



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

# ZERSPANTECHNIK

## Fachbildung

7. Auflage

Bearbeitet von

Lehrern an beruflichen Schulen und Ingenieuren  
unter der Leitung von Michael Dambacher

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

**Europa-Nr.: 14914**

Die Autoren sind Fachlehrer in der gewerblich-technischen Ausbildung und Ingenieure:

Bergner, Oliver; Dipl.-Berufspädagoge	Dresden
Dambacher, Michael; Dipl.-Ing., StD	Aalen
Gresens, Thomas; Dipl.-Berufspädagoge	Schwerin
Liesch, Thomas; Dipl.-Ing. (FH), OStR	Westhausen
Morgner, Dietmar; Dipl.-Ing.-Pädagoge	Chemnitz
Pflug, Alexander; Dipl.-Ing., OStR	Schwäbisch Gmünd
Wieneke, Falko; Dipl.-Ing., StD	Essen

Der Arbeitskreis dankt Herrn Steinmüller und Herrn Kretzschmar für ihre Mitarbeit an der 1. bis 6. Auflage.

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:  
Michael Dambacher, Aalen

Bildentwürfe: Die Autoren  
Fotos: Leihgaben der Firmen (Verzeichnis letzte Seite)  
Bildbearbeitung:  
Grafische Produktionen Neumann, Rimpar  
Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

7. Auflage 2019

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Satz- und Zeichenfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-1508-2

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

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt  
Umschlag: Grafische Produktion Jürgen Neumann, 97222 Rimpar  
Umschlagfoto: Seco Tools GmbH, Erkrath  
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

# Vorwort

Seit der 4. Auflage dieses bewährten Lehrbuchs für die Berufsausbildung der Zerspanungsmechaniker sind die innovativen Impulse, die die neuen Lehrpläne darstellen, Basis der inhaltlichen Gliederung dieses Buches. Ohne die systematischen Zusammenhänge der einzelnen inhaltlichen Bereiche aufzuheben, orientieren sich die Lern- und Unterrichtseinheiten an den Zielen und Inhalten der Lernfelder 5 bis 13 der Rahmenlehrpläne. Hervorgehoben werden konkrete berufliche Aufgabenstellungen, die der Herausbildung von Handlungskompetenz dienen. Neben der Vermittlung von Kernqualifikationen wird auch Wert auf einige Inhalte gelegt, die zum selbstständigen Arbeiten und zur Weiterbildung notwendig sind.

Die nebenstehend erkennbare Gliederung des Buches ist überwiegend am Rahmenlehrplan ausgerichtet. Um die Inhalte der eigentlichen spanenden Fertigung konzentriert darzustellen, werden lernfeldübergreifende Sachgebiete ausgegliedert und an den Anfang und das Ende des Buches gestellt.

Im ersten Kapitel wird ein Szenarium vorgestellt, in dem ein virtuelles Unternehmen mit unterschiedlichen Fertigungsaufgaben beschrieben wird. In den darauffolgenden Kapiteln wird immer wieder durch konkrete Fertigungsaufträge in bestimmten Lernsituationen auf diese Aufgabenstellung zurückgegriffen.

Die Autoren dieses Lehrbuches stellen auf der Basis der herkömmlichen auch die modernste Technik vor. Für diese **7. Auflage** haben wir in fast jedem Kapitel Seiten mit neuen Verfahren und Arbeitsmethoden hinzugefügt. Den Abschluss von sieben Kapiteln bilden Lerneinheiten in englischer Sprache.

Um einzelne Informationen aufzufinden, steht dem Leser außer dem ausführlichen Inhaltsverzeichnis ein umfangreiches Sachwortverzeichnis mit einer englischen Übersetzung der Begriffe zur Verfügung. Im 1. Kapitel befindet sich eine grafisch gestaltete Übersicht über die einzelnen Lernfelder, deren Lernziele und Lerninhalte. Dort werden jeweils konkrete Hinweise auf diejenigen Seiten des Buches gegeben, wo die einzelnen Lerninhalte stehen.

Merksätze und Formeln werden hervorgehoben. Die Seiten wurden so gestaltet, dass textliche und bildliche Informationen eng aufeinander bezogen sind. Bei der Auswahl der ca. 2000 Bilder wurde Zeichnungen und Grafiken der Vorrang vor Fotografien gegeben, wenn das Wesentliche in einer grafischen Darstellung besser herausgestellt werden konnte.

Wir danken für Fehlerhinweise und Anregungen unserer Leser und werden auch weiterhin für konstruktive Verbesserungsvorschläge dankbar sein, die wir Sie bitten, an [Lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:Lektorat@europa-lehrmittel.de) zu senden.

<b>1 Das Aufgabenfeld des Zerspanungsmechanikers</b>	<b>9 ... 16</b>	
<b>2 Arbeitssicherheit in der Zerspantechnik</b>	<b>17 ... 30</b>	
<b>3 Prüftechnik</b>	<b>31 ... 72</b>	
<b>4 Werkstofftechnik</b>	<b>73 ... 114</b>	
<b>5 Spanende Fertigung auf Werkzeugmaschinen</b>	<b>115 ... 300</b>	
<b>6 Aufbau, Funktion und Betrieb von Werkzeugmaschinen</b>	<b>301 ... 376</b>	
<b>7 Automatisierung durch Steuern und Regeln</b>	<b>377 ... 408</b>	
<b>8 Programmierbares Spanen und rechnergestützte Fertigung</b>	<b>409 ... 444</b>	
<b>9 Fertigungsoptimierung und Feinbearbeitung</b>	<b>445 ... 472</b>	
<b>10 Produktionsprozesse und Fertigungssysteme</b>	<b>473 ... 494</b>	
<b>11 Qualitätsmanagement</b>	<b>495 ... 511</b>	



Kegelrad – Wälzfräsmaschine

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Das Aufgabenfeld des Zerspanungsmechanikers</b> .....	<b>9</b>	<b>3.6</b>	<b>Beispiel zur Prüfmittelauswahl</b> ...	<b>64</b>
<b>2</b>	<b>Arbeitssicherheit beim Spanen</b> ...	<b>17</b>	<b>3.7</b>	<b>Qualitätsprüfung</b> .....	<b>65</b>
<b>2.1</b>	<b>Allgemeine Sicherheitsregeln</b> .....	<b>17</b>	3.7.1	Prüfmittelüberwachung .....	66
<b>2.2</b>	<b>Warn- und Hinweisschilder</b> .....	<b>18</b>	3.7.2	Prüfdokumentation und Datensicherung .....	70
<b>2.3</b>	<b>Arbeitssicherheit an Werkzeugmaschinen</b> .....	<b>19</b>	<b>3.8</b>	<b>Testing and Measuring</b> .....	<b>71</b>
2.3.1	Allgemeine Sicherheitsregeln .....	19	<b>4</b>	<b>Werkstofftechnik</b> .....	<b>73</b>
2.3.2	Arbeitssicherheit beim Drehen und Fräsen .....	20	<b>4.1</b>	<b>Aufbau der Werkstoffe</b> .....	<b>73</b>
2.3.3	Arbeitssicherheit beim Schleifen ..	21	<b>4.2</b>	<b>Einteilung der Werkstoffe</b> .....	<b>74</b>
2.3.4	Arbeitssicherheit beim Bohren .....	21	4.2.1	Einteilung, Bezeichnung und Normung der Eisenwerkstoffe .....	74
<b>2.4</b>	<b>Sicheres Arbeiten mit Hebezeugen und Anschlagmitteln</b> .....	<b>21</b>	4.2.2	Bezeichnung der Gusswerkstoffe ..	79
<b>2.5</b>	<b>Sicherheitsanforderungen an Fertigungssysteme</b> .....	<b>23</b>	4.2.3	Bezeichnung und Normung von Nichteisenmetallen .....	79
<b>2.6</b>	<b>Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen</b> .....	<b>24</b>	4.2.4	Schneidstoffe nach DIN ISO 513 ...	80
<b>2.7</b>	<b>Umgang mit Kühlschmiermitteln</b> ..	<b>26</b>	<b>4.3</b>	<b>Eisenwerkstoffe</b> .....	<b>83</b>
<b>2.8</b>	<b>Brandschutz</b> .....	<b>30</b>	4.3.1	Zerspanbarkeit von Eisenwerkstoffen .....	83
<b>3</b>	<b>Prüftechnik</b> .....	<b>31</b>	4.3.2	Einfluss der Einstellwerte auf die Zerspanbarkeit .....	83
<b>3.1</b>	<b>Die Entwicklung der Prüftechnik</b> ..	<b>31</b>	4.3.3	Einfluss des Werkstoffs auf die Zerspanbarkeit .....	89
<b>3.2</b>	<b>Aufbau der Messanordnung</b> .....	<b>33</b>	4.3.4	Wärmebehandlung von Werkstücken und Werkzeugen .....	91
3.2.1	Begriffe der Messtechnik .....	34	<b>4.4</b>	<b>Nichteisenmetalle</b> .....	<b>95</b>
3.2.2	Messanordnungen .....	36	4.4.1	Einteilung und Benennung .....	95
3.2.3	Messabweichungen .....	38	4.4.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen .....	96
<b>3.3</b>	<b>Prüfen von Maßen, Formen und Lagen</b> .....	<b>39</b>	4.4.3	Kupfer und Kupferlegierungen .....	97
3.3.1	Prüfen von Maßen und Maßtoleranzen .....	39	4.4.4	Bearbeitungsrichtwerte ausgewählter NE-Legierungen und Kunststoffe .....	99
3.3.2	Prüfen von Formen und Lagen .....	42	4.4.5	Sinterwerkstoffe .....	100
<b>3.4</b>	<b>Prüfen von Oberflächen</b> .....	<b>48</b>	<b>4.5</b>	<b>Nichtmetalle</b> .....	<b>101</b>
3.4.1	Grundbegriffe .....	48	4.5.1	Künstlich hergestellte Stoffe .....	101
3.4.2	Gestaltabweichungen .....	48	4.5.2	Hilfsstoffe .....	103
3.4.3	Rauheitsmessgrößen .....	49	4.5.2.1	Kuschmierstoffe .....	103
3.4.4	Oberflächenprüfverfahren .....	49	4.5.2.2	Schmierstoffe .....	104
3.4.5	Bewertung der Oberflächengüte ..	51	4.5.3	Naturstoffe .....	107
3.4.6	Oberflächenangaben in Zeichnungen .....	51	<b>4.6</b>	<b>Korrosion</b> .....	<b>108</b>
3.4.7	Rauheitsberechnung .....	52	4.6.1	Korrosionsformen und Korrosionsarten .....	108
<b>3.5</b>	<b>Toleranzen und Passungen</b> .....	<b>54</b>	4.6.2	Korrosionsschutz .....	110
3.5.1	Grundbegriffe .....	54	<b>4.7</b>	<b>Werkstoffprüfung</b> .....	<b>111</b>
3.5.2	Allgemeintoleranzen .....	56	4.7.1	Mechanische Prüfverfahren .....	111
3.5.3	Maßtoleranzen .....	56	4.7.2	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung .....	112
3.5.4	ISO-Toleranzen .....	57	4.7.3	Prüfung der Zerspanbarkeit .....	113
3.5.5	Passungsarten .....	59	<b>4.8</b>	<b>Technology of materials</b> .....	<b>114</b>
3.5.6	Passungssysteme .....	61			
3.5.7	Auswahl und Auswertung von Passtoleranzintervallen .....	63			

