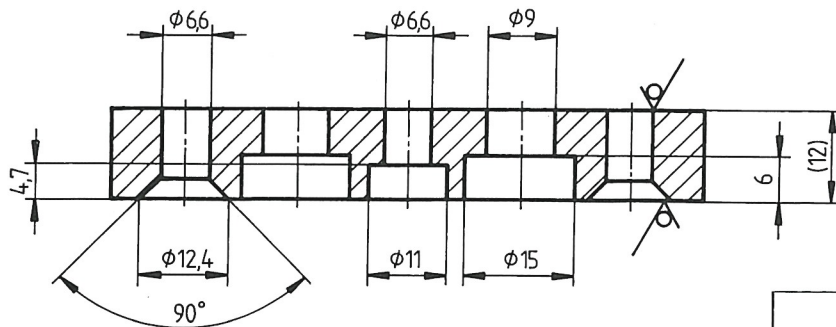
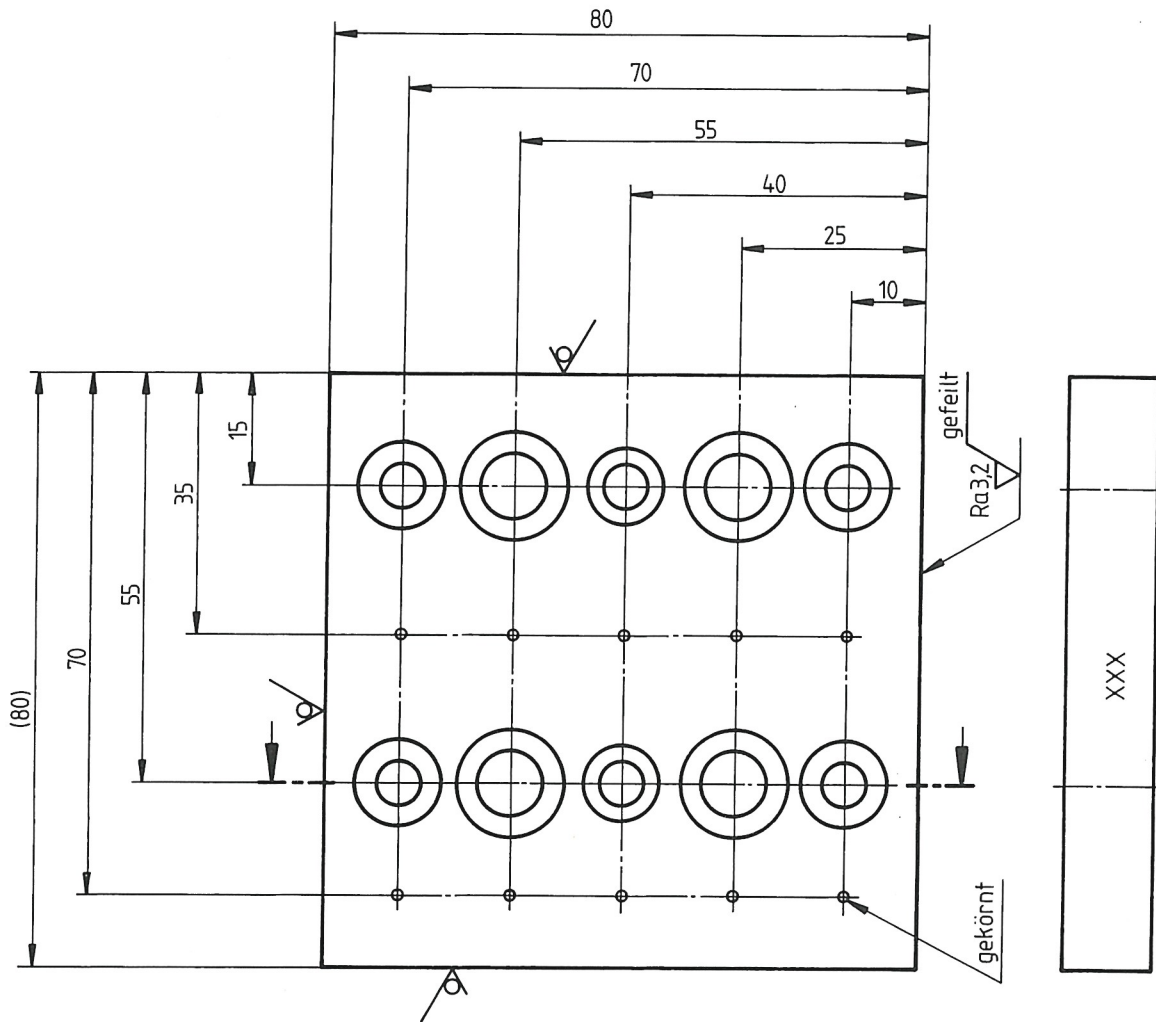


Ra 3,2 ( Ra 3,2 gefeilt )



xxx = Kennummer

Nennmaß Tol.-Klasse	Abmaße

		Allgemein-toleranzen ISO 2768 - m		Maßstab 1 : 1	
				Halbzeug - Werkstoff Flach DIN 174 - 80 x 12 x 81 - S235JRG1	
		Datum	Name	Benennung  <b>Bohrplatte</b>	
		Bearb. 25.10.95	Günther		
		Gepr. 27.10.95	Denzin		
		Norm		Zeichnungs-Nr. <b>HM 080001</b>	
		<b>BIBB</b>		Blatt 1	
				von 1	
Zust.	Anderung	Datum	Name		

### Arbeitsstufen

1. Entgraten und Rohmaße kontrollieren.
2. Eine gesägte Fläche feilen (Bezugsebene).
3. Anreißen und körnen.
4. Bohrmaschine rüsten.
5. Werkstück nach Zeichnung bohren und senken.
6. Bohrungen und Senkungen entgraten.
7. Bohrungsabstände, Senktiefe und Senkungsdurchmesser zur Kontrolle messen.
8. Kennnummer einschlagen.

### Hinweise

Alle Bohrwerkzeuge sind so zu spannen, daß sie im Grund des Bohrfutters anliegen. Die Werkzeuge müssen vollkommen rund laufen.

Beim Spannen des Werkstücks darf zwischen den Spannflächen und auch zwischen den Auflageflächen kein Schmutz sein.

