

Alle nicht einzupassenden Teile erhalten Spiel, um der Werkstatt die Arbeit zu erleichtern. So bohrt man die Löcher, in denen gewöhnliche Verbindungsschrauben sitzen, je nach deren Größe um  $\frac{1}{2}$  bis 2 mm weiter. Es wäre z. B. ganz unmöglich, einen Deckel auf eine größere Zahl von Stiftschrauben, die ohne Spiel in den Schraubenlöchern sitzen sollten, zu bringen. An Lagerschalen wird man das schwierige Anpassen der Hohlkehle durch Brechen der Lagerkante *a*, Abb. 261, umgehen und aus ähnlichem Grunde die Kanten am Ende der Kolbenstange in Abb. 267 in Rücksicht auf die Kehle am Grunde der Bohrung oder die Kanten der in geschlossenen Schubstangenköpfen liegenden Keile abschrägen, wegen den Abrundungen der Aussparungen der Köpfe. (Vgl. das Konstruktionsbeispiel 1a des Abschnittes 17.)

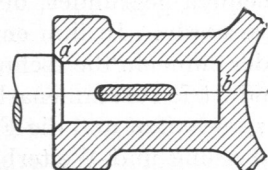


Abb. 265. Falsche, überbestimmte Anpassung.

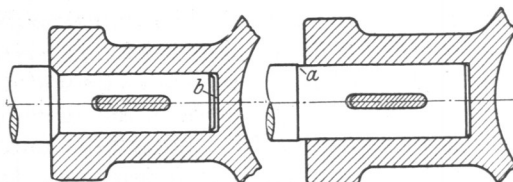


Abb. 266 und 267. Einpassen von Kolbenstangen.

## V. Die Normung der Maschinenteile.

Die neuzeitliche Massenherstellung und die weitgehende Arbeitsteilung waren der Anlaß zur Normung der häufig verwandten Teile unter Durchführung des Grundsatzes gegenseitiger Austauschbarkeit. Gleichartige Stücke werden in Reihen nach ihrer Größe geordnet, in bezug auf Form und Abmessungen einheitlich festgelegt und so ausgeführt, daß sie gegeneinander ausgewechselt oder in einer beliebigen Maschine der gleichen Art ohne irgendwelche Nacharbeit eingesetzt werden können. In getrennten Werkstätten bearbeitete oder von verschiedenen Herstellern bezogene Teile gleicher Art müssen in ihren Maßen praktisch übereinstimmen.

### a) Entstehung und Bedeutung der Normung.

Normen im weiteren Sinne sind uralte. Handel und Verkehr verlangten schon in ihren einfachsten Formen Vereinbarungen über Maße, Gewichte, Werte und Zeiten und führten zu den Maß-, Gewichts- und Münzsystemen und zur Zeiteinteilung; das Handwerk schuf die ersten technischen Normen; besonders großen Einfluß hat das Kriegswesen gehabt, indem es auf die Vereinheitlichung der Waffen und der gesamten Ausrüstung größerer Gruppen hinwirkte. Während aber das Handwerk, angewiesen auf die menschliche Kraft und Handfertigkeit, im wesentlichen auf der Einzelfertigung der Stücke stehen blieb, bringt die Ausgestaltung der Dampfmaschine eine gewaltige Steigerung der mechanischen Hilfsmittel und schafft die Möglichkeit der Massenherstellung. Gleichzeitig wächst der Bedarf an großen Mengen gleicher Einzelteile — im Maschinenbau z. B. der an Verbindungsmitteln, Schrauben, Nieten, Keilen, Stiften —, die zunächst in den einzelnen Fabriken mehr oder weniger planmäßig vereinheitlicht werden. Allgemeine Bedeutung gewinnen zuerst die von Whitworth 1841 veröffentlichten Gewindenormen, die bei der damaligen überragenden wirtschaftlichen Bedeutung Englands rasch in der ganzen Welt Eingang fanden. In der Folgezeit schaffen vor allem die industriellen Verbände, die technischen Vereine und die großen Abnehmergruppen zahlreiche allgemeiner angewandte Normen. Von den für den Maschinenbau wichtigen wurden in Deutschland u. a. 1873 die Lehren für Bleche und Drähte, 1880 die Normalprofile für Walzeisen, 1882 die Normalien für gußeiserne Rohre, 1900 diejenigen der Rohrleitungen für Dampf von hoher Spannung, 1911 einheitliche Farben zur Kennzeichnung von Rohrleitungen aufgestellt. Ferner wurde 1898 das *SI*-, 1903 das deutsche Gasrohrgewinde eingeführt. Sehr ausgedehnt sind die seitens der Behörden,

der Staatsbahnen, der Post, des Heeres und der Handels- und Kriegsmarine erlassenen Vorschriften, die sich z. B. bei der Eisenbahn nicht allein auf Einzelteile, sondern auch auf die einheitliche Gestaltung ganzer Betriebsmittel, der Wagen, Tender und Lokomotiven beziehen und von der Normalisierung zur Typisierung übergehen.

Freier vom Gang der Entwicklung konnte die Elektrotechnik arbeiten und schon während ihres Entstehens einheitliche Grundlagen schaffen.

Wirkungsvollste Förderung erfuhr die Normung durch den Weltkrieg, durch den gewaltigen Bedarf an Waffen, Munition und Geräten aller Art unter hohen Anforderungen an Güte und Gleichmäßigkeit. 1917 wurde auf Anregung des Fabrikationsbureaus in Spandau ein Normalienausschuß für den deutschen Maschinenbau gegründet, der bald zum Normenausschuß der deutschen Industrie (NDI) erweitert wurde. In ihm entstand eine oberste Stelle für die Vereinheitlichungsbestrebungen, in der nunmehr die technischen Verbände, die Behörden, die Wissenschaft und die gesamte Industrie zusammenarbeiten. Seine Aufgabe ist, die allgemeinen Grundlagen der Normung zu schaffen und die Formen und Maße der zu vereinheitlichenden Teile unter Zusammenfassung und Weiterbildung bestehender Normen planmäßig festzulegen. Dabei soll er nur solche Normen durchbilden, die für alle Industriezweige, oder doch für die Mehrzahl von ihnen Bedeutung haben, die Ausgestaltung der Fachnormen aber, die für einen oder wenige Zweige wichtig sind, und die von den Fachverbänden aufgestellt werden, lediglich überwachen. Neben ihm wirken seit 1918 der Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (A. w. F.) und die Ausschüsse für Betriebsorganisation, die vor allem die Herstellung durch Spezialisierung und Typisierung sowie durch organisatorische und wirtschaftliche Maßnahmen möglichst vorteilhaft machen sollen.

