



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

Jürgen Burmester  
Daniel Brabec  
Josef Dillinger  
Walter Escherich  
Dr. Eckhard Ignatowitz  
Markus Neumann

Stefan Oesterle  
Ludwig Reißler  
Bernhard Schellmann  
Reinhard Vetter  
Falko Wieneke

# Metalltechnik in Lernfeldern

## Grundstufe für industrielle Metallberufe

**1. Auflage**

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 15860**

**Autoren:**

Burmester, Jürgen  
Brabec, Daniel  
Dillinger, Josef  
Escherich, Walter  
Dr. Ignatowitz, Eckhard  
Neumann, Markus  
Oesterle, Stefan  
Reißler, Ludwig  
Schellmann, Bernhard  
Vetter, Reinhard  
Wieneke, Falko

Die Autoren sind Fachlehrer der technischen Ausbildung und Ingenieure.

**Lektorat:** Josef Dillinger

**Bildentwürfe:** Die Autoren

**Fotos:** Leihgaben der Firmen

**Bildbearbeitung:** Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

**Englische Übersetzung:** StDin Christina Murphy, Wolfratshausen

1. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-1586-0

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Layout und Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 43477 Radevormwald

Umschlagfotos: © renzo\_lo – Stock.adobe.com und Bildmaterial des Autorenkreises

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

# Vorwort

Das vorliegende Buch wendet sich bevorzugt an Auszubildende der Metallverarbeitenden Berufe im ersten Ausbildungsjahr. Die Themenbereiche des Werkes sind entsprechend dem Rahmenlehrplan nach Lernfeldern gegliedert und decken den Lernfeldorientierten Unterricht für Industriemechaniker, Feinwerkmechaniker, Metallbauer, Konstruktionsmechaniker, Maschinen- und Anlagenführer, Zerspanungsmechaniker, Werkzeugmechaniker sowie Berufe des Metallhandwerks ab.

Der Inhalt wurde durch **Animationen**  und **interaktive Simulationen**  dem Stand der Technik angepasst, sodass sich die Lernfeldkonzeption in Verbindung mit digitalen Medien im Unterricht umsetzen lässt. Die digitalen Inhalte sind auch zur Darstellung auf kleinen Displays (Smartphone, Tablet) geeignet.

Durch eine umfangreiche Visualisierung der technologischen Lernsituationen in Form von Fotos, mehrfarbigen und erklärend beschrifteten Abbildungen sollen die fachlichen Zusammenhänge den Schülerinnen und Schülern erklärt werden, sodass sie die geforderten Kompetenzen, entsprechend den Rahmenlehrplänen, erreichen.

Damit diese Kompetenzen erreicht werden, gliedert sich das Buch in 12 Kapitel, die den Lernfeldern 1–4 zugeordnet sind:

**Kapitel 01**      **L1: Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen**

**Kapitel 02–03**    **L2: Fertigen von Bauelementen mit Maschinen**

**Kapitel 04–06**    **L3: Herstellen von einfachen Baugruppen**

**Kapitel 07–08**    **L4: Warten technischer Systeme**

**Kapitel 09–12**    **Lernfeldübergreifende Inhalte**

- Werkstofftechnik      • Technische Kommunikation
- Präsentation            • Mathematisch-physikalische Grundlagen

Die vom Rahmenlehrplan geforderten Kompetenzen werden den Auszubildenden anschaulich mit den Projekten Papierlocher, Flügelzellenpumpe und Biegevorrichtung nähergebracht. Diese Projekte sind reelle Baugruppen und so gestaltet, dass sie im Lernfeldunterricht hergestellt werden können.

Die technologischen Sachverhalte werden in den Lerninhalten herausgearbeitet und umfassend beschrieben.

Die mathematischen Sachverhalte werden in ausreichenden Schritten erörtert. Zur Vertiefung und Lernzielkontrolle werden Aufgaben zu den Sachverhalten bereitgestellt.

Ergänzt werden die Themen

- mit kurzen Informationsbausteinen, die mit folgendem Icon versehen sind



- und durch Aufgabenstellungen, die durch dieses Icon gekennzeichnet sind



Am Ende der einzelnen Kapitel befindet sich jeweils das Modul „Prüfen Sie Ihre Kompetenz“, in dem die Schülerinnen und Schüler an kleinen Projekten ihren Wissensstand überprüfen können.

Abgeschlossen wird jedes Kapitel mit „Discover your profession in English“. Der Inhalt dieses Kapitels bezieht sich auf die Theorie des entsprechenden Kapitels. Durch die Angabe der wichtigsten Vokabeln soll den schwächeren Schülerinnen und Schülern bei der Bearbeitung Hilfestellung gegeben werden.

Die Autoren des Buches wünschen den Nutzern dieses Buches viel Erfolg und sind für Kritik, Verbesserungsvorschläge, Hinweise und Anregungen an [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) dankbar.

# Inhalt

## 1 Manuelle Fertigungsverfahren

<b>1.1 Trennen</b> .....	9
1.1.1 Grundlagen .....	9
1.1.2 Flächen und Winkel am Schneidekeil .....	9
<b>1.2 Manuelles Spanen – Spanende Werkstoffbearbeitung von Hand</b> .....	10
1.2.1 Meißeln .....	11
1.2.2 Feilen .....	12
1.2.3 Sägen mit handgeführten Werkzeugen .....	16
1.2.4 Zerteilen .....	19
<b>1.3 Umformen</b> .....	21
<b>1.4 Biegeumformen/Biegen</b> .....	22
<b>1.5 Druckumformen</b> .....	27
1.6 Überprüfen Sie Ihre Kompetenz .....	30
1.7 Discover your profession in English .....	33

## 2 Maschinelle Fertigungsverfahren

<b>2.1 Sägen mit Maschinen</b> .....	37
2.1.1 Bandsägemaschinen .....	37
2.1.2 Kreissägemaschinen .....	39
2.1.3 Bügelsägemaschinen .....	39
<b>2.2 Bohren</b> .....	40
2.2.1 Bohrverfahren .....	40
2.2.2 Bohren mit dem Spiralbohrer .....	41
2.2.3 Senken .....	45
2.2.4 Gewindeherstellung .....	46
2.2.5 Reiben .....	49
2.2.6 Bohrmaschinen .....	51
<b>2.3 Fräsen</b> .....	56
2.3.1 Fräswerfahren .....	56
2.3.2 Fräswerzeuge und Schnittgrößen .....	59
2.3.3 Konventionelle Fräsmaschinen .....	64
<b>2.4 Drehen</b> .....	69
2.4.1 Drehverfahren .....	69

2.4.2 Fertigung des Gewindegelenks auf der konventionellen Drehmaschine .....	70
2.4.3 Drehwerkzeuge und Schnittgrößen .....	73
2.4.4 Konventionelle Drehmaschinen .....	79
2.5 Überprüfen Sie Ihre Kompetenz .....	84
2.6 Discover your profession in English .....	88

## 3 Prüftechnik

<b>3.1 Bedeutung und Grundbegriffe</b> .....	92
3.1.1 Prüfarten .....	93
3.1.2 Prüfmittel .....	93
<b>3.2 Größen und Einheiten</b> .....	95
3.2.1 Internationales Einheitensystem SI .....	95
3.2.2 Neues SI (seit 2019) .....	96
3.2.3 SI-Vorsätze .....	96
3.2.4 SI-fremde Einheiten .....	96
<b>3.3 Toleranzen und Passungen</b> .....	97
3.3.1 Toleranzarten .....	97
3.3.2 ISO-System für Grenzmaße und Passungen .....	99
<b>3.4 Handmessgeräte</b> .....	105
3.4.1 Messschieber .....	105
3.4.2 Messschrauben .....	106
3.4.3 Innenmessgeräte .....	107
3.4.4 Messuhren .....	107
3.4.5 Feinzeiger .....	108
3.4.6 Winkelmesser .....	108
<b>3.5 Endmaße</b> .....	110
<b>3.6 Lehren</b> .....	111
3.6.1 Grenzlehren .....	112
3.6.2 Formlehren .....	113
<b>3.7 Messbedingungen</b> .....	114
<b>3.8 Messmittelfähigkeit</b> .....	115
<b>3.9 Prüfplan und Prüfprotokoll</b> .....	116
3.9.1 Prüfplan .....	116
3.9.2 Prüfprotokoll .....	117

