



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

ZERSPANTECHNIK

Fachbildung

6. neu bearbeitete Auflage

Bearbeitet von

Lehrern an beruflichen Schulen und Ingenieuren
unter der Leitung von Armin Steinmüller

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfer 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
Kretzschmar, Ralf; Dipl.-Ing.-Pädagoge	Lichtenstein
Morgner, Dietmar; Dipl.-Ing.-Pädagoge	Chemnitz
Steinmüller, Armin; Dipl.-Ing.	Hamburg
Wieneke, Falko; Dipl.-Ing., StD	Essen

Der Arbeitskreis dankt Herrn Dr. Frömmer und Herrn Lohr
für ihre Mitarbeit an der 1. bis 5. Auflage.

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:
Armin Steinmüller, Dipl.-Ing., Hamburg

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

6. Auflage 2015, korrigierter Nachdruck 2017
Druck 5 4 3 2

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

ISBN 978-3-8085-1496-2

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

© 2015 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: M.P. Media-Print Informationstechnologie 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.

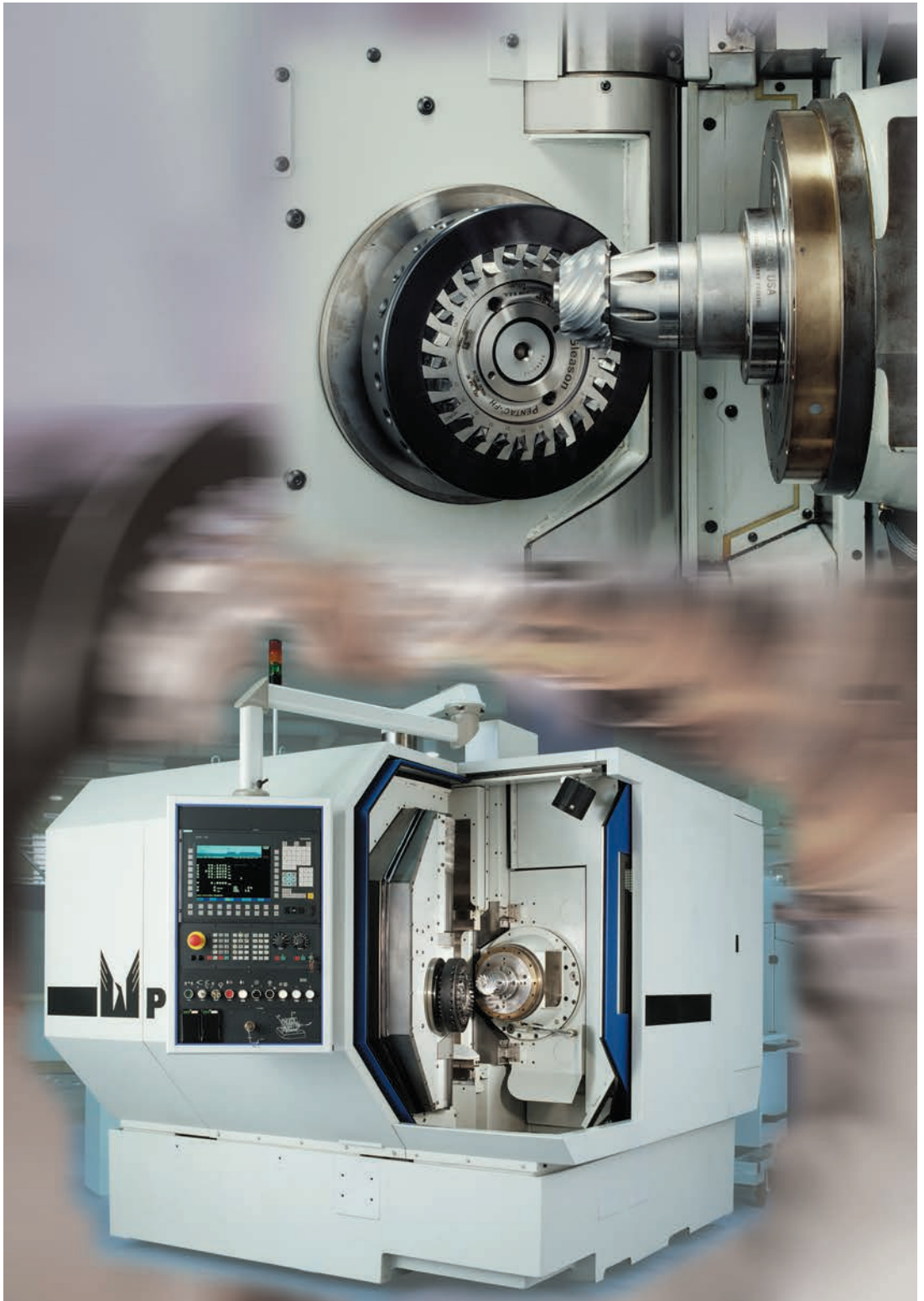
Die Autoren dieses Lehrbuches stellen auf der Basis der herkömmlichen auch die modernste Technik vor. Für diese **6. Auflage** haben wir in fast jedem Kapitel Seiten mit neuen Verfahren und Arbeitsmethoden hinzugefügt. Den Abschluss von sieben Kapiteln bilden Lerneinheiten in englischer Sprache.

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 neue Verbesserungsvorschläge dankbar sein, die wir Sie bitten, an Lektorat@europa-lehrmittel.de zu senden.

