



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Fachkunde ZERSPANTECHNIK

2. 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.: 15655

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

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

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat:
Michael Dambacher

Bildentwürfe: die Autoren
Fotos: Leihgaben der Firmen (Verzeichnis letzte Seite)
Bildbearbeitung:
Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

2. Auflage 2024

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-1372-5

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

© 2024 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Umschlag: Grafische Produktion Jürgen Neumann, 97222 Rimpar
Umschlagfoto: Autorenfoto an der Technischen Schule Aalen
Druck: UAB BALTO print, 08217 Vilnius (LT)

Inhaltsverzeichnis

A ARBEITS- UND UMWELTSCHUTZ

A1 GESUNDHEITSSCHUTZ 11

Allgemeine Sicherheitsregeln	11
Warn- und Hinweisschilder	12
Arbeitssicherheit an Werkzeugmaschinen	13
Allgemeine Sicherheitsregeln	13
Arbeitssicherheit beim Drehen und Fräsen	14
Arbeitssicherheit beim Schleifen	15
Arbeitssicherheit beim Bohren	15
Sicheres Arbeiten mit Hebezeugen und Anschlagmitteln	15
Sicherheitsanforderungen an Fertigungssysteme	17
Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen	18
Umgang mit Kühlschmiermitteln	20
Brandschutz	24

A2 UMWELTSCHUTZ 25

Energieeinsparung	25
Abfälle und Kreislaufwirtschaft	26

A3 ERSTE HILFE 27

G GRUNDLAGEN

G1 MECHANIK 29

G2 PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN 30

Masse, Dichte und Volumen	30
Kraft und Kraftarten	30
Kraftwirkungen	30
Die Gewichtskraft	31
Reibungskraft	32
Gleichförmige Bewegung	33
Gleichmäßig beschleunigte Bewegung	33
Kraft und Beschleunigung	33
Drehmoment	34
Energie und Arbeit	35
Leistung	36
Wirkungsgrad	36

G3 CHEMISCHE GRUNDLAGEN 37

Metalle	37
Metalllegierungen	38
Mischkristall	38
Kristallgemisch	38

G4 ELEKTROTECHNISCHE GRUNDLAGEN 39

Der elektrische Stromkreis	39
----------------------------------	----

Die elektrische Spannung	39
Der elektrische Strom	40
Der elektrische Widerstand	41
Schaltung von Widerständen	42
Reihenschaltung von Widerständen	42
Parallelschaltung von Widerständen	43
Stromarten	44
Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	45
Überstrom-Schutzeinrichtungen	46
Fehler an elektrischen Anlagen	47
Schutzmaßnahmen bei elektrischen Maschinen	48
Hinweise für den Umgang mit Elektrogeräten	50

G5 FESTIGKEITSLERE 51

Aufgaben und Ziele	51
Grundbelastungsfälle	52
Beanspruchung auf Zug	52
Zugspannung	52
Flächenpressung	53

W WERKSTOFFTECHNIK

W1 EINTEILUNG DER WERKSTOFFE 54

Einteilung und Bezeichnung der Eisenwerkstoffe	54
--	----

W2 STAHLWERKSTOFFE 55

Stahlerzeugende Industrie	55
Stähle für den Stahlbau	56
Stähle für den Maschinenbau	56
Stähle für den Druckbehälterbau	57
Einsatzstähle	57
Vergütungsstähle	57
Nitrierstähle	57
Automatenstähle	58
Hochlegierte korrosionsbeständige Stähle	58
Warmfeste Stähle	58
Warm- und Kaltarbeitsstähle	59
Federstähle	59
AFP-Stähle	59
Stahlnormung	60
Normung der Schnellarbeitsstähle	61

W3 GUSSEISENWERKSTOFFE 62

Gusseisen mit Lamellengraphit	62
Gusseisen mit Kugelgraphit	62
Temperguss	63
Gusseisen mit Vermiculargraphit	63
Hartguss	64

Austenitisches Gusseisen	64
Stahlguss	64

W4 NICHTEISENMETALLE 65

Aluminium	65
Aluminiumlegierungen	65
Bezeichnungssystem Aluminiumlegierungen	66
Aushärtung	66
Kupferlegierungen	67
Bezeichnungssystem Kupferlegierungen	67
Magnesiumlegierungen	68
Nickelbasislegierungen	68
Titanlegierungen	68

W5 SINTERMETALLE 69

W6 KUNSTSTOFFE 70

Einteilung der Kunststoffe	70
Thermoplaste	70
Duroplaste	71

W7 WERKSTOFFPRÜFTECHNIK 72

Werkstoffprüfung metallischer Werkstoff durch zerstörende Prüfverfahren	72
Zugversuch	72
Druckversuch	74
Kerbschlagbiegeversuch	74
Prüfung der Dauerschwingfestigkeit	74
Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung	77
Werkstoffprüfung von Kunststoffen	78
Zugprüfung	78
Härteprüfung	78

W8 WÄRMEBEHANDLUNG VON EISENWERKSTOFFEN 79

Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	79
Wärmebehandlungsverfahren	80
Glühverfahren der Eisenwerkstoffe	81
Weichglühen	81
Normalglühen	81
Spannungsarmglühen	81
Diffusionsglühen	82
Grobkornglühen	82
GKZ- Glühen	82
Rekristallisationsglühen	82
Anlassen	82
Härteverfahren für Stahlwerkstoffe	83
Umwandlungshärteverfahren	83
Vergüten	84
Diffusionshärteverfahren	84
Einsatzhärten	84
Carbonitrieren	85
Nitrieren	85
Vakuumhärten	85

W9 HALBZEUGE 86

Stahlprofile (Auswahl)	86
Aluminiumprofile (Auswahl)	86
Herstellung von Halbzeugen	87
Stahlerschmelzung	87
Strangguss	87
Warmwalzen	87
Kaltwalzen	87
Kaltziehen	87
Strangpressen	88

W10 ZERSPANBARKEIT 89

Technologische Beschreibung	89
Zerspanbarkeit der Stahlwerkstoffe	89
Legierter Stahl	90
Nichtrostende Stähle	91
Gusseisenwerkstoffe	92
Schwer zerspanbare Werkstoffe	93
Nickel- und Nickelbasislegierungen	93
Graphit	93
Bearbeitung harter Eisenwerkstoffe	94
Aluminium-Legierungen	95
Kunststoffe	96
Verbundwerkstoffe (Composites)	96

