



Das

# Maschinen-Zeichnen.

---

Begründung und Veranschaulichung  
der sachlich notwendigen zeichnerischen Darstellungen und ihres  
Zusammenhanges mit der praktischen Ausführung.

Von

**A. Riedler,**

Professor an der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin.

---

Mit 256 Textfiguren.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1896

ISBN 978-3-662-35817-7                      ISBN 978-3-662-36647-9 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-36647-9  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1896

# Inhalt.

	Seite
<b>I. Einleitung</b> . . . . .	1
Das Zeichnen im allgemeinen . . . . .	1
Raum- und Formvorstellung . . . . .	2
Ziel der Abhandlung: Sachliche Begründung des Maschinenzeichnens und Veranschaulichung . . . . .	3
<b>II. Allgemeines über Maschinenzeichnen</b> . . . . .	5
Abhängigkeit vom praktischen Zweck. „Schulzeichnungen“ . . . . .	5
Kenntnis der praktischen Ausführung. Verantwortliche Mitarbeit . . . . .	7
Teilung der Arbeit und Verantwortung innerhalb einer grossen Maschinenfabrik . . . . .	9
Zuverlässigkeit der Detailarbeit . . . . .	13
Sachliche und zeichnerische Richtigkeit . . . . .	14
Nachahmung schlechter Vorbilder, Fig. 1a—9a . . . . .	14
Einseitige oder unrichtige Anwendung „theoretischer Grundlagen“, Fig. 10a—13a, 11, 12 . . . . .	17
Widersprüche mit der praktischen Ausführung, Fig. 21a—24a . . . . .	21
Anwendung einer falschen „Formenlehre“ auf den Maschinenbau, Fig. 25a—26a . . . . .	24
Zweck der Zeichnung und davon abhängige Art der Darstellung, Fig. 27—35 . . . . .	26
<b>III. Werkzeichnungen</b> . . . . .	31
Zweck: Verständigung des Konstrukteurs mit den ausführenden Arbeitern . . . . .	31
Maasszahlen . . . . .	31
Uebereinstimmung der Maasszahlen mit der Ausführung. Mittellinien . . . . .	32
Arbeitsvorgang bei Herstellung eines Werkstücks, Fig. 36 . . . . .	32
Beispiele von Werkzeichnungen und Maasszahlen, Fig. 37—44 . . . . .	34
Stücklisten . . . . .	34
Beispiele fehlerhafter Maasszahlen, Fig. 45a—58a . . . . .	40
Richtige und übersichtliche Eintragung der Maasszahlen, Fig. 51—58 . . . . .	43
Verschiedene Werkzeichnungen: Rohrpläne, Armaturpläne, Fundamentpläne, Gesamtzeichnungen, Fig. 59—61 . . . . .	47
Maassstab der Werkzeichnungen . . . . .	50
Beschreibung der Werkzeichnungen . . . . .	50
<b>IV. Zeichnerische Richtigkeit und Deutlichkeit der Formdarstellung</b> . . . . .	53
Vollständigkeit und Anordnung der Projektionen, Fig. 62 . . . . .	53
Anordnung: 1. Annahme, Fig. 63—69 . . . . .	55
2. Annahme (amerikanisches Verfahren), Fig. 70 und 71 . . . . .	58
Fehlerhafte Anordnungen, Fig. 72a—74a . . . . .	60

	Seite
Darstellung der Schnittfiguren, Fig. 76—89 . . . . .	61
Uebersichtlichkeit der zeichnerischen Darstellung . . . . .	66
Gruppierung der Figuren. — Anschlusskonstruktionen. — Bewegliche Teile. — Nebenteile. Fig. 90—94 . . . . .	66
Unübersichtliche Darstellungen, Fig. 95a—101a . . . . .	68
Umrisslinien, unsichtbare Linien, Mittel- und Maasslinien, Fig. 97, 100 . . . . .	71
Das Ausziehen der Zeichnungen. — Bleistiftzeichnungen . . . . .	75
Ausführung der Zeichnungen in Farbe und Ton, Fig. 103—110 . . . . .	76
Darstellung von Holz, Mauerwerk, Erdreich u. s. w. . . . .	80
Lichtränder, Schattirungen u. s. w., Fig. 111—116. . . . .	81
<b>V. Projekt- und Offertzeichnungen . . . . .</b>	<b>85</b>
<b>VI. Abgekürzte Darstellungen . . . . .</b>	<b>89</b>
Rohrleitungen, Absperrvorrichtungen, Zahnräder u. s. w., Fig. 119—122 . . . . .	89
Schrauben, Fig. 123—127 . . . . .	91
<b>VII. Skizzen . . . . .</b>	<b>93</b>
Wesen des Skizzirens, Fig. 128a—132a . . . . .	93
Aufnahme-Skizzen, Fig. 128—137 . . . . .	96
Entwurfs-Skizzen, Fig. 141 . . . . .	99
Perspektivische Skizzen, Fig. 138—140, 142—149 . . . . .	100
<b>VIII. Stil. Fig. 150a—154a . . . . .</b>	<b>103</b>
<b>IX. Aeussere Form schriftlicher und graphischer Darstellungen . . . . .</b>	<b>107</b>
Aufschriften, Berechnungen, Fig. 155a, 156a, 157 . . . . .	107
Graphische Berechnungen, Fig. 158a—163a . . . . .	111
Schrift, Fig. 164—168 . . . . .	114
<b>X. Lichtkopirverfahren . . . . .</b>	<b>115</b>
Negativ-Verfahren . . . . .	117
Positiv-Verfahren . . . . .	118
Autographie, Holzschnitt, Lithographie, Zinkätzung u. s. w. . . . .	120
<b>XI. Handfertigkeit und Zeichenmaterial . . . . .</b>	<b>122</b>

# I. Einleitung.

---

Das „Zeichnen“ wird in weiten Kreisen verkannt und im gelehrten Schulbetriebe vernachlässigt. Ueber „Maschinenzeichnen“ insbesondere giebt es nur „Vorlagen“ und Vorschriften oder Gebrauchsanweisungen über Zeicheninstrumente. Erforderlich ist aber: anschauliche Begründung, welche den zeichnerischen Ausdruck als sachliche und notwendige Folge des Zweckes der Zeichnung und bestimmter Forderungen darstellt.

Das herrschende höhere Schulwesen weist gründliche Reform des Zeichenunterrichts ab, wie die Dezember-Konferenz bekundete. Damals hat ausserhalb der gelehrten Fächer, unter dem Drucke der Forderungen des Kaisers, nur das Turnen etwas gewonnen; das Zeichnen ist trotz mehrfacher Anregungen in der untergeordneten Stellung als „Handfertigkeit“ verblieben. Die Ausbildung der Zeichenlehrer ist unzureichend; sie werden, entgegen ihrer thatsächlichen Bedeutung, als minderwertig angesehen und können sich nur dann einige Geltung verschaffen, wenn sie gelehrte Methoden nachahmen, „Formenlehre“, „Grammatik“ u. s. w. treiben und damit den Boden verlassen, auf welchem das Zeichnen für den Ingenieurberuf allein erzieherisch wirken kann: den Boden der Anschauung, der Form- und Raumvorstellung.

Die herrschende Schule lässt in ihrem fakultativen Zeichenunterricht hier und da eine bestimmte Zweckrichtung zu, die dem mutmasslichen künftigen Berufe der Schüler entsprechen soll; sogar an Gymnasien wird gelegentlich „Maschinenzeichnen“ mit dem Freihandzeichnen getrieben. Dagegen haben die Verteidiger des „keinem Zwecke dienenden“ höheren Unterrichts mehrfach entrüstet Protest erhoben. Jeder sachverständige Ingenieur kann sich diesem Protest nur anschliessen, weil das Maschinenzeichnen bestimmte Formvorstellungen und Sachkenntnisse voraussetzt, die auf der Schule nicht gelehrt werden können. Weder technische Hochschulen noch Ingenieure haben je derartige Zeichenübungen von der Vorschule verlangt. Vielleicht entspringen sie ehemaligen Beziehungen zu gewerblichen Fachschulen oder an Gymnasien dem dunkeln Gefühl, dass die immer kräftiger heranwachsenden technischen Hochschulen zu besonderen Forderungen wohl berechtigt sein mögen, denen bequem und zünftig und ohne die Bedürfnisse der Hochschulen festzustellen, mit einigen Anhängseln an den Zeichenunterricht nachzukommen versucht wird. Ist doch Verständnis für die Bedürfnisse und die Eigenart der technischen Hochschulen in weitesten und besonders in Schulkreisen so selten zu finden!

Gegenüber solchen Missverständnissen muss ausgesprochen werden: die Ingenieur-erziehung hat kein Interesse an der Spezialisierung des Zeichenunterrichtes der Schule und an der damit verbundenen Stümperei im geometrischen oder gar Maschinenzeichnen; sie ist aber aufs höchste interessiert an einem gründlichen Zeichenunterricht, der der Entwicklung des Anschauungs- und Vorstellungsvermögens dient. Gegenüber den herrschenden Vorurteilen ist hervorzuheben, dass durch das Zeichnen Geistesfähigkeiten zu entwickeln sind, welche durch keine andere Disciplin ausgebildet werden können: richtiges Sehen, Raum- und Formvorstellung, „plastisches Denken“ und Ausdrucksvermögen.

Hierzu ist ausdrücklich zu betonen, dass die Pflege der künstlerischen Seite des Zeichenunterrichts der Ingenieur-erziehung viel besser entspräche, als der herrschende fakultative Handfertigkeiten-Unterricht, mit seinen Zuthaten für etwaige „künftige Berufsrichtung“. Die künstlerische Richtung bildet die erwähnten Fähigkeiten, der Handfertigkeiten-Unterricht nicht. Es sieht doch das künstlerisch geübte Auge in der Natur so vieles, was das ungeübte nicht bemerkt. Solche Erziehung fehlt aber; selbst die natürlichen Fähigkeiten sind so zurückgegangen, dass unsere Jugend immer weniger sieht und sich nichts räumlich richtig und bestimmt vorstellen kann. Gut geleitetes Freihandzeichnen und künstlerische Erziehung könnten manches bessern; letztere hat aber nichts gemein mit gelehrter Kunstbeschreibung und nichts mit den üblichen Schulmalereien und -stümpereien.

Alle Arten des Zeichnens haben dieselben Grundlagen; das Maschinenzeichnen, so verschiedenartig es von dem künstlerischen Zwecken dienenden auch ist, macht keine Ausnahme. Das ist ein armseliger Konstrukteur oder Künstler, der erst aus der Zeichnung sieht und sucht, was da werden soll, statt einem wenigstens in der Hauptsache im Kopfe fertigen Vorstellungsbilde zu folgen. Der zeichnerische Ausdruck muss das Produkt der Formvorstellung sein, und nicht umgekehrt diese dem zeichnerischen Bilde nachhinken. Höchstens mag in schwierigen Fällen die Veranschaulichung durch die Zeichnung einer noch nicht entwickelten Vorstellung weiterhelfen, ihr Nahrung und Anregung verschaffen, sie in genaue Beziehungen zu gegebenen Bedingungen bringen u. s. w. Immer aber ist die Raum- und Formvorstellung, also die Geistesthätigkeit die Hauptsache; die zeichnerische Darstellung nur das Mittel, das Vorgestellte für einen bestimmten Zweck zum Ausdruck zu bringen. Die Art des zeichnerischen Ausdrucks ist immer vom Zwecke der Zeichnung abhängig, und zwar ebensowohl bei bloss zeichnerischer Wiedergabe einer gegebenen Form, als auch bei schaffender Gestaltung. In letzterem Falle hat die Zeichnung, als Mittel für den Ausdruck des Vorgestellten, dem schöpferischen Vorstellungsvermögen zu dienen.

Wenn die Vorstellung fehlt, kann durch die Zeichnung auch nichts ausreichend ausgedrückt werden, und keinerlei Unterricht in der „Handfertigkeit“ wird hieran etwas ändern. Die Zeichnung als Ausdrucksmittel und die Formvorstellung als Geistesthätigkeit stehen in genau demselben Verhältnis wie die Sprache zu den Gedanken; wo diese fehlen, nützt die grösste Redegewandtheit nichts.

Die herrschende Schule schafft nicht die erforderlichen Grundlagen für solche Fähigkeit und Geistesthätigkeit. Sie betreibt u. a. keine künstlerische Erziehung, sondern minderwertige Uebung; sie vernachlässigt die darstellende, veranschaulichende Geometrie, das Anschauungs- und Vorstellungsvermögen; sie giebt dem geometrischen Unterricht arithmetische Richtung, statt ihn für die Ausbildung der Vorstellung zu verwerten u. s. w. Die Schulbildung lässt eine ungeheure Lücke. Es kann aber nicht Aufgabe der Hochschule sein, Elementar-Unterricht

in Disciplinen zu erteilen, deren Kenntnis und Beherrschung an die Hochschule mitgebracht werden muss. . . .

Diese allgemeinen Betrachtungen sollen aber hier nicht weiter ausgeführt werden. Eingehende Begründung der Forderungen an die Vorbildung sind einer besonderen Schrift vorbehalten, die, statt der bisher allein gehörten Ansichten gelehrter Schulmänner und berufsmässiger Zeichenlehrer, die Eigenart der Ingenieurkunst zum Ausdruck bringen wird.

Die vorliegende Schrift behandelt nur das „Maschinenzeichnen“ und ist beschränkt auf:

sachliche Begründung bestimmter zeichnerischer Darstellungen als notwendige Folge des Zweckes der Zeichnung und

Veranschaulichung der zeichnerischen Darstellungen für den Anfänger durch richtige und fehlerhafte Beispiele, die viel lehrreicher sind als blosser Beschreibung.

Den Angaben über zeichnerische Darstellung liegt nicht ein unbestimmtes „Gefühl“ oder ein „individueller Geschmack“ zu Grunde, sondern bestimmte Grundsätze, deren Richtigkeit Jedermann einleuchten muss. —

Das für Maschinenzeichnen unmittelbar Verwendbare beginnt erst mit dem Abschnitt „Werkzeichnungen“. Die vorherige Erörterung mehrerer allgemeiner Gesichtspunkte kann aber nicht unterlassen werden. Wer nur über Einzelheiten Auskunft sucht, mag daher den folgenden Abschnitt überschlagen. Dieser ist für Anfänger nicht genügend verständlich, aber nicht entbehrlich; einerseits weil der sachliche Standpunkt auch gegenüber Sachverständigen begründet werden muss; andererseits weil diese Schrift von Studirenden hoffentlich nicht bloss bei den ersten Anfängen im Zeichnen, sondern auch noch während der fachwissenschaftlichen Studien gelegentlich zu Rate gezogen werden wird und alsdann dem vollen Verständnis nichts im Wege steht.

Zur Niederschrift dieser Abhandlung hat mich u. a. der Umstand geführt, dass ich Veranlassung hatte, den Unterricht im Maschinenzeichnen hier selbst vorübergehend zu übernehmen; bei der Unterweisung von mehreren hundert Studirenden trat das Bedürfnis eines Hilfsbuches sehr fühlbar hervor.

Die immerhin zeitraubende Ausarbeitung, inmitten sonstiger wesentlich anregenderer Berufsthätigkeit, mag Lücken und Mängel zwar nicht entschuldigen, aber erklären. Ein so untergeordnetes und leider meist geringschätzend behandeltes Gebiet zu bearbeiten, ist nach Ansicht vieler eine undankbare, ja „unwürdige“ Aufgabe. Aber das Bestreben, die Jugend vor Schaden zu bewahren, in allen Einzelheiten statt Regeln Begründungen zu bieten und allgemeine Gesichtspunkte hervorzuheben, mit denen sich auch der Anfänger, je früher je besser, vertraut zu machen hat, führt über den herkömmlichen Rahmen ebensoweit hinaus, wie das „Zeichnen“ über der Handfertigkeit steht, und führt tief in sachliche Erörterungen hinein, weil das Zeichnen von der Sache nicht zu trennen ist. Für die Richtigkeit dieser Auffassung spricht auch die Zustimmung hervorragender Fachleute, denen ich die Schrift im ersten Entwurf vorlegte und deren Anregungen ich dankbar anerkenne.

Es wäre nicht schwierig, über „Maschinenzeichnen“ nach bekannten Mustern ein dickes gelehrtes Buch zu schreiben, etwa eine systematische „Grammatik des Maschinenzeichnens“ mit geschichtlicher Einleitung u. s. w.; dann könnte die Schrift vielleicht gar in gelehrten Kreisen Beachtung finden. Darauf wird verzichtet und nur auf die erzieherische Wirkung im eigenen fachlichen Kreise gerechnet.



Ziel dieser Schrift ist in erster Linie, schon den Anfänger auf die zahlreichen Beziehungen der Zeichnung zur Praxis aufmerksam zu machen, das Maschinenzeichnen von unfruchtbarer mechanisch-zeichnerischer Auffassung loszulösen. Der Fachmann wird allerdings nur Bekanntes finden.

Trotzdem wendet sich die Schrift auch an erfahrene Ingenieure, denn diese müssen die Anfänger belehren und von ihnen bestimmt begründete Leistungen verlangen, sonst sind die schädigenden Zustände nicht zu beseitigen. Die Abhandlung soll solche erzieherische Bestrebungen unterstützen und vereinfachende Grundlagen schaffen. An Freunde der Sache richte ich deshalb auch die Bitte, diesen ersten Versuch, das Maschinenzeichnen sachlich zu begründen, durch kritische und ergänzende Mitteilungen für eine Neubearbeitung fördern zu wollen. Dies und die angegebenen sachlichen Erwägungen sind auch der Grund, weshalb kritische Bemerkungen über Schuleinrichtungen nicht unterdrückt sind und darauf verzichtet ist, nur einen für Anfänger berechneten Auszug mit Einzelheiten über die Anfertigung von Zeichnungen zu schreiben.

Gerade erfahrene Ingenieure werden die traurige Thatsache zugeben, dass viele der einfachsten und wichtigsten Beziehungen zwischen Zeichnung und Sache bisher noch nicht ausgesprochen wurden, dass seit Redtenbacher's kurzer Notiz über Maschinenzeichnen in seinen „Principien der Mechanik“ überhaupt nichts über den Gegenstand veröffentlicht wurde. Die studirende Jugend erfährt vieles Wesentliche nur gelegentlich durch Ueberlieferung, nur zufällig, und selten mit ausreichender Begründung. Die meisten werden erst durch die Folgen schwerer Fehler, nachdem sie sich und andere geschädigt, über ganz Elementares, Wesentliches belehrt, und ganz einfache Erfahrungen werden so mit schwerem Lehrgelde bezahlt. Es ist ein unhaltbarer Zustand, wenn, wie gegenwärtig, die Vorbildung ihre Schuldigkeit nicht thut, wenn an der Hochschule statt des Unterrichts im Maschinenzeichnen mechanische Zeichenübungen abgehalten werden müssen und die Studirenden erst im fachwissenschaftlichen Unterricht über elementare zeichnerische Einzelheiten belehrt werden müssen. Dadurch wird der wichtige Konstruktionsunterricht um Kraft und Erfolg gebracht und der Lehrer gezwungen, das A B C zeichnerischen Ausdrucks statt Maschinenbau zu lehren. Solches aber wird vom Schüler, der an dieser Stelle anderes sucht, als pedantische Last empfunden und nicht genügend gewürdigt.

Von anschaulicher und sachlicher Behandlung des Maschinenzeichnens ist erzieherische Wirkung, wenigstens im engeren Fachkreise, zu erwarten, aber freilich kein weitgehender Erfolg. Dieser wird erst möglich, wenn die herrschende Unkenntnis über das Zeichnen überhaupt, die Missachtung des zeichnerischen Ausdrucks aufhört, und der furchtbare Niedergang zeichnerischer Fähigkeit und Formvorstellung durch richtigen Unterricht an den Vorschulen verhindert wird.

---

## II. Allgemeines über Maschinenzeichnen.

---

Ueber Maschinenzeichnen, technisches Zeichnen u. s. w. giebt es mehrere Schriften, die aber erzieherisch ohne Wirkung geblieben sind und auch bleiben müssen, weil sie im Wesentlichen über Gebrauchsanweisungen nicht hinausgehen, über Handfertigkeit, statt über die darzustellende Sache und den Zweck der Darstellung belehren und nur Wortbelehrung statt Veranschaulichung bieten. Bezeichnend ist, dass die verbreitetste dieser Schriften auch eine Skizze enthält. Der Schüler, ungeübt in Anschauung und Vorstellung, vermag auch der besten Belehrung nur Worte, Regeln und Vorschriften zu entnehmen. Nur anschauliche Beispiele mit Begründung der sachlichen Notwendigkeit eines bestimmten zeichnerischen Ausdrucks können den Schüler zu eigenem Urteil führen, zu Selbständigkeit und schliesslich zu richtigem zeichnerischen Ausdruck der eigenen Vorstellung für den jeweilig beabsichtigten Zweck.

Die Zeichnung ist das wichtigste, vielfach das einzige Ausdrucksmittel, das unentbehrlichste Werkzeug des schaffenden Ingenieurs. Die Zeichnung ist seine Sprache, eine ausdrucksvolle, internationale Sprache!

Die Maschinenzeichnung ist das Mittel, die Vorstellung des Konstrukteurs für bestimmten Zweck auszudrücken, beispielsweise für die Verständigung mit dem ausführenden Arbeiter. Die Ausdrucksmittel sind ausschliesslich abhängig von den Forderungen der Praxis, dem beabsichtigten Zwecke. Sie werden nur von denen vernachlässigt oder falsch angewendet, welche das Wesen des Maschinenbaus nicht kennen. Sach- und zweckwidrige Behandlung der Ingenieursprache hilft den künstlichen Gegensatz zwischen Schulzeichnungen und solchen für die Praxis schaffen. In der Regel suchen die Sprachverderber und Schöpfer der berüchtigten „Schulzeichnungen“ die eigene Unkenntnis der Sache durch schöne Redensarten zu verdecken, was landläufig und nach berühmten Mustern durch die Betonung eines „höheren Standpunktes“ statt des „gemeinen praktischen Zweckes“ u. dgl. geschieht, wobei jeglicher Zweck, als dem „Ideal“ widersprechend, verächtlich gemacht wird. Solche Dilettanten des Maschinenbaus sind es auch, welche auf unfruchtbaren selbstfabrizirten Schulmethoden und zwecklosen Zeichen- und Malübungen herumreiten und die heranwachsende Jugend über die sachlichen Schwierigkeiten täuschen.

Schon im Jahre 1852 schrieb Redtenbacher:

„In den Schulen wird gewöhnlich mit dem Zeichnen unendlich viel gespielt. Es werden oftmals schön schattirte und illuminirte oder gar perspektivische Bildchen gemacht, auf denen alles, nur nicht das, was

man zur Ausführung braucht, enthalten ist, daher auch das Renommé, in welchem die „Schulzeichnungen“ stehen. Wer einmal erfahren hat, welcher Aufwand von Zeit und Mühe erforderlich ist, um die Zeichnungen so auszuarbeiten, dass man darnach ausführen kann, dem vergeht die Lust zu derlei kindischen Beschäftigungen. Verständige Zeichnungen sollten nicht mehr und nicht weniger enthalten, als zur Ausführung nach denselben notwendig ist.“

Statt diesen wahren Worten zu folgen, ist zweckloses Zeichnen erst nach Redtenbacher jahrzehntelang getrieben worden: ein zweckwidriges Linear- und geometrisches Zeichnen, „a tempo-Zeichnen“, unfruchtbare Uebungen in blosser Handfertigkeit, zweckwidriges Bemalen von Maschinenzeichnungen in bunten Abtönungen, Schattirungen, Reflexlichter in Komplementärfarben, schulmässige Ausstattungen und Spielereien aus der guten alten Schule, für welche die Zeit nicht den heutigen Wert hatte, sodass sie für nutzlosen Zierat verwendet werden konnte. Hand in Hand damit gehen erfahrungsgemäss sachliche Unrichtigkeiten, schon deshalb, weil der irreführte Schüler die Zeit dem Aufputze, statt der Sache opfern muss. Noch jetzt sind gelegentlich Prüfungs- und Schulzeichnungen ein Nachweis, dass ein halbes Jahrhundert noch nicht in allen Köpfen volle Einsicht geschaffen hat. An technischen Hochschulen vegetirt noch manche falsche alte Lehrrichtung; auch jüngere Lehrer entziehen sich, trotz besserer Erkenntnis, veralteten, d. i. unrichtigen Methoden nicht ganz, und mitten in den ungeheuren Fortschritt des modernen Maschinenwesens ragen noch immer alte zeit- und geisttödtende Ueberbleibsel hinein.

Einseitige Schulweisheit in Wort und Bild zu bekämpfen und im Gegensatze hierzu die zwingenden Forderungen des praktischen Zweckes schon beim ersten Anfange des Maschinenzeichnens geltend zu machen und sachlich zu belehren, kann der heranwachsenden Jugend nur nützen.

Es ist pädagogisch unrichtig, die Studirenden erst einen Kursus mechanischer Uebung im Maschinenzeichnen ohne gleichzeitige Anleitung zur Sachkenntnis durchmachen zu lassen. Der Unterricht muss von vornherein Sachunterricht sein und das lehren, was zum Verständnis des Zusammenhanges zwischen Zeichnung und Ausführung erforderlich ist.

Die Vorbildung muss die Schüler zum Verständnis solchen Unterrichts befähigen.

Das Maschinenzeichnen erfordert:

Ein entwickeltes Raum- und Form-Vorstellungsvermögen; soviel Sachkenntnis und Erfahrung, dass die Beziehungen der darzustellenden Form zum Zwecke der Darstellung und zur praktischen Ausführung der Form richtig aufgefasst und berücksichtigt werden; endlich genügende Handfertigkeit.

Das Raum- und Form-Vorstellungsvermögen ist die Grundlage aller zeichnerischen Darstellung und ist durch die Vorbildung zu entwickeln. Wohl wird es durch das Hochschulstudium weiter ausgebildet, aber in der Hauptsache muss der Studirende die Fähigkeit klarer Vorstellung mitbringen. Das wichtigste Mittel, das Vorstellungsvermögen zu bilden, ist ein richtiger Zeichen- und Geometrieunterricht, den die Schule in der nötigen Ausdehnung und Vertiefung erteilen sollte. Es ist sehr zu beklagen, dass die Vorbildung der Studirenden in dieser Hinsicht immer mangelhafter wird, dass die Zahl derer, die vor Eintritt in die Hochschule noch nie zweckentsprechend gezeichnet haben und Formvorstellung nicht kennen, immer mehr zunimmt. Dadurch werden die Hochschulen gezwungen, erst die

Elemente des Zeichnens zu lehren, ohne jedoch bei der beschränkten Zeit das von der Vorschule Versäumte nachholen zu können. Die Belehrung kommt zu spät und wird von den Studirenden umsomehr als Belästigung angesehen, je weniger Veranlagung zu zeichnerischem Ausdruck sie mitbringen. Früher haben sich viele Studirende gerade durch das Zeichnen nicht nur Vorstellungsvermögen, sondern auch Sachkenntnis erworben. Solches hat in der Gegenwart fast aufgehört. Allorts herrscht einseitig die mündliche, abstrakte Lehre, und selbst das bischen Zeichnen, welches dem plastischen Denken dienen sollte, heisst bezeichnenderweise „Planzeichnen“, „Linearzeichnen“ u. s. w. Hierüber wird an a. O. ausführlicher zu sprechen sein. —

Das Maschinenzeichnen beginnt zweckmässig mit der Aufnahme von Maschinenteilen in Skizzen und Darstellung in Werkzeichnungen. Letztere erfordern aber Sachkenntnis, das Erfassen des Zusammenhangs zwischen Form und Maass und praktischer Ausführung.

Der Anfang zur Sachkenntnis muss durch gründliche Werkstättenpraxis vor dem Hochschulstudium erworben werden; das volle sachliche Verständnis kann erst im Laufe der Zeit an der Hochschule, durch den fachwissenschaftlichen Unterricht und durch eigene sachliche Erfahrung erlangt werden. Da im „Maschinenzeichnen“ die sachlichen Fehler und Hindernisse gleicher Art sind, wie im fachwissenschaftlichen Unterrichte, so kann einiges Wesentliche und Allgemeine schon hier berührt werden.

Zweck der Ingenieurziehung ist die Ausbildung für die schaffende Ingenieurthätigkeit. Die Vorbildung kennt besondere Zwecke nicht; auch der grösste Teil des Hochschulstudiums ist bisher leider nur abstrakt wissenschaftliche Vorbereitung, sollte aber, ebenso wie das Fachstudium, zu schaffender Thätigkeit anleiten.

Solche Anleitung ist nur möglich, durch Berücksichtigung der in der Wirklichkeit gegebenen Verhältnisse. Phantasiekonstruktionen und Zeichenübungen ohne solche Rücksicht sind Spielereien und nur irreführend; statt zu belehren, täuschen sie über die Schwierigkeiten. Es müssen die Bedingungen der Praxis so weit als möglich auf den Unterricht übertragen werden, da es eine schaffende Thätigkeit ohne Berücksichtigung dieser Bedingungen nicht giebt.

Die Meinung, die technischen Hochschulen hätten nur die wissenschaftlichen Grundlagen zu lehren, ist haltlos. In der Ingenieurthätigkeit muss alle wissenschaftliche Erkenntnis angewendet werden; dies ist unmöglich ohne Rücksicht auf bestimmten Zweck, ohne Kenntnis der Ausführungsbedingungen. Zudem ist zu beachten, dass ein einziger Konstruktions-Gedanke die vielfältigste Detailarbeit erfordert, die mit Recht schon vom Anfänger verlangt wird, die er aber nur leisten kann, wenn er die Ausführung kennt.

Eine andere unsinnige, oft gebrauchte Redensart ist: die Hochschulen haben nicht Konstrukteure allein, sondern auch Fabrikdirektoren, Betriebsleiter u. s. w. auszubilden. Bevor Jemand leitend auftreten kann, muss er doch erst Mitarbeiter gewesen sein; jede Mitarbeit aber führt mitten hinein in die Schwierigkeiten der praktischen Ausführung. Es ist eine arge Täuschung der Jugend, zu sagen: Fähigkeit zum Konstruiren, zu schaffender Formgebung und Kenntnis der Ausführung ist nicht erforderlich, sondern nur eine „gleichmässige“ Ausbildung. (In schulmässigem technologischen Wissen!) Noch schlimmer ist die Behauptung: wer als Konstrukteur nicht taugt, kann sich der Betriebsleitung zuwenden. Zu dieser

gehört erst recht Kenntnis der praktischen Ausführung und ein weiter Blick; daher sind auch gute Betriebsleiter viel seltener als Konstrukteure. Richtigen Blick sich anzueignen, giebt es nur einen Weg: die Praxis, die Wirklichkeit gründlich kennen zu lernen. Dies ist für jede Richtung der Maschinentechnik die Hauptsache. Ziel der Hochschule muss sein, den wissenschaftlichen und praktischen Forderungen zu genügen.

Die Ansprüche der Praxis an den Anfänger sind im allgemeinen, wenn auch nicht immer, gerechtfertigt und massvoll. Sie verlangt von ihm zunächst nur gewissenhafte Mitarbeit für die Ausführung; innerhalb dieser Grenzen aber fordert sie von ihm Selbständigkeit und Verantwortung. Die Entlohnung des Anfängers im maschinentechnischen Fach ist wesentlich höher, als sie Gleichalterigen in anderen, namentlich gelehrten, juristischen u. a. Berufen geboten wird. Die Fähigkeit zu selbständiger Mitarbeit für die Ausführung muss aber der Anfänger von der Hochschule mitbringen, denn ohne sie ist die akademische Bildung für die Praxis wertlos. Mit Recht lehnt es diese ab, selbst Kosten und Zeit zur Ausbildung solcher Fähigkeit aufzuwenden.

Nicht über zu geringes Wissen der jungen Ingenieure oder über Mangel an Können in schwierigen Fällen klagt die Praxis, sondern über Unzuverlässigkeit der Anfänger gegenüber einfachen Aufgaben der praktischen Ausführung, über unbrauchbare Detailarbeit, schlechte Maasse und Maasskontrolle u. s. w.; über die Verkennung des Zweckes der Mitarbeit, über Konstruiren- und Dirigirenwollen der Anfänger, bevor sie Detailarbeit geleistet, ja verstanden haben.

Der Unterricht an der Hochschule muss von allem Anfang vom Zweck der Konstruktion ausgehen, und dieser führt unmittelbar zu den Bedingungen der praktischen Ausführung. Aber gerade dieses Wesentliche wird vernachlässigt, wenn der Unverstand des Lehrers oder des Schülers sich erhaben dünkt über solche „unwissenschaftliche Nebensachen“, über solche „Angelegenheiten der Praxis“, unwürdig des akademisch Gebildeten!

Die Ursachen mangelnden Könnens gegenüber den Forderungen der Praxis sind überwiegend in der Schulung d. i. Verschulung zu suchen, wobei die Vorbildung ihren grossen Teil der Schuld zu tragen hat.

In der Neuzeit werden wohl auch unberechtigte Forderungen von der Praxis gestellt, wenn die Vorgesetzten sich gar keine Zeit und Mühe geben, dem Anfänger behilflich zu sein, und ein Können voraussetzen, über das er in bestimmtem Alter überhaupt nicht verfügen kann: Entweder verlangt der Vorgesetzte sachlich zu viel und urteilt zu scharf über das Nichtkönnen der jungen Ingenieure, weil er selbst in langer schaffender Thätigkeit sehr erfahren geworden, aber die Zwischenstufen vergisst, die er selbst durchzumachen hatte; er überblickt nur sein gegenwärtiges Können, aber nicht mehr sein einstmaliges als junger Anfänger. Oder die Vorgesetzten, insbesondere Regierungs-Ingenieure, waren selbst nie in ausreichender schaffender Thätigkeit; sie sind gewohnt, alle Schwierigkeiten dem „Techniker“, dem „Unternehmer“ zu überlassen, fordern aber vom jungen Anfänger statt Mitarbeit, dass er ihre Arbeit leiste, welche gereifte Erfahrung voraussetzt. Kann er das nicht, was ganz natürlich, so wird über die akademische Bildung geklagt! Lebt nun der Anfänger auf Grund vermeintlichen profunden Wissens selbst in der Ueberzeugung, nicht er habe verantwortliche Arbeit für die Ausführung zu leisten, sondern dafür seien gesellschaftlich tiefer stehende „Zeichner“ da, dann ist des Jammers kein Ende!

Wirklich leistungsfähig kann der Anfänger immer nur auf dem Gebiete der Mitarbeit sein, unter Leitung eines reifen, in der schaffenden Praxis erfahrenen

Ingenieurs, der sich wenigstens ein Minimum von Mühe nimmt, die Lehrzeit durch Anregung fruchtbringend zu gestalten. Der Anfänger aber muss im Bewusstsein leben, dass er trotz aller Vorbereitung eben erst zu lernen hat.

Die verantwortliche Thätigkeit des Anfängers liegt fast immer in Detailarbeit für die praktische Ausführung; in erster Linie muss er daher in dieser Richtung ein genügendes Können mitbringen, Zeichnungen und Maasszahlen und ihren Zusammenhang mit der Ausführung und den Ausführungsmitteln kennen.

Die grosse Bedeutung der Verantwortung, auch des Anfängers, liegt in ihrem untrennbaren Zusammenhang mit der Arbeitsteilung.

Die hohe Vollkommenheit der modernen technischen Betriebe, alle technische Thätigkeit, überhaupt alle moderne Kultur beruht auf der Arbeitsteilung, und diese bedeutet Teilung des Wirkungskreises und der Verantwortung. Auch der Anfänger muss für seine Mitarbeit unbedingt seinen Teil Verantwortung tragen. Deshalb ist es eine zwingende Forderung der Praxis, dass dem Studirenden die Verantwortlichkeit seiner künftigen Berufsthätigkeit schon während seiner Studienzzeit bei allen Arbeiten zum Bewusstsein gebracht wird. Dies ist nur möglich durch die strengste Rücksichtnahme auf die Ausführung, und zwar schon im ersten Unterrichte, im Maschinenzichnen.

Die Verkennung der Forderungen der Praxis von Seiten einzelner Lehrer und noch mehr die immer zunehmende Sorglosigkeit der Jugend in der Frage der Verantwortung machen es notwendig, die Arbeitsteilung technischer Betriebe und ihre Folgen und den Wirkungskreis, in welchen auch der Anfänger sofort verantwortlich eintritt, wenigstens in allgemeinen Umrissen an einem Beispiel zu kennzeichnen.

In einer grossen Maschinenfabrik z. B. kommen, abgesehen von den Arbeiten, welche einer Auftragserteilung vorangehen, für die Ausführung der Aufträge wesentlich 4 Abteilungen in Betracht: die technische Leitung, das Konstruktionsbureau, die ausführende Werkstätte, die Bau- oder Betriebsleitung.

Je grösser der Umfang der Unternehmung, desto mehr werden die 4 Abteilungen von einander zu trennen sein; kleinere und besondere Verhältnisse werden eine Vereinigung in der Leitung der Abteilungen zulassen. Der Anfänger wird wesentlich mit der zweiten oder vierten Abteilung zu thun haben.

Jede Abteilung ist wieder in sich gegliedert, z. B. das Konstruktionsbureau untersteht einem Vorstand (Oberingenieur u. s. w.), unter dessen Leitung die Konstrukteure und Zeichner die Aufträge verantwortlich auszuarbeiten haben. Die Zeichner sind Hilfsarbeiter der Konstrukteure und für die Richtigkeit ihrer Zeichnungen nur verantwortlich, soweit zeichnerisches, nicht aber konstruktives Können in Frage kommt.

Die Arbeitsteilung verlangt hier Uebernahme der Verantwortung durch alle Mitarbeiter innerhalb ihres Wirkungskreises.

Nachstehend ist ein Gutachten zu dieser Organisationsfrage wiedergegeben, welches von einer gerichtlichen Sachverständigen-Kommission bei Gelegenheit der Untersuchung eines folgenschweren Unfalls abgegeben wurde; bei Beantwortung der Schuldfrage musste auf den Einfluss der Arbeitsteilung und Verantwortung Rücksicht genommen werden.

### **Wirkungskreis und Verantwortlichkeit der Vorsteher u. s. w. einer grossen Maschinenfabrik.**

Der in grossen Maschinenfabriken übliche Geschäftsgang ist durch die Arbeitsteilung und die damit verbundene Teilung der Verantwortlichkeit und des Wirkungskreises beeinflusst. Der Vorsteher des Unternehmens (Direktor) ist für die zweckentsprechende Durchführung der Organisation und der Arbeitsteilung verantwortlich. Scharfe Abgrenzung des Wirkungskreises für jede einzelne Persönlichkeit giebt es nicht, und auch im allgemeinen sind Abweichungen von der unten angegebenen Gliederung und Arbeitsteilung möglich, je nachdem persönliche und besondere Verhältnisse vorliegen; im allgemeinen aber wird in jeder grossen Maschinenfabrik u. s. w. folgender Geschäftsgang massgebend sein:

Die an das Geschäft herantretenden Angelegenheiten, welche eine technische Bearbeitung bedingen, werden von dem Vorsteher der Unternehmung (Direktor) oder dessen Stellvertreter (Oberingenieur u. s. w.) an den Bureauchef (Chef-Konstrukteur, Oberingenieur u. s. w.) oder an den Stellvertreter des letzteren weitergegeben. Je nach der Wichtigkeit und dem Umfange der Sache werden dem Bureauchef u. s. w. von dem Vorsteher u. s. w. die zur Erledigung erforderlichen Anweisungen erteilt, welche bei geringfügigen Aufträgen häufig darauf beschränkt werden, dass letztere der Bestellung gemäss auszuführen seien. In solchen Fällen unterbleiben die Anweisungen auch wohl gänzlich, weil sie als überflüssig angesehen werden und die Durchführung selbstverständlich ist. Von den eingegangenen Aufträgen werden auch die beteiligten Betriebsleiter (Werkstättenvorsteher, Werkstätteningenieure) durch den Vorsteher der Fabrik u. s. w. in Kenntnis gesetzt, damit dieselben auch dann, wenn die Sache zunächst im Konstruktionsbureau bearbeitet werden muss, etwaige Massnahmen innerhalb ihres Wirkungskreises rechtzeitig treffen oder vorbereiten können.

Dem Bureauchef sind eine Anzahl Konstrukteure und Zeichner unterstellt. Von den Konstrukteuren wird diejenige technische Bildung vorausgesetzt, welche sie befähigt, die technische Bearbeitung der ihnen überwiesenen Sachen im Ganzen und im Einzelnen zu übersehen und durchzuführen. Die Zeichner besitzen diese Bildung nicht; sie sind als Hilfsarbeiter der Konstrukteure zu betrachten und diesen untergeordnet.

Der Bureauchef u. s. w. giebt die vom Vorsteher u. s. w. erhaltenen Aufträge an die Konstrukteure weiter und berücksichtigt bei der Verteilung an letztere deren besondere Fähigkeiten und Erfahrung. Es kommt vor, dass untergeordnete Sachen von dem Vorsteher u. s. w. den Konstrukteuren direkt, also mit Uebergehung des Bureauchefs zugeteilt werden. Es kommt ferner vor, dass Arbeiten, welche nicht viel mehr als das handwerksmässige Können und nur geringe technische Bildung erfordern, den Zeichnern von dem Bureauchef oder dem Vorsteher u. s. w. unmittelbar, also mit Uebergehung der Konstrukteure, überwiesen werden.

Die Zeichner sind verantwortlich für die Richtigkeit ihrer Zeichnungen, soweit das zeichnerische Können, nicht aber das konstruktive Wissen in Frage kommt. Dahin gehört auch die Richtigkeit des auf den Zeichnungen angegebenen Verzeichnisses der einzelnen Maschinenteile, welche nach den Zeichnungen angefertigt werden sollen (sogenannte „Aufgabe“ oder „Stückliste“ für die Werkstätte).

Die Konstrukteure haben die Arbeit der ihnen als Hilfskräfte zugeteilten Zeichner zu beaufsichtigen und zu prüfen. Sie sind verantwortlich für die Zeichnungen der Zeichner, soweit konstruktives Wissen und Kenntnis des Zusammenhangs mit anderen Maschinenteilen oder mit dem Maschinenganzen dabei erforderlich war. Die Revisionspflicht und Verantwortung fällt dem Bureauchef bzw. dem Vorsteher u. s. w. zu, falls die Zeichner von diesem und nicht vom Konstrukteur ihren Auftrag erhalten haben. Die Konstrukteure sind ferner verantwortlich für ihre eigenen Zeichnungen im ganzen Umfange. Auch sind sie dafür verantwortlich, dass die ihnen übertragene Arbeit vollständig, mit Beachtung aller Folgen, erledigt wird. Soweit den Konstrukteuren die Gesamtanordnung einer Anlage überlassen war, nehmen sie Teil an der Verantwortung für dieselbe und für die Erfüllung der vertragsmässigen Verbindlichkeiten.

Der Bureauchef u. s. w. bzw. der Vorsteher u. s. w. (sofern letzterer die Konstrukteure direkt beauftragt) hat die Konstrukteure zu beaufsichtigen und ihre Arbeiten zu prüfen. Der Bureauchef teilt die Verantwortlichkeit der Konstrukteure, soweit bei ihren Zeichnungen das konstruktive Wissen bezüglich der einzelnen Teile oder des Zusammenhangs berührt wird, und trägt in erster Reihe die Verantwortung für die Gesamtanordnung der Anlage und die Erfüllung der vertragsmässigen Verbindlichkeiten. Soweit der Bureauchef u. s. w. bzw. der

Vorsteher u. s. w. als Konstrukteur auftritt, trägt er ausserdem die vorhin angegebene Verantwortlichkeit des letzteren.

Betreffen die Aufträge eine Abänderung bereits in Arbeit befindlicher Gegenstände, dann ist der mit der Aenderung beauftragte Konstrukteur dafür verantwortlich, dass sämtliche in den Werkstätten befindlichen, hierbei in Betracht kommenden Zeichnungen unverzüglich zurückgezogen und richtiggestellt oder durch neue ersetzt werden. Der Bureauchef u. s. w. teilt diese Verantwortlichkeit.

Der Bureauchef oder der Vorsteher oder deren Vertreter übergibt Kopien derjenigen Zeichnungen, nach denen gearbeitet werden soll, den Betriebsleitern der Werkstätten (Werkstätten-Vorsteher, -Ingenieur). Es ist nicht allorts üblich, dass die Kopien, um sie als Zeichnungen, nach denen gearbeitet werden soll, kenntlich zu machen, von dem Bureauchef oder dem Vorsteher u. s. w. unterzeichnet werden. Durch deren Unterzeichnung werden die vorhin angegebenen Grenzen der Verantwortlichkeit nicht geändert. Durch die Unterschrift wird nur die Zeichnung als eine vom Konstruktionsbureau herrührende und für die Ausführung bestimmte bezeichnet.

Von den Betriebsleitern (Werkstätten-Vorstehern) wird vorausgesetzt, dass sie eingehende Kenntnis der in ihrem Betriebe vorkommenden Arbeitsverrichtungen besitzen und dass sie die ihnen zur Verfügung stehenden maschinellen und sonstigen Einrichtungen sowie die Arbeitskräfte zweckmässig auszunutzen verstehen. Den Betriebsleitern sind eine Anzahl Werkmeister und diesen wieder eine Anzahl Vorarbeiter unterstellt. Die Werkmeister erhalten von den Betriebsleitern die Werkstattzeichnungen und etwaige auf diese bezügliche Anleitungen, sie geben dieselben an die Vorarbeiter weiter, welche darnach mit den ihnen untergebenen Arbeitern die einzelnen Gegenstände herstellen. Es wird von den Werkmeistern nicht nur vorausgesetzt, dass sie die der Werkstätte zur Ausführung übergebenen Zeichnungen verstehen und sich eine richtige Vorstellung von der Form der einzelnen Teile machen können, sondern auch dass sie solchen Arbeitern, die an der Herstellung thätig sein sollen, denen aber diese Fähigkeit abgeht, durch Erläuterung eine klare Vorstellung der herzustellenden Gegenstände und des Arbeitsvorganges zu verschaffen vermögen.

Die Vorarbeiter sind verpflichtet, nach den ihnen übergebenen Zeichnungen zu arbeiten bzw. arbeiten zu lassen und dabei denjenigen Grad von Genauigkeit einzuhalten, welcher für die gerade vorliegenden Stücke mit Rücksicht auf ihre Bestimmung billigerweise verlangt werden kann. Innerhalb dieser Grenzen sind sie für die Uebereinstimmung der einzelnen Teile mit den Zeichnungen verantwortlich. Die Werkmeister haben neben sonstigen Obliegenheiten auch die Prüfung der fertiggestellten Teile hinsichtlich Richtigkeit der Werkstättenausführung auszuüben und sind ebenfalls für die Uebereinstimmung derselben mit den Zeichnungen verantwortlich. Die Werkmeister haben Anteil an der Verantwortlichkeit für die sachgemässe Werkstättenausführung der einzelnen Teile, tragen jedoch auch die Verantwortung für den richtigen Zusammenhang der einzelnen Teile und die richtige Wirkungsweise derselben, soweit dieser Zusammenhang oder die Wirkungsweise durch die ihnen vorgelegenen Zeichnungen gegeben ist und durch Vergleichung der Ausführung mit der Zeichnung jeder Zeit festgestellt werden kann. Jeder Betriebsleiter ist in erster Reihe nicht nur für die sachgemässe Werkstättenausführung, sondern auch — ebenso wie der Werkmeister — für den richtigen Zusammenbau der fertiggestellten Teile unter einander und der richtigen Wirkungsweise derselben insoweit verantwortlich, als der Zusammenhang und die Wirkung aus den Zeichnungen, welche ihm vorgelegen haben, erkennbar ist, während er für die Uebereinstimmung der einzelnen Teile mit den Zeichnungen nicht verantwortlich zu machen ist, weil anderenfalls seine Aufmerksamkeit viel zu sehr von seinen sonstigen, höchst-wichtigen Obliegenheiten, als gewissenhafter Prüfung der Materialien, Durchführung einer zweckmässigen Werkstätten-Oekonomie, abgelenkt werden würde.

Obschon die vom Konstruktionsbureau gelieferten Zeichnungen die Grundlage für die Ausführung sind, kommt es doch vor, dass das Betriebspersonal gezwungen wird, davon abzuweichen, oder dass es eine Abweichung vornimmt, um eine zweifellose Verbesserung herbeizuführen. Der erste Fall tritt ein, wenn die Werkstattzeichnungen Irrtümer, z. B. unrichtige Maasse enthalten oder Widersprüche der Zeichnungen unter sich vorkommen; der andere Fall liegt vor, wenn die gezeichneten Konstruktionen mit Verstössen gegen die praktische Erfahrung oder Werkstättenpraxis behaftet sind und daher zur Abwendung sachlicher oder geschäftlicher Nachteile eine Aenderung wünschenswert erscheint. Das Betriebspersonal ist jedoch in solchem Falle nicht nur berechtigt, sondern auch verpflichtet, die Zeichnungen, an denen solche Fehler gefunden werden, durch den Bureauchef unverzüglich berichtigen zu lassen oder ihm jede selbst vorgenommene Aenderung mitzuteilen. Solche Aenderungen dürfen sich jedoch nicht auf



Fälle erstrecken, welche nur im Zusammenhange mit den übrigen Maschinenteilen oder mit dem Maschinenganzen beurteilt werden können.

Der Zusammenbau (Montage), d. i. die Vereinigung der in den Werkstätten teils fertiggestellten, teils nur bis zu einem gewissen Grade vorgearbeiteten einzelnen Maschinenteile oder Teile der Gesamtmaschine zu dem fertigen Ganzen, ist in gleicher Weise wie der vorhin geschilderte Werkstättenbetrieb gegliedert. Dem den Zusammenbau leitenden Ingenieur sind Werkmeister und diesem Vorarbeiter (Monteure) unterstellt. Das Personal empfängt von den Werkstätten die zusammenzubauenden, teils fertigen, teils vorgearbeiteten Maschinenteile und hat an denselben ohne weiteres diejenigen Veränderungen vorzunehmen, welche einerseits als Ausgleichung etwaiger Ungenauigkeiten notwendig sind, andernteils mit Rücksicht auf richtigen Zusammenhang oder richtige Wirkung geboten erscheinen, d. h. das Montagepersonal hat die einzelnen Teile zusammenzupassen, zu verbinden und gangbar zu machen. Das Montagepersonal ist nicht verpflichtet, an den empfangenen Gegenständen Kritik auszuüben, betrachtet dieselben vielmehr als richtig und zweckentsprechend. Es darf daher andere Aenderungen, als die vorhin erwähnten, nicht ohne weiteres vornehmen, ist jedoch verpflichtet, etwa ihm aufgefallene Fehler im Material, in der Ausführung oder Konstruktion zur Sprache zu bringen. Monteure und Werkmeister haben solche Fehler dem Montage-Ingenieur zu melden, welcher unter seiner Verantwortlichkeit darüber entscheidet, ob und welche Abänderung getroffen werden soll. Wesentliche Abänderungen ist er dem Konstruktionsbureau mitzuteilen verpflichtet. In zweifelhaften Fällen wird ein Meinungs-austausch zwischen Montage-Ingenieur und Bureauchef oder Vorsteher stattfinden. Das Montagepersonal bekommt als Richtschnur beim Zusammenbauen durch den Betriebsleiter die vom Konstruktionsbureau hergestellten Gesamtzeichnungen oder Montirungszeichnungen, deren Zweck es ist, einen Ueberblick über die ganze Anlage oder grössere Teile derselben zu gewähren. Sie sind, der Natur der Sache nach, in kleinem Maassstabe gefertigt und dienen keineswegs dazu, die Ausführung der einzelnen Teile zu prüfen.

Monteur und Werkmeister sind verantwortlich für das richtige Zusammenpassen und Verbinden der montirten Gegenstände; auch tragen sie in erster Reihe die Verantwortung für die Gangbarkeit derselben. Sie teilen die Verantwortlichkeit für die sachgemässe Ausführung aller mit den montirten Gegenständen anzustellenden Druck- und sonstigen Proben. Der Montage-Ingenieur hat in erster Reihe für letztere, sowie für die Gangbarkeit der Anlage als Ganzes einzutreten und nimmt Teil an der Verantwortlichkeit betreffs der richtigen Wirkung der einzelnen Maschinenteile.

---

Die im Vorstehenden gekennzeichnete Organisation bezieht sich nur auf Grossbetriebe mit weitestgehender Arbeitsteilung. Für den Anfänger ist ausdrücklich hervorzuheben, dass solche Verhältnisse nicht die allgemein üblichen sind, dass es bei uns überhaupt nur wenige derart organisierte Fabrikbetriebe giebt. Diese weisen dem Anfänger immer nur ein engbegrenztes Gebiet der Thätigkeit innerhalb der streng gegliederten Organisation zu. Lehrreicher für den Anfänger sind die zahlreichen kleineren Betriebe, welche mit weniger ausgedehnter Arbeitsteilung auskommen und dementsprechend grössere Gebiete der getheilten Arbeit in eine Hand legen müssen.

Für solche kleinere Verhältnisse gilt aber hinsichtlich verantwortlicher Mitarbeit dasselbe wie für grössere. Unter allen Umständen zwingt jede Arbeitsteilung auch den Anfänger, in seinem Wirkungskreise für die Richtigkeit seiner Mitarbeit aufzukommen, auch wenn dies nicht ausdrücklich mündlich oder schriftlich ausbedungen sein sollte.

Jede einmal durchgeführte Organisation verlangt strenge Einhaltung der Arbeitsteilung. So wie z. B. der Werkstätte keine Abweichung von der Zeichnung erlaubt ist, so ist es auch unzulässig, dass vom Konstruktionsbureau nachträglich Abänderungen der Zeichnungen ohne Verständigung der Werkstättenleitung vorgenommen werden, dass an die Werkstätte hinausgegebene Zeichnungen ohne Vorwissen des Werkstättenleiters wieder zurückgezogen oder stillschweigend geändert werden.

Massgebend für den Wert der Mitarbeit ist ihre sachliche Richtigkeit, Sorgfalt und Zuverlässigkeit; dies gilt besonders von der Detailarbeit, ohne deren sorgfältigste Erledigung kein organisirter Betrieb möglich ist. Völlig unbrauchbar ist sachlich unrichtige und oberflächliche Arbeit. Immer mehr zeigen Anfänger ein anspruchsvolles, auf schulmässiges Wissen sich stützendes Begehren nach leitender Arbeit, ohne die mühevollen Detailarbeit leisten zu wollen, ohne sich vorher die zeichnerische, konstruktive und betriebliche Ueberlegenheit angeeignet zu haben, welche zur Leitung der Arbeit anderer erforderlich ist. Der Weg zu dieser Ueberlegenheit führt immer durch die Mitarbeit und Detailarbeit hindurch. Die Verkennung dieser einfachen Wahrheit ist die Hauptursache tiefgehender Unzufriedenheit, einerseits der Erfahrenen mit den Anfängern, weil diese das Erste und Notwendigste vernachlässigen, andererseits der Anfänger, weil ihnen die „höhere“ Stellung, zu der sie sich berechtigt glauben, nicht eingeräumt werden kann.

Es ist die verderblichste Irreleitung der Jugend, ihr zu sagen oder auch nur die Meinung aufkommen zu lassen: die Detailausführung, die Rücksichtnahme auf die praktische Ausführung, die Herstellung von Werkzeichnungen und insbesondere die richtige Behandlung der Maasszahlen sei eine „Fabrikangelegenheit“, gehöre nicht an die Hochschule, sondern sei in den Fabriken Aufgabe der Zeichner und „Gewerbeschüler“, nicht aber der „akademisch Gebildeten“. Der Studirende nimmt das gläubig hin, denn die grösste Schwierigkeit fällt ja damit fort; er wird aber auf solche Weise über Wichtiges und Schwieriges getäuscht und erst nach peinlichsten eigenen Erfahrungen mit der Wahrheit vertraut. Die „Zeichner“ und „Gewerbeschüler“ verdrängen den „Ingenieur“, und der ganze Stand kommt in Verruf, wenn die akademisch gebildeten Anfänger verantwortliche Mitarbeit, Detailarbeit für die Ausführung nicht leisten können. Immer zahlreicher werden die Fälle, dass Ingenieure verkümmern, weil sie die Ausführung nicht kennen, Detailarbeit nicht leisten wollen oder können, und dass Gewerbeschüler sich emporarbeiten, weil sie unmittelbare Befähigung für solche Arbeit mitbringen und sich vertiefte Erkenntnis im Laufe der Zeit aneignen.

Kommt ein Anfänger ohne Kenntnis der praktischen Ausführung in die Praxis, gleichgiltig in welcher Richtung, so wird er Unheil anrichten oder schwere Unbill ertragen müssen. Jedenfalls hat er eine lange und harte Schule in der Praxis erst durchzumachen, bis er den „höheren“ Schulstandpunkt verlässt, der ihn glauben machte, es käme nur auf das Verständnis, auf „Ideen“, nicht aber auf die Praxis und die Ausführung an.

Der Unterricht muss deshalb schon im Maschinenzeichnen die thatsächlichen Verhältnisse der praktischen Ausführung als das Wichtigste und Schwierigste behandeln, den Studirenden zu einem brauchbaren Mitarbeiter erziehen und ihm das Bewusstsein der Verantwortlichkeit beibringen. Der junge Ingenieur soll nach vollendetem akademischen Studium nicht in eine ihm fremde Welt eintreten, für welche er zu alt und zu anspruchsvoll geworden ist, sondern die Schulung muss ihm vorher ein klares Bild geben, wie sich der Arbeitsgang in der schaffenden Welt gestaltet, welche Aufgaben an ihn herantreten, und wie die Mitarbeit jedes Einzelnen verantwortlich zum Erfolge des Ganzen beizutragen hat.

Hierüber wird aber die Jugend nicht immer ausreichend belehrt. Sie ist selbst an den Missständen schuld, soweit ungeordnetes, oberflächliches Studium und nicht genügend ernste Auffassung des Berufes in Betracht kommt; oft aber ist sie nicht genügend unterrichtet worden, hat einseitig Abstraktes gelernt, und

sich mit wissenschaftlichen „Problemen“ beschäftigt, vielleicht grossartige Entwürfe durchgeführt, aber die Mitarbeit, die sorgfältige, verantwortliche Detailarbeit für die Praxis, überhaupt die Wirklichkeit nicht ausreichend kennen gelernt. Es muss immer wiederholt werden: Die Schulung muss die Studierenden nicht nur mit dem wissenschaftlichen Apparat, sondern auch mit genügender Kenntnis der Wirklichkeit für die Welt ausrüsten. Die Uebelstände liegen nicht in geringer zeichnerischer Uebung, sondern in mangelhaftem oder fehlendem Vorstellungsvermögen, in der Nichtwürdigung der praktischen Forderungen und der gegebenen Verhältnisse. Die erforderlichen Fähigkeiten können aber nicht durch einen Kursus Maschinenzeichnen allein entwickelt werden. Die Hochschule muss ihre Forderungen an die Vorbildung stellen und diejenigen Fähigkeiten fordern, welche der Studierende mitbringen muss, der ein brauchbarer Ingenieur werden soll. Ein fachwissenschaftliches Studium ohne solche Grundlage führt zu oberflächlichem, einseitigem und unfruchtbarem theoretischen Wissen, aber nicht zum Können. Innerhalb des fachwissenschaftlichen Studiums aber müssen alle Uebungen in der Anwendung der Erkenntnis zur vollen Geltung kommen; sie werden durch jedes Uebermaass einseitig abstrakter Belehrung, durch die grosse Ausdehnung der theoretischen Belehrung und die Einfügung neuer, schwieriger Fächer schwer geschädigt. —

Bei jeder Darstellung von Konstruktionsformen und schon auf der ersten Stufe des Unterrichtes, im Maschinenzeichnen, handelt es sich nicht blos um die zeichnerische, sondern vor allem um die **sachliche** Richtigkeit. Diese ist die Vorbedingung der ersteren.

Die sachliche Richtigkeit liegt in der Würdigung aller Konstruktions- und Ausführungsbedingungen für den besonderen praktischen Zweck, dem die Konstruktion zu dienen hat. Dies setzt die Kenntnis des Maschinenbaus, auch in praktischer und wirtschaftlicher Richtung, voraus. Hier soll nur auf einige Fehler aufmerksam gemacht werden, die schon im Maschinenzeichnen verderbliche Folgen äussern. Vieles Wichtige kann jedoch hier nicht berührt werden, da es sich von der Konstruktionslehre nicht trennen lässt.

Fehler entstehen im Maschinenzeichnen durch:

### **Gedankenlose Nachahmung schlechter Vorbilder.**

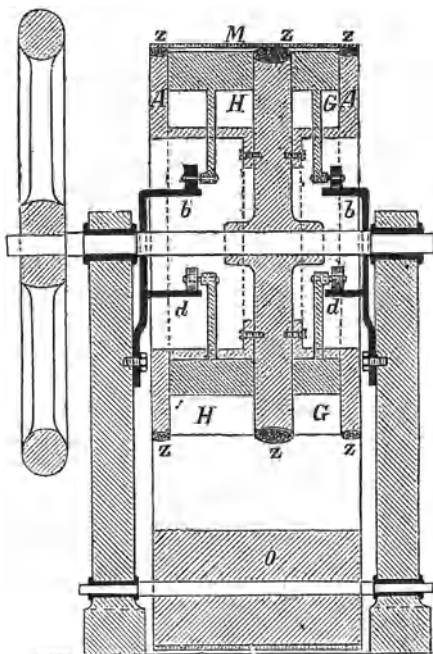
Solche kommt häufig vor, weil es leider zahlreiche schlechte Unterrichtsmittel, veraltete „Vorlagen“ giebt, weil mangelhafte maschinentechnische Lehrbücher und Veröffentlichungen unrichtige, schlechte Vorbilder schaffen. Diese schädigen jeden sachlichen Unterricht, selbst ohne dass sie durch den Lehrer unmittelbar benutzt werden, durch ihr blosses Dasein; dadurch, dass sie dem Anfänger gelegentlich zu Gesicht kommen. Die Anfänger suchen und finden solche schlechte Vorbilder leider in Veröffentlichungen verschiedenster Art, die sie als von Autoritäten herrührend betrachten. Es bleibt deshalb, auch bei gewissenhaftestem Unterricht, keine Hochschule von schlechtem Einfluss frei, umso weniger, als viele aus Mangel an Mitteln gezwungen sind, mangelhafte Zeichnungen zu benutzen.

Hier muss zunächst das deutsche amtliche Patentblatt erwähnt werden; es enthält zahlreiche schlechte Beispiele von Maschinendarstellungen, die nur mit den Holzschnitten und Kupfertafeln älterer technischer Werke verglichen werden können, bei deren Herstellung geringe technische und Geldmittel zur Verfügung

standen. Das Patentamt, eine hervorragende Reichsbehörde, hat gewiss die besten Bestrebungen und verfügt über alle modernen Mittel der graphischen Kunst, über beratende Sachverständige und Millionen von Ueberschüssen. Trotzdem enthält das amtliche Patentblatt unter allen technischen Druckschriften die mangelhaftesten Maschinenzeichnungen.

Diese Veröffentlichungen äussern sehr ungünstigen Einfluss, weil der Anfänger in ihnen das Officielle, das Neueste, die Zukunft sieht. Der Patentschrift entnimmt er, wegen vorläufig noch unzureichender Sachkenntnis, zunächst nur die zeichnerische Darstellung und hält ähnliche mangelhafte Zeichnungen selbstverständlich für zulässig und modern. Da die Autorität, die Behörde, zum technischen Publikum keine gewähltere Sprache spricht, ist er gerne bereit, sorgfältigen zeichnerischen Ausdruck für einen überwundenen Standpunkt anzusehen. Dass viele schlechte Zeichnungen aus dem Auslande stammen, kann nicht eingewandt werden. Das Patentamt zwingt doch In- und Ausland zu seiner Terminologie u. s. w., warum nicht auch zu richtiger zeichnerischer Sprache? Hieran ändert auch nichts die Thatsache, dass bei Patentbewerbern vielfach die Absicht besteht, das Patentirte zu verschleiern und durch unklare Zeichnung besser als durch die Patentansprüche vor Nachahmung zu schützen. Solche Unklarheiten dürfen erst recht nicht geduldet werden; sie werden ja auch im Wortlaut der Anmeldung nicht zugelassen. Endlich ändert hieran auch nichts der Umstand, dass die Patentanwälte meist selbst nicht zeichnen können und sich grosse Flüchtigkeiten zu schulden kommen lassen. Das Schlechteste rührt übrigens nicht von Mängeln der Urzeichnungen her, sondern von der mangelhaften patentamtlichen Vervielfältigung.

Fig. 1a bis 9a sind eine Auswahl von Maschinenzeichnungen, die aus den Jahrgängen 1890 und 1891 des deutschen Patentblattes herausgegriffen wurden.



(Luftmotor.)

Fig. 1a.

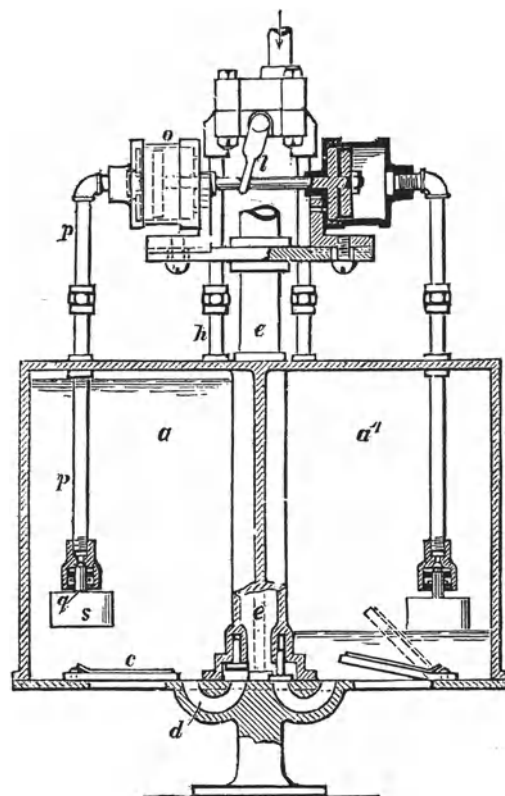


Fig. 2a.

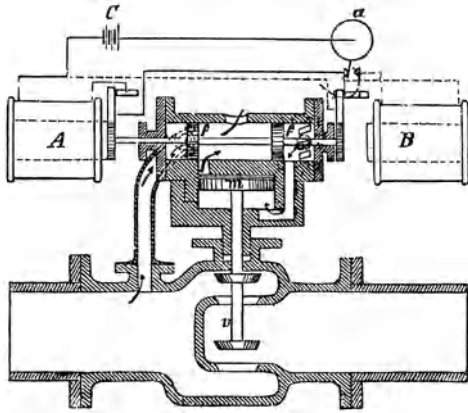


Fig. 3a.

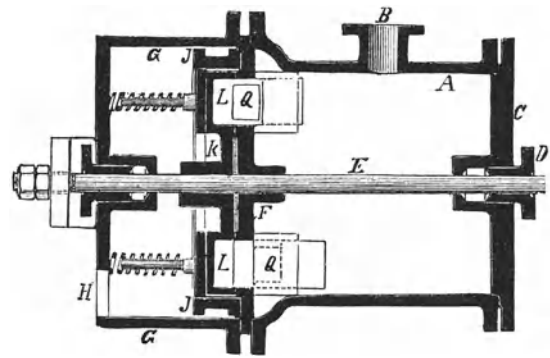


Fig. 4a.

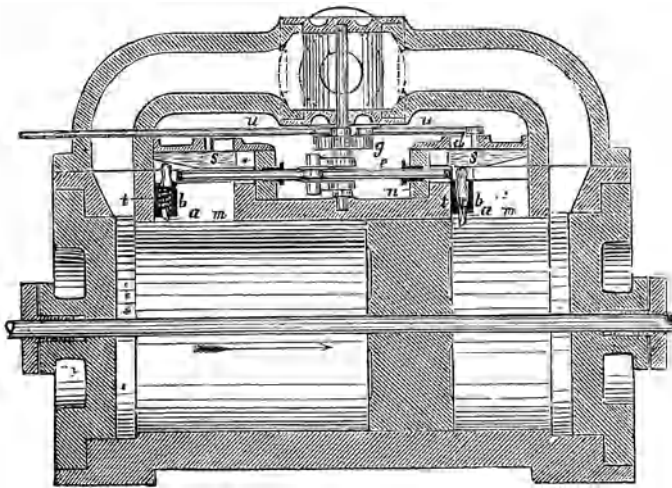


Fig. 5a.

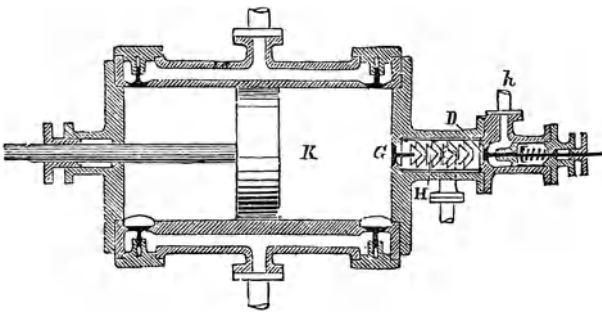


Fig. 7a.

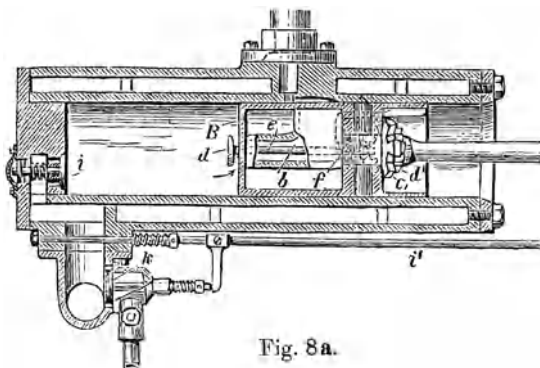


Fig. 8a.

