

1

Basisinformationen

Die Basisinformationen in diesem Buch „Metallbearbeitung für Kaufleute“ zeigen beispielhaft Grundlagen der Prozessentwicklungen, der Entscheidungsprozesse sowie die Zukunftstrends in Industrie 4.0 auf.

Die Hauptbegriffe einer Produktionsmaschine, mit wichtigen Elementen, wird einfach dargestellt und soll als Basisorientierung dienen.

Die Fertigungskalkulation und der Vergleich von „Alternativen Verfahren“ als Beispiel soll eine Hilfestellung im Alltag sein.

1.1 Produktentwicklungsprozess

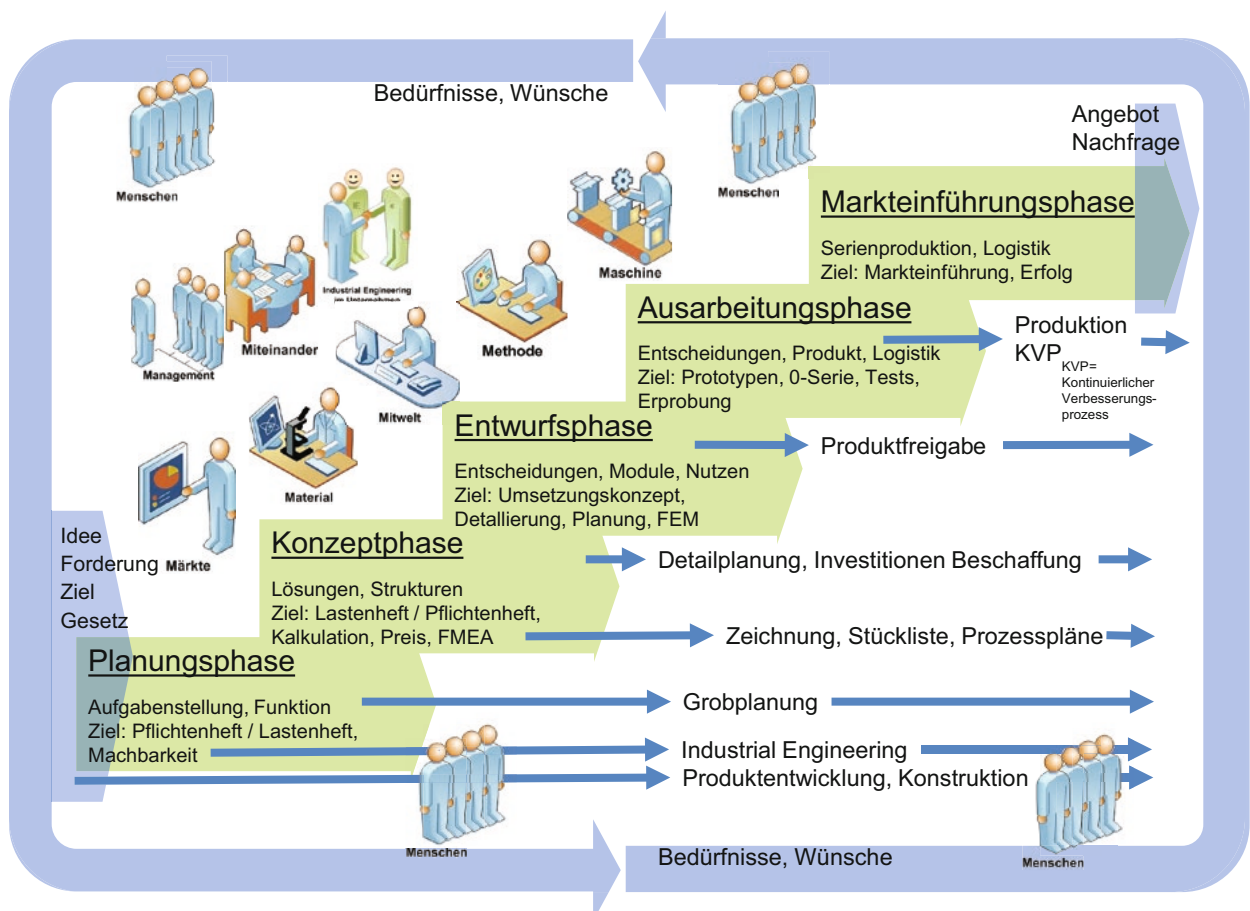


BILD 1.1 Darstellung eines Produktentwicklungsprozesses von der Idee bis zum fertigen Produkt

1.1.1 Produktentscheidungskriterien

Die Entscheidungskriterien für Bauteile und Bauteilgruppen (Produkte) unterliegen einer Vielzahl von „gesamtheitlichen“ Einflüssen die – um auf den Punkt zu kommen – nur von uns Menschen in unseren Bedürfnissen bestimmt werden.

Die engen Verknüpfungen zwischen Anspruch (Beanspruchung) und Funktion, Design (Funktion und Gestalt),

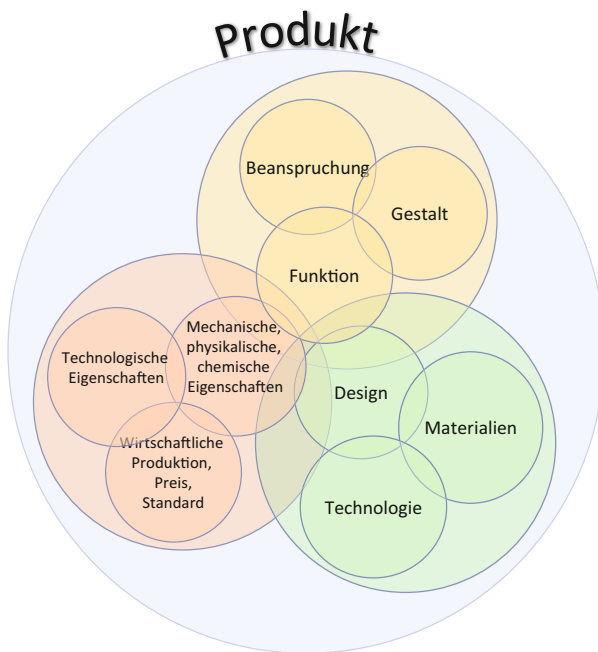


BILD 1.2 Alle Entscheidungskriterien haben zusammenhängende und/oder gegenseitige Wirkungen

Technologie und Materialeigenschaften stehen einer technologisch machbaren wie wirtschaftlich optimalen Lösung oft gegenüber.