Die richtige Umdrehungsfrequenz der Bohrspindel ist wichtig für ein gutes Arbeitsergebnis.

Beim Anbohren muß die Körnung von der Bohrerspitze genau erfaßt werden. Der Bohrer darf nicht verlaufen.

Vor dem Durchtreten der Bohrerspitze an der Unterseite des Werkstücks ist die Vorschubkraft zu verringern, damit der Bohrer nicht hakt.

Eine Schnittgeschwindigkeit von etwa 5 m/min ist für das Senken angemessen.

Alle Bohrungen und Senkungen sind zu entgraten.

Die Bohrmaschine wird grundsätzlich nur dann ein- oder ausgeschaltet, wenn sich das Bohrwerkzeug nicht in der Bohrung befindet.

### Arbeitsmittel

- 1 Anreißzeug
- 2 Meßschieber, Tiefenmeßschieber
- 3 Werkstattfeilen
- 4 Spiralbohrer  $\varnothing$  6,6 und  $\varnothing$  9,0 mm
- 5 Kegelsenker 90°
- 6 Flachsenker 11 x 6,6 mm und 15 x 9 mm
- 7 Maschinenschraubstock mit Parallelstücken
- 8 Pinsel oder Handbesen, Spanhaken
- 9 Schonhammer
- 10 Schlagstempel, Ziffern 3 mm

### Arbeitssicherheit / Umweltschutz

***Abgenommene Schutzvorrichtungen müssen vor Inbetriebnahme der Bohrmaschine wieder angebracht sein.***

***Die sich drehende Bohrspindel stellt eine nicht zu unterschätzende Gefahrenquelle dar.***

***Lose Kleidungsstücke, langes Haar und auch Hals- und Armbänder können sehr leicht von ihr erfaßt werden. Schützen Sie sich deshalb durch eng anliegende Kleidung, tragen Sie eine Kappe, Haarnetz oder Kopftuch und verzichten Sie während der Arbeit auf das Tragen von Schmuck.***

***Sichern Sie nicht nur das Werkstück, sondern auch den Schraubstock gegen Herumschlagen.***

***Halten Sie die Bohrspäne kurz und verwenden Sie zu ihrer Entfernung einen Spanhaken, Pinsel oder Handbesen.***

***Führen Sie den Kühlschmierstoff so zu, daß er nicht verspritzt wird.***

***Die eingeschaltete Bohrmaschine dürfen Sie nie verlassen und melden Sie unbedingt jede Unregelmäßigkeit an der Maschine Ihrem Ausbilder.***

## Lernziele

Handfertigkeiten Metallbearbeitung  
Übung 8

---

### Zu übende Fertigkeiten

Durchgangsbohrungen bohren, kegelig und zylindrisch senken sowie entgraten.

### Lernziele

Wenn Sie diese Übung durchgearbeitet haben, können Sie ...

- die Grenzabmaße für allgemein tolerierte Maße ermitteln,
- einzelne Teile des Spiralbohrers benennen,
- die Verwendungszwecke von Kegel- und Flachsenkern nennen,
- die richtigen Schnittgeschwindigkeiten für das Bohren und Senken ermitteln und an der Bohrmaschine einstellen,
- Bohrwerkzeuge mit Zylinderschaft im Bohrfutter spannen,
- das Werkstück zum Bohren und Senken fachgerecht ausrichten und spannen,
- Durchgangsbohrungen bohren sowie kegelige und zylindrische Senkungen fertigen,
- Bohrungsdurchmesser, Senktiefen und Bohrungsabstände messen,
- Fehler beim Senken erkennen und erklären,
- Sicherheitsregeln beim Arbeiten an der Bohrmaschine nennen und einhalten.

### Der Spiralbohrer

Zur Fertigung von Bohrungen mit rundem Querschnitt werden Spiralbohrer verwendet. Sie sind doppelschneidige Werkzeuge.

An ihnen werden unterschieden:

die Bohrerspitze, der Schneidteil, der Spannschaft, die Spannuten und die Fasen (Bild 1).

Die im zylindrischen Schneidteil vorhandenen Spannuten geben dem Bohrer seine Bezeichnung. Obwohl diese Nuten nicht spiralförmig, sondern wendelförmig verlaufen, wird in der Norm und auch in dieser Übungsreihe die traditionelle Bezeichnung "Spiralbohrer" verwendet.

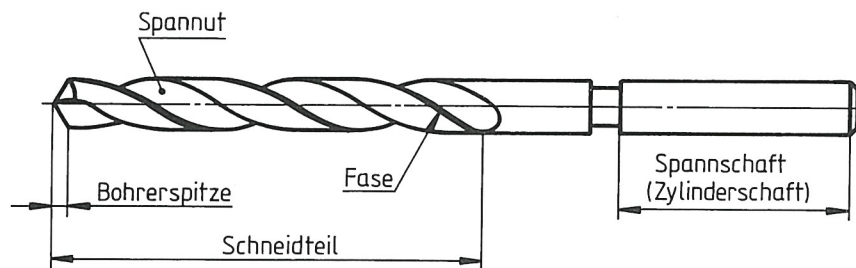
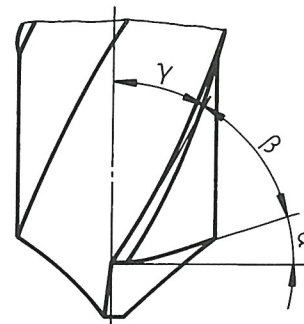


Bild 1 Spiralbohrer mit Zylinderschaft

Die Bohrerspitze hat einen kegelförmigen Anschlag. Am Auslauf der Spannuten entstehen die beiden Schneidkeile. Auch an diesen Schneidkeilen sind der Keilwinkel  $\beta$ , der Spanwinkel  $\gamma$  und der Freiwinkel  $\alpha$  vorhanden. Sie sind aber nicht so einfach zu erkennen wie am Meißel (Bild 2).



Die beiden Hauptschnitten der Schneidkeile schließen den Spitzenwinkel  $\sigma$  (sprich: Sigma) des Bohrers ein.

Durch den Hinterschliff der Hauptschnitten wird der Freiwinkel  $\alpha$  erzielt.