<b>5</b>	<b>Spanende Fertigung auf Werkzeugmaschinen</b> . . . . .	<b>115</b>	5.3.2	Einteilung der Fräsverfahren	201
<b>5.1</b>	<b>Grundlagen des maschinellen Spanens</b> . . . . .	<b>115</b>	5.3.3	Arten der Bearbeitung	202
5.1.1	Historischer Rückblick	115	5.3.4	Werkzeugeingriff	202
5.1.2	Zerspanverfahren	117	5.3.5	Geometrische Form der Werkstückkontur	203
5.1.3	Zerspanungsprinzip	119	5.3.6	Bewegungen des Werkzeugs	206
5.1.3.1	Spanungsbewegungen	119	5.3.7	Eigenschaften der Fräswerkzeuge	208
5.1.3.2	Spanungsgeschwindigkeit	120	5.3.8	Spanungsgrößen	216
5.1.3.3	Schnitt- und Spanungsgrößen	123	5.3.9	Arbeitsbeispiel	217
5.1.4	Spanbildung	126	5.3.10	Sonder-Fräswerkzeuge	225
5.1.4.1	Spandickenstauchung $\lambda_h$	126	5.3.11	Maschinen- und Werkzeugauswahl	226
5.1.4.2	Spangeschwindigkeit $v_{sp}$	127	5.3.12	Arbeitsplanung beim Fräsen	228
5.1.4.3	Scherwinkel $\Phi$	127	5.3.13	Milling	236
5.1.4.4	Spanflächenreibungswert $\mu_{sp}$	127	<b>5.4</b>	<b>Bohren, Senken, Reiben</b>	<b>238</b>
5.1.4.5	Einfluss der Reibung auf die Spanbildung	128	5.4.1	Verfahren des Rundbohrers	239
5.1.4.6	Spanformen	129	5.4.2	Verfahren des Rundreibens	246
5.1.4.7	Spanformdiagramm	129	5.4.3	Verfahren des Gewindebohrers	249
5.1.4.8	Einflüsse auf die Spanformung	130	5.4.4	Verfahren des Profilbohrers	252
5.1.5	Zerspankräfte	131	5.4.5	Verfahren des Profilreibens	253
5.1.5.1	Zerspankraftkomponenten	131	5.4.6	Verfahren des Senkens	254
5.1.5.2	Spezifische Schnittkraft $k_c$	132	<b>5.5</b>	<b>Schleifen</b>	<b>258</b>
5.1.5.3	Schnittkraftberechnung	133	5.5.1	Schleifmittel	259
5.1.5.4	Einflussgrößen auf die Zerspankraft	134	5.5.2	Schleifkörper	260
5.1.5.5	Spanungsarbeit	135	5.5.3	Betriebssicherheit beim Schleifen	264
5.1.6	Zerspanungsleistung	135	5.5.4	Systematik der Schleifverfahren	270
5.1.6.1	Schnittleistung	135	5.5.5	Zerspanungsvorgang und Zerspanungsgrößen	271
5.1.6.2	Maschinenleistung	136	5.5.6	Bewegungen, Kräfte und Schnittleistung	273
5.1.6.3	Schnittmoment	136	5.5.7	Zerspanungsbedingungen	275
5.1.7	Standkriterien des Werkzeugs	137	5.5.8	Einsatz der Schleifverfahren	277
5.1.7.1	Standzeit	137	5.5.9	Arbeitsplanung beim Schleifen	285
5.1.7.2	Standweg $L_t$	137	5.5.10	Grinding	295
5.1.7.3	Standmenge	138	<b>5.6</b>	<b>Stoßen, Hobeln und Räumen</b>	<b>297</b>
5.1.7.4	Ermittlung der Standzeit	138	5.6.1	Stoßen	297
5.1.7.5	Standzeitgerade	138	5.6.2	Räumen	299
5.1.7.6	Einflüsse auf die Standzeit	139	<b>6</b>	<b>Aufbau, Funktion und Betrieb von Werkzeugmaschinen</b>	<b>301</b>
5.1.8	Energiebilanz	139	<b>6.1</b>	<b>Die Werkzeugmaschine als technisches System und Produktionsfaktor</b>	<b>301</b>
5.1.9	Werkzeugverschleiß	140	<b>6.2</b>	<b>Maschinenelemente</b>	<b>302</b>
5.1.9.1	Verschleißursachen	141	6.2.1	Verbindungselemente	302
5.1.9.2	Verschleißformen	142	6.2.1.1	Schraubenverbindungen	303
5.1.10	Schneidengeometrie	143	6.2.1.2	Stift- und Bolzenverbindungen	304
5.1.11	Fundamentals of metal cutting	145	6.2.1.3	Mitnehmerverbindungen	304
<b>5.2</b>	<b>Drehen</b>	<b>147</b>	6.2.2	Führungen und Lager	305
5.2.1	Spanungsbedingungen und Oberflächengüte	148	6.2.2.1	Lager	306
5.2.2	Schnittkraft und Schnittleistung	156	6.2.2.2	Führungen	307
5.2.3	Bedeutung der Vorschubrichtung	158	6.2.2.3	Reibung	307
5.2.4	Schneidstoffe für die Drehbearbeitung	160	6.2.3	Achsen	309
5.2.5	Lage der Bearbeitungsfläche	164	6.2.4	Übertragungselemente	310
5.2.6	Geometrische Form der Werkstückkontur	169	6.2.4.1	Wellen	310
5.2.7	Arbeitsplanung beim Drehen	180	6.2.4.2	Wellenkupplungen	311
5.2.8	Turning	199	6.2.4.3	Getriebe	312
<b>5.3</b>	<b>Fräsen</b>	<b>201</b>			
5.3.1	Fertigungsauftrag	201			

