



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Fachwissen Metalstechnik in Lernfeldern

Zerspanungsmechanik

1. Auflage

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

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

Europa-Nr.: 14210

Autoren:

Dambacher, Michael; Dipl.-Ing., StD Aalen
Pflug, Alexander; Dipl.-Ing., OStR Schwäbisch Gmünd
Liesch, Thomas; Dipl.-Ing. (FH), OStR Westhausen-Lippach

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

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat: Michael Dambacher

Bildentwürfe: die Autoren

Fotos: Leihgaben der Firmen (Verzeichnis letzte Seite)

Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Die CNC-Programme wurden mit freundlicher Unterstützung der Firma „CNC KELLER GmbH“ erstellt.

1. Auflage 2026

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-1421-0

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an produktsicherheit@europa-lehrmittel.de.

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

© 2026 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: Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Umschlagfotos: Autorenfotos, Gildemeister AG, Bielefeld, Siemens AG, München

Druck: Printer Trento s.r.l., 38121 Trento – Italy

Das vorliegende Buch wendet sich bevorzugt an Auszubildende der Zerspanungsmechanik in dem zweiten, dritten und vierten Ausbildungsjahr. Die Themenbereiche des Werkes sind entsprechend dem Rahmenlehrplan nach Lernfeldern gegliedert und decken den Lernfeldorientierten Unterricht für **Zerspanungsmechaniker/-innen** ab.

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 die Lernfelder 5 bis 13:

- LF5: Herstellen von Bauelementen durch spanende Fertigungsverfahren
- LF6: Warten und Inspizieren von Werkzeugmaschinen
- LF7: Inbetriebnehmen steuerungstechnischer Systeme
- LF8: Programmieren und Fertigen mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen
- LF9: Herstellen von Bauelementen durch Feinbearbeitungsverfahren
- LF10: Optimieren des Fertigungsprozesses
- LF11: Planen und Organisieren rechnergestützter Fertigung
- LF12: Vorbereiten und Durchführen eines Einzelfertigungsauftrags
- LF13: Organisieren und Überwachen von Fertigungsprozessen in der Serienfertigung

Zu Beginn eines Lernfeldkapitels ist immer die vollständige berufliche Handlung im jeweiligen Lernfeld dargestellt:

Informieren

Planen

Durchführen

Beurteilen

Die Fertigungsbeispiele sind entsprechend dieser Handlungssystematik strukturiert.

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 einzelner Kapitel/Teilkapitel befindet sich jeweils das Modul „Überprüfen Sie Ihre Kompetenz“, in dem die Schülerinnen und Schüler an kleinen Projekten ihren Wissensstand überprüfen können.

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

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

Januar 2026

Die Autoren

Berufsausbildung in Lernfeldern

Die in Lernfeldern zusammengefassten thematischen Einheiten orientieren sich an berufstypischen Handlungsfeldern und Handlungsabläufen. Sie umfassen ganzheitliche Lehr- und Lernprozesse, bei denen nicht die Fachsystematik, sondern eine Handlungssystematik zugrunde gelegt wird.

In den Zielformulierungen der Lernfelder wird das Prinzip einer vollständigen Handlung beschrieben. Der Ablauf wird durch die Beschreibung der wesentlichen beruflichen Handlungen (**Bild 1**) erfasst:

- Informieren
- Planen
- Durchführen
- Bewerten/Kontrollieren
- Dokumentieren und
- Präsentieren

Die Lernfelder 1 bis 4 im ersten Ausbildungsjahr entsprechen inhaltlich den Lernfeldern 1 bis 4 für die Grundstufe der handwerklichen und industriellen Metallberufe.

Die Lernfelder 5 bis 13 sind den Fachstufen des zweiten und dritten Ausbildungsjahres zugeordnet (**Tabelle 1**).

Die Ziele und Inhalte der Lernfelder eins bis sechs sind mit den geforderten Qualifikationen der betrieblichen Ausbildungsordnung für den Teil 1 der Abschlussprüfung abgestimmt.

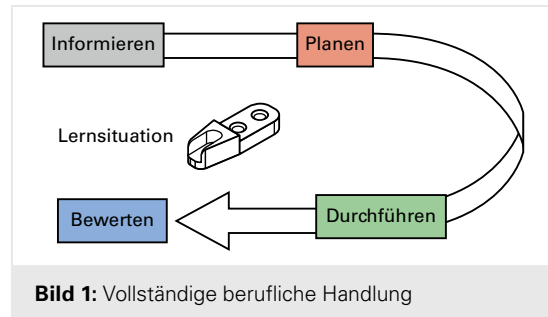


Bild 1: Vollständige berufliche Handlung



Beispiel für eine ganzheitliche Aufgabenstellung:

In einem betrieblichen Auftrag soll eine Spannvorrichtung für ein Bearbeitungszentrum zur Fräs- und Bohrbearbeitung von Achsschenkeln hergestellt werden. Der Auftrag beinhaltet als ganzheitliche Handlung folgende Tätigkeiten:

- Auftragsannahme und Information
- Auftragsplanung mit Teilaufträgen
- Bedarfsanforderungen
- Programmerstellung
- Werkzeug- und Spannmittelauswahl
- Einrichten des Arbeitsplatzes, Maschine rüsten
- Arbeitsaufträge durchführen
- Sichern der Produktqualität, Kontrolle
- Montage und Funktionstest
- Auftragsübergabe

Tabelle 1: Übersicht Lernfelder Zerspanungsmechaniker

Lernfelder Nr.		Zeitrichtwerte			
		1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr
1	Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen	80			
2	Fertigen von Bauelementen mit Maschinen	80			
3	Herstellen von einfachen Baugruppen	80			
4	Warten technischer Systeme	80			
5	Herstellen von Bauelementen durch spanende Fertigungsverfahren		100		
6	Warten und Inspizieren von Werkzeugmaschinen		40		
7	Inbetriebnehmen steuerungstechnischer Systeme		60		
8	Programmieren und Fertigen mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen		80		
9	Herstellen von Bauelementen durch Feinbearbeitungsverfahren			80	
10	Optimieren des Fertigungsprozesses			100	
11	Planen und Organisieren rechnergestützter Fertigung			100	
12	Vorbereiten und Durchführen eines Einzelfertigungsauftrages				60
13	Organisieren und Überwachen von Fertigungsprozessen in der Serienfertigung				80
Summe (insgesamt 1020 Std.)		320	280	280	140

Berufliche Handlungsfelder

Als strukturgebendes Element werden die Lernfelder betrieblichen Arbeitsbereichen, den Handlungsfeldern (HF1 bis 4), zugeordnet (**Tabelle 1**):

HF1:	Herstellen von Werkstücken
HF2:	Montage und Demontage
HF3:	Automatisierung und Inbetriebnahme
HF4:	Instandhaltung und Wartung

Um aus der Lernfeldbeschreibung zu Lernsituationen und Unterrichtseinheiten zu kommen, ist zunächst die Analyse aller Lernfelder innerhalb des jeweiligen Handlungsfeldes notwendig.

Lernfelder sind keine in sich abgeschlossene Einheiten. Beim Lesen der Lernfelder innerhalb eines Handlungsfeldes fällt auf, dass bestimmte Inhalte und Zielformulierungen über mehrere Lernfelder





wiederholt in unterschiedlichem beruflichem Kontext auftauchen.