Diese **wechselseitigen Beziehungen** und die Auswirkungen **einzelner „Eigenschaften“** auf das **Gesamtsystem** sind die wichtigsten Merkmale der Produktentscheidung.

1.1.2 Produktdokumente – Zeichnungen

Eine technische Zeichnung (Detailskizze) entsteht durch chronologische Schritte.

Das Ziel ist fertig entwickelte und vollständig definierte Bauteile und Bauteilgruppen.



BILD 1.3 Wie eine Entscheidung ungeahnte Auswirkung hatte

Video 1: bit.ly/2Cc7XPO

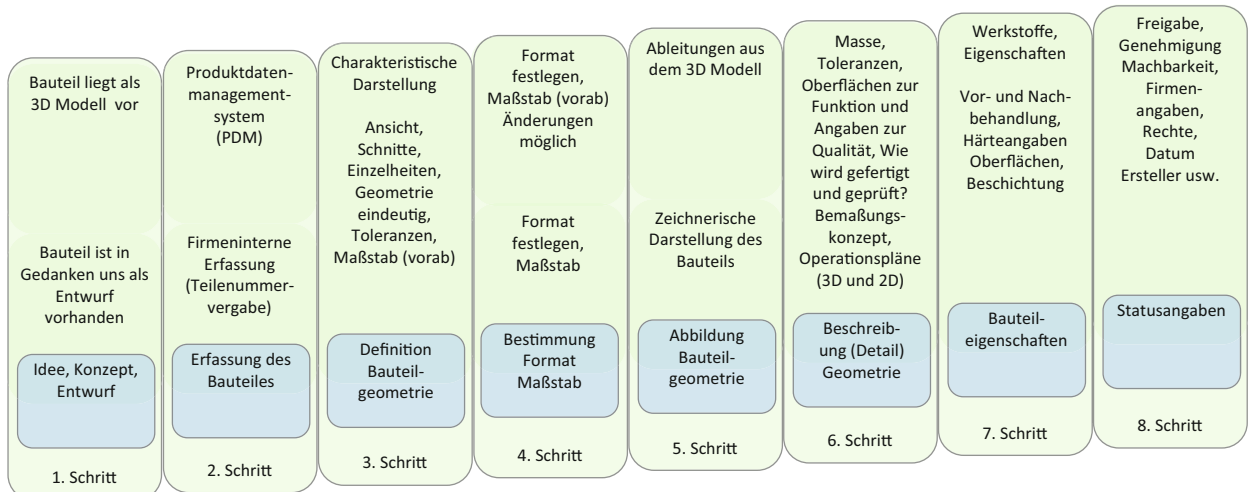


BILD 1.4 Alle Entscheidungskriterien haben zusammenhängende und/oder gegenseitige Wirkungen

1.2 Produktionstechnik



BILD 1.5 Beispiel eines 3D-Modells (Kugelkäfig)

Mit dem Begriff **Produktionstechnik** wird - unter den für uns Menschen vorgegebenen Bedingungen der Nachhaltigkeit - die zweckgemäße Nutzung der Natur mit ihren Gesetzen und den uns zur Verfügung gestellten Energien und Materialien (Rohstoffe) zur zielorientierten Herstellung von Produkten (Gütern) zusammengefasst.

