# Maschinelle Fertigungstechnik

PMBK 2L




1. Technologiedaten zur
2. maschinellen Fertigungstechnik 7
3. Drehen mit konventionellen Verfahren 61
4. Fräsen mit konventionellen Verfahren 123
5. Schleifen mit konventionellen Verfahren 169
6. Instandhaltung 209
7. CNC-Technik 215
8. Fräsen mit CNC-Verfahren 257
9. Drehen mit CNC-Verfahren 275



EDITION SWISSMEM

SWISSMEM

An der Ausarbeitung dieses Lehrganges waren beteiligt:

**Projektleitung**
Arn Hanspeter, Projektleiter, Swissmem Berufsbildung, Winterthur

Abbt Raphael, Bühler AG, Uzwil
Bölükbasi Gökhan, azw Ausbildungszentrum Winterthur, Winterthur
Canonica Renzo, azw Ausbildungszentrum Winterthur, Winterthur
Fricker Walter, Lernzentren LfW, Zürich
Hiese Phillip, Lernzentren LfW, Zürich
Knecht Daniel, Lernzentren LfW, Zürich
Kaufmann Christoph, azw Ausbildungszentrum Winterthur, Winterthur
Meier Robert, Lernzentren LfW, Baden
Piraccini Boris, azw Ausbildungszentrum Winterthur, Winterthur
Rietschin Daniel, Ridari Consulting, Elsau
Reber Sascha, azw Ausbildungszentrum Winterthur, Winterthur
Vogler Marcel, Lernzentren LfW, Zürich
Baur Daniel, Swissmem Berufsbildung, Winterthur

Wir danken dem ganzen Team für die ausgezeichnete fachliche Unterstützung und für die gute Zusammenarbeit.

Für die Unterstützung mit Bildern und Inhalten danken wir:

Blaser Swisslube AG, Hasle-Rüegsau
Brütsch/Rüegger Werkzeuge AG, Urdorf
DMG Schweiz AG, Dübendorf
Dr. Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG, D-Konstanz
Fehlmann AG, Seon
Fischer Precise Management AG. Herzogenbuchsee
DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH, D-Traunreut
Gressel AG, Aadorf
HEIDENHAIN (SCHWEIZ) AG, Schwerzenbach
Konrad Ing. Büro, D-Bretten
L. Kellenberger + Co. AG, St. Gallen
Roli Lanz, Fotostudio, Rorbas
Sandvik AG, Luzern
Winterthur Schleiftechnik AG, Winterthur

Herausgeberin: Edition Swissmem
2. Auflage 2010

Bezugsquelle:
Swissmem Berufsbildung
Brühlbergstrasse 4
8400 Winterthur

Telefon Vertrieb 052 260 55 55
Fax Vertrieb 052 260 55 59

www.swissmem-berufsbildung.ch
vertrieb.berufsbildung@swissmem.ch

Copyright Text, Zeichnung und Ausstattung:
© by Swissmem, Zürich

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in andern als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Herausgebers.

# Inhaltsverzeichnis

## Technologiedaten zur maschinellen Fertigungstechnik


**1.1 Grundlagen der spanenden Fertigungstechnik 9**
**1.1.1 Einleitung 10**
1.1.2 Werkzeugschneide 10
1.1.3 Spanbildung 14
1.1.4 Verschleiss 15
1.1.5 Schnittgeschwindigkeit 17
**1.2 Schneidstoffe II 21**
1.2.1 Schneidstoffanforderungen 22
1.2.2 Wahl der Schneidstoffe 25
**1.3 Kühl- und Schmierstoffe 27**
1.3.1 Aufgaben der Kühl- und Schmierstoffen 28
1.3.2 Arten der Kühl- und Schmierstoffen 28
1.3.3 Pflege 31
**1.4 Umweltschutz und Entsorgung 33**
1.4.1 Einleitung 34
1.4.2 Sortenreines Sammeln 35
1.4.3 Entsorgung von Altöl und Kühlschmierstoffen 36
**1.5 Technologiedaten «Drehen» 37**
1.5.1 Schneidengeometrie bei Drehwerkzeugen 38
1.5.2 Geometrie der Wendeschneidplatten 40
1.5.3 Schnittgeschwindigkeit 41
1.5.4 Wendeschneidplatten für allgemeine Drehbearbeitungen 42
1.5.5 Bewegungen an Drehmaschinen 44
**1.5 Technologiedaten «Drehen» 49**
1.6.1 Schneidgeometrie bei Fräswerkzeugen 52
1.6.2 Geometrie der Wendeschneidplatten 53
1.6.3 Schnittgeschwindigkeit 54
1.6.4 Drehzahl 55
1.6.5 Schnittbewegung 56