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



Kegelrad – Wälzfräsmaschine

Inhaltsverzeichnis

1	Das Aufgabenfeld des Zerspanungsmechanikers	9	3.6	Beispiel zur Prüfmittelauswahl	64
2	Arbeitssicherheit beim Spanen	17	3.7	Qualitätsprüfung	65
2.1	Allgemeine Sicherheitsregeln	17	3.7.1	Prüfmittelüberwachung	66
2.2	Warn- und Hinweisschilder	18	3.7.2	Prüfdokumentation und Datensicherung	70
2.3	Arbeitssicherheit an Werkzeugmaschinen	19	3.8	Testing and Measuring	71
2.3.1	Allgemeine Sicherheitsregeln	19	4	Werkstofftechnik	73
2.3.2	Arbeitssicherheit beim Drehen und Fräsen	20	4.1	Aufbau der Werkstoffe	73
2.3.3	Arbeitssicherheit beim Schleifen	21	4.2	Einteilung der Werkstoffe	74
2.3.4	Arbeitssicherheit beim Bohren	21	4.2.1	Einteilung, Bezeichnung und Normung der Eisenwerkstoffe	74
2.4	Sicheres Arbeiten mit Hebezeugen und Anschlagmitteln	21	4.2.2	Bezeichnung der Gusswerkstoffe	79
2.5	Sicherheitsanforderungen an Fertigungssysteme	23	4.2.3	Bezeichnung und Normung von Nichteisenmetallen	79
2.6	Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen	24	4.2.4	Schneidstoffe nach DIN ISO 513	80
2.7	Umgang mit Kühlschmiermitteln	26	4.3	Eisenwerkstoffe	83
2.8	Brandschutz	30	4.3.1	Zerspanbarkeit von Eisenwerkstoffen	83
3	Prüftechnik	31	4.3.2	Einfluss der Einstellwerte auf die Zerspanbarkeit	83
3.1	Die Entwicklung der Prüftechnik	31	4.3.3	Einfluss des Werkstoffs auf die Zerspanbarkeit	89
3.2	Aufbau der Messanordnung	33	4.3.4	Wärmebehandlung von Werkstücken und Werkzeugen	91
3.2.1	Begriffe der Messtechnik	34	4.4	Nichteisenmetalle	95
3.2.2	Messanordnungen	36	4.4.1	Einteilung und Benennung	95
3.2.3	Messabweichungen	38	4.4.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen	96
3.3	Prüfen von Maßen, Formen und Lagen	39	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
3.4	Prüfen von Oberflächen	48	4.5	Nichtmetalle	101
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	4.6	Korrosion	108
3.4.7	Rauheitsberechnung	52	4.6.1	Korrosionsformen und Korrosionsarten	108
3.5	Toleranzen und Passungen	54	4.6.2	Korrosionsschutz	110
3.5.1	Grundbegriffe	54	4.7	Werkstoffprüfung	111
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	4.8	Technology of materials	114
3.5.6	Passungssysteme	61			
3.5.7	Auswahl und Auswertung von Passtoleranzintervallen	63			

5	Spanende Fertigung auf Werkzeugmaschinen	115	5.3.2	Einteilung der Fräsverfahren	201
5.1	Grundlagen des maschinellen Spanens	115	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 λ_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 Φ	127	5.3.13	Milling	236
5.1.4.4	Spanflächenreibungswert μ_{sp}	127	5.4	Bohren, Senken, Reiben	238
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	5.5	Schleifen	258
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	5.6	Stoßen, Hobeln und Räumen	297
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	6	Aufbau, Funktion und Betrieb von Werkzeugmaschinen	301
5.1.8	Energiebilanz	139	6.1	Die Werkzeugmaschine als technisches System und Produktionsfaktor	301
5.1.9	Werkzeugverschleiß	140	6.2	Maschinenelemente	302
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
5.2	Drehen	147	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
5.3	Fräsen	201			
5.3.1	Fertigungsauftrag	201			

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

9.2.5	Antriebskonzepte	451	10.4	Handhabungssysteme für flexible Fertigungsanlagen	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	10.5	Transport und Materialfluss	490
9.3	Bearbeitung harter Werkstoffe ...	456	10.5.1	Flurgebundene Fördermittel	490
9.3.1	Hartzerspanung durch Drehen und Fräsen	456	10.5.2	Flurfreie Fördermittel	491
9.3.2	Ultraschallzerspanung	456	10.5.3	Aufgeständerte Fördermittel	492
9.3.3	Arbeitsbeispiel	457	10.6	Betriebliche Kennzahlen	493
9.4	Minimalmengenschmierung	458	11	Qualitätsmanagement	495
9.4.1	Quasi-Trockenbearbeitung	458	11.1	Zielsetzung	495
9.4.2	Dosiersysteme und Zuführung	459	11.2	Qualität	495
9.4.3	Schmiermittel	459	11.3	Qualitätskreis	496
9.4.4	Vorteile der Minimalmengenschmierung	459	11.4	Qualitätsmanagementsysteme ...	497
9.5	Trockenbearbeitung	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
9.6	Feinbearbeitungsverfahren	462	11.5	Qualitätssicherung in der Fertigung	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	11.6	Statistisches Qualitätsmanagement	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	11.7	Stärkung des Unternehmens durch Qualitätsmanagement	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	Sachwortverzeichnis	512	
9.6.3.3	Beschichten und Honen	472	Normen und Vorschriften	525	
10	Produktionsprozesse und Fertigungssysteme	473	Weiterführende Literatur	527	
10.1	Planung des Produktionsprozesses	473	Bildquellenverzeichnis	528	
10.1.1	Fertigungsplanung	475			
10.1.2	Fertigungssteuerung	476			
10.1.3	Ermittlung der Auftragszeit	477			
10.1.4	Kalkulation	478			
10.2	Organisation der Fertigung	479			
10.3	Flexible Fertigungsanlagen und Fertigungssysteme	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.



