gegebenen zusammen, so ist die Ebene zur „Schmiegungebene“ geworden. Die Tangente liegt in der Schmiegungeebene. — „Hauptnormale“ für einen bestimmten Punkt einer gewundenen Kurve heisst die Schnittlinie der Schmiegungeebene mit der Normalebene oder zur Tangente senkrecht stehenden Ebene; diese Linie steht also senkrecht zur Tangente.)

Im vorliegenden Artikel sind die Röhrenflächen im engeren Sinn, das heisst diejenigen mit kreisförmigem unveränderlichem Normalschnitt behandelt. Sie können auch als Umhüllungsflächen aller Lagen einer unveränderlichen Kugel aufgefasst werden, deren Mittelpunkt auf der als Leitlinie gegebenen Kurve fortschreitet; jede solche Kurve berührt die Röhrenfläche nach einem Normalschnittkreis, und wo die Körperschattengrenzpunkte auf diesem als auf einem Bestandteil der Kugel liegen, da liegen sie auch für die Röhrenfläche.

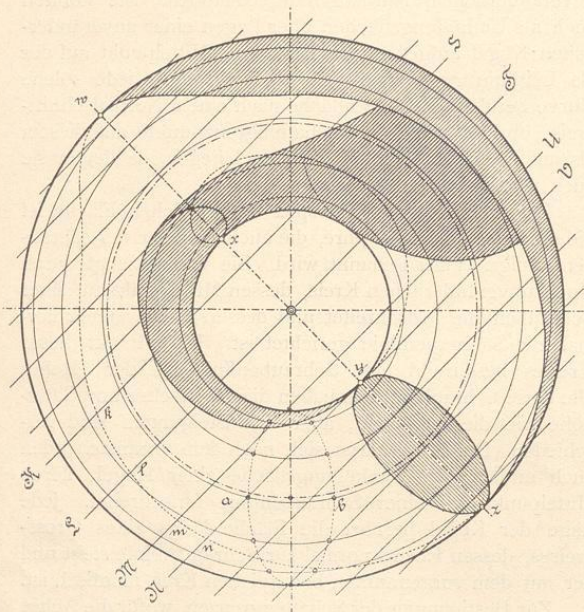
Das interessanteste Beispiel einer solchen Fläche ist die schraubenförmige Röhre, die auch zuweilen der schraubenförmige Wulst genannt wird. Sie wird erzeugt durch einen unveränderlichen Kreis, dessen Mittelpunkt auf einer Schraubenlinie fortschreitet und dessen Ebene immer normal zur Schraubenlinie gerichtet ist. Jeder Punkt dieses Kreises beschreibt eine Schraubenlinie auf der Fläche; alle diese Schraubenlinien haben dieselbe Achse und Ganghöhe wie die gegebene, aber ihre Steigungen sind verschieden. Die Fläche lässt sich nach dem Voranstehenden auch erklären als Umhüllungsfläche einer Kugel, deren Mittelpunkt auf einer Schraubenlinie fortschreitet. Jede Lage der Kugel berührt die Fläche längs eines Grosskreises, dessen Ebene normal zur Schraubenlinie steht und der mit dem vorgenannten beweglichen Kreis identisch ist.

Zur Bestimmung der Schattengrenzen, wofür die Achse vertikal gedacht sein mag, steht zunächst das allgemeine Verfahren für gekrümmte Flächen zur Verfügung, und zwar gestaltet es sich wie folgt:

Man zeichnet im Grundriss eine genügende Zahl der zuvor genannten konzentrischen Schraubenlinien, indem man den beweglichen Kreis in 6, 8 oder 12 gleiche Teile teilt und die einander entsprechenden Teilpunkte der verschiedenen Lagen verbindet. Dabei ist zu beachten, dass die elliptischen Grundrisse aller Lagen des beweglichen Kreises kongruent und mit der grossen Achse gegen den Mittelpunkt gerichtet sind. Das Achsenverhältnis dieser Ellipsen ergibt sich, indem man (Figuren 71a und 71b) eine Lage des beweglichen Kreises so annimmt, dass er sich im Aufriss als gerade Linie $a'b'$ projiziert, das heisst an einem Punkt, in welchem die schraubenlinienförmige Röhrenachse eine Tangente parallel zur Vertikalebene hat. Ist aus diesem Aufriss die erste Grundrissellipse abgeleitet, so legt man durch deren Punkte konzentrische Kreise; diese stellen die Grundrisse jener Schraubenlinien dar.