<b>6.3</b>	<b>Einteilung der Werkzeugmaschinen nach den Fertigungsverfahren</b> .....	315	<b>7</b>	<b>Automatisierung durch Steuern und Regeln</b> .....	377
6.3.1	Bohrmaschinen .....	316	<b>7.1</b>	<b>Automatisierung der Fertigung</b> ...	377
6.3.2	Drehmaschinen .....	317	<b>7.2</b>	<b>Steuern</b> .....	377
6.3.2.1	Flachbettdrehmaschinen .....	317	<b>7.3</b>	<b>Regeln</b> .....	378
6.3.2.2	Schrägbettdrehmaschinen .....	317	<b>7.4</b>	<b>Steuerungsarten</b> .....	380
6.3.2.3	Frontalbettdrehmaschinen .....	317	<b>7.5</b>	<b>Entwurf einer Steuerung</b> .....	382
6.3.2.4	Senkrecht-Drehmaschine .....	318	7.5.1	Logische Grundschaltungen .....	382
6.3.2.5	Drehautomaten .....	318	7.5.2	Darstellung der Steuerung .....	385
6.3.2.6	Konventionelle Drehmaschinen ...	320	<b>7.6</b>	<b>Technische Ausführung einer Steuerung</b> .....	389
6.3.2.7	CNC-Drehmaschinen .....	321	7.6.1	Aufbau pneumatischer Steuerungen .....	389
6.3.3	Fräsmaschinen .....	323	7.6.2	Bauteile pneumatischer Steuerungen .....	394
6.3.4	Schleifmaschinen .....	326	7.6.3	Elektrische Steuerungen .....	401
6.3.4.1	Rundschleifmaschinen .....	326	7.6.4	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) .....	405
6.3.4.2	Planschleifmaschinen .....	327	<b>8</b>	<b>Programmiertes Spanen und rechnergestützte Fertigung</b> .....	409
6.3.5	Einzweckmaschinen .....	328	<b>8.1</b>	<b>Konsequenzen des Einsatzes von CNC-Werkzeugmaschinen</b> ...	409
6.3.6	Abtragende Maschinen .....	328	<b>8.2</b>	<b>Aufbau und Wirkungsweise von CNC-Werkzeugmaschinen</b> ...	410
<b>6.4</b>	<b>Analyse, Projektierung und Inbetriebnahme einer Werkzeugmaschine</b> .....	329	8.2.1	Vergleich von CNC-Maschinen mit herkömmlichen Werkzeugmaschinen .....	410
6.4.1	Analyse der Werkzeugmaschine ...	329	8.2.2	Messsysteme .....	412
6.4.1.1	Antriebseinheiten .....	330	8.2.3	Steuerung .....	415
6.4.1.2	Energieübertragungseinheit des Hauptantriebs .....	337	8.2.4	Steuerungsarten .....	418
6.4.1.3	Energieübertragungseinheit des Vorschubantriebs .....	339	<b>8.3</b>	<b>Programmieren nach DIN 66025 und PAL</b> .....	419
6.4.1.4	Stütz- und Trageeinheit .....	344	8.3.1	Grundlagen .....	420
6.4.2	Spannmittel für Werkzeuge und Werkstücke zum Bohren, Fräsen und Planschleifen .....	347	8.3.2	Schreiben des CNC-Programms ...	421
6.4.3	Spannmittel für Werkzeuge und Werkstücke zum Drehen und Rundschleifen .....	355	<b>8.4</b>	<b>Übersicht über andere Programmierverfahren</b> .....	435
6.4.4	Inbetriebnahme und Sicherheitsbestimmungen für Werkzeugmaschinen .....	358	<b>8.5</b>	<b>Einrichten der Maschine</b> .....	436
6.4.4.1	Inbetriebnahme der Werkzeugmaschine .....	358	<b>8.6</b>	<b>Testen und Abarbeiten des Programmes</b> .....	438
6.4.4.2	Anschlagmittel und Hebezeuge für den Transport von Lasten .....	361	<b>8.7</b>	<b>Kommunikation in der Fertigung</b> .....	439
6.4.4.3	Betriebssicherheit von Werkzeugmaschinen .....	366	<b>8.8</b>	<b>Beispiel für ein CNC-Drehprogramm</b> .....	440
<b>6.5</b>	<b>Instandhaltung von Werkzeugmaschinen</b> .....	369	<b>9</b>	<b>Fertigungsoptimierung und Feinbearbeitung</b> .....	445
6.5.1	Wartung .....	369	<b>9.1</b>	<b>Fertigungstechnische Entwicklungstrends</b> .....	445
6.5.2	Inspektion .....	371	<b>9.2</b>	<b>Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – HSC</b> .....	446
6.5.3	Instandsetzung .....	372	9.2.1	Merkmale der HSC-Technologie ...	446
<b>6.6</b>	<b>Steigerung der Qualitätsfähigkeit</b> .....	373	9.2.2	Technologischer Hintergrund .....	447
<b>6.7</b>	<b>Machine tools</b> .....	375	9.2.3	Bearbeitungsstrategien .....	448
			9.2.4	Maschinentechnologie .....	450

9.2.5	Antriebskonzepte .....	451	<b>10.4</b>	<b>Handhabungssysteme für flexible Fertigungsanlagen</b> .....	485
9.2.6	HSC-Werkzeuge .....	452	10.4.1	Werkzeug-Handhabungssysteme ..	485
9.2.7	Werkzeugaufnahme .....	453	10.4.2	Werkstück-Handhabungssysteme ..	486
9.2.8	Unwucht rotierender Systeme ....	454	<b>10.5</b>	<b>Transport und Materialfluss</b> .....	490
<b>9.3</b>	<b>Bearbeitung harter Werkstoffe</b> ...	456	10.5.1	Flurgebundene Fördermittel .....	490
9.3.1	Hartzerspannung durch Drehen und Fräsen .....	456	10.5.2	Flurfreie Fördermittel .....	491
9.3.2	Ultraschallzerspannung .....	456	10.5.3	Aufgeständerte Fördermittel .....	492
9.3.3	Arbeitsbeispiel .....	457	<b>10.6</b>	<b>Betriebliche Kennzahlen</b> .....	493
<b>9.4</b>	<b>Minimalmengenschmierung</b> .....	458	<b>11</b>	<b>Qualitätsmanagement</b> .....	495
9.4.1	Quasi-Trockenbearbeitung .....	458	<b>11.1</b>	<b>Zielsetzung</b> .....	495
9.4.2	Dosiersysteme und Zuführung ....	459	<b>11.2</b>	<b>Qualität</b> .....	495
9.4.3	Schmiermittel .....	459	<b>11.3</b>	<b>Qualitätskreis</b> .....	496
9.4.4	Vorteile der Minimalmengenschmierung .....	459	<b>11.4</b>	<b>Qualitätsmanagementsysteme</b> ...	497
<b>9.5</b>	<b>Trockenbearbeitung</b> .....	460	11.4.1	Prozessorientierung .....	497
9.5.1	Vollschmierung kontra Trockenbearbeitung .....	460	11.4.2	Komponenten des Qualitätsmanagements .....	498
9.5.2	Kontaktzeit .....	461	11.4.3	Kundenorientierung .....	499
<b>9.6</b>	<b>Feinbearbeitungsverfahren</b> .....	462	<b>11.5</b>	<b>Qualitätssicherung in der Fertigung</b> .....	500
9.6.1	Umformende Feinbearbeitungsverfahren .....	462	11.5.1	Untersuchung der Maschinenfähigkeit .....	500
9.6.2	Abtragende Feinbearbeitung .....	463	11.5.2	Ermittlung der Maschinenfähigkeit .....	502
9.6.2.1	Elektrochemisches Abtragen .....	464	11.5.3	Untersuchung der Prozessfähigkeit .....	504
9.6.2.2	Honen .....	465	<b>11.6</b>	<b>Statistisches Qualitätsmanagement</b> .....	505
9.6.2.3	Läppen .....	467	11.6.1	Grundlagen des statistischen Qualitätsmanagements .....	505
9.6.2.4	Ultraschallschwingläppen .....	468	11.6.2	Qualitätsregelkarten als Instrumente der Fertigungsüberwachung .....	506
9.6.2.5	Funkenerosives Abtragen .....	469	<b>11.7</b>	<b>Stärkung des Unternehmens durch Qualitätsmanagement</b> .....	509
9.6.3	Strukturgebende Verfahren .....	470	11.7.1	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess .....	509
9.6.3.1	Laserhonen .....	470	11.7.2	Zertifizierung als ein Ziel des Qualitätsmanagements .....	510
9.6.3.2	Laserstrukturieren .....	471	<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	512	
9.6.3.3	Beschichten und Honen .....	472	<b>Normen und Vorschriften</b> .....	525	
<b>10</b>	<b>Produktionsprozesse und Fertigungssysteme</b> .....	473	<b>Weiterführende Literatur</b> .....	527	
<b>10.1</b>	<b>Planung des Produktionsprozesses</b> .....	473	<b>Bildquellenverzeichnis</b> .....	528	
10.1.1	Fertigungsplanung .....	475			
10.1.2	Fertigungssteuerung .....	476			
10.1.3	Ermittlung der Auftragszeit .....	477			
10.1.4	Kalkulation .....	478			
<b>10.2</b>	<b>Organisation der Fertigung</b> .....	479			
<b>10.3</b>	<b>Flexible Fertigungsanlagen und Fertigungssysteme</b> .....	480			
10.3.1	Einmaschinensystem .....	481			
10.3.2	Mehrmaschinensystem .....	483			



# 1 Das Aufgabenfeld des Zerspanungsmechanikers

Zerspanungsmechaniker arbeiten in Unternehmen der metallverarbeitenden Industrie und des Handwerks. Sie stellen an konventionellen und numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen sowie flexiblen Fertigungszellen Bauelemente aus metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen durch vorwiegend spanabhebende Bearbeitungsverfahren in Einzel- und Serienfertigung her (Bild 1).

## Berufstypische Handlungen

Zur Vorbereitung der Fertigung analysieren sie Fertigungsaufträge und prüfen diese auf technische Realisierbarkeit. Dazu richten sie Fertigungs-, Handhabungs- und Prüfsysteme ein (Bild 2). Vor allem bei der Fertigung von Einzelteilen und Kleinserien planen sie selbstständig Fertigungsabläufe.

Zerspanungsmechaniker erstellen, ändern und optimieren Programme für numerisch gesteuerte Fertigungssysteme (Bild 3). Sie führen Fertigungsprozesse unter Berücksichtigung qualitativer Vorgaben durch. Dabei steuern und kontrollieren sie die notwendigen Abläufe unter Beachtung zeitlicher und ökonomischer Kenngrößen und sichern die Prozessfähigkeit von Fertigungsanlagen.

Beim Ermitteln und Auswerten von Prüfdaten im Rahmen des Qualitätsmanagements wenden sie Prüfverfahren an und dokumentieren die Fertigungsergebnisse. Sie leiten daraus Maßnahmen zur Optimierung des Fertigungsprozesses ab.

Zur Lösung ihrer beruflichen Aufgaben wenden Zerspanungsmechaniker Normen, Regeln und Vorschriften zur Sicherung der Produktqualität und zum Arbeitsschutz bewusst an. Sie kontrollieren Sicherheitseinrichtungen und führen Wartungsarbeiten durch. Bei Funktionsstörungen wirken sie bei der systematischen Suche nach Ursachen und Fehlern mit.

Sie nutzen deutsch- und englischsprachige Datenblätter, Handbücher und Betriebsanleitungen und setzen Informations- und Kommunikationssysteme zum Beschaffen von Informationen, Bearbeiten von Aufträgen und Dokumentieren der Fertigungsergebnisse ein.

Zerspanungsmechaniker arbeiten in vielen Unternehmen im Team und stimmen ihre Tätigkeiten mit ihren Kollegen sowie Mitarbeitern anderer Unternehmensbereiche ab.



