

Die Grenzlehre

Carl Mahr

Spezialfabrik für Präzisions-Meß- und Lehr-Werkzeuge
Esslingen a. N.

Gegründet 1861

Fünfte Auflage

1928

Nachdruck des Textes und der Abbildungen, auch auszugsweise, verboten.

Copyright by Carl Mahr, Esslingen a. N.

28 Gr.

ISBN-13: 978-3-642-98417-4 e-ISBN-13: 978-3-642-99230-8
DOI: 10.1007/ 978-3-642-99230-8

Inhaltsangabe		Seite
1. Die Grundlagen neuzeitlicher Fertigung.		
Typisierung, Spezialisierung, Normung		3
2. Austauschbarkeit und Grenzlehre.		
Begriff der Austauschbarkeit, Normaldurchmesser, Fließarbeit		4
Falsche Anwendung von Normallehren. Grenzmaße		6
3. Ausbildung der Grenzlehren.		
Grenzlehrdorn, flache Grenzlochlehre, Grenzkugellendmaß, Grenzrachenlehre		6
4. Arbeitslehren und Abnahmelehren.		
Abnahme im eigenen Werk		10
Abnahme durch Behörden		11
5. Prüflehren und Abnutzungsprüfer.		
Prüflehren für die Gutseite von Arbeitslehren		13
" " " Ausschufseite " "		14
Abnutzungsprüfer		15
Äußere Form der Prüflehren: Meßscheiben, Meßstäbe, Abnutzungsprüfer, Prüfrachenlehren		16
6. Normallehren.		
Parallelendmaße, Normallehrdorne und -ringe, Meßmaschine		17
Meßtemperatur		19
7. Die Normen für Passungen.		
Bezugtemperatur, Passungen		19
Zusammenstellung der wichtigsten Begriffe auf dem Gebiet der Passungen		21
Gütegrade (Edel-, Fein-, Schlicht- und Grobpassung)		23
8. Die Passungssysteme: Einheitsbohrung und Einheitswelle.		
Begriff		25
Vergleich in bezug auf Lehren		26
" " " " Werkzeuge		27
" " " " Bearbeitungskosten		28
" " " " Zusammenbau und Instandsetzungen		32
Entscheidende Gesichtspunkte		32
9. Die genormten Passungen.		
Graphische Übersicht der Sitze des Einheitsbohrungssystems		36
" " " " " Einheitswellensystems		37
Paßeinheit		38
Anwendungsbeispiele für die einzelnen Sitze der Edelpassung		38
" " " " " " Feinpassung		40
" " " " " " Schlichtpassung		43
" " " " " " Grobpassung		44
Kugellagerpassungen		45
10. Umstellung auf die genormten Passungen.		
Weiterverwendung alter Lehren		47
Herstellung von Ersatzteilen im alten Passungssystem		47
11. Sonstige Anwendung von Grenzlehren.		
Für Vorbearbeitung		48
" gezogenes Material		48
" Flachpassungen		48
12. Die Lehren von Carl Mahr.		
Herstellungsverfahren		50
Genauigkeit		51
Werkstoff		52
Härten und Entspannen		53
13. Verzeichnis der Normblätter		55
14. Lehrenverzeichnis		71

1. Die Grundlagen neuzeitlicher Fertigung.

Grundsatz jeder wirtschaftlichen Fertigung muß es sein, die Gestaltung der Erzeugnisse so vorzunehmen, daß alle Einzelteile unter Wahrung der Qualität rationell hergestellt werden können. Eine fertige Werkstattzeichnung soll nicht nur zur Herstellung eines oder nur weniger Erzeugnisse dienen, sondern die Unterlage für die Einrichtung der Reihen- oder Massenanfertigung bilden. Damit sinkt die Bedeutung der einmaligen Konstruktionskosten, und das Mehrgewicht wird auf die Fertigung gelegt.

Verringert ein Unternehmen innerhalb seiner einzelnen Erzeugnisgattungen die Zahl der verschiedenen Größen und beschränkt es sich auf nur wenige bewährte und wohl durchgebildete Typen, so werden Konstruktionsbüro und Werkstatt von teuren Sonderausführungen entlastet und große Ausgaben gespart. Ein bekanntes Beispiel hierfür bietet der Elektromotorenbau der maßgebenden Werke, die durch Ausgestaltung lagermäßiger Typen rasch und billig liefern können. Diese Vorteile gehen dabei so weit, daß normale Motoren eines stärkeren Typs billiger geliefert werden können als schwächere kleinere Typen, die nicht lagermäßig sind. Gesellt sich zu dieser „**Typisierung**“ noch eine bewußte Beschränkung in der Zahl der Erzeugnisgattungen selbst, die „**Spezialisierung**“, so wird durch die Erhöhung der Fertigungszahl jedes Erzeugnisses die Wirtschaftlichkeit der Fertigung weiter gesteigert. Auf diese Weise werden alle Vorteile der Reihen- bzw. Massenfertigung ausgenutzt, so daß alle Teile mittels Sondereinrichtungen und Lehren unter den günstigsten Bedingungen und in höchster Vollkommenheit hergestellt werden können.

Typisierung.

Spezialisierung.

Normung.

Diese mehr organisatorischen und kaufmännischen Maßnahmen werden wesentlich unterstützt durch die Vereinheitlichung oder „**Normung**“ häufig vorkommender Einzelteile. Geht die Spezialisierung so weit, daß ein Werk nur noch ein Erzeugnis macht, so ist eine Normung innerhalb des Werkes nur noch in bezug auf einheitliche Maße, möglichst wenig verschiedene Teile, Materialsorten und -abmessungen an der Maschine oder dem Apparat selbst nötig. Sobald aber verschiedene Typen einer Gattung oder sogar mehrere Gattungen, wie sie die meisten Werke aus Gründen der wechselnden Marktlage nebeneinander führen, gleichzeitig gefertigt werden, kann durch sinngemäße Normung erreicht werden, daß gewisse Teile bei verschiedenen Erzeugnissen verwendbar sind. Die Fertigungszahl solcher Teile wird also weiter gesteigert,

so daß man immer mehr in das Gebiet der Massenfertigung hineinkommt. Man erzielt hierbei doppelte Ersparnisse, da man mit denselben Vorrichtungen einerseits eine größere Zahl von Teilen anfertigen kann, so daß der Kostenanteil des einzelnen Werkstückes an der Vorrichtung sinkt, und andererseits statt der Mehrzahl von Vorrichtungen nur noch eine einzige braucht. Genau dasselbe gilt für Lehren und Sonderwerkzeuge. Deshalb sollte man überall den größten Wert auf gut durchgearbeitete „Werknormen“ legen. Trägt also schon jede Werknorm zu einer Verbilligung bei, so ist dies in noch höherem Maße der Fall, wenn alle Werke, welche bestimmte Erzeugnisse herstellen, zusammengehen und gemeinsame Normen – „Fachnormen“ – aufstellen, so daß jene in dem Betrieb hergestellt werden können, der am besten darauf eingerichtet ist. Das Höchstmaß in dieser Richtung wird erreicht, wenn es gelingt, gewisse Teile für die gesamte Industrie zu vereinheitlichen, so daß sich mit deren Herstellung Sonderwerke befassen können.

Werknormen.

Fachnormen.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde im Jahre 1917 der „Deutsche Normenausschuß“ ins Leben gerufen, dessen Arbeitsgebiet die Aufstellung allgemeingültiger Normen für die ganze deutsche Industrie bildet. Diese Deutschen Industrie-Normen, oder kurz „DIN“, bilden eine wertvolle Errungenschaft; ihre wirtschaftliche Bedeutung liegt in der Entlastung der Lager der einzelnen Werke, die nun von Spezialfabriken mit kürzester Lieferzeit Normteile beziehen können, welche jene infolge der großen Mengen wesentlich billiger und vollkommener herstellen können, als es einem Einzelbetrieb möglich ist. Vergleicht man eine solche Fertigung mit dem vorher herrschenden Vielerlei, so zeigt sich eine bedeutende Verringerung der Modelle, Vorrichtungen, Werkzeuge und Lehren. Ja, es können bisherige Einrichtungen völlig durch Sondermaschinen ersetzt werden, die unter Umständen selbsttätig arbeiten. Weiterhin wird dadurch eine Normung der Ausgangswerkstoffe ermöglicht, so daß auch diese rascher und billiger bezogen werden können.

Dinormen.

2. Austauschbarkeit und Grenzlehre.

Ein Normteil ist nur brauchbar, wenn er wirklich „austauschbar“ ist. Wenn also z. B. ein normaler „Kolbenbolzen“ bezogen wird, so muß er so genau gearbeitet sein, daß sein Durchmesser um wenig mehr als ein Hundertstel Millimeter kleiner ist als die unabhängig davon hergestellte Pleuelstangenbohrung, in der er beweglich sein soll. Die „Passung“, in diesem Fall der Enge Laufsit, muß in jedem Fall gewahrt werden. In anderen Fällen müssen Bohrung und Welle fest ineinander sitzen oder sich ohne Spiel gegenseitig verschieben lassen. Da aber, wie später näher ausgeführt wird, bisher über die genauen Maße

Austauschbarkeit.

solcher Bohrungen und Wellen kein Einverständnis bestand, war es nicht möglich, ein Werkstück in einem Werk so herzustellen, daß es mit einem in einem andern Werk gefertigten Gegenstück die richtige Passung ergab. Bei diesem Zustande konnte es demnach auch keine allgemein brauchbaren Normteile geben.

Der Normenausschuß mußte es sich daher von vornherein zur Aufgabe machen, Normen für Passungen aufzustellen, die weiter unten näher beschrieben werden. Die Bedeutung der Vereinheitlichung auf diesem Gebiet geht jedoch noch weiter, denn sie bietet nicht weniger als die Möglichkeit, die gesamte deutsche Industrie zu einer einzigen großen Werkstätte zu machen, die ohne weiteres Teile von einem Betrieb nach einem anderen hinübernehmen kann. Es wird also nicht nur die allgemeine Verwendbarkeit von Normteilen, sondern auch die Vergebung jeder Art von Maschinenteilen nach fremden Werkstätten ermöglicht, ohne daß man zu befürchten braucht, daß sie bei dem Zusammenbau nicht passen. Von besonderer Bedeutung ist dies für Konzerne, die mehrere Fabriken umfassen; ihnen geben genormte Passungen die Möglichkeit, die Fertigung gewisser Arten von Teilen in besonderen zentralen Werkstätten zusammenzufassen. In diesem Zusammenhang sei hier auf DIN 3 (Seite 56) hingewiesen; sie stellt eine Auswahl von Durchmessern dar, mit denen man im allgemeinen auskommen kann und auf die sich der Konstrukteur beschränken soll. Womöglich soll aber im einzelnen Werk eine noch weitergehende Einschränkung vorgenommen werden. Dieses Vorgehen bringt der Werkstatt den großen Vorteil, daß nur noch für diese Durchmesser Lehren, Aufspanndorne, Reibahlen, Bohrmesser usw. zu halten sind.

Normal-
durchmesser.

Die **Austauschbarkeit** kommt aber keineswegs nur für die Verwendung von Teilen in Betracht, die in andern Werkstätten gefertigt werden, sie **bildet** auch innerhalb des Einzelbetriebs **ganz allgemein die Grundlage jeder neuzeitlichen Fertigung**. Im Gange der Arbeit muß jeder Teil in genau gleich bearbeiteten Abmessungen dem nächsten Arbeitsgang zugeführt werden, da sonst der Gebrauch von Vorrichtungen seinen Zweck verfehlen würde. Von dem Maße des einen Arbeitsganges geht man bei dem nächstfolgenden aus, und von der Genauigkeit des ersten Maßes und seiner Einhaltung hängt die Güte des fertigen Stückes ab. Das gilt besonders bei der **Fließarbeit**, wo die Austauschbarkeit eine vollkommene sein muß, da alle Teile, die nicht passen — sei es in der Maschinenreihe, sei es beim Zusammenbau —, Störungen ergeben; nur durch eine sorgfältig arbeitende, planmäßig eingefügte Kontrolle wird ein reibungsloser Fertigungsgang gewährleistet.

Fließarbeit.

Früher paßte man die Wellen in die Bohrungen mehr oder weniger stramm

Falsche Anwendung von Normallehren.

ein, je nachdem es sich um einen Festsitz oder Laufsitz handelte, oder aber man fertigte Bohrungen und Wellen je nach einer Normallehre an, d. h. man paßte in die Bohrungen einen „Normallehrdorn“ ein und drehte oder schliif die Wellen so lange, bis sich der „Normallehrring“ darüberführen ließ. So wurden die Wellen stets um einige Hundertstel Millimeter kleiner als das Normalmaß; ebenso wurden die Bohrungen größer, wobei das Wieviel in beiden Fällen von dem betreffenden Arbeiter abhängig war, d. h. davon, wie leicht der Lehrring über die Wellen ging oder der Lehrdorn sich in die Bohrungen einführen ließ. Nun sollen die Teile aber häufig nicht leicht, sondern stramm ineinandergelassen, unter Umständen soll sogar die Anwendung einer Presse nötig sein. Das ist mit Normallehren nicht zu erreichen; es ist mit ihrer Hilfe allein unmöglich, ein Stück ohne das andere so herzustellen, daß der gewünschte Sitz erreicht wird. Völlig ausgeschlossen war es, mit Normallehren passende Ersatzteile nachzuliefern. Es ist deshalb gänzlich verfehlt, Normallehren zur unmittelbaren Messung der Werkstücke zu benutzen.

Grenzmaße.

Neue Wege wies die Festlegung von **Grenzmaßen**. Man schrieb nämlich für eine Bohrung vor, daß sie zwischen zwei nahe zusammenliegenden Maßen, z. B. 40,025 und 40,00 mm, und daß eine darin laufende Welle zwischen 39,975 und 39,95 mm liegen soll. Jede so bemessene Welle ergibt in die Bohrung eingebaut stets einen Laufsitz. Soll ein Bolzen in jener Bohrung fest sitzen, so ist er zwischen den Grenzmaßen 40,035 und 40,018 mm auszuführen. **Volle Austauschbarkeit** wird also erst durch die Festlegung von **Grenzmaßen** möglich.

3. Ausbildung der Grenzlehren.

Grenzlehrdorne.

Bei der Bohrung ist eine so genaue Messung nicht anders möglich, als durch Benutzung von zwei Lehrdornen, deren einer das kleinste Maß, im vorliegenden Fall also 40,00 mm hat und sich zwanglos einführen lassen muß, während der andere mit 40,025 mm sich nicht einführen lassen, sondern höchstens anfassen darf. (Bild 1 und 2.) Die in die Zeichnungen eingetragenen Grenzmaße geben also die Maße der Grenzlehren an, nicht die der Werkstücke, denn deren äußerste Maße weichen von denen der Lehren naturgemäß um gewisse, wenn auch sehr kleine Beträge ab. Bei Durchmessern über 100 mm würden Lehrdorne schwer und unhandlich werden, so daß man bei ihrem Gebrauch nicht mehr das notwendige feine Meßgefühl hätte. Für größere Durchmesser verwendet man daher flache Lochlehren, von denen je ein Paar die beiden Grenzmaße enthält;

Flache Grenzlochlehren.

sie sind auf Seite 75 abgebildet. Bei Durchmessern über 260 mm verwendet man für eine Bohrung zwei Kugelmesser mit den beiden Grenzmaßen (siehe

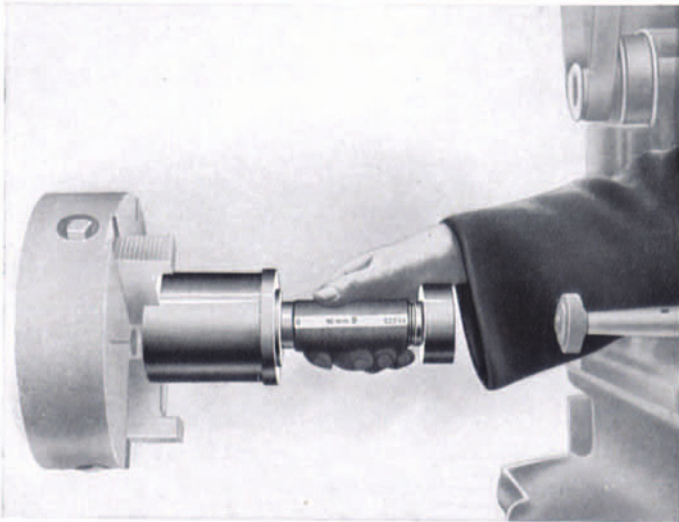


Bild 1.

Die Gutseite des Lehdornes muß sich zwanglos einführen lassen.

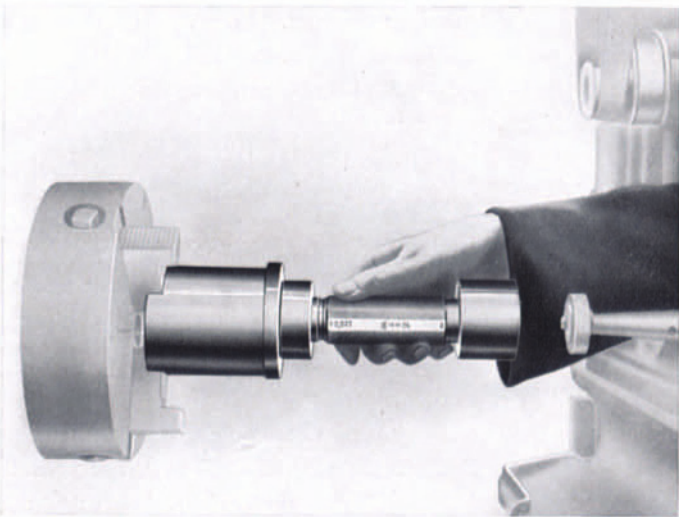


Bild 2.

Die Ausschufseite des Lehdornes darf sich nicht einführen lassen, sondern höchstens anfassen.

Grenz-
Kugel-
endmaße.

Seite 76). Flache Lochlehren sowie die beiden letztgenannten Lehrenarten haben vor den Lehrdornen den Vorzug, daß sie die Feststellung von Unrundheiten in der Bohrung viel leichter gestatten als jene. Allerdings können Bohrungen, die an der unteren zulässigen Grenze liegen und mit Flachlehren, Endmaßen oder Innenschraublehren gemessen werden, etwas enger werden, als man sie durch Messung mit Lehrdornen erhalten würde. Denn in eine Bohrung, in die sich eine Flachlehre noch eben einführen läßt, geht ein Lehrdorn desselben Durchmessers nicht mehr hinein. Um hieraus entstehende Unterschiede zu vermeiden, ist man im Normenausschuß übereingekommen,

von 1—100 mm Grenzlehrdorne,

über 100—260 „ flache Grenzlochlehren,

„ 260—500 „ Grenz-Kugelmäße

zu verwenden.

Verein-
barungen zur
Vermeidung
des
Berührungsa-
fehlers.

Bei der Welle ist es zwar möglich, die Maße mittels einer Schraublehre festzustellen, da aber bekanntlich die Messungen je nach dem Gefühl des Messenden um 0,005 bis 0,01 mm schwanken, ist ein einwandfreies Arbeiten auch hier nur möglich, wenn man feste Lehren benützt. Da die meisten Wellen zwischen den Körnerspitzen bearbeitet werden, benützt man hierfür keine Lehr-
ringe, sondern Rachenlehren. Diese stellen zudem ein viel empfindlicheres Meßwerkzeug dar als die massigen Ringe. Hierbei muß der größere Rachen, bei der oben angeführten Welle 39,975, sich leicht über die Welle führen lassen (Bild 3). Der kleinere Rachen, im obigen Falle 39,95, darf sich nicht über die Welle führen lassen, sondern höchstens anschnäbeln (Bild 4).

Grenz-
rachenlehren.

Wichtig ist, sich darüber klar zu werden, wie das Maß einer Rachenlehre zustande kommt. Hiefür wurde im Ausschuß für Meßwesen folgendes festgelegt:

„Das Maß der Rachenlehre ist definiert durch das Maß der Meßscheibe, über die sie (in leicht eingefettetem Zustand) durch ihr Eigengewicht (mindestens 100 g) eben hinübergleitet.“

Der Einfachheit halber werden, für Durchmesser bis 100 mm, die beiden Lehrdorne für eine bestimmte Bohrung, ebenso die beiden Rachenlehren für eine bestimmte Welle in einem Stück vereinigt. Eine Lehre enthält dann beide Grenzmaße und wird so zur „Grenzlehre“. Daher spricht man von Grenzlehrdornen (Bild 1 und 2) und GrenZRachenlehren (Bild 3 und 4) und behält diese Bezeichnung auch bei, wenn die zwei Meßseiten in Einzellehren – „Saß zu zwei Stück“ – aufgelöst sind. (Siehe S. 75 und 78.)

Grenz-
lehren.

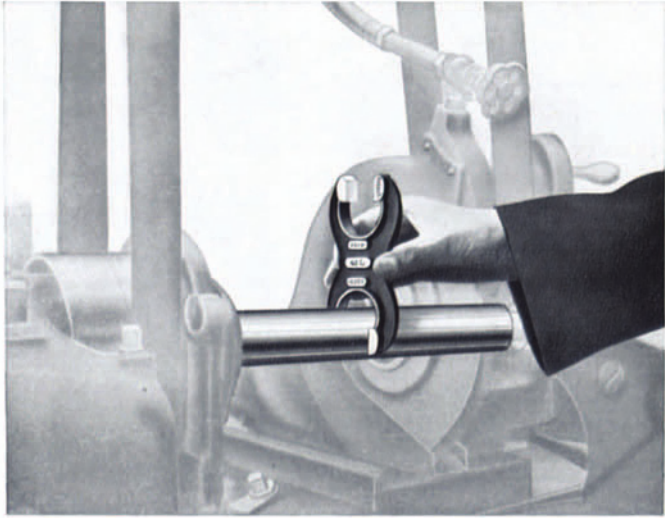


Bild 5.

Die Gutseite soll infolge des Eigengewichtes der Rachenlehre über die Welle gehen.

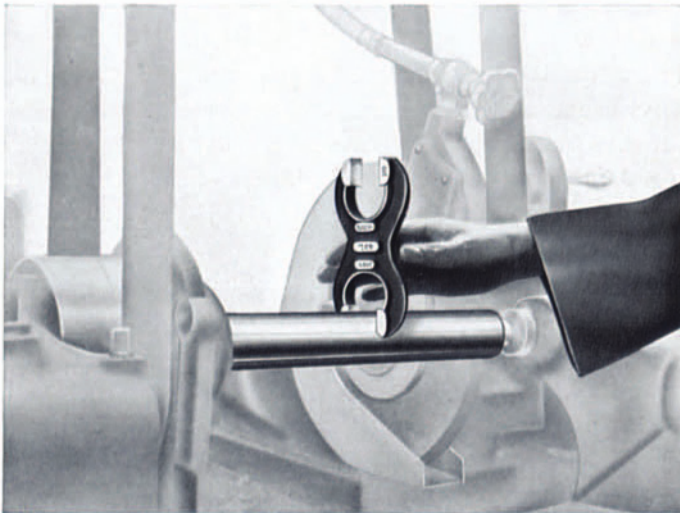


Bild 4.

Die Ausschußseite der Rachenlehre darf sich nicht über die Welle führen lassen, sondern höchstens anschnäbeln.

Gut- und
Ausschuß-
seite.

Da eine Bohrung Ausschuß ist, sobald sich die größere Seite eines Grenzlehrdornes einführen läßt, wird diese mit „Ausschußseite“ bezeichnet, ebenso diejenige Seite der Rachenlehre, die nicht hinübergehen darf, da sonst die Welle schon zu klein, also ebenfalls Ausschuß wäre. Die anderen Seiten der betreffenden Lehren heißen im Gegensatz dazu „Gutseiten“.

Der Gebrauch der festen Lehren hat außer dem Vorteil der einwandfreien Messung, die von dem Gefühl des Arbeiters unabhängig ist, und der erhöhten Meßsicherheit noch folgende Vorzüge:

Vorzüge
der
Grenzlehre.

Er gestattet, wie die Praxis beweist, an vielen Stellen gelernte Arbeiter durch ungelernte zu ersetzen, und zwar deshalb, weil die Grenzlehre eine weitgehende Arbeitsteilung zuläßt und der Meßvorgang als solcher auch in der Hand des Ungelernten einwandfreie Maßgabe ergibt. Der Begriff über abnahmefähige und nichtabnahmefähige Arbeit wird genau geregelt. Die einzelne Messung ist sehr rasch ausgeführt, da man mit einer festen Lehre an das Werkstück herangeht und nicht erst ein einstellbares Werkzeug, wie Schraublehre, Greifzirkel oder Lochtaster auf Maß einstellen muß. Auch ist die Meßgenauigkeit eine wesentlich höhere, wie aus folgendem hervorgeht:

Es kann ein Lehrdorn von 20 mm Durchmesser, der sich eben noch in eine Bohrung einführen läßt, in eine andere Bohrung, welche um 0,003 mm kleiner ist, nicht mehr eingeführt werden. Ebenso geht eine Rachenlehre, welche sich eben noch über eine Welle führen läßt, ohne Zwang nicht mehr über eine andere, welche um 0,002 mm größer ist. Die Grenzmaße von Werkstücken, die noch erreicht werden dürfen, damit sie „lehrenhaltig“ sind, sind also praktisch außerordentlich scharf festzustellen.

So bildet die Grenzlehre das ideale Meßwerkzeug für die Werkstatt; sie gestattet ein flottes, billiges und genaues Arbeiten wie kein zweites. Nur sie verbürgt volle Austauschbarkeit der Einzelteile.

4. Arbeitslehren und Abnahmelehren.

Abnahme
im eigenen
Werk.

Häufig werden Werkstücke, die in der Werkstatt nach Grenzlehren angefertigt werden, in einer besonderen „Abnahme“ nochmals mit anderen Grenzlehren geprüft. Werden an beiden Stellen Lehren gebraucht, die in neuem Zustande genau gleich sind, so kann es vorkommen, daß sich in einem gewissen Zeitpunkt im Betrieb abgenutzte Lehren befinden, während diejenigen der Abnahme neu sind. Auf Rachenlehren angewendet bedeutet dies, daß die

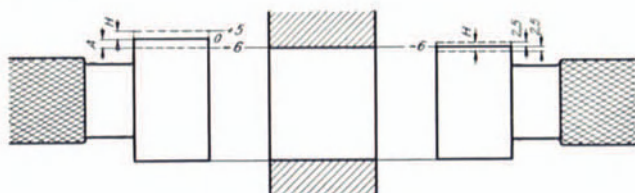
Betriebsrachenlehre auf der Gutseite etwas weiter geworden ist. Nach ihr werden also noch viele Werkstücke als lehrenhaltig befunden, die etwas größer sind, als sie nach einer neuen Lehre ausfallen würden. Wenn nun diese Stellen in der Abnahme mit einer neuen Grensrachenlehre geprüft werden, die naturgemäß etwas enger ist, so geht diese nicht hinüber, und die Werkstücke werden als nicht maßrichtig zurückgewiesen. Selbst wenn beide Teile neue Lehren haben, kann dieser Fall eintreten, nämlich dann, wenn die eine Lehre an der oberen, die andere an der unteren Genauigkeitsgrenze liegt. Der Unterschied zwischen diesen Grenzen, d. h. die Lehrentoleranz, beträgt z. B. bei Feinpassung und einem mittleren Durchmesser von 40 mm 5μ . In beiden Fällen entstehen bei der Abnahme Streitigkeiten zwischen Werkstatt und Abnahme. Man umgeht sie innerhalb des eigenen Betriebs praktisch dadurch, daß man der Abnahme niemals neue Lehren gibt. Neue Lehren erhält vielmehr stets die Werkstatt, und erst, wenn sie um einen gewissen Betrag abgenutzt sind, erhält sie die Abnahme. Diese hat somit praktisch in ihren Lehren stets einen größeren Toleranzspielraum für die Werkstücke als die Werkstatt.