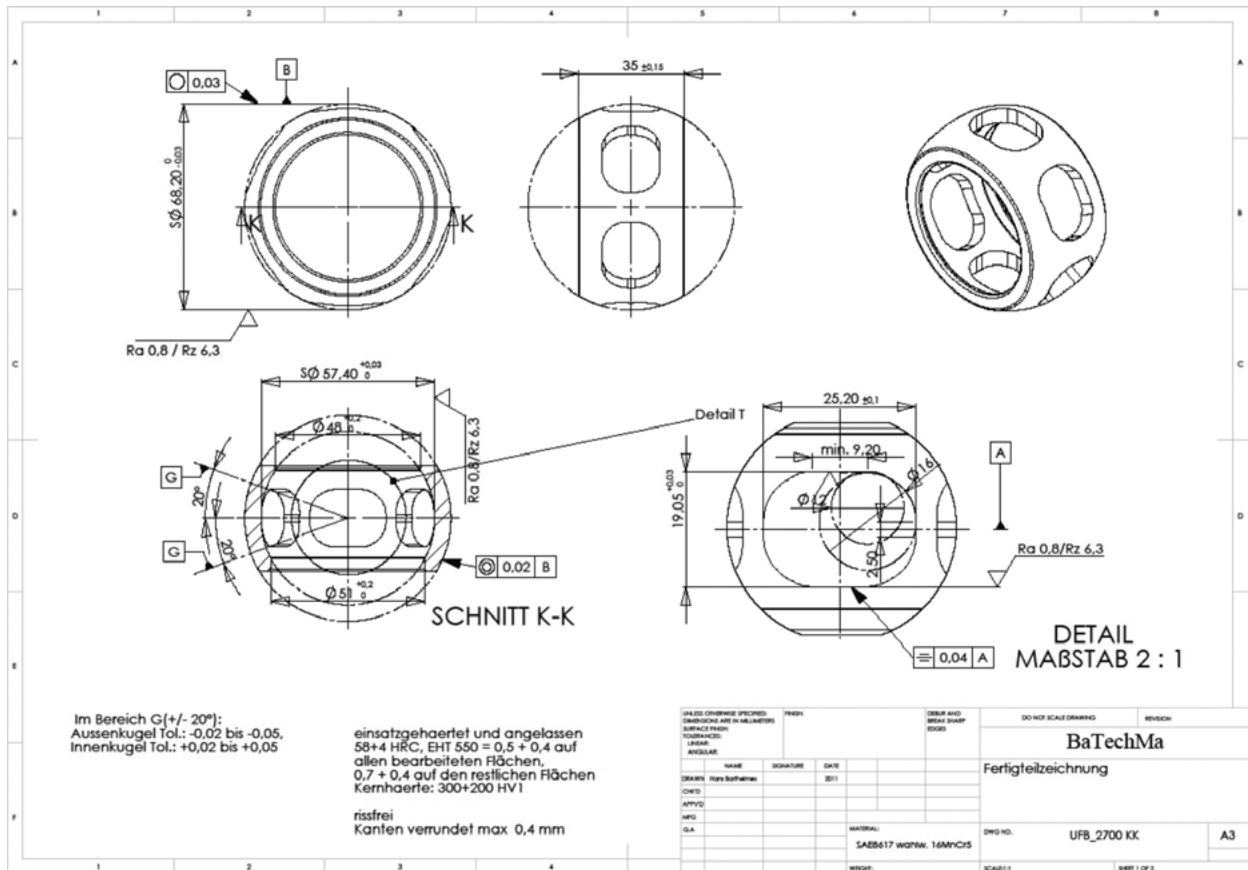


BILD 1.6 Beispiel eines Bauteils (Einzelteil) Zeichnung



BILD 1.7 Beispiele von Bauteilen (Einzelteilen) und einer Bauteilgruppe (Zusammenbau)

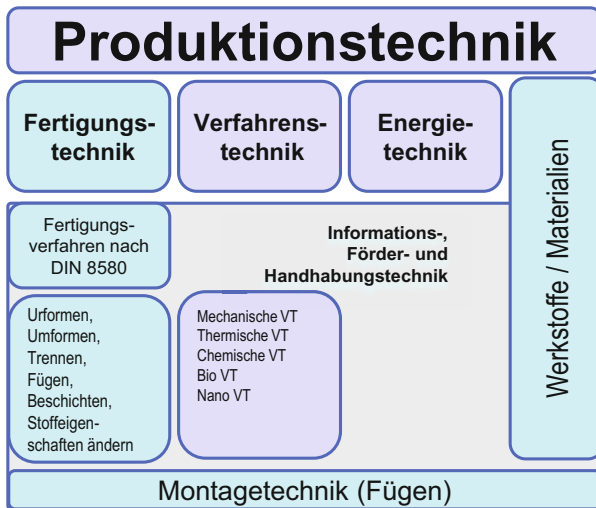


BILD 1.8 Die wesentliche Aufteilung der Produktionstechnik als Beispiel

Die Gliederung der Produktionstechnik erfolgt in die

- Fertigungstechnik,
- die Verfahrenstechnik und die
- Energietechnik.

Die Informationstechniken sowie die Förder- und Handhabungstechniken sind unterstützende Techniken der „Produktionstechnik“.

Werkstoffe/Materialien sind die Substanzen oder Rohmaterialien aus denen etwas produziert oder hergestellt wird.

In der Montagetechnik werden Einzelteile zu einem „Gesamtprodukt“ zusammengefügt.

1.2.1 Fertigungstechnik

Die Fertigungstechnik

- ist ein Begriff der Produktionstechnik und des Maschinenbaus.
- ist die Lehre von der wirtschaftlichen Herstellung geformter **Werkstücke** oder **Bauteilen** aus gegebenen Ausgangsmaterialien oder Werkstoffen nach vorgegebenen geometrischen Bestimmungsgrößen (unter Einhaltung bestimmter Toleranzen) und deren Zusammenbau zu funktionsfähigen Erzeugnissen oder **Baugruppen**.

Ein Teilbereich der Fertigungstechnik ist die **Oberflächentechnik**.

Die Grundbegriffe der Fertigungsverfahren sind in DIN 8580 zusammengefasst. Nach der DIN 8580 sind die Fertigungsverfahren in sechs Hauptgruppen unterteilt.

Die Merkmale der Einteilung ist der Begriff Zusammenhalt als Zusammenhalt von Teilchen eines festen Körpers oder als Zusammenhalt der Teile eines zusammengesetzten Körpers.

Der Zusammenhalt wird entweder

- geschaffen (Urformen),
- beibehalten (Umformen, Umlagern von Stoffteilchen),
- vermindert (Trennen, Aussondern von Stoffteilchen) oder
- vermehrt (Fügen, Beschichten, Einbringen von Stoffteilchen).

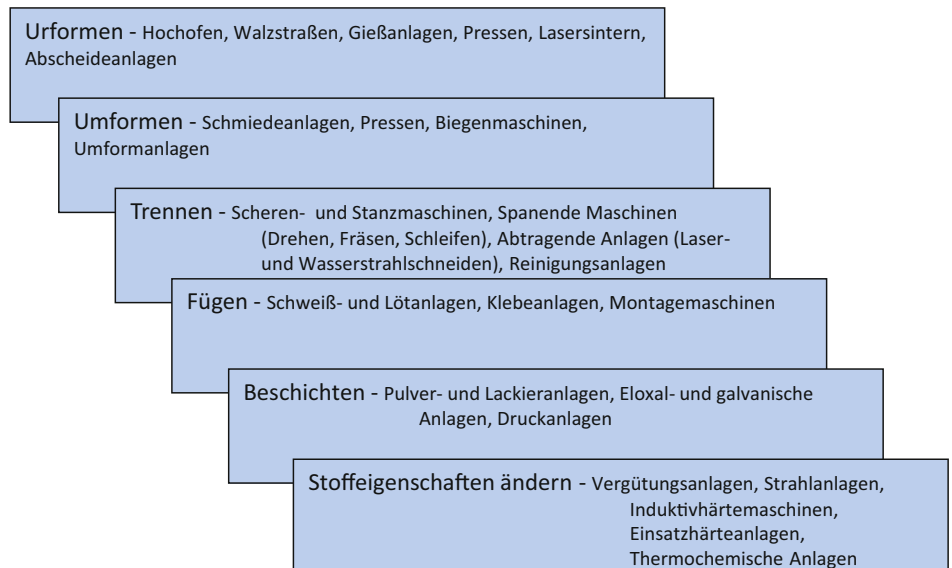


BILD 1.9 Darstellung der sechs Hauptgruppen mit einigen wichtigen Fertigungsverfahren als Beispiel