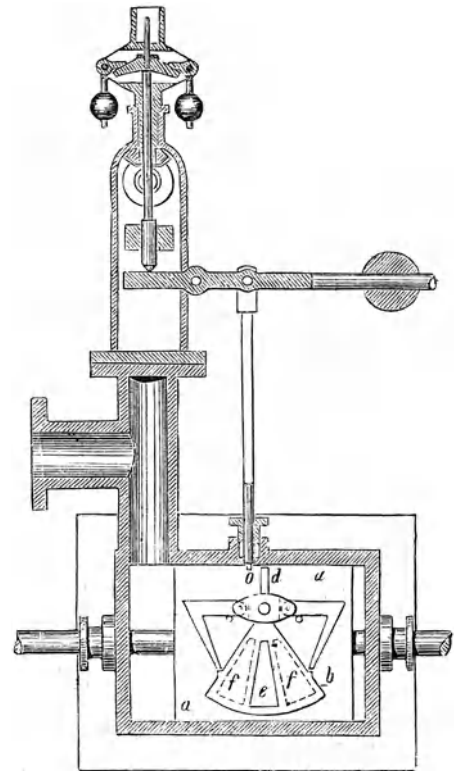


Fig. 6a.

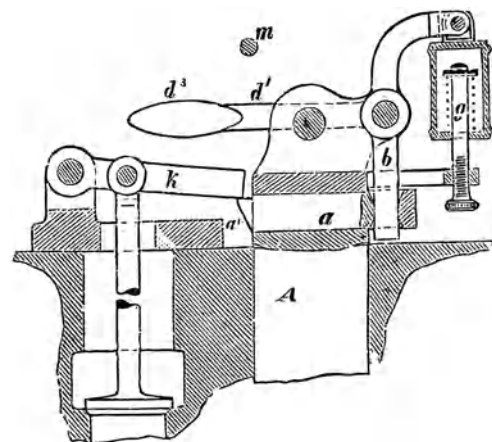


Fig. 9a.

Nichts zeigt greller die Vernachlässigung des zeichnerischen Ausdrucks, den Untergang der Anschauung unter der Wortherrschaft, als der Vergleich der mangelhaften Zeichnungen mit den sonstigen patentamtlichen Forderungen. Gewiss würde das Amt Schriftstücke zurückweisen, die Unmögliches oder Unklarheiten enthalten; Zeichnungen aber, bei denen solches der Fall ist, gehören zum ständigen Inhalt des Patentblattes. Die Bemängelung fehlerhafter Darstellungen wird gern damit abgewiesen, dass gesagt wird, die Einzelheiten seien nebensächlich (z. B. wird Fig. 3a als zulässige Darstellung angesehen, auch wenn das Ventil  $v$  in das Gehäuse überhaupt nicht hineinzubringen ist); die Einzelheiten könne man sich hinzu-, Fehler aber wegdenken, während es bei Schriftstücken durchaus nicht gestattet ist, irgend ein Wort hinzu- oder hinwegzudenken.

Beim Gebrauch von Wort und Schrift wird jeder noch so unbedeutende Fehler gegen die Regel als Todsünde angerechnet und kein Verstoss gegen die Form geduldet. Schriftliche Angaben, welche sachliche Unmöglichkeiten enthalten, oder in denen Wichtiges so ineinandergeschachtelt ist, dass Sinn und Zusammenhang nicht klar sind, würden als unzulässig abgewiesen werden. Nicht so die Zeichnung; z. B. Fig. 6a mit dem unmöglichen Zusammenhang zwischen Stange  $o$  und Hebel, mit den ineinander gezeichneten Schnitten von Ständer und Hebel, dessen Unterstützung man sich „hinzuzudenken“ hat. Eine unverständliche Beschreibung ist nicht zulässig, wohl aber unverständliche Zeichnungen, so z. B. Fig. 4a und 8a; aus letzterer wird auch der Fachmann die Bedeutung aller Linien des Ventils  $k$  oder des Kreuzkopfes  $c, d^1$  nicht enträtseln.

Die praktische Ausführbarkeit ist allerdings nicht Erfordernis der Patentfähigkeit, auch nicht die konstruktive Richtigkeit der Einzelheiten, wohl aber die sachliche Richtigkeit und Vollständigkeit in Wort und Darstellung. Durch mangelhaften zeichnerischen Ausdruck wird ausserdem der besondere Zweck der amtlichen Veröffentlichungen völlig verfehlt.

Die Seite, die hier in Betracht kommt, ist die Nachahmung solcher erbärmlicher Vorbilder durch die studirende Jugend.

Zu den schädlichen Vorbildern gehören auch die noch nicht völlig abgestorbenen Schulkonstruktionen, welche durch

### **einseitige oder unrichtige Anwendung „theoretischer Grundlagen“**

entstehen.

Einseitige Anwendung an sich richtiger allgemeiner Grundlagen auf einen besonderen Fall bedeutet immer den groben Fehler, dass alle andern wissenschaftlichen, praktischen oder wirtschaftlichen Bedingungen, die gerade den besonderen Fall kennzeichnen, nicht beachtet wurden.

Hieraus entsteht ebenso Unsinniges, wie aus der Anwendung falscher Grundlagen. Die Mehrzahl fehlerhafter Schulzeichnungen entsteht auf solchem Wege; insbesondere durch die Meinung, der „Wissenschaft“ genug gethan zu haben, wenn einzelne Bedingungen und „wissenschaftliche Grundsätze“ einseitig an Konstruktionsbeispielen eingeübt und damit bequem alle Schwierigkeiten, welche sich aus der Berücksichtigung aller anderen Bedingungen ergeben, der „Praxis“ überwiesen werden. Hierdurch entstehen fehlerhafte Konstruktionen, die als Vorbilder für das Maschinenzeichnen schlimmer wirken als veraltete, weil sie sich auf ihre angeblich wissenschaftliche Herkunft berufen und den Anfänger doppelt irreführen.

**Fehlerhafte Beispiele**  
einseitiger Anwendung „theoretischer Grundlagen“.

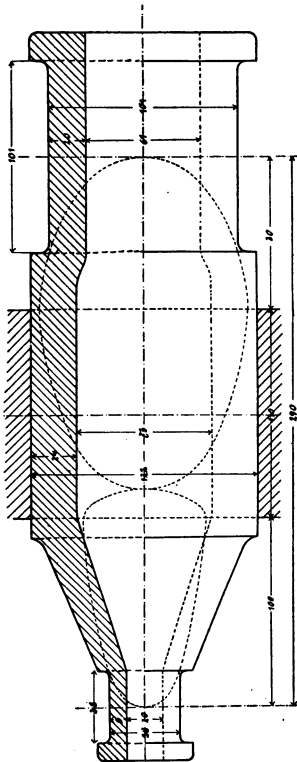


Fig. 10a.

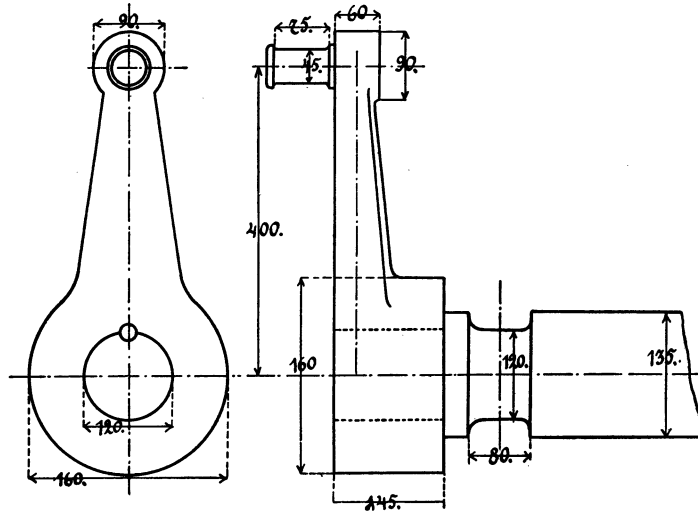


Fig. 11a.

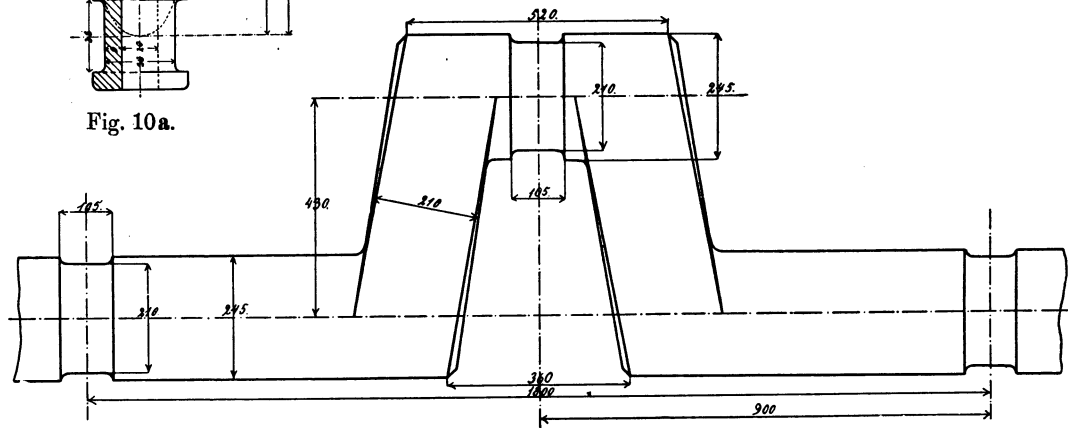


Fig. 12a.

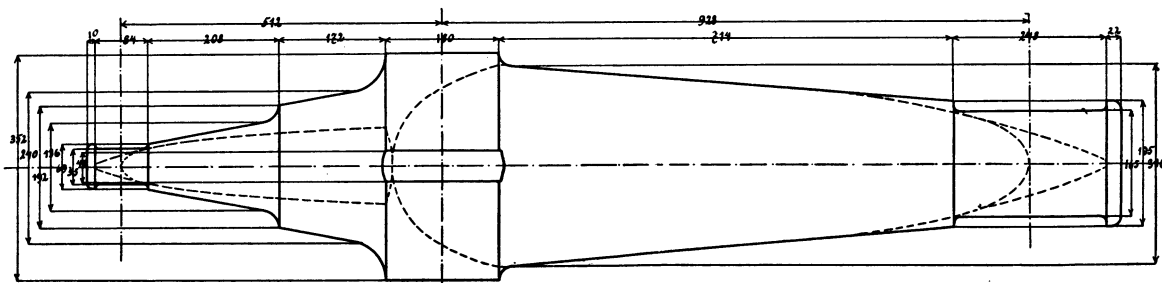


Fig. 13a.

Fig. 10a—13a sind einige kennzeichnende Beispiele solcher fehlerhafter „wissenschaftlicher“ Schul-Konstruktionen.

Kurbel und Welle Fig. 11a sind mittels weitläufiger graphischer Berechnung „genau“ berechnet, aber nur auf Festigkeit, und nach dieser einseitigen Rech-

nungsannahme konstruiert. Ebenso sind die Abmessungen der Kurbelwelle Fig. 12a und der Tragachse Fig. 13a unter Benutzung praktisch unzulässiger einseitiger Rechnungsgrundlagen ermittelt; es sind nur die statischen Wirkungen der Kraft-

momente berücksichtigt, aber nicht die Formveränderungen, und nicht der Einfluss der Reibung und Abnutzung. Ausserdem ist die praktische Herstellung der Maschinenteile ausser Acht gelassen.

Fig. 10a zeigt die einseitige Schulbearbeitung einer Tragachse mit schiefer Belastung.

In den Gegenfiguren 11 und 12 sind richtige Formen dargestellt\*), die sich unter Berücksichtigung aller Rechnungs- und Konstruktionsbedingungen ergeben.

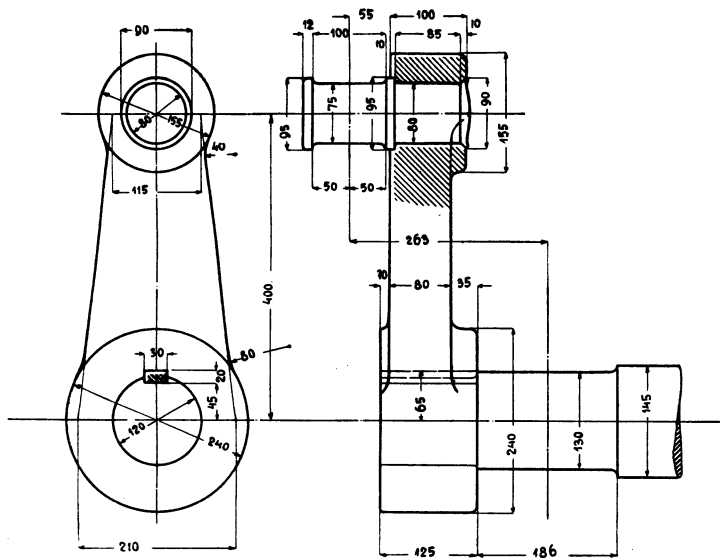


Fig. 11.

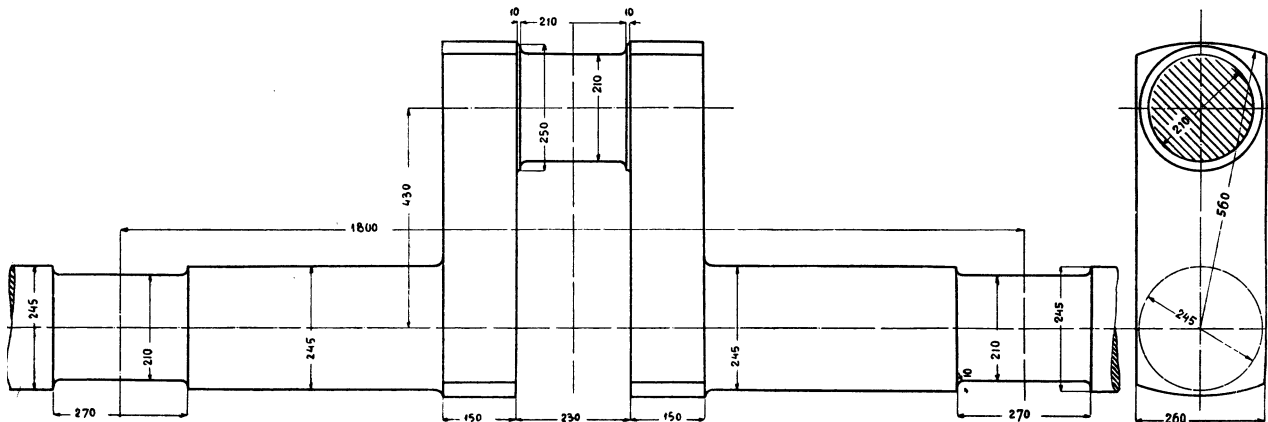


Fig. 12.

\*) Die unrichtigen, dem jeweilig gekennzeichneten Zweck nicht entsprechenden Darstellungen sind mit Nummern und Buchstaben (Fig. 11a), die zugehörigen richtigen hingegen nur mit Nummern (Fig. 11) versehen. Die unrichtigen sind in der Regel auf der linken, die richtigen auf der rechten Seite des Buches dargestellt.

Für die Textfiguren sind der Einfachheit des Druckes wegen Zinkätzungen verwendet, obwohl hierdurch ein grosser Teil der individuellen Darstellungsart verloren geht und mehreres zum Abschnitt „Skizzen“ und „farbige Ausführung“ Gehörige sich überhaupt nicht darstellen lässt. Aus gleichem Grunde konnte der Maassstab der bildlichen Darstellung nicht so gross gewählt werden, als es mit Rücksicht auf den Zweck der Veranschaulichung erwünscht gewesen wäre. Bei allen Werkzeugzeichnungen wird, ausser in den Fällen, wo grundsätzlich alles in natürlicher Grösse zu zeichnen ist, der Maassstab 2—3 mal so gross zu wählen sein, als er in den vorliegenden Beispielen angenommen werden musste.

Zu Gunsten dieser unvollkommenen Darstellung spricht aber der Umstand, dass Wort und Zeichnung übersichtlich nebeneinander stehen, was dem Lehrzwecke besser entspricht als getrennte, wenn auch vollkommene Darstellung. Aus den angegebenen Gründen sind die Beispiele auf Werkzeugzeichnungen und Skizzen beschränkt.



Schädliche Vorbilder werden dem Maschinzeichnen zugeführt durch

### Verhältniszahlen und Konstruktionsrezepte,

welche in Taschenbüchern und Kalendern, wie auch in wissenschaftlich sein sollen-  
den Konstruktionslehren noch immer zu finden sind.

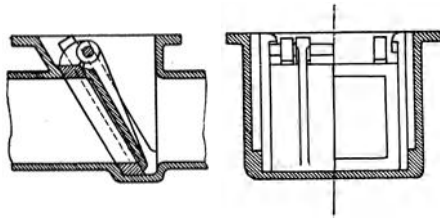


Fig. 14a.

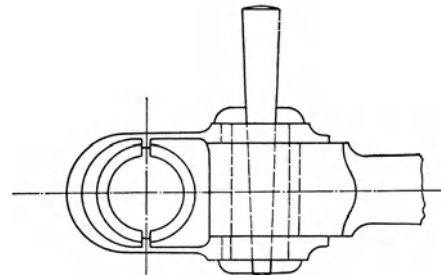


Fig. 17a.

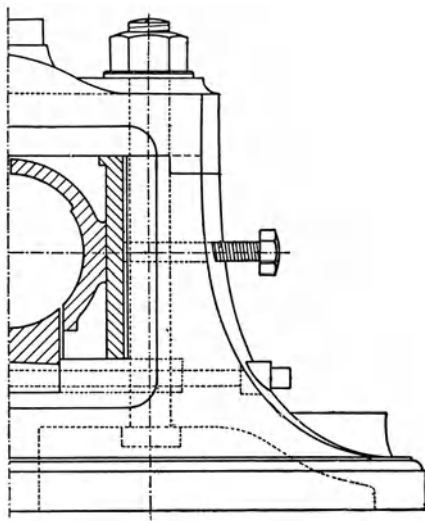


Fig. 15a.

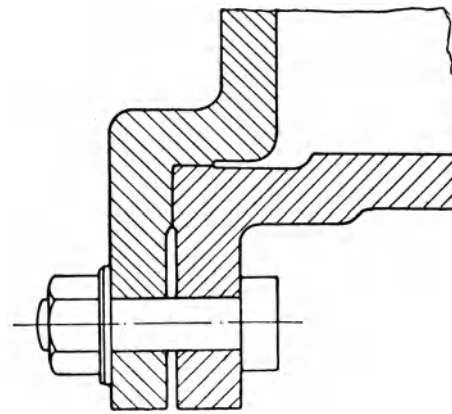


Fig. 18a.

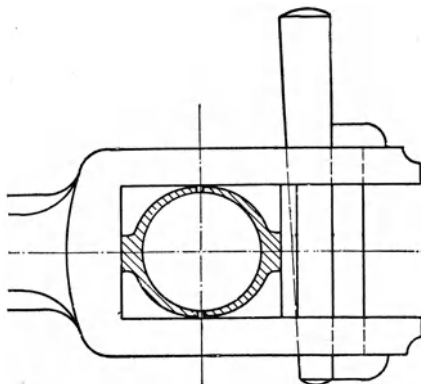


Fig. 16a.

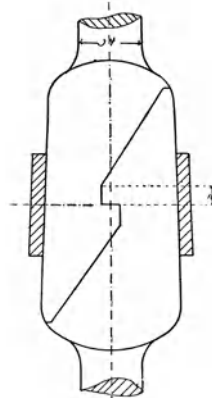


Fig. 19a.

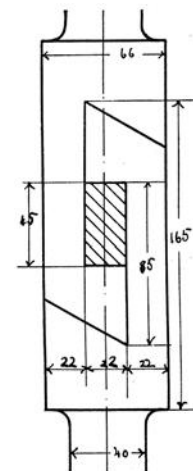


Fig. 19b.

Fig. 14a zeigt eine Klappe, die sich nicht öffnen kann, die weder hinten, noch seitwärts genügenden Durchgangsquerschnitt bietet.

Fig. 15a: ein stellbares Kurbellager, das nicht betriebsfähig ist, weil die nach Verhältniszahlen dimensionirten Stellschrauben, sowie die Wangen zu schwach, die Auflageflächen des Lagerkörpers zu klein sind und andere Einzelheiten der Konstruktion den Betriebsanforderungen nicht entsprechen.

Fig. 16a und 17a zeigen nach Verhältniszahlen „konstruierte“ Stangenköpfe, die gegen achsiale und normal wirkende Kräfte nicht widerstandsfähig sind.

Fig. 18a: eine nach Rezept entworfene Verschraubung.

Fig. 19a und 19b: nach Verhältniszahlen entworfene Gestänge-Kuppelungen.

Zweckwidrige „Schulzeichnungen“ entstehen immer, wenn nicht alle Beziehungen der Form zum Zwecke und zur praktischen Ausführung berücksichtigt werden und statt dessen Verhältniszahlen und Konstruktionsrezepte die Grundlage bilden. Solche Zeichnungen richten grossen Schaden an, wenn sie durch Tradition oder Bücher zu Vorbildern werden, die der Anfänger gutgläubig kopiert. Nur Lehrer, welche die Wirklichkeit nicht kennen, vertrödeln Zeit und Kraft mit Verhältniszahlen und Konstruktionsrezepten. Wird der Anfänger gar damit gedrillt, was leider auch gelegentlich geschieht, dann wird seine Selbständigkeit tief geschädigt. Die behauptete Wissenschaftlichkeit der einseitigen Konstruktionsregeln übt auf lange Zeit eine verheerende Wirkung aus und hindert ihn an richtiger sachlicher Beobachtung und Ueberlegung. Es sind Jahre erforderlich, das einmal aufgenommene Einseitige wieder auszutreiben.

Sachliche Fehler und schlechte Vorbilder entstehen weiter durch Konstruktionen, welche im

### **Widerspruch mit der praktischen Ausführung**

stehen.

Aus pädagogischen Gründen brauchten solche fehlerhafte Formen nicht unbedingt vom Unterricht ausgeschlossen zu werden; sie sind lehrreich, wenn sie dem Anfänger kritisch beleuchtet und wenn ihnen gute Konstruktionen gegenübergestellt werden.

Beispiele bieten schon die Schulkonstruktionen Fig. 10a (ein Hohl-guss mit 20 mm Kern ist nicht ausführbar) und Fig. 13a (der dünne Zapfen am schweren Stück ist unzulässig, auch wenn seine Schulberechnung richtig wäre); ferner Fig. 20a bis 24c.

Tragachsen (Fig. 20a) werden nicht mehr mit dem gezeichneten Flügelquerschnitt oder mit „Sternflügelquerschnitt mit parabolisch verjüngter Begrenzungskurve“ hergestellt; dies widerspricht den Forderungen der modernen Giessereitechnik und lässt keine richtige Massenverteilung zu; dasselbe gilt von den Formen Fig. 20b und 20c. Wer eine gusseiserne Schubstange wie Fig. 21a und 21b baut, kommt mit den gegenwärtigen Betriebsverhältnissen von Maschinen und mit gesetzlichen Vorschriften über Betriebssicherheit und Haftpflicht in Konflikt.

Kreuzköpfe, Fig. 22a und 23a, mit achteckigen Befestigungszapfen und komplizierten schlechten Keilverbindungen widersprechen der gegenwärtigen Werkstatttechnik.

Achteckige Uebergänge zwischen flachen und runden Teilen (Fig. 24a, 24b, 24c) sind unzulässig und durch runde, durch Dreharbeit genau und billig herstellbare Formen zu ersetzen.

Ueber Formgebung im Zusammenhang mit den Herstellungsmitteln, mit Werkzeugmaschinen, Formerei- und Giessereitechnik und mit den Kosten der Werkstattarbeit muss auch der Anfänger, nach Möglichkeit schon im Maschinenzeichnen, belehrt und darf nicht durch eine „Formenlehre“ getäuscht werden.

Die in den Fig. 20 bis 24 dargestellten richtigen Formen entstehen notwendig durch die Bearbeitung auf der Drehbank und zeigen die charakteristischen Verschneidungslinien zwischen ebenen und Rotationskörpern. Solche Formen, die der Dreharbeit wegen so entstehen müssen, als Erscheinungsformen zu betrachten und

**Fehlerhafte Beispiele:**  
Widersprüche mit der  
Ausführung.

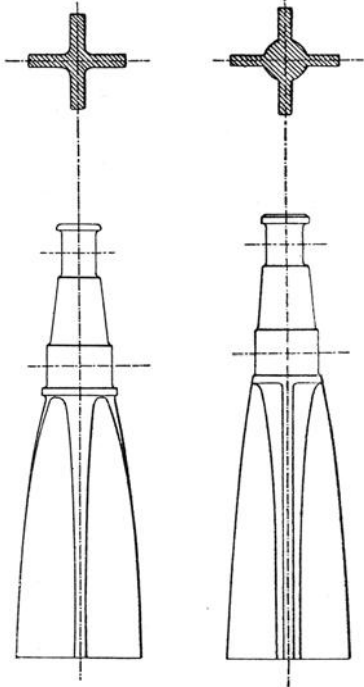


Fig. 20 a.

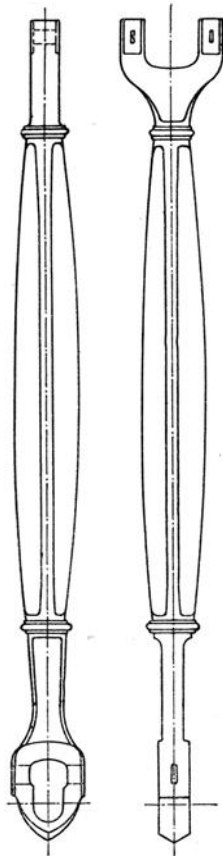


Fig. 21 a.

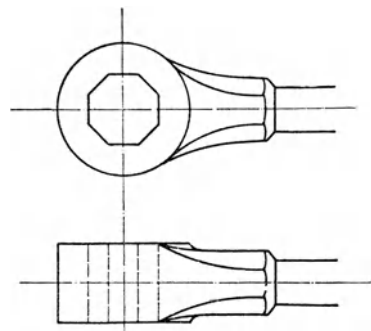


Fig. 24 a.

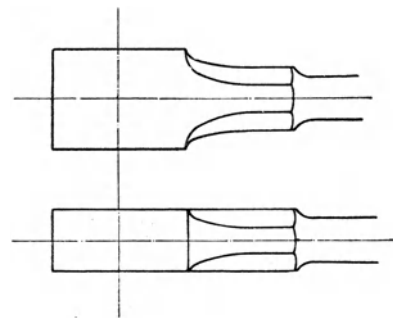


Fig. 24 b.

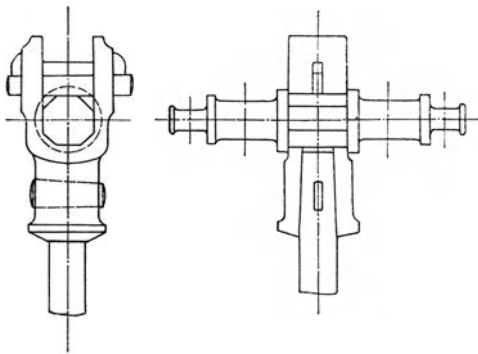


Fig. 22 a.

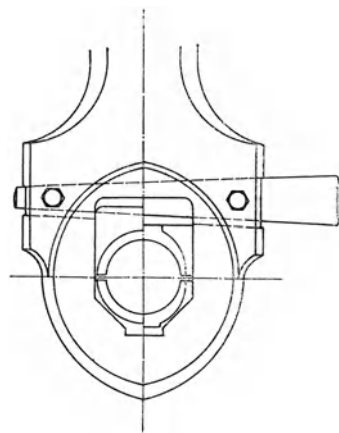


Fig. 21 b.

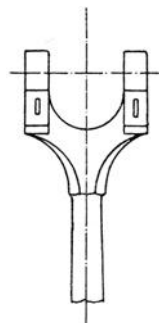


Fig. 24 c.

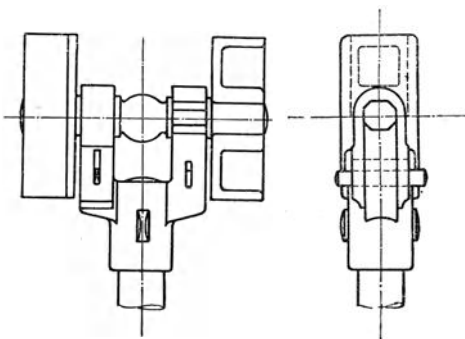


Fig. 23 a.

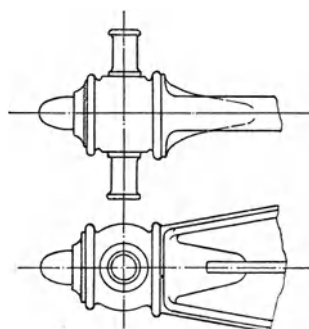


Fig. 20 b.

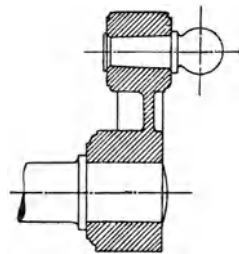


Fig. 20 c.

zu klassifizieren, etwa Fig. 21 als „Stange mit gemischtem Querschnitt“, beweist eine Verkennung der Grundlagen, eine Verwechslung von Ursache und Wirkung.

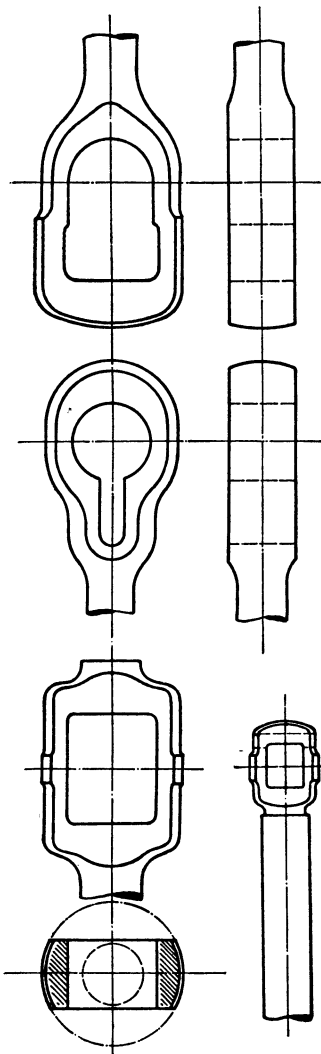


Fig. 20.

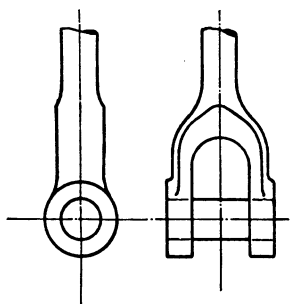


Fig. 23.

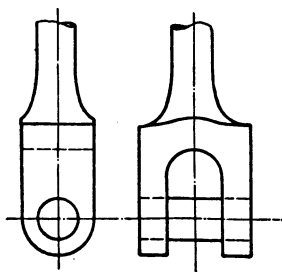


Fig. 24.

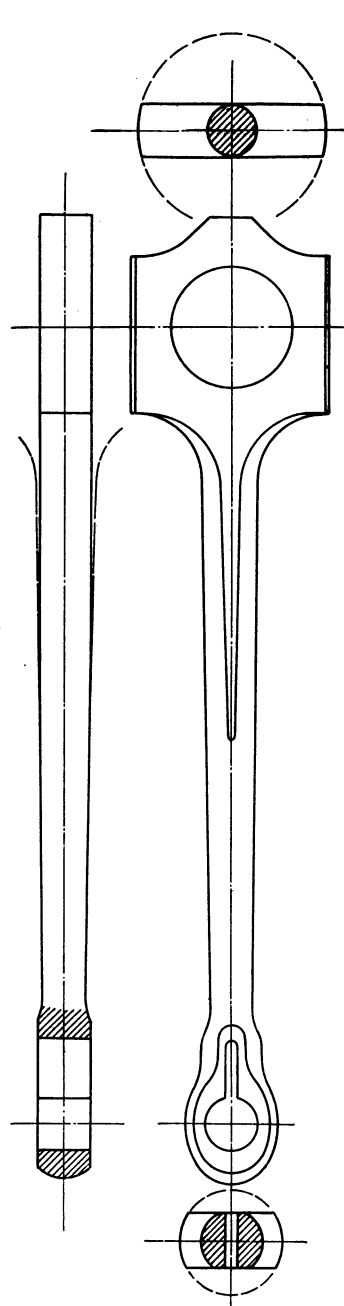


Fig. 21.

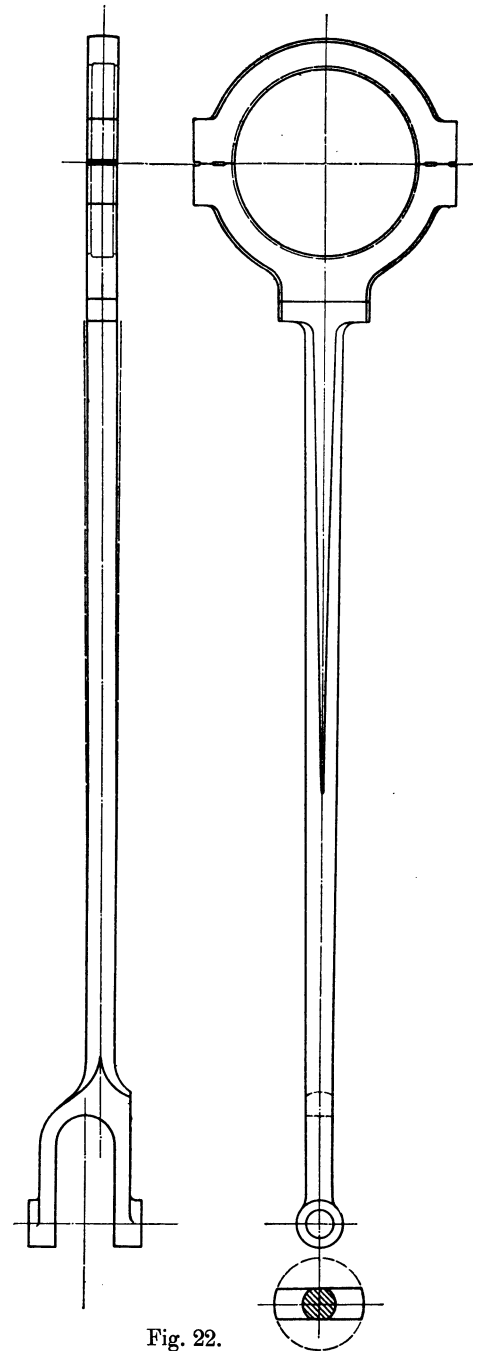


Fig. 22.

Hierzu liesse sich noch eine lange Reihe fehlerhafter Vorbilder anführen, u. A.: schlechte, selbst unausführbare Formen von Gussstücken, welche die Herstellung ohne Gussspannungen nicht zulassen; fehlerhafte Massenverteilungen, unzulässige ungleiche Wandstärken, scharfeckige Durchdringungen bei Hohlkörpern mit unzureichender Festigkeit, Formen ohne Abrundungen der Innenkanten u. s. w.

Es liegt ausserhalb des Rahmens dieser Schrift, hier näher auf dieses grosse und gerade für den Anfänger wichtige Feld einzugehen. Immer ist die sachliche Begründung das Wesentliche. Der Anfänger darf nicht auf späteren technologischen Unterricht verwiesen, sondern muss schon im Maschinzeichnen wenigstens mit der wesentlichsten sachlichen Begründung der Notwendigkeit bestimmter Konstruktionsformen vertraut gemacht werden; es bleibt noch genug Schwieriges für den nachfolgenden fachwissenschaftlichen Unterricht.

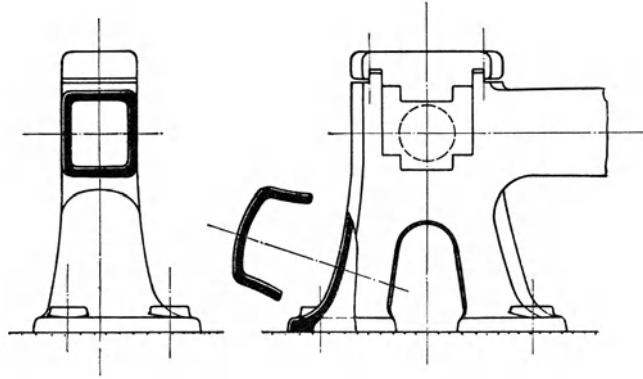


Fig. 25 a.

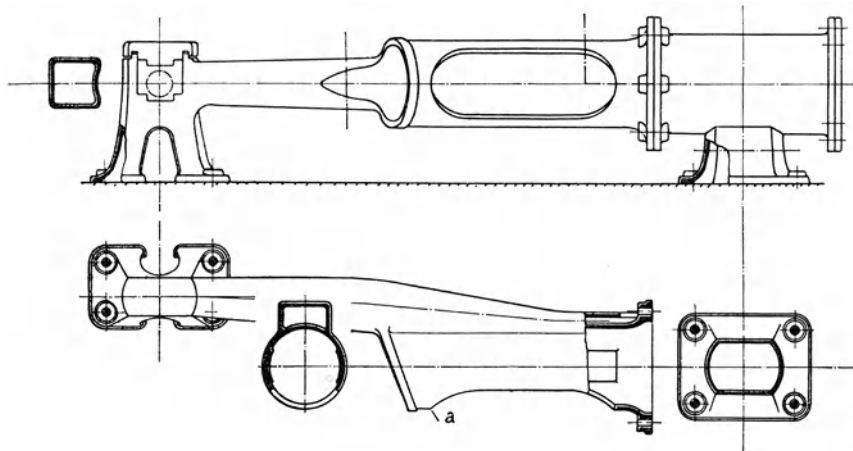


Fig. 26 a.

Ueber das Sachliche belehrt nicht, sondern schafft weitere Fehler und schlechte Vorbilder: die

#### **Anwendung einer falschen „Formenlehre“ auf den Maschinenbau,**

welche Anweisungen über Konstruktionsformen erteilt, die nicht ausschliesslich aus den sachlichen und Herstellungsbedingungen, sondern einer besonderen Stil- lehre entspringen.

Der Anfänger wird durch solche Formenlehre irregeführt, weil sie ihm die Formen nicht als sachliche Notwendigkeiten darstellt, während, wie eben gezeigt, die Rücksichten auf Zweck, praktische Ausführung, Bearbeitungsmittel, Materialverteilung u. s. w. zu bestimmten Formen zwingen. Durch diese zwingenden sachlichen Forderungen wird jede „Formenlehre“ hinfällig.

Von den Erzeugnissen doktrinärer Formenlehre sei hier nur ein Beispiel gegeben. Der Maschinenrahmen Fig. 26a und das dazu gehörige Kurbellager Fig. 25a sind nach Formanweisungen „konstruiert“. Diese ganze Formenlehre zerschellt aber an den einfachsten praktischen Bedingungen:

Die Lagerfüsse Fig. 25a, mit ihrem innen offenen Querschnitt, widersprechen der praktischen Herstellbarkeit; die Auflageflächen zwischen Lagerfuss und Mauerwerk sind gegenüber den Kraftwirkungen zu klein; sie müssen so, wie in Fig. 25 angedeutet, vergrössert werden. Der Hohl-guss Fig. 26a des flachgeschwungenen Balkens ist wegen zu dünner Kerne unausführbar. Die Verschneidungsstelle a (Fig. 26a) ist zu schwach und würde wegen Gussspannungen reissen.

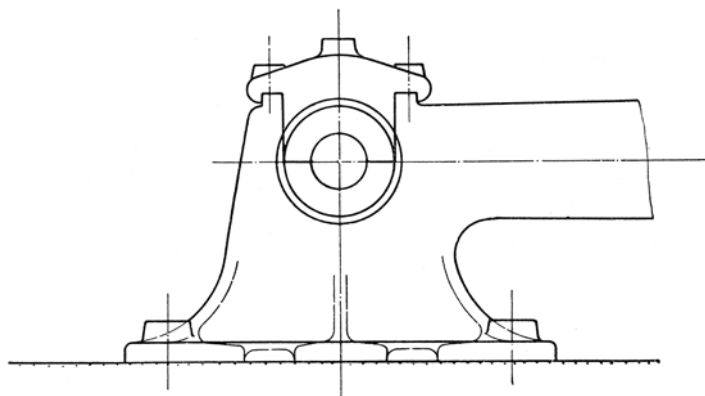


Fig. 25.

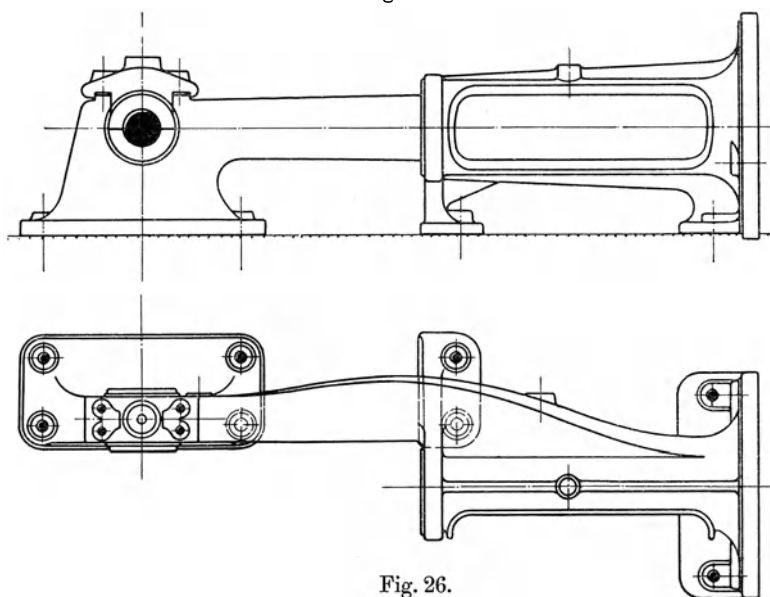


Fig. 26.

Die Durchbiegungen grosser Rahmen machen eine Unterstützung derselben in der Mitte notwendig und die Wärmeausdehnung des Dampfzylinders eine Unterstützung des Rahmenendes statt des Zylinders (Fig. 26). Eine Reihe sachlicher Bedingungen widerspricht also der doktrinären Form. —

Zu den häufig vorkommenden sachlichen Unrichtigkeiten und schlechten Vorbildern gehören endlich: unrichtige oder zweckwidrige Maasszahlen.

Die Maasszahlen bilden die wichtigste Vermittlung zwischen Zeichnung und Ausführung. Wie überhaupt jeder formelle Fehler zu einem sachlichen werden kann, so können insbesondere durch undeutliche Maasszahlen sachliche Irrtümer hervorgerufen werden. Hiervon ist im Spättern noch zu sprechen.

### Zweck der Zeichnung und davon abhängige Art der Darstellung.

Das Wesentliche des Maschinenziehens liegt in der Vorstellung der Konstruktionsformen und im zeichnerischen Ausdruck dieser Vorstellung, der dem jeweiligen **Zweck** der Darstellung entsprechen muss. Mit dem Zweck ändert sich auch die Art der zeichnerischen Darstellung.

Werkstattzeichnungen z. B. sind das ausschliessliche Ausdrucks- und Verständigungsmittel des Konstrukteurs gegenüber den Arbeitern, welche die gezeichnete Form auszuführen haben. Diesem Zwecke entsprechend muss notwendig jede Werkstattzeichnung:

unzweideutig und vollständig alles enthalten, was zur Ausführung erforderlich ist.

Sie muss in sehr kräftigen Linien gezeichnet sein, weil die Arbeiter das Auszuführende (Form und Ausführungsmaasse) auch in grösseren Entfernungen deutlich sehen müssen.

Kein Ausführungsmaass darf abgemessen werden, weil die Zeichnungen durch die Benutzung beschädigt werden und das Papier veränderlich ist. Daher sind:

alle Ausführungsmaasse in Zahlen unzweideutig in die Zeichnung einzuschreiben, auch bei Darstellung in natürlicher Grösse. Nur die Maasszahlen sind für die Ausführung massgebend.

Aus diesen Bedingungen ergibt sich notwendig für jeden besonderen Zweck eine bestimmte Darstellungsart.

Projektzeichnungen z. B. haben oft nur den Zweck, nichtsachverständigen Beurteilern ein Bild der Konstruktionsformen zu geben und erfordern deshalb anschauliche, möglichst plastische Bilddarstellung. Ist die Uebung des Beurteilers im Lesen von Zeichnungen sehr gering, dann wird vollständig plastische Darstellung, ein Modell, notwendig. — So zwingt der Zweck zu ungewöhnlichen Darstellungsmitteln, schliesslich zum völligen Verlassen der gewöhnlichen Zeichnung.

Der besondere Zweck: die Veranschaulichung für Nichtsachverständige, kann auch notwendig machen, zahlreiche Konstruktionsformen nur leicht anzudeuten oder aus der Darstellung ganz wegzulassen, wenn beabsichtigt ist, andere Teile als Hauptsache desto anschaulicher hervortreten zu lassen. Diese Notwendigkeit liegt vor bei vielen Erläuterungs-, Projekt- und Patentzeichnungen u. s. w., in denen bestimmte, für den augenblicklichen Zweck wichtige Einzelheiten hervorgehoben werden müssen. Amerikanische Preisblätter u. dgl. enthalten vielfach Muster solcher Darstellungsart, insbesondere für die Teilung der Darstellung: durch starke Linien ist das Wesentliche, durch schwächere der Zusammenhang mit den Nachbartheilen zur Anschauung gebracht (Fig. 27—30). Ohne solche Teilung wird die Darstellung für den Zweck der Veranschaulichung zu verwickelt und unübersichtlich.

Z. B. Fig. 32 und 33 sind Abdrücke von guten, nach photographischen Aufnahmen fertiger Maschinen hergestellten Bildstöcken; sie zeigen alles, was die fertige Maschine enthält. In solcher Darstellung findet sich der Laie nicht zurecht, weil die Nebenteile überwiegen. Selbst der Fachmann wird jede gute Projektionsdarstellung solchem Gesamtbilde vorziehen. Die sonst guten Darstellungen entsprechen daher nicht dem Zwecke der Veranschaulichung. Sie sind nur für Bilddarstellungen brauchbar, aus denen keine Einzelheiten entnommen werden sollen.

Ist durch die Abbildung nur ein ungefähres Bild beabsichtigt, welches auf eine Maschinengattung und auf eine Firma aufmerksam machen soll, dann entspricht solchem Zweck die einfachste Darstellung, z. B. Fig. 34, die nur die äussere Form und die Firma auffällig zeigt. Für solchen Zweck genügen selbst zeichnerisch sehr unvollständige Darstellungen, z. B. Fig. 35, durch welche nur beabsichtigt ist, auf einen durch Massenfabrikation hergestellten Maschinentypus aufmerksam zu machen u. s. w.

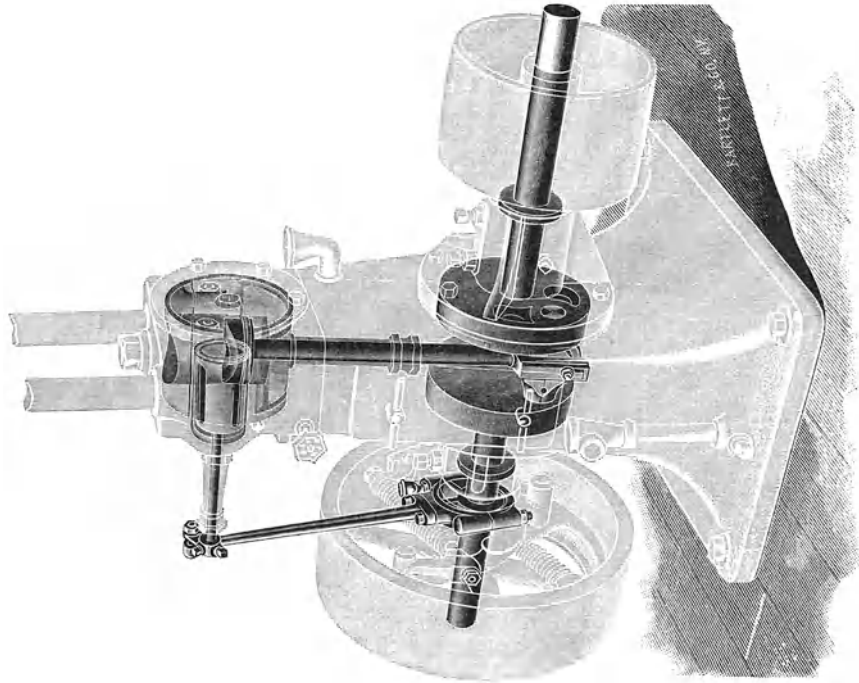


Fig. 28.

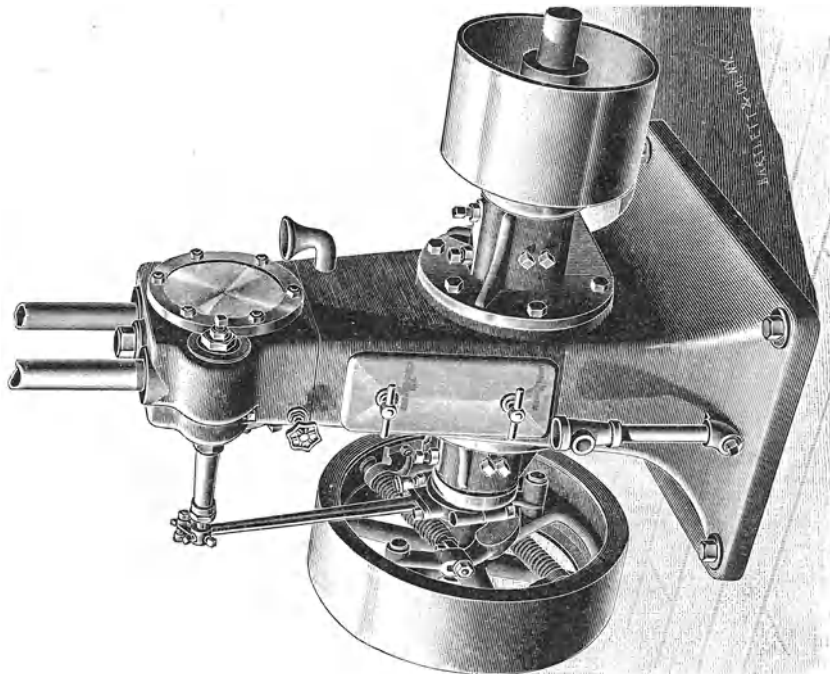


Fig. 27.



Der besondere Zweck der Vervielfältigung von Zeichnungen zwingt zu besonderen Darstellungen. Der Hauptzweck der Zeichnung, z. B. grosse Anschaulichkeit, und der Zwischenzweck: die Vervielfältigung, müssen durch richtige Zeichnungsart mit einander in Einklang gebracht werden. Die zeichnerische Methode wechselt mit dem Hauptzweck und je nach der Vervielfältigungsart durch Photographie, Buch- oder Steindruck u. s. w. Hiervon wird im Späteren noch die Rede sein.

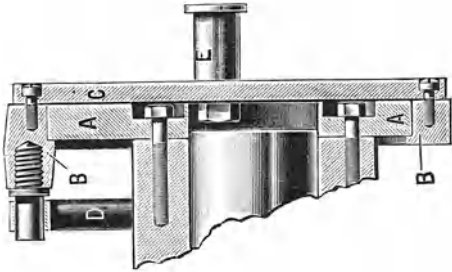


Fig. 31.

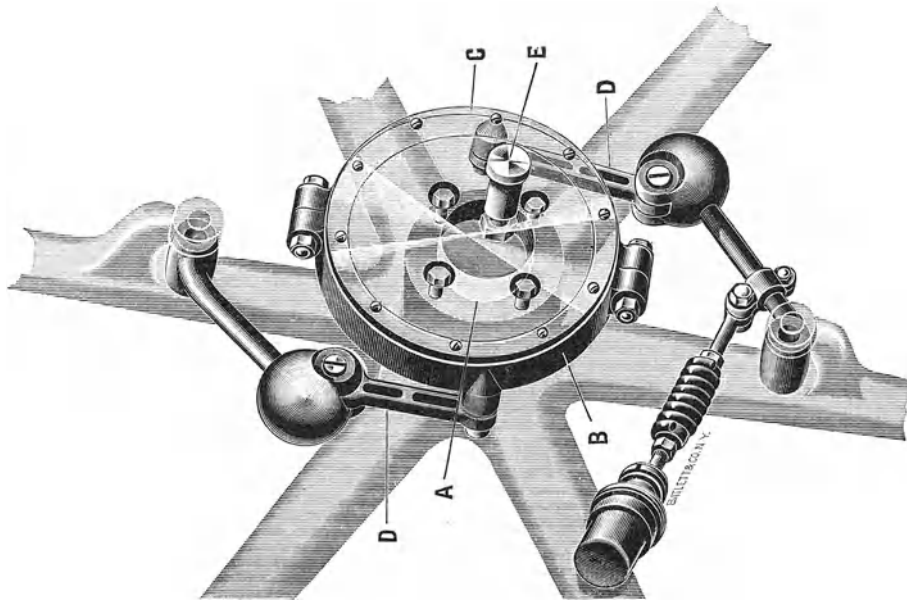


Fig. 30.

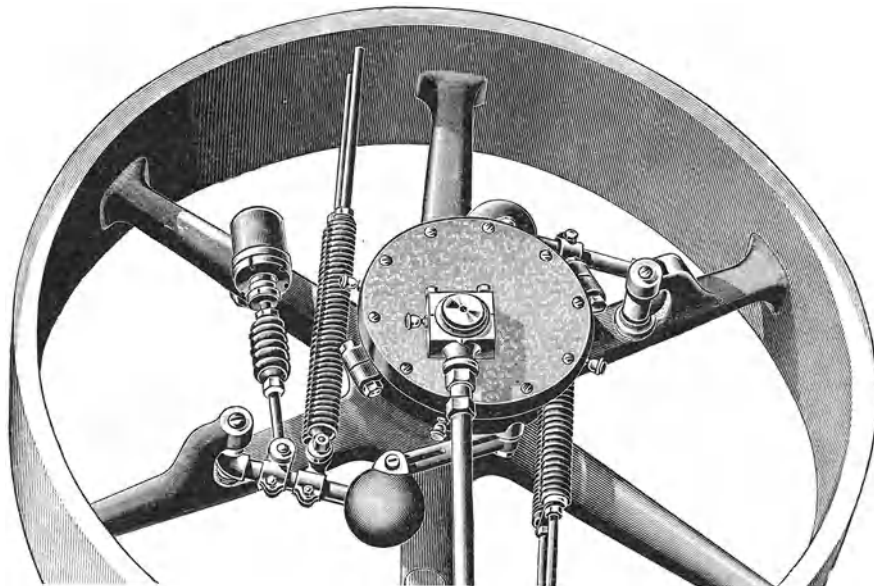


Fig. 29.

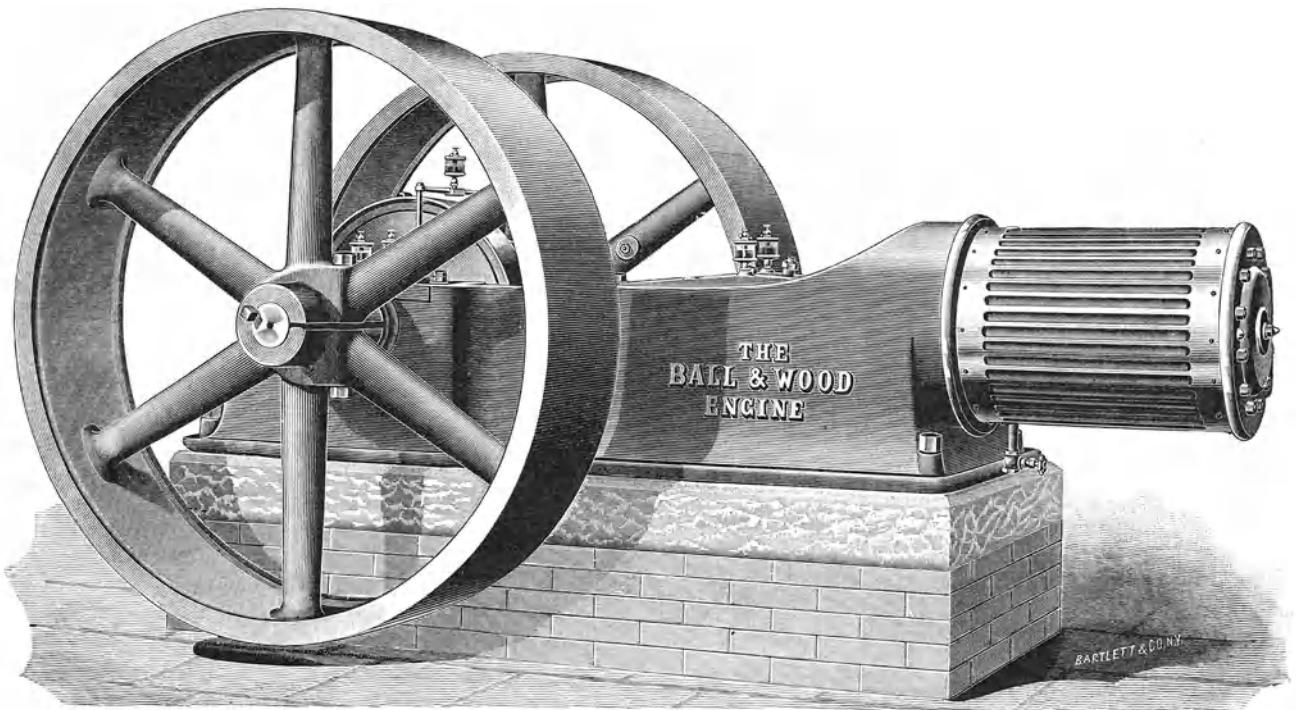


Fig. 34.

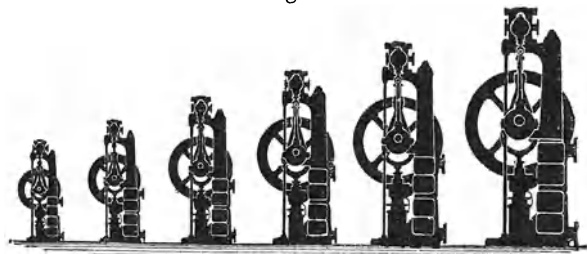


Fig. 35.

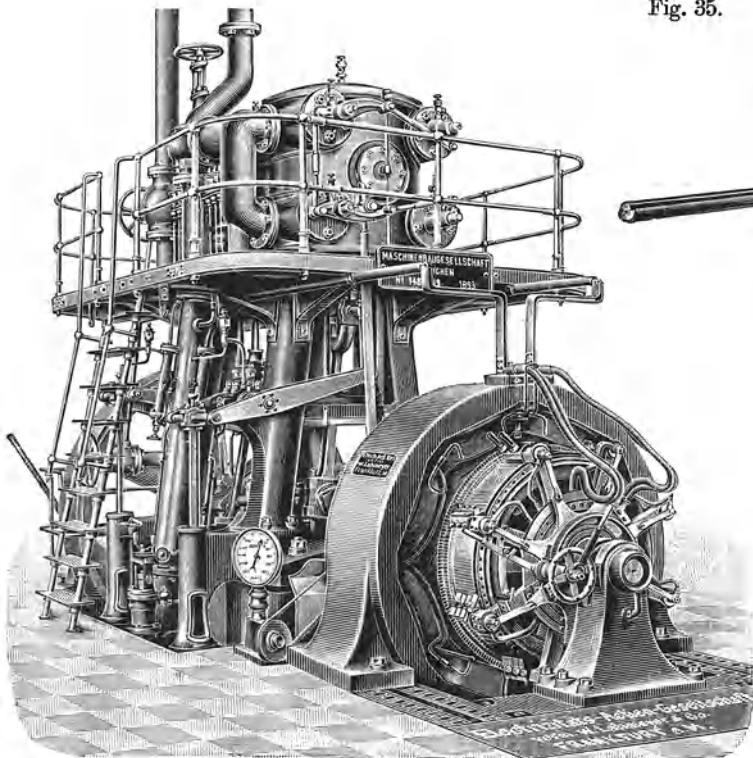


Fig. 32.

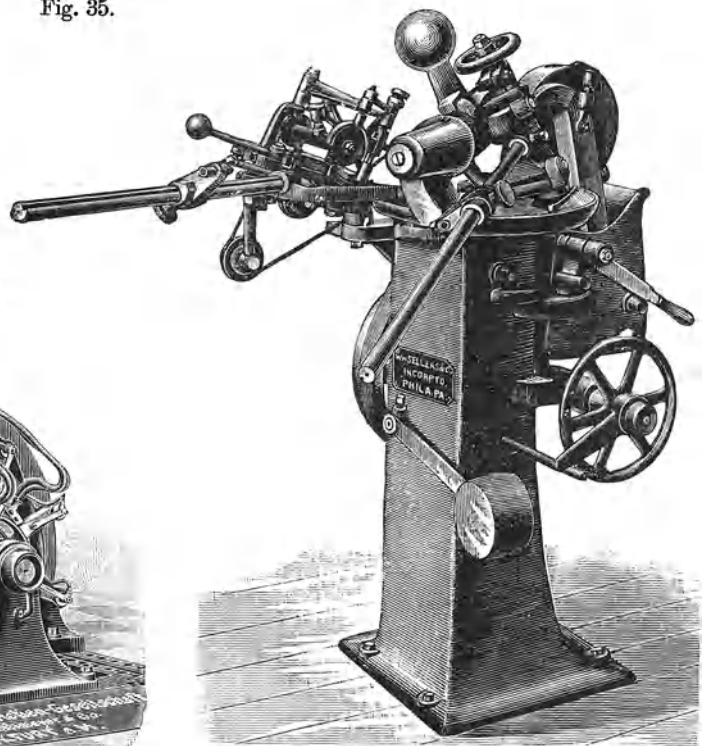


Fig. 33.

Ist der Zweck der Zeichnung ein ganz spezieller, so wird auch die zeichnerische Darstellung eine ihm entsprechende besondere sein müssen. Z. B.:

Bei geodätischen oder markscheiderischen Aufnahmen führt der völlig andere Zweck auch auf vom bisher Erwähnten ganz verschiedene zeichnerische Darstellung. In solchen Zeichnungen müssen die Maasse unmittelbar aus der Zeichnung abgemessen werden; daher muss mit der grössten erreichbaren Feinheit und Genauigkeit gezeichnet und das Zeichenpapier auf eine Glasplatte aufgespannt werden, um Zeichnung und Maass unveränderlich zu erhalten u. s. w.

Schiffbau-Zeichnungen müssen gleichfalls auf widerstandsfähigem Papier, sehr genau und scharf gezeichnet werden, weil die Schiffskurven u. s. w. unmittelbar abgemessen, die Zeichnungen aufbewahrt werden und für spätere Nachmessungen dienen müssen.

Aus allen vorerwähnten Andeutungen ist zu ersehen, dass der Zweck allein die Art der zeichnerischen Darstellung bestimmt.

Diejenige Darstellungsart ist die beste, welche dem jeweiligen Zweck mit den einfachsten Mitteln entspricht, also mit geringstem Aufwand von Zeit und Kosten grösste Deutlichkeit und Uebersichtlichkeit erzielt.

---

### III. Werkzeichnungen.

---

Die Einzelheiten des Maschinenzeichnens und der wiederholt erwähnte Zusammenhang mit dem Zwecke und der Ausführung können nur an Beispielen gezeigt werden. Als solches muss zunächst die wichtigste Art der Maschinenzeichnungen, die Werkzeichnung, gewählt werden.

Sie hat zum Zwecke: die Verständigung des Konstrukteurs mit den ausführenden Arbeitern, die meist ausschliesslich auf diesem Wege erfolgt. Mündliche Besprechung über das Auszuführende wird nur ausnahmsweise vorkommen, bei Grossbetrieben mit weitgehender Arbeitsteilung überhaupt nicht. Gelegentliche mündliche Erörterung der Werkzeichnung ist nur zulässig, wenn diese trotzdem unzweifelhaft richtig und vollständig ist, also auch das mündlich Erörterte vollständig enthält. Massgebend für die Ausführung bleibt immer nur die Werkzeichnung, niemals der mündliche Auftrag.

Das durch die Werkzeichnung dargestellte Bild der Konstruktion hat nur der Vorstellung der auszuführenden Form zu dienen. Die Ausführungsmaasse hingegen werden in die Zeichnung als Maasszahlen eingeschrieben, und nur diese Zahlen sind für die Ausführung massgebend.

Die Werkzeichnung muss daher unzweifelhaft richtig und vollständig alles enthalten, was für die Ausführung notwendig ist. Der Arbeiter muss sich die Konstruktionsform nach der Zeichnung richtig vorstellen und sie nach den Angaben der Zeichnung ausführen können. Die Werkzeichnung darf weder Irrtümer enthalten noch solche zulassen oder verursachen. Irrtümer oder missverständliche Auffassung des Dargestellten und der Maasszahlen haben meist grossen Zeitverlust und Kosten zur Folge.

Wenn die Zeichnung für die Darstellung dessen, was auszuführen ist, nicht völlig ausreicht, dann ist sie ausnahmsweise durch Beschreibung zweckentsprechend zu vervollständigen.

Das Wesen der Werkzeichnungen lässt sich am besten aus dem Zusammenhang der Maasszahlen mit der praktischen Ausführung erkennen; dieser ist deshalb zuerst und dann erst die Formdarstellung behandelt.

#### **Maasszahlen.**

Bei den Schwierigkeiten, welche die Behandlung der Maasszahlen dem Anfänger bietet, ist eine besondere anschauliche Erörterung erforderlich.

Die sachlichen Erfordernisse ergeben sich aus dem schon erwähnten Zweck der Maasszahlen: irrtümliche Abmessungen aus den Werkzeichnungen zu verhüten.

Die Ausführungsmaasse werden nicht aus der Zeichnung abgemessen, sondern abgelesen, und unter Verwendung besonderer Messinstrumente bei der Ausführung benutzt. Für alle auszuführenden Abmessungen sind nur die in der Zeichnung eingeschriebenen Maasszahlen, nicht aber die gezeichneten Dimensionen massgebend. Die sachliche Richtigkeit der Werkzeichnung erfordert daher:

Dass alle für die Ausführung erforderlichen Maasse unzweifelhaft und richtig in die Werkzeichnung eingeschrieben werden, dass alle Maasszahlen dem thatsächlichen Arbeitsvorgange bei der Ausführung entsprechen, dass sie richtig und praktisch brauchbar sind, dass die vorhandenen Arbeitsmittel, Modelle, Bearbeitungsmaschinen, Kaliber u. s. w. berücksichtigt sind.

Die schwierige geistige Arbeit in Maschinenzeichnungen liegt im Zusammenhange der Konstruktionsform mit ihrem Zweck, aber auch in der Angabe der Maasse für die Ausführung, unter Berücksichtigung der gegebenen Werkstatteinrichtungen.

Die Ausführung erfordert die Angabe aller notwendigen Maasszahlen, und zwar in der Reihenfolge, wie sie praktisch benutzt werden. Die Werkzeichnung soll so entstehen, wie nachher das Werkstück. Gerade für den Anfänger ist es von Wichtigkeit, beim Einschreiben der Maasszahlen grundsätzlich diejenige Reihenfolge einzuhalten, welche nachher bei der praktischen Ausführung eingehalten werden muss. Erst nach erlangter genügender Uebung sind Abweichungen zulässig. Hieraus erwachsen dem Anfänger besondere Schwierigkeiten, weil ihm die volle Kenntnis der Werkstattdarbeit fehlt; die Schwierigkeiten werden kaum überwindliche, wenn praktische Thätigkeit vor dem Fachstudium fehlt; der technologische Unterricht über Arbeitsvorgänge und -mittel ist nicht ausreichend.

Die Ausführung sowohl wie die Maasszahlen müssen sich immer auf die Symmetrielinien (Mittellinien) der Konstruktionsform beziehen. Auf die rohen Werkstücke werden zuerst immer diese Mittellinien aufgerissen, in grossen Fabriken mit weitgehender Arbeitsteilung durch besondere Arbeiter. Dieses Aufreißen ist für den Anfänger lehrreicher als alle mündliche, schriftliche oder zeichnerische Belehrung, wird aber leider selten geübt.

Fehlerhaft ist es: Maasszahlen nicht auf Mittellinien zu beziehen, oder Maasszahlen einzuschreiben, welche mit der Ausführung nicht übereinstimmen oder an dem Werkstück nicht nachgemessen werden können.

Die Literatur bietet über den Zusammenhang der Konstruktion mit der Ausführung keine ausreichenden und genügend anschaulichen Angaben für den Anfänger. Alle Einzelheiten lassen sich garnicht lehren; die Anfänger sollten aber wenigstens auf den untrennbaren Zusammenhang zwischen Maasszahl und Ausführung und auf die Notwendigkeit eigener Anschauung und Erfahrung hingewiesen werden.

Z. B. Arbeitsvorgang bei Herstellung des Gussstückes Fig. 36:

Es ist nicht üblich, zwei Werkzeichnungen anzufertigen, eine für das Holzmodell (Schreinerei), eine für das fertig bearbeitete Stück (Dreherei u. s. w.), obwohl Maasse und Arbeitsvorgang in den beiden Werkstätten verschiedenartig sind. Eine Werkzeichnung muss für alle Werkstätten genügen. Die in der Modellschreinerei allein erforderlichen Schwindmaasse, Kernmarken K u. s. w., werden daher in der Werkzeichnung nicht angegeben; sie müssen ohne besondere Angabe berücksichtigt werden.

