

C. VOLK

**Die maschinentechnischen
Bauformen und das
Skizzieren in Perspektive**

Zugleich 5. Auflage des Buches
Das Skizzieren von Maschinenteilen in Perspektive



Verlag von Julius Springer / Berlin 1930

Die maschinentechnischen Bauformen und das Skizzieren in Perspektive

Von

Dipl.-Ing. Carl Volk

Direktor der Beuth-Schule, Privatdozent an der
Technischen Hochschule, Berlin

Zugleich 5. Auflage des Buches
„Das Skizzieren von Maschinenteilen
in Perspektive“

Mit 100 in den Text gedruckten
Skizzen



Berlin
Verlag von Julius Springer
1930

ISBN-13: 978-3-642-90501-8
DOI: 10.1007/978-3-642-92358-6

e-ISBN-13: 978-3-642-92358-6

Alle Rechte, insbesondere das der
Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten
Copyright 1930 by Julius Springer in Berlin
Reprint of the original edition 1930

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Als Schüler Radingers¹ wurde ich frühzeitig an perspektivisches Zeichnen gewöhnt, und Anklänge zu mancher der folgenden Figuren ließen sich in meinen Vorlesungsheften finden. Radingers Methode aber — sofern man überhaupt von einer solchen sprechen kann — habe ich nicht beibehalten. Wer je des verewigten Meisters „ohne jede Vorzeichnung“ entworfene Skizzen im Maschinenzeichnen von Riedler bewundert hat, mußte sich klar sein, daß hier eine seltene Vorstellungskraft am Werke war. Der „Kopf“ formt und gestaltet den Gegenstand der Skizze, und die „Hand“ zeichnet das fertige Bild ab, wie ein aus festem Stoff gefügtes Modell! Dieser Weg ist für den Anfänger und für den Ungeübten nicht gangbar. Er wird sich zuerst nur die einfachste Grundform vorstellen können, diese sofort skizzieren und nun den Maschinenteil entwickeln, am Papier gleichsam „bearbeiten“ und vollenden. Dieses Verfahren hat Ähnlichkeit mit dem Gestalten eines rohen Werkstückes durch eine Reihe von Arbeitsvorgängen; das Skizzieren wird zu einem Schmieden, Drehen, Hobeln, Bohren, und die Zeichnung muß mühelos allen Formänderungen folgen können.

Somit mußte auch Radingers völlig willkürliche und nur dem Gegenstand des Bildes in glücklichster Weise angepaßte Art der Wiedergabe verlassen und durch eine an wenige einfache Regeln gebundene Darstellung ersetzt werden.

Das Endziel bleibt natürlich immer das freie, durch keine Schranke eingeeengte Skizzieren; den Weg nach solchem Ziele aber mögen die Bilder und Worte auf den folgenden Seiten erleichtern.

Cöln a. Rh., im Winter 1902.

Der Verfasser.

¹ Joh. Edler v. Radinger, von 1875 bis 1901 Professor an der Technischen Hochschule in Wien. Als Ingenieur ein Forscher und Künstler, als Lehrer ein Führer zu freudigem Schaffen, als Mensch ein Vorbild.

Vorwort zur fünften Auflage.

Die fünfte Auflage dieses kleinen Werkes erscheint mit stark erweitertem Inhalt und mit einem geänderten Titel.

Auf Grund der Erfahrungen im Unterricht und in der konstruktiven Praxis bin ich in den letzten Jahren immer mehr zur Überzeugung gekommen, daß das Gestalten der Maschinenteile mit den Bauformen und der Fähigkeit, diese Bauformen zu sehen, in der Vorstellung gleichsam zu schaffen, so eng verknüpft ist, daß wir die Bauformen zur Grundlage der Konstruktionslehre machen können.

Die sogenannten Maschinenteile oder Maschinenelemente — man denke nur an ein Ventil oder eine Schubstange — bestehen selbst wieder aus einzelnen Elementen. Aber auch diese Teile, die man Konstruktionselemente oder Bauteile nennen könnte, eignen sich nicht zu einer systematischen, für den gestaltenden Ingenieur brauchbaren und wertvollen Einteilung.

Wir dürfen, um mit Reuleaux zu sprechen, nicht „anfangen zu klassifizieren, ohne die Objekte der Klassifikation genügend weit zurückgespalten zu haben!“

Und so müssen wir bis auf die Bauformen zurückgehen, aus denen die Baukörper oder Bauteile sich zusammensetzen.

Mehrere Baukörper bilden eine Baugruppe, eine Reihe von Baugruppen eine Maschine oder ein Bauwerk.

Ich habe versucht, im Sinne einer aufbauenden, gestaltenden Geometrie die Bauformen unserer Maschinen zu entwickeln, von der ebenen Wand bis zum Turbinengehäuse, dessen Form nur noch durch Schichtlinien festgelegt werden kann.

Daß der Konstrukteur auch die „aus einem Guß“ hergestellten Einzelteile aus den verschiedensten Bauformen zusammensetzt und daß diese Bauformen ganz verschiedene Bauaufgaben zu erfüllen haben, das zeigt sich besonders deutlich, wenn ein Gußstück, z. B. ein Zylinderkopf oder ein Lagerschild, durch eine geschweißte oder gelötete Ausführung ersetzt werden soll.

Im Rahmen dieser Arbeit kann nur das Schauen, Erkennen und Skizzieren der Bauformen geübt werden, aber der Zusammenhang mit dem Konstruieren auf Grund der Berechnung und Erfahrung und der Zusammenhang der Form mit den Forderungen des Zweckes, des Werkstoffes und der Werkstatt soll doch immer spürbar sein.

Gnadenwald, Sommer 1930.

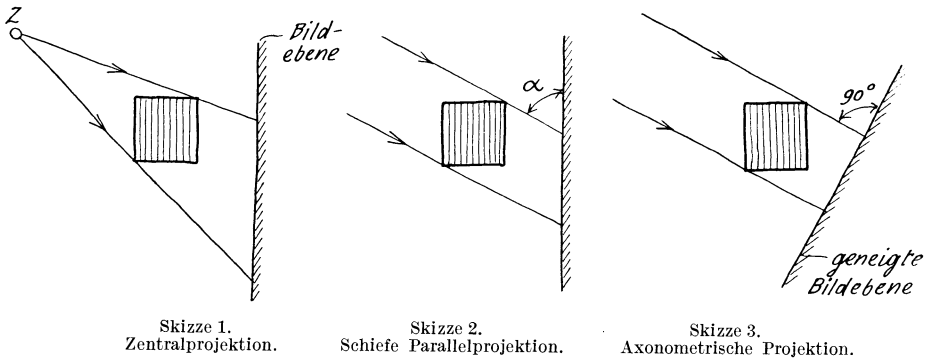
C. Volk.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
A. Würfel, Zylinder, Kegel	1
B. Kugel, Drehkörper	10
C. Führungsbestimmte Flächen, Schichtlinienflächen . . .	12
D. Durchdringungen und Übergangsformen	14
E. Zusammensetzen von Bauformen	21
F. Schnittfiguren	26
G. Lösung konstruktiver Aufgaben	31
H. Schlußbemerkungen	39
Anhang	45

A. Würfel, Zylinder, Kegel.

Projiziert man einen Würfel, dessen Seitenflächen paarweise parallel zu den Projektionsebenen liegen, nach den Regeln der rechtwinkligen Parallelprojektion, so zeigt die Vertikalprojektion (Ansicht, Aufriß) nur die vordere, die Horizontalprojektion (Draufsicht, Grundriß) nur die obere Seite des Würfels. Soll schon eine einzige Projektion die Form des Würfels erkennen lassen, so müssen drei Seitenflächen gleichzeitig sichtbar sein.



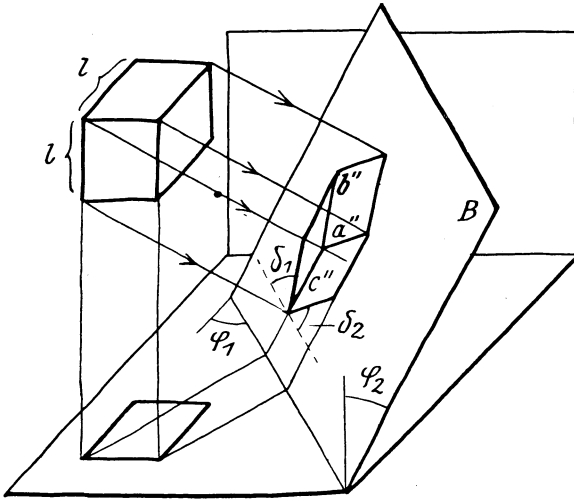
Derartige Bilder lassen sich im allgemeinen auf dreierlei Weise erzielen:

- a) durch Zentralprojektion, wobei die Bildstrahlen von einem Zentralpunkt Z ausgehen (Sk. 1);
- b) durch schiefe Parallelprojektion, wobei die unter sich parallelen Bildstrahlen unter einem beliebigen Winkel α ($\geq 90^\circ$) zur vertikalen oder horizontalen Bildebene geneigt sind (Sk. 2);
- c) durch rechtwinklige Parallelprojektion auf eine geneigte Bildebene (axonometrische Projektion, Sk. 3).

Die Zentralprojektion oder Zentralperspektive eignet sich nicht zur Darstellung von Maschinenteilen, auch die schiefe Parallelprojektion ist dafür meist nicht zu empfehlen, da die Abbildung von Kreisen und Umdrehungskörpern in der axonometrischen

Darstellung wesentlich rascher und einfacher vorgenommen werden kann ¹.

Bei der axonometrischen Projektion projiziert man ein Achsenkreuz (oder einen Würfel) auf eine geneigte Bildebene B (Sk. 4) und ermittelt die Lage der neuen Achsen und die Verkürzungen der Längen in Richtung der neuen Achsen, also die Werte $\frac{a''}{l}$, $\frac{b''}{l}$ und $\frac{c''}{l}$.



Skizze 4. Axonometrische Projektion eines Würfels.

Sind die Achsen und die Verkürzungsmaßstäbe bekannt, so kann von einem Körper, der durch die Koordinaten seiner Punkte bestimmt ist, ein axonometrisches Bild entworfen werden.

Zu dem gleichen Ergebnis kommt man auf einfachere Weise folgendermaßen:

Man neigt einen Körper, z. B. einen Würfel (oder ein Achsenkreuz) derart, daß keine seiner Kanten mit der senkrechten Bildebene parallel ist, aber die ursprünglich senkrechten Kanten auch im Bild senkrecht erscheinen.

¹ Näheres über Axonometrie siehe im Anhang, S. 45.

Sk. 5 zeigt einen Würfel und zwar

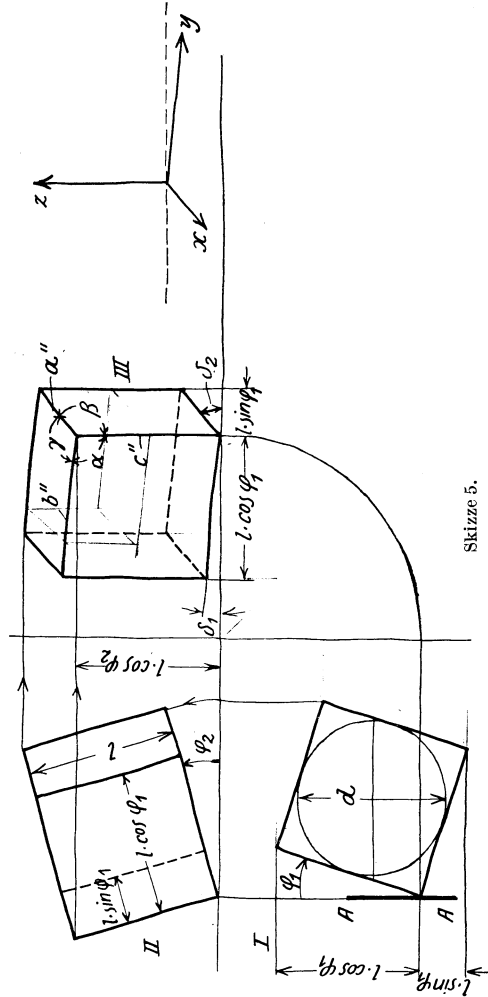
I. im Grundriß, um den Winkel φ_1 gedreht,

II. im Aufriß, um den Winkel φ_2 gekippt,

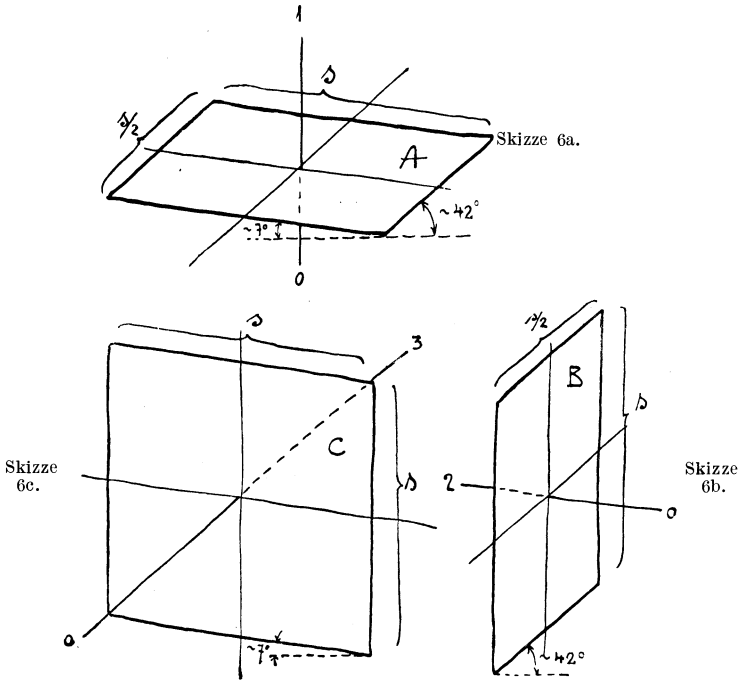
III. auf die Seitenrißebene (die hier als Bildebene dient) projiziert.

Dreht man nicht einen Würfel, sondern ein Achsenkreuz um die Winkel φ_1 und φ_2 , so erhält man das Achsenkreuz XYZ . Die Winkel δ_1 und δ_2 und die Verkürzungsverhältnisse sind von der Größe der Winkel φ_1 und φ_2 abhängig. Man wird φ_1 und φ_2 so wählen, daß sich gute und möglichst bequem zu zeichnende Bilder ergeben. Beide Bedingungen sind erfüllt für $\varphi_1 \approx \varphi_2 \approx 20^\circ$ (genau $\varphi_1 = 20^\circ 40'$, $\varphi_2 = 19^\circ 26'$).

Durch Zeichnung oder Rechnung erhält man dann $a'' = \frac{1}{2} b'' = \frac{1}{2} c''$, d. h. die dritte Kante des Würfels ist halb so lang als jede der beiden anderen Kanten, oder die Verkürzung in Richtung der x -Achse ist doppelt so groß als in Richtung der y - und z -Achse. Ferner wird $\sphericalangle \alpha = 97^\circ 10'$ und $\sphericalangle \beta = \sphericalangle \gamma = 131^\circ 25'$ oder $\sphericalangle \delta_1 = 7^\circ 10' \approx 7^\circ$ und $\sphericalangle \delta_2 = 41^\circ 25' \approx 42^\circ$.



Die nach Sk. 4 oder 5, also auf dem Wege der Parallelprojektion erhaltenen Bilder, haben einige Ähnlichkeit mit den Bildern der Zentralperspektive. Man spricht daher mit einer gewissen Annäherung von Parallel-Perspektive und bezeichnet auch die axonometrischen Bilder als perspektive¹ Bilder. Der ursprüngliche Sinn des Wortes „perspicere“ rechtfertigt ja keineswegs den ausschließlichen Gebrauch der Be-



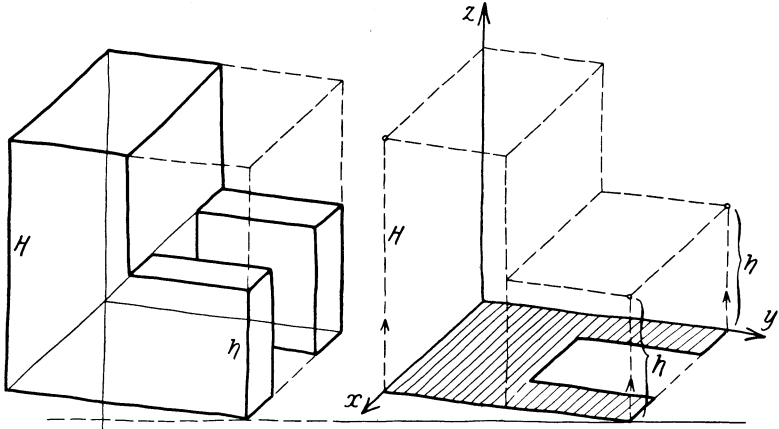
Skizze 6. Quadrate in Parallelperspektive.

zeichnung „Perspektive“ für die nach den Methoden der Zentralprojektion gewonnenen Bilder.