Vorschläge und Entwürfe zu neuen Normen werden laufend in den der Zeitschrift „Maschinenbau“ beigehefteten NDI-Mitteilungen veröffentlicht und bis zu einem bestimmten Zeitpunkt der allgemeinen Besprechung und Beurteilung anheimgegeben. Vom Ausschuß endgültig angenommene Normen sind in Form von Dinblättern, durch Nummern gekennzeichnet, vom Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstraße 8, zu beziehen. Ein jährlich zweimal herausgegebenes Normblattverzeichnis, das im gleichen Verlag erscheint, gibt einen Überblick über die zu dem betreffenden Zeitpunkt bezugfertigen und in Arbeit befindlichen Normblätter, sowie über den Stand der Normungsarbeiten auf den einzelnen Gebieten.

In den NDI-Mitteilungen wird auch ständig über die Fortschritte der Normungsarbeiten in Deutschland und im Auslande berichtet und auf die in anderen Stellen veröffentlichten Arbeiten der Fachnormenausschüsse hingewiesen.

Die zum Teil auszugsweise Wiedergabe der Dinormen im vorliegenden Buche erfolgt mit Genehmigung des NDI, wobei bemerkt sei, daß für die Angaben die Dinormen verbindlich bleiben.

Die technischen und wirtschaftlichen Vorteile der Normung sind äußerst wichtig und vielseitig. Sie bestehen in der wesentlichen Verringerung der Herstellungskosten, nicht allein für den Liefernden, sondern auch für den Verbraucher genormter Teile, in der Verbesserung der Arbeit durch die Möglichkeit, Sondermaschinen und -werkzeuge benutzen zu können, in der Erleichterung des Zusammenbaues der Maschinen durch das Bereithalten der normalen Teile in Lagern, in kürzeren Lieferzeiten, in dem leichteren Ersatz einzelner Teile, insgesamt in einer Verbilligung der ganzen Maschine und der gesamten Erzeugnisse und größerer Wettbewerbfähigkeit auf dem Markte. Durch richtige Auswahl der genormten Teile lassen sich die Zahl der auf Vorrat zu haltenden Stücke und die Zahl der Werkzeuge, somit aber auch die darin angelegten Werte wesentlich beschränken. Die Konstrukteure werden von ständig wiederkehrender Kleinarbeit und von der Normung im eigenen Betriebe entlastet und für weitere Aufgaben frei. Und schließlich wirkt die genaue Einhaltung der Maße für die genormten Teile, wie sie die Austauschbarkeit verlangt, auf eine Steigerung der Arbeitsgenauigkeit und auf eine allgemeine

Erhöhung der Güte der Erzeugnisse hin. Das früher vielfach anzutreffende Bestreben, den Käufer einer Maschine in bezug auf jeden Ersatzteil vom liefernden Werk abhängig zu machen, ist falsch; die Eigenart der Maschine darf nicht in nebensächlichen Einzelheiten, sondern muß in möglichst vollkommener Durchbildung des Wesentlichen gesucht werden. Das Bedenken, daß die Normung den Fortschritt hemmen könne, muß durch Beschränkung derselben auf dazu reife Teile und durch sorgfältige und häufige Nachprüfung sowie durch richtige Fortentwicklung der Normen behoben werden.

Um einige Zahlen zu nennen, so führt das Dinbuch 6 an, daß in einem führenden Werke durch die Normung der Triebwerkteile die Zahl der Modelle u. a.

für Hängelager im Bereich von . . . 30 ... 110 mm	$\phi$ von 146 auf 46,
für kurze Gleitstehlager im Bereich von 50 ... 300 mm	$\phi$ von 29 auf 18,
für Scheibenkupplungen im Bereich von 50 ... 200 mm	$\phi$ von 24 auf 13,
für Riemenscheiben . . . . .	von 3600 auf 600

vermindert werden konnte.

Die weitestgehende Anwendung der Normen ist zur Förderung des Maschinenbaues dringendst erwünscht. An sie muß sich der Konstrukteur selbst unter Aufgabe mancher, allermeist vermeintlicher Vorteile streng halten. Mit ihnen soll sich auch der Studierende eingehend vertraut machen; er muß sie schon von den ersten Übungen im Entwerfen an benutzen und, wo irgend möglich, anwenden lernen. Als Beispiele seien erwähnt: beim Entwurf von Walzenkesseln muß von den normalen Abmessungen der Kesselböden und Bleche ausgegangen werden. Bleche größerer Abmessungen bedingen beträchtliche Überpreise und lange Lieferzeiten. Bei der Anlage von Rohrleitungen ist man auf die Verwendung der normalen Rohrweiten, auf die von den Sonderfabriken billig, aber nur in bestimmten Abmessungen und Abstufungen hergestellten Schieber, Ventile und Hähne, beim Entwurf von Triebwerkanlagen auf die normalen Wellen, Lager, Riemenscheiben, Kupplungen usw. angewiesen. Eisenbauwerke werden nur aus normalen Formeisen und Blechen zusammengesetzt.

Auch im Ausland, namentlich in Amerika, durch das „Bureau of Standards“ und in England durch das „British Engineering Standards Committee“, beide 1901 gegründet, sind umfangreiche und zum Teil schon weit entwickelte Normungsarbeiten im Gange. Sie zu verfolgen, ist die Aufgabe der Auslandsabteilung des NDI, die u. a. eine vollständige Sammlung der endgültigen ausländischen Normen und eine solche der Entwürfe, soweit sie veröffentlicht werden, unterhält. Gelegentliche Zusammenkünfte von Vertretern der Normenausschüsse der verschiedenen Länder, deren letzte Ende 1925 in der Schweiz stattfand und an der Vertreter Amerikas, Belgiens, Deutschlands, Englands, Frankreichs, Hollands, Österreichs, Polens, Schwedens, der Schweiz und der Tschechoslowakei teilnahmen, bezwecken die gegenseitige Angleichung der nationalen Normen.

#### b) Einteilung der Normen und einige Grundbegriffe.

Die Normen lassen sich in zwei Gruppen: 1. Grundnormen und 2. Fachnormen, einteilen.

Neben der schon international gewordenen Zeiteinteilung und dem Metermaßsystem, aus dem sich die Längen-, Flächen-, Raum-, Gewichts- und zahlreiche andere Einheiten, wie diejenigen für die Kraft, Geschwindigkeit, Beschleunigung ableiten, haben die Grundnormen allgemeine und grundlegende Bedeutung. Sie sollen deshalb an dieser Stelle kurz besprochen werden. Dazu müssen jedoch noch einige wichtige Begriffe erläutert werden.