Zur Veranschaulichung sind dargestellt: in Fig. A: das herzustellende Stück, in B: die einzelnen Teile, aus denen die Form zunächst im Holzmodell zusammengebaut wird, in Fig. C: die für diese Teile erforderlichen Maasse. Zuerst wird z. B. der Mittelcylinder, dann der obere und untere Flansch hergestellt und mit dem

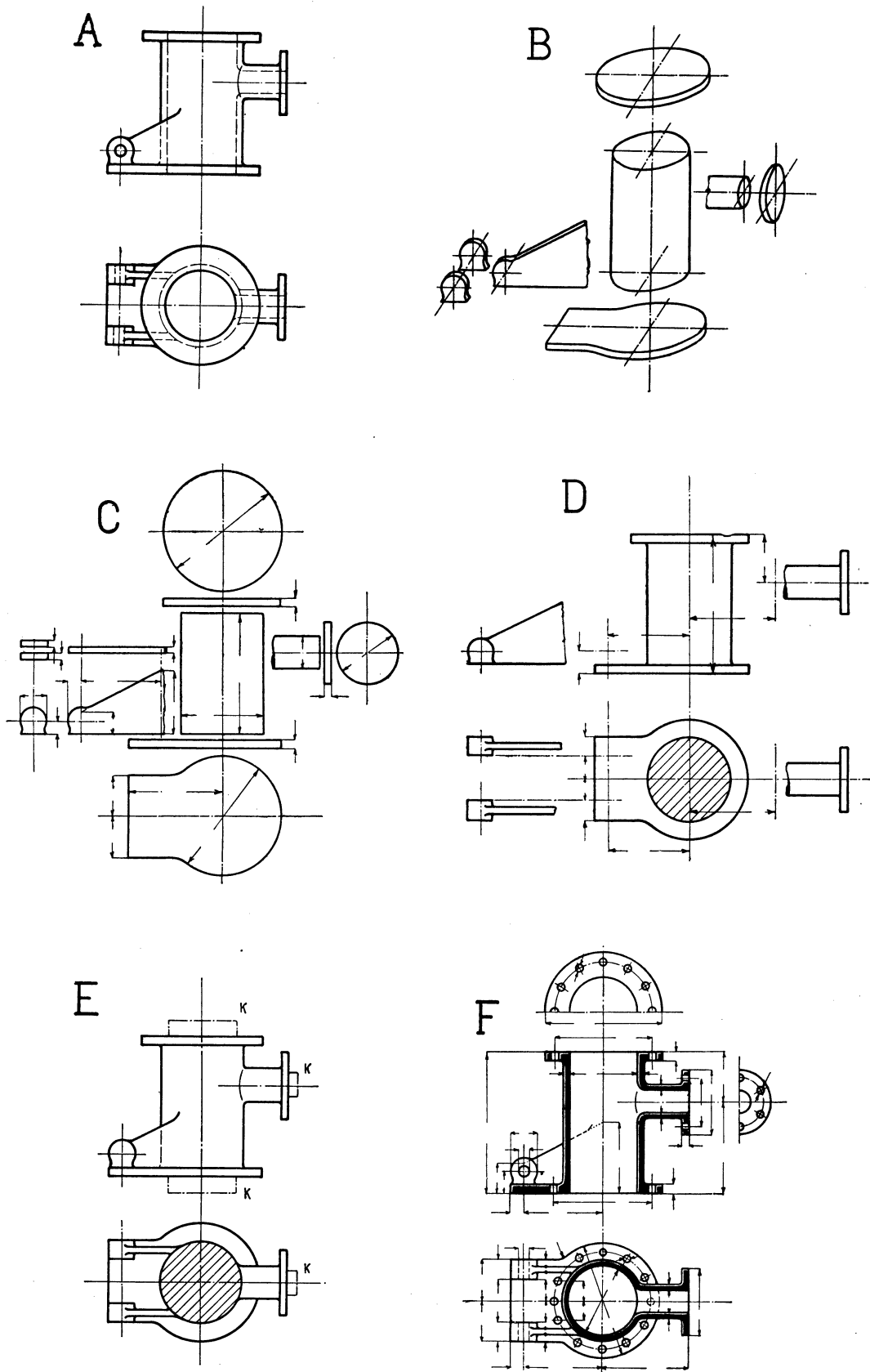


Fig. 36.

Cylinder zusammengesetzt (gewöhnlich wird der Mittelcylinder samt Kernmarken K aus einem in der Längsachse getheilten Stück hergestellt, auf das die Flanschen als Ringe aufgesetzt werden). Des Zusammenhanges mit dem fertigen Arbeitsstück wegen ist auf die Kernmarken hier nicht Rücksicht genommen. Dann werden die seitlichen Rippen und Ansatzstutzen getrennt hergestellt (Fig. D), in richtiger Höhe und Entfernung angepasst und die Uebergangsformen hinzugefügt (Fig. E). Die Werkzeichnung muss daher, ohne Rücksicht auf das Schwindmaass, die für diesen Arbeitsvorgang erforderlichen Maasse enthalten.

Die Werkzeichnung (Fig. F) muss ausserdem alle Maasse enthalten, welche für die fertige Bearbeitung des Stückes in der Dreherei u. s. w. erforderlich sind: die Maasse für die Flanschenbohrung und die zu bearbeitenden Flächen u. s. w. Diese Zeichnung allein wird als Werkzeichnung angefertigt, und dient für alle Werkstätten; sie muss daher die erforderlichen Maasse entsprechend dem tatsächlichen Arbeitsvorgange vollständig enthalten.

In Fig. 37 sind die erforderlichen Maasse für einen einfachen Dampfzylinder, in Fig. 38 für einen grossen Schleifbogen angegeben.

Ausnahmsweise werden in der Werkzeichnung auch die Formen und Maasse für Zwischenstufen der Bearbeitung angegeben, z. B. in Fig. 39 für einen selbstspannenden Kolbenring.

Fig. 40 und 41 zeigen die Anordnung der Einzelfiguren und die vollständigen Ausführungsmaasse eines (nicht normalen) Stehlagers.

Es werden entweder alle Teile in einer Gesamt-Werkzeichnung (Fig. 40), oder jeder einzelne Teil besonders als Werkzeichnung dargestellt (Fig. 41). Letzteres ist bei allen vielgliedrigen Konstruktionen erforderlich, ebenso bei weitgehender Arbeitsteilung bei der Herstellung der Werkstücke. Dann werden in den Einzeldarstellungen die Gussteile, Schmiedestücke u. s. w. für jede einelne Werkstätte auf getrennten Blättern gezeichnet.

Für die Werkstätten werden ausserdem „Stücklisten“ angefertigt, die je nach dem Zweck verschiedene Einrichtung besitzen. Ein Beispiel ist nachstehend für das Stehlager Fig. 40 angegeben.

Stückliste No. .... zum Stehlager (90 mm Bohrung).

Auftrag No. ....  
Ort: .....

Hierzu Zeichnung No. ....

Ausgegeben: am .....  
Abzuliefern: am .....

Lfd. No.	Stückzahl	Gegenstand	Modell No.	Material	Gewicht		Anmerkung
					roh	fertig	
1.	1	Lagerplatte	I 20	Gusseisen			vorhandenes Modell
2.	1	Lagerkörper	I 26	desgl.			neues Modell
3.	1	Lagerdeckel	I 27	desgl.			" "
4.	1	Deckel zum Schmiergefäss	I 28	desgl.			" "
5.	1	Lagerschale, Paar	I 6	Phos. Bronze			vorh. Mod., mit Weissmetall ausgegossen
6.	1	Gelenkstift 6 mm		Eisendraht			
7.	1	Schmierrohr $\frac{9}{12}$		Kupferrohr			80 mm lang.
8.	2	Schrauben 1"		Schmiedeeisen			110 mm lang.
9.	2	Muttern dazu 1"		desgl.			
10.	2	Unterlegscheiben dazu		desgl.			
11.	2	Schrauben $\frac{7}{8}$ "		desgl.			180 mm lang.
12.	4	Muttern dazu $\frac{7}{8}$ "		desgl.			
13.	2	Unterlegscheiben dazu		desgl.			

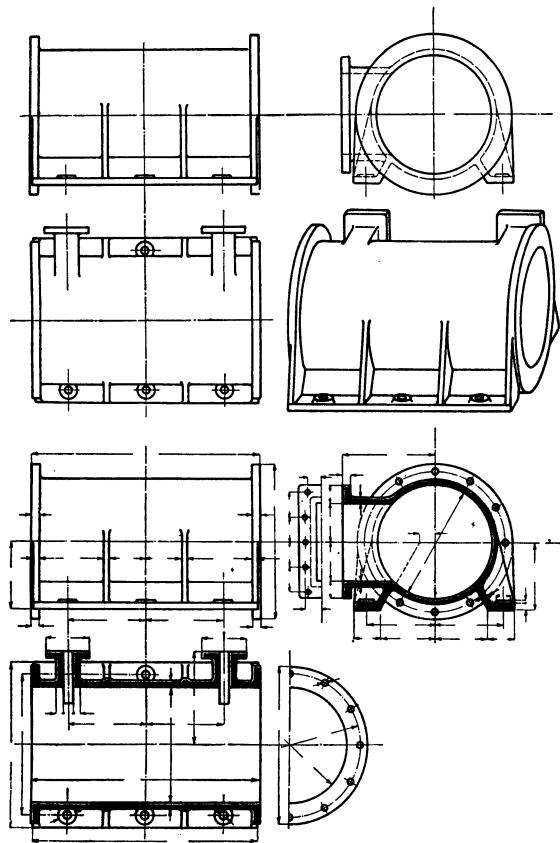


Fig. 37.

In einfachen Fällen genügt es, eine solche Liste auf die Werkzeichnung zu schreiben; in umfangreicheren Betrieben erhalten alle an der Ausführung beteiligten Werkstätten, die Werkmeister, und ausserdem die Rechnungs-, Versendungs- und Lagerabteilung u. s. w. je eine Kopie der Liste, sodass Kontrolle und Erledigung der Ausführung möglich ist, auch wenn die Werkzeichnung nicht zur Stelle ist.

Der Inhalt der Stückliste richtet sich nach dem jeweiligen Zwecke, dem sie gegenüber der Werkstätte zu entsprechen hat. Für Arbeiten mit ausgedehnter Materialbestellung sind sehr vollständige Angaben über Gewicht und Grösse der einzelnen Teile nebst Skizzen erforderlich.

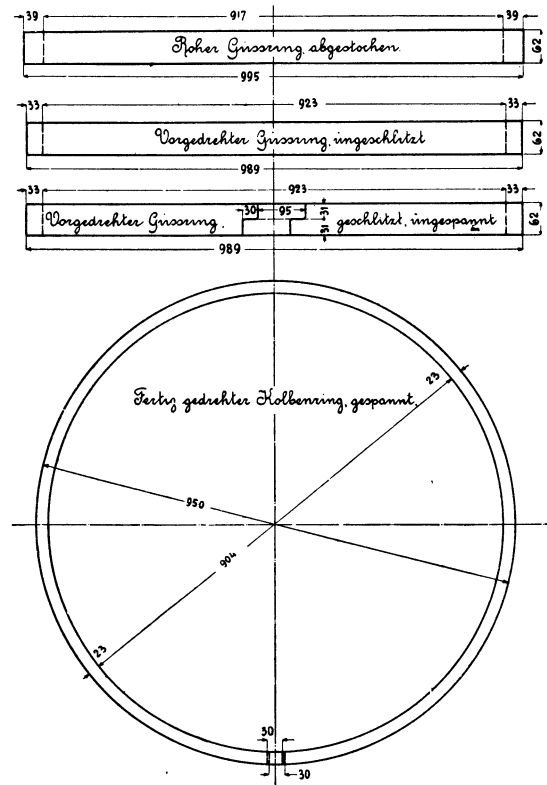


Fig. 39.

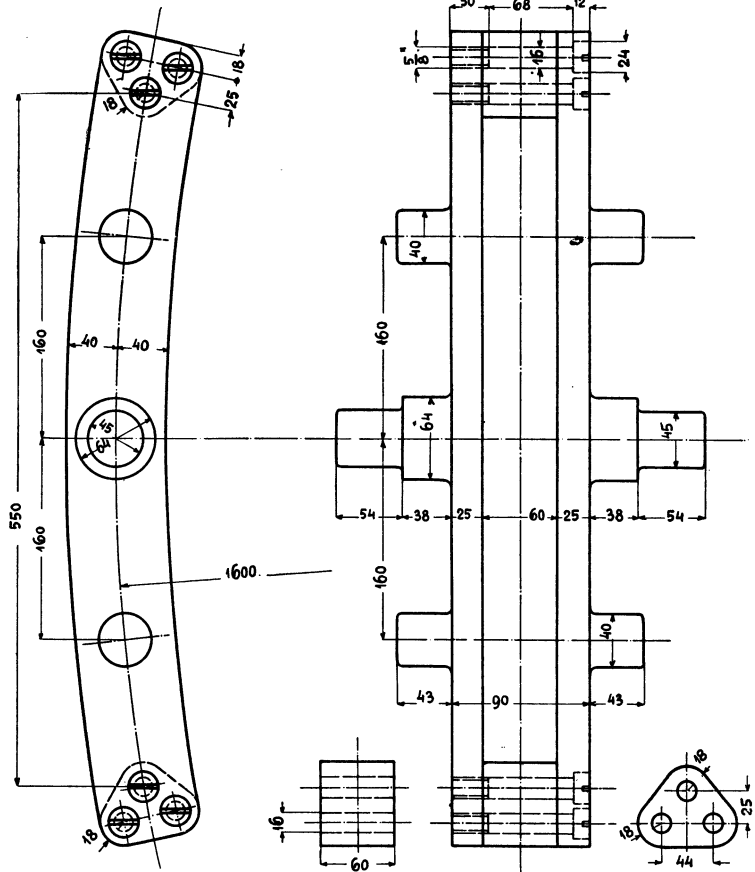


Fig. 38.



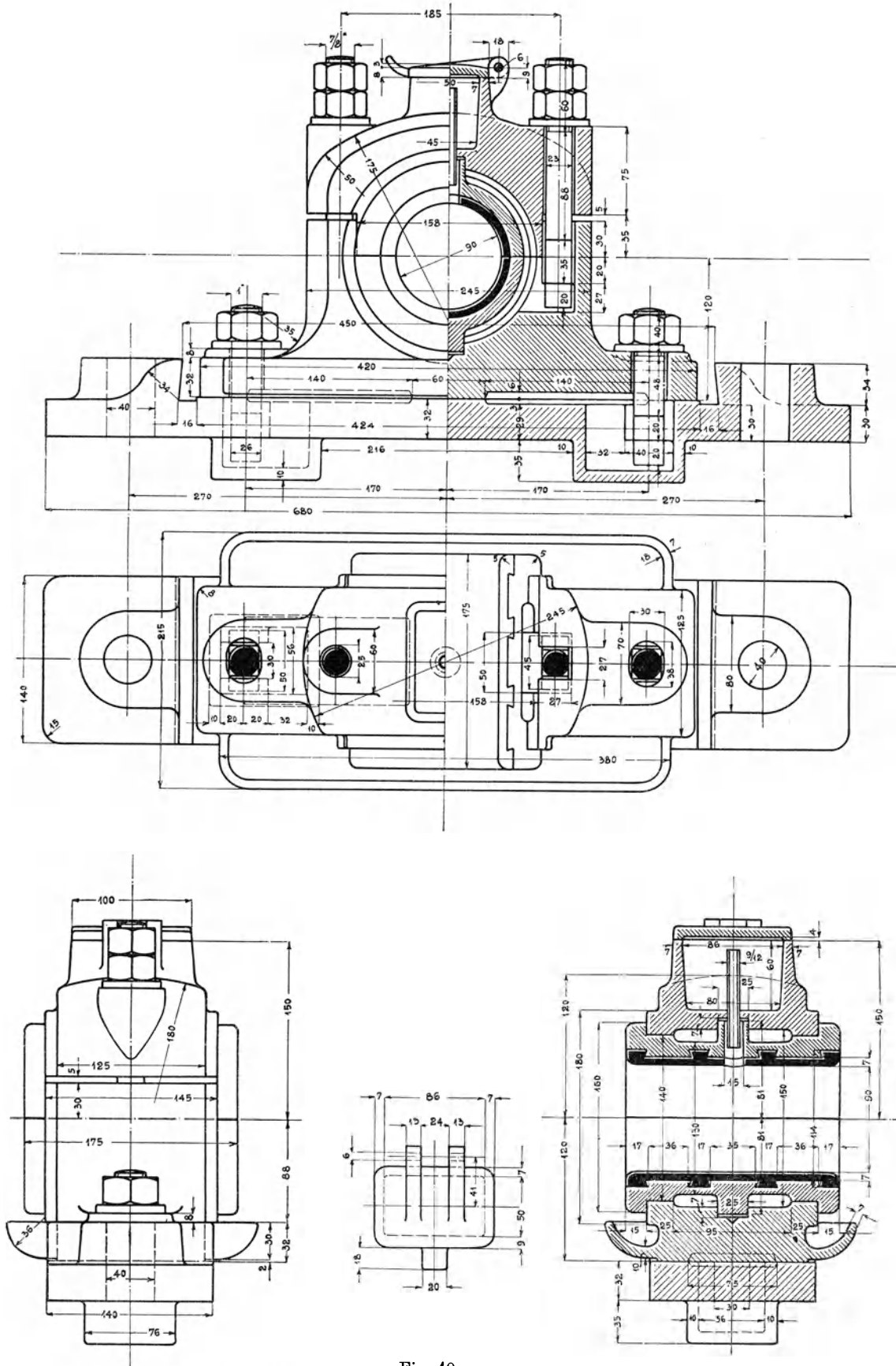


Fig. 40.

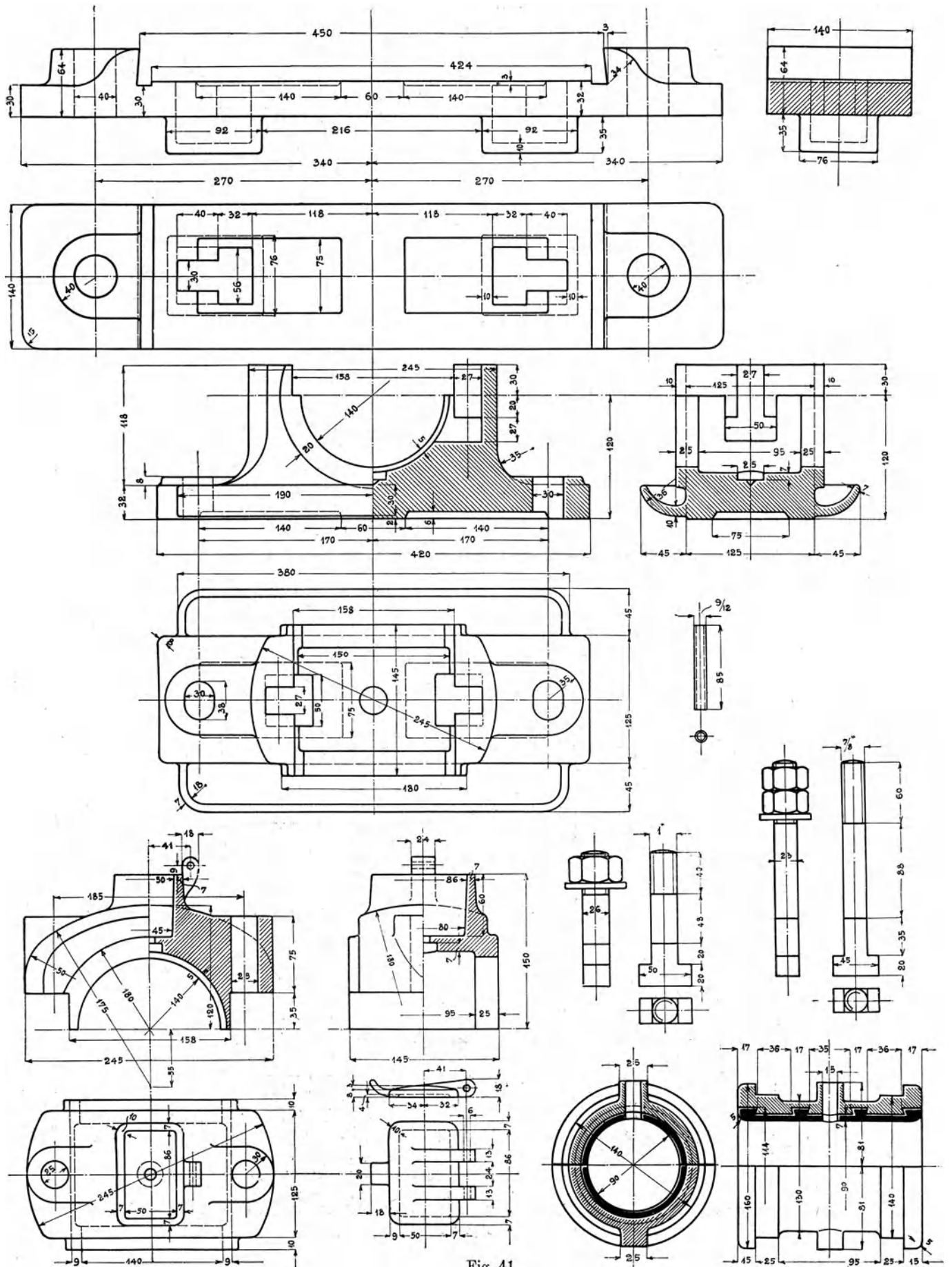


Fig. 41.

Fig. 44.

1:10.

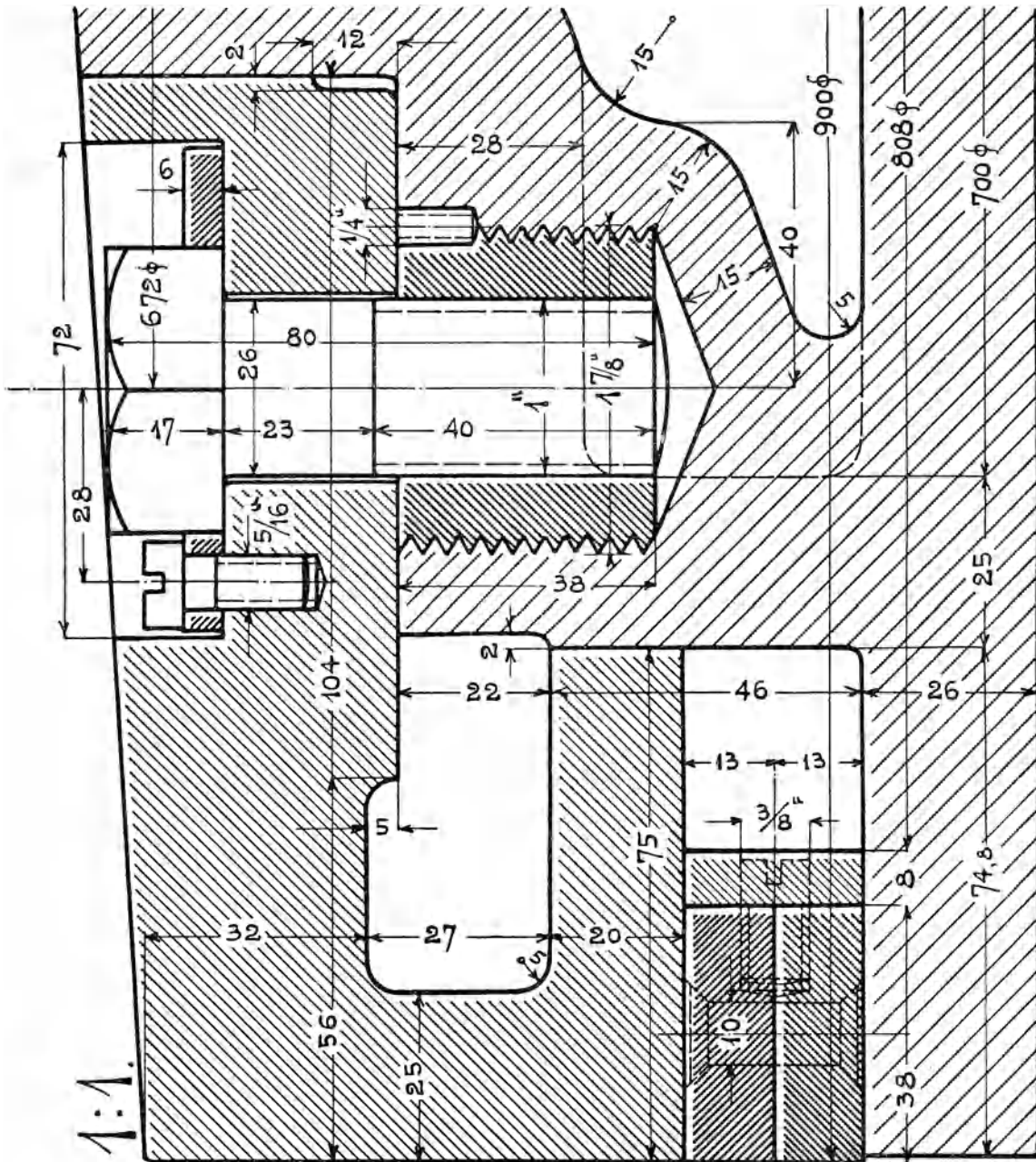
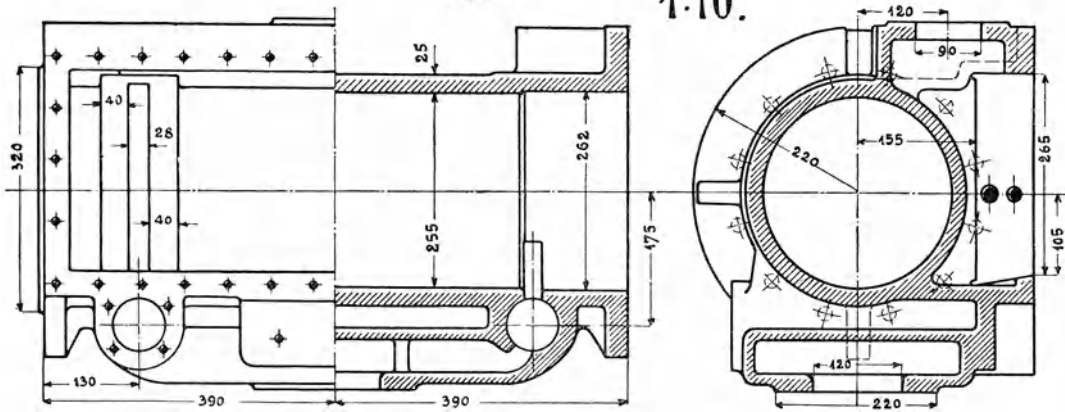


Fig. 42.

Fig. 42—44 zeigen die erforderliche minimale Stärke der Striche und Grösse der Maasszahlen für Werkzeichnungen in natürl. Grösse (Fig. 42), im Maassstab 1:5 (Fig. 43) und 1:10 (Fig. 44).

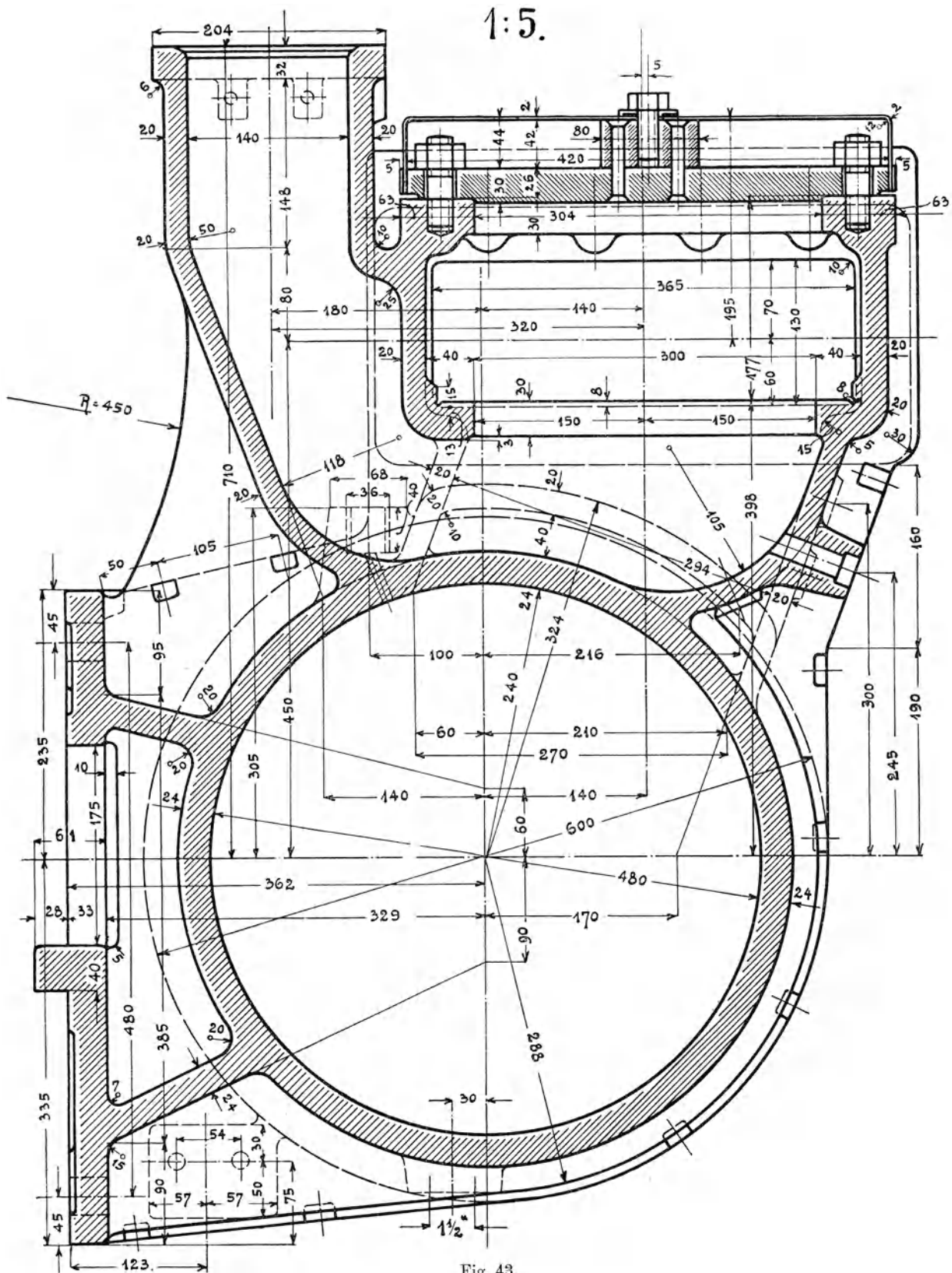


Fig. 43.

Jeder Anfänger sollte sich mit der vollständigen Ausarbeitung von Stücklisten einschliesslich der Bestelllisten für die einzelnen Werkstätten und Materiallieferungen, insbesondere für Blecharbeiten, vertraut machen. In solcher Ausarbeitung, wenigstens an einem schwierigen Beispiele, liegt eine wesentliche Schulung und Anleitung zu Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit, diesen unerlässlichen Forderungen der Praxis. Aber gerade diese Schulung wird meist ganz vernachlässigt.

Unerlässlich ist die Eintragung richtiger Maasszahlen, die bei getrennten Einzeldarstellungen vollkommen übereinstimmen müssen, sodass das Ganze darnach hergestellt und richtig zusammengebaut werden kann. Die Wiederholung der Hauptmaasse in den

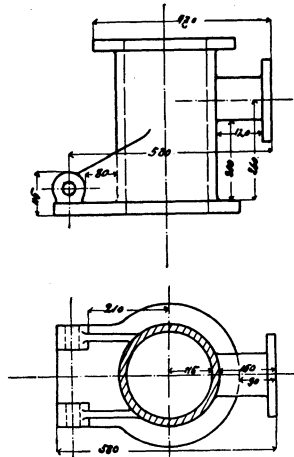


Fig. 45 a.

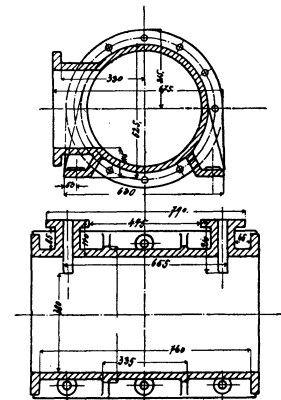


Fig. 46 a.

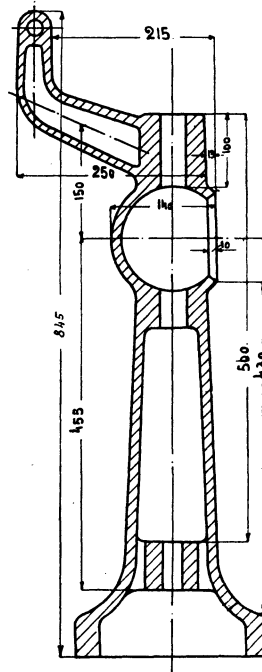


Fig. 48 a.

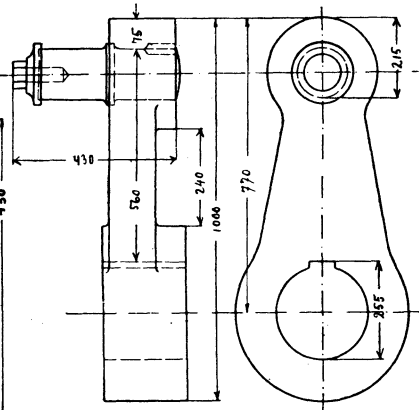


Fig. 47 a.

einzelnen Figuren ist erforderlich; überhaupt ist Wiederholung besser als zu sparsames Eintragen der Zahlen, welches das Auffinden erschwert. Bei komplizierten Darstellungen müssen alle einzelnen Maasse der Detailzeichnungen mit der Zusammenstellung verglichen werden, ein schwieriges, zeitraubendes, aber notwendiges Geschäft. Blosser Stichproben sind unzulässig.

„Schulzeichnungen“ liefern mannigfaltige Beispiele zweck- und sinnlosen Gebrauchs von Maasszahlen, mit Widersprüchen gegen die Ausführung.

Fig. 45a bis 48a zeigen ganz gedankenlos eingeschriebene, unsinnige Zahlen, die nur ein Anfänger, der die Ausführung gar nicht kennt oder über sie getäuscht wurde, für Maasszahlen hält; dabei fehlen gerade die Hauptmaasse, und die eingeschriebenen können oder dürfen bei der Ausführung gar nicht so gemessen werden, wie sie gezeichnet sind. Die Zahlen sind grobe Widersprüche gegen die praktische Herstellung. Richtig ist die Eintragung der Maasse in den Fig. 36, 37 und in den gegenüberstehenden Fig. 47 und 48 angegeben.

Die gleichen Forderungen gelten für alle Skizzen. Auch in Aufnahme-skizzen sollten die Maasse entsprechend dem Arbeitsvorgang bei der Herstellung

eingeschrieben werden, aber nicht so, wie sie zufällig abgemessen wurden. Bei rasch herzustellenden Aufnahmen müssen allerdings manchmal unsinnige (d. h. für die Ausführung nicht brauchbare) Maasse abgemessen und danach erst nachträglich die richtigen Ausführungsmaasse berechnet werden; viele Maasse können am fertigen Stück ohne besondere Vorrichtungen überhaupt nicht nachgemessen werden; z. B. Mittel-Entfernungen, da die Mittelpunkte nur während der Ausführung, nicht aber nach derselben vorhanden sind.

Anfänger müssen schon während der Aufnahme sich die richtigen Ausführungsmaasse berechnen. Unsinnige und unvollständige Maasse, wie in Fig. 49a, und ein Durcheinander von nicht abmessbaren Maassen und willkürlichen Abmessungen (Fig. 50a) sollten nicht geduldet werden. Die beiden Figuren sind Beispiele ganz unbrauchbarer Formskizzen mit unzulässigen Maassangaben, unter

denen die wichtigen Hauptmaasse ganz fehlen.

Anfänger werden gerade wegen solcher sinnloser Zahlen, die der Sachverständige mit einem Blick bemerkt, verurteilt, weil daraus untrüglich die Unkenntnis der praktischen Ausführung und die Sorglosigkeit hervorgeht. Die Ursache liegt in fehlender eigener Praxis, im Mangel an Vorstellungsvermögen und Verantwortlichkeitsgefühl. Von schlimmen Folgen ist es, wenn ein verkehrter Unterricht die Studirenden mit der Annahme: Maasszahlen und Ausführung gehörten nicht an die Hoch-, sondern an die Gewerbeschulen, irreführt. In Wirklichkeit bildet die richtige Behandlung der Maasszahlen die wichtigste und schwierigste

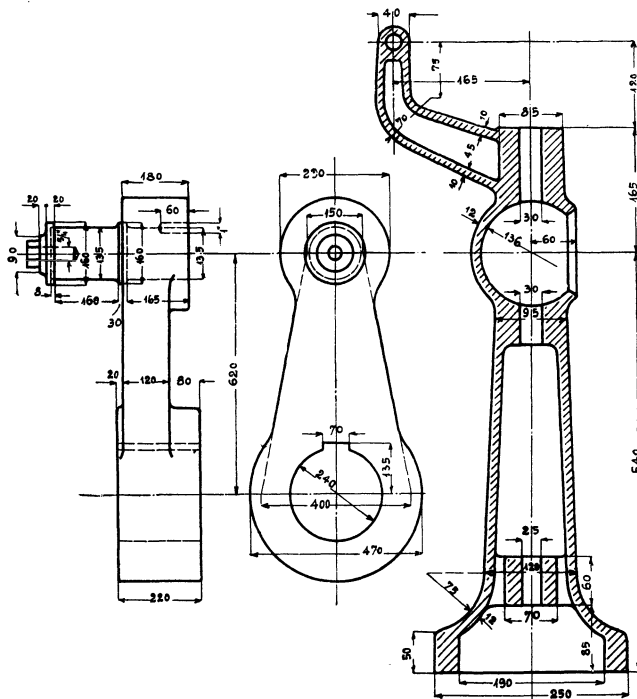


Fig. 47.

Fig. 48.

Aufgabe jedes Anfängers. An der Schule fehlt die praktische Ausführung, welche alle Fehler an das Tageslicht bringt; daher ist Sorgfalt und Kontrolle besonders wichtig. Zu letzterer ist gewöhnlich „keine Zeit“, in der Praxis aber muss sie Zeit und Kosten sparen. Jeder Schüler muss, wie jeder Ingenieur, seine Arbeit kontrolliren, erst allgemein, ob die zusammengehörigen Teile stimmen, dann im besonderen: ob alle Einzelheiten und alle Maasse richtig sind. Dazu fehlt aber Uebung und Verständnis.

Es kann nicht scharf genug hervorgehoben werden:

**Wer Werkzeichnungen und ihren Zusammenhang mit der Ausführung nicht vollständig beherrscht und richtig und gewissenhaft durchführt, ist für die Praxis unbrauchbar.**

Es ist überaus beklagenswert und junge Ingenieure allgemein schädigend, dass die Verkennung und Missachtung dessen, was mit der Ausführung zusammenhängt, noch immer Vertreter findet. Es fehlt das Bewusstsein, dass falsche Maasse der Verderb jeder Fabrikation sind, dass sie grosse Geldkosten verursachen

und sogar die rechtzeitige Lieferung in Frage stellen können; dass sie das Vertrauen zum Ingenieur beim Werkstättenpersonal untergraben und dieses zu eigenmächtigen Abweichungen von den Zeichnungen verleiten. Die Maasskontrolle wird von jungen Ingenieuren oft so sehr vernachlässigt, dass regelmässige kostspielige Kontrolle durch andere notwendig wird. Die Schuld liegt allgemein in Einseitigkeit und Oberflächlichkeit des Studiums, in Ueberschätzung der „Ideen“ und der „wissenschaftlichen Bildung“, auf Grund deren die akademisch Gebildeten der mühsamen und gewissenhaften Detailarbeit enthoben zu sein glauben. Die Handhabung der Staatsprüfungsvorschriften ist hierbei noch besonders schädigend. Die zunehmende Sorglosigkeit in der Behandlung der Werkzeichnungen und Maasse hat schon mehr Misstrauen gegen junge Ingenieure erzeugt, als die Mehrheit von ihnen verdient.

Es ist durchaus zweckmässig, wenn sich auch der Anfänger das ganze Register von der Verantwortlichkeit gegenüber dem Strafgesetz bis zur Verantwortung für gewissenhafte Erledigung nebensächlicher Detailarbeit vergegenwärtige.

In seinem Wirkungskreise muss jeder seine Arbeit technisch, geschäftsmässig und vertragsmässig vollständig und richtig erledigen. Gegen diese Forderung wird oft schwer gesündigt.

Die meisten Anfänger haben gegenüber dem „Fertigmachen“ ein weites Gewissen, arbeiten nur die „wesentlichen“, d. s. die sie interessirenden Teile durch und lassen für „Nebensachen“ den lieben Gott sorgen, auch wenn ausreichende Zeit für die Ausarbeitung gegeben ist. Es muss der Trieb, im Konstruktionsbureau und im Betriebe alles vollständig zu erledigen, ausgebildet werden.

Die geschäftsmässige Erledigung umfasst die richtige Konstruktion in wirtschaftlicher Beziehung, die Wahl richtiger Abmessungen, richtige Formgebung und Bearbeitung, die Verwendung zweckentsprechenden Materials, richtige Reihenfolge in der Fertigstellung der Zeichnungen, damit die Arbeit sachgemäss fortschreite und die Lieferfristen eingehalten werden. Die Ueberzeugung, dass die Konstrukteure des Betriebes wegen da sind und nicht umgekehrt, muss in Fleisch und Blut übergehen.

Auf die Erfüllung vertragsmässiger Verpflichtungen ist streng zu achten. Führt sachliche Ueberlegung zu einer besseren Lösung als der vertragsmässigen, so darf nicht ohne weiteres angenommen werden, dass der Besteller mit dieser besseren Ausführung einverstanden sei. Dadurch entstehen unerquickliche Weiterungen und Schaden. —

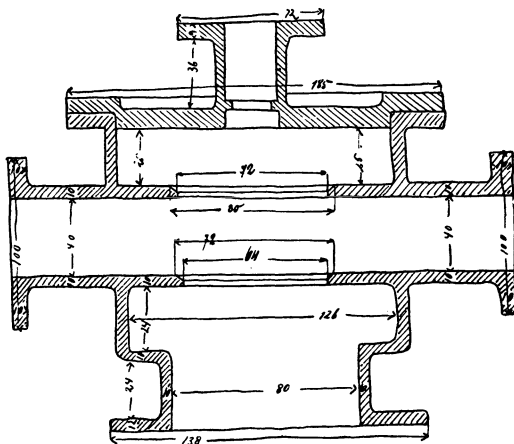


Fig. 50a.

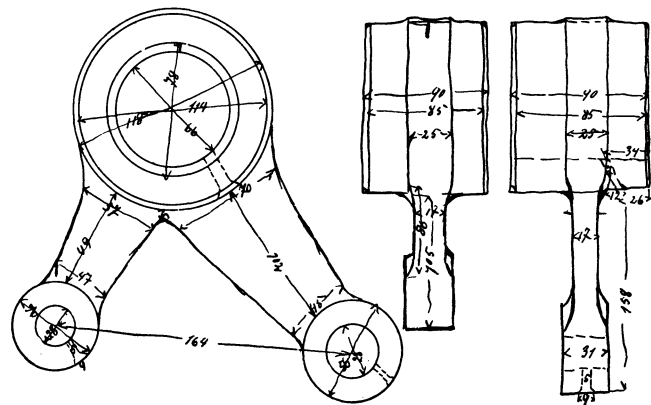


Fig. 49a.





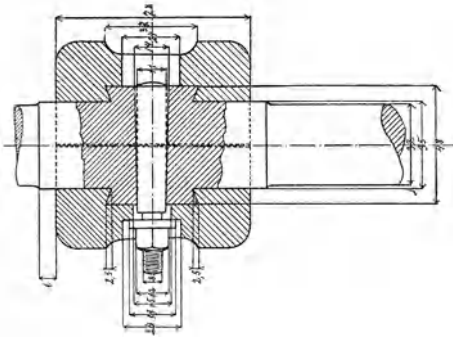


Fig. 52a.

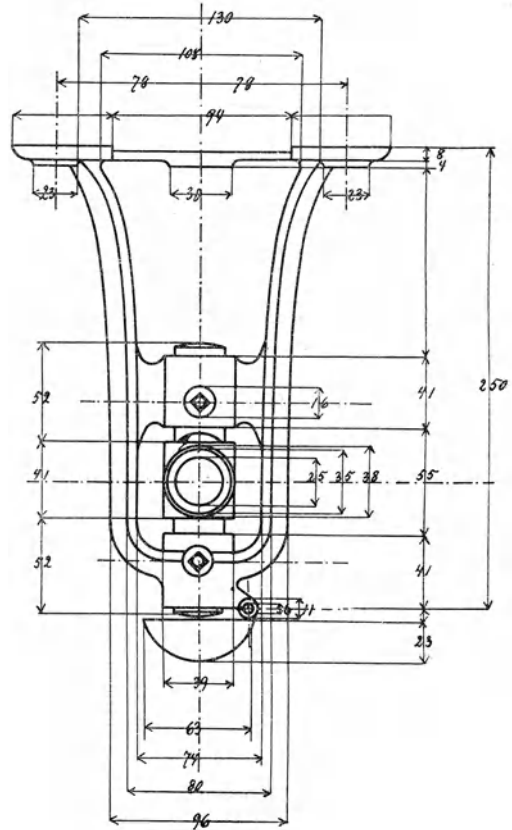
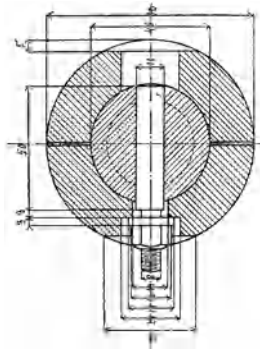


Fig. 51a.

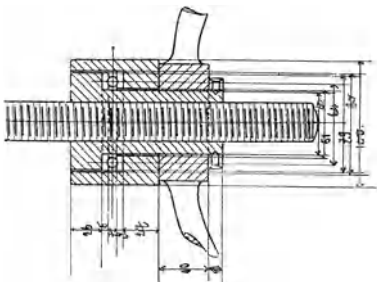


Fig. 53a.

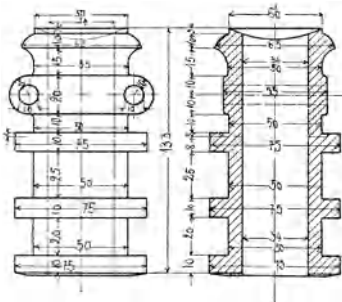


Fig. 57a.

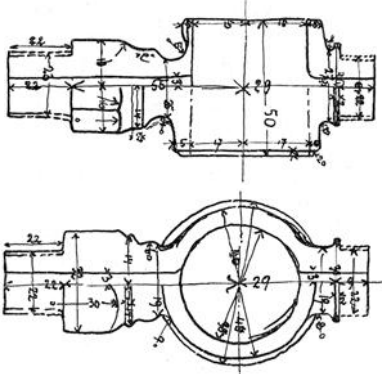


Fig. 58a.

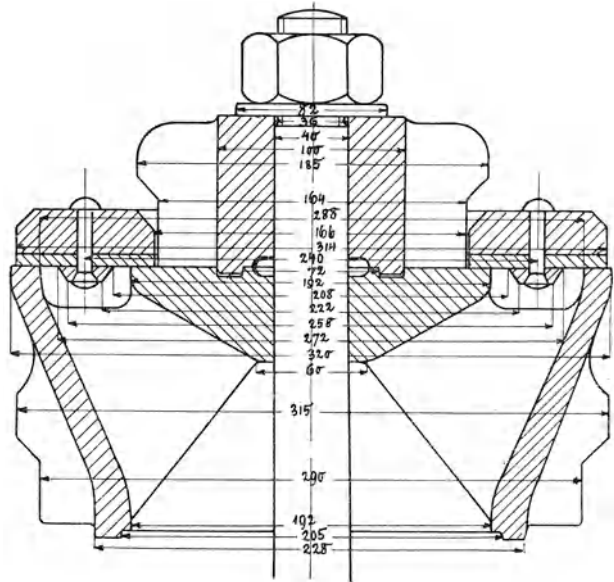


Fig. 54a.

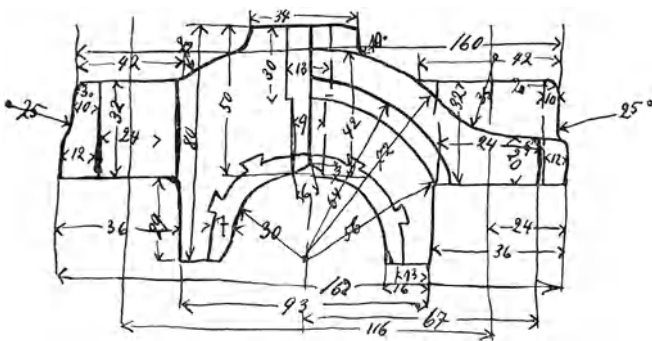


Fig. 56a.

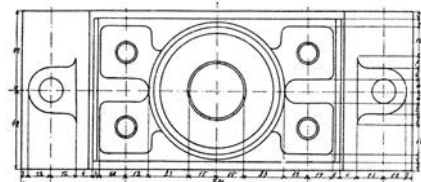


Fig. 55a.



Fehlerhaft ist es:

1. Alle Maasse nach aussen zu ziehen (Fig. 51a—53a). Hierdurch werden die Ablesungen erschwert und Irrtümer hervorgerufen; erforderlich ist: eine zweckmässige Verteilung der Maasse (Fig. 51—53).

2. Die Maasse nicht in der Richtung der Maasslinien, also die Zahlen nicht senkrecht zu den Maasslinien einzuschreiben. Hierdurch entstehen bei sich kreuzenden Maasslinien Zweifel, wohin die Zahl gehört, und damit Irrtümer.

3. Zuviel Maasse und überflüssige Maasse einzutragen. Dadurch wird jede Zeichnung undeutlich und überladen. Erforderlich ist Berücksichtigung des jeweiligen Maassstabes der Zeichnung. Jede Projektion muss die in ihr notwendigen Maasse enthalten und ausserdem die Wiederholung der Hauptmaasse. Wird hierdurch die zeichnerische Darstellung überladen, dann muss entweder der Maassstab grösser gewählt oder es müssen Einzeldarstellungen der verwickelten Teile hinzugefügt werden. Anfänger begehen gewöhnlich umgekehrt den Fehler, dass sie nicht alle für die Herstellung erforderlichen Maasse und die Hauptmaasse nicht in allen Darstellungen einschreiben.

4. Die Maasse in die Mittellinien (Fig. 54a) oder reihenweise einzuschreiben (Fig. 55a und 57a), oder durcheinander zu werfen (Fig. 56a), statt durch zweckmässige Verteilung ein deutliches, übersichtliches Bild zu schaffen (Fig. 54—58).

5. Die Mittellinien als Maasslinien zu benutzen oder die Maasse zu nahe den Umrisslinien einzuschreiben (Fig. 58a), oder statt Maasslinien und Maasspfeile Klammern zu benutzen.

6. Uebermässig kräftige Maasslinien oder übertrieben starke Maasspfeile zu zeichnen; die Mittellinien voll und kräftig auszuziehen oder zu stark zu strichpunktieren, oder mit grossen Zwischenräumen zu stricheln. Dies macht jede Zeichnung zerrissen und verworren.

Das Wesentliche ist die Vollständigkeit und Richtigkeit der Maasse und dabei Deutlichkeit der Zeichnung wie der Maasse. Die Maasszahlen müssen so eingeschrieben werden, dass das Bild der Form übersichtlich und ruhig bleibt, dass die Zahlen leicht auffindbar und deutlich sind. Die Zahlen dürfen unter keinen Umständen zu Zweifeln oder Irrtümern Anlass geben. Diesem Zwecke entsprechende, richtige Durchführung und Verteilung der Maasse ist Sache der Ueberlegung und Uebung.

Maasslinien und Mittellinien müssen in der Zeichnung zurücktreten; die Zeichnung der Form und die Maasszahl muss die Hauptsache bleiben.

Maasslinien werden deshalb meist blau, nicht rot gezeichnet; diese Farbe ist zu grell, insbesondere das in neuerer Zeit übliche Anilinrot, welches greller aus der Zeichnung hervortritt als die schwarzen Umrisslinien der Form.

Die Mittellinien werden rot strichpunktirt, dürfen aber ebenfalls nicht zu grell erscheinen.

Die blauen Maasslinien werden zweckmässig von Pfeil zu Pfeil durchgezogen und die Maasszahlen erst nachträglich, nach richtiger Ueberlegung, an zweckmässigem Ort in die Maasslinien eingeschrieben. Ein Beispiel hierfür lässt sich im Druck nicht geben. Für Zeichnungen, auf deren gutes Aussehen besonderer Wert gelegt werden muss, ist jedoch dieses Verfahren nicht zu empfehlen.

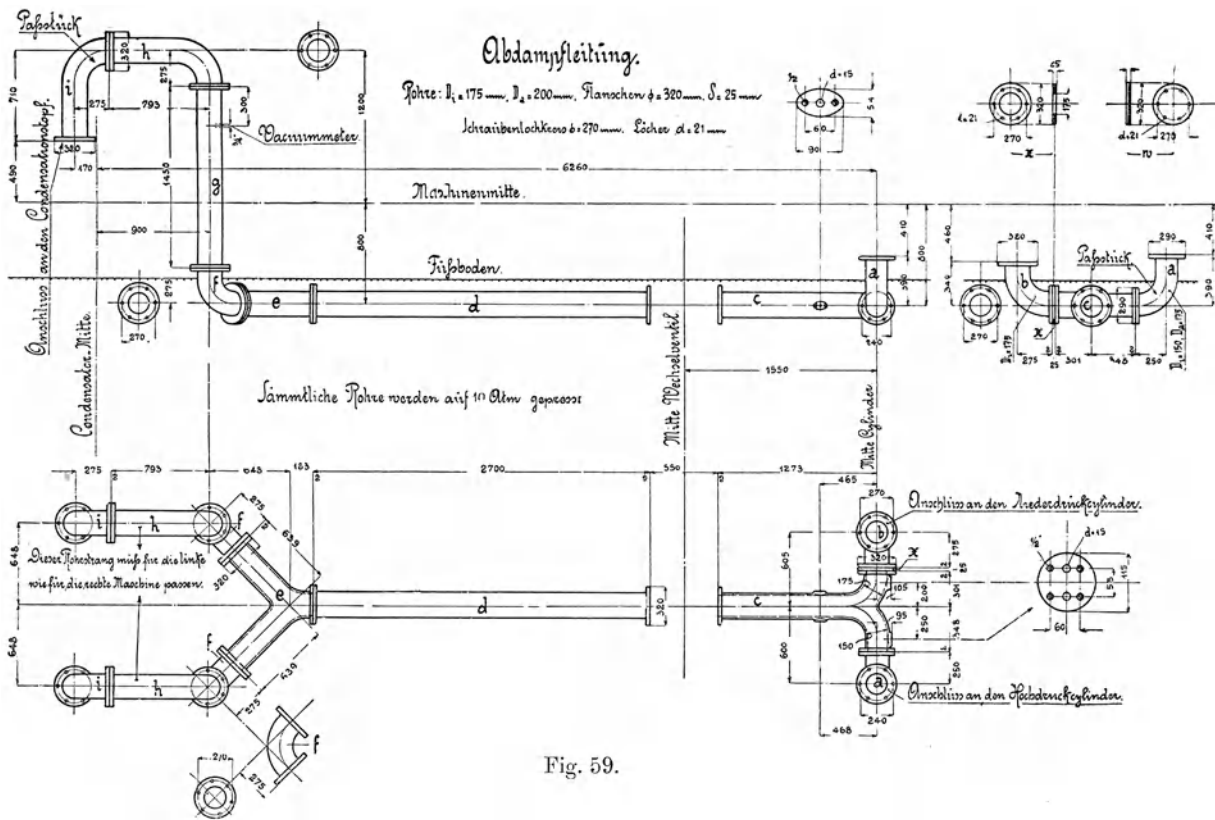
Nähere Angaben über die zeichnerische Ausführung enthält der Abschnitt „Uebersichtlichkeit der zeichnerischen Darstellung“.

**Verschiedene Werkzeichnungen.**

Zu den Werkzeichnungen gehören auch solche Zeichnungen, welche nur einem Teil der Ausführung dienen, z. B. nur für den Zusammenbau der Maschine (Gesamtpläne, Montierungspläne) oder für die Anordnung der Rohrleitungen (Rohrpläne), Ausrüstungsgegenstände (Armaturpläne), Schutzvorrichtungen, Treppen, Geländer u. s. w. erforderlich sind.

Jede solche besondere Verwendung erfordert entsprechend geänderte Darstellung und hinsichtlich Formdarstellung und Maasszahlen die Beschränkung auf den besonderen Zweck. Die Zeichnung hat nur das zu enthalten, was für den jeweiligen Teil der Ausführung erforderlich ist.

Rohrpläne z. B. müssen das für den Zusammenbau, manchmal auch das für die Herstellung aller Rohrleitungen einer Maschinenanlage Erforderliche enthalten: die Einzel- und Anschlussmaasse der Rohrleitungen (Fig. 59) und eine „Stückliste“.



Stückliste zum Rohrplan Fig. 59.

Stück			
1	Krümmen	D. = 150, l. = 390 × 250, Passstück	a
1	"	D. = 175, l. = 340 × 275	b
1	◁ Stück	D. = 175/150	c
1	gerades Rohr	D. = 175, l. = 2700	d
1	▷ Stück	D. = 175	e
2	Normalkrümmen	D. = 175	f
2	gerade Rohre	D. = 175, l. = 1 450	g
2	Krümmen	D. = 175, l. = 793 × 275	h
2	"	D. = 175, l. = 710 × 275	i
1	Zwischenring	D. = 320, Dicke 25 mm	x
1	Blindflansche	D. = 320, Dicke 25 mm	w

Bei umfangreichen Ausführungen muss die zum Rohrplan gehörige Stückliste noch im Einzelnen enthalten:

Deutliche Maassskizzen jedes einzelnen Stücks mit vollständigen Angaben über Flanschenbohrungen u. s. w., über Material und Materialbeschaffung („auswärts bestellt“, „vom Lager“, „Modell No. ....“).

Giesserei und Kupferschmiede führen oft einfache Rohrleitungen nur nach der Liste, ohne Zeichnung, aus.

Der Rohrplan wird meist zusammen mit einem anschaulichen, aber einfachen Bilde der ganzen Maschine (in schwachen roten oder blauen Linien) gezeichnet, um über die Lage der Rohrleitungen zu den einzelnen Teilen der Maschine und über Lage und Einzelheiten der Anschlüsse keinen Zweifel zu lassen. Ohne diesen Zusammenhang zu zeigen, sind selbst einfache Anordnungen (Fig. 59) für den Anfänger schwer verständlich.

Komplizierte Rohrpläne müssen in einen Gesamtplan und Einzelpläne getrennt werden. Bleibt der Hauptplan noch immer unübersichtlich, wie z. B. für grosse Centralanlagen, Schiffsmaschinen u. s. w., dann müssen die einzelnen Rohrleitungen nach Material oder Zweck in verschiedenen Farben unterschieden werden.

Armaturläne haben die für den Maschinenbetrieb erforderlichen Ausrüstungsgegenstände nebst Anschlusskonstruktion darzustellen, z. B.: Schmier- vorrichtungen, Heizungs- und Entwässerungsvorrichtungen, Anbringung von Mess- und Schutzvorrichtungen u. s. w. Auch diese Pläne werden gemeinsam mit einer übersichtlichen, einfachen Gesamtzeichnung hergestellt. Die Hauptteile der Maschine werden in schwachen Linien, die Armaturn als Hauptzweck der Zeichnung in kräftigen Linien dargestellt; bei komplizierter Darstellung werden die einzelnen Rohrleitungen und Armaturn noch farbig unterschieden.

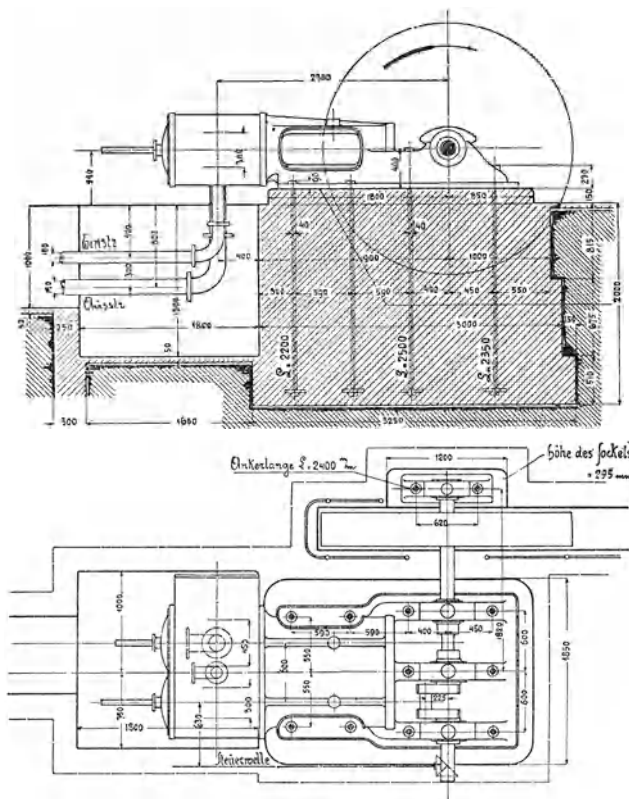


Fig. 60.

Fundamentpläne dienen entweder nur für die Herstellung des Fundaments (Fig. 60) oder zugleich für die Aufstellung der Maschine. Dementsprechend muss die Zeichnung das hierfür Erforderliche enthalten und alles Uebrige ausschliessen; die Maschine wird in den Hauptumrissen kräftig in den Fundamentplan eingezeichnet, und zwar gewöhnlich in blauer Farbe, was aber die Herstellung guter Lichtkopien erschwert.

In Fig. 60 ist ein Fundament einfachster Art, und zwar nicht vollständig, dargestellt.

Komplizierte Anordnungen müssen in allen erforderlichen Projektionen dargestellt werden und diese mit den für die Ausführung der Maurerarbeiten und für die Maschinenaufstellung erforderlichen Maassen versehen sein.

Gesamtzeichnungen dienen für den Zusammenbau der fertigen Maschinenteile in den Werkstätten oder am Verwendungsorte der Maschine.

Erforderlich sind: alle Anschluss- und Kontrollmaasse der Einzelteile, ihre Mittelentfernungen, Schraubenteilungen u. s. w. Die Gesamtzeichnung zeigt nur die Hauptformen der zusammenzubauenden Teile und ihren Zusammenhang, aber

keine Einzelheiten, ausser denjenigen, welche beim Zusammenbau selbst benötigt werden. Anfänger vergessen gewöhnlich, in Konstruktions- und Gesamtzeichnungen die Dicke der Dichtungsmaterialien zwischen den Flanschen, welche auf den Zusammenbau Einfluss hat, und viele sonstige scheinbar nebensächliche Teile einzuzichnen.

Vollständige Gesamtpläne von Maschinen (Fig. 61), in welche alle Teile eingezeichnet werden, geben überladene Projektionsbilder, sind kostspielig und zeitraubend und können überhaupt erst angefertigt werden, wenn alle Einzelzeichnungen fertig sind; und selbst dann hat ein geübter Zeichner noch mehrere Wochen Arbeit. Ausserdem zeigen solche Gesamtpläne für jeden besonderen Zweck die Hauptsache nicht deutlich genug und dafür eine Unmenge zeitweilig Entbehrliches oder ganz Ueberflüssiges. Sie widersprechen dem jeweiligen Arbeitszweck und der Arbeitsteilung und werden daher in der Regel gar nicht angefertigt.

Immerhin sind solche vollständige Gesamtpläne erwünscht, um eine Uebersicht über alle Einzelheiten zu erlangen; besonders in Fällen, wo ein Vergleich mit ähnlichen Konstruktionen, bei denen aber einzelne Teile abgeändert ausgeführt wurden, möglich ist.

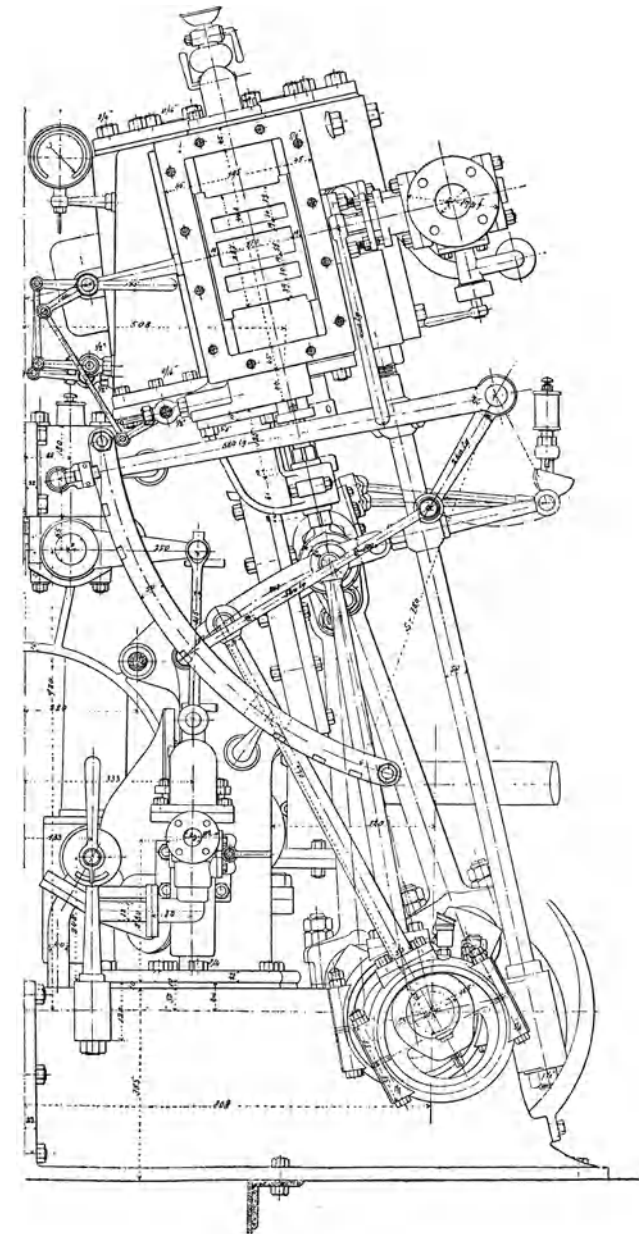


Fig. 61.

Sie sind das beste Mittel, Fehler zu vermeiden bzw. zu entdecken und eine Kontrolle über die Maasse der Einzelzeichnungen auszuüben. Sie erfordern aber einen vorzüglichen Zeichner, der den Zusammenhang der Maasse nachrechnet und an der Herstellung der Einzelzeichnungen nicht beteiligt war.

Auch für andere, ausserhalb der Fabrikation liegende Zwecke mögen solche Gesamtbilder zuweilen erwünscht sein; dann wird aber gerade wegen der Uebersichtlichkeit vieles Ausgeführte wegbleiben müssen, um dafür die Hauptteile hervortreten zu lassen. Gesamtzeichnungen für Nichtsachverständige sind, entsprechend den Projektzeichnungen für gleichen Zweck, möglichst anschaulich auszuführen. In den meisten solchen Fällen wird eine gute Photographie einer ausgeführten ähnlichen Maschine dem Zwecke besser entsprechen; Nichtsachverständige werden solchen photographischen Aufnahmen mehr entnehmen als einer verwickelten Gesamtzeichnung.

Von der Wiedergabe weiterer guter und fehlerhafter Pläne wird hier abgesehen. Der Schulunterricht geht leider auf diese besonderen Zwecke zeichnerischer Darstellung nicht genügend ein. Immerhin ist zu erwähnen, dass es gerade solche besondere Darstellungen von Werkzeichnungen sind, welche Anfänger zuerst und selbständig zu leisten haben, für die sie aber in der Regel die geringste Uebung mitbringen. Diese Aufgaben sind ihnen etwas ganz Neues und zugleich Langweiliges und oft Veranlassung, dass sie schon bei dieser ersten Arbeit das Vertrauen ihrer Vorgesetzten verlieren. Auch mag insbesondere hervorgehoben werden, dass es viel schwieriger ist, einen komplizirten Rohrplan richtig zu entwerfen, ja selbst nur zu zeichnen, als eine Schuldampfmaschine zu „konstruiren“.

### Maassstab der Werkzeichnungen.

Alle Werkzeichnungen sind, soweit als möglich, in natürlicher Grösse zu zeichnen. Die Vorteile solchen Maassstabs für die richtige Ausbildung der Einzelheiten, sowohl für den Konstrukteur als für die Werkstätte, sind selbstverständlich.

Wird dieser Maassstab zu gross, dann ist, mit Rücksicht auf die herrschende Uebung und auf das metrische Maass, als nächstkleinerer Maassstab nur 1:5 zu wählen, mit Einzeldarstellungen in Naturgrösse.

Alle anderen Maassstäbe müssen gleichfalls dezimale sein, und zwar: 1:10, 1:20, 1:50, 1:100 u. s. w. Vom Maassstab 1:2 ist grundsätzlich abzuraten, er giebt stets unübersichtliche Darstellung und Anlass zu Irrtümern. Alle anderen Maassstäbe sind gänzlich unzulässig. Nur unerfahrene Anfänger gebrauchen mit Rücksicht auf Papierformate u. s. w. 1:2 $\frac{1}{2}$ , 1:3, 1:4 u. s. w. Das beweist geringe eigene Erfahrung, mangelhafte Berücksichtigung der Werkstättenpraxis, Unterschätzung der unerlässlichen Uebung im Beurteilen und in der Kontrolle von Maassen. Konstrukteure und Arbeiter bedürfen grosser Uebung in der Beurteilung von Maassen, welche aber nur in den üblichen Maassstäben erreichbar ist; nur der Unerfahrene glaubt sich darüber hinwegsetzen zu können.

### Beschreibung der Werkzeichnungen.

Zu den sachlichen Erfordernissen jeder Werkzeichnung gehört noch:

ausreichende Beschreibung als Anweisung für die Werkstätten. Was für die Ausführung erforderlich ist, aber in der gezeichneten Form und den eingeschriebenen Maasszahlen nicht ausgedrückt werden kann, wird der Zeichnung schriftlich hinzugefügt. Solche schriftliche Angaben gehören sachlich zu den Maasszahlen und sind von gleicher Wichtigkeit wie diese.

Hierher gehören alle erläuternden Angaben zur Zeichnung selbst: alle Beziehungen der Schnitte und Einzelprojektionen unter einander u. s. w.; ausserdem aber auch die besonderen Angaben über Ausführungsvorgang, Genauigkeit, Material, Stückzahl u. s. w. Diese Angaben werden der Zeichnung beige-schrieben oder der „Stückliste“ oder „Aufgabe an die Werkstätte“ in einer Tabelle

übersichtlich beigelegt; sie erfordern dieselbe Sorgfalt, wie die Maasszahlen selbst. Alles muss einfach, übersichtlich, absolut richtig und unzweideutig sein. Die Angaben müssen sorgfältig, wie ein Kontrakt, ausgefertigt werden, da sie für die Ausführung massgebend sind.