## Drehen mit konventionellen Verfahren


**2.1 Drehmaschinen 63**
2.1.1 Drehmaschinenarten 64
2.1.2 Universaldrehmaschine 64
2.1.3 Drehmaschinenaufbau 65
2.1.4 Kenngrössen 69
**2.2 Drehwerkzeuge und Spannmittel einsetzen 71**
2.2.1 Einteilung der Drehverfahren 72
2.2.2 Drehwerkzeuge 74
2.2.3 Schneidenart und Schneidstoffe 77
2.2.4 Kennzeichnung von Drehstählen 79
2.2.5 Wahl der richtigen Werkzeuge 82
2.2.6 Zustand der Drehwerkzeuge beurteilen 83
2.2.7 Spannen der Werkstücke beim Drehen 85
2.2.8 Einspannen der Drehwerkzeuge 91
**2.3 Werkstücke aussendrehen 97**
2.3.1 Arbeitssicherheit 98
2.3.2 Plandrehen 99
2.3.3 Längsdrehen 101
2.3.4 Stufen drehen 103
2.3.5 Facetten drehen 104
2.3.6 Zentrieren 105
2.3.7 Einstiche 107
2.3.8 Freistiche 107
2.3.9 Gewindefreistiche 109

## Inhaltsverzeichnis


2.3.10 Abstechen 110
2.3.11 Gewindeschneiden 112
2.3.12 Gewindedrehen 113
**2.4 Werkstücke innendrehen 119**
2.4.1 Arbeitssicherheit 120
2.4.2 Werkzeuge 121
2.4.3 Innendrehen 121

**Fräsen mit konventionellen Verfahren**

**3.1 Fräsmaschinen 125**
3.1.1 Fräsmaschinenarten 126
3.1.2 Fräsmaschinenaufbau 127
3.1.3 Kenngrössen 130
**3.2 Fräswerkzeuge und Spannmittel einsetzen 133**
3.2.1 Einteilung der Fräsverfahren 134
3.2.2 Fräserarten 136
3.2.3 Schneidstoff 140
3.2.4 Spannen der Wendeplatten 142
3.2.5 Wahl der richtigen Werkzeuge 143
3.2.6 Spannen der Werkzeuge 146
3.2.7 Spannen der Werkstücke beim Fräsen 151
**3.3 Werkstücke fräsen 159**
3.3.1 Arbeitssicherheit 160
3.3.2 Vorteile/Nachteile der Fräsverfahren 161
3.3.3 Stirnfräsen 162
3.3.4 Umfangsfräsen 162
3.3.5 Winkliges Fräsen eines Quaders 163
3.3.6 Stirn-Umfangsfräsen 164
3.3.7 Taschen fräsen 166
3.3.8 Nuten fräsen 167
3.3.9 Plan-Ausdrehköpfe 169

**Schleifen mit konventionellen Verfahren**

**4.1 Schleifmaschinen 171**
4.1.1 Beschreibung des Schleifvorganges 172
4.1.2 Schleifmaschinen 172
**4.2 Schleifwerkzeuge und Spannmittel einsetzen 179**
4.2.1 Aufbau einer Schleifscheibe 180
4.2.2 Form 183
4.2.3 Aufspannen der Schleifscheibe 185
4.2.4 Abrichten und Profilieren von Schleifscheiben 187
4.2.5 Aufspannen der Werkstücke 189
4.2.6 Schnittdaten 191
4.2.7 Änderungen der Technologiedaten 193
**4.3 Werkstücke schleifen 197**
4.3.1 Arbeitssicherheit 198
4.3.2 Grundlagen der Schleiftechnik 199
4.3.3 Schleifverfahren 200
4.3.4 Kühlschmierstoffe 208