Dies ist eine aufbauende Struktur verteilt über die gesamte Ausbildungsdauer. Diese aufbauenden Inhalte und Kompetenzen finden sich für die verschiedenen Ausbildungsberufe in allen Handlungsfeldern und werden mit Lernfeldprogression bezeichnet.

Denn nur dann kann die Frage nach inhaltlicher Tiefe und Breite innerhalb eines Lernfeldes geklärt werden und eine entsprechende Abgrenzung zu vor- und nachgelagerten Lernfeldern vorgenommen werden.

Mit dem Lernfeldkonzept kann ein ganzheitliches Lernen realisiert werden. Projekte, Arbeitsaufträge und Lernsituationen werden mit dem Ziel angewandt, die Vernetzung von Wissen, welches sonst meist in Teilfächern isoliert ist, auf konkrete berufliche Handlungssituationen ergebnisorientiert anzuwenden.

Tabelle 1: Handlungsfelder mit zugeordneten Lernfeldern im Ausbildungsberuf Zerspanungsmechaniker/-in

Berufliches Handlungsfeld		1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr
HF 1 Herstellen von Werkstücken 		Lernfeld 1: Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen	Lernfeld 5: Herstellen von Bauelementen durch spanende Fertigungsverfahren	Lernfeld 9: Herstellen von Bauelementen durch Feinbearbeitungsverfahren	Lernfeld 12: Vorbereiten und Durchführen eines Einzelfertigungsauftrags
		Lernfeld 2: Fertigen von Bauelementen mit Maschinen	Lernfeld 8: Programmieren und Fertigen mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	Lernfeld 10: Optimieren des Fertigungsprozesses	
HF 2 Montage und Demontage 		Lernfeld 3: Herstellen von einfachen Baugruppen			
HF 3 Automatisierung und Inbetriebnahme 			Lernfeld 7: Inbetriebnehmen steuerungstechnischer Systeme	Lernfeld 11: Planen und Organisieren rechnergestützter Fertigung	
HF 4 Instandhaltung und Wartung 		Lernfeld 4: Warten technischer Systeme	Lernfeld 6: Warten und Inspizieren von Werkzeugmaschinen		

Bildquellen

22bicycles, USA: 251/3

Adicomp, Italien: 355/3

Adobe Systems Software Irland Ltd., Adobe Stock, IRL-Dublin: 557/1 © Thomas Söllner

akg-images gmbh, Berlin: 16/4 © Science Source

BEI Precision Systems & Space Company, Inc. U.S.: 409/4

Berufsgenossenschaft Holz und Metall, Mainz: 270/1

Blum- Novotest GmbH, Willich: 19/3

Bosch Rexroth AG, Lohr: 400/2, 400/3, 400/4

Bulkston GmbH, Imst: 83/3

Ceram Tec AG, Ebersbach: 19/1, 51/1, 51/2

CORZOSA, ES: 162/2

Cosen Mechatronics Co., Ltd: 84/3

DEMAG Cranes & Components GmbH, Wetter/Ruhr: 275/2

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin: 287/2

DIGMA GmbH, Reutlingen: 114/1, 117/4

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH, Traunreut: 295/1, 295/2, 406/3, 406/4, 407/1 unten

EMAG Gruppe, Salach: 70/2, 117/3

Fritz Werner Werkzeugmaschinen AG, Berlin: 589/1

Gildemeister AG, Bielefeld: 162/1

Hermle AG, Gosheim: 19/2, 317/3, 634/1

Hochschule Aalen: 48/1, 52/3

INDEX-Werke GmbH & Co. KG Hahn & Tessky, Esslingen: 403/1

iStock by Getty Images, München: 5/T1a © vitapix, 5/T1b © loveguli, 5/T1c © Phuchit, 5/T1d © ZeynepKaya, 14/0 © Ladislav Kubeš, 14/1 © Phynart Studio, 14/2 © Itsanan Sampuntarat, 23/2 links © dirk lohnbach, 23/2 rechts © Uwe, 27/1 rechts © Thoams Soellner, 34/T1a oben © Oleg Zaikin, 35/3 © Zocha_K, 59/3 rechts © Christian Camus, 75/1 b © antoniotruzzi, 85/1 © Phuchit, 86/1 © pixelprof, 87/1 © vitapix, 88/2 © Nordroden, 90/2 © helivideo, 97/1 d © NordicMoonlight, 97/2 rechts

© Ekaterina Markelova, 98/1 © Phuchit, 98/2 © piyasuk, 102/2 © sergeyryzhov, 109/1 © TakerWalker, 113/1 © aldomurillo, 121/2 © kadmy, 134/2 © mbongorus, 140/1 © Itsanan Sampuntarat, 145/1 © Nordroden, 145/3 © Liunhsihsiang, 152/2 © Vladimir_Timofeev, 158/1 © sorendls, 158/2 © travenian, 160/2 © HAYKIRDI, 162/3 © artas, 164/1 © Piotr Wytrazek, 167/1 © FedotovAnatoly, 167/4 © Andrey Znamenskyl, 169/2 © daniele2dm, 173/3a © sergeyryzhov, 175/1 © helivideo, 177/1 © Hello my names is james,i'm photographer., 181/1 © PPCavalry, 181/2 © prill, 181/2 © prill, 194/1 © Piotr Wytrazek, 194/2 © Socha, 194/3 © surasak petchang, 195/1 © surasak petchang, 195/2 © nay, 199/3 © pankration, 201/4 © MJ_Prototype, 209/3 © sorapol1150, 211/6 © richterfoto, 211/7 © sergeyryzhov, 219/3 © kool99, 220/4 © Bosca78, 222/1 © phuchit, 235/1 © Nordroden, 236/3 © RicAguiar, 240/1 © eugeneseergeew, 240/2 © FedotovAnatoly, 240/4 © kevinjean00, 242/1 © pamirc, 247/2 © C_FOR, 247/3 © SafakOguz, 248/4 © kool99, 251/1 © Florin Patrunjel, 252/1 links oben © Zha-kYaroslavPhoto, 254/1 © cody, 264/1 © Funtay, 270/2 © Panupong Piewkleng, 276/1 © gorodenkoff, 278/2 © Dzmitrock87, 279/1 © popov48, 285/1 © Liuhsihsiang, 286/4 © ampols, 288/0 © focus35, 288/1 © Matveev_Aleksandr, 288/2 © Liuhsihsiang, 294/1 © gerenme, 300/1 rechts © surakit sawangchit, 305/1 © focus35, 306/1 © Matveev_Aleksandr, 307/1 © Liuhsihsiang, 309/1 © industryview, 309/2 © Niteenrk, 310/2 © Phynart Studio, 319/1 rechts oben © Anatoly Fedotov, 319/1 links © Nordroden, 319/2 rechts oben © Gennady Kurinov, 319/2 links © Matveev_Aleksandr, 320/4 © Phuchit, 328/1 rechts © Mr_Twister, 328/2 rechts © Phuchit, 329/1 rechts © kynmy, 340/2 © Bet_Noire, 346/1 © aldomurillo, 346/2 © baranozdemir, 346/3 © vm, 346/4 © coffeekai, 347/1 © deepblue4you, 348/0 © Marlon Bönisch, 356/1 rechts © Marlon Bönisch, 356/1 links © surasak petchang, 360/2 rechts © releon8211, 360/3 mitte © iPhotothailand, 360/3 rechts © iPhotothailand, 360/3 links © Pakphoto, 361/2 © kynny, 361/3 © K-Paul, 374/2 © genkur, 384/1 © valdisskudre, 386/1 © rozdemir01, 394/1 © Narai Chal, 394/2 © bjdlsx, 394/3 © Amorn Suriyan, 394/4 © jpkirakun, 396/0 © Phuchit, 396/1 © gorodenkoff, 436/3 © Phuchit, 451/1 © Phuchit, 452/0 © N_Saroach, 452/1 rechts © AzmanL, 452/1 links © kadmy, 454/1 © sergeyryzhov, 454/2 © Itsanan Sampuntarat, 454/3