Die Werkzeichnungen müssen in der Regel auch besondere Angaben über die zu bearbeitenden Flächen enthalten. Dies geschieht soweit als möglich durch zeichnerische Darstellung, z. B. dadurch, dass eine rote Linie vor jede Bearbeitungsfläche gezogen wird, oder dass die erforderliche Bearbeitung durch schematische Zeichen  $\times\times\times$  oder durch schriftliche Bezeichnung angedeutet wird. Diese letzteren Darstellungen sind jedoch nicht zu empfehlen, weil sie die Deutlichkeit der **Zeichnung** beeinträchtigen. Das Zweckmässigste sind rote Linien, und wenn diese nicht **ausreichen**, Bezeichnung der Bearbeitungsflächen durch Buchstaben oder Zahlen und **ausführliche** schriftliche Angabe in einer besonderen Tabelle, ähnlich der Stückliste.

Bei Darstellung von Bearbeitungsflächen wird Zugabe für die Bearbeitung vielfach nicht gezeichnet, sondern der Werkstätte überlassen. In wichtigen Fällen, insbesondere bei Zeichnungen für Massenfabrikation, ist in der Zeichnung und ausserdem schriftlich besondere genaue Angabe darüber hinzuzufügen.

Hierher gehören auch alle schriftlichen Angaben über Abweichungen der Ausführung von der Zeichnung, z. B. besondere Angabe, dass ein Maschinenteil nach Zeichnung, jedoch mit Weglassung oder Aenderung irgend eines Details herzustellen sei. Sind Abänderungen unvermeidlich, etwa um Zeit und Kosten für eine neue Zeichnung zu sparen, so sollte grundsätzlich jede solche schriftliche Angabe wenigstens von einer Skizze der Abänderung begleitet sein, um irrtümliche Deutungen auszuschliessen. Die zeichnerische Darstellung ist für den Arbeiter immer verständlicher als die schriftliche Belehrung. Mündliche Mitteilungen ohne schriftliche Angaben auf der Zeichnung sind grundsätzlich unzulässig. Aenderungen von Zeichnungen kommen bei der Wiederbenutzung vorhandener Modelle, welche für eine Neuverwendung nur geringer Abänderungen bedürfen, häufig vor. Die Abänderungen werden dann in der gleichfalls vorhandenen Zeichnung auffällig blau oder rot angegeben, mit ausdrücklichem schriftlichen Vermerk z. B.: „4 Stück nach blauer, 2 Stück nach roter Aenderung auszuführen“. Solcher Vorgang ist aber nicht empfehlenswert; es sollte immer eine neue Zeichnung in die Werkstätte gegeben werden, da sonst leicht Irrtümer entstehen.

Originalzeichnungen sollten überhaupt nicht in der Werkstätte benutzt werden, sondern nur Lichtkopien, und für jede Aenderung sollte eine neue Kopie hinausgegeben werden.

Jeder in einer Zeichnung entdeckte Fehler muss vom Werkstättenpersonal sofort gemeldet, jede fehlerhafte Zeichnung sofort berichtigt oder beseitigt werden, sonst werden Fehler wiederholt.

Zu den schriftlichen Angaben gehören weiter:

Eine Ordnungsnummer (Bestellnummer), bei zweckentsprechender Vorkehrung für Aufbewahrung und Ordnung der Zeichnungen in der Plansammlung. Die Nummern sind nicht bald oben, bald unten, sondern immer an bestimmter Stelle und so anzubringen, dass sie schnell und bequem sichtbar sind.

Die Ordnung der Zeichnungen als Unterlagen für die laufenden und künftigen Ausführungen, als Dokumente früherer Ausführungen ist wichtig, und ein Mittel dazu ist die Einhaltung einheitlichen Formates. Letzteres ist seit Einführung der Lichtkopierverfahren ohne besondere Mühe aufrecht zu erhalten, da die Originalzeichnungen beliebig entworfen und die Ordnung der Figuren erst beim



Kopiren vorgenommen werden kann. Mit diesen Einzelheiten hat sich der Anfänger gründlich zu beschäftigen; sie hängen auch zusammen mit den ihm meist gänzlich unbekanntem Kosten der Zeichnungen. Die Ordnung der Zeichnungen setzt die Führung übersichtlicher Verzeichnisse voraus.

Weiter gehört zur Beschreibung:

Das Datum der Fertigstellung der Zeichnung und ihrer Hinausgabe an die Werkstätte, um frühere oder spätere Zeichnungen nach ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge unterscheiden, auch um Prioritätsansprüche u. dergl. geltend machen zu können u. s. w., und die Unterschrift des Konstrukteurs oder Zeichners, um die Verantwortlichkeit feststellen zu können.

Bei allen Beschreibungen richtet sich die Stärke der Schrift wie der Zahlen nach dem Maassstabe und Inhalte der Zeichnung. Dieser muss Hauptsache bleiben und darf nicht durch die Schrift gedrückt und undeutlich werden. Notwendig ist: Grösste Einfachheit, Deutlichkeit und Uebersichtlichkeit der Schrift, insbesondere der Zahlen. Als Schriftart dient am besten Steilschrift.

Sowie jeder Ingenieur befähigt sein muss, selbst tadellose Zeichnungen anzufertigen, so sollte er sie auch mit guter Schrift versehen können. Die Fähigkeit hierzu ist in rascher Abnahme begriffen, und zwar durch die Schuld der Schule, welche den Sinn für gefällige äussere Form vernachlässigt und keine Zeit und Anregung zur Uebung gewährt; es ist eine Ausnahme, wenn ein Studirender überhaupt deutliche Zahlen und Buchstaben schreiben kann! Wenn dann, wie z. B. bei den Baumeisterprüfungen, auf äussere Form besonderer Wert gelegt oder dies von den Prüflingen vermutet wird, so muss der berufsmässige Kalligraph herangezogen werden!

Ueber Beschreibung der Zeichnungen und graphischen Berechnungen, sowie über die moderne Missachtung der äusseren Form enthält das Spätere noch einige Angaben (Abschnitt IX).

---

## **IV. Zeichnerische Richtigkeit und Deutlichkeit der Formdarstellung.**

---

### **Vollständigkeit und Anordnung der Projektionen.**

Die Konstruktionsformen müssen in soviel Projektionen bezw. Schnitten dargestellt werden, dass sie vollständig und unzweifelhaft bestimmt sind. Gegen diese selbstverständliche und einfache Forderung wird aber an den Schulen und nicht minder in der Praxis verstossen. Daraus erwachsen Missstände, und dem ausführenden Maschinenbau bei mangelhafter Kontrolle grosse Nachteile.

Z. B.: Für eine Ridersteuerung waren die halben Abwicklungen der Schieber richtig gezeichnet, aber ohne die auffällige Angabe, dass die untere Hälfte dargestellt sei. Die Schieber wurden irrtümlich symmetrisch ausgeführt, ergaben unrichtige Dampfverteilung und mussten mit vieler Mühe und Kosten ausgewechselt werden. — Nach sonst richtigen Werkzeichnungen wurden, nur wegen unklarer Anordnung der Projektionen, die Dampfzylinder von 10 Maschinen mit den Schieberkasten rechts statt links ausgeführt und mussten durch neue ersetzt werden. Der Schaden betrug etwa 15000 Mark. — In einem anderen Falle wurden, gleichfalls wegen mangelhafter Anordnung der Projektionen, die äusseren Pumpenkörper von zwei grossen Pumpmaschinen ohne Druckstutzen ausgeführt und diese wegen eiliger Lieferung nachträglich angefügt, was den Bruch der Pumpenkörper veranlasste. Der unmittelbare Schaden betrug etwa 25 000 M.; der mittelbare, durch Verspätung der Inbetriebsetzung und den Betriebsunfall betrug über 200 000 M.

Solche Fehler werden insbesondere häufig veranlasst bei einfachen Formen, wenn diese in nur zwei oder überhaupt zu wenig Projektionen dargestellt werden und dann die Bedeutung von rechts und links u. s. w. verwechselt wird.

Die strengste Einhaltung einer bestimmten Ordnung in der Darstellung der Projektionen, wie überhaupt in allen Einzelheiten der Werkzeichnungen ist unerlässlich, wenn Irrtum und Schaden vermieden werden sollen. Solche Ordnung ist freilich auch in der Praxis nicht immer zu finden. An den Schulen sollte sie jedenfalls streng geübt werden, während sie meist vernachlässigt wird. Die angehenden Ingenieure entziehen sich dieser ihnen nebensächlich und pedantisch scheinenden Forderung, und auf Schulzeichnungen wird, unter oder ohne Mitwirkung des Lehrers, der sachlich notwendige Zusammenhang der einzelnen Projektionen zu Gunsten eines „schönen“ oder vollen Blattes geopfert. Damit wird das wichtigste Erfordernis, einer Werkzeichnung, die unzweifelhafte Richtigkeit und Vollständigkeit, gefährdet. Es sollte aber niemals der äussere Eindruck der Zeichnung, sondern der Zweck und die Sache entscheiden. Durch manche Prüfungsvorschriften und unsachgemässe Beurteilung der Prüfungszeichnungen wird leider dem Uebel Vorschub geleistet.

Die Ursachen der Irrtümer liegen wesentlich darin, dass die herkömmlichen Projektionsverfahren der darstellenden Geometrie bei der Anfertigung von Maschinenzeichnungen sehr verschiedenartig gehandhabt werden, und dass für die Anordnung von mehr als 3 Projektionen die Einheitlichkeit fehlt, oft sogar innerhalb einer und derselben Zeichnung mit der Anordnung gewechselt wird.

Die darstellende Geometrie benutzt für ihre abstrakten Darstellungen meist nur drei Projektionen. Wenn eine Konstruktionsform in Aufriss, Grundriss und Kreuzriss (oder entsprechenden Schnitten) vollständig darstellbar ist, muss einheitlich eine bestimmte Anordnung der Projektionen eingehalten, also z. B. der

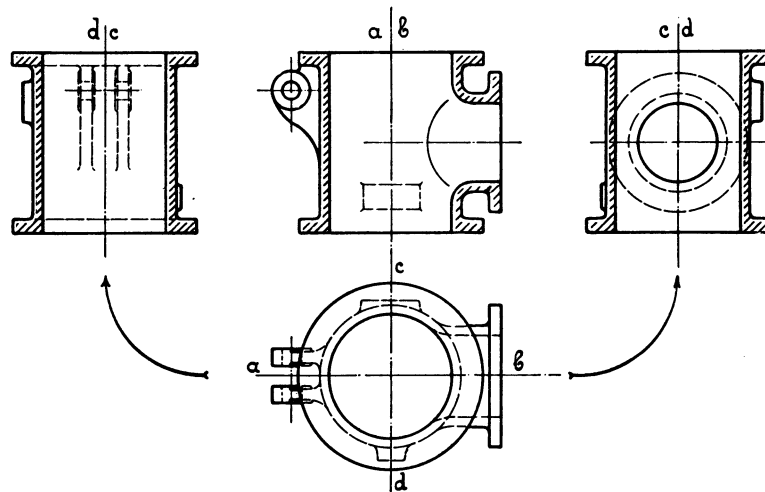


Fig. 62.

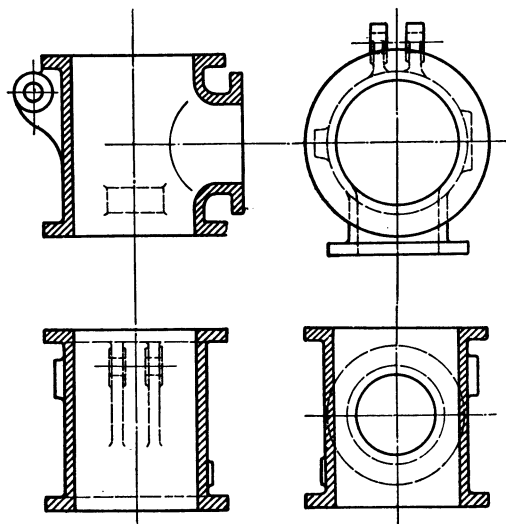


Fig. 62a.

Grundriss unterhalb des Aufrisses und der Kreuzriss je nach der Umklapprichtung rechts oder links dargestellt werden (Fig. 62). Bei Durcheinandermengung der Projektionen (Fig. 62a) ergeben sich Irrtümer und Zweifel über die Bedeutung von rechts und links. Bei der Darstellung des Lagers Fig. 40 und Fig. 41 ist wegen des beschränkten Raumes auch die erforderliche Ordnung nicht eingehalten.

Für die Darstellung vieler Konstruktionsformen sind jedoch mehr als 3 Projektionen erforderlich; dann ist jede Willkür noch störender.

Für die Anordnung der Projektionen von Maschinenzeichnungen ist massgebend: Umgekehrte Bilder (mit der Basis nach oben) sollen vermieden werden. Ueber die Bedeutung von rechts und links, vorn und hinten, oben und unten in den einzelnen Projektionen, insbesondere der Werkzeichnungen, darf kein Zweifel obwalten, und zwar soll die Zeichnung allein, ohne weitläufige schriftliche Zusätze, das Erforderliche unzweideutig darstellen. —

Werden die 6 Flächen eines Würfels als Hauptprojektionen angenommen, so kann die Darstellung dieser in einer Zeichnungsfläche im wesentlichen nach zwei verschiedenen Annahmen erfolgen.

Damit im Nachfolgenden aus den projektiven Darstellungen der Würfel- flächen erkannt werden kann, ob sie den oben angeführten Bedingungen entsprechen, sind die Seitenflächen mit Buchstaben versehen, welche nur in drei Sehrichtungen richtig, verkehrt zu ihnen aber im Spiegelbild erscheinen. Diese drei angenommenen Sehrichtungen sind: Ansicht von vorn nach hinten, von oben nach unten und von links nach rechts (entsprechend dem Aufriss, Grundriss und Kreuzriss der darstellenden Geometrie).

#### 1. Annahme.

Bei uns ist es vielfach, aber nicht allgemein üblich, nach dem Verfahren der darstellenden Geometrie die einzelnen Projektionen in diejenige Richtung umzuklappen, in welcher gesehen wird.

Identisch damit ist die anschauliche Ausdrucksweise: „Der darzustellende Körper, auf einer ebenen Zeichnungsfläche liegend gedacht, wird stets so gekantet, dass sich die darzustellende Ansicht oben befindet. Der jeweilige Platz des Körpers auf der Papierfläche ist auch derjenige der darzustellenden Projektion.“

Fig. 63 zeigt diese Darstellung an dem Würfel, Fig. 64 an einem Maschinenrahmen.

Die Sehrichtungen sind die oben angegebenen; daher erscheinen R, L, G am Würfel wie eingezeichnet und in der Umklappung als Spiegelbilder; die entsprechenden Projektionen des Maschinenrahmens zeigen Vertauschung von rechts und links, oben und unten, vorn und rückwärts.

Dazu ist indess zu bemerken:

Die Projektion von R, ein Spiegelbild, ist zulässig. Sie ist links vom Aufriss N und wurde, im Gegensatze zum Kreuzriss F, von rechts d. h. verkehrt zur gewöhnlichen Sehrichtung angesehen. Daraus folgt selbstverständlich eine Vertauschung von rechts und links. Um Irrtümer zu vermeiden, muss die Umklappung der Projektionen immer in derselben Weise vor sich gehen.

Auch die Projektion von L ist zulässig. Sie ist eine Ansicht von unten, welche anders nicht erhalten werden kann, als dadurch, dass der Körper auf den Kopf gestellt wird; durch richtige Kantung erfolgt dabei auch die Vertauschung von vorn und rückwärts (siehe Maschinenrahmen Fig. 64).

Bequemer wäre es, diese Ansicht in derselben Lage wie den Grundriss P zu zeichnen, dann aber wäre das Kanten nicht konsequent durchgeführt.

Die Projektion G endlich kann auf zweierlei Weise erhalten werden; entweder durch Umkanten gemäss der Fig. 63, oder durch Kanten in eine 90° mit der früheren einschliessende Richtung.

Im ersten Falle erhält man ein auf dem Kopfe stehendes Bild, welches gerne vermieden wird; im zweiten ein aufrecht stehendes Bild, aber mit Rechts- und Linksvertauschung, welches man überdies, der besseren Figurenverteilung wegen, meistens nicht an seinem richtigen Platze darstellt. Irrtümer müssen nun-

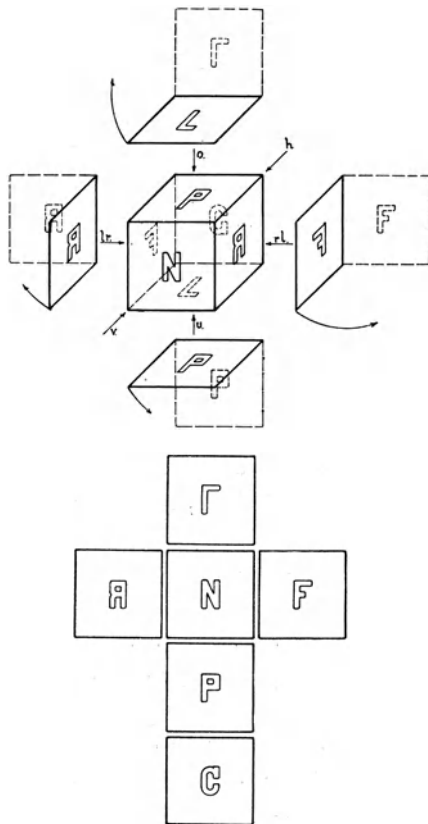


Fig. 63.

mehr durch die ausdrückliche Bezeichnung: „Ansicht von rückwärts“ u. s. w. ausgeschlossen werden.

Bei konsequenter Durchführung dieser Darstellung können Ungewissheiten über rechts und links, vorn und rückwärts u. s. w. nicht entstehen. Diese ergeben sich nur aus Abweichungen von den gemachten Annahmen, welche sich der Konstrukteur der besseren Verteilung der Figuren wegen erlaubt. Wird die Projektion immer in die Richtung umgeklappt, in welcher gesehen wird, so ist ein Irrtum nicht möglich. Ist solche Art des Umklappens nicht durchführbar, dann muss grundsätzlich, auch wenn Irrungen nicht anzunehmen sind, durch genaue Beschreibung auf die abweichende Art der Darstellung aufmerksam gemacht werden. Z. B. „Ansicht von unten“; „Ansicht nach A B“; „Ansicht von rückwärts“; „in Richtung des Pfeiles gesehen“ u. s. w. Wo es aber möglich ist, soll eine streng durchgeführte Projektionsweise schriftliche Zusätze entbehrlich machen.

Alles Gesagte gilt auch für Schnittfiguren.

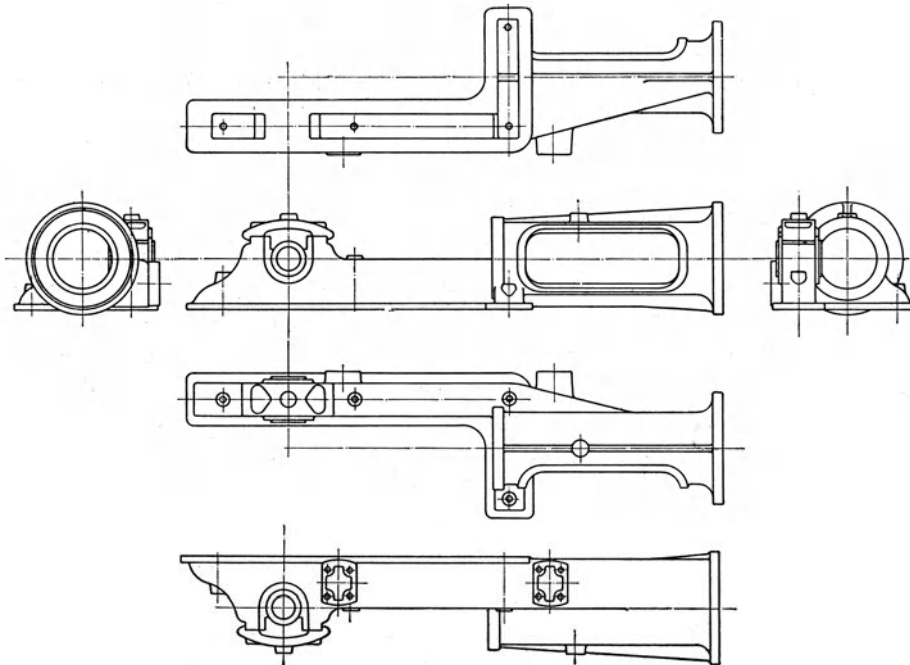


Fig. 64.

Dies ist durch Fig. 65 und Fig. 66 veranschaulicht. Der Würfel ist nicht durchschnitten sondern aufgeklappt gedacht, was einen Unterschied nicht schafft. Da N in Ansicht, so folgt daraus gleiche Sehrichtung wie für G. Figur G kann, ohne dass Irrtum zu befürchten ist, unter L gesetzt werden.

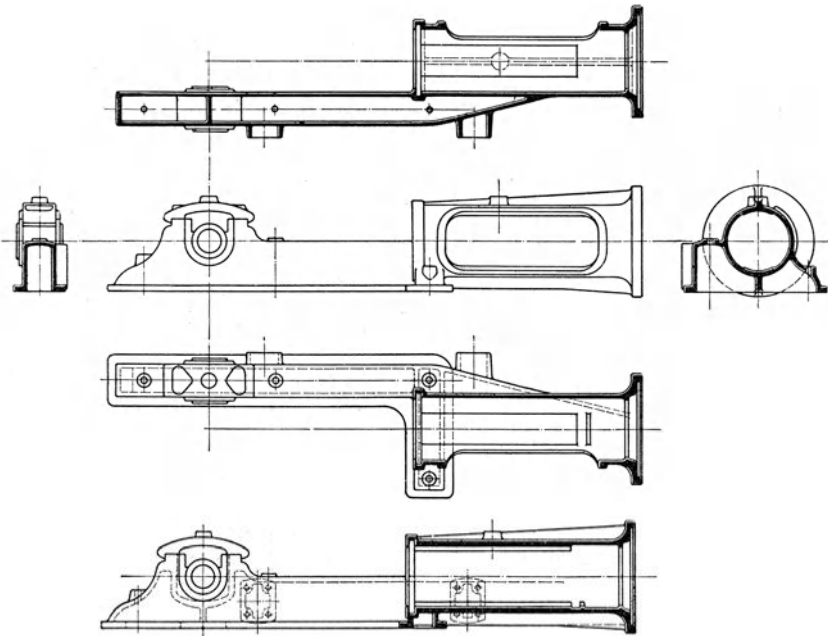


Fig. 65.

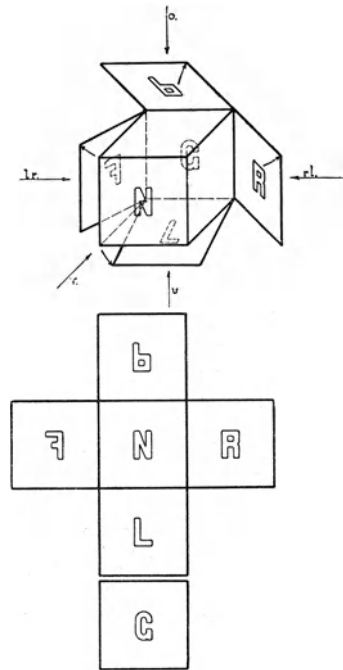


Fig. 66.

Obiges Verfahren könnte, trotzdem es bei richtiger, konsequenter Durchführung keinen Anlass zu Irrtümern bietet, doch den Arbeiter durch die Vertauschung von rechts und links, oben und unten etc. täuschen, und es könnte angenommen werden, dass demnach eine Darstellung, welche diese Vertauschung nicht enthält, zweckmässiger wäre.

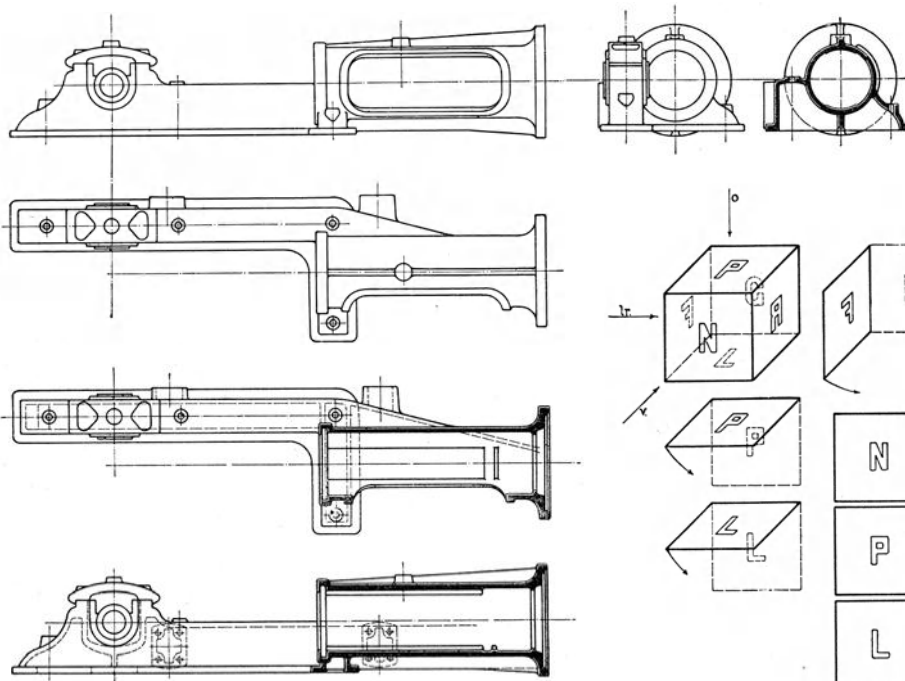


Fig. 67.

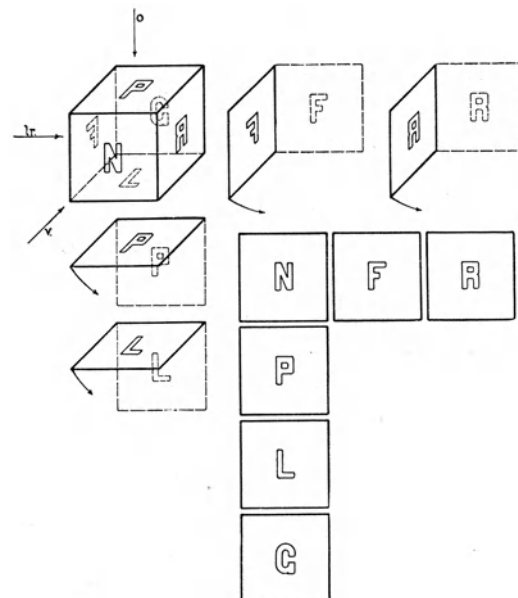


Fig. 68.

Mit 3 Sehrichtungen und richtiger Verbindung von Ansichts- und Schnittfiguren ist solche Darstellung zu erreichen (Fig. 67 und 68). Bei 3 Sehrichtungen können nur 3 Ansichtsflächen gesehen werden; dann müssen die andern 3 Figuren Schnittfiguren sein. N, P und F werden daher als Ansichtsprojektionen von vorn, oben und links projiziert. G, L und R werden als Schnittprojektionen ebenfalls von vorn, oben und links projiziert und nach der Sehrichtung umgeklappt.

Hierbei können Irrtümer allerdings nicht vorkommen. Nachteilig ist aber die schlechte Ausnutzung des Zeichenblattes, welche zu willkürlicher Verteilung der Figuren verleitet, und dadurch die Vorteile dieser Darstellung vernichtet. —

Es ist nicht immer notwendig, einen Körper durch 6 Projektionen darzustellen. Fig. 69 zeigt den bisher als Beispiel verwendeten Maschinenrahmen in der geringsten Zahl von Ansichten und Schnitten.

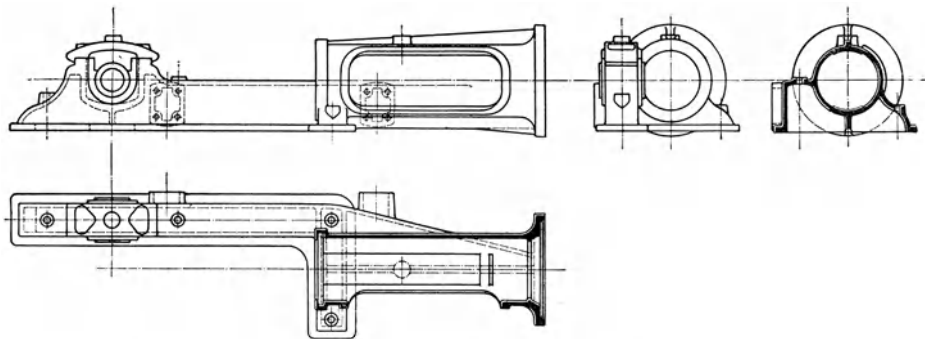


Fig. 69.

Es ist aber in solchem Falle notwendig, das, was oberhalb der Schnittebenen wegfällt und doch dargestellt werden muss, in die vorhandene Schnittfigur in strichpunktirten oder blauen Linien und die Teile unterhalb der Schnittfläche in gestrichelten Linien einzutragen.

## 2. Annahme.

Die zweite Annahme, mehr in Amerika als bei uns üblich, ordnet die Projektionen so an, dass sie zusammengeklappt den vollständigen Körper geben. In gleichem Sinne ist die folgende praktische Ausdrucksweise gemeint:

„Man lässt den aufzuzeichnenden schweren Körper ruhig liegen und bewegt sich von vorn nach links, nach rechts, nach oben.“ Der Aufriss ist dann die Hauptfigur; links davon kommt das von links Gesehene, rechts die rechte Ansicht, oben die Draufsicht u. s. w.

In Fig. 70 und Fig. 71 ist dieses Verfahren dargestellt; gegenüber der bei uns üblichen Projektionsart ergibt sich eine vollständige Vertauschung der Projektionen, u. a. befindet sich der Grundriss oben statt unten u. s. w.

Dieses amerikanische Verfahren gestattet bei konsequenter Durchführung fehlerlose Darstellung und hat den grossen Vorzug, dass es anschaulich ist und den Arbeiter, der nicht darstellende Geometrie studirt hat, in stand setzt, sich die wirkliche Körperform durch Zusammenklappen der Einzelbilder zu versinnlichen. Leider wird jedoch oft die unterste Ansicht nicht, wie konsequenter Projizirung entsprechend, auf dem Kopfe stehend, sondern umgedreht, mit Rechts- und Linksvertauschung, gezeichnet. Damit werden wieder Irrtümer zugelassen. —

Ueber die Zweckmässigkeit der verschiedenen möglichen Annahmen bei der Gruppierung der Einzelprojektionen herrscht bei uns grosse Meinungsverschieden-

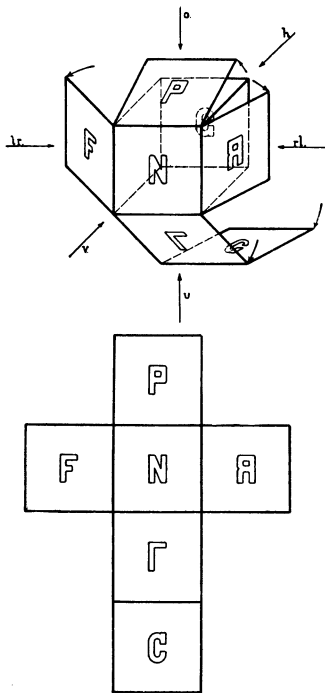


Fig. 70.

heit. Die Vielfältigkeit der Annahmen zwingt dann in zweifelhaften Fällen zu zeitraubenden, an sich schon bedenklichen Auseinandersetzungen zwischen Konstrukteur und Werkstätte, für welche die Zeichnung allein alles Erforderliche unzweideutig enthalten sollte.

Die Sache ist so wichtig, die Folgen mehrdeutiger Anordnung so bedeutend, dass es zweckmässig wäre, allgemein gültige Annahmen festzustellen. Solange die Praxis nicht selbst strenge Ordnung verlangt, so lange ist von der Schule, die mit dem Unfug der Schul- und Prüfungszeichnungen zu kämpfen hat, noch weniger Ordnung zu erwarten.

Die Abhilfe wird dadurch erschwert, dass bei einfachen Formen oft eine einzige Projektion nebst Hilfsfiguren für die Darstellung ausreicht, z. B. Fig. 82. Bei stark unregelmässigen Formen, von welchen das Maschinenbett Fig. 71 ein Beispiel ist, werden Irrtümer nicht vorkommen, wohl aber bei Formen, welche nach einigen Hauptachsen symmetrisch sind, aber in jeder Projektion geringe Verschiedenheiten zeigen.

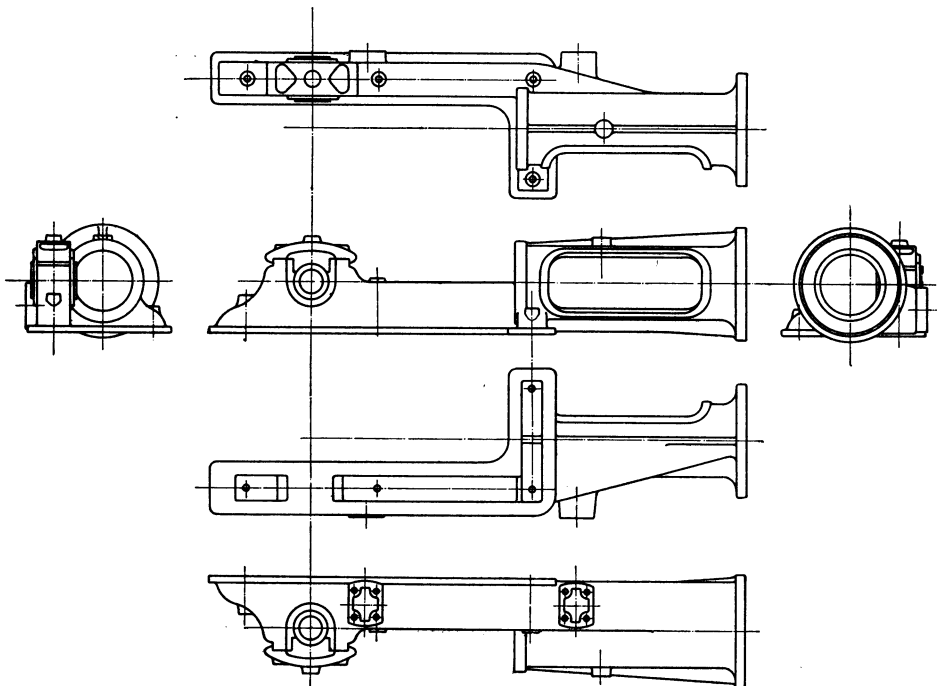


Fig. 71.

Es ist selbstverständlich, dass schliesslich jedes Projektionsverfahren brauchbar ist und seine Vor- und Nachteile besitzt. Wesentlich ist aber, dass von dem einmal angenommenen Verfahren grundsätzlich, auch bei den einfachsten Darstellungen, nicht abgewichen wird; dagegen wird aber oft verstossen. Daher soll die Möglichkeit von Fehlern gerade an einem solchen einfachen Beispiele gezeigt werden.



Fig. 72, Fig. 72a und 72b zeigen einen einfachen gekrümmten Hebel, zu dessen Darstellung Fig. 72a allein ausreicht, wenn eine Projektionsnorm besteht. Ist dies nicht der Fall, so kann bei der Ausführung, ohne dass gegen die Darstellung verstossen würde, die Nabe des Hebels nach Annahme I hinten, nach Annahme II vorn angebracht werden.

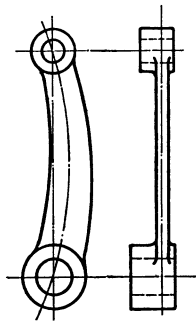


Fig. 72a.

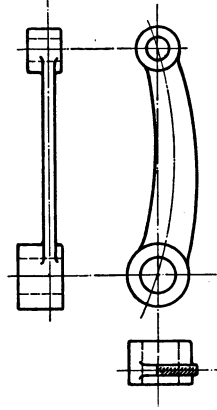


Fig. 72b.

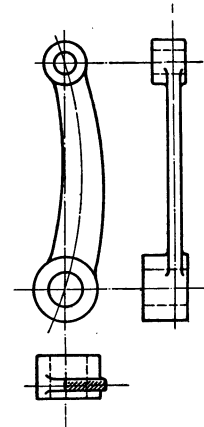


Fig. 72.

Fig. 72b ist noch verwirrender, weil Kreuz- und Grundriss nach verschiedenen Annahmen projiziert sind. Nach Annahme I verlangt der Kreuzriss die Nabe vorn, der Grundriss hinten; nach Annahme II ist es umgekehrt.

Eine unzweideutige Darstellung dieses einfachen Körpers erfordert demnach die konsequente Projizirung in 3 Ansichten, die in Fig 72 nach Annahme I richtig durchgeführt ist.

Zusammengehörige Projektionen müssen richtig unter und neben einander gezeichnet und dürfen nicht beliebig verteilt werden, wie in Fig. 62a, 73a, 74a.

Richtige Darstellung zeigen die Fig. 62, 73, 74. Bei letzterer sollte jedoch die Ansicht des Lagerdeckels nicht über, sondern unter die Hauptfigur bei a—b gezeichnet werden.

Unzulässig ist es, Konstruktionsformen in unzureichenden Projektionen darzustellen und das Fehlende durch schriftliche Zusätze zu ergänzen.

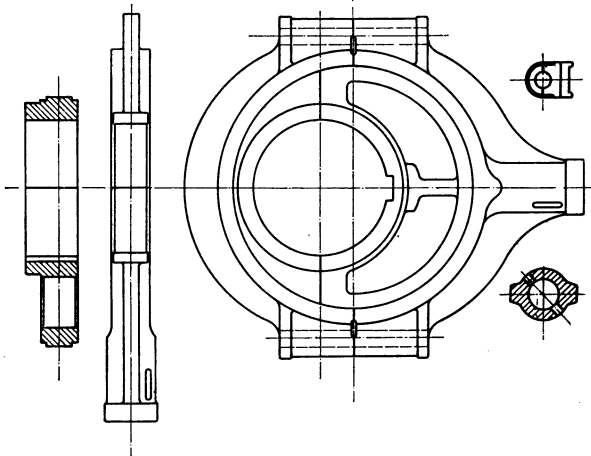


Fig. 73a.

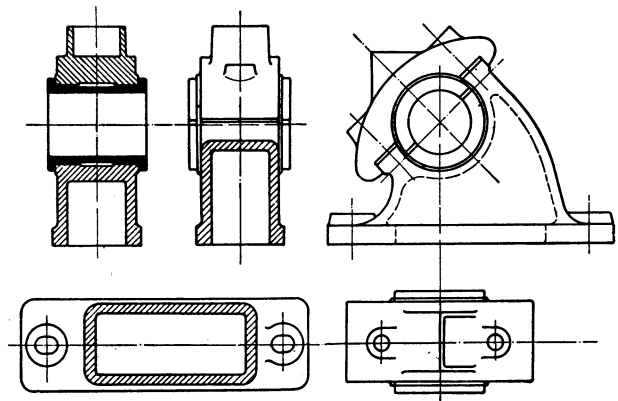


Fig. 74a.

### Darstellung der Schnittfiguren.

Für die Anordnung der Schnittfiguren gilt dasselbe, was von den Projektionen gesagt wurde. Das Wesentliche der Maschine liegt überwiegend im Innern derselben und muss durch Schnitt- statt Ansichtsfiguren dargestellt werden.

Es ist immer zulässig, bei symmetrischen Formen Teilprojektionen anzuwenden, z. B. nur halbe Schnitte oder Ansichten neben einander darzustellen (Fig. 76 und 77). Die Trennungslinie muss jedoch immer die Mittellinie sein. Damit ist stillschweigend gesagt, dass die auf der anderen Seite der Mittellinie liegende, aber nicht dargestellte Form symmetrisch mit der gezeichneten ist. Die Trennung darf nicht durch eine willkürliche Linie (Fig. 78a) und noch weniger durch Konturen der Form (Fig. 79a) erfolgen.

Eine Uebertreibung ist es, zu einer Ansichtsfigur einen senkrecht dazu geführten Schnitt an eine gemeinsame Mittellinie zu zeichnen (Fig. 77a).

Symmetrische Formen sind oft schon in einem Schnitt genügend dargestellt oder erfordern nur noch Teilprojektionen, z. B. Fig. 82; hier genügen die halben Flanschen-Verschraubungen, die neben jedem Flansch umgelegt dargestellt werden. Massgebend ist, ob die Zeichnung ohne Erläuterung alles für die Ausführung Erforderliche enthält. Unsymmetrische Formen hingegen sollen in Teilprojektionen grundsätzlich nicht dargestellt werden.

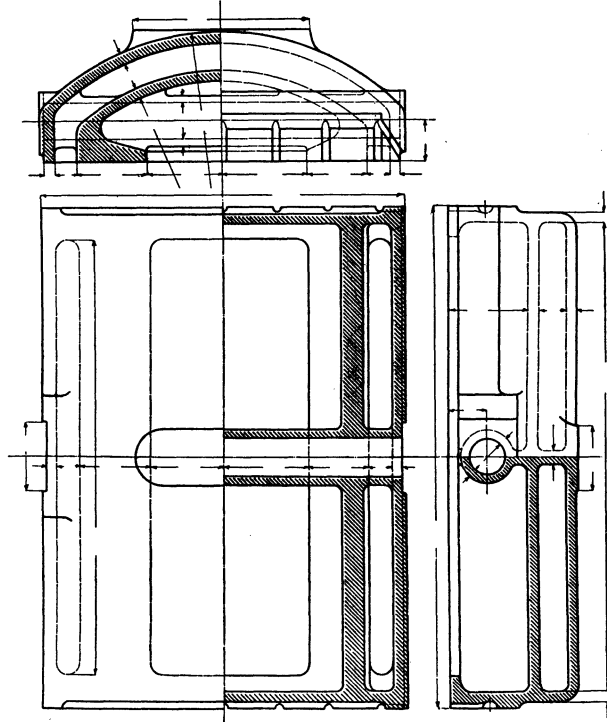


Fig. 76.

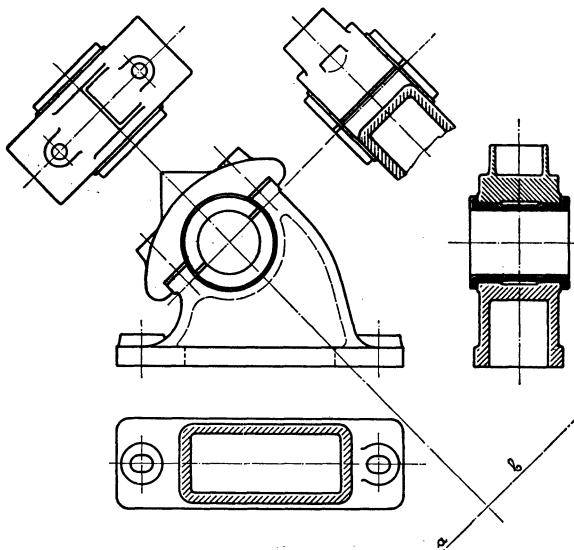


Fig. 74.

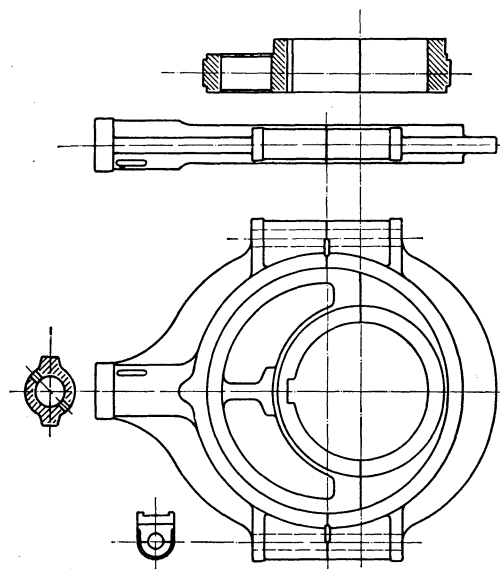


Fig. 73.

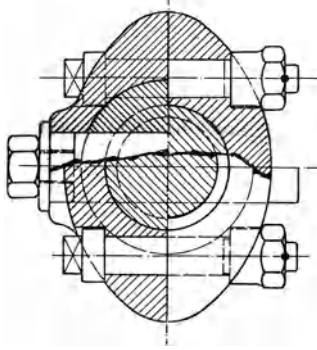


Fig. 78a.

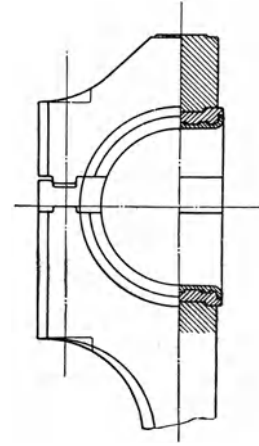
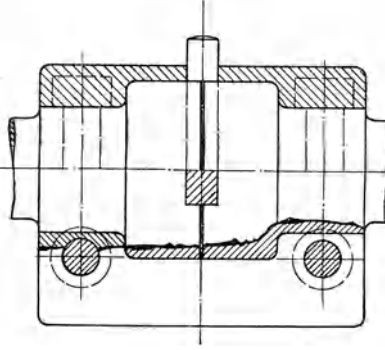


Fig. 77a.

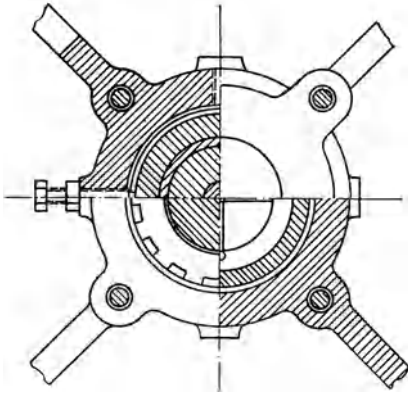


Fig. 82a.

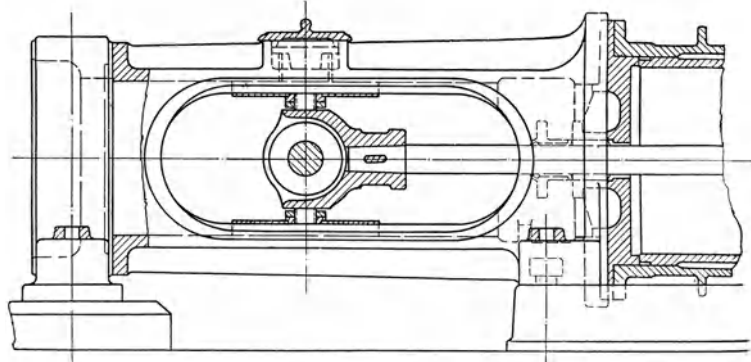


Fig. 79a.

Fehlerhaft ist es:  
die Anwendung solcher  
Teilprojektionen zu über-  
treiben, z. B.  $\frac{1}{4}$ -Projektionen  
anzuwenden (Fig. 78a und 82a)  
oder die Figur gar nur aus  
willkürlichen Bruchstücken  
von Schnitten und Ansichten  
zusammensetzen,  
oder mehrere Projektionen oder Schnitte über-  
einander zu zeichnen; über Schnitte Ansichtsfiguren  
zu zeichnen (Fig. 80a u. 81a) oder umgekehrt.

Richtige Darstellung zeigen Fig. 78 bis 81.  
Was in einer Schnittfigur nicht richtig darstellbar  
ist, muss in anderen Projektionen dargestellt oder,  
wie z. B. der Hebel in Fig. 80, als Ansichtsfigur  
strichpunktirt oder farbig über den Schnitt ge-  
zeichnet werden. Hiervon ist, wie überhaupt vom  
Uebereinanzzeichnen mehrerer Projektionen, vor-  
sichtig Gebrauch zu machen.

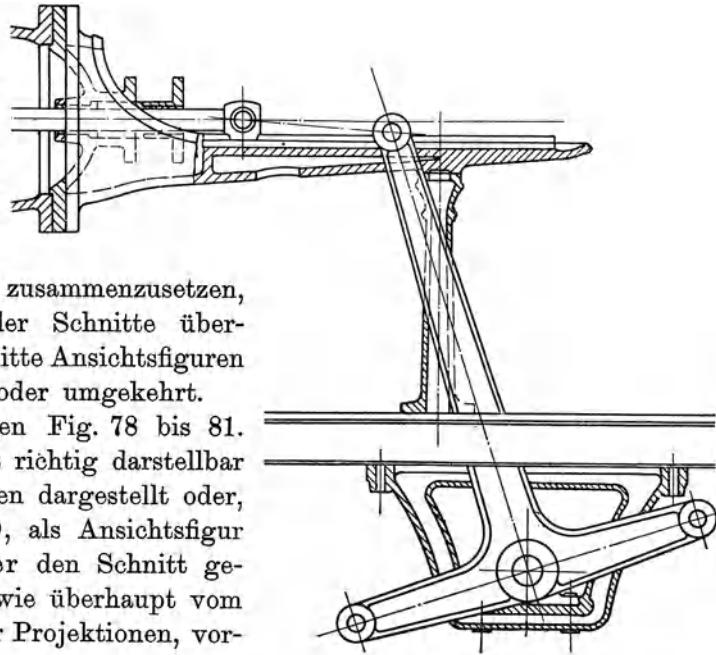


Fig. 80a.

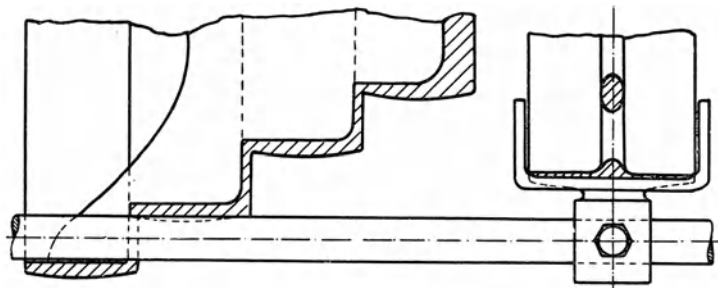


Fig. 81a.

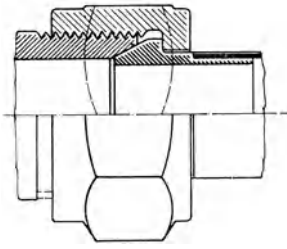


Fig. 77.

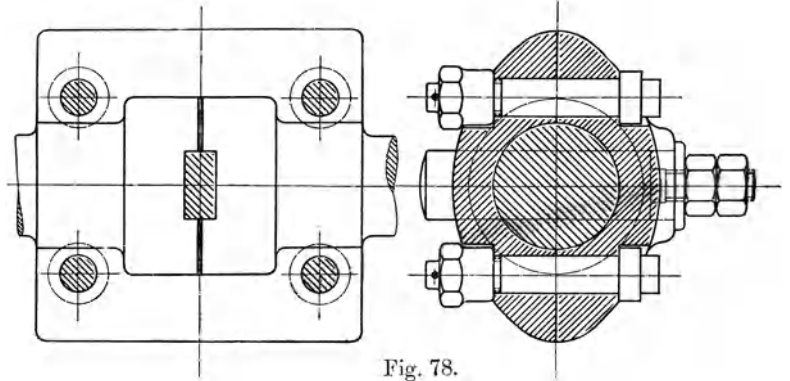


Fig. 78.

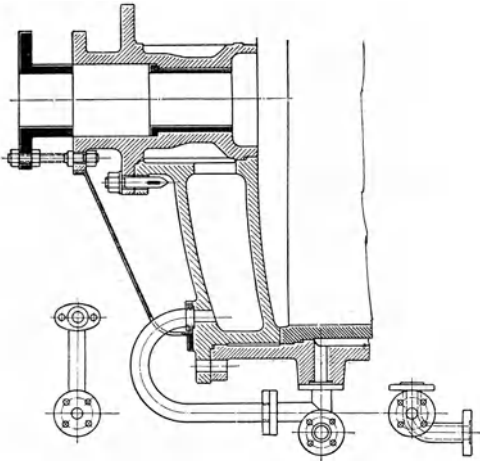


Fig. 83.

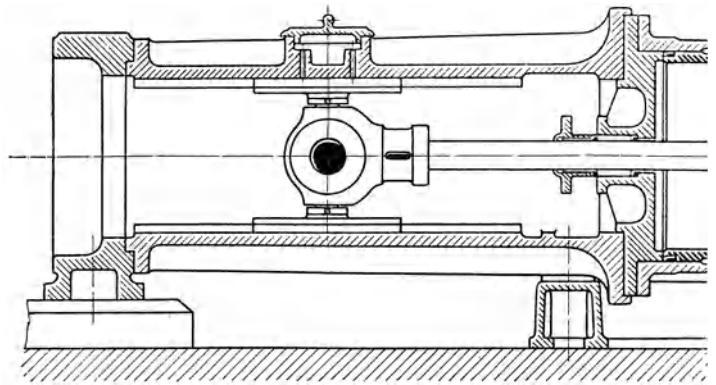


Fig. 79.

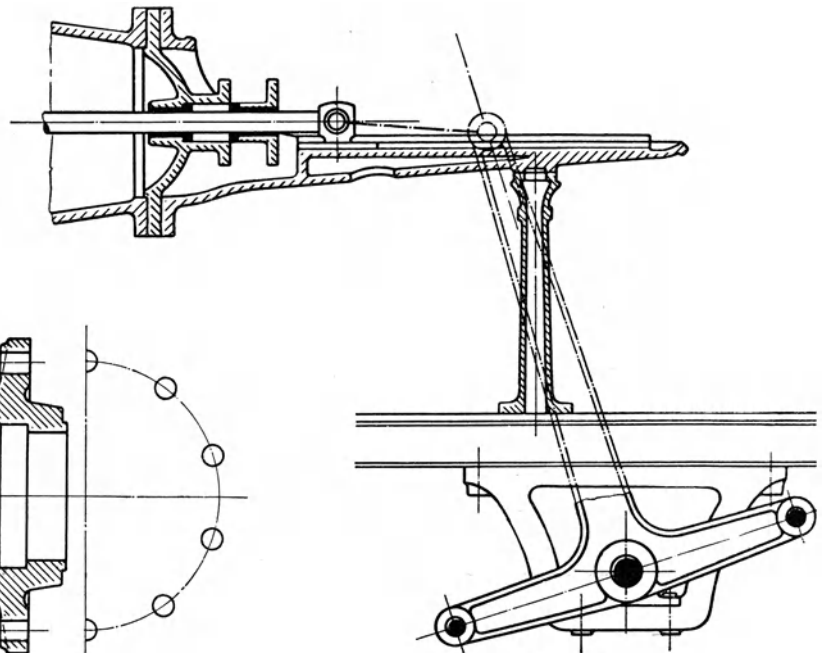


Fig. 80.

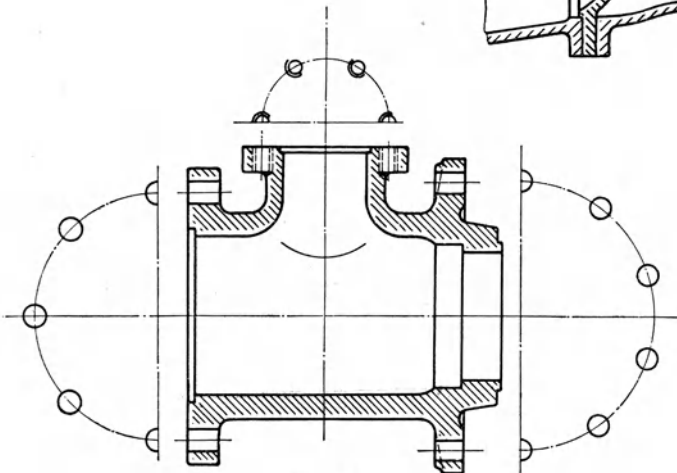


Fig. 82.

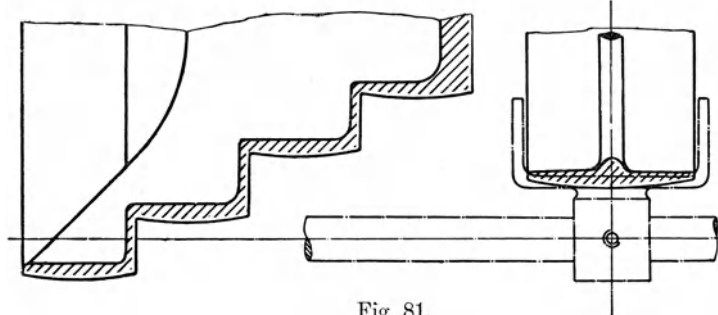


Fig. 81.

So wie in Fig. 82 eine symmetrische Form durch eine Hauptprojektion und die erforderliche Anzahl von Teilprojektionen dargestellt ist, können auch unsymmetrische Formen durch eine Haupt- und mehrere Teilprojektionen dargestellt werden. In diesem Falle beziehen sich die Teilprojektionen nur auf Nebenformen und konstruktive Einzelheiten. Nur solche Nebenteile sind in den Hilfsfiguren in besonderen Projektionen darzustellen (Fig. 83). Für ihre Anordnung gilt dasselbe, was über die Anordnung der Hauptfiguren gesagt wurde.

Gebrochene Schnitte werden, so wie Teilfiguren, vielfach angewendet, um bei symmetrischen Formen in einer Figur möglichst viel darzustellen.

Fig. 84 zeigt z. B. die Schnitte AB, CD, DE und FG in einer Figur. Auch dieses übliche Verfahren darf, wie die Verwendung von Teilfiguren, nicht übertrieben werden. Bei ungewöhnlichen Formen ist die Lage der Schnittebene durch Buchstaben genau anzugeben, während dies in einfachen Fällen, z. B. in Fig. 84, unterbleibt.

Konstruktionsteile, deren Schnitt nichts Neues darstellt, werden überhaupt nicht geschnitten, auch wenn sie in der Schnittebene liegen.

Z. B. Bolzen, Stangen und Rippen, alle ebenen Flächen und vollen Cylinder oder Kegel u. s. w. würden im Schnitt nichts für die Ausführung Erforderliches darstellen und die Zeichnung nur unklar machen (Fig. 85a bis 89a); solche Teile werden nur senkrecht zu ihrer Achse im Schnitt dargestellt, nicht parallel zu ihr. Der Schnitt wird daher, z. B. beim Ventil Sitz Fig. 85, in einer gebrochenen Linie ABCDEF geführt, und die Rippen werden nur in Ansicht dargestellt. Solche gebrochene Schnitte werden als selbstverständlich angesehen und in der Zeichnung nicht besonders bezeichnet.

Bei Werkzeugzeichnungen ist es auch üblich, den Schnitt zwar durch die Rippen durchzulegen, aber, z. B. Fig. 85a, nur den Sitzquerschnitt farbig anzulegen, hingegen die Rippen mit der gleichen Farbe zu schraffieren.

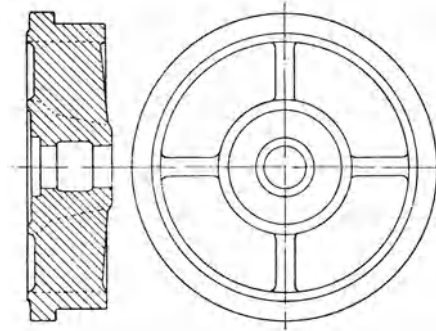


Fig. 85 a.

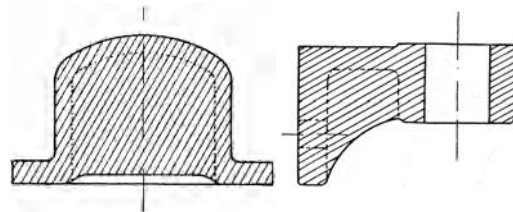


Fig. 86 a.

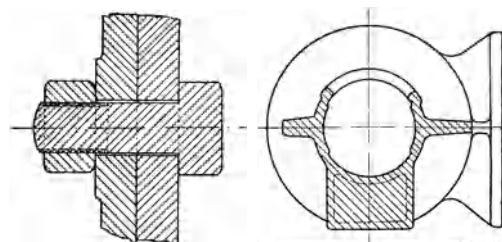


Fig. 88 a.

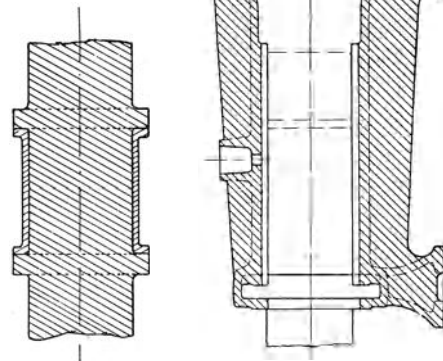


Fig. 89 a.

Fig. 87 a.

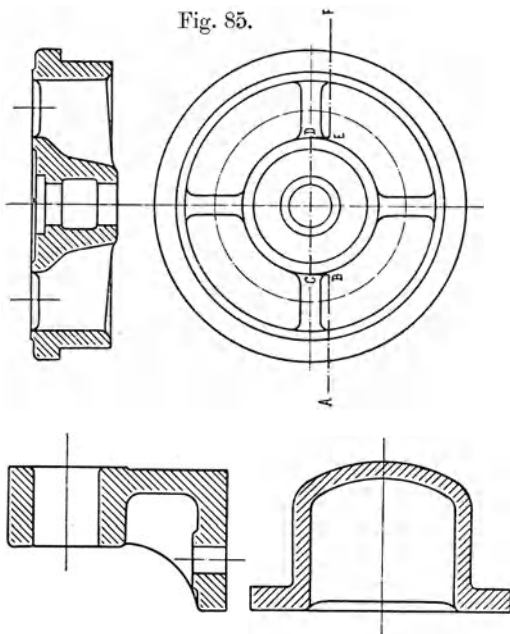


Fig. 85.

Fig. 86.

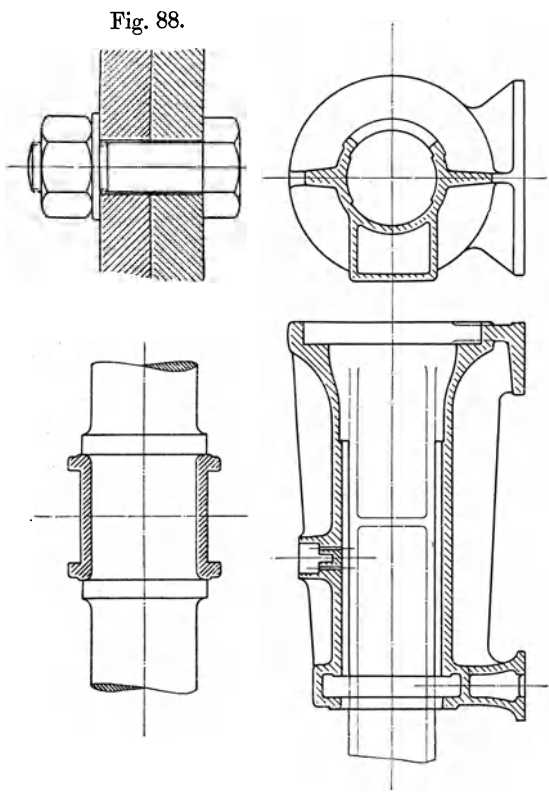


Fig. 88.

Fig. 89.

Fig. 87.

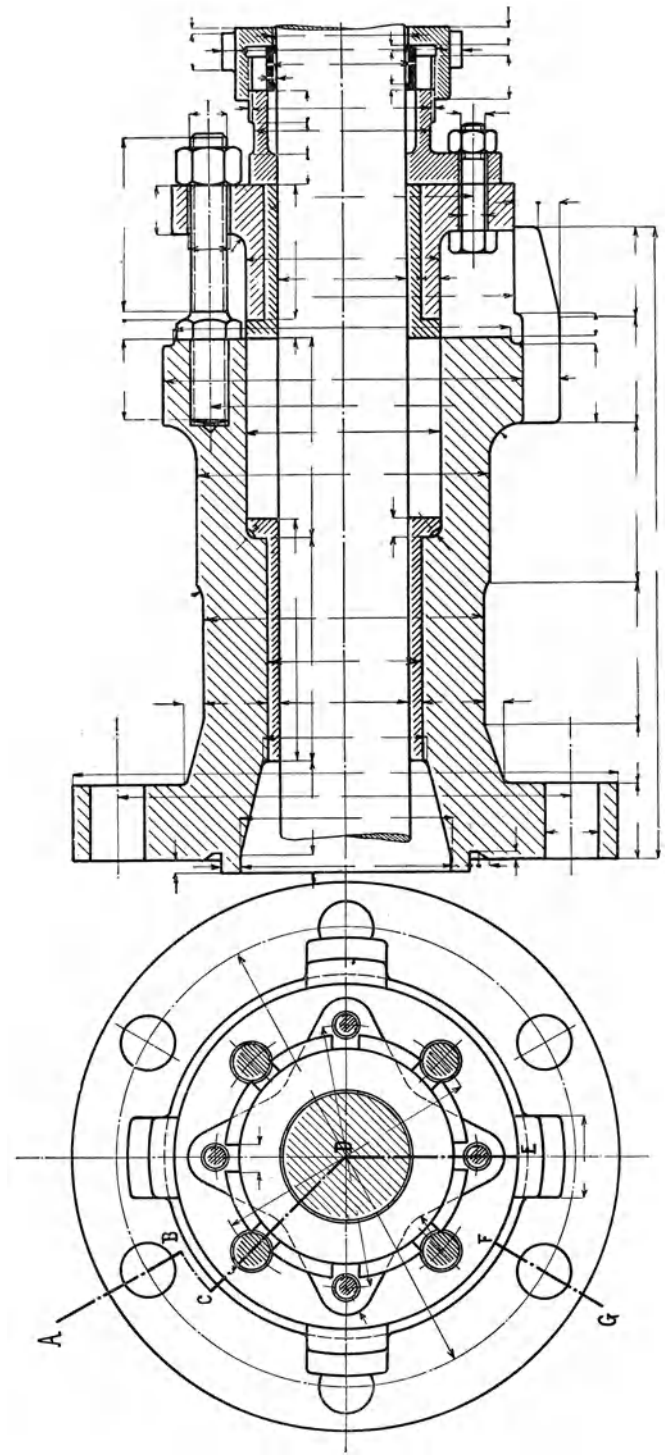


Fig. 84.

Die üblichen Schnittdarstellungen in gebrochenen Linien zeigen die Fig. 86 und 87. Angabe des Verlaufs der Schnittebene ist bei einfachen Formen nicht erforderlich; wohl aber bei ungewöhnlichen und komplizirten Formen.

### Uebersichtlichkeit der zeichnerischen Darstellung.

Wesentlich ist übersichtliche Gruppierung der einzelnen Figuren. Die Hauptsache muss mit den einfachsten Mitteln auf das klarste zum Ausdruck kommen und darf nicht durch Nebendinge beeinträchtigt werden. Wichtig ist, vorher gute und vollständige Skizzen der darzustellenden Sache anzufertigen. Wem beim Zeichnen auf dem Reissbrett genau bekannt ist, was darzustellen ist, dem ist die zweckmässige Einteilung nicht schwierig.

In Werkzeichnungen sollen die an die dargestellten Maschinenteile sich anschliessenden Konstruktionen in einfachster Darstellung mit roter Farbe oder strichpunktirt eingezeichnet werden, z. B. in die Werkzeichnung eines Dampfzylinders werden Kolben, Kolbenstange und Verbindung mit dem Maschinenrahmen, auf Wellen die Riemscheiben und Zahnräder eingezeichnet. Viele Irrtümer in der Ausführung rühren davon her, dass in Werkzeichnungen einzelne Teile ohne Angabe der Anschlusskonstruktionen, der in der Nähe befindlichen beweglichen Teile, Gestänge, Riemen u. s. w. gezeichnet wurden. Alle überflüssige zeichnerische Arbeit, die nicht für die Ausführung des betreffenden Werkstücks erforderlich ist, ist zu vermeiden; aber für die Kontrolle ist der Zusammenhang mit Nachbarteilen unerlässlich und sollte daher auf jeder Zeichnung dargestellt sein. Die zeichnerische Mehrarbeit verhütet Fehler, die an den ausgeführten Maschinenteilen nur mit grossen Kosten beseitigt werden können und gewöhnlich erst dann bemerkt werden, wenn die Maschine schon fertig zusammengebaut ist.

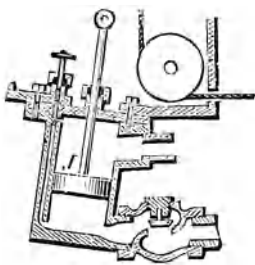


Fig. 94a.

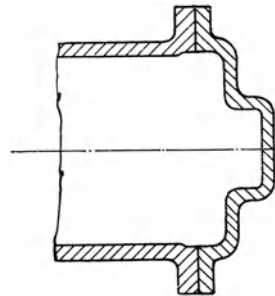


Fig. 92a.

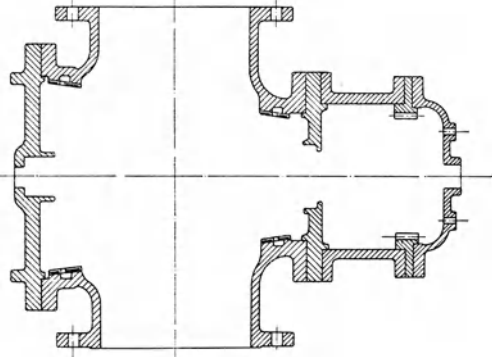


Fig. 93a.

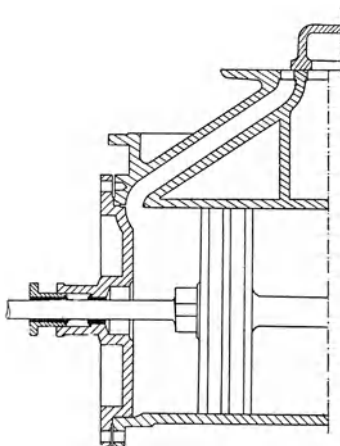


Fig. 91a.