<b>3.10 Oberflächenprüfung</b> . . . . .	119	6.1.3 Baugruppe Steuerung . . . . .	182
3.10.1 Tastschnittpfverfahren . . . . .	119	6.1.4 Baugruppe Arbeitselemente . . . . .	187
3.10.2 Oberflächen-Profildiagramme und Kennwerte . . . . .	120	6.1.5 Der pneumatische Schaltplan . . . . .	194
3.10.3 Praxis . . . . .	121	6.1.6 Prozessschritte bei der Planung einer Pneumatikanlage . . . . .	197
<b>3.11 Geometrische Produktspezifikation (GPS)</b> . . . . .	123	6.1.7 Pneumatische Bauteile für Zeitverzögerung und Druckschaltung . . . . .	205
<b>3.12 Form- und Lageprüfung</b> . . . . .	124	6.1.8 Funktionsplan für Abläufe – GRAFCET DIN EN 60848 . . . . .	208
<b>3.13 Qualitätsmanagement</b> . . . . .	129	<b>6.2 Elektropneumatik</b> . . . . .	210
3.14 Überprüfen Sie Ihre Kompetenz . . . . .	130	6.2.1 Bauelemente elektrischer Kontaktsteuerungen . . . . .	210
3.15 Discover your profession in English . . . . .	132	6.2.2 Stromlaufpläne . . . . .	216

## 4 Fügen von Funktionseinheiten

<b>4.1 Funktion eines technischen Systems</b> . . . . .	134
<b>4.2 Maschinen als technische Systeme</b> . . . . .	136
4.2.1 Kraftmaschinen . . . . .	136
4.2.2 Arbeitsmaschinen . . . . .	137
4.2.3 Datenverarbeitungsanlagen . . . . .	137
<b>4.3 Fügen</b> . . . . .	138
4.3.1 Verbindungsarten . . . . .	139
4.3.2 Formschlüssige Verbindungen . . . . .	141
4.3.3 Kraftschlüssige Verbindungen . . . . .	144
4.3.4 Stoffschlüssige Verbindungen . . . . .	152
4.4 Überprüfen Sie Ihre Kompetenz . . . . .	162
4.5 Discover your profession in English . . . . .	164

## 5 Montagetechnik

<b>5.1 Montageschritte</b> . . . . .	170
5.2 Überprüfen Sie Ihre Kompetenz . . . . .	174
5.3 Discover your profession in English . . . . .	175

## 6 Automatisierungstechnik

<b>6.1 Pneumatik</b> . . . . .	178
6.1.1 Baugruppen und Grundfunktionen einer Pneumatikanlage . . . . .	179
6.1.2 Baugruppe Drucklufterzeugung und Druckaufbereitung . . . . .	180

## 7 Instandhaltung

<b>7.1 Aufbau technischer Systeme</b> . . . . .	229
<b>7.2 Arbeitssicherheit</b> . . . . .	231
<b>7.3 Teilbereiche der Instandhaltung</b> . . . . .	233
7.3.1 Wartung . . . . .	234
7.3.2 Schmierstoffe . . . . .	241
7.3.3 Kühlsmierstoffe . . . . .	244
7.3.4 Inspektion . . . . .	246
7.3.5 Instandsetzung . . . . .	247
7.3.6 Verbesserung . . . . .	248
<b>7.4 Ziele der Instandhaltung</b> . . . . .	248
<b>7.5 Instandhaltungsstrategien</b> . . . . .	249
<b>7.6 Reibung</b> . . . . .	252
7.7 Überprüfen Sie Ihre Kompetenz . . . . .	256
7.8 Discover your profession in English . . . . .	258

## 8 Elektrotechnik

<b>8.1 Der elektrische Stromkreis</b> . . . . .	260
8.1.1 Die elektrische Spannung . . . . .	261
8.1.2 Der elektrische Strom . . . . .	262
8.1.3 Der elektrische Widerstand . . . . .	264

<b>8.2 Anschluss elektrischer Geräte</b> . . . . .	266	9.8.3 Einteilung der Stähle nach Güteklassen . . . . .	303
8.2.1 Reihenschaltung . . . . .	266	<b>9.9 Stähle und Gusseisenwerkstoffe</b> . . . . .	304
8.2.2 Parallelschaltung . . . . .	267	9.9.1 Stahlbaustähle . . . . .	304
<b>8.3 Betrieb elektrischer Anlagen</b> . . . . .	269	9.9.2 Maschinenbaustäle . . . . .	305
8.3.1 Die elektrische Leistung . . . . .	269	9.9.3 Nichtrostende Stähle . . . . .	308
8.3.2 Die elektrische Arbeit und Energiekosten . . . . .	270	9.9.4 Werkzeugstähle . . . . .	309
8.3.3 Wirkungsgrad . . . . .	270	9.9.5 Lieferformen der Werkstoffe . . . . .	310
<b>8.4 Fehler in elektrischen Anlagen</b> . . . . .	272	9.9.6 Gusseisenwerkstoffe . . . . .	311
8.4.1 Überströme . . . . .	272	9.9.7 Stähle für Bleche und Bänder . . . . .	312
8.4.2 Spannungen im Fehlerfall . . . . .	273	<b>9.10 Nichteisenmetalle (NE-Metalle)</b> . . . . .	313
8.4.3 Schutzmaßnahmen im Umgang mit elektrischem Strom . . . . .	273	9.10.1 Kupfer und Kupferlegierungen . . . . .	313
8.5 Überprüfen Sie Ihre Kompetenz . . . . .	276	9.10.2 Aluminium und Aluminiumlegierungen . . . . .	315
8.6 Discover your profession in English . . . . .	280	9.10.3 Weitere NE-Metalle . . . . .	316

## 9 Werkstofftechnik

<b>9.1 Einführung in die Werkstofftechnik</b> . . . . .	282
<b>9.2 Übersicht der Werkstoffe</b> . . . . .	284
<b>9.3 Einteilung der Werkstoffe</b> . . . . .	285
<b>9.4 Eigenschaften der Werkstoffe</b> . . . . .	286
9.4.1 Physikalische Eigenschaften . . . . .	286
9.4.2 Mechanisch-technologische Eigenschaften . . . . .	288
9.4.3 Fertigungstechnische Eigenschaften . . . . .	291
9.4.4 Chemisch-technologische Eigenschaften . . . . .	292
9.4.5 Gesundheitliche Unschädlichkeit und Umweltverträglichkeit . . . . .	293
<b>9.5 Werkstoffauswahl</b> . . . . .	294
<b>9.6 Herstellung der technischen Werkstoffe</b> . . . . .	296
9.6.1 Grundlagen der Werkstoffgewinnung . . . . .	296
9.6.2 Roheisengewinnung . . . . .	297
9.6.3 Stahlherstellung . . . . .	298
9.6.4 Verarbeitung zu Stahlerzeugnissen . . . . .	299
<b>9.7 Der innere Aufbau der Metalle</b> . . . . .	300
<b>9.8 Einteilung der Eisenwerkstoffe</b> . . . . .	302
9.8.1 Einteilung nach der Verwendung . . . . .	302
9.8.2 Einteilung nach der Zusammensetzung . . . . .	302

## 10 Technische Kommunikation

<b>10.1 Technische Unterlagen für einen Arbeitsauftrag</b> . . . . .	326
10.1.1 Skizzen, Teilzeichnungen und Sammelzeichnungen . . . . .	326
10.1.2 Baugruppenzeichnung, Gesamtzeichnung, Stückliste . . . . .	327
<b>10.2 Allgemeine Darstellungsregeln für technische Zeichnungen</b> . . . . .	328
<b>10.3 Normen in der technischen Kommunikation</b> . . . . .	330
<b>10.4 Arbeitspläne</b> . . . . .	330
<b>10.5 Grundlagen des technischen Zeichnens</b> . . . . .	331
10.5.1 Linienarten . . . . .	331
10.5.2 Bemaßung flacher Werkstücke . . . . .	331
10.5.3 Grund-, Form- und Lagemaße . . . . .	332
10.5.4 Toleranzen . . . . .	332