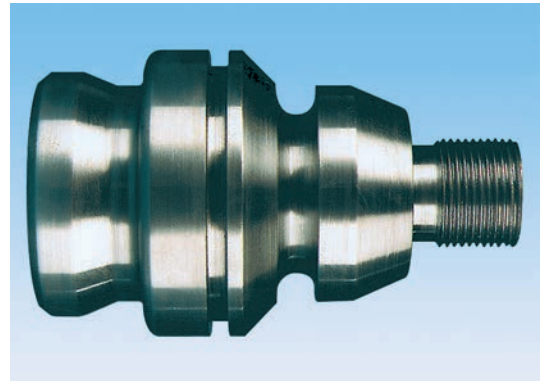
Die VEL GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen der Metall verarbeitenden Industrie, beschäftigt ca. 220 eigene Mitarbeiter und bildet 25 Auszubildende in verschiedenen gewerblich-technischen bzw. kaufmännischen Berufen aus. Sie stellt unterschiedlichste Bauteile aus metallischen und nichtmetallischen 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 markt-orientiert gearbeitet wird.

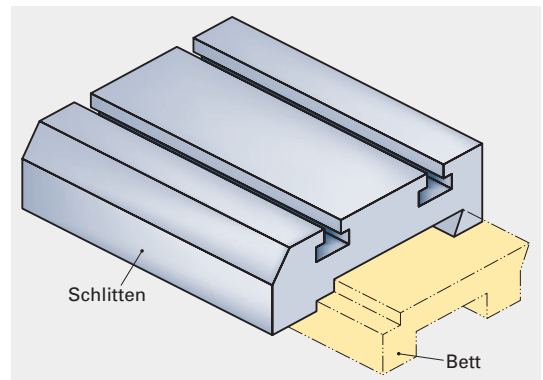
Die Vielfalt der zu lösenden Fertigungsaufgaben und das Leistungsspektrum des Bereichs der mechanischen Fertigung wird durch sechs repräsentative Kundenaufträge vorgestellt, die in diesem Lehrbuch mehrere Male beispielhaft vorkommen.

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.

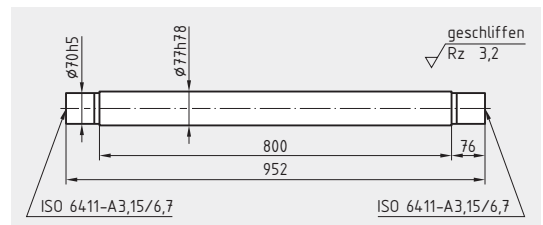
Einen **Maschinentisch** für die Ständerbohrmaschine in der Lehrwerkstatt anzufertigen, ist ein unternehmensinterner Auftrag, der von den Auszubildenden des 2. Ausbildungsjahres projektorientiert bearbeitet und an einer konventionellen Fräsmaschine erfüllt wird (Bild 2).



1 Aufnahmestück



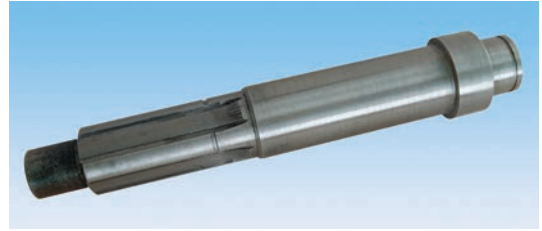
2 Maschinentisch



3 Getriebewelle

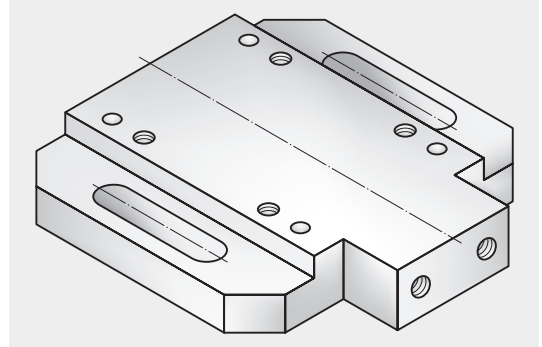
Die **Getriebewelle** wird wegen der hohen Oberflächengüte nach der Vorbearbeitung an einer CNC-Drehmaschine an einer CNC-Rundschleifmaschine fertig gestellt (Bild 3). Sie ist ein Zulieferteil für einen Automobilbauer und wird in großen Stückzahlen gefertigt. Die Fertigung wird durch ausgewählte Methoden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



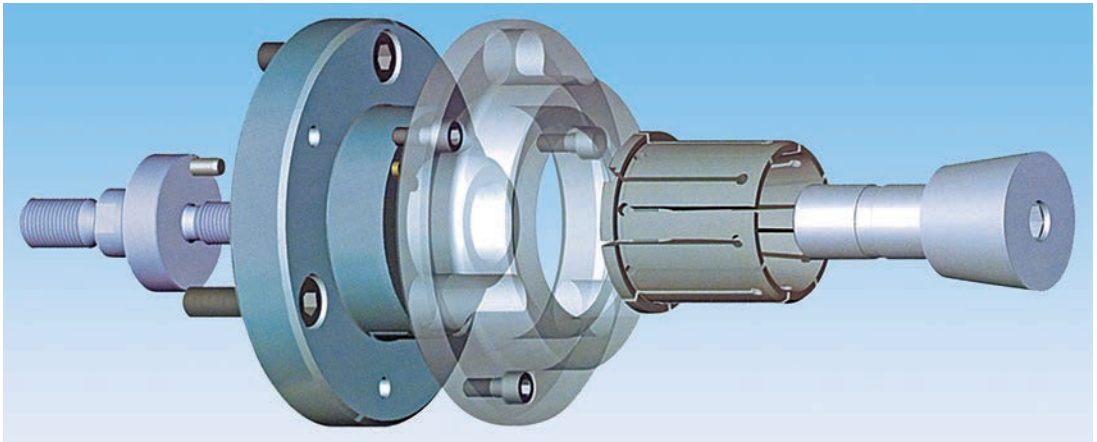
1 Keilprofilwelle

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 **Hülspanndorns** 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.

