



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

Metaltechnik 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

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
	<ul style="list-style-type: none">• 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 dankbar.

Inhalt

1 Manuelle Fertigungsverfahren

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

2 Maschinelle Fertigungsverfahren

2.1 Sägen mit Maschinen	37
2.1.1 Bandsägemaschinen	37
2.1.2 Kreissägemaschinen	39
2.1.3 Bügelsägemaschinen	39
2.2 Bohren	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
2.3 Fräsen	56
2.3.1 Fräsverfahren	56
2.3.2 Fräswerkzeuge und Schnittgrößen ..	59
2.3.3 Konventionelle Fräsmaschinen	64
2.4 Drehen	69
2.4.1 Drehverfahren	69

2.4.2 Fertigung des Gewindebolzen 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

3.1 Bedeutung und Grundbegriffe	92
3.1.1 Prüfarten	93
3.1.2 Prüfmittel	93
3.2 Größen und Einheiten	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
3.3 Toleranzen und Passungen	97
3.3.1 Toleranzarten	97
3.3.2 ISO-System für Grenzmaße und Passungen	99
3.4 Handmessgeräte	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
3.5 Endmaße	110
3.6 Lehren	111
3.6.1 Grenzlehren	112
3.6.2 Formlehren	113
3.7 Messbedingungen	114
3.8 Messmittelfähigkeit	115
3.9 Prüfplan und Prüfprotokoll	116
3.9.1 Prüfplan	116
3.9.2 Prüfprotokoll	117

3.10 Oberflächenprüfung	119
3.10.1 Tastschnittverfahren	119
3.10.2 Oberflächen-Profil diagramme und Kennwerte	120
3.10.3 Praxis	121
3.11 Geometrische Produktspezifikation (GPS)	123
3.12 Form- und Lageprüfung	124
3.13 Qualitätsmanagement	129
3.14 Überprüfen Sie Ihre Kompetenz.	130
3.15 Discover your profession in English. ...	132

4 Fügen von Funktionseinheiten

4.1 Funktion eines technischen Systems	134
4.2 Maschinen als technische Systeme	136
4.2.1 Kraftmaschinen	136
4.2.2 Arbeitsmaschinen	137
4.2.3 Datenverarbeitungsanlagen	137
4.3 Fügen	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

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

6 Automatisierungstechnik

6.1 Pneumatik	178
6.1.1 Baugruppen und Grundfunktionen einer Pneumatikanlage.	179
6.1.2 Baugruppe Druckluftherzeugung und Druckaufbereitung	180

6.1.3 Baugruppe Steuerung	182
6.1.4 Baugruppe Arbeitselemente	187
6.1.5 Der pneumatische Schaltplan	194
6.1.6 Prozessschritte bei der Planung einer Pneumatikanlage	197
6.1.7 Pneumatische Bauteile für Zeitverzögerung und Druckschaltung .	205
6.1.8 Funktionsplan für Abläufe – GRAFCET DIN EN 60848	208
6.2 Elektropneumatik	210
6.2.1 Bauelemente elektrischer Kontaktsteuerungen.	210
6.2.2 Stromlaufpläne	216
6.2.3 Elektrische Grundsaltungen – logische Grundfunktionen	218
6.2.4 Verdrahtung der Elektrobauteile	221
6.3 Überprüfen Sie Ihre Kompetenzen. ...	223
6.4 Discover your profession in English. ...	226

7 Instandhaltung

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

8 Elektrotechnik

8.1 Der elektrische Stromkreis	260
8.1.1 Die elektrische Spannung	261
8.1.2 Der elektrische Strom	262
8.1.3 Der elektrische Widerstand	264

