



Universität Zürich
Werkstatt Physik Institut

allgemeine
Grundlagen
und Messtechnik

- * Messtechnik
- * Anreissen und Körnen
- * Feilen
- * Sägen
- * Hartlöten

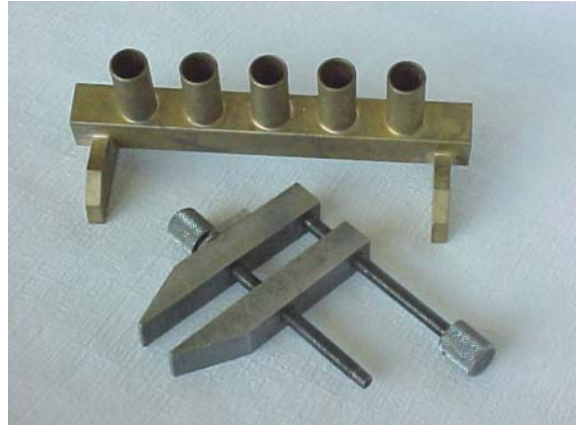


<http://www.physik.unizh.ch/groups/werkstatt/>

Einen kleinen Überblick über unser Werkstatt-Praktikum am Physik Institut.

- Sie lernen die Messwerkzeuge zu handhaben und einzusetzen.
- Sie lernen verschiedene Bohrmaschinen zu bedienen.
- Sie lernen eine Drehbank und Fräsmaschine zu bedienen und Teile darauf fertigen.
- Sie lernen einfache Hartlötarbeiten auszuführen.
- Sie bekommen einen Überblick über verschiedene Schweissarten.
- Sie bearbeiten Stahl, Messing (CuZn), Aluminium und Kunststoffe.

Im ersten Kurs liegt das Schwergewicht bei der Herstellung von einfachen Teilen aus Stahl und Messing. Ebenso gibt es eine Einführung über das Schweißen und Hartlöten.



Im zweiten Kurs liegt das Schwergewicht bei der Herstellung eines Lochers aus verschiedenen Materialien.

Alle Maschinenarbeiten vom ersten Kurs werden vertieft. Die Geometrien der Teile werden aufwändiger und an die Massgenauigkeit werden höhere Ansprüche gestellt.



Einige Bilder und Grafiken in diesem Skript sind aus dem Buch „Fachkunde Metall“ vom Verlag Europa-Lehrmittel. In diesem Buch sind die Themen Messtechnik, Fertigungstechnik (Bohren, Drehen, Fräsen etc.) und Werkstoffkunde ausführlich beschrieben. Das Buch (Europa-Nr. 10129) ist im Fachhandel für ca. Fr. 60.-erhältlich.

Ebenso sind einige Bilder und Grafiken aus den Ausbildungsunterlagen für Polymechaniker vom Swissmechanic und Swissmem. Diese Unterlagen können unter den folgenden Links bestellt werden:
http://www.swissmechanic.ch/xml_1/internet/de/application/d3/f2631.cfm
<http://www.swissmem-berufsbildung.ch/> (im E-Shop)

Physik Institut Werkstatt
Zürich 2009

Kurt Bösiger

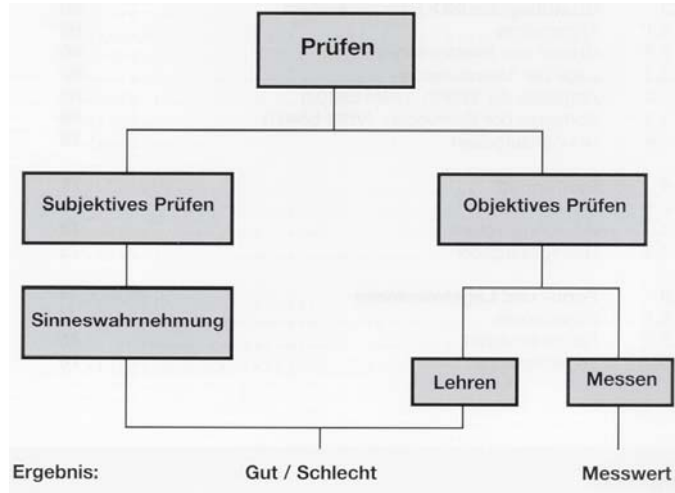
Inhaltsverzeichnis

Grundlagen der Messtechnik	Seite 4
<u>Schieblehre oder Messschieber</u>	Seite 5
<u>Tiefenmass</u>	Seite 7
<u>Ableseübungen Nonius (Schieblehre)</u>	Seite 8
<u>Mikrometer oder Messschraube</u>	Seite 9
<u>Innenmikrometer</u>	Seite 10
<u>Tiefenmikrometer</u>	Seite 11
<u>Ableseübungen Nonius (Mikrometer)</u>	Seite 11
<u>Universalwinkelmesser</u>	Seite 12
<u>Messuhren</u>	Seite 12
<u>Formlehren</u>	Seite 13
<u>Masslehren</u>	Seite 13
<u>Grenzlehren</u>	Seite 14
<u>Oberflächen</u>	Seite 16
Anreissen	Seite 17
Körnen	Seite 18
Sägen	Seite 19
Feilen	Seite 20
Sauerstoff-Acetylen Anlage	Seite 23
Hartlöten	Seite 25

1. Grundlagen der Messtechnik

Prüfen heisst feststellen, ob der Prüfgegenstand die geforderten Merkmale aufweist.

Beim **Prüfen** unterscheidet man zwischen zwei Methoden, das **subjektive-** und das **objektive Prüfen**.



Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

Subjektives Prüfen erfolgt über Sinneswahrnehmung des Prüfers ohne Hilfsmittel. Sicht und Tastprüfung ob die Gratbildung und Rautiefe am Werkstück zulässig sind.

Objektives Prüfen erfolgt mit Prüfmitteln (Messgeräte und Lehren).

Mittels Lehren vergleicht man den Prüfkörper mit einer Lehre. Dabei wird nur festgestellt ob der Prüfkörper gut oder Ausschuss ist.

Messen ist das Vergleichen einer Dimension mit einem Messgerät. Das Ergebnis ist ein Messwert.

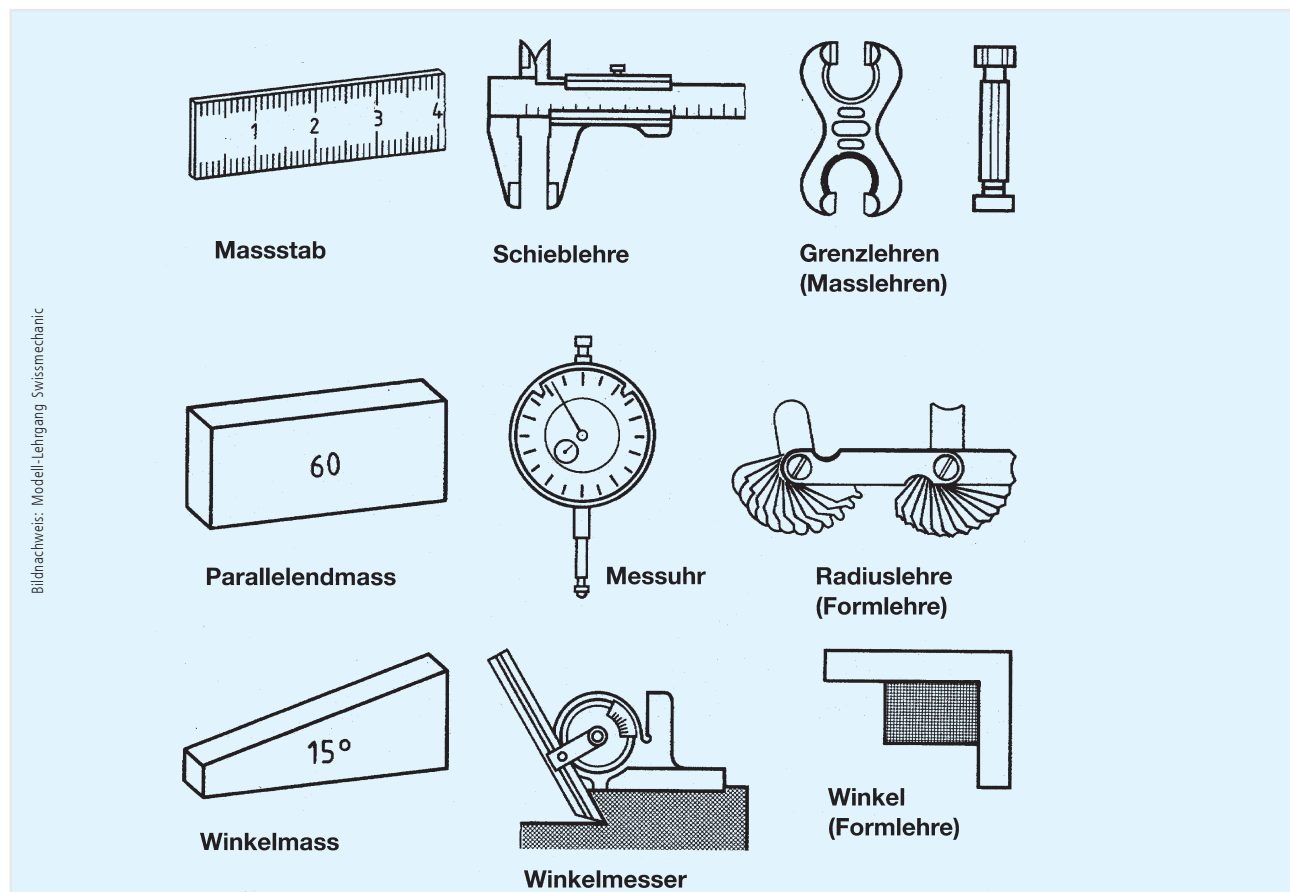
Prüfmittel

Die Prüfmittel werden in drei Gruppen unterteilt: Messgeräte, Lehren und Hilfsmittel.

Die Messgeräte werden unterteilt in feste und anzeigende Messgeräte.

Lehren verkörpern entweder das Mass oder aber das Mass und die Form des Prüfgegenstandes.

Hilfsmittel sind Prismen, Messständer, Unterlagen und Halterungen.

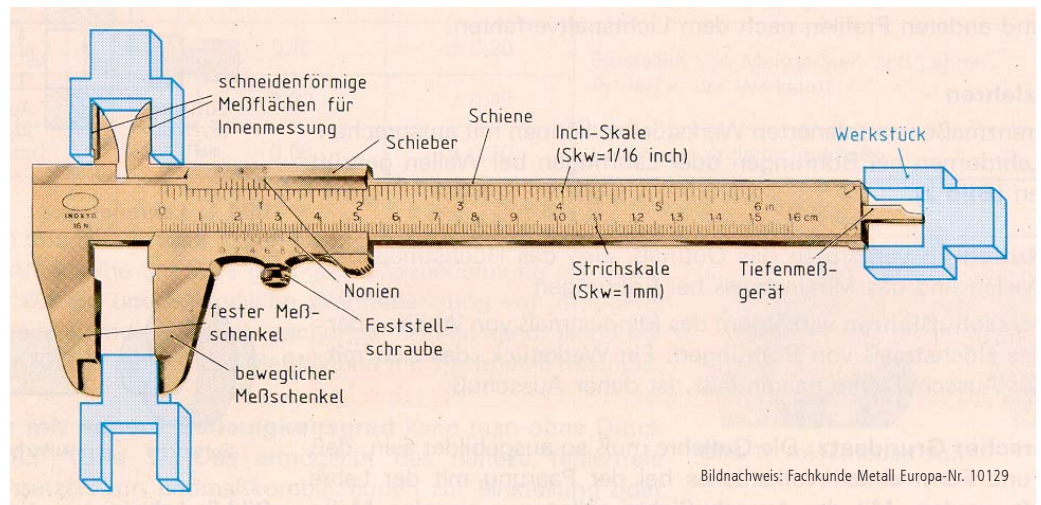


Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

Schieblehre oder Messschieber

Die Schieblehre ist besonders für schnelles Messen geeignet, sehr universell und einfach in der Handhabung. Es werden Schieblehren für verschiedene Anwendungen hergestellt und ebenso in Dimensionen von 150mm bis 1500mm. Auch sind sie in verschiedenen Genauigkeitsklassen erhältlich.