<b>10.6 Darstellung quaderförmiger Werkstücke</b>	333	<b>11.3 Kreativitätstechniken</b>	354
10.6.1 Normalprojektion	333	11.3.1 Brainstorming	354
10.6.2 Isometrie und Dimetrie	334	11.3.2 Mindmapping	354
10.6.3 Bemaßung	335	11.3.3 Flipchart und Metaplan	355
10.6.4 Schnittdarstellung	336		
<b>10.7 Darstellung zylindrischer Werkstücke</b>	337	<b>11.4 Präsentieren am Rechner</b>	356
10.7.1 Fertigungslage	337	<b>11.5 Präsentationen durchführen</b>	360
10.7.2 Fertigungsbezogene Bemaßung	337	11.5.1 Vor der Präsentation	360
10.7.3 ISO-Toleranzen	338	11.5.2 Zuhörer begeistern	360
10.7.4 Oberflächenkennzeichen	339	11.5.3 Körpersprache	361
10.7.5 Schnittdarstellungen bei zylindrischen Werkstücken	340	11.5.4 Wirkungsvoll sprechen	361
<b>10.8 Fügen von Bauteilen</b>	341		
10.8.1 Gewindedarstellung	341		
10.8.2 Schrauben und Verbindungselemente	342		
10.8.3 Senkungen	343		
10.9 Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	344		
10.10 Discover your profession in English	348		
<b>11 Präsentation</b>		<b>12 Mathematisch-physikalische Grundlagen</b>	
<b>11.1 Grundlagen der Präsentation</b>	350	<b>12.1 Grundrechnungsarten</b>	362
11.1.1 Verständlichkeit	350	<b>12.2 Schlussrechnung</b>	365
11.1.2 Präsentationsthema	351	<b>12.3 Prozentrechnung</b>	365
11.1.3 Ziele	351	<b>12.4 Zeitrechnung</b>	365
11.1.4 Zielgruppe	351	<b>12.5 Winkelrechnung</b>	366
<b>11.2 Präsentation aufbereiten</b>	351	<b>12.6 Technische Berechnungen</b>	367
11.2.1 Inhalte sammeln	351	<b>12.7 Umstellen von Formeln</b>	368
11.2.2 Stoffsammlung komprimieren	352	<b>12.8 Lehrsatz des Pythagoras</b>	369
11.2.3 Storyboard	352	<b>12.9 Winkelfunktionen</b>	369
11.2.4 Der lineare Fünfsatz	352	<b>12.10 Längen und Teilungen</b>	370
11.2.5 Storytelling	353	<b>12.11 Flächen</b>	371
		<b>12.12 Volumen, Masse und Dichte</b>	372
		<b>12.13 Konstante Bewegungen</b>	373
		<b>12.14 Rechnen mit dem Taschenrechner</b>	374
		Sachwortverzeichnis	376
		Bildquellenverzeichnis	384

**Lernfeld 1:**  
**Fertigen von**  
**Bauelementen mit**  
**handgeführten**  
**Werkzeugen**

# Kapitel 01



## Manuelle Fertigungsverfahren

Die Fertigung wird entweder von Hand oder mithilfe von einfachen Maschinen durchgeführt. Es wird zwischen manuellen und maschinellen Fertigungsverfahren unterschieden.

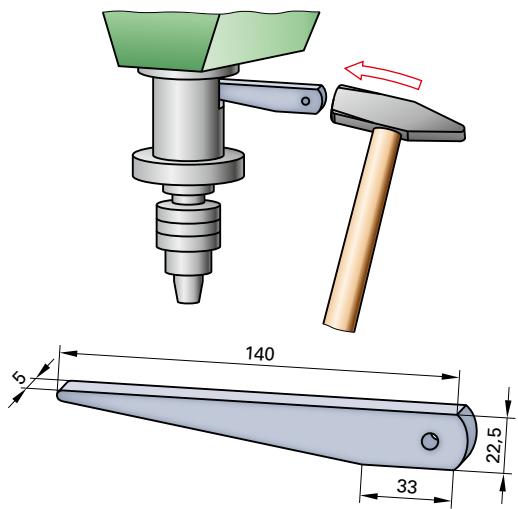
### // Bearbeitungsaufgabe Austreibkeil

Für die nebenstehende Morsekegelaufnahme (MK2-Aufnahme) soll ein Austreibkeil gefertigt werden (**Bild 1**).

Die MK2-Aufnahme sitzt in der Spindel der Säulenbohrmaschine. Am anderen Ende der Aufnahme wird das Bohrfutter mithilfe eines Aufnahmedorns befestigt.

Für die Herstellung des Austreibkeils wird ein gut härbarer Werkzeugstahl verwendet.

Der Flachstab aus 90MnCrV8 soll für den Austreibkeil auf einer Länge von 145 mm abgesägt werden. Die Schräge wird mit einer Handbügelsäge vorgearbeitet und anschließend mit einer Flachfeile auf Maß gefeilt. Anschließend werden die beiden Radien hergestellt.



**Bild 1:** Austreibkeil

## 1.1 Trennen

Durch das Fertigungsverfahren Trennen wird an der Wirkstelle der Zusammenhalt von Werkstoffteilchen aufgehoben. Dies kann durch spanende Bearbeitungsverfahren oder durch Zerteilen des Werkstoffs erfolgen.



Als **Freiwinkel  $\alpha$**  bezeichnet man den freien Winkel zwischen Freifläche und Werkstückoberfläche.

Der **Keilwinkel  $\beta$**  ist der Winkel zwischen der Spanfläche und einer senkrecht zur Bearbeitungsfläche gedachten Linie.

Der **Spanwinkel  $\gamma$**  ist der Winkel zwischen der Spanfläche und einer senkrecht zur Bearbeitungsfläche gedachten Linie.

### 1.1.1 Grundlagen

Bei vielen Trennverfahren dringt das Werkzeug in einen Werkstoff ein. Die Grundform jeder Werkzeugschneide ist der Keil (**Bild 1**). Um in den zu bearbeitenden Werkstoff eindringen zu können, muss die Schneide des Werkzeugs härter als der zu bearbeitende Werkstoff sein. Die eindringende keilförmige Schneide hebt den Werkstoffzusammenhang auf.



Werkzeugschneiden sind immer keilförmig.

### 1.1.2 Flächen und Winkel am Schneidkeil

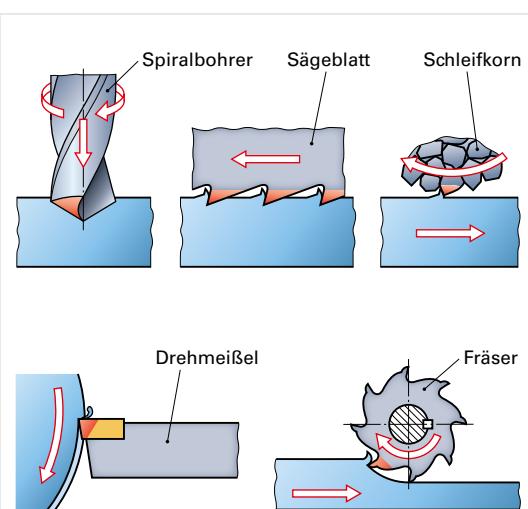
An der keilförmigen Werkzeugschneide sind der Freiwinkel  $\alpha$ , der Keilwinkel  $\beta$  und der Spanwinkel  $\gamma$  (**Bild 2**) von Bedeutung.

Der Schneidkeil wird durch die Spanfläche und Freifläche begrenzt. Als **Spanfläche** wird diejenige Fläche des Schneidkeils bezeichnet, über die der Span bei der Bearbeitung abgeführt wird.

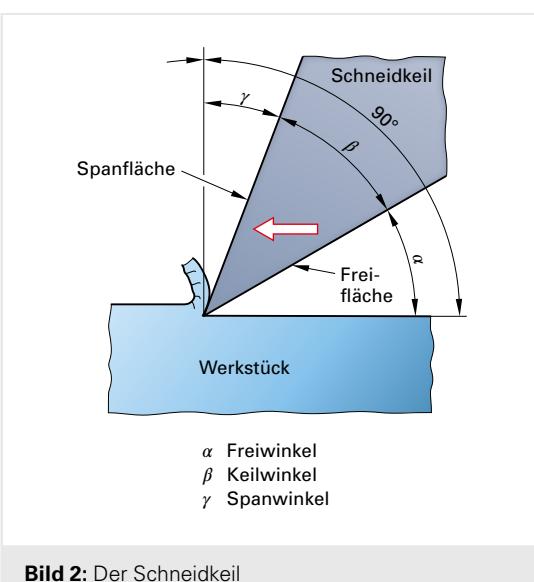
Die **Freifläche** befindet sich gegenüber der entstehenden Werkstückoberfläche.

Bei einem Freiwinkel  $\alpha = 0^\circ$  würde das Werkzeug am Werkstück stark reiben. Große Freiwinkel (zwischen  $6^\circ$  und  $15^\circ$ ) verringern die Reibung zwischen Werkstück und Werkzeug. Sie werden vor allem bei Werkstoffen angewandt, die zum Verkleben neigen. Weiterhin verschlechtern sie die Wärmeabfuhr aus dem Werkzeug und schwächen den Keilwinkel. So mit führen sie zu größerem Verschleiß.

Mit einem kleinen Keilwinkel kann das Werkzeug besser in den Werkstoff eindringen, wird aber schneller stumpf. Mit einem großen Keilwinkel ist die Schneide stabiler, wird nicht so schnell stumpf und die Wärme wird besser abgeführt.



**Bild 1:** Werkzeuge mit keilförmiger Schneide



**Bild 2:** Der Schneidkeil

Der Spanwinkel beeinflusst die Spanbildung. Er wird umso größer gewählt, je weicher der zu bearbeitende Werkstoff ist. Bei hohen Schnittgeschwindigkeiten, unterbrochenem Schnitt oder sehr harten und spröden Werkstoffen wird mit kleinen oder negativen Spanwinkeln gearbeitet.

Die Kräfte, die notwendig sind, um den Werkstoff zu trennen, sind abhängig von (**Tabelle 1**):

- der Festigkeit des Werkstoffs,
- den Winkeln an der Werkzeugschneide und
- dem Spanungsquerschnitt (Querschnitt des Spans senkrecht zur Schnittrichtung).