1 Spanende Fertigung



2 Einrichtearbeiten an der CNC-Maschine

○	%7707	○
○	N01 G17	○
○	N02 G54	○
○	N03 G97 S630 T01 M06	○
○	N04 G90	○
○	N05 G00 X-55 Y0 Z2	○
○	N06 G00 Z0	○
○	N07 G01 X150 F250 M13	○
○	N08 G00 Z2 M09	○
○	N09 G97 F1250 S3980 T02 M06	○
○	N10 G00 X120 Y-40 Z2	○
○	N11 G00 Z-4.25 M08	○
○	N12 G22 L2002 H1	○
○	N13 G00 Z-8.5	○
○	N14 G22 L2002 H1	○

3 CNC-Programm (Auszug)

## Szenarium des Modellunternehmens

Das folgende Szenarium beschreibt kurz das virtuelle Unternehmen VEL Mechanik GmbH, Kastanienallee 12, 09120 Chemnitz, und gibt die wichtigsten Informationen zu ausgewählten Fertigungsaufträgen des Betriebes. Die Angaben zu den unterschiedlichen Aufgaben werden in den einzelnen Abschnitten des Buches entsprechend der dort betrachteten Thematik ergänzt und vertieft.



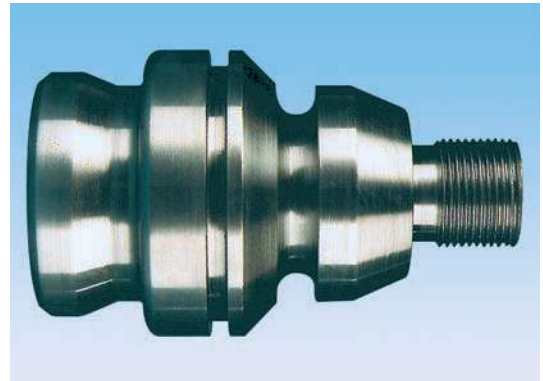
Die VEL GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen der Metall verarbeitenden Industrie, beschäftigt ca. 220 eigene Mitarbeiter und bildet 25 Auszubildende in verschiedenen gewerblich-technischen bzw. kaufmännischen Berufen aus. Sie stellt unterschiedlichste Bauteile aus metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen durch spanende Bearbeitung in Einzel- und Serienfertigung her. Große wirtschaftliche Bedeutung für das Unternehmen hat die Geschäftstätigkeit als Zulieferer der Automobilindustrie.

In der Fertigung kommen nahezu alle Verfahren der spanenden Formgebung zum Einsatz. Der Maschinenpark der VEL GmbH umfasst neben konventioneller Technik und numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen auch flexible Fertigungszellen. Der betriebliche Prozess und die Produkte des Unternehmens unterliegen dem Qualitätsmanagement und sind nach DIN EN ISO 9001:2000 zertifiziert. Die einzelnen Abteilungen sind als eigenständige wirtschaftliche Einheiten organisiert, sodass auch innerhalb des Unternehmens kunden- und marktorientiert gearbeitet wird.

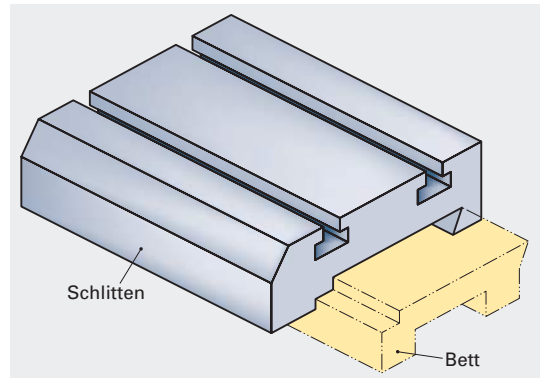
Die Vielfalt der zu lösenden Fertigungsaufgaben und das Leistungsspektrum des Bereichs der mechanischen Fertigung wird durch sechs repräsentative Kundenaufträge vorgestellt, die in diesem Lehrbuch mehrere Male beispielhaft vorkommen.

Das **Aufnahmestück** ist ein typisches Drehteil, das zunächst als Prototyp in Einzelfertigung an einer konventionellen Drehmaschine hergestellt wird (Bild 1). Falls der erwartete Kundenauftrag eingeht, wird es an einer CNC-Drehmaschine in Serie gefertigt.

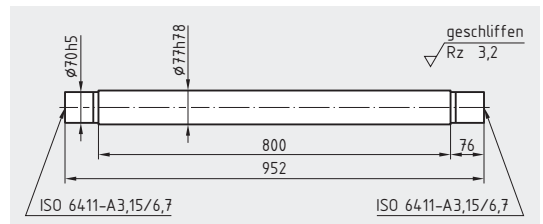
Einen **Maschinentisch** für die Ständerbohrmaschine in der Lehrwerkstatt anzufertigen, ist ein unternehmensinterner Auftrag, der von den Auszubildenden des 2. Ausbildungsjahres projektorientiert bearbeitet und an einer konventionellen Fräsmaschine erfüllt wird (Bild 2).



1 **Aufnahmestück**



2 **Maschinentisch**



3 **Getriebewelle**

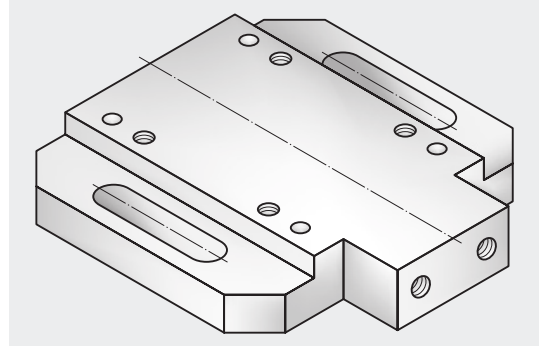
Die **Getriebewelle** wird wegen der hohen Oberflächengüte nach der Vorbearbeitung an einer CNC-Drehmaschine an einer CNC-Rundschleifmaschine fertig gestellt (Bild 3). Sie ist ein Zulieferteil für einen Automobilbauer und wird in großen Stückzahlen gefertigt. Die Fertigung wird durch ausgewählte Methoden des Qualitätsmanagements überwacht und gesteuert.

Das Herstellen der **Keilprofilwelle** erfordert den Einsatz unterschiedlicher Fertigungsverfahren. Neben der Bearbeitung durch Drehen, Fräsen, Bohren und Schleifen kommt auch eine Wärmebehandlung zum Einsatz (Bild 1). Diese erfolgt außerhalb des Unternehmens. Deshalb und weil die Keilprofilwelle „Just in Time“ zu einem Fahrzeughersteller geliefert werden muss, gibt es bei diesem Werkstück höchste Anforderungen an die zeitliche Organisation der Fertigung.



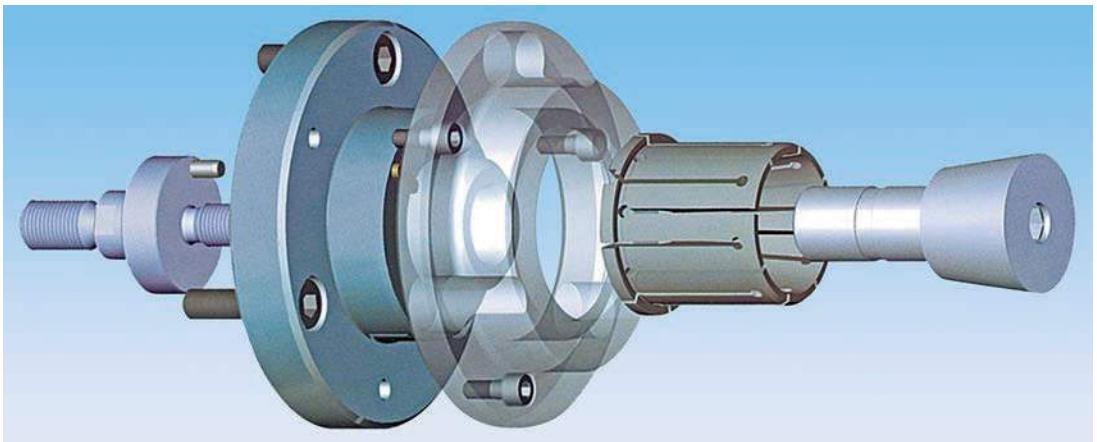
1 Keilprofilwelle

Die VEL GmbH stellt für namhafte Spannmittel-Hersteller unterschiedliche Einzelteile her. So wird die Grundplatte für den **Maschinenschraubstock** an einer CNC-Fräsmaschine in kleinen Stückzahlen gefertigt (Bild 2).



2 Grundplatte für den Maschinenschraubstock

Die Funktion des **Hülspanndorn** verlangt den Einsatz von Bauteilen mit geringen Fertigungstoleranzen und hohen Oberflächengüten (Bild 3). Bei einigen Einzelteilen müssen zur Lösung der Fertigungsaufgabe zudem unterschiedliche Verfahren zum Einsatz kommen. Um die vorgenannten Anforderungen zu erfüllen, findet die Herstellung auf CNC-Bearbeitungszentren statt.



3 Hülspanndorn

Ein neues Produkt der VEL GmbH ist die **Getriebewelle** (Bild 4). Ihre Fertigung wird mit modernsten Methoden der Fertigungsorganisation und des Qualitätsmanagements geplant, durchgeführt, überwacht und gesteuert.



4 Getriebewelle

## Der Ausbildungsberuf Zerspanungsmechaniker

Die Ausbildung zum Zerspanungsmechaniker ist eine Duale Berufsausbildung. Sie erfolgt grundsätzlich an den Lernorten Ausbildungsbetrieb und Berufsschule und dauert 42 Monate.