Mindestens der gleiche Toleranzspielraum muß nun natürlich auch bei der Abnahme durch Dritte zugrunde gelegt werden, da sonst hierbei ähnliche Differenzen entstehen könnten, wie sie vorstehend zwischen Werkstatt und Werksabnahme geschildert sind. Der Normenausschuß hat daher für die Abnahme durch Dritte, namentlich Behörden, besondere Abnahmegrenzlehren vorgesehen. Der Toleranzspielraum, den diese Lehren haben, ist größer als derjenige der Arbeitslehren, und zwar um den Betrag der zulässigen Abnutzung der Arbeitslehren sowie um den Betrag der Herstellungsgenauigkeit derselben. Es können also nie irgendwelche Schwierigkeiten bei der Abnahme durch Behörden auftreten, solange die Arbeitsgrenzlehren eines Betriebes in Ordnung sind. Allerdings kann für diese Abnahmelehren eine Abnutzung nicht mehr zugelassen werden, wenigstens nicht innerhalb der Edel-, Fein- und Schlichtpassung. Daher können solche Abnahmelehren nicht zur Abnahme aller Teile benutzt werden. Die abnehmende Behörde muß vielmehr praktisch so vorgehen, daß sie die Mehrzahl der Teile mit den DIN-Arbeitslehren prüft und die Abnahmelehre nur dann benutzt, wenn ein Werkstück nicht mehr in dem obenerwähnten Bereich der Arbeitslehre liegt. Damit wird die Benutzung der Abnahmelehre auf ganz wenige Fälle reduziert, so daß eine Abnutzung praktisch nicht eintritt. Für die Kennzeichnung der Abnahmelehren wird ein weißer Farbanstrich vorgesehen.

Abnahme-
lehren für
Behörden.

Auf den Abdruck der Zahlentafeln der Abnahmegrenzlehren, welche in

DIN 812—819 festgelegt sind, sei hier verzichtet, da die Anwendung der Abnahmegrenzlehren eine verhältnismäßig seltene ist. Dagegen seien die Maßverhältnisse in den folgenden Bildern 5—8 dargestellt. Links sind jeweils die Meßstellen der Arbeitslehren, rechts diejenigen der entsprechenden Abnahmelehren eingezeichnet.



Maße in μ , $1 \mu = 0,001 \text{ mm}$

Bild 5.

Gegenüberstellung der Maße der Gutseiten eines Arbeits- und eines Abnahmelehrdornes.

Bild 5 bezieht sich auf die Gutseite der Grenzlehrdorne für eine Einheitsbohrung Feinpassung von 40 mm Durchmesser. Das Bohrungskleinmaß soll 40,0 sein, also das Abmaß \ominus haben. Der Durchmesser des Grenzlehrdornes darf in dem mit H bezeichneten Gebiet, nämlich der Herstellungsgenauigkeit, schwanken, also bis zu 5μ größer ausfallen. Die im Betrieb auftretende Abnutzung darf das mit A bezeichnete Gebiet nicht überschreiten, in diesem Falle also höchstens bis zu -6μ gehen. Demnach kann die in der Mitte dargestellte kleinstmögliche Bohrung bis auf dieses Maß kommen. Da sie von Abnahmebeamten noch als gut befunden werden soll, wird die in Bild 5 rechts dargestellte Gutseite des Abnahmegrenzlehrdornes möglichst genau auf dieses Maß (-6μ) gefertigt. Die Herstellungsgenauigkeit von $\pm 2,5 \mu$, der auch diese Lehre unterworfen ist, muß die Abnahme mit in Kauf nehmen.



Maße in μ , $1 \mu = 0,001 \text{ mm}$

Bild 6.

Gegenüberstellung der Maße der Ausschußseiten eines Arbeits- und eines Abnahmelehrdornes.

Etwas anders ist die Lage bei der Ausschufseite der Grenzlehrdorne. Dort hat man es mit einer Abnutzung nicht zu tun, weil die Ausschufseite nie in eine Bohrung hineingehen soll. Bild 6 bezieht sich auf die Ausschufseiten der Grenzlehrdorne, deren Gutseiten in Bild 5 dargestellt sind. Die links abgebildete Ausschufseite der Arbeitslehre soll $+ 25 \mu$ haben und schwankt entsprechend der Lehrentoleranz (d. i. Herstellungsgenauigkeit) zwischen $+ 22,5 \mu$ und $+ 27,5 \mu$. Die größte Bohrung könnte also bis an das letztere Maß heranreichen, bevor sie Ausschuf wird. Infolgedessen erhält die rechts abgebildete Ausschufseite der Abnahmelehre als Maß das Größtmaß der Arbeitsausschufseite, nämlich $+ 27,5 \mu$. Auch hier muß die Herstellungstoleranz von $\pm 2,5 \mu$, die zahlenmäßig stets derjenigen der Ausschufseite der Arbeitslehre entspricht, mit in Kauf genommen werden.

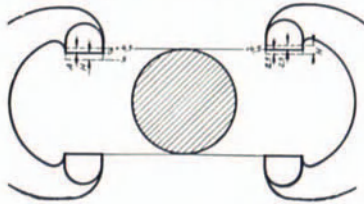


Bild 7.

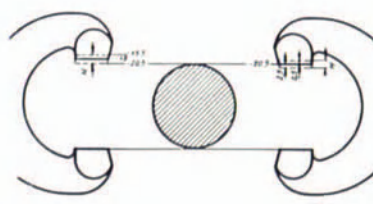


Bild 8.

Maße in μ , $1 \mu = 0,001 \text{ mm}$

Gegenüberstellung der Maße von Arbeits- und Abnehmerachenlehren.

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die entsprechenden Bilder für das Einheitssystem Feinpassung von 40 mm Durchmesser. Die Maße verschieben sich hierbei in der umgekehrten Richtung, und zwar erhält die Gutseite der Abnahmegrenzrahmenlehre das Abnutungsmaß der Arbeitsgutseite mit $+ 4,5 \mu$, die Ausschufseite der Abnahmelehre erhält das Kleinmaß der Arbeitsausschufseite mit $- 20,5 \mu$.

5. Prüflehren und Abnutungsprüfer.

Arbeitslehren, die dauernd zuverlässig messen sollen, erfordern eine genaue Prüfung und verständnisvolle Überwachung im Betrieb.

Man benützt hierzu Gegenlehren, von denen man zweierlei Arten unterscheidet. Die einen, die „Prüflehren“, dienen zur Kontrolle des Maßes einer neuen Arbeitslehre, die andern, die „Abnutungsprüfer“, zur Feststellung, ob sich eine Lehre beim Gebrauch nicht etwa über das zulässige Maß hinaus abgenützt hat.

Das Sollmaß der Prüflehre für die Gutseite stimmt nicht, wie man meinen könnte, mit dem Sollmaß der Arbeitslehrengutseite überein, sondern es ist um

Prüflehren
für die
Gutseite.

deren Herstellungsgenauigkeit verschieden. Bei Wellenarbeitslehren liegt die Herstellungsgenauigkeit der Gutseite zum Sollmaß negativ, das Sollmaß der zugehörigen Prüflehre ist also um die Herstellungsgenauigkeit kleiner (Kleinmaß der Arbeitslehren-Gutseite). Damit nun das Maß der Prüflehre keinesfalls unter dem Kleinmaß der zu prüfenden Wellenarbeitslehre sinkt, ist ihre Herstellungsgenauigkeit positiv gelegt (s. Bild 9).

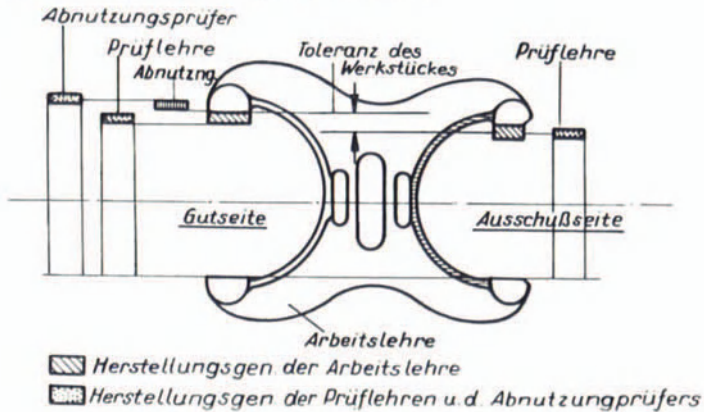


Bild 9.

Zusammenhang einer Wellenarbeitslehre mit den zugehörigen Prüflehren und dem Abnutzungsprüfer.

Für eine Prüflehre, mit der die Gutseite einer Laufsitzrachenlehre von 60 mm des Einheitsbohrungssystems Feinpassung geprüft werden soll, würde sich folgender Zahlenwert ergeben:

Sollmaß der Gutseite der Laufsitzrachenlehre $60 - 0,030$ (ob. Abmaß) = 59,9700
 hiervon ab Herstellungsgenauigkeit der Gutseite der Rachenlehre $- 0,0065$
 bleibt Kleinmaß der Gutseite der Laufsitzrachenlehre 59,9635

Dieses Kleinmaß erhält die Prüflehre. Ihre Herstellungsgenauigkeit beträgt $+ 0,0035$. Die Prüflehre ist infolgedessen richtig, wenn sich ihr Maß zwischen 59,9635 und $(59,9635 + 0,0035 =) 59,967$ bewegt.

Ganz ähnlich liegt die Sache bei den Prüflehren für Bohrungslehren, nur daß dort die Prüflehre natürlich nicht das Kleinmaß, sondern das Größtmaß der Gutseite des Grenzlehordornes erhält, da die Prüflehre über die Gutseite eines neuen Grenzlehordornes hinweggehen muß. Die Herstellungsgenauigkeit der Prüflehre ist hier negativ gelegt.

Das Sollmaß der Prüflehre für die Ausschußseite stimmt mit dem Sollmaß der Arbeitslehren-Ausschußseite überein. Auch die Herstellungsgenauigkeit ist nach oben und unten zu gleichen Teilen verteilt, jedoch ist sie kleiner als bei der Arbeitslehre (s. Bild 9).

Prüflehre
für die
Ausschuß-
seite.

Bei der obenerwähnten Laufsitzrachenlehre ist das Sollmaß für die Ausschufseite $60 - 0,060$ (unteres Abmaß) = 59,940. Dieses Maß erhält auch die Prüflehre. Ihre Herstellungsgenauigkeit beträgt dabei $\pm 0,0018$.

Die Abnutzungsprüfer entsprechen in ihrer Form den anderen Prüflehren. Für Grensrachenlehren sind sie um den Betrag der zulässigen Abnutzung der Gutseite größer als das Sollmaß derselben (s. Bild 9).

Abnutzungs-
prüfer.

Beispiel :

Sollmaß der Gutseite der Laufsitzrachenlehre $60 - 0,050$ (ob. Abmaß) = 59,970
 zulässige Abnutzung + 0,007
 abgenutzte Gutseite der Rachenlehre 59,977
 Nach diesem Maß wird der Abnutzungsprüfer hergestellt. Seine eigene Herstellungsgenauigkeit beträgt dabei $\pm 0,0018$.

Umgekehrt sind die Abnutzungsprüfer für die Gutseite von Grenzlehrdornen um den Betrag der zulässigen Abnutzung kleiner als das Sollmaß.

Abnutzungsprüfer benötigt man nur für die Gutseite von Arbeitslehren; für die Ausschufseite sind sie nicht erforderlich, da die Ausschufseite nur selten an den Meßflächen mit dem Werkstück in Berührung kommt, also sich praktisch kaum abnutzt.

Für einen Betrieb, der seine Lehren gut überwachen will, sind demnach insgesamt folgende Gegenlehren zu empfehlen:

für Grensrachenlehren

zum Prüfen der Gutseite: 1 Prüflehre, über welche die Gutseite infolge des Eigengewichtes der Rachenlehre hinweggehen muß,
 1 Abnutzungsprüfer, über den die Gutseite nicht hinübergehen darf;

zum Prüfen d. Ausschufseite: 1 Prüflehre, mit der die Ausschufseite genau übereinstimmen muß.

Die Nachprüfung von Grenzlehrdornen kann, wenn man diese nicht, wie es meist gemacht wird, unmittelbar auf der Meßmaschine vornehmen will, in gleicher Weise wie vorstehend bei den Grensrachenlehren durchgeführt werden.

Man würde dann benötigen:

für Grenzlehrdorne

zum Prüfen der Gutseite: 1 Prüfrachenlehre, die sich über die Gutseite führen lassen muß,
 1 Abnutzungsprüfer, der nicht über die Gutseite hinweggehen darf;

zum Prüfen der Ausschufseite: 1 Prüfrachenlehre, mit der die Ausschufseite genau übereinstimmen muß.

Diese 3 Prüflehren sind jedoch für Grenzlehrdorne nicht unbedingt sämtlich erforderlich, und zwar aus folgenden Gründen:



Bild 10.

Die Rachenlehre muß infolge ihres Eigengewichtes über die Meßscheibe gleiten. Prüfen einer Rachenlehre mittels Meßscheibe.

Bezieht man seine Lehren von einer ersten Lehrwerkzeugfabrik, so hat man Gewähr dafür, daß die Maße der neuen Dorne sich innerhalb der in DIN 168 festgelegten Fehlergrenzen halten. Größer können die Lehrdorne beim Gebrauch nicht werden. Es genügt also vollkommen, im Betrieb jeweils zu untersuchen, ob nicht die Gutseite eines Lehrdornes im Laufe der Benützungszeit zu klein geworden ist. Für diese Untersuchung benötigt man nur einen Abnutzungsprüfer, die Prüflehren sind entbehrlich.

Ähnlich liegt die Sache bei Grenzrachenlehren. Auch hier wird es für viele Betriebe ausreichend sein, wenn sie sich darauf beschränken, nachzuprüfen, ob sich die Gutseite einer Grenzrachenlehre noch nicht über das zulässige Maß hinaus abgenutzt hat.

Äußere Form von Prüflehren.

Nun mögen noch einige Worte über die äußere Form von Prüflehren und Abnutzungsprüfer folgen:

Zur Prüfung von Rachenlehren verwendet man manchenorts Parallelendmaße, welche für jede beliebige Abmessung zusammengesetzt werden können.

Besser ist es jedoch, wenn unveränderliche Prüfmäße vorhanden sind. Dadurch werden etwaige Versehen, wie sie bei zusammenstellbaren Gegenlehren vorkommen, vermieden, außerdem wird eine rasche, einwandfreie Prüfung durch diese festen Lehren ermöglicht.

Als solche kommen in Betracht: Meßscheiben und Meßstäbe nach Bild 10 bzw. 11 (s. auch Seite 87). **Meßscheiben** benützt man bis 100 mm Durchmesser. Darüber hinaus werden Meßscheiben zu schwer, man benützt daher an deren Stelle für die größeren Maße **Meßstäbe**. Die Meßflächen derselben sind Teile von Zylinderflächen, sie entsprechen also durchaus den Meßscheiben. Beide Arten Lehren haben gegenüber Parallelendmaßen voraus, daß ihre Meßflächen zylindrisch sind und somit gleiche Form haben wie die nach den Rachenlehren herzustellenden Wellen.

Abnutungsprüfer für Rachenlehren sind, um schon durch ihre äußere Form Verwechslungen mit Meßscheiben vorzubeugen, als Flachstäbe (siehe Seite 89) hergestellt, deren Enden ebenfalls Teile von Zylinderflächen sind.

Zum Prüfen von Grenzlehrdornen werden sowohl als Prüflern wie als Abnutungsprüfer **Prüfrachenlehren** verwendet, wie sie auf Seite 86 näher beschrieben sind.

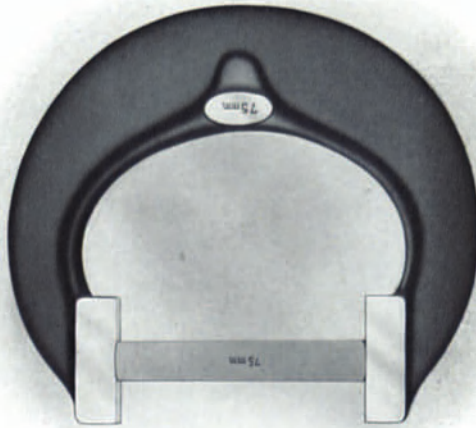


Bild 11.

Die Rachenlehre muß infolge ihres Eigengewichtes über den Meßstab gleiten.

Prüfen einer Rachenlehre mittels Meßstab.

6. Normallehren.

Als Normallehren finden Parallelendmaße, Normallehrdorne und Normallehrringe und in gewissen Fällen auch Meßscheiben Verwendung. Alle Normallehren besitzen nur eine Meßstelle und eignen sich, wie schon auf Seite 6 erläutert, nicht als Arbeitslehren für die Werkstatt, da sie nur das Normalmaß enthalten, auf das man sich bei der Prüfung und Einstellung anderer Meßgeräte (Schraublehren, Schieblehren, Geräten mit Meßuhr oder Zeigerlehren) sowie auch bei der Herstellung sonstiger genauer Werkzeuge bezieht. Damit die **Parallelendmaße** ihre Aufgabe als Prüfwerkzeuge und Urmaße eines Betriebes in jeder Beziehung erfüllen, werden sie in solchen Maßabstufungen und in einer Genauigkeit geliefert, daß man durch Zusammensetzen von höchstens 4 Endmaßen jedes beliebige Maß zwischen 1 und 200 mm von $\frac{1}{100}$ mm zu $\frac{1}{100}$ mm steigend erhält. Dazu werden noch Ergänzungssätze geliefert, mit deren Hilfe sich alle Maße in $\frac{1}{1000}$ mm Abstufung zusammensetzen lassen. (Weiteres über Parallelendmaße Seite 92-95.)

Normallehren.

Parallelendmaße.

Jede gut eingerichtete Werkstatt sollte einen Satz Parallelendmaße erster Güte im Besitz haben, der für sie die Einheit bildet, auf die sich letzten Endes alle genauen Messungen im Werk beziehen. Dieser Ursatz sollte nie in die Werkstatt gelangen, sondern allenfalls nur zum Vergleich herangezogen wer-

den, wenn über die Genauigkeit der in der Kontrolle oder der im Betriebe befindlichen Sätze Zweifel entstanden sind.

Normal-
lehrdorne
und -ringe.

Normallehrdorne und Normallehrringe werden so hergestellt, daß der Dorn das genaue Normalmaß hat, während der Ring so geschliffen wird, daß er sich unter Benützung feinsten Hammeltalgs saugend über den Dorn führen läßt. Sein Durchmesser wird also um einen geringen, kaum meßbaren Betrag von dem des Dornes verschieden sein. Dieser Unterschied ist so gering und das Passen der beiden Teile so genau, daß sie sich sofort aufeinander festsaugen, wenn man beim Zusammenfügen auch nur auf einen Augenblick die gegenseitige Bewegung unterbricht. Das Einführen des Dornes erfordert einige Übung und muß sehr vorsichtig vorgenommen werden, denn sobald sich beide Teile festgesaugt haben, oder gar Kaltschweißung stattfand, ist eine Trennung nur unter Erwärmung des Rings oder unter Anwendung von Gewalt möglich. Besonders ist auch darauf zu achten, daß beim Einführen Dorn und Ring die gleiche Temperatur haben, da es nicht möglich ist, beide Teile zusammenzufügen, wenn der Dorn eine etwas höhere Temperatur aufweist als der Ring.

Mefß-
maschine.

Zur dauernden Überwachung aller Lehren (Endmaße, Normal- und Grenzlehrdorne, Meßscheiben, Meßstäbe, Abnutzungsprüfer) dient eine mit besonderer Sorgfalt gebaute Vorrichtung, nämlich die bereits erwähnte **Meßmaschine**. Auf ihr wird zunächst ein Endmaß (Urlehre), dessen Länge genau bekannt ist, zwischen den Meßtastern eingelegt und der Indexstrich am Meßrad entsprechend eingestellt. Wird sodann an Stelle des Endmaßes die zu messende Lehre gelegt, so kann bis zu einer Genauigkeit von Zehntausendsteln eines Millimeters abgelesen werden, um wieviel Endmaß und zu prüfende Lehre voneinander verschieden sind. Auf diese Art geprüfte Gegenlehren dienen dazu, die in der Werkstatt und in der Revision im Gebrauch befindlichen Rachenlehren dauernd zu überwachen.



Bild 12.

Zusammenhang der Maße der einzelnen Meßwerkzeuge.

Bei einer erstklassigen Massenfabrikation geht man sogar so weit, daß man drei vollständige Sätze von Gebrauchslehren führt, von denen

immer einer in der Werkstatt ist und zum Beispiel jede Woche gegen den anderen ausgetauscht wird, während der dritte zur Revision oder als Reserve dient. So kann jeder Satz nach wöchentlicher Gebrauchsdauer richtig und gewissenhaft auf Brauchbarkeit geprüft werden.

Von nicht zu unterschätzendem Einfluß bei der Prüfung von Lehren ist die **Mefßtemperatur**. Um zuverlässige und wirklich genaue Mefßergebnisse zu erzielen, ist es erforderlich, daß die zu vergleichenden Lehren vor der Prüfung einige Zeit im Mefßraum gelagert werden, damit sie gleiche Temperatur annehmen. Ferner dürfen solche Lehren beim Messen nur mit Holzgabeln oder anderen die Handwärme nicht übertragenden Greifern angefaßt werden. Jede Beeinflussung durch Sonnenschein oder durch in der Nähe befindliche Heizkörper muß ausgeschaltet werden. Die Temperatur des Mefßraumes, in der die Mefßmaschine zu benutzen ist, soll 20°C betragen und möglichst unveränderlich sein. Es empfiehlt sich daher, den Mefßraum nach Norden zu legen, damit er von Sonnenbestrahlung nicht beeinflusst wird.

Mefßtemperatur.

7. Die Normen für Passungen.

A. Bezugstemperatur.

Die Forderung, austauschbar zu fertigen, stellt hohe Ansprüche an die Genauigkeit der Mefßwerkzeuge, die in der Werkstatt gebraucht werden. Nur dadurch, daß die Technik auch hier gewaltige Fortschritte gemacht hat und von der Mefßwerkzeugindustrie Erzeugnisse höchster Genauigkeit geliefert werden, ist es möglich, in der Fertigung die verlangte hohe Genauigkeit einzuhalten. Aber auch noch so genau gearbeitete Mefßwerkzeuge können nur dann die geforderte allgemeine Austauschbarkeit sicherstellen, wenn alle Mefßwerkzeuge verschiedener Herkunft volle Übereinstimmung aufweisen. Der Normenausschuß schreibt deshalb vor, daß Lehr- und Mefßwerkzeuge der Industrie bei der Bezugstemperatur von 20°C ihren Sollwert aufweisen sollen, bei dieser Temperatur demnach ebenso lang sind wie die entsprechende Teilung des internationalen Urmeters bei 0° , also dem ideellen, unveränderlich zu denkenden Meter zu entsprechen haben. Diese Temperatur von 20°C stellt die mittlere Werkstatttemperatur dar und wurde gewählt, weil sie im Prüfraum eines jeden Werkes unschwer eingehalten werden kann und die wechselnden Ausdehnungszahlen der Lehrenwerkstoffe ausschaltet.

Bezugstemperatur.

Die volle Übereinstimmung der Industriemaße wird von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, der obersten deutschen Mefßbehörde, überwacht. Sie nimmt bei 20°C die Prüfung der ihr eingesandten Endmaße mit ihren

Mefßbehörde.

Hauptnormalen vor, die an das deutsche und damit an das internationale Urmeter angeschlossen sind. Diese so geprüften Endmaße dienen den Lehrwerkzeugfabriken als Urmaße, mit denen dann wiederum die Endmaßsätze und Lehren, welche in die Industrie kommen, gleiches Maß haben müssen. Es ergibt sich also eine bestimmte Abhängigkeit der Maße untereinander, die in Bild 13 versinnbildlicht ist.

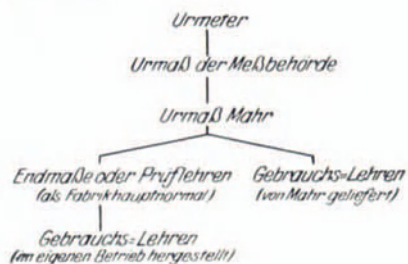


Bild 13.

Der Zusammenhang von Gebrauchslernen mit dem Urmeter.

Es geht daraus hervor, daß eine im eigenen Betrieb hergestellte Lehre bezüglich der Genauigkeit eine Stufe tiefer steht als eine von der Meßwerkzeugfabrik bezogene.

B. Passungen.

Seit vielen Jahren bestehen gewisse Erfahrungswerte für die Herstellungsgenauigkeit solcher Teile, die zusammengefügt eine bestimmte Passung ergeben sollen. Es wurde schon vor mehr als zwanzig Jahren auf Grund von Versuchen ein Passungssystem ausgearbeitet, das rasche Verbreitung gewann. Doch sind im Laufe der Jahre noch eine ganze Reihe weiterer Passungssysteme aufgestellt worden. Die Gründe hierfür lagen zum Teil darin, daß einzelne Firmen, ohne von jener Arbeit zu wissen, eigene Wege gingen, zum Teil aber auch darin, daß gewisse Bedürfnisse von Sonderfertigungen eigene Passungen verlangten.

Nimmt man dazu noch die bisherige Verschiedenheit der Bezugstemperatur, so bot sich noch vor kurzer Zeit ein solches Vielerlei, daß es nur in gewissen Fällen möglich war, die Erzeugnisse eines Werkes in einem anderen ohne Nacharbeit in eine Maschine einzubauen.

Bevor in die Beschreibung der Einzelheiten eingetreten wird, sei auf die nachstehende Zusammenstellung und Erläuterung über die für das Gebiet der Passungen wesentlichen Begriffe und Benennungen hingewiesen.

Zusammenstellung der wichtigsten Begriffe auf dem Gebiete der Passungen.

(Nach DIN 774—775.)

Grenzmaße. Eine vorgeschriebene Abmessung kann bei Herstellung eines Werkstückes nie genau getroffen werden. Daher sind für jede Abmessung zwei Maße festzulegen, zwischen denen das Maß eines Werkstückes schwanken darf. Diese Maße heißen Grenzmaße.

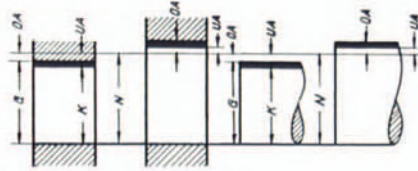


Bild 14.

zwischen denen das Maß eines Werkstückes schwanken darf. Diese Maße heißen Grenzmaße.

Größtmaß (G) ist das größere,

Kleinstmaß (K) ist das kleinere der beiden Grenzmaße.

Beispiel: Größtmaß $G = 59,97$, Kleinstmaß $K = 59,94$.

Toleranz (T) ist der Unterschied zwischen dem Größtmaß und dem Kleinstmaß, $T = G - K$.

Beispiel: $T = 59,97 - 59,94 = 0,03$. Die Toleranz ist unabhängig von der Größe des Größt- oder des Kleinstmaßes im Vergleich zum Nennmaß.

Nennmaß (N). Die beiden Grenzmaße eines Stückes werden auf ein Nennmaß N , z. B. 60, bezogen. Dieses dient zur kurzen Maßbezeichnung und zur einfachen Angabe der beiden Grenzmaße selbst, indem die Unterschiede zwischen Größtmaß und Nennmaß, — 0,03, bzw. Kleinst- und Nennmaß — 0,06, dem Nennmaß zugefügt werden. Diese Unterschiede heißen oberes bzw. unteres Abmaß.

Beispiel: Nennmaß 60 — 0,03 oberes Abmaß,
— 0,06 unteres Abmaß.