Teilt man nun den Grundrisskreis in 8 oder 12 Teile und zeichnet für jeden Teil die Ellipse ebenso wie sie sich für jenen ersten Punkt ergeben hat, so lassen sich die zu jeder Ellipse gehörigen Aufrisspunkte erhalten, indem man Gebrauch macht von der Thatsache, dass beim Fortschreiten des Schnittkreises von einem Teilpunkt zum andern alle seine Punkte um gleich viel, und zwar hier um ein Achtel oder Zwölftel der ganzen Ganghöhe höher rücken. Die stetige Verbindung der einander entsprechenden Punkte der Aufrissellipsen des beweglichen Kreises liefert die Aufrisse jener Schraubenlinien. Figur 71 b zeigt ihre Bewegung auf der Fläche.

Die Schnittkurve zwischen der Fläche und einer beliebigen vertikalen Lichtstrahlenebene ergibt sich nun daraus, dass man die Schnittpunkte des Lichtstrahls mit den konzentrischen Kreisen aus dem Grundriss auf die



Figur 71a.

Schraubenlinien im Aufriss hinaufklet. Wo der Schnitt allzu schiefe wird, da lässt sich die Höhenlage des Punktes aus der Steigung der zugehörigen Schraubenlinie schärfer bestimmen, da die in jedem Punkt einer Schraubenlinie erreichte Höhe proportional dem Centriwinkel ist. Figur 71 c zeigt die Fläche mit allen im Grundriss Figur 71 a angegebenen Vertikalschnitten, worunter auch diejenigen der inneren, die Röhre in x und y berührenden Ebenen, deren Kurven schiefe verzogene doppelte Schleifen bilden.

Die Körperschattengrenze ergibt sich nun in bekannter Weise als Verbindungslinie der Berührungspunkte $k' l' m' n'$ der Lichtstrahl tangente, welche im Aufriss an die Schnittkurven gezogen werden. Wo eine solche Tangente eine in derselben Vertikalebene liegende zweite Schnittkurve schneidet, da ist ein Schlagschattenpunkt.

Schnittkurve K liefert z. B. links oben den Körperschattenpunkt k ; die Verlängerung des berührenden Licht-

strahls schneidet rechts unten die in derselben Vertikalebene mit K liegende Schnittkurve S im Punkt s' ; dieser ist ein Punkt der Schlagschattengrenze. Ebenso liefern die Körperschattenpunkte $l' m' n'$ u. s. w. die Schlagschattenpunkte $l' u' v' u. s. w.$

Die obere Grenzkurve der Schlagschattenfläche ist nur im Grundriss sichtbar; im Aufriss konnte sie nicht eingetragen werden, da sie fast durchaus mit dem oberen Umriss der Röhre zusammenfällt.

Die Schnittpunkte x' und y' der zuvor genannten doppelten Schleifen sind wichtige Körperschattengrenzungspunkte. Ebenso liefern die im Grundriss den äusseren Umriss berührenden Lichtstrahlen die wichtigen Grenzpunkte w' und z' in gleicher Höhenlage mit den vorigen; die Höhenlage lässt sich aus der Ganghöhe leicht scharf bestimmen. Die Körperschattengrenzen werden im Grundriss durchaus symmetrisch zur Achse wz , weil die Schnittkurven, beziehungsweise Paare von Schnittkurven, welche die vertikalen Lichtstrahlenebenen liefern, polar kongruente Hälften haben, beziehungsweise polar kongruent sind.

Um den Verlauf der Kurven noch deutlicher zu zeigen, ist in Figur 71 d ein Vertikalschnitt nach dem Grundrissdurchmesser $L T$ beigelegt, der auch die im Aufriss nicht sichtbare obere Schlagschattengrenze darbietet. In diesem Schnitt fallen die Projektionen der Punkte xx' und ww' aufeinander. Zu beachten ist, dass die in der Figur erscheinende Vertikalschnittfläche der Röhre nicht symmetrisch zu ihrer vertikalen Mittellinie, sondern innen voller ist als aussen.