Die obenerwähnte Austauschbarkeit stellt hohe Anforderungen an die Güte und Genauigkeit der Teile und setzt voraus, daß die Meßwerkzeuge in allen Fabriken übereinstimmen. Ihre absolute Übereinstimmung läßt sich jedoch praktisch ebensowenig wie die der mit ihnen hergestellten Teile erreichen. Stets hat man mit Abweichungen und Ausführungsfehlern zu rechnen, die aber je nach dem Grade des Zusammen-



passens in verschiedenen Grenzen liegen dürfen. Unnötig weit getriebene Genauigkeit verteuert die Herstellung und ist wirtschaftlich falsch. Beispielsweise brauchen die Zapfen in den Lagern landwirtschaftlicher Maschinen im allgemeinen nicht so genau zu passen und können größeres Spiel haben als in den Lagern von Dampf- und Werkzeugmaschinen, von denen sehr ruhiger Lauf oder große Arbeitsgenauigkeit verlangt wird. Während die Lager der letzteren sehr sorgfältig durch Aufreiben oder Ausschleifen bearbeitet werden müssen, kann man sich bei den zuerst genannten auf einfachere und billigere Arbeitsvorgänge, auf sorgfältiges Ausdrehen oder sogar sauberes Ausbohren beschränken. Je nach der Art der Passung, gekennzeichnet durch das Spiel oder das Übermaß, mit dem zwei Teile zusammengefügt sind, werden die Grenzen, in denen Abweichungen ohne Schaden zulässig sind, festgelegt und unter Benutzung von Grenzlehren eingehalten. Spiel ist der freie Raum zwischen der Bohrungswand und der Welle oder dem Zapfen, Übermaß das Maß, um welches das einzuführende Stück größer als die Bohrung ist, wenn es in dieser festsitzen soll. Die so entstehenden verschiedenen Passungen nennt man Sitze. Abb. 268 zeigt eine Grenzrachenlehre mit zwei um die zulässige Abweichung (Toleranz) verschiedenen Maulweiten. Über den herzustellenden

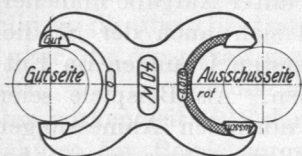


Abb. 268. Grenzrachenlehre.

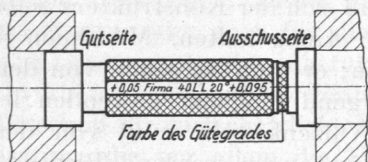


Abb. 269. Grenzlehrdorn.

Bolzen muß sich die weitere Öffnung, die dem Größtmaß entspricht, schieben lassen; die engere, die das Kleinstmaß kennzeichnet, darf dagegen nicht hinaufgehen. In ähnlicher Weise werden die Grenzen für eine Bohrung durch den Grenzlehrdorn, Abb. 269, praktisch festgelegt. Die Einführung der Seite kleineren Durchmesser in das Loch muß zwanglos möglich sein; das Ende mit dem größeren Durchmesser darf höchstens anschnäbeln, aber nicht hineingehen. Derartige Grenzlehren machen den Arbeiter von der Einstellung der sonst gebräuchlichen Meßwerkzeuge unabhängig, erhöhen die Genauigkeit und sind bequem und rasch zu handhaben. Bei größeren Maßen dienen Grenzflachlehren und Kugelmessungen zur vergleichenden Messung [III, 19].

Grundbedingung für die Herstellung und Benutzung genormter Teile, gleichviel ob sie im eigenen Betriebe ausgeführt oder von auswärts geliefert werden, ist ein der gesamten Industrie gemeinsames Passungssystem.

### c) Die Grundnormen.

Die Grundnormen, vom Normenausschuß in Form des Dintaschenbuchs 1 (III, 20) herausgegeben, beziehen sich auf die Größe, Form und Ausführung der Zeichnungen, eine einheitliche Schrift und einheitliche Bezeichnungen, die Festlegung der Normaltemperatur, Normungszahlen, Normaldurchmesser, Abrundungshalbmesser, Kegelswinkel, Grundlagen der Passungen und deren Fehlergrenzen, ferner auf die Gewinde, Werkstoffe u. a. m.

Die erste Gruppe ist ausführlich behandelt in (III, 18).

Die Festlegung einer einheitlichen Bezugstemperatur ist wegen der nötigen Übereinstimmung der Meßwerkzeuge geboten. Sie wurde nach DIN 102 und 524 zu 20° C gewählt. Auf sie sollen die Eigenschaften von Stoffen bezogen, bei ihr insbesondere alle Prüfungen von Meßwerkzeugen vorgenommen werden. Zu dem Zwecke ist der Meßraum der Fabrik, in der die Betriebswerkzeuge an Normalmaßen nachgeprüft werden, möglichst genau auf 20° zu halten. In den Werkstätten kann die Meßtemperatur nicht eingehalten werden; der Einheitlichkeit wegen soll deshalb als Werkstoff der Meßwerkzeuge im allgemeinen Kohlenstoffstahl mit einer Ausdehnungszahl von 11,5  $\mu$  auf 1 m und 1° C benutzt werden. Teile höchster Genauigkeit, sowie solche aus Aluminium, Messing, Bronze und anderen Legierungen mit abweichenden Ausdehnungszahlen sind in der Nähe von 20° zu messen.



Zu den Normungszahlen des Blattes DIN 323 sei hier nur bemerkt, daß sie den Zweck haben, die planmäßige Aufstellung von Normen und Typenreihen und die engere Auswahl von Teilen aus einer größeren Reihe zu erleichtern. Sie sind nach dem Grundsatz, daß die Unterschiede in den Maßen zweier aufeinanderfolgender Stücke einer Reihe um so größer werden dürfen, je größer deren Maße sind, in möglichster Annäherung an geometrische Reihen aufgestellt worden.

Die Normaldurchmesser, Zusammenstellung 54, bilden die Grundlage für die Passungen, die zugehörigen Arbeits- und Meßwerkzeuge und gelten vor allem für die Durchmesser sämtlicher Paßstellen. Durch sie wird die Zahl der normalen Werkzeuge, der Bohrer, Reibahlen, Grenzlehren usw. beschränkt, eine Maßnahme, die sowohl für den Hersteller der Werkzeuge wie für die Werkstatt äußerst wichtig ist, indem sich der erste bei der Fertigung auf weniger Arten und auf eine größere Anzahl einstellen, die Werkstatt aber den Werkzeugbestand verringern kann. Der Konstrukteur wird sich häufig weitergehend noch auf eine Auswahl der Durchmesser beschränken können, indem er beispielweise im allgemeinen Maschinenbau die ungeraden Durchmesserzahlen zwischen 17 und 27 mm vermeidet, die nur in Rücksicht auf den Kraftwagen- und Leichtbau in die Tafel aufgenommen wurden, oder indem er eine Auswahl an Hand der im Vorstehenden erwähnten Normungszahlen trifft. Die Normaldurchmesser sind in DIN 3 zwischen 1 und 500 mm derart festgelegt, daß die Abstufungen mit zunehmendem Durchmesser absatzweise, z. B. zwischen 100 und 200 mm um je 5, von da bis 500 mm um je 10 mm wachsen.