© Thossaphol, 454/4 © sspopov, 473/1 © Itsanan Sampuntarat, 474/2 © Nordroden, 474/3 © surasak patchang, 474/4 © sorapol1150, 488/1 © Phuchit, 489/1 © sspopov, 490/1 © genkur, 490/2 © Phuchit, 491/1 © Nordroden, 502/3 © Funtay, 505/3a © kernowroller, 505/3b © Phuchit, 510/1 © seraficus, 510/2 © Phuchit, 511/1 © Ladislav Kubeš, 511/2 © Phuchit, 514/1 rechts © Phuchit, 523/2 © Phuchit, 529/1 oben © Phuchit, 546/1 oben © AlexandrBognat, 548/1 © Ladislav Kubeš, 549/1 © Phuchit, 552/1 © Phuchit, 555/1 © Phuchit, 556/3 © Phuchit, 558/1 © C_FOR, 558/2 © Grafner, 576/2 © PhonlamaiPhoto, 576/3 © ZhakYaroslavPhoto, 580/2 © Phuchit, 582/3 © shcherbak volodymyr, 584/0 © sompong_tom, 584/2 © monkeybusinessimages, 591/1 rechts © chabybucko, 591/1 links oben © rozdemir01, 591/1 links unten © rozdemir01, 591/1 mitte oben © rozdemir01, 591/1 mitte unten © rozdemir01, 591/2 © monkeybusinessimages, 594/1 © surasak patchang, 594/2 © monkeybusinessimages, 594/3 © tolgart, 595/1 © industryview, 595/3 © Papatsorn Khunsaard, 601/1 © Phuchit, 604/2 © Phuchit, 606/3 © sergeyryzhov, 608/2 © Drazen_, 614/1 © NanoStockk, 614/2 © Hispanolistic, 616/2 © Traitov, 617/1 © LeonidKos, 617/2 © Ton Photograph, 618/1 © MicroVOne, 618/2 © danchooalex, 619/3 © B4LLS, 619/4 © Matveev_Aleksandr, 620/0 © Unaihuiziphotography, 627/1 © InWay, 636/0 © momcilog

ISW Uni-Stuttgart, Stuttgart: 117/1

KOMET Group GmbH, Besigheim: 78/3

Laksmi Vacuum Technologies: 566/3

Mahr GmbH, Göttingen: 209/4

MAPAL Dr. Kress KG, Aalen: 49/1, 78/2, 510/0, 544/2

Meyers Konversationslexikon 6. Auflage von 1909, Leipzig: 17/1

Plansee Group, Reute: 19/4

Renishaw GmbH, Pliezhausen: 296/2

Sandvik GmbH Coromant, Düsseldorf: 17/4, 94/3

SETON Brady GmbH, Egelsbach: 278/3, 658/2

SHW Werkzeugmaschinen GmbH, Wasseraffingen: 316/1

Siemens AG, München: 117/2, 399/1 links, 399/2, 507/2 rechts

Sodick Deutschland GmbH, Düsseldorf: 317/1

thyssenkrupp Steel Europe AG, Duisburg: 578/3

Autorenfotos: 16/1, 16/3, 17/2, 17/3, 18/2, 20/2, 20/3, 20/4, 21/1, 31/1, 40/2, 42/1, 46/1, 48/3, 49/2, 51/3, 52/4, 53/1, 53/2, 53/3, 57/1, 67/2, 68/1, 69/1, 71/3, 72/2, 72/3, 80/3, 83/2, 97/3, 100/1, 101/T1a, 101/T1f, 101/T1g, 101/T1h, 101/T1i, 102/T1a, 102/T1b, 102/T2a, 102/T2b, 102/T2c, 105/1, 109/2, 111/1, 119/1, 126/1, 127/2, 128/4, 129/4, 133/1, 133/2, 135/2, 135/T1a, 135/T1b, 135/T1c, 135/T1d, 141/1, 141/T1, 141/T2a, 141/T2b, 141/T2c, 141/T2d, 141/T2e, 141/T2f, 141/T2g, 141/T2h, 144/T2g, 144/T2h, 144/T2i, 144/T2j, 144/T2k, 150/T2a, 150/T2b, 150/T2c, 150/T2d, 150/T2e, 150/T2f, 152/1, 152/T1a, 152/T1b, 152/T1c, 153/T1a, 153/T1b, 153/T1c, 153/T1d, 153/T1e, 153/T1f, 153/T1g, 157/T1c, 157/T1d, 157/T2c, 157/T2d, 157/T2e, 157/T2f, 159/1, 160/1, 165/T2a, 165/T2b, 165/T2c, 165/T2d, 166/1, 166/3, 166/4, 166/5, 167/3, 169/1, 171/2, 172/1, 178/1, 180/1, 181/4c, 181/4d, 182/1, 183/1, 183/2, 183/3, 183/4, 184/1, 185/2, 186/1, 186/2, 187/1, 187/2, 187/3, 187/4, 188/1, 188/2, 188/3, 188/4, 188/5, 189/1, 189/2, 189/3, 189/4, 190/1, 190/3, 190/4, 191/1, 191/2, 191/3, 192/1, 192/2, 192/4, 195/3, 196/2, 197/1, 198/1, 198/2, 198/3, 199/1, 199/2, 199/4, 200/1, 200/2, 202/2, 204/1, 204/2, 205/3, 208/4, 210/2, 210/4, 211/5, 212/1, 214/1, 236/4, 237/2, 241/2, 241/3, 242/3, 242/4, 245/2, 246/1, 247/1, 247/4, 251/2, 252/1, 262/1, 262/2, 264/2, 266/1, 266/2, 267/1, 272/1, 272/2, 273/1, 273/2, 273/3, 273/4, 274/1, 274/2, 274/3, 275/1, 277/1, 277/2, 278/1, 292/1, 292/2, 297/1, 304/1, 310/1, 311/1, 312/1, 313/1, 314/1, 317/2, 324/1, 324/2, 324/3, 324/4, 329/2, 331/2, 333/1, 340/3, 344/2, 344/3, 353/3, 359/3, 378/2, 388/2, 388/3, 398/2, 398/3, 401/2, 402/1, 402/2, 402/3, 403/2, 403/3, 410/1, 411/2, 412/3, 423/3, 438/1, 438/2, 448/1, 448/2, 448/3, 450/1, 464/2, 481/4, 491/3, 493/1, 494/1, 494/2, 501/2, 501/3, 503/2, 506/3, 512/2, 512/3, 513/3, 513/4, 520/1, 526/1, 530/2, 532/1, 533/1, 533/2, 535/2, 542/1, 545/1, 564/3, 565/1, 565/2, 565/4, 569/1, 570/1, 570/3, 571/2, 572/2, 574/1, 574/4, 575/2, 579/1, 579/3, 593/1, 610/1, 610/2, 611/1, 611/2, 611/3, 612/1, 612/2, 612/3, 613/1, 636/2, 647/1, 647/2, 650/4, 651/1, 651/2, 651/4, 658/3, 661/1, 663/1

Alle Bilder im Buch ohne Quellenangaben wurden vom Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern, erstellt und bearbeitet.