An Hand der Sk. 5, Bild III, kann das Skizzieren von Quadraten und Rechtecken, ferner das Skizzieren von ebenflächig begrenzten Körpern entwickelt werden. Beim Skizzieren von Quadraten (Sk. 6) ziehe man zuerst die (gestrichelte) waagrechte

¹ Diese Wortform wird an Stelle von „perspektivisch“ empfohlen. Vgl. „retrospektiv“.

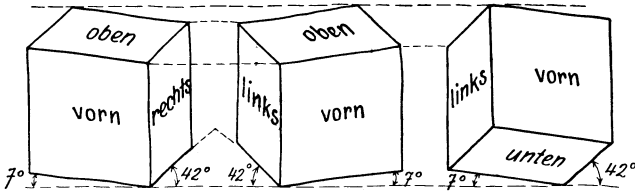
Linie, trage dann die Winkel an und gebe den Seiten die richtige Länge. Beim freihändigen Antragen der Winkel beachte man, daß 42° nahezu 45° und 7° ein Sechstel von 42° ist. Die 7° -Linie weicht daher nur wenig von der Waagrechten ab.



Skizze 7.

Skizze 8.

Den Körper nach Sk. 7 erhält man aus dem Würfel Sk. 5, Bild III, durch Wegschneiden oder Hinzufügen von Teilen. Der gleiche Körper ist in Sk. 8 mit Hilfe des Achsenkreuzes $x y z$ aus

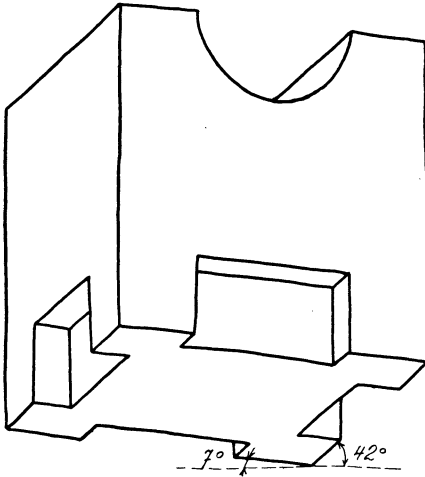


Skizze 9. Verschiedene Würfellagen.

dem Grundriß entwickelt. Hier sei auch darauf hingewiesen, daß man auch von den in Sk. 9 dargestellten Würfeln ausgehen kann.

Man erhält dann (in Anlehnung an den 2. Würfel) Bilder, bei denen die 7° -Linien nach rechts, die 42° -Linien nach links laufen oder (nach dem 3. Würfel) Bilder in Druntersicht.

Die Druntersichten (vgl. Sk. 10) werden verwendet, falls die Unterseite eines Bauteiles betrachtet werden soll. Druntersichten sind etwas schwieriger zu zeichnen, tragen aber, ähnlich wie die Bilder von Hohlformen (Sk. 84), sehr zur Kräftigung des Vorstellungsvermögens bei, freilich nur dann, wenn die Bilder nicht mehr oder weniger mechanisch aufgezeichnet, sondern wirklich auf Grund der Anschauung entworfen und als räumliche Gebilde empfunden werden.



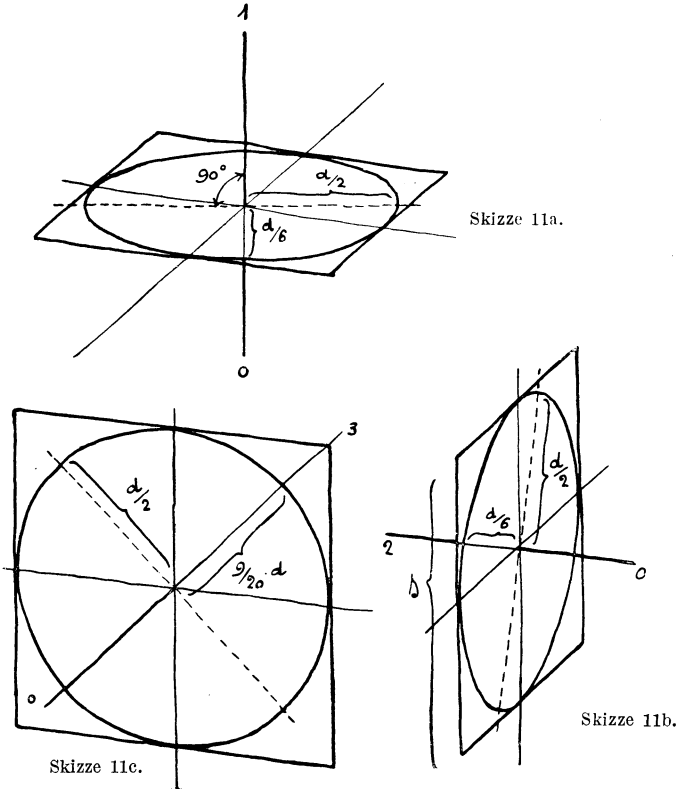
Skizze 10. Druntersicht.

Aus den Sk. 5 und 6 lassen sich auch die Regeln für das Zeichnen der Kreise und Zylinderableiten. Man braucht nur in die Seitenflächen des Würfels oder in die Quadrate nach Sk. 6 Kreise einzuzeichnen und die Ellipsen aufzusuchen, die bei der Projektion dieser Kreise entstehen. Aus den Skizzen 6 a, b, c erhält man die Sk. 11, aus dem

Würfel Sk. 5 den Würfel Sk. 12. Dieser Würfel ist dem Normblatt DIN 5 entnommen, das der Arbeitsausschuß für Zeichnungen nach meinen Vorschlägen aufgestellt hat. Man beachte die Regeln für das Zeichnen der Ellipsen E_1 , E_2 und E_3 in den drei Hauptlagen. Über das Zeichnen von Ellipsen, die anderen Kreislagen entsprechen, s. Sk. 20.

In Sk. 11 a ist die Hauptachse (große Achse) der Ellipse waagrecht, also rechtwinklig zu OI . Dies folgt auch aus einem Vergleich von Sk. 11 a mit Sk. 5. Die große Achse entspricht dem Kreisdurchmesser d , der parallel zur waagrechten Drehachse AA liegt und daher bei der Drehung um diese Achse seine Größe und Richtung beibehält. Die obere Würfelseite (Sk. 5) ist unter dem $\sphericalangle \varphi_2$ zur Bildebene geneigt. Der zu AA senkrecht stehende Kreisdurchmesser verkürzt sich daher (mit $\sphericalangle \varphi_2 \approx 20^\circ$) auf $d \sin 20^\circ = 0,34 d \approx \frac{1}{3} d$, d. h. die kleine Achse der Ellipse E_1 ist

ein Drittel der großen Achse. Eine kreisförmige Scheibe nach Sk. 11 a mit einer Achse $O I$ gleicht einem Kreisel. Es soll daher für die rechtwinklig zur Kreisfläche stehende Achse $O I$ der Ausdruck „Kreiselachse“ gebraucht werden, um Verwechslungen mit anderen Achsen zu vermeiden.

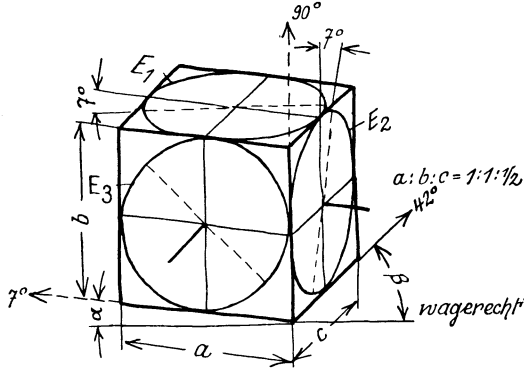


Skizze 11. Quadrate und Kreise.

Die aus Sk. 12 ersichtliche rechte Seitenfläche des Würfels ist mit der oberen Deckfläche kongruent. Daher stimmt die Ellipse E_2 mit der Ellipse E_1 in bezug auf die Größe und die relative Lage überein. Die Kreiselachse $O 2$ ist parallel zur 7^0 -Linie und steht rechtwinklig zu der (gestrichelten) großen Achse. Die Ellipse E_3 (vgl. 11 c) weicht nur wenig von der Kreisform ab (Achsenverhältnis 9:10).

In allen drei Figuren steht die Kreiselachse rechtwinklig zu der Hauptachse der Ellipse. Dies ergibt sich auch aus nachstehender Überlegung:

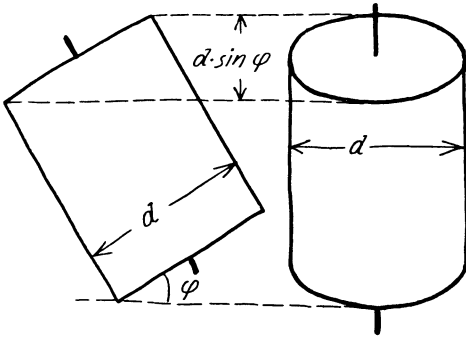
Wird der Zylinder, den Sk. 13 darstellt, um einen beliebigen Winkel φ geneigt, so erscheint im Bild dessen obere Grund-



Skizze 12. Würfel mit Kreisen. Winkel α und β entsprechen den Winkeln δ_1 und δ_2 der Skizze 5.

Regeln für das Zeichnen der Ellipsen: Ellipse E_1 : Große Achse rechtwinklig zu 90° (waagrecht). Achsenverhältnis 1 : 3. — Ellipse E_2 : Große Achse rechtwinklig zu 7° . Achsenverhältnis 1 : 3. — Ellipse E_3 : Große Achse rechtwinklig zu 42° . Achsenverhältnis 9 : 10.

fläche als Ellipse mit der großen Achse d und der kleinen Achse $d \sin \varphi$. Die Zylinderachse (Kreiselachse) steht rechtwinklig zur großen Achse der Ellipse.



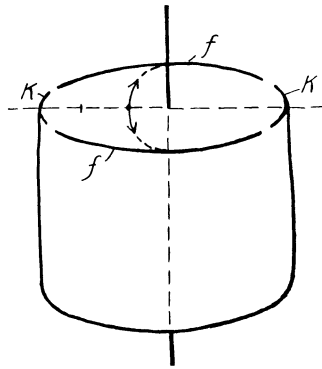
Skizze 13.

Dies gilt natürlich auch für jede andere Zylinderlage.

Regel für das Zeichnen der Kreis-Zylinder: Man ziehe stets zuerst die Kreiselachse, welche rechtwinklig auf der Kreisfläche steht und unter 7° , 42° oder 90° geneigt ist. Rechtwink-

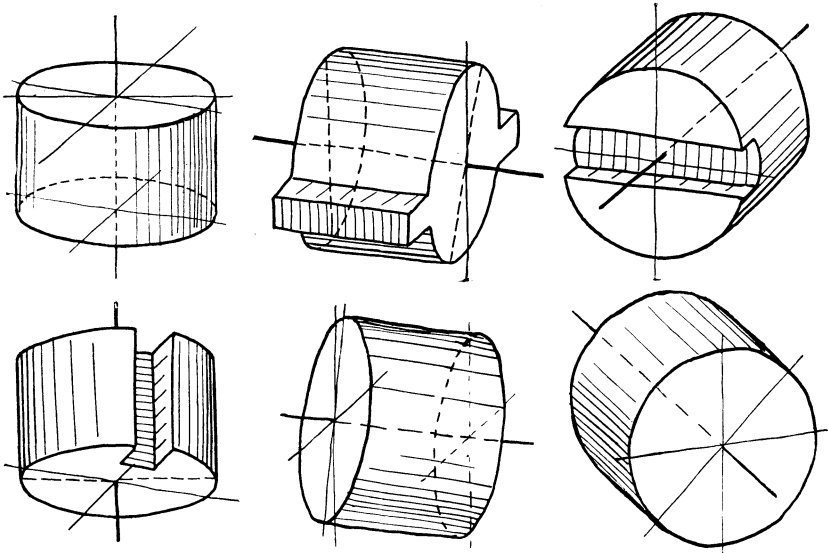
lig zur Kreiselachse liegt die große Achse der Ellipse, deren Länge man passend wählt. Je nach der Lage der Kreiselachse mache man die kleine Achse der Ellipse $\frac{1}{3}$ oder $\frac{9}{10}$ der großen

Achse, zeichne zuerst (vgl. Sk. 14) die Kuppen (kk), dann die flachen Stücke (ff) und füge, falls erforderlich, noch die beiden Kreisdurchmesser hinzu. Beim kräftigen Nachziehen der Figur wird die große Achse nicht ausgezogen, da sie im Gesamtbild stört. Für die wichtigsten Lagen der Zylinder ergeben sich die in Sk. 15 dargestellten Bilder (Drauf- und Druntersicht, Ansicht von links und rechts).



Skizze 14.

Beim Zeichnen eines Kegels geht man vom Grundkreis aus, errichtet die Höhe H , nimmt die Spitze S an und zieht von S Tangenten an die Projektion des Grundkreises (Sk. 16). Beim Kegelstumpf (Sk. 17) zeichnet man die den Kreisen K_1 und K_2 entsprechenden Ellipsen und zieht

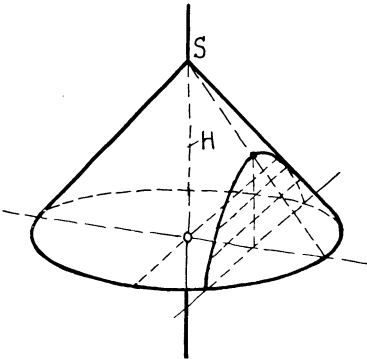


Skizze 15. Hauptlagen eines Zylinders.

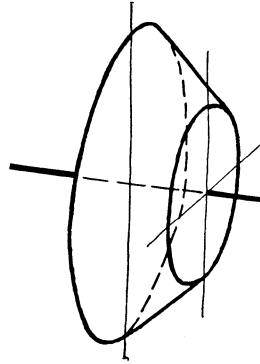
die Tangenten. Aus Sk. 16 ist auch der Schnitt eines Kegels mit einer zur Kegelachse parallelen Ebene zu erkennen.

Die Skizzen sollen im wesentlichen völlig freihändig entworfen

werden. Durch oftmaliges Zeichnen der grundlegenden Skizzen suche man das richtige Augenmaß für die Lage der Achsen und die verschiedenen Längen zu erhalten. Sind aber für einen bestimmten Zweck besonders sorgfältig ausgeführte Skizzen er-



Skizze 16. Kegel mit Hyperbelschnitt.



Skizze 17. Kegelstumpf.

wünscht, so können folgende Hilfsmittel verwendet werden:
 1. Vierecke mit den Winkeln $41\frac{1}{2}^{\circ}$, 90° , $90^{\circ} + 7^{\circ}$ und $131\frac{1}{2}^{\circ}$.
 2. Linienblätter, die mit einem Netz von Strichen in Richtung 7° und 42° versehen sind. (Man zeichne unmittelbar auf diesen Blättern oder lege durchscheinendes Papier darüber.)
 3. Schablonen oder Vorlagen für die Ellipsen.

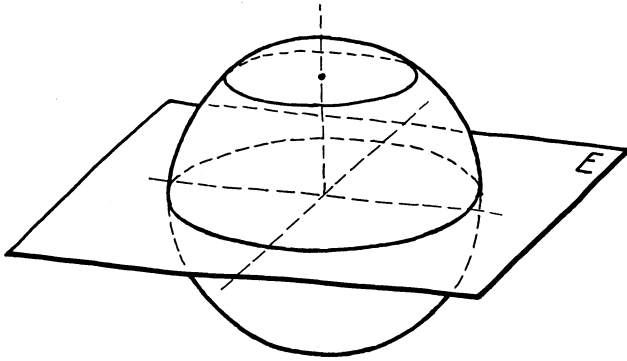
B. Kugel, Drehkörper.

Die axonometrischen Bilder entstehen bekanntlich durch rechtwinklige Parallelprojektion. Somit ist das axonometrische Bild einer Kugel ein Kreis (Sk. 18). Denkt man sich die Kugel in einem Würfel nach Sk. 12 eingeschlossen, so erkennt man, daß eine durch den Kugelmittelpunkt gehende Ebene E , die parallel zur oberen Deckfläche des Würfels liegt, die Kugel nach einem größten Kreis (Äquator) schneidet, der sich als Ellipse abbildet.

Parallel zu E liegende Ebenen schneiden die Kugel in kleineren Kreisen. Die entsprechenden Ellipsen tangieren den Umriß der Kugel und weisen das Achsenverhältnis 1:3 auf.

Das eben Gesagte gilt sinngemäß auch für schneidende Ebenen, die zu der vorderen oder der rechten Seitenfläche des Würfels parallel sind.