Bild 2 Winkel am Schneidkeil des Spiralbohrers

Im Bereich des Bohrerkerne entsteht durch den Anschlag eine Querschneide.

Der Schneidteil ist am Umfang bis auf zwei Führungsfasen nachgearbeitet, um die Reibung beim Bohrvorgang zu vermindern. Nur diese beiden Fasen haben das Maß des Bohrerdurchmessers und geben dem Bohrer eine einwandfreie Führung in der Bohrung (Bild 3).

Der zylindrische Schaft des Bohrers dient zur Aufnahme des Bohrers im Bohrfutter. Auf ihm ist auch die Größe des Bohrers gekennzeichnet.

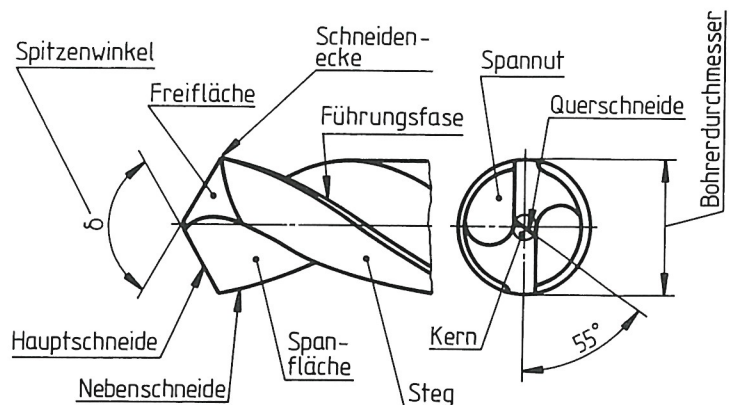


Bild 3 Bezeichnungen am Spiralbohrer

### Der Flachsenker

Mit dem Flachsenker werden an vorgefertigten Bohrungen zylindrische Senkungen für Schrauben oder andere ebene Anlageflächen hergestellt.

Der Flachsenker ist ein mehrschneidiges Werkzeug und schneidet nur mit der Stirnseite seines Schneidteils. Damit die Senkung zur Bohrung nicht versetzt gebohrt wird, ist der Flachsenker mit einem Führungszapfen ausgestattet (Bild 4). Dieser Führungszapfen ist entweder fest am Senker oder bei universell anwendbaren Flachsenkern auswechselbar.

Der Durchmesser des Führungszapfens richtet sich nach der Größe der zu senkenden Bohrung. Er soll ein Spiel von etwa 0,1 bis 0,2 mm haben.

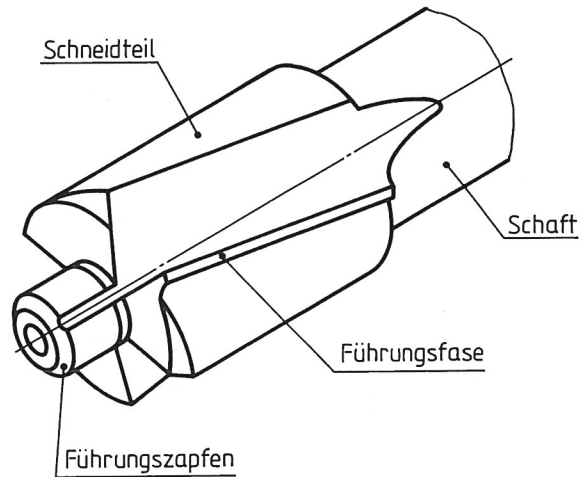


Bild 4 Flachsenker

### Der Kegelsenker

Auch der Kegelsenker gehört zu den mehrschneidigen Werkzeugen. Sein Schneidteil ist kegelförmig, so daß mit ihm kegelige Vertiefungen an Bohrungen gesenkt werden können.

Es gibt Kegelsenker mit verschiedenen Spitzenwinkeln. Für Senkungen zur Aufnahme von Senkschraubenköpfen und zum Entgraten von Bohrungen muß der Spitzenwinkel  $90^\circ$  betragen (Bild 5).

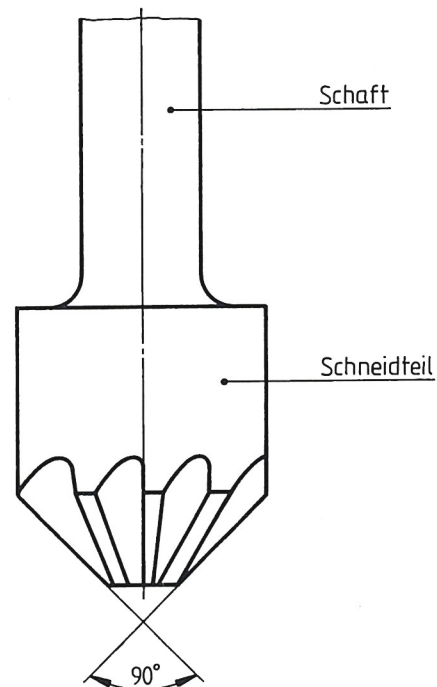


Bild 5 Kegelsenker

### Körnen zum Bohren

Beim Bohren hat die Körnung eine wichtige Funktion. Durch sie erhält der Bohrer zum Anbohren die erste Führung (Bild 6).

Deshalb muß die Körnung größer als beim normalen Anreißen sein und genau auf dem Kreuzungspunkt der Anreißlinien liegen. Eine nicht genau sitzende Körnung kann durch schräges Nachschlagen korrigiert werden. Die korrigierte Körnung muß aber senkrecht nachgeschlagen werden, weil sonst die kegelförmige Vertiefung der Körnung nicht auf der Mitte liegt und der Bohrer dadurch verläuft.

Durch kräftiges Nachkörnen wird die kegelförmige Vertiefung der Körnung vergrößert. Dies erfolgt mit mehreren Hammerschlägen, wobei der Körner jeweils um ein Stück gedreht wird. So gleichen sich mögliche Fehler durch eine unrund geschliffene Körnerspitze aus. Die vergrößerte Körnung wird dadurch immer rund.