Oberes Abmaß (OA) ist der Unterschied zwischen Größtmaß und Nennmaß; $OA = G - N$.

Beispiel: $OA = 59,97 - 60 = -0,03$.

Unteres Abmaß (UA) ist der Unterschied zwischen Kleinstmaß und Nennmaß; $UA = K - N$.

Beispiel: $UA = 59,94 - 60 = -0,06$.

Istmaß ist das bei der Herstellung eines Werkstückes tatsächlich gemessene Maß. Das Istmaß eines Gutstückes muß innerhalb der Grenzmaße liegen.

Beispiel: 59,96.

Abmaß eines Fertigstückes ist der Unterschied zwischen Istmaß und Nennmaß.
Beispiel: Bei einem Istmaß von 59,96 und einem Nennmaß von 60 ist das Abmaß = $59,96 - 60 = -0,04$.

Passung ist die allgemeine Bezeichnung für die Beziehung zwischen zusammengeführten Teilen, soweit sie Spiel oder Übermaß betrifft.
Auf zusammengehörige Bohrungen und Wellen (sinngemäß auf zusammengehörige Außen- und Innenstücke) übertragen gilt:

Spiel (S) ist der Unterschied zwischen den Durchmessern von Bohrung und Welle, wenn der Bohrungsdurchmesser größer als der Wellendurchmesser ist (siehe Bild 15).

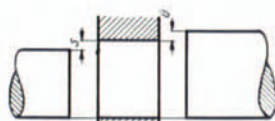


Bild 15.

Größtspiel (GS) ist der Unterschied zwischen Größtmaß der Bohrung und Kleinstmaß der Welle (siehe Bild 16).
Beispiel: $GS = 60,03 - 59,94 = 0,09$.

Kleinstspiel (KS) ist der Unterschied zwischen Kleinstmaß der Bohrung und Größtmaß der Welle.
Beispiel: $KS = 60 - 59,97 = 0,03$ (siehe Bild 16).

Übermaß (Ü) ist der Unterschied zwischen den Durchmessern von Bohrung und Welle, wenn vor dem Zusammenfügen der Bohrungsdurchmesser kleiner ist als der Wellendurchmesser. (Übermaß ist negatives Spiel, siehe Bild 15.)

Größtübermaß (GÜ) ist der Unterschied zwischen Größtmaß der Welle und Kleinstmaß der Bohrung (siehe Bild 16).
Beispiel: $GÜ = 60,06 - 60 = 0,06$.

Kleinstübermaß (KÜ) ist der Unterschied zwischen Kleinstmaß der Welle und Größtmaß der Bohrung (siehe Bild 16).

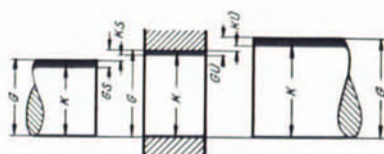


Bild 16.

Beispiel:

$$KÜ = 60,04 - 60,03 = 0,01.$$

Paßtoleranz (P) ist zum Unterschied von der Toleranz eines Einzelstückes die Toleranz der Passung zweier zusammengeführter Teile, in bezug auf Bohrung und Welle ist sie gleich der Summe der Toleranzen von Bohrung und zugehöriger Welle und damit gleich der Spielschwankung, d. h.

dem Unterschied zwischen Größtspiel und Kleinstspiel. Bei festen Sitzen ist die Paßtoleranz die Schwankung von größtem und kleinstem Übermaß.

Sitz. Unterschiede im Spiel und Übermaß ergeben verschiedene Passungen, die als Sitze bezeichnet werden, und zwar: Bewegungssitze (z. B. Laufsitz, Gleitsitz), wenn soviel Spiel vorhanden ist, daß die Teile betriebsmäßig gegeneinander beweglich sind, oder Ruhesitze (z. B. Schiebesitz, Treibsitz, Preßsitz), wenn das Spiel geringer oder Übermaß vorhanden ist.

Besonders sei auf die Erläuterung der Begriffe Toleranz und Abmaß aufmerksam gemacht, bei denen bisher kein einheitlicher Sprachgebrauch herrschte. Toleranz heißt „Duldung“ und stellt den Betrag dar, um den z. B. zwei sonst gleiche Wellen höchstens voneinander abweichen dürfen. Abmaß ist ein Betrag, um den eine Welle vom Nennmaß abweicht, und zwar muß z. B. eine Laufsitzwelle im Einheitsbohrungssystem mindestens um das obere Abmaß abweichen, weil sonst die Wellen zu stark werden würden.

Sagt man z. B. bei einer Laufsitzpassung von 70 mm Durchmesser, die Bohrung habe ein oberes Abmaß von $+0,03$ mm und ein unteres von 0 mm, so erhält man das Größtmaß und das Kleinstmaß, also die beiden Grenzmaße der Bohrung, indem man diese Werte zum Nennmaß zuzählt; man erhält also 70,03 bzw. 70,00 mm. Die Welle hat die Abmaße $-0,03$ und $-0,06$ mm, so ergeben sich die Grenzmaße zu 69,97 bzw. 69,94 mm. Da das erstere Abmaß das größere Grenzmaß ergibt, so heißt es „oberes Abmaß“ im Gegensatz zum andern, dem „unteren Abmaß“.

Um den Betrag von 0,03 mm, also dem oberen Abmaß, muß die Welle mindestens kleiner sein als das Nennmaß. Darüber hinaus darf sie aber noch kleiner werden, nämlich um die Toleranz, welche $69,97 - 69,94 = 0,03$ mm gleich der Differenz der Abmaße ist. In diesem Sinne sind die auf Seite 57—64 dargestellten Abmaßtafeln zu verstehen und anzuwenden.

C. Gütegrade.

Gleiche Toleranzen für die verschiedenen Wellen und Bohrungen eines Durchmessers sind je unter einem „Gütegrad“ zusammengefaßt. Die DIN unterscheiden die Gütegrade:

Edelpassung, Feinpassung, Schlichtpassung, Grobpassung.

Diese Abstufung ist in den vielseitigen Bedürfnissen der gesamten metallverarbeitenden Industrie begründet. Es gibt eine Reihe von Werken, bei denen eine so feine Bearbeitung, wie Reiben der Bohrungen und Schleifen der Wellen, eine unnötige Verteuerung bedeuten würde. Diese benötigen mit Vorteil die

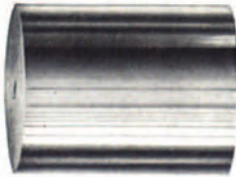


Bild 17a.
Schleifen
Edel- und Feinpassung.

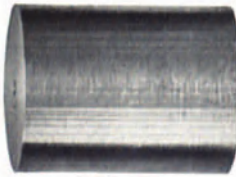


Bild 17b.
Schlichten
Schlicht- u. Grobpassung.



Bild 17c.
Schruppen.

Schlicht- und Grobpassung, während andererseits manche Industrien noch feinere Toleranzen benötigen, als sie in der Feinpassung festgelegt sind; hierfür ist die Edelpassung geschaffen.

Der charakteristische Unterschied in der Bearbeitungsweise, wie sie für die verschiedenen Gütegrade erforderlich ist, ist in Bild 17 an drei Wellenabschnitten dargestellt.

Trotzdem darf nicht angenommen werden, daß nur in der Edel- und Feinpassung geschliffen und gerieben, in der Schlichtpassung nur geschlichtet und in der Grobpassung nur geschruppt wird.

Toleranzen und Oberflächengüte sind grundsätzlich voneinander **unabhängig**.

Eine feingeschliffene Welle wie in Bild 17 a ist für die feinen Gütegrade unentbehrlich, jedoch wird, wo es wirtschaftlicher ist, auch in der Schlichtpassung geschliffen.

Eine Welle wie Bild 17 b kann für Schlichtgleit- sitz gut verwendet werden, wenn das Bohrungsteil nur aufgesteckt wird, jedoch werden die Toleranzen dieses Sitzes nur auf einer guten Drehbank, nicht auf der Revolverbank erreicht.

Wellen wie Bild 17 c überschreiten im allgemeinen selbst die Toleranzen der Grobpassung; selbst wenn

sie sie gelegentlich einhalten, sind sie für Laufsitz nicht brauchbar.

Die für die verschiedenen Sitz in den genannten vier Gütegraden festgelegten Toleranzgebiete sind derart gewählt, daß zwischen den Gütegraden eine gewisse Austauschbarkeit besteht, wie des näheren aus Bild 29 und 30 (Seite 36 u. 37) hervorgeht. Es kann jederzeit ein nach einem feineren Gütegrad gefertigter Bolzen in eine Bohrung eines größeren Gütegrades passend eingebracht werden. Die Güte des so erzielten Sitzes ist etwas besser als die dem größeren der beiden Gütegrade entsprechende.

Aus all dem geht hervor, daß es ein Irrtum wäre, anzunehmen, daß in einem bestimmten Werk nur ein Gütegrad benutzt werden sollte. Dieser Fehler wird häufig begangen, weshalb hier besonders nachdrücklich darauf hingewiesen sei, daß bei den meisten Fertigungszweigen verschiedene Gütegrade in Frage kommen. Z. B. kann man die Laufsitz nach Schlichtpassung machen, während

man bei den Ruhesitzen auf die Feinpassung angewiesen ist. Für die besonderen Fälle der Kugellagerpassungen muß man bisweilen noch einige Grenzlehren aus der Edelpassung hinzunehmen. Andererseits kommt es häufig vor, daß Teile von untergeordneter Bedeutung ohne weiteres auf der Revolverbank fertiggestellt werden können, ohne daß man einen höheren Gütegrad als die Grobpassung anstrebt. Man scheue sich nicht davor, für die größeren Gütegrade das Mehr an Lehren mit in Kauf zu nehmen! Die Ersparnisse an Löhnen und an Ausschuß wiegen diese Mehrkosten bei weitem auf; z. B. ist bei Grobpassung, wie schon erwähnt, eine Fertigstellung auf der Revolverbank oder dem Automaten ohne spätere Nacharbeit möglich, während die Feinpassung ein Schleifen nach dem Drehen bedingt.

8. Die Passungssysteme: Einheitsbohrung und Einheitswelle.

Die Verschiedenheit der einzelnen Sitze kann auf zwei Arten erreicht werden:

Einheitsbohrung.

Die eine Art besteht darin, jeweils die Bohrungen eines Durchmessers gleich auszuführen und die Wellen entsprechend den erforderlichen Sitzen verschieden stark zu machen: es ist dies das System der **Einheitsbohrung**.

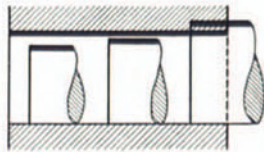


Bild 18.
Einheitsbohrung.

Die schwarzen Flächen in Bild 18 stellen, wie in Bild 14, die Toleranzgebiete dar. Zu beachten ist, daß das Kleinmaß der Einheitsbohrung gleich dem Nennmaß ist.

Das umgekehrte Verfahren, jeweils die Wellen eines Durchmessers gleich zu lassen und die Passungsunterschiede in die Bohrungen zu verlegen, wird als System der **Einheitswelle** bezeichnet. Es ist in Bild 19 dargestellt; das Größtmaß der Einheitswelle ist gleich dem Nennmaß.

Einheitswelle.



Bild 19.
Einheitswelle.

Beide Systeme haben ihre Daseinsberechtigung; trotz aller Versuche, eines zugunsten des andern zu verdrängen, muß man sich mit der Tatsache abfinden, daß keines der beiden Systeme allein alle Bedürfnisse befriedigt.

Vergleich der beiden Systeme.

Vergleich
in bezug
auf Lehren.

In bezug auf die **Anschaffungskosten der Lehren** gilt folgendes:

Im Einheitsbohrungssystem braucht man für jeden Durchmesser einen Grenzlehrdorn und entsprechend der Anzahl der verschiedenen Sitze mehrere Grenzrachenlehren; im Einheitswellensystem ist das Umgekehrte der Fall. Nimmt man an, daß vier verschiedene Sitze für eine Fabrikation genügen, was in den meisten Fällen zutrifft, so verhalten sich die Anschaffungskosten für die Gebrauchslehren von 3—100 mm Durchmesser für Einheitsbohrung bzw. Einheitswelle etwa wie 2 : 3.

Betrachtet man aber den **Lehrenverbrauch**, so ist folgendes zu beachten:

Die Rachenlehren lassen sich durch Richten und Nacharbeiten nach dem Verschleiß jeweils für den gleichen Sitz wieder herrichten. Bei den Lehrdornen, um welche es sich beim Einheitswellensystem in überwiegenderem Maße handelt, ist dies nicht möglich; auch ein Nachschleifen auf einen kleineren Sitz ist so gut wie ausgeschlossen, da die Maßunterschiede zu fein sind, als daß nach einem neuen Zentrieren auf der Schleifmaschine der geringe Nachschliff möglich wäre. Ein entscheidender Vorteil kann aber aus diesem Umstand für keines der beiden Systeme hergeleitet werden, denn da in beiden Systemen gleich viele Löcher und gleich viele Bolzen zu lehren sind, so wird die Gesamtabnutzung der Lehrdorne wie der Rachenlehren in beiden Fällen dieselbe sein, und es werden in einer bestimmten Zeit gleich viele Lehrdorne auszuscheiden bzw. auf den nächsten Nenndurchmesser nachzuschleifen sein.

Es geht daraus hervor, daß allein der Unterschied in den Beschaffungs- und Unterhaltungskosten der Lehren nicht für die

Wahl des einen oder des anderen Systems ausschlaggebend sein kann.

Viel wichtiger ist der Mehraufwand an Reibahlen beim Einheitswellensystem, da man hier für jeden Sitz eine besondere Reibahle gebraucht. Dies fällt besonders in die Wagschale, wenn man, um der kurzen Gebrauchsfähigkeit der festen Reibahlen zu begegnen, die viel teureren verstellbaren Reibahlen benutzt, die bei der Einheitswelle genau wie feste Reibahlen für sämtliche Sitze vorrätig gehalten werden müssen, da ein jedesmaliges Verstellen unvorteilhaft und ungenau wäre. Freilich bedeutet das noch nicht, daß man z. B. bei drei Sitzen nun dreimal soviel Reibahlen braucht. Bei sorgfältiger Arbeit verwendet man vor der Fertigreibahle eine Vorreibahle, wodurch sich beim Einheitsbohrungssystem die Zahl der Reibahlen verdoppelt, während im Einheitswellensystem eine Vorreibahle leicht für zwei oder drei aufeinanderfolgende Sitze verwendet werden kann. Bedenkt man außerdem, daß infolge des häufigen Gebrauches einzelner Reibahlen im Einheitsbohrungssystem in großen Betrieben mehr Reservereibahlen gehalten werden müssen, so wird bei diesen der Unterschied zwischen den Kosten in beiden Systemen verhältnismäßig klein. Bei einer reinen Massenfabrication, wo man sich auf wenige ganz bestimmte Lochdurchmesser einrichten kann, verschwindet er überhaupt, weil doch im ganzen in beiden Systemen gleichviel Löcher gerieben werden, also auch gleichviel Reibahlen im Gebrauch sind. Teilweise wird zugunsten des Einheitswellensystems ins Feld geführt, daß die Laufsitzreibahlen nach ihrer Abnutzung auf Festsitzreibahlen nachgewetzt werden können; indes ist dies teuer und nicht verlässlich. Kein Zweifel kann darüber bestehen, daß im Einheitswellensystem bei den vielen Reibahlen, die sich nur um Hundertstel von Millimetern unterscheiden, mehr Verwechslungsmöglichkeiten in der Werkstatt bestehen und damit die Ausschußgefahr wächst, was um so schmerzlicher ist, als die Löcher vielfach in teureren Gußstücken sitzen. Dieser Nachteil dürfte den Vorteil des Einheitswellensystems wieder aufheben, der darin liegt, daß hier die Laufsitzbohrungen größere Toleranzen haben als bei der Einheitsbohrung, und demzufolge für diese Laufsitzbohrungen die Ausschußgefahr geringer wird.

Vergleich in
bezug auf
Werkzeuge.

Die Rücksichtnahme auf die Kosten der Reibahlen wird natürlich belanglos, wenn die Bohrungen, wie es in manchen Werken geschieht, geschliffen werden. Bei Verwendung von gehärteten Büchsen ist dies ja ohnehin der Fall.

Werke, welche nicht eine ausgesprochene Massenfabrication betreiben, hätten außerdem zu beachten, daß bei Wahl der Einheitswelle **Aufspanndorne** für Dreh- und Bohrbänke, Fräs- und Schleifmaschinen usw., eben-

so Aufnahmezapfen an Montagewerkzeugen und Einrichtungen mehreren Sitzen entsprechend zu halten sind, während bei der Einheitsbohrung jeder Durchmesser nur einmal vorkommt. Dieser Nachteil könnte zwar in seiner Bedeutung dadurch herabgemindert werden, daß man an Stelle der gewöhnlichen Dorne nachstellbare verwendet; doch sind diese bedeutend teurer, weshalb man meist davon absehen wird. Auch müssen diese nachstellbaren Dorne jedesmal besonders festgestellt werden, was eine Verzögerung bei der Arbeit bedeutet.

Die Frage der Aufspanndorne kann unter Umständen ausschlaggebend werden, und zwar in den Werken, in welchen viele Zahnräder gebraucht werden, die bald laufend, bald schiebend, bald fest auf ihren Wellen sitzen müssen. Dies gilt insbesondere für den Bau von Werkzeugmaschinen mit Räderkästen, Vorschubgetrieben usw., weshalb man hier mit Vorliebe die Einheitsbohrung wählen wird.

Vergleich in
bezug auf
Bearbeitungs-
kosten.

Einen gewissen Vorteil bringt das Einheitswellensystem in bezug auf die **Bearbeitungskosten**. Es gestattet, wie dies in den nachstehend angeführten Beispielen zutage tritt, verschiedene Sitze auf eine Welle zu bringen, ohne diese abzusetzen, da die Passungsunterschiede ja in die Bohrungen verlegt sind. Solche Wellen und Bolzen sind aber ganz wesentlich billiger herzustellen als abgesetzte.

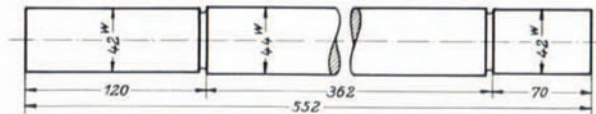


Bild 20.
Welle im Einheitswellensystem.

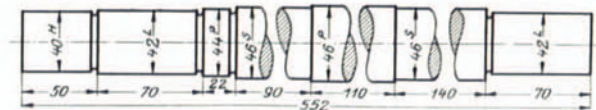


Bild 21.
Welle im Einheitsbohrungssystem.

Bild 20 und 21 zeigen zwei dem gleichen Zweck dienende Wellen, von denen die nach Einheitswelle in Bild 20 dargestellte um etwa ein Viertel weniger Bearbeitungskosten erfordert als die nach Einheitsbohrung abgestufte. Die größten Vorteile bringt das Einheitswellensystem da, wo die Benutzung

gezogener Wellen möglich ist. Solche Wellen gibt es für Paßzwecke in zwei Genauigkeiten, und zwar:

1. entsprechend der Einheitswelle, Schlichtpassung (sW.),
2. entsprechend der Einheitswelle, Grobpassung (gW.).

Auf solchen Wellen sitzen neben losen Naben häufig feste Naben, die durch Keil oder Stift befestigt sind und auf deren genaues, zentrisches Laufen es nicht ankommt. Gezogene Wellen können aber auch Ruhesitze nach Feinpassung aufnehmen, wenn diese sich am Ende der Wellen befinden und auf einem gedrehten oder geschliffenen Absatz sitzen. So macht man sich neben der einfachen Konstruktion die Möglichkeit zunutze, für die Bewegungssitze Laufsitzbohrungen der Schlichtpassung anzubringen; besonders ist dies z. B. im landwirtschaftlichen Maschinenbau, im Textilmaschinenbau, im Transmissionsbau und auf weiten Gebieten des Apparatebaues der Fall.

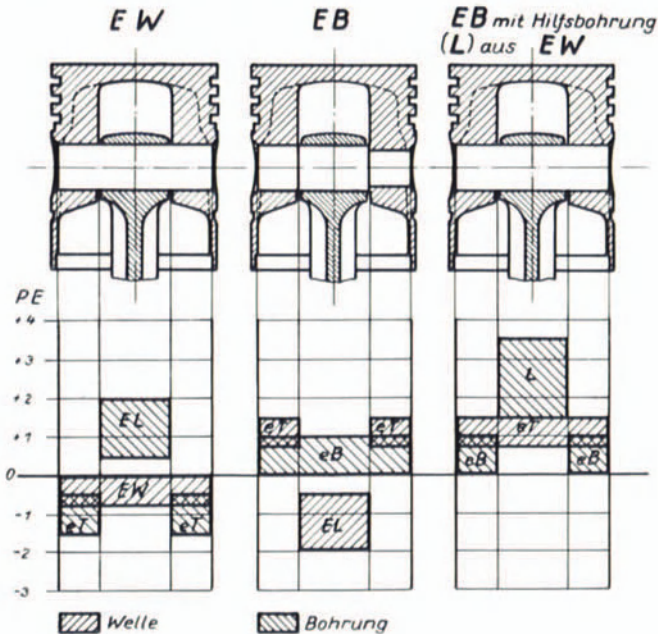


Bild 22a.

Bild 22b.

Bild 22c.

Kolbenbolzenpassung.

Auch bei durchweg bearbeiteten Wellen ist das Einheitswellensystem im Vorteil, weil es gestattet, mit weniger Wellenabsätzen auszukommen. Einzelne Beispiele aus beiden Systemen bringen die Bilder 22-27, und zwar stellt

Bild 22 a einen Kolbenbolzen nach dem Einheitswellensystem, Bild 22 b denselben Bolzen für das System Einheitsbohrung dar. Bei ersterem kann der Bolzen glatt ausgeführt, bei letzterem muß ein Schleifabsatz und ein Absatz auf den nächst kleineren Normaldurchmesser vorgesehen werden. Soll beim Einheitsbohrungssystem der Bolzen ebenfalls glatt sein, so muß, wie Bild 22 c zeigt, eine Hilfsbohrung (L) aus dem Einheitswellensystem hinzugenommen werden.

Abbildung 23 bringt ein Konstruktionsbeispiel, das besonders deutlich die einfache Konstruktion bei Anwendung der Einheitswelle zeigt.

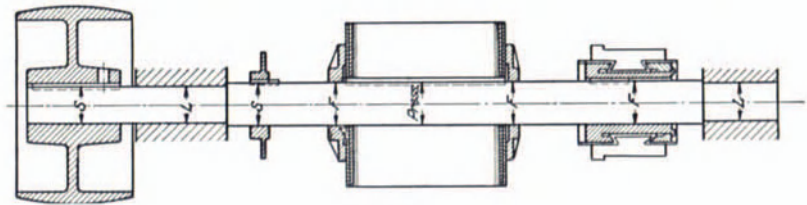


Bild 25.
Elektromotorenwelle nach Einheitswelle.

Es ist hier eine Elektromotorenwelle dargestellt, bei der für acht Sitze nur zwei Rachenlehren erforderlich sind, was beim Schleifen eine große Vereinfachung und Verbilligung bedeutet. Es ist dies ein Beispiel aus der Massenfabrikation, wo es sich um solche Mengen handelt, daß die Führung

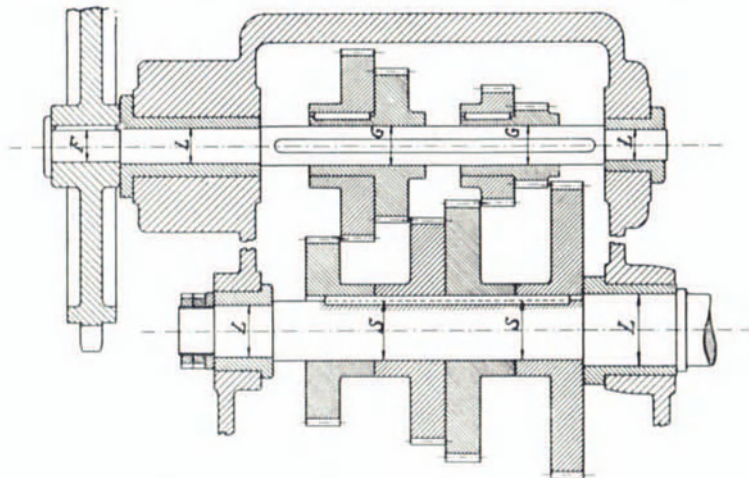


Bild 24.
Räderkasten nach Einheitsbohrung.

mehrerer verschiedener Reibahlen für denselben Durchmesser keine Verteuerung bedeutet; denn es wird an so vielen Stellen gleichzeitig gerieben, daß auch mit gleichen Reibahlen nach der Einheitsbohrung gleichzeitig eine ganze Reihe davon in der Werkstatt wäre.

Umgekehrt zeigt Bild 24 einen nach Einheitsbohrung ausgeführten Vorschubräderkasten einer Drehbank.

Hier würden auch beim Arbeiten nach dem Einheitswellensystem Abstufungen notwendig sein, und zwar bei der unteren Welle schon mit Rücksicht auf das beim Zusammenbau erforderliche Durchschieben des Keiles durch die benachbarte Bohrung.

Im allgemeinen ist jedoch die Konstruktionsfreiheit beim Einheitswellensystem größer, da bei diesem Wellen, auf denen Bohrungen mit verschiedenen Sitzen aufgebracht sind, glatt oder abgesetzt sein können, während sie im Einheitsbohrungssystem stets abgesetzt sein müssen.

Auch auf die Materialersparnis kann die Wahl des Passungssystems von Einfluß sein. Zum Beispiel leiten Kraftwellen meist an einem Ende die Kraft ein oder aus und der Querschnitt bestimmt sich nach der auf die Kupplung oder das Antriebszahnrad zu übertragenden Kraft. Es genügt vollkommen, solche Wellen gemäß Abbildung 25 mit dem Durchmesser für das Antriebs-

Materialersparnis.

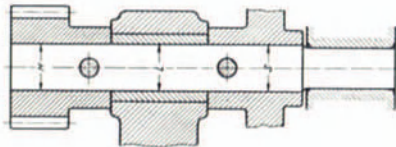


Bild 25.

element glatt durchzuführen. Im Einheitsbohrungssystem wäre hier ein Millimeterabsatz nötig, der stärkere Lagerschalen und schwerere Lagerkörper verursachen würde. Wenn umgekehrt der Laufsitz außen, der Ruhesitz innen sitzt, so konstruiert man nach Einheitsbohrung sparsamer, weil nach Abbildung 26 nicht ein Millimeterabsatz, sondern nur ein Schleifabsatz nötig ist.

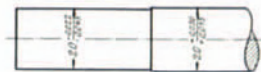


Bild 26.

Zusammenbau.

Ein weiterer bei der Wahl des Passungssystems in Betracht kommender Gesichtspunkt ist der Zusammenbau. Ein Fall, bei dem hierauf Rücksicht genommen werden muß, ist in Abbildung 27 dargestellt. Eine vor dem Ruhesitz liegende dünnere Paßstelle dient hierbei (z. B. beim Aufbringen eines feststehenden Zahnrades) als ausgezeichnete Führung und erleichtert daher das Aufbringen ungemein. Außerdem bleibt das Verstoßen am Ansatz und das damit verbundene wiederholte Auf- und Abnehmen vermieden. Bild 27 zeigt, daß der Zusammenbau andererseits bestimmte Absätze verlangt, ohne daß auf das Passungssystem Rücksicht genommen werden kann.

Spätere Instandsetzung.