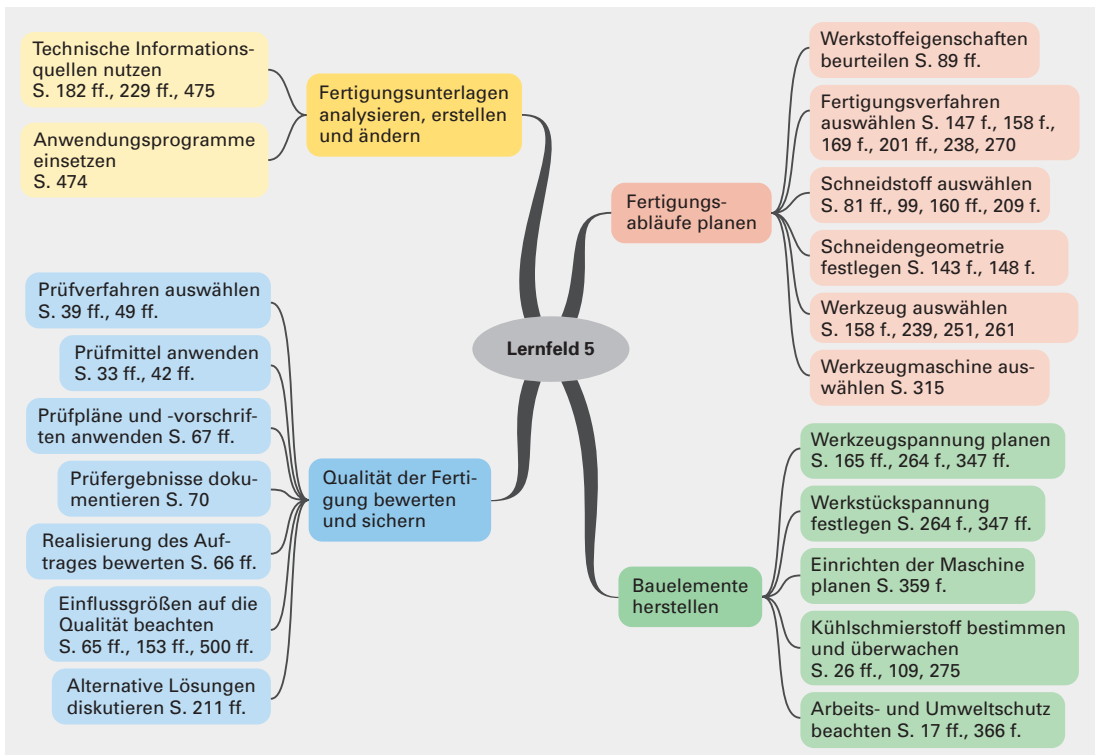
Entsprechend dem Berufsbild muss die Ausbildung an unterschiedlichen Werkzeugmaschinen-Systemen in allen gebräuchlichen spanenden Bearbeitungsverfahren erfolgen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, organisieren sich die teilweise hoch spezialisierten Ausbildungsbetriebe häufig in Ausbildungsverbünden.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



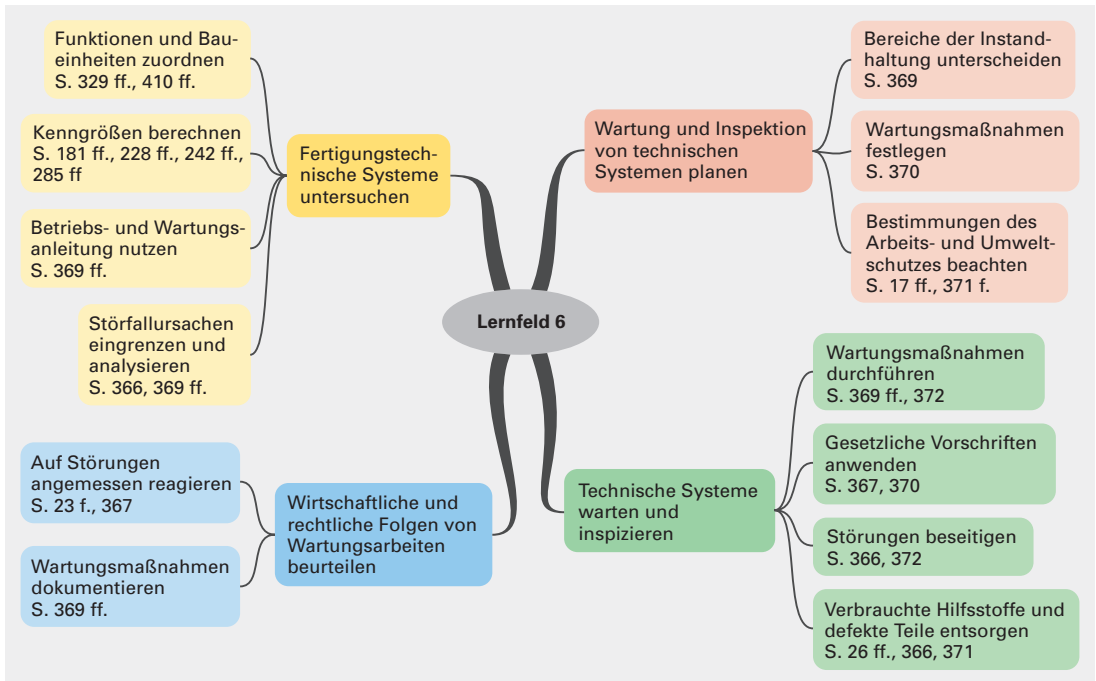
1 Berufsschulunterricht in modernen Labors

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).