Beim Darstellen von Drehkörpern beachte man, daß sie (genau wie die Kugel in Sk. 18) von Ebenen rechtwinklig zur Dreh-

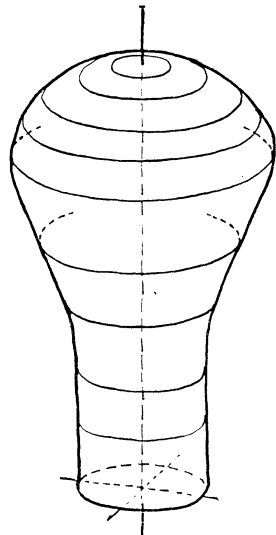


Skizze 18. Kugel in Perspektive.

achse nach Kreislinien geschnitten werden und daß diese Kreise sich als Ellipsen abbilden, deren große Achse rechtwinklig zur Drehachse steht. Die äußere Begrenzungslinie („Umriß“) des Drehkörpers berührt die erwähnten Ellipsen (Sk. 19). Zu den Drehkörpern gehören auch die Krümmer. Beim Darstellen der Krümmer wird man aber nicht von den erwähnten Kreischnitten ausgehen, sondern einen Kreis, der sich als Ellipse abbildet, um eine Drehachse $D-D$ schwenken.

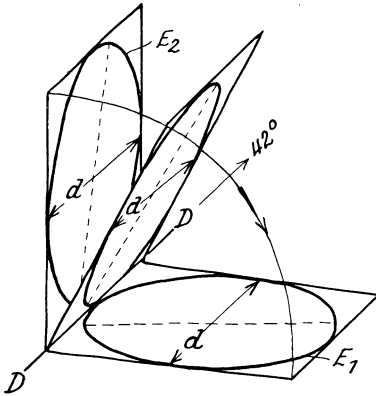
Das in Sk. 20 gezeigte Verfahren läßt erkennen, daß man auf diese Weise auch Kreise, die in beliebig geneigten Ebenen liegen, zeichnen kann.

Man denke sich die Ellipse E_2 allmählich in die Lage E_1 gebracht. In den Zwischenlagen behält sie die Länge der großen Achse und die Länge und Neigung des Durchmessers d bei. In Stellung E_2 sieht man die



Skizze 19.
Drehkörper in Perspektive.

rechte, in Stellung E_1 die linke Seite der Kreisfläche, dazwischen liegt eine Stellung, in der die Kreisfläche als gerade Linie in Richtung $D-D$ erscheint.

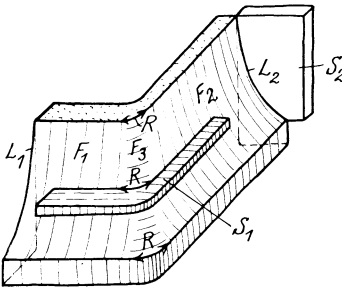


Skizze 20. Verschiedene Kreislagen.

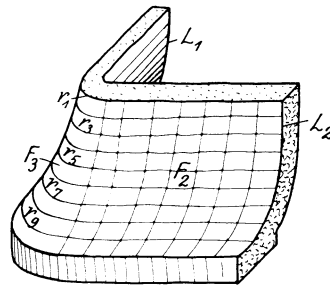
C. Führungsbestimmte Flächen, Schichtlinienflächen.

In den Abschnitten A und B sind vornehmlich jene Flächen behandelt, die sich auf den Maschinen zur Holz- und Metallbearbeitung durch Drehen, Fräsen oder Hobeln herstellen lassen.

Bei größeren Gußstücken, bei der Schablonenformerei, Lehmformerei usf. kommen außer den Drehflächen oft Flächen nach Sk. 21 a oder Sk. 21 b vor.



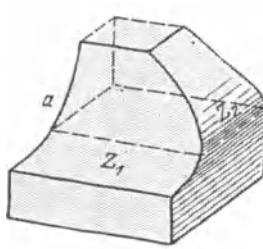
Skizze 21 a.



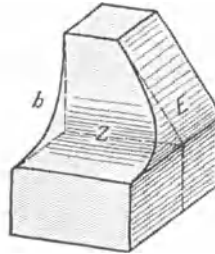
Skizze 21 b.

Die Flächen F_1 und F_2 (Sk. 21 a), die mit entsprechend geführten Schablonen geformt werden können, sind allgemeine Zylinderflächen, hingegen ist die Fläche F_3 , eine durch die Leitlinien L_1 und L_2 und die Schablone S_1 bestimmte Schiebungsfläche, die ich hier, wo von dem Zusammenhang des Konstrukteurs mit der Formerei die Rede ist, als führungsbestimmte Fläche bezeichnen möchte. Es handelt sich für den Konstrukteur nicht um die Darstellung dieser Fläche im Sinne der darstellenden Geometrie, sondern um den Aufbau eines Körpers, um eine An-

weisung an die Formerei, es handelt sich um aufbauende Geometrie.



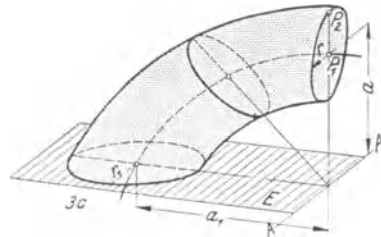
Skizze 22 a¹.



Skizze 22 b¹.

An Hand der Sk. 22a sei noch darauf hingewiesen, daß die scharfe (oder abgerundete) Kante, die bei der Durchdringung zweier Zylinder Z_1 und Z_2 entsteht, von der Wahl der Leitlinien abhängt und in manchen Fällen eine unschöne Doppelkrümmung aufweist.

Mit Rücksicht auf den ruhigen, klaren Verlauf der Kante und wegen der einfachen, billigen Herstellung empfehle ich, die Form a



Skizze 23¹.

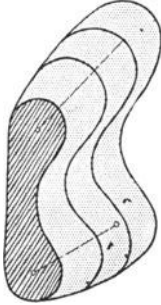
durch die Form b zu ersetzen, bei der ein Zylinder Z mit einer Ebene E zusammentrifft. (Sk. 22 b.)

Sk. 23 stellt eine führungsbestimmte Fläche dar, bei welcher die Erzeugende ein Kreis mit veränderlichem Halbmesser ist; die Kreisebene E wird um die Achse AA geschwenkt.

In Sk. 21 a war angenommen, daß die Anschlußfläche F_3 mit gleichbleibendem Halbmesser R ausgeführt wird. In Sk. 21 b nimmt aber der Halbmesser von r_1 bis r_{10} zu. Liegen die Mittelpunkte zu diesen Halbmessern in einer Senkrechten, so ist die Übergangsfläche F_3 offenbar eine Drehfläche, die mit einer drehbaren Schablone geformt werden kann. Liegen aber die Mittelpunkte nicht senkrecht übereinander, so ist die genaue Festlegung von F_3 nur durch Schichtlinien möglich, d. h. man gibt der Modelltschlerei und Formerei die Schnittkurven des

¹ Aus Volk: Gehäuse, Maschinenbau, 1927, S. 652.

verlangten Körpers mit einer Schar von parallelen Ebenen an. In manchen Fällen (Turbinenschaufeln, Peltonbecher) sind 2 oder selbst 3 Scharen von Kurven erforderlich.



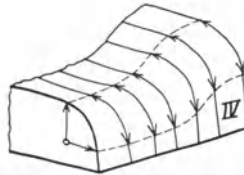
Skizze 24.
Schichtlinienfläche.

Bei schwach beanspruchten Gußstücken, bei denen die Form oder die Wandstärken nicht ganz genau eingehalten werden müssen, kann der Konstrukteur dem Former die Ausführung derartiger Flächen ziemlich selbständig überlassen, in anderen Fällen müssen aber die Abmessungen der Bauteile und der Kerne durch eine große Zahl von Schichtlinien, durch ein Rippenmodell und durch Lehren zum Nachmessen gesichert werden. Man beachte auch Sk. 24 bis 26 und Sk. 60.

Bei Sk. 25 kann der Übergang von der oberen Fläche (allgemeiner Zylinderfläche) zur ebenen Seitenfläche offenbar nicht durch Kreisbogen erfolgen, sondern z. B. durch Ellipsen oder Parabeln. In Sk. 26 wird der Über-



Skizze 25.



Skizze 26.

gang durch Kreise von unveränderlichem Halbmesser bewirkt (führungsbestimmte Fläche).

D. Durchdringungen und Übergangsformen.

I. Durchdringungen.

Regel: Ist die Durchdringung zweier Flächen A und B zu bestimmen, so lege man eine Hilfsfläche C und ermittle die Schnittfigur zwischen A und C und dann zwischen B und C . Wo diese beiden Schnittfiguren sich schneiden, sind Punkte der Durchdringungskurve.

Bei perspektiven Skizzen genügen natürlich zwei oder vier Punkte der Durchdringung. Die Hilfsfläche wird so gelegt, daß sich möglichst einfache Schnittkurven ergeben.

1. Beispiel: Ein Zylinder *B* durchdringe einen Zylinder *A* (Sk. 27).

Man zeichne zuerst den Zylinder *A* und die vordere Grundfläche von *B* samt allen Mittellinien. Eine Hilfsebene *C* durch beide Zylinderachsen ergibt als Schnittfigur mit *A* ein Rechteck und ebenso mit *B* ein Rechteck.

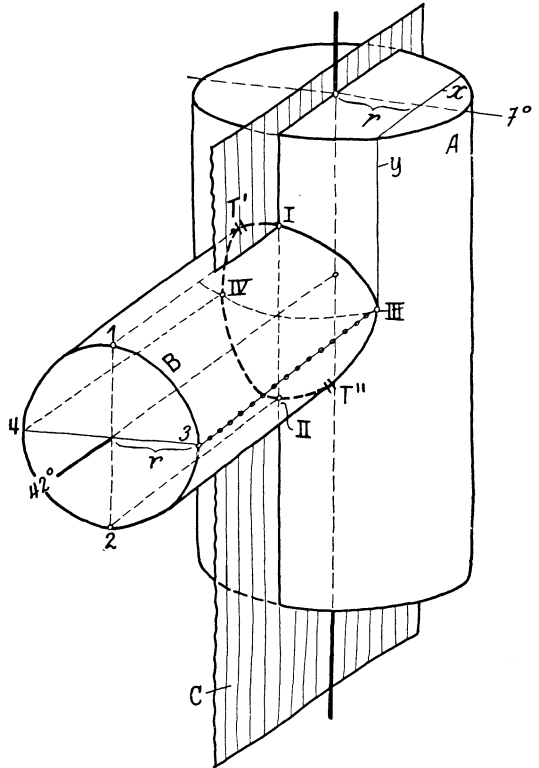
Die Punkte *I* und *II* sind also Durchdringungspunkte. Weitere Punkte bestimmt man mit Hilfe von Ebenen, die zu *C* parallel sind.

Den am weitesten rechts (oder links) liegenden Punkt erhält man offenbar durch eine Ebene, die von *C* den Abstand *r* hat und den Zylinder *B* in 3 (oder 4) berührt. Trägt man den Abstand *r* auf der Deckfläche des Zylinders *A* auf und zieht die Schnittlinien *x* und *y*, so erhält man in *III* den gesuchten Durchdringungspunkt.

Auf gleiche Weise oder durch bloßes Übertragen erhält man den Punkt *IV*.

Beim Zeichnen der Durchdringungskurve ist folgendes zu beachten:

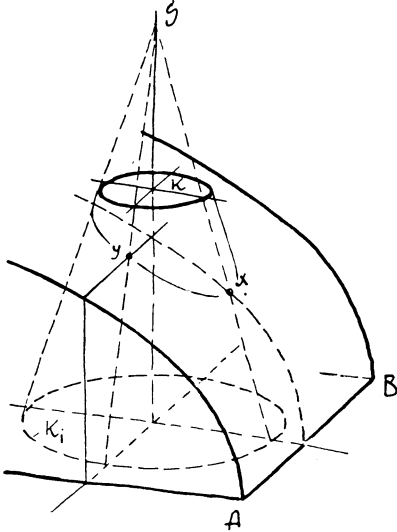
a) In den Punkten *I* und *II* hat die Kurve Tangenten parallel zu 7° .



Skizze 27. Durchdringung zweier Zylinder.

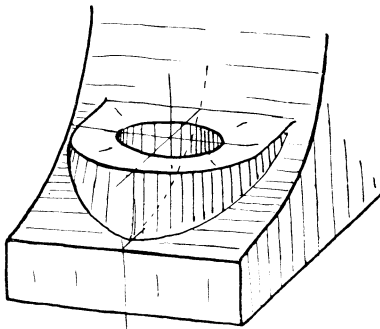
b) In den Punkten *III* und *IV* hat die Kurve Tangenten parallel zu 90° .

c) In den Punkten T_1 und T_2 berührt die Kurve die Umrißlinien von *B*.



Skizze 28.

Kegelerzeugenden bestimme man entweder aus der Spitze *S* oder aus dem unteren Kreis K_1 oder nach dem Augenmaß. Legt man nun eine Hilfsebene durch die Kegellachse und senkrecht zu *AB*, so erhält man die Punkte *x*, während eine Ebene durch die Kegellachse und parallel zu *AB* die Punkte *y* liefert. Weitere Punkte erhält man durch Ebenen, die durch die Spitze gehen und parallel zu *AB* sind. Die beiden äußeren Mantellinien des Kegels sind Tangenten an die Durchdringungskurve. — Die Lösung einer ähnlichen Aufgabe (Durchdringung von Vollzylinder mit Hohlzylinder) zeigt Sk. 29.



Skizze 29.

Das gleiche Verfahren gilt sinngemäß auch für Zylinder in anderen Lagen.

Stellt man sich die Körper im Raume richtig vor und beachtet man die gegebenen Regeln und Anleitungen, so genügt meist die Bestimmung eines einzigen Punktes (z. B. *I* oder *III*) für das Aufzeichnen der Kurve.

2. Beispiel: Ein Kegel durchdringe einen Zylinder, Sk. 28.

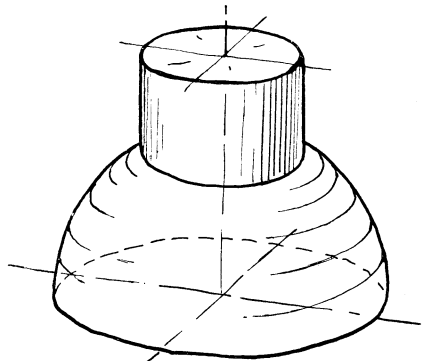
Man zeichne den Zylinder samt Mittellinien und den oberen Kreis *K* des Kegelstumpfes. Die Neigung der Kegelerzeugenden bestimme man entweder aus der Spitze *S* oder aus dem unteren Kreis K_1 oder nach dem Augenmaß. Legt man nun eine Hilfsebene durch die Kegellachse und senkrecht zu *AB*, so erhält man die Punkte *x*, während eine Ebene durch die Kegellachse und parallel zu *AB* die Punkte *y* liefert. Weitere Punkte erhält man durch Ebenen, die durch die Spitze gehen und parallel zu *AB* sind. Die beiden äußeren Mantellinien des Kegels sind Tangenten an die Durchdringungskurve. — Die Lösung einer ähnlichen Aufgabe (Durchdringung von Vollzylinder mit Hohlzylinder) zeigt Sk. 29.

Die Lösung einer ähnlichen Aufgabe (Durchdringung von Vollzylinder mit Hohlzylinder) zeigt Sk. 29.

3. Beispiel: Auf einer Halbkugel befinde sich ein zylindrischer Ansatz (Sk. 30).

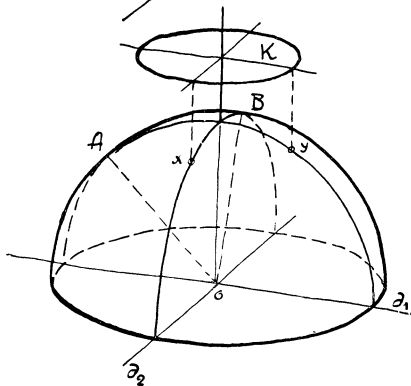
Sk. 31 zeigt das unfertige Bild. Die Halbkugel und der obere Kreis K des Ansatzes sind gezeichnet. Eine Hilfsebene durch die Zylinderachse und den Durchmesser d_1 ergab als Schnittfigur mit der Kugel eine Ellipse, deren halbe große Achse OA ist. Eine lotrechte Ebene durch d_2 schneidet die Kugel nach einer Ellipse mit OB als halbe große Achse ($OA \perp d_2$, $OB \perp d_1$, vgl. Sk. 11). Von den Punkten x oder y bestimmt schon ein einziger die Lage der Schnittlinie, die ja in Form und Größe der Ellipse K entspricht.

Skizze 30.



II. Übergangsformen.

Auch bei den Übergangsformen handelt es sich um Durchdringungen oder um Schnitte zwischen Ebenen und Drehkörpern. Aber auch hier ist für den Konstrukteur nicht die Durchdringungsline das Wesentliche, sondern die Herstellung der Form mit geeigneten Werkzeugen.

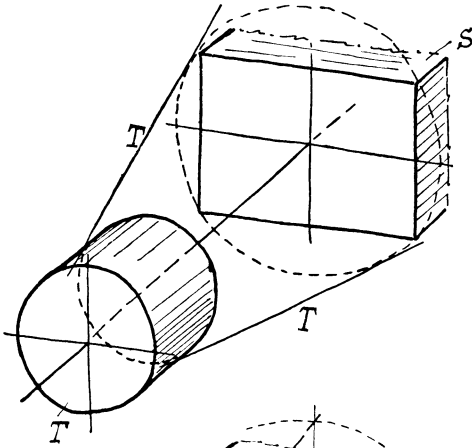


Skizze 31.