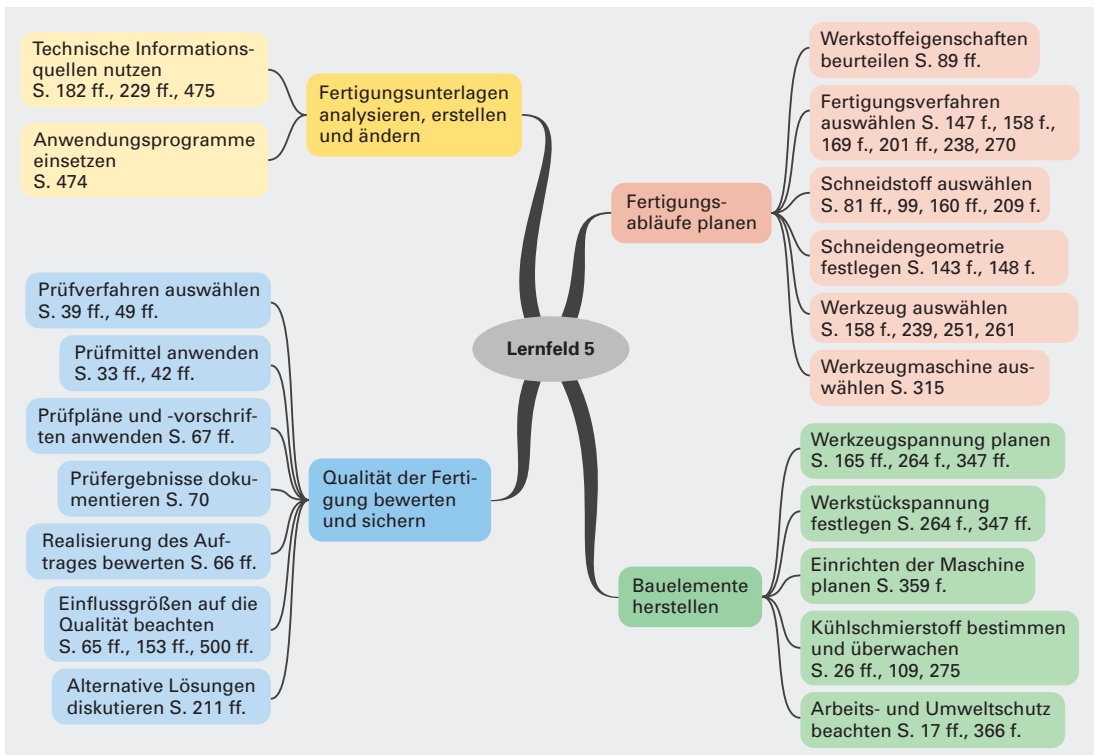
Entsprechend dem Berufsbild muss die Ausbildung an unterschiedlichen Werkzeugmaschinensystemen in allen gebräuchlichen spanenden Bearbeitungsverfahren erfolgen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, organisieren sich die teilweise hoch spezialisierten Ausbildungsbetriebe häufig in Ausbildungsverbänden. Dabei werden Teile der betrieblichen Ausbildung von Dienstleistungsunternehmen der Bildungsbranche übernommen.

Mit der Neuordnung der industriellen Metallberufe erschließt sich die Berufsausbildung im betrieblichen Gesamtzusammenhang und orientiert sich an vollständigen Geschäftsprozessen. Der Erwerb von Kenntnissen und die Ausprägung von Fähigkeiten und Fertigkeiten sollen prozessbezogen erfolgen. Deshalb orientiert sich der Unterricht in der Berufsschule verbindlich an konkreten beruflichen Aufgabenstellungen und Handlungsabläufen in Lernfeldern und zielt auf die stetige Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz der Auszubildenden (Bild 1).

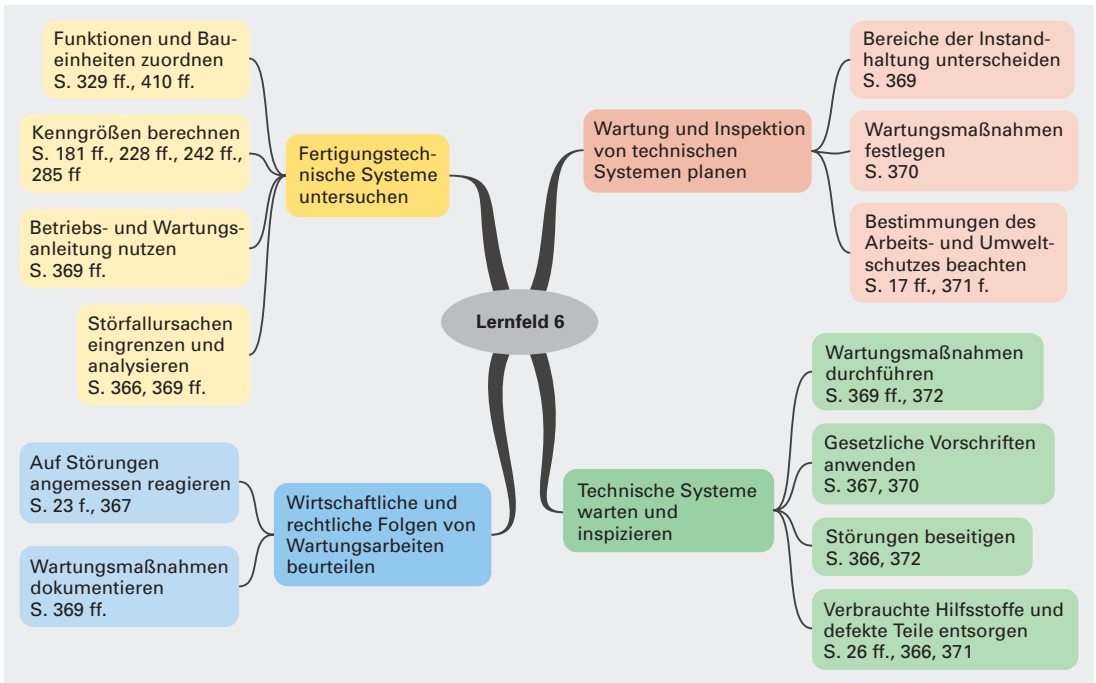
Im Rahmenlehrplan zum Ausbildungsberuf beschreiben Zielformulierungen zu den Lernfeldern die Qualifikationen und Kompetenzen, die am Ende des schulischen Lernprozesses erwartet werden. Sie bringen auch das Anforderungsniveau des jeweiligen Lernfeldes zum Ausdruck. Zur Veranschaulichung und Orientierung sind auf den folgenden Seiten mit Bezug auf die Handlungsstufen Informieren/Analysieren, Planen, Durchführen und Beurteilen wichtige Zielformulierungen der Lernfelder 5 bis 13 in Mindmaps dargestellt und darin jenen Seitenzahlen des Buches zugeordnet, deren Inhalte maßgeblich zum Erfüllen des jeweiligen Zieles beitragen.



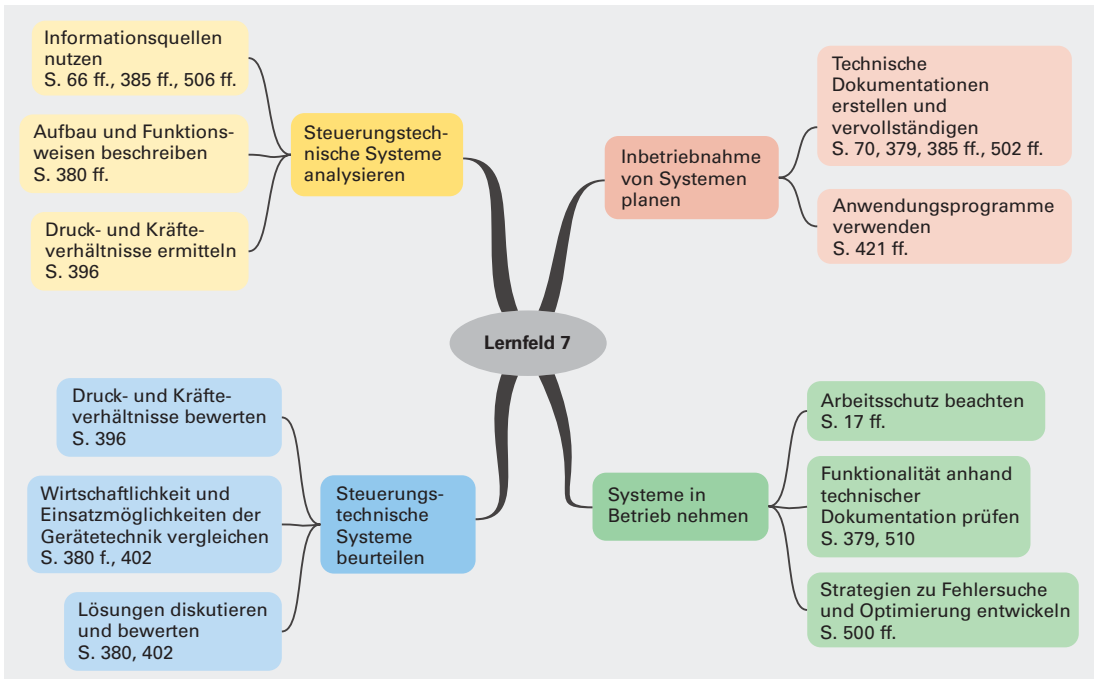
1 Berufsschulunterricht in modernen Labors