		Methoden der verfahrenstechnischen Grundvorgänge				
		physikalisch mechanisch	physikalisch thermisch	physikalisch elektrisch	chemisch	biologisch
Prinzipien der Grundvorgänge	Partikel verkleinern	Brechen mahlen	Verdüsen von Schmelzen			Kompostierung
	Partikel vergrößern	Pelletieren				
	Trennen	Sieben Zentrifugieren Sedimentieren	Destillieren Trocknen	Elektrolyse	Feststoff- extraktion	bakterielle Klärung
	Vereinen	Rühren	Sintern Lösen	synthetische Eiweißproduktion	PVC- Polymerisation	
	Erhalten		Hitze- sterilisation		chemische Konservierung	Milchsäure- konservierung

BILD 1.10 Darstellung der Methoden und Prinzipien der verfahrenstechnischen Grundvorgänge

1.2.2 Verfahrenstechnik

Verfahrenstechnik dient der Änderung der Stoffeigenschaften durch Verkleinern, Vergrößern, Trennen, Vereinen und Erhalten von Stoffpartikeln.

Die Verfahrenstechniken umfassen den Begriff, auf den im Rechtswesen allgemein als Verarbeitung Bezug genommen wird, in Unterscheidung zur **Bearbeitung** (Fertigungsverfahren).

Ein Beispiel für Verarbeitung ist die Herstellung von Metall aus Erz.

Verfahrenstechnik beschäftigt sich mit der technischen und wirtschaftlichen Durchführung aller Prozesse, in denen Stoffe nach Art, Eigenschaft und Zusammensetzung verändert werden. Es handelt sich auch um die Ingenieurwissenschaft der Stoffumwandlung. Teilgebiete sind:

- **Mechanische Verfahrenstechnik** = Zerkleinern und Agglomerieren (Vergrößerung eines Partikels -Tablettieren, Brikettieren, Granulieren, Pelletieren, Flockung, Sintern) sowie Mischen und Trennen (Filter, Siebe).
- **Thermische Verfahrenstechnik** = Destillation sowie die mit den gleichen Methoden beschreibbaren Prozesse Extraktion und Absorption.
- **Elektrochemische Verfahrenstechnik** = technischen Anwendungen der elektrochemischen Phänomene (z. B. Synthese von Chemikalien, elektrolytischen Raffination von Metallen, Batterien und Brennstoffzellen, Sensoren, Oberflächenmodifizierung durch galvanische Abscheidung und Ätzung, Trennungen, und Korrosion).
- **Chemische Verfahrenstechnik** = chemische Reaktionen.
- **Bioverfahrenstechnik** = biologische Prozesse, wie Gärung.
- **Nanotechnik** = Stoffen und Systemen, deren Größe unter Umständen nur aus wenigen Molekülen bestehen.

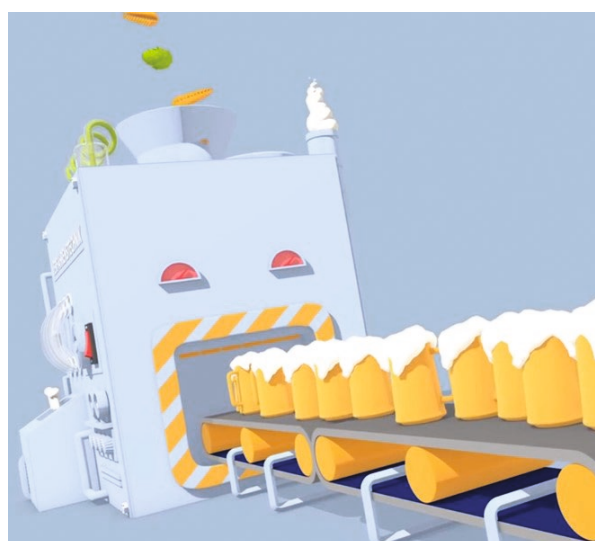


BILD 1.11 Kurzbeschreibung der Verfahrenstechnik und ihre Bereiche (Quelle: www.haw-hamburg.de)

Video 2: bit.ly/32iwkx



1.3 Industrie 4.0

Industrie 4.0 ist die Digitalisierung und intelligenten Vernetzung der Produktion und ihren Systemen. Aus einer zentralen Planung und Steuerung wird eine dezentrale Selbstoptimierung.

Es ist ein Schritt zur effizienten, selbstständig entscheidenden, Automatisierung von Fabriken mit dem Ziel des flexiblen und optimalen Produktes für den Kunden in Lifetime Fertigung (schnellst möglicher Zeit). Produziert wird nur nach Bedarf.

Die Vernetzung über Grenzen hinweg – die Digitalisierung – bedeutet nicht nur im eigenen Unternehmen, auch bei den Lieferanten, Abnehmern und Nutzern werden Informationen schnell ausgetauscht und sind jederzeit, für alle verfügbar.