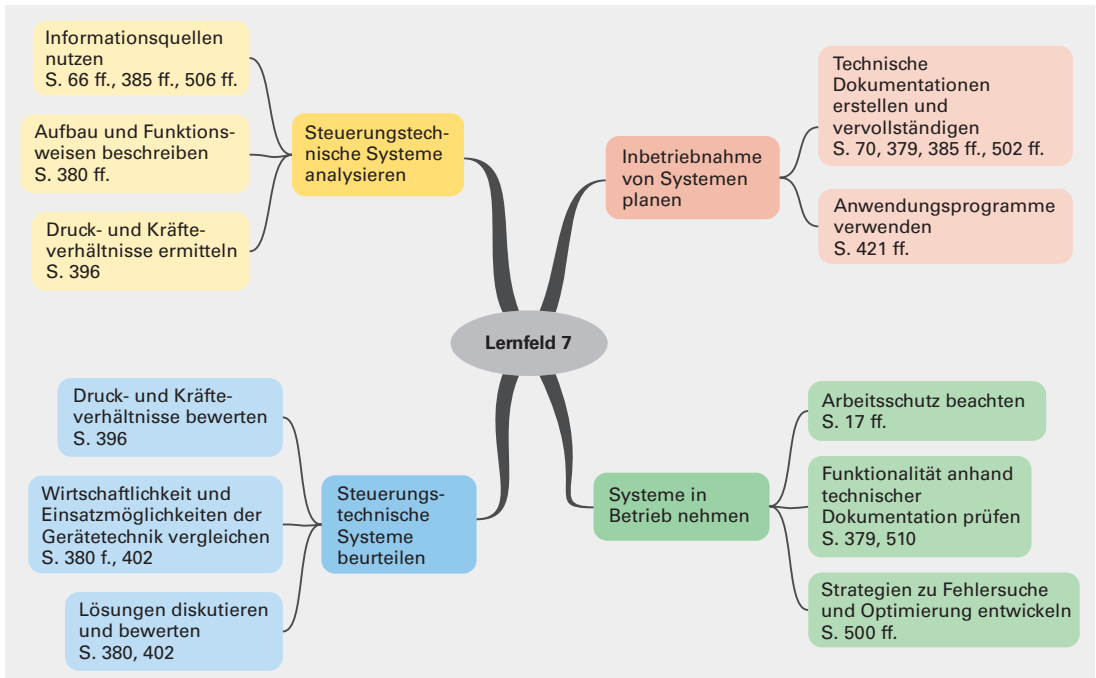
Im Rahmenlehrplan zum Ausbildungsberuf beschreiben Zielformulierungen zu den Lernfeldern die Qualifikationen und Kompetenzen, die am Ende des schulischen Lernprozesses erwartet werden. Sie bringen auch das Anforderungsniveau des jeweiligen Lernfeldes zum Ausdruck. Zur Veranschaulichung und Orientierung 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.



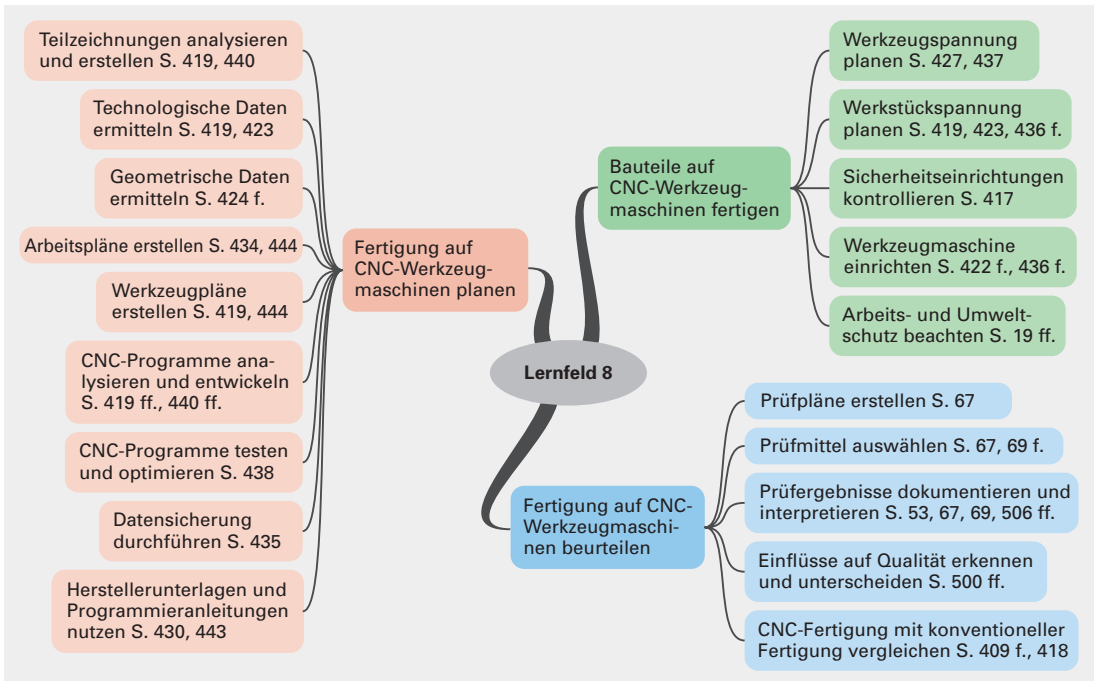
2 Ziele im Lernfeld 5 – Herstellen von Bauelementen durch spanende Fertigungsverfahren