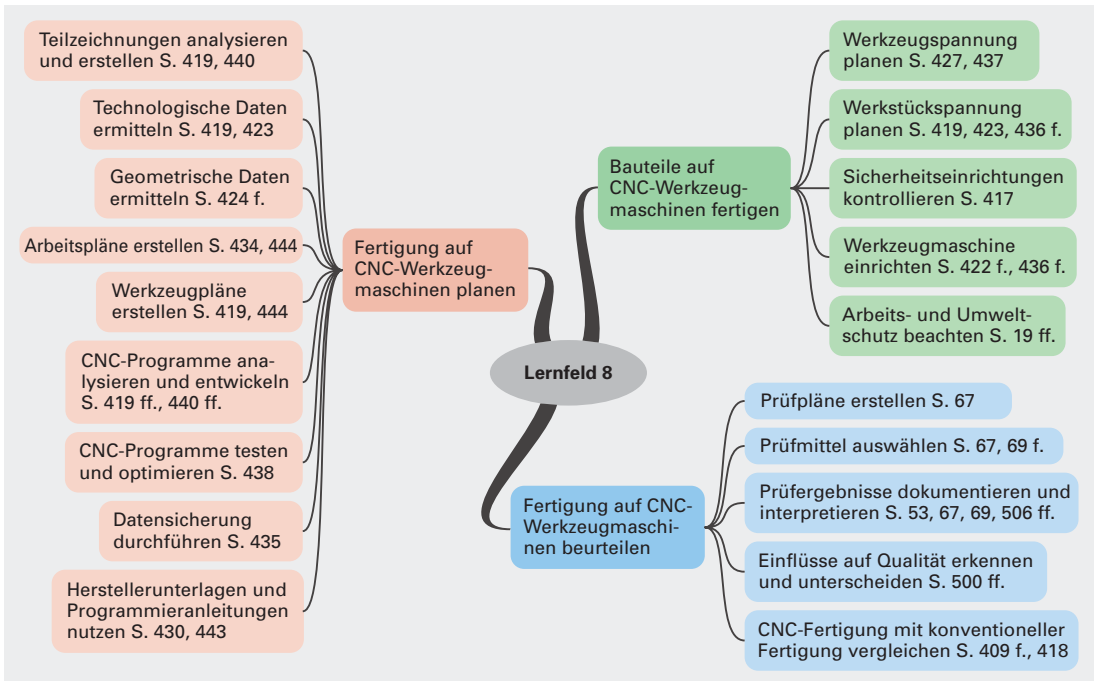
## 2 Ziele im Lernfeld 5 – Herstellen von Bauelementen durch spanende Fertigungsverfahren



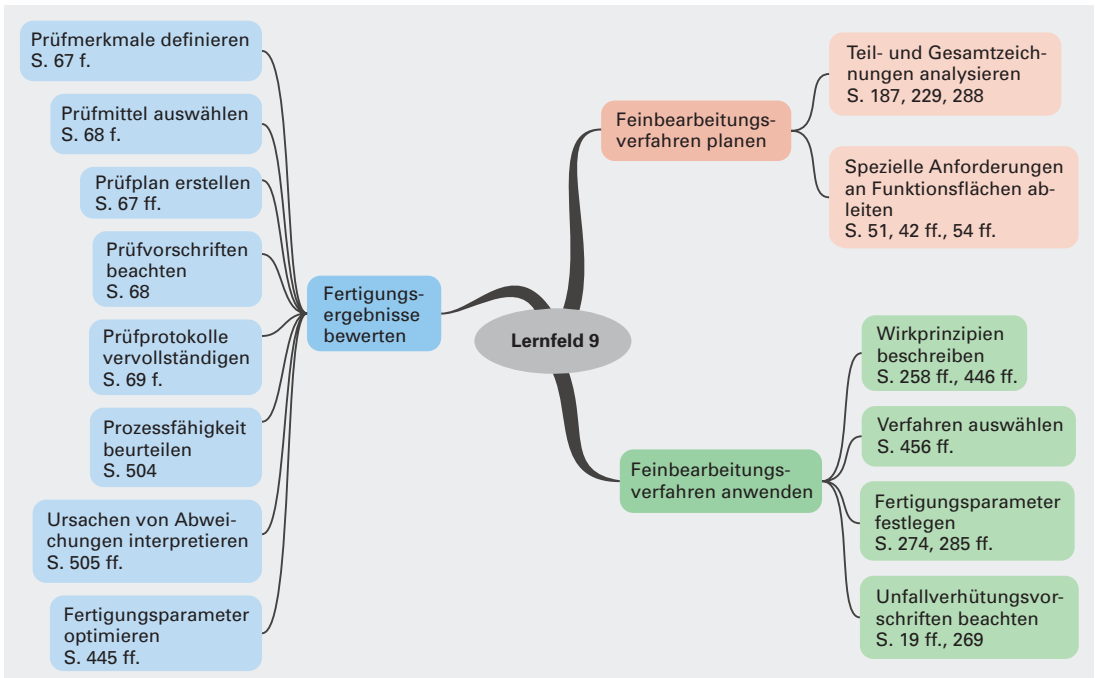
**1 Ziele im Lernfeld 6 – Warten und Inspizieren von Werkzeugmaschinen**



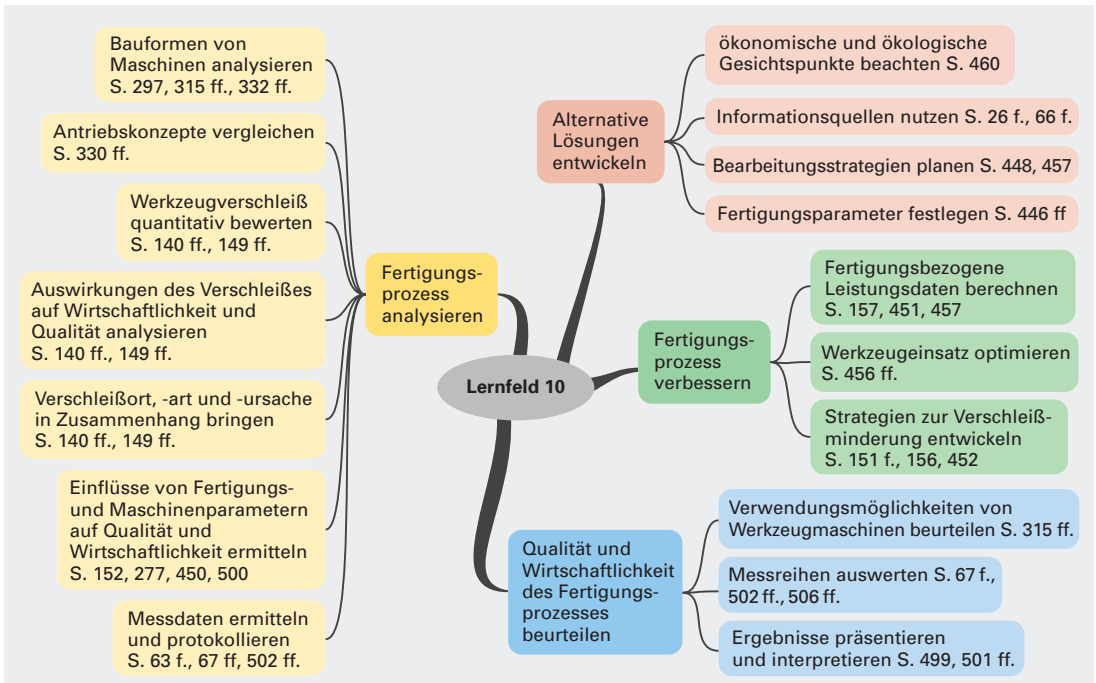
**2 Ziele im Lernfeld 7 – Inbetriebnahme steuerungstechnischer Systeme**



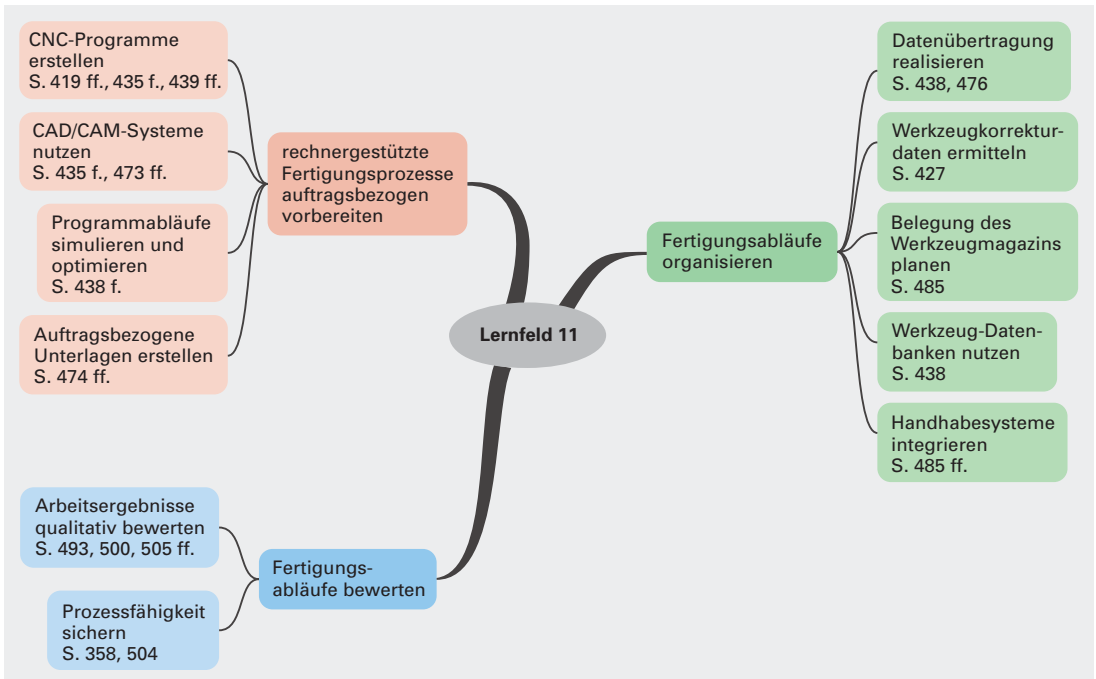
## 1 Ziele im Lernfeld 8 – Programmieren und Fertigen mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen



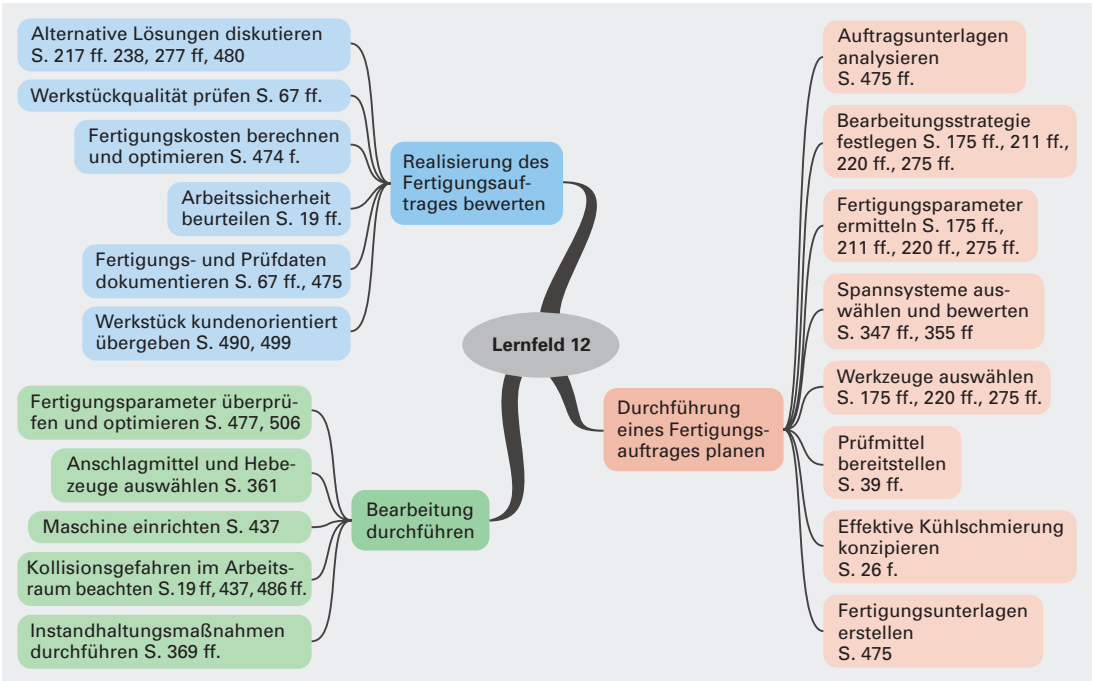
## 2 Ziele im Lernfeld 9 – Herstellen von Bauelementen durch Feinbearbeitungsverfahren



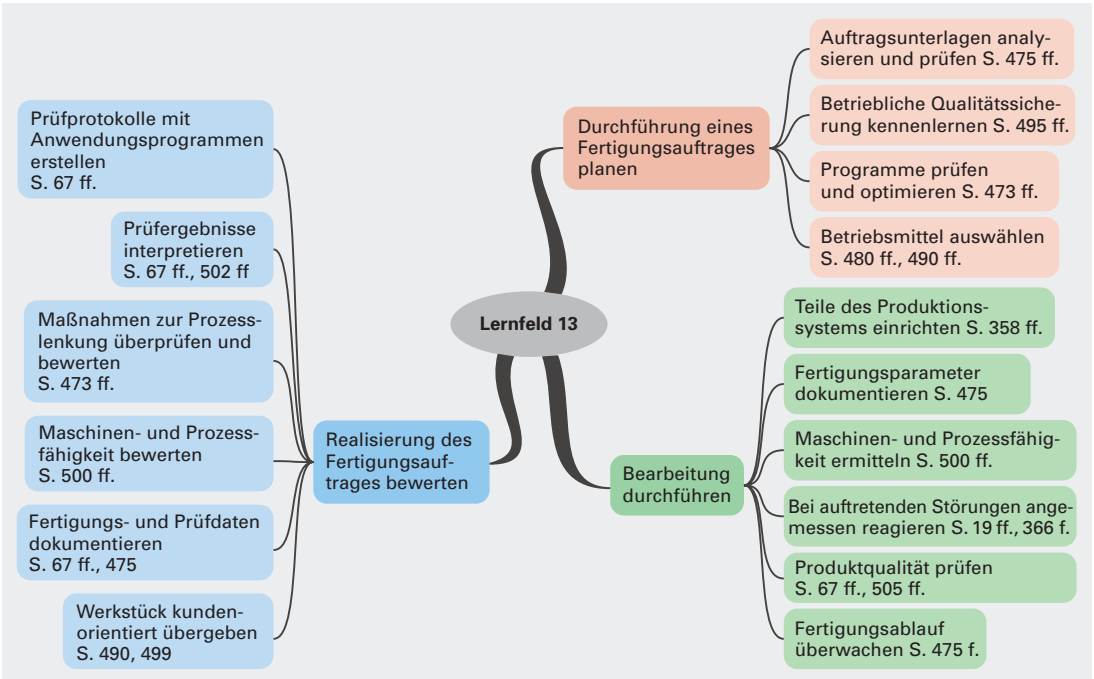
1 Ziele im Lernfeld 10 – Optimieren des Fertigungsprozesses



2 Ziele im Lernfeld 11 – Planen und Organisieren rechnergestützter Fertigung



1 Ziele im Lernfeld 12 – Vorbereiten und Durchführen eines Einzelfertigungsauftrages



2 Ziele im Lernfeld 13 – Organisieren und Überwachen von Fertigungsprozessen in der Serienfertigung





## 2 Arbeitssicherheit beim Spanen

Mit zunehmender Mechanisierung der Arbeitswelt seit ca. 200 Jahren wurden auch die Unfälle, die den Menschen bei der Arbeit zustießen, immer häufiger und schrecklicher. Da Arbeiter in großer Menge vorhanden waren, interessierte man sich wenig für deren Belange. Arbeitsunfälle passierten täglich und wer nicht mehr arbeitsfähig war, wurde einfach entlassen. Maßnahmen zur Beseitigung vieler Unfallursachen waren den Unternehmern zu teuer, weil sich daraus kein Gewinn errechnen ließ.

Um diese Missstände zu beenden, wurden ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nach und nach Gesetze zum Schutz von Leben und Gesundheit des Arbeitnehmers geschaffen. Heutzutage sind sie ein Teil des „sozialen Netzes“ unseres Landes und haben dazu geführt, dass Maschinen und Anlagen bedienungssicher gebaut werden.

### 2.1 Allgemeine Sicherheitsregeln

Der Arbeitsschutz in der Bundesrepublik Deutschland umfasst Regeln und Verbote, die in **zwei Arten von Schutzvorschriften** unterteilt werden.

Die **staatlichen Vorschriften** legen den Arbeitsschutz in sechs verschiedenen Sachgebieten fest:

- Die **Arbeitsstättenverordnung** regelt den Zustand der Arbeitsstätte (z.B. Beleuchtung, Lüftung, Sanitäreinrichtungen u. a.).
- Im **Gerätesicherheitsgesetz** werden Sicherheitsmaßnahmen für den Umgang mit Maschinen, Geräten und Anlagen gefordert.
- Die **Gefahrstoffverordnung** fordert die Kennzeichnung aller gefährlichen Stoffe durch genau festgelegte Angaben.
- Die **Arbeitszeitordnung** regelt die Einhaltung von Arbeits- und Pausenzeiten für bestimmte Tätigkeiten.
- Nach dem **Jugendarbeitsschutzgesetz** gelten für Jugendliche besondere Arbeitsschutzgesetze über Art und Dauer der Tätigkeit.
- Im **Arbeitssicherheitsgesetz** werden vom Gesetzgeber auch ergänzende betriebliche Maßnahmen zur Einhaltung des Arbeitsschutzes am Arbeitsplatz gefordert. An der Durchführung der Arbeitsschutzmaßnahmen sind neben dem Arbeitgeber der Betriebsrat, sowie je nach Art und Größe des Betriebes Sicherheitsbeauftragte und andere Fachkräfte beteiligt.

All diese Gesetze und Vorschriften sind jedoch nutzlos, wenn der, den sie schützen sollen, sie nicht kennt oder bewusst leichtsinnig missachtet. Gerade Neulingen im Betrieb ist zu raten:

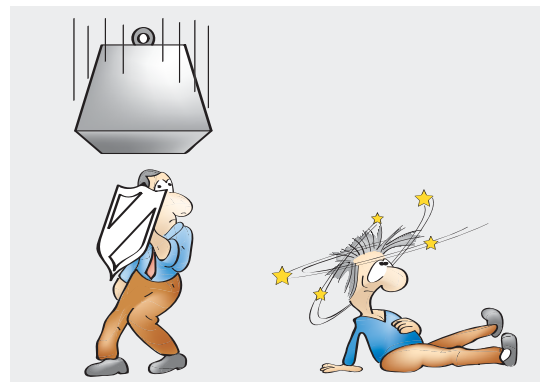
#### Informieren Sie sich!

Übernehmen Sie nicht die Unvorsichtigkeiten „erfahrener Kollegen“.

Die **berufsgenossenschaftlichen Unfallverhütungsvorschriften** legen allgemein den Umgang mit Maschinen, Geräten und Anlagen zur Vermeidung von Unfällen fest.



1 Logo der Berufsgenossenschaft



2 Exemplarische Darstellung auf Arbeitsschutzplakaten

Die Hersteller erhalten, bevor z.B. eine Werkzeugmaschine verkauft werden darf, ein **amtliches Prüfzeichen**. Außerdem darf eine Maschine erst dann in Betrieb genommen werden, wenn alle Sicherheitsbestimmungen beachtet worden sind.

## 2.2 Warn- und Hinweisschilder

Um Gefahren „auf einen Blick“ zu erkennen, aber auch für Menschen, die nicht lesen oder die jeweilige Landessprache nicht verstehen können, wurden Symbole entwickelt, die für jeden verständlich sind. Diese Darstellungen zeigen **Verbote**, **Gebote**, **Warnungen** oder **Hinweise** und werden inzwischen in ähnlicher Art weltweit verwendet. Man unterscheidet sie durch unterschiedliche Farben und Formen.