F FERTIGUNGSTECHNIK

F1 GRUNDLAGEN DER ZERSPANTECHNIK 97

Historischer Rückblick	97
Zerspanverfahren	99
Zerspanungsprinzip	101
Spannungsbewegungen	101
Spannungsgeschwindigkeit	102
Schnitt- und Spanungsgrößen	105
Spanbildung	108
Spandickenstauchung λ_h	108
Spangeschwindigkeit v_{sp}	109
Scherwinkel Φ	109
Spanflächenreibwert μ_{sp}	109
Einfluss der Reibung auf die Spanbildung	110
Spanformen	111
Spanformdiagramm	111
Einflüsse auf die Spanformung	112
Zerspankräfte	113
Zerspankraftkomponenten	113
Spezifische Schnittkraft k_c	114
Schnittkraftberechnung	115
Einflussgrößen auf die Zerspankraft	116
Spanungsarbeit	117
Zerspanungsleistung	117
Schnittleistung	117
Maschinenleistung	118
Schnittmoment	118

Standkriterien des Werkzeugs	119	Drall- und Schneidrichtung	179
Standzeit	119	Besondere Fräsverfahren	180
Standweg L_f	119	Maschinengestelle für Fräsmaschinen	183
Standmenge	120	Bauformen von Fräsmaschinen	185
Ermittlung der Standzeit	120	Fräsmaschinen mit horizontaler Bearbeitungsachse	185
Standzeitgerade	120	Fräsmaschinen mit vertikaler Bearbeitungsachse ...	186
Einflüsse auf die Standzeit	122	Aktuelle Technologien	187
Energiebilanz	122	Fertigungsbeispiel „Führungsschieber“	188
Werkzeugverschleiß	123		
Verschleißursachen	124	F7 DREHTECHNIK	196
Verschleißformen	125	Allgemeines	196
Schneidengeometrie	126	Schnittgrößen beim Drehen	197
		Winkel am Drehwerkzeug	199
F2 SCHNEIDSTOFFE UND BESCHICHTUNGEN	128	Innenausdrehen	203
Übersicht	128	Abstech- und Einstechdrehen	204
Schneidstoffeigenschaften	129	Besondere Drehverfahren	206
Schnellarbeitsstähle	130	Fertigungsbeispiel „Bolzen“	209
Hartmetalle	132	Fertigungsbeispiel „Kegelhülse“	213
Cermets	133	Fertigungsbeispiel „Flanschring“	218
Keramische Schneidstoffe	134	Fertigungsbeispiel „Antriebswelle“	222
Kubisches Bornitrid, BN (CBN)	136	Fertigungssimulation CNC- Programm Antriebswelle ..	225
Diamant	137	Fertigungsbeispiel „Getriebewelle“	228
Auswahlkriterien für Schneidstoffe	138		
Klassifizierung der Schneidstoffe	140	F8 AUTOMATENDREHTECHNIK	233
		Fertigungskriterien	233
F3 BOHRVERFAHREN	143	Drehautomaten	233
Bohren und Senken	143		
Bohren ins Volle	144	F9 GEWINDEHERSTELLUNG	236
Schnittbedingungen	147	Gewindearten	236
Prozesskenngößen	148	Gewindeherstellverfahren	236
Bohrwerkzeuge	152	Gewindebohren	236
Kurzbohrer	152	Gewindeformen	239
Wendelbohrer	152	Außengewinde handgeführt schneiden	239
Profilbohren	154	Innengewindefräsen	240
Tiefbohren	156	Gewindedrehfräsen	242
Aussteuerwerkzeuge	161	Gewindewirbeln	243
Senken	162	Gewindedrehen	243
Plansenken	163	Gewinderollen	247
		Gewindewalzen	247
F4 REIBEN	164		
Rundreiben	164	F10 RÄUMEN, HOBELN UND STOSSEN	248
		Räumen	248
F5 SÄGEN	166	Hobeln und Stoßen	250
Sägeverfahren	166		
Sägeblätter	166	F11 SCHLEIFTECHNIK	251
Automatische Bandsäge	167	Schleifen	251
		Einteilung der Schleifverfahren	252
F6 FRÄSTECHNIK	168	Schleifprozess	253
Einteilung der Fräsverfahren	168	Kühlschmierung	254
Schnittgrößen beim Fräsen	170	Zerspanungsvorgang und Zerspanungsgrößen	255
Fräswerkzeuge	176	Schleifmittel	257
Teilung am Fräswerkzeug	178		
Störungsbeseitigung beim Fräsen	179		

Schleifmittelbindung	260
Härte und Gefüge	261
Schleiftechnisches Grundprinzip	262
Schnittwerte beim Schleifen	264
Schnittkraft und Schnittleistung beim Schleifen	265
Werkzeugverschleiß beim Schleifen	266
Auswuchten von Schleifkörpern	269
Betriebssicherheit beim Schleifen	270
Rundschleifen	271
Rundschleifverfahren	271
Fertigungsbeispiel „Führungshülse“	272
Fertigungsbeispiel „Grundplatte“	278
Zeitspannvolumen Q	279

F12 FEINBEARBEITUNGSVERFAHREN 280

Umformende Feinbearbeitungsverfahren	280
Abtragende Feinbearbeitung	281
Elektrochemisches Abtragen	282
Honen	283
Läppen	285
Ultraschallschwingläppen	287
Strukturgebende Verfahren	288
Lasershonen	288
Abtragende Verfahren	289
Thermisches Abtragen	289
Funkenerosives Abtragen	292
Erosives Abtragen durch Flüssigkeit	293
Chemisches Abtragen	293
Elektrochemisches Abtragen (ECM)	293
Beschichtungstechnik metallischer Oberflächen	294
Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen HVOF	294
Lichtbogenspritzen	294
Flammspritzen	294
Beschichten von Schneidplatten	295
Auftragsschweißen	295
Feuerverzinken	295
Galvanisieren	295
Blechbearbeitung	296
Stanzen	296
Scherschneiden	296
Nibbeln	297
Feinschneiden	297
Folgeschneiden	297

F13 FÜGEVERFAHREN 298

Press- und Schnappverbindungen	301
Pressverbindungen	301
Schnappverbindungen	302
Kleben	303
Löten	305
Grundlagen des Lötens	305
Lötverfahren	307
Lote	308
Flussmittel	309

Thermisches Fügen	310
Pressschweißen	310
Elektrisches Widerstandspressschweißen	310
Abbreinstumpfschweißen	311
Punktschweißen	311
Buckelschweißen	311
Rollennahtschweißen	311
Pressschweißen durch Bewegungsenergie	312
Sprengschweißen	312
Magnetimpulsschweißen	313
Pressschweißen durch elektrische Gasentladung	313
Lichtbogenbolzenschweißen	313
Schmelz-Verbindungsschweißen	313
Verbindungsschweißen durch Gas	314
Verbindungsschweißen durch elektrische Gasentladung	314
Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)	314
Metall-Schutzgasschweißen	315
Unterpulverschweißen (UP)	315
Metall-Lichtbogenschweißen	315
Verbindungsschweißen durch Strahl	316
Elektronenstrahlschweißen	316
Laserschweißen	316
Lötverbindungen	316
Verfahrensvergleich	317