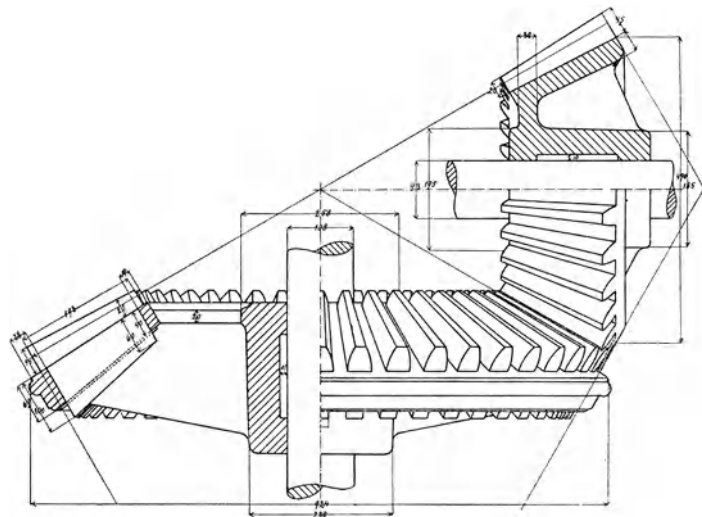


Fig. 90a.

Das für den jeweiligen Zweck Wesentliche muss deutlich hervortreten; die Hauptformen, an welche sich die Nebenformen anschliessen, müssen leicht ersichtlich sein.

In den Einzelheiten ist zu beachten:

Bewegliche Teile müssen immer in charakteristischen Stellungen gezeichnet werden, auch wenn dann ihre Projektionen unter einander nicht stimmen. Z. B. sind Dampfkolben und Kurbeln immer im Hubwechsel (Fig. 91), Schieber in der Mittellage, ausserdem in den äussersten Stellungen farbig oder gestrichelt zu zeichnen; Stopfbüchsen sind ganz herausgezogen, Ventile geschlossen, aber ihre offene Stellung farbig oder strichpunktirt darzustellen.

Unzweckmässig ist es, alle Nebenteile, z. B. Befestigungsschrauben, Kettenlieder, alle Niete von Blechträgern, alle Schrauben von Flanschenverbindungen u. s. w., alle Zähne von Zahnrädern (Fig. 90a), zu projizieren, deren Darstellung für die Ausführung nicht notwendig ist.

Das Notwendige hingegen muss dargestellt werden. Hierzu gehört auch das projektiv Notwendige. Fälschlich werden häufig, infolge von mangelhafter Vorstellung, in Schnitten (Fig. 92a—94a) die Projektionslinien der hinter dem Schnitt liegenden Ebenen nicht dargestellt. Die seien selbstverständlich, heisst es. Was würde man aber sagen, wenn jemand, nach dem Vorbilde der schlechten Zeichnung des Patentblattes Fig. 94a, in Schrift oder Wort „selbstverständliche“ Wörter oder Buchstaben wegliesse?

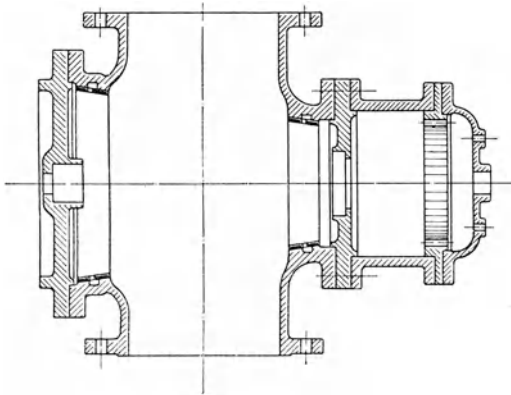


Fig. 93.

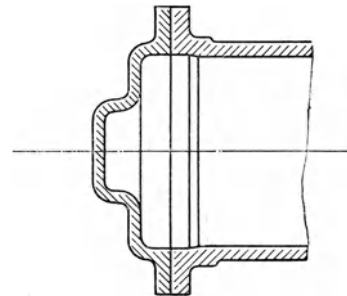


Fig. 92.

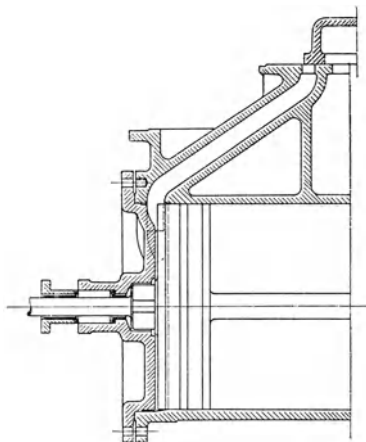


Fig. 91.

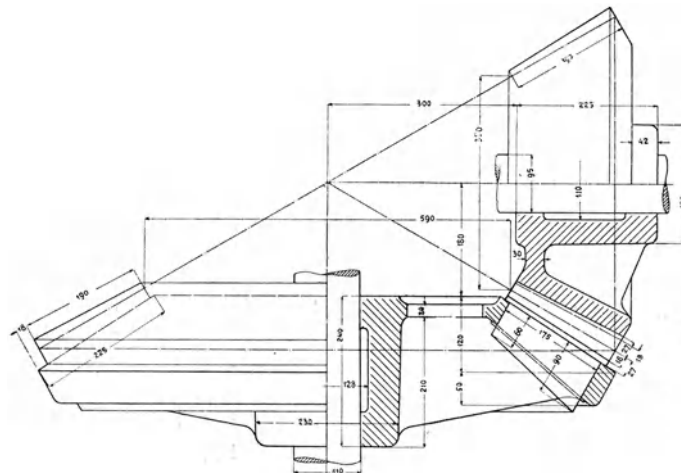


Fig. 90.



Fehlerhaft ist es:

1. Ansichtsprojektionen mit vielen nicht unterscheidbaren Linien zu zeichnen, wenn die sachliche Darstellung nur im Schnitt möglich ist.

2. Mehrere Figuren über einander zu zeichnen, ohne sie zeichnerisch ausreichend von einander zu unterscheiden.

3. Ansichtsfiguren über Schnitte zu zeichnen oder umgekehrt (Fig. 80a, 81a und 102a). Darin liegt ein Widerspruch, da durch den Schnitt doch das vor der Schnittebene Liegende weggeschnitten wird. Mindestens müssen Ansichten und Schnitte, wenn über einander gezeichnet, durch farbige oder strichpunktirte Linien deutlich unterschieden werden (Fig. 99), sonst ergeben sich falsche Bilder: es erscheinen Querschnittflächen in der Zeichnung, die es in Wirklichkeit nicht giebt (vgl. Fig. 80a und 81a). Auch das Ineinanderzeichnen von Querschnitten ohne deutliche Unterscheidung (Fig. 95a) ist unzulässig.

4. Viele punktirte Linien für die Darstellung der hinter der Zeichnungsebene liegenden Teile zu verwenden. Ein Uebermaass von punktirten oder gestrichelten Linien macht jede Formdarstellung unklar (Fig. 96a und 100a). Maschinenzeichnungen sollen punktirte Linien nur ausnahmsweise und nur zur Darstellung von Nebensächlichem enthalten.

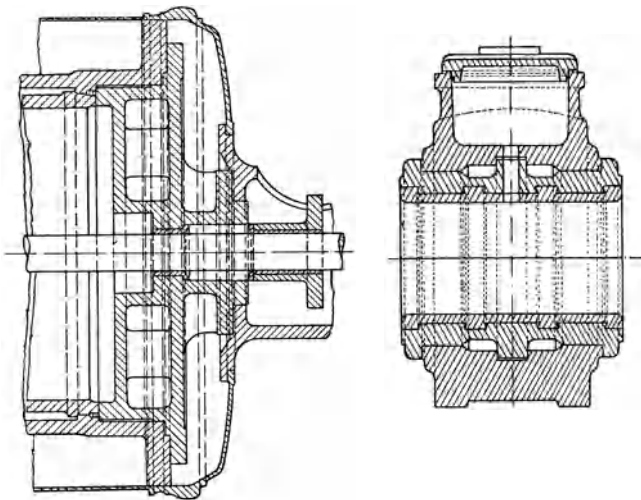


Fig. 96a.

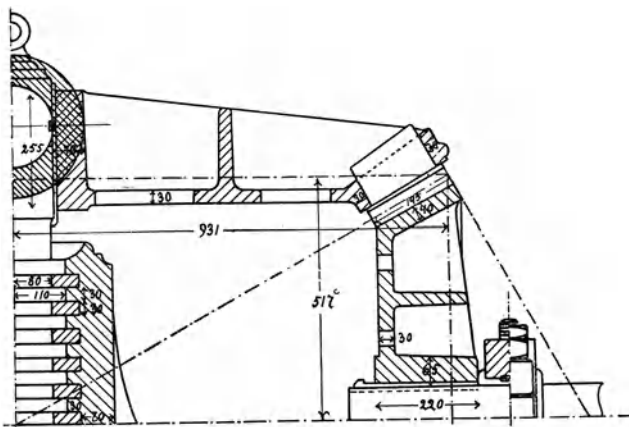


Fig. 95a.

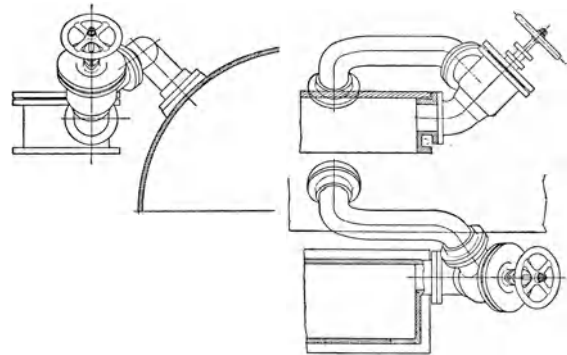


Fig. 98a.

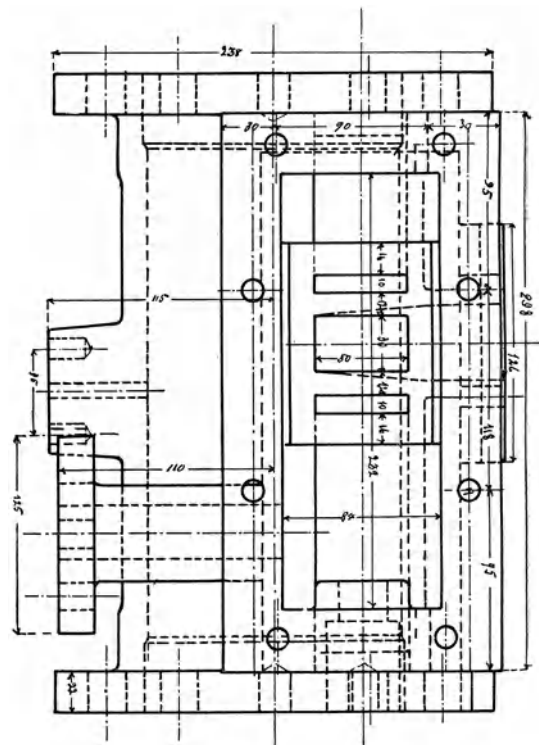


Fig. 97a.

5. Schnitte und Projektionen darzustellen, welche nicht die wahren Abmessungen zeigen oder für die Ausführung unwesentlich sind (Fig. 98a). Solche schiefe Projektionen oder Schnitte sind zu umgehen und durch besondere Teilprojektionen zu ersetzen, welche die für die Ausführung erforderlichen wahren Abmessungen darstellen.

Die Durchdringungslinien von Körpern sollen nicht auffällig dargestellt, sondern nur angedeutet werden. Ihre richtige Konstruktion ist unerlässlich und muss gerade vom Anfänger gründlich geübt werden, weil die Festigkeit der Teile von den Uebergangsformen abhängt; ihre Darstellung ist aber nur ein Hilfsmittel des Konstrukteurs, welches nicht in die Werkzeichnung gehört, da sie für die Ausführung der Form ohnedies nicht benutzt werden können. Sie entstehen bei scharfeckiger Verschneidung von selbst bzw. verschwinden bei abgerundeten Uebergängen, welche in der Regel ausgeführt werden müssen. Für die Ausführung ist nur erforderlich: die genaue Angabe der sich durchdringenden Körper und der Uebergangsformen und die hierzu gehörigen Maasszahlen.

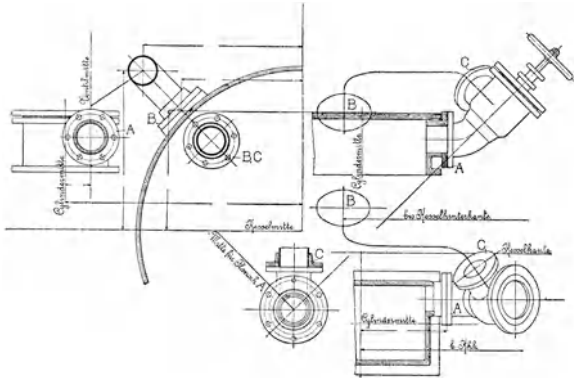


Fig. 98.

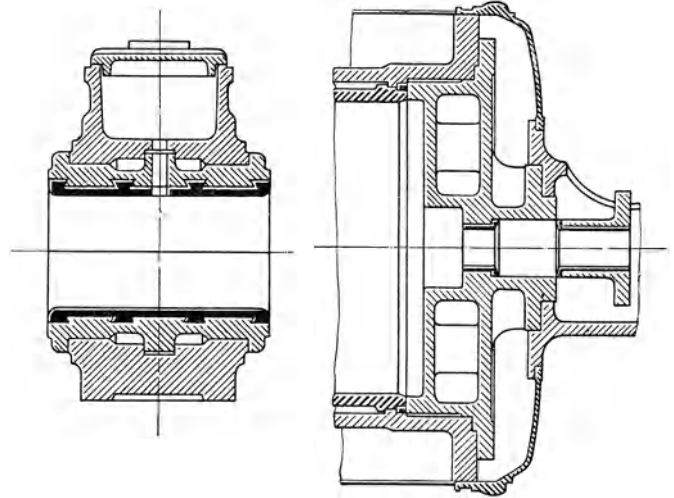


Fig. 96.

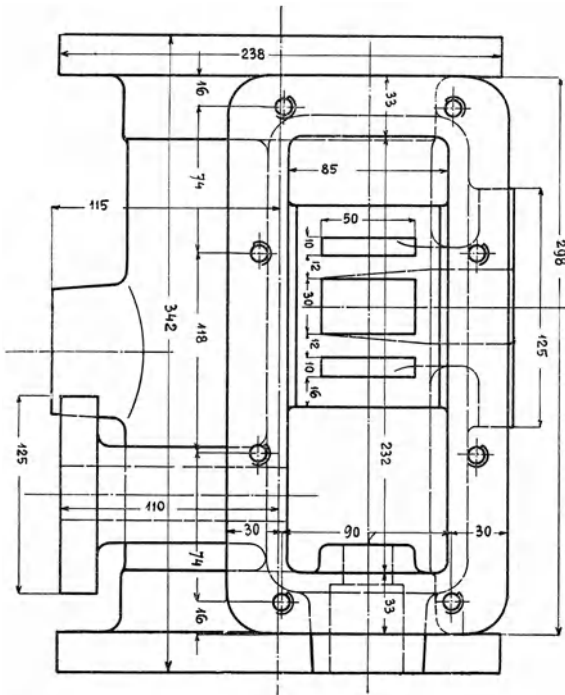


Fig. 97.

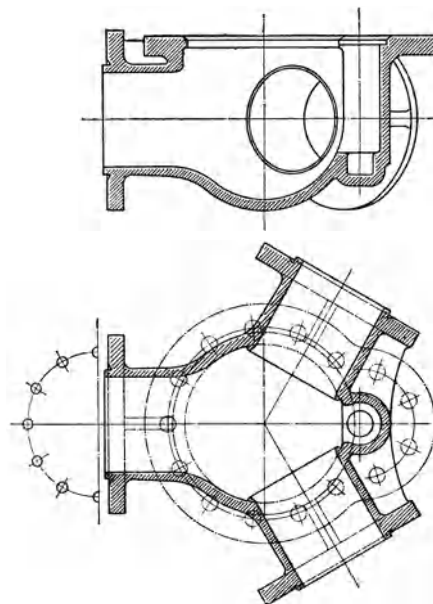


Fig. 99.

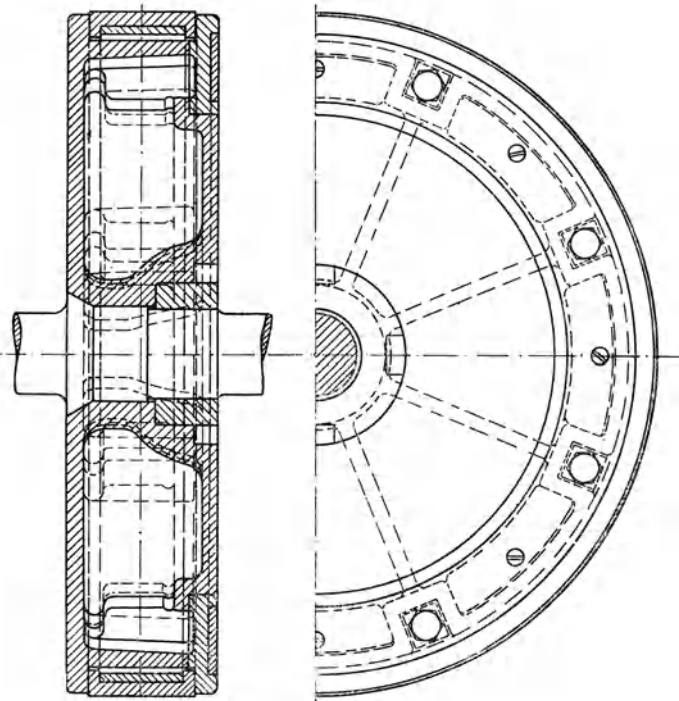


Fig. 100a.

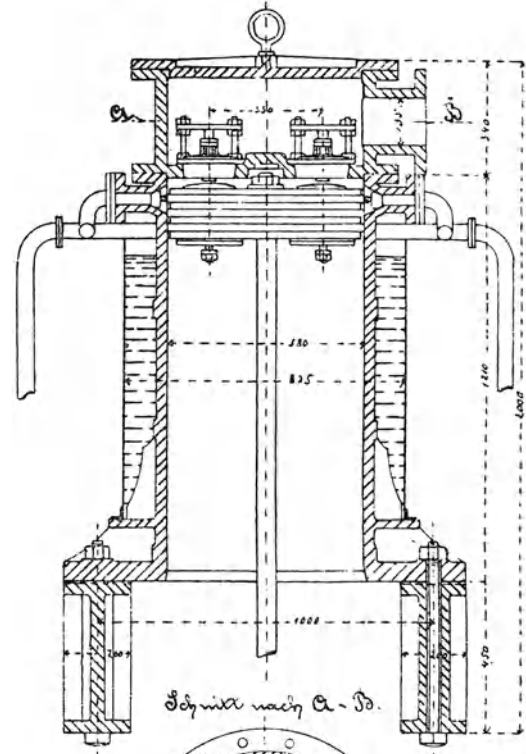


Fig. 101a.

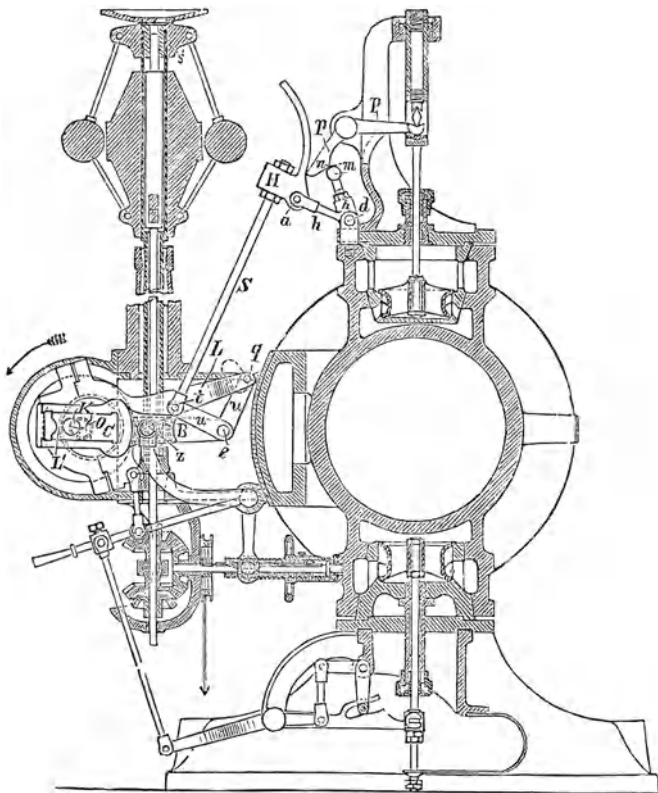


Fig. 102a.

Linien machen die Zeichnung undeutlich und  
Fig. 101a mit Fig. 101).

Für die zeichnerische Ausführung gelten in allen Einzelheiten die erwähnten sachlichen Forderungen, die durch den jeweiligen Zweck gegeben sind. Das Nachfolgende enthält einige Ergänzungen hierzu.

Deutlichkeit und Einfachheit sind Hauptfordernisse. Die Schönheit der Maschinenzeichnung liegt ausschliesslich in richtiger Formdarstellung, in gleichmässigen, scharfen, kräftigen Linien.

Rissige, faserige oder unbestimmte

unübersichtlich (vergl. die rissige

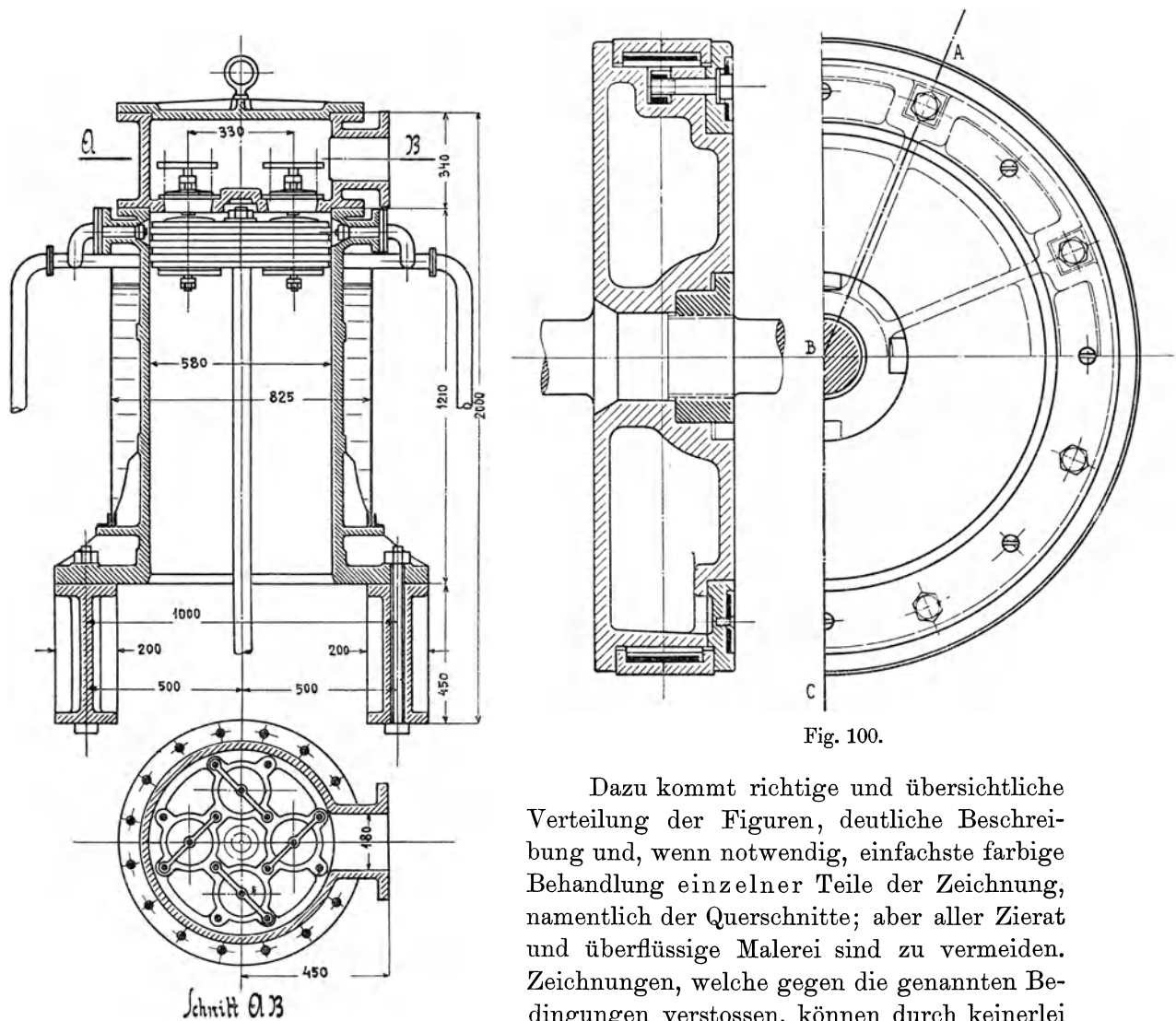


Fig. 101.

Fig. 100.

Dazu kommt richtige und übersichtliche Verteilung der Figuren, deutliche Beschreibung und, wenn notwendig, einfachste farbige Behandlung einzelner Teile der Zeichnung, namentlich der Querschnitte; aber aller Zierat und überflüssige Malerei sind zu vermeiden. Zeichnungen, welche gegen die genannten Bedingungen verstossen, können durch keinerlei Ausschmückung verbessert werden.

Die Umrisslinien der Form sind schwarz und kräftig zu ziehen. Die Strichstärke richtet sich nach Zweck und Maassstab der Zeichnung und nach der Komplizirtheit. Linien unter  $\frac{1}{4}$  mm Stärke sollen für Werkzeichnungen nicht benutzt werden, bei Zeichnungen in Naturgrösse nicht unter  $\frac{3}{4}$  mm. Grössere Strichstärke macht die Einzelheiten der Form undeutlich, und das Zeichnen wird dabei zu mühsam. Die notwendige minimale Strichstärke für verschiedenen Maassstab ist in den Fig. 42—44 angegeben. Fallen viele Linien zusammen, dann können einzelne der eng aneinander fallenden Linien schwächer gezogen werden. Komplizirte Formen sind in genügender Einzeldarstellung zu zeichnen.

Die „genaue“ Ausführung von Zeichnungen in dünnen Linien ist ein sachlicher Fehler, ein Verkennen des Zwecks. Der Genauigkeit bedarf nur der Konstrukteur. Die Genauigkeit der Werkzeichnung liegt in den Maasszahlen; sie muss kräftig ausgezogen werden, weil sie von der Form nur ein anschauliches Bild zu geben hat. Das Ausziehen in dünnen Linien ist mühsamer und zeitraubender als in dicken Linien; jede Ungenauigkeit in den Uebergängen, in der Strichstärke u. s. w. ist sofort sichtbar und beeinträchtigt die Sauberkeit.

Unsichtbare Linien sind nicht zu punktiren (Fig. 96a, 97a), sondern zu stricheln (Fig. 97 u. 100) oder bei grossem Maassstabe noch besser voll, aber dünn oder mit blasser Tusche zu ziehen. Punktirte Linien sollten grundsätzlich nicht verwendet werden. Die Studirenden bringen von der darstellenden Geometrie andere Gewohnheit mit, die aber für Maschinenzeichnungen nicht passt; bei diesen giebt es in der fertigen Zeichnung (abgesehen von graphischen Berechnungen) keine konstruktiven „Hilfslinien“, es handelt sich nur um die Körperdarstellung und die Maassbezeichnung. In der Körperdarstellung sind punktirte Linien viel zu mühsam und vor allem undeutlich, weil die Zeichnung dadurch unruhig wird.

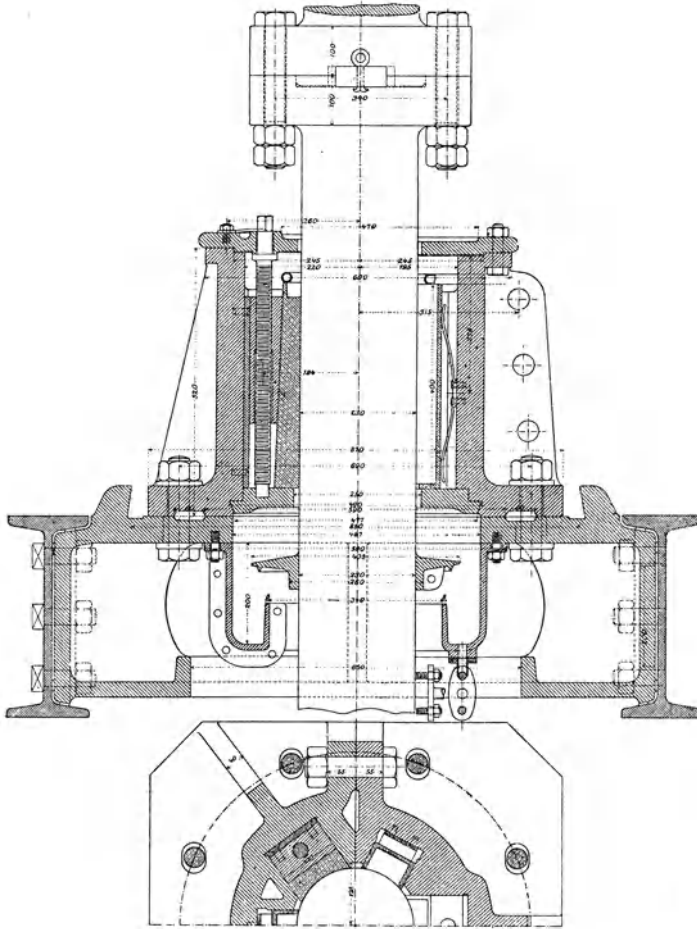


Fig. 103a.

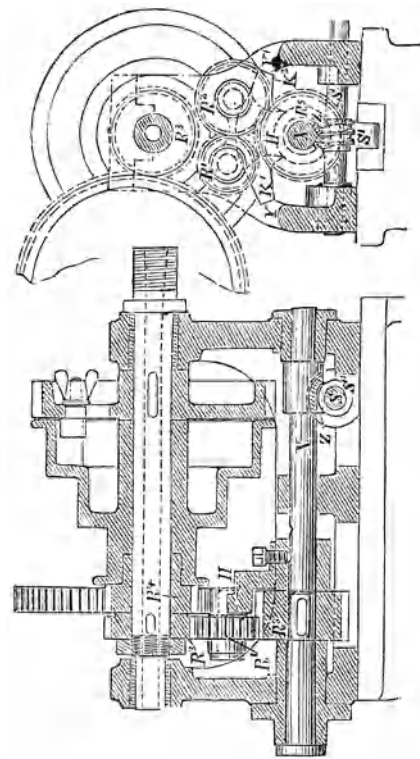


Fig. 105a.

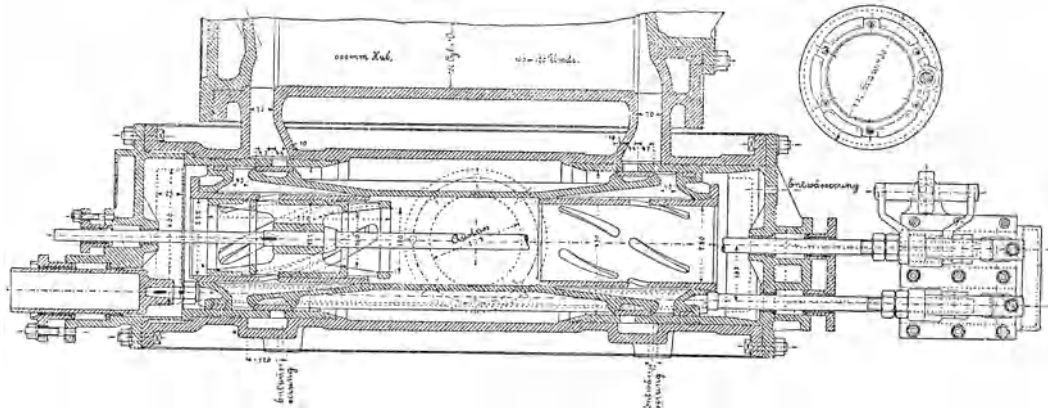


Fig. 104a.

Nur gestrichelte Linien mit dünnen langen Strichen und möglichst kleinen Zwischenräumen sind für die Darstellung unsichtbarer Linien der Körperform geeignet; sie sind rasch zu zeichnen, einfach und deutlich.

Die gestrichelten Linien müssen viel schwächer als die sichtbaren Körperkonturen gezogen werden. Die Zwischenräume zwischen den Strichen dürfen nicht grösser sein, als eben zur Unterscheidung von vollen Linien notwendig ist, sonst wird die Zeichnung unklar und unruhig, ebenso wie bei punktierten Linien. Auch ist jedes Uebermaass gestrichelter Linien grundsätzlich zu vermeiden.

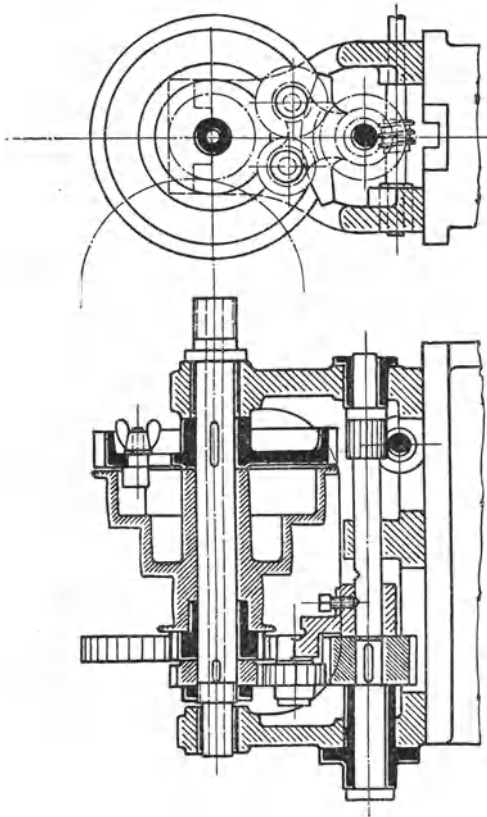


Fig. 105.

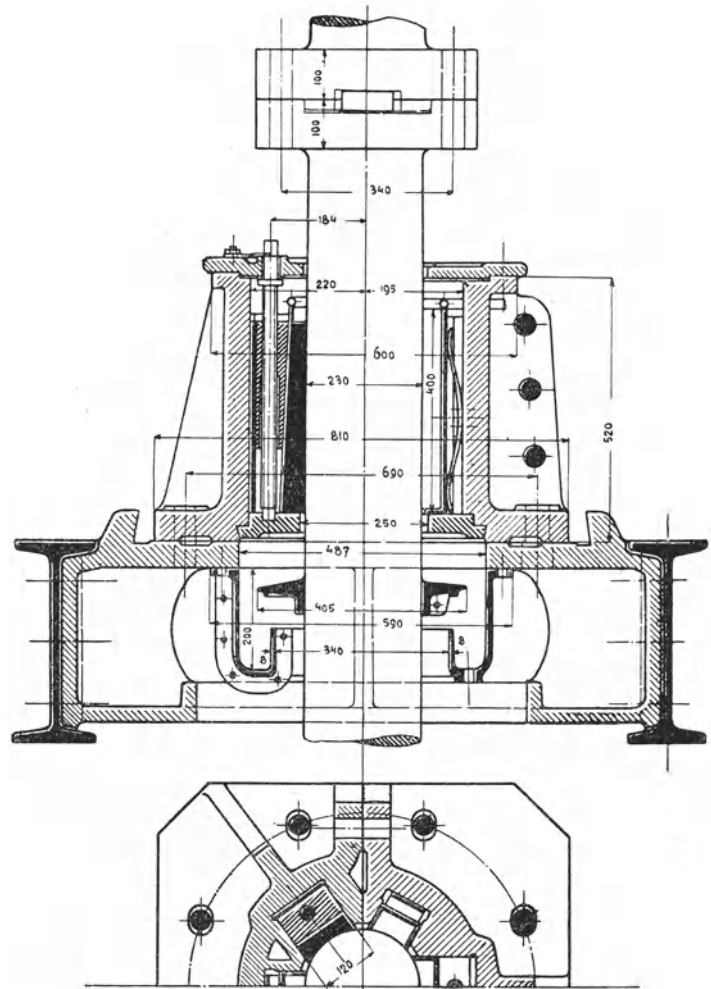


Fig. 103.

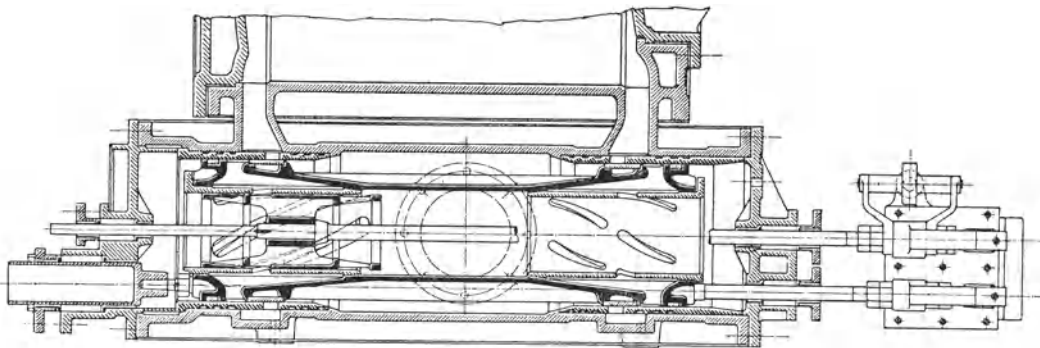


Fig. 104.

Die Beobachtung dieser einfachen, ohne jegliche Mühe einzuhaltenen Regeln hat den grössten Einfluss auf die klare, übersichtliche Darstellung. Ruhe und Einfachheit komplizierter Zeichnungen sind fast nur bei strenger Einhaltung dieser Vorschriften erreichbar, die sich durch die zwingenden Forderungen: Einfachheit und Deutlichkeit und durch den einfachen Sinneseindruck begründen.

Ueberflüssige, d. h. für die Formdarstellung nicht erforderliche unsichtbare Linien dürfen nicht gezeichnet werden (Fig. 96 a—100a); sie schaffen unklare Darstellungen. Ausserdem gilt der Grundsatz: durch gestrichelte Linien darf überhaupt nur Unwesentliches dargestellt werden; alles Wesentliche muss in Ansicht oder Schnitt besonders gezeichnet werden. Deshalb ist es auch zulässig, die wenigen unsichtbaren Linien voll, aber dünn auszuziehen.

Mittel- und Maasslinien sind Hilfslinien und dürfen die Umrisslinien der Form nicht beeinträchtigen, müssen daher schwächer als diese gezogen und deutlich davon unterscheidbar sein. Es empfiehlt sich, alle Maasslinien dünn voll mit blass-blauer Farbe zu ziehen; alle Mittellinien hingegen rot zu strichpunktieren. Auf die farbige Unterscheidung ist bei Anwendung von Lichtkopierverfahren

kein Wert zu legen. Dies ist der Nachteil aller Lichtkopierverfahren, dass die Maasslinien sich nicht besser von den Konturen unterscheiden. Werden die Maasslinien zur besseren Unterscheidung gestrichelt, dann giebt die Kopie ein zerrissenes Bild, und es fehlt die scharfe Trennung von den unsichtbaren Körperlinien.

Die Mittellinien sind mit langen Strichen und möglichst kleinen Zwischenräumen zwischen den Punkten und Strichen zu zeichnen (Fig. 84, 40—43); die Maasslinien sind niemals über die Maasspfeile hinaus zu ziehen.

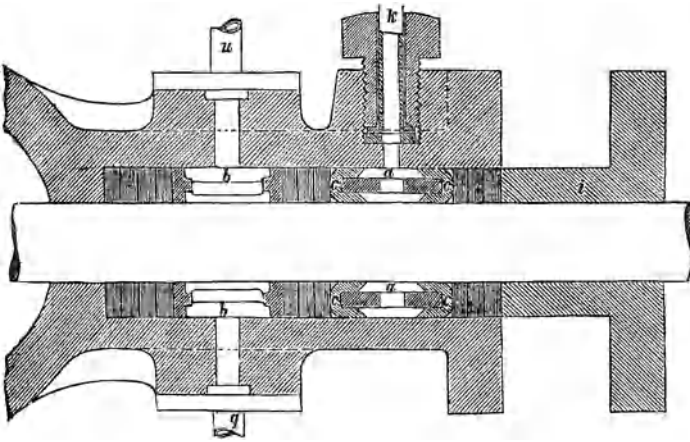


Fig. 106 a.

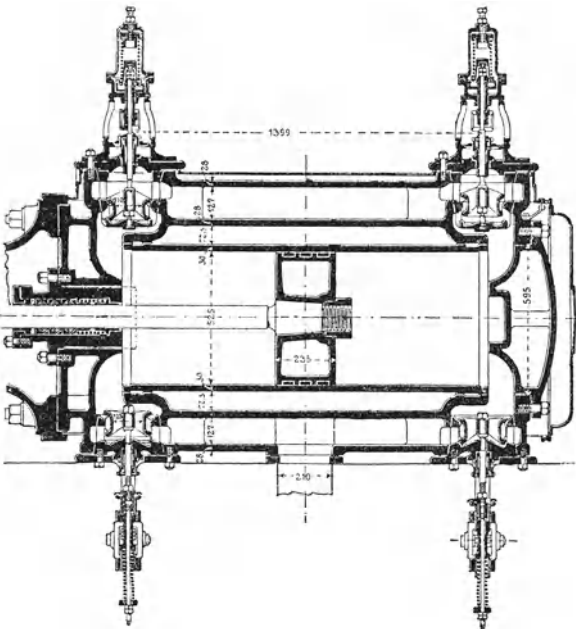


Fig. 107 a.

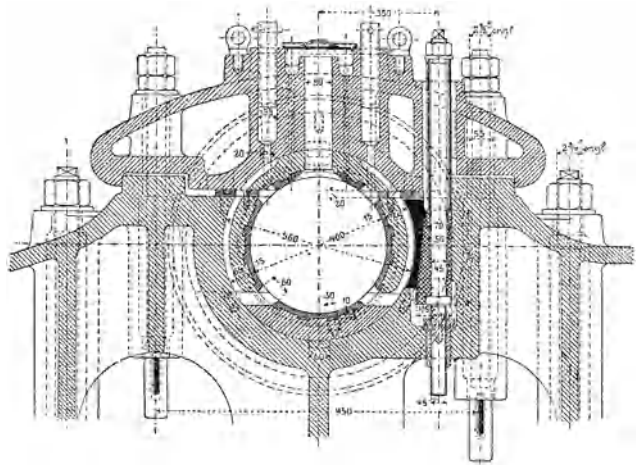


Fig. 108 a.

Das Ausziehen einer Zeichnung ist ein mechanischer Vorgang, der nur sachverständige Aufmerksamkeit fordert. Um Zeit zu sparen, sind zunächst alle Kreise, erst die grossen und dann die kleinen, zu ziehen, weil sich gerade Linien an diese leichter anschliessen als umgekehrt; dann alle Horizontalen mit der Reisschiene, alle Vertikalen mit dem Winkel, hierauf die schrägen Linien, und das Fehlende ist freihändig zu ergänzen. Kurvenlineale sind nur ausnahmsweise zu verwenden. Abrundungen der Ecken und Uebergänge sind immer mit dem Zirkel oder, wenn nebensächlich, freihändig zu zeichnen. Wird in einer Zeichnung eine Figur nach der anderen fertig ausgezogen, oder wird gar planlos durcheinander gearbeitet, dann ist selbst für den Geübten die zwei- bis dreifache Zeit als nach dem angegebenen Verfahren erforderlich. Nur bei Herstellung von Pausen für Lichtkopien kann es wegen Veränderlichkeit des Pauspapiers notwendig werden, jede Figur einzeln in der angegebenen Weise auszuziehen.

An dieser Stelle ist auch einiges über Bleistift-Zeichnungen anzuführen.

Jeder Ingenieur muss befähigt sein, schon den Bleistiftentwurf übersichtlich und sauber aufzuzeichnen; an ihm lässt sich die Fähigkeit des Entwerfenden

deutlich erkennen. Es beweist Mangel an Vorstellung und schlechtes Erfassen des Wesentlichen, wenn die Bleizeichnung unklar und mit überflüssigen Linien überladen ist, wenn sich der Konstrukteur auf das „Ausziehen“ der Zeichnung verlässt und erst durch dieses ein Durcheinander von Linien zu entwirren ist. Jede Bleizeichnung muss so deutlich sein, wie die fertig ausgezogene Zeichnung; die Uebersichtlichkeit verhindert Fehler und die Bleizeichnung kann, wenn notwendig, unmittelbar für die Ausführung verwendet werden.

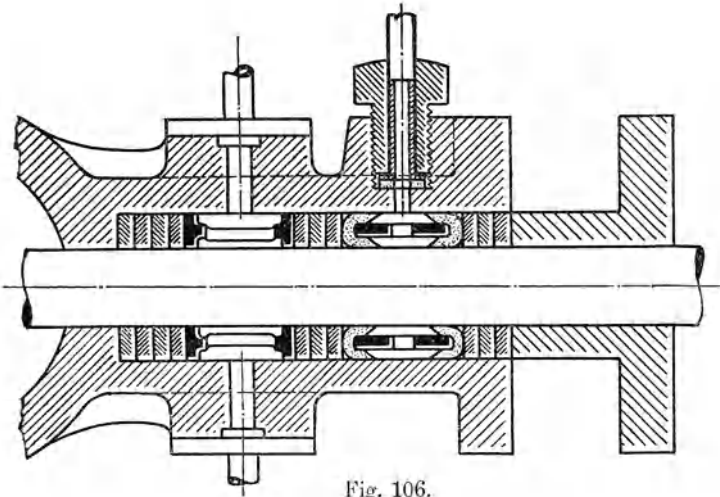


Fig. 106.

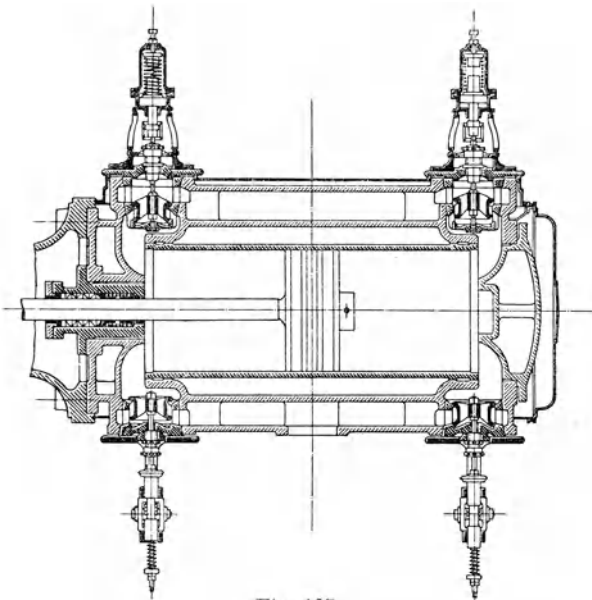


Fig. 107.

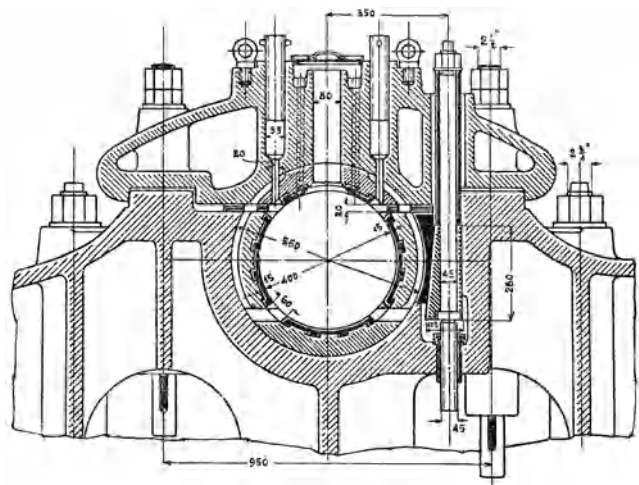


Fig. 108.



Wird die Herstellung von Pausen für Lichtkopien nicht vom Konstrukteur, sondern von besonderen Zeichnern besorgt, so muss diesen eine völlig klare Bleizeichnung vorgelegt werden.

Fehlerhaft ist es, in Bleistiftzeichnungen Abrundungen und charakteristische Uebergangsformen wegzulassen und diese erst beim Ausziehen hinzuzufügen. Solches geschieht meist aus Mangel an Vorstellung und Sachkenntnis. Fehlerhaft ist es, dünn und schwach, mit hartem Bleistift zu zeichnen; überflüssige Linien zu zeichnen, oder entbehrliche Konstruktionslinien auf der Zeichnung zu belassen, mit einem Durcheinander von Linien weiter zu arbeiten, statt immer nur die Resultate der Konstruktion kräftig und klar hervorzuheben, alles Uebrige aber wegzulöschen.

Die Studirenden müssen Bleistiftzeichnungen mit grösster Sauberkeit und Deutlichkeit herstellen und in ihnen schon alle Bedingungen der fertigen Maschinenzeichnung erfüllen; sie sollen überhaupt nur einige Zeichnungen, diese aber musterhaft in Tusche ausziehen. Die zeichnerische Fähigkeit sollte wesentlich nach Skizzen und Bleistiftzeichnungen, nicht nach bemalten Paradeblättern beurteilt werden. Prüfungsvorschriften und ihre Handhabung stellen sich dem sachlich richtigen Verfahren leider oft hindernd entgegen.

Für die Herstellung der Originalzeichnungen und aller Entwurfszeichnungen wird zweckmässig Pauspapier verwandt, um Zeit zu sparen und Irrtümer zu vermeiden. Ist z. B. ein Schnitt aufgezeichnet, dann wird die zugehörige Ansicht nicht mühsam von neuem gezeichnet, sondern alles dafür Brauchbare dem Schnitt durch Pauskopie entnommen, die dann nur zu vervollständigen ist. Meist werden die Zeichnungen doch für die Vervielfältigung nochmals auf Pauspapier kopirt; daher ist selbst das Zerschneiden der ersten Zeichnung und stückweises Zusammenkleben der Figuren zulässig.

### Ausführung der Zeichnungen in Farbe und Ton.

Zur möglichst deutlichen Hervorhebung werden die Querschnitte als Hauptfiguren mit Farbe angelegt oder schraffirt; hierdurch wird meist auch zugleich das Ausführungsmaterial zu charakterisiren gesucht. Dies hat aber seine frühere Bedeutung verloren: einerseits ist es nicht mehr möglich, alle Konstruktionsmaterialien des modernen Maschinenbaues durch die Farbe allein zuverlässig zu unterscheiden, auch giebt es für viele Materialien keine allgemein angenommene Bezeichnung; andererseits werden jetzt auch als Werkstattzeichnungen grösstenteils Lichtkopien verwandt, und in diesen lassen sich farbige Unterscheidungen nicht

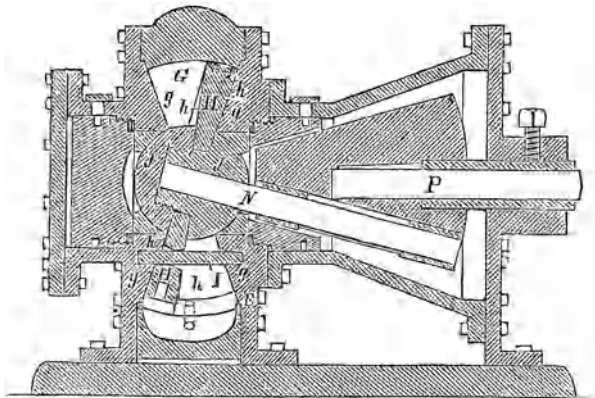


Fig. 109a.

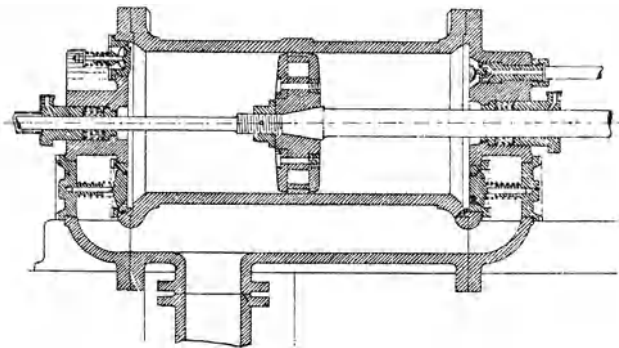


Fig. 110a.

gleichartig wie in Originalzeichnungen wiedergeben. Nachträgliches farbiges Anlegen der Querschnitte auf den Kopien ist bei einigen Vervielfältigungsarten wohl möglich, meist aber zu umständlich. An Stelle der mehrfarbigen Darstellung tritt dann die Hervorhebung der Querschnitte in einer Farbe oder durch Schraffurung und die ausführliche schriftliche Angabe der Konstruktionsmaterialien.

Es war und ist zum Teil noch immer im Maschinenbau üblich, folgende Konstruktionsmaterialien durch eigenartige, allgemein angenommene Farben zu kennzeichnen: Schmiedeeisen: hellblau, Stahl: violett, Gusseisen: grau oder neutraltinte, Kupfer: karminrot, Rotguss: rotgelb, Holz: sienna, Leder: sepia.

Es fehlten Unterscheidungen von Schweisseisen aller Art, Flusseisen und Flusstahl, Gussstahl und Stahlguss, Unterscheidungen von Rotguss, Messing, Bronze, Phosphorbronze u. s. w.; überhaupt charakteristische Bezeichnungen für Kupfer-, Zinn- und Aluminiumlegierungen, für Glas, Papier, Gummi und andere seltener vorkommende Konstruktionsmaterialien, und für alle diese Materialien war schriftliche Bezeichnung ohnedies unerlässlich. Es empfiehlt sich daher, bei allen Werkzeichnungen so vorzugehen, wie bei Zeichnungen für Lichtkopien: die Hauptmaterialien durch charakteristische Farbe oder Tonstärke, oder, wo dies nicht zulässig ist, durch Schraffuren u. s. w. zu unterscheiden und alles Nähere über Art und Qualität der Konstruktionsmaterialien schriftlich anzugeben; diese letzteren Angaben sind allein massgebend und für die Materialbestellung unerlässlich.

Die Farbe wird bei Querschnittsdarstellungen dunkel und kräftig genommen, jedoch so, dass Zahlen, die in den farbigen Querschnitt eingeschrieben werden, noch deutlich lesbar sind.

Werden in Zeichnungen, die durch den Druck oder durch Lichtkopierverfahren vervielfältigt werden sollen, Unterscheidungen der Konstruktionsmaterialien durch die Art der Schraffurung versucht und zugleich punktierte Linien gehäuft, dann wird auch die sorgfältigste Darstellung unklar (Fig. 103a).

Richtiger ist es in diesem Falle, alle entbehrlichen Linien wegzulassen, von der Materialunterscheidung ganz abzusehen und die Querschnitte nur zum Zwecke der zeichnerischen Deutlichkeit hervorzuheben (Fig. 103—105 u. 108).

Undeutlich ist es, alle Querschnitte gleichmässig zu schraffieren (Fig. 104a, 109a, 110a) oder vollschwarz darzustellen (Fig. 109a). Zweckmässige Darstellungen zeigen die gegenüberstehenden Figuren 103—110.

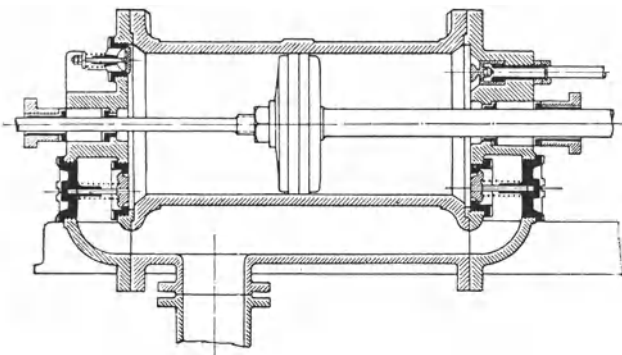


Fig. 110.

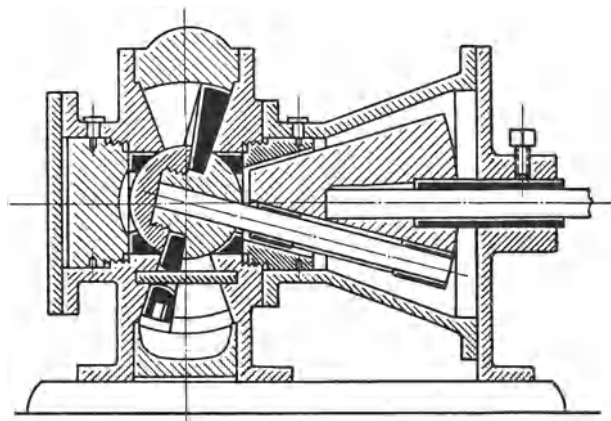


Fig. 109.

Umständliche farbige Darstellungen sind zu vermeiden. Um in Gesamtzeichnungen die Hauptteile hervortreten zu lassen, werden die ganzen Ansichtsflächen mit einer das Material charakterisierenden blassen Farbe angelegt, z. B.:

Das gusseiserne Maschinengerüst: grau, alle Schmiedeteile, insbesondere das Triebwerk: blassblau u. s. w. Hierbei ist aber alles weitere Schattiren und Bemalen zu unterlassen. Die Zeichnung darf nicht zu bunt werden, die Farbe muss Nebensache, die Konstruktionslinien müssen Hauptsache bleiben. Dem Zweck ist vollständig entsprochen durch glattes Anlegen einzelner Hauptflächen der Maschine, damit diese als Hauptteile auffallen, die übrigen zurücktreten. Auch bei komplizierten Werkzeichnungen wird man gelegentlich von solchen einfachen, aber von keinem anderen, umständlicheren Mittel Gebrauch machen.

Abgesehen von den wenigen und immer seltener werdenden Fällen, wo für Nichtsachverständige, für Ausstellungen u. s. w. kostspielige bemalte Bilder statt Maschinenzeichnungen angefertigt werden müssen, ist jede über das Notwendige hinausgehende farbige Ausführung, weil mühsam und zeitraubend, auszuschließen; insbesondere jedes Abtönen und Tuschen, jeder Versuch, durch umständliche farbige Behandlung Maschinen und Maschinenteile plastisch darzustellen. Solche an der Schule zudem stümperhaft durchgeführte Malereien sind nichts als zwecklose, zeitraubende Spielereien.

In den Zeiten des unentwickelten alten Maschinenbaus war solche Ausführung manchmal berechtigt, weil es nur wenige Sachverständige gab, die Maschinenzeichnungen lesen konnten, weil die Form dem Arbeiter nicht selten durch besondere Darstellung klar gemacht werden musste. Das ist gegenwärtig ganz anders. Insbesondere ist das Vorstellungsvermögen der Arbeiter in Maschinenfabriken und ihre Übung im Lesen der Zeichnungen viel entwickelter als bei Anfängern des Ingenieurfachs.

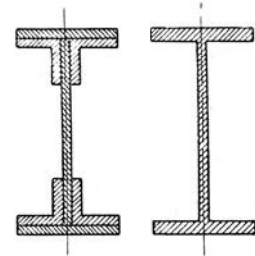


Fig. 112a.

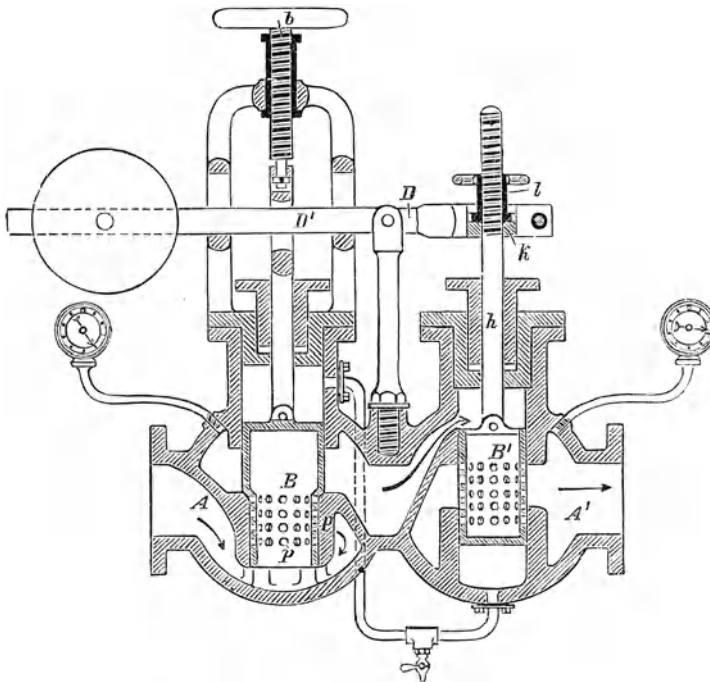


Fig. 110a.

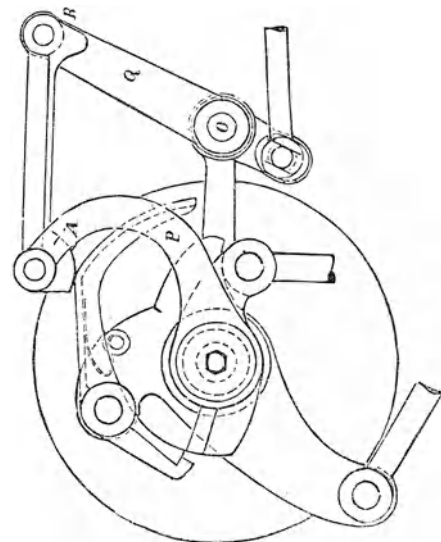


Fig. 111a.

Plastische Versinnlichung ist für den Arbeiter nicht notwendig, wohl aber zur Uebung des Anfängers. Das ist eine wichtige Uebung; der Anfänger soll sich aber dabei der einfachsten Mittel und nicht zeitraubender Malereien bedienen, er soll statt dessen Maschinenteile perspektivisch in Skizzen freihändig darstellen. Solche Uebung muss dem Entwerfen vorangehen und führt zur Hauptsache: zur Formvorstellung, während das schulmässige Bemalen der fertigen Zeichnungen erfahrungsgemäss davon ablenkt und andererseits für Sachverständige und Arbeiter überflüssig und nur störend ist.

An vielen Hochschulen stand die Farbenpracht auf sachlich fehlerhaften Zeichnungen in hoher Blüte; ganze Semester wurden ihr geopfert, Aquarellkurse wurden eingerichtet, und ausgestorben ist der Unfug noch immer nicht. Viele Studierende meinen, mangelhaften Maschinenzeichnungen könnte durch Tuschen und Bemalen schliesslich doch noch zu ganz prächtigem Aussehen verholfen werden. Das ist ein Irrtum. Mangelhafte Zeichnungen können durch keine Malerei verbessert, wohl aber kann jede gute Zeichnung hierdurch gründlich verdorben werden. Dies allein sollte bei der äusserst geringen zeichnerischen Uebung unserer Jugend, insbesondere in farbiger Behandlung, davon abhalten, solchen unnützen Tand auf Maschinenzeichnungen anzuwenden; die Zeit ist besser für sachlich richtige Detailarbeit zu verwenden.

Farbig abgetönte Zeichnungen müssten, um Eindruck zu machen, geradezu künstlerisch ausgeführt sein; dazu fehlt, ausser dem Zweck, die Zeit und jegliche Vorübung. Es ist übrigens ein merkwürdiger Gegensatz, dass an technischen Hochschulen solche Malkunst im Maschinenbau angestrebt wurde, während der ganze Vorbereitungsunterricht nicht nur jeder künstlerischen Auffassung des Zeichnens aus dem Wege geht, sondern sogar das gewöhnliche Freihandzeichnen als Stiefkind behandelt.

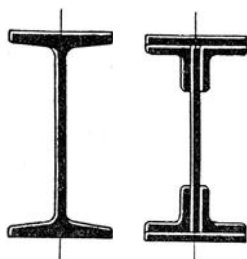


Fig. 112.

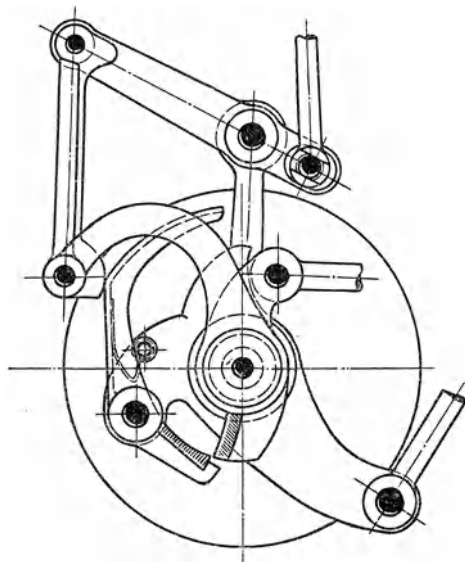


Fig. 111.

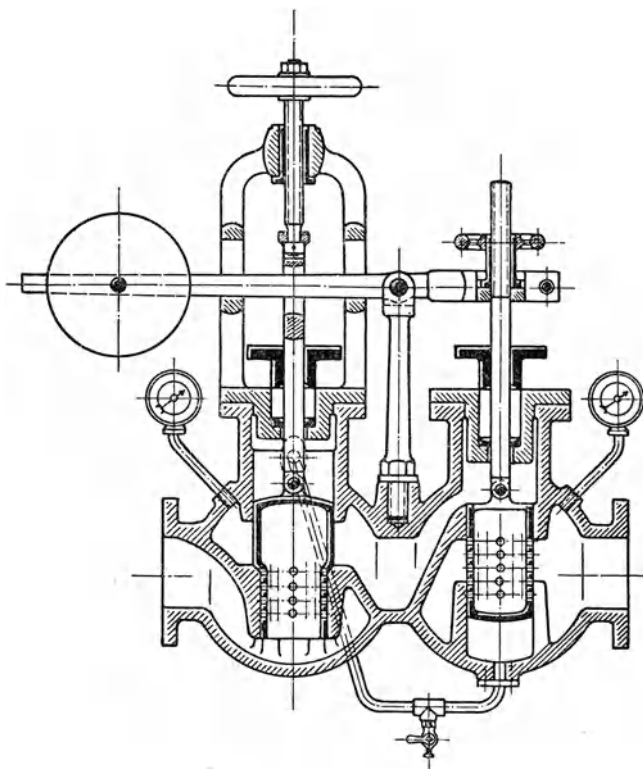


Fig. 110.

Zur sinnlosen farbigen Behandlung der Maschinenzeichnungen gehört auch der Gebrauch ungewöhnlicher Farben, wie z. B. von Rot für Gusseisen, mit Darstellung von Rostflecken, das Aufsetzen von Reflexlichtern in Komplementärfarben, die Bemalung von Holz mit Jahresringen und Längsfasern, mühevoll, in die Tapetenmalerei gehörige Spielereien; nicht minder die Anbringung mächtiger Schlagschatten und allerlei farbiger Verzierungen.

Gleich zwecklos ist das farbige Berändern, insbesondere dünn ausgezogener Linien. Durch Berändern in blasser Farbe wird die Zeichnung nur unbestimmt; kräftige Farbe hingegen stört die Umrisslinien. Der Zweck der Zeichnung ist aber deutliche Wiedergabe der Form. Ausserdem ist das Berändern eine so mühsame Arbeit, dass die Wirkung, selbst wenn sie erreicht würde, ganz ausser Verhältnis stünde zu der aufgewendeten Zeit und Arbeit. Für einfache Darstellungen ist die Methode überflüssig, bei komplizierten zu umständlich, und ausserdem wird der Zweck garnicht erreicht: die Konstruktionsteile treten durch das Berändern keineswegs deutlicher hervor. Ist farbige Darstellung erwünscht, dann soll, wie angegeben, die ganze Ansichtsfläche der Maschinenteile glatt mit Farbe angelegt werden, um durch dieses einfachste Mittel die Teile von einander zu trennen und damit die Form anschaulicher zu machen. Das kostet weniger Zeit und entspricht dem Zwecke besser als das Berändern.

#### Darstellung von Holz, Mauerwerk, Erdreich u. s. w.

Mauerwerk, Erdreich u. dergl. wirkt in Maschinenzeichnungen schon durch die grossen Flächen; es ist daher völlig ausreichend, diese Flächen durch eine entsprechende Materialfarbe im Querschnitt und, wenn notwendig, in der Ansicht blass und eintönig hervorzuheben. Es ist zwecklos, grosse Mauerwerkflächen, etwa nach dem Vorbilde der Architekturzeichnungen, grell mit roter oder brauner Deckfarbe im Schnitt anzulegen u. s. w.

Der Zweck der Maschinenzeichnung erfordert nur Kennzeichnung dieser Materialien und deren Unterscheidung von Maschinenteilen. Dem wird vollständig genügt durch folgende Darstellungen:

Ziegelmauerwerk im Querschnitt: blass karminrot. Neues und altes abzubrechendes Mauerwerk u. s. w. kann durch verschiedene Farbe und schriftliche Angabe unterschieden werden. Steinmauerwerk, Beton, im Querschnitt: blass

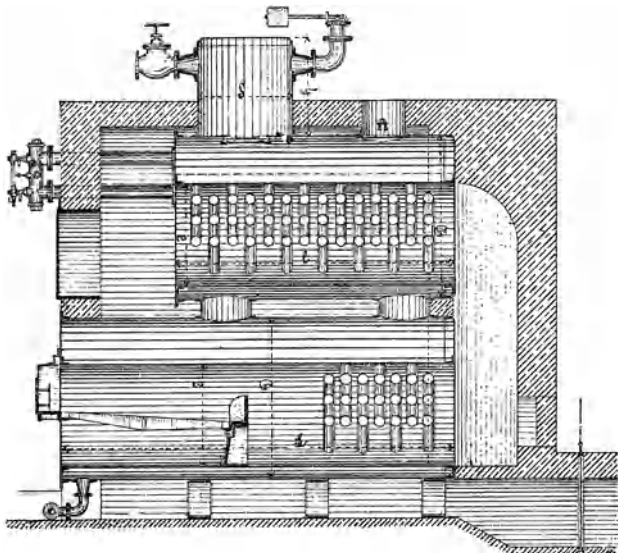


Fig. 113a.