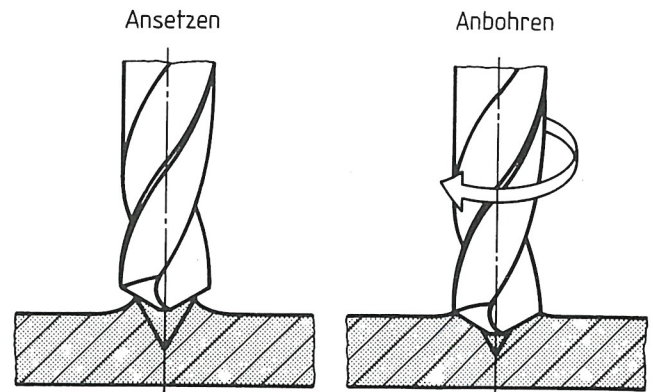


Bild 6 Führen des Bohrers durch die Körnung

### Spannen des Werkstücks

Zum Bohren und Senken wird das Werkstück an seinen parallelen Flächen in einen Maschinenschraubstock gespannt. Es ist wichtig, daß beim Durchbohren der Spiralbohrer frei schneidet und nirgends hineinbohrt. Deswegen wird das Werkstück bei Schraubstöcken ohne Stufenbacken auf Parallelstücke gespannt.

Das Werkstück muß sicher und voll auf den Parallelstücken aufliegen. Dies wird durch Schläge mit einem Schonhammer erreicht (Bild 7). Die Parallelstücke dürfen sich nach dem Spannen nicht mehr bewegen lassen. Ein einwandfrei entgratetes Werkstück und saubere, spanfreie Auflagen sind die Voraussetzung dafür.

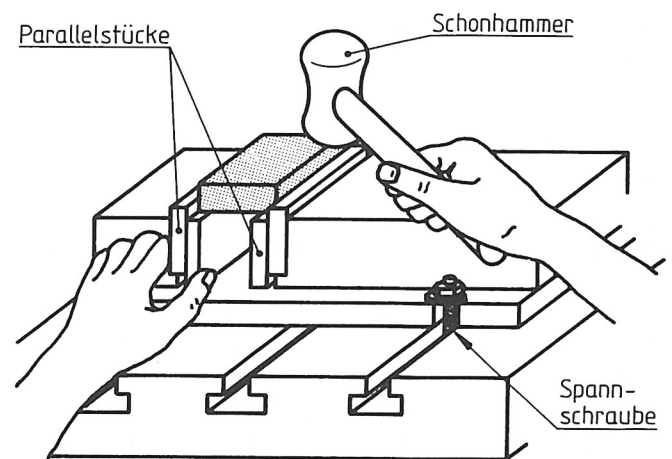


Bild 7 Spannen mit Parallelstücken

### Spannen der Bohrwerkzeuge mit Zylinderschaft

Bohrwerkzeuge mit Zylinderschaft werden in einem dreibackigen Bohrfutter gespannt, das in der Spindel der Bohrmaschine befestigt ist.

Das Spannen erfolgt je nach Ausführung des Bohrfutters entweder mit der Hand oder über einen Zahnkranz mit einem Spannschlüssel.

Die drei in einer Mantelhülse gleitenden Spannbacken halten den Schaft des Werkzeugs fest.

Es ist darauf zu achten, daß der Schaft stets im Grund des Bohrfutters anliegt. Andernfalls schiebt sich das Werkzeug durch die Vorschubkraft in das Futter hinein.

Nach dem Einspannen muß das Werkzeug auf Rundlauf überprüft werden. Ein beschädigter oder verschmutzter Schaft ist der häufigste Grund für nicht einwandfreien Rundlauf (Bild 8).

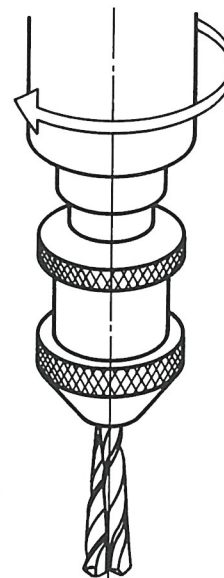


Bild 8 Unrund laufender Bohrer

## Bestimmung der Umdrehungsfrequenz

### Umdrehungsfrequenz der Bohrspindel

Für jedes spanabhebende Fertigungsverfahren gibt es eine Schnittgeschwindigkeit, bei der das Werkzeug den Werkstoff am günstigsten zerspant. Diese günstige Schnittgeschwindigkeit wird im wesentlichen durch den Werkstoff des Werkstücks und der Werkzeugschneide bestimmt.

Für Bohrarbeiten in Stahl wird eine Schnittgeschwindigkeit von  $v = 25 \text{ m/min}$  zugrunde gelegt. Da aber an Bohrmaschinen keine Schnittgeschwindigkeit sondern nur eine Umdrehungsfrequenz eingestellt wird, muß die Umdrehungsfrequenz aus der Schnittgeschwindigkeit und dem Bohrerdurchmesser errechnet werden.

Dies geschieht nach der folgenden Formel für die Umdrehungsfrequenz:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{d \cdot \pi}$$

In dieser Formel ist  $n$  die Umdrehungsfrequenz (1/min),  $v$  die Schnittgeschwindigkeit (m/min) und  $d$  der Bohrerdurchmesser (mm).

Der Faktor 1000 hat die Einheit mm/m.

Er ist erforderlich, um die Schnittgeschwindigkeit  $v$  von der Einheit m/min in mm/min umzuwandeln. Dies ist nötig, weil der Bohrerdurchmesser  $d$  in mm angegeben wird und sonst die Gleichung nicht stimmen würde.

Beispiel:

Der Bohrerdurchmesser beträgt 9 mm und die Schnittgeschwindigkeit soll 25 m/min sein. Welche Umdrehungsfrequenz muß zum Bohren eingestellt werden?

Lösung:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{d \cdot \pi}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{9 \cdot 3,14}$$

$$n = 884,6$$

Die ermittelte Umdrehungsfrequenz kann aber meist nicht genau eingestellt werden, weil jede Maschine nur bestimmte feste Umdrehungsfrequenzen zur Auswahl hat. Es sind dann immer die nächst kleinere, mögliche Umdrehungsfrequenz einzustellen!

Ist an der Bohrmaschine eine Tafel zur Ermittlung der Umdrehungsfrequenz für die Bohrspindel vorhanden, so kann man die Umdrehungsfrequenz direkt, ohne zu rechnen, ablesen (Bild 9).