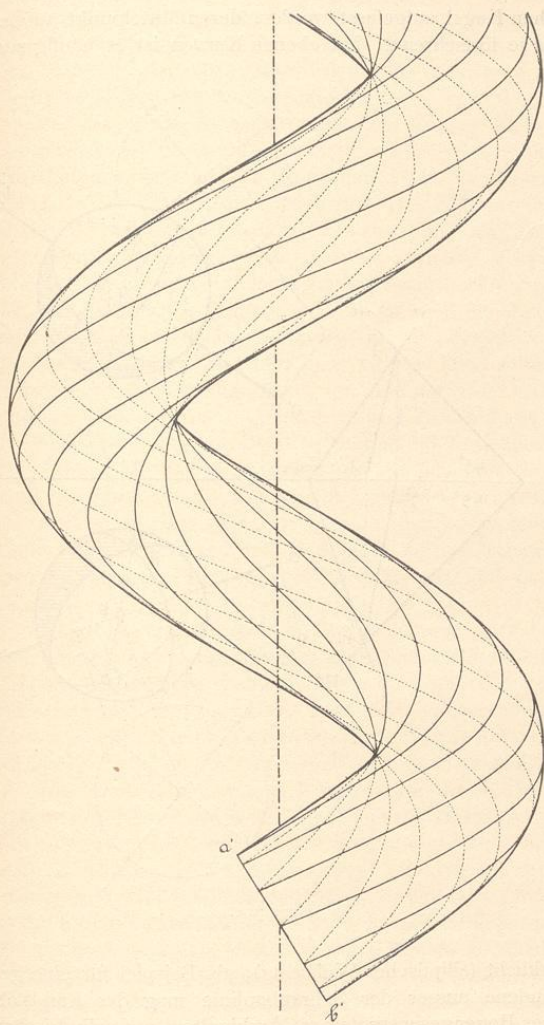
Interessant ist das Hinuntersteigen der inneren Körperschattengrenze von der oberen Hälfte zur unteren im Punkt xx' mit der Schleife im Grundriss, ebenso der Uebergang der äusseren Körperschattengrenze mit Fallen und Wiederaufsteigen in der Nähe des Punktes ww' unter Bildung einer kleinen Schleife im Aufriss. Auf der entgegengesetzten Seite der Röhre, an den Punkten y und z , verlaufen die Schattengrenzen ohne jeden Konflikt.

Ein eigenartiger Grenzfall für diese Uebergänge wird erhalten, wenn man den Steigungswinkel der leitenden Schraubenlinie der Röhre genau der Neigung des Lichtstrahls entsprechend, also gleich dem Winkel $\alpha = 35^\circ 15,9'$ annimmt. Ein Kreiscylinder, dessen Achse mit der Richtung des Lichtstrahls zusammenfällt, hat Körperschatten als Streiflicht auf der ganzen Mantelfläche. Wird er im Grundriss um einen kleinen Winkel flacher zum Grundriss gedreht, so erhält die rechte Hälfte Licht; wird er etwas steiler zum Grundriss gedreht, die linke. Dies angewendet auf den genannten Fall und auf den Normalschnitt wx mit zwei nahen Normalschnitten rechts und links von ihm ergibt folgendes: Eine obere Grenzkurve läuft stetig durch den höchsten Punkt des Normalschnitts wx , ebenso eine untere durch den tiefsten. Der Normalschnittkreis wx selbst ist ebenfalls Körperschattengrenze. Von den vier Flächenräumen, welche durch die drei Kurven abgegrenzt werden, haben zwei Scheitelräume Licht und zwei solche Schatten, und zwar sind im Schatten der äussere untere und der obere innere. In diesem Grenzfall findet also der Uebergang der Schattengrenze von oben nach unten und umgekehrt auf dem Normalschnittkreis selber statt. Wird