**Tabelle 1: Zusammenhang zwischen Keilwinkel, Werkstoff, Kraftaufwand und Haltbarkeit**

Keilwinkel	Werkstoff	Kraftaufwand	Haltbarkeit der Schneide
klein	weich	sehr klein	groß
	hart	klein	klein
groß	weich	klein	sehr groß
	hart	groß	groß



### Überlegen und beantworten Sie:

1. Geben Sie an, wie groß die Summe der drei Winkel am Keil ist.
2. Erklären Sie den Zusammenhang zwischen der Größe des Keilwinkels und der Größe der Trennkraft.
3. Erläutern Sie, welchen Einfluss der zu zerspanende Werkstoff auf die Größe des zu wählenden Spanwinkels der Werkzeugschneide hat.
4. Beschreiben Sie, welchen Einfluss die Größe des Keilwinkels auf die Schneidwirkung der Werkzeugschneide besitzt. Schlussfolgern Sie daraus, welche Größe beim Schruppen bzw. Schlichten gewählt wird.
5. Erläutern Sie den Einfluss eines großen Freiwinkels auf die Werkzeugschneide.
6. Beschreiben Sie die Spanabnahme bei einem negativen Spanwinkel.
7. Erklären Sie die Bedeutung der Winkel am Schneidkeil und erläutern Sie die Wirkung auf das Werkzeug.
8. Im Regelfall ist die Summe der drei Winkel am Schneidkeil  $90^\circ$ . Wie erklärt sich in diesem Zusammenhang der Begriff „negativer Spanwinkel“?
9. Bei einigen Arbeitsschritten ist es notwendig, einen Schneidkeil mit schabender Wirkung einzusetzen. Skizzieren Sie einen Schneidkeil mit schabender Wirkung. Kennzeichnen Sie den Freiwinkel, den Keilwinkel und den Spanwinkel.
10. Erklären Sie, warum es nicht möglich ist, eine hohe Standzeit und ein sehr gutes Zerspanvermögen gleichzeitig zu erreichen.

## 1.2 Manuelles Spanen – Spanende Werkstoffbearbeitung von Hand

Das Wort „manuell“ bedeutet „von Hand“. Unter manuellem Spanen versteht man spanabhebende Arbeitstechniken, bei denen die Fachkraft mit seinem handwerklichen Können eine wichtige Rolle spielt. In der heutigen Arbeitswelt haben Maschinen, maschinenähnliche Hilfsmittel und Werkzeuge die führende Bedeutung eingenommen. Die manuellen Bearbeitungsverfahren finden immer noch ihren Einsatz im Bereich der Einzelanfertigung, im

Modellbau sowie bei Reparatur- und Wartungsarbeiten.



Die manuellen, also die handwerklichen Techniken wie das Meißeln, das Sägen, das Feilen, das Schaben und das Gewindeschneiden sind noch nicht ausgestorben.

## 1.2.1 Meißeln

Meißeln ist eine der ältesten Fertigkeiten zur Bearbeitung von Werkstoffen. Meißeln ist das Bearbeiten von Werkstoffen mit einem keilförmig geschliffenen Werkzeug. Die Trennwirkung wird durch das Schlagen mit einem Hammer auf den Meißelkopf erzielt. Der Meißel ist ein einschneidendes Werkzeug mit einer keilförmigen Schneide (**Bild 1**). Der Meißelkopf ist verjüngt und ballig.

Mit dem Meißel kann man Werkstoffe trennen oder zerspanen, d.h. die Werkstückoberfläche bearbeiten. Meißel bestehen in der Regel aus unlegiertem Werkzeugstahl mit einem Kohlenstoffgehalt bis ca. 0,9 %. Meißel werden durch Schmieden hergestellt. Im Bereich der Schneide wird der Meißel gehärtet, während der Meißelkopf und der Meißelschaft weich bleiben. Auf diese Weise werden Absplitterungen durch Hammerschläge vermieden. Des Weiteren wird durch den weichen Kopf das Rückfedern des Hammers stark verringert. Der Keilwinkel der Meißelschneide liegt zwischen 50° und

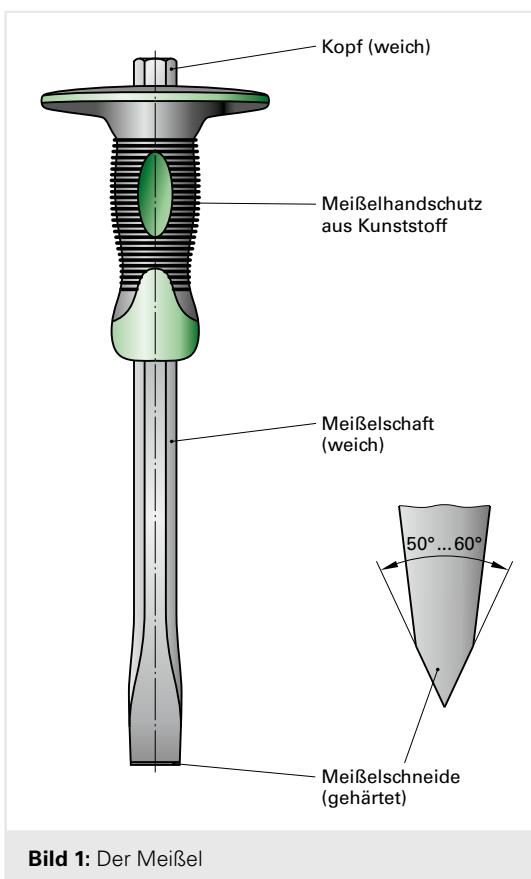
60°. Zur Bearbeitung von mittelhartem Stahl wird ein Meißel mit einem Keilwinkel von etwa 60° eingesetzt. Der Span- und der Freiwinkel werden von der Meißelhaltung bestimmt.

Beim Trennen dringt der Meißel senkrecht (im 90°-Winkel) in das Werkstück ein und bricht den Werkstoff auseinander. Beim Spanen wird der Meißel flacher auf die Werkstückoberfläche angesetzt. Die Schneide dringt hierbei ebenfalls in das Werkstück ein und hebt dabei Späne ab (**Bild 2**).

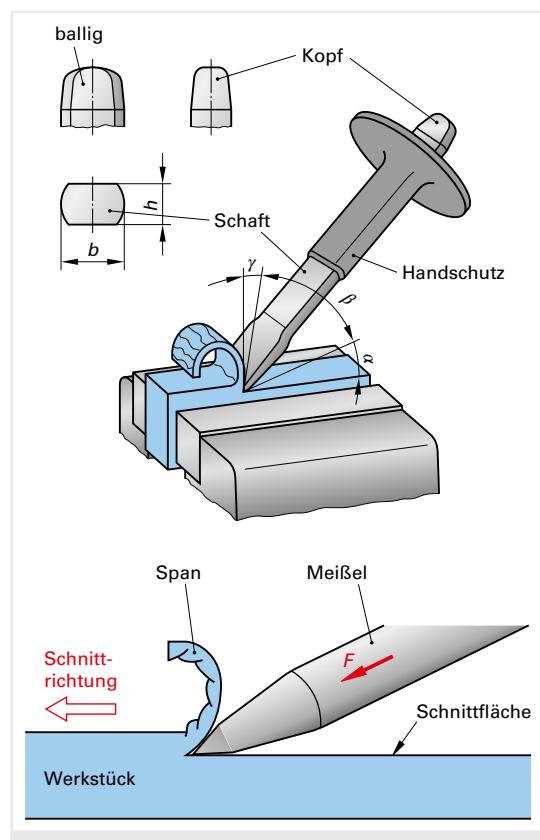


### Arbeitsregeln:

- Nur Meißel mit einwandfreier Schneide und einen einwandfreien Hammer verwenden.
- Der Meißelkopf darf keinen Grat aufweisen (**Bild 1**).
- Schutzbrille und Handschuhe tragen.
- Wenn möglich immer einen Meißel mit Handschutz verwenden (**Bild 1**).
- Beim Meißeln immer auf die Schneide blicken.