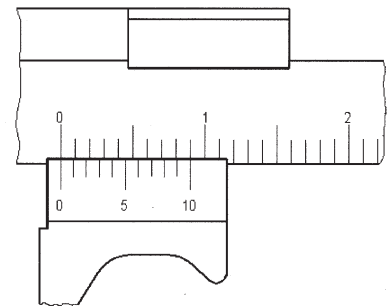
Übersicht und Messmöglichkeiten



Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

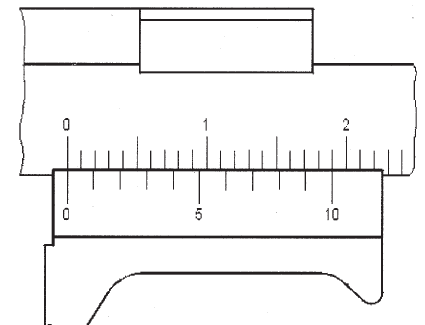
Beim Zehntel-Nonius sind 9mm in 10 Teile geteilt. Der Strichabstand auf dem Nonius ist also $9/10\text{mm} = 0.9\text{mm}$, Während der Strichabstand der Skala 1mm beträgt. So ergibt sich eine Teilungsdifferenz von $1\text{mm} - 0.9\text{mm} = 0.1\text{mm}$. Diese Teilungsdifferenz bezeichnet man als Noniuswert. Er entspricht dem Skalenteilungswert bei Zeiger-Messgeräten.

Nonius $1/10$



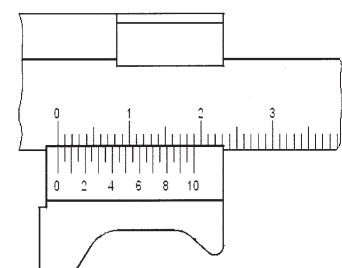
Um die Nonien übersichtlicher und ermüdungsfreier ablesen zu können, wird der Nonius erweitert. Beim erweiterten $1/10$ -Nonius sind 19mm der Strichskala in 10 Teile auf den Nonius geteilt. Der einzige Nachteil des erweiterten Nonius liegt in der Verkleinerung des Messbereiches der Schieblehre. Der Vorteil bei der besseren Ablesbarkeit.

Nonius $1/10$ erweitert



Beim Zwanzigstel-Nonius sind 19mm in 20 Teile geteilt. Der Strichabstand auf dem Nonius ist also $19/20\text{mm} = 0.95\text{mm}$, Während der Strichabstand der Skala 1mm beträgt. So ergibt sich eine Teilungsdifferenz von $1\text{mm} - 0.95\text{mm} = 0.05\text{mm}$.

Nonius $1/20$

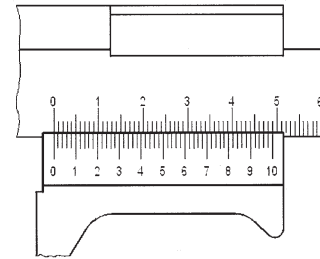


Beim Erweiterten $1/20$ -Nonius sind 39mm der Strichskala in 20 Teile auf den Nonius geteilt.

Beim Fünzigstel-Nonius ist die Grenze des Auflösungsvermögens des Auges erreicht. Dies kann zu Ablesefehler führen.

Noniuswert: $1/50\text{mm} = 0.02\text{mm}$

Nonius $1/50$



Seit 1990 setzt sich immer mehr die Digital-Anzeige durch. Der Preis beträgt aber immer noch das 2- bis 3-fache einer Nonius-Schieblehre.

Wenn man die Schieblehre ablesen möchte, betrachtet man am Besten den Nullstrich des Nonius als Komma. Links vom Nullstrich liest man zuerst die vollen Millimeter auf der Strichskala ab und sucht dann rechts vom Nullstrich den Teilstrich des Nonius aus, der sich mit einem Teilstrich der Strichskala deckt. Die Anzahl der Teilstrichabstände gibt dann je nach Nonius die Zehntel-, Zwanzigstel- oder Fünzigstel-Millimeter an.

Zum Messen die Schieblehre immer gerade vor sich halten, d.h. Blickrichtung 90° zu Massstab oder Nonius.

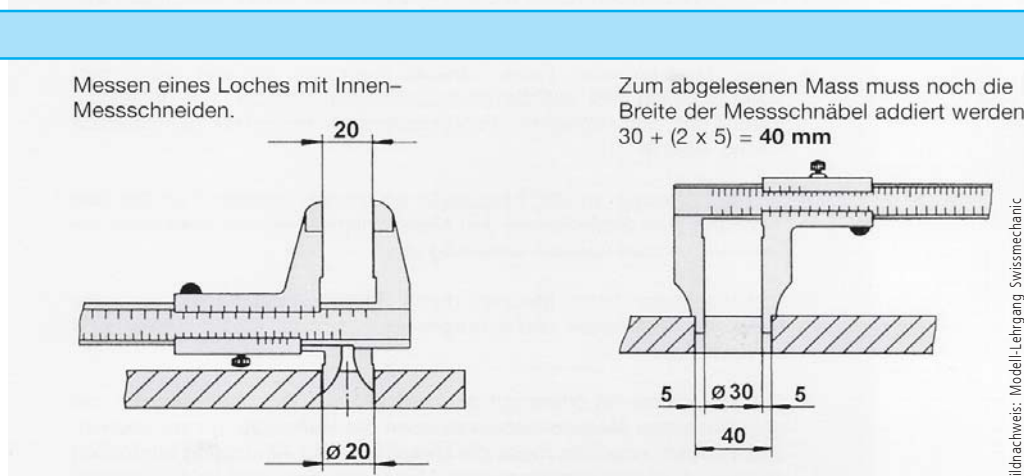
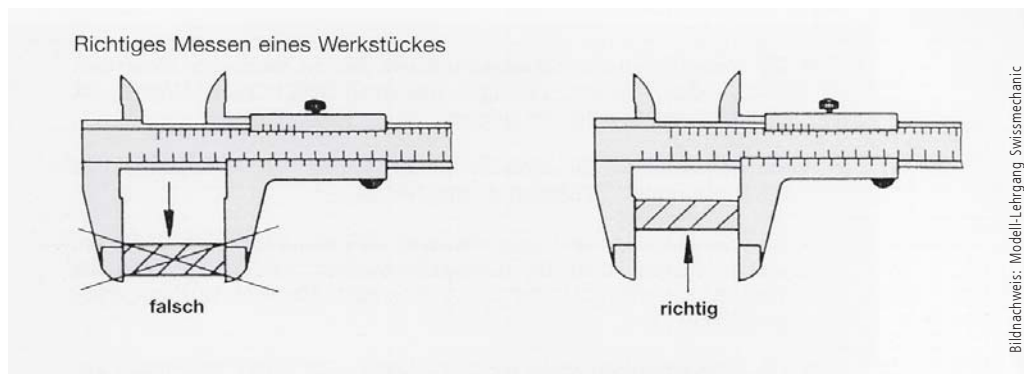
Vor dem Messen die Messflächen und das zu messende Werkstück reinigen. Am Werkstück die Gräte entfernen, um Messfehler zu vermeiden.

Die Messschenkel möglichst weit über das Werkstück führen, und den bewegliche Messschnabel nur leicht an das Werkstück andrücken, so dass beide Messschnäbel gut anliegen.

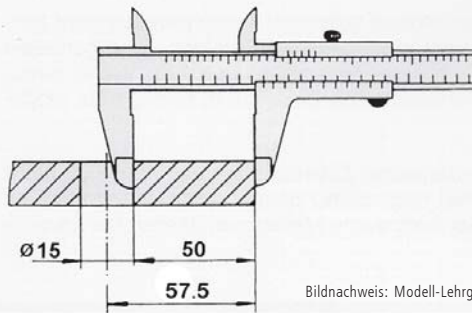
Messgeräte sorgfältig behandeln und öfters kontrollieren auf Genauigkeit (Abnützung der Schnäbel).

Messwerkzeuge sind bei 20°C geeicht.

Um keine Messfehler zu bekommen, sollte das zu messende Werkstück auch 20°C aufweisen.

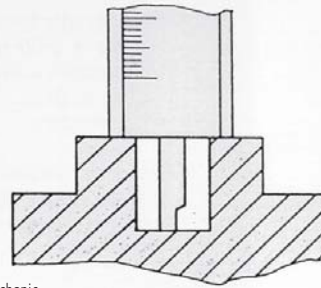


Messen eines Lochabstandes.
Der halbe Lochdurchmesser wird zum
abgelesenen Mass addiert.



Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

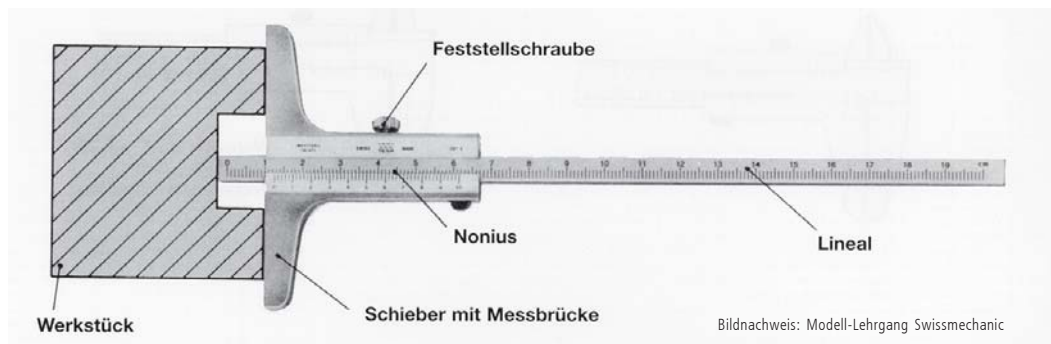
Messen einer Nute mit dem Tiefenmass.
Das abgelesene Mass entspricht dem
wirklichen Mass.



Tiefenmass

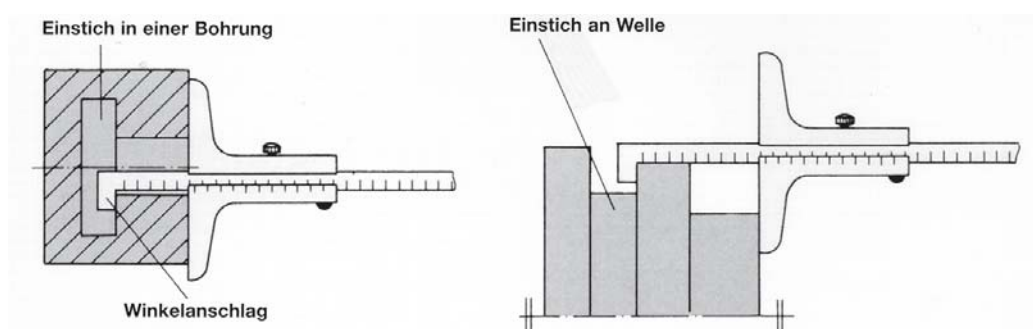
Beim Messen von Tiefen drückt man die Brücke oder den Tiefenmessanschlag fest auf die Werkstückoberfläche, von der aus gemessen werden soll, und schiebt die Tiefenmessstange bis auf die zu messende Fläche. Das Ablesen des Masses erfolgt gleich wie bei der Schieblehre. Tiefenmassen werden meistens mit einem 1/50 Nonius ausgerüstet.