Aber nicht nur an den einmaligen Zusammenbau, sondern auch an ein späteres Auseinandernehmen bei irgendeiner Beschädigung muß gedacht werden. Der Grund eines Auseinandernehmens ist häufig das Fressen einer Lagerstelle. Wo dies bei starker Beanspruchung zu erwarten ist, muß also wie bei Abbildung 27 ein Ansatz sein, damit die durch Fressen beschädigte Stelle

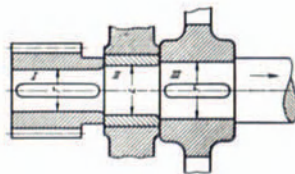


Bild 27.

die Ruhesitzbohrung III nicht beschädigt. Ebenso muß die auf der anderen Seite befindliche Ruhesitzstelle I abgesetzt sein, weil sonst die Wellenpaßstelle nicht durch die beschädigte Lagerstelle II hindurchgeht. Diese Lagerstelle muß nun nachgedreht werden, was ein weiterer zwingender Grund dafür ist, die Paßstelle I gegenüber der Paßstelle II abzusetzen.

Diese Gesichtspunkte kommen natürlich nur an besonderen, durch hohe Umdrehungszahlen gefährdeten Stellen in Frage, doch bilden sie da einen Grund zur Einheitsbohrung, weil die Einheitswelle hier keine Vorteile bringt.

Entscheidende Gesichtspunkte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die angestellten Überlegungen in den einzelnen Werken zu recht verschiedenen Ergebnissen führen werden. Es gibt nur wenige Fabrikationszweige, bei denen ein bestimmtes System unbedingt notwendig ist: das ist für die Einheitswelle (glatte Welle) der Transmissionsbau.

Für die Einheitsbohrung ist es z. B. der Preßluftrohrschieberhammer, bei dem der Schlagkolben durch Schieber und Zylinder gleitet und sich in beiden führen muß, wobei ein längerer Kolben eines längeren Hammers mit

größerem Spiel arbeiten muß als ein kurzer Kolben, während die Rohrschieber bei allen Hammergrößen durcheinanderpassen müssen.

Sieht man von solchen besonderen Fällen ab, so ist es nicht verwunderlich, daß, wie statistisch nachgewiesen wird, in sämtlichen anderen Fabrikationszweigen bald das eine, bald das andere System angetroffen wird.

Die unterschiedlichen Vorbedingungen liegen in der Eigenart des betreffenden Werkes. Wo in derselben Abteilung und auf denselben Maschinen in buntem Wechsel die verschiedensten Teile hergestellt werden, spielt die Werkzeugbeschaffung und Vereinfachung in der Werkstatt eine solche Rolle zugunsten des Einheitsbohrungssystems, daß dieses im allgemeinen bevorzugt wird. Selbst dann, wenn in einem solchen Betrieb die Konstruktion in Einzelfällen zur glatten Welle zwingt, bleibt man bei der übrigen Fabrikation beim Einheitsbohrungssystem und macht in den betreffenden Fällen eine Ausnahme. Ein Werk, das auf reine Massenfertigung zugeschnitten ist und dementsprechend für jeden Gegenstand und jede Operation besondere Vorrichtungen und Werkzeuge hat, sollte die Einheitswelle wählen. Unter Umständen sind die sich hierbei ergebenden Vorteile sehr groß, weil es bei der Massenfabrikation einen bedeutenden Unterschied ausmacht, wenn an einer Maschine einige Wellenabsätze beim Drehen und Schleifen gespart werden.

Jedenfalls ist das Einheitswellensystem nur dann vorzuziehen, wenn seine Durchführung in der Konstruktion zu einer größeren Anzahl von glatten Wellen führt.

Wesentlich ist auch die Gewöhnung des Werkstattpersonals. Wo eine scharfe Kontrolle und eine sehr sorgfältig arbeitende Werkzeugmacherei besteht, ist die größere Zahl von Reibahlen beim Einheitswellensystem weniger bedenklich als da, wo diese Voraussetzungen nicht zutreffen.

Die aufgeführten Gesichtspunkte weisen zum Teil in ganz verschiedene Richtungen. Um aber für die Wahl des einen oder anderen Systems gewisse Richtlinien zu geben, und wenigstens innerhalb einiger Industriezweige eine Einigung herbeizuführen, hat der Normenausschuß eingehende Untersuchungen hierüber angestellt. Er kam dabei zu folgendem Ergebnis:

Einheitsbohrung ist zu empfehlen, sobald drei, vier oder noch mehr verschiedene Sitze gebraucht werden und die Wellen unter allen Umständen abgesetzt werden. Für Einführung der Einheitsbohrung haben sich entschlossen die Hersteller von:

Werkzeugmaschinen,
Lokomotiven,
Eisenbahnwagen,

Automobilen,
Preßluftwerkzeugen und
Großmaschinen.

Einheitswelle ist zu empfehlen, sobald gezozene Wellen mit den Abmaßen der Schlicht- und Grobpassung verwendet werden können, die nicht weiter bearbeitet und nicht abgesetzt zu werden brauchen. Für das System der Einheitswelle haben sich entschlossen:

der Transmissionsbau,
Textilmaschinenbau,
Kellereimaschinenbau,
landwirtschaftliche Maschinenbau,
Hebezeugbau

und solche Firmen, für welche die größeren Passungen genügen, und die mit wenigen Sitzen auskommen.

Grundsätzlich hängt die Wahl des einen oder anderen Passungssystems allein von seiner Wirkung auf die Gesteungskosten der Erzeugnisse ab, also von den vorhandenen Einrichtungen oder von der für die in Betracht kommenden Stückzahlen vorteilhaftesten Herstellungsart. **Nicht die Anschaffungskosten der Lehren und Werkzeuge, sondern die Beeinflussung der Löhne ist maßgebend.**

9. Die genormten Passungen.

Die Abmaße für die verschiedenen Sitze verlaufen alle nach einer bestimmten Gesetzmäßigkeit:

$$\text{Abmaß} = \text{const.} \sqrt[3]{D}$$

Lediglich die Abmaße für den Preßsitz bilden eine Ausnahme; sie steigen bei wachsendem Durchmesser stärker an als die übrigen, da sonst bei den großen Durchmessern nicht die nötige Pressung erzielt wird.

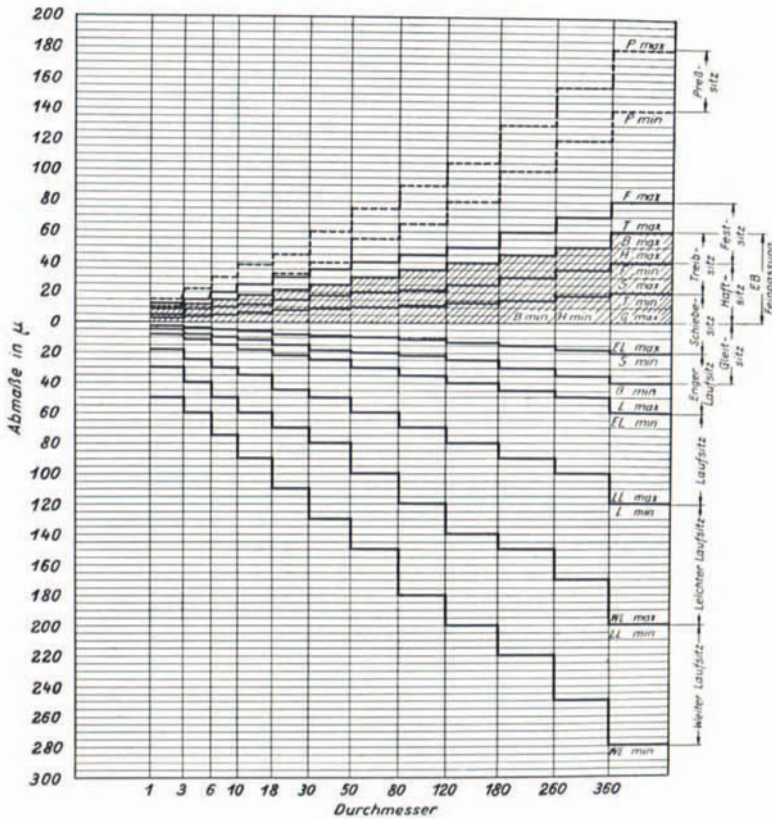


Bild 28.

Schaulinien für die Abmaße der Feinpassungssitze.

In Bild 28 sind für die Feinpassung des Einheitsbohrungssystems zu den einzelnen Durchmessern die Abmaße für sämtliche Sitze in Millimetern einge-

Einheitsbohrung.

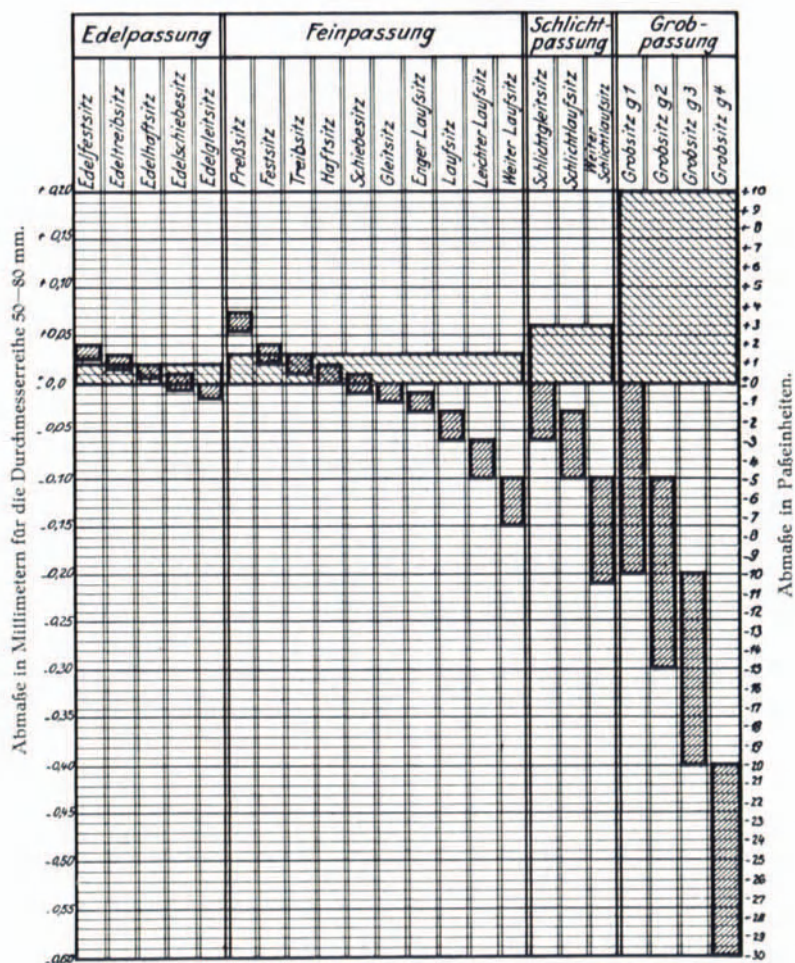


Bild 29.

Gegenseitige Lage der Abmaße bei den verschiedenen Gütegraden des Einheitsbohrungssystems.

Anmerkung: Die Abmaße des Preßsitzes entsprechen nur der Millimeterskala, nicht der Pafeinheitsskala, da sie wegen ihrer besonderen Bedingungen nicht dem Grundgesetz der Pafeinheit folgen.

Einheitswelle.

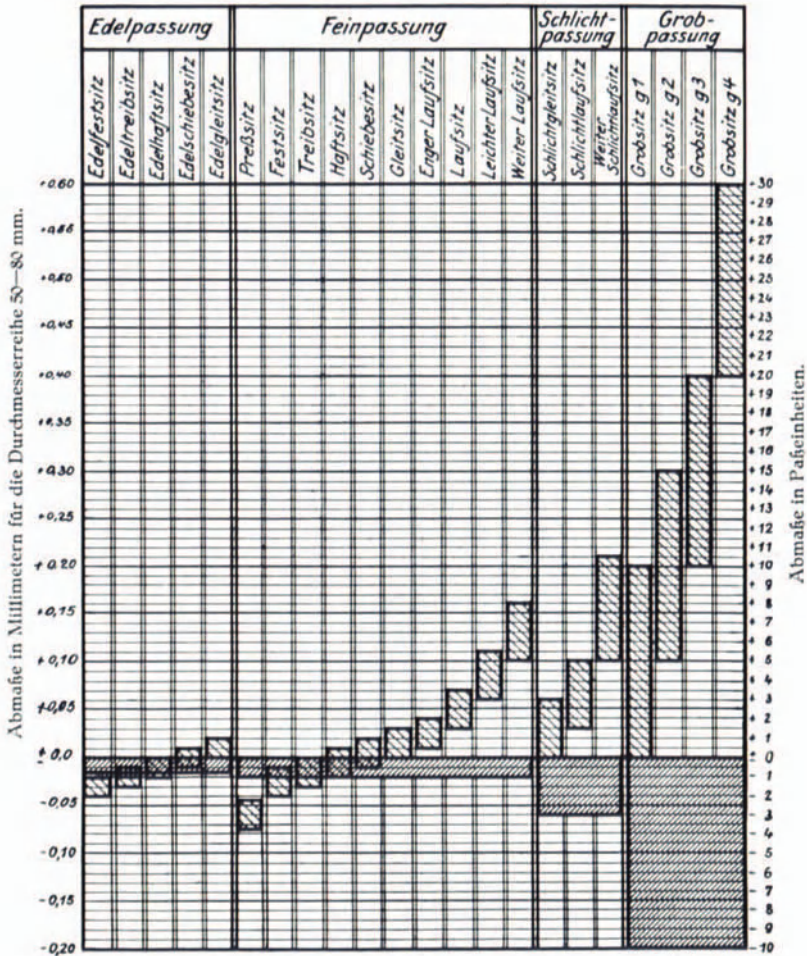


Bild 30.

Gegenseitige Lage der Abmaße bei den verschiedenen Gütegraden des Einheitswellensystems.

Anmerkung: Die Abmaße des Preßsitzes entsprechen nur der Millimeterskala, nicht der Paßeinheitsskala, da sie wegen ihrer besonderen Bedingungen nicht dem Grundgesetz der Paßeinheit folgen.

tragen. Einen besseren Überblick über die Lage der einzelnen Sitze und die Verhältnisse der einzelnen Gütegrade geben die Bilder 29 und 30.

(Hier ist aus dem Bild 29 nur eine Durchmesserreihe herausgegriffen; es sind als Beispiel für die Durchmesserreihe von 50—80 mm die Abmaße für die einzelnen Sitze nebeneinander über einer gemeinsamen Null-Linie aufgetragen, welche das Nennmaß darstellt.)

Bild 29 gilt für das System der Einheitsbohrung.

Für die Einheitswelle ergibt sich das ganz ähnliche Bild 30, nur liegen hier die bisher obenliegenden Abmaße unten und umgekehrt, denn was dort durch Kleinermachen der Welle erreicht wurde, wird jetzt durch Größermachen der Bohrung erzielt.

Demnach bildet die Nulllinie bei der Einheitswelle die obere Begrenzungslinie aller Wellentoleranzen, während sie bei der Einheitsbohrung die untere Begrenzungslinie aller Bohrungstoleranzen ist. Diese Maßnahme ermöglicht die auf Seite 24 erwähnte Austauschbarkeit zwischen den verschiedenen Gütegraden.

Paßeinheit.

Da nun die Abmaße für sämtliche Sitze nach einer bestimmten Gesetzmäßigkeit mit dem Durchmesser wachsen, nämlich stets das Vielfache von $0,005 \times \sqrt[3]{D}$ sind, so hat man diesen Ausdruck als Einheit gewählt und mit **Paßeinheit** bezeichnet. Eine PE bedeutet also bei einem theoretischen Durchmesser von

$$8 \text{ mm} = 0,01 \text{ mm}$$

$$64 \text{ " } = 0,02 \text{ "}$$

$$216 \text{ " } = 0,03 \text{ "}$$

Man kann mit dem Ausdruck „Paßeinheit“ alle gesetzmäßigen Abmaße und Toleranzen aufs einfachste bezeichnen. Man sagt z. B. (im Anschluß an Bild 29), die Bohrung der Feinpassung habe eine Toleranz von 1,5 PE (entspricht dem in Bild 28 schraffierten Raum), die der Schlichtpassung von 3 PE, oder das kleinste Spiel des Schlichtlaufsitzes betrage 1,5 PE, und man hat damit schon die Größen für alle Durchmesser bezeichnet.

Edelpassung.

Ursprünglich wurde in Deutschland die sogenannte Feinpassung aus den am meisten verbreiteten Passungssystemen gebildet. Später kamen als gröbere Gütegrade die Schlicht- und Grobpassung sowie als feinerer Gütegrad die Edelpassung hinzu. Es soll hier mit der letzteren als dem feinsten Gütegrade begonnen werden. Die einzelnen Sitze werden im folgenden mit ihrer Kennzeichnung und ihrem Anwendungsgebiet aufgeführt.

Die **Bohrungstoleranzen** betragen gegenüber der Feinpassung nur 1 PE. Dies bedingt eine außerordentlich sorgfältige Herstellung des Loches, für das in diesem Fall ein Nachreiben oder Schleifen nötig wird.

Die **Wellentoleranzen** waren bisher bei der Edelpassung und Feinpassung für die entsprechenden Sitze gleich, weil man eine feinere Toleranz als 1 PE nicht verantworten zu können glaubte. Die Fortschritte der Schleiftechnik haben jedoch neuerdings (Frühjahr 1927) den NDI veranlaßt, der Edelpassung besonders feine Wellentoleranzen, auf die sie ja eigentlich von vornherein Anspruch hatte, und zwar von $\frac{3}{4}$ PE, zu geben. Die Verkleinerung der Toleranz von 1 auf $\frac{3}{4}$ PE ist unter Beibehaltung des bisherigen Größtübermaßes bzw. Kleinstspiels durchgeführt worden, indem man die Wellenkleinmaße um $\frac{1}{4}$ PE vergrößerte.

Die Zahlentafeln für die Edelpassung befinden sich auf Seite 57 und 61 (vgl. auch die Anwendung der Edelpassung beim Kugellagereinbau Seite 45).

Die Edelpassung kommt für solche Sitze in Frage, wo in besonderen Fällen die bei der Feinpassung in den Grenzfällen praktisch zustande kommenden Passungen zu verschieden sind, das heißt dann, wenn eine größte Welle mit einer kleinsten Bohrung oder umgekehrt zusammentrifft.

Zu den Sitzen der Edelpassung, Edelfestsitz, Edeltrebitsitz, Edelhaftsitz, Edelschiebesitz und Edelgleitsitz ist folgendes zu sagen:

Der **Edelfestsitz** gewährleistet unbedingtes Festsitzen, da auch im äußersten Fall kein Spiel auftreten kann; er kann also als leichter Pressitz verwendet werden.

Der **Edeltrebitsitz** gibt praktisch auch stets einen festen Sitz, da die Überlappung des Wellentoleranzgebietes mit dem der Bohrung nur $\frac{1}{4}$ PE beträgt.

Beim **Edelhaftsitz** spielt die eH-Welle eine wichtige Rolle für die Kugellagerpassung; da die Kugellagertoleranz zum Nennmaß negativ liegt, so gibt die eH-Welle einen einwandfreien Festsitz mit dem Kugellagerinnenring, genau wie die eF-Welle in der eB-Bohrung (s. a. S. 45).

Die **Edelschiebesitzwelle** spielt gleichfalls beim Kugellagereinbau eine Rolle, nämlich dann, wenn es nicht unbedingt nötig ist, einen so festen Sitz zu erzielen. Manche Kugellagerfabriken ziehen diesen Sitz vor, weil sie ein geringeres Spiel zwischen Kugeln und Laufringen haben, das durch das Aufpressen des Innenringes verkleinert wird (s. a. S. 45).

Der **Edelgleitsitz** ist etwa die Passung der normalen Lehrringe auf den normalen Lehrdorn.

Ein wichtiges Anwendungsbeispiel der Edelpassung sind die Passungen des Kugelbolzens bei Automobilmotoren.

Feinpassung.

Fein-
passung.

Die Feinpassung ist die gebräuchlichste Passung und wird überall da angewendet, wo der Präzisionsmaschinenbau gepflegt wird. Das Anwendungsgebiet der einzelnen Sitze der Feinpassung ist nachstehend näher beschrieben:

- a) Der **Preßsitz** wird für Paßteile verwendet, die nur mit großem Kraftaufwand zusammengefügt oder auseinandergenommen werden sollen, so daß eine Sicherung gegen Verdrehen nicht erforderlich ist, z. B. für festsitzende Bolzen ohne Sicherung, Lagerbüchsen in Gehäusen, in Zahnrädern, in Schubstangen usw., feste Kupplungsflanschen auf Wellen, Feldbahnräder auf Achsen, Sitzbüchsen in allen gußeisernen Ventilkörpern, Gewindebüchsen in der Ventilbrücke bei Stopfbuchsdeckeln, Spritzringe, Bronzekränze auf gußeisernen Zahn- oder Schneckenrädern.

In vielen Fällen werden noch andere Preßsitze mit stärkeren Übermaßen benötigt, wofür jedoch der Normenausschuß keine einheitlichen Abmaße aufgestellt hat, da diese sich nach dem Werkstoff und der Form der Werkstücke richten müssen. Dasselbe gilt vom **Schrumpfsitz**, bei dem ebenfalls die Abmaße von Fall zu Fall festzulegen sind. Gute Werte für ein mittleres Übermaß der Welle gibt die Formel $\frac{1}{1000} \times D$.

- b) Der **Festsitz** wird für Paßteile verwendet, die etwas strammer sitzen sollen als beim Treibsitz, ohne daß das starke Übermaß des Preßsitzes erwünscht ist. Einige besondere Beispiele sind: Bohrbüchsen, Planscheiben auf Arbeitsspindeln von Kopfbänken, Hauptantrieb zu Strohpressen. Treibende oder getriebene Teile sind gegen Verdrehung zu sichern, sofern kein Preßsitz angewendet werden kann, z. B. fliegend angebrachte Zahnräder, Schneckenräder und Zahnräder, wenn sie im Betriebe Stöße auszuhalten haben, Hubscheiben und Antriebsräder von Wellen für Schüttelapparate, eingesetzte Zapfen in Walzen.
- c) Der **Treibsitz** wird für Paßteile verwendet, die gegenseitig festsitzen müssen und die mit einem gewissen Kraftaufwand, z. B. mit Handhammer, zusammen- oder auseinandergetrieben werden können. Die Teile sind gegen Verdrehen zu sichern. Der Treibsitz ist der in den früheren Systemen als „Festsitz“ bekannte Sitz. Wo sich dieser bewährt hat, tritt daher im neuen System der Treibsitz an seine Stelle. In Betracht kommt er für Teile, die möglichst eng sitzen, aber gerade noch mit von Hand benutzten Mitteln abgenommen werden sollen,

z. B. für Zahnräder in Spindelkästen von Werkzeugmaschinen, Schwungrad auf der Kurbelwelle eines Kompressors, Winkelhebel, Kollektornabe auf Elektromotorwelle.

- d) Der **Haftsitz** wird für Paßteile verwendet, die gegenseitig festsitzen sollen, aber ohne erheblichen Kraftaufwand, also von Hand mit Handhammer oder Handdornpresse, zusammengefügt oder auseinandergenommen werden können. Die Teile sind gegen Verdrehung oder Verschiebung besonders zu sichern, da in Grenzfällen Spiel auftreten kann. In Betracht kommt dieser Sitz für Teile des Werkzeugmaschinenbaus, die durch Keil festgezogen und nur selten abgekeilt werden, für Zahnräder auf Arbeitsspindeln, Kuppelscheiben, Handräder, Handhebel, Regulatorantriebsräder und Exzenterkörper auf Steuerwellen von Kolbenmaschinen, Schwungräder, festaufzukeilende Schwingen, Turbinenlaufräder, Bremscheiben, Kurbeln für kleine Kräfte, Stopfbuchsenfutter, Grundbuchsen, alle treibenden und getriebenen Teile, wenn sie auf einem Wellenende oder Ansatz sitzen und ein festerer Sitz nicht erforderlich ist, schließlich für verkeilte Mahlscheiben und Kupplungsflanschen bei Schrotmühlen, Buchsen zur Vorgelege- und Kurbelwelle im Hautkörper bei Mähmaschinen.
- e) Der **Schiebesitz** wird für Paßteile verwendet, die sich von Hand oder mit leichten Holzhammerschlägen zusammenfügen oder auseinandernehmen lassen. Er kommt nicht in Betracht für Teile, die sich betriebsmäßig verschieben. Er wird an Stelle des Treib- und Haftsitzes gewählt für solche Teile, die oft auseinandergenommen werden müssen und durch Keile oder Verbohren gegen Verdrehung gesichert sind, z. B. oft auszubauende Lagerbuchsen, Zahnräder; ferner für genaue Zentrierungen, Befestigung des zylindrischen Kolbenstangenansatzes im Kreuzkopf, Gabelzapfen, Exzenter auf Welle, Werkzeugzapfen im Revolverkopf, Riemenscheiben bis 40 mm Bohrungsdurchmesser, Ventilatornaben, Ankerpressring, Ankerbleche, Tachometerhalter und Gehäuseverbindung bei Turbinen, Kolbenstangeneinpaß bei Dampfmaschinen, Sichtrad und Einlauftrad auf Schrotmühlenwellen.
- f) Der **Gleitsitz** wird für Paßteile verwendet, die sich gegenseitig betriebsmäßig eben noch verschieben lassen, z. B. für Klauenkupplungen, Kugellageraußenringe in Gehäusen. Ferner kommt er in Betracht für Teile, die häufig von Hand, also ohne Zuhilfenahme eines Hammers, auseinandergenommen oder zusammengesteckt werden, jedoch kein Spiel aufweisen sollen, z. B. für Wechselräder, Fräser auf Dorn, auswechsel-

- bare Bohrbuchsen, ungeteilte Schwungräder ohne Antrieb, Messer und Stempel für Blehscheren, Dreibackenfutter auf Bund an Drehbankspindel, Pinolen im Reitstock, Indexzapfen von Teilköpfen in Teilscheiben, Gegenspitzenarme bei Fräsmaschinen, Säulenführung der Radialbohrmaschinen, genaue Zentrierflanschen, aufzukeilende, ungeteilte Scheiben- und Reibungskupplungen auf Wellen, Dreschtrommelnaben, Gebläsekreuze.
- g) Der **enge Laufsitz** wird für Paßteile verwendet, die sich gegenseitig ohne merkliches Spiel leicht bewegen lassen. Er kommt besonders in Betracht für den Werkzeugmaschinenbau und den Apparatebau, z. B. für Spindellager in Schleifmaschinen, Hauptlager von Genauigkeitsdrehbänken, Teilkopfspindeln, Ziehkeillager, Schubzahnräder in Räderkästen, Indexstifte an Teilköpfen in Führungsbuchsen; ferner für Kolbenbolzen in Schubstangen, Ventile in Luftzylindern, Kolben in Druckreglern, Indikatorkolben, Regulier- und Steuerkolben, stopfbuchsenlose Ventilspindeln an Dampfmaschinensteuerungen.
- h) Der **Laufsitz** wird für Paßteile verwendet, die sich gegenseitig mit merklichem Spiel bewegen sollen. Er wird für gewöhnliche, genaue Lagerungen des Maschinenbaues angewendet, z. B. für Hauptlager an Drehbänken, Fräs- und Bohrmaschinen, Kurbelwellen, Nockenwellen für sämtliche Lagerungen an Regulatoren, Lager in Schneckenkästen, Kreuzkopfzapfenlager, Exzenterbügel, Gleitlager zu Dreschmaschinen, Schallwellenlagerung und Typenhebellagerachse bei Schreibmaschinen.
- i) Der **leichte Laufsitz** wird für Paßteile verwendet, die sich gegenseitig mit reichlichem Spiel bewegen sollen. Er kommt besonders in Betracht für mehrfach gelagerte Wellen; ferner bei Maschinenlagern, Losscheiben, schnellaufenden Wellen, Zentrifugalpumpen, schnellaufenden Elektromotoren sowie bei Gestängen und Hebelwerken.
- k) Der **weite Laufsitz** wird für Paßteile verwendet, die ein ausnehmend großes Spiel haben sollen, z. B. für Deckenvorgelegewellen, genaue Transmissionen, sehr schnellaufende Maschinen, sowie in Sonderfällen, bei denen ein sehr weites Spiel mit großer Genauigkeit eingehalten werden soll, z. B. bei Lagerschalen von Turbogeneratoren.