**Bild 1:** Der Meißel



**Bild 2:** Vorgang beim Meißeln



## Überlegen und beantworten Sie:

1. Nennen Sie verschiedene Meißelarten und geben Sie deren Verwendungszweck an.
2. Beschreiben Sie das Arbeiten beim Trennen mit dem Meißel.
3. Erklären Sie, wie Sie beim Meißeln eine gleichmäßige Spandicke erreichen können.
4. Geben Sie Arbeitsregeln für das Zerspanen mit dem Meißel an.
5. Erklären Sie, warum Sie beim Einsatz von Meißeln immer einen Meißel mit Handschutz auswählen sollten.
6. Bei intensiver Nutzung von Meißeln kann sich am Meißelkopf ein Grat ausbilden. Beschreiben Sie, wie dieser Grat fachmännisch entfernt werden kann.
7. Begründen Sie, warum Sie beim Meißeln immer eine Schutzbrille tragen sollen.
8. Sizzieren Sie eine Meißelschneide mit einem Keilwinkel von  $40^\circ$  und eine Meißelschneide mit einem Keilwinkel von  $55^\circ$ . Bei welchem Meißel sind die Trennkräfte größer? Weisen Sie Ihr Ergebnis zeichnerisch nach.
9. Sie haben eine neue Lieferung von Handmeißeln bekommen. Um sie gegen Korrosion zu schützen, sind die Meißel eingefettet. Worauf sollten Sie beim ersten Einsatz der Meißel achten?
10. Durch viele Meißelarbeiten ist die Schneide des von Ihnen genutzten Meißels abgestumpft. Sie möchten den Meißel gerne am Schleifstein wieder schärfen. Was sollten Sie beim Nachschärfen der Meißelschneide beachten?

## 1.2.2 Feilen

Feilen ist ein vielschneidiges spanendes Fertigungsverfahren. Das Werkzeug besitzt eine Vielzahl dicht hintereinander und nebeneinander liegender geometrisch bestimmter Schneiden. Als geometrisch bestimmte Schneide werden Werkzeugschneiden bezeichnet, deren Winkel und Längen genau vorgegeben sind. Durch Bewegen der Feile in Schnitttrichtung und gleichzeitiges Ausüben eines Schnittdrucks dringen die Schneiden der Feile in den Werkstoff ein und heben kleine Späne ab. Beim Zurückführen der Feile wird kein Druck ausgeübt.

Das Feilen wird zunehmend durch maschinelle Fertigungsverfahren ersetzt, insbesondere durch

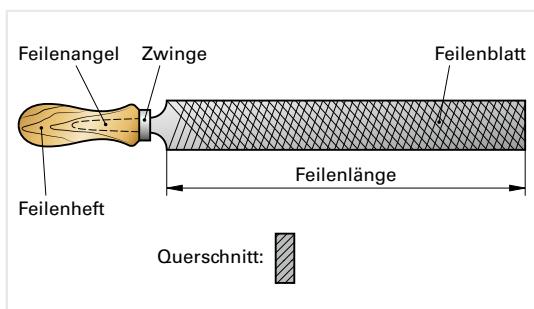
Fräsen, Schleifen und Erodieren. Heute kommt das Feilen noch bei Einzelanfertigungen, Passarbeiten, Schärfen von Schneiden, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten zum Einsatz. Mit Feilen können in kurzer Zeit unterschiedliche Materialien und Konturen bearbeitet werden.



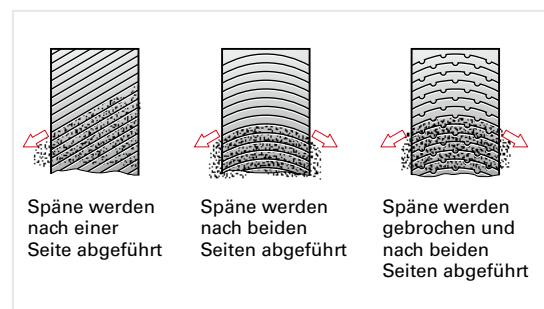
Die häufigsten Anwendungsfälle von Feilarbeiten sind Entgrat- und Passarbeiten.

## // Aufbau

Die Feile besteht aus dem Feilenheft, der Angel und dem gehärteten Feilenblatt (**Bild 1**).



**Bild 1:** Aufbau einer Feile



**Bild 2:** Hiebanordnung

## // Hieb

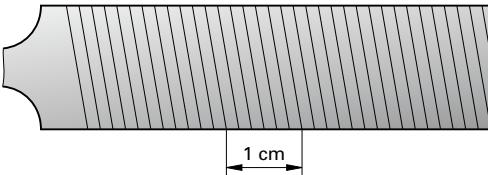
Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal sind die Einkerbungen auf dem Blatt der Feile, die sogenannten Hiebe. Sie sorgen beim Feilvorgang für den Spanabtrag. Die Hiebe können unterschiedlich angeordnet werden und erzielen so unterschiedliche Effekte. Sie können bogenförmig, schräg oder gerade verlaufen (**Bild 2, Seite 12**). Die schräge und bogenförmige Anordnung der Hiebe ergibt eine bessere Werkstückoberfläche.

Die Hiebe können eingehauen oder eingefräst sein. Bei gehauenen Hieben (**Bild 1**) werden die einzelnen Vertiefungen durch Verformung des Blatts in die Feile gebracht. Früher wurden die gehauenen Hiebe mithilfe von Hammer und Meißel gefertigt. Heute werden diese Feilen maschinell durch Schmieden hergestellt. Die gehauenen Feilenzähne haben je nach Hiebteilung einen negativen Spanwinkel von  $-2^\circ$  bis  $-15^\circ$ . Folglich schaben sie über die Werkstückoberfläche und erzielen eine gute Oberflächengüte. Sie werden bei harten Werkstoffen eingesetzt.

Gefräste Hiebe (**Bild 2**) werden, wie der Name schon verrät, in das Blatt eingefräst. Dadurch sind Zahnformen möglich, die einer Säge ähneln und einen positiven Spanwinkel aufweisen. Durch diese Form schneiden sie den Werkstoff und eignen sich für einen schnellen Arbeitsfortschritt. Sie werden für weiche Werkstoffe verwendet.

## // Hiebzahl und Hiebnummer

Als Hiebzahl wird der Abstand zweier aufeinanderfolgender Zähne bezeichnet (**Bild 3**).



**Bild 3:** Hiebzahl

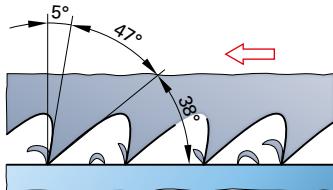


### Eigenschaften der Zahnformen

#### Gehauene Feilen

Bei gehauenen Feilen entstehen die Schneiden durch „Einhauen“ von Kerben in das Feilenblatt. Sie besitzen folgende Eigenschaften:

- preiswerte Herstellung
- geringere Schneidfähigkeit als gefräste Feilen
- geeignet für härtere Werkstoffe, z.B. Stahl, Grauguss, Messing usw.

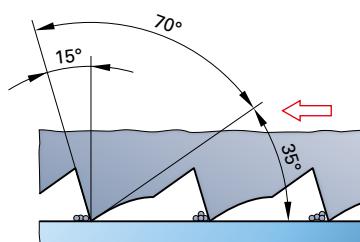


**Bild 1:** Gehauene Zahnform

#### Gefräste Feilen

Die Schneiden werden durch Fräsen hergestellt. Sie besitzen folgende Eigenschaften:

- gute Schneidfähigkeit
- teuer
- geeignet für weiche Werkstoffe, z.B. Aluminium, Kupfer, Kunststoffe



**Bild 2:** Gefräste Zahnform

Je höher die Hiebzahl ist, desto kleiner ist der Abstand zwischen den Kerben. Bei Raspeleilen (**Bild 1**) wird die Anzahl der Zähne pro cm<sup>2</sup> angegeben.

Die Hiebnummer legt die mögliche Hiebzahl, die sich auf dem Feilenblatt befinden darf, fest. Hierbei wird immer von der Gesamtlänge der Feile ausgegangen. Das hat den Nachteil, dass eine kurze Feile dieselbe Hiebnummer wie eine doppelt so lange Feile haben kann, obwohl die Hiebzahl viel höher ist. Dadurch lassen sich die unterschiedlichen Feilen nur schwer miteinander vergleichen.

Die Unterteilung der Feilen erfolgt nach Hiebnummer und Hiebzahl. Zusätzlich haben die Feilen einen Namen (**Tabelle 1**).



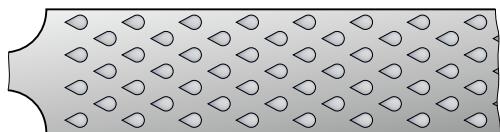
### Auswahl der Hiebzahl

Bei weichen Werkstoffen oder bei Schrubbearbeitung:

⇒ grober Hieb mit großer Zahnteilung

Bei harten Werkstoffen oder bei Schlichtbearbeitung:

⇒ feiner Hieb mit kleiner Zahnteilung



**Bild 1:** Feilenblatt mit Raspelhieb

### Einziehbige Feilen

- große Zerspanleistung
- hoher Kraftaufwand erforderlich
- für weiche Werkstoffe geeignet, z.B. Zinn, Zink, Blei etc.
- überwiegend bei gehauenen Feilen

### Kreuzziehbfeilen

- Ober- und Unterhieb verlaufen kreuzweise, dadurch entstehen viele kleine Schneiden.
- Durch die versetzt angeordneten Schneiden wird eine Riefenbildung vermieden.
- kleine Späne
- eignen sich zur Bearbeitung härterer Werkstoffe, z.B. Stahl, Grauguss, Messing etc.
- geringerer Kraftaufwand erforderlich

Der Kreuzhieb entsteht durch zweimaliges Hauen des Feilenblatts. Zuerst wird der Unterhieb und anschließend der Oberhieb eingehauen. Es entstehen versetzt angeordnete Zähne, wodurch eine Riefenbildung beim Feilen vermieden wird.