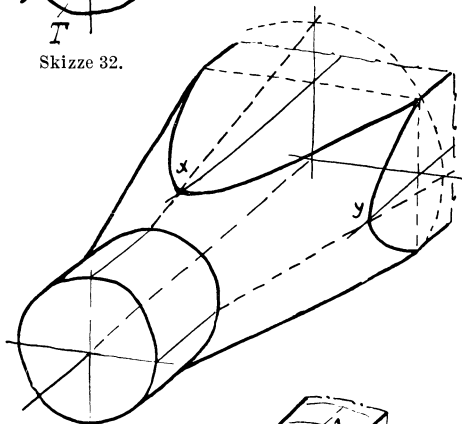
Der Übergang vom runden Querschnitt zum Rechteck, Sechseck oder seitlich abgeflachten Kreis wird durch einen Kegel, eine Kugel oder einen beliebigen Drehkörper vermittelt.

1. Beispiel: An eine runde Stange T soll ein vierkantiger Schaft S angeschlossen werden. Den Übergang vermittele ein Kegel.

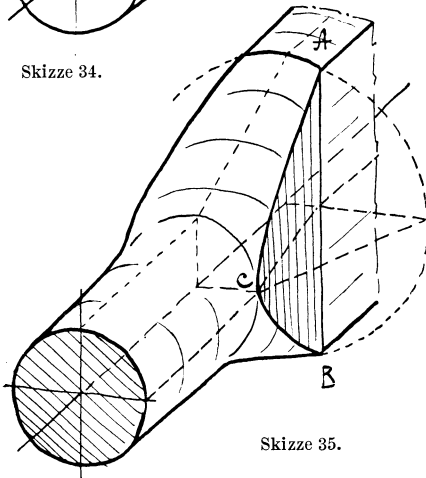
Man denke sich um den rechteckigen Schaftquerschnitt einen Kreis beschrieben (Sk. 32) und lege die Kegelerzeugenden T der-



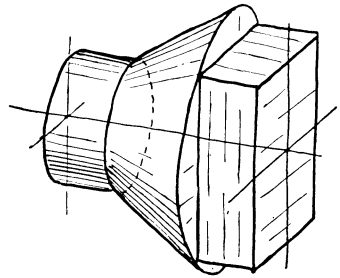
Skizze 32.



Skizze 34.

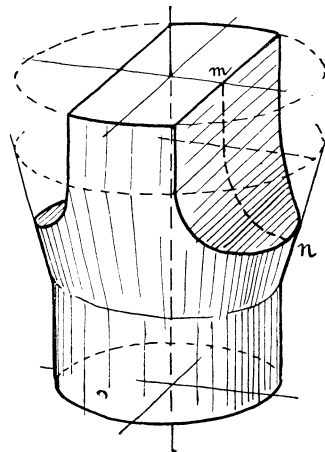


Skizze 35.



Skizze 33.

art, daß sie diesen Kreis und den Kreis am Stangenende berühren. Dadurch erhält man einen Körper nach Sk. 33. Die vorspringenden Teile des Kegels müssen nun weggeschnitten werden. Dies kann durch Ebenen erfolgen, die gleichsam eine Verlängerung der Seitenflächen des Schaftes bilden (Sk. 34), oder auch durch



Skizze 36.

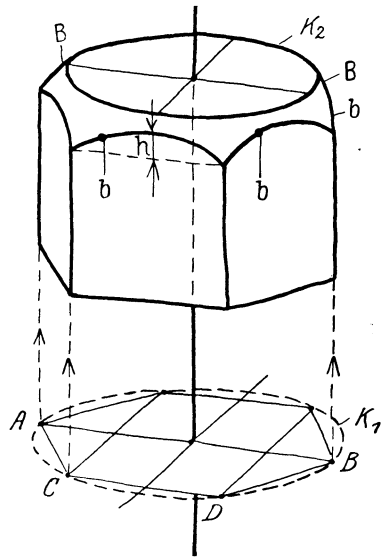
hierzu geneigte Ebenen (Sk. 35) oder endlich durch Zylinderflächen (Sk. 36).

Um den Punkt y (Sk. 34) zu finden, legt man durch die Drehachse eine wagrechte Ebene, zeichnet die Schnittgeraden mit dem Kegel und dem Schaft ein und sucht deren Schnittpunkt y auf. x erhält man durch eine lotrechte Hilfsebene, weitere Zwischenpunkte durch Ebenen rechtwinklig zur Drehachse. Die Schnittkurven sind Hyperbeln.

In Sk. 35 ist angenommen, daß das Rechteck schmaler ist als der Durchmesser der Stange. (Übergang von runder Öffnung zu rechteckiger Öffnung bei

Hahngehäusen, Eckventilen; rechteckiger Hebel mit rundem Griff usw.)

Die schneidende Ebene werde durch ABC gelegt. Zwischenpunkte ergeben sich unter Benutzung einer Hilfsebene senkrecht zur Drehachse. Die Schnittlinie mit dem Kegel ist ein Kreis, mit der Ebene ABC eine lotrechte Gerade.



Skizze 37.

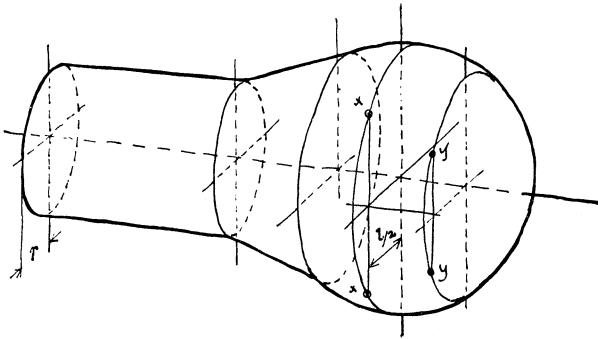
Ein Bild nach Sk. 36 erhält man z. B., wenn die Seitenflächen mit einem Walzenfräser bearbeitet werden. Die Leitlinie mn der Zylinderfläche nehme man beliebig an und suche Zwischenpunkte mit Hilfsebenen auf, die rechtwinklig zur Drehachse liegen.

2. Beispiel: Es sei eine sechskantige Mutter zu zeichnen. Die Abrundung erfolge nach einer Kugel (Sk. 37).

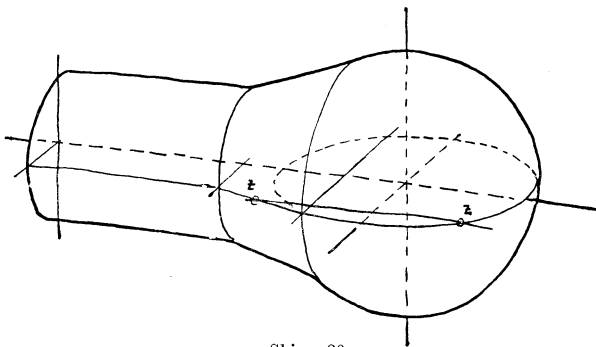
Man zeichne ein sechsseitiges Prisma und eine Kugel, lege Ebenen durch die Seitenflächen des Prismas und bringe sie mit der Kugel zum Schnitt.

Diese Lösung ist für die Freihandskizzen zu umständlich. Aus der Anschauung heraus ergibt sich folgende Konstruktion: Man zeichne einen Kreis K_1 und lege in diesen ein Sechseck ($\overline{AB} = 2\overline{CD}$).

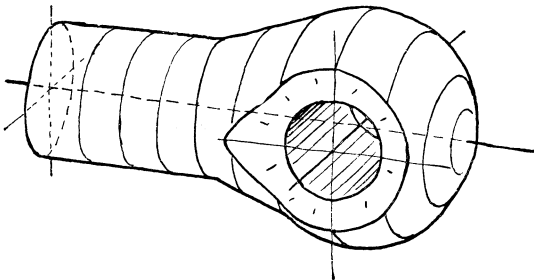
Die Seitenflächen der Mutter sind nach oben hin durch Kreisbogen b (Ellipsen) von der Pfeilhöhe h (geschätzt) begrenzt. Etwas höher liegt der Kreis K_2 .



Skizze 38. Stangenauge (vgl. Skizze 19).



Skizze 39.



Skizze 40.

Tangierend an K_2 und b ziehe man die zur Kugelumgrenzung gehörigen Kreisbogen B .

3. Beispiel: Es sei ein Stangenauge zu zeichnen. Das eigentliche Auge sei kugelig und gehe kegelförmig in die Stange über. Sk. 38 zeigt dann die rohe Form.

Zeichnet man senkrecht zur Drehachse den größten Kugelkreis ein, zieht dann die Mittellinie der Bohrung und macht $\frac{l}{2} > r$, so sind xx bereits zwei Punkte der Schnittlinie zwischen dem Drehkörper und einer lotrechten Ebene, die um $\frac{l}{2}$ von der Achse absteht. Weitere Punkte yy erhält man in gleicher Weise. (In vorliegendem Falle befinden sich die Punkte xx , yy auf einem Kreis.) Die beiden äußersten Punkte zz ergeben sich mit Hilfe einer waagrechten Ebene, welche den Umdrehungskörper nach einen Meridian schneidet (Sk. 39).

Verbindet man die gefundenen Punkte und zeichnet die Bohrung ein, so ergibt sich Sk. 40.

(Man zeichne das gleiche Auge mit lotrechter oder waagrecht nach rückwärts laufender Drehachse.)

E. Zusammensetzen von Bauformen.

In den vorhergehenden Abschnitten wurden die Bauformen entwickelt und in Abschnitt D war bereits von der Durchdringung zwischen zwei Bauformen und von ihrem Aneinanderreihen die Rede.

Bevor ich im Abschnitt G zu dem freien Gestalten, zum Schaffen eines neuen Baukörpers aus der Bauaufgabe heraus übergehe, möge, gleichsam als Vorbereitung und Zwischenstufe, das Zusammensetzen von gegebenen Bauformen geübt werden.

Regel: „Man gehe beim Zeichnen ähnlich vor, wie ein Tischler beim Zusammensetzen des betreffenden Körpers vorgehen würde, d. h. man beginne mit dem wichtigsten Teil und füge dann Stück für Stück die anderen Teile an.“

Anfänger mögen zur Übung diese verschiedenen Teile auch tatsächlich einzeln zeichnen, wie Sk. 41 zeigt.

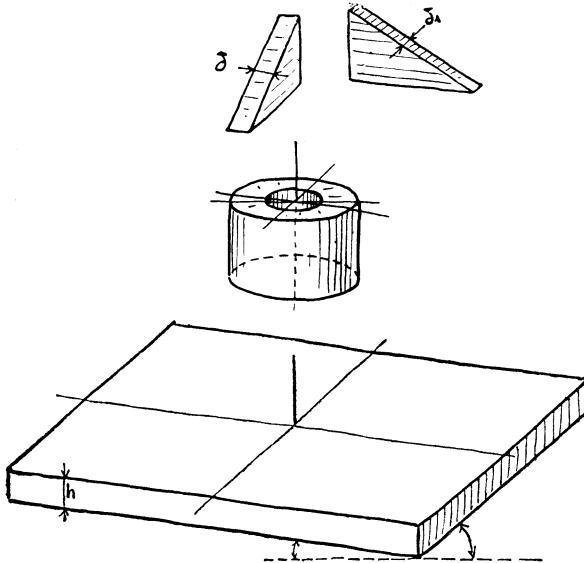
Auf Abrundungen nehme man vorerst keine Rücksicht, sondern zeichne alle Übergänge scharf.

1. Beispiel: Es sei eine Ankerplatte zu skizzieren.

Sie besteht aus der quadratischen Grundplatte, die man nach den durch Sk. 6a gegebenen Regeln entwirft, aus dem zylind-

drischen Aufsatz, der nach Sk. 14 oder 15 zu zeichnen ist, und aus 4 Rippen (Sk. 41).

Die Wandstärken, der Durchmesser der Bohrung usw., werden nur nach dem Gefühl angenommen; dabei ist zu beachten, daß die Dicke δ der Rippe jedenfalls geringer ist als h , daß bei gleicher Dicke der Rippen für δ_1 die Hälfte von δ einzutragen ist, daß die Bohrung vielleicht $= 2h$ ist, usw.



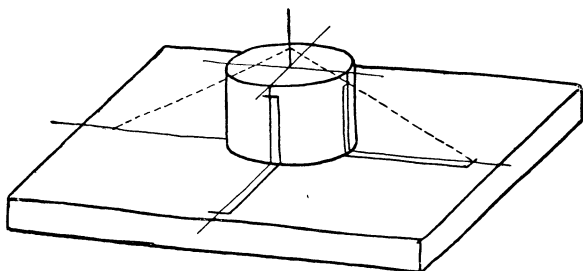
Skizze 41. Einzelteile zur Ankerplatte.

Beim Zusammensetzen der genannten Teile zeichne man erst (mit dünnen Strichen) die Grundplatte samt den Mittellinien und stelle den Zylinder darauf, trage dann auch am Zylinder die Mittellinien für die Rippen ein und ziehe links und rechts davon deren Anlauflinien vor. Sk. 42 zeigt die Skizze in diesem halbfertigen Zustand. Die vorn und rechts liegende Rippe kann nun ohne weiteres gezeichnet werden, die Schräge der linken Rippe ergibt sich entweder auch aus ihren (zum Teil unsichtbaren) Anlauflinien oder nach dem aus Sk. 42 ersichtlichen Verfahren.

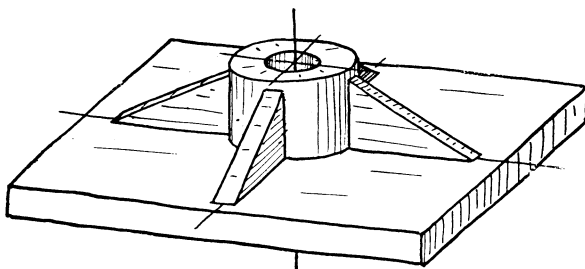
Überfährt man nun die ganze Figur leicht mit dem Radiergummi und hebt die sichtbaren Teile durch kräftige Linien mehr hervor, so erhält man ein klares und deutliches Bild, das durch

einige sparsam angebrachte Schattenstriche noch anschaulicher wird (Sk. 43).

Für diese Schattenstriche ist nur der Endzweck, „ein anschauliches Bild“ maßgebend, die wirkliche Beleuchtung des Gegenstandes wird nicht berücksichtigt. Verschieden geneigte Flächen unterscheide man nicht so sehr durch die Stärke des



Skizze 42.



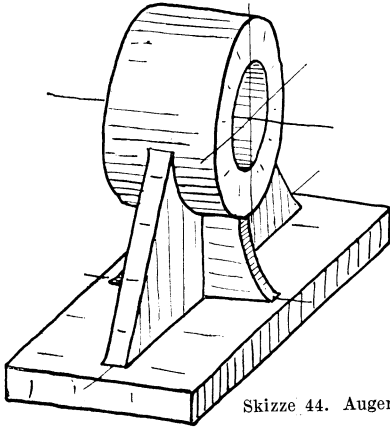
Skizze 43.

Schattens, als durch die Lage der Striche. Man hüte sich beim Anbringen der Schattenstriche vor jedem Zuviel!

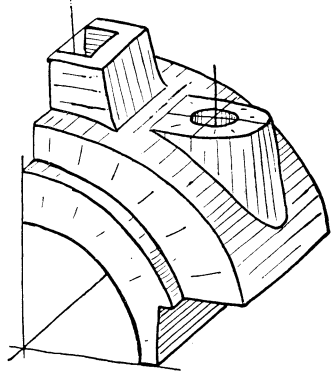
An der fertigen Figur übe man strenge Selbstkritik, die sich nicht nur auf das fertige Bild, sondern auch auf den Weg erstrecken soll, der beim Skizzieren eingeschlagen wurde, verbessere fehlerhafte Stellen oder zeichne die Skizze von neuem, falls sie allzu unrichtige Verhältnisse zeigt oder die gewählte Lage nicht günstig war. Oft wird man manche Teile absichtlich verlängern oder verkürzen, um Wesentliches auffällig zur Geltung zu bringen.

2. Beispiel: Es sei ein Augenlager zu zeichnen, bestehend aus dem Lagerkörper, der Grundplatte und den Tragrippen.

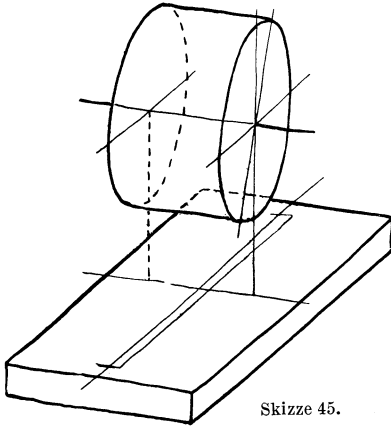
Mitte Lager liege über Mitte Grundplatte.



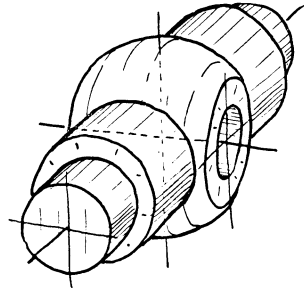
Skizze 44. Augenlager.