**Instandhaltung**

**5.1 Instandhaltung von Werkzeugmaschinen 211**
5.1.1 Instandhaltung 212
5.1.2 Inspektion 215

## Inhaltsverzeichnis


**CNC-Technik**

**6.1 Grundlagen der CNC-Technik 217**
6.1.1 Begriffe NC, CNC, DNC 218
6.1.2 CNC-Werkzeugmaschinen 218
6.1.3 Steuerungsarten 221
6.1.4 Achsen einer Drehmaschine 222
6.1.5 Achsen einer Fräsmaschine 223
6.1.6 Koordinatensystem 224
6.1.7 Koordinatenbemassung 228
6.1.8 Wegmess-System 230
6.1.9 Bezugspunkte 232
**6.2 Aufbau eines CNC-Programmes 238**
6.2.1 Grundlagen 238
6.2.2 Von der Verfahranweisung zur Verfahrbewegung 242
6.2.3 Vorgehensweise beim Programmieren 244
**6.3 Programmierfunktionen Fräsen 245**
**6.4 Programmierfunktionen Drehen 255**

**Fräsen mit CNC-Verfahren**

**7.1 CNC-Fräsmaschine 259**
7.1.1 Fertigungsunterlagen 259
7.1.2 Bearbeitungszentrum 260
**7.2 Produktionsauftrag Schraubstock «Gressel» 265**

**Drehen mit CNC-Verfahren**

**8.1 CNC-Drehmaschine 277**
8.1.1 Fertigungsunterlagen 277
8.1.2 CNC-Drehmaschine 278
8.1.3 Spannen der Werkstücke 280
**8.2 Produktionsauftrag Schraubstock «Gressel» 284**

## Zeichenerklärungen



Diese Variante ist zweckmässig. Im Sinne der Optimierung des Produktes suchen wir die stärkste Lösung.



Brauchbare Lösung. Sicher sind noch bessere Varianten zu finden!



Diese Lösung ist ungeeignet. Überlegen Sie, aus welchem Grund diese Lösung nicht befriedigt und suchen Sie eine bessere Variante.



Lösen Sie diese Aufgabe mit dem geeignetsten Hilfsmittel (schreiben, skizzieren,  mit Hilfe des CAD usw.)



Lernziele



Wichtige Hinweise



Informationen



QR-Codes: Verlinkung zu Webseiten



Notieren Sie hier die zutreffenden Informationen, wie nationale oder internationale Normen, Betriebsnormen, Titel von Fachbüchern, Betriebsanleitungen usw.

## Inhaltlicher Aufbau

Der Lehrgang Zeichentechnik ist in Module, sogenannte Ausbildungseinheiten, unterteilt. Dabei ist zu erwähnen, dass der **Normen-Auszug** Bestandteil des Lehrganges ist. Für die Beantwortung der Aktivierungs- bzw. Repetitionsfragen können Fachbücher zur Hilfe genommen werden.

Diese Ausbildungseinheiten sind inhaltlich folgendermassen aufgebaut:

**Aktivierung**
Jede Ausbildungseinheit beginnt mit Aktivierungsfragen, welche den momentanen Wissensstand erfasst.

**Theorie**
Der Theorieteil beinhaltet neben der Theorie auch Fragen und/oder Übungen, welche die Lernenden lösen müssen.

**Übungen**
Im Übungsteil sind verschiedene Aufgaben zu lösen, die im Theorieteil behandelt wurden.

**Repetition**
Als Abschluss jeder Ausbildungseinheit sind diverse Repetitionsfragen zu beantworten. Diese dienen zur Festigung des Lernstoffes und als Kontrolle für die Lernenden bzw. Berufsbildner.

In der Titelleiste ist jeweils angegeben, in welchem Teil der Ausbildungseinheit Sie sich befinden.