Tiefenmessungen mit Tiefenmass können genauer ausgeführt werden als mit einer Schieblehre, wegen den grösseren Messauflagen.



Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

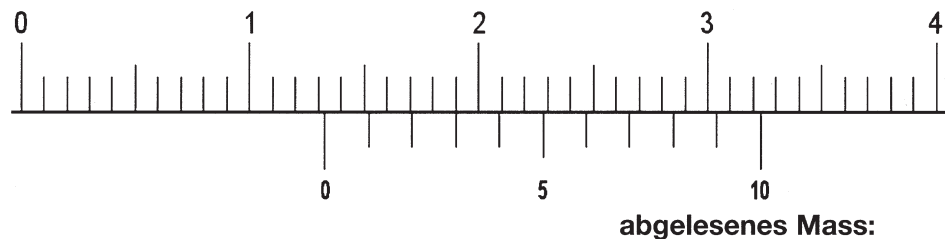
Beispiele für Tiefenmass mit Winkelanschlag



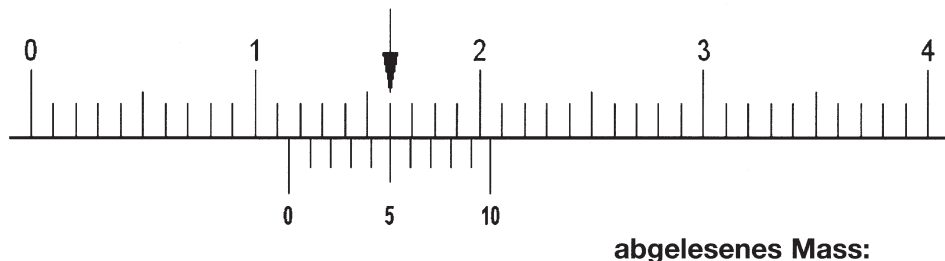
Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

Ein paar Ableseübungen von verschiedenen Schieblehren (Nonius)

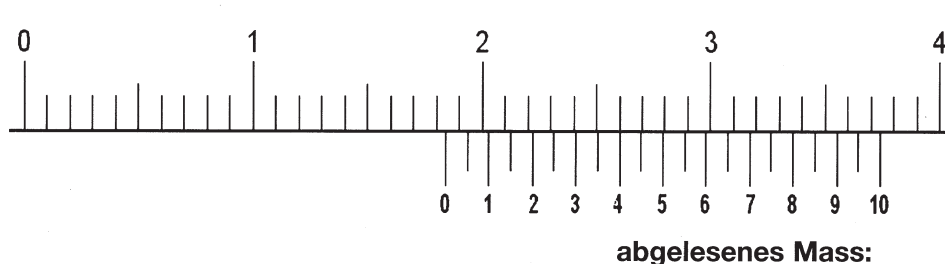
_____ -Nonius Teilungsdifferenz: _____



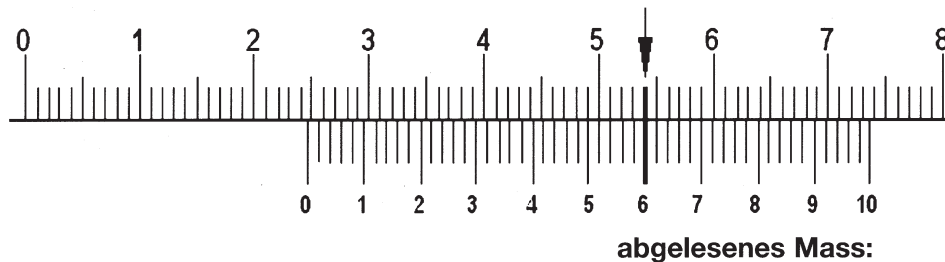
_____ -Nonius Teilungsdifferenz: _____



_____ -Nonius Teilungsdifferenz: _____



_____ -Nonius Teilungsdifferenz: _____



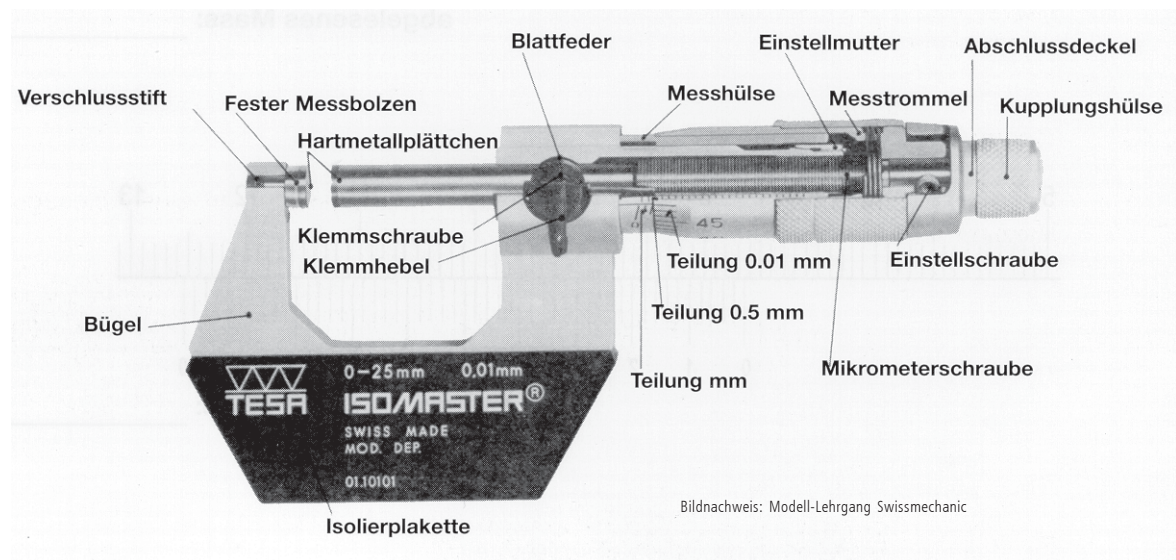
Mikrometer oder Messschraube (aussen)

Müssen Messungen genauer, als dies mit der Schieblehre (0.04 bis 0.02mm / Nonius abhängig) möglich ist, ausgeführt werden, wird der Mikrometer eingesetzt. Beim Mikrometer beträgt der Skalenteilungswert in der Regel 0.01mm (1/100mm).

Um in diesen Genauigkeiten zu messen, müssen bestimmte Bedingungen erfüllt werden. So hat der Mikrometer spezielle Wärme-Isolierplatten, wo er gehalten wird um die Körperwärme nicht zu übertragen. Mit einer Kupplung wird die Messkraft auf ca. 7N begrenzt (bei der Schieblehre ist die Messkraft individuell), das heisst alle messen gleich. Bessere Mikrometer haben zusätzlich noch einen Nonius der 1/1000mm anzeigt und Hartmetall Messflächen.

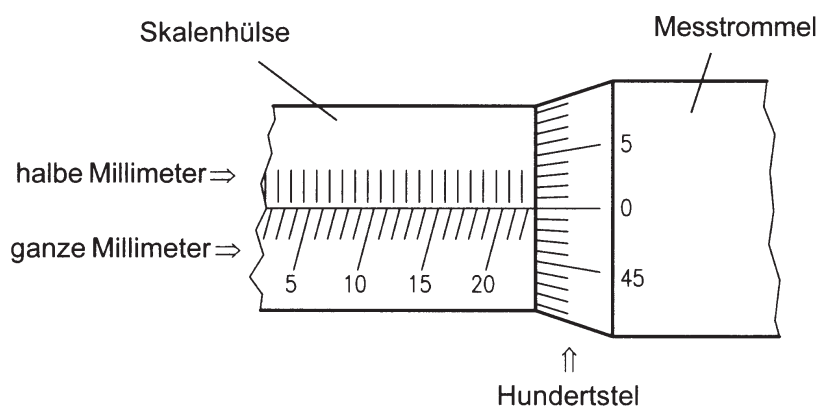
Mikrometer für Aussenmessungen werden eingesetzt von 0 bis 500mm.

Ein einzelner Mikrometer (oder Einsatz) deckt dabei immer nur einen Messbereich von 25mm ab.



Die einfache Skalenanzeige erlaubt eine Ablesegenauigkeit von 1/100mm. Die ganzen und halben Millimeter werden auf der Skalenhülse abgelesen, die Hundertstel auf der Messtrommel. Hat der Mikrometer noch einen Nonius, können dort noch 1/1000mm abgelesen werden.

Wie bei der Schieblehre setzt sich auch beim Mikrometer immer mehr die Digital-Anzeige durch. Auch hier ist der Preisunterschied Faktor 3.



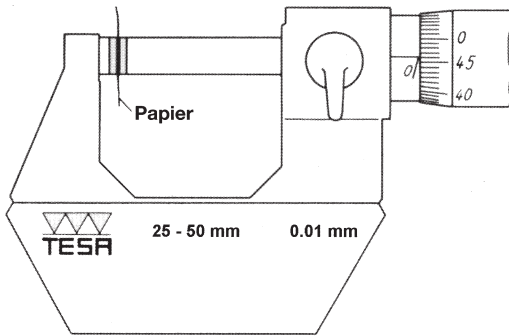
Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmem

Anzeige:

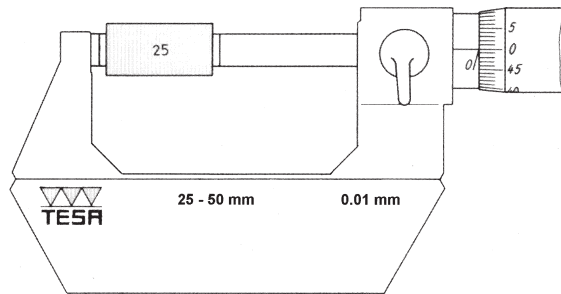
ganze mm	halbe mm	1/100 mm	Total
22	1	0	22,50 mm

Handhabung

Halten Sie den Mikrometer an den dafür vorgesehenen Griffelementen.
Drehen Sie die Messspindel über die Kupplung langsam an das Werkstück heran.
Lassen Sie durch Bearbeitung erwärmte Werkstücke vor dem Messen abkühlen (20°C).
Bei dünnwandigen Werkstücken und Kunststoffen (weich) kann der Messdruck zu hoch sein - nicht drehen bis die Kupplung durchdreht.
Messflächen am Werkstück und am Mikrometer sauber halten.
Mikrometer regelmässig auf Messgenauigkeit überprüfen.



Messflächen mit einem Papier reinigen und anschliessend Prüfung auf Nullstellung.



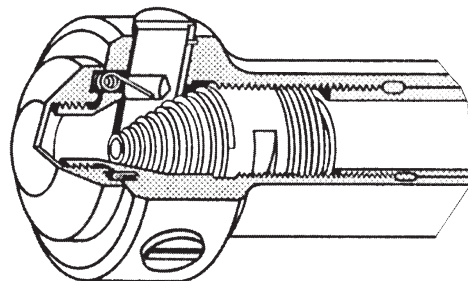
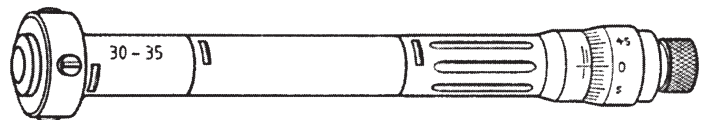
Bei grösseren Mikrometern wird zur Prüfung ein Kontrollmass oder Parallelendmass eingesetzt.

Innenmikrometer oder Innenmessschraube

Innenmikrometer sind für einen Messbereich von 3.5 bis 300mm erhältlich. Die drei Messeinsätze werden über ein Stufengewinde oder einen Kegel bewegt. Der Messbereich wird dadurch stark eingeschränkt (z.B. 3.5 bis 4mm, 10 bis 12.5mm oder 40 bis 45mm).