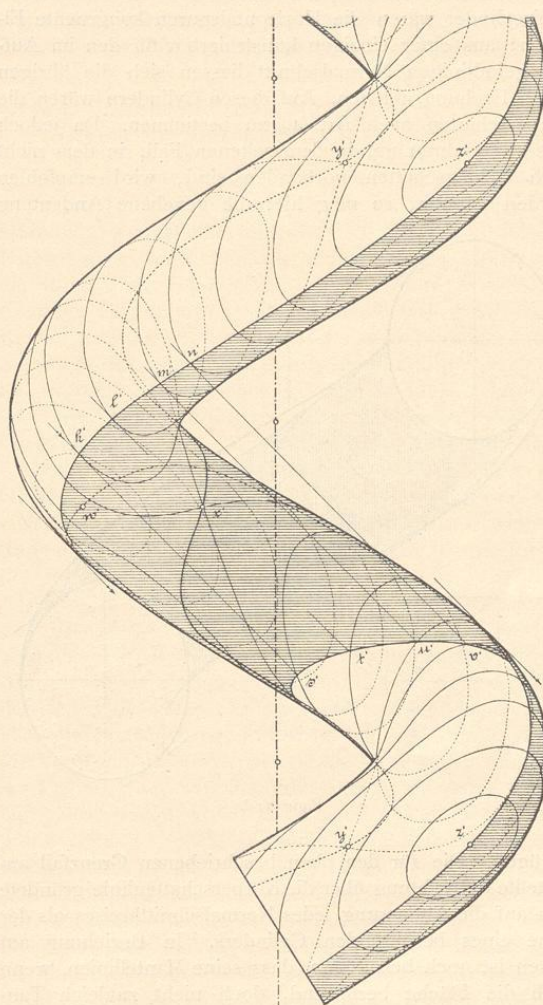
die Röhrenachse noch flacher angenommen, so trennen sich die Schattengrenzen wieder und verlaufen ohne Verwicklung, bis als weiterer Grenzfall der wagrecht liegende Wulst mit kreisförmiger Mittellinie (Figur 38 a) erreicht ist.

Die Schlagschattengrenzlinie wird auf dem oben beschriebenen Weg genügend scharf bestimmt; auch wird für sie ein anderes Verfahren kaum rascher zum Ziel führen. Dagegen kann man die Körperschattengrenze in

dass die kleine Achse der Kugelellipse immer in der Richtung des Lichtstrahls bleibt, so kann man auf jeden Normalschnitt die zwei Punkte durchstechen, in welchen die Kugelschattengrenze, also auch die Röhrenschattengrenze, die Normalschnittellipse schneidet. Für die Aufrisspunkte kann man entweder dasselbe Verfahren mit dem Aufriss der Kugel gegenüber den Aufrissellipsen der Normalschnitte anwenden, oder man kann die Grundrisspunkte



Figur 71 b.



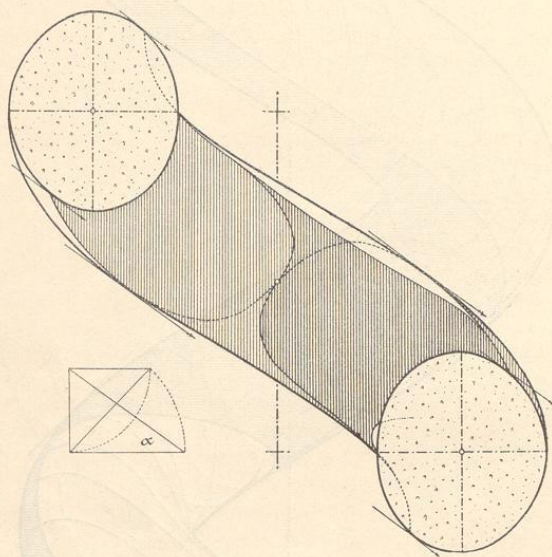
Figur 71 c.

der angegebenen Weise wegen der Unmöglichkeit der scharfen Bestimmung der Berührungspunkte, wenn auch wohl praktisch genügend, doch minder genau erhalten. Zu einer exakten Konstruktion führt die Betrachtung des Normalschnittkreises der Röhrenfläche als des Bestandteils der berührenden Kugelfläche. Legt man im Grundriss auf die elliptischen Projektionen der Normalschnitte nacheinander den Grundriss einer mit ihrer elliptischen Schattengrenze versehenen gleich grossen Kugel, und zwar so,