5

Herstellen von Bauelementen durch spanende Fertigungsverfahren

5.1	Grundlagen der Zerspantechnik	16	5.6	Frästechnik	86
5.1.1	Historischer Rückblick	16	5.6.1	Einteilung der Fräsverfahren	86
5.1.2	Zerspanverfahren	18	5.6.2	Schnittgrößen beim Fräsen	88
5.1.3	Zerspanungsprinzip	20	5.6.3	Fräsen mit Spindelsturz	93
5.1.4	Schneidengeometrie	24	5.6.4	Planfräsen mit Breitschlichtfase	94
5.1.5	Schnitt- und Spanungsgrößen	27	5.6.5	Fräswerkzeuge	95
5.1.6	Spanbildung	31	5.6.6	Teilung am Fräswerkzeug	97
5.1.7	Zerspankräfte	36	5.6.7	Störungsbeseitigung beim Fräsen	98
5.1.8	Zerspanungsleistung	41	5.6.8	Fertigungsbeispiele zum Fräsen	99
5.1.9	Werkzeugstandzeit	42	5.6.9	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	108
5.1.10	Energiebilanz	42	5.6.10	Besondere Fräsverfahren	110
5.2	Schneidstoffe und Beschichtungen	44	5.6.11	Maschinengestelle für Fräsmaschinen	113
5.2.1	Übersicht	44	5.6.12	Bauformen von Fräsmaschinen	115
5.2.2	Beanspruchung von Schneidstoffen	44	5.6.13	Aktuelle Technologien	117
5.2.3	Schneidstoffeigenschaften	45	5.7	Drehtechnik	119
5.2.4	Schnellarbeitsstähle	46	5.7.1	Einteilung der Drehverfahren	119
5.2.5	Hartmetalle	48	5.7.2	Schnittgrößen beim Drehen	120
5.2.6	Cermets	49	5.7.3	Winkel am Drehwerkzeug	122
5.2.7	Keramische Schneidstoffe	50	5.7.4	Innenausdrehen	126
5.2.8	Kubisches Bornitrid, CBN (BN)	52	5.7.5	Abstech- und Einstechdrehen	127
5.2.9	Diamant	53	5.7.6	Besondere Drehverfahren	129
5.2.10	Auswahlkriterien für Schneidstoffe	54	5.7.7	Drehwerkzeuge	130
5.2.11	Klassifizierung der Schneidstoffe	56	5.7.8	Fertigungsbeispiele zum Drehen	132
5.3	Bohrverfahren	59	5.7.9	Automatendrehtechnik	160
5.3.1	Bohren und Senken	59	5.8	Gewindeherstellung	164
5.3.2	Reiben	81	5.8.1	Gewindearten	164
5.4	Sägen	83	5.8.2	Gewindeherstellverfahren	164
5.4.1	Sägeverfahren	83	5.8.3	Gewindebohren	164
5.4.2	Sägeblätter	83	5.8.4	Gewindeformen	167
5.4.3	Automatische Bandsäge	84	5.8.5	Außengewinde handgeführt schneiden	167
5.5	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	85	5.8.6	Innengewindefräsen	168
			5.8.7	Gewindedrehfräsen	170
			5.8.8	Gewindedrehen	171
			5.8.9	Gewinderollen	175
			5.8.10	Gewindewalzen	176
			5.8.11	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	177
			5.9	Räumen, Hobeln und Stoßen	178
			5.9.1	Räumen	178
			5.9.2	Hobeln und Stoßen	180

6.3	Werkzeugmaschinen	308
6.3.1	Die Werkzeugmaschine als technisches System und Produktionsfaktor	308
6.3.2	Einteilung der Werkzeugmaschinen nach den Fertigungsverfahren	309
6.3.3	Funktionseinheiten einer Werkzeugmaschine	321
6.3.4	Energieübertragungseinheit (Getriebe)	326
6.3.5	Energieübertragungseinheit Vorschubantrieb	327
6.3.6	Stütz- und Trageeinheit	330
6.3.7	Sicherheitseinrichtungen an einer Werkzeugmaschine	331
6.4	Elektrotechnische Grundlagen	332
6.4.1	Der elektrische Stromkreis	332
6.4.2	Schaltung von Widerständen	335
6.4.3	Stromarten	337
6.4.4	Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	338
6.4.5	Überstrom-Schutzeinrichtungen	339
6.4.6	Fehler an elektrischen Anlagen	340
6.4.7	Schutzmaßnahmen bei elektrischen Maschinen	342
6.4.8	Hinweise für den Umgang mit Elektrogeräten	344
6.5	Produkthaftung	345
6.6	Discover your profession in English	346

7

Inbetriebnehmen steuerungs-technischer Systeme

7.1	Automatisierung durch Steuern und Regeln	350
7.1.1	Automatisierung der Fertigung	350
7.1.2	Steuern	350
7.1.3	Regeln	351
7.1.4	Steuerungsarten	352
7.1.5	Entwurf einer Steuerung	361
7.1.6	Technische Ausführung einer Steuerung	369
7.1.7	Hydraulik	387

7.2	Regelungstechnik an Werkzeugmaschinen	390
7.2.1	Grundbegriffe	390
7.2.2	Regler und Regelkreise	391
7.2.3	Lageregelung (Positionierantriebe)	392
7.3	Discover your profession in English	394

8

Programmieren und Fertigen mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen

8.1	Aufbau von CNC-Werkzeugmaschinen	398
8.1.1	Merkmale von CNC-Werkzeugmaschinen	398
8.1.2	Antriebssysteme	399
8.1.3	Messsysteme	403
8.2	Numerische Steuerungen	410
8.2.1	Konsequenzen des Einsatzes von CNC-Werkzeugmaschinen	410
8.2.2	Programmierung	415
8.3	Bearbeitungszyklen	426
8.3.1	Drehbearbeitung in der G17-Ebene	431
8.3.2	Übersicht über andere Programmierverfahren	434
8.3.3	Einrichten der Maschine	436
8.3.4	Testen und Abarbeiten des Programms	439
8.3.5	Kommunikation in der Fertigung	440
8.3.6	Fertigungsbeispiel „Kegeldorn“	441
8.3.7	CNC-Programme	447
8.4	Discover your profession in English	451

9

Herstellen von Bauelementen durch Feinbearbeitungsverfahren

9.1	Schleiftechnik	454
9.1.1	Schleifen	454
9.1.2	Einteilung der Schleifverfahren	455

9.1.3	Schleifprozess	456
9.1.4	Kühlschmierung	457
9.1.5	Schleifmittel	458
9.1.6	Schleifmittelbindung	461
9.1.7	Härte und Gefüge	463
9.1.8	Schleiftechnisches Grundprinzip	464
9.1.9	Schnittwerte beim Schleifen	466
9.1.10	Schnittkraft und Schnittleistung beim Schleifen	467
9.1.11	Werkzeugverschleiß beim Schleifen	469
9.1.12	Auswuchten von Schleifkörpern	472
9.1.13	Optimieren des Schleifprozesses	473
9.1.14	Rundschleifen	474
9.1.15	Fertigungsbeispiel „Führungshülse“	475
9.1.16	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	483
9.1.17	Fertigungsbeispiel „Grundplatte“	485
9.1.18	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	488
9.2	Discover your profession in English	490
9.3	Feinbearbeitungsverfahren	491
9.3.1	Umformende Feinbearbeitungsverfahren	491
9.3.2	Abtragende Feinbearbeitung	492
9.3.3	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	500
9.3.4	Strukturgebende Verfahren	501
9.3.5	Abtragende Verfahren	502
9.3.6	Erosives Abtragen durch Flüssigkeit	506
9.3.7	Chemisches Abtragen	506
9.3.8	Elektrochemisches Abtragen (ECM)	507
9.3.9	Beschichtungstechnik metallischer Oberflächen	507
9.3.10	Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen HVOF	507
9.3.11	Lichtbogenspritzen	508
9.3.12	Flammspritzen	508
9.3.13	Beschichten von Schneidplatten	508
9.3.14	Auftragsschweißen	509
9.3.15	Feuerverzinken	509
9.3.16	Galvanisieren	509