F14 ZERSpanungstechnologie 318

Fertigungstechnische Entwicklungstrends	318
Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – HSC	319
Merkmale der HSC-Technologie	319
Technologischer Hintergrund	320
Bearbeitungsstrategien	321
Maschinentechnologie	323
Antriebskonzepte	324
HSC-Werkzeuge	325
Werkzeugaufnahme	326
Unwucht rotierender Systeme	327
Bearbeitung harter Werkstoffe	329
Schneidstoffe zur Hartbearbeitung	330
Minimalmengenschmierung	332
Trockenbearbeitung	334

F15 FERTIGUNGSVERFAHREN 336

Die Optimierung von Fertigungsabläufen	338
Urformen	340
Urformen mit formgebendem Werkzeug aus dem flüssigen Zustand, Gießen	340
Der prinzipielle Verfahrensablauf beim Gießen	341
Erstarrungsvorgänge	341
Gießverfahren	342
Gießen in verlorenen Formen	342
Gießen mit Dauerformen	342
Gießen mit Dauerformen und ohne Modell	345

Urformen mit formgebendem Werkzeug aus dem breiigen Zustand	347
Urformen mit formgebendem Werkzeug aus dem pulverförmigen Zustand	348
Umformtechnik	350
Verhalten der Werkstoffe beim Umformen	351
Druckumformen	352
Biegeumformen	354
Festlegung der gestreckten Länge	354
Biegeradius	355
Additive Fertigungsverfahren	356
Stereolithographie (SL)	357
Solid Ground Curing (SGC)	357
Selective Laser Sintering (SLS)	358
3D-Printing (3DP)	358
Fused Deposition Modelling (FDM)	359
Layer Objekt Manufacturing (LOM)	359
Abformverfahren und Folgeprozesse	359

B BETRIEBSTECHNIK

B1 WARTUNG UND INSTANDHALTUNG 360

Wartung	360
Inspektion	362
Instandsetzung	363
Verbesserung	364
Steigerung der Qualitätsefähigkeit	365

B2 BETRIEBSSTOFFE 367

Schmierstoffe	367
Schmierstoffarten	368
Schmierfette	368
Schmieröle	369
Festschmierstoffe	370
Kühlschmierstoffe KSS	370
Aufbereitung und Entsorgung von Kühlschmierstoffen	373

B3 WERKZEUGMASCHINEN 374

Die Werkzeugmaschine als technisches System und Produktionsfaktor	374
Einteilung der Werkzeugmaschinen nach den Fertigungsverfahren	375
Bohrmaschinen	376
Drehmaschinen	377
Fräsmaschinen	381
Schleifmaschinen	384
Sondermaschinen	386
Abtragende Maschinen	386
Funktionseinheiten einer Werkzeugmaschine	387
Antriebseinheiten einer Werkzeugmaschine	388
Energieübertragungseinheit (Getriebe)	392
Energieübertragungseinheit Vorschubantrieb	393
Stütz- und Trageeinheit	396
Sicherheitseinrichtungen an einer Werkzeugmaschine	397
Betriebsicherheit von Werkzeugmaschinen	397

B4 SPANNTÉCHNIK 398

Maschinenschraubstock	398
Werkzeugspanntechnik	398
Werkstückspanntechnik	403

B5 ANSCHLAGMITTEL 408

Anschlagketten	408
Anschlagseile	411
Hebebänder und Rundschlingen	413

Q PRODUKTIONSPLANUNG UND QUALITÄTSMANAGEMENT

Q1 PRODUKTIONSPLANUNG UND PRODUKTIONSSTEUERUNG 414

Planung des Produktionsprozesses	414
Fertigungssteuerung	417
Ermittlung der Auftragszeit	418
Kostenrechnung	419
Kostenstellenrechnung	419
Kostenträgerrechnung	421
Herstellung eines Komplettbearbeitungswerkzeugs	
Beispiel für einen betrieblichen Prozess	422
Kundenauftrag	422
Projektierung	422
Betriebliche Leistungsprozesse	423

Q2 QUALITÄTSMANAGEMENT 428

Zielsetzung	428
Qualität	428
Qualitätskreis	429
Qualitätsmanagementsysteme	430
Prozessorientierung	430
Komponenten des Qualitätsmanagements	431
Qualitätssicherung (Qualitätsprüfung)	432
Prüfmittelüberwachung	433
Prüfdokumentation und Datensicherung	435
Kundenorientierung	436
Qualitätssicherung in der Fertigung	437
Untersuchung der Maschinenfähigkeit	437
Ermittlung der Maschinenfähigkeit	439
Untersuchung der Prozessfähigkeit	441
Statistisches Qualitätsmanagement	442
Grundlagen des statistischen Qualitätsmanagements	442
Qualitätsregelkarten als Instrumente der Fertigungsüberwachung	443
Robuste Prozesse	446
Kontinuierlicher Verbesserungsprozess	446
Zertifizierung als ein Ziel des Qualitätsmanagements	447
Umweltmanagement	448