## Notizen

## 1.1 Grundlagen der spanenden Fertigungstechnik

**– Grundlagen der allgemeinen spanenden Fertigung kennen**

### 1.1.0 Aktivierung

**1.1.0.1** Welche Faktoren bestimmen, ob ein Werkstück gut bearbeitet werden kann?

Zu bearbeitendes Werkstück, Werkzeug ⇒ Werkzeugschneide, Technologiedaten

**1.1.0.2** Was kann unternommen werden, wenn ein Werkzeug nicht mehr «gut schneidet»?

Überprüfen der Schneidengeometrie ⇒ Verschleiss, ändern der Technologiedaten

**1.1.0.3** Was erreichen Sie, wenn Sie bei der Bearbeitung Kühlschmiermittel einsetzen?

Reibung verkleinern, Kühlen, Späne beseitigen

**1.1.0.4** Welche Abfälle und Schadstoffe fallen während der spanenden Fertigung an?

Späne, Kühl-Schmierstoffe

**1.1.0.5** Was verstehen Sie unter umweltgerechtem Entsorgen der Abfälle und Schadstoffe?

Getrenntes Sammeln von diesen Materialien, Entsorgen nach Vorschrift

**1.1.0.6** Was verstehen Sie unter Verschleiss?

Abnützung der Schneidengeometrie

## 1.1 Grundlagen der spanenden Fertigung

### 1.1.1 Einleitung

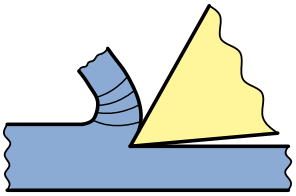
Bei allen spanenden Fertigungsverfahren sind besonders wichtig:
– die Form der Werkzeugschneide
– die auftretenden Kräfte und Temperaturen an der Werkzeugschneide
– der Verschleiss an der Werkzeugschneide
– die Schnittgeschwindigkeit

### 1.1.2 Werkzeugschneide

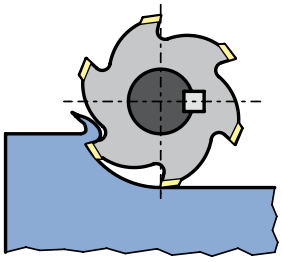
Es gibt Werkzeuge mit einer Schneide (z.B. Drehstahl), mit zwei Schneiden (z.B. Spiralbohrer), mit mehreren Schneiden (z.B. Dreilippensenker, Walzenstirnfräser) und mit einer Vielzahl von Schneiden (z.B. Sägeblätter, Feilen). Die Schneiden sämtlicher Werkzeuge haben die Form eines Keiles und arbeiten nach dem gleichen Prinzip: Durch die Vorschubbewegung dringt der Keil in den Werkstoff ein und hebt dabei einen Span ab.

Die Grundform aller Werkzeugschneiden ist der **Keil**. Die beim Zerspanen auftretenden Kräfte und Temperaturen verursachen am Schneidkeil **Verschleiss**.

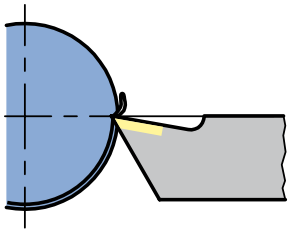
Meissel



Fräser



Drehstahl





SWISSMEM

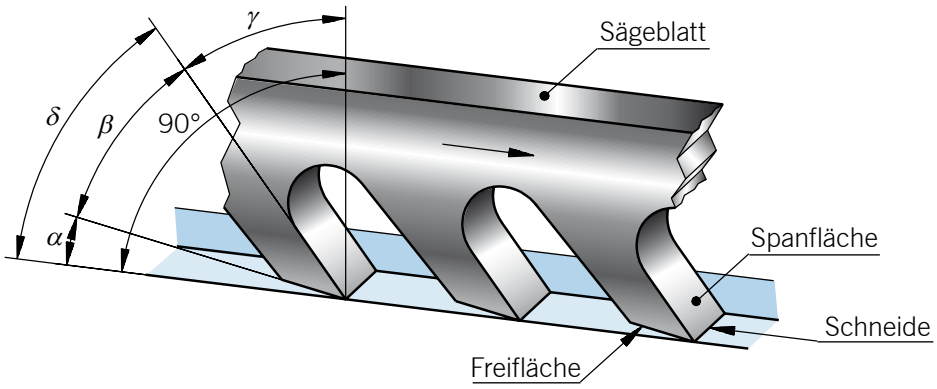
## 1.1 Grundlagen der spanenden Fertigung

**Schneidenwinkel**
Weil sich alle Schneiden gleichen, werden auch die Schneidenwinkel immer gleich bezeichnet. Sie werden nach ihrer Funktion benannt, nämlich:

– **Freiwinkel** $\alpha$
Wird von Freifläche und der bearbeiteten Werkstückfläche gebildet. Wäre der Freiwinkel 0°, würde die Freifläche an der bearbeiteten Fläche anstehen. Durch die entstehende Reibung würde die Freifläche zerstört. Ein zu grosser Freiwinkel schwächt die Schneide. Diese wird schnell stumpf oder bricht ab. Allgemein liegen Freiwinkel zwischen 3° und 14°. Er wird bestimmt durch den Zerspanungswerkstoff, Werkzeuggrösse und den Vorschub.