Maschinen und Werkteile verbinden sich zu Sensornetzwerken, die wiederum über das Internet ihren Zustand mitteilen. Robotergestützte Automatisierung, internetfähige Maschinen, Big Data – vieles davon gibt es jetzt. Was neu ist, ist die unternehmensübergreifende Verfügbarkeit von Informationen über standardisierte Schnittstellen. In-sellösungen gibt es nicht mehr. Daraus resultieren neue Geschäftsmodelle, die aus der Verfügbarkeit und Analyse von Daten erwachsen werden.

Diese Entwicklung heißt, dass sich die „Arbeit“ der Menschen verändern wird. Es wird eine große Veränderung der aktiven Arbeit aller Menschen geben.

Auf der einen Seite ersetzt die zunehmende Vernetzung und Automatisierung Arbeitsplätze durch Roboter und Maschinen – auf der anderen Seite steigen die Ansprüche an hoch oder anders qualifizierten Menschen sowie ihre Verfügbarkeit auf den Arbeitsmärkten.

Dieser Entwicklung muss die Industrie in ihrer Gesamtheit rechtzeitig und vorrausschauend gerecht werden.

Nur wenn sie in der Lage sind, innerhalb der neuen Prozesse motiviert und kompetent zu agieren, wecken Unternehmen alle Wertschöpfungspotentiale der Digitalisierung.

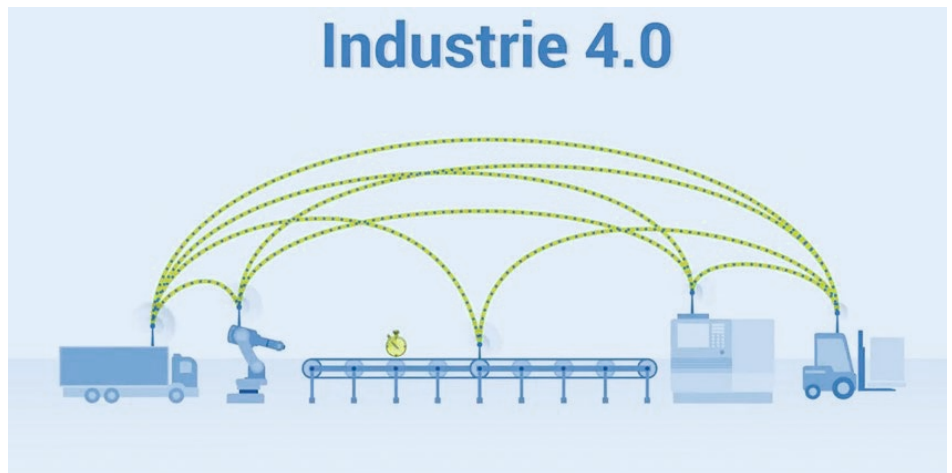


BILD 1.12 Visualisierung von Industrie 4.0 – einfach erklärt (Quelle: www.swissmem.ch)



Video 3:
bit.ly/32gevHP

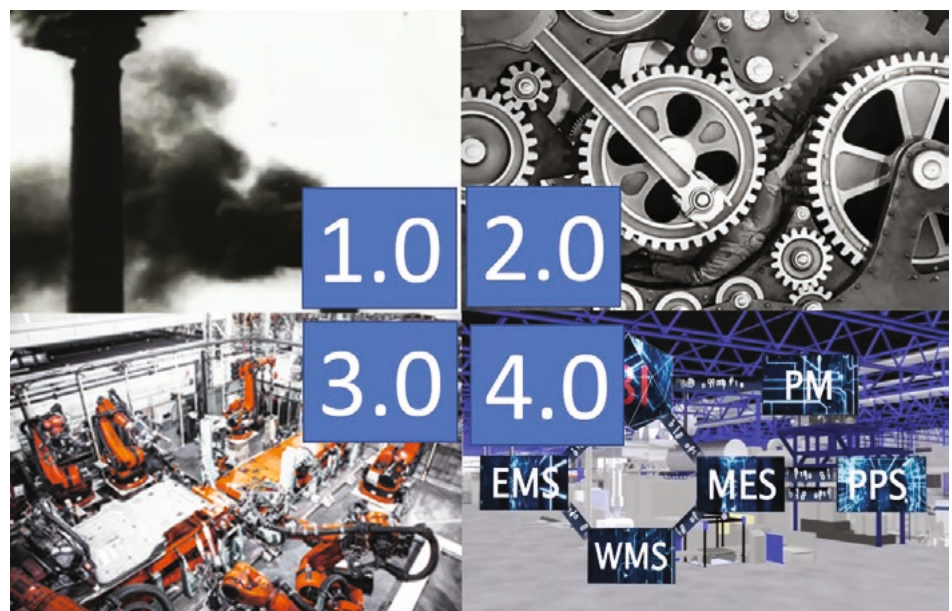


BILD 1.13 Industrie 4.0 – im Zeitenwandel von der Dampfmaschine zur Digitalisierung – der intelligenten Vernetzung von Systemen



Video 4:
bit.ly/3j35eJ9

Die wichtigsten Herausforderungen der Digitalisierung sind:

- Akzeptanz der Veränderung durch uns Menschen
- Aus- und Weiterbildung als Chance und nicht als Notwendigkeit in unser Gedankengut zu integrieren
- Standardisierung von Schnittstellen
- IT Sicherheit, Mensch-Roboter-Kommunikation
- Individuelle Produktion bis zur Losgröße 1
- Selbststeuernde Prozesse
- Optimierung der Prozesse durch Datenauswertung.

1.4 Produktionssystem

Unter dem Begriff des Produktionssystems können zwei verschiedene Erklärungen betrachtet werden:

- Das System der Produktion, angefangen von der Produktionsstrategie über die verschiedenen Produktionsmethoden bis hin zu den Produktionsregeln oder Produktionsprinzipien.
- Das ganzheitliche System eines Unternehmens, einer Werkstatt, eines Betriebes, einer Produktionslinie oder eines Produktionssegmentes.