Q3 PRÜFTECHNIK 449

Die Entwicklung der Prüftechnik 449

 Begriffe der Messtechnik 451

 Messanordnungen 453

 Messabweichungen 455

Prüfen von Maßen, Formen und Lagen 456

Maßliches Prüfen mit Lehren 458

 Form- und Lagetoleranzen 459

Prüfen von Oberflächen 465

 Grundbegriffe 465

 Gestaltabweichungen 465

 Rauheitsmessgrößen 466

 Oberflächenprüfverfahren 466

Toleranzen und Passungen 468

 Grundbegriffe 468

 Allgemeintoleranzen 470

 Maßtoleranzen 470

 ISO-Toleranzen 471

 Passungsarten 473

 Passungssysteme 475

Geometrische Produktspezifikation ISO-GPS 477

DIN EN ISO 8015:2011 –
GPS-Konzepte, -Prinzipien, -Regeln 477

Unabhängigkeitsprinzip 478

Hüllprinzip 479

Dimensionelle Tolerierung 480

 Örtliches oder lokales Maß 480

 Globales Maß 481

 Statistische Maße 481

 Geometrische Tolerierung 482

 Bezüge und Bezugssysteme 483

Begriffe für Form- und Lagetoleranzen 484

 Spezifikation durch eine Lehre 484

S STEUERUNGS- UND REGELUNGSTECHNIK

S1 AUTOMATISIERUNG DURCH STEUERN UND REGELN 485

Automatisierung der Fertigung 485

Steuern 485

Regeln 486

Steuerungsarten 487

Entwurf einer Steuerung 489

 Logische Grundschaltungen 489

 Darstellung der Steuerung 492

Technische Ausführung einer Steuerung 496

 Aufbau pneumatischer Steuerungen 496

 Beispiel: Biegevorrichtung 497

 Bauteile pneumatischer Steuerungen 501

 Elektrische Steuerungen 508

 Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) 512

 Projekt Bohrvorrichtung 515

 Projekt Schutztür 516

 Energieeffizienz in der Pneumatik 517

Hydraulik 518

 Physikalische Grundlagen 518

 Aufbau hydraulischer Steuerungen 520

S2 REGELUNGSTECHNIK AN WERKZEUGMASCHINEN 521

Grundbegriffe 521

Regler und Regelkreise 522

 Schaltende Regler 522

Lageregelung (Positionierantriebe) 523

 Kaskadenregelung 523

 Geschwindigkeitsvorsteuerung 524

S3 FLEXIBLE FERTIGUNGSANLAGEN 525

Organisation der Fertigung 525

 Einmaschinensystem 527

 Mehrmaschinensystem 529

Handhabungssysteme für flexible Fertigungsanlagen .. 531

 Werkzeug-Handhabungssysteme 531

 Werkstück-Handhabungssysteme 532

Transport und Materialfluss 536

 Flurbundene Fördermittel 536

 Flurfreie Fördermittel 537

 Aufgeständerte Fördermittel 538

Industrie 4.0 539

 Cyber Physical Systems (CPS) 540

 Embedded Systems 540

S4 AUFBAU VON CNC-WERKZEUGMASCHINEN 542

Merkmale von CNC-Werkzeugmaschinen 542

Antriebssysteme 543

Messsysteme 546

 Inkrementale Weg- und Winkelmessung 547

 Absolute Weg- und Winkelmessung 548

 Direkte und indirekte Weg- und Winkelmessung 550

S5 NUMERISCHE STEUERUNGEN 553

Konsequenzen des Einsatzes von CNC-
Werkzeugmaschinen 553

 Steuerung 554

 Steuerungsarten 557

Programmierung 558

 Grundlagen 559

 Schreiben des CNC-Programms 560

 Drehbearbeitung in der G17-Ebene 573

Übersicht über andere Programmierverfahren 575

 Dialog- und Werkstattprogrammierung 575

 CAD-CAM Bearbeitung 576

Einrichten der Maschine 577

Testen und Abarbeiten des Programms 579

Kommunikation in der Fertigung 580

Beispiel für ein CNC-Drehprogramm 581

SACHWORTVERZEICHNIS 586

BILDQUELLENVERZEICHNIS 607

Das Berufsbild des Zerspanungsmechanikers, der Zerspanungsmechanikerin

Aufgaben und Tätigkeiten

Zerspanungsmechaniker/innen fertigen Präzisionsbauteile meist aus Metall durch spanende Verfahren wie Drehen, Fräsen, Bohren oder Schleifen. Dabei arbeiten sie mit konventionellen Fräs-, Dreh-, Bohr- und Schleifmaschinen sowie mit computergesteuerten Maschinen (**Bilder 1 und 2**). Sie richten die Maschinen ein und überwachen den Fertigungsprozess. Zerspanungsmechaniker/innen fertigen Bauteile für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche. Sie stellen Wellen, Achsen, Maschinenteile, Zahnräder und Gewinde oder Triebwerksteile für Flugzeuge her.

Zu Beginn eines Arbeitsauftrages machen sie sich mit den Einzelheiten der technischen Zeichnung und den Auftragspapieren des herzustellenden Werkstücks vertraut. Noch fehlende Maßangaben, die später für die Einrichtung der Werkzeugmaschinen benötigt werden, berechnen sie auf der Grundlage der vorhandenen Daten.

Ist die Arbeitsabfolge festgelegt, wählen sie die Maschinen, die passenden Werkzeuge sowie Prüfmittel aus. Sie geben die Steuerungsprogramme in die CNC-Maschinen ein oder rufen bereits fertige ab. Ist das Programm erstellt und eingegeben, richten sie die Maschine und bereiten die entsprechenden Werkzeuge vor (**Bild 3**). Dabei montieren sie auch die Spannvorrichtungen sowie Zusatzeinrichtungen für verschiedene Dreh- und Fräsverfahren. Sie prüfen die Werkzeugschneiden auf Verschleiß und Abmessungen (**Bild 4**).

Nach dem Einspannen des Rohlings in die Maschine kann die Bearbeitung beginnen.

Nach einem Probelauf führen sie den Fertigungsprozess durch. Besonders in der Einzelfertigung nehmen sie immer wieder Zwischenmessungen am Werkstück vor, um sicherzustellen, dass die Qualitätsvorgaben eingehalten werden. Bei Abweichungen korrigieren sie die Einstellungen der Maschine. Treten Betriebsstörungen auf, beheben sie die Fehler, tauschen Werkzeuge aus oder verändern z. B. die Schnittdaten des Werkzeugs.

Ist ein Werkstück fertiggestellt, messen sie nach, ob alle Abmessungen mit den Auftragsdaten übereinstimmen und überprüfen und dokumentieren die ermittelten Daten.

Auch die Wartung und Pflege der Maschinen und Werkzeuge gehört zum Aufgabenbereich. Kühlschmiermittel müssen entsprechend den betrieblichen Vorgaben regelmäßig geprüft werden.



1 Arbeiten an der Bohrmaschine



2 Programmieren der Werkzeugmaschine



3 Einrichten und Überwachen



4 Messen und Beurteilen

A1 GESUNDHEITSSCHUTZ

Mit zunehmender Mechanisierung der Arbeitswelt seit ca. 200 Jahren wurden auch die Unfälle, die den Menschen bei der Arbeit zustießen, immer häufiger und schwerwiegender. 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 der Werk tätigen geschaffen. Heutzutage sind Arbeitsschutzgesetze ein Teil des „sozialen Netzes“ unseres Landes und haben dazu geführt, dass Maschinen und Anlagen bedienungssicher gebaut werden müssen.

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 Mitarbeiter, die Mitarbeiterin diese nicht kennt oder bewusst leichtsinnig missachtet. Besonders neuen Kollegen und Kolleginnen im Betrieb ist zu raten:

Informieren Sie sich!

Übernehmen Sie nicht die Unvorsichtigkeiten „erfahrener Kollegen“. Schützen Sie sich und Ihre Gesundheit

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

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.



1 Logo der Berufsgenossenschaft



2 Persönliche Schutzausrüstung

Warn- und Hinweisschilder

Um Gefahren „auf einen Blick“ zu erkennen, aber auch für Menschen, die nicht sicher 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 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.