– **Keilwinkel** $\beta$
Wird von Span- und Freifläche gebildet und entspricht dem Winkel des Schneidkeils. Je kleiner der Keilwinkel (bei weichen Werkstoffen), desto besser dringt die Schneide in den Werkstoff ein. Anderseits muss die Schneide mit steigender Festigkeit des zu bearbeitenden Werkstoffes eine höhere Stabilität aufweisen. Das heisst einen grösseren Keilwinkel.

– **Spanwinkel** $\gamma$
Wird von Spanfläche und einer imaginären Senkrechten auf die Bearbeitungsfläche gebildet. Er beeinflusst die Spanbildung. Je grösser der Spanwinkel gewählt wird, desto leichter fliesst der Span ab. Gleichzeitig ist er eng mit dem Keilwinkel gekoppelt. Ein grosser Keilwinkel erfordert einen kleinen Spanwinkel und umgekehrt.

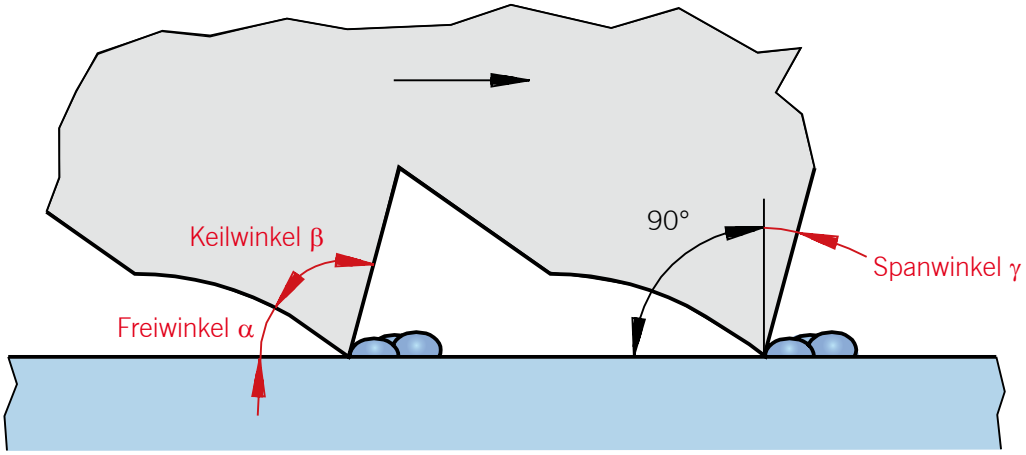



Allgemein gilt: $\alpha + \beta + \gamma = 90°$

Die Summe von Frei- und Keilwinkel wird als **Schnittwinkel** $\delta$ bezeichnet. In der Werkstatt wird oft von Werkzeugen mit viel oder wenig, mehr oder weniger Schnitt gesprochen. Gemeint wird damit der Schnittwinkel.

## 1.1 Grundlagen der spanenden Fertigung

**Negativer Spanwinkel**
Die Scheidengeometrie einer gehauenen Feile sieht so aus:




**1.1.2.1** Zeichnen Sie in die Skizze die Schneidenwinkel und deren Bezeichnungen ein (Frei-, Keil-, Span- und Schnittwinkel).

Sie haben festgestellt, dass der Schnittwinkel $\delta$ grösser als 90° ist und dass der Spanwinkel «überhängend» zur Senkrechten auf die bearbeitete Fläche steht. Der Spanwinkel ist negativ. Man spricht in diesem Fall auch von Werkzeugen mit negativem Schnitt. Diese Werkzeuge tragen den Span nicht schneidend, sondern schabend von der Werkstückoberfläche ab.

Für negative Spanwinkel gilt: $\alpha + \beta + (-\gamma) = \alpha + \beta - \gamma = 90°$

**Zusammenhang: Zu bearbeitender Werkstoff – Schneidenwinkel**

Allgemein gilt:

| Weicher, langspanender Werkstoff | Harter, zäher, kurzspanender Werkstoff |
|---|---|
| grosser Freiwinkel<br>kleiner Keilwinkel<br>grosser Spanwinkel | kleiner Freiwinkel<br>grosser Keilwinkel<br>kleiner oder negativer Spanwinkel |