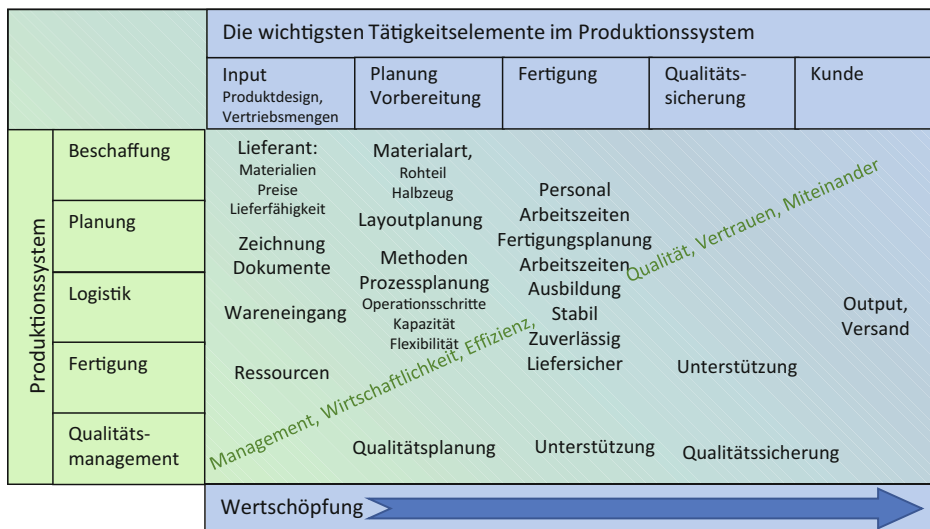


BILD 1.14 Darstellung der wichtigsten Tätigkeitselemente in einem Produktionssystem

1.5 Produktionsanlage oder -maschine

Die Auswahl einer Produktionsanlage oder einer Produktionsmaschine hat sehr viele Kriterien zu berücksichtigen.

Im Fokus steht dabei das Produktspektrum eines Unternehmens und eine zu erreichende Flexibilität in der erwarteten Nutzung der Maschine.

Die Entscheidungen für die im Unternehmen geeignete Maschine oder dem geeigneten Prozess werden durch unternehmensrelevante Entscheidungskriterien und Ihrer Bewertung gefällt. Eine Zusammenarbeit aller betroffenen Bereiche ist zwingend notwendig. Alle in der Graphik aufgeführten Punkte sollten analysiert und bewertet werden.

1.5.1 Maschinenelemente und die Automatisierung

Maschinenelemente sind sehr, sehr vielseitig in Ihren Möglichkeiten und in deren Ausführung.

Von einem Maschinengrundgestell aus Grauguss, zur Schweißkonstruktion oder auch Polymerbeton MINERALIT® gibt es hier schon viele Varianten.

Die Antriebsleistungen sind für die Bearbeitungsvarianten zu bestimmen und zwar in Drehmomenten, Drehzahlen Spindelarten, Spindellagerungen und ggf. Anzahl der Spindeln.

Das Koordinatensystem bestimmt die Verfahwege, wird stets auf das Werkstück bezogen und hat die geeigneten Achsantriebe, wie z. B. Linearantrieb oder Spindeltrieb.

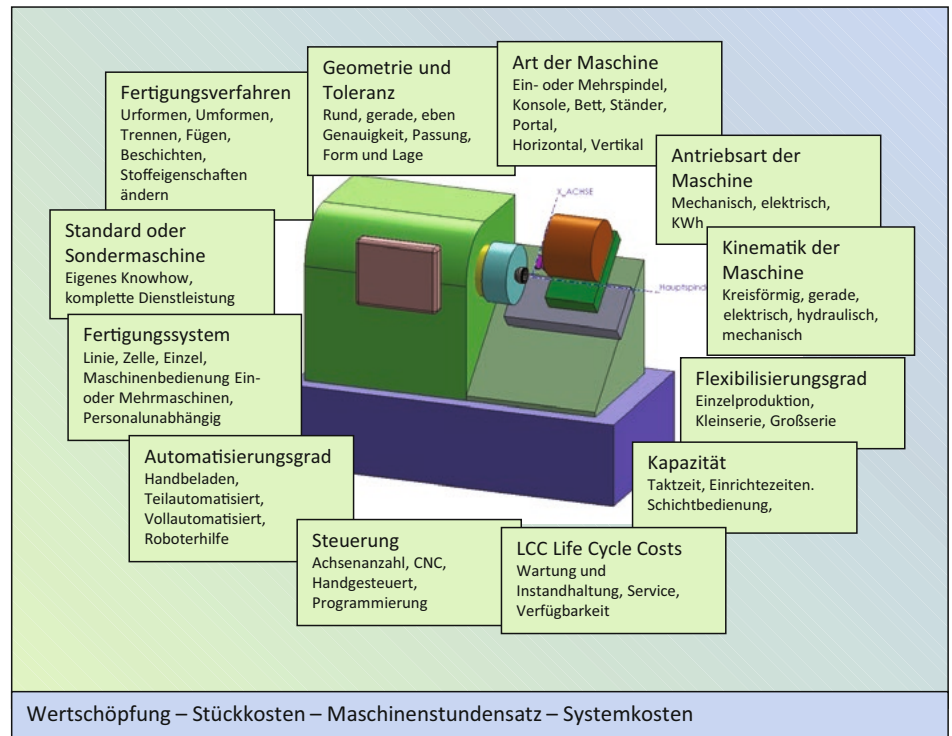


BILD 1.15 Die wichtigsten Entscheidungskriterien bei der Auswahl einer Produktionsanlage oder Produktionsmaschine

Die Be- und Entladung kann durch den Werker direkt (Handbeladung) aber auch im Automatisierungsgrad sehr unterschiedlich sein. Teilautomatisiert, Integrierte Automatisierung, Ladeportale, Verkettungsautomatisierung, Roboter-Be- und Entladung sind mögliche Varianten.