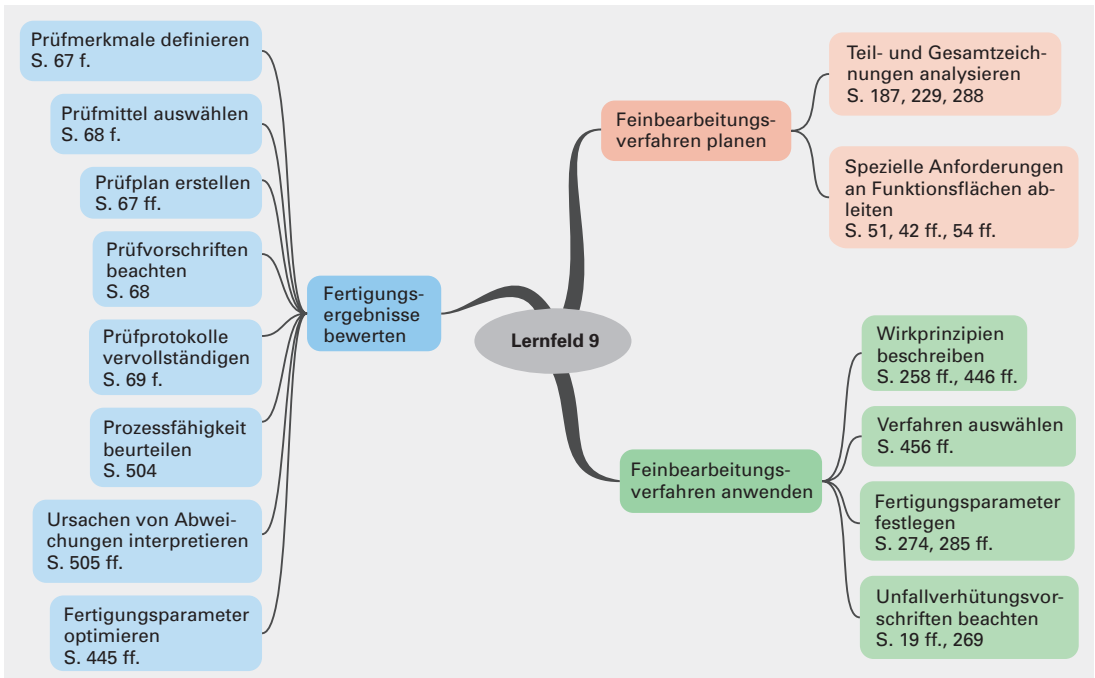
1 Ziele im Lernfeld 6 – Warten und Inspizieren von Werkzeugmaschinen



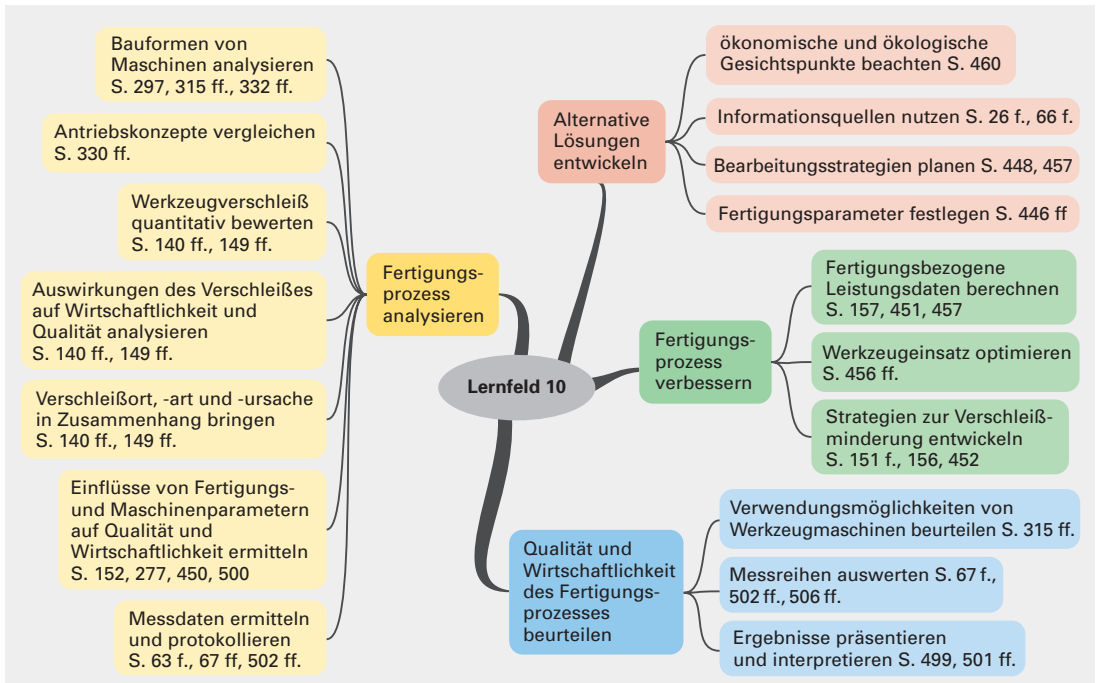
2 Ziele im Lernfeld 7 – Inbetriebnahme steuerungstechnischer Systeme