Zusammenstellung 54. Normaldurchmesser nach DIN 3 (Auszug.)

1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10
11	—	12	—	13	—	14	—	15	16	17	18	19	20
21	—	22	—	23	—	24	—	25	26	27	28	—	30
—	—	32	—	33	—	34	—	35	36	—	38	—	40
—	—	42	—	—	—	44	—	45	46	—	48	—	50
—	—	52	—	—	—	—	—	55	—	—	58	—	60
—	—	62	—	—	—	—	—	65	—	—	68	—	70
—	—	72	—	—	—	—	—	75	—	—	78	—	80
—	—	82	—	—	—	—	—	85	—	—	88	—	90
—	—	92	—	—	—	—	—	95	—	—	98	—	100
—	—	—	—	—	—	—	—	105	—	—	—	—	110

usw.

bis zu 200 mm in Stufen von 5,  
von 210 bis zu 500 mm in Stufen von 10 mm steigend.

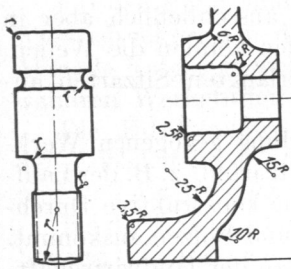


Abb. 270 und 271. Anwendungen der Rundungshalbmesser DIN 250.

Einheitliche Rundungshalbmesser, für welche die Abb. 270 und 271 Anwendungsbeispiele geben, sind in Rücksicht auf die Zahl der Ausrundungsstreifen, Schablonen und Werkzeuge beim Herstellen der Modelle sowie auf diejenige der Profilstähle und Fräser zum Bearbeiten der Kehlen und Abrundungen zweckmäßig. Sie sind in der DIN 250, Zusammenstellung 55, festgelegt, deren nichteingeklammerte Werte vorzugsweise verwendet werden sollen.

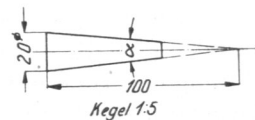


Abb. 272. Kennzeichnung von Kegeln.

Zusammenstellung 55. Rundungshalbmesser in mm nach DIN 250.

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	(180)	160	(140)	125	(110)		
100	(90)	80	(70)	60	50	(45)	40	(35)	30	25	(22)	20	(18)	15	—	(12)	—
10	—	(8)	—	6	(5)	—	4	—	(3)	2,5	—	(2)	—	1,5	—	(1,25)	—
1	—	(0,8)	—	0,6	(0,5)	—	0,4	—	(0,3)	—	—	0,2	—	—	—	—	—

DIN 254 regelt die Formen der Kegel für die verschiedensten Zwecke. Sie sind entweder durch den Kegelwinkel  $\alpha$ , Abb. 272, oder durch die Verjüngung in Millimetern gekennzeichnet, wobei der Ausdruck „Kegel  $\frac{1}{k}$ “ bedeutet, daß der Kegeldurchmesser auf

einer Länge von  $k$  mm um 1 mm abnimmt. Normale Kegelwinkel sind  $120^\circ$ ,  $110^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $45^\circ$  und  $30^\circ$ , normale Verjüngungen:

$\frac{1}{k}$	1:1,50	1:3	1:5	1:6	1:10	1:15	Morsekegel	1:20	1:30	1:50
$\alpha$	$36^\circ 52'$	$18^\circ 56'$	$11^\circ 25'$	$9^\circ 32'$	$5^\circ 44'$	$3^\circ 49'$	nach DIN 231	$2^\circ 52'$	$1^\circ 54' 34''$	$1^\circ 8' 44''$

Angaben über die Verwendung finden sich bei den einzelnen Maschinenelementen.

Der große Durchmesser der Kegel soll der Normaldurchmesserreihe der DIN 3 entnommen werden; Ausnahmen bilden die Stifte nach DIN 1, die Morsekegel und solche an Schrauben und Nieten. Bei Kegeln 1:20 wird man sich möglichst nach den normalen Reibahlen und Lehren der DIN 233 richten. Für die Länge einer kegeligen Bohrung sind äußerstenfalls diejenigen der Reibahlen maßgebend.

Im Anschluß hieran sei auf die normalen Zentrierbohrungen DIN 332 hingewiesen.

#### d) Die Grundlagen der Passungen.

Den Ausgangspunkt für das Passungssystem bildet entweder die Lochweite oder der Wellendurchmesser. Im ersten Falle liegt den unten näher besprochenen Sitzarten eine stets gleichbleibende Bohrung, die Einheitsbohrung, zugrunde, der die Wellen und Zapfen durch Abdrehen oder Abschleifen angepaßt werden, ein Verfahren, das in der Mehrzahl der Fälle einfacher ist und mit weniger und billigeren Werkzeugen auszukommen gestattet. Manchmal geht man aber auch zweckmäßigerweise von der stets gleichgehaltenen Einheitswelle aus, wenn nämlich die Verwendung glatter Wellen vorteilhafter oder geboten erscheint. Allerdings müssen bei diesem System im Falle genauere Passung für jede Lagerbohrung besondere Reibahlen bereit gehalten werden, ein Nachteil, der aber bei Massenherstellung und mit zunehmender Größe des Betriebes zurücktritt, weil es schließlich gleichgültig ist, ob in einer bestimmten Zeit eine Anzahl unter sich gleicher oder eine gleiche Zahl verschiedener Werkzeuge verbraucht wird.

Nach den Feststellungen des Normenausschusses ist das System der Einheitsbohrung das weiter verbreitete. Im allgemeinen Maschinenbau ist es dort zweckmäßig, wo in einer und derselben Abteilung die verschiedenartigsten Teile ausgeführt und wo höhere Anforderungen an die Genauigkeit bei Anwendung von drei und mehr Sitzarten gestellt werden. In ausgedehntem Maße ist es im Werkzeugmaschinenbau — eine Ausnahme bilden nur die Bohrmaschinen —, im Kraftwagen- und Lokomotivbau und vielfach bei der Herstellung von Zahnrädern und Riemenscheiben, ausschließlich aber in der Kugellagerherstellung im Gebrauch. In den letzten drei Fällen können die Wellen, auf denen die Teile sitzen sollen, durch Schleifen leicht den verlangten Sitzarten angepaßt werden.