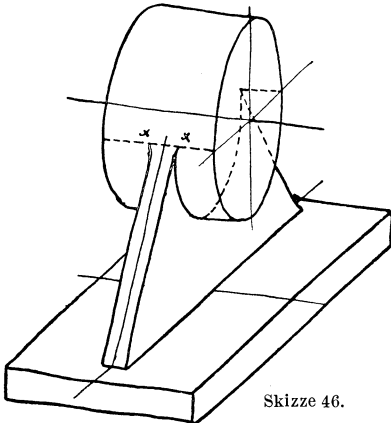
Skizze 47.



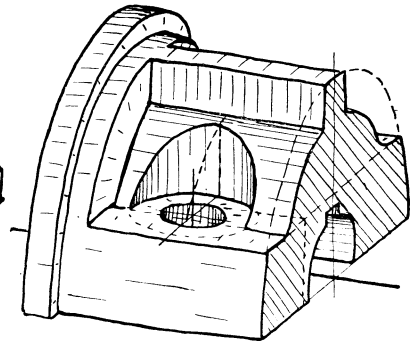
Skizze 45.



Skizze 48.



Skizze 46.

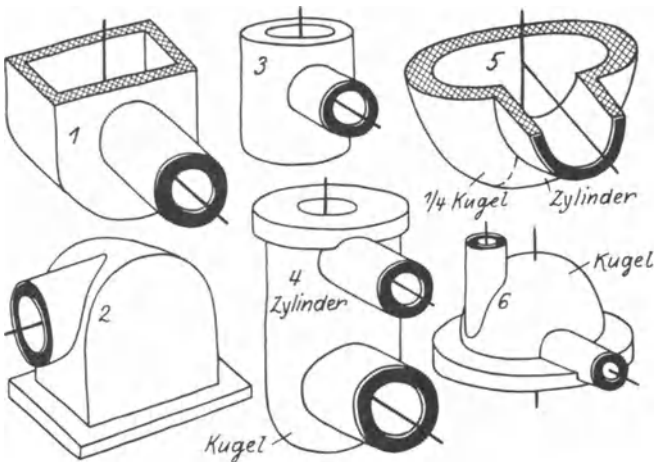


Skizze 49.

Zuerst wird die Lagerbüchse gezeichnet, darunter die Platte mit allen Mittellinien und den Anlauflinien der Längsrippe.

Grundform	Grundform zusammengesetzt mit:		
	A	B	C
	$A+A$	$A+B$	$A+C$
	$B+A$	$B+B$	$B+C$
	$C+A$	$C+B$	$C+C$

Skizze 50. Grundformen und zusammengesetzte Bauformen.

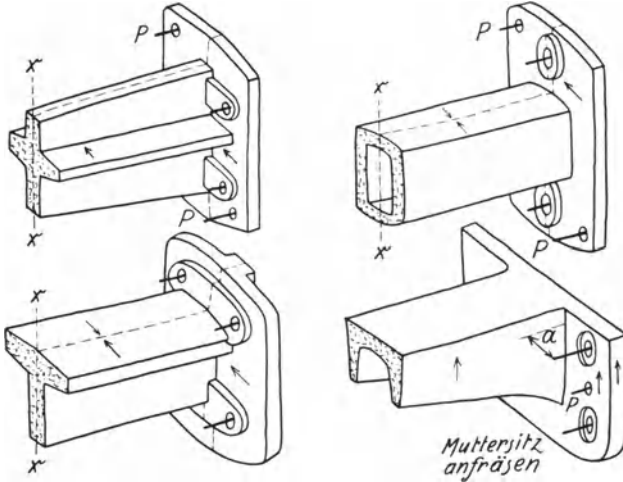


Skizze 51. Hohlformen (gegossen oder geschweißt).

Nimmt man an, daß die Rippe das Auge bis zur Hälfte umfaßt, so liegen die oberen Anlaufpunkte in xx . Man zeichne nun die Längs-

rippe ein und füge dann die Querrippe hinzu (Sk. 44). Die Sk. 45 und 46 zeigen die Figur im Beginn und halbfertig. —

Weitere Beispiele zeigen Sk. 47 (Zylindrischer Deckel mit Ölaufsatz und kegeligem Anguß für die Schrauben, vgl. Sk. 28), Sk. 48 (Führungsstück mit kugeligem Mittelteil und zylindrischen



Skizze 52. Formenreihe für ein Konsol. (Modellteilfuge, Gußnaht, Ausheberichtung?)
P = Paßstifte.

Zapfen), Sk. 49 (Kupplungshälfte, bestehend aus Zylinder, Längsrippe, zylindrischer Aussparung für die Schraubenköpfe).

Einen Überblick über die Formen, die sich aus den drei Grundformen: Prisma, Zylinder (Kegel) und Drehkörper ableiten lassen, zeigt Sk. 50.

Zusammengesetzte Bauformen (Formenreihen) sind auch aus den Skizzen 51 und 52 ersichtlich.

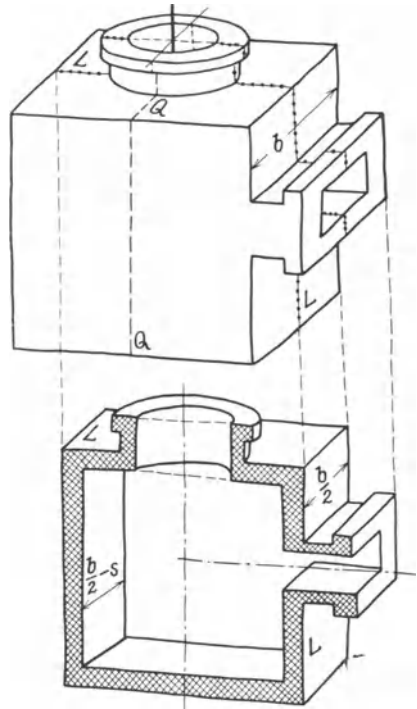
F. Schnittfiguren.

Bei der Lösung konstruktiver Aufgaben wird man oft die Bauteile nicht in Ansicht, sondern im Schnitt darstellen. Es sei daher hier ein kurzer Abschnitt über Schnittfiguren eingeschaltet.

Dabei können ein Viertel, die Hälfte oder drei Viertel des betreffenden Bauteiles weggeschnitten und dann das übrigbleibende

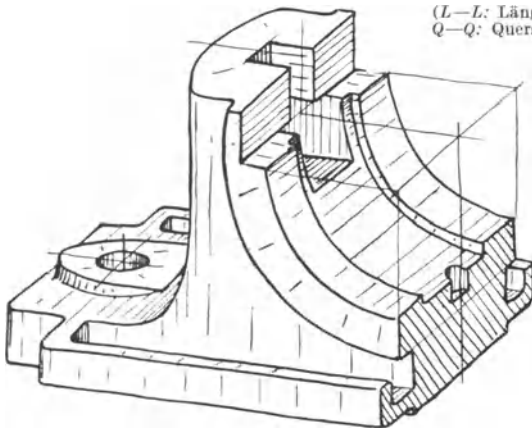
Stück betrachtet werden. Der Zusammenhang zwischen einer Ansichtsfigur und den zugehörigen Schnitten ergibt sich aus Sk. 53.

Beim Zeichnen geht man am besten von der durchschnittenen Fläche aus. So wäre in Sk. 53b mit dem Schnitt zu beginnen. Auch in Sk. 54 wurde zuerst der Schnitt gezeichnet, dann die Bohrung, dann der Lagerkörper, die Grundplatte usw. In Sk. 55 ist ein Viertel von einem Durchgangs-Ventil dargestellt. Zuerst wurde die vertikale Mittellinie gezogen, dann die Bohrung und der Flanschkreis des Deckels angenommen und entsprechend tiefer der Kreis für die Sitzöffnung. Nun kommt der Querschnitt an die Reihe, dann der Längsschnitt. Die äußere Umgrenzung des Ge-



Skizze 53 a/b. Ansicht und Schnitte.

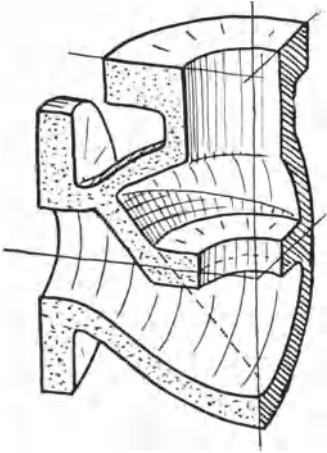
(L—L: Längsschnitt;
Q—Q: Querschnitt.)



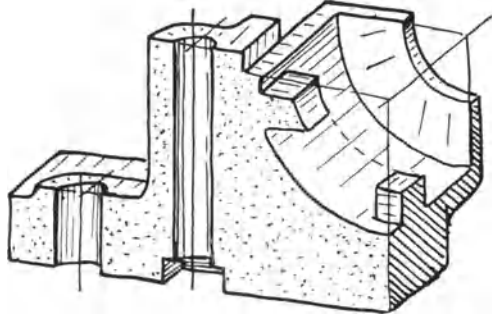
Skizze 54.

häuses und die Durchdringungen sind nur nach dem Gefühl gezeichnet. Dabei ist vorausgesetzt, daß sich der Sitz unter Vermittlung von Kegelflächen an die Gehäusewand anschließt.

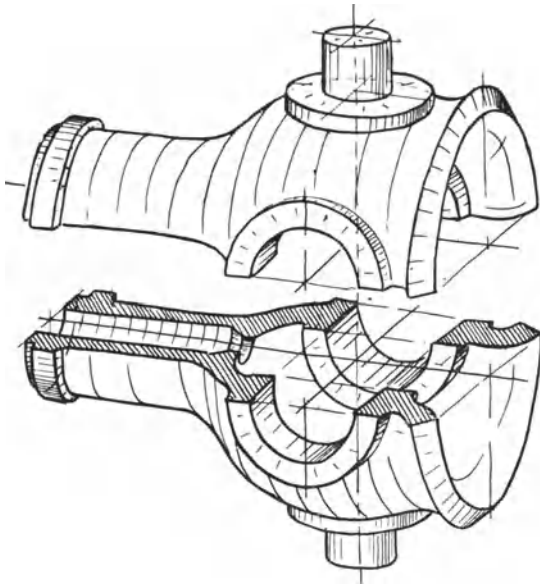
Sk. 56 zeigt den Lagerkörper für ein Ringschmierlager im Längs- und Querschnitt und in Sk. 57 wurde ein



Skizze 55.

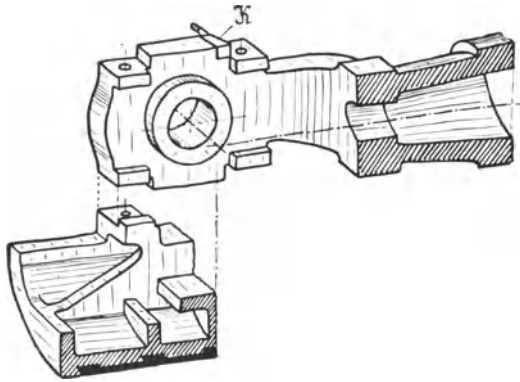


Skizze 56. Ringschmierlager.



Skizze 57. Kreuzkopf.

Kreuzkopf in der Mitte durchgeschnitten und beide Hälften etwas voneinander entfernt.



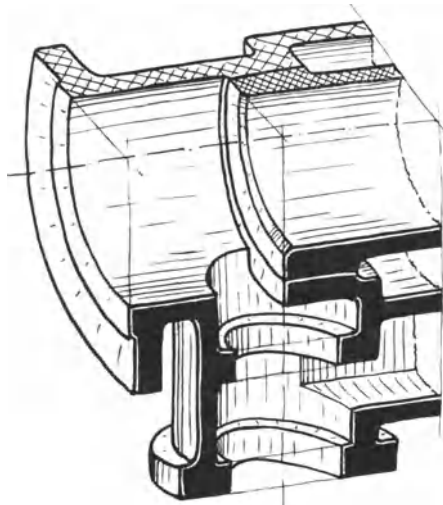
Skizze 58. Kreuzkopf.

Aus Sk. 58 ist eine andere Kreuzkopfform zu ersehen, die für schwere Walzenzugmaschinen üblich ist.

In Sk. 59 ist ein Ventilzylinder in seinen Hauptformen wiedergegeben. Rippen, Kernöffnungen, Bohrungen für die Indikatoren, für Schmierung, Entwässerung usw. sind weggelassen.

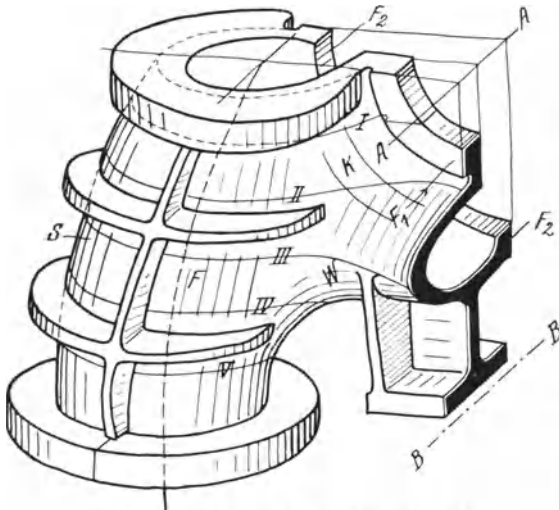
Sk. 60 stellt einen Abdampfstutzen für eine Dampfturbine dar. Die Form ist durch die Flanschen und die Schichtlinien *I* bis *V* bestimmt. Eine ähnliche Form, aber mit führungsbestimmten Flächen, ist aus Sk. 61 zu ersehen. Vgl. Abschn. C.

Skizzen im Schnitt wird man auch anwenden, wenn es sich um Bauteile handelt, zu deren



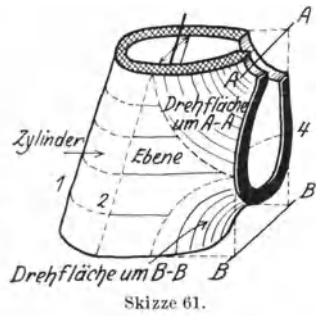
Skizze 59. Ventilzylinder.

Darstellung in einer Gesamtansicht. Man zerlege dann den betreffenden Maschinenteil in mehrere einfache Schnittfiguren.

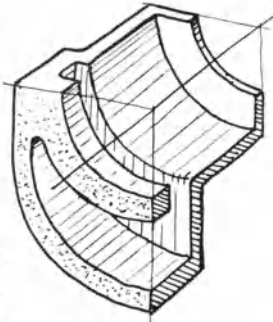


Skizze 60. Abdampfstutzen für Dampfturbine.

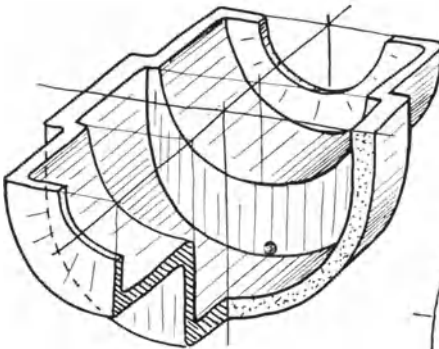
Wäre z. B. für einen Drehstrommotor der Gehäusedeckel mit eingebautem Ringschmierlager zu skizzieren, so zeichne



Skizze 63.

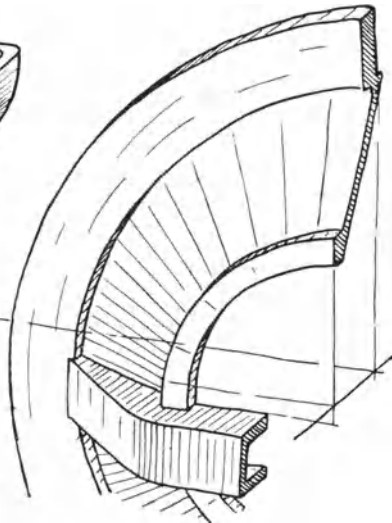


Skizze 63.



Skizze 62.

man vorerst den Öltrog mit den Tropfenfängern (Sk. 62). Zum Tragen der unteren Lagerschalen können seitliche

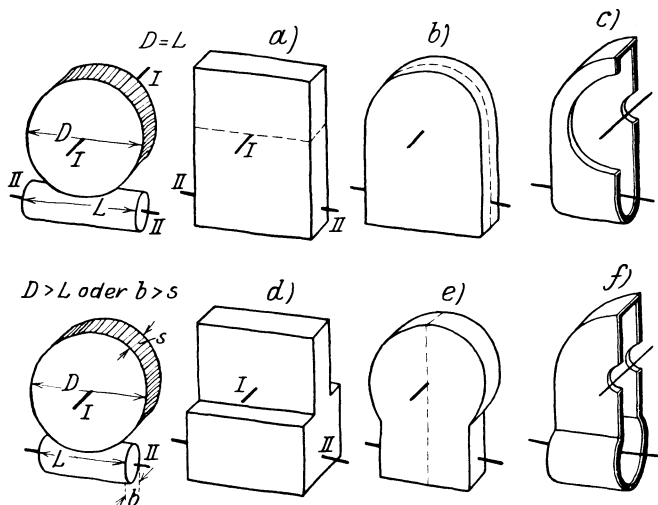


Skizze 64.