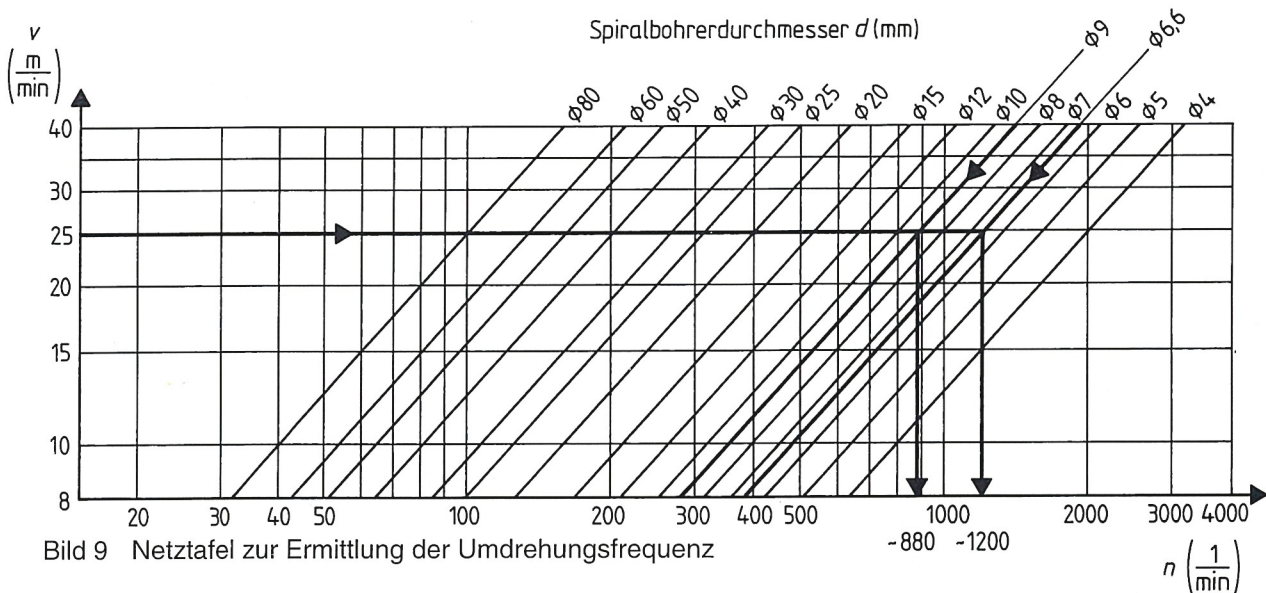


Bild 9 Netztafel zur Ermittlung der Umdrehungsfrequenz

Das Bohren erfolgt in mehreren Arbeitsschritten, die nachfolgend in ihrer Reihenfolge beschrieben sind (Bild 10).

**Ausrichten des Werkstücks**

Durch das Ausrichten wird die richtige Lage des Werkstücks zum Werkzeug bestimmt. Dazu wird der Schraubstock mit dem bereits festgespannten Werkstück so auf dem Bohrtisch ausgerichtet, daß die Bohrstelle am Werkstück genau unter dem Bohrwerkzeug liegt.

Zum Ausrichten für das Bohren wird die Bohrerspitze bei stillstehender Spindel in die Körnung angesetzt. Zur weiteren Kontrolle der richtigen Werkstücklage wird die Bohrspindel einmal mit der Hand gedreht. Dabei darf sich der Bohrer in keine Richtung abbiegen.

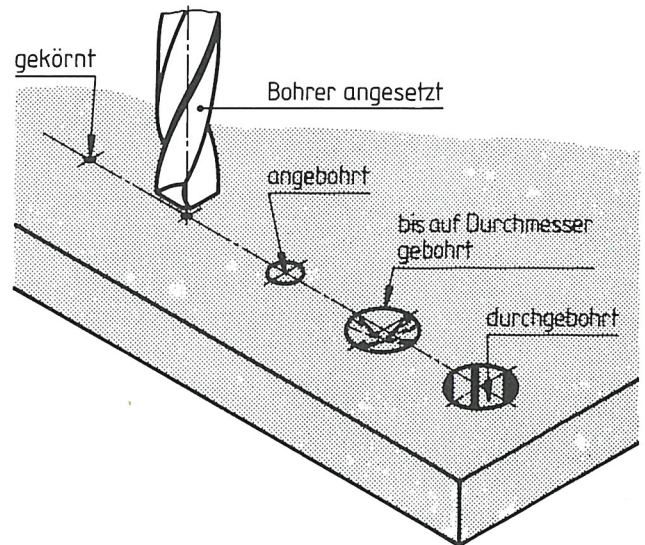


Bild 10 Arbeitsschritte beim Bohren

**Festspannen des Schraubstocks**

Wenn das Werkstück ausgerichtet ist, wird der Schraubstock auf dem Maschinentisch festgespannt. Bei kleineren Bohrungen, wie in dieser Übung, ist es ausreichend, den Schraubstock mit einer Schraube im Spannschlitz des Schraubstocks oder mit einem Spanneisen zu spannen. Zusätzlich muß der Schraubstock aber in jedem Falle gegen Herumschlagen gesichert werden. Ein in die Tischnut eingelegtes Anschlagstück ist hierzu meist ausreichend. Nach dem Festspannen sollte die Lage der Körnung zur Bohrerspitze noch einmal geprüft werden.

**Anbohren**

Ist die richtige Umdrehungsfrequenz eingestellt, so kann die Bohrmaschine nun eingeschaltet werden. Mit dem Hebel des Handvorschubs (Bild 11) wird der Bohrer an das Werkstück herangeführt. Zunächst wird das Werkstück vorsichtig angebohrt. Durch das Anbohren erhält der Bohrer die erste Führung im Werkstück. Deshalb muß die Körnung mit der Bohrerspitze genau erfaßt werden. Der Bohrer darf nicht verlaufen.

Sollte der Bohrer verlaufen, kann zu diesem Zeitpunkt noch korrigiert werden.