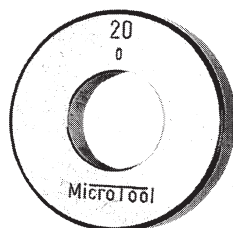
Handhabung

Innenmikrometer sind durch die drei Messeinsätze selbstzentrierend. Durch leichtes Zittern und gleichzeitiges Drehen an der Kupplung stellen Sie sicher, dass der Mikrometer nicht verkantet. Sonst gelten die gleichen Regeln wie beim Ausenmikrometer.



Überprüfung

Innenmikrometer werden mit Hilfe von Kontrollringen geprüft.



Kontrollring \varnothing 20 mm

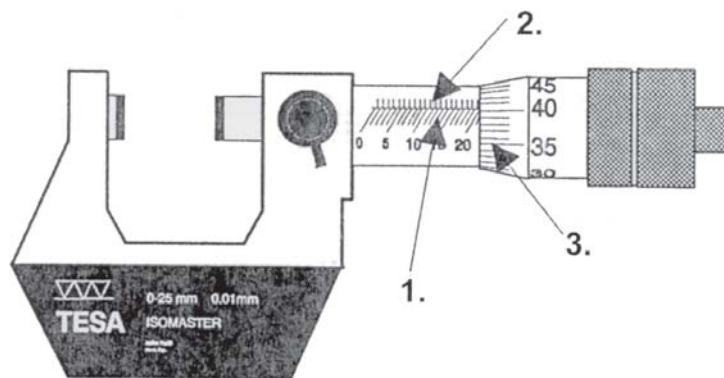
Tiefenmikrometer

Mit dem Tiefenmikrometer können die gleichen Messungen wie beim Tiefenmass durchgeführt werden. Die Ablesung erfolgt gleich wie bei Aussen- und Innenmikrometer.

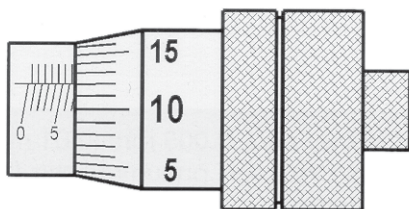


Mit den auswechselbaren Messnadeln kann der Messbereich variiert werden von 0-25 / 25-50 / 50-75mm usw.

Ein paar Ableseübungen von Mikrometer-Nonien.

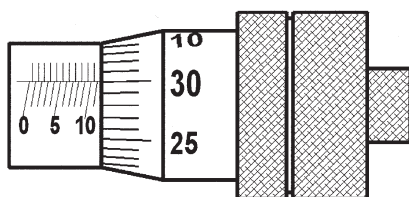


Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanik

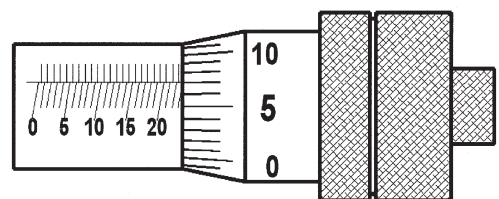


- 1. Ganze mm = 006 . 000 mm
- 2. Halbe mm = 000 . 500 mm
- 3. Hundertstel mm = 000 . 120 mm

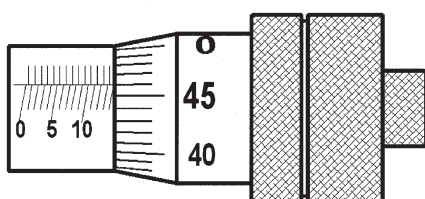
Total = 6 . 620 mm



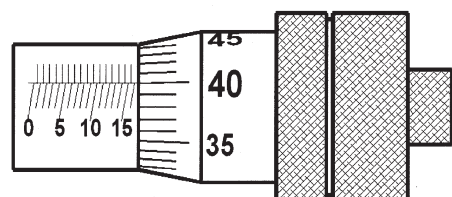
abgelesenes Mass _____ : _____ mm



abgelesenes Mass _____ : _____ mm



abgelesenes Mass _____ : _____ mm



abgelesenes Mass _____ : _____ mm

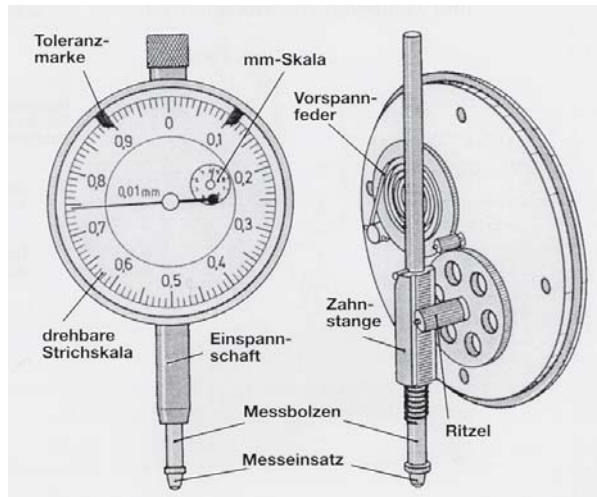
Überblick über weitere Messgeräte.

Universalwinkelmesser

Mit diesem Universalmessgerät können Winkelmessungen mit einer Genauigkeit von 5' ausgeführt werden.

Sehr universelles Messgerät, da fast alles verstellbar ist.

Die digitale Ausführung, die immer häufiger anzutreffen ist, ist punkto Ablesegenauigkeit viel komfortabler.

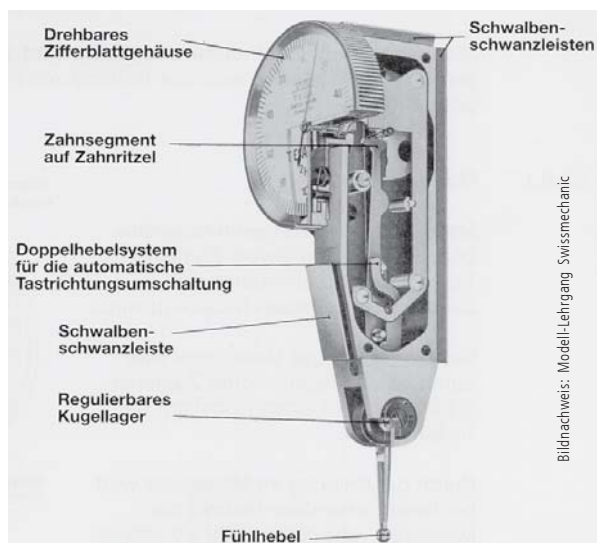


Messuhren

Messuhren sind Längenmessgeräte, bei denen der Messweg über einen Taststift durch Zahnstange und Zahnräder vergrößert wird.

Messuhren gibt es in verschiedenen Genauigkeiten von 0,1, 0,01 (Standard) bis 0,001mm.

Der Messbereich ist auch verschieden, je genauer umso kürzer (1mm bis 100mm).



Fühlerhebelmessuhren

Diese Messuhren sind durch den schwenkbaren Messfühler für Unterschiedsmessungen einsetzbar.

Diese Fühlerhebelmessgeräte sind in den Genauigkeitsklassen von 0,02, 0,01 und 0,002 erhältlich.

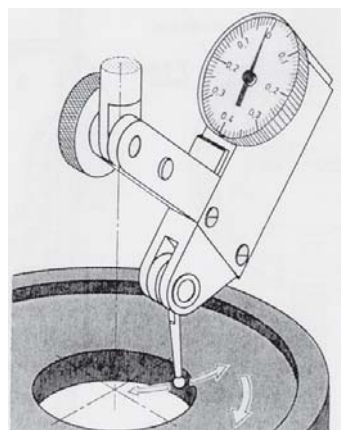
Der Messbereich liegt je nach Ausführung und Genauigkeit zwischen 0,2 bis 2mm.

Speziell geeignet sind diese Uhren zum:

- Ausrichten und Zentrieren von Werkstücken
- Ausrichten und Zentrieren von Aufspannvorrichtungen
- Rundlaufprüfungen
- Ausmessen und Einstellen von Maschinen

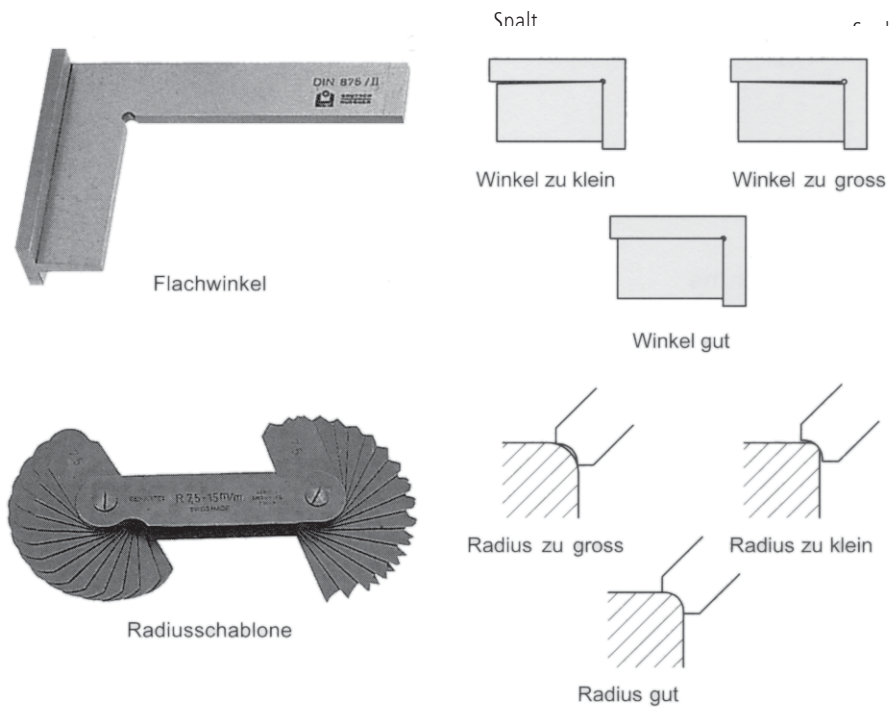
Mittels den Schwalbenschwanzführungen lassen sich die Uhren sehr universell befestigen.

Um Messfehler zu vermeiden, sollten die Fühlhebel bei sämtlichen Messungen so gut wie möglich im rechten Winkel zur Messrichtung stehen.



Formlehren

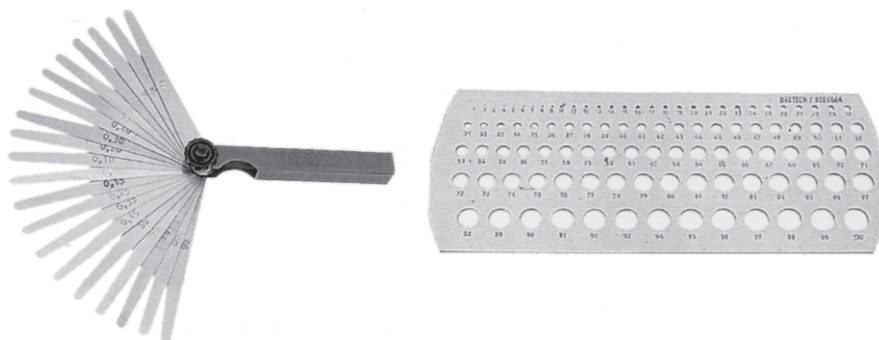
Mit den Formlehren werden Winkel, Radien oder andere Profile nach dem Lichtspaltverfahren geprüft. Zum Prüfen der gewünschten Form halten Sie das Werkstück mit der Lehre gegen das Licht. Je kleiner der sichtbare Lichtspalt unso genauer das Werkstück. Lichtspalte von 0.01mm sind noch gut sichtbar!