10

Optimieren des Fertigungsprozesses

10.1	Zerspanungstechnologie	512
10.1.1	Fertigungstechnische Entwicklungstrends	512
10.1.2	Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – HSC	513
10.1.3	Bearbeitung harter Werkstoffe	523
10.1.4	Schneidstoffe zur Hartbearbeitung	524
10.1.5	Minimalmengenschmierung	526
10.1.6	Trockenbearbeitung	528
10.2	Standkriterien des Werkzeugs	530
10.2.1	Standzeit	530
10.2.2	Standweg	530
10.2.3	Standmenge	531
10.2.4	Ermittlung der Standzeit	531
10.2.5	Standzeitgerade	531
10.2.6	Werkzeugverschleiß	533
10.3	Zerspanbarkeit	537
10.3.1	Technologische Beschreibung	537
10.3.2	Zerspanbarkeit der Stahlwerkstoffe	537
10.3.3	Zerspanbarkeit der Gusseisenwerkstoffe	540
10.3.4	Schwer zerspanbare Werkstoffe	542
10.3.5	Nickel- und Nickelbasislegierungen	542
10.3.6	Graphit	542
10.3.7	Bearbeitung harter Eisenwerkstoffe	543
10.3.8	Aluminium-Legierungen	544
10.3.9	Kunststoffe	545
10.3.10	Verbundwerkstoffe (Composites)	546
10.4	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	547
10.5	Discover your profession in English	558
10.6	Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen	559
10.6.1	Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	559
10.6.2	Wärmebehandlungsverfahren	560
10.6.3	Glühverfahren der Eisenwerkstoffe	561

10.6.4	Härteverfahren für Stahlwerkstoffe	563
10.6.5	Diffusionshärteverfahren	564
10.6.6	Vakuumbärten	566
10.7	Fertigungsverfahren	567
10.7.1	Gliederung der Fertigungsverfahren	567
10.7.2	Die Auswahl eines Fertigungsverfahrens	567
10.7.3	Die Optimierung von Fertigungsabläufen	569
10.8	Urformen	571
10.8.1	Urformen mit formgebendem Werkzeug aus dem flüssigen Zustand, Gießen	571
10.8.2	Urformen mit formgebendem Werkzeug aus dem pulver- förmigen Zustand	574
10.9	Umformtechnik	576
10.9.1	Verhalten der Werkstoffe beim Umformen	577
10.10	Additive Fertigungsverfahren	580
10.10.1	Stereolithographie (SL)	581
10.10.2	Solid Ground Curing (SGC)	581
10.10.3	Selective Laser Sintering (SLS)	582
10.10.4	3D-Printing (3DP)	582
10.10.5	Fused Deposition Modelling (FDM)	583
10.10.6	Layer Objekt Manufacturing (LOM)	583
10.10.7	Abformverfahren und Folgeprozesse	583

11

Planen und Organisieren rechnergestützter Fertigung

11.1	Flexible Fertigungsanlagen	586
11.1.1	Organisation der Fertigung	586
11.1.2	Handhabungssysteme für flexible Fertigungsanlagen	592
11.1.3	Tool Management System	594
11.2	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	595
11.3	Industrieroboter	605

11.3.1	Lineararmroboter	605
11.3.2	Portalroboter	605
11.3.3	Schwenkarmroboter	606
11.3.4	Knickarmroboter	606
11.3.5	Industrieroboter	607
11.3.6	Programmierung von Industrierobotern	607
11.3.7	Programmierarten für Industrieroboter	608
11.3.8	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	609
11.4	Transport und Materialfluss	610
11.4.1	Flurgebundene Fördermittel	610
11.4.2	Flurfreie Fördermittel	610
11.4.3	Aufgeständerte Fördermittel	612
11.5	Industrie 4.0	613
11.5.1	Cyber Physical Systems (CPS)	614
11.5.2	Embedded Systems	614
11.5.3	Einsatz künstlicher Intelligenz in der Fertigung	616
11.6	Discover your profession in English	618

12

Vorbereiten und Durchführen eines Einzelfertigungsauftrages

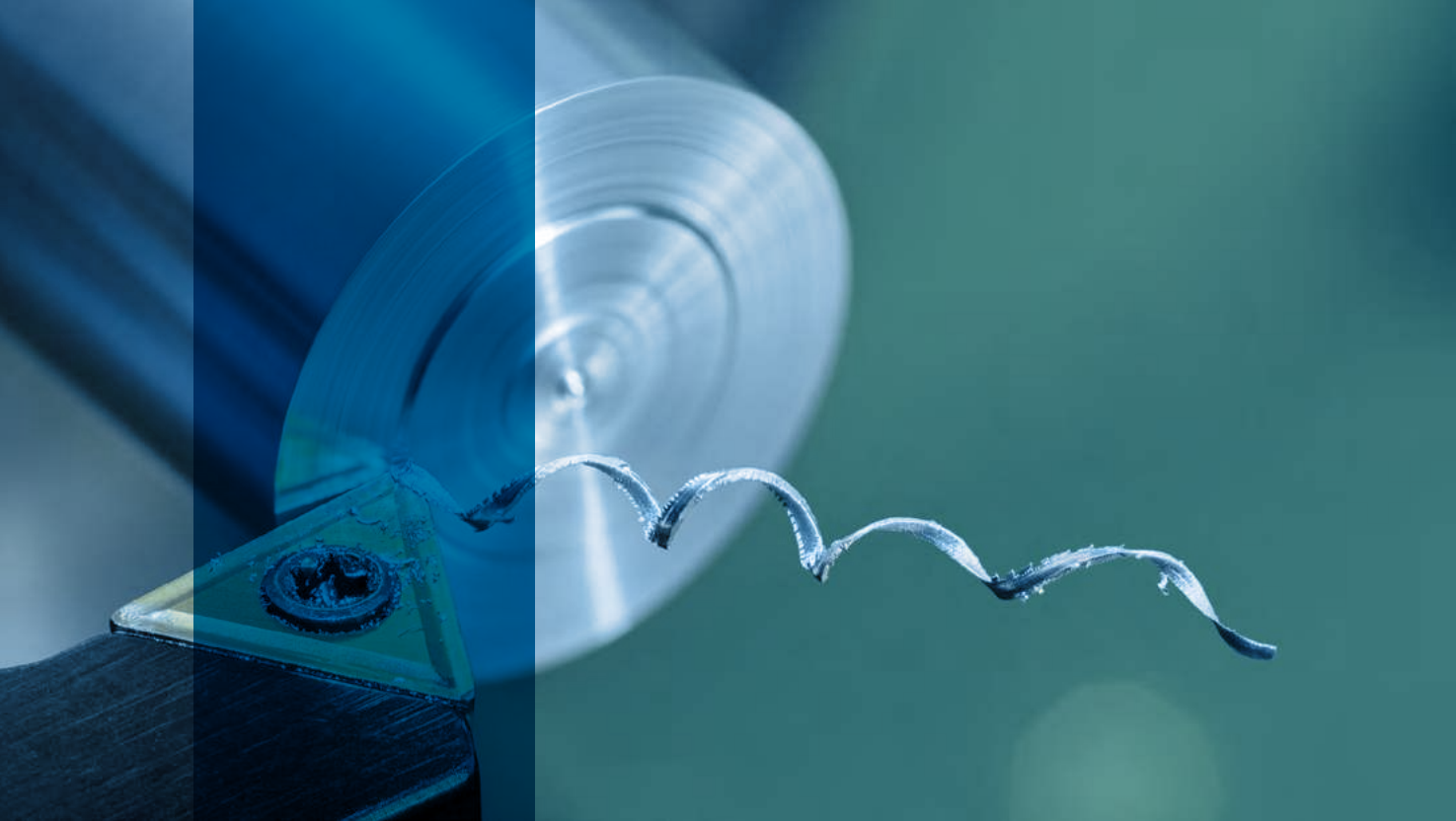
12.1	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	622
12.2	Anschlagmittel	626
12.2.1	Anschlagketten	626
12.2.2	Anschlagseile	629
12.2.3	Hebebänder und Rundschlingen	632
12.3	Discover your profession in English	633