in den Aufriss hinaufloten, oder endlich man kann wieder die Höhenlage jedes Aufrisspunktes über oder unter dem Mittelpunkt seiner Kugel aus dem Grundriss ableiten. Der vertikale Abstand eines solchen Grenzpunktes vom Mittelpunkt seiner Kugel ist nämlich proportional dem Abstand seines Grundrisspunktes von der grossen Achse seiner Grundrissellipse, da alle Normalschnitte gleiche Horizontalneigung haben; an dem Normalschnitt, der sich im Aufriss als gerade Linie projiziert, lassen sich für alle

solche Grundrissabstände die zugehörigen Höhen leicht abnehmen. Diese Körperschattenbestimmung bildet einen Bestandteil der Konstruktion der Lichtstufenlinien, die in Art. 107 beschrieben ist, wonach in Beziehung auf den Gang der Konstruktion auf diesen Artikel verwiesen werden kann.

Ein dritter Weg wäre die Auffassung jedes Normalschnittkreises als der Zone einer schiefgerichteten Cylinderfläche mit diesem Normalschnitt. Für alle derart erhaltenen Kreiscylinder wären die Horizontalspuren kongruente Ellipsen; aus einer einzigen konstruierten für den im Aufriss geradlinigen Normalschnitt liessen sich die übrigen durch Drehung ableiten. Auf diesen Cylindern wären die Körperschatten nach Art. 49 zu bestimmen. Da jedoch dieses Verfahren nur in dem seltenen Fall, in dem nicht auch Schlagschatten vorhanden sind, wird empfohlen werden können, so mag hier die gegebene Andeutung

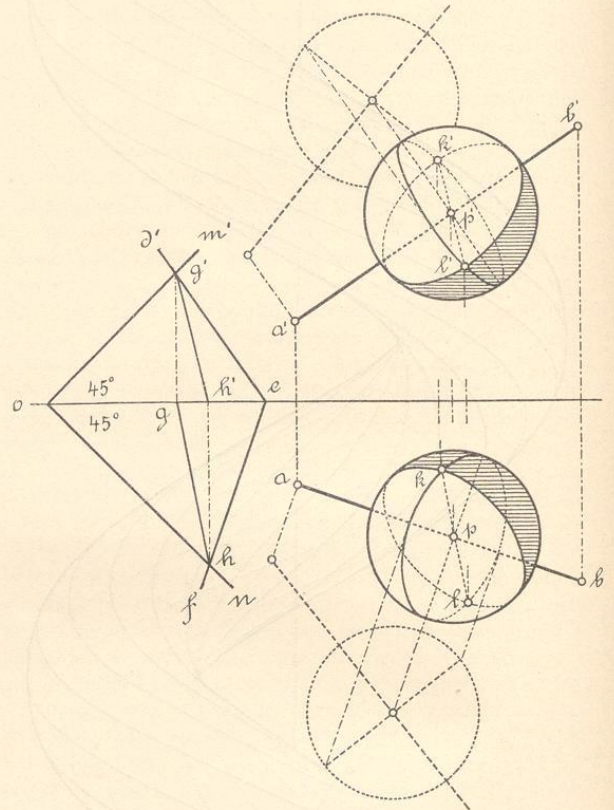


Figur 71 d.

genügen. Die für den oben beschriebenen Grenzfall angestellte Betrachtung über die Körperschattenlinie gründete sich auf die Auffassung jedes Normalschnittkreises als der Zone eines berührenden Cylinders. In Beziehung auf diesen ist noch beizufügen, dass seine Mantellinien, wenn auch die Fläche berührend, doch nicht zugleich Tangenten der Schraubenlinien auf der Röhrenfläche sind; diese haben ja verschiedene Neigungen und sind innen steiler als aussen, wogegen die Mantellinien des gedachten Cylinders alle die Neigung der leitenden Schraubenlinie haben. Die Tangenten an den Schraubenlinien erzeugen eine Fläche weit höherer Ordnung. Folgerichtig ist aber auch die Grundrissrichtung jeder solchen Tangente eine andere als die der Cylindermantellinie in demselben Punkt. Es gehen also durch den Berührungspunkt einer Tangentialebene an der Fläche drei Gerade, die alle in dieser Ebene liegen, erstens die Cylindermantellinie senkrecht zur Normalschnittebene oder parallel zur Tangente im zu-

gehörigen Punkt der leitenden Schraubenlinie, zweitens die Tangente am Normalschnittkreis, drittens die Tangente an der Schraubenlinie.