Wie die Abmaße der Sitze a bis k zueinander liegen, ist aus Bild 29 und 30 ersichtlich. Die Zahlentafeln für das Einheitsbohrungssystem befinden sich auf Seite 58, die für das Einheitswellensystem auf Seite 62. Da es ferner Fälle geben kann, in denen Laufsitze mit noch größerem Spiel gebraucht werden, so wurden für die Aufstellung der zugehörigen Abmaße besondere Formeln

festgelegt. Werden hierfür Grenzlehren gewünscht, so sind lediglich Angaben über die für bestimmte Durchmesser gewünschten mittleren Spiele einzusenden, worauf die Abmaße festgelegt werden.

Schlichtpassung.

Schlicht-
passung.

Die Schlichtpassung kommt in Frage, wenn die Anforderung an die Gleichmäßigkeit der Sitze nicht so groß ist wie bei Feinpassung, aber doch ein gewisser Charakter des Sitzes gewährleistet werden soll. Infolge der größeren Toleranzen ist der Unterschied zwischen dem bei einem bestimmten Sitz kleinstmöglichen und größtmöglichen Spiel bzw. Übermaß viel größer als bei der Feinpassung. Die Schlichtpassung ist daher für Sitzarten, die den empfindlichen Sitzen der Feinpassung entsprechen, nicht verwendbar. Sie enthält drei Sitze, deren Kennzeichnung im folgenden aufgeführt wird:

- a) Der **weite Schlichtlaufsitz** hat das doppelte mittlere Spiel des leichten Laufsitzes und umfaßt etwa das Gebiet des Laufsitzes, leichten Laufsitzes und einiger noch lockereren Laufsitze der Feinpassung. Er kommt in Betracht, wenn sich zwei Paßteile mit reichlichem Spiel ineinander drehen sollen.
- b) Der **Schlichtlaufsitz** umfaßt etwa das Gebiet des Laufsitzes und des leichten Laufsitzes der Feinpassung. Er kann unter Umständen nur ein kaum merkliches, aber auch ein reichliches Spiel aufweisen und kommt für gewöhnliche Lagerungen in Betracht, bei denen man auf geschliffene Wellen verzichtet. (Bei Einheitswelle ist es meist genügend, die Bohrung nach Schlichtlaufsitz auszuführen, auch wenn die Welle nach Feinpassung geschliffen ist.)
- c) Der **Schlichtgleitsitz** umfaßt das Gebiet des Gleitsitzes bis zum Laufsitz der Feinpassung. Er dient für Passungen, bei denen es nur darauf ankommt, daß Bohrung und Welle zusammengesteckt werden können, ohne daß das größte Spiel zu groß wird, z. B. für verschiebbare Muffen.

Bemerkenswert ist dabei, daß ein fester Sitz in der Schlichtpassung nicht vorhanden ist. Wird ein Festsitz gebraucht, so ist für diejenigen Teile, die gegenseitig festsitzen sollen, Feinpassung anzuwenden.

Zahlentafeln für Schlichtpassung siehe Seite 59 und 63.

Bezüglich der Herstellung von Teilen mit den Toleranzen der Schlichtpassung sei hier eingeflochten, daß die Bohrungen gerieben werden müssen, wenn auch mit geringerer Sorgfalt als in der Feinpassung; insbesondere wird die Verwendung von Maschinenreibahlen erleichtert, mit denen nur schwer die Toleranzen der Feinpassung einzuhalten sind. Die Wellen brauchen nicht mehr

unbedingt geschliffen zu werden, da die Toleranzen bei sorgfältigem Drehen ohne Mühe erreicht werden. Für glatte Wellen ist gezogenes Rundmaterial zu verwenden, das gemäß DIN 667 mit den Abmaßen der Einheitswelle Schlichtpassung geliefert wird.

Betrachtet man Bild 29 und 30, so sieht man, daß ein Schlichtpassungssitz immer mehrere Feinpassungssitze umfaßt, und daß die Abmaße der Schlichtpassungssitze bis auf das unterste beim „weiten Schlichtlaufsitz“ bereits in der Feinpassung vorkommen. Bei größeren Durchmessern, wo Gutseite und Ausschußseite als einzelne Rachenlehren ausgebildet sind, kann man deshalb im Notfall die Feinpassungsrachenlehren zur Schlichtpassung verwenden. Jedoch ist dies mit Rücksicht auf Verwechslungen nicht zu empfehlen.

Grob-
passung.

Endlich wurde für solche Fälle, wo für Wellen gewöhnliches Drehen auf der Dreh- oder Revolverbank oder auf einem Automaten, für Bohrungen statt des Reibens Aufbohren mit Senker oder Vierlippenbohrer oder Bohren mit in genauen Bohrbuchsen geführten Spiralbohrern den Anforderungen des Zusammenbaues genügt, die

Grobpassung

geschaffen. Die Toleranzen der Grobpassung betragen wiederum etwa das Dreifache der Schlichtpassung; sie enthält vier Sitze, die nachfolgend mit ihrer Kennzeichnung und ihrem Anwendungsgebiet aufgeführt sind:

- a) Der **Grobsitz g 1** wird für Paßteile verwendet, die sich leicht zusammenstecken lassen und trotz großer Herstellungstoleranzen ein möglichst geringes Spiel haben sollen, z. B. für Distanzbuchsen im Maschinenbau, Teile, die zusammengesteckt und nachher verschweißt werden, Teile des Grobmaschinenbaues, die auf der Welle festgestiftet, festgeschraubt oder festgeklemmt werden, Wellen in Naben, die aufgeklemmt werden, z. B. Hebel bei Schnellpressen, Wellennietzapfen und deren Bohrungen bei Schreibmaschinen.
- b) Der **Grobsitz g 2** wird bei Paßteilen mit großen Herstellungstoleranzen verwendet, deren Beweglichkeit durch ein gewisses Kleinstspiel unter allen Umständen gewahrt werden soll. Zur Anwendung kommt dieser Sitz besonders im Eisenbahnwagenbau, für Kellereimaschinen und für grobe Führungen und Lagerungen im Grobmaschinenbau.
- c) Der **Grobsitz g 3** wird bei Paßteilen mit großen Herstellungstoleranzen verwendet, die ein Kleinstspiel von 10 Paßeinheiten haben sollen, z. B. bei Lagern für landwirtschaftliche Maschinen auf unebenem Boden, Lagern hauswirtschaftlicher Maschinen, versplinteten Gabelbolzen am Bremsge-

- stänge von Fahrzeugen, für Schnappstifte an Umschalthebeln, untergeordnete Lagerungen bei Schreibmaschinen, Antriebswellen für Göpel.
- d) Der Grobsitz **g 4** wird bei Paßteilen mit großen Herstellungstoleranzen verwendet, die sehr locker sitzen und ein Kleinstspiel von 20 Paßeinheiten haben sollen, z. B. für Lager auf Eisengestellen, die nicht mehr genau fluchten, Lager, die im Freien der Witterung und der Verschmutzung ausgesetzt sind und bei zu engem Spiel festrostet würden, Bolzen in Federgehängen.

Als Wellen für die Grobpassung können gezogene Wellen ohne weiteres verwendet werden, da sie nach DIN 668 mit den Grobpassungstoleranzen geliefert werden. Zahlentafeln für Grobpassung siehe Seite 60 u. 64.

Kugellagerpassungen.

Unter den Normteilen nehmen die Kugellager aus zwei Gründen eine besondere Stellung in bezug auf Passungen ein: einmal, weil es sich hier um besonders genaue Passungen handelt, und zum anderen, weil die Abmaße der Kugellager international festgelegt wurden, ohne daß man auf das deutsche Passungssystem Rücksicht nehmen konnte. Immerhin ist der Einfluß des letzteren unverkennbar, indem nämlich sowohl für die Außen- als auch für die Innendurchmesser die Abmaße so festgelegt wurden, daß das Nennmaß das Größtmaß ist. Die Toleranzen selbst sind – besonders in den kleineren Durchmessern – kleiner als bei den normalen Paßteilen.

Kugellagerpassungen.

Für den äußerst heiklen Sitz des Kugellagerinnenringes auf der Welle genügten die bisherigen Wellentoleranzen der Edelpassung in der Regel nicht. Die Toleranz der Welle 1 PE ließ zu große Schwankungen im Sitz zu, so daß mitunter durch zu große Pressung ein Klemmen der Kugeln oder gar ein Springen des Innenringes eintreten konnte. Man war daher gezwungen,

Innenring.

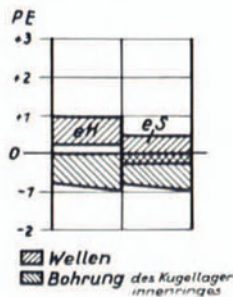


Bild 31.

Sitze des Kugellagerinnenringes auf der eH- bzw. eS-Welle.

besonders feine Toleranzen von zirka 0,75 PE anzuwenden. Da neuerdings die Wellentoleranzen der DIN-Edelpassung (vgl. Seite 38) auf 0,75 PE verfeinert worden sind, so kann man diese anwenden. Der Kugellagerinnenring soll in der Regel auf der Welle festsitzen. Die Welle darf also streng genommen nie kleiner als das Nennmaß werden, das heißt ihr Toleranzgebiet muß oberhalb der Nulllinie liegen. Von der verfeinerten DIN-Edelpassung kommen, wie Abb. 31 zeigt, die Edelhaftsitzwelle und die Edelschiebesitzwelle des Einheitsbohrungssystems in Betracht (s. a. S. 39).

Die Festlegung einer einzigen Grenzbemafung dafür ist nicht möglich, da die beim Einbau bzw. Gebrauch gestellten Anforderungen in den einzelnen Industriezweigen durchaus nicht einheitlich sind. Auch für Rollenlager muß man es freistellen, je nachdem den leichteren oder festeren Sitz zu wählen; so kommt z. B. bei Schrägrollenlagern ein leichterer Sitz als bei den zylindrischen Rollenlagern in Frage.

Ähnliches gilt für die Außenpassung.

Außenring. Der Kugellageraußenring soll im Gehäuse etwa den Sitz haben, den ein normaler Leerring auf dem zugehörigen Lehdorn hat, d. h. er soll sich gerade noch ohne merkliches Spiel darin verschieben lassen, damit sich beim Laufen der Maschine Längenänderungen ausgleichen können.

Je nach dem erstrebten Maße der Genauigkeit dieser Passung wird man die Abmaße wählen. Meist genügt es, das Gehäuse mit der Toleranz für

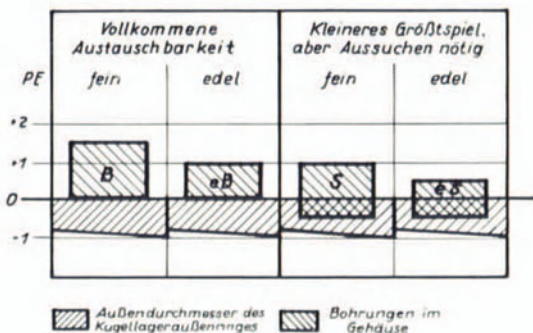


Bild 32.

Sitze des Kugellageraußenringes im Gehäuse.

Einheitsbohrung Feinpassung (+ 1,5 PE oberes und 0 PE unteres Abmaß) auszuführen. Wo eine größere Genauigkeit verlangt wird, nimmt man die Toleranz Einheitsbohrung der Edelpassung mit + 1 PE oberem und 0 PE unterem Abmaß. Da diese Toleranz für die Fertigung schon recht klein ist

und bei den meist kurzen Aufnahmebohrungen ein Reiben unerwünscht ist, so geht man häufig dazu über, die Bohrungstoleranz nach unten um 0,5 PE zu erweitern, mit anderen Worten, man nimmt gemäß Bild 32 die Schiebesitzbohrung der Feinpassung Einheitswelle mit dem oberen Abmaß + 1 PE und dem unteren Abmaß - 0,5 PE (siehe Bild 30). Da es hierbei vorkommen kann, daß die Bohrung unter dem Nennmaß liegt, also kleiner wird als der größtmögliche Außenring, so ist es notwendig, die Kugellager nach den verschiedenen Gehäusen auszusuchen, derart, daß in die engen Gehäuse die Kugellager mit kleinerem Durchmesser und in die größeren die übrigen kommen. Auch bei diesem Vorgehen können in den äußersten Fällen natürlich noch Spiele zwischen Gehäuse und Außenring auftreten; sind auch diese (was aber nur für ganz besondere Fälle gilt) unzulässig, so kann noch einen Schritt weiter gegangen und statt der Schiebesitzbohrung Feinpassung die Schiebesitzbohrung Edelpassung benutzt werden, deren oberes Abmaß + 0,5 PE und unteres Abmaß - 0,5 PE beträgt. Auch hierbei ist ein Aussuchen notwendig.

10. Umstellung auf die genormten Passungen.

Nachdem vom Normenausschuß für alle Lehren eine einheitliche Bezugstemperatur sowie einheitliche Passungsmaße festgelegt worden sind, ist es natürlich der Wunsch jedes Betriebes, sich nach diesen neuen Normen zu richten. Es treten aber da, wo bisher schon Grenzlehren nach einem andern System gebraucht wurden, gewisse Schwierigkeiten auf. In den Fällen, wo es sich um häufige Nachlieferung von Ersatzteilen handelt, wird man sich nicht ohne weiteres entschließen, neue Lehren einzuführen, da nach diesen gefertigte Ersatzteile nicht in die alten Maschinen, für welche andere Lehren benutzt wurden, passen würden.

Indessen ist der Übergang zum neuen System nicht mit so großen Schwierigkeiten verbunden, wie man vielleicht im ersten Augenblick annehmen möchte, da eine ganze Reihe der bisher gebräuchlichen Lehren mit den neuen recht genau übereinstimmt.

Auch in den Fällen, in denen früher Lehren mit einer Bezugstemperatur von 0° C verwendet wurden, sind die Hindernisse zu überwinden, da hier die Möglichkeit besteht,

- ein altes Ersatzteil mit Festsitz nach der neuen „Schiebesitz“-Lehre
- „ „ „ „ Schiebesitz nach der neuen „Enger Laufsitz“-Lehre,
- „ „ „ „ Laufsitz genau nach der neuen „Laufsitz“-Lehre,
- „ „ „ „ Laufsitz nach der neuen „Leichter Laufsitz“-Lehre herzustellen.

Daneben bleibt immer noch der Ausweg, einen Satz der alten Lehren aufzubewahren, um danach für alte Maschinen etwa zu liefernde Ersatzteile herstellen zu können.

Die übrigen alten Lehren werden, soweit noch brauchbar, zweckmäßig für die neuen Passungen umgearbeitet.

11. Sonstige Anwendung von Grenzlehren.

Schon bei der Grobpassung sind die Toleranzen so groß, daß sich mancher fragen wird: Sind hierzu überhaupt noch Grenzlehren nötig? Maßgebend für die Entscheidung dieser Frage sind allein die Vorteile der Werkstatt und die Austauschbarkeit der Teile für Nachlieferung. Sobald es sich um größere Mengen oder häufige Wiederholung eines Durchmessers handelt, ist die Grenzlehre unbedingt vorzuziehen, da die Messungen mit ihrer Hilfe rasch und zuverlässig ausgeführt werden können. Sie hat daneben noch den großen Vorteil, daß sie genau über das Klarheit schafft, was der Arbeiter zu leisten hat. Die Grenzlehre beugt zahllosen Streitigkeiten vor, die sonst dadurch entstehen, daß der eine mit einer Schieblehre oder Schraublehre so mißt, der andere anders.

Vorbearbeitung.

Deshalb begnügt man sich nicht mehr damit, die Grenzlehre nur für die Fertigstellung der Einzelteile zu verwenden, sondern bringt sie auch für die **Vorbearbeitung** in Anwendung. Am häufigsten erfolgt dies bei Arbeitsstücken, die auf der Drehbank vorgearbeitet und auf der Schleifmaschine fertiggestellt werden sollen. Hierdurch wird die Herstellung außerordentlich verbilligt, da nur die unbedingt notwendigen Materialmengen von der Schleifmaschine abzunehmen sind.

Abmaße hierfür finden sich auf Seite 70.

Die Farbe der hierzu benutzten Grenzrachenlehren ist im Unterschied zu den andern grau.

Gezogenes Material.

Weiterhin sei an dieser Stelle auf die Verwendung von **Grenzrachenlehren zur Prüfung des gezogenen Materials** hingewiesen. Dieses wird, soweit es sich um gezogenes Eisen, gezogenen Stahl und gezogenes Messing, also um Konstruktionsmaterial für den Maschinenbau handelt, in drei Gütegraden hergestellt. Für die beiden ersten benutzt man die Grenzrachenlehren für Einheitswelle **Schlichtpassung** und **Grobpassung**. Für die dritte Qualität, der auch die Sechskantstangen für blanke Schrauben und Muttern angehören, finden sich die Abmaße in der untern Zahlentafel auf Seite 70.

Flachpassungen.

Außer den runden Passungen kann man normale Grenzlehren auch zur Herstellung **flacher Passungen** benutzen, wie sie z. B. bei Laufsteinen in

Kulissenführungen oder bei Paßfedern in Nuten usw. vorkommen. Aus diesem Grunde werden die Abmaße z.B. für Paßfedern und Nuten dem Einheitspassungssystem entnommen; einige andere Beispiele von Flachpassungen zeigt Bild 33.

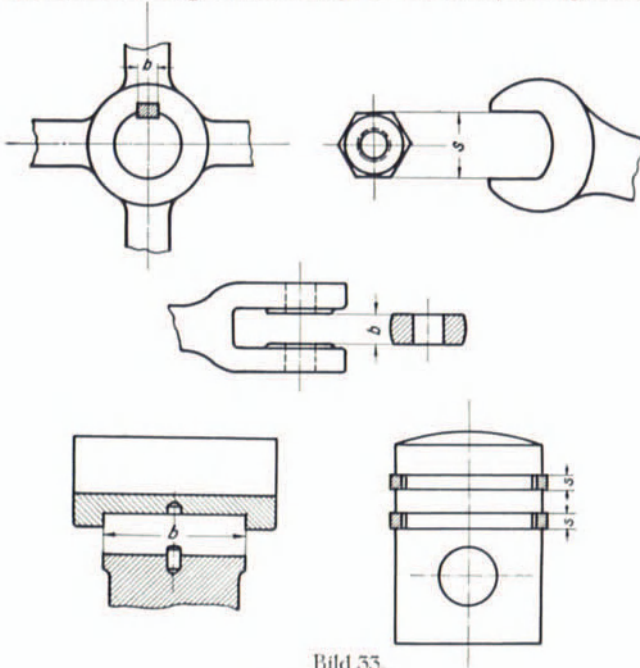


Bild 33.

Flachpassungen.

Indes muß man mit dem Gebrauch der ursprünglich nur für Rundpassungen konstruierten Grenzlehren in einer Beziehung vorsichtig sein. Wenn eine Flachpassung sich nämlich auf eine größere Länge erstreckt, dann ist die Einhaltung der Ebenheit und Parallelität der Flächen neben deren Abstand von ausschlaggebender Bedeutung.

Die Grenzrachenlehre, die selbst ebene Flächen aufweist, prüft bei nicht allzulangen Flächen diese Eigenschaften genügend; bei langen Flächen sind jedoch Sonderlehren zu empfehlen. Außerdem bedenke man, daß bei dem gleichen rechnerischen Spiel bzw. Übermaß eine Flachpassung stets enger bzw. fester ist als die entsprechende Rundpassung.

Für die Gegenstücke, wo die Flächen innen liegen (Innenmaße), sind Grenzlehrdorne nicht zu empfehlen, da sie nur Linienberührung haben und beispielsweise eine mit einem Fingerfräser gefräste Nut auch dann als richtig prüfen könnten, wenn sie schlangenförmig verlief. Für Innenmessungen sind

daher flache Grenzlehren, die heute meist noch als Sonderausführungen gelten, zu empfehlen.

Nur auf einem Gebiete, nämlich bei Vierkantpassungen, ermöglicht die Festlegung der Abmaße in DIN 75 die Schaffung normaler flacher Grenzlehren. Hierbei kommt es außer der richtigen „Schlüsselweite“ noch auf die Genauigkeit des rechten Winkels der benachbarten Flächen an. Der NDI sieht daher Lehren vor, die nicht nur die Entfernung gegenüberliegender Flächen, sondern auch die Vierkantwinkel prüfen und daher als „Formlehren“ bezeichnet werden müssen. Als Gutseite für den Vierkant am Dorn dient eine Blechlehre mit einem genau quadratischen Loch, als Ausschufseite ein Ausschufsrachen. Die Prüfung des Vierkantloches erfolgt auf der Gutseite durch einen genau rechtwinkligen Vierkantdorn, auf der Ausschufseite aus einem Flachmaß. Mit den Gutseiten führt man eine, mit den Ausschufseiten zwei Messungen, nämlich kreuz und quer, aus. Um den verschiedenen, an die Genauigkeit der Vierkantpassungen gestellten Anforderungen zu genügen, hat der NDI drei Gütegrade mit verschiedenen großen Toleranzen für Vierkant und Vierkantloch festgelegt. Die Gutseiten haben stets das Nennmaß, also das Abmaß 0. Die Ausschufseite hat beim Vierkant ein negatives, beim Vierkantloch ein positives Abmaß.

Ferner kann das System der Grenzlehre für alle anderen Abmessungen zur Anwendung kommen, wo es sich um Einhaltung genauer Maße in gewissen Grenzen handelt. Es mögen nur Nabenhöhen, Bundhöhen, Längen von Wellenansätzen, Lage und Entfernung von Bohrungen, Kolbenringbreiten und deren zugehörige Nuten in den Kolben aus der Unzahl der in der Praxis vorkommenden Fälle namhaft gemacht werden. Manche derartige Grenzlehren erfordern Sonderkonstruktionen; wer aber die Vorteile der Grenzlehren als solche erkannt hat, der wird sich davor nicht scheuen. Aber auch hier ist die Beziehung von Fachleuten unbedingt zu empfehlen, da viele Gesichtspunkte zu berücksichtigen sind, die mit der Art der Messung und der Meßgenauigkeit zusammenhängen.

12. Die Lehren von Carl Mahr.

Alle bisher beschriebenen Lehren für die Herstellung austauschbarer Teile liefere ich bereits seit vielen Jahren. Nachdem nunmehr die Abmaße sowie einheitliche Bezugstemperatur für sämtliche Passungen vom Normenausschuß, an dessen Sitzungen ich als ständiges Mitglied teilgenommen habe, festgelegt sind, liefere ich Grenzlehren, Prüflehren und Abnutzungsprüfer nach DIN, sofern die Bestellung nichts anderes enthält. Da ich eine große

Zahl führender Firmen des Maschinenbaues sowie ganze Konzerne des In- und Auslandes des Lokomotiv-, Kraftwagen-, Werkzeugmaschinen-, Transmissionsbaues, Firmen der Feinmechanik und Elektrizitätsbranche usw. zur vollen Zufriedenheit mit Lehren beliefert habe, bin ich in der Lage, für jeden Fabrikationszweig Vorschläge zu machen, und biete hiermit Ingenieurbesuch sowie Nennung von Referenzen an.

Da bei zahlreichen Werken der Wunsch bestehen dürfte, unter Verwendung des schon bestehenden Lehrenparks zum Einheitspassungssystem überzugehen, so übernehme ich auch die Umarbeitung der bisherigen Lehren. Auch für diese Arbeit kann ich eine Reihe erster Firmen nennen, die von mir bedient wurden und die mir unaufgefordert ihre Anerkennung für die vorzügliche Ausführung der mir anvertrauten Aufträge zukommen ließen.

Da von der Genauigkeit der Grenzlehren die Güte der damit hergestellten Fabrikate abhängig ist, so verwende ich bei der Fertigung und Kontrolle meiner Erzeugnisse eine Reihe mechanischer und optischer Hilfsvorrichtungen, die mir gestatten, Lehren in höchster Vollendung zu liefern.

Die Ebenheit der Meßflächen meiner Rachenlehren wird bei jedem einzelnen Stück mit Hilfe des Interferenzverfahrens geprüft. Genauigkeit.

Ebenfalls auf optischem Wege wird die Parallelität der beiden Meßflächen untersucht, und zwar durch gegenseitige Spiegelung einer in entsprechender Entfernung angebrachten Geraden, ein Verfahren, das auch die geringsten Abweichungen von der Parallelität aufdeckt.

Schließlich erfolgt die Prüfung auf Maßhaltigkeit der Lehre, welche mit äußerster Sorgfalt vorgenommen wird, so daß ich mich vollauf dafür verbürgen kann, daß kein Stück mein Werk verläßt, dessen Maß nicht den Dinormen entspreche und dessen Meßflächen in bezug auf Parallelität und Ebenheit nicht als vorzüglich zu bezeichnen wären.

Die angeführten optischen Untersuchungen können nur bei hochglanzpolierten Flächen zur Anwendung gebracht werden. Die Meßflächen meiner Rachenlehren werden daher nach einem besonderen Verfahren in der Reinheit eines feinpolierten Spiegels bearbeitet.

Wenn meine Rachenlehren hinsichtlich Politur, Parallelität und Ebenheit der Meßflächen mit den von anderer Seite gelieferten verglichen werden, wird sich die Überlegenheit der meinigen sofort ausweisen. Die Nachprüfung auf Ebenheit kann von jedem Betrieb sehr leicht durch Auflegen einer genau geschliffenen Glasplatte vorgenommen werden, durch welche Interferenzfiguren erzeugt und die kleinsten Unebenheiten angezeigt werden. Die Flächen meiner

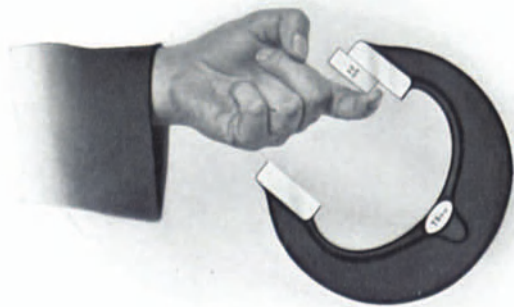


Bild 34.

Rachenlehre bleibt an einem Meßblock haften.

besondere sind die Meßflächen sehr breit und lang gehalten, so daß die Lebensdauer meiner Rachenlehren bedeutend länger ist als die von Lehren mit kleineren Meßflächen.

Auch die Meßflächen der Grenzlehndorne, Flachlehren und Kugelendmaße werden auf das genaueste geschliffen und poliert. Die Meßkörper der Dorne von 30 mm an aufwärts werden auswechselbar und umdrehbar geliefert, so daß sich die Lebensdauer dieser Werkzeuge wesentlich erhöht. Bei Lieferung von Ersatzmeßkörpern passen diese ohne weiteres auf den Griff, weshalb die Einsendung des ganzen Dornes nicht nötig ist.

Werkstoff.

Als Werkstoff für Urlehren und Meßblöcke verwende ich einen Stahl, der eine außerordentliche Härte annimmt und eine Ausdehnung von 0,0115 für 1 m und 1° C hat. Die Ausdehnung der Werkstücke, die aus Eisen oder Stahl hergestellt sind, entspricht im Mittel diesem Zahlenwert.