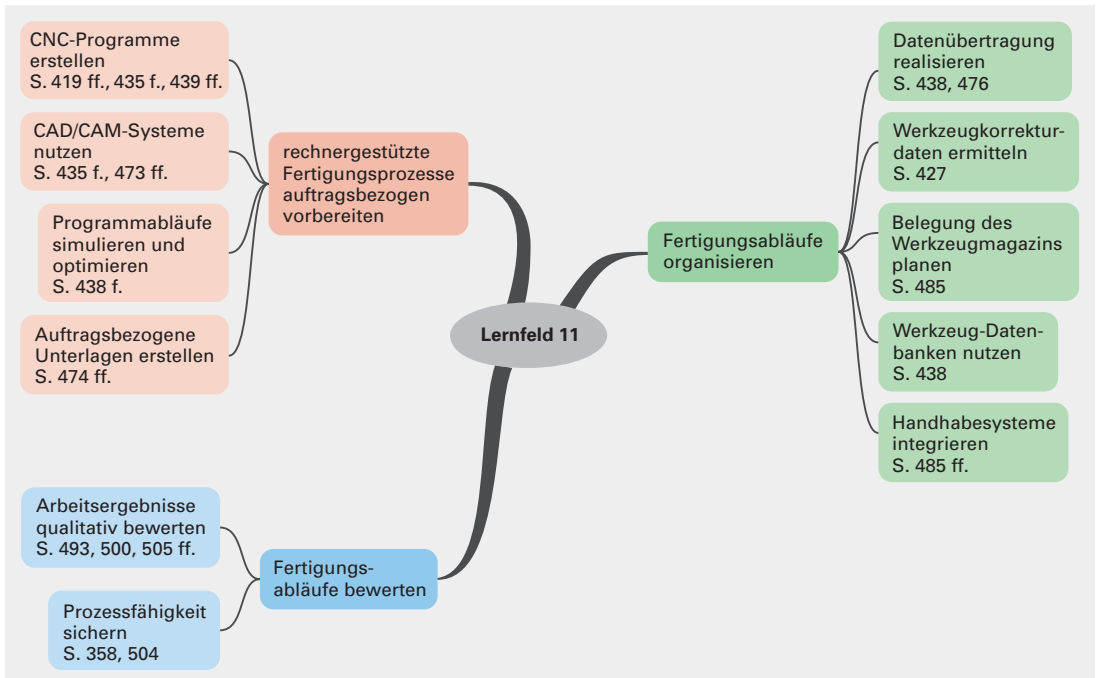
1 Ziele im Lernfeld 8 – Programmieren und Fertigen mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen



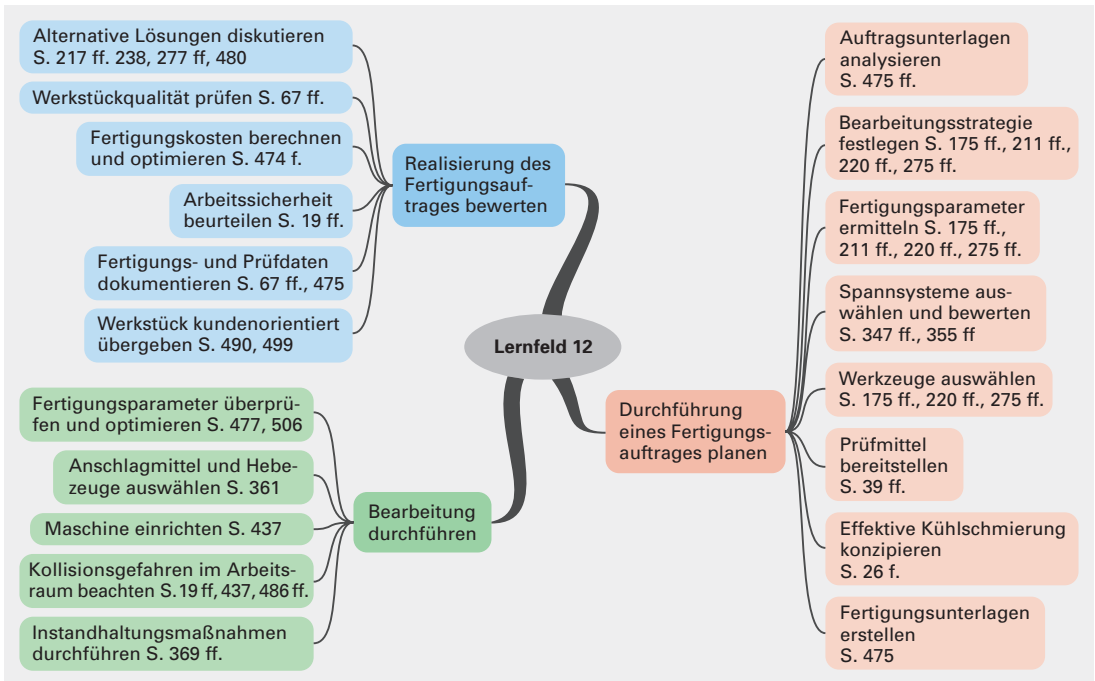
2 Ziele im Lernfeld 9 – Herstellen von Bauelementen durch Feinbearbeitungsverfahren