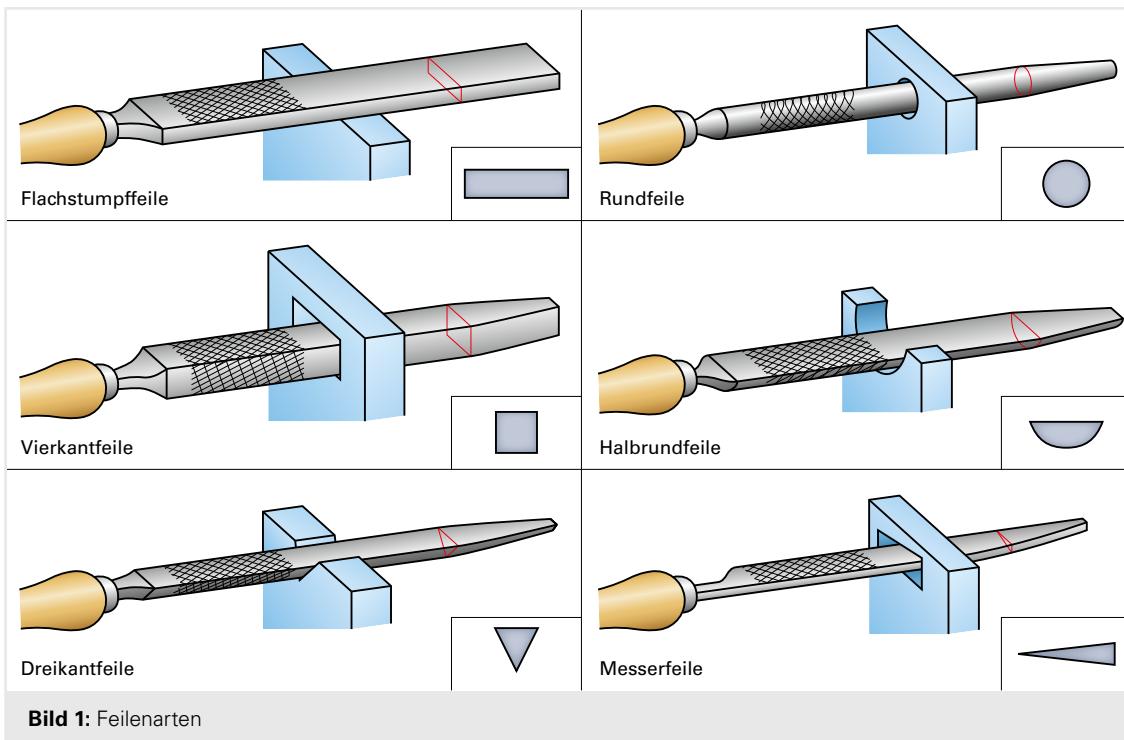


Alle linienförmig oder bogenförmig angeordneten Zähne einer Feile werden als Hiebe bezeichnet.

**Tabelle 1: Hiebnummern und Hiebzahlen für gehauene Feilen**

Hiebnummer	Hiebzahl	Feinheit/Grobheit	Feilenbezeichnung	Verwendung
0	4,5–10	grob	Grobfeile/Doppelbastardfeile	Vorfeilen
1	5–17	mittelgrob	Schrupfeile/Bastardfeile	Vorfeilen
2	9–25	mittelfein	Halbschlüchtfeile	Vorschichten
3	13–35	halbfein	Schlüchtfeile	Schlüchten
4	25–50	fein	Doppelschlüchtfeile	Passarbeiten
5	35–71	sehr fein	Feinschlüchtfeile	feinsten Passarbeiten

Bei gefrästen Feilen unterscheidet man die Zahnungen 1, 2, 3 für grob, mittel und fein.

**Bild 1:** Feilenarten**Raspelhiebfeilen**

- einzelne, punktförmige nicht zusammenhängende zahnartige Erhöhungen
- Zähne stehen relativ weit auseinander.
- Sie reißen anstatt zu schneiden.
- eignen sich zur Bearbeitung von Holz, Leder, Kork, Gummi, Kunststoff und Stein

Feilen werden nach ihrer Länge, der Hiebzahl, der Hiebart und auch nach ihrer Querschnittsform (flach, dreikant, halbrund, rund, messerförmig) unterschieden (**Bild 1**). Die Auswahl erfolgt nach dem Anwendungszweck.

Für spezielle Anwendungen gibt es noch individuell angefertigte Feilen, die nicht nach der Norm eingeteilt werden.

**Arbeitsregeln**

- Das zu bearbeitende Werkstück sicher in einen Schraubstock spannen.
- Beim Feilen darf das Feilenheft nicht an den Schraubstock stoßen.
- Das Heft muss fest auf der Angel sitzen und darf keine Risse aufweisen.
- Bei grobhiebigen Feilen wird eine Feilenbürste, bei feinhiebigen Feilen wird Kupfer oder Messing zum Säubern benutzt.

**Überlegen und beantworten Sie:**

1. Nennen Sie Merkmale von Feilen zur Bearbeitung weicher Werkstoffe.
2. Benennen Sie die Bauteile einer Feile.
3. Erklären Sie die Unterschiede zwischen gehauenen und gefrästen Feilen.
4. Begründen Sie, warum Feilen kreuzhiebig gehauen werden.
5. Beschreiben Sie, welche Eigenschaft der Feile durch die Hiebzahl beeinflusst wird. Nennen Sie Beispiele.

### 1.2.3 Sägen mit handgeführten Werkzeugen

Sägen ist Spanen mit einem vielzahnigen Werkzeug mit geometrisch bestimmten Schneiden. Die Schnittbewegung kann gerade oder kreisförmig sein. Durch die Schnittbewegung dringt das Sägeblatt in den Werkstoff ein und es entsteht eine schmale Nut. Sägen wird zum Ablängen von Stangen- und Profilmaterial sowie zum Herstellen von Nuten und Schlitzen angewendet.

auch Tothub oder Leerhub genannt, wird keine Schneidarbeit geleistet. Deshalb entstehen Leerlaufzeiten. Durch die begrenzte Länge der Sägeblätter sind meist nur wenige Zähne im Einsatz. Infolgedessen reduziert sich die Standzeit der Sägeblätter. Die beim Zerspanen entstehenden Späne sammeln sich in den Zahnlücken und werden aus dem gesägten Schlitz herausgeführt (**Bild 1**).



Ein typisches Werkzeug für dieses Sägeverfahren ist die Bügelsäge.

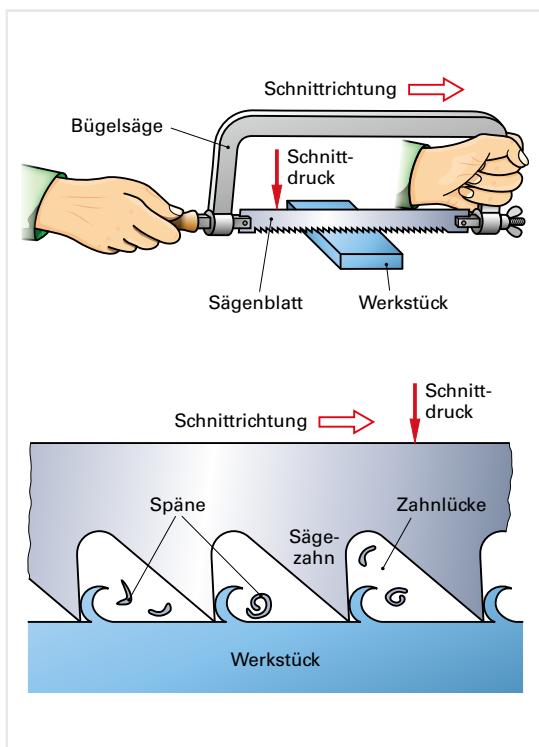
#### // Verfahren

##### Sägen mit geradem Sägeblatt

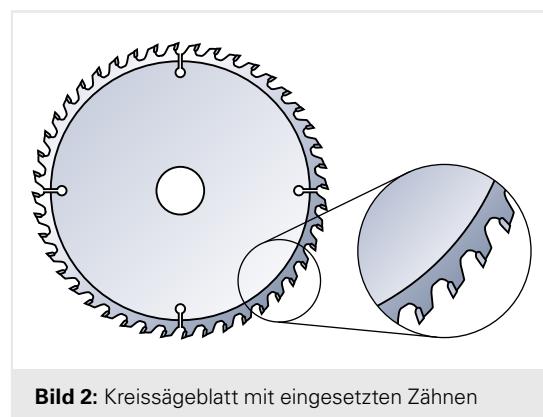
Durch die hin- und hergehende Bewegung des Sägeblatts und gleichzeitigen Schnittdruck senkrecht zur Schnittrichtung dringen die Schneiden in den Werkstoff ein. Dabei ist das Sägeblatt nur in einer Richtung im Schnitt. Zur Vermeidung von Schäden an den Schneiden muss das Sägeblatt beim Rückhub ohne Druck geführt werden. Beim Rückhub,