13

Organisieren und Überwachen von Fertigungsprozessen in der Serienfertigung

13.1	Produktionsplanung und Produktionssteuerung	638
13.1.1	Planung des Produktionsprozesses	638
13.1.2	Fertigungssteuerung	641

13.1.3	Ermittlung der Auftragszeit	642	13.2.9	Prüfmittelüberwachung	658
13.1.4	Kostenrechnung	643	13.2.10	Prüfplanung.	659
13.1.5	Herstellung eines Komplett- bearbeitungswerkzeugs.	646	13.2.11	Prüfdokumentation und Datensicherung.	660
13.2	Qualitätsmanagement	653	13.2.12	Kundenorientierung	661
13.2.1	Bereiche des Qualitätsmanagements	653	13.2.13	Qualitätssicherung in der Fertigung.	662
13.2.2	Total-Quality-Management: TQM	653	13.2.14	Statistisches Qualitätsmanagement	668
13.2.3	European Foundation for Quality Management: EFQM	654	13.2.15	Qualitätsregelkarten	671
13.2.4	Six Sigma	655	13.3	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	676
13.2.5	Qualitätsmanagementhandbuch .	655	13.4	Discover your profession in English	681
13.2.6	DIN EN ISO – Normen	656			
13.2.7	Modell eines prozessorientierten Qualitätsmanagementsystems . .	657			
13.2.8	DIN EN ISO 9004: Anforderungen an Qualitätsmanagementsysteme . .	657			
				Sachwortverzeichnis	684



Lernfeld 05

Herstellen von Bauelementen durch spanende Fertigungsverfahren



Bild 1: Beispiel Herstellen durch Drehen



Bild 2: Beispiel Herstellen durch Fräsen

5.1 Grundlagen der Zerspantechnik

5.1.1 Historischer Rückblick

Die Geschichte der Werkzeug- und Bearbeitungstechnik geht zurück bis in die Altsteinzeit (ca. 800000–10000 v. Chr.). Funde aus dieser Zeit beweisen, dass die frühen Menschen als Jäger und Sammler einfache Werkzeuge aus Stein anfertigten (Faustkeilkulturen, **Bild 1**). Bis in die Jungsteinzeit hinein (20000–3500 v. Chr.) wurden durch verbesserte Bearbeitungsverfahren Werkzeuge wie Steinbeile, Feuersteinsicheln, Sägen und Fiedelbohrer sowie Waffen, Schmuck- und Kultgegenstände hergestellt.

Die entscheidende Verbesserung der Herstellverfahren war die Entwicklung von einfachen Maschinen. Bereits der steinzeitliche Mensch benutzte zum Herstellen von Bohrungen in Steinen und Knochen einen Bohraparat mit Fiedelantrieb. Der eigentliche Werkstoffabtrag wurde von Sandkörnern erbracht, die ringförmig von einem hohlen Knochen über einen mit einem Stein beschwerten Hebel aufgedrückt wurden. Durch die Verwendung eines hohlen Bohrwerkzeuges erhöhte sich die An-

presskraft pro mm^2 zerspanter Fläche und der im Zentrum verbleibende Bohrkern musste nicht abgetragen werden (Kernbohren, **Bild 2**).

Ein großer Schritt für die Weiterentwicklung der Bearbeitungstechniken war um 1800–750 v. Chr. die Gewinnung und die Anwendung von Eisen. Die ersten technisch verwendeten Metalle waren Kupfer und Zinn. Durch Zusammenschmelzen fand man heraus, dass die Mischung der beiden damals technisch kaum verwendbaren weichen Metalle eine harte Legierung, Bronze, ergab. Mit der Verbesserung der Verhüttungstechnik zur Gewinnung von Reinetallen aus Erzen konnte bei Temperaturen von über 1000 °C auch Eisenerz erschmolzen werden (**Bild 3**). Mit Beginn der Eisenzeit entstanden geschmiedete Eisenwerkzeuge.

Durch die Spezialisierung des Handwerks im Mittelalter wurden, nicht zuletzt wegen des steigenden Bedarfs an hochwertigen Waffen und Geschützen, vielfältige Fertigungstechniken entwickelt. Leonardo da Vinci (1452–1519) war als genialer Künstler, Ingenieur und Naturforscher in der Lage, Geräte und Maschinen zu konstruieren, die seiner Zeit weit voraus waren (**Bild 4**).

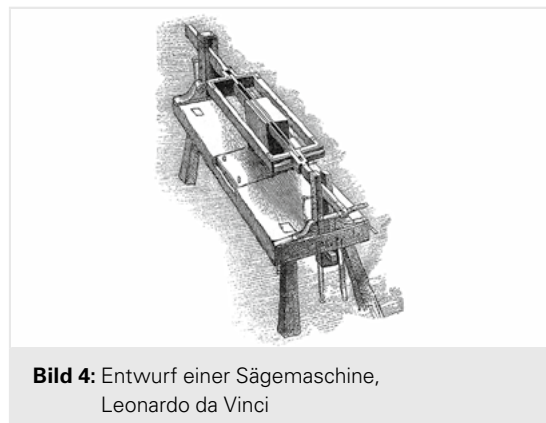
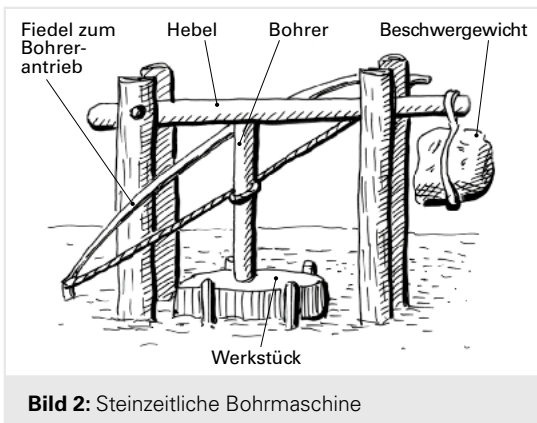




Bild 1: Universalfräsmaschine um 1900



Bild 2: Zerspantechnik Mitte des 20. Jh.