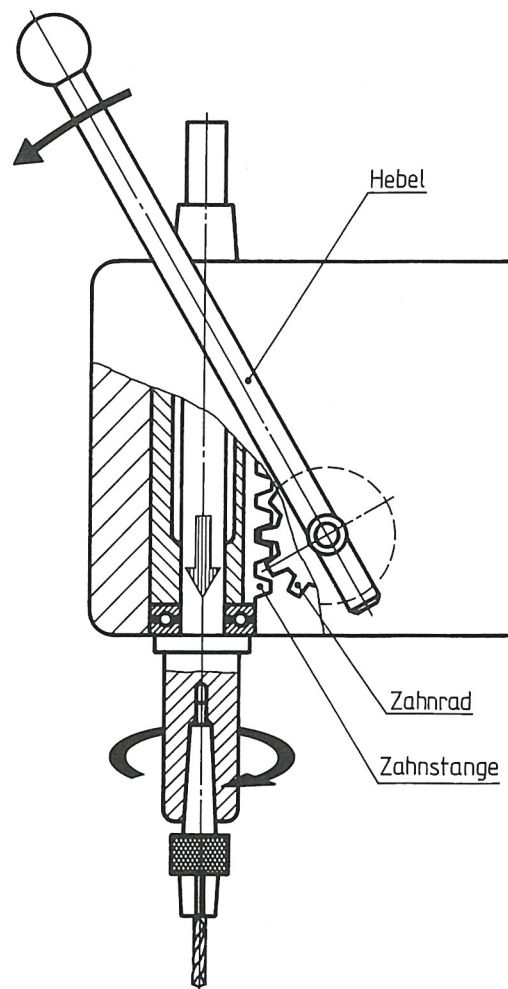


Bild 11 Funktionsweise des Handvorschubs



### Bohren

Wenn der Bohrer richtig schneidet, wird die Bohrung mit gleichmäßigem Handvorschub und unter Verwendung eines Kühlschmierstoffes gebohrt.

Die beiden Schneiden dringen durch die gleichzeitig stattfindenden Schnitt- und Vorschubbewegungen in das Werkstück ein und schneiden dabei je einen Bohrspän aus dem Werkstoff, der durch die Spannung aus dem Bohrloch herausfließt (Bild 12).

Damit die Späne nicht zu lang werden und sich dann am Bohrer verfangen, ist es vorteilhaft, den Vorschub hin und wieder zu unterbrechen.

Der Kühlschmierstoff kühlt den Bohrer und führt die durch das Bohren entstandene Wärme ab.

Vor dem Durchbohren der Werkstückunterseite wird die Vorschubkraft vermindert, damit der Bohrer nicht einhakt und dadurch eventuell Werkstück und Bohrer beschädigt werden.

Um eine saubere Bohrung zu erhalten, muß die Bohrer Spitze bis über die Schneidecken aus der Werkstückunterseite heraustreten.

Die Bohrmaschine darf erst dann ausgeschaltet werden, wenn der Bohrer ganz aus der Bohrung zurückgenommen ist.

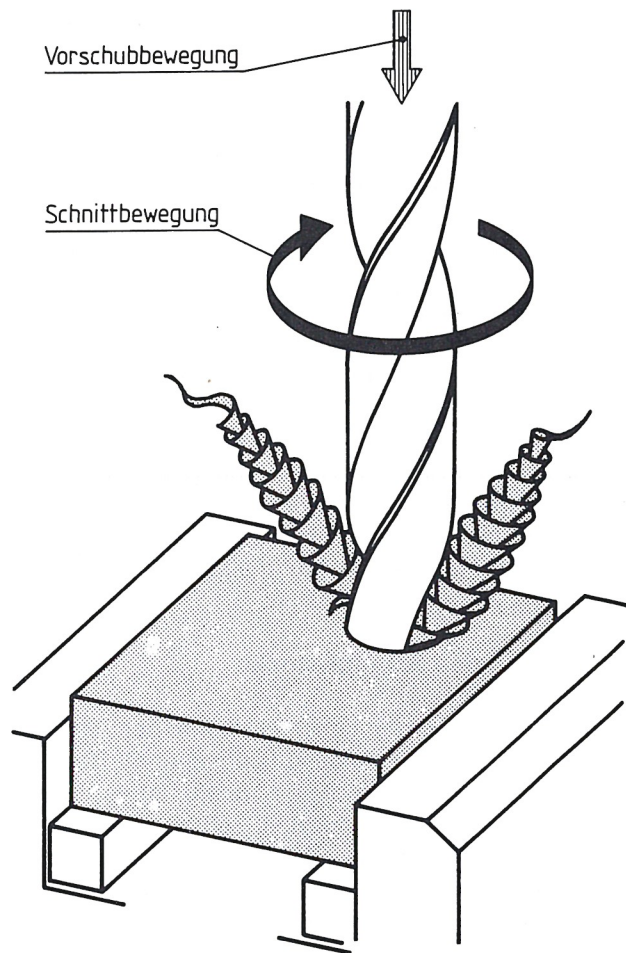


Bild 12 Der Bohrvorgang

### Entgraten

Beim Bohren entsteht an beiden Seiten des Bohrlochs ein Grat, der entfernt werden muß. Dazu wird ein Kegelsenker mit einem Spitzenwinkel von  $90^\circ$  verwendet.

Der Senker wird wie der Bohrer in das Bohrfutter gespannt.

Die Umdrehungsfrequenz zum Senken ist wesentlich niedriger als zum Bohren. Sie beträgt etwa 400 Umdrehungen pro Minute.

Nachdem die Senkerspitze in die Bohrung eingespielt ist, wird der Grat durch geringen Vorschub entfernt. Dabei soll nur eine kleine Fase von etwa 0,3 bis 0,5 mm entstehen (Bild 13).

Zu großer Grat wird vorher mit der Feile entfernt.