##### Sägen mit dem Kreissägeblatt

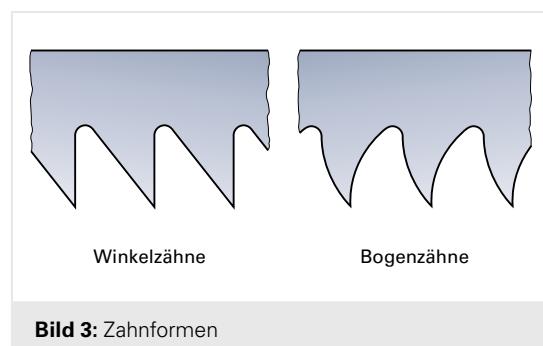
Bei Kreissägen kommen Kreissägeblätter (**Bild 2**) zum Einsatz. Bei den Kreissägeblättern unterscheidet man Stahlvollblätter, bei denen das ganze Blatt aus dem gleichen Werkstoff besteht, und Sägeblätter mit eingesetzten Zähnen aus Schnellarbeitsstahl oder aus Hartmetall. Durch die kreisförmige Schnittbewegung des Kreissägeblatts gibt es keinen Leerhub.



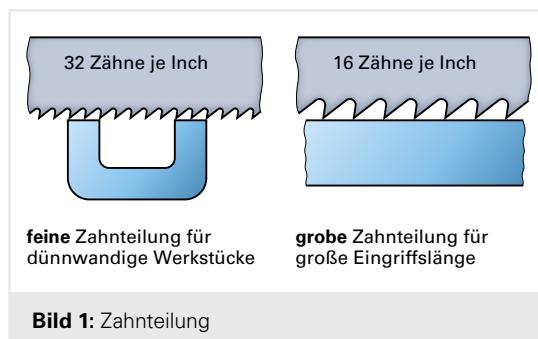
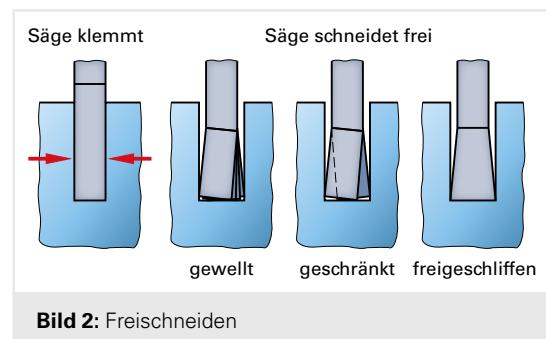
**Bild 1:** Sägeschnitt, am Beispiel der Bügelsäge



**Bild 2:** Kreissägeblatt mit eingesetzten Zähnen



**Bild 3:** Zahnformen

**Bild 1:** Zahnteilung**Bild 2:** Freischneiden

## // Zahnform

Man unterscheidet nicht nur die Anzahl der Zähne und deren Spanraum und Spanwinkel, sondern auch die Zahnform. Im Allgemeinen wird zwischen den beiden Zahnformen Winkelzähne mit ebenen Zahnoberflächen und Bogenzähne mit gebogenen Zahnoberflächen unterschieden (**Bild 3, Seite 16**).

Die Wahl der Zahnform ist vom zu bearbeitendem Werkstoff abhängig. Die bogenförmigen Sägezähne sind durch ihre Form widerstandsfähiger als die winkelförmigen Zähne. Bei Maschinensägeblättern kommen im Regelfall Sägeblätter mit der bogenförmigen Zahnform zum Einsatz, da hier die auftretenden Kräfte größer sind.



Beide Zahnformen werden sowohl bei Hand- als auch bei Maschinensägeblättern verwendet.

Daneben gibt es insbesondere bei den Maschinensägeblättern noch weitere Zahnformen, die auf bestimmte Materialien oder besonders hohe Sägeleistungen ausgelegt sind.

## // Zahnteilung

Die Größe des Spanraums ist abhängig von der Zahnform, den Winkeln an der Schneide und vom Abstand der Zähne zueinander. Je kleiner der Abstand zueinander, desto kleiner wird der Spanraum. Dieser Abstand wird Zahnteilung genannt.



$$\text{Zahnteilung} = \frac{\text{Anzahl der Zähne}}{\text{Bezugslänge}}$$

Bei Sägeblättern wird als Bezugslänge zur Bestimmung der Zahnteilung in der Regel in Inch (1 Inch = 25,4 mm) (**Bild 1**) angegeben.

**Tabelle 1:** Werkstoff und Zahnezahl

Werkstoff	Zahnezahl/25,4 mm
Leichtmetalle, Zinn, Kupfer, Kunststoffe	14 ... 16
Stahl, mittlere Härte, Messing	22
härtere Stähle	32

Für weiche Werkstoffe ist die Zahnteilung größer als für harte Werkstoffe, weil hier ein größeres Spanvolumen je Schnitt abtransportiert werden muss. Bei harten Werkstoffen ist das Spanungsvolumen kleiner, dafür sind aber mehr Zähne gleichzeitig im Eingriff (**Tabelle 1**).

## // Freischneiden

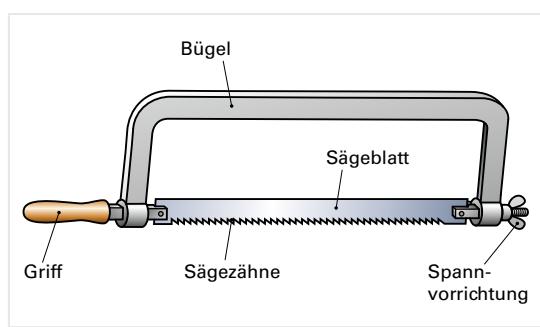
Beim Eindringen des Sägeblatts in das Werkstück erwärmt sich das Sägeblatt durch die Reibung an den Seiten sehr stark. Durch die Wärmedehnung würde sich das Sägeblatt nach kurzer Zeit festklemmen. Damit dies verhindert wird, muss die Schnittfuge breiter als die Dicke des Sägeblatts sein (**Bild 2**). Dies kann durch das Schränken der Zähne, d.h. abwechselnd nach links und rechts ausgebogen, oder durch das Wellen des Sägeblatts erreicht werden. Beim gewellten Sägeblatt werden jeweils sechs bis acht Zähne in Wellenform nach links und rechts „ausgebogen“. Eine weitere Möglichkeit, ein Festklemmen des Sägeblatts zu vermeiden, ist das Hinter- oder Freischleifen. Gewellte Sägeblätter findet man meist bei Handsägeblättern und bei Sägeblättern mit feiner Zahnteilung. Ge-schränkte Sägeblätter werden im Regelfall bei Maschinensägeblättern eingesetzt.

### // Handbügel- und Handsägemaschinen

Die Sägen in der manuellen Zerspanung können in die beiden Gruppen Handbügelsägen und Handsägemaschinen eingeteilt werden.

#### Handbügelsägemaschinen

Für einfache Sägearbeiten im Maschinenbaubereich werden Handbügelsägen (**Bild 1**) verwendet. Sie bestehen aus dem Spannbügel, dem eingespannten Sägeblatt und dem Heft. Die Sägeblätter lassen sich einfach auswechseln und sind oft beidseitig verzahnt, sodass sie gewendet werden können.



**Bild 1:** Handbügelsäge

#### Handsägemaschinen

Für universelle Arbeiten, die sonst mit der Bügelsäge durchgeführt werden, können oftmals Handsägemaschinen (**Bild 2**) eingesetzt werden. Dazu gehören die Elektrostichsäge, die Elektropendelhubsäge und die Handkreissäge. Die Handkreissäge wird meist in der Holzverarbeitung eingesetzt.



#### Arbeitsregeln:

- Sichtprüfung der Säge durchführen.
- Sägeblätter immer fest einspannen.
- Das Werkstück fest und nahe der Schnittstelle einspannen.
- Späne nicht mit der Hand entfernen.
- Der Daumen darf nicht als Führung der Säge eingesetzt werden.
- Säge leicht schräg nach vorn geneigt führen.