Allgemeines Verbotsschilder



Rauchen verboten



Keine offene Flamme; Feuer, offene Zündquelle und Rauchen verboten



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

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.

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 und Sicherheitsschuhe, auch wenn diese unmodern erscheinen! 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 (**Bild 4**).
- 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 Entzündungen oder langwierige Erkrankungen verhindert werden.
- Scherzen, Ärgern und Necken verringern die Aufmerksamkeit und können in Maschinenräumen besonders böse Folgen haben. Warten Sie damit bis zum Arbeitsende.



1 Ungeeignetes Schuhwerk und Sicherheitsschuhe



2 Umgang mit langen Haaren



3 Hängender Schmuck



4 Grat

Arbeitssicherheit beim Drehen und Fräsen

Wegen häufig ungeschützter rotierender Wellen und Achsen älterer Drehmaschinen sowie 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 (**Bild 1**). Beim verbotenen Außerkraftsetzen dieser Schutzvorrichtung könnten auch unbeteiligte Personen zu Schaden kommen. Durch das Sichtfenster können sich anbahnende, ungünstige Entwicklungen beim Zerspanprozess rechtzeitig erkannt und verhindert werden. Wenn vorhanden, sollte die Einrichtung zum automatischen Spanabtransport genutzt werden, weil dadurch gefährliche Berührungen mit Spänen vermieden werden.



1 Sicherheitseinrichtungen einer CNC-Maschine

- Die Absaugung entstehender Dämpfe vermindert das unnötige Einatmen von Kühl-Schmierstoffdämpfen.
- Zum Entfernen von Wirt-, Schrauben- und Bandspänen ist nur das dafür vorgesehene Werkzeug (z.B. Haken) zu benutzen (**Bild 2**). Die Späne können ungeeignete Arbeitsschutzhandschuhe problemlos zerschneiden.

Späne können sehr heiß und scharfkantig sein. Benutzen Sie einen Spänehaken. Vorsicht: Lange Späne können sich beim Entfernen aufwickeln.

- 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:

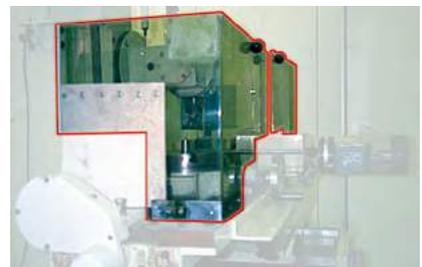
- Vor dem Einschalten der Maschine sind immer die Schutzvorrichtungen zu überprüfen (**Bild 4**).
- Das mehrschneidige Werkzeug Fräser erfordert höhere Spannkraften. Deshalb ist ein exakter Sitz des Spannmittels und die sichere Aufspannung des Werkstücks notwendig.
- Beschädigte Fräser oder Fräserschneiden sind sofort auszuwechseln.



2 Spänehaken



3 Schlüssel im Spannfutter



4 Schutzvorrichtungen einer Fräsmaschine

Arbeitssicherheit beim Schleifen

Schleifmaschinen sind heute mit den üblichen Sicherheitseinrichtungen wie Schutzmantelung und Not-Aus-Schalter ausgestattet. Deshalb gelten hier die gleichen Sicherheitsbestimmungen wie für andere CNC-gesteuerte Werkzeugmaschinen.

Von Zeit zu Zeit müssen Werkzeuge an der Werkzeugschleifmaschine (Schleifbock) geschärft werden.

- Beim Trockenschleifen ist immer eine Schutzbrille zu tragen.
- Die Montagevorschriften beim Wechseln von Schleifscheiben sind genau einzuhalten, da durch die hohe Drehzahl das Zerspringen einer Schleifscheibe verheerende Auswirkungen haben kann.
- Der sichere Sitz der Schutzhaube sollte von Zeit zu Zeit überprüft werden (**Bild 1**).
- Die Werkstückauflage muss allseitig dicht an der Schleifscheibe sitzen. Der Abstand zwischen Schleifscheibe und Auflage sollte nicht größer als 3 mm sein!
- Aluminium- und Magnesiumstaub können explodieren! Deshalb gilt bei Arbeiten mit diesen Materialien striktes Verbot von offenem Licht und Feuer.



1 Schleifbock mit Schutzhaube und Auflage

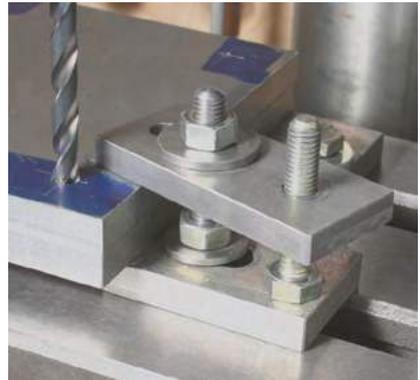
Arbeitssicherheit beim Bohren

Beim Bohren ist darauf zu achten, dass die Werkstücke gegen Mit- und Hochreißen gesichert sind.

Dies kann in seltenen Fällen durch das Eigengewicht des Werkstückes geschehen. In den meisten Fällen jedoch muss das Spannen des zu bohrenden Teiles durch eine spezielle Vorrichtung oder durch Festspannen am Bohrmaschinentisch erfolgen (**Bild 2**). Auch hier sind die bekannten Hilfsmittel zum Entfernen der Späne zu benutzen.

Zusätzlich zu den anderen Regeln gilt hier besonders:

- Um Verletzungen zu vermeiden, werden scharfkantige Bohrungen am Bohrungsrand entgratet oder gesenkt.
- Bei langem Haar ist immer ein geeigneter Haarschutz zu tragen!
- Bei Benutzung von Handbohrmaschinen sind Handschuhe besonders gefährlich.



2 Mit Spannprazen gesichertes Werkstück

Sicheres Arbeiten mit Hebezeugen und Anschlagmitteln

Sie bekommen den Auftrag einige schwere Werkstücke auf einen Transportwagen zu laden. Sie müssen dazu erstmalig ein Hebezeug (Kran) benutzen. Ihr Meister gibt Ihnen den Hinweis, aus Sicherheitsgründen auf die Auswahl der richtigen Anschlagmittel zu achten.

Anschlagmittel sind Haken, Ösen, Ketten, Gurte und spezielle Vorrichtungen, mit denen Lasten sicher am Hebezeug oder auf dem Transportfahrzeug verankert werden können. In manchen Betrieben wird diesen sicherheitstechnisch wichtigen Betriebsmitteln zu wenig Beachtung geschenkt und deshalb passieren schwerwiegende Unfälle (**Bild 3**).