Formlehren gibt es in verschiedenen Formen und Grössen und Ausführungen, z.B. Lehren für die verschiedenen Gewindesteigungen, Winkel in 30°, 45° und 60° und solche bei denen einzelne Schenkel verstellbar sind in der Länge.

Masslehren

Masslehren bestehen meistens aus einem Satz von Lehren, bei denen das Mass von Lehre zu Lehre zunimmt. Mit Masslehren können Sie die Grenzen feststellen, zwischen denen ein Mass liegt. Passt z.B. die Fühlerlehre mit 0.15mm Dicke in einen Zwischenraum und diejenige mit 0.2mm nicht, so liegt das Mass zwischen 0.15mm und 0.2mm. Mit der Lochlehre können Bohrer- und Wellendurchmesser bestimmt werden.

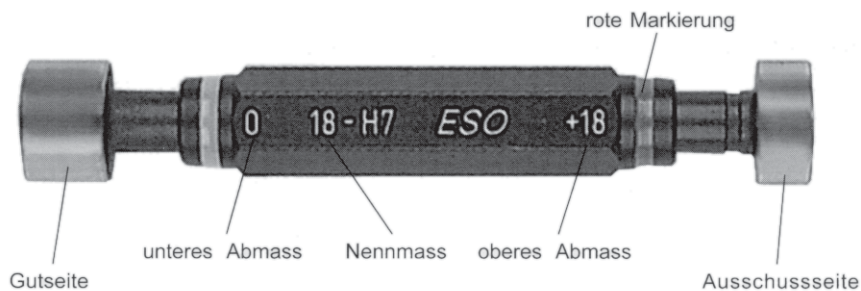


Grenzlehren

Grenzlehren bestehen aus einer Gut- und einer Ausschusseite. Damit kann festgestellt werden, ob bei einem Werkstück die vorgeschriebenen Toleranzen eingehalten werden. Auf den Grenzlehren ist das obere Abmass, das Nennmass und das untere Abmass eingraviert. Die Ausschusseite ist rot markiert.

Grenzlehrdorne

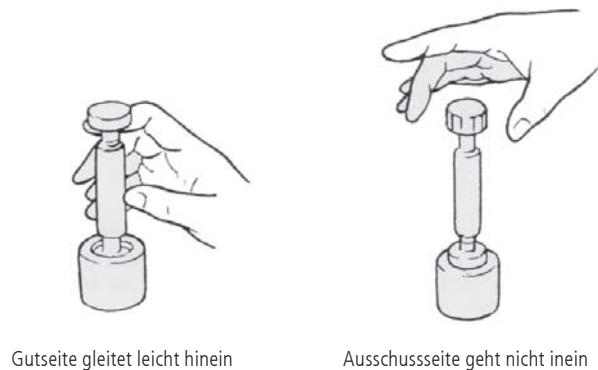
Damit werden eng tolerierte (geriebene oder ausgedrehte) Bohrungen geprüft. Die Bohrung liegt in der Toleranz, wenn die Gutseite leicht hineingleitet und die Ausschusseite nicht hineinpasst.



Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissem

Lässt sich die Ausschusseite auch in die Bohrung schieben, so ist das Werkstück Ausschuss. Geht die Gutseite nicht hinein, ist die Bohrung zu klein und muss nachgearbeitet werden.

Die zu prüfende Bohrung muss sauber und gratfrei sein. Bei Sacklöcher geht der Dorn langsam in die Bohrung, da die Luft zuerst aus der Bohrung entweichen muss. Niemals Gewalt anwenden - hier wird im μm -Bereich gemessen.

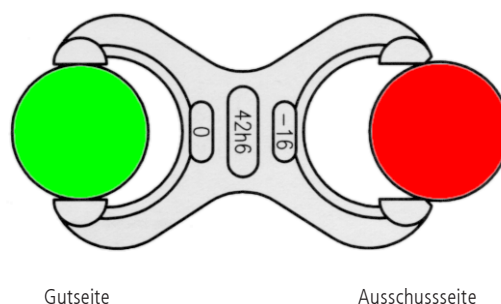


Gutseite gleitet leicht hinein

Ausschusseite geht nicht inein

Grensrachenlehren

Zum prüfen von Durchmessern und Dicken von Werkstücken. Die Gutseite besitzt das zulässige Höchstmass. Sie muss durch das Eigengewicht über die Prüfstelle gleiten. Die Ausschusseite ist um die Toleranz kleiner und muss klemmen. Die Ausschusseite hat angeschrägte Prüfbacken, ist rot gekennzeichnet und mit dem unteren Grenzmass beschriftet.

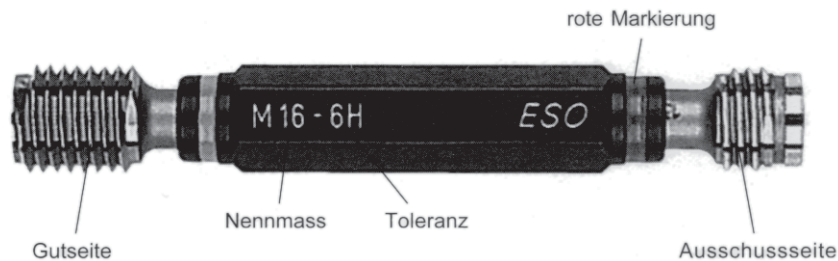


Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissem

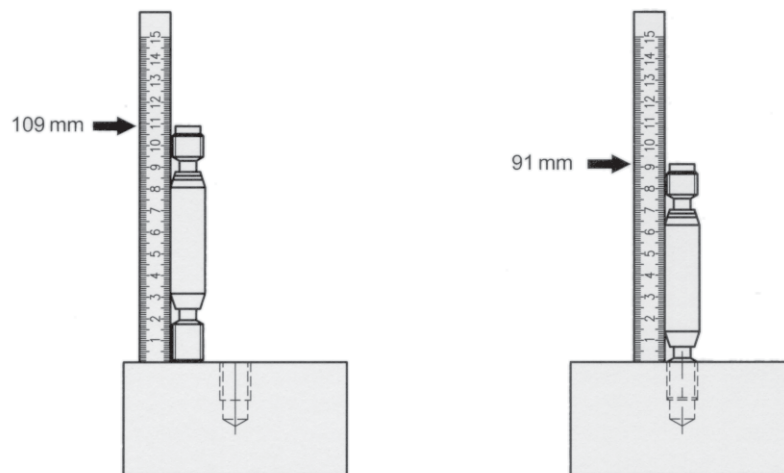
Gewinde-Grenzlehrdorne

Zum Prüfen von Innengewinden. Die Gutseite muss dabei vollständig und leicht einschraubbar sein. Die Ausschusseite darf sich nicht eindrehen lassen.

Achten Sie speziell bei Sacklöchern darauf, dass keine Späne oder sonstiger Schmutz in der Bohrung ist. Saubere Ansenkungen an den Bohrungen sind ebenfalls eine Bedingung.



Mit den Gewinde-Grenzlehrdornen können auch Gewindetiefen geprüft werden.



$$\text{Gewindetiefe} = 109 - 91 = \underline{18 \text{ mm}}$$

Gewinde-Lehrring

Sie werden zur Prüfung von Aussengewinden eingesetzt. Ob das Werkstück brauchbar ist, wird mit einem Gut- und einem Ausschussring ermittelt.

Der Gutring sollte möglichst spielfrei über das ganze Gewinde aufschraubbar sein.

Der Ausschussring darf nicht fassen.



Oberflächen

Oberflächen eines bearbeiteten Werkstückes weisen immer eine Abweichung von der geometrisch idealen Form auf. Ursachen sind z.B. Spannungen im Werkstück, Schwingungen bei der Bearbeitung (Rattern), zu hoher Vorschub und Verschleiss am Werkzeug.



Die Gesamtabweichung setzt sich aus der Formabweichung, der Welligkeit und der Rauheit zusammen.

Formabweichung:



Ursache: Durchbiegung

Welligkeit:



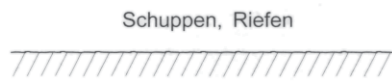
Ursache: Schwingungen

Rauheit:



Rillen

Ursache: Vorschub



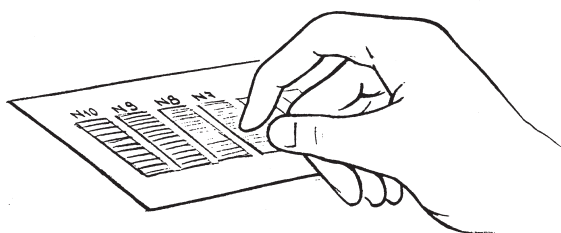
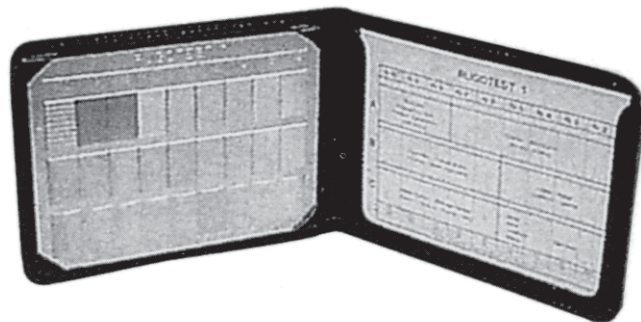
Schuppen, Riefen

Ursache: Spanbildung

Die Rauheit können Sie mit Hilfe eines Oberflächenvergleiches bestimmen. Die Bestimmung der Formabweichung und der Welligkeit werden mit Form- und Lagetoleranzen Messungen geprüft.

Oberflächenvergleich

Beim Oberflächenvergleich vergleichen Sie Ihre Oberfläche mit einem Muster. Da jedes Fertigungsverfahren eine typische Oberflächenstruktur erzeugt, sind auch entsprechende Oberflächenmuster erhältlich (Fräsen, Drehen, Feilen, Schleifen, usw.).



Durch abwechselndes Abtasten der Werkstückoberfläche und der Musteroberfläche mit dem Fingernagel können Sie die Rauheitsklasse bestimmen. Tasten Sie immer 90° (quer) zu den Fertigungsrippen ab. Die Oberfläche kann auch optisch verglichen werden. Der optische Eindruck ist aber nicht massgebend, sondern nur die Tiefe der Rillen.

Bildnachweis: Model-Lehrgang Swissmem

2. Anreissen und Körnen

Anreissen

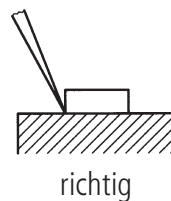
Anreissen heisst, die zur Bearbeitung notwendigen Masse auf das Werkstück zu übertragen. Die Linien, die sogenannten Risse, werden mittels der scharfen Spitze der Reissnadel in die Werkstückoberfläche eingekratzt. Angerissen werden Bohrungsmittelpunkte, auszusägende Konturen, zu feilende Radien oder sonstige Hilfslinien und Markierungen. Um die Risse besser sichtbar zu machen, können Sie die Werkstücke vor dem Anreissen mit Anreisslack bestreichen.

Anreisswerkzeuge



Anreissen von Hand

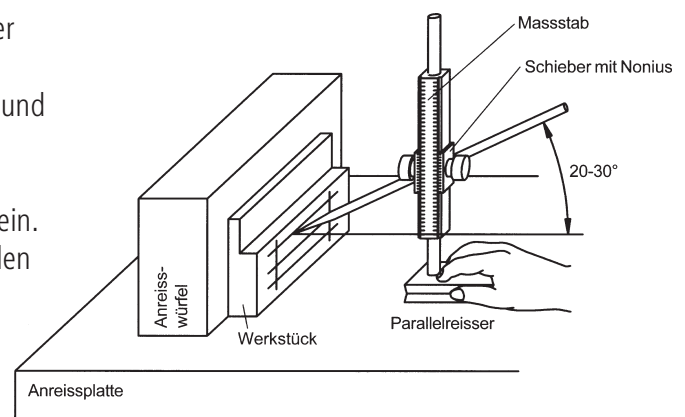
Beim Anreissen von Hand ziehen Sie die Reissnadelspitze entlang des Anschlages (Masstab, Anschlagwinkel, Universalwinkel, etc.). Reissnadelspitze auf Verschleiss prüfen.



Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmem

Parallelreisser

- Parallelhöhenreisser nullen (auf Anreissplatte oder Referenzhöhe am Werkstück).
- Anreissmass einstellen mit Hilfe des Masstabes und des Nonius.
- Anreissen durch verschieben des Parallelreissers.
- Die Risse müssen mit dem Fingernagel spürbar sein.
- Mit der Spitze der Reissnadel (bei einigen Modellen aus Hartmetall) nicht gegen feste Gegenstände stossen (Bruchgefahr).



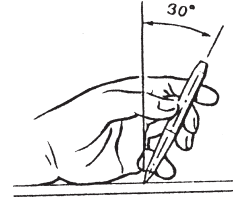
Körnen

Körner sind aus gehärtetem Werkzeugstahl hergestellt und die Spitze kann verschiedene Winkel aufweisen, je nach Verwendungszweck.

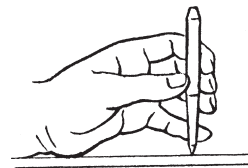


Zuerst wird immer ein Kontrollkörner gemacht. Am besten eignen sich Körner mit einem Spitzenwinkel von 60° . Diese Körnungen verwendet man als Einsteckpunkte für den Spitzzirkel und um Kontrollpunkte auf Rissen herzustellen.

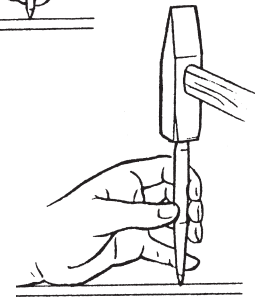
- Körnerspitze im Kreuzpunkt der Risse anstellen.



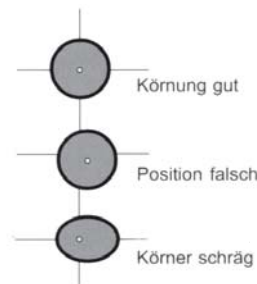
- Körner unter leichtem Druck senkrecht aufstellen, wobei sich die Spitze nicht verschieben darf.



- Körner leicht anschlagen.



- Körnung kontrollieren.
Als Hilfsmittel die Lupe verwenden (Genauigkeit).



- Wenn nötig die Position der Körnung mit leichten Schlägen auf richtige Position verschieben.



- Körner senkrecht stellen und mit einem festen Schlag fertigstellen.



- Position nochmals mit der Lupe kontrollieren.
Nochmaliges Verschieben sollte jetzt unnötig sein!

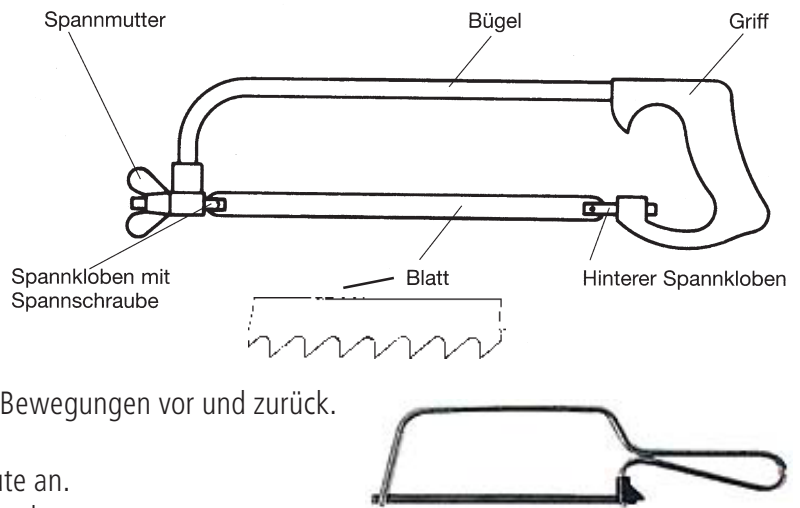
- Genauigkeiten von $\pm 0.05\text{mm}$ können problemlos erreicht werden.

3. Sägen

Das Sägen ist ein spanabhebendes Trennverfahren. Es wird zum Ablängen von Stangenmaterial oder zur Herstellung von Schlitzten an Werkstücken verwendet. Ebenfalls werden grössere Aussparungen und An-schrägungen schnell und kostengünstig abgetrennt, um anschliessend aufs Mass gefräst zu werden. So muss nicht das ganze Volumen in Späne umgewandelt werden!

Handbügelsäge

- Spannen Sie das Blatt so ein, dass die Säge beim Stossen schneidet.
- Der Anstellwinkel beim Ansägen so wählen, dass das Sägeblatt gut greift. Am Besten wählt man eine Kante und wenn möglich einen Winkel von 90° zur Fläche.
- Führen Sie die Säge ohne Druck zurück.
- Führen Sie die Säge mit gleichmässigen Bewegungen vor und zurück.
- Benützen Sie das ganze Sägeblatt.
- Streben Sie ca. 60 Doppelhübe pro Minute an.
- Sägen Sie etwa 0.3 bis 0.5mm am Riss entlang.
- Kontrollieren Sie während dem Sägen die Schnittposition um frühzeitig zu korrigieren.
- Entspannen Sie das Sägeblatt nach getaner Arbeit mit der Spannschraube.



Sägeblätter Auswahl

Sägeblätter sind mit verschiedenen Zahnteilungen erhältlich. Die Zähneanzahl pro Zoll wird dabei angegeben. Die Blätter werden in drei Gruppen eingeteilt.



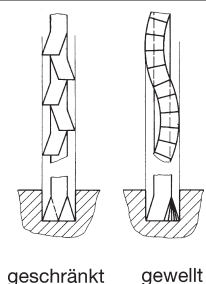
Allgemein gilt:

- Grobe Zahnteilung für weiche Werkstoffe und lange Schnittfugen.
- Feine Zahnteilung für harte Werkstoffe und kurze Schnittfugen.
- Es sollten immer mindestens drei Zähne im Eingriff sein, sonst brechen die Zähne aus und das Sägeblatt wird in kurzer Zeit unbrauchbar.

Sie können sich an folgende Regel halten:

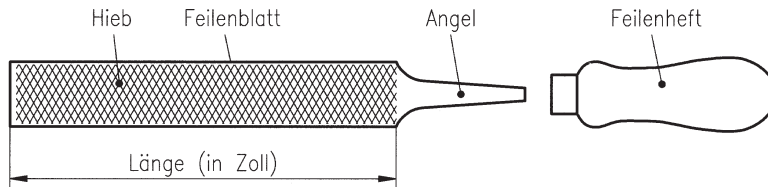
Grob für : - Aluminium / - Kupfer / - Baustahl über 40mm Schnittfugenlänge.
 Mittel für: - Stahl höherer Festigkeit / - Baustahl unter 40mm Schnittfugenlänge / - Grauguss und Messing
 Fein für: - Sphäroguss hoher Festigkeit und dünnwandige Werkstücke

Die Sägeblätter sind in zwei Ausführungen erhältlich, geschränkt und gewellt. Ein glattes Sägeblatt würde sich beim tieferen Eindringen in den Werkstoff verklemmen und heisslaufen. Um dies zu verhindern, werden die Blätter so ausgebildet, dass sie sich freischneiden und den Werkstoff nur mit einem kleinen Teil der Seitenfläche berühren.

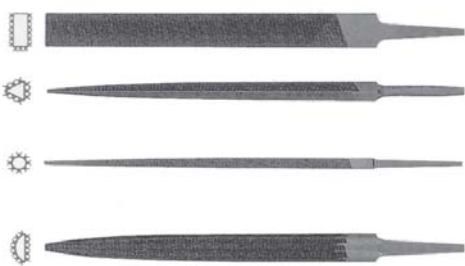


4. Feilen

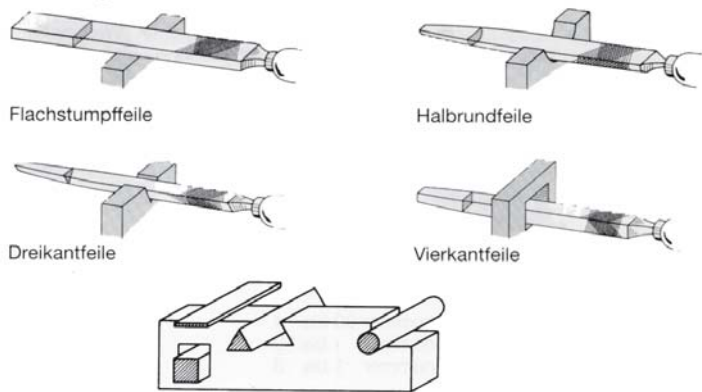
Feilen ist ein spanabhebendes Fertigungsverfahren. Die Feilen gibt es in verschiedenen Ausführungen. Im Zeitalter der CNC-Maschinen werden sie hauptsächlich benutzt um Flächen abzurichten und zum Entgraten. **Mit etwas Übung und Geschick können Genauigkeiten von +/- 0.05mm problemlos erreicht werden.** Im Maschinen-, Werkzeug-, Formen-, und Modellbau werden sie eingesetzt zur Herstellung von geraden Flächen, besonderer Formen, Einpass-, Verputz- und Entgratungsarbeiten. Auch dort wo sich der Einsatz von Werkzeugmaschinen nicht lohnt, oder nicht möglich ist.



Die Feilen werden nach ihrem Querschnitt und ihrer Form benannt. Ein kleiner Überblick über die gängigsten Typen.



- Flachstumpffeile : Feilen von Flächen und Entgraten
- Dreikantfeile : Feilen von Flächen und Ecken
- Rundfeile . Feilen von Innenradien und Bohrungen auffeilen
- Halbrundfeile : Feilen von Innenradien und Entgraten



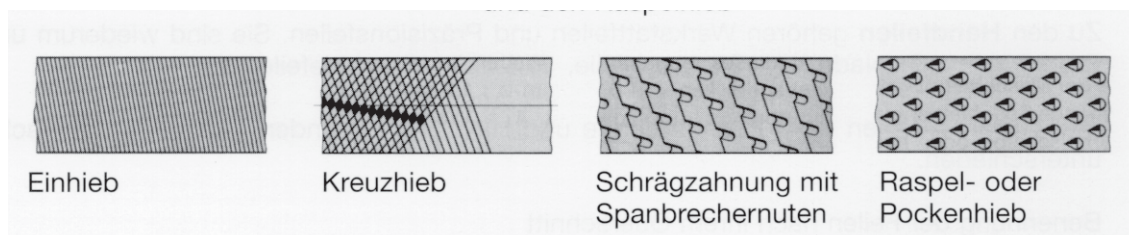
Die Feilenform und Grösse muss passend der Werkstückform gewählt werden.

Hiebarten

Einhiebsfeilen werden zur Bearbeitung von weichen Werkstoffen eingesetzt (Aluminium, Zinn, Zink, Blei, Magnesium).

Kreuzhiebsfeilen eignen sich zur Bearbeitung härterer Werkstoffen (Stahl, Grauguss, Messing, Titan, Kunststoffe).

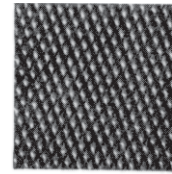
Raspelhiebfeilen kommen zur Anwendung bei Holz, Leder, Gummi, Kork, Kunststoffen und Stein.



Auswahlregel nach dem Hieb

Schruppfeile 8 bis 15 Zähne pro cm.