Bild 3: Fräser mit Schneidplatten aus Hartmetall

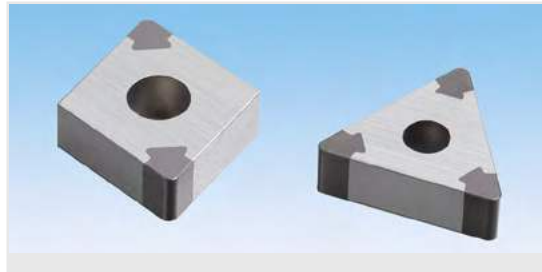


Bild 4: Schneidplatten mit eingelöteten CBN-Segmenten

Im 15. und 16. Jh. wurde der Hochofen entwickelt. Auf der Basis erster einfacher Eisen-Kohlenstoff-Diagramme entstanden gießbare, härtbare, schmiedbare und legierte Stähle.

Um 1800 entstanden in England, Amerika und Deutschland die ersten Zug- und Leitspindeldrehmaschinen mit Kreuzsupport, Reitstock und Kegelarretierungen, ganz aus Metall gefertigt. Im Verlaufe des 19. Jh. war die Entwicklung des Werkzeugmaschinenbaus so weit fortgeschritten, dass die Herstellung der verschiedenen Maschinenelemente keine wesentlichen Schwierigkeiten mehr bereitete. Es entstanden mit Transmissionsriemen angetriebene Bohr-, Fräs- und Schleifmaschinen mit Übersetzungsgetrieben für Spindel- und Vorschubtrieb (**Bild 1**).

Zu Beginn des 20. Jh. wurden die Grundlagen der Zerspantechnik systematisch untersucht und Schneidstoffe mit höherer Härte und Warmfestigkeit eingeführt. Der Amerikaner F.W. Taylor zeigte im Jahre 1900 auf der Weltausstellung in Paris eine Drehbearbeitung von Stahl mit dem von ihm entwickelten legierten Schnellschnittstahl mit einer

vierfach höheren Schnittgeschwindigkeit als bisher üblich (**Bild 2**).

Durch das Zulegieren von karbidbildenden Metallen wie Chrom, Kobalt, Vanadium und Wolfram entstanden Gusslegierungen (Speedalloy, Stellite) mit verbesserter Verschleißfestigkeit.

1926 stellte die Firma Krupp auf der Leipziger Messe erstmals pulvermetallurgisch hergestelltes Hartmetall auf Wolframkarbidbasis mit Kobalt als Bindemittel vor (WIDIA, Hart wie Diamant, **Bild 3**). Konnte durch den Einsatz harter Gusslegierungen als Schneidstoff die Fertigungszeit im Vergleich zu Schnellstahl halbiert werden, so halbierte sich die Bearbeitungszeit durch den Schneidstoff Hartmetall abermals. In den 40er- und 50er-Jahren des letzten Jahrhunderts wuchs der Bedarf an gelöteten HM-Werkzeugen ständig. Im Jahre 1955 wurden keramische Schneidstoffe auf der Basis von Aluminiumoxid mit großem Erfolg eingeführt.

Heute spielen hartstoffbeschichtete Hartmetalle neben neueren Schneidstoffentwicklungen wie Kubisches Bornitrid (CBN) und Diamant eine bedeutende Rolle in der Zerspantechnik (**Bild 4**).

5.1.2 Zerspanverfahren

Die Fertigungsverfahren werden in der DIN 8580 in 6 Hauptgruppen eingeteilt (**Bild 1**). In der Hauptgruppe 3 sind die Trennverfahren systematisiert, die eine Formänderung durch Überwinden der Werkstofffestigkeit eines Werkstückes erzeugen. Verfahren wie das Scherschneiden, Thermisches Abtragen durch Erodieren und die Zerspanungstechnik finden hier eine Zuordnung. Die spanabhebenden Verfahren werden unterteilt in:

- Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide,
- Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide.

Bei allen spanabhebenden Fertigungsverfahren werden mit ein- oder mehrschneidigen, keilförmigen Werkzeugschneiden Werkstoffteilchen vom Werkstückwerkstoff abgetrennt und somit eine gewünschte Bauteilform erzeugt (**Bild 2**).

Die moderne Fertigungswelt wird durch zwei zentrale Zielvorgaben bestimmt:

- hohe Werkstückqualität,
- hohe Wirtschaftlichkeit.

Qualitätskriterien wie Oberflächengüte und Maßgenauigkeit konnten in den vergangenen Jahren immer weiter gesteigert werden. Möglich wird dies durch gezielte Innovationen in den prozessbestimmenden Teilsystemen (**Bild 3**).

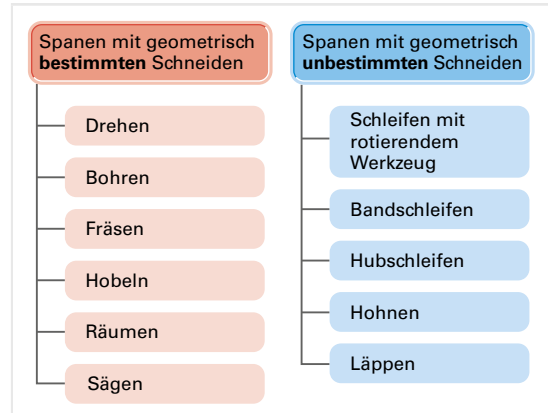


Bild 1: Einteilung der Verfahren des Spanens (Auswahl)

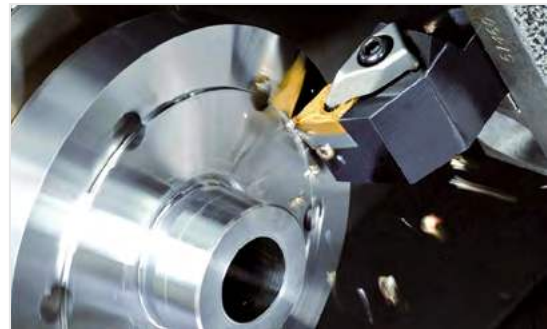


Bild 2: Drehbearbeitung



Bild 3: Prozessparameter der Zerspantechnik



Bild 1: Hartbearbeitung

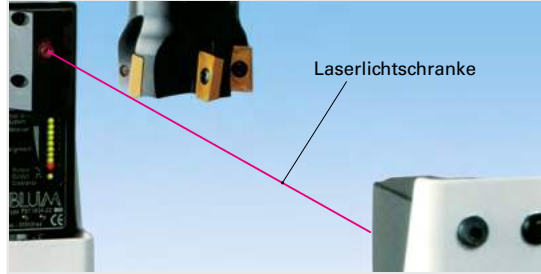


Bild 3: Werkzeugüberwachung



Bild 2: Fräswerkzeug mit Minimalmengenschmierung

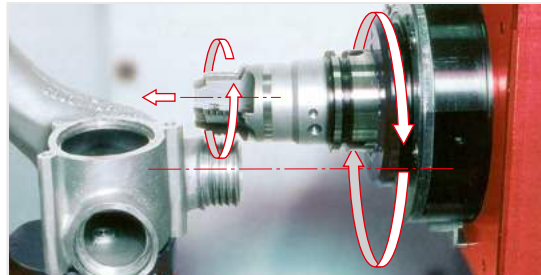


Bild 4: Zirkulargewindefräsen an einem Gehäuse

Vielfältige Neuentwicklungen in den Bereichen Werkzeug-, Schneidstoff- und Beschichtungstechnik zeigen, dass in den Kernbereichen der Zerspantechnik noch viel Entwicklungspotenzial steckt. Weiter verbesserte oder neuartige Schneidstoffe und Hartstoffschichten ermöglichen Zerspandanwendungen, die vor wenigen Jahren in dieser Form noch nicht möglich waren.