Die Art der Maschinensteuerung, die elektronische, hydraulisch oder pneumatisch gesteuerten Bewegungsabläufe sind unabdingbar notwendige Maschinenelemente.

Das Programmieren an der Maschine oder über ein Programmiersystem sowie die werkstückbedingten Abläufe der Bewegungen sind „Softelemente“ in der Prozess- oder Maschinenauslegung.

Spannungselemente zur Fixierung und Werkzeuge zur Bearbeitung sind in der Prozessbetrachtung ebenfalls notwendig und entscheidend.

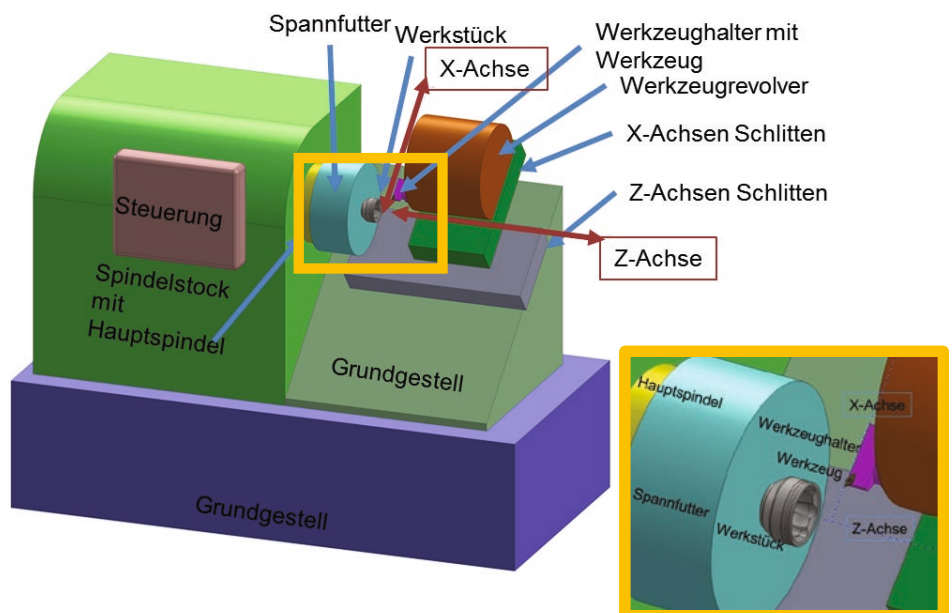


BILD 1.16 Die wichtigsten Maschinenelemente am Beispiel einer Drehmaschine



BILD 1.17 Beispiel einer Hand Be- und Entladung eines Werkstückes (Einzelfertigung)

Video 5: bit.ly/2ZvPLcA



BILD 1.18 Beispiel einer einfachen Be- und Entladung durch einen Roboter

Video 6: bit.ly/3euT4Fp



BILD 1.19 Beispiel einer vollautomatisierten Linienfertigung (Quelle: www.grobgroup.com)

Video 7:
bit.ly/38VAZIY



1.5.2 CNC-Technik und das Achsensystem

Die Steuerung einer CNC-Werkzeugmaschine erfolgt über einen direkt in die Steuerung integrierten Computer, der mit **Positions-, Dreh(Winkel)- und Zustands-Sensoren den IST-Zustand erfasst** und nach Berechnung der Interpolation zum **SOLL-Zustand** aus dem CNC-Programm **die Steuerung der Motoren und andere gesteuerte Maschinenelemente entsprechend regelt**.

Die Interpolation erfolgt dabei im Bereich von Millisekunden, so dass eine hohe Präzision auch bei hoher Geschwindigkeit selbst bei komplizierten Formen gewährleistet ist.

Die CNC-Technik erlaubt eine automatisierte Bearbeitung mit **mehreren gleichzeitig gesteuerten Achsen**.

Die 3-Finger-Regel der rechten Hand gibt folgende Hilfestellung:

Daumen = X-Achse

Zeigefinger = Y-Achse

Mittelfinger = Z-Achse (Richtung der Arbeitsspindel)
auch Spindelachse

Bezeichnung der Achsen in Maschinen (DIN 66217):

XYZ – Kartesische Grundachsen

ABC – Rotationsachsen um XYZ

UVW – Parallelachsen zu XYZ

Steuerungen

Man klassifiziert CNC-Steuerungen nach der Anzahl der gleichzeitig interpolierbaren Achsen, wobei noch zwischen **Punkt-, Strecken- und Bahnsteuerung** unterschieden wird.

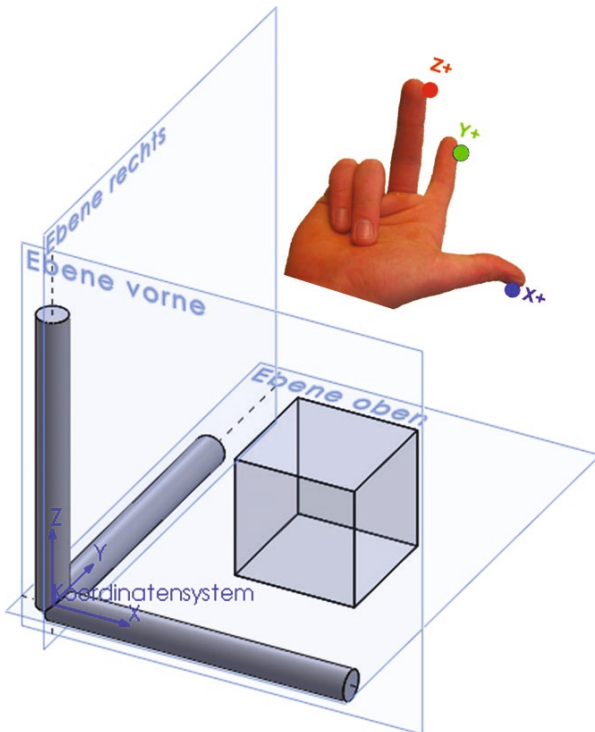


BILD 1.20 Das Koordinatensystem mit der XY- und Z-Achse sowie der 3-Finger-Regel

Bei der **Point-to-Point oder Punktsteuerung** kann nur der Endpunkt einer Bewegung festgelegt werden, den die Maschine dann auf ihrem schnellsten Weg anfährt.