Verbote sind unter allen Umständen einzuhalten! Das Nichtbeachten kann Menschenleben kosten, unter Umständen auch Ihr eigenes.

Alle **Verbotszeichen** sind kreisrund und stellen die verbotene Handlung schwarz dar. Sie sind rot umrandet sowie durchgestrichen. Das Nichtbeachten kann strafrechtliche Folgen haben (Bild 1).

Gebotszeichen schreiben bestimmte Maßnahmen vor, die beim Ausüben gefährlicher Arbeiten Ihre Gesundheit schützen.

**Gebotszeichen** sind blau, kreisrund und stellen die zu verwendenden Schutzmittel dar. Das Nichtbefolgen von Geboten kann im Schadensfall unter Umständen die Verweigerung von Versicherungsleistungen bewirken (Bild 2).

Einige Warnzeichen kennzeichnen gefährliche Orte, die nur unter größter Vorsicht oder allein von autorisierten Personen betreten werden dürfen. Andere warnen vor gefährlichen Stoffen in Behältnissen (Bild 3).

**Warnschilder** sind dreieckig. Die Gefahr, vor der gewarnt werden soll, ist schwarz auf gelbem Untergrund dargestellt.

Rettingszeichen geben Hinweise auf wichtige Wege und Orte im Notfall.

**Rettingszeichen** sind weiß auf grünem Untergrund und viereckig (Bild 4).

### Brandschutz

Ein Rauchverbotszeichen an einzelnen Maschinen gilt im Umkreis von 8 m, an Türen für den ganzen dahinterliegenden Raum. Der Grund hierfür können brennbare Flüssigkeiten oder explosive Gase sein. Bei Bränden elektrischer Anlagen, wie z. B. Werkzeugmaschinen, sowie von Flüssigkeiten ist das Löschen mit Wasser oder Nassfeuerlöschern nicht erlaubt. Informieren Sie sich über die Einsatzmöglichkeiten des Feuerlöschers an einem neuen Arbeitsplatz! Leere oder defekte Feuerlöcher müssen schnellstens ausgetauscht werden. Sollte doch einmal ein Brand ausbrechen gilt immer:

Erst melden, dann löschen!

- Die Meldung erfolgt über **Telefon Nr. 112** oder Feuermelder.
- Enge, brennende Räume müssen als Erstes gut belüftet werden, da der oft entstehende Rauch die Löscharbeiten und die Gesundheit flüchtender Personen am meisten gefährdet.
- Überschätzen Sie nicht Ihre eigenen Möglichkeiten bei der Brandbekämpfung. Ihre Gesundheit ist wichtiger als die Rettung von Maschinen und Anlagen.



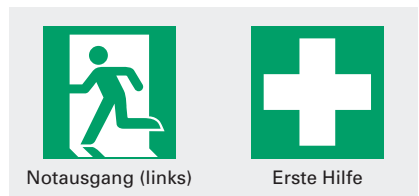
1 **Verbotszeichen**



2 **Gebotszeichen**



3 **Warnzeichen**



4 **Rettingszeichen**



## 2.3 Arbeitssicherheit an Werkzeugmaschinen

Einige Regeln zur Arbeitssicherheit gelten speziell beim Umgang mit allen Werkzeugmaschinen und werden durch besondere Regeln an jedem Arbeitsplatz ergänzt. Die Wichtigsten werden hier genannt. Sie werden außerdem durch die Vorschriften Ihres Betriebes zu speziellen Tätigkeiten ergänzt.

Alle angebrachten Verbots-, Gebots- oder Warnzeichen sind unbedingt zu beachten.

Anderenfalls gefährden Sie die Gesundheit aller anwesenden Personen. Bedenken Sie auch die Folgen der Zerstörung von Anlagen und Gebäuden. Ihr Arbeitsplatz könnte verloren gehen!

Bei allen größeren Werkzeugmaschinen müssen an jederzeit gut erreichbaren Stellen „**Not-Aus**“-Schalter angebracht sein. Diese sollten in regelmäßigen Abständen auf Funktionstüchtigkeit untersucht werden. Das Betätigen des Not-Aus-Schalters muss den sofortigen Stillstand der Maschine zur Folge haben! Ein Nachlaufen wird durch eingebaute Bremsen verhindert.

### 2.3.1 Allgemeine Sicherheitsregeln

#### Arbeitssicherheit geht jeden an!

- Melden Sie gefährliche Stellen oder Situationen vorgesetzten Personen und drängen Sie auf Beseitigung der Gefährdung!
- Vermeiden Sie das Essen am Arbeitsplatz! Sie verhindern damit die ungewollte Aufnahme giftiger oder krebserregender Stoffe. Die Wirkung mancher Arbeitsmittel auf den menschlichen Organismus wird oft erst nach vielen Jahren des Einsatzes als ungesund erkannt.
- Benutzen Sie Arbeitsschutzkleidung, auch wenn diese unmodern erscheint! Ungeeignetes Schuhwerk gefährdet Sie durch Eintreten von Spänen oder bei herunterfallenden Teilen (Bild 1).
- Bei älteren Maschinen sind manche rotierenden Teile nicht ummantelt. Hier ist besonders auf eng anliegende, nicht reißfeste Kleidung zu achten. Lange Haare müssen fest aufgesteckt werden (Bild 2). Auch kurze Haare sollten durch einen geeigneten Kopfschutz bedeckt sein. Insbesondere hängender Schmuck (Ketten), Armbänder, Uhren und Ringe müssen auf jeden Fall abgelegt werden (Bild 3).
- Überprüfen Sie beim Umspannen die Werkstücke auf hohe Temperaturen oder scharfe Kanten (Grat). Benutzen Sie auch im Zweifelsfalle Schutzhandschuhe.
- Defekte oder stark verschlissene Werkzeuge und Maschinenteile sind unverzüglich zu erneuern.
- Das Reinigen der Maschine mit Druckluft ist gefährlich und nur unter bestimmten Voraussetzungen erlaubt.
- Am Arbeitsplatz aufbewahrte Flüssigkeiten wie Petroleum oder Schmierstoffe sind keinesfalls in Lebensmittelbehälter zu füllen. Immer wieder müssen Menschen den Griff zur falschen Flasche mit Gesundheit oder Leben bezahlen.
- Melden Sie auch kleinste Verletzungen und lassen Sie diese behandeln. Dadurch können langwierige Erkrankungen verhindert werden.
- Scherzen, Ärgern und Neckern verringern die Aufmerksamkeit und können in Maschinenräumen besonders böse Folgen haben. Warten Sie damit bis Arbeitsende.



1 Ungeeignetes Schuhwerk



2 Umgang mit langen Haaren



3 Hängender Schmuck



### 2.3.2 Arbeitssicherheit beim Drehen und Fräsen

Wegen häufig ungeschützter rotierender Wellen und Achsen älterer Drehmaschinen sowie vieler Fräsmaschinen müssen hier die Anforderungen an die Arbeitsschutzkleidung besonders beachtet werden.

Während des Betriebes darf nicht in den Zerspanungsprozess eingegriffen werden!

- Manuelles Arbeiten an rotierenden Teilen ist sehr gefährlich und nicht gestattet.
- Bei manchen Arbeiten, wie beim Zustellen von Hand, kann wegen ungünstiger Spanabfuhr eine Schutzbrille nötig sein. Entscheiden Sie nicht zu spät!
- Drehautomaten und CNC-Werkzeugmaschinen sind von einer geschlossenen Verkleidung umgeben, die den Betrieb der Maschine beim Öffnen sofort unterbricht. Beim verbotenen Außerkraftsetzen dieser Schutzvorrichtung könnten auch unbeteiligte Personen zu Schaden kommen. Durch das Sichtfenster können sich anbahnende, ungünstige Entwicklungen beim Zerspanprozess zeitig erkannt und verhindert werden.



1 Sicherheitseinrichtungen einer CNC-Maschine

- Wenn vorhanden, sollte die Einrichtung zum automatischen Spanabtransport genutzt werden, weil dadurch gefährliche Berührungen mit Spänen vermieden werden (Bild 1).
- Die Absaugung entstehender Dämpfe vermindert das unnötige Einatmen von Kühl-Schmierstoffdämpfen.
- Zum Entfernen von Wirr-, Schrauben- und Bandspänen ist nur das dafür vorgesehene Werkzeug (z.B. Haken) zu benutzen (Bild 2). Die Späne können selbst Arbeitsschutzhandschuhe problemlos zerschneiden.

**Späne können sehr heiß und scharfkantig sein. Benutzen Sie einen Pinsel oder Handfeger. Vorsicht: Lange Späne können beim Entfernen zurückschnellen.**

- Beim Scharfschleifen des Drehwerkzeuges, werden alle überflüssigen Ecken und Kanten abgerundet.
- Achten Sie stets auf exakte Einstellungen sowie richtig gespannte Werkstücke. Durch die oft hohen Arbeitswerte, können sich Teile lösen und eine hohe Durchschlagskraft erreichen (Fliehkraftwirkung).

**Worauf Sie beim Drehen besonders achten sollten:**

- Vergessen Sie nie beim Ein- und Ausspannen den Schlüssel vom Spannfutter zu ziehen (Bild 3)!
- Benutzen Sie nur Drehherzen, die rundumlaufend verkleidet sind!

**Worauf Sie beim Fräsen besonders achten sollten:**

- Vor dem Einschalten der Maschine sind immer die Schutzvorrichtungen wirkungsvoll einzustellen (Bild 4).
- Das mehrschneidige Werkzeug Fräser erfordert höhere Spannkraften. Deshalb ist ein exakter Sitz des Spannmittels notwendig.
- Beschädigte Fräser sind sofort auszuwechseln.



2 Werkzeuge zum Entfernen von Spänen



3 Schlüssel im Spannfutter



4 Schutzvorrichtungen einer Fräsmaschine