Für die Werkstatt ist es daher bezüglich eiserner oder stählerner Werkstücke gleichgültig, bei welcher Temperatur gemessen wird. Zu beachten ist nur, daß Lehren und Arbeitsstück gleiche Temperatur haben. Werkstücke aus Aluminium, Messing usw. sollten aber bei 20° gemessen werden, da ihre Ausdehnungskoeffizienten von dem der Lehren stark verschieden sind.

Rachen- und Lochlehren sind im Gesenk geschmiedet; sie bestehen aus einem Werkstoff, der nach dem Einsatz bei verhältnismäßig weichem Kern eine große Härte auf der Oberfläche annimmt. — Lehren aus schmiedbarem oder aus Stahlguß, wie sie vielfach angeboten werden, können wesentlich billiger hergestellt werden. Dieser Werkstoff nimmt jedoch keine wesentliche Härte an, verändert seine Maßgröße, ist porös und zer-

Rachenlehren sind so genau, daß ein solches Plan- oder ein gutes Endmaß daran haften bleibt, wie durch Bild 34 dargestellt ist.

Nicht unerwähnt will ich lassen, daß meine Rachenlehren bedeutend kräftiger gehalten sind, als gemeinhin üblich ist. Sie sind dadurch weniger empfindlich gegen die bei der Benutzung und Beanspruchung vorkommenden Stöße, ins-

brechlich. Derartige Gußlehren sind in kurzer Zeit unbrauchbar und daher im Gebrauch die teuersten.

Alle von mir hergestellten Lehren werden auf Grund vieljähriger Erfahrungen sorgfältigst gehärtet. Nach dem Härten werden meine sämtlichen Lehrwerkzeuge einer besonderen Wärmebehandlung unterworfen, welche den Zweck hat, den Lehren die durch den Härteprozeß im Werkstoff entstandenen Spannungen zu entziehen. Es ist außerordentlich wichtig, daß diese Nachbehandlung mit großer Sorgfalt ausgeführt wird, da sich zurückgebliebene Spannungen bei Meßwerkzeugen besonders fühlbar machen, weil sie eine Änderung der Maßgröße mit sich bringen. Durch mein Verfahren werden alle Spannungen ausgeglichen, ohne daß sich die Härte irgendwie vermindert.

Härten und
Entspannen.

Alle von mir gelieferten Lehren bleiben daher dauernd unveränderlich.

*Lehren von Mahr
stimmen aufs Haar.*

Verzeichnis der Normblätter.

	Seite
Normaldurchmesser	56
Einheitsbohrung	
Abmaße für Edelpassung	57
" " Feinpassung	58
" " Schlichtpassung	59
" " Grobpassung	60
" der Einstellringe für Reibahlen	65
Einheitswelle	
Abmaße für Edelpassung	61
" " Feinpassung	62
" " Schlichtpassung	63
" " Grobpassung	64
" der Einstellringe für Reibahlen	65
Zulässige Abnutzung von Grenzlehren	
im Einheitsbohrungssystem	66
" Einheitswellensystem	67
Herstellungsgenauigkeit der Arbeitslehren	68
Abgekürzte Bezeichnung der Gütegrade und Sitzarten.	
Kennzeichnung und Beschriftung der Grenzlehren	69
Schleifzugaben für Wellen	70
Abmaße für blankgezogene Stangen und Drähte	70

Normaldurchmesser								DIN 3
mm								
		*10,5	26	52	105			
0,5	*5,5	11	27	55	110	210	310	410
0,8		*11,5	28	58	115			
1	6	12	30	60	120	220	320	420
1,2		*12,5	32	62	125			
1,5	*6,5	13	33	65	130	230	330	430
1,8		*13,5	34	68	135			
2	7	14	35	70	140	240	340	440
2,2		*14,5	36	72	145			
2,5	*7,5	15	37 ¹	75	150	250	350	450
2,8	8	16	38	78	155			
3		17	40	80	160	260	360	460
		18	42	82	165			
3,5	*8,5	19		85	170	270	370	470
		20	44	88	175			
4	9	21	45	90	180	280	380	480
		22	46	92	185			
4,5	*9,5	23	47 ¹	95	190	290	390	490
		24	48	98	195			
5	10	25	50	100	200	300	400	500

* Für Feinmechanik.
¹ Nur für Kugellager.
 Die Normaldurchmesser dienen zur Beschränkung der Werkzeugsorten auf eine Mindestzahl; sie sind zu verwenden, wenn nicht besondere Gründe die Wahl anderer Durchmesser erfordern.
 Sind bei Durchmessern über 100 mm Zwischenmaße unvermeidlich, so sollen sie wie bei den kleineren Durchmessern in den Abstufungen 2, 5 und 8 mm gewählt werden.

Die Edelpassung kommt nur für die empfindlichsten Sitze: Gleitsitz, Schiebesitz, Haftsitz, Treibsitz, Festsitz in Frage, wenn besonders hohe Anforderungen in bezug auf Gleichartigkeit der Ausführung gestellt werden.

Maße in mm

Nach DIN	Sitze		Durchmesserbereich										Paßeinheiten	Lehre		
			1 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 200			über 200 bis 260	über 260 bis 500
18	Einheitsbohrung e B	ob. Abm.	+0,006	+0,008	+0,010	+0,012	+0,015	+0,018	+0,020	+0,022	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+1	Bohrungslehre
	unt. Abm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2055	Gleitsitz e G	ob. Abm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Wellenlehren
	unt. Abm.	-0,005	-0,006	-0,007	-0,009	-0,011	-0,013	-0,015	-0,017	-0,020	-0,022	-0,025	-0,028	-0,75		
2054	Schiebesitz e S	ob. Abm.	+0,003	+0,004	+0,005	+0,006	+0,008	+0,009	+0,010	+0,011	+0,013	+0,015	+0,018	+0,020	+0,5	Wellenlehren
	unt. Abm.	-0,002	-0,002	-0,002	-0,003	-0,004	-0,004	-0,005	-0,006	-0,007	-0,008	-0,009	-0,010	-0,25		
2053	Haftsitz e H	ob. Abm.	+0,006	+0,008	+0,010	+0,012	+0,015	+0,018	+0,020	+0,022	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+1	Wellenlehren
	unt. Abm.	+0,002	+0,002	+0,002	+0,003	+0,004	+0,004	+0,005	+0,006	+0,007	+0,008	+0,009	+0,010	+0,25		
2052	Treibsitz e T	ob. Abm.	+0,009	+0,012	+0,015	+0,018	+0,022	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+0,045	+0,050	+0,060	+1,5	Wellenlehren
	unt. Abm.	+0,005	+0,006	+0,007	+0,009	+0,011	+0,013	+0,015	+0,017	+0,020	+0,022	+0,025	+0,028	+0,75		
2051	Festsitz e F	ob. Abm.	+0,012	+0,015	+0,020	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+0,045	+0,050	+0,060	+0,070	+0,080	+2	Wellenlehren
	unt. Abm.	+0,007	+0,010	+0,012	+0,015	+0,018	+0,022	+0,025	+0,028	+0,032	+0,038	+0,043	+0,050	+1,25		

Die Feinpassung umfaßt Sitze jeder Art vom Weiten Laufsitze bis zum Preßsitze.

Masse in mm

Nach DIN	Sitze	Durchmesserbereich												Paßeinheiten	Lehre	
		1 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 260	über 260 bis 360	über 360 bis 500			
19	Einheitsbohrung B	oberes Abmaß	+0,009	+0,012	+0,015	+0,018	+0,022	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+0,045	+0,050	+0,060	+1,5	Bohrlehren
		unteres Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
52	Weiter Laufsitze W L	oberes Abmaß	-0,030	-0,040	-0,050	-0,060	-0,070	-0,080	-0,100	-0,120	-0,140	-0,150	-0,170	-0,200	-5	Wellenlehren
		unteres Abmaß	-0,050	-0,060	-0,075	-0,090	-0,110	-0,130	-0,150	-0,180	-0,200	-0,220	-0,250	-0,280	-7,5	
20	Leichter Laufsitze L L	oberes Abmaß	-0,018	-0,025	-0,030	-0,035	-0,045	-0,050	-0,060	-0,070	-0,080	-0,090	-0,100	-0,120	-3	
		unteres Abmaß	-0,030	-0,040	-0,050	-0,060	-0,070	-0,080	-0,100	-0,120	-0,140	-0,150	-0,170	-0,200	-5	
21	Laufsitze L	oberes Abmaß	-0,009	-0,012	-0,015	-0,018	-0,022	-0,025	-0,030	-0,035	-0,040	-0,045	-0,050	-0,060	-1,5	
		unteres Abmaß	-0,018	-0,025	-0,030	-0,035	-0,045	-0,050	-0,060	-0,070	-0,080	-0,090	-0,100	-0,120	-3	
22	Enger Laufsitze E L	oberes Abmaß	-0,003	-0,004	-0,005	-0,006	-0,008	-0,009	-0,010	-0,011	-0,013	-0,015	-0,018	-0,020	-0,5	
		unteres Abmaß	-0,009	-0,012	-0,015	-0,018	-0,022	-0,025	-0,030	-0,035	-0,040	-0,045	-0,050	-0,060	-1,5	
23	Gleitsitze G	oberes Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		unteres Abmaß	-0,006	-0,008	-0,010	-0,012	-0,015	-0,018	-0,020	-0,022	-0,025	-0,030	-0,035	-0,040	-1	
24	Schiebesitze S	oberes Abmaß	+0,003	+0,004	+0,005	+0,006	+0,008	+0,009	+0,010	+0,011	+0,013	+0,015	+0,018	+0,020	+0,5	
		unteres Abmaß	-0,003	-0,004	-0,005	-0,006	-0,008	-0,009	-0,010	-0,011	-0,013	-0,015	-0,018	-0,020	-0,5	
25	Haftsitze H	oberes Abmaß	+0,006	+0,008	+0,010	+0,012	+0,015	+0,018	+0,020	+0,022	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+1	
		unteres Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
58	Treibsitze T	oberes Abmaß	+0,009	+0,012	+0,015	+0,018	+0,022	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+0,045	+0,050	+0,060	+1,5	
		unteres Abmaß	+0,003	+0,004	+0,005	+0,006	+0,008	+0,009	+0,010	+0,011	+0,013	+0,015	+0,018	+0,020	+0,5	
26	Festsitze F	oberes Abmaß	+0,012	+0,015	+0,020	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+0,045	+0,050	+0,060	+0,070	+0,080	+2	
		unteres Abmaß	+0,006	+0,008	+0,010	+0,012	+0,015	+0,018	+0,020	+0,022	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+1	
54	Preßsitze P	oberes Abmaß	+0,015	+0,022	+0,030	+0,038	+0,045	+0,060	+0,075	+0,090	+0,105	+0,130	+0,155	+0,180		
		unteres Abmaß	+0,010	+0,015	+0,020	+0,025	+0,032	+0,040	+0,055	+0,065	+0,080	+0,100	+0,120	+0,140		

Die Schlichtpassung kommt in Frage, wenn die Anforderungen an die Gleichartigkeit der Sitze nicht so groß sind wie bei der Feinpassung, aber doch ein gewisser Charakter des einzelnen Sitzes gewahrt bleiben soll. Sie ist für Sitzarten, die den empfindlichen Sitzen der Feinpassung entsprechen, nicht zu empfehlen. Die Schlichtpassung enthält die Sitze: Weiter Schlichtlaufsitz, Schlichtlaufsitz, Schlichtgleitsitz. Jeder Sitz umfaßt das Gebiet mehrerer aufeinanderfolgender Sitze der Feinpassung entsprechend den großen Spielschwankungen.

Maße in mm

Nach DIN	Sitze	Durchmesserbereich												Pfeinheiten	Lehre		
		1 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 260	über 260 bis 360	über 360 bis 500				
148	Einheitsbohrung	oberes Abmaß	+0,018	+0,025	+0,030	+0,035	+0,045	+0,050	+0,060	+0,070	+0,080	+0,090	+0,100	+0,120	+3	Bohrungslehre	
	s B	unteres Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
149	Weiter Schlichtlaufsitz	oberes Abmaß	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,10	-0,12	-0,14	-0,15	-0,17	-0,20	-5		
	s W L	unteres Abmaß	-0,06	-0,08	-0,10	-0,12	-0,15	-0,18	-0,20	-0,25	-0,28	-0,32	-0,35	-0,40	-10,5		
150	Schlichtlaufsitz	oberes Abmaß	-0,009	-0,012	-0,015	-0,018	-0,022	-0,025	-0,030	-0,035	-0,040	-0,045	-0,050	-0,060	-1,5		Wellenlehren
	s L	unteres Abmaß	-0,030	-0,040	-0,050	-0,060	-0,070	-0,080	-0,100	-0,120	-0,140	-0,150	-0,170	-0,200	-5		
151	Schlichtgleitsitz	oberes Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	s G	unteres Abmaß	-0,018	-0,025	-0,030	-0,035	-0,045	-0,050	-0,060	-0,070	-0,080	-0,090	-0,100	-0,120	-3		

Die Grobpassung dient für solche Zwecke, bei denen große Spielschwankungen innerhalb des einzelnen Sitzes zulässig sind. Es können gezogene Wellen verwendet werden.

Maße in mm

Nach DIN	Sitz	Durchmesserbereich											Paßeinheiten	Lehre		
		1 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 260	über 260 bis 360			über 360 bis 500	
159	Einheitsbohrung g B	oberes Abmaß	+0,05	+0,08	+0,10	+0,10	+0,15	+0,15	+0,20	+0,20	+0,25	+0,25	+0,30	+0,35	+10	Bohrungslehre
		unteres Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
160	Grob-sitz g 4	oberes Abmaß	-0,10	-0,15	-0,20	-0,25	-0,30	-0,35	-0,40	-0,45	-0,50	-0,55	-0,60	-0,70	-20	Wellenlehren
		unteres Abmaß	-0,18	-0,25	-0,30	-0,35	-0,45	-0,50	-0,60	-0,70	-0,80	-0,90	-1,0	-1,10	-30	
161	Grob-sitz g 5	oberes Abmaß	-0,05	-0,08	-0,10	-0,10	-0,15	-0,15	-0,20	-0,20	-0,25	-0,25	-0,30	-0,35	-10	Wellenlehren
		unteres Abmaß	-0,10	-0,15	-0,20	-0,25	-0,30	-0,35	-0,40	-0,45	-0,50	-0,55	-0,60	-0,70	-20	
162	Grob-sitz g 2	oberes Abmaß	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,10	-0,12	-0,14	-0,15	-0,17	-0,20	-5	Wellenlehren
		unteres Abmaß	-0,08	-0,12	-0,15	-0,20	-0,25	-0,25	-0,30	-0,35	-0,40	-0,45	-0,50	-0,55	-15	
163	Grob-sitz g 1	oberes Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Wellenlehren	
		unteres Abmaß	-0,05	-0,08	-0,10	-0,10	-0,15	-0,15	-0,20	-0,20	-0,25	-0,25	-0,30	-0,35		-10

Die Edelpassung kommt nur für die empfindlichen Sitze: Gleitsitz, Schiebesitz, Haftsitz, Treibsitz und Festsitz in Frage, wenn besonders hohe Anforderungen in bezug auf Gleichartigkeit der Ausführung gestellt werden.

Maße in mm

Nach DIN	Sitze		Durchmesserbereich											Paßeinheiten	Lehre	
			1 bis 5	über 5 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 250	über 250 bis 350			über 350 bis 500
2056	Einheitswelle W	ob. Abm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Wellenlehre
		unt. Abm.	-0,005	-0,006	-0,007	-0,009	-0,011	-0,013	-0,015	-0,017	-0,020	-0,022	-0,025	-0,028	-0,035	
48	Edel-Gleitsitz e G	ob. Abm.	+0,006	+0,008	+0,010	+0,012	+0,015	+0,018	+0,020	+0,022	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+1	
		unt. Abm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
49	Edel-Schiebesitz e S	ob. Abm.	+0,003	+0,004	+0,005	+0,006	+0,008	+0,009	+0,010	+0,011	+0,013	+0,015	+0,018	+0,020	+0,5	
		unt. Abm.	-0,003	-0,004	-0,005	-0,006	-0,008	-0,009	-0,010	-0,011	-0,013	-0,015	-0,018	-0,020		-0,5
50	Edel-Haftsitz e H	ob. Abm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bohrungslehren	
		unt. Abm.	-0,006	-0,008	-0,010	-0,012	-0,015	-0,018	-0,020	-0,022	-0,025	-0,030	-0,035	-0,040		-1
56	Edel-Treibe- sitz e T	ob. Abm.	-0,003	-0,004	-0,005	-0,006	-0,008	-0,009	-0,010	-0,011	-0,013	-0,015	-0,018	-0,020	-0,5	
		unt. Abm.	-0,009	-0,012	-0,015	-0,018	-0,022	-0,025	-0,030	-0,035	-0,040	-0,045	-0,050	-0,060		-1,5
51	Edel-Festsitz e F	ob. Abm.	-0,006	-0,008	-0,010	-0,012	-0,015	-0,018	-0,020	-0,022	-0,025	-0,030	-0,035	-0,040	-1	
		unt. Abm.	-0,012	-0,015	-0,020	-0,025	-0,030	-0,035	-0,040	-0,045	-0,050	-0,060	-0,070	-0,080		-2

Die Feinpassung umfaßt Sitze jeder Art vom Weiten Laufsitz bis zum Presssitz.

Maße in mm

Nach DIN	Sitze	Durchmesserbereich											Paßeinheiten	Lehre			
		1 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 260	über 260 bis 360			über 360 bis 500		
40	Einheitswelle W	oberes Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
		unteres Abmaß	-0,006	-0,008	-0,010	-0,012	-0,015	-0,018	-0,020	-0,022	-0,025	-0,030	-0,035	-0,040			
53	Weiter Laufsitz WL	oberes Abmaß	+0,05	+0,06	+0,08	+0,10	+0,12	+0,14	+0,16	+0,18	+0,21	+0,24	+0,27	+0,30	+8		
		unteres Abmaß	+0,03	+0,04	+0,05	+0,06	+0,07	+0,08	+0,10	+0,12	+0,14	+0,15	+0,17	+0,20	+5		
41	Leichter Laufsitz LL	oberes Abmaß	+0,035	+0,045	+0,055	+0,065	+0,080	+0,095	+0,110	+0,130	+0,150	+0,170	+0,190	+0,220	+5,5		
		unteres Abmaß	+0,018	+0,025	+0,030	+0,035	+0,045	+0,050	+0,060	+0,070	+0,080	+0,090	+0,100	+0,120	+3		
42	Laufsitz L	oberes Abmaß	+0,020	+0,030	+0,035	+0,040	+0,050	+0,060	+0,070	+0,080	+0,095	+0,105	+0,120	+0,140	+3,5		
		unteres Abmaß	+0,009	+0,012	+0,015	+0,018	+0,022	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+0,045	+0,050	+0,060	+1,5		
43	Enger Laufsitz EL	oberes Abmaß	+0,012	+0,015	+0,020	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+0,045	+0,050	+0,060	+0,070	+0,080	+2		
		unteres Abmaß	+0,003	+0,004	+0,005	+0,006	+0,008	+0,009	+0,010	+0,011	+0,013	+0,015	+0,018	+0,020	+0,5		
44	Gleitsitz G	oberes Abmaß	+0,009	+0,012	+0,015	+0,018	+0,022	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+0,045	+0,050	+0,060	+1,5		
		unteres Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
45	Schiebesitz S	oberes Abmaß	+0,006	+0,008	+0,010	+0,012	+0,015	+0,018	+0,020	+0,022	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+1		
		unteres Abmaß	-0,003	-0,004	-0,005	-0,006	-0,008	-0,009	-0,010	-0,011	-0,013	-0,015	-0,018	-0,020	-0,5		
46	Haftsitz H	oberes Abmaß	+0,003	+0,004	+0,005	+0,006	+0,008	+0,009	+0,010	+0,011	+0,013	+0,015	+0,018	+0,020	+0,5		
		unteres Abmaß	-0,006	-0,003	-0,010	-0,012	-0,015	-0,018	-0,020	-0,022	-0,025	-0,030	-0,035	-0,040	-1		
57	Treibsitz T	oberes Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		unteres Abmaß	-0,009	-0,012	-0,015	-0,018	-0,022	-0,025	-0,030	-0,035	-0,040	-0,045	-0,050	-0,060	-1,5		
47	Festsitz F	oberes Abmaß	-0,003	-0,004	-0,005	-0,006	-0,008	-0,009	-0,010	-0,011	-0,013	-0,015	-0,018	-0,020	-0,5		
		unteres Abmaß	-0,012	-0,015	-0,020	-0,025	-0,030	-0,035	-0,040	-0,045	-0,050	-0,060	-0,070	-0,080	-2		
55	Presssitz P	oberes Abmaß	-0,007	-0,010	-0,015	-0,020	-0,025	-0,035	-0,045	-0,055	-0,065	-0,085	-0,105	-0,120			
		unteres Abmaß	-0,015	-0,022	-0,030	-0,038	-0,045	-0,060	-0,075	-0,090	-0,105	-0,130	-0,155	-0,180			

Die Schlichtpassung kommt in Frage, wenn die Anforderungen an die Gleichartigkeit der Sitze nicht so groß sind wie bei der Feinpassung, aber doch ein gewisser Charakter des einzelnen Sitzes gewahrt bleiben soll. Sie ist für Sitzarten, die den empfindlichsten Sitzen der Feinpassung entsprechen, nicht zu empfehlen. Die Schlichtpassung enthält die Sitze: Weiter Schlichtlaufsitz, Schlichtlaufsitz, Schlichtgleitsitz. Jeder Sitz umfaßt das Gebiet mehrerer aufeinanderfolgender Sitze der Feinpassung entsprechend den großen Spielschwankungen.

Mafe in mm

Nach DIN	Sitze	Durchmesserbereich												Paßeinheiten	Lehre	
		1 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 260	über 260 bis 360	über 360 bis 500			
154	Einheitswelle s W	oberes Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Wellenlehre
		unteres Abmaß	-0,018	-0,025	-0,030	-0,035	-0,045	-0,050	-0,060	-0,070	-0,080	-0,090	-0,100	-0,120	-3	
155	Weiter Schlichtlaufsitz s W L	oberes Abmaß	+0,06	+0,08	+0,10	+0,12	+0,15	+0,18	+0,20	+0,25	+0,28	+0,32	+0,35	+0,40	+10,5	Bohrungslehren
		unteres Abmaß	+0,03	+0,04	+0,05	+0,06	+0,07	+0,08	+0,10	+0,12	+0,14	+0,15	+0,17	+0,20	+5	
156	Schlichtlaufsitz s L	oberes Abmaß	+0,030	+0,040	+0,050	+0,060	+0,070	+0,080	+0,100	+0,120	+0,140	+0,150	+0,170	+0,200	+5	Bohrungslehren
		unteres Abmaß	+0,009	+0,012	+0,015	+0,018	+0,022	+0,025	+0,030	+0,035	+0,040	+0,045	+0,050	+0,060	+1,5	
157	Schlichtgleitsitz s G	oberes Abmaß	+0,018	+0,025	+0,030	+0,035	+0,045	+0,050	+0,060	+0,070	+0,080	+0,090	+0,100	+0,120	+3	Bohrungslehren
		unteres Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Die Grobpassung dient nur für solche Zwecke, bei denen große Spielschwankungen innerhalb des einzelnen Sitzes zulässig sind. Es können gezogene Wellen verwendet werden.

Maße in mm

Nach DIN	Sitz	Durchmesserbereich												Paßeinheiten	Lehre	
		1 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 260	über 260 bis 360	über 360 bis 500			
164	Einheitswelle g W	oberes Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Wellenlehre
		unteres Abmaß	-0,05	-0,08	-0,10	-0,10	-0,15	-0,15	-0,20	-0,20	-0,25	-0,25	-0,30	-0,35	-10	
165	Grobstift g 4	oberes Abmaß	+0,18	+0,25	+0,30	+0,35	+0,45	+0,50	+0,60	+0,70	+0,80	+0,90	+1,00	+1,10	+30	Bohrungslehren
		unteres Abmaß	+0,10	+0,15	+0,20	+0,25	+0,30	+0,35	+0,40	+0,45	+0,50	+0,55	+0,60	+0,70	+20	
166	Grobstift g 3	oberes Abmaß	+0,10	+0,15	+0,20	+0,25	+0,30	+0,35	+0,40	+0,45	+0,50	+0,55	+0,60	+0,70	+20	Bohrungslehren
		unteres Abmaß	+0,05	+0,08	+0,10	+0,10	+0,15	+0,15	+0,20	+0,20	+0,25	+0,25	+0,30	+0,35	+10	
167	Grobstift g 2	oberes Abmaß	+0,08	+0,12	+0,15	+0,20	+0,25	+0,25	+0,30	+0,35	+0,40	+0,45	+0,50	+0,55	+15	Bohrungslehren
		unteres Abmaß	+0,03	+0,04	+0,05	+0,06	+0,07	+0,08	+0,10	+0,12	+0,14	+0,15	+0,17	+0,20	+5	
169	Grobstift g 1	oberes Abmaß	+0,05	+0,08	+0,10	+0,10	+0,15	+0,15	+0,20	+0,20	+0,25	+0,25	+0,30	+0,35	+10	Bohrungslehren
		unteres Abmaß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Für das System der **Einheitsbohrung**

Maße in mm

	Gütegrad	1 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 100
e B	Edelpassung	+0,004	+0,005	+0,007	+0,008	+0,010	+0,012	+0,013	+0,015
B	Feinpassung	+0,006	+0,008	+0,010	+0,012	+0,015	+0,017	+0,020	+0,023
s B	Schlichtpassung	+0,012	+0,017	+0,020	+0,023	+0,030	+0,033	+0,040	+0,047

Für das System der **Einheitswelle**

Maße in mm

Gütegrad	Stufe		1 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 100
Edelpassung	Edelgleitsitz	e G	+0,004	+0,005	+0,007	+0,008	+0,010	+0,012	+0,013	+0,015
	Edelschiebesitz	e S	+0,001	+0,001	+0,002	+0,002	+0,003	+0,003	+0,003	+0,004
	Edelhaftsitz	e H	-0,002	-0,003	-0,003	-0,004	-0,005	-0,006	-0,007	-0,007
	Edeltreibrsit	e T	-0,005	-0,007	-0,008	-0,010	-0,013	-0,014	-0,017	-0,019
	Edelfestsitz	e F	-0,008	-0,010	-0,013	-0,016	-0,020	-0,024	-0,027	-0,030
Feinpassung	Weiter Laufsitz	W L	+0,043	+0,053	+0,070	+0,087	+0,103	+0,120	+0,140	+0,160
	Leichter Laufsitz	L L	+0,029	+0,038	+0,047	+0,055	+0,068	+0,080	+0,093	+0,110
	Laufsitz	L	+0,016	+0,024	+0,028	+0,033	+0,041	+0,048	+0,057	+0,065
	Enger Laufsitz	E L	+0,009	+0,011	+0,015	+0,019	+0,023	+0,026	+0,030	+0,034
	Gleitsitz	G	+0,006	+0,008	+0,010	+0,012	+0,015	+0,017	+0,020	+0,023
	Schiebesitz	S	+0,003	+0,004	+0,005	+0,006	+0,008	+0,009	+0,010	+0,011
	Haftsitz	H	0	0	0	0	0	0	0	0
	Treibrsit	T	-0,003	-0,004	-0,005	-0,006	-0,007	-0,008	-0,010	-0,012
	Festsitz	F	-0,006	-0,008	-0,010	-0,012	-0,015	-0,018	-0,020	-0,022
	Prehsitz	P	-0,010	-0,014	-0,020	-0,026	-0,032	-0,043	-0,055	-0,067
Schlichtpassung	Weiter Schlichtlaufsitz	s W L	+0,050	+0,067	+0,083	+0,100	+0,123	+0,147	+0,167	+0,207
	Schlichtlaufsitz	s L	+0,023	+0,031	+0,038	+0,046	+0,054	+0,062	+0,077	+0,092
	Schlichtgleitsitz	s G	+0,012	+0,017	+0,020	+0,023	+0,030	+0,033	+0,040	+0,047