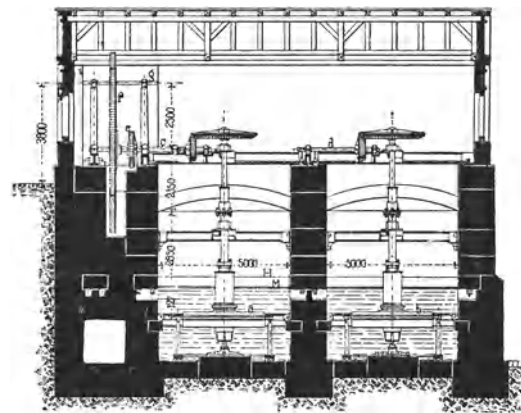


Fig. 114a.

grünrau. Erdreich, nur im Querschnitt: blass sepia, mit einem dunkleren Innenrande in charakterisirender Manier (Fig. 114). Holz: sienna, im Querschnitt kräftig, eintönig; in der Ansicht blass; Holzjahresringe und dergl. einzuzeichnen ist nur störend und daher unbedingt zu unterlassen.

### Lichtränder, Schattirungen u. s. w.

Die Deutlichkeit der Zeichnung bei farbiger Ausführung wird wesentlich erhöht, wenn auf jedem farbigen Felde Lichtränder freigelassen werden.

Nach dem Vorigen giebt es nur zweierlei mit Farbe anzulegende Flächen von Maschinenteilen: die Querschnitte, welche mit der das Material charakterisirenden Farbe dunkel, und die Ansichtsflächen, welche blass angelegt werden. In

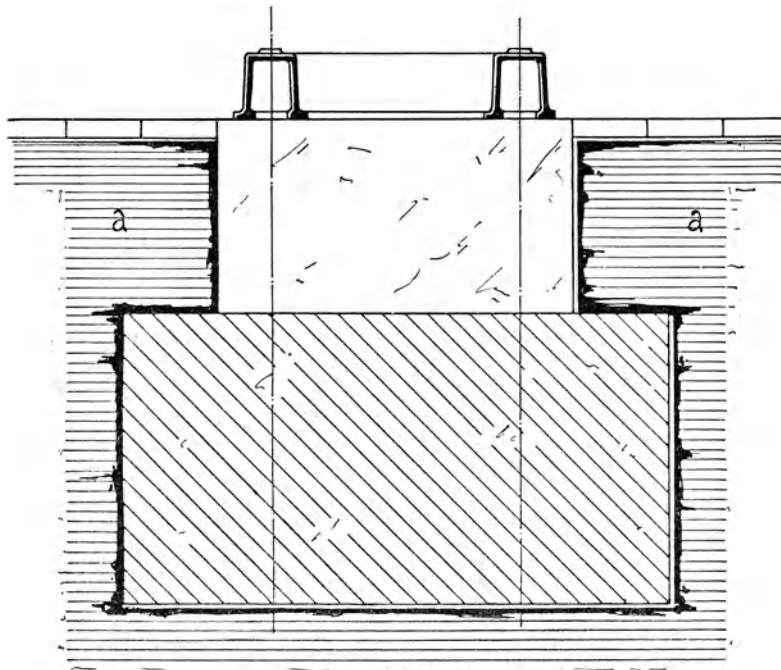


Fig. 114.

beiden Fällen soll jede einzelne farbige Fläche, etwa links und oben, Lichtränder erhalten, unbedingt aber dort, wo Querschnitts- oder Ansichtsflächen aneinander stossen. Der Lichtrand darf keine grössere Breite als die Strichstärke der Zeichnung erhalten, die Ränder müssen gleichmässig und scharf begrenzt sein, nicht rissig. Werden die Lichtränder in der ganzen Zeichnung sauber durchgeführt, dann ist die Deutlichkeit wesentlich erhöht. Das ist ein einfaches, jederzeit anwendbares Darstellungsmittel.

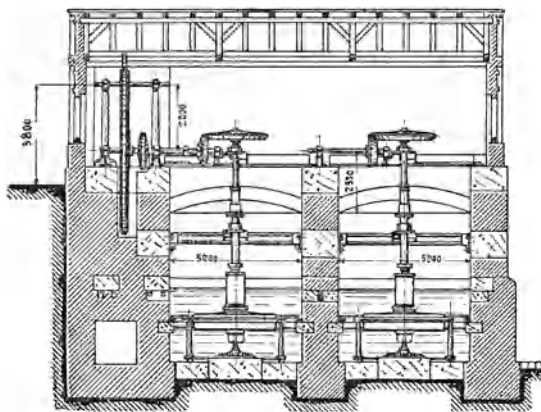


Fig. 114.

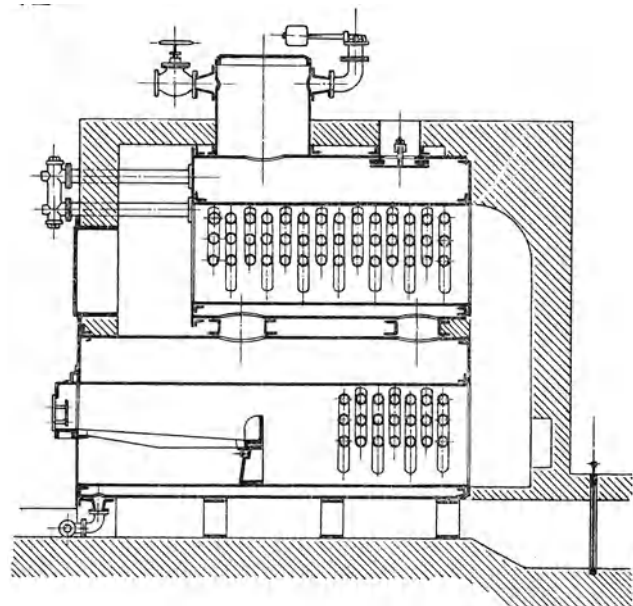


Fig. 113.

Auch bei einfarbiger Ausführung, bei kleinem Maassstabe, ja sogar in jeder freihändigen Skizze sollten die Querschnitte immer mit Lichträndern versehen werden, gleichgiltig, ob der Querschnitt einfach vollschwarz oder schraffirt dargestellt wird. Dies giebt klare plastische Bilder (Fig. 103—109). Unterbleiben die Lichtränder, dann sehen die Zeichnungen selbst bei sonst sorgfältiger Ausführung flach, meist auch undeutlich aus.

Ein anderes Mittel zur Verdeutlichung von komplizirten Figuren in kleinem Maassstabe, insbesondere von Gesamtzeichnungen, ist die Anwendung von Schlag-schatten.

Darunter ist aber nicht eine Schattirung im Sinne einer richtigen Schattenkonstruktion, sondern nur eine konventionelle, einfache Darstellung als schematisches Hilfsmittel der Verdeutlichung zu verstehen. Optisch richtige Schattirung wäre ganz unbrauchbar und würde die Zeichnung plump erscheinen lassen. Die Schattirung muss auf die Hervorhebung der runden Teile beschränkt werden, welche als Hauptsache aus der Gesamtzeichnung hervortreten sollen.

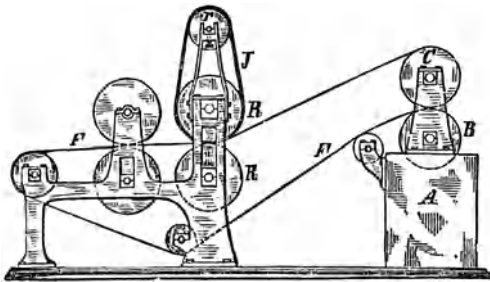


Fig. 118 a.

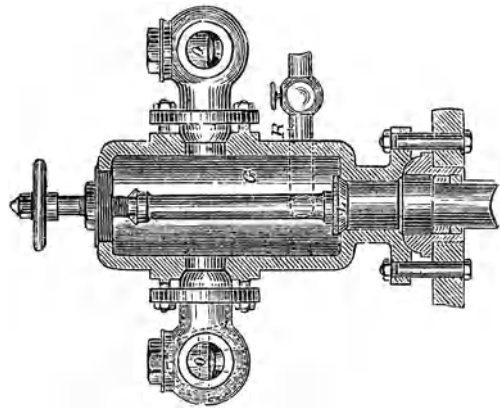


Fig. 117 a.

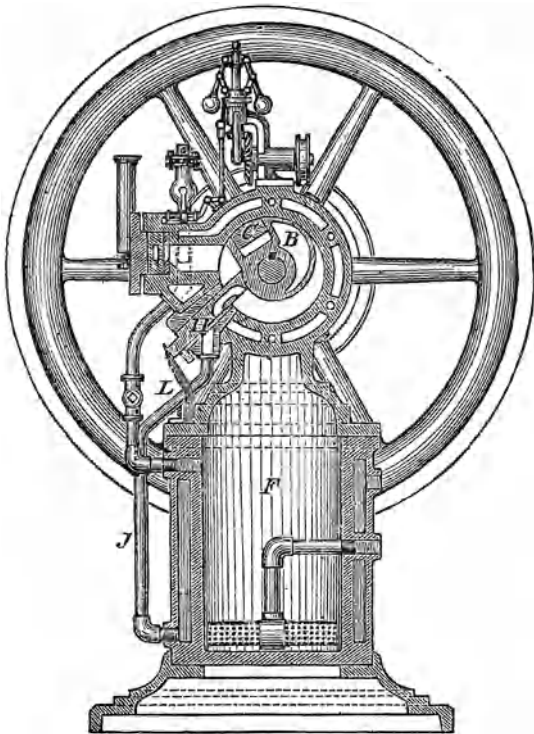


Fig. 116 a.

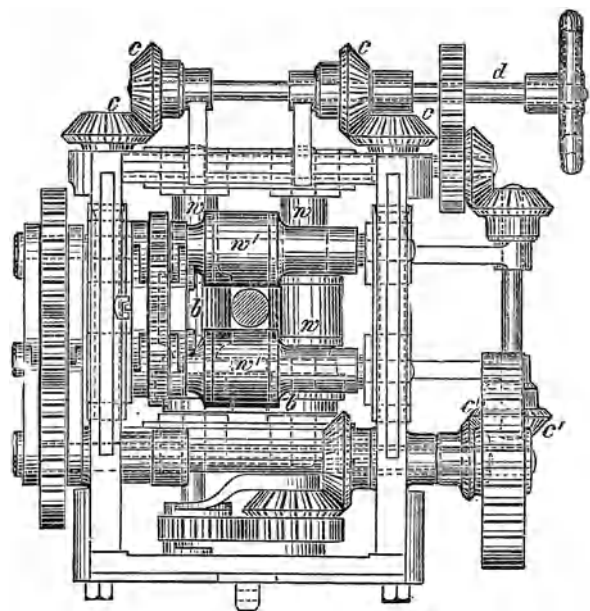


Fig. 115 a.

Alle Schatten, welche zu diesem Zwecke nicht beitragen, werden einfach weggelassen, ohne jede Rücksicht auf die Schattenlehre. Es handelt sich nicht um Schattenkonstruktionen, sondern um ein Mittel einfachster Art für plastisch wirkende Verdeutlichung.

Die Schatten müssen das Charakteristische der Form andeuten und dürfen nicht mit den Konturen zusammenfallen, sondern es muss ein kleiner Lichtrand dazwischen bleiben (Fig. 115), sonst wird die Darstellung schwerfällig und undeutlich.

Das Schraffiren der Figuren ist nicht zu empfehlen. Es erfordert grössere Uebung und konsequentere Durchführung als die einfachen Schlagschatten. Fig. 113a, 115a—117a sind wenig übersichtliche Darstellungen, die sich durch Anbringung einiger Schlagschatten oder selbst durch einfache Konturen wesentlich klarer gestalten (siehe die Gegenfiguren).

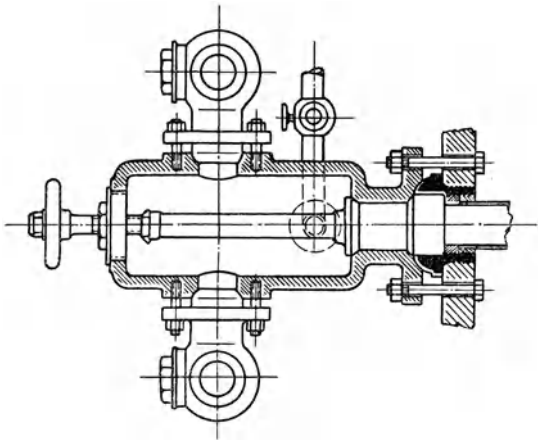


Fig. 117.

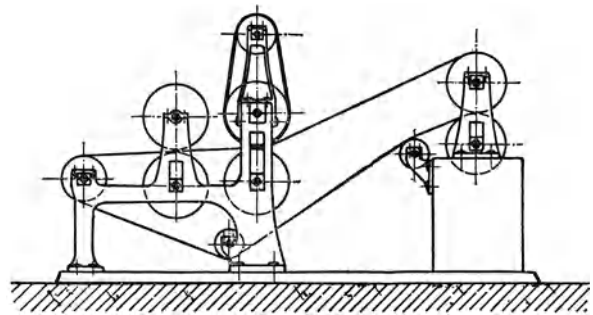


Fig. 118.

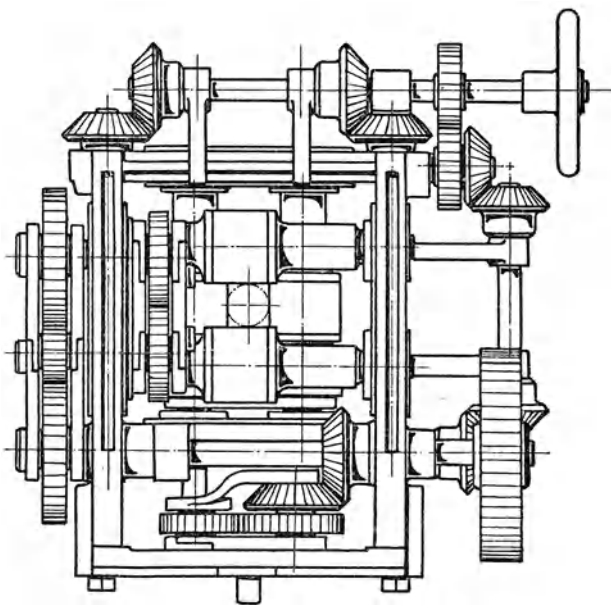


Fig. 115.

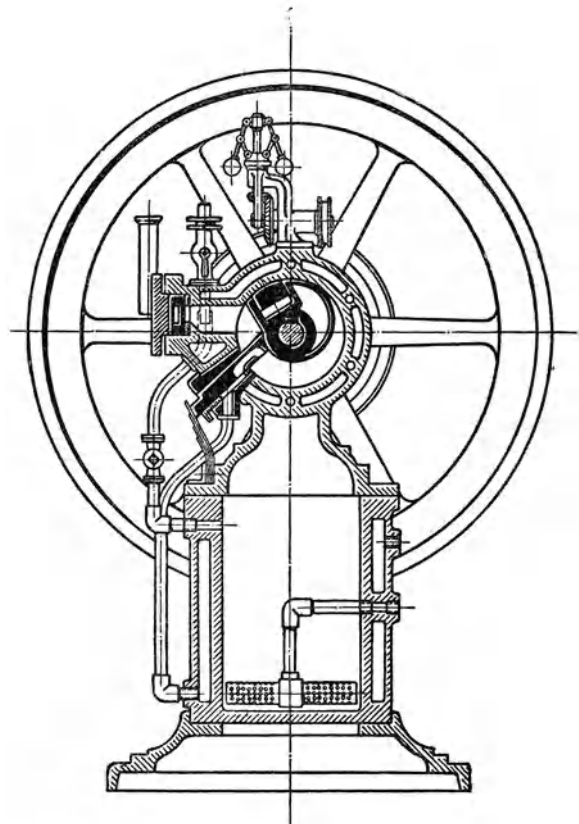


Fig. 116.



Zeichnerische Darstellungen für Veröffentlichungen müssen in gleicher Weise möglichste Anschaulichkeit und Klarheit bei Verwendung einfachster zeichnerischer Mittel darbieten. Auch hier kommt es darauf an, das Wesentliche einfach und anschaulich darzustellen. Der gewöhnlichste Fehler ist: die Darstellung von zu vielerlei in einer Zeichnung, die Ueberladung, namentlich mit punktierten Linien, mit Materialunterscheidungen und mit Nebensächlichem.

Es ist für den Fachmann ganz nebensächlich und zeichnerisch unzweckmässig, bei einfarbiger Darstellung von Querschnitten alle Konstruktionsmaterialien charakterisieren zu wollen, statt den Querschnitt nur dazu zu benutzen, die Form möglichst anschaulich auszudrücken. Durch einfachere Darstellung ohne Materialunterscheidung (Fig. 103—109) können viel anschaulichere Bilder erhalten werden.

Immer ist das jeweilig Wesentliche hervorzuheben. Z. B.: In Fig. 114a tritt das unwesentliche Mauerwerk grell hervor, während die Maschine das Wesentliche ist (Fig. 114). In der Fig. 109a tritt nichts klar hervor. Werden hingegen die Querschnitte kräftig angedeutet, wird alles Entbehrliche, Schrauben u. s. w., weggelassen und das Wesentliche hervorgehoben (Fig. 109), dann ist die Darstellung deutlich. Verschiedenes, was in der älteren Literatur an Ausdrucksmitteln notwendig war, ist gegenwärtig in Veröffentlichungen überflüssig und kann der einfachsten anschaulichen Darstellung weichen.

Wenn das Wesen einer Konstruktion durch eine Veröffentlichung gezeigt werden soll, dann ist von der Sprache des Ingenieurs, der Zeichnung, der ausgiebigste Gebrauch zu machen. Jede für Fachleute bestimmte Veröffentlichung soll, wo immer es angeht, statt der schriftlichen Erläuterung die zeichnerische Darstellung bieten. Diese ist die Hauptsache, und die schriftliche Erläuterung hat sich nur mit dem zu befassen, was aus der Zeichnung nicht genügend ersichtlich ist. Selbst bei der Wiedergabe von Einzelheiten des Betriebes, von Erfahrungen tritt nicht das Wort an die Stelle der Zeichnung, sondern die Zahl.

Wer gegenwärtig eine Maschine nur beschreibt und nicht anschaulich abbildet, ihre Teile mit Buchstaben bezeichnet und in mühselig-langweiliger Beschreibung auf diese Buchstaben und auf schlechte Figuren in Kupfertafeln hinweist, der findet keine Leser mehr und sicher keinen Dank.

Näher kann hier auf den Gegenstand nicht eingegangen werden, da die Ziele und Zwecke der Bilddarstellungen in Veröffentlichungen zu verschieden sind.

---

## V. Projekt- und Offertzeichnungen.

---

Im Vorangegangenen sind die Darstellungen von Werkzeichnungen im unmittelbaren Anschlusse an sachliche Fragen und zeichnerische Einzelheiten erläutert.

Als ein weiteres Beispiel, wie der Zweck der Zeichnung die Darstellungsart und den wesentlichen Inhalt der Zeichnung bestimmt, sollen noch die **Projekt- und Offertzeichnungen** erwähnt werden.

Die Form und der Inhalt von vorläufigen Entwürfen und Angebotzeichnungen richtet sich nach dem jeweiligen Zweck, nach den besonderen Verhältnissen, für welche der Entwurf aufzustellen ist, und nach den objektiven und subjektiven Grundlagen der Beurteilung.

Bei Zeichnungen für Angebote ist vielfach, im Submissionsverfahren immer, die genaue Einhaltung der formellen Vorschriften über Art und Inhalt der Zeichnungen erforderlich. Die Darstellung wird so beschaffen sein müssen, dass diese Vorschriften mit dem geringsten Aufwand von Zeit, Arbeit und Kosten vollständig erfüllt sind und dass ein möglichst anschauliches Bild der darzustellenden Konstruktion erhalten wird. Unterliegt die Beurteilung Nichtsachverständigen, dann ist die grösste Anschaulichkeit besonders wichtig. Auch gefälliges Aussehen der Zeichnung kann wesentlich werden, weil sachliche Güte und äusseres Aussehen gelegentlich gemeinsam beurteilt, wohl auch miteinander verwechselt werden.

Bei der Beurteilung von Projekten und Projektzeichnungen spielen immer eine Reihe subjektiver Momente mit; bestimmte Erfahrungen oder Anschauungen der Besteller oder deren Liebhabereien und Vorurteile, Lokalpatriotismus u. s. w. sind vielfach ausschlaggebend, ja vielleicht von vornherein bestimmend. Diesen Momenten kann natürlich durch die beste Zeichnung nicht Rechnung getragen werden, wohl aber folgenden Erfordernissen sachlicher Art:

Projekt- und Angebotzeichnungen müssen übersichtlich und handlich sein; ihre Benutzung darf dem Beurteiler nicht unbequem werden. Hiergegen wird in der Regel gefehlt. Der Zweck der Angebotzeichnungen ist die Erläuterung des Angebots; das sachlich und geschäftlich Massgebende steht im Angebot; die Zeichnungen sind nur erläuternde Ergänzung hierzu. Hieraus folgt mit Notwendigkeit, dass die Zeichnungen in solchem Format und in solcher Darstellung dem Angebot unmittelbar beigeheftet oder in einer Mappe beigelegt werden sollen, dass sie mit den schriftlichen Angaben, dem Kostenanschlag und

den Erläuterungen, ein einheitliches, übersichtliches und handliches Ganzes bilden und der Beurteiler zu den schriftlichen Angaben mühelos die erläuternden Zeichnungen findet. Nur ausnahmsweise, wenn das Format nicht ausreicht, sollen Offertzeichnungen getrennt vom Angebot, aber stets in handlicher Form, insbesondere nicht gefaltet oder gerollt, vorgelegt werden.

Sachlich fehlerhaft und dem Zweck widersprechend ist es, die Zeichnungen in allen möglichen Formaten, gross und unhandlich, auf gerolltem Papier u. s. w. vorzulegen. Es kommt vor, dass die zahlreichen Beilagen von Angeboten, namentlich gerollte Zeichnungen, wegen ihrer Unhandlichkeit gar nicht angesehen werden. Hier ist von den technischen Zeitschriften zu lernen. Diesen wurden früher auch die Zeichnungen getrennt vom Text in gefalteten Tafeln beigegeben. Jetzt giebt es keine Zeitschrift mehr, welche ihre Zeichnungen nicht soweit als möglich im Texte selbst brächte.

Eine weitere durch den Zweck begründete Forderung ist die Darstellung des Wesentlichen und durch örtliche Verhältnisse Gegebenen. Wird ein Angebot nicht auf Grund subjektiver Anschauungen, sondern wirklich sachlich beurteilt, dann ist immer eine wichtige Frage: wie erfüllt das Angebot die besonderen durch die örtlichen Verhältnisse gegebenen Forderungen? In der sachlichen Begründung ist in Schrift und Zeichnung alle Ueberlegung hervorzuheben, welche aufgewendet wurde, um die Konstruktion den jeweilig gegebenen Verhältnissen oder Wünschen anzupassen.

Hinsichtlich der Projektzeichnungen ist ein weitverbreiteter Uebelstand ausdrücklich hervorzuheben, der auch auf eine Verkennung des Zwecks zurückzuführen ist: Angebote von deutschen Maschinenfabriken enthalten oft alle möglichen Detailzeichnungen, die gar nicht verlangt wurden, auch nicht notwendig sind; augenscheinlich nur, um recht viel Material vorzulegen und damit zu imponiren. Halbsachverständige oder unerfahrene Beurteiler halten sich dann oft an unwesentliche Einzelheiten und üben Kritik nach ihren Erfahrungen und Meinungen, finden z. B. diese oder jene Form von Stangenköpfen, Dichtungen u. dgl. besser als die in der Zeichnung dargestellte, und schliesslich erwächst daraus oft ein Vorwand für die Ablehnung des Projektes oder für überflüssige Vorschriften. Entspringen diese nur Liebhabereien und Meinungen Unerfahrener, dann wird sie jede hochstehende Fabrik ablehnen müssen; sie wird Aenderungen ihrer erprobten Konstruktionen nur zugeben, wenn besondere Betriebsbedingungen, durch erfahrene Betriebsleiter begründet, dies unerlässlich machen. Wer beliebigen Wünschen ohne weiteres nachkommt, vertritt minderwertige Konstruktionen, die nicht auf reicher Erfahrung beruhen. Bei noch unentwickelten Projekten, die den Anforderungen des Falles ohnedies nicht vollständig Rechnung tragen können, hat man sich erst recht zu hüten, mehr als das Notwendige darzustellen und sich durch Darstellung von noch nicht durchgearbeiteten Einzelheiten die Hände zu binden.

Es ist sachlich und moralisch unverantwortlich, dass bei Ausschreibungen von Maschinenanlagen Unerfahrene, die gar nicht Betriebsleiter sind, nach eigenem Gutdünken, nach Schulheften und Taschenbüchern Vorschriften aufstellen, die Verantwortung dafür aber durch den Vorbehalt „unbeschadet der Verantwortlichkeit des Lieferanten“ ablehnen. Im Submissionsverfahren, wo oft nur die Absicht besteht, das Billigste zu beschaffen oder sich auf Kosten der Submittenten zu unterrichten, wird häufig Vorlegung von Detailzeichnungen verlangt. Fabrikanten oder Ingenieure mit eigener Erfahrung und ausgebildeten Konstruktionen sind aber dazu gar nicht in der Lage und werden auf die Teilnahme am Submissionsverfahren lieber verzichten. Konstruktionen, welche mit allen Einzelheiten kostenlos

vorgelegt werden, beruhen nicht auf Erfahrungen, sondern sind Dutzendkonstruktionen. Leider hat die Bereitwilligkeit von Fabriken, ihre minderwertigen Einzelheiten im Submissionsverfahren vorzulegen, dazu geführt, dass die Anforderungen an die Ausführlichkeit von Projektzeichnungen bei uns immer höher geschraubt wurden, und dass jetzt meist schon die Vorlage ausführlicher Gesamtzeichnungen und der Werkzeichnungen von Hauptteilen verlangt wird. Darin liegt eine schwere Schädigung geistiger und wirtschaftlicher Arbeit.

Im Auslande, insbesondere in England, Frankreich, Amerika, würde es niemand einfallen, dem Verlangen nach kostenloser Vorlegung von Einzelzeichnungen zu entsprechen; es wird auch nicht gestellt. Den bei uns üblichen masslosen unbilligen Forderungen würde keine ausländische Fabrik, kein Civil Engineer, Naval Architect u. s. w. nachkommen.

Es wäre sehr an der Zeit, dahin zu wirken, dass auch bei uns Projekt- und Offertzeichnungen nur das für den berechtigten Zweck Erforderliche enthalten, und dass nicht freiwillig oder unter dem Drucke von Ausschreibungsbedingungen nach dem berüchtigten, auf diesem Gebiete aber zutreffenden Grundsatz „billig und schlecht“ massenhaft Zeichnungen vorgelegt werden. Wo dieser Grundsatz nicht zutrifft, da handelt es sich um eine Verschwendung schwieriger Geistesarbeit, von Erfahrung und Kosten, welche die ausländische Industrie meidet.

Bei uns ist es so weit gekommen, dass der grösste Teil der Projekte, der mühevollen Entwürfe und Berechnungen nur der kostenfreien Information zu dienen hat. Die Anforderungen und leider auch die Angebote gehen weit über das hinaus, was berechtigterweise verlangt werden darf. Wie würden sich wohl Juristen, die doch nicht das geringste Geistesprodukt umsonst abzugeben pflegen, zu dem Verlangen verhalten, Rechtsgutachten und Ratschläge im Wettbewerb und in der Aussicht abzugeben, dass dem Mindestfordernden der Preis zu fallen werde? Diesem und vielen anderen Berufs- und Erwerbskreisen fällt es gar nicht ein, ihren Leistungen eine wohlbegründete Offerte kostenfrei und verantwortlich vorangehen zu lassen.

Eine Vereinbarung wäre dringend in dem Sinne notwendig, dass Angebotszeichnungen, ihrem Zwecke entsprechend, auf den sachlichen, für den jeweiligen Fall erforderlichen Inhalt zu beschränken sind.

Der Zusammenhang des modernen Submissionswesens mit der geistigen Arbeit sowohl, als mit rechtlichen und moralischen Fragen ist so kritisch geworden, dass sich die Notwendigkeit bestimmter Stellungnahme der schaffenden Ingenieure nicht abweisen lässt. So weit ist es sogar schon bei Behörden gekommen, dass sogenannte „beschränkte Submissionen“ veranstaltet werden, bei welchen bei einigen Dutzend Firmen Umfrage gehalten wird. Eine unmoralische Verschwendung geistiger Arbeit und bedeutender, von den Auskunfterteilenden zu tragender Kosten! Und im Hintergrunde stehen die informationsbedürftigen Organe mit dem Bestreben, das Billigste auf grund nicht zu rechtfertigender strenger Lieferungsverträge zu beschaffen, in welchen den Bestellern und Baubeauftragenden alle, dem Lieferanten keine Rechte eingeräumt werden; ersteren keine, letzterem alle Verantwortung zugewiesen wird. Gegenüber solchen immer schlimmer werdenden Zuständen ist es notwendig, gerade bei Projektzeichnungen den Wert geistiger Arbeit zur Geltung zu bringen. Dem herrschenden Missbrauch, der Vergeudung technischer Geistesarbeit kann vielleicht entgegengearbeitet werden, wenn schon der Anfänger darauf wenigstens aufmerksam gemacht wird. Für technische Vereine und sachverständige Ingenieure aber wäre es eine würdige

Aufgabe, der Unsitte, im Offertwege Ungebührliches zu verlangen, thatkräftig zu Leibe zu gehen, einer Unsitte, zu der in keinem anderen Beruf ein gleich erniedrigendes Gegenstück zu finden ist. —

Zeichnungen als Beilagen von Gutachten haben fast genau denselben Forderungen zu genügen wie Offertzeichnungen; auch sie haben nur das Wesentliche, unmittelbar zur Erläuterung des Gutachtens Gehörige, möglichst einfach und anschaulich darzustellen. Das Gutachten, in der Regel für nichtsachverständige Beurteiler bestimmt, muss auch solchen eine richtige Vorstellung des sachlichen Zusammenhanges ermöglichen.

Zeichnungen in Gutachten sollen gleichfalls im Format der erläuternden Schrift angefertigt und dieser unmittelbar, nicht in besonderen Rollen oder dergleichen unhandlicher Form, beigelegt werden.

---

## VI. Abgekürzte Darstellungen.

Maschinenteile, deren Form nach „Normalien“ oder besonderen Ausführungszeichnungen eine selbstverständliche ist, werden in Maschinenzeichnungen abgekürzt, schematisch dargestellt, z. B. Hähne, Ventile, Schieber, Armaturen und andere durch Massenfabrikation hergestellte Teile, insbesondere auch die Befestigungs-Schrauben. Auf die Bedeutung dieser Normalien in der Maschinenfabrikation ist der Anfänger schon im Maschinenzeichnen besonders hinzuweisen.

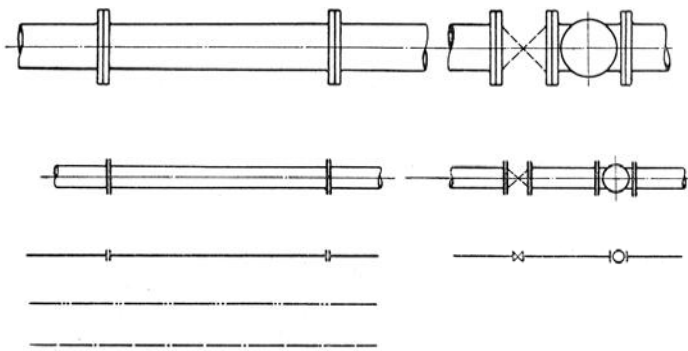


Fig. 119.

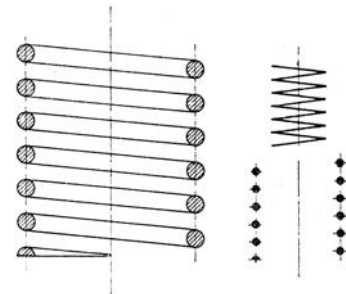


Fig. 120.

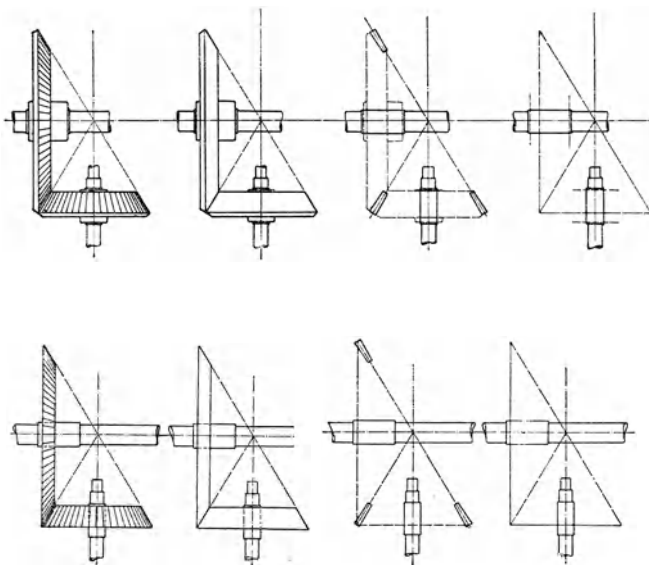


Fig. 121 a.

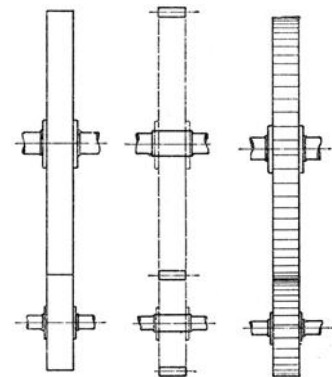


Fig. 122.

Der abgekürzten konventionellen Darstellung wird die erforderliche Beschreibung hinzugefügt: die Werkstätten-, Modell- oder Zeichnungsnummer oder die Angabe, nach welcher der betreffende Teil bestellt oder verwendet werden soll. Fig. 119 bis 122 zeigen solche schematische Darstellungen, Fig. 119 für Rohrleitungen, Ventile, Hähne, Fig. 120 für Federn. — Sich wiederholende Teile werden nur einmal aufgezeichnet und die Stückzahl hinzugeschrieben.

Schematische Darstellungen von Zahnrädern müssen die äusseren Begrenzungen des Rades und der Radnabe darstellen (Fig. 121, 122), sonst täuschen sie über den erforderlichen Raum. Fig. 121a zeigt unrichtige Darstellung.

Wenn zum Zwecke deutlicher Hervorhebung eines Zahnrades die Zähne durch Schraffurung angedeutet werden (Fig. 121, 122), dann ist diese nur als schematisches Zeichen, nicht aber etwa als Projektion der Zähne aufzufassen. Abgesehen von der Mehrarbeit, führt jede Komplikation nur zu Undeutlichkeiten. Die schematische Schraffurung soll, ganz unabhängig von der Zahnteilung, mit grosser Strichentfernung in der Mitte und gegen die Enden mit abnehmender Entfernung hergestellt werden, um die Rundung anzudeuten. Die Striche müssen aber auch an den Enden genügend weit von einander abstehen, sonst wird die Darstellung undeutlich.

Einheitliche Normen für Abkürzungen in der zeichnerischen Darstellung giebt es nicht; Irrtümer sind durch schriftliche Zusätze auszuschliessen.

Schematisch werden auch dargestellt:

4kantige oder flache Teile, die in der Regel durch ein Diagonalkreuz kenntlich gemacht werden (Fig. 125a). Diese Art der Darstellung ist nicht glücklich, insbesondere wenn die Diagonalen in kräftigen Linien gezogen werden, was die Deutlichkeit beeinträchtigt. Vierkantige Teile müssen durch die Projektionen genügend kenntlich gemacht werden.

Für alle schematischen Darstellungen ungewöhnlicher Art ist eine genaue schriftliche Angabe erforderlich, welche die auszuführende Konstruktion unzweifelhaft bezeichnet oder auf die zu verwendenden Skalen oder Modelle, die Art der Bearbeitung u. s. w. verweist.

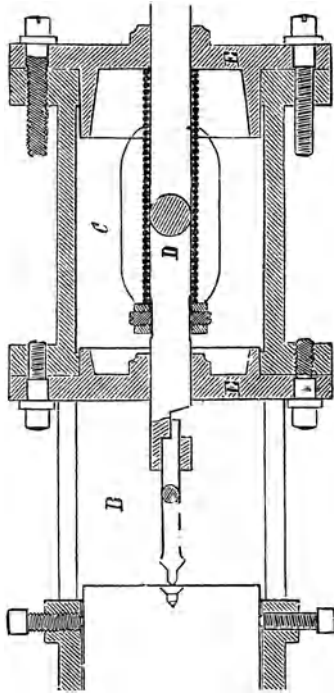


Fig. 123a.

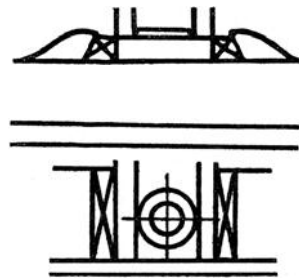


Fig. 125a.

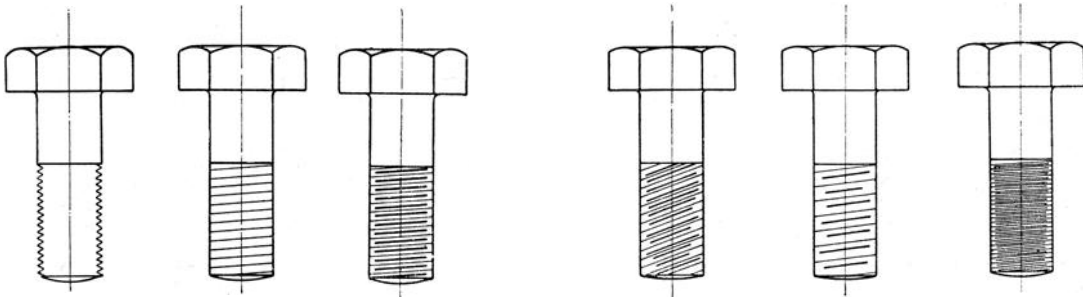
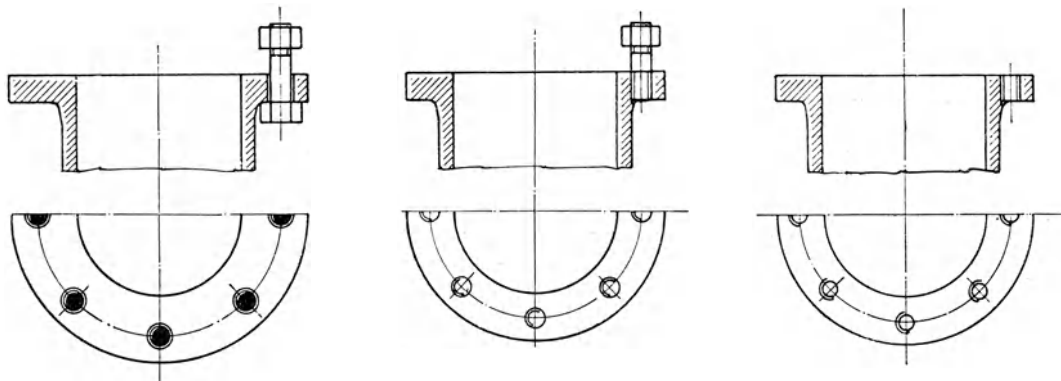
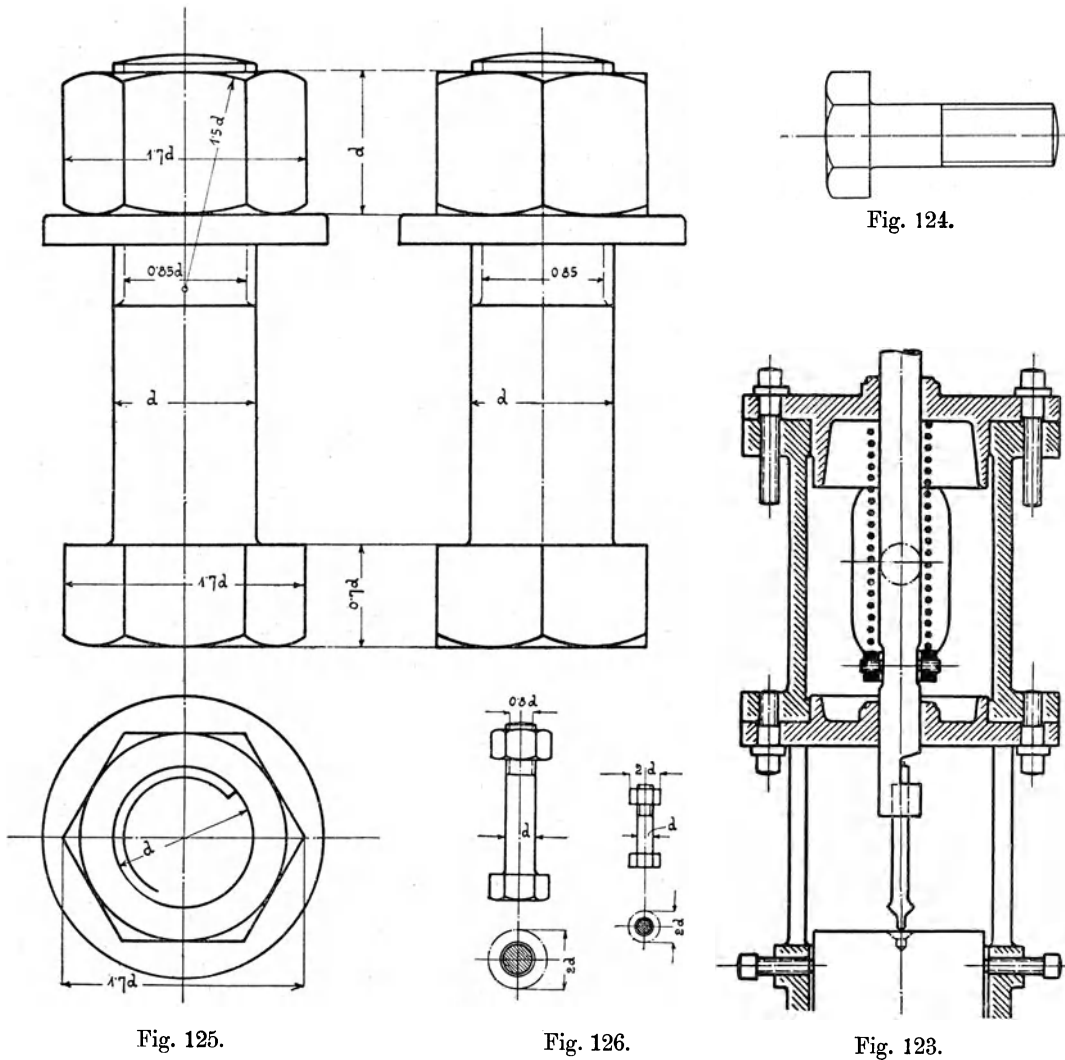


Fig. 124a.

Fig. 124b.

**Abgekürzte Darstellung der Schrauben.**

Schrauben sind immer vereinfacht darzustellen. Die Zeichnung der Gewinde ist überflüssig; zu ihrer richtigen Herstellung genügen: der äussere Bolzendurchmesser und die Gewindelänge nach der Skala des Einheitsgewindes, also 2 Maasszahlen. Nur bei Abweichung von den Normalskalen wird besondere Darstellung der Schraubengewinde und entsprechende schriftliche Angabe erforderlich.





Die Darstellung der Gewinde muss einfach sein; am zweckmässigsten ist die in Fig. 124 skizzierte: das Gewinde in der ganzen Erstreckung und ungefähr in richtiger Tiefe nur durch eine dünne oder gestrichelte Linie anzudeuten und Bolzenstärke und Gewindelänge als Maasszahl einzuschreiben (vergl. Fig. 125). Diese Darstellung genügt vollständig. Der grösseren Deutlichkeit halber wird die äussere Bolzenbegrenzung voll gezeichnet.

Unzweckmässig ist die Darstellung der Gewinde selbst (Fig. 124a), denn sie muss genau sein, wenn sie nicht sehr schlecht aussehen soll (Fig. 124b).

Auch das übliche Einzeichnen von schrägen Gewindlinien ist nicht zu empfehlen. Es wirkt unnütz grell, da die Schrauben durch ihre Form ohnedies genügend aus der Zeichnung hervortreten, und ist mühsam, besonders wenn dicke und dünne Linien abwechseln. Zu weite oder zu enge oder zu schräge, ungleiche Schemalinen (Fig. 124b), welche der Ausführung des Gewindes nicht einigermassen entsprechen, verderben das Aussehen der Zeichnung. Anfänger leisten darin oft Unglaubliches.

Die genaue Form von Schraubenmuttern und Köpfen: 6 eckiges Prisma mit Eckenabrundung ist eine Normalform, die nur ausnahmsweise genau gezeichnet wird. In der Regel genügt für Schrauben in grossem Maassstabe die angenäherte Darstellung (Fig. 125) und für Schrauben im kleinen Maassstabe die vereinfachte (Fig. 126). In der Draufsicht werden Schrauben nur gezeichnet, wenn dies der Zweck erfordert, um die Lage und Art der Schrauben festzustellen, und auch dann genügt in der Regel die Darstellung einer einzigen Schraube. Es ist zwecklos, zahlreiche Schrauben in nichtssagenden Stellungen zu projizieren; dies stört nur die Uebersicht. Solches mühselige Verfahren ist nur bei Prüfungszeichnungen üblich, als vermeintlicher Aufputz, der aber die gegenteilige Wirkung hervorbringt, wenn die Projektionen nicht sehr sorgfältig gezeichnet sind.

Die Draufsicht der Schraubenmuttern oder Köpfe wird nur genau gezeichnet, wenn es sich darum handelt, Schlüsselweite und Raumerfordernis festzustellen; sonst wird sie abgekürzt dargestellt: am einfachsten, indem man sich die Mutter weggeschnitten denkt und den geschnittenen Bolzen und die ihn umgebende Schraubenöffnung projiziert (Fig. 127). Dies ist, insbesondere in kleinem Maassstabe, viel einfacher und deutlicher, als wenn mühsam alle Sechsecke der Schraubenmuttern gezeichnet werden. Hierbei können auch verschiedene Schraubenarten unterschieden werden (Fig. 127). In verwickelten Darstellungen können, wie bei Vernietungen, besondere schriftliche Angaben, farbige Bezeichnung u. s. w. notwendig werden. Häufig wird ein besonderes Schraubenblatt für jede Ausführung gezeichnet, während in den übrigen Werkzeichnungen nur die Schraubenlöcher mit Maassen angegeben werden.

Mangelhafte Darstellung von Schrauben, wie überhaupt von Maschinenelementen in Maschinzeichnungen, kann mit orthographischen Fehlern in Schriften verglichen werden. Es gilt als Zeichen höchst bedenklicher Bildung, solche Fehler zu machen; in Zeichnungen aber wird leider oft willkürlicher Ausdruck für zulässig erachtet, wie die dem „Patentblatt“ entnommene Fig. 123a zeigt, in welcher, abgesehen von groben Fehlern, dreierlei unzuweckmässige Orthographie für die Schraubendarstellung beliebt ist. In Fig. 123 ist eine richtige Darstellung gegenübergestellt.

## VII. Skizzen.

---

Skizziren heisst nicht: nachlässig oder flüchtig zeichnen, sondern: das Wesentliche einer Sache möglichst einfach und mit den einfachsten Mitteln darstellen. An die Skizze werden dieselben Forderungen wie an die Maschinenzeichnung gestellt; jeder Sachverständige muss sich die Form nach den Angaben der Skizze genau vorstellen können, oft muss schon nach der Skizze die Form ausführbar sein.

Skizziren kann nur der, welcher die Sache kennt und ein entwickeltes Vorstellungs- und Ausdrucksvermögen besitzt. Auch hier ist die Handfertigkeit erwünscht, für rasches Skizziren auch notwendig, aber sie hat nur auf das Aussehen der Skizze und nicht auf ihren Inhalt Einfluss. Das Wesentliche ist, dass die Vorstellungsbilder im Kopfe klar und vollständig entwickelt sind, bevor das Skizziren beginnt.

Im Skizziren wird deshalb so wenig und immer weniger geleistet, weil das Form-Vorstellungsvermögen immer weniger entwickelt wird. Mechanisch angefertigte „schöne Schulzeichnungen“ sind häufig zu finden; dazu gehört nur Geduld, etwas Uebung und viel Zeit, die für Fruchtbringenderes zu verwenden wäre. Jede Skizze aber, auch die einfachste Schnittdarstellung, verlangt Vorstellung und Sachkenntnis. Selbst beim Skizziren einer gegebenen Form, z. B. bei der Aufnahme eines Maschinenteils, muss der Skizzirende mit der Vorstellung thätig sein: er muss sich den Zweck der Skizze vergegenwärtigen und sich in die Lage desjenigen versetzen, der nachher die Skizze benutzen soll.

Der Unterricht im Maschinenzeichnen vermag nur wenig zur Entwicklung der Fertigkeit im Skizziren beizutragen, wenn nicht das Vorstellungsvermögen des Schülers vorher gründlich geübt wurde und ausreichende Sachkenntnis bei ihm vorhanden ist. Ohne diese lassen sich Resultate nur auf Kosten der sonstigen Lehr- aufgabe erzielen. Es beweist vollständige Unkenntnis aller Grundlagen und laienhafte, durch Sachkenntnis nicht getrübbte Auffassung, wenn von einigen „Uebungen“ erwartet wird, dass sie das „Skizziren“ lehren sollen, oder wenn von Anfängern Skizzen verlangt werden, bevor sie die erforderliche Sachkenntnis erworben haben. Sinnlos ist es z. B., wenn von Architekten, Chemikern u. s. w. zwar keine Kenntnis des Maschinenbaues, wohl aber die Fähigkeit „Maschinen zu skizziren“ verlangt wird. Sie mögen zu Prüfungszwecken wohl vorhandene Muster abzeichnen, aber Skizzen werden sie niemals selbständig anfertigen können. Alle Anleitung zum Skizziren kann im wesentlichen nur Anleitung zum Verständnis der Sache sein, und dieses lässt sich nur im eigentlichen Fachstudium erwerben.

Die Skizzen (Fig. 129a—132a) sind nicht bloß schlecht gezeichnet, sondern die (aufgenommene!) Form ist nicht verstanden und unrichtig dargestellt. Wegen



der fehlenden Formvorstellung sind gerade die wesentlichen Teile, d. s. die unregelmässigen Formen, weder ausreichend gezeichnet, noch durch Maasszahlen bestimmt. Eine frei erdachte Skizze würde bei dem gleichen Mangel an Formvorstellung und -verständnis selbstverständlich noch erbärmlicher ausfallen.

Ein anderes Beispiel: Die Skizzen Fig. 128 a—c, Facsimiles einer Prüfungsarbeit, sollen einen Luftpumpenantrieb und eine Geradführung vorstellen. Diese sinnlosen Skizzen sind nicht deshalb so entsetzlich, weil dem Zeichner Handfertigkeit fehlte oder ihm die Kinematik fremd war — im Gegenteil, die hatte er mit hervorragendem Erfolge „studirt“ — sondern weil ihm selbst die Rudimente irgend welcher Vorstellung fehlten. Hätte der Kandidat eine, wenn auch noch so schwache Vorstellungskraft besessen, solchen Unsinn hätte er nicht zu Papier gebracht!

Schädigend ist es, dass Prüfungsvorschriften von den Studirenden Zeichnungen in bestimmter Menge und Ausführung verlangen, ohne dass die Selbständigkeit des Entwurfs durch die Skizzen, welche zum Entwurf geführt haben, nachgewiesen zu werden braucht.

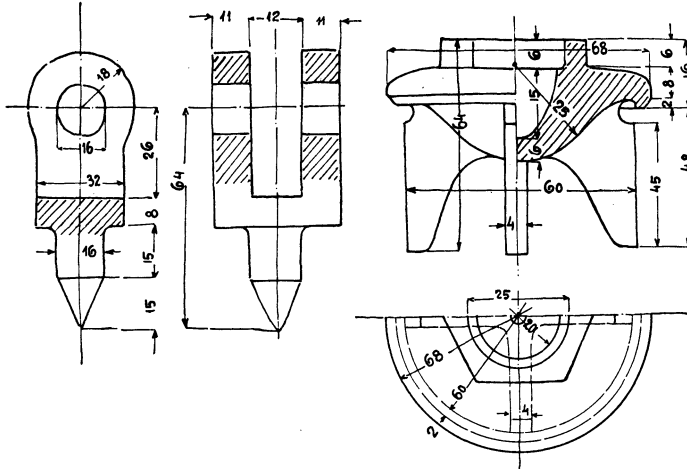


Fig. 130.

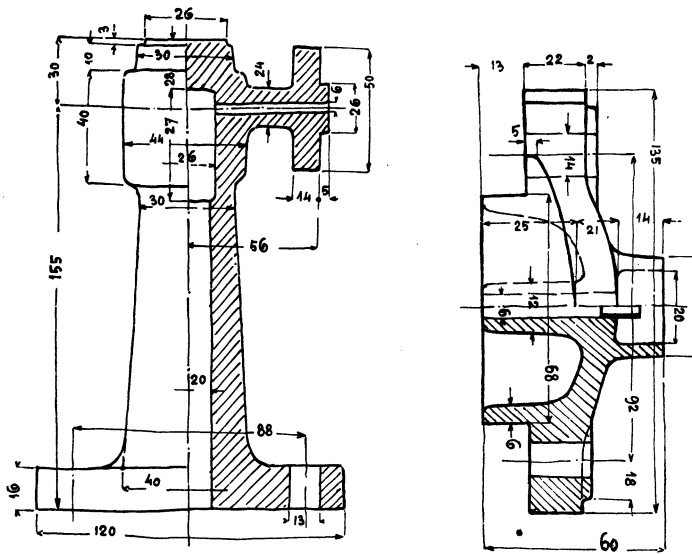


Fig. 132.

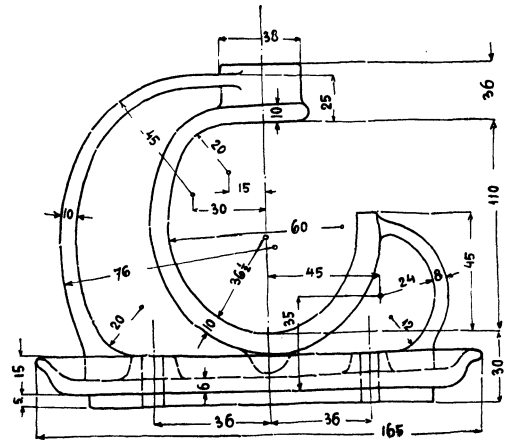


Fig. 129.

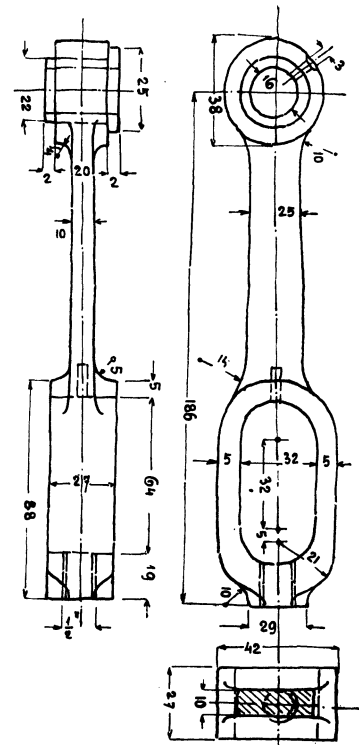


Fig. 131.

Das Skizziren muss während der ganzen Studienzeit geübt, und die Zeit der Studirenden darf nicht in mühseliger Herstellung von „Schulzeichnungen“ verbraucht werden. Zum Skizziren hat der Anfänger ohnedies wenig Neigung, weil es schwierig ist und weil ihm die unerlässliche Vorbildung fehlt, und er schwenkt gerne nach der Richtung der Bilderfabrik ab.

Die Ausführung der Skizzen richtet sich nach dem jeweiligen Zweck.

**Aufnahmeskizzen** z. B. werden meist zu dem Zwecke angefertigt, nachträglich eine genaue Werkzeichnung der skizzirten Form aufzuzeichnen. Solche Skizzen müssen daher die Form genügend deutlich wiedergeben und alles für die Herstellung von Werkzeichnungen Erforderliche enthalten (Fig. 129—132). Durchaus freihändiges Zeichnen ist hierbei nicht wesentlich. Zirkel und Lineal können für die Hauptlinien benutzt werden; nur Reissbrett, Schiene u. s. w. müssen ausgeschlossen bleiben. Auch im Unterricht sind Aufnahmeskizzen so zu zeichnen, wie es in Wirklichkeit geschieht, wenn eine Maschine an Ort und Stelle aufzunehmen ist; was dort an Hilfsmitteln zur Verfügung steht, kann auch im Unterricht benutzt werden.

Ausser den gewöhnlichen Zeicheninstrumenten sind erforderlich: ein Greifzirkel, eine Schublehre, ein Anschlagwinkel, Lineal und Maassstab; beim Aufnehmen von Maschinen-Anlagen u. s. w. ausserdem noch ein langes Meterband, Messlatte und Loth.

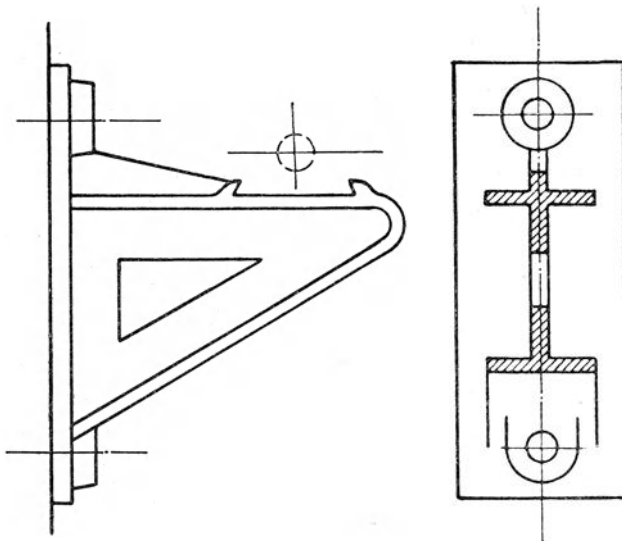
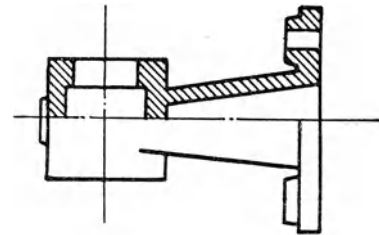


Fig. 133 a.

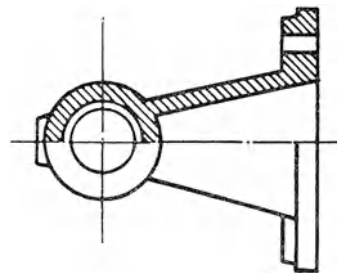


Fig. 134 a.

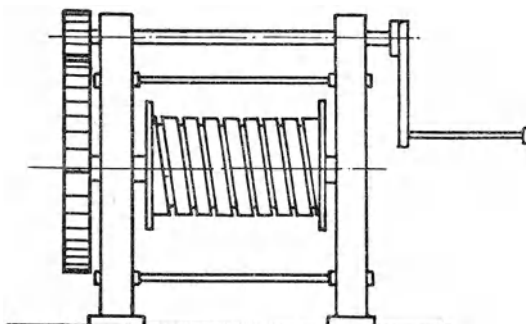


Fig. 135 a.

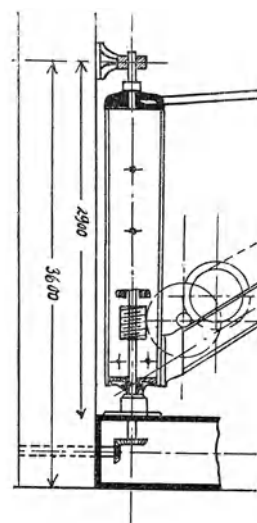


Fig. 136 a.

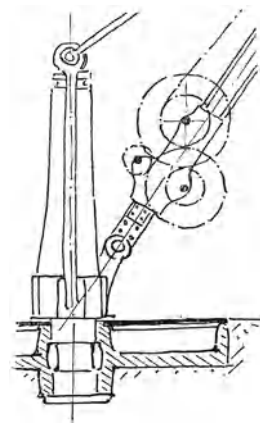


Fig. 137 a.

Komplizierte Aufnahmen werden in mehrere zerlegt, eine die Hauptteile, die übrigen die Einzelheiten umfassend. Zum Aufnehmen ist erforderlich: richtiges Auffassen der gegebenen Formen, Verständnis der praktischen Herstellung, des Zwecks der Aufnahme und genaue Unterscheidung des Wesentlichen von dem Nebensächlichen. Aufnehmen heisst nicht abzeichnen, bloss den sinnlichen Eindruck der Form wiedergeben, sondern die Formen für bestimmte Zwecke darstellen.

Da in der Regel auf kleinem Papierformat, oft nur in Skizzenbücher skizzirt werden muss, so werden die einzelnen Projektionen auf getrennte Blätter gezeichnet und der Zusammenhang in besonderer Zusammenstellungs-Skizze aufgezeichnet. Erst wenn die Form vollständig und richtig skizzirt ist, sind am vorhandenen Maschinenteil die Maasse abzumessen und in die Skizze einzuschreiben. Jeder Maschinenteil ist einzeln aufzunehmen und dann eine Zusammenstellung aller Teile aufzuzeichnen.

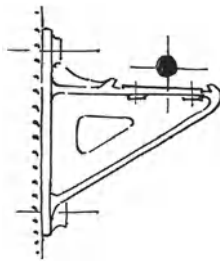
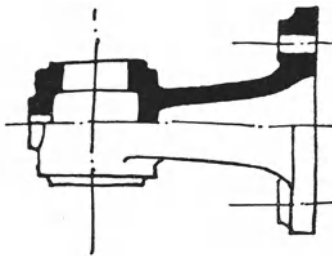


Fig. 133.

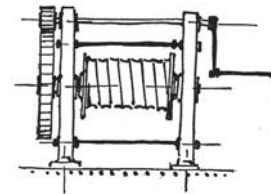


Fig. 135.

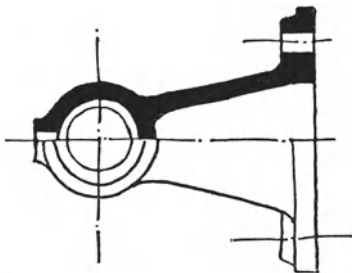


Fig. 134.

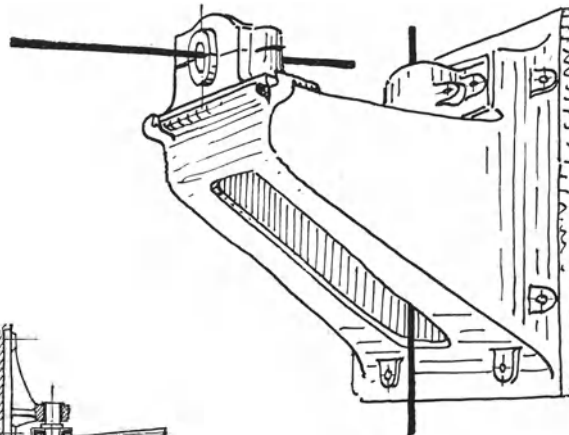


Fig. 138.

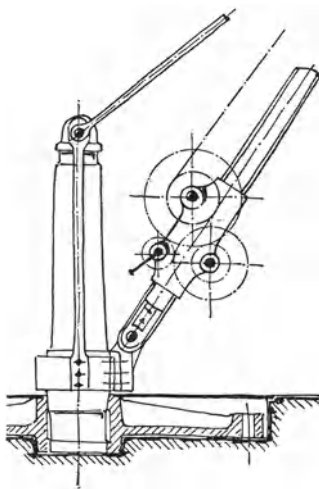


Fig. 137.

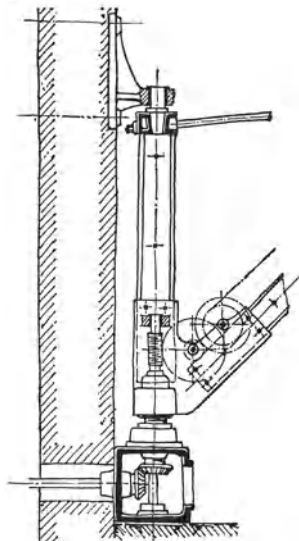


Fig. 136.



Fig. 139.

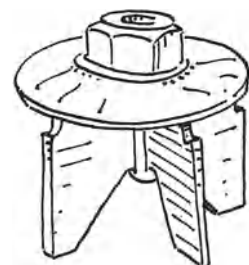


Fig. 140.

Es ist zweckmässig, in die fertige Skizze die Maasslinien hineinzuzichnen, bevor die Maasse selbst am Maschinenteil abgemessen werden. Das erleichtert die Arbeit und die Uebersicht; auch kommt es dabei weniger leicht vor, dass Maasse von Wichtigkeit ausgelassen werden, die später schwierig oder überhaupt nicht mehr vervollständigt werden können.

Es ist bei Aufnahmen unstatthaft, die Maasse von einem Arbeiter abmessen zu lassen und sie nur zu notiren. Vielmehr ist die persönliche gewissenhafte Kontrolle durch den aufnehmenden Ingenieur notwendig. Sehr häufig werden aber Arbeiter zur unkontrollirten Mitwirkung herangezogen, weil sich die Herren nicht gern die Hände schmutzig machen. Ein Arbeiter ist aber für solche Arbeit nie zuverlässig; es fehlt ihm oft der Sinn für Genauigkeit und noch häufiger unterlaufen ihm Missverständnisse über die Bedeutung des Maasses.

Wichtige Maasse sind doppelt zu messen; z. B. die Cylinderentfernung einer Zwillingsmaschine ist an den Cylinderdeckeln und an der Kurbelwelle abzunehmen. Ebenso sind alle Gesamtlängen einer Maschine abzumessen und aus der Summe aller Einzelmaasse zu kontrolliren. Z. B. ist eine Welle mit Absätzen, Lagerstühlen u. s. w. so aufzumessen, dass man erst die einzelnen Längen und dann die Gesamtlänge misst und letztere aus den Einzelabmessungen kontrollirt.

Ist eine Aufnahme entfernt vom Wohnort zu machen, so ist schon an der Aufnahmestelle die maassstäblich richtige Konstruktionszeichnung nach den Aufnahmeskizzen aufzuzeichnen, um etwaige Irrtümer oder Lücken noch vor der Abreise zu entdecken.

Nach der Skizze ist die Werkzeichnung, unabhängig vom aufgenommenen Maschinenteil, auf dem Reissbrett aufzuzeichnen. Die Skizze muss daher die genaue und unzweifelhafte Wiedergabe der Formen in genügenden Projektionen und Schnitten und alle Maasse enthalten. Teile, über deren Form kein Zweifel besteht, können flüchtig skizzirt, also gerade die Hauptlinien weniger sorgfältig behandelt werden; dagegen müssen alle Uebergangsformen charakteristisch, d. h. der wirk-

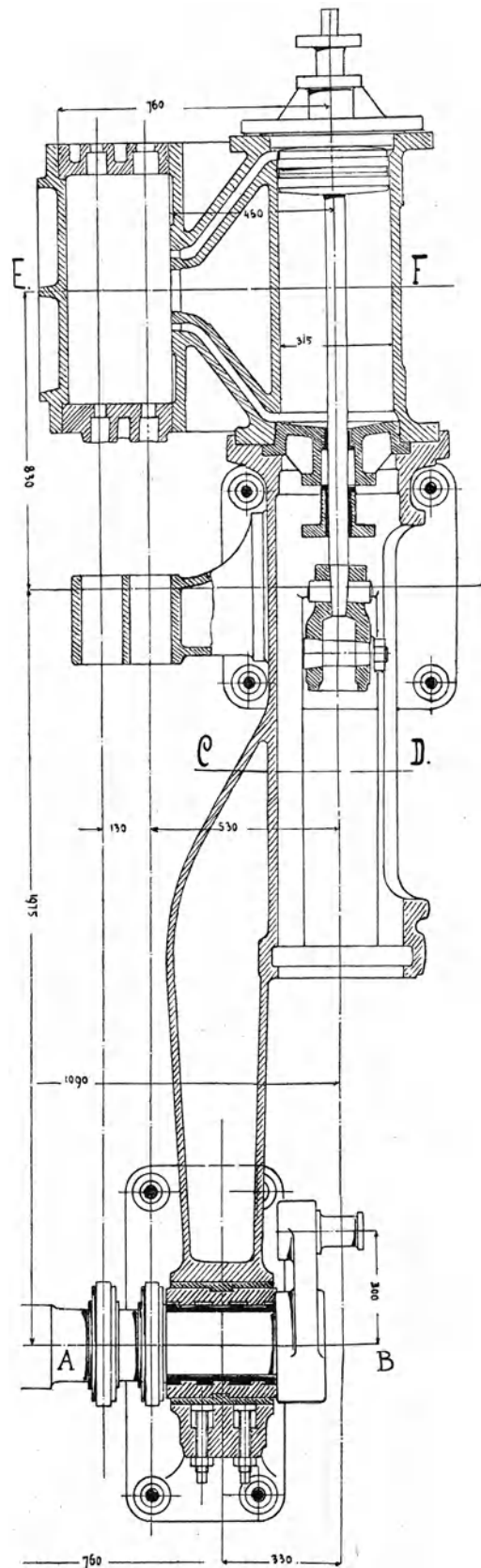


Fig. 141.

lichen Ausführung entsprechend dargestellt sein (Fig. 133—137). Sorgfältig gezogene Linien, die die charakteristischen Uebergänge vernachlässigen (Fig. 133a bis 136a), machen die Skizze nicht wertvoller. Skizzen, die durchweg flüchtig sind und auch die charakteristischen Formen nicht zum Ausdruck bringen (Fig. 137a), sind selbstverständlich wertlos.

**Entwurfsskizzen** (Fig. 141) haben das Wesentliche für einen bestimmten Konstruktionszweck vorläufig darzustellen. Beim Entwurf einer Dampfmaschine z. B. ist zuerst die Berechnung der Hauptabmessungen nach den gegebenen Bedingungen aufzustellen; schon während der Berechnung sind Skizzen anzufertigen, um den Zusammenhang der einzelnen berechneten Abmessungen festzustellen; dann ist die Rechnung zu vervollständigen oder zu verändern u. s. w., da erst aus den Skizzen der Zusammenhang beurteilt werden kann.