Tritt an die Stelle der Schraubenlinie der betrachteten Röhre eine beliebige andere Kurve, so erscheint der allgemeine Fall der Röhrenfläche mit kreisförmigem Normalschnitt. Auch dieser Fall kann als Umhüllungsfläche aller Lagen einer beweglichen unveränderlichen Kugel aufgefasst werden, deren Mittelpunkt auf der Kurve fortschreitet. Mit ebenen Kurven ist er häufig ver-



Figur 71 e.

wirklich (elliptischer Wulstring); als Beispiel für eine gewundene ausser der Schraubenlinie mag der Rundstab eines Bogengesimses (einer „Archivolte“) auf cylindrischer Wandfläche genannt werden.

Zur Bestimmung der Körperschattengrenze führt im allgemeinen am raschesten die oben bei der Schraubenröhre durchgeführte Betrachtung des Normalschnittkreises als der Berührungslinie der rückenden Kugel und die Bestimmung der Schattenpunkte auf diesem Kreis der Kugel. An die beliebig gekrümmte Achse der Röhre sei in einem bestimmten Punkt pp' (Figur 71 e) eine Tangente $ab a'b'$ gezogen worden. Man hat dann auf der mit ihren Körperschattengrenzen versehenen Umhüllungskugel in pp' den Kreis zu zeichnen, dessen Ebene normal zu dieser Tan-

gente steht. Die Schnittpunkte dieses Kreises mit dem Körperschattenkreis der Kugel sind die Schattenpunkte kk' und ll' für den Normalschnitt der Röhre im Punkt pp' .

Der gesuchte Kreis projiziert sich in zwei Ellipsen, deren grosse Achsen senkrecht zu den Tangentenprojektionen stehen. Die kleine Achse im Grundriss ergibt sich aus der Umklappung der horizontalprojizierenden Ebene der Tangente in die Horizontalebene. In dieser Umklappung ist der Schnittkreis eine Gerade senkrecht zur umgeklappten Tangente; das Zurückklappen der Endpunkte dieser Geraden giebt die kleine Achse im Grundriss. Die Durchführung derselben Konstruktion im Aufriss liefert die kleine Achse der Aufrissellipse.

Das umständliche Konstruieren der beiden Ellipsen des Normalschnittkreises lässt sich nun aber ersparen und zwar dadurch, dass man die Schnittlinie $klk'l'$ der Ebenen beider Kreise unmittelbar aufsucht. Die Spuren einer Ebene, die senkrecht zu einer Geraden steht, sind senkrecht zu den Projektionen der Geraden gerichtet, also die Spuren der Ebene der Kugelschattengrenze senkrecht zu den Lichtstrahlprojektionen und die Spuren der Ebene des Normalschnittkreises senkrecht zu den Projektionen der Tangente. Sind also in Figur 71 $e om'$ und on senkrecht zu den Lichtstrahlprojektionen die Spuren der ersten Ebene, ferner $e d'$ senkrecht zu $a' b'$ und $e f$ senkrecht zu $a b$ die Spuren der zweiten, so geben die Projektionen der Schnittlinie beider Ebenen gh und $g' h'$ die Richtungen kl und $k' l'$, in welchen im Grundriss und Aufriss der Berührungskugel die Durchmesser durch den Mittelpunkt pp' zu ziehen sind, um als Schnitte mit den Schattenkreisprojektionen der Kugel die Punkte kk' und ll' zu liefern.

Zu grösserer Sicherheit in der Bestimmung der Tangentenprojektionen für einen ausgewählten Punkt einer doppelt gekrümmten Leitlinie kann man oft Gebrauch machen von der Thatsache, dass eine Tangente einer ebenen Kurve beim Aufwickeln der Kurvenebene auf einem vertikalen Cylinder ihre Horizontalneigung nicht ändert.