Einheitsbohrung

Masse in mm

Gütegrad	Kennzeichnung der Grenzlehren	1	über	über	über	über	über	über	über	über	über	über	über	Paßeinheiten	
		bis 3	3 bis 6	6 bis 10	10 bis 18	18 bis 30	30 bis 50	50 bis 80	80 bis 120	120 bis 180	180 bis 260	260 bis 360	360 bis 500		
Edelpassung	Lehrdorne usw. f. d. Bohrung	0,0015	0,002	0,0025	0,003	0,004	0,0045	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,25	
	Rachenlehren f. d. Welle Gleitsitz, Schiebesitz, Haftsitz, Treibsitz, Festsitz	0,001	0,0015	0,002	0,0025	0,003	0,0035	0,004	0,0045	0,005	0,006	0,007	0,008	ca. 0,2	
Feinpassung	Lehrdorne usw. f. d. Bohrung	0,002	0,003	0,0035	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,012	0,014	0,3-5	
	Rachenlehren für	Weiten Laufsitz	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,009	0,010	0,011	0,013	0,015	0,018	0,020	0,5
		Leichten Laufsitz	0,0025	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,012	0,014	0,016	0,4
		Laufsitz	0,002	0,003	0,0035	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,012	0,014	0,35
		Engen Laufsitz, Gleitsitz, Schiebesitz, Haftsitz, Treibsitz, Festsitz, Preßsitz	0,0015	0,002	0,0025	0,003	0,004	0,0045	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,25
Schlichtpassung	Lehrdorne usw. f. d. Bohrung	0,003	0,005	0,005	0,008	0,008	0,010	0,012	0,015	0,015	0,020	0,020	0,025	0,6	
	Rachenlehren f. Weiten Schlichtlaufsitz, Schlichtlaufsitz, Schlichtgleitsitz	0,003	0,005	0,005	0,008	0,008	0,010	0,012	0,015	0,015	0,020	0,020	0,025	0,6	
Grobpassung	Lehrdorne usw. f. d. Bohrung	0,009	0,012	0,015	0,018	0,022	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,060	1,5	
	Rachenlehren für Grobsitze g 1 bis g 4	0,009	0,012	0,015	0,018	0,022	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,060	1,5	

Einheitswelle

Masse in mm

Gütegrad	Kennzeichnung der Grenzlehren	1	über	über	über	über	über	über	über	über	über	über	Paßeinheiten		
		bis 3	3 bis 6	6 bis 10	10 bis 18	18 bis 30	30 bis 50	50 bis 80	80 bis 120	120 bis 180	180 bis 260	260 bis 360			
Edelepassung	Rachenlehren f. d. Welle	0,001	0,0015	0,002	0,0025	0,003	0,0035	0,004	0,0045	0,005	0,006	0,007	0,008	ca. 0,2	
	Lehrdorne usw. f. d. Bohrungen: Gleitsitz, Schiebesitz, Haftsitz, Treibsitz, Festsitz	0,0015	0,002	0,0025	0,003	0,004	0,0045	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,25	
Feinpassung	Rachenlehren f. d. Welle	0,0015	0,002	0,0025	0,003	0,004	0,0045	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,25	
	Lehrdorne für	Weiten Laufsitz	0,003	0,005	0,005	0,008	0,008	0,010	0,012	0,015	0,015	0,020	0,020	0,025	0,6
		Leichten Laufsitz	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,009	0,010	0,011	0,013	0,015	0,018	0,020	0,5
		Laufsitz	0,0025	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,012	0,014	0,016	0,4
		Engen Laufsitz, Gleit- sitz, Schiebesitz, Haftsitz, Treibsitz, Festsitz, Preßsitz	0,002	0,003	0,0035	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,012	0,014	0,35
Schlichtpassung	Rachenlehren f. d. Welle	0,003	0,005	0,005	0,008	0,008	0,010	0,012	0,015	0,015	0,020	0,020	0,025	0,6	
	Lehrdorne usw. für Weiten Schlichtlaufsitz, Schlichtlaufsitz, Schlicht- gleitsitz	0,003	0,005	0,005	0,008	0,008	0,010	0,012	0,015	0,015	0,020	0,020	0,025	0,6	
Grobpassung	Rachenlehren f. d. Welle	0,009	0,012	0,015	0,018	0,022	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,060	1,5	
	Lehrdorne usw. f. Grobsitze g 1 bis g 4	0,009	0,012	0,015	0,018	0,022	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,060	1,5	

- Bei Grenzlehren sind für die Sollmaße* folgende Abweichungen zulässig:
- Die **Gutseite** erhält eine der Abnutzung **entgegengesetzte Abweichung**, also:
 - eine positive Abweichung bei Lehrdornen, Flachlehren, Kugelendmaßen,
 - eine negative Abweichung bei Rachenlehren.
 - Die **Ausschußseite** erhält, entsprechend der geringen Abnutzung, eine **gleiche Abweichung nach beiden Seiten**, wobei die Toleranz für die Herstellung der Lehre die gleiche ist wie bei der Gutseite.

Maße in mm

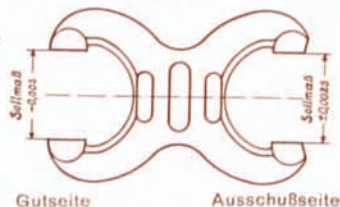
Durchmesserbereich mm Nennmaße	Edelpassung				Feinpassung			
	Lehrdorne, Flachlehren und Kugelendmaße		Rachenlehren		Lehrdorne, Flachlehren und Kugelendmaße		Rachenlehren	
	Gutseite	Ausschuß- seite	Gutseite	Ausschuß- seite	Gutseite	Ausschuß- seite	Gutseite	Ausschuß- seite
1 bis 3	+0,0020	±0,0010	-0,0020	±0,0010	+0,0025	±0,0013	-0,0025	±0,0013
über 3 bis 6	+0,0020	±0,0010	-0,0020	±0,0010	+0,0030	±0,0015	-0,0030	±0,0015
über 6 bis 10	+0,0025	±0,0013	-0,0025	±0,0013	+0,0040	±0,0020	-0,0040	±0,0020
über 10 bis 18	+0,0025	±0,0013	-0,0025	±0,0013	+0,0045	±0,0023	-0,0045	±0,0023
über 18 bis 30	+0,0030	±0,0015	-0,0030	±0,0015	+0,0045	±0,0023	-0,0045	±0,0023
über 30 bis 50	+0,0035	±0,0018	-0,0035	±0,0018	+0,0050	±0,0025	-0,0050	±0,0025
über 50 bis 80	+0,0040	±0,0020	-0,0040	±0,0020	+0,0065	±0,0033	-0,0065	±0,0033
über 80 bis 120	+0,0055	±0,0028	-0,0055	±0,0028	+0,0085	±0,0043	-0,0085	±0,0043
über 120 bis 180	+0,0070	±0,0035	-0,0070	±0,0035	+0,0100	±0,0050	-0,0100	±0,0050
über 180 bis 260	+0,0090	±0,0045	-0,0090	±0,0045	+0,0120	±0,0060	-0,0120	±0,0060
über 260 bis 360	+0,0120	±0,0060	-0,0120	±0,0060	+0,0160	±0,0080	-0,0160	±0,0080
über 360 bis 430	+0,0140	±0,0070	-0,0140	±0,0070	+0,0180	±0,0090	-0,0180	±0,0090
über 430 bis 500	+0,0160	±0,0080	-0,0160	±0,0080	+0,0200	±0,0100	-0,0200	±0,0100

Durchmesserbereich mm Nennmaße	Schlichtpassung				Grobpassung			
	Lehrdorne, Flachlehren und Kugelendmaße		Rachenlehren		Lehrdorne, Flachlehren und Kugelendmaße		Rachenlehren	
	Gutseite	Ausschuß- seite	Gutseite	Ausschuß- seite	Gutseite	Ausschuß- seite	Gutseite	Ausschuß- seite
1 bis 3	+0,006	±0,003	-0,006	±0,003	+0,010	±0,005	-0,010	±0,005
über 3 bis 6	+0,006	±0,003	-0,006	±0,003	+0,010	±0,005	-0,010	±0,005
über 6 bis 10	+0,006	±0,003	-0,006	±0,003	+0,010	±0,005	-0,010	±0,005
über 10 bis 30	+0,007	±0,0035	-0,007	±0,0035	+0,012	±0,006	-0,012	±0,006
über 30 bis 50	+0,008	±0,004	-0,008	±0,004	+0,012	±0,006	-0,012	±0,006
über 50 bis 80	+0,010	±0,005	-0,010	±0,005	+0,014	±0,007	-0,014	±0,007
über 80 bis 120	+0,012	±0,006	-0,012	±0,006	+0,018	±0,009	-0,018	±0,009
über 120 bis 180	+0,014	±0,007	-0,014	±0,007	+0,022	±0,011	-0,022	±0,011
über 180 bis 260	+0,018	±0,009	-0,018	±0,009	+0,028	±0,014	-0,028	±0,014
über 260 bis 360	+0,022	±0,011	-0,022	±0,011	+0,036	±0,018	-0,036	±0,018
über 360 bis 430	+0,026	±0,013	-0,026	±0,013	+0,044	±0,022	-0,044	±0,022
über 430 bis 500	+0,030	±0,015	-0,030	±0,015	+0,050	±0,025	-0,050	±0,025

* Sollmaß = Nennmaß + Abmaß.



Beispiele:



Einheitsbohrung						
Gütegrade	Benennung	Edel- passung	Fein- passung	Schlicht- passung	Grob- passung	
	Bezeichnung	e	—	s	g	
Kennzeichen der Bohrung		eB	B	sB	gB	
Bezeichnung der Sitarten, gleichzeitig Kennzeichen der Welle	Bewegungssitz	Weiter Laufsitz	—	WL	sWL	Grob-sitz g 1 bis g 4
		Leichter Laufsitz	—	LL	—	
		Laufsitz	—	L	sL	
		Enger Laufsitz	—	EL	—	
		Gleitsitz	eG	G	sG	
	Ruhesitz	Schiebesitz	eS	S	—	
		Haftsitz	eH	H	—	
		Treibsitz	eT	T	—	
		Festsitz	eF	F	—	
		Preßsitz	—	P	—	
	Farbe des Gütegrades für die Lehre		Kornblumenblau	Schwarz	Gelb	Hellgrün

Einheitswelle						
Gütegrade	Benennung	Edel- passung	Fein- passung	Schlicht- passung	Grob- passung	
	Bezeichnung	e	—	s	g	
Kennzeichen der Welle		eW	W	sW	gW	
Bezeichnung der Sitarten, gleichzeitig Kennzeichen der Bohrung	Bewegungssitz	Weiter Laufsitz	—	WL	sWL	Grob-sitz g 1 bis g 4
		Leichter Laufsitz	—	LL	—	
		Laufsitz	—	L	sL	
		Enger Laufsitz	—	EL	—	
		Gleitsitz	eG	G	sG	
	Ruhesitz	Schiebesitz	eS	S	—	
		Haftsitz	eH	H	—	
		Treibsitz	eT	T	—	
		Festsitz	eF	F	—	
		Preßsitz	—	P	—	
	Farbe des Gütegrades für die Lehre		Kornblumenblau	Schwarz	Gelb	Hellgrün

Die vorstehenden abgekürzten Bezeichnungen sind bei Angabe der Passung auf Zeichnungen und zur Kennzeichnung von Lehren zu verwenden.

Grenzlehren für Vorbearbeitung erhalten einen grauen Anstrich.

Carl Mahr Esslingen a. N.		Schleifzugaben						Nach DIN 60
Maße in mm								
Nennmaß d. Welle Durchmesser- bereich	Schleifzugaben zum Nennmaß der Welle							
	Länge der Welle	bis 400	über 400 bis 800	über 800 bis 1200	über 1200 bis 1600	über 1600 bis 2000	über 2000	
bis 50	oberes Abmaß	+0,4	+0,45	+0,55	+0,6	+0,7	+0,8	
	unteres Abmaß	+0,25	+0,3	+0,4	+0,45	+0,5	+0,6	
über 50 bis 120	oberes Abmaß	+0,45	+0,45	+0,55	+0,6	+0,7	+0,8	
	unteres Abmaß	+0,3	+0,3	+0,4	+0,45	+0,5	+0,6	
über 120 bis 180	oberes Abmaß	+0,55	+0,55	+0,55	+0,6	+0,7	+0,8	
	unteres Abmaß	+0,4	+0,4	+0,4	+0,45	+0,5	+0,6	
über 180 bis 260	oberes Abmaß	+0,6	+0,6	+0,6	+0,6	+0,7	+0,8	
	unteres Abmaß	+0,45	+0,45	+0,45	+0,45	+0,5	+0,6	
über 260 bis 360	oberes Abmaß	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7	+0,8	
	unteres Abmaß	+0,5	+0,5	+0,5	+0,5	+0,5	+0,6	
über 360	oberes Abmaß	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8	
	unteres Abmaß	+0,6	+0,6	+0,6	+0,6	+0,6	+0,6	

Die Angaben gelten für das Vordrehen von Wellen, die nachher in ungehärtetem Zustande auf Fertigmaß geschliffen werden sollen. Sie gelten für alle Sitze mit Ausnahme der Preß- und Schrumpfsitze der Einheitsbohrung, die größere Zugaben erfordern.

Carl Mahr Esslingen a. N.		Abmaße für blankgezogene Stangen und Drähte			Nach DIN 1750
Maße in mm					
Nennmaß (Durchmesser, Breite oder Stärke)	Oberes Abmaß	Untere Abmaße			
		— 3 Paßeinheiten früher Ziehgenauigkeit A	— 10 Paßeinheiten früher Ziehgenauigkeit B	— 15 Paßeinheiten früher Ziehgenauigkeit C	
über 1 bis 3	0	—0,018	—0,05	—0,08	
über 3 bis 6	0	—0,025	—0,08	—0,12	
über 6 bis 10	0	—0,030	—0,10	—0,15	
über 10 bis 18	0	—0,035	—0,10	—0,20	
über 18 bis 30	0	—0,045	—0,15	—0,25	
über 30 bis 50	0	—0,050	—0,15	—0,25	
über 50 bis 80	0		—0,20	—0,30	
über 80 bis 100	0		—0,20	—0,35	
Entspricht den Ab- maßen der		Schliffwelle s W	Grobwelle g W		

Für handelsübliches Schraubenmaterial (Rundeisen nach DIN 669 und Sechskant-eisen für Schrauben und Muttern) ist eine Abweichung entsprechend —15 Paßein-
heiten zulässig.

14. Lehrenverzeichnis.

Arbeitslehren.

Zum Messen der Bohrungen:

	Seite
Grenzlehrdorne	72—73
Flache Grenzlochlehren	74—75
Grenzkugelm Maße	76

Zum Messen der Wellen:

Grenzrachenlehren	77—78
Einseitige Grenzrachenlehren	79

Normal- und Prüflehren.

Normallehrdorne und -ringe	80—81
Einstellringe für Reibahlen	82
Flache Normallochlehren	83—84
Kugelm Maße	85
Normalrachenlehren	86
Mes Scheiben	87
Messtäbe	88
Abnutzungsprüfer	89
Kegellehren	90—91
Parallelm Maße	92—95
Halter und Mes schnäbel zu Endm äßen	96

Feinmeßmaschine	97—99
---------------------------	-------

Nr. 295. Grenzlehrdorne.

Aus Stahl, glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.

Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.



Grenzlehrdorne haben zwei Meßstellen, von welchen die lange „Gutseite“ sich in die Bohrung einführen lassen muß, während die kurze „Auschußseite“ nicht hineingehen, höchstens anfassen darf.

Sämtliche Lehdorne mit Ausnahme der kleinen Durchmesser sind mit auswechselbaren und umdrehbaren Meßkörpern ausgeführt. Bei den größeren Dornen sind die Meßkörper hohl ausgedreht und die Stahlgriffe vollständig durchbohrt, um die Lehren leicht und handlich zu gestalten.

Für die Durchmesser über 100 mm empfehle ich nach DIN flache Grenzlochlehren Nr. 310 bzw. Grenzkugelm Maße Nr. 315.

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

Nr. 300. Grenzlehrdorne mit konischer Vorlehre.

(Bauart Mahr.)

Aus Stahl, glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.
Vorlehre 10 mm lang und 2/10 mm konisch. Verbürgte Genauigkeit
nach DIN 168.



Die Gutseite des Grenzlehrdornes ist mit einer konischen Vorlehre versehen, wodurch während der Bearbeitung eines Werkstückes ohne Zuhilfenahme anderer Meßwerkzeuge festgestellt werden kann, wieviel Material abzuheben ist, bis die Gutseite des Bolzens in die Bohrung hineingeht. Der Übergang von der Vorlehre zur Gutseite des Grenzlehrdornes ist durch eine gut sichtbare Rille gekennzeichnet. In der Regel liefere ich die Vorlehre 10 mm lang und 2/10 mm konisch. Auf Verlangen führe ich jedoch die Vorlehre auch in jeder anderen Steigung aus.

Die Meßkörper sind wie bei den Lehdornen Nr. 295 umdrehbar und austauschbar; es können also auch Sacklöcher gemessen werden, wenn der Meßkörper der Gutseite umgekehrt aufgesteckt wird.

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

Nr. 305. Flache Grenzlochlehren.

Im Gesenk geschmiedet, glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.

Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.



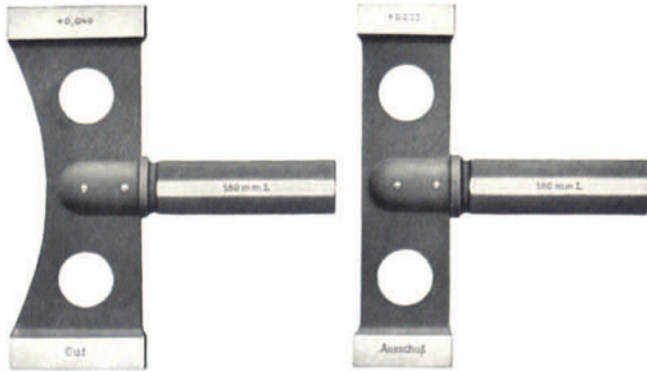
Diese Lehren dienen dem gleichen Zwecke wie Grenzlehrdorne, sind aber leichter und handlicher als solche.

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

Nr. 310. Flache Grenzlochlehren.

Aus Sonderstahl hergestellt, glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.

Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.



Durchmesser mm	100	105	110	115	120	125
Paarpreis M						
Durchmesser mm	130	135	140	145	150	155
Paarpreis M						
Durchmesser mm	160	165	170	175	180	185
Paarpreis M						
Durchmesser mm	190	195	200	210	220	230
Paarpreis M						
Durchmesser mm	240	250	260	270	280	300
Paarpreis M						

Nr. 315. Grenzkugelendmaße.

Glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.
 Meßflächen genau sphärisch und hochglanz poliert.
 Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.



Länge mm	100	105	110	115	120	125	130	135
Paarpreis <i>ℳ</i>								
Länge mm	140	145	150	155	160	165	170	175
Paarpreis <i>ℳ</i>								
Länge mm	180	185	190	195	200	210	220	230
Paarpreis <i>ℳ</i>								
Länge mm	240	250	260	270	280	290	300	310
Paarpreis <i>ℳ</i>								
Länge mm	320	330	340	350	360	370	380	390
Paarpreis <i>ℳ</i>								
Länge mm	400	410	420	430	440	450	460	470
Paarpreis <i>ℳ</i>								
Länge mm	480	490	500					
Paarpreis <i>ℳ</i>								

Zum Schutz gegen Übertragung der Handwärme werden die Kugelendmaße in der Regel mit Hartgummigriffen, und zwar mit schwarzem Griff für die Gutlehre und rotem Griff für die Ausschußlehre ausgeführt.

Die Preise der **Hartgummigriffe** betragen:

Länge der Endmaße	mm	100—200	201—400	401—500
Durchmesser der Endmaße	"	10	13	16
Paarpreis <i>ℳ</i>				

An Stelle dieser Hartgummigriffe werden auf Wunsch auch **Halter aus Stahlrohr** geliefert, welche die Gut- und Ausschußlehre eines Durchmessers zu einem Werkzeug vereinigen. Die Preise dieser Griffe betragen:

Länge der Endmaße	mm	100—200	201—400	401—500
Durchmesser der Endmaße	"	10	13	16
Stückpreis <i>ℳ</i>				

Nr. 320. GrenZRachenlehren.

Im Gesenk geschmiedet, glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.
Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.



Bei diesen Lehren sind in gleicher Weise wie bei Grenzlehrdornen zwei Meßstellen vorhanden, von welchen die „Gutseite“ infolge des Eigengewichtes der Lehre über die Welle gleiten muß, während die „Ausschufseite“ nicht darübergehen, höchstens anschnäbeln darf.

Meine Rachenlehren sind sehr kräftig gehalten und infolgedessen wenig empfindlich. Die Meßflächen sind planparallel, hochglanz poliert und genau eben, außerdem sind sie sehr breit und lang, wodurch die Lebensdauer der Rachenlehren wesentlich erhöht wird.

Rachenweite mm	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9
Stückpreis „/									

Rachenweite mm	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Stückpreis „/									

Rachenweite mm	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Stückpreis „/									

Rachenweite mm	28	30	32	33	34	35	36	38	40
Stückpreis „/									

Rachenweite mm	42	44	45	46	48	50	52	55	58
Stückpreis „/									

Rachenweite mm	60	62	65	68	70	72	75	78	80
Stückpreis „/									

Rachenweite mm	82	85	88	90	92	95	98	100
Stückpreis „/								

Nr. 325. Grensrachenlehren.

(Satz zu zwei Stück.)

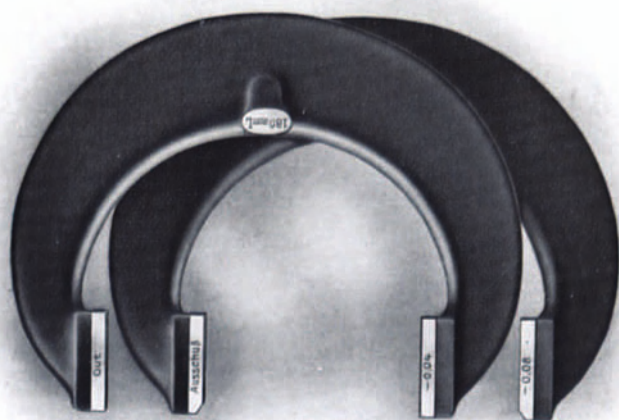


Glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen. Meßflächen planparallel, hochglanz poliert und genau eben.

Die Rachenlehren sind bis 150 mm im Gesenk geschmiedet, über 150 mm mit Körper aus Gußeisen, die Meßbacken aus Stahl und sicher mit dem Lehrenkörper verbunden. Verbürgte Genauigkeit nach

DIN 168.

Rachenweite mm	100	105	110	115	120	125	130
Paarpreis <i>ℳ</i>							
Rachenweite mm	135	140	145	150	155	160	
Paarpreis <i>ℳ</i>							
Rachenweite mm	165	170	175	180	185	190	
Paarpreis <i>ℳ</i>							
Rachenweite mm	195	200	210	220	230	240	
Paarpreis <i>ℳ</i>							
Rachenweite mm	250	260	270	280	290	300	
Paarpreis <i>ℳ</i>							



Ausführung von Grensrachenlehren über 150 mm.



Nr. 335. Einseitige Grenz- rachenlehren.

Glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen. Meßflächen planparallel, hochglanz poliert und genau eben.

Die Rachenlehren sind bis 150 mm im Gesenk geschmiedet, über 150 mm mit Körper aus Gußeisen, die Meßbacken aus Stahl und sicher mit dem Lehrenkörper verbunden.

Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.

Rachenweite mm	100	105	110	115	120	125	130
Stückpreis M							

Rachenweite mm	135	140	145	150	155	160	165	170
Stückpreis M								

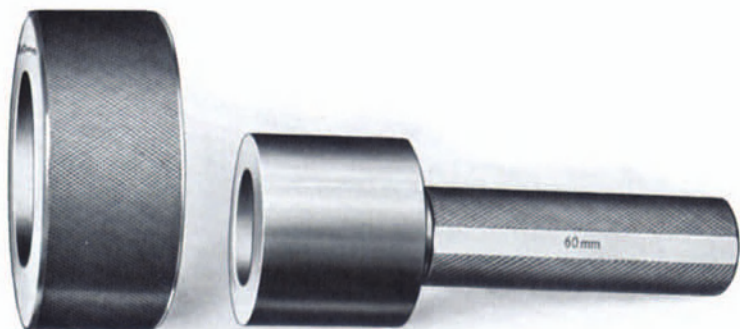
Rachenweite mm	175	180	185	190	195	200	210	220
Stückpreis M								

Rachenweite mm	250	240	250	260	270	280	290	300
Stückpreis M								

Nr. 350. Normallehrdorne und Normallehrringe.

Von Stahl, gehärtet, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.

Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.



Dorn und Ring sind genau ineinanderpassend hergestellt. Sollen dieselben hierauf geprüft werden, so sind die Flächen unter Beachtung vollständig gleicher Temperatur und vollkommener Reinheit mit reinem Talg oder feinem Öl zu fetten und vorsichtig einzuführen. Hierbei ist der Dorn im Ring fortwährend zu drehen, da er sich sonst festsetzt und mit einem Messingbolzen oder hartem Holz wieder herausgetrieben werden muß. Dorn und Ring müssen stets getrennt aufbewahrt werden.

Sämtliche Lehdorne mit Ausnahme der kleineren Durchmesser sind mit auswechselbaren Meßkörpern ausgeführt. Bei den größeren Durchmessern sind die Meßkörper hohl ausgedreht und die Stahlgriffe vollständig durchbohrt, um die Lehren leicht und handlich zu gestalten. Für die Durchmesser über 100 mm empfehle ich flache Normallochlehren Nr. 370, Kugellendmaße Nr. 375 und Normalrachenlehren Nr. 385.

Einzelne Dorne liefere ich für alle Durchmesser ohne Preisauflschlag, dagegen muß ich mir bei einzelnen Ringen in ungängigen Durchmessern Mehrpreise vorbehalten.

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



Nr. 355.

Einstellringe für Reibahlen.

Von Stahl, gehärtet, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.

Verbürgte Genauigkeit nach DIN 369.

Diese Ringe sind zum Einstellen von nachstellbaren Reibahlen bestimmt.

Abmaße für Einstellringe siehe Seite 65.

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

Preise für größere Ringe auf Anfrage.

Nr. 365. Flache Normallochlehren.

Im Gesenk geschmiedet, glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.
Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.



Diese Lehren sind für dieselben Zwecke bestimmt wie Normallehrdorne, sie sind jedoch infolge ihres geringeren Gewichtes wesentlich handlicher.

Durchmesser mm	6	7	8	9	10	11	12	13
Stückpreis //								

Durchmesser mm	14	15	16	17	18	19	20	21
Stückpreis //								

Durchmesser mm	22	23	24	25	26	27	28	30
Stückpreis //								

Durchmesser mm	32	33	34	35	36	38	40	42
Stückpreis //								

Durchmesser mm	44	45	46	48	50	52	55	58
Stückpreis //								

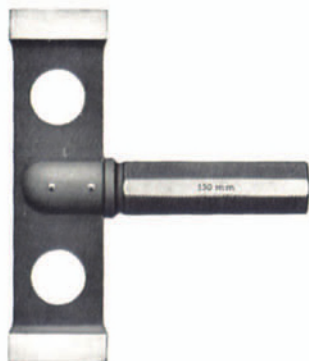
Durchmesser mm	60	62	65	68	70	72	75	78
Stückpreis //								

Durchmesser mm	80	82	85	88	90	92	95	98	100
Stückpreis //									

Nr. 370. Flache Normallochlehren.