Die ersten maassstäblichen Entwurfsskizzen haben nur Raumverteilung und Anordnung der Hauptteile festzustellen, daher nur hierzu Wesentliches zu enthalten, aber keine Einzelheiten, welche für die Abhängigkeit der Maschinenteile untereinander unwesentlich sind, oder deren spätere Durchführung keine Schwierigkeit bietet. Z. B. braucht die erste Skizze kein Detail von Dampfkolben, Kreuzkopf, Schubstange, Excenter, keine Verschraubungen u. s. w. zu enthalten, ausgenommen wo solche wesentlich sind. Gebrauch aller Zeicheninstrumente ist zulässig, soweit Zeit erspart werden kann. Solche Skizzen müssen maassstäblich richtig angefertigt werden, sonst sind sie zwecklos und täuschen über den Zusammenhang der Konstruktionsteile, statt ihn festzustellen. Der Gebrauch von Millimeterpapier ist eine schlechte, die Augen schädigende Gewohnheit. Was hierbei an Auftragung von einigen Maassen gewonnen wird, ist nicht der Rede wert.

Für die Anfertigung der Skizzen sollte reichlich Pauspapier verwendet werden. Ist die erste Entwurfsskizze aufgezeichnet und entspricht sie den Anforderungen nicht, dann sollte nicht radirt und korrigirt werden, sondern nach gewonnener besserer Erkenntnis eine neue Skizze angefertigt und mit der alten unverändert gebliebenen verglichen werden. Hierzu aber wird der Anfänger nur dann zu bewegen sein, wenn das Neuskizziren wenig Zeit kostet. Das Pauspapier ermöglicht dies; es wird über die erste Entwurfsskizze gelegt, und nun wird freihändig alles unverändert Bleibende in wenig Strichen durchgepaust und auf dem Pauspapier das neu Hinzukommende, Verbesserte aufgezeichnet. Auch die Anschauung und Vorstellung wird hierdurch besser geübt als durch das Wegradiren und Erneuern von Linien. Der Anfänger sollte bei der Anfertigung von Skizzen überhaupt möglichst wenig radiren und zu wiederholtem Entwurf angehalten werden.

In Prüfungsvorschriften sollten nicht Paradeblätter, sondern vor allem Entwurfsskizzen gefordert werden.

Die Anfertigung von Entwurfsskizzen mit den einfachsten Mitteln und geringstem Zeitaufwand wird viel zu wenig gepflegt. Zunächst haben diese Skizzen praktische Bedeutung, da die Mehrzahl der Projektzeichnungen überhaupt nur skizzenhaft behandelt und nur mit wenig Zeitaufwand und Kosten ausgeführt werden kann. Für den pädagogischen Zweck handelt es sich darum, dass der Anfänger viel und rasch konstruirt, vielerlei in Berechnung und Entwurfsskizze durchführt und nur eine beschränkte Auswahl davon auf das gründlichste in allen Einzelheiten durcharbeitet, nachdem er sich **vorher** die unerlässliche gründliche Kenntniss der Maschinenteile angeeignet hat. Diesem selbstverständlichen Zwecke stehen aber als schwere Hindernisse entgegen: Prüfungsvorschriften, welche Blattzahl und Inhalt vorschreiben, Mangel an Zeit und Ver-



tiefung, mangelhafte Beherrschung der Maschinenelemente, Unkenntnis oder gar Missachtung der Praxis u. s. w. Ein weiteres Hindernis, die Studirenden zu besserem Skizzieren zu bringen, ist darin zu suchen, dass die Anfänger in den Druckschriften selten Skizzen finden, wohl aber viele schlechte Vorbilder. Bücher und Zeitschriften bringen mühsam gezeichnete Darstellungen von berufsmässigen, aber nicht sachverständigen Zeichnern und Lithographen, jedoch wenig Muster einer freieren Darstellung. Störend ist insbesondere auch, dass die wenigen Skizzen in Veröffentlichungen durch Schattierungen u. s. w. entstellt werden, wie z. B. im Patentblatt (Fig. 118a). Aehnlich ist das bei Anfängern beliebte Verfahren, schlechte Zeichnungen oder Skizzen durch Schattirung aufputzen, zu wollen.

Skizzen für die Veranschaulichung von Maschinen und Maschinenteilen sind für die verschiedenartigsten Zwecke erforderlich; sie müssen aber stets das für den jeweiligen Zweck Wesentliche darstellen; die zeichnerische Darstellung mag dann wieder, wenn es der Zweck erlaubt, beliebig flüchtig sein.

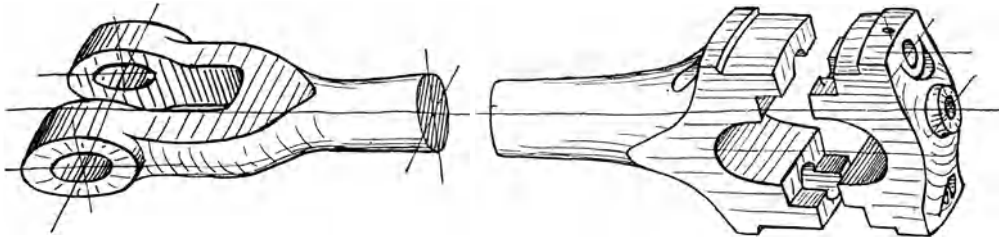


Fig. 142.

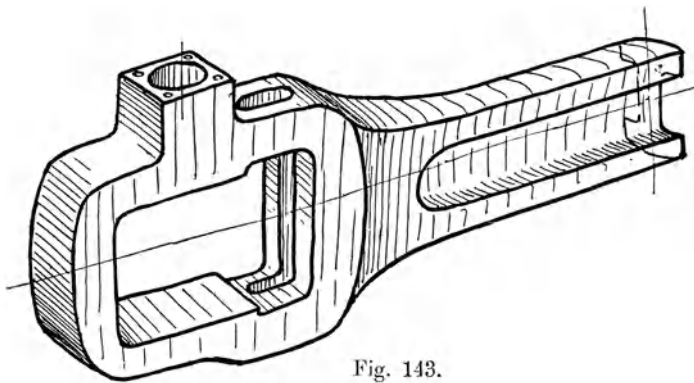


Fig. 143.

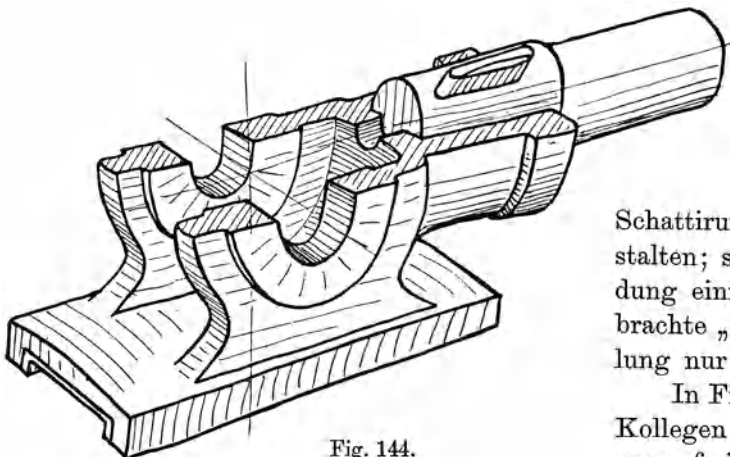


Fig. 144.

Zur Unterstützung der Vorstellung werden Skizzen, die sich nur auf Veranschaulichung der Formen beziehen, zweckmässig perspektivisch freihändig dargestellt (Fig. 138 bis 140, 142—149). Nichts ist besser geeignet, das Vorstellungsvermögen zu bilden. Es kann nicht genug empfohlen werden, Anfänger gerade zu solchen perspektivischen Skizzen anzuhalten; diese zwingen zu genauer Vorstellung der Formen. Nützlich ist es, solche Skizzen durch einfachste

Schattirung plastisch anschaulich zu gestalten; selbstverständlich unter Verwendung einfachster Mittel. Schlecht angebrachte „Schattirung“ macht die Darstellung nur undeutlich.

In Fig. 142—149 sind mehrere vom Kollegen Radinger ohne jede Vorzeichnung freihändig skizzierte Maschinenteile

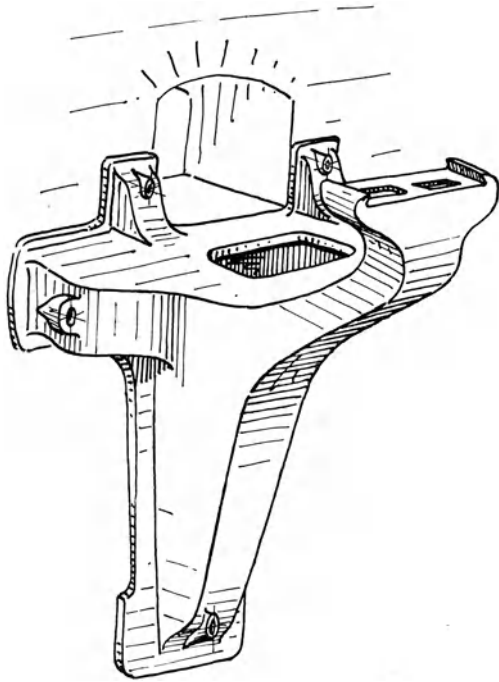


Fig. 145.

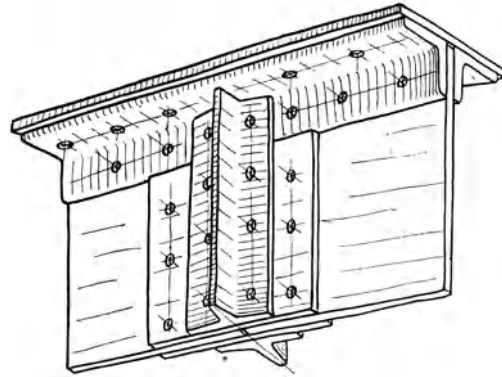
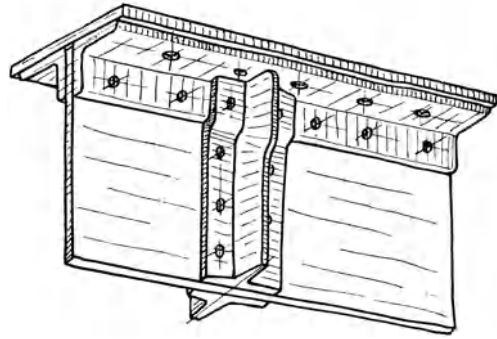


Fig. 146.

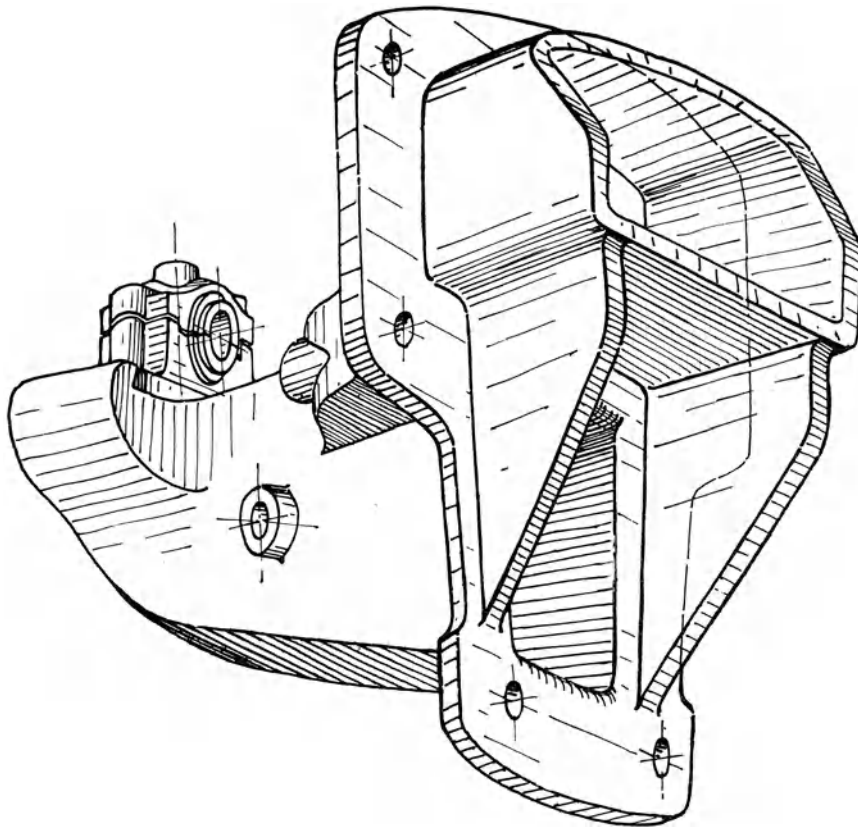


Fig. 147.

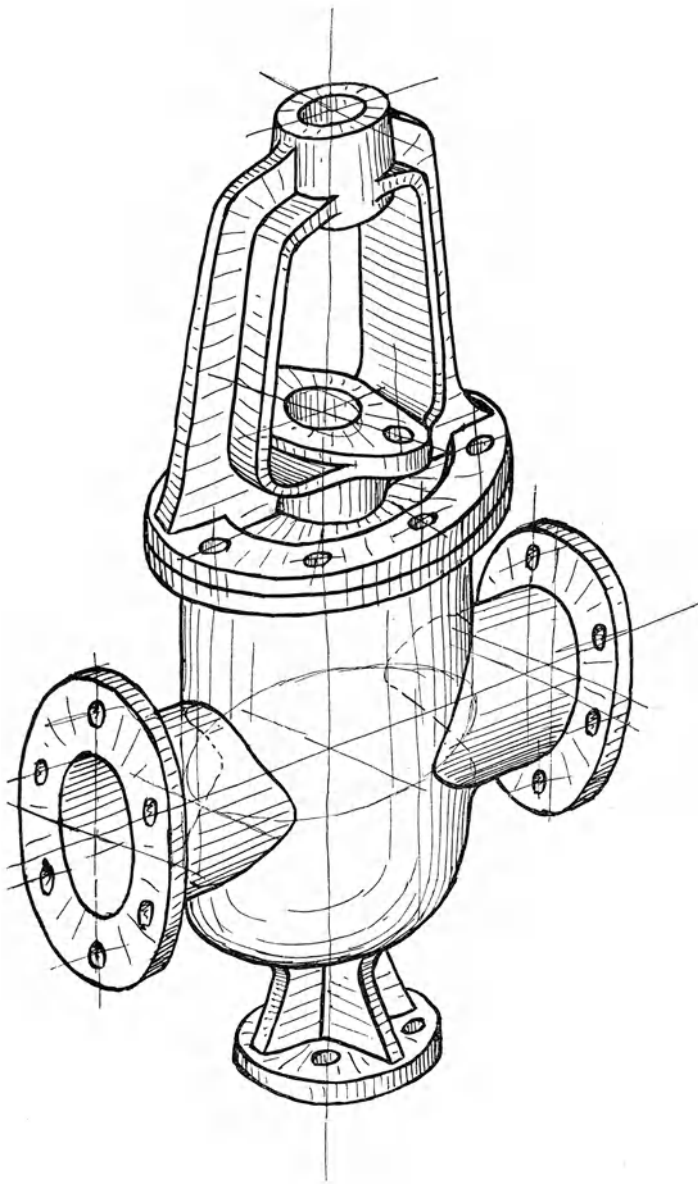


Fig. 148.

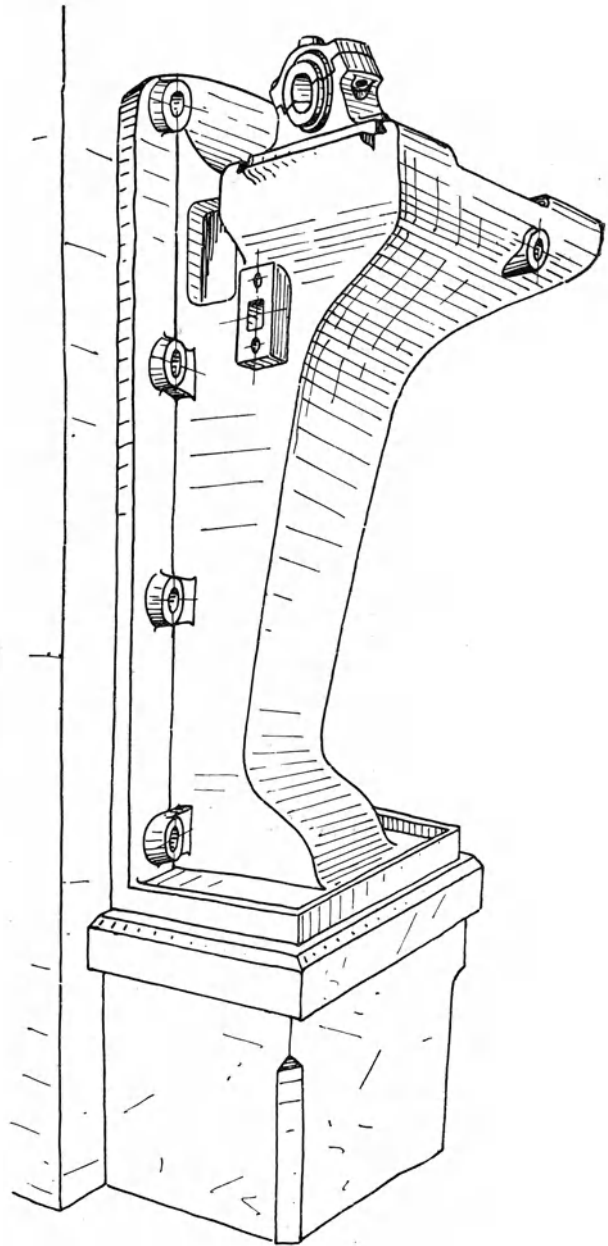


Fig. 149.

wiedergegeben. Die zahlreichen einfachen Mittel, durch Abtönung mit Blei oder Farbstift die Anschaulichkeit zu erhöhen, lassen sich durch Zinkdruck leider nicht wiedergeben.

Aehnliche freihändig gezeichnete Skizzen in projektiver Darstellung werden von den Anfängern und Prüflingen verlangt, „die den Maschinenbau nicht brauchen, aber wenigstens skizzieren können müssen“. Schade, dass gerade das nur der Meister leisten kann! Nicht die „geschickte Hand“, sondern der geschickte Kopf, in dem vollendet richtige, plastische Vorstellungsbilder gedeihen und nicht blos gedächtnismässig Linien vorrätig sind, bringt solche Skizzen fertig.

## VIII. Stil.

---

Das Charakteristische einer Maschinenzeichnung und auch der Skizzen liegt in der richtigen Wiedergabe des Wesentlichen der Konstruktionsform; die Maschinenzeichnung wird stillos, wenn das Beiwerk zu sehr hervortritt.

Die Hauptformen und Hauptteile der Maschine, die Uebergangsformen müssen klar und deutlich hervortreten. Die Charakteristik der Zeichnung und auch der Skizzen liegt oft nur im richtigen Ausdruck der Uebergangsformen, wie die Beispiele Fig. 133 bis 140 zeigen.

Um Zeichnungen charakteristisch zu gestalten, ist daher ausser Uebung im Zeichnen erforderlich: die volle Kenntnis der darzustellenden Konstruktionsformen, gute Unterscheidung des Wesentlichen und Unwesentlichen, entwickelte Formvorstellung.

Eine sogenannte Formen- oder Stillehre für den Maschinenbau, auch wenn sie sich nur auf die „frei zu wählenden Formen bezieht“, aber Anfängern systematisch Formgebung lehren will oder gar auf doktrinärer Aesthetik beruht, ist nur irreführend. Eine Stillehre, welche dem Maschinenbau Formen der Architektur u. s. w. aufdrängen will, hat im Maschinenbau keinen Boden.

Aller architektonische Zierat, z. B. gotische Lagerstühle, und ästhetische Betrachtungen darüber sind Ruinen längst veralteter Bestrebungen. So wie ein Kirchturm von einer Maschine verschieden ist und anderen Zwecken zu dienen hat, so müssen auch die Formen und der Stil für beide verschieden sein. Die ästhetischen Regeln werden hinfällig, wenn sie mit den zwingenden Forderungen des Zweckes oder der Ausführung bestimmter Konstruktionsformen im Widerspruch stehen. Z. B. können Regulatorständer nicht, wie in Fig. 150a dargestellt, nach doktrinären Regeln, sondern müssen nach Zweckerfordernissen gebaut werden, wofür Fig. 150 ein Beispiel ist.

Eine von Zweck und Herstellung unabhängige Formgebung giebt es im Maschinenbau nicht. Erst wenn die Forderungen des Zwecks erfüllt sind, kann einer bestimmten Erscheinungswirkung zuliebe eine freie Formgebung eintreten. Höchste Zweckmässigkeit im Werke des Konstrukteurs lässt überhaupt nur äusserst geringe Gelegenheit zu besonderer, auf Schönheit bedachter Ausgestaltung; innerhalb dieser engen Grenzen wird die Formgebung immerhin den Stil, die Schönheitswirkung beachten müssen, aber auch dann muss sie die Vereinfachung der Zweckform, nicht ihre Verzierung anstreben.

Solche Formgebung kann aber nur von dem beherrscht werden, der die Zweckform beherrscht, d. i. vom berufenen Konstrukteur.

v. Reiche schrieb 1872 zutreffend: „... Ein Bauwerk bedarf, wenn es nicht einen öden oder toten Eindruck hervorbringen soll, unter allen Umständen des architektonischen Schmuckes... Ganz anders eine Maschine. Diese bietet schon im Zustande der Ruhe mehr Wechsel von Licht und Schatten dar, als dem Auge, welches sich orientiren will, angenehm ist; im Zustande der Bewegung aber wird das Bild so belebt,

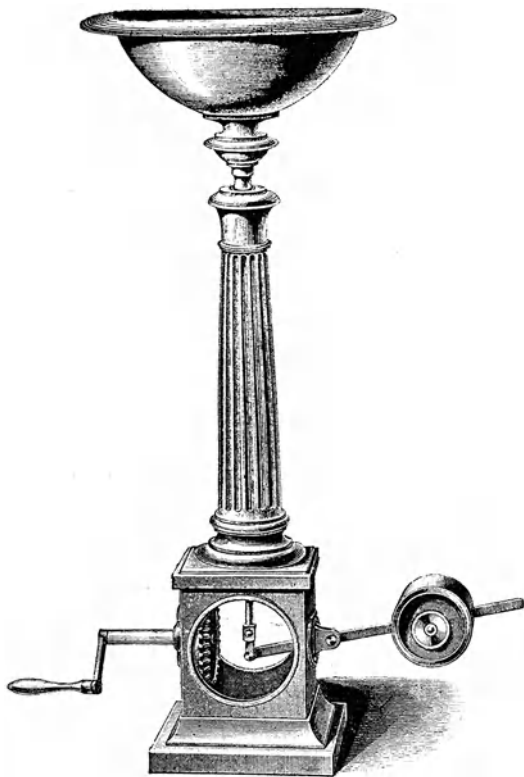


Fig. 150a.

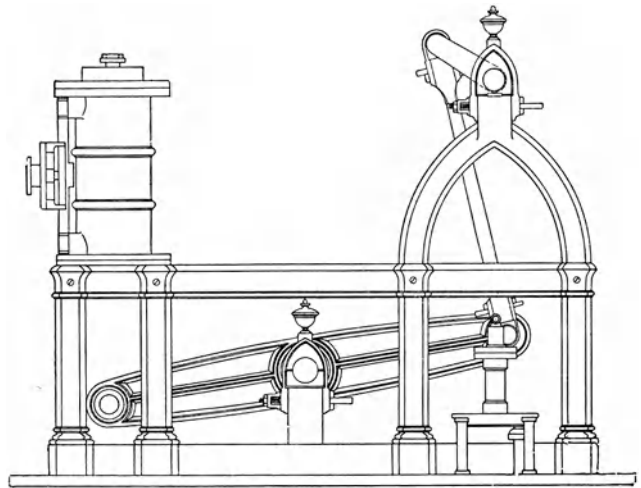


Fig. 151a.

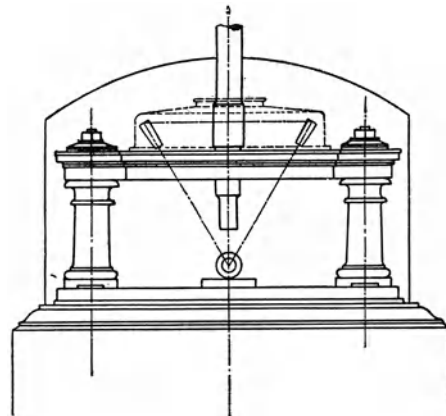


Fig. 153a.

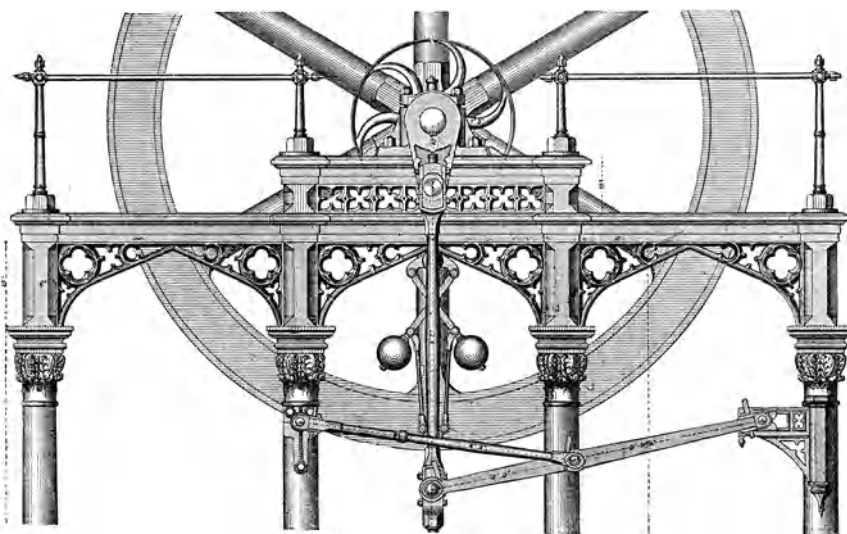


Fig. 152a.

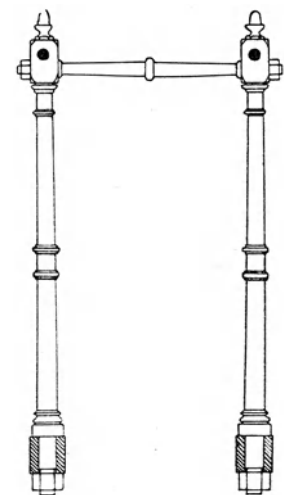


Fig. 154a.

dass das Auge nach festen Punkten förmlich sucht, und jede Verzierung, welche die Ruhe desselben beeinträchtigt, fast als Beleidigung betrachtet.

Während also der Architekt suchen muss, seiner Arbeit etwas Leben zu geben, ist im Gegenteil Pflicht des Maschinenkonstruktors, möglichst viel Ruhe und Einfachheit in das System zu bringen. Jede Kunst muss einen Zweck haben. Wer aber wird durch architektonisch schöne Formen an Maschinen erfreut? etwa der Fachgenosse? — gewiss nicht, denn dieser geht über architektonische Verzierungen im günstigsten Fall stillschweigend hinweg; oder der Laie? — auch nicht, denn diesem imponieren nur grosse, bewegte Massen, — oder der eigentliche Künstler? — der besucht eher alles andere als Räume, in denen Maschinen arbeiten. . . .“

Daher: grösste Einfachheit der Formgebung und der Farbenwirkung, glatte Begrenzungsflächen, ohne Verzierungen, insbesondere ohne architektonischen Aufputz, glatte Hohl-

gussformen und, wo einfaches, ruhiges Aussehen durch die Konstruktion selbst nicht genügend erreichbar ist, absichtliche Verkleidungen, um die einfachsten Formwirkungen zu erhalten. Um ruhige Farbenwirkung zu erzielen, werden in neuerer Zeit sogar die Rotgussteile vernickelt, sodass sich nur zwei Grundtöne ergeben: das dunkle Maschinengerüst und die hellen beweglichen Maschinenteile. Was konstruktiv begründet ist, erfordert in richtiger Formgebung Vereinfachung und Ruhe.

Dasselbe gilt für Stil und Schönheit der Maschinenzeichnungen: Klarheit und Ruhe der Darstellung, Uebersichtlichkeit, Verwendung einfachster zeichnerischer Mittel, aber Darstellung der charakteristischen Haupt- und Uebergangsformen sind die wesentlichen Erfordernisse. Ueberflüssige Ausstattungen haben keine Berechtigung weder an der Maschine, noch in der Zeichnung.

Den „Kunstbestrebungen“ wurde im Maschinenbau viel geopfert. Harmlose Nachahmung der Architekturformen (Fig. 151 a), Verzierungen von Maschinenteilen waren der Anfang (Fig. 153 a und 154 a). Aber wie die alten Geschütze mit ihrem Zierat an Löwenmäulern und Drachenköpfen auch in ästhetischer Beziehung in den Schatten gestellt werden können durch die moderne Kanone, deren rein technische Formgebung nur auf Zweck, Festigkeit und Herstellung Rücksicht nimmt und mit der höchsten Zweckmässigkeit doch Schönheit verbindet, so stehen auch jene Ueberreste aus der Kindheit des Maschinenbaues an ästhetischer Wirkung weit hinter unseren modernen Maschinen zurück, bei denen auch in der Form die grösste Einfachheit angestrebt wird.

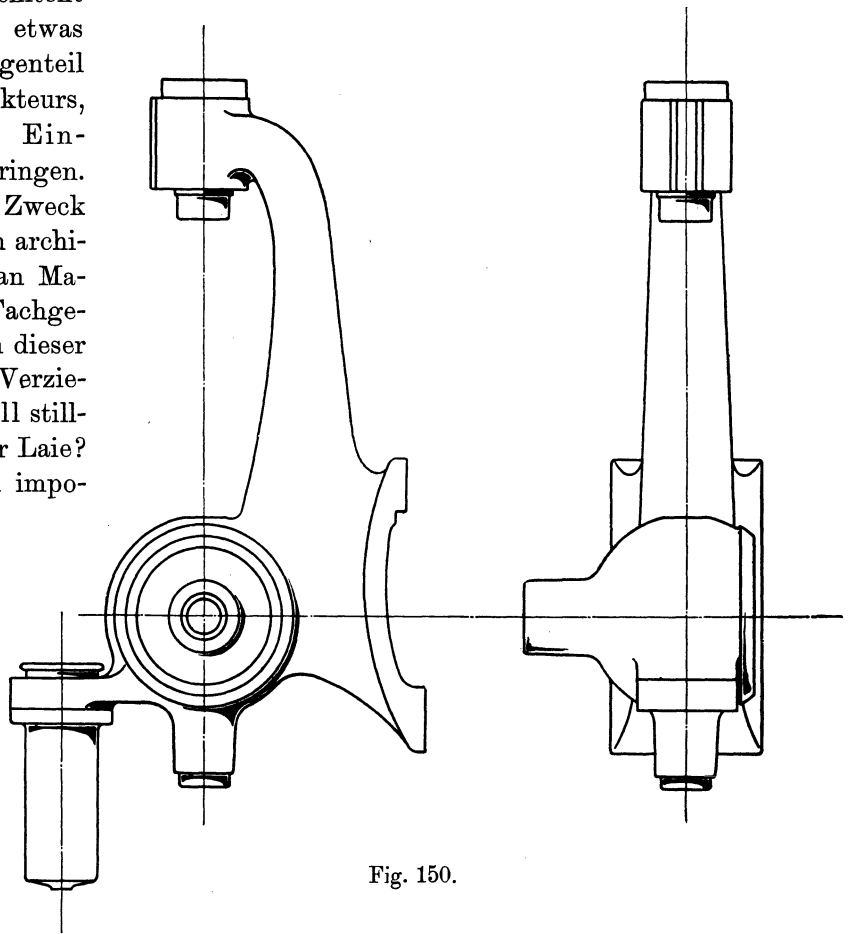


Fig. 150.

Aus den kindlichen Nachahmungen der Architektur erwuchs aber grosser Ernst: die konsequent „stilvolle“ Maschine (Fig. 152a), die „dorischen“, „ionischen“ und „gotischen“ Maschinen — „für welche eine tiefere Kenntnis der gotischen Formen für den Konstruierenden erforderlich ist, wenn er sich vor Ungeschmack hüten will“ u. s. w. Es wurde eine theoretisch-doktrinaire „Formenlehre“ ausgebildet, mit ästhetischen Betrachtungen über „Linienführung“ nach Vorbildern der Baukunst und Töpfereikunst, und die ästhetische Lehre wurde auf Regulatorständer, malerische gusseiserne „Flügelschubstangen“ angewendet, „welche eine die Richtung des Schaftes lebhaft hervorhebende Linienbewegung schaffen und eine nahe Verwandtschaft mit der Säulen-Kannelirung und mit der vertikalen Auflösung des gotischen Pfeilers haben“. Der runde Rand des Mauerlagerstuhls wurde gepriesen, weil seine Form „mit derjenigen des bekannten runden Fensters, in der Baukunst Ochsenauge genannt, übereinstimmt, was wegen des Eintretens des Stuhls in eine Mauer kein geringer stilistischer Vorzug ist“.

Solche Betrachtungen führten zu „geordneten Grundsätzen für die formschöpferische Seite des Maschinenbaus“, zu systematischer Einteilung der Beziehungs-, Ansatz-, und Uebergangsformen, der freien Verbindungs- und Abschlussformen, verbunden mit Belehrung über die angenehme Wirkung der Sinoiden, Cardioiden und der appolonischen Parabel, „welche auch durch physiologische Eigenschaften unterstützt zu werden scheint“, und schliesslich zu einer Formenlehre, die mit LLL-Leitkurven und ABC-Anschlusskurven Maschinen zu konstruieren versuchte.

Die Praxis hat seit Jahrzehnten dieses unfruchtbare Gebiet verlassen: die Schule leidet aber noch gelegentlich an solcher Formenlehre.

Reuleaux schrieb über den „Maschinenbaustil“: „ . . . Einstweilen ist es in Deutschland die Aufgabe der Schule oder sollte es wenigstens sein, auf die teilweise in dieser Hinsicht sehr verwahrloste Konstruktionsart der Praxis einzuwirken. Denn die Schule muss auf dem Standpunkt des Grundsatzes stehen und den Zusammenhang der Erscheinungen erfassen, aus welchen der einzelne Fall hervorgeht, während die Praxis massenhaft die einzelnen Fälle hervorbringt, ohne auf den allgemeinen Grundsatz Bedacht nehmen zu müssen. Die Schule muss daher auch die idealen Bestrebungen aus der Fülle der Erzeugnisse herausfinden und zusammenfassen, um sie rein und klar anzuwenden und zu lehren; sie kann letzteres bei ihrer völligen Freiheit auch sehr wohl thun, während der Praktiker seine höheren Bestrebungen immer nur zum kleinen Teil gegen die kaufmännischen Rücksichten und andere sehr natürliche Hemmnisse durchzusetzen vermag. Hat sich aber in der Maschinenpraxis das klare Bewusstsein von der Richtigkeit des Strebens nach Stilreinheit, Stilveredlung und Stilgesetzen einmal allgemeiner Bahn gebrochen, wie z. B. in der Baukunst, so wird eine lebensvolle Rückwirkung der Schule auf die Praxis auch in dieser Hinsicht nicht ausbleiben, und zwar zum Segen des Maschinenbaufaches, zu dessen geistiger Hebung auch nur Weniges beizutragen eine schöne und würdige Aufgabe bleibt.“

Der sachkundige Ingenieur liest dies wie Märchen aus längst verflossener Zeit; er sieht heute in allen Bestrebungen, eine Formenlehre aufzustellen, nur Irrtümer. Die Zeit hat sich gewaltig geändert; der Maschinenbau ist seine eigenen Wege gegangen, die er gehen musste. Nicht die Baukunst, „unsere naturgemässe Lehrerin“, leitet uns, sondern die Natur mit ihren unabänderlichen Grundsätzen ist uns Lehrerin und Meisterin.

## **IX. Aeussere Form schriftlicher und graphischer Darstellungen.**

---

Es dürfte angebracht sein, über die äussere Form schriftlicher und zeichnerischer Arbeiten einige Worte zu sagen. Diese ist immer von Wichtigkeit, auch bei Arbeiten für den eigenen Gebrauch; die Bedeutung der äusseren Form aber verkennt die Jugend, die ja die gründlichste Missachtung dafür von der Schule mitbringt. Von mangelhaftem Zeichnen nicht zu reden, wird unleserliche, hässliche Schrift, Unordnung und Unsauberkeit aller schriftlichen Darstellungen immer verbreiteter, weil es immer mehr an Anregung zu gefälliger Form fehlt, weil die Mehrheit der Lehrer sich beim Unterricht nur auf das gesprochene Wort beschränkt; und wenn gelegentlich schriftliche oder zeichnerische Veranschaulichung sich nicht mehr umgehen lässt, dann ist das Gekritzeln des Lehrers nichts weniger als ein Vorbild für die Schüler. „Künstlerische“ Erziehung wird verlangt, Aesthetik und Kunstgeschichte, Stil- und Formenlehre sind immer bereit ihr zu dienen, aber die wichtigste Voraussetzung solcher Belehrung: Sehen und Zeichnen, Ausdruck der Anschauung und Formvorstellung, wird immer mehr vernachlässigt.

Gefälliges Aussehen aller schriftlichen und graphischen Arbeiten, das meist nichts kostet, als etwas Aufmerksamkeit, Ueberlegung und einige Uebung, muss verlangt werden von den Lehrern wie Schülern. Ordnung und gefällige Form sind keine Schulsachen allein, sondern Forderungen des praktischen Lebens. Werden sie vielleicht gerade deshalb an den Schulen so arg vernachlässigt, dass lesbare Schrift und Ziffern, anständige, das elementarste Schönheitsgefühl nicht beleidigende Form der Arbeit zu den grössten Seltenheiten gehören? Die Schule sollte Anregung und anschauliche Vorbilder in allen Lehrfächern bieten; mit dem Zeichen- und Schönschreibunterricht allein ist es nicht gethan.

Beachtenswert ist die Erfahrung, dass die Schüler in der grossen Mehrzahl zwischen den Extremen schwanken: sie folgen gelegentlicher Aufforderung, auch auf äussere Form zu halten, dadurch, dass sie ziel- und nutzlose Spielerei in vermeintlicher Ausschmückung ihrer Zeichnungen oder Schriften treiben und damit nur Zeit verschwenden; oder sie lassen es an der notwendigsten Sorgfalt, am einfachen Anstand in der Form fehlen, sehen z. B. in jeder Anregung zum Skizziren, zu rascher Durchführung nur die Weisung, nachlässig zu arbeiten und die Form ganz ausser Acht zu lassen. Der richtige Weg: mit dem geringsten Aufwand von Mitteln und Zeit gefällige Form zu schaffen, ist ihnen unbekannt.

Am mangelhaftesten ist meist die Schrift. Dies wirkt auch schädlich auf das Aussehen und die Deutlichkeit sonst brauchbarer Zeichnungen ein, da jede Zeichnung einer genügenden Beschreibung bedarf. Die für technische Zeichnungen zum mindesten erforderliche Rundschrift wird in der Schule nicht genügend gepflegt,



und so wird in Bezug auf Schrift das Unglaublichste gestümpert. Untenstehend (Fig. 155a) einige Proben von „eigenhändigen“ Aufschriften, welche aber in der Verkleinerung das „Naive“ der Originale nicht völlig wiedergeben. Und hierbei sind kalligraphische Anstrengungen gemacht! Wo diese fehlen, wie z. B. bei weitläufigeren Beschreibungen von Zeichnungen oder graphischen Rechnungen, da wird der Skandal noch grösser, wie Fig. 156a zeigt. Von Kollegienheften und Notizen ist besser ganz zu schweigen. Es ist eine Frucht unserer höheren Erziehung, dass das Niveau der schriftlichen Form von Ungebildeten nicht einmal erreicht wird. Früher war das nicht der Fall; erst die Neuzeit kann sich solchen Niedergangs rühmen. Selbst bei einiger Uebung in der Handfertigkeit fehlt es an Gefühl für Anordnung und Uebersicht, Schriftgrösse, überhaupt Verständnis für Deutlichkeit und gutes Aussehen von Zeichnung und Schrift. Letztere ist gewöhnlich zu plump oder zu klein, nicht dem Maassstabe der Zeichnung angemessen, zu dick, ihre Höhe zu klein. Für alles, was sich nicht in Regeln fassen lässt, was Sache der Ueberlegung und des „Gefühls“ ist, fehlt Uebung und jeder Sinn.

Hiermit hängt auch zusammen der Niedergang des Ordnungssinnes. Es fehlt z. B. das Bewusstsein, dass die Zeichnungen, die Berechnungen Dokumente sind, denen während der Benutzung und nachher die grösste Wichtigkeit zukommt, die daher mit der grössten Sorgfalt zu behandeln sind. Solches ist nicht nur eine Angelegenheit der Form, sondern sachliches Erfordernis.

Unzweifelhafte Klarheit und gefällige Form sind insbesondere erforderlich bei **Berechnungen** und Erläuterungen. Von diesen muss, so wie von der Zeichnung und allen Zusätzen zur Zeichnung, Richtigkeit, Vollständigkeit, Klarheit und Uebersichtlichkeit gefordert werden.

Dasselbe gilt von den zur Zeichnung gehörigen, aber getrennt angefertigten Berechnungen. Diese müssen auf das übersichtlichste angeordnet werden: in einheitlichem Format und unter steter Bezugnahme auf die Konstruktion durch Einfügung von Skizzen (Fig. 157). Letztere erleichtern die Uebersicht und das Aufsuchen bestimmter Teile der Berechnung, weil die anschauliche Skizze rascher gefunden werden kann als die unübersichtlichen Zahlen.

Die Berechnungen dürfen nur die Rechnungsgrundlagen, die Rechnungsansätze und die Ergebnisse enthalten, nicht aber die Hilfsrechnungen und Zwischenoperationen. Nachdrücklich muss die Verwendung von Rechenschiebern empfohlen werden, als Mittel Zeit zu sparen und die Berechnungen von überflüssigen Zahlen frei zu halten.

$$\begin{aligned}
 m_{\max} &= 11 \text{ mm} \\
 m_{\min} &= 19 \text{ " } \\
 R_p &= 46 \text{ " } \\
 l &= 25 \text{ " } \\
 \sigma &= 7 \text{ " } \\
 \frac{z}{2} &= \frac{10}{2} = 5 \text{ " } \\
 l &= R_p - m_{\min} + \sigma = 75 \text{ " } \\
 L &= l + m_{\max} + \frac{z}{2} = 90 \text{ " }
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_{m h} &= 1,9 \text{ Atm} & p_{m u} &= 1,0 \text{ Atm} \\
 p_m &= p_{m h} \cdot \frac{2h}{r_n} + p_{m u} = 1,25 \text{ Atm} \\
 p_i &= \varphi \cdot p_m = 1,52 \text{ Atm} & \varphi &= 0,8 \\
 d_n &= 37,5 & d_h &= 25,5
 \end{aligned}$$

Fig. 156 a.

*Excenter*  
*Maassstab: Naturgrösse.*

*Hebel*  
*und*  
*Ventil-Schulstange*  
*Maassstab: 1:1. Maßstab: 1:1*

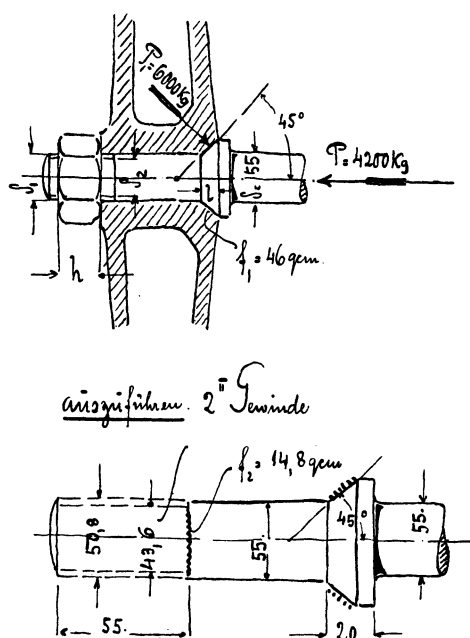
Fig. 155 a.

Es empfiehlt sich, Berechnungen auf losen Blättern auszuführen, bei Abänderungen fehlerhafte Blätter durch die richtigen zu ersetzen und das Ganze samt den Skizzen erst zum Schluss zu heften. Diagramme, Skizzen u. s. w. sind im Format der Rechnung anzufertigen; sie sind wesentliche Bestandteile der Rechnung und ihr beizulegen. Das vollständige Heft, enthaltend alle Berechnungen und Skizzen, welche zum endgiltigen Entwurf geführt haben, muss als gleichwertig mit den Zeichnungen dem Archiv einverleibt werden.

Es ist merkwürdig, dass letzteres in den meisten Fabriken gar nicht geschieht; nur die Zeichnungen werden aufbewahrt, obwohl in jedem Falle auf den Ausgangspunkt der Konstruktionen, auf die Rechnung und die Rechnungsgrundlagen, zurückgegriffen werden muss. Sollen dann einmal nach Jahren die Rechnungseinzelheiten und die Grundlagen einer ausgeführten Konstruktion untersucht werden, so ist oft weder die Rechnung noch der Konstrukteur mit seinen Heften mehr da. Der Konstrukteur hat oft ein richtiges Gefühl und sagt sich wohl: „Die Rechnung brauche ich wahrscheinlich wieder“. Beim Wechsel von Persönlichkeiten entstehen dann Unzuträglichkeiten. So sehr sich die Technik vor Bürokratismus zu hüten hat, hier wäre strengste Ordnung notwendig.

Durch Nachlässigkeiten in den Aufzeichnungen und Berechnungen, welche zur Beurteilung jeder Konstruktion gehören, ist schon viel Schaden angerichtet worden. In der gegenwärtigen Entwicklung des Maschinenbaues spielen Berechnungen und die ihnen zu Grunde liegenden Annahmen eine immer grössere Rolle; denn je höher der Konstrukteur und seine Konstruktionen stehen, desto mehr werden die Konstruktionsformen bis in alle Einzelheiten auf das sorgfältigste berechnet sein.

Die Uebersicht über das Berechnete wird insbesondere dadurch erleichtert, dass selbst in die Konstruktionszeichnungen, viel mehr als bisher, die Rechnungsergebnisse eingetragen werden, z. B. alle wesentlichen Material-Beanspruchungen u. s. w., sodass die Rechnungsannahmen sich sofort übersichtlich aus der Zeichnung selbst ergeben und geprüft werden können. Nach allen diesen Richtungen hin ist ausserordentlich viel zu bessern. Bisher ist das Schriftliche und Rechnerische, aber doch unerlässlich zur Konstruktion Gehörige viel zu sehr vernachlässigt worden.



#### Kolbenbefestigung:

angenommen: Kegelswinkel  $45^\circ$ ;  $P_1 = \frac{P}{\sin 45^\circ} = 6000 \text{ kg}$ .

Kegellänge  $l = 4,5 \text{ cm}$ ; Druckfläche  $f_1 = 46 \text{ qcm}$ ;

minde. Ansprüche bei  $p_0 = 400 \text{ atm}$  flächen druck für einen

Max. Kolbendruck  $P_2 = 12500 \text{ kg}$  entspr.  $p_2 = 16,8 \text{ atm}$ .

#### Gewinde:

Kern  $\phi S_2$  aus  $P_2 \cdot f_2 \cdot K_2$   $K_2 = 300 \text{ kg}$  Zugbeanspruchg.

Kern  $\phi S_2 = 42 \text{ mm}$ ;

ausgeführt:  $S_2 = 43,6$   
 $S_1 = 50,8$  } 2" Schr. Whitworth

$S_1^2 \cdot \frac{\pi}{4} - S_2^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 5,3 \text{ qcm}$ ;

#### Mittelhöhe:

angenommen:  $h = 4 \text{ cm}$ , 7,2 Gewindgänge.

Druckfläche  $f = 7,2 \cdot 5,3 = 39 \text{ qcm}$

Gewindedruck  $p_0 = \frac{P}{f} \dots = 108 \text{ atm}$ .

Fig. 157.

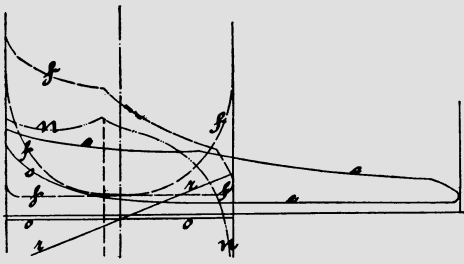


Fig. 158 a.

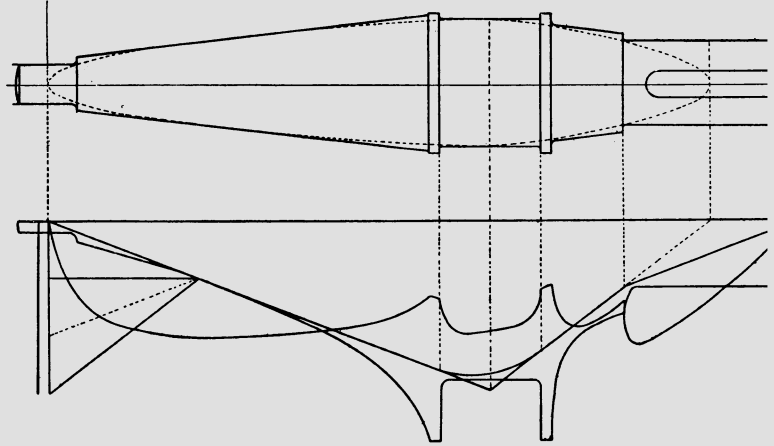
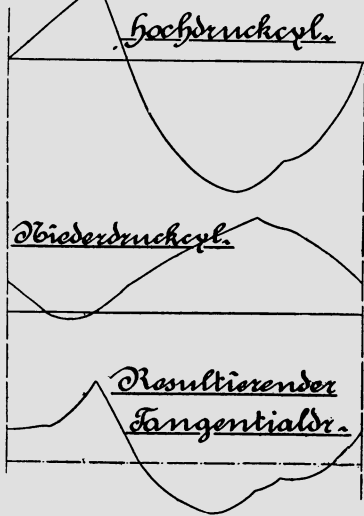


Fig. 159 a.

Tangentialdruckdiagr.



a a Hochdruckdiagr.  
 b b Pumpenwiderst.  
 c c Beschldr.  
 d d result. Kolbendrucks  
 e e Niederdruckdiagr.  
 f f " " auf hochdr. Kolbenreduz.  
 g g Condensatwiderst.  
 h h Beschldr.  
 i i result. Kolbendrucks

Fig. 160 a.

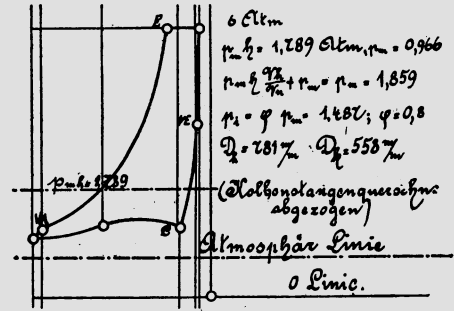


Fig. 161 a.

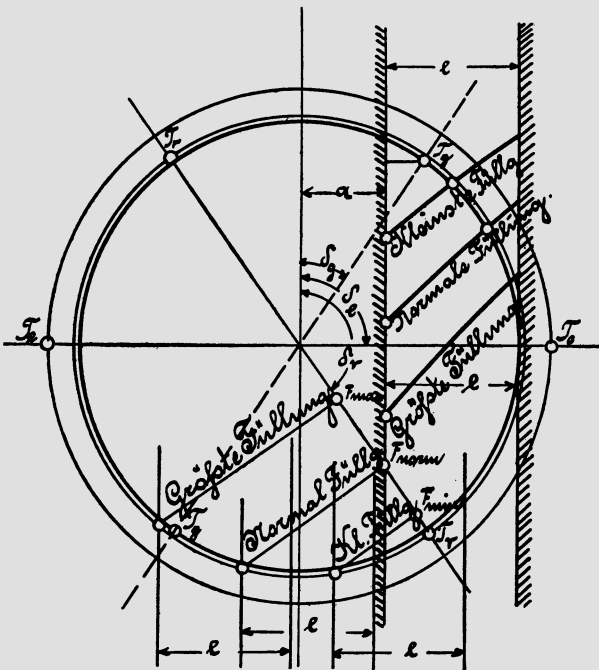


Fig. 162 a.

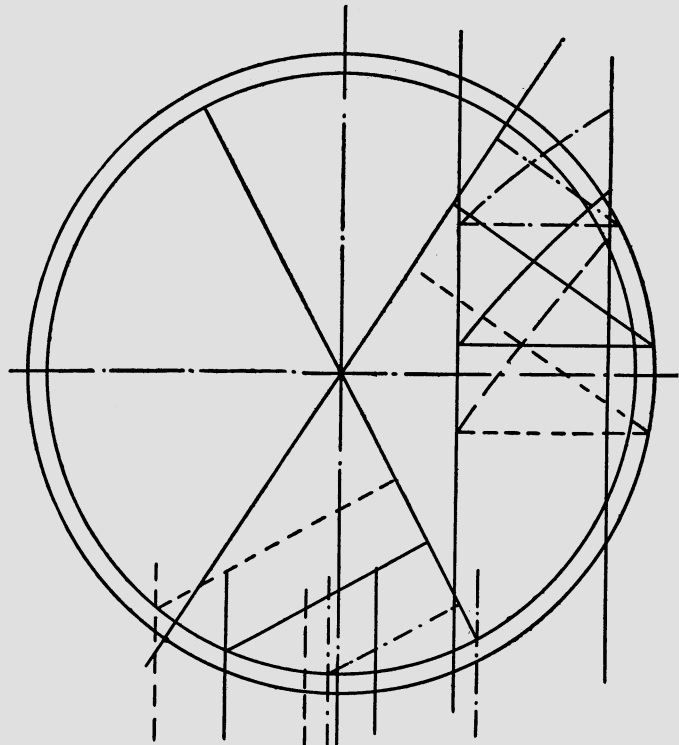


Fig. 163 a.

### Graphische Berechnungen.

Die technischen Methoden finden immer grössere Anwendung, auch ausserhalb technischer Kreise; in neuerer Zeit selbst unter den Gelehrten, die bisher ausschliesslich nur umständlichen analytischen Methoden huldigten und jetzt die Einführung technischer Methoden, die dem Ingenieur seit mehr als drei Jahrzehnten geläufig sind, als etwas Neues betrachten. Kennzeichen dieser Methoden sind Einfachheit und Uebersichtlichkeit, insbesondere die Verwendung des für den jeweiligen Zweck einfachsten Darstellungsmittels, meist graphischer Darstellungen an Stelle von analytischen, von Kurven statt Zahlen.

Graphische Berechnungen sind ein unerlässliches Mittel übersichtlicher Rechnung; nur darf aus ihrer Anwendung kein starres Prinzip gemacht werden. Fehlerhaft ist es, sie da anzuwenden, wo sie keine Vereinfachung oder Uebersicht ergeben; etwa die Biegemomente einfacher Wellen und Achsen am Reissbrett mit Zirkel und Lineal, mit Hilfe von Seil- und Kräftepolygonen auszurechnen, während diese Biegemomente analytisch sofort hingeschrieben werden können. Leider sind solche Uebertreibungen bei der Berechnung von Maschinenelementen üblich.

Richtig und frei von Uebertreibung verwendet, sind graphische Berechnungen wegen ihrer Anschaulichkeit und Uebersichtlichkeit für alle verwickelten Fälle statischer und dynamischer Aufgaben ganz unentbehrlich. Bei Berechnung von Dampf- und anderen Wärmekraftmaschinen besagt ein einziges Diagramm mehr als auf vielen Seiten analytisch ausgedrückt werden kann; abgesehen davon, dass in der graphischen Rechnung auch in den verwickeltsten Fällen die volle Uebersicht erhalten wird.

Kenntnis und Beherrschung der graphischen Darstellungen ist daher für jeden Ingenieur unerlässlich. Hier kommt ihre zeichnerische Durchführung in Betracht. Die graphische Berechnung muss deutlich enthalten:

Die Rechnungsangaben und -grundlagen. Diese sind auffällig hervorzuheben und entsprechend zu beschreiben.

Die Zwischenrechnungen, wenn sie selbstverständlich oder nebensächlich sind, werden überhaupt nicht dargestellt. Ist aber die zeichnerische Darstellung der eigentlichen Rechnungsoperationen erforderlich, dann ist sie als Hilfskonstruktion aufzufassen. Die Zwischenrechnungen sind in der Darstellung nicht völlig durchzuführen, sondern nur anzudeuten; es sind nur soviel Hilfslinien zu zeichnen, dass der Gang der Rechnung gekennzeichnet ist.

Das Rechnungsergebnis ist das Wesentliche der Darstellung und ist, so wie die Rechnungsangaben, deutlich hervorzuheben und durch Beschreibung anschaulich zu vervollständigen.

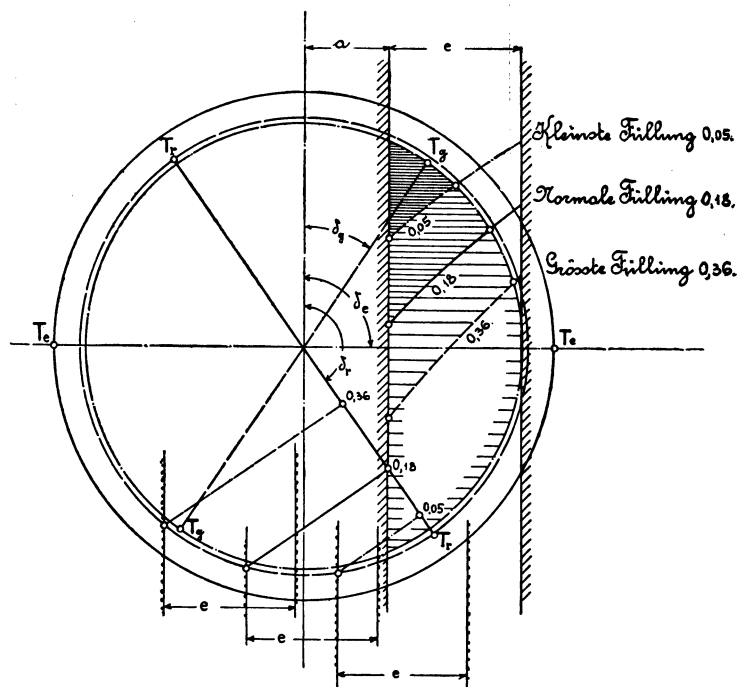


Fig. 162.

Dementsprechend sind die Rechnungsangaben und Rechnungsergebnisse in vollen schwarzen Linien zu zeichnen; selbstverständlich in scharfen dünnen Linien, weil es sich auch um Genauigkeit der dargestellten graphischen Rechnung handelt, nicht um das blosse Bild, wie bei den Konstruktionsformen. Die Zwischenrechnungen hingegen werden in blauen Linien oder bei einfarbiger Darstellung gestrichelt schwach gezeichnet. Sind Teile der Zwischenrechnung auffällig hervorzuheben, dann werden die betreffenden Linien rot bzw. strichpunktirt dargestellt.

Zu jeder graphischen Berechnung gehört eine ausreichende Beschreibung. So wie eine analytische Rechnung unstatthaft wäre, welche nur algebraische

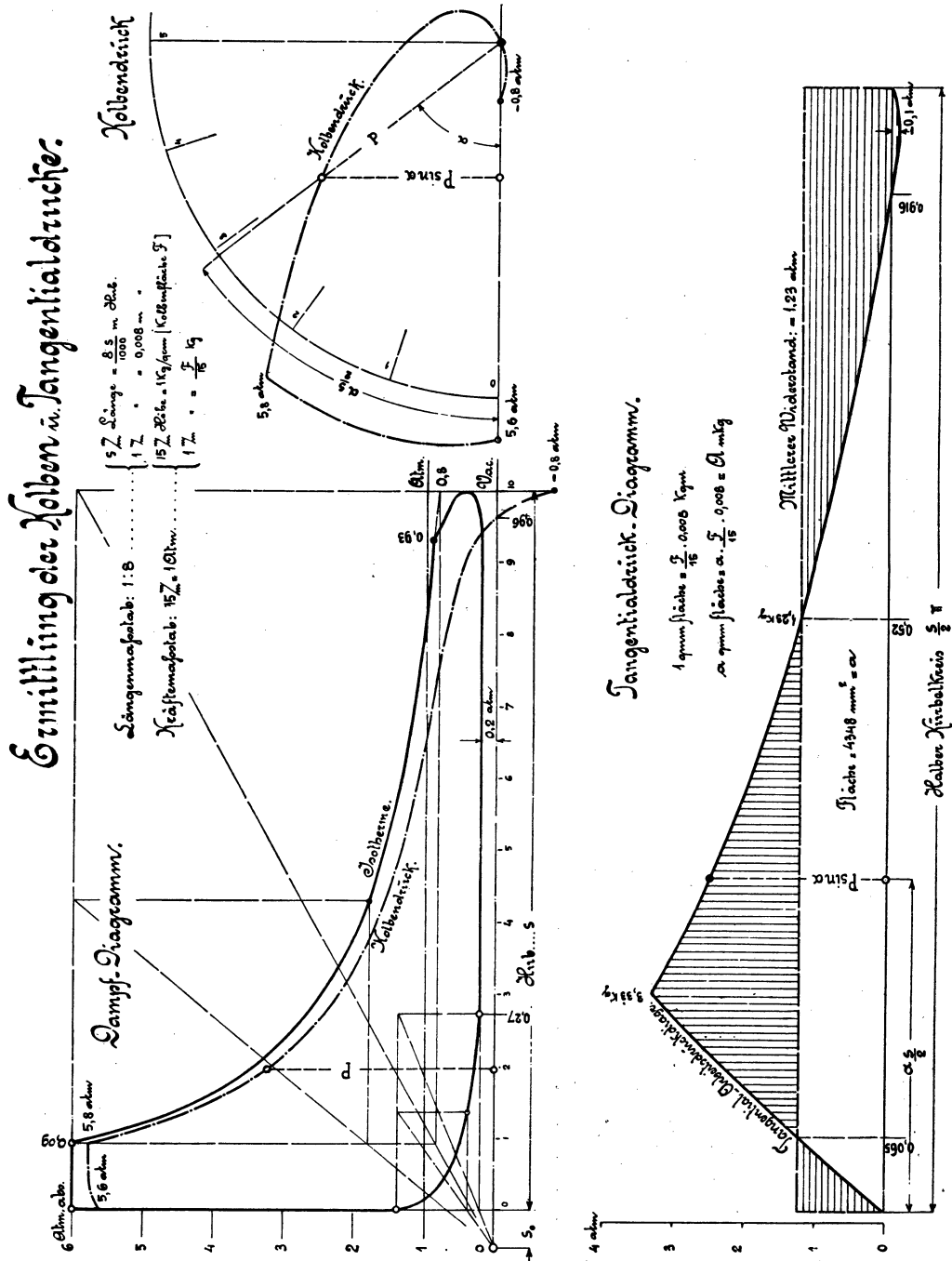


Fig. 163.

Formeln oder Zahlen, ohne jegliche Erklärung dessen, was sie bedeuten, enthält, so ist es unzulässig, nur Kurven aufzuzeichnen, ohne durch vollständige Beschreibung anzugeben, was sie bedeuten. Dagegen wird aber vielfach verstossen. Nicht nur Anfänger, sondern leider auch Ingenieure meinen, es sei ausreichend, wenn sie eine Rechnung in einer für sie verständlichen Weise durchgeführt haben, und begnügen sich mit der Zeichnung der nackten Kurven, aus denen ein anderer zum mindesten nicht mit der erforderlichen Raschheit die Rechnung in allen Einzelheiten erkennen kann.

Eine klare übersichtliche Beschreibung muss dem Verständnis zu Hilfe kommen. Unzulässig ist es, solche Beschreibung in Form einer Tabelle neben die Diagramme zu setzen (Fig. 160a und 161a); hierdurch wird die Uebersichtlichkeit der graphischen Darstellung nicht ausgenutzt. Die Beschreibung muss, solange die Deutlichkeit dabei nicht gestört wird, in die graphische Darstellung eingefügt werden (Fig. 162).

Unzulässig sind graphische Darstellungen ohne jede oder ohne ausreichende Beschreibung (Fig. 158a, 159a, 163a) oder mit unübersichtlicher tabellarischer Beschreibung (Fig. 160a). Es müssen die Kurven selbst ausreichend durch die Zeichnung unterschieden und ausserdem die nötigen schriftlichen Erläuterungen über und neben den Kurven eingeschrieben werden. Richtige Darstellung und Beschreibung zeigen Fig. 162 und Fig. 163.

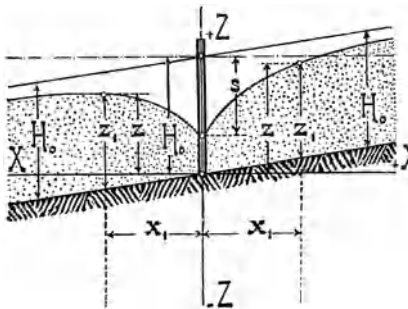


Fig. 164.

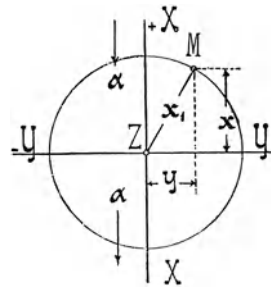


Fig. 165.

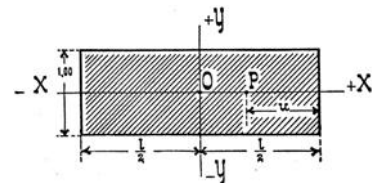


Fig. 166.

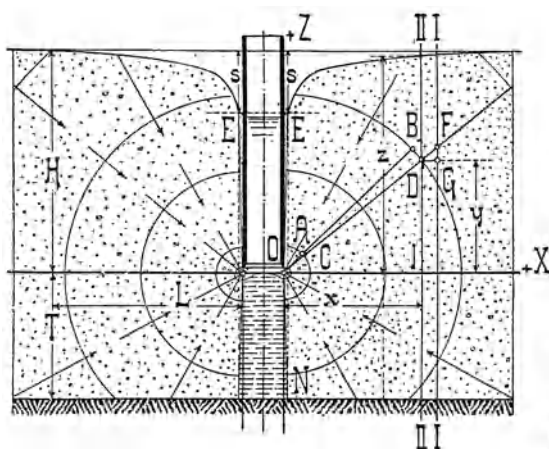


Fig. 167.

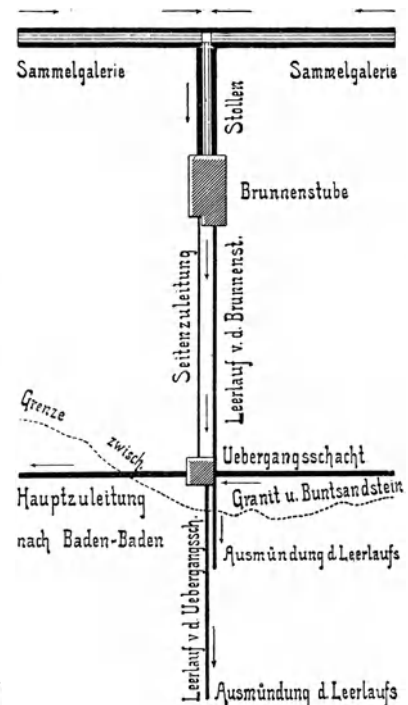


Fig. 168.

Die **Schrift** selbst erfordert: grösste Einfachheit, Deutlichkeit und Uebersichtlichkeit. Als Schriftart dient am besten Steilschrift oder auch eine Cursivschrift, wie sie bei Bauingenieurzeichnungen üblich ist:

*Wasserabscheider Maassstab 1:10*

*Maschinenrahmen. Niederdruckcylinder.*

*Querschnitt durch das Maschinenhaus. Abflussrohr.*

Beispiele guter Schrift sind in Fig. 164 bis 167 für die Berechnung graphischer Darstellungen und in Fig. 168 für die ausführliche Beschreibung von Zeichnungen gegeben. Solche Schriftart ist jedenfalls viel deutlicher und gefälliger als die übliche Rundschrift, welche besonders die Beschreibung von Zeichnungen oder Diagrammen in kleinem Maassstabe schwerfällig macht.

Die Ziffern müssen einfachste, dem Charakter der Zeichnung angemessene Form besitzen und nur aus Geraden und Kreisen zusammengesetzt werden. Es sind geradestehende, nicht schiefe Ziffern zu schreiben; diese passen nicht zur technischen Zeichnung (vergl. Fig. 45—51 mit Fig. 45a—51a). Alle Schnörkel müssen fortbleiben, da sie doch nur Irrtümer veranlassen.

Im Maschinenzeichnen ist meist die Rundschrift üblich. Die ihr entsprechenden Ziffern müssen aber möglichst gedrängt geschrieben werden, sonst werden sie unübersichtlich. Die Höhe der Ziffern soll wie bei sonstiger Schrift mindestens die 4 fache Strichstärke betragen; sie hat sich nach dem Maassstabe und nach der Komplizirtheit der Zeichnung zu richten und ist so zu bemessen, dass die Form deutlich bleibt, auch wenn viele Maasse eingeschrieben werden müssen. Beispiele hierzu bieten die Fig. 42—44, zugleich als Anhalt für die Mindestgrösse der Maasszahlen bei den Maassstäben  $\frac{1}{1}$  (Fig. 42),  $\frac{1}{5}$  und  $\frac{1}{10}$  Naturgrösse (Fig. 43 und 44).

## X. Lichtkopir-Verfahren.

---

Die Lichtkopir-Verfahren gestatten mit den einfachsten Mitteln die Herstellung beliebig vieler Kopien nach Originalzeichnungen auf durchsichtigem Papier, die genau und fehlerfrei wiedergegeben werden. So lange die Anzahl der erforderlichen Kopien etwa 50 nicht übersteigt, ist das Lichtkopir-Verfahren für die Vervielfältigung aller Arten Maschinenzeichnungen das zweckmässigste. Bei grösserem Bedarf treten an seine Stelle autographische, photochemische und andere Druckverfahren.