Die Feilen werden zum Schruppen, das heisst um innert kurzer Zeit möglichst viel Material abtragen, eingesetzt. Je grösser die zu bearbeitende Fläche umso grösser muss der Druck auf die Feile sein. Die Materialien sollten nicht zu hart sein.

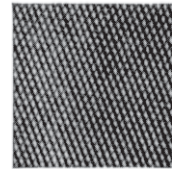


Halbschlichtfeile 15 bis 25 Zähne pro cm

Um härtere Materialien zu bearbeiten und einen Kompromiss zwischen Abtragleistung und Oberflächengüte zu erzielen.

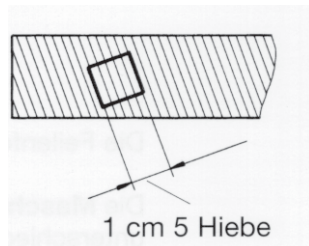
Auch geeignet um Entgrat- und Verputzarbeiten auszuführen.

Sehr universell einsetzbar.



Schlichtfeile 30 bis 80 Zähne pro cm

Beim Schlichten steht das Einhalten von Ebenheit, Oberflächengüte und von Massen im Vordergrund. Kommen erst zum Einsatz um den letzten 1/10mm abzutragen.



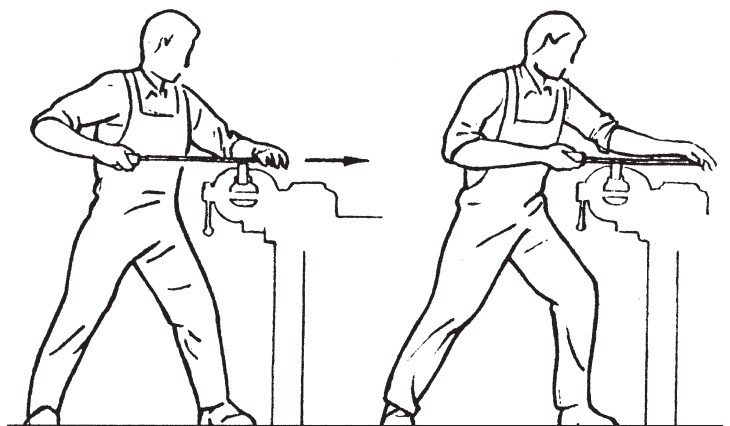
Die Hiebzahl bei Feilen wird in Hiebe pro cm angegeben.

Beim Feilen wird das Werkstück in einen Schraubstock eingespannt. Backen des Schraubstockes immer reinigen, um Eindrücke und Verletzungen der Werkstückoberflächen zu vermeiden. Es können auch weiche Backen eingesetzt werden (Aluminium oder Kunststoff). Das Werkstück möglichst kurz einspannen, damit keine Hebelwirkung entsteht.

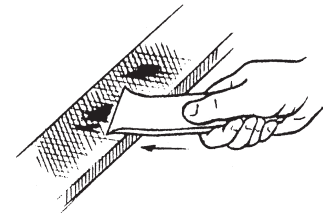
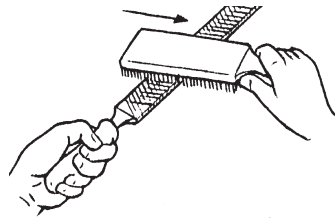
Den Schraubstock auf die richtige Höhe stellen (ausprobieren).

Beim Schruppen feilen Sie mit dem Einsatz ihres ganzen Körpergewichtes. Beim Stossen (wie beim Sägen) Schnittdruck auf die Feile geben und entlasten beim Zurückführen. Mit möglichst gleichmässigen Bewegungen die ganze Fläche überfeilen. Mit der Schruppfeile auf ca. 0.5 - 0.3mm ans Endmass feilen. Regelmässig Winkel und Ebenheit der Fläche prüfen und wenn nötig korrigieren. **Die Stellen wo kein Material mehr abgetragen werden darf, können mit einem Filzstift markiert werden, so hat man eine optische Kontrolle, die sehr hilfreich ist.**

Kommt die Halbschlichtfeile zu Einsatz, führen Sie die Bewegungen nur noch aus den Armen aus. Auch hier Winkel und Fläche immer kontrollieren. Je nach Oberflächengüte kann das Werkstück fertig bearbeitet werden und die Schlichtfeile muss nicht eingesetzt werden.



Während dem Feilen können die Zahnlücken durch Späne verstopft werden. Die Feile schneidet schlecht und die verklemmten Späne können in der Oberfläche Kratzer und Riefen verursachen. Reinigen Sie die Feile mit einer Feilenbürste oder mit einem Feilenschaber aus Messing (ein scharfkantiges Messingblech von 3mm Dicke, 15mm Breite und einer Länge von 200mm).



Feilenstriche (Muster)

Als Feilenstrich bezeichnet man die Richtung mit der die Feile über das Werkstück geführt wird. Ist auf der Zeichnung keine Oberflächentextur vorgeschrieben, so können Sie den Strich selber wählen.

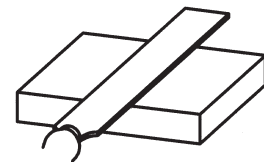
Längsstrich

Die Feile wird parallel zur langen Kante der Fläche geführt. Der Längsstrich wird hauptsächlich zum Schlichten von langen, schmalen Flächen angewendet.



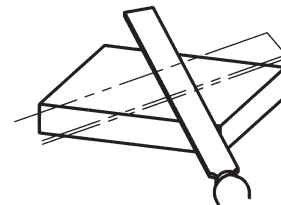
Querstrich

Die Feile wird rechtwinklig zur langen Kante der Fläche geführt. Wird hauptsächlich zum Schruppen angewendet.



Kreuzstrich

Der Kreuzstrich wird beim Schlichten angewendet. Durch die diagonal wechselnde Feilrichtung ist die Ebenheit einfacher als mit den anderen Strichen erreichbar. Die auf dem Werkstück entstehenden Schattierungen lassen grössere Unebenheiten von Auge erkennen.



Die Sauerstoff-Acetylen Anlage zum Schweißen und Hartlöten.

Grundlagen

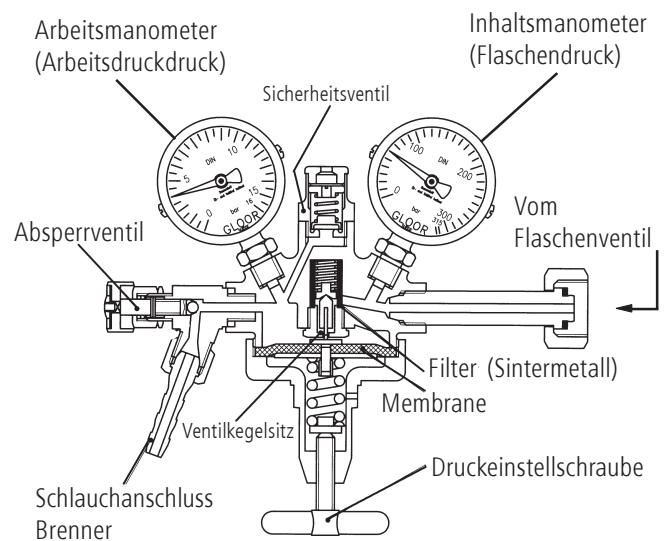
Diese Anlagen werden hauptsächlich zum Schweißen (Autogenschweißen), Hartlöten, Flammschneiden und Warmbiegen eingesetzt. Der Brenner wird mit einem Sauerstoff-Acetylenmischgas gespeist. Mit diesem Gemisch werden Temperaturen von ca. 3200°C erreicht. Die Anlage besteht aus zwei Flaschen, eine mit komprimiertem Sauerstoff (200 bar) gefüllt und eine mit dem Brenngas Acetylen. **Die Gasflaschen müssen immer gegen das Umfallen gesichert sein. Ebenso müssen sie vor Wärme (Sonne und Feuer) geschützt werden.** Da Acetylen bei bereits bei einem Druck von 2 bar explodiert sind die Acetylenflaschen mit einer fein porösen Masse gefüllt. In diese poröse Masse wird nun Aceton gefüllt, das die Eigenschaft besitzt, unter Druck eine grosse Menge Acetylen zu lösen und bei abnehmendem Druck wieder frei zu geben. 1 Liter Aceton löst bei 15°C je bar Drucksteigerung 25 Liter Acetylen. Eine volle Acetylen-gasflasche mit 40 Liter Rauminhalt, 18 bar Fülldruck und 13 Liter Acetonfüllung enthält somit $13 \cdot 25 \text{ l/bar} \cdot 18 \text{ bar} = 5850 \text{ Liter Acetylen-gas}$. Da das Acetylen-gas im Aceton gelöst ist, entsteht ein Aceton-Acetylen-gemisch in flüssiger Form, das nicht mehr explosiv ist. So können grosse Mengen Acetylen in einer einzigen Gasflasche (ohne grosse Gefahr) gespeichert werden. **Einzig der Arbeitsdruck (das Acetylen ist nun wieder gasförmig) darf 1.5 bar nicht übersteigen.**



Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmem

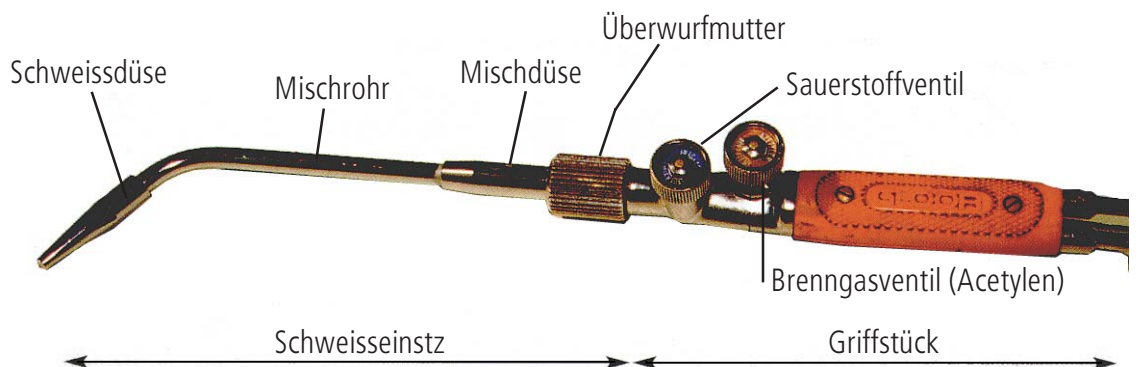
Druckreduzierventile

Sie dienen dem Einstellen des gewünschten Arbeitsdruckes der Gase am Brenner. Das Inhaltsmanometer zeigt den Flaschendruck, das Arbeitsmanometer den Arbeitsdruck an. Mit der Druckeinstellschraube wird über eine Membrane der Arbeitsdruck, je nach Brenner verschieden, eingestellt. Sauerstoffflaschen und Ventile sind frei von Öl und Fett zu halten, da Sauerstoff mit Öl und Fett explosionsartig reagiert.



Schweissbrenner

Mit dem Schweissbrenner kann die Flamme eingestellt werden (Schweißen oder Löten). Der auswechselbare Schweisseinsatz besteht aus Mischdüse, Mischrohr und Schweissdüse und wird mit einer Überwurfmutter am Griffstück befestigt. Je nach Grösse der Lötteile wird die entsprechende Schweisseinsatz montiert. Es stehen sechs Schweisseinsätze zur Auswahl.