Leisten und Stützen dienen, wie Sk. 56 sie zeigt, oder eine Art Brücke nach Sk. 63. Für schwere Lager wird diese Brücke durch Rippen versteift. Der Anschluß des Lagerkörpers an die Wand des Gehäusedeckels kann dann seitlich und unten durch kräftige Tragrippen erfolgen, vielleicht nach Sk. 64. Die Querschnittsflächen hebe man kräftig hervor, am besten durch Kreuzschraffen oder durch Schwärzen oder Färben der Fläche (Sk. 53b und Sk. 60). Längs- und Querschnitte sollen verschieden gekennzeichnet werden, vgl. Sk. 55, 59 und 61.

G. Lösung konstruktiver Aufgaben¹.

1. Beispiel: Es sei ein Gehäuse für ein Schneckengetriebe zu entwerfen.



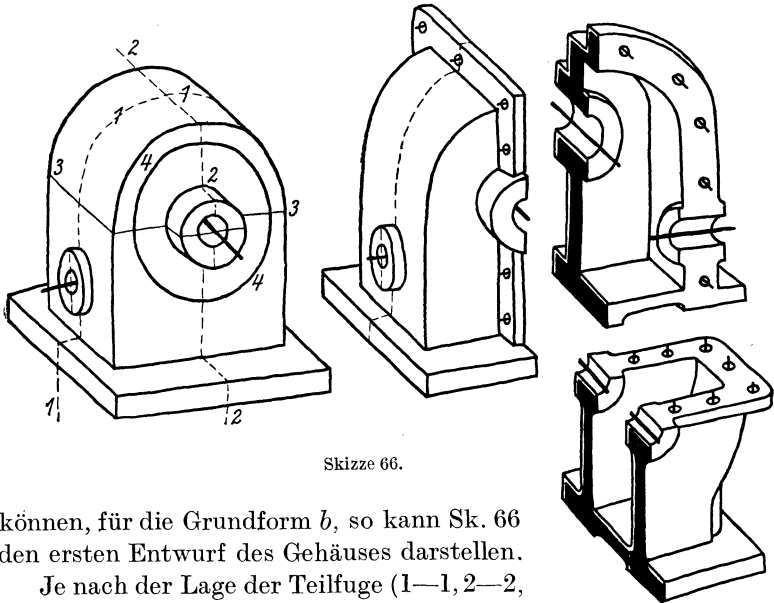
Skizze 65. Gehäuse für Schneckengetriebe (Formenreihe).

Sk. 65 zeigt schematisch Schnecke und Schraubenrad. Form *a* hat waagrechte, Form *b* senkrechte Teilfuge, Form *c* ist ein einteiliges Gehäuse mit großer Öffnung zum Einbringen des Rades.

¹ Hier können nur die unmittelbar mit der Form zusammenhängenden Fragen erörtert werden. Mittelbar sind von der Form auch die Festigkeitseigenschaften abhängig, die Wirtschaftlichkeit der Herstellung, die Lebensdauer, die Betriebssicherheit usf.

Die Form e kommt in Betracht, falls D wesentlich größer ist als L , die Formen d und f sind zu wählen, wenn b (bzw. die für den Einbau der Kugellager erforderliche Breite) wesentlich größer ist als s .

Entscheidet man sich aus verschiedenen Gründen, die mit der Lagerung, der Montage, der Ölführung usf. zusammenhängen



Skizze 66.

können, für die Grundform b , so kann Sk. 66 den ersten Entwurf des Gehäuses darstellen.

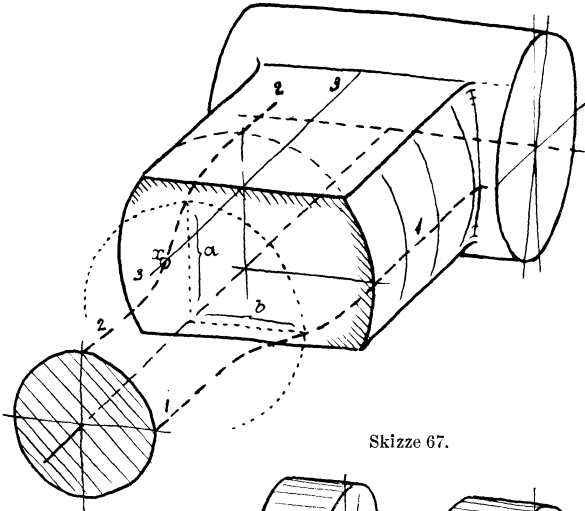
Je nach der Lage der Teilfuge (1—1, 2—2, 3—3) sind die drei aus der Skizze 66 ersichtlichen Lösungen möglich. Durch den Kreis 4—4 ist eine Konstruktion mit seitlichem Deckel angedeutet.

2. Beispiel: Es soll ein Gabelauge entworfen werden.

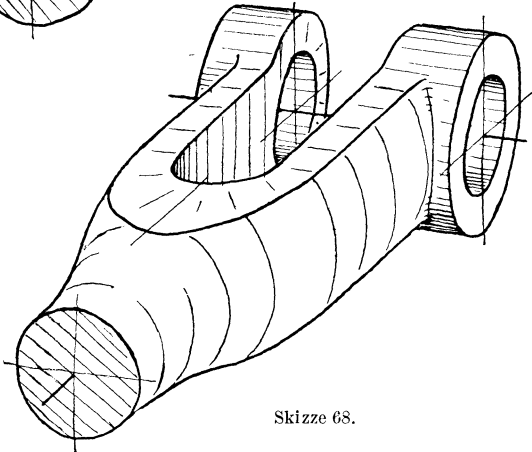
Man beginne mit der roh vorgearbeiteten Form vor dem Herausstoßen des Mittelteiles¹ und füge an das Auge noch ein Stück des Schaftes (Sk. 67). Zwischen dem Schaftquerschnitt und dem runden Stangenquerschnitt ist nun ein Übergang nach einem Umdrehungskörper einzuschalten. Zu diesem Zwecke kann man ähnlich vorgehen, wie bei Sk. 32, also um den Schaftquer-

¹ Statt den Mittelteil herauszustößen oder mit dem Schneidbrenner auszuschneiden, kann man auch die nach Sk. 67 vorgeschmiedete Form mit der Säge einschneiden (in Richtung 33) und die beiden Hälften auseinanderreiben.

schnitt einen Kreis legen, berührend an beide Kreise die Begrenzungslinien des Drehkörpers ziehen und dann dessen Schnittkurven mit den Seitenflächen des Schaftes aufsuchen. In Sk. 67 ist ein anderer Weg eingeschlagen. Dabei ist 11 die willkürlich



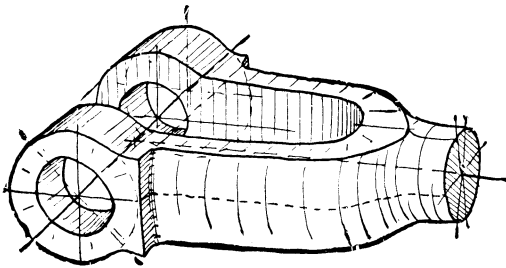
Skizze 67.



Skizze 68.

angenommene Schnittlinie des Drehkörpers mit einer waagrechten Ebene. Um die Schnittlinie 22 mit einer lotrechten Ebene zu erhalten, wird an mehreren Stellen der Abstand a gleich b gemacht. Punkt a liegt im Schnitt von 22 und 33. Nun zeichne man die Schnittkurve nach dem Gefühl und symmetrisch zu 33 ein usw.

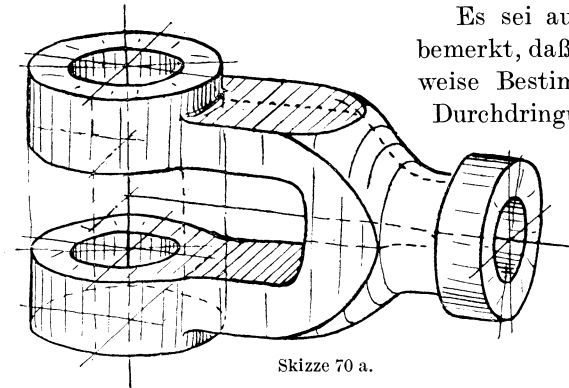
Aus Sk. 68 ist zu ersehen, daß sich diese Gabel nicht ganz auf den Werkzeugmaschinen herstellen läßt, sondern der Anschluß



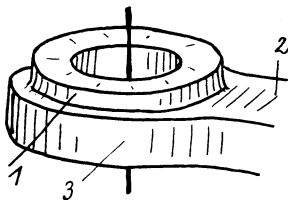
Skizze 69.

der Gabelarme an die Augen von Hand bearbeitet werden muß. Zum Vergleich zeigen Skizzen 69 u. 70 Gabeln ohne Handarbeit. Bei der Ausführung nach Sk. 70 b können die Flächen 1 u. 2 gedreht, Fläche 3 gefräst oder gestoßen werden. Die Form nach Sk. 70a eignet sich mehr für gegossene oder gepreßte Gabeln, die bei 3 unbearbeitet bleiben.

Es sei ausdrücklich bemerkt, daß die punktweise Bestimmung von Durchdringungslinien



Skizze 70 a.



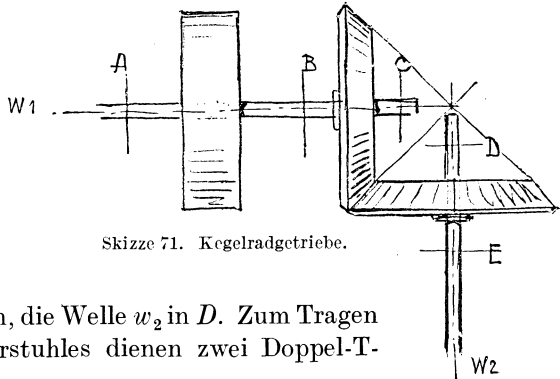
Skizze 70 b.

nur den Zweck hat, das Vorstellungsvermögen zu schärfen und das Auge an häufig vorkommende Formen zu gewöhnen. Hat man darin einige Übung erlangt, so lassen sich die meisten Skizzen ohne Hilfskonstruktion ausführen, wie aus den Sk. 69 u. 70 ersichtlich ist, die mit allen zu ihrem Entwurf erforderlichen Linien wiedergegeben sind.

Für den Konstrukteur ist eine derartige, im wesentlichen richtige, rasch und mühelos angefertigte Skizze natürlich wertvoller als ein peinlich genaues, viel Zeit erforderndes Bild.

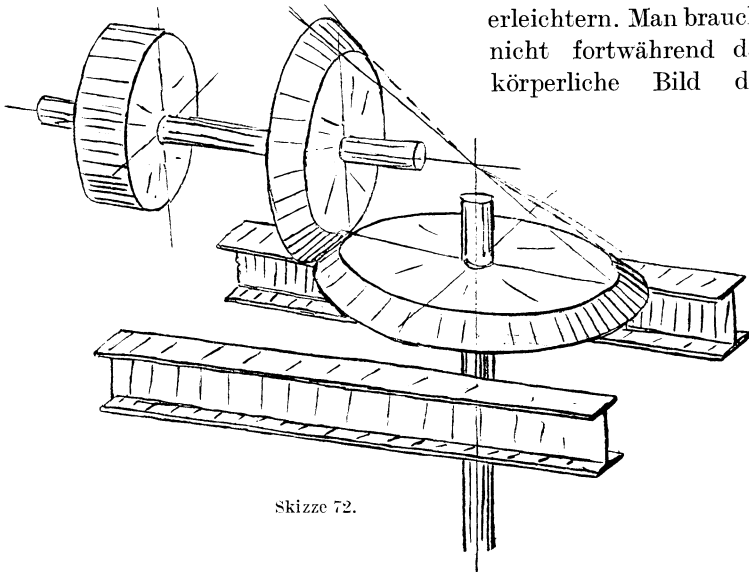
Für den Konstrukteur ist eine derartige, im wesentlichen richtige, rasch und mühelos angefertigte Skizze natürlich wertvoller als ein peinlich genaues, viel Zeit erforderndes Bild.

3. Beispiel: Für das in Sk. 71 angegebene Kegelradgetriebe soll ein Lagerstuhl entworfen werden. Die Welle w_1 sei in A und C



zu stützen, die Welle w_2 in D . Zum Tragen des Lagerstuhles dienen zwei Doppel-T-Eisen.

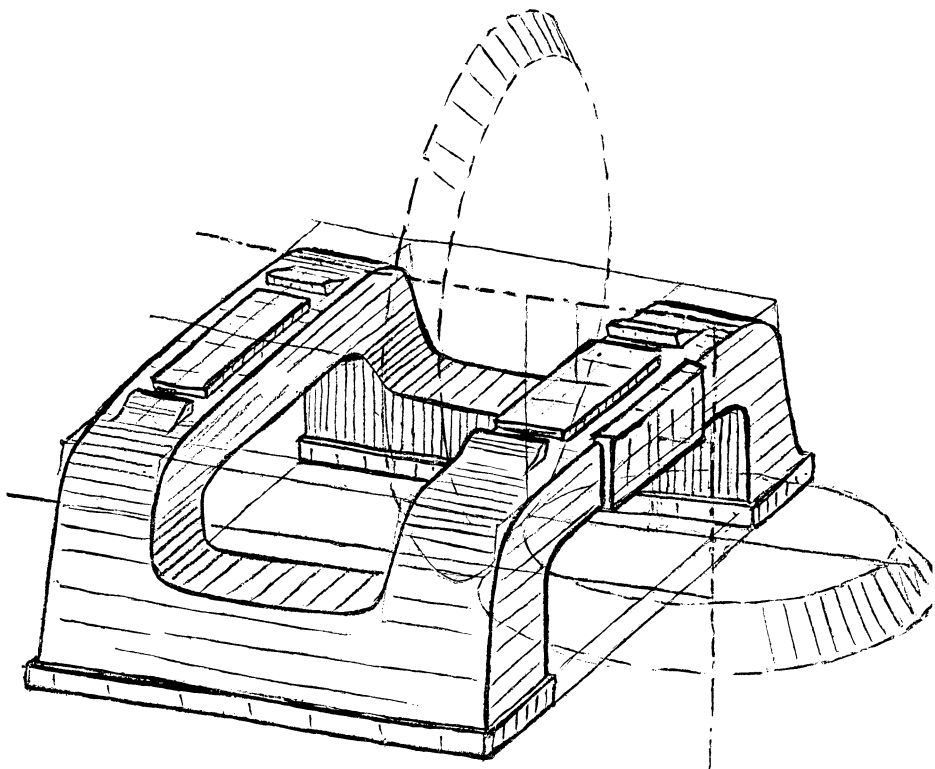
Überträgt man die Sk. 71 in Perspektive, so ergibt sich Sk. 72. Schon diese Skizze wird das Konstruieren des Lagerstuhles, soweit es ein Gestalten im Raume ist, wesentlich erleichtern. Man braucht nicht fortwährend das körperliche Bild des



ganzen Getriebes in der Vorstellung festzuhalten, das Gedächtnis ist gleichsam entlastet.

Auch der erste Entwurf kann mit Vorteil noch in Perspektive durchgeführt werden.

Sowohl unter *A* als unter *C* wird man brückenartige Lagerböcke stellen und an dem vorderen Bock die Paßflächen für Lager *D* anbringen. Verbindet man beide Böcke durch Querstücke,



Skizze 73. Lagerbock zum Kegelrädergetriebe (erster Entwurf). Einformen? Kernöffnungen?
Abänderungen: Welle w_1 bei *C*, w_2 bei *E* stützen oder w_1 bei *B*, w_2 bei *E*.

fügt man die Arbeitsleisten, Schraubenansätze usw. hinzu, so erhält man Sk. 73.

Nicht allein der Anfänger, sondern auch der geübte Konstrukteur wird sich durch diese kleine Vorarbeit das eigentliche Entwerfen wesentlich erleichtern. Zudem ist der Zeitaufwand ganz gering: Sk. 72 und 73 lassen sich in 5—6 Minuten in durchaus brauchbarer Form herstellen.

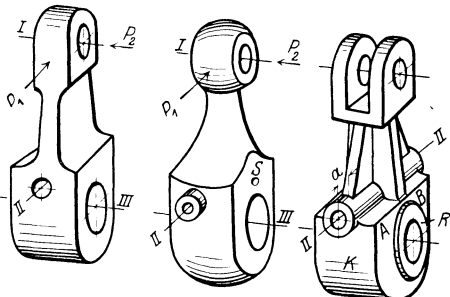
Perspektiv-Skizzen ermöglichen ferner rascher als der Entwurf in Aufriß und Grundriß den Vergleich verschiedener Lösungen derselben Aufgabe, namentlich in bezug auf die Modellkosten, das Einformen, die Anordnung der Kerne und Kernöffnungen, die Bearbeitung, das Aufspannen usf.

4. Beispiel¹: Es ist ein Hebel zu entwerfen. Zwei Bohrungen sind parallel, die dritte Bohrung steht rechtwinklig dazu.

Ausgangspunkt für die nachfolgenden Betrachtungen ist ein Gegenhalter für eine Fräsmaschine. Doch soll ganz allgemein die Formung eines Werkstückes besprochen werden, das drei Bohrungen nach Sk. 74—77 aufweist.