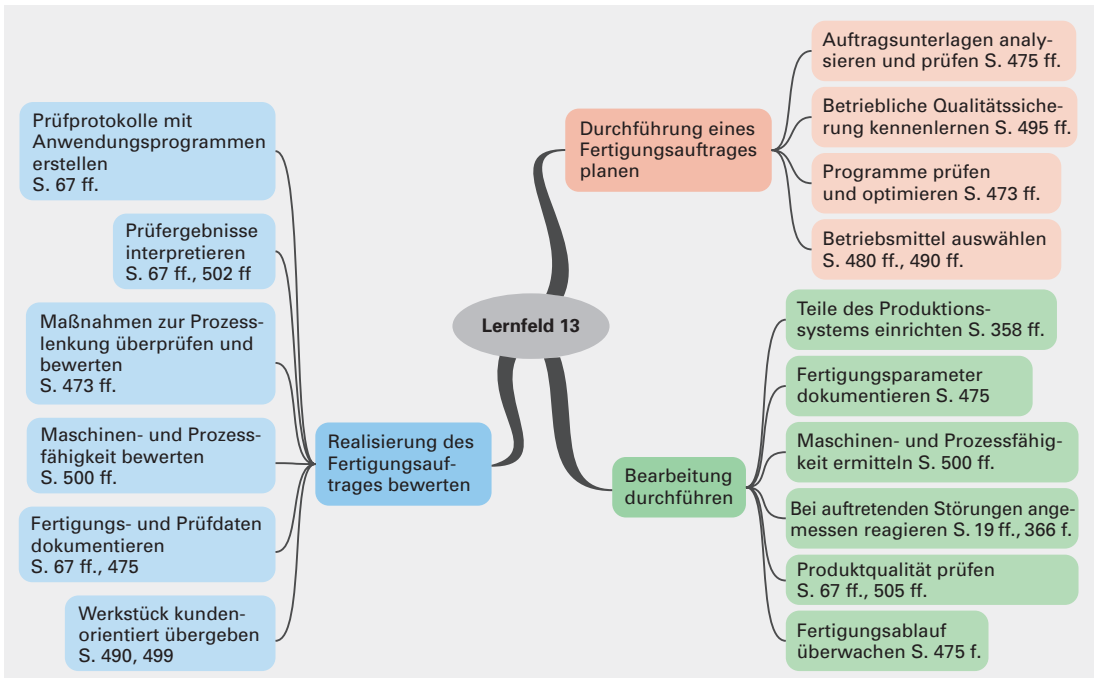
1 Ziele im Lernfeld 10 – Optimieren des Fertigungsprozesses



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:

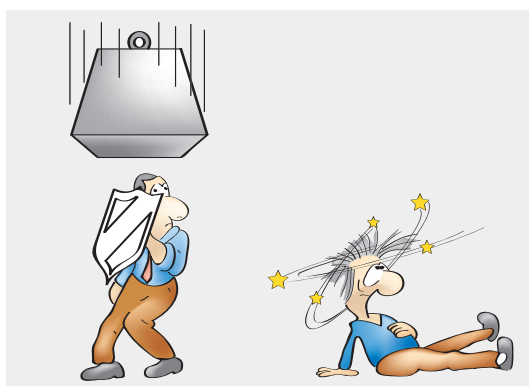
Informieren Sie sich!

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.

Rettungszeichen geben Hinweise auf wichtige Wege und Orte im Notfall.

Rettungszeichen 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 Feuerlöscher 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.



Allgemeines Verbotsschilder



Rauchen verboten



Keine offene Flamme; Feuer, offene Zündquelle und Rauchen



Für Fußgänger verboten

1 Verbotsschilder



Gehörschutz benutzen



Augenschutz benutzen



Handschutz benutzen



Fußschutz benutzen

2 Gebotszeichen



Allgemeines Warnzeichen



Warnung vor Laserstrahl

3 Warnzeichen



Notausgang (links)



Erste Hilfe

4 Rettungszeichen



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!

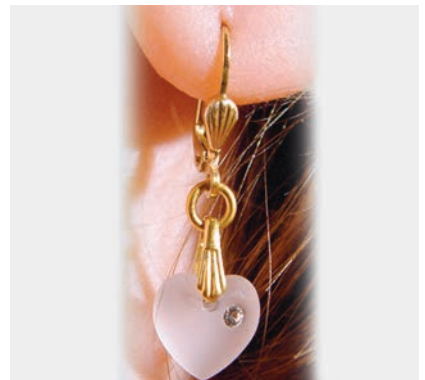
- Melden Sie gefährliche Stellen oder Situationen vorgesetzten Personen und drängen Sie auf Beseitigung der Gefährdung!
- Vermeiden Sie das Essen am Arbeitsplatz! Sie verhindern damit die ungewollte Aufnahme giftiger oder krebserregender Stoffe. Die Wirkung mancher Arbeitsmittel auf den menschlichen 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 Zerspanprozesszeitig erkannt und verhindert werden. Wenn vorhanden, sollte die Einrichtung zum automatischen Spanabtransport genutzt werden, weil dadurch gefährliche Berührungen mit Spänen vermieden werden (Bild 1).



1 Sicherheitseinrichtungen einer CNC-Maschine

- 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.



2 Werkzeuge zum Entfernen von Spänen

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).



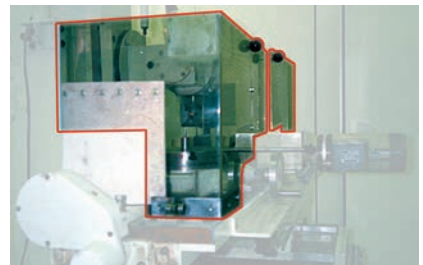
3 Schlüssel im Spannfutter

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.



4 Schutzvorrichtungen einer Fräsmaschine