**Bild 2:** Handsägemaschinen



#### Überlegen und beantworten Sie:

1. Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen der Zahnteilung des Sägeblatts und den zu bearbeitenden Werkstoffen.
2. Beschreiben Sie, wie die Zahnteilung bei einem Sägeblatt bestimmt wird.
3. Welche Aufgabe hat der Freischnitt bei Sägeblättern?
4. Durch welche Maßnahmen wird bei Sägeblättern das Freischneiden erreicht?
5. Erklären Sie, welche Winkel am Schneidekeil verändert werden müssen, um den Spanraum zu vergrößern?
6. Nennen Sie Vorteile einer Kreissäge gegenüber einer Maschinenbügelsäge.
7. Beschreiben Sie, welche Schwierigkeiten beim Sägen dünnwandiger Werkstücke auftreten können.
8. In welche Arbeitsrichtung sollte die spanende Wirkung des Sägeblattes sein?
9. Erklären Sie den Begriff Aushub in Zusammenhang mit den Arbeiten einer Bügelsäge.
10. Beim Sägen mit der Handbügelsäge erwärmt sich das Sägeblatt sehr stark.
11. Geben Sie eine Erklärung für diesen Vorfall.



## 1.2.4 Zerteilen

Zerteilen ist mechanisches Trennen von Werkstücken ohne Entstehung von Spänen. Die Vorteile gegenüber vergleichbaren spanenden Trennverfahren sind die Arbeits- und Materialersparnis sowie die geringe Nacharbeit.

In der industriellen Praxis sind folgende Verfahren weit verbreitet:

- Scherschneiden
- Messerschneiden
- Beißschneiden



Zerteilen ist ein Trennverfahren ohne Spanbildung.

### // Scherschneiden

Scherschneiden (**Bild 1**) ist ein spanlos trennendes Fertigungsverfahren. Es dient zum Teilen und Zuschneiden von dünnen Blechen und kommt vor allem in der Blechverarbeitung zum Einsatz. Das Scherschneiden hat vor allem in der Blechverarbeitung eine große wirtschaftliche Bedeutung.

### // Schneidvorgang

Beim Schneidvorgang bewegen sich zwei Schneiden gegenläufig zueinander. Die beiden Schneiden werden mit einem geringen Abstand aneinander vorbeigeführt. Dabei dringen sie in den Werkstoff ein und kerben ihn ein. Durch die weitere Erhöhung

der Schnittkraft bricht der Werkstoff im geschwächten Querschnitt und schert ab. Bei diesem Verfahren können die Werkstücke eine nicht unerhebliche Form- und Maßabweichung erhalten.

Der Schervorgang lässt sich in drei Phasen unterteilen:

#### • Verformungsphase

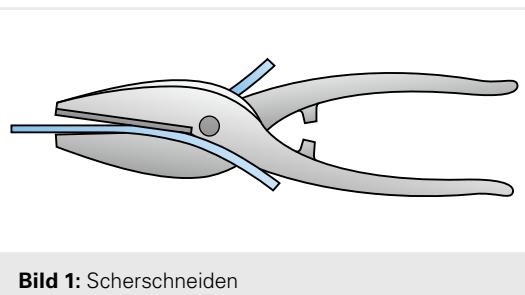
Die beiden Schneiden kerben den Werkstoff ein. Es kommt zu einer elastischen Verformung des Werkstoffs.

#### • Schnittphase

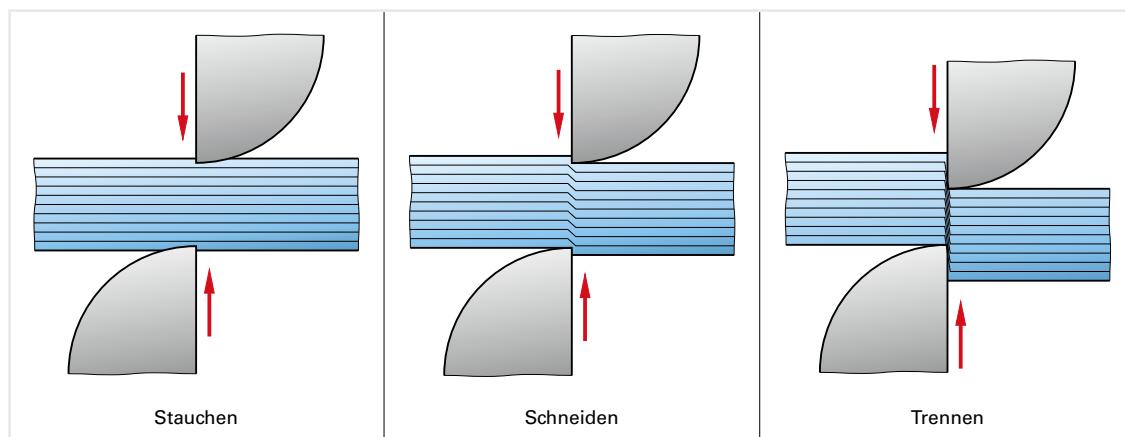
Die beiden Schneiden dringen tiefer in den Werkstoff ein. Es kommt zu einer plastischen Verformung des Werkstoffs.

#### • Bruchphase

Durch die weitere Erhöhung der Schnittkraft bilden sich entlang der Schneidkanten Risse, die zum Durchreißen (Bruch) im geschwächten Querschnitt führen. Der Schneidvorgang ist in **Bild 2** dargestellt.

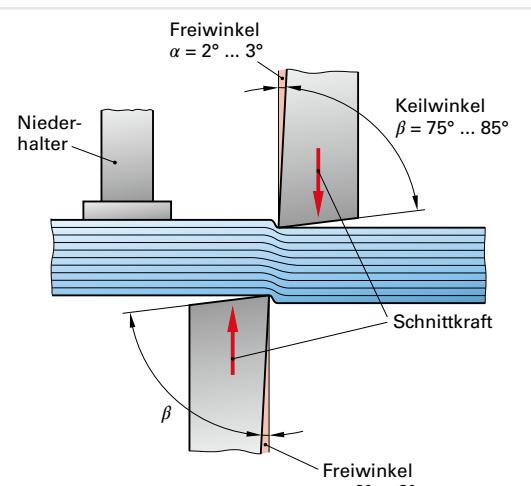


**Bild 1:** Scherschneiden

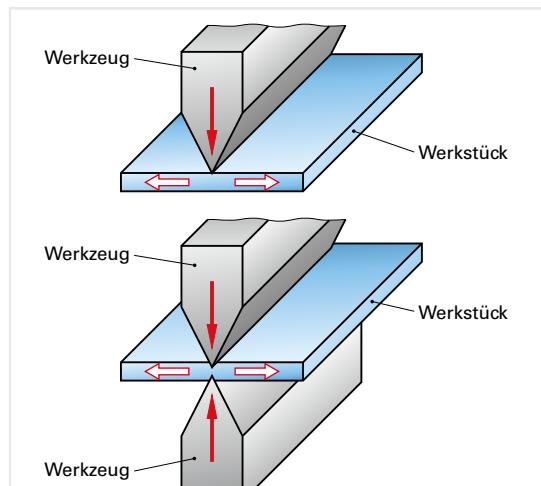


**Bild 2:** Schervorgang





**Bild 1:** Winkel an Schermessern



**Bild 2:** Messer- und Beißschneiden

### // Winkel an den Schermessern

Die Schneiden der Schermesser haben eine Keilform, ähnlich der Schneiden spanender Werkzeuge (**Bild 1**).

Zur Verringerung der Reibung zwischen der Werkstückoberfläche und der keilförmigen Werkzeugschneide beträgt der Freiwinkel  $\alpha = 2^\circ \dots 3^\circ$ .

### // Messerschneiden – Beißschneiden

Messerschneiden, auch Keilschneiden genannt, ist das Zerteilen von Werkstücken mit einer meist keilförmigen Schneide. Beißschneiden ist das Zerteilen von Werkstücken zwischen zwei sich aufeinander zubewegenden keilförmigen Schneiden (**Bild 2**).

### // Hand- und Tafelscheren

Handscheren bestehen aus zwei Schneiden mit entsprechend ausgebildeten Schneidkeilen. Sie bewegen sich während des Schneidvorgangs aneinander vorbei. Die Schneiden der Handscheren zerteilen den Werkstoff kontinuierlich entlang der Schneiden.



- Maschinenscheren werden für längere Schnitte und dicke Bleche eingesetzt.
- Hebelscheren werden für kurze und lange Schnitte bei Blechdicken bis 10 mm eingesetzt.



**Bild 3:** Hand-, Hebel- und Tafelblechscheren

Tafelblechscheren dienen der Zerteilung von Blechtafeln. Der Antrieb erfolgt mechanisch oder hydraulisch. Tafelscheren können für sehr große Schnittleistungen gebaut werden. Sie werden bis zu einer Blechdicke von 50 mm und einer Schnittlänge von bis zu 10000 mm eingesetzt (**Bild 3**).



#### Unfallverhütung

- Hebel- und Tafelscheren dürfen wegen der Kipgefahr nicht ohne Niederhalter verwendet werden.
- Der Hebel der Hebelschere werden gegen Herabfallen gesichert. Sicherungseinrichtungen wie Haken, Federn, Hebel usw. dürfen nicht entfernt werden.