8.2	Anschluss elektrischer Geräte	266	9.8.3	Einteilung der Stähle nach Güteklassen	303
8.2.1	Reihenschaltung	266	9.9	Stähle und Gusseisenwerkstoffe	304
8.2.2	Parallelschaltung	267	9.9.1	Stahlbaustähle	304
8.3	Betrieb elektrischer Anlagen	269	9.9.2	Maschinenbaustähle	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
8.4	Fehler in elektrischen Anlagen	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	9.10	Nichteisenmetalle (NE-Metalle)	313
8.4.3	Schutzmaßnahmen im Umgang mit elektrischem Strom	273	9.10.1	Kupfer und Kupferlegierungen	313
8.5	<i>Überprüfen Sie Ihre Kompetenz.</i>	276	9.10.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen	315
8.6	<i>Discover your profession in English.</i>	280	9.10.3	Weitere NE-Metalle	316
9	Werkstofftechnik		9.11	Kunststoffe (Plaste, Plastik)	318
9.1	Einführung in die Werkstofftechnik	282	9.11.1	Innerer Aufbau und Einteilung	318
9.2	Übersicht der Werkstoffe	284	9.11.2	Thermoplaste	319
9.3	Einteilung der Werkstoffe	285	9.11.3	Duroplaste	320
9.4	Eigenschaften der Werkstoffe	286	9.11.4	Elastomere (Gummi, Elaste)	320
9.4.1	Physikalische Eigenschaften	286	9.12	Verbundwerkstoffe	321
9.4.2	Mechanisch-technologische Eigenschaften	288	9.13	<i>Überprüfen Sie Ihre Kompetenz.</i>	322
9.4.3	Fertigungstechnische Eigenschaften	291	9.14	<i>Discover your profession in English.</i>	324
9.4.4	Chemisch-technologische Eigenschaften	292	10	Technische Kommunikation	
9.4.5	Gesundheitliche Unschädlichkeit und Umweltverträglichkeit	293	10.1	Technische Unterlagen für einen Arbeitsauftrag	326
9.5	Werkstoffauswahl	294	10.1.1	Skizzen, Teilzeichnungen und Sammelzeichnungen	326
9.6	Herstellung der technischen Werkstoffe	296	10.1.2	Baugruppenzeichnung, Gesamtzeichnung, Stückliste	327
9.6.1	Grundlagen der Werkstoffgewinnung	296	10.2	Allgemeine Darstellungsregeln für technische Zeichnungen	328
9.6.2	Roheisengewinnung	297	10.3	Normen in der technischen Kommunikation	330
9.6.3	Stahlherstellung	298	10.4	Arbeitspläne	330
9.6.4	Verarbeitung zu Stahlerzeugnissen	299	10.5	Grundlagen des technischen Zeichnens	331
9.7	Der innere Aufbau der Metalle	300	10.5.1	Linienarten	331
9.8	Einteilung der Eisenwerkstoffe	302	10.5.2	Bemaßung flacher Werkstücke	331
9.8.1	Einteilung nach der Verwendung	302	10.5.3	Grund-, Form- und Lagemaße	332
9.8.2	Einteilung nach der Zusammensetzung	302	10.5.4	Toleranzen	332

10.6 Darstellung quaderförmiger Werkstücke	333
10.6.1 Normalprojektion	333
10.6.2 Isometrie und Dimetrie	334
10.6.3 Bemaßung	335
10.6.4 Schnittdarstellung	336
10.7 Darstellung zylindrischer Werkstücke	337
10.7.1 Fertigungslage	337
10.7.2 Fertigungsbezogene Bemaßung	337
10.7.3 ISO-Toleranzen	338
10.7.4 Oberflächenkennzeichen	339
10.7.5 Schnittdarstellungen bei zylindrischen Werkstücken	340
10.8 Fügen von Bauteilen	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

11 Präsentation

11.1 Grundlagen der Präsentation	350
11.1.1 Verständlichkeit	350
11.1.2 Präsentationsthema	351
11.1.3 Ziele	351
11.1.4 Zielgruppe	351
11.2 Präsentation aufbereiten	351
11.2.1 Inhalte sammeln	351
11.2.2 Stoffsammlung komprimieren	352
11.2.3 Storyboard	352
11.2.4 Der lineare Fünfsatz	352
11.2.5 Storytelling	353

11.3 Kreativitätstechniken	354
11.3.1 Brainstorming	354
11.3.2 Mindmapping	354
11.3.3 Flipchart und Metaplan	355
11.4 Präsentieren am Rechner	356
11.5 Präsentationen durchführen	360
11.5.1 Vor der Präsentation	360
11.5.2 Zuhörer begeistern	360
11.5.3 Körpersprache	361
11.5.4 Wirkungsvoll sprechen	361