3 Korrodiertes Anschlagmittel

Anschlagmittel (Bild 1) dürfen nicht als persönliche Schutzausrüstungen (z.B. Haltegurte, Seile oder Karabinerhaken) verwendet werden (Arbeiten in Höhenlagen). Hierfür gelten abweichende Bestimmungen. Anschlagmitteln muss eine Gebrauchsanweisung in deutscher, ggf. in einer anderen, Sprache beiliegen. Sie müssen mindestens mit folgenden dauerhaft lesbaren Angaben gekennzeichnet sein.

- Name, Zeichen oder Marke des Herstellers
- Tragfähigkeit (in Abhängigkeit von der Anschlagart)
- Werkstoff, Material
- Nennlänge (bei Gurten oder Ähnlichem)

In der **Gebrauchsanweisung** können Sie nachlesen, ob das Anschlagmittel für diesen Zweck geeignet ist, wie man es richtig und sicher anwendet und bei welcher Art von Beschädigung es nicht mehr verwendet werden darf.

Nach Gebrauch können Sie in der **Bedienungsanleitung** des Anschlagmittels nachlesen, wie durch richtige Lagerung und Pflege eine möglichst lange Lebensdauer erreicht werden kann.

Hebezeuge dürfen Sie nur benutzen, wenn Sie älter als 18 Jahre sind und durch eine dazu berechtigte Person eingewiesen wurden.

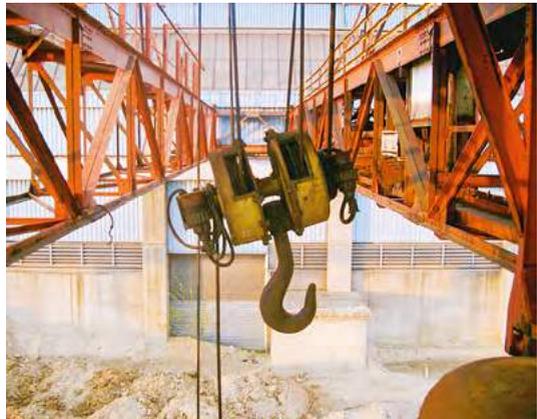
Hebezeuge und Anschlagmittel dürfen nur verwendet werden, wenn sie in einwandfreiem Zustand sind (**Bild 2**).

Um Unfälle beim Hantieren mit Hebezeugen und Anschlagmitteln zu vermeiden, sind folgende Regeln zu beachten:

- Niemand darf unter schwebenden Lasten hindurchlaufen oder sich darunter aufhalten!
- Anschlagketten, Hebebänder und Rundschnitten dürfen nicht verknotet oder verdreht werden!
- Anschlagseile, Anschlagketten, Hebebänder und Rundschnitten dürfen nicht über scharfe Kanten gespannt und gezogen werden, weil sie reißen könnten!
- Bei scharfen Kanten müssen Kantenschoner oder Schutzschläuche verwendet werden!
- Haken müssen mit einer Hakensicherung ausgerüstet sein und dürfen nicht auf der Spitze belastet werden!
- Eine heiße Arbeitsumgebung oder heiße Werkstücke können die Tragfähigkeit der Anschlagmittel vermindern!
- Beschädigte Anschlagmittel dürfen nicht mehr verwendet werden (z.B. Draht- und Litzenbrüche, Gurtbandeinschnitte, aufgebogene Haken)!
- Anschlagmittel müssen entsprechend der Bedienungsanleitung gelagert werden!
- Die Anschlagmittel müssen hinsichtlich der Tragfähigkeit mindestens für die Masse der Last ausgelegt sein!
- Anschlagmittel und Hebezeug müssen vor jeder Benutzung einer Sichtprüfung auf Mängel unterzogen werden!
- Die Last ist immer sicher gegen Verrutschen, Herausfallen und Umkippen zu befestigen (anschlagen), damit ein Lösen der Last unmöglich ist!
- Beim Heben und Senken der Last muss die volle Kontrolle des Vorgangs immer bei Ihnen liegen!



1 Anschlagmittel



2 Defektes Hebezeug

Sicherheitsanforderungen an Fertigungssysteme

Durch Fertigungssysteme kann eine erhebliche Erhöhung der Produktivität erreicht werden.

Halb oder vollständig automatisierte Fertigungssysteme (**Bild 1**) erledigen oft mehrere Schritte des Fertigungsprozesses selbstständig. Sie werden von Computern gesteuert. Durch Roboterarme werden Werkstücke geprüft, umgespannt oder dem nächsten Produktionsschritt zugeführt.

Dabei sollen Fertigungssysteme unter anderem möglichst wenig Platz benötigen, kurze Stillstandszeiten nach Störung oder Wartung benötigen und die Beobachtung des Fertigungsprozesses ermöglichen.

Sicherheitsmaßnahmen sind damit nicht einfach zu verbinden. Menschen, die sich im Wirkungsbereich dieser Maschinensysteme befinden, wären jedoch einer hohen Gefahr ausgesetzt, wenn diese Systeme nicht über spezielle Sicherheitseinrichtungen verfügen würden. Deshalb gibt es eine Reihe von Normen und Richtlinien, die Sicherheitsanforderungen an Fertigungssysteme europaweit genau regeln.

Automatisierte Fertigungssysteme müssen gegenüber einzeln agierenden Werkzeugmaschinen nach besonderen **Sicherheitskriterien** betrachtet werden.

- Die **Wirkungsbereiche** des Fertigungssystems dürfen während des Betriebes keinesfalls betreten werden. Das wird durch verschiedene Sicherheitseinrichtungen erreicht:

- **Feststehende oder verriegelbare Schutzwände**

Der Betrieb der Maschine ist nur bei geschlossenen Schutzwänden möglich. Sie sind stabil befestigt und schützen gegen herausschleudernde Werkstücke (**Bild 1**).

- **Mechanische Schutzelemente**

Mit Anschlägen kann der Wirkungsbereich von Maschinenteilen (z. B. Roboterarm) auf ungefährliche Bereiche eingeschränkt werden. Außerdem können damit die Folgen von Fehlfunktionen durch Programmier- oder Softwarefehler für Menschen und Maschine abgemildert werden (**Bilder 2 und 3**).

- **Positionsschalter**

Die Maschine ist nur zu bedienen, wenn sich der Bediener an einer bestimmten Position befindet (Trittplatte) oder bestimmte Bedienelemente permanent betätigt.

- **Optoelektronische Schutzeinrichtungen**

Durch Lichtschranke, Laserscanner oder ähnlich wirkende Bauelemente wird der Betrieb der Maschine sofort unterbrochen, wenn eine Person den Wirkungsbereich betritt.

- **Verhaltensregeln**

Alle Sicherheitseinrichtungen dürfen sich nicht auf einfache Art und Weise außer Kraft setzen lassen. Not-Aus-Schalter müssen in ausreichender Anzahl vorhanden sein.