Die zuvor beschriebene Konstruktion der Körperschattengrenze einer Röhrenfläche mit kreisförmigem Normalschnitt vereinfacht sich wesentlich, wenn die Röhrenachse eine ebene Kurve parallel zu einer Grundebene wird, weil dann in der Projektion auf diese Grundebene alle Normalschnitte geradlinig werden. Die Körperschattengrenze ergibt sich in diesem Fall ohne Benützung eines Grundplans, indem der Aufriss der Umhüllungskugel samt ihrer Körperschattengrenze einmal gezeichnet und mit Durchmessern parallel zu den ausgewählten Normalschnitten versehen wird. Jede Normalschnittlinie im Aufriss der Fläche ist dann ebenso einzuteilen, wie der ihr parallele Durchmesser durch die Schattengrenzlinie der Kugel eingeteilt ist. (Vergl. Art. 58; die dort gezeichnete Figur kann auch für den vorliegenden Fall als Beispiel gelten.)

Für Schlagschatten auf solchen Flächen (mit eben gekrümmter oder doppelt gekrümmter Achse) wird kaum eine andere als die allgemeine Lösung für gekrümmte Flächen zu finden sein. Sie erfordert das Zeichnen von Linien, die von auszuwählenden Punkten des fortücken-

den Kreises beschrieben werden, in Grundriss und Aufriss, und es sind diese Linien ganz in derselben Weise zu benützen, wie die Schraubenlinien bei der schraubenförmigen Röhre. Sehr häufig wird jedoch dieses umständliche Verfahren dadurch umgangen werden können, dass mässig lange Stücke zwischen zwei Normalschnitten als Kreiscylinder betrachtet und mit Schattengrenzen beider Art bedacht werden. Dies ist zwar nur eine Annäherung und um so weniger streng richtig, je stärker die Krümmung der Röhrenachse; aber es wird in den meisten Fällen der praktischen Schattenkonstruktion genügen.

Röhrenflächen mit beliebigem, aber unveränderlichem Normalschnitt. 72.

Der einfachste Fall einer solchen ist die Cylinderfläche mit beliebigem Normalschnitt; Kreislinien des Fortschreitens ergeben Drehungsflächen. Beispiele für das Fortschreiten auf anderen eben gekrümmten Linien sind die Rundstäbe, Hohlkehlen, Karniese und Wellen der Gesimse mit elliptisch oder wellenförmig geschweiften Kanten, wie sie etwa der Barockstil anwendet, oder die Horizontalgesimse auf ebenso im Grundriss geschweiften Wandflächen. Doppelt gekrümmte Linien des Fortschreitens bieten die zuvor genannten geschweiften Gesimse, wenn sie auf cylindrischer Wandfläche auftreten.

Jeder Normalschnitt einer solchen Fläche lässt sich als eine niedrige Zone eines Cylinders vom selben Normalschnitt auffassen, dessen Mantellinien parallel sind der Tangente an der Kurve des Fortschreitens in dem Punkte des Normalschnitts.

Ist z. B. diese Kurve eine solche in der Vertikalebene, wie bei geschweiften Gesimsen auf ebener Wand, so zeichnet man eine Anzahl von Normalschnitten nur im Aufriss, wo sie als gerade Linien erscheinen, und behandelt jeden derselben nach Art. 53 als Cylinderfläche parallel zur Vertikalebene, indem man den Normalschnitt in die Vertikalebene umklappt und die Mantellinien senkrecht zur Richtung des Normalschnitts anfügt. Hiedurch werden auf jedem Normalschnitt die Punkte der Körperschattengrenze erhalten. Schlagschatten einer Selbstbeschattung können zunächst nach dem allgemeinen Verfahren erhalten werden, indem man die äquidistanten Kurven zeichnet, die bestimmte Punkte der Normalschnittkurve bei deren Bewegung beschreiben; als Schnittebenen wird man dabei im allgemeinen besser die vertikalprojizierenden als die vertikalen wählen, und oft ohne Grundriss mit Hilfe der leicht erhältlichen Umklappungen der Schnittlinien in die Vertikalebene arbeiten, indem man in einer besonderen Figur alle Schnittlinien als Profile verschiedener Höhe, aber gleicher Ausladung aufeinanderlegt und die veränderte Richtung des Lichtstrahls für die Umklappung mit dem Winkel α berücksichtigt. Wenn man aber einmal solche Schnitte der Schlagschatten wegen einzuführen hat, so benützt man sie zweckmässig auch für die Körperschattengrenze, und es entfällt dann deren zuerst beschriebene Bestimmung.

Figur 72a bietet ein durchgeführtes Beispiel. Unter der Hauptfigur sind die Schnittkurven der vertikalprojizierenden