12 Mathematisch-physikalische Grundlagen

12.1 Grundrechnungsarten	362
12.2 Schlussrechnung	365
12.3 Prozentrechnung	365
12.4 Zeitrechnung	365
12.5 Winkelrechnung	366
12.6 Technische Berechnungen	367
12.7 Umstellen von Formeln	368
12.8 Lehrsatz des Pythagoras	369
12.9 Winkelfunktionen	369
12.10 Längen und Teilungen	370
12.11 Flächen	371
12.12 Volumen, Masse und Dichte	372
12.13 Konstante Bewegungen	373
12.14 Rechnen mit dem Taschenrechner	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 härtbarer 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.

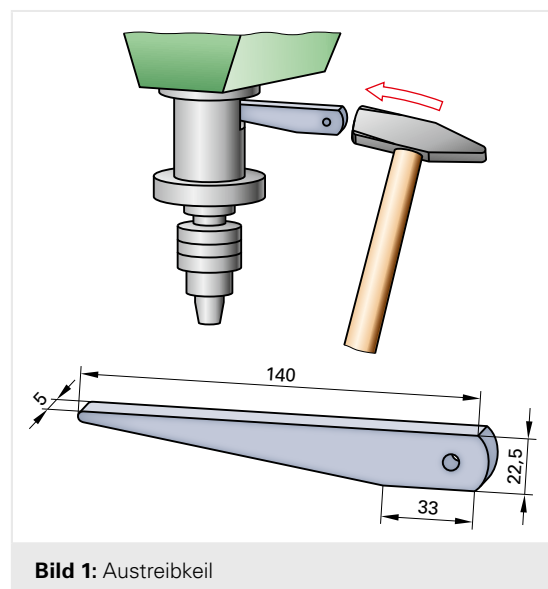


Bild 1: Austreibkeil

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.

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 Werkstoffzusammenhalt auf.



Werkzeugschneiden sind immer keilförmig.

1.1.2 Flächen und Winkel am Schneidkeil

An der keilförmigen Werkzeugschneide sind der Freiwinkel α , der Keilwinkel β und der Spanwinkel γ (**Bild 2**) von Bedeutung.

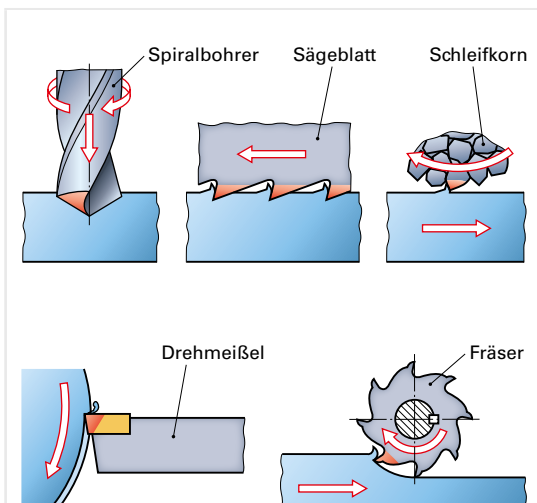


Bild 1: Werkzeuge mit keilförmiger Schneide



Als **Freiwinkel** α bezeichnet man den freien Winkel zwischen Freifläche und Werkstückoberfläche.

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

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

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° und 15°) 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. Somit 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.

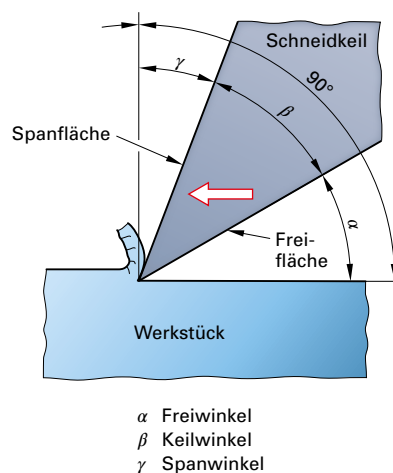


Bild 2: Der Schneidkeil

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 Schrappen 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°. 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.