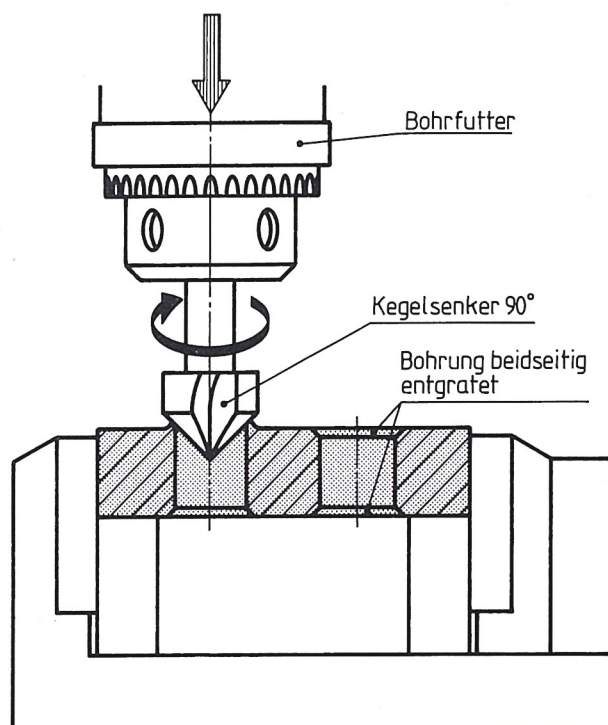


Bild 13 Entgraten mit dem Kegelsenker

Am Werkstück dieser Übung sollen genormte Senkungen zur Aufnahme von Schraubenköpfen gefertigt werden.

### Kegelsenken

Für das Senken mit dem Kegelsenker gelten alle Hinweise, die bereits zum Entgraten mit dem Kegelsenker gegeben wurden.

Allerdings ist die Umdrehungsfrequenz der Bohrspindel noch weiter zu verringern. Sie soll etwa ein Viertel bis ein Fünftel der Umdrehungsfrequenz zum Bohren betragen. Zu hohe Umdrehungsfrequenzen zerstören den Senker und erzeugen Rattermarken.

Das Messen des Senkdurchmessers ist schwierig. Darum genügt es häufig, wenn Sie die Senktiefe mit einer entsprechenden Senkschraube prüfen. Der Schraubenkopf darf nicht an der Werkstückfläche überstehen (Bild 14).

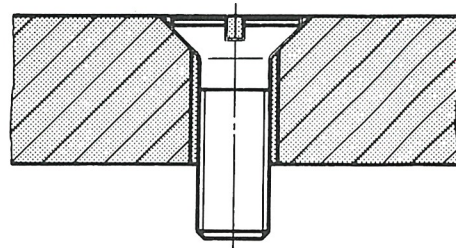


Bild 14 Kegelsenkung mit Senkschraube

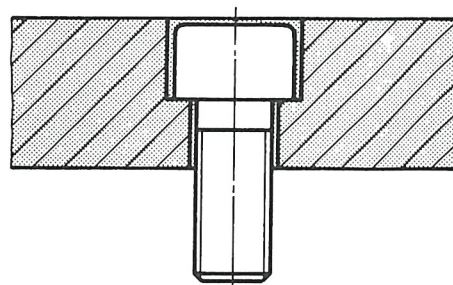


Bild 15 Flachsenkung mit Schraube

### Flachsenken

Aufnahmen für Köpfe von Zylinder- und Sechskantschrauben werden durch Flachsenken gefertigt (Bild 15). Dabei ist es wichtig, die angegebene Senktiefe einzuhalten.

Dies ist aber nicht so schwierig, weil nach der Maßskale der Bohrmaschine gesenkt werden kann. An vielen Bohrmaschinen können Sie auch die Senktiefe durch Setzen eines Anschlags einstellen.

Die Bezugsebene zum Senken ist die Werkstückoberfläche. Der Führungszapfen des Flachsenkers wird bei stillstehender Bohrspindel in die Bohrung eingespielt und die Bohrspindel soweit abgesenkt, bis die Schneiden des Senkers die Werkstückoberfläche berühren. Dies ist die "Nullstellung", von der aus nach der Maßskale gesenkt wird (Bild 16). Von dieser Position aus wird gegebenenfalls auch der Anschlag gesetzt.

Schalten Sie die Bohrmaschine erst ein, wenn der Senker zurückgenommen ist und der Führungszapfen sich nicht mehr in der Bohrung befindet.

Die Schnittgeschwindigkeit zum Senken mit dem Flachsenker beträgt etwa 5 m/min.

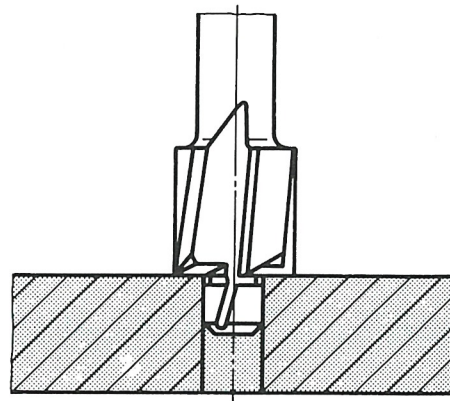


Bild 16 Flachsenker in "Nullstellung"

## Messen der Bohrungen und Senkungen

Handfertigkeiten Metallbearbeitung  
Übung 8

Um beim Messen keine falschen Ergebnisse zu erhalten, müssen die Bohrungen und Senkungen entgratet sein. Auch dürfen sich keine Späne und Schmutz in ihnen befinden.

### Messen der Senktiefe

Zum Messen der Senktiefe sind zwei Meßzeuge geeignet: der Taschenmeßschieber mit seiner Tiefenmeßstange und der Tiefenmeßschieber.

Beim Messen mit dem Taschenmeßschieber müssen Sie darauf achten, daß Sie die Tiefenmeßstange senkrecht halten. Am besten lassen Sie die Stange an der Wand der Senkung anliegen (Bild 17a).

Beim Messen mit dem Tiefenmeßschieber muß die Brücke gut aufliegen. Die Schiene steht dann automatisch senkrecht zur Bezugsfläche (Bild 17b).