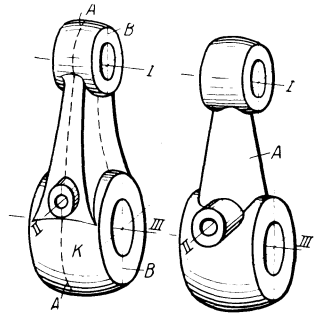
Dabei kann ein derartiges Werkstück ein Gußstück, Preßstück oder Schmiedestück sein. Bei der dritten Ausführungsart sei allseitige Bearbeitung vorausgesetzt. Dies zwingt, alle Flächen so anzuordnen, daß die Bearbeitung auf Werkzeugmaschinen genau und billig möglich ist. Hier ist also die Tätigkeit des Konstrukteurs

scheinbar am meisten eingengt und darum soll diese Form zuerst behandelt werden. Ich sage, die Tätigkeit ist scheinbar eingengt, weil die Anpassung an die Herstellungsmöglichkeiten von einem guten Konstrukteur gar nicht als Hemmung empfunden werden soll. Ist die Vorschrift „allseitig maschinell bearbeitet“ für ein Werkstück angegeben und vom Konstrukteur als richtig erkannt, so sollen eigentlich nur solche Formen vor seinem Auge Gestalt annehmen, die dieser Vorschrift genügen.



Skizze 74 a, b.

Skizze 75.



Skizze 76, 77. Hebel mit 3 Bohrungen.

¹ Vgl. Volk, C.: „Konstruktives Denken“, Werkstatttechnik 1927, S. 555.

Sk. 74 zeigt zwei Formen für allseitige Bearbeitung. Ausführung *a* eignet sich vorwiegend für Fräsarbeit, Bohrung *I* und *II* aus dem vollen gebohrt, *III* gleichfalls aus dem vollen gebohrt oder ausgedreht, $P_1 > P_2$.¹

Das Werkstück nach Ausführung *b* läßt sich fast ganz auf der Drehbank bearbeiten. Bei Sk. 74b sind die Widerstandsmomente gegenüber den Kräften P_1 und P_2 einander gleich.

Es wurde ferner angenommen, daß die aus Sk. 76 ersichtlichen, vorspringenden Augen bei Bohrung *II* auch bei Sk. 74b unbedingt erforderlich sind. Sie lassen sich durch eine Buchse verwirklichen, die vom Stift *S* gehalten wird. Zwischen beiden Formen sind gewisse Übergänge möglich (namentlich bei Ausschneiden mit dem Schneidbrenner), die hier nicht erörtert werden sollen.

Die gleichen Formen könnten bei Gußstücken verwendet werden, bei denen die Oberfläche teilweise unbearbeitet bleiben kann. Auf das Ausheben des Modelles aus dem Sand ist Rücksicht zu nehmen. Durch Hinzufügen von Rippen läßt sich das Widerstandsmoment gegenüber der Kraft P_2 erhöhen (Sk. 75). Der Kreuzrippe wird in vielen Fällen die I-Rippe vorzuziehen sein, doch sind Rippen nur zulässig, falls sie sich gut in den Gesamtcharakter der Maschine einordnen. Die Bearbeitung bei *III* könnte auf die Bohrung und den Rand *R* beschränkt werden, der, wenn er schmal gehalten wird, auf beiden Seiten in einer Aufspannung abgedreht werden kann. Die Fläche *AB* bleibt dann unbearbeitet (Sk. 75).

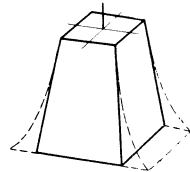
Erfolgt das Ausbohren in einer Vorrichtung, so können die Vorsprünge bei „*a*“ zum Spannen benützt werden.

Für Gußstücke wird man aber meist die Formen Sk. 76 oder Sk. 77 wählen. Die Gußnaht kann nach *AA* oder *BB* kommen. Lage *AA* ist für das Gußputzen bequemer; auch bleiben die zu bearbeitenden Flächen bei *I* und *III* frei von Gußnähten. Für das Einformen, namentlich falls Bohrung *III* einen Kern erhält, mag die Lage *BB* vorteilhafter sein. Bei Sk. 76 ist der Arm so gestaltet, daß das Auge für Bohrung *II* ganz auf der Seitenfläche des Armes sitzt und nicht in den Hauptkörper *K* einschneidet. Dies gibt eine schöne klare Form und einfache

¹ Ist P_1 sehr groß und soll die Maschine sehr starr sein, so muß man die zylindrische Befestigung (Klemmsitz) bei *III* durch eine prismatische Befestigung ersetzen.

Modellarbeit. Bei Sk. 77, die ungefähr einer bei Gegenhalten häufigen Ausführung entspricht, ist dies nicht der Fall. Die Form wirkt leicht unruhig, die Arbeit für den Modelltischler ist erschwert, namentlich wenn der Arm *A* elliptischen Querschnitt erhält.

Die beste und einfachste Form des Armes besteht aus vier geneigten, ebenen Wänden oder aus zwei ebenen und zwei zylindrischen Wänden, Sk. 78. Bei gegossenen Teilen erhalten zwei gegenüberliegende Wände Anzug zum Ausheben aus der Gußform.



Skizze 78.

H. Schlußbemerkungen und Anhang.

Durch das bisher Gesagte dürfte die Frage: „Wie sind perspektive Skizzen zu entwerfen?“ so ziemlich erledigt sein. Auch wann sie zu zeichnen sind, ist klar: vor dem eigentlichen Konstruieren oder während desselben. Perspektivische Bilder, die nachträglich, also nach Beendigung der Werkstattzeichnung angefertigt werden, sind für die Gestaltung als solche wertlos, mögen aber in manchen Fällen von Nutzen sein.

Meist wird man die Perspektiv-Skizzen gleich am Zeichenblatt entwerfen, am Rand oder in einer freien Ecke. Sobald sie ihre Aufgabe erfüllt haben, verschwinden sie wieder, denn es ist nur in wenigen Fabriken üblich, sie auf der Werkstattzeichnung zu belassen.

Und doch würden manche Gründe dafür sprechen! Denn die Überzeugung vieler Fachgenossen, daß die perspektive Skizze das besten Mittel ist, den Anfänger an Raumvorstellung und Formengefühl zu gewöhnen, würde nur dann in fruchtbare Tat umgesetzt, wenn es ganz allgemein — und in erster Linie an den technischen Schulen — Brauch wäre, den Werkzeichnungen solche Skizzen beizufügen. Die leitenden Ingenieure würden vielleicht daraus schneller als aus der eigentlichen Konstruktionsersehen können, ob ihre jungen Hilfskräfte die gestellte Aufgabe klar erfaßt haben, und manchem Mißverständnis zwischen Bureau und Werkstatt könnte durch eine derartige Skizze vorgebeugt werden. Denn eine perspektive Skizze gibt nicht allein Aufschluß über die räum-

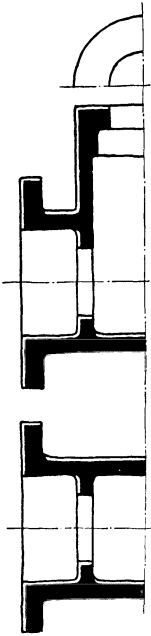
lichen Verhältnisse. Man erkennt aus ihr auch, wie schon erwähnt wurde, ob die Herstellung des Modells oder die Bearbeitung des Werkstückes leicht und einfach, also genau und billig sein dürfte oder nicht; man findet schnell, welche Abänderungen günstig wären, wo sich gefährliche Übergänge oder Guß-Anhäufungen befinden usw.

Solche Skizzen bewahren ferner vor bedenklichen „Flüchtigkeitsfehlern“, wie die Sk. 79, 80 und 81 sie zeigen¹.

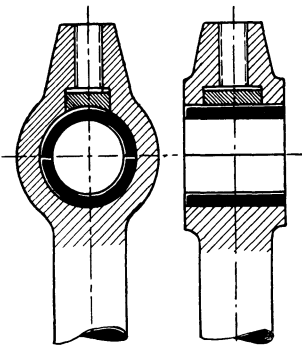
Von einem „Zeitverlust“, der aus der Anfertigung perspektiver Skizzen entsteht, kann also keine Rede sein, wohl aber von einem „Zeitgewinn“.

Zum Schluß sei noch auf die mannigfache Verwendung hingewiesen, die perspektive Skizzen im technischen Unterricht, in technischen Zeitschriften und bei Vorträgen finden können.

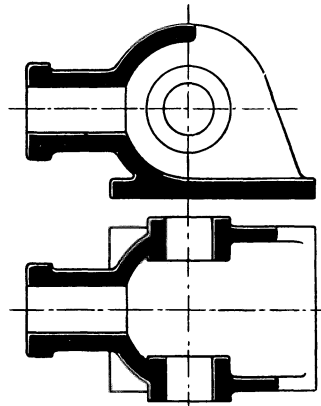
Neben den Übungen, die den Hauptinhalt dieses Buches ausmachen, sind auch Übungen zu empfehlen, bei denen ein Maschinenteil, dessen Normalprojektionen gegeben sind, in Perspektive darzustellen ist.



Skizze 79.
Gehäuse.
(Was ist falsch?)



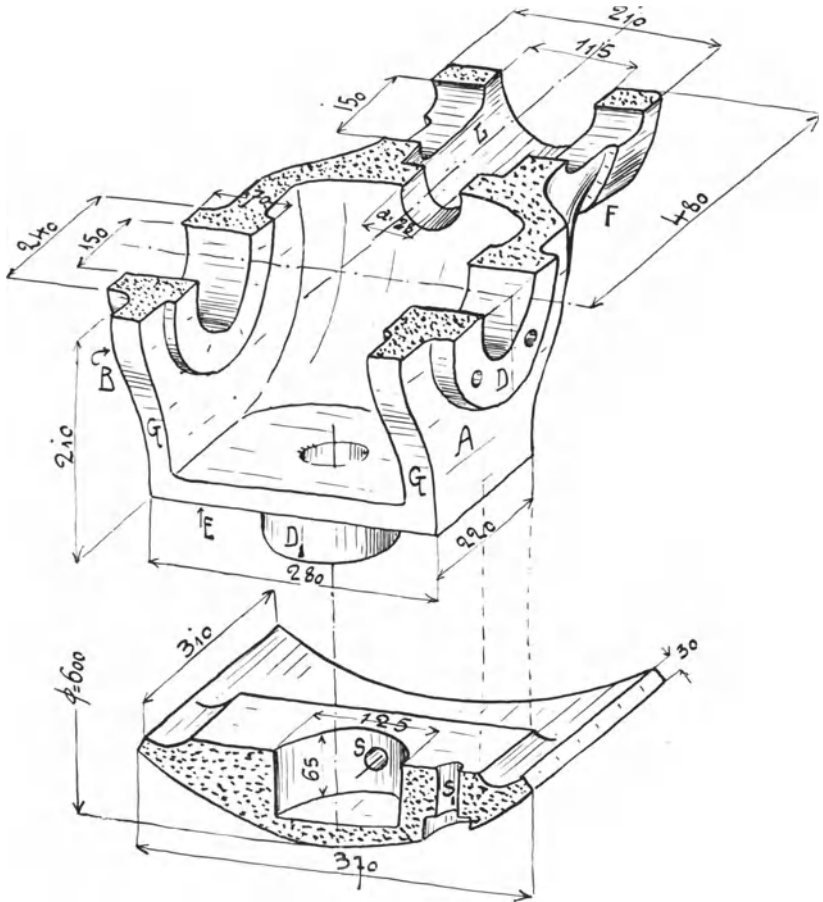
Skizze 80. Allseitig bearbeitetes
Stangenauge. (Was ist falsch?)



Skizze 81. Kreuzkopf. (Wie geht die kuglige
Hauptform in die ebenen Seitenwände über?)

¹ Diese Fehler treten besonders klar zutage, wenn man die betreffenden Maschinenteile in Perspektive aufzeichnet.

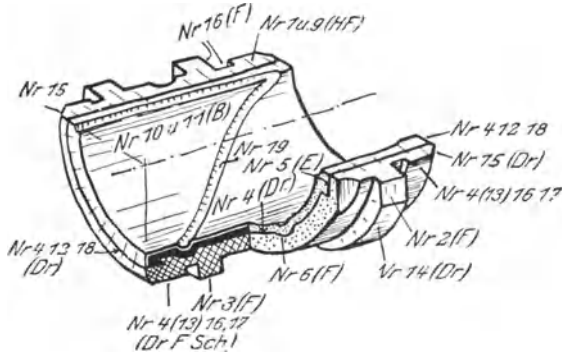
Ferner kann verlangt werden, einen durch eine perspektive Skizze (z. B. Sk. 82) bestimmten Gegenstand in seinen Normal-Projektionen zu zeichnen.



Skizze 82. Kreuzkopf im Schnitt, mit Maßen.

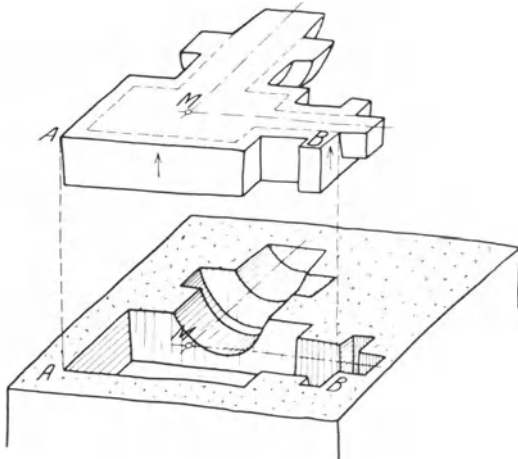
In Verbindung mit dem technologischen Unterricht werden Skizzen über die Bearbeitung von Einzelteilen (Sk. 83), ferner Skizzen von Kernen, Kernkasten, Preßformen usw. von Wert sein.

So ergibt sich aus Bildern nach Sk. 84 der für den jungen Konstrukteur mit kurzer Gießereipraxis oft schwierige Zusammenhang



Skizze 83. Lagerschale mit Bearbeitungsangaben. (Dr = Drehen, F = Fräsen, Sch = Schleifen, B = Bohren.)

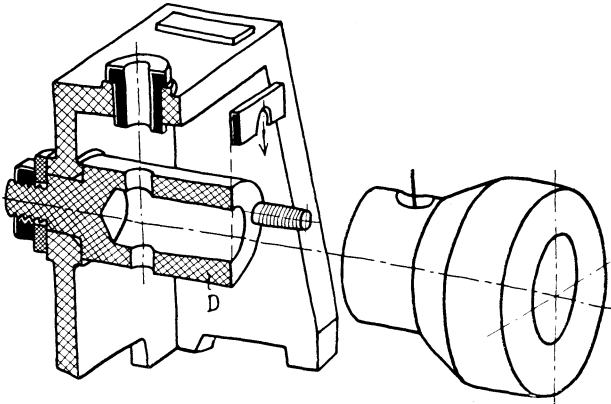
zwischen dem Gußkörper und der Gußform. Auch beim Entwerfen von Vorrichtungen leisten Skizzen in Perspektive gute



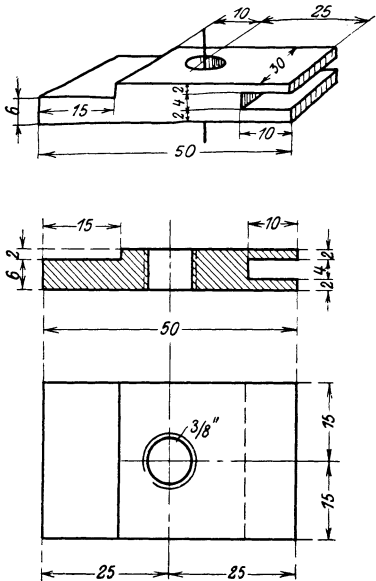
Skizze 84. Modell und Gußform.

Dienste, Sk. 85. Wenn es gilt, angelehrten Hilfskräften rasch das Lesen von Zeichnungen beizubringen oder mit ihnen Arbeitsvorgänge zu besprechen, lassen sich perspektive Bilder oft mit Vorteil verwenden. (Vgl. Sk. 86 und 87.)

Endlich werden Perspektiv-Skizzen von Getrieben, Steuerungen, Gesamtanordnungen usw. (siehe die Sk. 88—90) am Platze

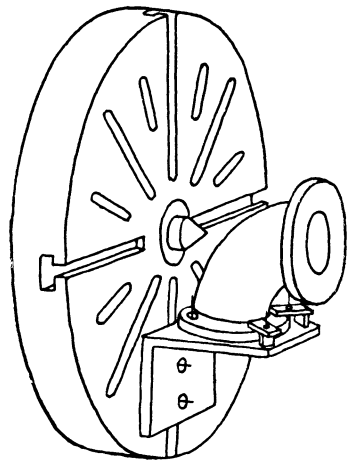


Skizze 85. Bohrvorrichtung und Werkstück.