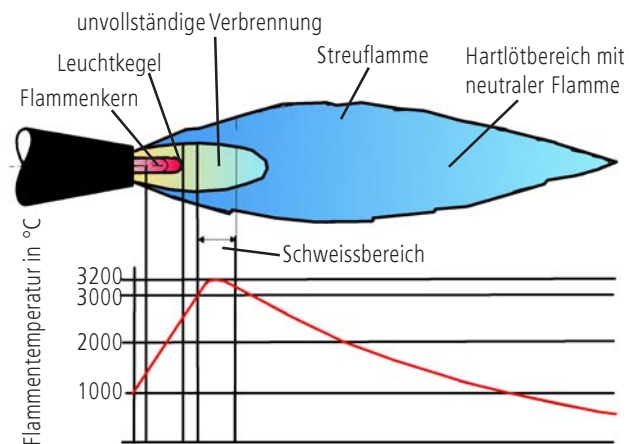


Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmem

Je nach Grösse des Scheweisseinsatzes muss am Druckreduzierventil der Sauerstoffdruck eingestellt werden. Mit 1 bar Sauerstoffarbeitsdruck können die mittleren Brenner (Scheweisseinsatzes) betrieben werden. Bei den meisten Einsatzes ist der einzustellende Sauerstoffarbeitsdruck eingraviert.

Inbetriebnahme der Anlage

- Dem Lötteil angepasste Brennergrösse montieren.
- Flaschenventile öffnen. Zuerst den Sauerstoff und danach das Brenngas (Acetylen).
- Einstellen des Sauerstoffarbeitsdrucks. Absperrventil öffnen und mit der Druckeinstellschraube 1 bar oder den auf dem Brenner angegebenen Wert einstellen.
- Einstellen des Acetylenarbeitsdrucks. Absperrventil öffnen und mit der Druckeinstellschraube 0.3 bis 0.4 bar einstellen (auf keinen Fall über 0.7 bar).
- Nun zuerst das Brenner-Sauerstoffventil öffnen, danach das Acetylenventil.
- Brenner zünden mit Pilotflamme oder Piezozünder, nicht mit einem Feuerzeug (risikoreich).
- Mit den beiden Ventilen am Brenner, gewünschte Flamme einstellen.



Normale Schweissflamme mit Temperaturverteilung

Ausserbetriebsetzen der Anlage

- Sauerstoffventil am Brenner ganz öffnen.
- Acetylenventil am Brenner schliessen und warten bis die Flamme erlischt.
- Sauerstoffventil am Brenner schliessen.
- Beide Gasflaschenventile schliessen.
- Acetylenventil am Brenner öffnen und warten bis beide Manometer Null anzeigen. Acetylenventil schliessen.
- Sauerstoffventil am Brenner öffnen, wenn beide Manometer Null anzeigen, Sauerstoffventil schliessen.
- Druckeinstellschraube beim Acetylen- und Sauerstoff- Druckreduzierventil lösen.
- Absperrventil beim Acetylen- und Sauerstoff- Druckreduzierventil schliessen.
- Arbeitsplatz reinigen.

Arbeitsregeln

- Gasflaschen müssen immer gegen Umfallen gesichert sein.
- Nicht angeschlossene Gasflaschen mit Ventilschutzkappe versehen. Ebenso für den Transport.
- Gasschläuche müssen in einwandfreiem Zustand sein. Vor Inbetriebnahme kontrollieren.
- Brennbare Materialien aus dem Gefahrenbereich entfernen.
- Brenner bei Nichtgebrauch in den Brennstandler legen oder noch besser gleich abschalten.
- Brenneinsatzes und Armaturen nie einfetten oder ölen.
- Bei Schweiss- und Lötarbeiten eine Schutzbrille tragen.
- Entsprechende Kleidung tragen.

Hartlöten

Grundlagen

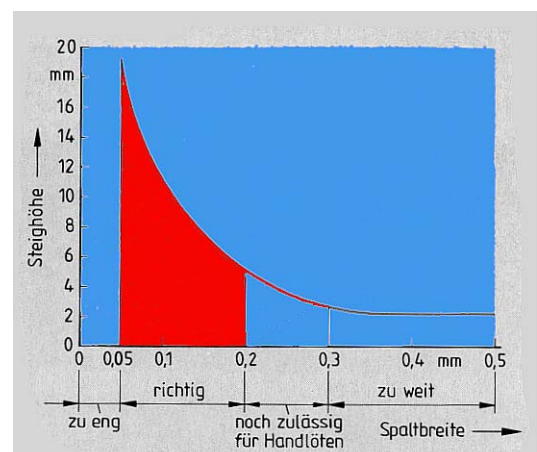
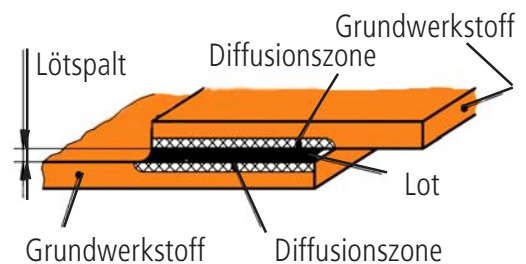
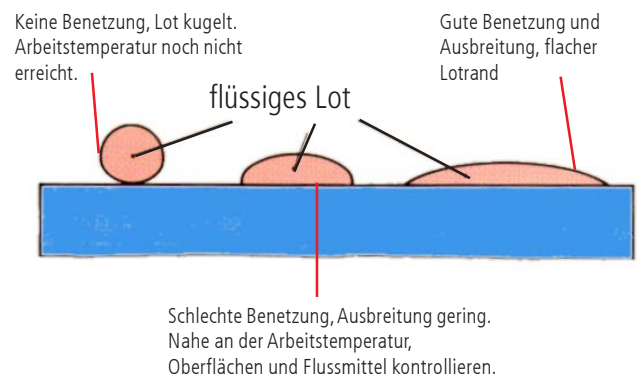
Von Hartlöten spricht man, wenn die Arbeitstemperatur über 450°C liegt. Bei Löttemperaturen darunter spricht man von Weichlöten. Bei beiden Verfahren wird mit Hilfe eines Zusatzmetalles (Lot) ein stoffschlüssiges Fügen von Werkstoffen erreicht. Hartlöten hat den grossen Vorteil (gegenüber dem Schweiessen), dass unterschiedliche Metalle hochfest miteinander verbunden werden können. Gut hartlötbar sind Stahl und Stahlegierungen, Nickel und Nickellegierungen und Buntmetalle und seine Legierungen mit- und untereinander. Eisen-Gusswerkstoffe eignen sich weniger gut (nur mit speziellen Loten). **Leichtmetalle können nur untereinander hartgelötet werden.** Bei Hartlöten von Leichtmetallen liegt die Arbeitstemperatur etwa 50°C unter der Schmelztemperatur vom Aluminium. Es ist also Vorsicht und etwas Übung angesagt.

Hartlöten kann man mit Flussmittel, unter Schutzgas oder im Vakuum. Alle drei Verfahren haben das gleiche Ziel, den Sauerstoff von dem Lötgut fern zu halten.

Voraussetzung für eine gute Lötverbindung ist, dass das flüssige Lot den Grundwerkstoff benetzt. Bei einer guten Benetzung kommt es zu einer raschen Ausbreitung des flüssigen Lotes auf der Werkstückoberfläche. Da die Lotzusammensetzung legierungsfreundlich ist, diffundiert es in den Grundwerkstoff ein und bildet eine Legierung. Der Lötspalt soll 0.05 mm bis 0.2 mm breit sein, um eine gute Kapillarwirkung zu bekommen. Die Oberflächen des Grundwerkstoffes sollten fettfrei und metallisch blank sein. Dünne Oxidhäute werden vom Flussmittel beseitigt. Flussmittel sind Lösungsmittel für Metalloxide. Flussmittel und Lot sind eine Einheit und auf die jeweilige Löttemperatur abgestimmt.

Lote und die dazugehörigen Flussmittel sind für verschiedene Temperaturbereiche erhältlich (450°C bis 1000°C). Müssen mehrere Teile zusammengelötet werden (Lötstellen nahe beieinander), wird mit einem Lot mit einer hohen Arbeitstemperatur (z.B. 900°C) begonnen. Bei der zweiten Lötstelle wird ein Lot mit 810°C eingesetzt. Bei der Dritten eins von 750°C. So kann man Hartlote bis 600°C, mit einer hohen Festigkeit einsetzen.

Flussmittel werden eingesetzt um während dem Lötvorgang eine erneute Oxidation der Oberflächen zu verhindern. Die pastenförmigen Flussmittel sind säurehaltig und ätzend. Sie reduzieren zusätzlich die Oberflächenspannung bei dem Lötteilen. Nach dem Löten müssen die Überreste gut entfernt werden, um eine nachträgliche Oxidation zu vermeiden.



Vorgehen beim Hartlöten

- Werkstücke gut reinigen und Lötspalt einhalten.
- Lötteile gut fixieren, sie sollten die Position während dem Lötvorgang (bis 1000°C) beibehalten.
- Arbeitsplatz so einrichten, dass während dem Lötvorgang nur die Lötteile erhitzt werden. Schamotsteine und spezielle Klemmbrieden einsetzen.
- Die zu lötenden Werkstücke mit Flussmittel einstreichen. Ist das Flussmittel in Pulverform vorhanden, mit destilliertem Wasser zu einem pastösen Brei anrühren.
- Brenner in Betrieb nehmen. Die Flamme neutral und weich einstellen.
- Lötgut langsam erwärmen. Das im Flussmittel enthaltene Wasser darf nicht zu schnell verdampfen.
- Lötgut gleichmässig erwärmen. Dabei die Flamme nicht direkt auf Flussmittel und Lötstelle richten. Brenner immer leicht bewegen, damit die Flamme nicht zulange an der gleichen Stelle verweilt. Meistens besteht die Möglichkeit die Wärme indirekt an die Lötstelle zu bringen. Wie man weiss, sind die meisten Metalle ja gute Wärmeleiter, ausser rostfreier Stahl.
- Kurz vor Erreichen der Löttemperatur wird das Flussmittel dünnflüssig und transparent (wie Wasser). Durch die ätzende Wirkung des Flussmittels wird das blanke Metall gut sichtbar.
- Jetzt das Lot in der gewünschten Menge zuführen und verfließen lassen. Dabei die Brennerflamme immer bewegen.
- Die Lötstelle sollte glänzend sein. Wird sie matt, wurde die Löttemperatur überschritten.
- Lot erstarren lassen und Teile mit Wasser schnell abkühlen. Dadurch wird das Flussmittel abgesprengt (unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten). Werden die Teile an Luft abgekühlt, bilden die meisten Flussmittel eine gut haftende Glasur. Diese kann mit Einlegen in Wasser (ca. 20 Minuten) aufgelöst werden.
- Werkstücke mit Bürste, Scotch-Brite oder Schleiftuch reinigen. Nach der Grobreinigung kann das Lötteil noch Kugelgestrahlt werde.



Arbeitsplatz einrichten und Lotteile fixieren (Schamottestein / Brieden). Flussmittel auftragen.



Teile langsam und gleichmässig erwärmen, um das Wasser im Flussmittel zu verdampfen.



Wenn das Wasser verdampft ist, bildet sich eine weisse Glasur die gut haftet.



Teile gleichmässig erwärmen.
Meistens besteht die Möglichkeit die
Wärme indirekt zuzuführen.



Wird das Flussmittel transparent
wie Wasser, ist man kurz vor der
Löttemperatur.



Lot in der gewünschten
Menge zuführen.



Lot gut verlaufen lassen.



Nach dem Erstarren des Lotes, das
noch heisse Teil mit Wasser
abschrecken und reinigen.

Endprodukt nach der Grobreinigung.
Nun kann das Teil noch kugel-
gestrahlt oder Trovalisiert werden.



Arbeitsregeln

- Teile gut vorbereiten und fixieren.
- Entsprechendes Lot und Flussmittel wählen.
- Schutzbrille und entsprechende Kleidung tragen.
- Vorsicht, die Breden und Schamotsteine können heiss sein.
- Flussmittelreste gut entfernen (Werkstück und Arbeitsplatz).
- Sauerstoff-Acetylenanlage richtig abstellen.