Das System der Einheitswelle ist vorteilhaft bei Verwendung gezogenen Werkstoffs und bei größeren Passungsgraden, oder wenn nur wenige Sitzarten, z. B. der Lauf- und der Haftsitz, in Betracht kommen, ferner in dem Falle, wo die konstruktive Durchbildung der Teile mit weniger Absätzen oder ganz glatten Wellen und Bolzen auskommt. Anwendungsgebiete sind der Triebwerk- und Hebezeugbau, der Bau der landwirtschaftlichen und Textilmaschinen.

In einer bestimmten Fabrik oder Abteilung wird man sich je nach den besonderen Umständen für eines der beiden Systeme entscheiden, das gewählte aber durchweg zur Geltung bringen.

Wie schon oben angedeutet, hängt die Genauigkeit der Passung von der Art der Maschine und von dem angewendeten Herstellungsverfahren ab. Man unterscheidet in der Beziehung vier Gütegrade, die sich durch die Größe der Abmaße oder zulässigen Abweichungen unterscheiden: die Edel-, Fein-, Schlicht- und Grobpassung. Die Edelpassung ist nur bei besonders hohen Anforderungen an die Gleichartigkeit der Ausführung anzuwenden. Die Feinpassung ist die an genau bearbeiteten Maschinen und an den meisten genormten Teilen übliche Art. Bei der Schlichtpassung

sind die Anforderungen an die Gleichartigkeit der Sitze geringere; immerhin bleibt die Eigenart der einzelnen Sitzarten gewahrt. Grobpassung kommt nur an Teilen für untergeordnete Zwecke in Frage, bei denen große Spielschwankungen innerhalb des einzelnen Stückes zulässig sind.

Innerhalb der vier Gruppen gibt es verschiedene Arten von Sitzen, so z. B. bei der Feinpassung: vier Bewegungssitze, nämlich den weiten Laufsitz, den leichten Laufsitz, den Laufsitz, den engen Laufsitz und fünf Ruhesitze, nämlich den Gleit-, den Schiebe-, den Haft-, den Treib- und den Festsitz. *Preßsitz* *gehört zu den Bewegungssitzen*

Der weite Laufsitz, abgekürzt durch  $WL$  bezeichnet, wird an Teilen angewandt, die sich gegenseitig mit sehr reichlichem Spiel bewegen dürfen, der leichte Laufsitz  $LL$  an solchen mit reichlichem Spiel (mehrfach gelagerten Wellen, Hebelwerken und Gestängen), der Laufsitz  $L$  bei merklichem Spiel (an Kurbel- und Ankerwellen, Hauptlagern von Drehbänken, Fräs- und Bohrmaschinen, überhaupt bei den gewöhnlichen, genauen Lagerungen des Maschinenbaues), der enge Laufsitz  $EL$  dann, wenn die Teile kein merkliches Spiel haben sollen (Spindellager an Schleifmaschinen und genauen Drehbänken, Teilkopfspindeln, Indikatorkolben, packungslose Ventilschrauben und Steuerkolben). Der Gleitsitz  $G$  gestattet noch eben die Verschiebung der Teile von Hand bei Anwendung von Schmiermitteln (Wechselräder an Drehbänken, Fräser auf Dornen, aufzukeilende ungeteilte Scheiben und Reibungskupplungen auf Wellen). Der Schiebesitz  $S$  wird an Stücken, die von Hand oder unter Holzhammerschlägen zusammengefügt oder auseinandergenommen werden sollen, verwandt (Büchsen, verschiebbare Riemenscheiben, Zahnrädern, zylindrischen Kolbenstangensitzen im Kreuzkopf). Der Haftsitz  $H$  ist für Teile bestimmt, die gegenseitig festsitzen müssen, aber ohne erheblichen Kraftaufwand mit Handhämmern oder Handdornpressen zusammengefügt oder gelöst werden sollen (Zahnräder auf Arbeitsspindeln, Kugellagerinnenringe, Turbinenlaufräder, Schwungräder). Der Treibsitz  $T$  muß unter größerem Kraftaufwand mit Handhämmern zusammen- oder auseinandergetrieben werden. Der Festsitz  $F$  wird mittels Schrauben- oder Wasserdruckpressen, also unter großem Druck hergestellt und verbürgt einen unbedingt festen Sitz (Lagerbuchsen in Lagerkörpern, Planscheiben an Kopfdrehbänken, aufgezoogene Bunde an Wellen und Spindeln, fliegend aufgebrachte Zahnräder, Bronzekränze auf Zahnrädern, Feldbahnwagenräder auf ihren Achsen). Bei Anwendung der drei letzten Sitzarten verschieben sich die Teile längs der Achsen keinesfalls mehr von selbst, wohl aber müssen sie gegen Drehen gesichert werden, wenn größere Drehmomente zu übertragen sind.

Für den Preß- und den Schrumpfsitz, der erste vermittels kräftiger Spindel- oder Wasserdruckpressen, der zweite durch Warmaufziehen hergestellt, sind keine einheitlichen Abmaße festgelegt worden, da sie sich nach der Art der Werkstücke und nach den verwandten Werkstoffen richten müssen.

Die Edelpassung wird nur auf die Ruhesitze angewandt; man unterscheidet den Edelgleitsitz  $eG$ , den Edelschiebesitz  $eS$ , den Edelhaftsitz  $eH$ , den Edeltreibsitz  $eT$  und den Edelfestsitz  $eF$ . *Minutensitz! Edelgleitsitz!*

Bei der Schlichtpassung kennt man den weiten Schlichtlaufsitz  $sWL$ , den Schlichtlaufsitz  $sL$  und den Schlichtgleitsitz  $sG$ . Für die Ruhesitze sind die Bohrungslehren der Feinpassung maßgebend; der sich ergebende Sitz ist aber höchstens so fest wie bei der Feinpassung.

Grobpassung wendet man nur auf Bewegungssitze an und unterscheidet die drei Grobsitze  $g_1$ ,  $g_3$  und  $g_4$ .

Abb. 273 zeigt an einem Beispiel aus dem System der Einheitsbohrung, und zwar für 60 mm Bohrungsdurchmesser, anschaulich die Verhältnisse bei den verschiedenen Passungen und Sitzarten. Als Ordinaten sind von der kräftig hervorgehobenen Nulllinie aus die Toleranzen aufgetragen, und zwar geben die weit gestrichelten Felder die Abmaße, die für die Bohrung als zulässig erachtet werden, die eng gestrichelten aber die Grenzen an, in denen sich die Maße des Zapfens oder der Welle halten müssen. Die nach oben aufgetragenen + Werte entsprechen Vergrößerungen, die nach unten aufgetragenen



— Werte Verkleinerungen des Nenndurchmessers. Beispielweise ist im Falle der Feinpassung für die Bohrung durchweg ein oberes Abmaß  $a = + 0,03$  mm zugelassen; der Bohrungsdurchmesser darf also zwischen 60,00 und 60,03 mm liegen, Grenzen, die das sorgfältige Aufreiben der Bohrung verlangen und die durch Grenzlehrdorne nach Abb. 269 nachgeprüft werden.