Ganz aus Sonderstahl hergestellt, glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.

Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.



Normallehrdorne über 100 mm Durchmesser sind nicht zu empfehlen, da sie mit Rücksicht auf ihr Gewicht nicht handlich genug wären. Es werden daher an deren Stelle diese flachen Normallochlehren verwendet.

Durchmesser mm	100	105	110	115	120	125	130
Stückpreis M							

Durchmesser mm	135	140	145	150	155	160	165
Stückpreis M							

Durchmesser mm	170	175	180	185	190	195	200
Stückpreis M							

Durchmesser mm	210	220	230	240	250	260
Stückpreis M						

Durchmesser mm	270	280	290	300
Stückpreis M				

Nr. 375. Kugelendmaße.

Glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.
 Meßflächen genau sphärisch und hochglanz poliert.
 Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.

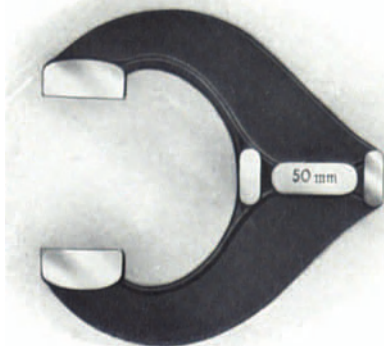


Die Enden stellen den Ausschnitt einer Kugel dar, deren Mittel mit dem Stabmittel zusammenfällt. Diese Werkzeuge sind äußerst vorteilhaft zum Prüfen größerer Ringe und Bohrungen, auch sind sie als Vergleichsnormale für Meßmaschinen, zum Nachprüfen oder Einstellen von Lehrenkörpern oder zum Kontrollieren der Entfernung paralleler Flächen vorzüglich geeignet. Die kugelförmige Endform erlaubt bei dem geringen Gewicht dieses Werkzeuges ein sicheres, fühlendes Messen, während bei schweren Lehrdornen oder Normalen mit gerader Endfläche sich leicht verschiedene Meßresultate ergeben.

Länge mm	50	52	55	58	60	62	65	68
Stückpreis //								
Länge mm	70	72	75	78	80	82	85	88
Stückpreis //								
Länge mm	90	92	95	98	100	105	110	115
Stückpreis //								
Länge mm	120	125	130	135	140	145	150	155
Stückpreis //								
Länge mm	160	165	170	175	180	185	190	195
Stückpreis //								
Länge mm	200	210	220	230	240	250	260	270
Stückpreis //								
Länge mm	280	290	300	310	320	330	340	350
Stückpreis //								
Länge mm	360	370	380	390	400	410	420	430
Stückpreis //								
Länge mm	440	450	460	470	480	490	500	
Stückpreis //								

In der Regel werden die Endmaße mit **Schutzgriffen aus Hartgummi** geliefert
 der Mehrpreis hierfür beträgt:

Länge der Endmaße mm	50—74	75—200	201—400	401—500
Durchmesser der Endmaße . . "	6	10	13	16
Stückpreis //				



Nr. 380. Normalrachenlehren.

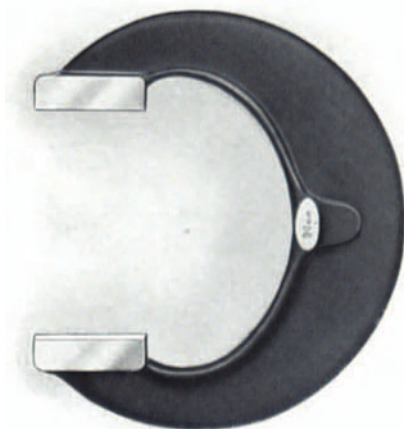
Im Gesenk geschmiedet, glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen. Meßflächen planparallel, hochglanz poliert und genau eben.

Die Rachenlehren sind bis 150 mm im Gesenk geschmiedet, über 150 mm mit Körper aus Gußeisen, die Meßbacken aus Stahl und sicher mit dem Lehrenkörper verbunden.

Diese Rachenlehren werden als Prüflehren und Abnutzungsprüfer für Grenzlehrdorne und flache Grenzlehren verwendet.

Ausführung der Lehren bis 75 mm.

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



Rachenweite mm	110	115	120	125
<i>M</i>				
Rachenweite mm	130	135	140	145
<i>M</i>				
Rachenweite mm	150	155	160	165
<i>M</i>				
Rachenweite mm	170	175	180	185
<i>M</i>				
Rachenweite mm	190	195	200	210
<i>M</i>				
Rachenweite mm	220	230	240	250
<i>M</i>				
Rachenweite mm	260	270	280	290
<i>M</i>				
Rachenweite mm	300			
<i>M</i>				

Ausführung der Lehren über 75 mm.

Nr. 390. Meßscheiben.

Aus Stahl, glashart, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.
Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.



Meßscheiben dienen als Vergleichsnormale, außerdem werden sie zum Nachprüfen von Rachenlehren und einstellbaren Lehrwerkzeugen verwendet. Die Scheiben von 3 bis 18 mm werden mit festem Griff, die Meßscheiben über 18 mm durchbohrt hergestellt. Für Durchmesser über 100 mm kommen Meßstäbe Nr. 392 in Betracht.

Durchmesser mm	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9
Stückpreis M									

Durchmesser mm	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Stückpreis M									

Durchmesser mm	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Stückpreis M									

Durchmesser mm	28	30	32	33	34	35	36	38	40
Stückpreis M									

Durchmesser mm	42	44	45	46	48	50	52	55	58
Stückpreis M									

Durchmesser mm	60	62	65	68	70	72	75	78	80
Stückpreis M									

Durchmesser mm	82	85	88	90	92	95	98	100
Stückpreis M								

Nr. 392. Meßstäbe.

Von Sonderstahl, an den Enden gehärtet, entspannt und genauest auf Maß geschliffen. Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.



Da Meßscheiben bei Durchmessern über 100 mm zu schwer und unhandlich werden, liefere ich für größere Durchmesser Meßstäbe. Die Meßflächen der Meßstäbe sind Teile von Zylinderflächen.

Durchmesser mm	100	105	110	115	120	125	
Stückpreis M							
Durchmesser mm	130	135	140	145	150	155	
Stückpreis M							
Durchmesser mm	160	165	170	175	180	185	
Stückpreis M							
Durchmesser mm	190	195	200	210	220	230	
Stückpreis M							
Durchmesser mm	240	250	260	270	280	290	300
Stückpreis M							

Nr. 394. Ständer für Meßscheiben und Prüfstäbe.



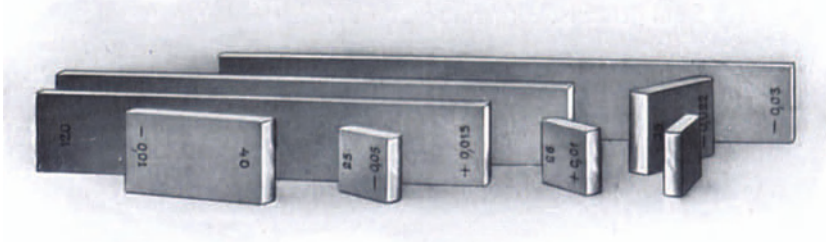
Die Ständer werden für beliebig zusammengestellte Sätze ausgeführt, in gleicher Weise werden sie auch für Meßstäbe Nr. 392 und Abnutzungsprüfer Nr. 395 angefertigt.

Preise auf Anfrage.

Nr. 395. Abnutzungsprüfer für Rachenlehren.

Von Sonderstahl, an den Enden gehärtet, entspannt und genauest auf Maß geschliffen. Verbürgte Genauigkeit nach DIN 168.

Um die Abnutzungsprüfer nicht unnötig zu verteuern, sind die Flachseiten derselben nur in einfacher Weise bearbeitet. Die Meßflächen sind Teile von Zylinderflächen. Die Abnutzungsprüfer von 5—18 mm werden mit Griff geliefert.



Abnutzungsprüfer sind um den Betrag der für eine Rachenlehre zulässigen Abnutzung größer wie die Prüflehren. Geht also eine Rachenlehre über einen Abnutzungsprüfer, so ist sie nachzuarbeiten.

Durchmesser mm	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8
Stückpreis M								
Durchmesser mm	9	10	11	12	13	14	15	16
Stückpreis M								
Durchmesser mm	17	18	19	20	21	22	23	24
Stückpreis M								
Durchmesser mm	25	26	27	28	30	32	33	34
Stückpreis M								
Durchmesser mm	35	36	38	40	42	44	45	46
Stückpreis M								
Durchmesser mm	48	50	52	55	58	60	62	65
Stückpreis M								
Durchmesser mm	68	70	72	75	78	80	82	85
Stückpreis M								
Durchmesser mm	88	90	92	95	98	100	105	110
Stückpreis M								
Durchmesser mm	115	120	125	130	135	140	145	150
Stückpreis M								
Durchmesser mm	155	160	165	170	175	180	185	190
Stückpreis M								
Durchmesser mm	195	200	210	220	230	240	250	260
Stückpreis M								
Durchmesser mm	270	280	290	300				
Stückpreis M								

Als **Abnutzungsprüfer für Lehrdorne** kommen, sofern die Prüfung nicht auf der Meßmaschine erfolgt, Rachenlehren Nr. 380 in Frage.

Kegellehren.

Aus Stahl gehärtet, entspannt und genauest auf Maß geschliffen.



Nr. 397. Morsekegellehren ohne Lappen

nach DIN 229 und 324.

Morsekonus Nr. 0 1 2 3 4 5 6 (7)

Dorn nach DIN 229 . Stückpreis *M*

Hülse, kurze Ausführung nach

DIN 229 Stückpreis *M*

Hülse, lange Ausführung nach

DIN 324 Stückpreis *M*

Nr. 397 L. Morsekegellehren mit Lappen

nach DIN 230.

Morsekonus Nr. 0 1 2 3 4 5 6 (7)

Dorn Stückpreis *M*

Hülse mit eins. Lappen Stückpr. *M*

Die eingeklammerten Werte sind nach DIN 228 keine normalen Werkzeugkegel.

Nr. 398. Metrische Kegellehren ohne Lappen

nach DIN 234 und 325.

Metrischer Konus	Nr.	4	6	(9)	(12)	(18)	(24)	(32)
Dorn nach DIN 234	Stückpreis	M						
Hülse, kurze Ausführung, nach DIN 234	Stückpreis	M						
Hülse, lange Ausführung, nach DIN 325	Stückpreis	M						

Metrischer Konus	Nr.	(40)	(50)	(60)	(70)	80	(90)
Dorn nach DIN 234	Stückpreis	M					
Hülse, kurze Ausführung, nach DIN 234	Stückpreis	M					
Hülse, lange Ausführung, nach DIN 325	Stückpreis	M					

Metrischer Konus	Nr.	100	(110)	120	(130)	140	(150)
Dorn nach DIN 234	Stückpreis	M					
Hülse, kurze Ausführung, nach DIN 234	Stückpreis	M					
Hülse, lange Ausführung, nach DIN 325	Stückpreis	M					

Nr. 398L. Metrische Kegellehren mit Lappen

nach DIN 234.

Metrischer Konus	Nr.	4	6	(9)	(12)	(18)	(24)	(32)	(40)	(50)	(60)
Dorn	Stückpreis	M									
Hülse mit eins. Lappen	Stückpreis	M									

Metrischer Konus	Nr.	(70)	80	(90)	100	(110)	120	(130)	140	(150)	
Dorn	Stückpreis	M									
Hülse mit eins. Lappen	Stückpreis	M									

Die eingeklammerten Werte sind nach DIN 228 keine normalen Werkzeugkegel.

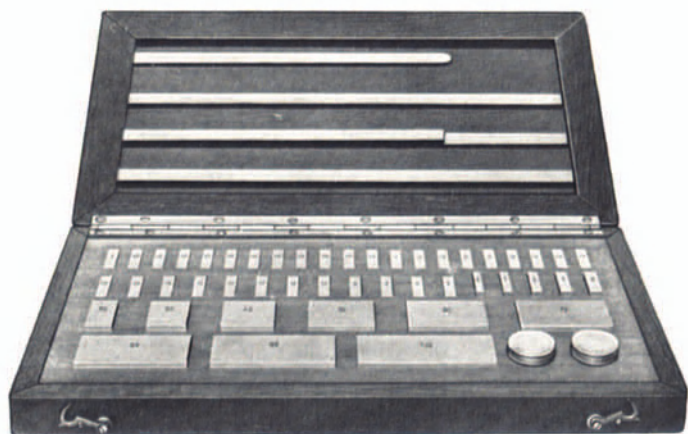
Nr. 400. Parallelendmaße.

Die Anfertigung der Parallelendmaße erfolgt aus einem Sonderstahl, dem nach dem Härten alle Spannungen durch eine besondere Wärmebehandlung entzogen werden, ohne daß dadurch seine hohe Härte irgendwie vermindert wird. Infolge dieses Verfahrens bleiben die Maße dauernd unveränderlich.

Die Endmaße sind mit höchst erreichbarer Genauigkeit hergestellt, so daß sich auch beim Zusammensetzen eines Maßes aus mehreren Endmaßen so gut wie keine Abweichung vom Nennwert ergibt.

Die Meßflächen sind planparallel, hochglanz poliert und so genau eben, daß die Endmaße aneinander haften. Unzuverlässige Meßergebnisse durch Vorhandensein von Staub usw. sind ausgeschlossen, da in diesem Falle das Aneinanderhaften aufhört.

Das Anwendungsgebiet der Parallelendmaße ist außerordentlich vielseitig. Insbesondere kommen sie als Prüfwerkzeuge für Grensrachenlehren und verstellbare Lehren in Betracht. Des weiteren werden sie mit Vorteil zum Feineinstellen von Tastern, Meßvorrichtungen usw. benützt. Große Dienste leisten sie auch in der Werkzeugmacherei.



Die Parallelendmaße liefere ich in zwei verschiedenen Qualitäten, A bzw. B.

Die Endmaße der Qualität A sollen als Urmaße Verwendung finden, auf die sich letzten Endes alle Messungen eines Betriebes beziehen. Sie sind bestimmt zur Einstellung von Meßmaschinen, Fühlhebeln und Meßuhren, zur Nachprüfung von Grenzlehren, Meßscheiben, Kugelendmaßen, ferner zum Prüfen verstellbarer Lehren wie Mikrometer usw.

Die Herstellungsgenauigkeit beträgt bei

Qualität A

Länge der Endmaße	Herstellungsgenauigkeit in mm gemessen in der Mitte der Endflächen
bis 30 mm	+ 0,0003
über 30 " 60 "	+ 0,0004
" 60 " 80 "	+ 0,0005
" 80 " 90 "	+ 0,0006
" 90 " 100 "	+ 0,0007

Die Endmaße der Qualität B finden Verwendung für den praktischen Werkstattgebrauch, im Vorrichtungsbau und zur Einstellung von Werkstattgeräten.

Die Herstellungsgenauigkeit beträgt bei

Qualität B

Länge der Endmaße	Herstellungsgenauigkeit in mm gemessen in der Mitte der Endflächen
bis 20 mm	+ 0,0008
über 20 " 40 "	+ 0,0009
" 40 " 60 "	+ 0,0010
" 60 " 80 "	+ 0,0011
" 80 " 100 "	+ 0,0012

Fast alle Betriebe verwenden Qualität B, da die Genauigkeit von Endmaßen dieses Gütegrades für die Werkstatt durchaus ausreichend ist.

Die Parallelendmaße werden in folgenden Zusammenstellungen geliefert:

Satz Nr. 402

bestehend aus 32 Stück einzelnen Endmaßen

in den Stärken von:

mm	1,005	1,00						
	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	
	1,08	1,09	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	
	1,60	1,70	1,80	1,90	2	3	4	
	5	6	7	8	9	10	20	
	30	50						

in feinem Hartholzkasten, Qualität A Preis *M.*.....

" B " *M.*.....

Satz Nr. 404

bestehend aus 47 Stück einzelnen Endmaßen

in den Stärken von:

mm	1,005	1,00							
	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09
	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18
	1,19	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	20	30	40	50	60	70	80	90	100

in feinem Hartholzkasten, Qualität A Preis *M.*.....

" B " *M.*.....

Satz Nr. 406

bestehend aus 83 Stück einzelnen Endmaßen

in den Stärken von:

mm	1,005	0,5	1,00							
	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10
	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30
	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40
	1,41	1,42	1,43	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50
	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,5	3	3,5	4	4,5
	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

in feinem Hartholzkasten, Qualität A Preis *M.*.....

" B " *M.*.....

Satz Nr. 408
bestehend aus 111 Stück einzelnen Endmaßen
 in den Stärken von:

mm	0,5	1,00						
	1,001	1,002	1,003	1,004	1,005	1,006	1,007	1 008
	1,009	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07
	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15
	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31
	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39
	1,40	1,41	1,42	1,43	1,44	1,45	1,46	1,47
	1,48	1,49	1,5	2	2,5	3	3,5	4
	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16
	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20
	20,5	21	21,5	22	22,5	23	23,5	24
	24,5	25	50	75	100			

in feinem Hartholzkasten, Qualität A Preis *fl.* _____

" B " *fl.* _____

Ergänzungssatz Nr. 410
bestehend aus 9 Stück einzelnen Endmaßen

in den Stärken von:

mm	1,001	1,002	1,003	1,004	1,005	1,006	1,007	1,008	1,009
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

in feinem Hartholzkasten, Qualität A Preis *fl.* _____

In Verbindung mit diesem Ergänzungssatz lassen sich mit den vorerwähnten Sätzen alle Maße um $\frac{1}{1000}$ mm steigend zusammensetzen.

Preise für einzelne Parallelendmaße auf Anfrage.

Nr. 420. Halter und Meßschnäbel zu Parallelendmaßen.



Der Satz Halter und Meßschnäbel besteht aus

- | | | |
|---|---------------------------------|---------------|
| 1 | Klemme für einen Meßbereich von | 0—50 mm |
| 1 | " " " " | " " 0—100 " |
| 1 | " " " " | " " 100—200 " |

- 2 Paar Meßschnäbeln mit 4 und 10 mm Ansatzstärke
- 1 Anreißspitze
- 1 Zentrumspitze
- 1 Fußplatte

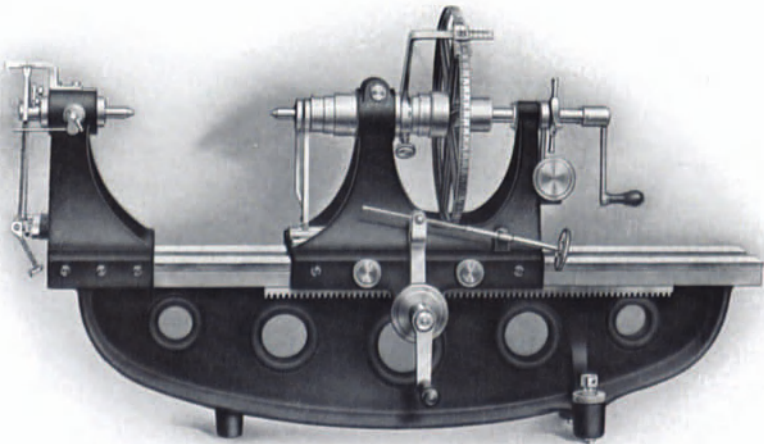
in feinem Hartholzkasten

Preis *M.* _____

Nr. 460. Feinmeßmaschine.

(Bauart Mahr.)

Die Maschine dient zur Prüfung, zum Vergleich und zum Messen von Lehrdornen, Meßscheiben, Endmaßen, Lehren sowie sonstigen genau herzustellenden Arbeitsstücken und erlaubt **unmittelbare Ablesungen von 0,0001 mm**. Der Meßbereich beträgt 500 bzw. 1000 mm, die Tasterhöhe über Bett 250 mm. Auf Wunsch wird die Maschine auch für andere Meßlängen geliefert.



Die Maschine hat ein kräftiges Bett von hohem Querschnitt, das auf drei Füßen ruht, von denen zwei mit Stellschrauben versehen sind, wodurch eine genau wagrechte Einstellung der Maschine möglich ist. Die eigenartige Form des Bettes gewährleistet große Starrheit. Der mit Spindel und Teilrad versehene Meßkopf ist verschiebbar, der Hebelwerk und Zeiger tragende Gegenkopf fest. Die Maschine ist eine sogenannte Vergleichsmeßmaschine, zum Einstellen der Taster werden Urmaße benützt. Die grobe Einstellung des verschiebbaren Meßkopfes erfolgt durch Handrad, Trieb und Zahnstange, die genauere Einstellung, nach welcher der Meßkopf durch eine Klemmschraube festgestellt wird, geschieht mit Hilfe einer mit demselben Trieb kuppelbaren Feinstellschraube. Die Feineinstellung beim Messen wird durch eine am hinteren Führungssupport befindliche, leicht mit der Meßspindel zu kuppelnde Querschraube bewirkt. Diese erlaubt durch große Übersetzung das Anstellen ganz geringer Beträge und hält jeden Einfluß der Handwärme fern.

Der Meßbereich der Spindel beträgt 50 mm. Wie allgemein bekannt, ist es praktisch unmöglich, ein so langes Gewinde ganz fehlerlos zu schneiden. Um trotzdem der Spindel für ihren ganzen Meßbereich die erforderliche hohe Genauigkeit zu geben, ist am Ende des Meßkopfes eine Ausgleichleiste vorgesehen, an welcher ein am Taster befestigter Arm gleitet, der in Verbindung mit einem in der hohlen Meßspindel angebrachten zweiten Gewinde je nach Erfordernis eine kleine Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung des Tasters gegenüber der Meßspindel bewirkt. Die Ausgleichleiste wird von mir entsprechend dem in der Meßspindel gefundenen Fehler ausgearbeitet.

Die Fehlerausgleichvorrichtung arbeitet so genau, daß mit der Meßmaschine auf den ganzen Spindelweg für alle Unterabteilungen zuverlässige Messungen innerhalb einer Genauigkeit von 1μ vorgenommen werden können. Es ist deshalb für die Mehrzahl der Betriebe die Beschaffung von Urmaßen in Abstufungen von 50 zu 50 mm ausreichend; lediglich für Messungen höchster Genauigkeit, bei denen es auf Bruchteile eines Tausendstelmillimeters ankommt, ist es erforderlich, die Meßmaschine nach einem Urmaß, dessen Länge der Größe des zu prüfenden Werkstückes möglichst nahekommt, einzustellen. Die von mir gelieferten Urmaße sind entsprechend DIN mit einer Bezugstemperatur von 20°C hergestellt, und die Maschine ist nach solchen Urmaßen eingestellt. Ist etwa der Wunsch vorhanden, Endmaße oder Werkstücke zu prüfen, welche einer anderen Bezugstemperatur (von z. B. 0°C) entsprechen, so kann diesem Wunsch insofern leicht Rechnung getragen werden, als nur eine andere Ausgleichleiste eingesetzt zu werden braucht, welche entsprechend ausgearbeitet ist. Es lassen sich dann ohne Berechnung in einfacher Weise auch solche Messungen vornehmen.

Sollte die Meßspindel mit der Zeit eine Abnützung zeigen, so kann die Spindelmutter nachgestellt werden, es ist dann nur die Ausgleichleiste einer Nachprüfung bzw. Nacharbeit zu unterziehen, welche sich mit geringer Mühe ausführen läßt.

Die Meßspindel hat 36 mm Durchmesser, 1 mm Steigung, ist ganz durchbohrt, aus Gußstahl hergestellt und in einer Mutter aus Gußeisen geführt. Meßspindel und Mutter haben daher gleiche Wärmedehnung, so daß bei wechselnden Temperaturen keinerlei Druck oder Zug auf die Gewingegänge übertragen wird. Das Gewinde selbst ist einseitig und vereinigt so die Vorzüge eines spitzen und flachen Gewindes, ohne deren Nachteile zu haben. Der Druck beim Messen wird durch die flache Seite des Gewindes aufgenommen. Der Meßtaster ist in der Spindel auf die ganze Länge gelagert und bewegt sich genau in der Achse der Spindel. Zum Ablesen der Teilung ist kein Mi-

kroskop erforderlich, da die Teilstriche des Meßrades, welche Tausendstelmillimeter angeben, in Wirklichkeit je 1 mm voneinander entfernt sind, so daß die Ablesung auch einem weniger geübten Auge ohne Schwierigkeit möglich ist und keinerlei Ermüdung der Augen eintritt, was bei andauerndem Messen besonders wohltuend empfunden wird. Der Index am Meßrad, welcher einen Nonius trägt, an dem die Zehntausendstelmillimeter abgelesen werden, ist auslösbar und kann nach Belieben verstellt werden.

In dem festen Gegenkopf ist ein Taster mit geringer Verschiebbarkeit gelagert, welcher sich auf ein im Verhältnis von 1:1000 übersetztes, auf glas-harten Schneiden gelagertes Hebelwerk stützt, dessen Zeigerende auf einer Teilung von der Größe der des Meßrades Tausendstelmillimeter anzeigt. Ein kleines Gewicht belastet das Hebelwerk und erzeugt den für alle Messungen unveränderlichen Meßdruck. Beim Messen ist nur zu beobachten, daß der Zeiger des Hebelwerks genau auf 0 einspielt, worauf das ermittelte Maß ohne weiteres an der Teilung des Meßrades abgelesen werden kann. Diese Gewichtsbelastung hat den Zweck, daß stets unter unveränderlich gleichem Meßdruck gemessen und das persönliche Gefühl vollständig ausgeschaltet wird, was sich dadurch nachweisen läßt, daß, wenn am Meßrad um einen gewissen Betrag nachgestellt wird, das Zeigerende des Gegentasters genau den gleichen Betrag anzeigen wird.

Handhabung der Maschine.

Beim Beginn des Messens sind die Meßtaster mit Hilfe eines Urmaßes wie beschrieben auf die entsprechende Entfernung einzustellen, derart, daß der Zeiger des Gegentasters genau auf 0 einspielt und der Indexstrich des Meßrades das Maß des Urmaßes angibt.

Bei Vergleichsmessungen wird der zu untersuchende Gegenstand zwischen die beiden Taster gebracht und dann mit Hilfe der Feineinstellvorrichtung das Meßrad so viel gedreht, bis das Zeigerwerk des Gegentasters wieder auf 0 einspielt. Das ermittelte Maß kann alsdann am Meßrad unmittelbar in Zehntausendstelmillimeter abgelesen werden.

Die Prüfungen mit der Meßmaschine gehen sehr rasch vor sich; sie erfordern nicht mehr Zeitaufwand als Messungen mit Mikrometern.

Preis der Maschine für 500 mm Meßbereich *fl.*

„ „ „ „ 1000 „ „ *fl.*

Nachdem nun auch die Normung der Herstellungstoleranzen der Gewinde und Gewindelehren abgeschlossen ist, ist es vorteilhaft, sich auch über die Frage der Gewindeprüfung und der dazu notwendigen

Gewindegrenzlehren und Gewindeprüfgeräte

zu unterrichten.



Genauen Aufschluß gibt meine Druckschrift
„Die Gewindelehre“.

Über meine übrigen Meßgeräte bitte ich folgende

Sonderlisten

einzufordern:

Feinmeß-Schieblehren.

Feinmeß-Schraublehren für Innen- und Außenmessung.

Maßstäbe, Lineale, Winkel, Richtplatten und Anreißwerkzeuge.

Meßuhren und damit ausgerüstete Meßgeräte zu Parallelitäts- und Rundlaufprüfungen, zu Dickenbestimmung, Messung von Bohrungen, Zahnrädern, Gewinden und vielem anderen.

Über Meß- und Prüfvorrichtungen für Sonderzwecke, insbesondere für den **Lokomotiv- und Motorenbau**, bitte ich Vorschläge einzuholen.