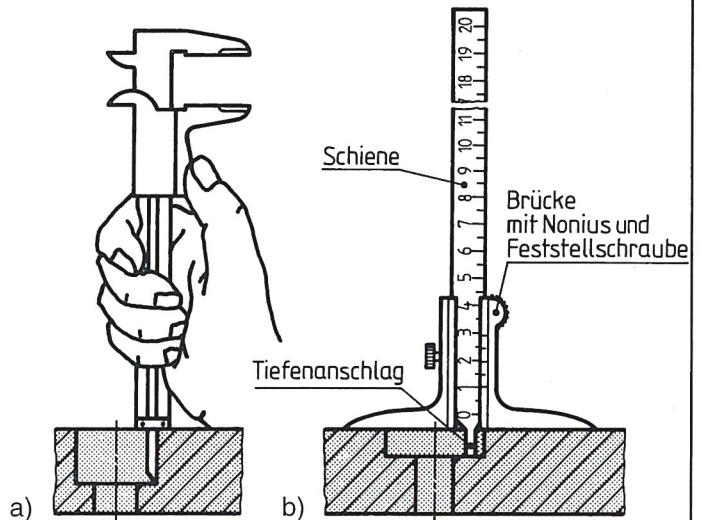


Bild 17 Messen der Senktiefe

### Messen des Bohrungsdurchmessers

Für das Messen einer Bohrungen unter 10 mm Durchmesser ist ein Meßschieber mit schneidenförmigen Meßflächen für Innenmessung (Kreuzschnabel) geeignet (Bild 18).

Eine Bohrung über 10 mm Durchmesser kann auch mit einem Meßschieber gemessen werden, der gerundete Meßflächen für Innenmessungen hat. Dabei müssen Sie aber zu dem abgelesenen Meßwert noch 10 mm für die Breite der beiden Meßflächen hinzuzählen, damit Sie das richtige Meßergebnis erhalten (Bild 19).

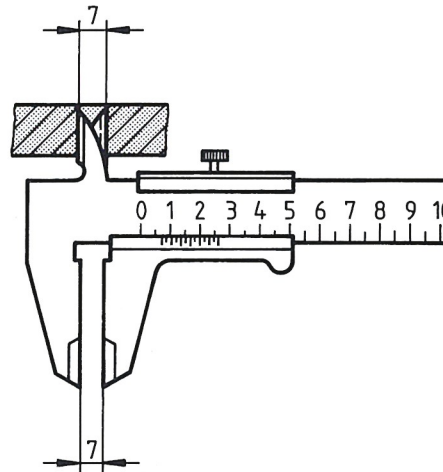


Bild 18 Innenmessung mit "Kreuzschnabel"

### Messen des Bohrungsabstands

Der Bohrungsabstand kann nicht direkt gemessen werden, weil der Bohrungsmittelpunkt ja nicht mit dem Meßschieber erfaßt werden kann. Man mißt deshalb mit den schneidenförmigen Meßflächen für Außenmessungen den kleinsten Abstand der Bohrungswand von der Bezugsfläche und zählt den halben Bohrungsdurchmesser hinzu.

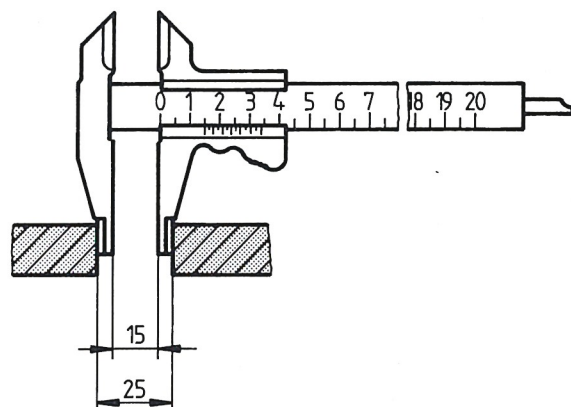


Bild 19 Innenmessung mit gerundeten Meßflächen

**Allgemeintoleranzen**

Damit in technischen Zeichnungen nicht jedes Nennmaß mit Grenzabmaßen versehen werden muß, sind in der Norm DIN ISO 2768 für Längen- und Winkelmaße Allgemeintoleranzen festgelegt.

Mit dem Hinweise auf diese Allgemeintoleranzen im Schriftfeld der technischen Zeichnung sind alle Maße des Werkstücks entsprechend der angegebenen Toleranzklasse (kleiner Buchstabe) allgemein toleriert (Bild 20).

Die Werte für die Grenzabmaße sind für die einzelnen Nennmaßbereiche den Tabellen der Norm zu entnehmen. Dabei ist die vorgegebene Toleranzklasse zu beachten.

Die Lage der Toleranzfelder ist für alle Längenmaße symmetrisch zum jeweiligen Nennmaß (Bild 21).

Anwendungsbeispiel:

Angabe im Schriftfeld: Allgemeintoleranzen  
ISO 2768 - m  
Nennmaß: 70 mm

Aus der Tabelle ergeben sich in der Toleranzklasse m (mittel) die Grenzabmaße von  $\pm 0,3$  mm.

Für das Nennmaß 70 mm gilt somit eine symmetrisch verteilte Toleranz von 0,6 mm, obwohl dies in der Darstellung nicht direkt angegeben ist.

Bei einer direkten Bemaßung müßten folglich  $70 \pm 0,3$  in der Zeichnung angegeben sein.

Werden jedoch an einem Werkstück Toleranzen benötigt, die in ihrer Größe und Lage zum Nennmaß nicht direkt mit den Allgemeintoleranzen übereinstimmen, müssen die Grenzabmaße für jedes tolerierte Maß direkt am jeweiligen Nennmaß angegeben werden.

		Allgemeintoleranzen ISO 2768 - m	
		Datum	Name
	Bearb.	25.10.95	Günther
	Gepr.	27.10.95	Denzin
	Norm		
<b>BiBB</b>			

Bild 20 Angabe der Toleranzklasse für Allgemeintoleranzen im Schriftfeld einer technischen Zeichnung

**Grenzabmaße für Längenmaße außer für gebrochene Kanten**

Werte in mm

Toleranzklasse		Grenzabmaße für Nennmaßbereiche							
Kurzzeichen	Benennung	von 0,5 <sup>1)</sup> bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 120	über 120 bis 400	über 400 bis 1000	über 1000 bis 2000	über 2000 bis 4000
f	fein	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	–
m	mittel	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$
c	grob	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4$
v	sehr grob	–	$\pm 0,5$	$\pm 1$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 8$

<sup>1)</sup> Für Nennmaße unter 0,5 mm sind die Grenzabmaße direkt an dem (den) entsprechenden Nennmaß(en) anzugeben.

Bild 21 Grenzabmaße für allgemein tolerierte Längenmaße