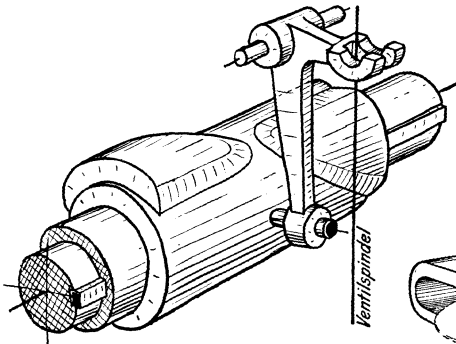
Skizze 86. (Aus dem Handbuch für die Anlernwerkstätte der Fa. R. Bosch, Stuttgart.)

Skizze 87. Aufspannen eines Rohrkrümmers. (Aus „Lathe Work“, Scranton.)

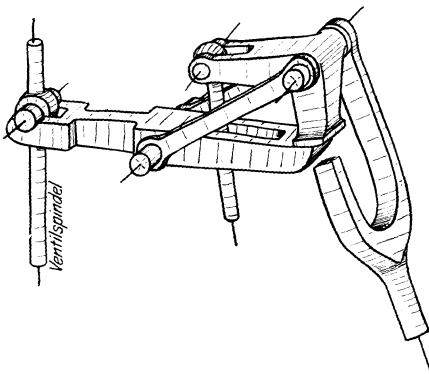


sein, wenn der Beschauer aus Mangel an Vorstellungsvermögen nicht in der Lage ist, den Zusammenhang der einzelnen Teile

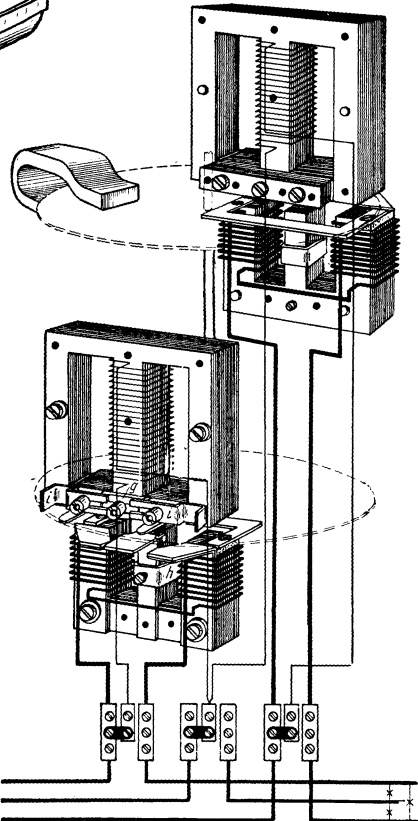
aus mehreren Projektionen herauszulesen, oder wenn man es ihm ermöglichen will, das Wesentliche rasch und mit einem Blick zu erfassen.



Skizze 88¹. Nockensteuerung.



Skizze 89¹. Sulzersteuerung.



Skizze 90². Induktionszähler für Wechselstrom.

¹ Vom Verfasser gezeichnet für das Werk von C. Matschoß: Die Entwicklung der Dampfmaschine.

² Aus „Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt“, ETZ. 1928, H. 6, S. 215, Abb. 1.

Anhang.

1. Aus Sk. 5, Seite 3, folgt:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_1 &= \frac{l \cdot \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2}{l \cdot \cos \varphi_1} \\ &= \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_2 &= \frac{l \cdot \cos \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2}{l \cdot \sin \varphi_1} \\ &= \operatorname{ctg} \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{somit: } \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_2 = \sin^2 \varphi_2$$

Noch einfacher erhält man die Beziehungen zwischen den Seiten und Winkeln aus Sk. 91.

Dabei ist das Achsenkreuz OX , OY , OZ auf die geneigte Bildebene B projiziert. Es ist

$$\begin{aligned} NP &= ON \cdot \sin \varphi_1 \\ OP &= ON \cdot \cos \varphi_1 \\ O_1P &= ON \cdot \cos \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 \\ \operatorname{tg} \delta_2 &= \frac{\cos \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2}{\sin \varphi_1} \end{aligned}$$

Auf gleiche Weise erhält man:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_1 &= \frac{\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2}{\cos \varphi_1} \\ \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_2 &= \sin^2 \varphi_2 \\ c = O_1C_1 &= OC \cdot \cos \varphi_2 \end{aligned}$$

Für $OC = 1$ wird

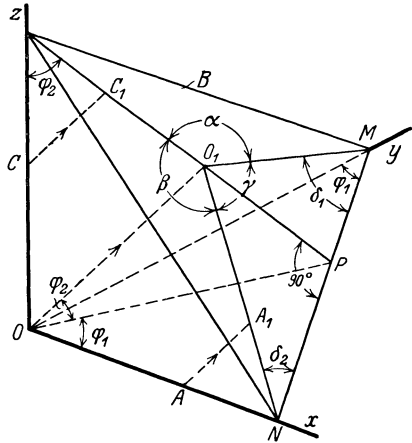
$$\begin{aligned} c &= \cos \varphi_2 \\ &= \sqrt{1 - \sin^2 \varphi_2} \\ &= \sqrt{1 - \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_2} \end{aligned}$$

Ersetzt man die Winkel δ_1 und δ_2 durch α , β und γ , so findet man die drei Gleichungen

$$a = \sqrt{1 - \operatorname{ctg} \beta \cdot \operatorname{ctg} \gamma} \quad (1)$$

$$b = \sqrt{1 - \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \gamma} \quad (2)$$

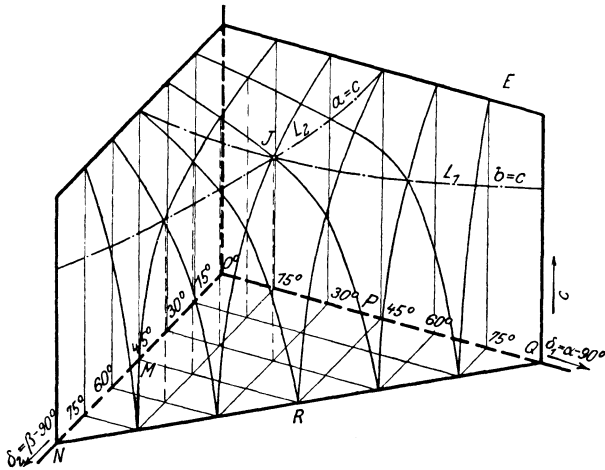
$$c = \sqrt{1 - \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta} \quad (3)$$



Skizze 91¹.

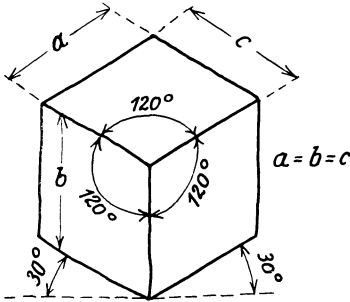
¹ Aus C. Volk: Axonometrie in graphischer Darstellung, Z. f. angewandte Math. u. Mechanik, Bd. V, S. 522.

In Sk. 92 ist die Gl. (3) mit Hilfe räumlicher Koordinaten dargestellt. Die aus dieser Skizze ersichtliche Fläche sei als „c“-Fläche bezeichnet. In gleicher Weise kann man eine „a“-Fläche und eine „b“-Fläche zeichnen.



Skizze 92¹.

Bringt man die „c“-Fläche mit der „b“-Fläche zum Schnitt, so erhält man eine Schnittlinie L_1 , welche die Gleichung $b = c$ erfüllt (Dimetrische Projektion). Aus $b = c$ folgt $\sphericalangle \beta = \sphericalangle \gamma$, d. h. der Grundriß von L_1 ist eine Gerade MQ , für welche $a = 360 - 2\beta$ oder $\sphericalangle \delta_1 = 90 - 2\delta_2$ ist. Mit anderen Worten: Bei einem Würfel in dimetrischer Projektion wird der Winkel zwischen den beiden gleich langen Kanten durch die 3. Kante halbiert.



Skizze 93. Würfel in isometrischer Projektion.

Bringt man die „a“-Fläche mit der „c“-Fläche zum Schnitt, so erhält man die Schnittlinie L_2 (Grundriß NP). Endlich folgt eine dritte Reihe dimetrischer Darstellungen aus $a = b$. Die Schnittlinie zwischen der „a“- und „b“-Fläche hat die Gerade OR zum Grundriß. Die Ordinate der Schnittlinie ist über $R = 1$, über $0 = 0,707$.

Die 3 Schnittlinien haben einen Punkt J gemeinsam, für den $a = b = c$ ist und zu dem die Winkel $\alpha = \beta = \gamma = 120^\circ$ gehören (Isometrischer Fall der senkrechten Axonometrie). Skizze 93 zeigt einen Würfel in isometrischer Darstellung. Die Seiten sind kongruente Rhomben, dement-

¹ Aus: C. Volk: Axonometrie in graphischer Darstellung. Z. f. angewandte Mathematik u. Mechanik, Bd. V, S. 522.

sprechend bilden sich auch die eingeschriebenen Kreise als kongruente Ellipsen ab. Da die Verkürzungen nach allen 3 Richtungen die gleichen sind und die Winkel (30° und 60°) bequem mit dem Zeichendreieck angetragen werden können, eignet sich die Isometrie namentlich zum Aufzeichnen gegebener Körper in Perspektive. Für freihändige Entwurfskizzen empfehle ich sie nicht, die die dimetrische Darstellung mit starker Verkürzung der nach rückwärtslaufenden Kanten anschaulichere und klarere Bilder liefert.

Den Skizzen dieses Buches liegt ein Sonderfall der dimetrischen Projektion mit $b = c = 2a$ zu Grunde. Die zugehörigen Winkel berechnet man dann aus

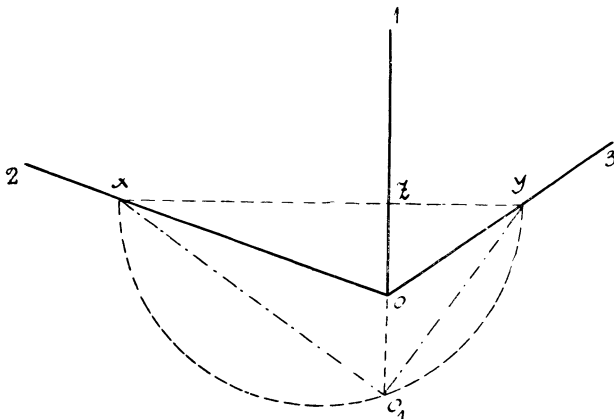
$$\sqrt{1 - \cotg a \cdot \cotg \gamma} = 2 \sqrt{1 - \cotg \beta \cdot \cotg \gamma},$$

(wobei $\beta = \gamma$ und $a + \beta + \gamma = 360^\circ$) mit

$$\beta = \gamma = 131^\circ 25', \quad a = 97^\circ 10'$$

oder

$$\delta_1 = 7^\circ 10' \quad \text{und} \quad \delta_2 = 41^\circ 25'.$$



Skizze 94.

Auf zeichnerischem Wege erhält man nach dem Satz von Weisbach die Winkel aus einem Dreieck mit den Seiten a^2 , b^2 und c^2 . Für die dimetrische Projektion wird dieses Dreieck gleichschenkelig, Winkel an der Spitze $= 2 \delta_1$. Mit $b : c : a = 2 : 2 : 1$ wird $\sin \delta_1 = \frac{1/2 a^2}{b^2} = 1/8$ und $\delta_1 = 7^\circ 10'$.

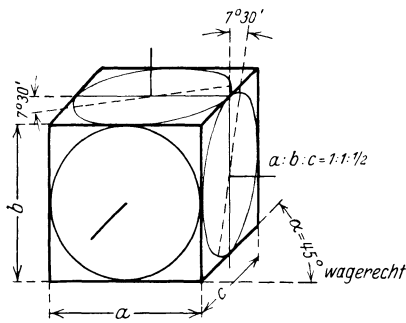
2. Für beliebige gewählte Achsenrichtungen 01 , 02 und 03 (Sk. 94) ergeben sich die Verkürzungsverhältnisse auf folgende Weise: Man betrachtet die körperliche Ecke 0123 als vordere Ecke eines Würfels (vgl. Sk. 5) und zieht in der Grundfläche dieses Würfels die Wagerechte xy . Das Dreieck $0xy$ ist dann rechtwinkelig, mit xy als Hypotenuse. Durch Herabklappen erhält man die wahre Größe. Der Punkt 0 bewegt sich dabei in einer senkrechten Ebene, 0_1 liegt lotrecht unter 0 in einem Halbkreis über xy (Winkel im Halbkreis $= 90^\circ$). Aus den scheinbaren und wahren Längen erhält man die Verkürzungsverhältnisse. Es ist $\frac{0x}{0_1x}$ das Verkürzungsverhältnis in Rich-

tung 02 und $\frac{0y}{0_1y}$ das Verkürzungsverhältnis in Richtung 03 . Die Verkürzung nach 01 läßt sich nicht unmittelbar finden, wohl aber die Verkürzung der Dreieckshöhe $0z$, welche zu 01 senkrecht steht. Gibt Winkel ϱ das Verhältnis $\frac{0z}{0_1z}$ an ($0z = 0_1z \cdot \sin \varrho$), so ergeben sich aus dem Ergänzungswinkel $90^\circ - \varrho$ die Verkürzungen in Richtung 01 .

Es ist

$$\sin(90^\circ - \varrho) = \frac{\text{verkürzte Länge in Richtung } 01}{\text{wahre Länge}}$$

(Winkel ϱ entspricht dem Winkel φ_2 in Sk. 5.)

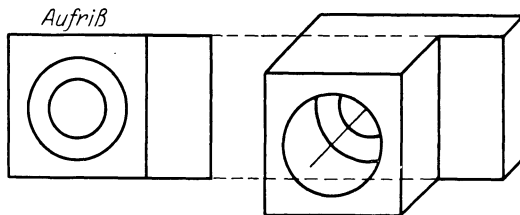


Skizze 95¹. Würfel in schiefer Parallelprojektion.

3. Für ebenflächig begrenzte Körper oder für Körper, bei denen die zu zeichnenden Kreise in Ebenen parallel zur Bildebene liegen, ist in manchen Fällen die schiefe Projektion zu empfehlen.

Derartige Skizzen lassen sich bequem mit Zirkel und Dreieck ausziehen. Sk. 95 und Sk. 96/97 sind dem auf S. 6 erwähnten Normblatt DIN 5 entnommen.

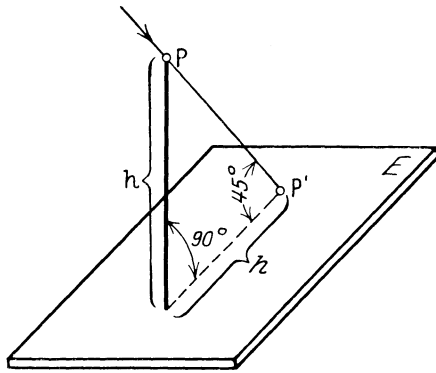
Die Kavalierperspektive ist eine schiefe Parallelprojektion auf eine waagrechte Bildebene E , bei der die Bildstrahlen mit der Bildebene einen Winkel von 45° einschließen. Die Höhen h haben daher auch in der Projektion die Länge h , Sk. 98.



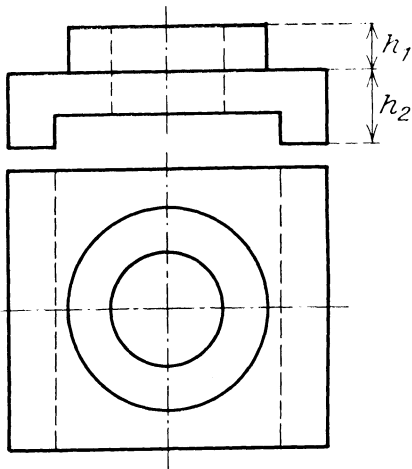
Skizze 96/97¹. Schiefe Parallelprojektion.

Soll von der in Sk. 99 dargestellten Platte ein Bild in Kavalierperspektive gezeichnet werden, so geht man vom Grundriß aus, zeichnet ihn in beliebiger Lage (z. B. $\sphericalangle a = 30^\circ$) und trägt die Höhen in wahrer Größe auf (Sk. 100).

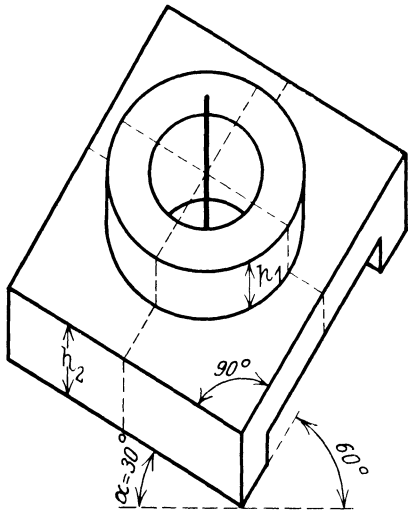
¹ Aus dem Normblatt DIN 5, herausgegeben vom Deutschen Normenausschuß Berlin: Beuth-Verlag.



Skizze 98. Kavaliersperspektive.



Skizze 99.



Skizze 100. Kavaliersperspektive.