Bei der Schlichtpassung beträgt das obere Abmaß 0,06 mm, die Bohrung wird also in den Grenzen von 60 bis 60,06 mm brauchbar erachtet und kann mit einfacheren Hilfsmitteln, z. B. durch Ausbohren und Ausreiben mit Maschinenreibahlen auf der Drehbank hergestellt werden. Kennzeichnend ist aber in beiden Fällen, daß das untere Abmaß der Bohrung Null ist, daß also der Mindestdurchmesser des Loches dem Nennmaße entspricht. Ein Zapfen mit weitem Laufsitz hat bei Feinpassung Abmaße zwischen  $b = - 0,100$  und  $c = - 0,150$  mm; sein Durchmesser soll dementsprechend zwischen 59,9 und 59,85 mm liegen; er weist ein Spiel von mindestens  $60 - 59,9 = 0,1$  mm (Kleinstspiel) und äußerstenfalls  $60,03 - 59,85 = 0,18$  mm (Größtspiel) auf.

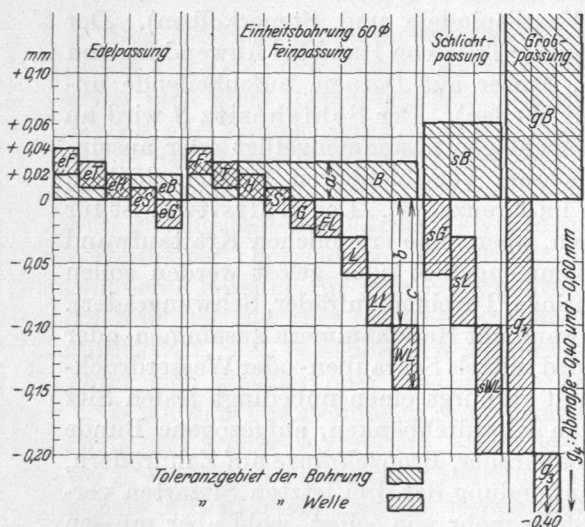


Abb. 273. Passungen an einer Einheitsbohrung von 60 mm Durchmesser.

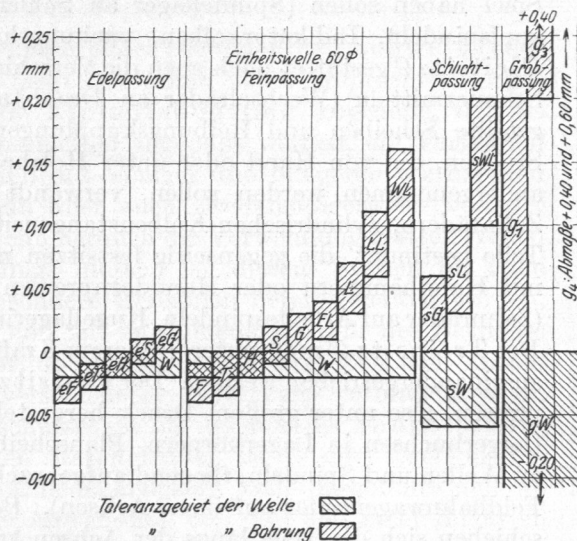


Abb. 274. Passungen an einer Einheitswelle von 60 mm Durchmesser.

Dagegen verlangt der Festsitz einen Zapfendurchmesser mit  $+ 0,040$  bis  $+ 0,020$  Abmaß, der also zwischen 60,04 und 60,02 mm liegt, damit der Zapfen in die Bohrung von 60,00 bis 60,03 mm Durchmesser eingetrieben werden muß.

Abb. 274 gibt in ganz entsprechender Weise die Verhältnisse für eine Einheitswelle von 60 mm Durchmesser wieder. Im Falle der Schlichtpassung ist das obere Grenzmaß der Welle Null, das untere  $- 0,060$  mm, so daß Wellendurchmesser zwischen 60 und 59,4 mm zulässig sind.

Näheres über die Fachnormen findet sich in den Abschnitten über die betreffenden Maschinenteile.

#### e) Einige Bemerkungen über Fabriknormen.

Die allgemeine Normung der Maschinenteile muß nun in den einzelnen Fabriken durch Normen der Sonderteile (Fabriknormen) und der wichtigeren und häufig angewendeten Gruppen von Maschinenteilen oder schließlich der ganzen Maschinen (Typisierung) ergänzt werden. Wenn eine Ausführung Beständigkeit erlangt hat, also keinen einschneidenden Änderungen mehr unterliegt und der Bedarf genügend groß ist, kann die Normung und anschließend die Herstellung in Reihen oder Massen einsetzen. So werden vielfach die Spindel- und Reitstöcke der Drehbänke für bestimmte Spitzenhöhen genormt und auf Lager gearbeitet, während nur die Drehbankbetten je nach den verlangten Spitzen-

weiten oder Sondereinrichtungen im einzelnen ausgeführt werden. Ähnliches gilt von den Steuerteilen der Dampf- und Gasmaschinen, der Dampfturbinen usw. Bei großem Bedarf wird man auch die Stangenköpfe, Kolbenstangenverbindungen, Kreuzköpfe, Stopfbüchsen, Exzenter und anderes normen. Oft wird durch Zusammenfassen ähnlicher Teile zu einer einzigen oder zu wenigen Formen, gelegentlich auch durch Zerlegen eine Massenherstellung möglich.

Derartige Normungen müssen von der Konstruktionsstätte ausgehen, die ja die genormten Stücke vor allem anwenden soll, naturgemäß unter voller Berücksichtigung der vorteilhaftesten Herstellmöglichkeiten und der gesamten Kosten. Die Normen werden zweckmäßigerweise in Heften zusammengestellt und sollen, durch Listen der in den Werkstätten vorhandenen Kaliber, Grenzlehren, Fräser, Reibahlen, Ausrundungsstäbe usw. ergänzt, den Konstrukteuren jederzeit zugänglich, bereit liegen.

Das Folgende bringt ein paar Beispiele für derartige weitergehende Normungen.