Die Lichtkopir-Verfahren sind Zweige der photographischen Kunst; sie beruhen auf der Eigenschaft chemischer Stoffe, unter dem Einfluss des Lichtes chemische Veränderungen zu erfahren. Durch derartige Stoffe lichtempfindlich gemachtes Papier wird mit der auf Pauspapier gezeichneten Originalzeichnung bedeckt und dann dem Lichte ausgesetzt. Die lichtempfindliche Oberfläche wird nur da chemisch verändert, wo die Zeichnung das Licht durchlässt; unverändert dagegen bleiben die Stellen, welche von den Linien der Zeichnung bedeckt werden. Nach erfolgter genügender Belichtung sind weitere Prozesse erforderlich, um die Kopie haltbar und verwendbar zu machen.

Die Verfahren beruhen zum grössten Teil auf der Lichtempfindlichkeit von Eisenoxydverbindungen, die am Licht zu Eisenoxydulverbindungen reduziert werden. Bei einigen Verfahren werden Silber- und Chromsalze als lichtempfindliche Stoffe angewandt.

Für die Belichtung eignet sich am besten direktes Sonnenlicht, das am raschesten wirkt. Die Belichtung kann auch im zerstreuten Tageslicht erfolgen, auch bei künstlichem, elektrischem Lichte (mit Reflektoren), erfordert aber dann längere Zeit, nicht nur wegen der geringeren Lichtstärke, sondern auch wegen der verschiedenen chemischen Wirkung der Lichtstrahlen. Gelbes Licht z. B. ist sehr intensiv, aber chemisch fast unwirksam. Künstliches Licht von gelber Farbe wie Lampen- oder Gaslicht ist daher ungeeignet. Die chemisch wirksamen Strahlen sind die blauen und violetten, überhaupt die Strahlen von kurzer Wellenlänge. Sehr reich an solchen chemisch wirksamen Strahlen ist das Magnesiumlicht.

Die Originalzeichnung. Zeichnungen auf dickem rauhen Zeichenpapier lassen sich mit den gewöhnlichen Kopirverfahren nur undeutlich vervielfältigen. Die Originalzeichnungen müssen daher in der Regel auf durchsichtigem Papier oder Pausleinen von blauer oder wasserheller (nicht gelber) Farbe gezeichnet sein; beim Durchsehen gegen das Licht dürfen sich keine Körner oder Flecken zeigen. Pflanzenfasernpapier ist deshalb nicht brauchbar.

Die Zeichnungslinien auf diesem durchsichtigen Papier müssen vollständig lichtundurchlässig sein. Massgebend ist das Aussehen der Linien, gegen das Licht gehalten, wobei sie vollständig schwarz erscheinen müssen und keinen Lichtschimmer durchlassen dürfen. Je undurchsichtiger die Linien sind, desto schärfer werden die Kopien. Alle Originalpausen müssen mit tiefschwarzer Tusche oder mit Tusche, der gelbe Farbe zugesetzt ist, gezeichnet werden. Flüssige Tusche ist in der Regel nicht tiefschwarz, sie giebt braune, lichtdurchlässige Linien und erfordert reichlichen Zusatz gelber Farbe.



Die Originalpausen sind stets in kräftigen Linien zu zeichnen, da diese in der Lichtkopie ohnedies durch Ausbreitung der Lichtstrahlen an den Rändern, besonders bei dickem Papier, dünner erscheinen.

Die Originalpausen sind nur in einer Farbe, schwarz oder gelb, zu zeichnen. Farbige Ausführung hat keinen Wert, da nicht die Farben, sondern nur der Grad der Lichtdurchlässigkeit auf den Lichtkopien wiedergegeben werden kann. Lichtundurchlässig sind: Tiefschwarz, Gelb, Dunkelrot und zahlreiche Deckfarben. Lichtdurchlässig sind blaue Farben; sie erscheinen in den Lichtkopien blass oder überhaupt nicht. Die richtige vorherige Beurteilung der Lichtwirkung erfordert einige Uebung. Es ist daher zweckmässig, das Original nur in schwarzer Farbe auszuführen und, wenn Tonabstufungen notwendig sind, diese durch hellere oder dunklere Farbe gleicher Art hervorzubringen.

Die Originalpausen müssen ungefaltet und ungerollt unter Lichtabschluss aufbewahrt werden. Das Falten verursacht lichtundurchlässige Linien im Papier; durch das Rollen wird die Uebersicht in der Zeichnungssammlung äusserst erschwert. Alle auf Pauspapier gezeichneten Zeichnungen sind ungenau; nachträglich können Maasse nicht abgemessen werden, weil sich jedes Pauspapier stark verzieht. Dies ist ein Nachteil aller Lichtkopirverfahren, welche Originalzeichnungen auf durchsichtigem Papier erfordern. Erst in neuerer Zeit ist dieser Nachteil durch das Sepia-Blitzverfahren beseitigt worden, durch welches auch Zeichnungen auf Zeichenpapier kopirt werden können.

Die Operationen, welche für die verschiedenen Lichtpausverfahren notwendig sind, bestehen im wesentlichen: in der Herstellung des lichtempfindlichen Papiers (wenn dasselbe nicht fertig gekauft wird), der Belichtung und der Entwicklung, d. h. Waschung der Lichtkopie.

Für die Belichtung sind besondere Kopirrahmen erforderlich. Sie bestehen aus einer in kräftigen Holzrahmen eingelegten Spiegelglasplatte. Auf diese wird die Originalpause glatt aufgelegt, darüber das lichtempfindliche Papier und darüber der Pressbausch (Filtz, Tuch oder weiche Pappe); das Ganze wird durch einen mehrteiligen Deckel geschlossen. Grosse Apparate sind um Zapfen drehbar auf fahrbaren Gestellen gelagert. Die Herrichtung und das Einrichten des Kopirpapiers erfolgt in einem lichtgeschützten Raum. Die Glasplatte muss fehler- und staubfrei sein, ebenso die Originalpause, da alle lichtundurchlässigen Körper auf der Kopie Flecken geben. Das Papier muss glatt an der Glasscheibe anliegen; Falten und Wellen geben verschwommene Kopien, müssen deshalb vorher beseitigt werden. Alles im Kopirrahmen Befindliche muss gut trocken sein, da sonst die Belichtung erschwert wird.

Das Festhalten des Deckels erfolgt gewöhnlich durch Spannfedern, welche das Eingelegte gegen die Glasplatte pressen. Nachteilig ist hierbei die Gefahr, dass die Glasplatte bei ungleichem Druck zerbrochen werden kann. Dies wird durch die Luftdruckapparate vermieden, welche bei geringster Belastung der Glasscheibe ein gleichmässiges Anpressen gestatten. Der Kopirrahmen ist luftdicht geschlossen. Zeichnung und lichtempfindliches Papier werden mit einem Gummiblatt überdeckt und dessen Ränder durch Leisten auf der Glasscheibe abgedichtet. Dann wird durch eine Luftpumpe, Strahlpumpe u. s. w. mit Hand- oder Maschinenbetrieb die Luft zwischen Gummiblatt und Glasscheibe abgesaugt. Hierdurch wird je nach der Luftverdünnung der atmosphärische Druck auf der ganzen Fläche gegen die Glasscheibe drücken und Papierfalten beseitigen.

Belichtung. Der beschickte Rahmen wird dem Sonnenlicht ausgesetzt, und zwar so, dass die Lichtstrahlen möglichst senkrecht die Bildfläche treffen. Bei längerer Belichtung ist die Lage entsprechend zu wechseln, damit nicht Rahmenteile einseitig Schatten werfen. Schwachgezeichnete Originale müssen einer schwachen Belichtung während längerer Zeit ausgesetzt werden und nicht starkem Sonnenlicht. Die Kopie wird um so deutlicher, je langsamer die Lichtwirkung erfolgt. Vielfach ist man deshalb sogar gezwungen, die Lichtwirkung durch ein über den Rahmen gelegtes weisses oder blaues Papier absichtlich abzuschwächen.

Die Belichtungszeit hängt von der Art des lichtempfindlichen Mittels, Stärke und Beschaffenheit des Lichtes und des Papiers ab. Durch zeitweiliges schnelles Oeffnen eines Teiles des Rahmendeckels kann man sich vom jeweiligen Stande des Kopirprozesses überzeugen. Für den gleichen Zweck kann man sich auch des Photometers von Vogel bedienen. Angaben über die normale Belichtungszeit und Kennzeichen genügender Belichtung sind bei den einzelnen Kopirverfahren angegeben.

## 1. Negativ-Lichtkopir-Verfahren.

Sie liefern weisse Linien auf dunkelblauem oder braunem Grunde, bei Verwendung von Kopirpapier, welches mit einer Lösung von Eisenoxydsalz und rotem Blutlaugensalz bzw. Silbernitrat bestrichen wird. Es können auch Abtönungen und schwache Striche, selbst Bleistriche bei geringer Belichtungszeit wiedergegeben werden. Das sind praktisch wertvolle Vorzüge.

Nachteile sind: das Ungewohnte weisser Linien; nachträgliche Aenderungen der Zeichnung können nur mit chemischer Tinte vorgenommen werden, was in anderer Hinsicht ein Vorteil ist, indem Aenderungen durch Unberufene nicht vorgenommen werden können, ohne bemerkt zu werden. Farbige Behandlung der Kopie wird durch den blauen Grund beeinträchtigt.

Die Belichtung dauert in der Sonne  $\frac{1}{2}$ —3 Minuten, bei trübem Wetter bis zu mehreren Stunden.

Wegen seiner grossen Einfachheit am meisten im Gebrauch ist:

Das Eisenblauverfahren (Cyanotypie). Es liefert Kopien: weiss auf blauem Grunde. Das lichtempfindliche Papier ist haltbar und im Handel zu haben oder herzustellen mit: 50 ccm destillirtem Wasser, 8 g rotem Blutlaugensalz und: 50 ccm destillirtem Wasser, 10 g citronensaurem Eisenoxydammoniak.

Die Lösungen sind getrennt aufzubewahren. Zum Gebrauche mischt man gleiche Teile beider Lösungen, filtrirt und trägt die Mischung mittelst eines Pinsels auf das Papier auf. Dies muss bei gedämpftem Tageslicht oder Lampenlicht geschehen. Das Papier wird dann an Klammern aufgehängt getrocknet. Frisch bereitet hat das Papier eine grüngelbe Farbe; es muss vor Licht und Feuchtigkeit geschützt aufbewahrt werden.

Belichtet wird so lange, bis die feinsten Linien anfangen blau anzulaufen, bzw. bis der überstehende Papierrand sich grün färbt. Nach dem Belichten wird die Kopie mit Wasser so lange ausgewaschen, bis sich das Wasser nicht mehr färbt. Dadurch wird die unveränderte Substanz von den nicht belichteten Stellen ausgewaschen und das Bild fixirt. Die Linien müssen schliesslich rein weiss auf blauem Grunde erscheinen.

Intensivere Blaufärbung wird erhalten, wenn die Cyanotypie nach dem Waschen kurze Zeit in verdünnte Salzsäure (1:50) gelegt und dann wieder gut mit Wasser ausgewaschen wird.

Dieses Verfahren ist das weitestverbreitete und einfachste und auch bei schlechter Belichtung und schlechten Originalpausen anwendbar. Es giebt lesbare Kopien von Bleistiftzeichnungen und selbst nochmalige Kopien nach Lichtkopien. Die Kopien können auf Papier jeder Qualität, auch auf Karton oder Leinwand hergestellt werden.

Um auf der Kopie nachträglich Linien hinzuzufügen, benutzt man eine Lösung von 5 g oxalsaurem Kali in 50 ccm Wasser. Mit dieser Lösung können rein weisse Striche auf dem blauen Grunde erhalten werden. Mit roter Tinte versetzt, ergiebt die Lösung rote Linien. Radirt kann auf den Kopien überhaupt nicht werden. Die übliche farbige Ausführung ist nur möglich, wenn die nachträglich mit Farbe zu belegenden Stellen im Original schwarz angelegt, also in der Kopie weiss gelassen werden. Auf der blauen Fläche verliert die Farbe ihre gewohnte charakteristische Wirkung. Das ist jedoch unwesentlich; das Wenige, was durch Farbe zur deutlichen Unterscheidung gesagt werden kann, lässt sich auf diese Weise immerhin auf Blaukopien ausdrücken. Wenn eingewendet wird, dass weisse Linien weniger leicht lesbar seien, so ist dies nur in mangelnder Uebung begründet. Sehr viele Fabriken sind nach Erprobung aller anderen, in vieler Beziehung vollkommenerer Kopirverfahren wieder auf dieses unvollkommene, aber einfache und allen gewöhnlichen Anforderungen entsprechende zurückgekommen.

Das Sepia-Verfahren beruht auf der Lichtempfindlichkeit von Silbersalzen und giebt weisse Linien auf braunem Grunde. Das lichtempfindliche Papier ist gut haltbar und wird am besten käuflich bezogen. An Empfindlichkeit ist das Sepia-Papier den übrigen überlegen. Man belichtet so lange, bis der Grund des Bildes etwas dunkler ist, als er bei dem fertigen Bilde gewünscht wird. Nach dem Kopiren ist 15—20 Minuten langes Auswaschen in fließendem Wasser nothwendig. Bei zu langer Belichtung werden die Linien während des Waschens nicht weiss, sondern gelb. Bei unzureichender Belichtung wird der Grund matt.

Neuerdings ist ein Sepia-„Blitz“-Lichtpaus-Papier in Gebrauch gekommen. Das-

selbe gestattet durch seine bedeutende Empfindlichkeit, auch Kopien nach Zeichnungen auf gewöhnlichem Papier herzustellen. Darin liegt der Hauptvorteil des Verfahrens. Das Kopieren erfolgt rascher als mit gewöhnlichen Eisenpapieren.

Früher mussten alle Urzeichnungen für Lichtkopirverfahren auf Pauspapier gezeichnet werden. Dieses ist, wie schon erwähnt, veränderlich und gestattet in keinem Falle das Nachmessen von Dimensionen auf der Zeichnung. Bei Gesamtzeichnungen in kleinerem Maassstabe und überhaupt bei Maschinenzeichnungen, welche nicht alle Ausführungsmaasse und Maasszahlen enthielten, war man infolgedessen vielfach gezwungen, auf das Lichtkopirverfahren ganz zu verzichten und solche Pläne auf widerstandsfähigem Zeichenpapier herzustellen. Als Aushilfsmittel wurde oft versucht, solche Zeichnungen auf undurchsichtigem Papier durch Bestreichen mit Oel durchscheinend und damit vorübergehend für die Abnahme von Lichtkopien brauchbar zu machen, nachher aber die Zeichnungen durch Benzin wieder zu entfetten; dieses Auskunftsmittel ist jedoch unbequem und verdirbt die Zeichnungen; eine spätere Wiederholung der Lichtkopirung ist ausgeschlossen, weil einmal gefettete Zeichnungen rasch verstauben.

Ein anderes Auskunftsmittel zur Vervielfältigung von Plänen auf undurchsichtigem Papier bestand in der photographischen Aufnahme der Zeichnung unter gleichzeitiger Verkleinerung. Von der photographischen Glasplatte und dem Negativ wurden alsdann Lichtkopien auf blauem Papier oder Platinpapier hergestellt; dieses Verfahren ist aber sehr kostspielig.

Diese Uebelstände werden durch das Sepia-Blitzverfahren vermieden. Es gestattet, die Zeichnungen auf widerstandsfähigem, starkem, nur etwas durchscheinendem Papier herzustellen und jederzeit unverändert zur Entnahme von Kopien zu benutzen, ohne die hohen Kosten der photographischen Vervielfältigung zu verursachen.

Mittels des Sepiaverfahrens kann man auch positive Lichtkopien erhalten. Man stellt zunächst, indem man die Originalpausen verkehrt (Zeichnung nach unten) in den Kopirrahmen legt, auf möglichst dünnem Papier eine Negativkopie im Spiegelbild her, welche einen möglichst kräftigen, tiefbraunen, lichtundurchlässigen Untergrund hat. Von diesem Spiegelbild (Schablone), welches wiederum verkehrt in den Rahmen gelegt wird, erzielt man dann durch das Sepiaverfahren oder durch das Eisenblauverfahren, jedoch bei doppelter Belichtungsdauer, positive Bilder, braune oder blaue Linien auf weissem Grunde.

## 2. Positiv-Lichtkopir-Verfahren.

Die Positivverfahren geben schwarze oder blaue Linien auf weissem Grunde, sind umständlicher und erfordern sorgfältige Originalzeichnung in kräftigen, tiefschwarzen, undurchsichtigen Linien. Tonabstufungen können nicht wiedergegeben werden. Die Kopien gestatten nachträgliche Korrektur und farbige Ausführung.

Der Tintenprozess. Dieses Verfahren giebt blauschwarze Linien auf weissem Grunde. Neben dem negativen Eisenblauprozess ist dieses Verfahren wohl am meisten im Gebrauch. Das lichtempfindliche, mit Eisenoxydsalzen behandelte Papier ist ebenfalls längere Zeit haltbar; seine Herstellung ist jedoch umständlicher als beim negativen Blauprozess, man kauft es deshalb am besten fertig.

Eisenoxydsalze besitzen die Eigenschaft, mit Gallussäure schwarze Tinte zu bilden; durch das Licht werden sie zu Eisenoxydulsalzen reduziert, die Schwarzfärbung kann bei der Kopie also nur an den Stellen eintreten, wo das Eisenoxydsalz durch die Linien der Zeichnung vor Licht geschützt war.

Die Belichtung dauert in vollem Sonnenlicht etwa 10—12 Minuten, und zwar solange, bis der Grund völlig weiss erscheint und die Linien der Zeichnung schwach gelb sichtbar sind. Bedient man sich hierbei des Photometers von Vogel, so belichtet man, bis Grad 17 erreicht ist. Bei zu kurzer Belichtung färbt sich im Bad auch der Grund der Kopie; bei zu langer Belichtung verschwinden die feinen Linien. Hierin liegt der wesentliche Nachteil dieses Verfahrens: es erfordert sorgfältige Originalzeichnungen und gute und richtige Belichtung.

Das belichtete Papier bringt man etwa 3 Minuten in ein Entwicklungsbad, das aus einer Lösung von 7 g Gallussäure und 1 g Oxalsäure in 1000 ccm Wasser besteht. Die gelben Linien färben sich in diesem Bade schwarz. Nach beendigter Entwicklung wird die Kopie in reinem Wasser etwa 10 Minuten gewaschen.

Um auf der fertigen Kopie Korrekturen anzubringen, bedient man sich einer Lösung von 10 g Pottasche und 10 g oxalsaurem Kali in 50 ccm destillirtem Wasser.

Dasselbe Verfahren ohne Entwicklungsbad. Bei den neuerdings für diesen Prozess unter dem Namen Wasserbad-Positiv-Papier in den Handel gebrachten Papieren fällt die Entwicklung mit Gallussäure ganz weg, und es ist nur Auswaschen mit Wasser notwendig, wobei die Kopie mit der Bildseite nach unten in das Wasser getaucht wird.

Der Tintenprozess giebt Schatten und Halbtöne des Originals wieder, gestattet nachträgliches Radiren und farbige Behandlung, erfordert aber tadellose Originalzeichnungen. Mangelhafte Zeichnungen mit vielen lichtdurchlässigen Linien geben völlig unbrauchbare Kopien, während sie für das Negativverfahren noch brauchbar sind.

Positiver Blauprozess (Pelletscher Gummi-Eisenprozess). Dieses Verfahren, das sich durch grosse Empfindlichkeit auszeichnet, giebt blaue Linien auf weissem Grunde.

Zeichnungen auf durchsichtigem Papier sind für diesen Prozess unbedingt erforderlich, dickes Papier gibt die Papierwolken auffallend wieder.

Wird das mit einem Gemisch von Gummi arabicum und einem lichtempfindlichen Eisenoxydsalze überzogene Papier belichtet, so entsteht an den vom Licht getroffenen Stellen ein Eisenoxydulsalz, und die Gummischicht wird unlöslich. Bei Behandlung mit gelbem Blutlaugensalz färben sich nur die nicht vom Licht getroffenen Stellen (schwarze Linien des Originals) unter Bildung von Berlinerblau. Die Gummischicht dient dazu, das Eindringen der Blutlaugensalzlösung an den belichteten Stellen zu verhindern. Nach beendeter Entwicklung wird die Gummischicht durch verdünnte Salzsäure entfernt.

Belichtet wird so lange, bis die Zeichnung deutlich gelb auf dunklem Grunde erscheint. An der Sonne sind dazu nur wenige Minuten, im Schatten etwa 15 Minuten notwendig.

Zur Entwicklung des Bildes dient eine Lösung von 20 g gelbem Blutlaugensalz in 100 ccm Wasser, womit das belichtete Papier bestrichen wird. Sobald die Linien dunkelblau erscheinen, spült man rasch mit Wasser ab und bringt das Bild in eine Schale mit verdünnter Salzsäure (1 : 10). Nach nochmaligem Behandeln des Bildes mit Wasser und Schwamm wird das Bild zum Trocknen aufgehängt. Die auf diesem Wege hergestellten Kopien sind im Licht sehr gut haltbar.

Ausser den Eisen- und Silbersalzen sind noch die Chromverbindungen als lichtempfindliche Stoffe für die Lichtpausverfahren von Wichtigkeit.

Von praktischer Bedeutung sind unter den zahlreichen Verfahren:

Das Einstaubverfahren (Anthrakotypie). Dieses Verfahren ist wegen der schwierigen Ausführbarkeit nicht so allgemein im Gebrauch, als die vorerwähnten; es beruht auf der Eigenschaft der unbelichteten Teile eines Chromgelatinebildes, in lauwarmem Wasser aufzuschwellen und klebrig zu werden, sodass Staubfarben an diesen Stellen haften. Die belichteten Teile des Bildes nehmen dagegen eine hornartige Beschaffenheit an und werden durch Wasser nicht mehr klebrig.

Ein mit Chromgelatine überzogenes Papier wird unter einer Zeichnung dem Licht ausgesetzt, bis die Linien der Zeichnung lichtgelb auf bräunlichem Grunde erscheinen; nach der Behandlung mit Wasser wird das Papier mit Schwärze (am besten Lampenruss) eingestaubt, die nur an den durch die Linien geschützt gewesenen Stellen angenommen wird. Man erhält demnach positive Kopien, schwarz auf weissem Grunde, die gedruckten Zeichnungen sehr ähnlich sehen.

Betreffs der Einzelheiten dieses Verfahrens muss auf die Angaben von Pizzighelli („Anthrakotypie und Cyanotypie“) verwiesen werden.

Der Anilindruck. Viel leichter ausführbar als das Einstaubverfahren ist der ebenfalls auf der Lichtempfindlichkeit der Chromverbindungen beruhende Anilinprozess. An Lichtempfindlichkeit ist dieses Verfahren den oben erwähnten überlegen; ausserdem zeichnen sich die fertigen Kopien durch ausserordentliche Haltbarkeit aus. Man erhält nach einer Zeichnung direkt ein Positiv: dunkelviolet auf weissem Grunde.

Das empfindliche Papier ist wegen seiner geringen Haltbarkeit nicht im Handel zu haben; die Herstellung erfordert eine Lösung von 10 g Kaliumbichromat, 100 ccm Phosphorsäurelösung (1,124 spez. Gew.), 100 ccm destillirtem Wasser. Auf dieser Lösung muss das Papier etwa

1 Minute lang schwimmen, hierauf wird es schnell getrocknet und ist dann 1 bis 2 Tage haltbar. Die Belichtungszeit beträgt bei zerstreutem Licht etwa 10 Minuten, bei direktem Sonnenlicht etwa 3 Minuten. Die Belichtung ist genügend, wenn die Linien der Zeichnung schwach gelb auf grünlich weissem Grunde sichtbar sind. Nach dem Belichten bringt man die Kopie in den Räucherkasten. Für den Entwicklungsprozess ist Feuchtigkeit notwendig; in den Kasten wird deshalb ein mit Wasser befeuchtetes Stück Flanell und ein weiteres Stück, das mit einer Lösung von 10 ccm Anilin (rohem Anilinöl) und 160 ccm Benzin übergossen wird, eingelegt. Nach 5 bis 10 Minuten haben sich die gelben Linien blaugrün gefärbt; man wäscht dann die Kopie kurze Zeit und trocknet; wenn man zum Waschwasser etwas Ammoniak setzt, so wird die Kopie blauviolett. Färbt sich beim Räuchern mit Anilin auch der Grund der Zeichnung, so hat man zu kurz, kommen die feinen Linien nicht zum Vorschein, zu lange belichtet.

Ausserhalb des Bereichs der Werkzeichnungen und damit verwandter Darstellungen finden noch andere Verfahren zur Vervielfältigung von Maschinenzeichnungen Anwendung, insbesondere wo es sich um die Herstellung einer grösseren Zahl von Abbildern handelt, wie bei der Veröffentlichung in Druckwerken u. s. w. In Betracht kommen:

Die Autographie, die zur Vervielfältigung von Schriftstücken und rohen Skizzen geeignet ist.

Das Original wird in der Regel auf gewöhnlichem Schreib- oder dünnem Zeichenpapier mit Autographirtinte hergestellt. Das Verfahren liefert keine scharfen Abdrücke, da sich die Striche beim Umdruck auf Stein breitdrücken, und ist daher für die Herstellung komplizierter Zeichnungen nicht brauchbar. Scharfe, saubere Abdrücke werden nur erhalten, wenn die Originalzeichnung auf präpariertem Papier mit fetter Autographirtusche gezeichnet wird. Dies erfordert aber grosse Übung, die nur vom Lithographen verlangt werden kann.

Der schwerwiegendste Nachteil ist der, dass die Originalzeichnung beim Umdruck verloren geht. Misslingt der Umdruck, dann ist auch eine neue Originalzeichnung notwendig. Dasselbe gilt für alle anderen lithographischen Umdruckverfahren (Kreideverfahren, Federzeichnungen u. s. w.). Die Aufbewahrung der Steine und Platten ist sehr umständlich und kostspielig.

Das Kopieren mit Hilfe von abfärbendem blauen oder roten Oelpapier, auch Graphit- oder Kohlepapier lässt sich allenfalls für die Vervielfältigung von Schriftstücken, nicht aber von Zeichnungen verwenden. Es müsste doch erst eine Pause angefertigt und dann mit einem Griffel nachgezeichnet werden, um mittels des untergelegten Farbpapiers eine Durchdruckkopie zu erhalten. Das giebt immer undeutliche und bei Verwendung von Kohlepapier selbst unhaltbare Bilder. Es ist einfacher, nach der ersten Pause Lichtkopien herzustellen. Auch durch den Hektographen lassen sich brauchbare Kopien von Maschinenzeichnungen nicht erzielen.

Vervielfältigungsverfahren, bei welchen die Uebertragung auf Stein, Holz u. s. w. von einem besonderen Zeichner, der aber keine Sachkenntnis besitzt, besorgt werden muss, wie Lithographie, Holzschnitt u. s. w., werden für technische Zeichnungen immer weniger verwandt. Der Grund ist: die Verfahren sind zu kostspielig und unbequem, und die Maschinenzeichnung verliert bei der Uebertragung durch noch so geschickte, aber sachunkundige Hand ihre Eigenart. Die mit ausserordentlicher Fertigkeit hergestellten Holzschnitte machen hiervon keine Ausnahme. Ihre Wirkung liegt nicht in der charakteristischen Maschinenzeichnung, sondern in der virtuos durchgeführten Abschattirung. Die berühmtesten „Holzstiche“, dieser Schattirung entkleidet und in einfachen Konturen dargestellt, zeigen meist mangelhafte Formen.

Die photochemigraphischen Verfahren finden für die Darstellung von Maschinenbildern immer grössere Anwendung. Die Originalzeichnung wird in beliebiger Verkleinerung oder Vergrösserung photographirt und das photographische Bild, mit Hilfe einer lichtempfindlichen Chromgelatine-, Asphalt- oder Eiweiss-Schicht, auf eine Zink- oder sonstige Metallplatte, eine Stein- oder Glasplatte durch Aetzung übertragen. Von dem so erhaltenen Bildstock kann eine grosse Zahl scharfer Abdrücke gewonnen werden.

Die Zinkhochätzung. Die Originalzeichnung wird auf gewöhnliches weisses Papier oder auf Pauspapier (blau, nicht gelblich) in scharfen, der beabsichtigten Verkleinerung und Wirkung entsprechenden kräftigen Linien gezeichnet. Fehlerhafte Linien können mit weisser

Deckfarbe abgedeckt oder mit weissem Papier überklebt werden. Die Originalzeichnungen werden photographirt und in der angedeuteten Weise auf Zink übertragen; darauf wird die Zinkplatte mit Salpetersäure behandelt, welche (an Stelle des Grabstichels beim Holzschnitt) die von der Zeichnung freigelassenen Stellen vertieft und die Zeichnungslinien hoch zurücklässt.

Durch dieses Verfahren können nur einfache Linien wiedergegeben werden, keine Abtönung. Nicht übertragbar sind zu dünne oder blasse oder farbige Linien. Umfängliche nachträgliche Korrekturen am Zinkstock sind unmöglich: auch geringe Aenderungen, selbst das Entfernen einzelner Linien, sind mühsam.

Gut hergestellte Zinkstücke halten mehr als 10000 Abdrücke unverändert aus. Sie werden meist vernickelt oder verkupfert, um das Zink vor Oxydation zu schützen.

Zinkätzung kann auch verwendet werden, um Zeichnungen mit Tonabstufungen zu vielfältigen (Autotypie). Die Wiedergabe der Tonabstufungen wird dadurch erreicht, dass über die Originalzeichnung oder photographische Uebertragung ein Netz von Linien gelegt wird, welches die Töne in Punkte zerlegt, die bei der Behandlung mit Säure als Hochätzung zurückbleiben. Die scharfen Linien gehen dann aber verloren, und an deren Stelle tritt die unbestimmte plastische Wirkung der Tonabstufungen. Das Verfahren ist geeignet für die Wiedergabe von photographischen Maschinenaufnahmen nach der Natur u. s. w.

## XI. Handfertigkeit und Zeichenmaterial.

---

Es hat einige Berechtigung zu sagen: auch über Handfertigkeit müsse ausreichende Belehrung gegeben werden, denn eigene Erfahrung koste zu viel Lehrgeld, und dies lasse sich durch vorherige Belehrung ersparen. Der thatsächliche Wert letzterer ist aber ein beschränkter, denn auf diesem Gebiet lässt sich nicht viel lehren. Die Hauptsache ist eigene Uebung.

Schriftliche Belehrung über Handfertigkeit im Maschinenzeichnen ist ziemlich nutzlos für solche, die das Zeichnen nie ausreichend geübt haben. Für diese würde in einem dicken Folianten auch nicht das Erforderliche gelehrt werden können. Angaben über Handfertigkeit würdigt im Allgemeinen nur, wer schon selbst geübt hat und durch eigene Uebung urteilsfähig geworden ist. Auch hier muss wiederholt werden, dass selbst das rein zeichnerische Können in der Hauptsache auf der Kenntnis der sachlichen Grundlagen und erst in zweiter Linie auf der Handfertigkeit beruht, und dass die geringen zeichnerischen Leistungen unserer jungen Ingenieure durch den Mangel an Sachkenntnis, und nicht an zeichnerischem Geschick, wie viele meinen, verschuldet werden. Wer genau weiss, was er zu zeichnen hat, wird auch immer grössere „Handfertigkeit“ zeigen; er wird z. B. eine Bleistiftzeichnung rasch und gewandt ausziehen, auch ohne grosse Uebung, während der Sachunkundige erst die Bedeutung jeder Linie studiren und erraten muss und immer Fehler begehen wird. Für den Anfänger ist es daher von grösster Wichtigkeit, möglichst viel und rasch zu zeichnen, vor allem zu skizziren, gerade zum Zwecke der sachlichen Belehrung.

Eine wesentliche Ursache der Unfruchtbarkeit der Anfänger in zeichnerischer Beziehung ist die Sorge für das Ausziehen und Bemalen der Zeichnungen und dergleichen Dinge, auf die die alte Schule besonderen Wert legte, statt dass alle Sorge auf die sachliche Richtigkeit verwendet wird. Nicht besser kann ihr gedient werden, als wenn auch dem Anfänger die grösste Freiheit in richtiger, zweckmässiger zeichnerischer Darstellung, bei Benutzung der einfachsten Mittel, nicht nur eingeräumt, sondern zur Pflicht gemacht wird. Hierdurch wird er besser zum Zeichnen angeregt werden, als wenn er mit mühevoll im Schweisse des Angeichts angefertigten kostspieligen Zeichnungen Zeit und Geduld verlieren muss.

Weitläufige Anweisungen über Gebrauch von Zeichen-Instrumenten nützen sehr wenig. Wesentlich sind genaue und gute Instrumente; ihre Handhabung ist individuelle Uebungs- und Gewöhnungssache. Das beweist die Thatsache, dass jeder, auch der Geübte, mit fremden, wenn auch noch so guten Instrumenten, unbequem arbeitet. Deshalb soll auch hier die Anweisung auf das Geringste beschränkt werden.

Papier. Massgebend für die Auswahl ist der Zweck der Zeichnung. Für Maschinenzeichnungen ist gegenwärtig die Lichtkopie die Regel, die unmittelbare Verwendung irgend einer Originalzeichnung die seltenste Ausnahme. Es werden Original-Pausen hergestellt und durch Lichtkopien vervielfältigt.

In diesem normalen Falle ist für die Originalzeichnung starkes, festes Papier ganz entbehrlich, körniges, dickes Papier nur störend. Die gegenteiligen Angaben der Broschüren über

technische Zeichnungen beziehen sich auf Architektur- und sonstige Zeichnungen, die nach vollendeter Konstruktion eine sorgfältige, insbesondere farbige Ausführung erfordern. Für Maschinenzeichnungen ist erforderlich:

Mässig starkes, gut geleimtes, gut radirfähiges Papier mit fester, mässig glatter Oberfläche, welche nicht fasrig wird. Alle anderen Eigenschaften sind nebensächlich, da die Originalzeichnungen selten farbig ausgeführt und meist nicht aufbewahrt werden. Nur in solchen Fällen, wo die Originalzeichnung aufbewahrt wird und in ihr nachträglich Maasse nachgemessen werden, ist starkes, höchst widerstandsfähiges Papier erforderlich. Glattes Kartonpapier ist völlig ungeeignet, da darauf nicht radirt werden kann. Die Vorschrift des deutschen Patentamtes, dass die Zeichnungen auf Bristol-Karton angefertigt werden müssen, ist eine höchst unsachgemässe, welche nur belästigt, ohne dem Zweck, insbesondere der Vervielfältigung für die Patentschriften, irgendwie zu nutzen.

Dicke widerstandsfähige „Tauen“-Zeichenpapiere haben für Maschinen-Originalzeichnungen nur dann einen Wert, wenn diese in den Werkstätten unmittelbar verwendet werden. In diesem Falle wird das Zeichenpapier noch auf Leinwand gezogen, um das Verziehen des Papiers zu verhindern.

Auch Anfänger sollten nicht mit der Vorschrift, ihre Entwürfe auf kostspieligem Whatman-Papier unvergänglich und farbenprächtig auszuführen, beschwert werden. Fällt ein Entwurf, vielleicht wegen mangelhafter Papierbeschaffenheit, nicht wunschgemäss aus, dann soll auch der Anfänger nach seiner Originalzeichnung eine richtige Pause anfertigen, genau so, wie dies in der Praxis geschieht; Prüfungsvorschriften sollten diesen sachdienlichen Arbeitsvorgang fördern und nicht der leeren Form wegen zu Zeitverschwendung zwingen.

Für Lichtkopien, die in den Werkstätten zumeist zur Verwendung kommen, ist jedes im praktischen Gebrauch genügend widerstandsfähige, zähe Papier verwendbar. Die Papiere für positives Verfahren (in dunklen Linien) erfüllen selten diese Eigenschaft; sie sind meist brüchig und müssen deshalb auf Leinwand aufgespannt werden. Ueberhaupt empfiehlt es sich, entweder stark benutzte Lichtkopien auf Leinwand aufzuziehen oder unmittelbar auf Leinwand hergestellte Kopien zu benutzen. Ersatz unbrauchbar gewordener Lichtkopien ist jederzeit mit geringen Kosten möglich. Darin liegt ein wesentlicher Vorteil der Lichtkopierverfahren.

Pauspapier ist erforderlich für alle Arten Entwurfzeichnungen und Skizzen und für Zeichnungen, nach denen Lichtkopien herzustellen sind. Durchsichtiges Pflanzenfaserpapier ist für Zeichnungen letzterer Art, wie schon früher angegeben, nicht geeignet. Das sogenannte Seidenpapier ist nicht genügend durchsichtig und zum Zeichnen zu schwach. Erforderliche Eigenschaften des Pauspapiers für die Herstellung von Original-Pausen sind: vollständige Durchsichtigkeit, um rasch und sicher pausen zu können, wasserhelle oder etwas bläuliche und nicht gelbliche Farbe, um scharfe Lichtkopien zu erhalten. Fette Oberfläche ist gegebenenfalls durch Abreiben mit Bimssteinpulver zu beseitigen, damit die Tusche nicht ausfließt und die Striche gleichmässig werden. Ausserdem darf das Papier nicht brüchig sein, nicht vergilben und sich überhaupt bei Aufbewahrung nicht verändern.

Für Zeichnungen zu Lichtkopien soll nur starkes Pauspapier verwendet werden; schwaches verzieht sich beim Aufspannen und nachherigen Abschneiden so stark, dass die Zeichnung zu sehr von den eingeschriebenen Abmessungen abweicht; auch wird es bei wiederholter Benutzung zur Herstellung von Lichtkopien leicht schadhaf, wellig und faltig. Unter allen Umständen ist nachträgliches Nachmessen von Abmessungen bei Pausen und Lichtkopien ausgeschlossen, weil sich jedes Pauspapier verzieht; nur die Maasszahl ist gültig.

Pausleinwand wird ähnlich wie Pauspapier, aber immer seltener verwandt. Ihr Hauptvorteil, die grössere Haltbarkeit, hat durch die Lichtkopierverfahren an Bedeutung verloren, da die Originalpausen nur für die Herstellung von Lichtbildern, aber für keinen anderen Zweck gebraucht werden und gutes, starkes Pauspapier auch für Hunderte von Kopien ausreicht. Auf Pausleinwand kann nicht radirt werden; Entfernung der Striche ist nur durch Herauswaschen möglich, und dies lässt sichtbare Spuren zurück. Gezeichnet wird auf der glatten, gemalt auf der rauhen Seite; erstere wird mit Magnesium- oder Bimssteinpulver oder mit Kreide, die geschabt in einen kleinen leinenen Sack eingeschlossen ist, abgerieben. Die Möglichkeit, Pausleinwandzeichnungen gerollt aufzubewahren, ist kein Vorteil; Zeichnungen sollten überhaupt



nie gerollt aufbewahrt werden; das erschwert die Uebersicht und das rasche Auffinden; häufiges Entrollen beschädigt selbst die dauerhafteste Leinwand.

Sehr empfehlenswert sind für Skizzir- und Entwurfzwecke Papiere, welche den Gebrauch des Zeichenbrettes entbehrlich machen, u. a. Skizzirblocks und kartonirte Zeichenpapiere. Hierdurch fallen die unbequemen, schweren Reissbretter weg; für alle Zeichnungen von kleinerem Umfang genügen solche Einrichtungen vollständig.

Leider liefert die Papierindustrie für solchen Zweck dem Maschineningenieur wenig Brauchbares, meist nur teure für Aquarellisten und Architekten geeignete Fabrikate. Wellige Kartons sind für jede Arbeit unbrauchbar. Auf diesem Gebiete liesse sich vieles, dem praktischen Bedürfnisse Entsprechendes schaffen.

Millimeterpapier für Maschinenentwürfe, Skizzen und graphische Darstellungen mit blauem, braunem oder grünem Liniennetz ist durchaus nicht zu empfehlen, obwohl zahlreiche Ingenieure es mit Vorliebe benutzen. Was bei Maschinenzeichnungen durch die Millimetertheilung etwa bei Auftragung von Maassen erspart wird, ist ganz unbedeutend. Dafür ist die freie Beweglichkeit in der Skizzirung beeinträchtigt, der Entwurf wird unwillkürlich durch die vorgezeichneten Linien beeinflusst. Anfänger machen sich vollends ganz von den Linien abhängig und verlieren jede Freiheit der Formgebung. Für Skizzirübungen ist solches Millimeterpapier ganz unzulässig, da der Hauptzweck: die freie Wiedergabe der Form, geschädigt wird.

Bei graphischen Darstellungen mag Millimeterpapier einige Vorteile bieten; die werden aber mehr als aufgewogen durch die Ungenauigkeit des Papiers, die Undeutlichkeit der Darstellung, durch das Störende der Netzlinien und durch die Schädigung der Augen, besonders bei feiner Netztheilung. Der Anfänger soll richtig und frei skizziren, Maasse bei rascher Arbeit nicht durch Einpicken mit der Zirkelspitze, sondern mit dem Bleistiftzirkel oder auch ohne Zirkel, nur mit dem Maassstabe, rasch auftragen lernen, dann sind solche schädliche Hilfsmittel gewiss entbehrlich.

An Material und Instrumenten sind, ausser Papier und Reissbrett, erforderlich: Bleistifte, Maassstäbe, Reisszeug, Dreiecke, Reisschiene, Tusche und Farben und sonstige Hilfsmittel.

Ueber Bleistifte kann jeder ohne Schwierigkeit eigene Erfahrungen sammeln und den Einfluss des Preises und guter Qualität gegenüber minderwertiger Ware kennen lernen. Für Maschinenzeichnungen, insbesondere für Skizzen, sind harte Bleistifte (über Nr. 3) ungeeignet. Ihre Verwendung wird nur ausnahmsweise bei kleinem Maassstabe und komplizirten Formen vorkommen. Nur in die Zirkel gehört hartes Blei, Nr. 4—5. Sogenannte Künstlerstifte mit Bleieinlagen und Verschiebvorrichtung sind nur für Schreibzwecke, nicht für Konstruktionszwecke geeignet; die Unzuverlässigkeit ihrer Mechanismen bereitet mehr Aerger als Vorteile.

Die wachsende Abnahme der zeichnerischen Uebung äussert sich auch darin, dass immer mehr mit sehr harten Bleistiften gearbeitet wird; dass sich Zeichner in sklavischer Abhängigkeit von bestimmtem Zeichenmaterial bringen, z. B. nur mit Koh-i-noor No. X und nur mit meisselförmiger Spitze arbeiten können, oder gar für verschiedene Linienarten verschiedene Bleistifte in Bereitschaft halten u. s. w. Alles das beweist Mangel an Beherrschung der Mittel und unzureichende Fertigkeit. Erforderlich sind: Weiche Bleistifte mit gewöhnlicher kegelförmiger Spitze, mit welchen sich kräftige und übersichtliche Bleizeichnungen, unter gelegentlichem kräftigen Gebrauch des Radirgummis, anfertigen lassen.

Zum Spitzen der Bleistifte verwenden erfahrene Zeichner ausschliesslich ihr Taschenmesser und schärfen die Spitze mit Bimsstein, Feile, Sand- oder Schmirgelpapier. Mechanische Anspitzvorrichtungen giebt es seit Jahrzehnten; sie haben nirgends dauernd Eingang gefunden, weil sie längeren Gebrauch nicht aushalten.

„Spitzenschoner“ und „Bleistiftreparatur“ und sonstige umständliche Nebenapparate kann nur derjenige gebrauchen, welchem bei der Anfertigung von Zeichnungen reichliche Musse zur Verfügung steht. Geübte Zeichner werden ihnen aus dem Wege gehen und ihre Hilfsmittel so zu behandeln wissen, dass sie solcher lästiger Zuthaten entbehren können.

Blau- und Rotstifte werden benutzt, um in Skizzen und Bleistiftzeichnungen Querschnitte hervorzuheben; nur grosse Querschnitte werden schraffirt, kleinere werden durch einen gleichmässigen farbigen Ton bedeckt. Dies erhöht die Deutlichkeit sehr wesentlich. Im allge-

meinen ist die Verwendung von Buntstiften für die Darstellung der Querschnitte nicht zu empfehlen und die von Farbe vorzuziehen.

Maassstäbe. Erforderlich sind zusammenlegbare gewöhnliche Maassstäbe, am besten mit zweiseitiger Teilung nach Metermaass und englischem Maass, sodass beim Umdrehen des Maassstabs das Umwandlungsmaass sofort abgelesen werden kann, und ein Anlegemaassstab mit scharfer Kante, um Maasse ohne Zirkel auftragen zu können. Empfehlenswert sind nur Maassstäbe aus Buchsholz, nicht Messing, da letztere die Sauberkeit der Zeichnung beeinträchtigen, wenn nicht die Enden in Papierhülsen gesteckt werden. Zweckmässig sind auch Transversalmaassstäbe von Papier.

Die Genauigkeit der Maassstabteilung ist selbstverständlich zu prüfen. Grosse Genauigkeit in der Benutzung ist aber beim Maschinenzeichnen selten und nur bei verwickelten Gesamtzeichnungen erforderlich.

Bruchteile von Millimetern werden im Entwurf soweit als möglich vermieden und, wenn notwendig, nach Schätzung aufgetragen. Die Genauigkeit der Maschinenzeichnungen liegt weniger in der Zeichnung als in den Maasszahlen und ihrem berechneten Zusammenhange. Die Genauigkeit muss sich nach dem jeweiligen Zwecke richten. Die Arbeit des unerfahrenen Anfängers ist dadurch gekennzeichnet, dass er eine für den Zweck nicht erforderliche und für den ganzen Entwurf gar nicht durchführbare Genauigkeit anstrebt und in seinen Abmessungen von Bruchteilen von Millimetern ausgiebigen Gebrauch macht oder im extremen Gegensatz hierzu grosse Verstösse gegen unerlässliche Genauigkeit begeht.

Sehr zu empfehlen ist die Verwendung eines sogenannten Rechenschiebers, welcher die Vorteile eines genauen Anlegemaasses mit denen einer einfachen Rechenmaschine vereinigt. Das Vorurteil gegen den Rechenschieber wegen Ungenauigkeit der damit ausgeführten Rechnungen beweist unzureichende Sachkenntnis. Auch die Rechnung ist, so wie die Zeichnung, stets nur mit der für den jeweiligen Zweck erforderlichen Genauigkeit durchzuführen. Ueberwiegend verlangt der Zweck das Rechnen mit abgerundeten Zahlen. Dann ist aber die Durchführung der genauen Zifferrechnung eine unnütze Zeitverschwendung, die sich nur der Unerfahrenen zu schulden kommen lässt. Für alle vorläufigen Uebersichtsrechnungen, die Mehrzahl der technischen Rechnungen überhaupt, Gewichtsberechnungen, Kostenberechnungen, Stichproben bei Kontrollrechnungen u. s. w. ist der Rechenschieber unentbehrlich.

Reisszeug. Mit allen Hilfsmitteln, auch wenn sie mangelhaft sind, wird sich der geübte Zeichner abfinden, ein gutes Reisszeug ist jedoch unerlässlich. Schlechte Beschaffenheit lenkt wenigstens die Aufmerksamkeit zu sehr ab und führt zu Zeitverschwendung. Kein Ingenieur wird seine richtigen, wohlgepflegten Werkzeuge anderen ausleihen, das Reisszeug ebensowenig wie einen guten geprüften Indikator. Die Regel ist, dass Unerfahrenen und wohl auch Geübtere sie zwar bestens dankend, aber beschädigt zurückstellen.

Beschreibung der Instrumente muss hier unterbleiben und wäre auch zwecklos. Nur durch eigene Handhabung wird Sachkenntnis erlangt und richtige Benutzung ermöglicht.

Erforderlich sind: ein grosser Handzirkel, ein Einsatzzirkel mit Blei- und Ziehfeder und Verlängerungsstück, mehrere Reissfedern und ein Nullenzirkel.

Erwünscht ist noch ein Haarzirkel, ein Stangenzirkel, ein Réduktionszirkel für Verkleinerungen und ein Winkeltransporteur.

Wesentlich ist die Genauigkeit der Instrumente, insbesondere der Zirkel; sie müssen genaue Spitzen haben, dürfen keinen toten Gang besitzen, müssen sich gleichmässig leicht bewegen und doch sicher hemmen. Die Nadelspitze muss senkrecht einstellbar sein und einen Ansatzrand besitzen, um beim Ziehen grosser Kreise grosse Mittelpunktlöcher zu vermeiden. Dies lässt sich auch durch durchsichtige Centrirplatten erreichen, welche auf die Zeichnung aufgesetzt oder auf die Zirkelspitze aufgeschoben werden.

Sogenannte Teil- oder Haarzirkel mit Stellschraube, durch welche der eine federnde Schenkel verstellt werden kann, ermöglichen ein sehr genaues Messen.

Der Nullenzirkel ist unentbehrlich für das Zeichnen kleiner Kreise und Abrundungen; derselbe muss eine sehr feine Nadelspitze besitzen, und seine Stellschraube muss so angebracht und so leicht beweglich sein, dass sie durch einen Finger der rechten Hand, welche den Zirkel hält, verstellt werden kann. Patentirte Komplikationen sind entbehrlich; mit einem gewöhn-

lichen Nullenzirkel in einer geübten Hand können sie nicht konkurrieren. Sonstige Zirkelarten, die Dreieckzirkel, Ellipsenzirkel, Spiralezirkel u. s. w. haben für den Maschineningenieur nicht den geringsten Wert.

Die neueren Reisszeuge zeichnen sich gegen die älteren vorteilhaft durch glattere Formen und grössere Handlichkeit aus; es sind meist vorzüglich konstruierte Instrumente, Zirkel mit runden Schenkeln, bequem zu handhabenden Köpfen u. s. w.

Ein Stangenzirkel, bestehend aus Holzstange und stellbaren Klemmvorrichtungen für Spitze und Ziehfeder, ist für das Zeichnen grosser Kreise erforderlich. Die Klemmvorrichtung der Ziehfeder muss eine Stellschraube zum genauen Einstellen besitzen. Solche Zirkel sind immer unhandlich und werden leicht beschädigt. Noch empfindlicher und unbequemer sind Stangenzirkel aus Metall. Statt eines Stangenzirkels kann sich der Zeichner auch mit Linealen oder Pappstreifen, an welche die Ziehfeder oder das Blei angelegt wird, behelfen.

Reissfedern erfordern genaue Stellschrauben, gute elastische Backen von genau gleicher Länge und Stärke. Es sind wenigstens zwei Grössen erforderlich, die eine für dicke, die andere für feine Striche. Reissfedern mit Druckschrauben sind gut zu handhaben, solche mit beweglichen Backen sind leicht zu reinigen und bequem, werden aber durch unerfahrene Benutzer leicht verdorben.

Reissfedern mit Indikatorvorrichtung für Strichstärke, mit Stellvorrichtung am Kopfe der Feder, mit Punktirradchen für das Zeichnen von punktierten und gestrichelten Linien u. s. w., ebenso Parallelreissfedern, Kurvenziehfedern u. s. w. sind für den Maschineningenieur Spielereien. Sie erfordern viel zu grosse Aufmerksamkeit, und mit den einfachen Instrumenten kommt der geübte Zeichner schneller zum Ziel als mit solchen Kunstprodukten, ausgenommen, wenn ganze Scharen gleicher Linien gezogen werden müssen, was im Maschinenzeichnen nicht vorkommt.

Dasselbe gilt für Schraffirlineale, Schraffirmaschinen u. s. w. Schraffirt wird im Maschinenbau überhaupt selten, farbiges Anlegen der Querschnitte ist die Regel. Zudem sind in der Regel die zu schraffirenden Flächen so kompliziert, dass die Handhabung der Maschine zu umständlich wird. Die Abstände der Linien sind eng genug zu nehmen, um ein Flächenbild zu erhalten, aber auch weit genug, um mit der Arbeit rasch zu Ende zu kommen und Fehler in den Entfernungen der Striche nicht auffällig erscheinen zu lassen.

Das Anschleifen der Reissfedern wird jeder praktische Zeichner sich selbst besorgen; die gewöhnlichen Mechaniker verstehen davon ohnedies nichts, und es ist eine Zufallssache, wenn die von ihnen geschliffene Feder taugt. Da häufiger Gebrauch auf starkem Papier die Feder rasch abstumpft, so ist öfteres Nachschleifen erforderlich.

Beim Ziehen von Strichen mit der Reissfeder darf nicht stark und nicht ungleichmässig aufgedrückt werden; auch ist die Ziehfeder, besonders die des Zirkels, stets annähernd senkrecht zur Papierfläche zu halten. Anderes Verfahren kennzeichnet den Anfänger und giebt nie reine Linien. Zirkelfedern müssen vor- und rückwärts gleich gut ziehen.

Dreiecke. Erforderlich sind genaue gerade Kanten, genaue Winkel und Unveränderlichkeit im Gebrauch. Die Genauigkeit ist vor dem Gebrauch zu prüfen durch Aneinanderlegen der Kanten zweier Dreiecke, oder dadurch, dass nach derselben Kante in zwei um  $180^\circ$  verdrehten Stellungen Verbindungslinien zwischen zwei Punkten gezogen werden; ist die Kante richtig, so müssen sich die beiden Linien decken. Der rechte Winkel wird durch Rechts- und Linksauftragung auf gemeinsamer gerader Unterlage und Vergleichung der gezogenen feinen Linien geprüft. Die Prüfung der Winkel von  $60^\circ$  oder  $45^\circ$  erfolgt am besten so, dass man sie 3 bezw. 4 mal nacheinander um einen Punkt abträgt, wodurch sich ein Winkel von  $180^\circ$ , also eine Gerade ergeben muss.

Erwünscht sind 3 Dreiecke: ein grosses und ein kleines mit Winkeln von  $45^\circ$  und ein grosses mit Winkeln von  $60^\circ$  und  $30^\circ$ , sonstige sind entbehrlich. Schiebedreiecke, Dreiecke, deren Winkel den Böschungswinkeln, den Weichenwinkeln, den Oktogonen- oder den Giebelwinkeln der Antike oder anderen Winkeln entsprechen, u. a., haben für den Maschineningenieur keinen Wert. Sollten besondere Winkel häufig erforderlich sein, so werden sie auf das gewöhnliche Dreieck aufgetragen.

Als Material ist Hartgummi am empfehlenswertesten. Dreiecke aus Hartgummi sind unveränderlich und unverwüstlich, schmutzen aber leicht und müssen deshalb öfter feucht abge-

wischt werden. Noch mehr schmutzen Metalldreiecke. Glasdreiecke haben sich wegen Zerbrechlichkeit nicht bewährt. Guten Ersatz für dieselben scheinen die durchsichtigen Zellstoffdreiecke zu bieten.

Holz ist Temperatur- und Feuchtigkeitseinwirkungen unterworfen. Jedenfalls sollten Holzdreiecke aus mehreren Lamellen bestehen, damit die Spannungen sich besser ausgleichen. Zur Sicherung der Kanten werden Streifen aus Messing oder hartem Holz eingelegt. Die Ecken müssen unbedingt eingelegte Federn besitzen, um sie haltbar zu machen. Die Reinigung von Holzdreiecken soll nicht mit Wasser, sondern mit Radirgummi oder Brot erfolgen.

Das Reissbrett dient zum Aufspannen des Zeichenpapiers und zur Führung der Reisschiene. Es ist aus festem, weichem und völlig trockenem Linden-, Pappel- oder Ahornholz mit Randleisten aus hartem Holz herzustellen. Junges Holz wirft sich; alte gebrauchte Bretter sind immer vorzuziehen. Die Genauigkeit ist zu prüfen, und zwar ist zu untersuchen, ob die Platte eben ist, keine Astlöcher vorhanden sind, Fugen und Löcher nicht etwa mit Kitt ausgestopft und die Kanten auf der linken Seite richtig sind, wo die Schiene angelegt wird. Auf die Genauigkeit der übrigen Kanten ist kein Wert zu legen, da nur die Horizontalen mit der Schiene, die Vertikalen aber mit dem Winkel gezogen werden. Genauigkeit aller Kanten ist nicht zu erwarten auf die Dauer gewiss nicht zu erhalten.

Reissbretter mit umlegbaren Stützen können auf beiden Seiten bespannt werden; für Konstruktionszwecke sind sie nicht zu gebrauchen, da der Konstrukteur stets alle Bildflächen vor sich haben muss.

Reissbretter mit Vorrichtung zum Aufspannen ohne Leim, mit einer Klemmnut an den Rändern und ähnlichen Einrichtungen sind gut erdacht, ihr Feind ist das Werfen des Holzes, welches den Mechanismus entweder zu Grunde richtet oder, wenn dies vermieden werden soll, zu kostspielig macht.

Das Zeichenpapier wird in der Regel mit Heftnägeln auf den Reissbrettern befestigt. Da Maschinenzeichnungen weder gewaschen noch getuscht werden und in der Regel nicht die Originalzeichnung, sondern nur die Pauskopie aufbewahrt wird, so ist diese Befestigung vollständig ausreichend. Das schulmässige „Aufspannen“ des Zeichenpapiers, das „Abwaschen“ nach dem Ausziehen und farbige Ausführung sind Ueberbleibsel einer veralteten Schule. Der Maschineningenieur mag dies einige Male machen, damit er es kennen lernt, im übrigen aber soll man ihn damit verschonen.

Beim Abschneiden von scharf aufgespanntem Papier, insbesondere Pauspapier, ist die Vorsicht zu gebrauchen, zuerst zwei parallele Seiten, dann unter scharfem Druck auf das Lineal die dritte Seite abzuschneiden; sonst kann das Papier quer durchreissen. Das Aufspannen einer Zeichnung, etwa zum Zwecke nachträglichen Ausziehens oder farbiger Ausführung, ist zu vermeiden, da sich durch das Aufspannen Papier und Linien verändern.

Heftnägeln können beim Durchdrücken des Stiftes Verletzungen des Daumens veranlassen. Unbrauchbar sind daher billige Nägel, deren Stifte an der Stirnfläche sichtbar sind. Insbesondere bei starkem Rollenpapier ist Vorsicht im Gebrauch notwendig.

Beim Herausziehen der Heftnägeln ist es zweckmässig, eine besondere Vorrichtung (Gabel) zu benutzen, um die Fingernägel oder Taschenmesser nicht zu beschädigen.

Sehr zu wünschen wäre die allgemeine Einführung stehender stellbarer Zeichentische, die gegenwärtig in vorzüglicher Bauart hergestellt werden. Ein Fortschritt sind schon die stellbaren Tische und Stühle, nur ist deren fortwährende Einstellung zu langwierig. Die stehenden stellbaren Zeichenbretter nehmen weniger Raum ein als Tische und gestatten dem Zeichner eine ungezwungene gesunde Haltung; aber wegen der anfänglichen Ermüdung der hochzuhebenden Hände und wegen des Stehens überhaupt finden sie noch wenig Anklang. Die jahrzehntelange üble Gewohnheit des Schulbankhockens trägt die Schuld, dass diese vorzügliche und bequeme Reissbrettanordnung sich so langsam einbürgert.

Die Reisschienen sollen aus hartem Holze bestehen und genaue Kanten und rechtwinklig zur Schiene stehenden Kopf besitzen. Die Schiene soll glatt über den Kopf gelegt (nicht eingelassen) sein, damit das Dreieck über den Kopf hinausgeschoben werden kann. Die Breite langer Schienen muss vom Kopf nach dem Ende zu abnehmen. Stellbarer Schienenkopf hat für Maschinenzeichnungen keinen Wert, noch weniger solche mit Winkelteilung. In die

Ziehkante der Schiene wird häufig hartes Holz oder eine Messingleiste eingelegt. Genaue Kante ist selbstverständlich unerlässlich. Widerstandsfähige Kanten für solche Schienen, welche gelegentlich zum Abschneiden des Papiers oder gar zu Fechtübungen verwendet werden, giebt es bisher nicht; derartige Verwendung ist daher zu unterlassen.

Die genannten Werkzeuge müssen genau sein. Ein gewandter Zeichner wird sich zwar, vom Reisszeug abgesehen, auch mit dem schlechtesten Material abzufinden wissen, aber nur unter Zeitverlust. Auf sorgfältige und genaue Prüfung und gute Beschaffenheit ist daher wohl zu achten. Selbstverständlich sind gute Instrumente teurer, als minderwertige und schlechte, aber Sparsamkeit ist hier nicht am Platze. Alle Materialien sollten nur von Geschäften bezogen werden, welche sich ausschliesslich mit Zeichenmaterialien befassen.

Selbstverständlich ist auf die Instandhaltung der Werkzeuge die grösste Sorgfalt zu verwenden. Hierzu ist unerlässlich grösste Sauberkeit, regelmässige Reinigung nach dem Gebrauch und gelegentliche Untersuchung auf Genauigkeit.

Zum Zeichnen sind weiter erforderlich:

Spitzige Zeichenfedern für die Verzeichnung solcher Uebergangskurven, welche nicht mit dem Zirkel gezogen werden, und Schreibfedern für Rund- oder Steilschrift. Für die Schrift selbst ist die Benutzung von „Vorlagen“ und noch mehr eigene gründliche Uebung zu empfehlen. Belehrung über Federhaltung u. s. w. gehört nicht hierher, sondern ergibt sich aus dieser Uebung.

Tusche: Gewöhnlich wird flüssige Tusche verwendet. Diese ist selten tiefschwarz, wie sie sein sollte, aber leichtflüssig und daher bequem zu benutzen, gewöhnlich auch unverwischbar. Wasserzusatz ist unzulässig. Tiefschwarze flüssige Tusche ist schwer zu erhalten und kostspielig. Für feinere Arbeiten wird nur chinesische Tusche verwendet und für jedesmaligen Gebrauch frisch angerieben.

Farbige Tinten, rothe und blaue: diese müssen unverwischbar sein; es werden damit Maass- und Mittellinien, Hilfsprojektionen u. s. w. gezogen.

Farben: diese müssen gut lösbar sein, dürfen sich nicht setzen. Verwendet werden entweder Stückfarben oder Feuchtwasserfarben. Am meisten gebraucht werden: Karminroth, Berlinerblau, Saturnroth, Sienna, Sepia, Gummigutt.

Haarpinsel: zum Anlegen kleiner und grosser Flächen. Sie müssen, in Wasser getaucht, eine feine, aber kurze Spitze bilden. Für das Anlegen grosser Querschnitte ist ein grosser zweiseitiger Pinsel erforderlich. Die angelegten Flächen werden fleckig, wenn schlechte Farbe verwandt, oder wenn mit zu kleinem Pinsel oder zu langsam angelegt wird, da in diesem Falle die Farbe während des Anlegens trocknet und bei nochmaligem Ueberlegen dunklere Stellen entstehen. Die Papierfläche muss während des Anlegens geneigt gehalten, die Farbe nass aufgetragen werden, so dass sie abfliessen kann. Der Pinsel hat nur für die Verteilung und Fortschiebung der Farbe zu sorgen. Die farbige Ausführung der Zeichnungen erfordert: Reinhaltung aller Zeicheninstrumente und möglichst wenig Berührung des Papiers mit den Händen. Das zeitraubende vorherige Abwaschen der Zeichnung ist dann entbehrlich. Entstehen beim Anlegen Flecken, so stört dies sonst richtige, gute Maschinenzeichnungen nicht erheblich. Wenn sie aber doch bedenklich erscheinen, dann unterlasse man alles Radiren und Retouchiren, wobei nur Zeitverlust herauskommt, und füge den unfreiwillig gemachten Flecken, nach dem Trocknen, mit blasser Farbe einige absichtliche hinzu, in ähnlicher Manier, wie die Architekten bei ihren Fassaden im Hintergrunde einen duftigen Baumschlag oder Wolken andeuten.

Tuschschalen: ein Satz übereinander stellbar; in solchen kann Farbe und Tusche auch längere Zeit aufbewahrt werden; Fliesspapier: zum Trocknen und Aufsaugen überflüssiger Farbe; ein Schwamm: um Verunglücktes rechtzeitig wegwaschen, statt mühsam wegradiren zu müssen, und ein Wasserglas; Radirmittel: gewöhnlicher weicher Gummi für Bleilinen, ein scharfer Radirgummi für starke oder Tuschklinien, und für sehr widerspenstige Linien, insbesondere auf Pauspapier, ein Radirmesser.

Der Konstrukteur braucht gelegentlich noch: Kurvenlineale mit parabel- und ellipsenähnlichen Kurven, und für ganz flache Kurven „Bogensablonen“ oder, nach dem Vorbilde der Schiffbauer, elastische Stäbe, die nach Durchbiegung durch Gewichte belastet

werden. Im allgemeinen werden im Maschinenzeichnen nebensächliche Kurven durch Kreisbogen ersetzt und die Maasszahlen für die Ersatzkreisbogen eingeschrieben. Für regelmässig wiederkehrende Kurven, auf deren Genauigkeit es ankommt, werden hingegen eigene genaue Schablonen aus Messingblech angefertigt.

Ueber die farbige Ausführung von Maschinenzeichnungen soll eingehendere Belehrung unterbleiben, obwohl sie auf geringem Raum und in wenigen Beispielen gegeben werden könnte. Sie wegzulassen, empfiehlt sich schon durch die Thatsache, dass die Studirenden in dieser Hinsicht immer weniger Uebung von der Schule mitbringen. Die technischen Hochschulen sind am allerwenigsten dazu da, Uebungen in Malerei zu pflegen. Vor Jahrzehnten konnte den Studirenden der Luxus einer mühevollen farbigen Ausführung der Zeichnung zugemutet werden, und es konnte wohl auch ein praktischer Zweck bemalter Zeichnungen geltend gemacht werden. Gegenwärtig giebt es für mühevoll hergestellte bunte Maschinenzeichnungen keine Verwendung; die Hochschulen haben eine Fülle anderer Aufgaben, und die sind gerade schwierig genug. Sachliche Richtigkeit, Zuverlässigkeit aller Zeichnungen, richtige Erfassung ihres jeweiligen Zwecks, das sind die massgebenden Forderungen.

---

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

---

## **Elasticität und Festigkeit.**

Die für die Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmässige Grundlage.

Von

**C. Bach,**

Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule zu Stuttgart.

*Mit in den Text gedruckten Abbildungen und 15 Tafeln in Lichtdruck.*

Zweite vermehrte Auflage.

Preis in Leinwand gebunden M. 16,—.

---

## **Widerstandsmomente, Trägheitsmomente und Gewichte von Blechträgern**

nebst

**numerisch geordneter Zusammenstellung der Widerstandsmomente  
von 59 bis 25622.**

Bearbeitet

von

**B. Böhm,**

und

**E. John,**

Königl. Regierungsbaumeister zu Bromberg      Königl. Regierungsbaumeister zu Köln a. Rh.

Preis gebunden M. 7,—.

---

## **Die Entwicklung der Schiffsmaschine**

in den letzten Jahrzehnten.

Von

**Carl Busley,**

Professor an der Kaiserlichen Marine-Akademie zu Kiel.

*Mit 157 Textabbildungen und 5 lithographirten Tafeln.*

Dritte durchgesehene Auflage.

Preis gebunden M. 12,—.

---

## **Die jüngsten Bestrebungen und Erfolge**

des

**deutschen Schiffbaues.**

*Mit 8 Tafeln und 116 in den Text gedruckten Abbildungen.*

Preis M. 6,—.

---

## **Die Zusatzkräfte und Nebenspannungen**

**eiserner Fachwerkbrücken.**

Eine systematische Darstellung der verschiedenen Arten, ihrer Grösse und ihres Einflusses auf die konstruktive Gestaltung der Brücken.

Von

**Fr. Engesser,**

Baurath und Professor an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe.

**I.**

**Die Zusatzkräfte.**

*Mit 58 in den Text gedruckten Abbildungen.*

Preis M. 3,—.

**II.**

**Die Nebenspannungen.**

*Mit 137 in den Text gedruckten Abbildungen.*

Preis M. 7,—.

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

---

## **Die Hebezeuge.**

Theorie und Kritik ausgeführter Konstruktionen.

Ein Handbuch für Ingenieure und Architekten sowie zum Selbstunterricht für Studierende

von

**Ad. Ernst,**

Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule in Stuttgart.

**Zweite neubearbeitete Auflage.**

*Mit 645 Textfiguren und einem Atlas von 64 lithographirten Tafeln.*

Preis gebunden mit Atlas M. 50,—.

---

## **Maschinenarbeit und Ausnutzung der Naturkräfte in Amerika.**

Von

**M. F. Gutermuth, E. Reichel, A. Riedler.**

I. Heft:

Kraft-, Licht-, Wärme- und Kälteverteilung in Städten, Ausnutzung von Wasserkraften,  
Seil-Strassenbahnen.

*Mit 169 in den Text gedruckten Abbildungen.*

Preis M. 7,—.

II. Heft:

Dampfmaschinen, Riementriebe, Pumpwerke, Luftkompressoren, Bergbaumaschinen und -Anlagen.

*Mit 352 in den Text gedruckten Abbildungen und einem Textblatt.*

Preis M. 7,—.

---

## **Die technische Entwicklung**

des

### **Norddeutschen Lloyds**

und der

### **Hamburg-Amerikanischen Packetfahrt-Aktiengesellschaft.**

Von

**R. Haack** und **C. Busley.**

*Mit 572 Textfiguren, 34 lithographirten Tafeln und 11 Diagrammblättern.*

Quart-Format. — Gebunden Preis M. 32,—.

---

## **Hilfsbuch für Dampfmaschinen-Techniker.**

Unter Mitwirkung von **Adalbert Kás,**

a. o. Professor an der k. k. Bergakademie in Příbram

verfasst und herausgegeben von

**Josef Hrabák,**

Oberbergrath und Professor an der k. k. Bergakademie in Příbram.

*Mit in den Text gedruckten Figuren.*

**Zweite, sehr vermehrte und verbesserte Auflage.**

In Leinwand gebunden Preis M. 16,—.

---

## **Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen**

von

### **Lüftungs- und Heizungsanlagen.**

Auf Anregung Seiner Excellenz des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten

verfasst von

**H. Rietschel,**

Geh. Regierungsrath, Professor an der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin.

**Zwei Bände.**

*Mit 48 Textfiguren, zahlreichen Tabellen und 22 lithographirten Tafeln.*

**Zweite, durchgesehene Auflage.**

Preis in zwei Leinwandbänden M. 8,—.

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.