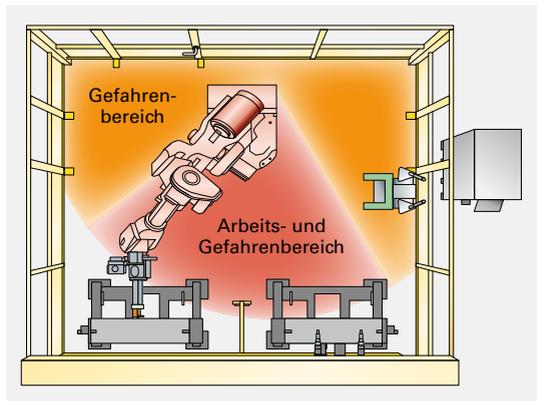
Zugänge zur Maschine müssen so gestaltet sein, dass die Wahrscheinlichkeit des Stolperns oder Ausrutschens gering ist. Erreicht wird das durch Haltegriffe, Geländer oder rutschhemmende Oberflächen.



1 Schutztür an einer Fräsmaschine



2 Automatisiertes Fertigungssystem



3 Gefahrenbereich Industrieroboter (von oben betrachtet)

- Jede Maschine neueren Baujahres darf bestimmte **Lärmemissionswerte** nicht überschreiten. Die Werte sind in entsprechenden Vorschriften festgelegt.
- Entstehen **giftige Dämpfe oder Nebel** (z.B. durch Kühlschmierstoffe) in gesundheitsgefährdenden Konzentrationen, sind wirkungsvolle Rückhaltesysteme vorgeschrieben.

Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen

Elektrogeräte haben viele unserer Lebensbereiche erobert. Das Radio am Morgen, die Fahrt mit der Straßenbahn zur Arbeit oder das Telefonat mit dem Handy sind ohne die ständige Verfügbarkeit von Elektroenergie nicht denkbar. Auch die meisten Tätigkeiten im Bereich der Zerspantechnik sind ohne elektrisch betriebene Maschinen und Anlagen nicht möglich.

Dass elektrischer Strom dem Menschen bei direktem Kontakt schaden kann, weiß jeder. Doch warum ist das so und ab wann wird er gefährlich?

Das menschliche Nervensystem und viele andere Funktionen werden durch sehr schwache elektrische Ströme gesteuert. Überlagert ein Strom von außen die körpereigenen Signale, können Reaktionen erfolgen, die der Mensch nicht mehr beeinflussen kann. Eine Hand kann sich so stark verkrampfen, dass sie den elektrischen Leiter nicht mehr loslassen kann. Das Herz bekommt falsche Signale und kann nicht im gewohnten Rhythmus schlagen. Das Blut transportiert keinen Sauerstoff mehr zum Kopf. Das kann nach einigen Sekunden bereits zu Hirnschäden und später zum Tod führen. Durch den elektrischen Strom können auch einzelne Zellen oder ganze Körperteile direkt zerstört werden.

Damit das nicht passiert, müssen alle stromführenden Geräte und Einzelteile (z. B. Elektroleitungen und Elektrokabel) komplett isoliert sein.

Jeder Stromkreislauf eines Gebäudes und zusätzlich einige Geräte verfügen über elektrische Sicherungen, die den Stromfluss bei Unregelmäßigkeiten unterbrechen.

Wurde eine elektrische Sicherung ausgelöst, muss vor erneuter Inbetriebnahme des Gerätes die Ursache gefunden sein. Das Außerkraftsetzen dieser Sicherheitsmaßnahme (z.B. durch Überbrücken) ist verboten und sehr gefährlich.

Die **elektrische Spannung** kann erzeugt werden durch:

- Licht (Solarzelle) (**Bild 1**),
- Zielgerichtete Bewegung eines elektrischen Leiters im Magnetfeld (Generator) (**Bild 2**),

- Zug, Druck oder Biegung bestimmter Materialien,
- Wärme,
- Reibung (statische Aufladung),
- Chemische Reaktionen.

Elektrische Leiter

Werkstoffe, die Strom sehr gut leiten, z.B. Kupfer, Aluminium, Gold, einige Gase und Flüssigkeiten

Isolatoren

Werkstoffe, die elektrischen Strom sehr schlecht leiten, z. B. viele Kunststoffe, Keramik

Spannung (U)

Gefährliche Spannungen

Höchstzulässige Berührungsspannung für Menschen:
Wechselspannung 50 V, Gleichspannung 120 V

Stromstärke (I)

Gefährliche Stromstärken

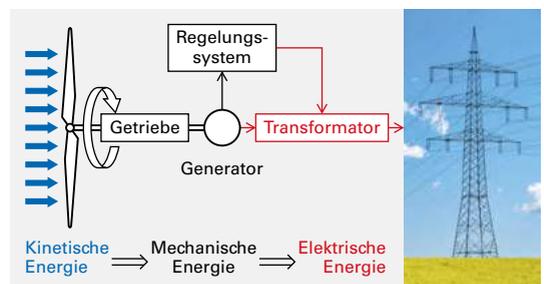
ab 10 mA	Muskelkrämpfe
ab 25 mA	starke Muskelkrämpfe, die zu Knochenbrüchen führen können
ab 80 mA	Herzkammerflimmern bis hin zum Tod
ab 5000 mA	starke innere und äußere Verbrennungen

Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Elektrounfällen

1. Den Strom abschalten
2. Den Verunglückten aus dem Gefahrenbereich bringen
3. Einen Arzt rufen
4. Lebenserhaltende oder schmerzlindernde „Erste Hilfe“ leisten



1 Solarzellen



2 Windkraftgenerator

Fast alle Betriebsmittel der Zerspantechnik werden elektrisch betrieben (**Bild 1**). Der direkte Kontakt mit unter Spannung stehenden Teilen führt oft zu schweren Verletzungen oder zum Tod. Außerdem können defekte Elektrogeräte Brände oder Produktionsausfälle verursachen. Aus diesem Grund sind Betriebe verpflichtet, **elektrische Betriebsmittel** entsprechend der **BGV A3, DIN VDE 0701, VDE 0702** in regelmäßigen Abständen auf Betriebssicherheit zu prüfen.

Wird dies versäumt, weigern sich viele Versicherungen den entstandenen Schaden zu übernehmen. Werden Menschen verletzt oder getötet, schließen auch die BG die Haftung aus. Damit ist der Arbeitgeber in vollem Umfang haftbar und muss zusätzlich mit einer hohen Geldstrafe rechnen.

Die Kosten für eine Betriebssicherheitsprüfung sind geringer als die Kosten für die Haftung bei einem Schaden!