An Steuerungen lassen sich mit Vorteil die Zapfen und die zugehörigen Stangenköpfe einheitlich durchbilden, indem z. B. die Zapfendurchmesser um je 5 mm abgestuft und die Zapfenlängen annähernd im Verhältnis  $\frac{d}{l} = \frac{1,4}{1}$  nach der folgenden Reihe unter Beachtung von DIN 3, Zusammenstellung 54, S. 181, festgelegt werden:

$d = 20$	25	30	35	40	45	50	55	60 mm
$l = 30$	36	40	50	55	60	70	75	80 mm

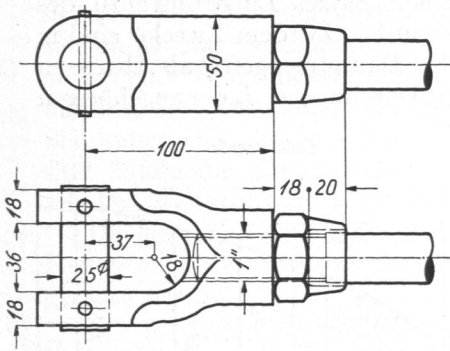


Abb. 275. Normalstangenkopf. M. 1:4.

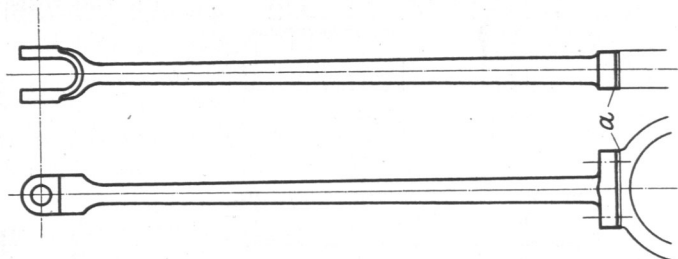


Abb. 276. Exzenterstange älterer Ausführung aus einem Stück.

Dann lassen sich auch die Stangenköpfe etwa auf Grund der Form Abb. 275 annähernd geometrisch ähnlich gestalten und geben eine Reihe, die die Herstellung in größeren Stückzahlen ermöglicht, wenn die Zapfen und Köpfe überall, wo sie irgend geeignet sind, verwendet werden. Im Zusammenhang mit Exzenterstangen bilden sie ein Beispiel dafür, wie durch Zerlegen von zur Massenherstellung ungeeigneten Teilen in einzelne Stücke Vorteile erzielt werden können. Die Exzenterstangen wurden früher nach Abb. 276 aus einem Stück, also mit angeschmiedeten oder angeschweißten Köpfen und Flanschen zur Befestigung am Exzenterbügel hergestellt. Sie mußten, da die Stangenlängen je nach Art und Größe der Maschine wechselten, einzeln ausgeführt werden. Die Abtrennung des Kopfes und die Ausbildung des Anschlusses am Bügel nach Abb. 277 ermöglichen deren Normung, so daß nur noch die einfachen Zwischenstangen in von Fall zu Fall verschiedener Länge einzeln ausgeführt werden müssen. Durch geeignete Wahl der Gewindemaße lassen sich sogar diese Stangenlängen in Abstufungen bringen und vereinheitlichen. Mit der neuen Gestaltung ist gleichzeitig die Regelung der Stangenlänge durch Nachstellen der Mutter gegenüber der älteren Ausführung wesentlich vereinfacht, bei der man sich durch Einlegen von Zwischenstücken oder Blechen bei  $a$  behelfen mußte.

Ein Beispiel, wie durch konstruktive Abänderungen die Massenherstellung von Kompressorventilen gefördert werden kann, sei dem Aufsatz von Neuhaus [III, 16] entnommen. Die Druck- und Saugventilsitze wurden früher mit verschiedenen Dicht- und Halteflächen im Zylinderdeckel nach Abb. 278 unten ausgeführt. Die darüber dargestellte neue Form benutzt vollständig gleiche Körper für beide Ventilarten. Sie konnten bei

dem rund doppelt so großen Bedarf statt auf Revolverbänken auf Halbautomaten in einer Aufspannung bei einem Viertel des früheren Lohnes fertig bearbeitet werden. Gleichzeitig war der Ersatz der früher notwendigen zwei Formplatten durch eine möglich geworden und ferner eine Vereinfachung in den Lagerbeständen eingetreten.

Oft leistet die zeichnerische Darstellung bei der Aufstellung von Normen gute Dienste. Beim Durchbilden einer Reihe von Ventilsteuerungen handelte es sich zunächst um die Festlegung einer möglichst geringen Zahl verschiedener Doppelsitzventile. Dazu wurden die Ein- und Austrittventile unter entsprechender Ausbildung der Körbe, Abb. 279 und 280,

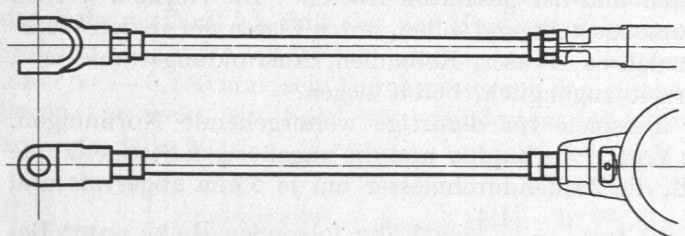


Abb. 277. Normung der Exzenterstange durch Zerlegung.

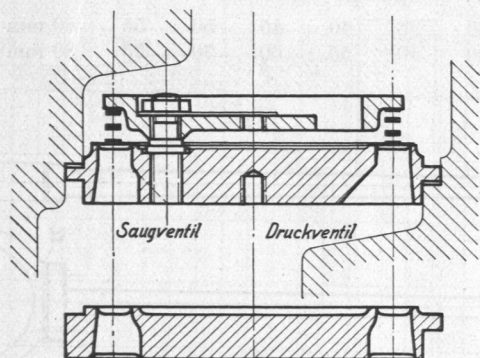


Abb. 278. Vereinheitlichung von Kompressorventilen (Borsig).

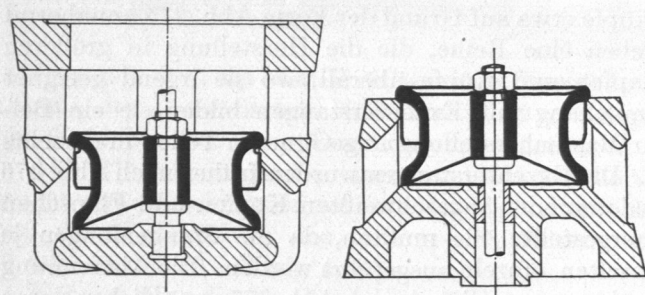


Abb. 279 und 280. Ein- und Auslaßventil gleicher Form.