Schwer zu zerspanende Werkstoffe wie z. B. gehärteter Stahl werden heute mit polykristallinem kubischen Bornitrid unter Anwendung hoher Schnittwerte erfolgreich zerspant (**Bild 1**). Hierbei substituiert die Zerspantung mit geometrisch bestimmter Schneide den klassischen Schleifprozess. Unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten werden große Anstrengungen unternommen, den Anteil der Kühlschmierstoffe in der Fertigung zu reduzieren.

Mit optimierten Schneidstoffsorten kann die Nassschmierung häufig durch eine prozesssichere und wirtschaftliche Trockenbearbeitung ersetzt werden. Dort, wo die Trockenbearbeitung Probleme bereitet, führt häufig die Minimalmengenschmierung (MMS) zum Erfolg. Bei dieser „Quasi-Trockenbearbeitung“ wird eine geringe Menge (wenige ml pro Stunde) meist ökologisch abbaubares Öl mithilfe eines Luft-

stromes zerstäubt und durch entsprechende Düsen an die Bearbeitungsstelle gebracht (**Bild 2**).

Die spanenende Fertigung ist heute durch einen zunehmenden Automatisierungsgrad geprägt. Die Forderung nach hoher Prozessstabilität erfordert den Einsatz von automatisierten Mess- und Regelkreisen. Ein Beispiel ist die Werkzeugbruch- bzw. Werkzeugverschleißüberwachung in Werkzeugmaschinen. Um die Maßhaltigkeit des Bearbeitungsvorganges sicherzustellen, wird durch berührungslose Messsysteme der durch Verschleiß verursachte Schneidkantenversatz am Werkzeug im Maschinenraum laufend kontrolliert und entsprechend korrigiert (**Bild 3**). Die Verlagerung von Sensoren und Aktoren direkt an die Werkzeugschneide ermöglichen die Feinverstellung der Schneide während der Zerspantung.

Durch Messung der Leistungsaufnahme des Hauptspindeltriebes erkennt die Maschinensteuerung den Werkzeugbruch bzw. das Standzeitende des Werkzeuges und veranlasst bei Erreichen der voreingestellten Grenzwerte einen Werkzeugwechsel. Die Zerspantechnik ist im System „Maschine – Werkzeug – Mensch“ einem sehr dynamischen Entwicklungsprozess unterworfen, sodass Hersteller und Anwender gemeinsam laufend aktuelle Entwicklungen erarbeiten, um auch für die Zukunft gerüstet zu sein (**Bild 4**).

5.1.3 Zerspanungsprinzip

// Spanungsbewegungen

Alle spanabhebenden Verfahren beruhen auf demselben Grundprinzip. Das Werkzeug trennt mit einer oder mehreren keilförmigen Schneiden durch die Spanungsbewegungen spanförmige Werkstoffteilchen aus dem zu bearbeitenden Werkstück ab und erzeugt so die gewünschte Oberflächenform (**Bild 1**). Die Art der Spanungsbewegung (**Tabelle 1**) und die Bauform des Werkzeuges unterscheiden die verschiedenen spanabhebenden Fertigungsverfahren:

Spanungsbewegungen (**Bild 2, 3, 4**)

- Die **Schnittbewegung** ist die Spanungsbewegung in Schnittrichtung.
- Die **Vorschubbewegung** ist die Spanungsbewegung in Vorschubrichtung.
- Die **Positionierbewegung** positioniert das Werkzeug vor und während des Zerspanungsvorganges. Dazu gehören die Anstellbewegung, die Zustellbewegung und die Nachstellbewegung.
- Die **Anstellbewegung** ist die Spanungsbewegung, die das Werkzeug an die Stelle des Werkstücks führt, von der aus der Zerspanungsvorgang beginnen soll.

Tabelle 1: Spanungsbewegungen

Fertigungs- verfahren	⇒ Schnittbewegung	
	Art	Ausführung
Drehen	rotatorisch	Werkstück
Fräsen	rotatorisch	Werkzeug
Bohren	rotatorisch	Werkzeug
Reiben	rotatorisch	Werkzeug
Fertigungs- verfahren	⇒ Vorschubbewegung	
	Art	Ausführung
Drehen	translatorisch	Werkzeug
Fräsen	translatorisch	Werkstück
Bohren	translatorisch	Werkzeug
Reiben	translatorisch	Werkzeug

- Die **Zustellbewegung** ist die Spanungsbewegung, die die Dicke der abzuspärenden Schnitttiefe bzw. Schnittbreite bestimmt.
- Die **Nachstellbewegung** ist die Spanungsbewegung, die Anstell- und Zustellbewegung während des Spanens korrigiert.
- Die **Wirkbewegung** ist die Spanungsbewegung als Resultierende aus Schnittbewegung und gleichzeitig ausgeführter Vorschubbewegung.

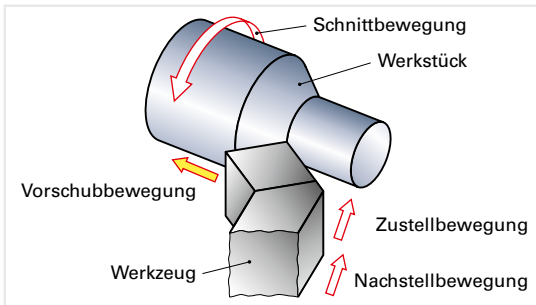


Bild 1: Spanungsbewegungen

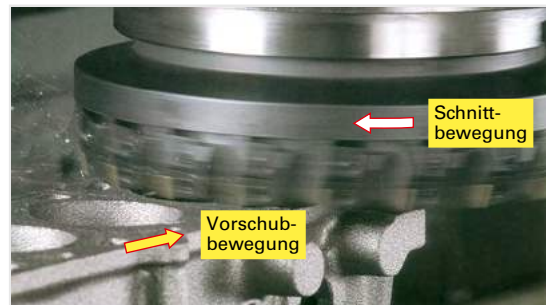


Bild 3: Fräsen

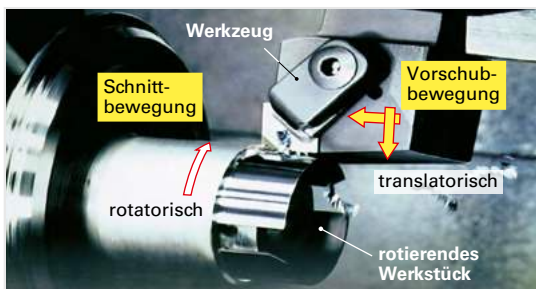


Bild 2: Drehen

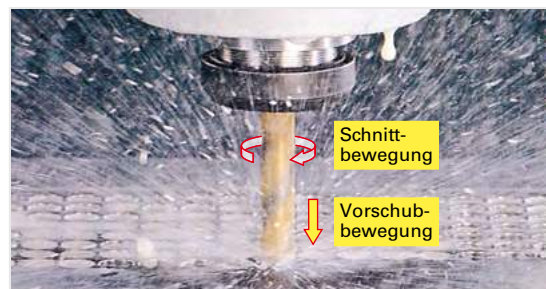


Bild 4: Bohren