Ende 2002 wurden viele Regelungen und Vorschriften zum Prüfen von Arbeitsmitteln in der **Betriebsicherheitsverordnung (BetrSichV)** zusammengefasst und zum Teil geändert. Neu war unter anderem, dass der Arbeitgeber nun selbst bestimmen muss, welche Geräte geprüft werden müssen und wer die Prüfung durchführt (**Bild 2**).

Für die zeitlichen Abstände der Wiederholungsprüfungen existieren Empfehlungen und Richtwerte, die je nach Art und möglicher Beweglichkeit des elektrischen Anschlusses zwischen 6 Monaten und 4 Jahren schwanken (**Tabelle 1**).

Werden nur geringe Schäden festgestellt, können die Fristen verlängert werden.

Die Prüfung erfolgt in 3 Schritten:

- Sichtprüfung,
- Messen von Strom und Spannung,
- Funktionsprüfung.

Dabei werden alle Geräte durch Barcode oder Prüfdatum gekennzeichnet (**Bild 3**).

Wird bei einem der Prüfschritte eine Unregelmäßigkeit entdeckt, darf das Gerät nicht mehr betrieben und muss entsprechend DIN VDE 0701 repariert werden.

Stellen Sie erhöhten Verschleiß oder Schäden an Strom führenden Teilen fest, melden Sie dies unverzüglich! Die Reparatur darf nur von einer elektrotechnischen Fachkraft vorgenommen werden.

Die fachlichen Anforderungen der Elektrofachkraft erfordern: Fachliche Ausbildung (Elektrotechnik)

- Kenntnisse und Erfahrungen im jeweiligen Tätigkeitsfeld,
- Kenntnisse der einschlägigen Normen,
- Beurteilung der ihr übertragenen Arbeiten,
- Erkennen von Gefahren.



1 Elektroinstallation einer Werkzeugmaschine



2 Prüfen elektrischer Betriebsmittel

Tabelle 1: Richtwerte für Prüffristen

Anlagen, Geräte	Richtwerte
ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel	6, 12, 24 Monate
Verlängerungs- u. Geräteanschlussleitungen mit Steckvorrichtungen	6, 12, 24 Monate
Anschlussleitungen mit Stecker	12 Monate
Bewegliche Leitungen mit Stecker und Festanschluss	2 Jahre
ortsfeste Anlagen	1 bis 4 Jahre



3 Kennzeichnung geprüfter Geräte

Umgang mit Kühlschmiermitteln

Kühlschmiermittel besitzen nicht nur ein gegenwärtiges, sondern auch ein langfristiges gesundheitliches Gefahrenpotenzial.

Vom Gesetzgeber ist dafür gesorgt, dass Gefahren weitgehend auszuschließen sind. Den Arbeitgebern sind Auflagen erteilt worden, was beim Einführen von neuen Gefahrstoffen zu beachten ist und wie die Belegschaft darüber zu informieren ist. In der **Gefahrstoffverordnung** (GefStoffV) sind auch die Beteiligungsrechte der Betriebs- und Personalräte festgehalten, z. B. das Anhörungsrecht bei der Einführung neuer Gefahrstoffe (§ 19) oder das Mitbestimmungsrecht bei der Festlegung von technischen Schutzmaßnahmen und bei der Bereitstellung von persönlichem Körperschutz (§ 87).

Persönliches Verhalten im Umgang mit Kühlschmierstoffen

1. Verschaffen von Informationen	<ul style="list-style-type: none"> über die eingesetzten Kühlschmiermittel (Bild 1) über Regeln des Umgangs mit den Kühlschmiermitteln, Einhalten von Grenzwerten u. a. über rechtliche Vorschriften und Beteiligungsrechte
2. Verhalten	<ul style="list-style-type: none"> das mich schützt <ul style="list-style-type: none"> – nicht berühren – nicht einatmen das das Werkstück und den Arbeitsplatz schützt <ul style="list-style-type: none"> – Abstand halten – Abschirmen das der Umwelt nützt <ul style="list-style-type: none"> – Material und Hilfsstoffe sparsam verwenden
3. Kontrolle	<ul style="list-style-type: none"> ob ich mich selbst immer an die Regeln halte ob sich andere an die Regeln halten



1 Kühlschmierstoff (KSS)

Die Kühlschmiermittel werden entsprechend ihrer für den Spanungsprozess wichtigen Eigenschaften eingesetzt (**Bild 1**). Die Eigenschaften werden nach den Grundstoffen und den Zusätzen (Additiven) bestimmt. Bei einigen Kohlenwasserstoffverbindungen kommen auch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK's) vor. Diese **PAK's gelten als krebserregend**. Ein Vertreter ist das Benzo(a)pyren, das auch im Zigarettenrauch enthalten ist. PAK's werden auch als Grillgift bezeichnet, weil sie beim Grillen im heißen Fett entstehen. Ein ähnlicher Prozess läuft beim Spanen ab, wo auch die Öle aus dem Kühlschmierstoff erhitzt werden.

Benzo(a)pyren darf nicht mehr als **0,002 mg/m³** Luft bzw. 50 mg/kg Kühlschmierflüssigkeit vorhanden sein.

Als Richtwert für Mineralöl in der Raumluft gilt:

für Ölnebel 5 mg/m³ **für Öldampf + Ölnebel 20 mg/m³**

Weitere Stoffe, für die Grenzwerte beachtet werden müssen, sind **Nitrite, Amine** und **chlorierte Stoffe**. Beim Verbrennen chlorierter Stoffe können **Dioxine** entstehen, die als Ultragift gelten.

Verwertung: Die wichtigste Möglichkeit für die weitere Verwertung gebrauchter Kühlschmiermittel ist die Einhaltung des **Vermischungsverbotes** mit anderen gebrauchten Ölen.

Zum Abtrennen von Verunreinigungen werden Verfahren angewendet, wie z. B.:

- Siebfiltration, Absieben großer Partikel,
- Zentrifugalabscheidung,
- Sedimentation, Absetzen größerer Späne,
- Magnetabscheidung.
- Flotation, oben schwimmende Phasen,

Stark verschmutzte und verbrauchte KSS müssen durch spezielle Entsorgungsbetriebe dem Kreislauf entzogen werden und dürfen auf keinen Fall in das öffentliche Abwassersystem gelangen.

KSS sind **nachweispflichtige Abfälle**. Sie unterliegen als wassergefährdende Stoffe dem Wasserhaushaltsgesetz § 19 g Abs. 5 und der Altölverordnung. Wassermischbare und mineralöhlhaltige KSS werden generell der Wassergefährdungskategorie 3 und nichtwassermischbare KSS i. d. R. der Wassergefährdungskategorie 2 zugeordnet und sind deshalb als Sondermüll zu betrachten und somit umweltschonend und fachgerecht zu entsorgen.