auf gleiche Form gebracht. Da aber in den Ausströmventilen geringere Dampfgeschwindigkeit  $v = 30$  m/sek als in den Eintrittventilen,  $v = 40$  m/sek, herrschen sollte, konnten nicht die gleichen Ventildurchmesser für einen und denselben Zylinder verwendet werden. Die Reihe wurde deshalb so aufgestellt, daß das Aus-

laßventil des einen Satzes Einströmventil des nächstgrößeren wurde. Zu dem Zwecke sind in Abb. 281 über den Dampfmenigen  $Q$  als Abszissen die theoretischen Durchmesser  $d_0$  der zugehörigen

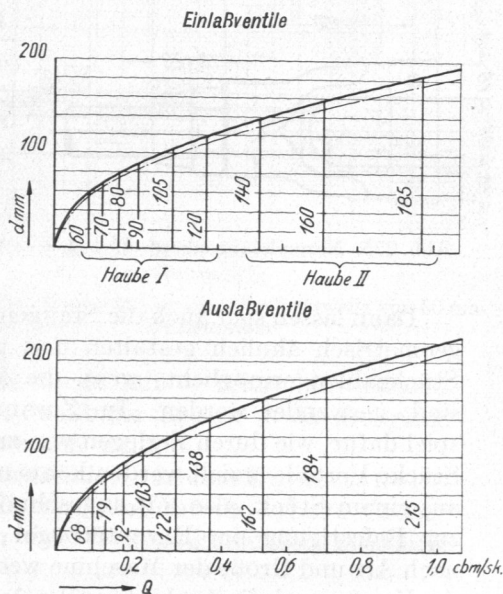


Abb. 281. Ermittlung zusammengehöriger Ein- und Auslaßventile.

Ventile, wie sie aus  $\frac{\pi}{4} d_0^2 = \frac{Q}{v}$  folgen, als strichpunktierte Linien aufgetragen. Die ausgezogenen Kurven ergeben die lichten Durchmesser  $d$  unter Berücksichtigung der Querschnittminderung durch die Rippen und Wandungen (rd. 20% bei den kleinen, 12% bei den größeren Ventilen), und zwar für die Einlaßventile oben, für die Auslaßventile unten. Durch Ziehen einer senkrechten Linie findet man ohne weiteres zusammengehörige Paare, so z. B. zu dem Einströmventil von 120 mm lichtigem Durchmesser ein Ausströmventil von 138 mm Durchmesser. Wird der letztere auf 140 mm abgerundet und als Einströmventil in den oberen Teil der Abbildung eingetragen, so erhält man das nächste Auspuff-



ventil von 162, rund 160 mm, und so die folgende Reihe der Ventildurchmesser: 60, 70, 80, 90, 105, 120, 140, 160, 185, 215 mm. Nach ihnen konnten auch die Körbe und die Steuerhauben, welche für mehrere Ventile die gleiche Form erhielten, festgelegt werden.

## VI. Bemerkungen über das Vorgehen beim Entwerfen von Maschinenteilen.

Beim Entwerfen muß die Aufzeichnung der Maschinenteile stets in unmittelbarem Zusammenhang mit der Berechnung der einzelnen Abmessungen oder Größen erfolgen; Berechnung und Entwurf müssen nebeneinander, dürfen nicht hintereinander durchgeführt werden. Man geht von dem Gegebenen, den Anschlußkonstruktionen oder den durch andere Entwürfe und Berechnungen schon festgelegten Teilen aus, zeichnet diese auf und berechnet die daran stoßenden Stücke des neuen Maschinenteils. Trägt man nun das Berechnete sofort in den Entwurf ein, so wird man meist von selbst auf die weiteren nun durchzubildenden oder zu berechnenden Teile hingewiesen und in der Gestaltung rasch gefördert. Für ein Absperrventil, dessen lichter Durchmesser gegeben oder aus den Durchflußmengen berechnet ist, hat man in den normalen Abmessungen der Rohrflansche die Anschlußkonstruktion, die den ersten Anhalt bietet. Sie führt zur Aufzeichnung und Berechnung des Ventilflansches und zur Nachrechnung der zugehörigen normalen Verbindungsschrauben. Wichtig ist nun, diese sofort maßstäblich einzuzeichnen, um bei der Ausbildung des Ventilkörpers genügend Platz für die Mutter und den Schraubenschlüssel zum Anziehen vorzusehen. — Beim Entwerfen einer Schubstange sind häufig die Zapfenabmessungen gegeben; um die Zapfen herum werden die Lageraschen, weiterhin die Köpfe und schließlich die Stange durchgebildet.

Die einzelnen Teile müssen sofort in allen zur vollständigen Darstellung notwendigen Rissen entworfen werden, zur Prüfung, ob ihre Ausbildung nicht durch andere Stücke gestört wird.

Oft wird es nötig sein, zunächst die Teile nach Gutdünken oder Schätzung, jedoch maßstäblich zu skizzieren, um an dem Entwurf die Art der Beanspruchung, die Größe der Hebelarme, an denen die Kräfte wirken, feststellen und die Teile nachrechnen zu können. Auch bei statisch unbestimmten Aufgaben, etwa der Berechnung einer mehrfach gelagerten Welle, ist immer ein Vorentwurf nötig, ehe die genaue Berechnung einsetzen kann.

Falsch ist das von Anfängern oft versuchte Verfahren, zunächst die Berechnung gesondert durchzuführen und dann erst die Ergebnisse aufzutragen. Nicht allein, daß es viel schwieriger ist, den Gang der Berechnung lediglich an Hand der Vorstellung durchzuführen; oft bedingen Änderungen, die beim Aufzeichnen aus konstruktiven Gründen oder aus Rücksicht auf die Herstellung notwendig werden, die Umrechnung vieler damit im Zusammenhang stehender Teile und machen große Abschnitte der mühsam aufgestellten Rechnung hinfällig.

Die neben dem Entwurf entstehende Rechnung muß übersichtlich sein. Vorteilhafterweise wird zu dem Zweck ein in der Mitte gebrochener Bogen verwendet, dessen eine Hälfte zur Durchführung der Rechnung dient, während die andere in gleicher Höhe Handskizzen zur Erläuterung der Wirkung der Kräfte und zum Eintragen der benutzten Maße und Bezeichnungen aufnimmt. Die Skizzen erleichtern gleichzeitig die Übersicht sowie das Auffinden der Berechnung der einzelnen Teile. Auch etwaige Veränderungen und Nachträge können auf der Seite der Skizzen Platz finden. Sehr zu empfehlen ist, die errechneten Beanspruchungen unmittelbar in die Entwurfzeichnung an der entsprechenden Stelle einzuschreiben, um das lästige Nachsuchen in der Rechnung zu ersparen.

Alle Erläuterungen, sowohl in den Berechnungen, wie auf den Zeichnungen, sind kurz, im Telegrammstil abzufassen. Lange Ausführungen werden besser durch Skizzen ersetzt und veranschaulicht.