Bei der **Bahnsteuerung** können beliebige Verfahrbewegungen mit **mindestens zwei** gleichzeitig geregelten Achsen realisiert werden.

Die Streckensteuerung ist im Wesentlichen eine Punktsteuerung, bei der zusätzlich die Bewegungsgeschwindigkeit genau steuerbar ist. Mit **der Streckensteuerung wird bei jeweils einer Achse** die Geschwindigkeit und Position gesteuert.

1.5.3 Spannmittel

Spannmittel sind Vorrichtungen oder auch Einrichtungen, die ein Werkstück (auch ein Werkzeug) in einer Position während einer Bearbeitung oder auch Bewegung fixieren und festhalten.

Durch dieses Fixieren wird die Möglichkeit zur Bearbeitung und zum Transport durch ein Werkzeug oder eine Handhabungseinrichtung geschaffen.

Auch Werkzeuge müssen gespannt oder „festgehalten“ werden.

Die Beanspruchung des Werkstückes durch die Bearbeitung bestimmt mit entsprechender zusätzlicher Sicherheit die Haltekraft des Werkstückes. Hinzu kommt die Handhabung, das Aus- und Einspannen und der Automatisierungsgrad (Spannung von Hand, halb- oder vollautomatische Werkstückhandhabung und Spannung).

Die Bezeichnung der Spannmittel ist meistens vom jeweiligen Fertigungsverfahren bestimmt.

Die wichtigsten Begriffe in der Spannmitteltechnik sind:

- Spannfutter
- Spannzangen
- Spanndorne

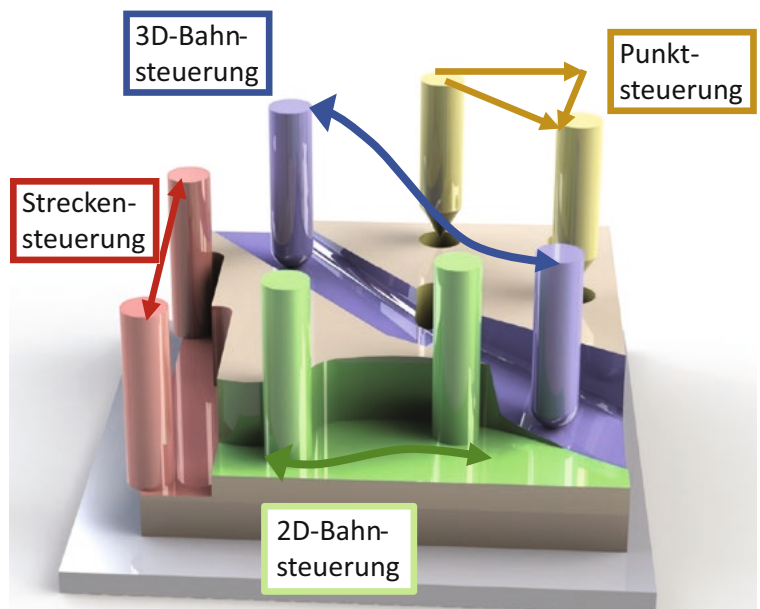


BILD 1.21 Darstellung der verschiedenen Steuerungen: Punktsteuerung, Streckensteuerung, 2D- und 3D-Bahnsteuerung

Stichwortverzeichnis

A

Ablöten 121
Abtragen 115
- chemisches 119
- elektrochemisches 119
- thermisches 116
Additive Fertigungsverfahren 68
Adiabatisches Trennen 93
Aluminium 34
Aluminiumlegierungen 35
Anlassen 171
Anpressen 130
Anstreichen 148
Aufkohlen 169
Auseinandernehmen 120
Aushärten 172
Außendrehen 96
Austenitformhärten 173
Autogenschneiden 116
Autogenschweißen 137

B

Bainitisieren 170
Bandschleifen 112
Bauteilgestalt 189
Bearbeitungszentrum 105
Beißschneiden 95
Beizen 125
Belichten 174
Bemaßung 190
Beschichten 143
- chemisches 160
- mechanisches 150
Beschichtungen
- Einteilung 144
Bestrahlen 173
Biegeumformen 88
Blasformen 65
Bohren 99
Bohrwerkzeuge 100
Borieren 172
Brennschneiden 116
Bürstspanen 109

C

Carbonitrieren 170
Chemical Vapor Deposition 158
Chromatieren 162
Clinchen 131
CNC-Laserschneiden 117
Coronabehandlung 162
CVD 157f.

D

Demontieren 120
Detonationsspritzen 154
Drahterodieren 117
Drahtflammspritzen 152
Drehen 95
Drehwerkzeuge 97
Drücken 85
Druckgießen 52
Druckumformen 74
Durchdrücken 81
Durchziehen 84
Duroplaste 44

E

ECM-Verfahren 120
Edelstähle 32
Eindrücken 81
Einhängen 129
Einlegen 128
Einpressen 130
Einrenken 129
Einsatzhärten 169
Einspreizen 129
Einstechdrehen 96
Elektrolytisches Abscheiden 72
Elektronenstrahlschweißen 139
Elektropolieren 125
Eloxieren 161
Elysieren 119
Emaillieren 149
Entleeren 121
Extrudieren 63

F

faserverstärkte Kunststoffe 58
 Feilen 109
 Feuerverzinken 148
 Flachs Schleifen 112
 Flammgrundieren 126
 Flamm-spritzen 152
 Fließpressen 82
 Form- und Lagetoleranzen 191
 Fräsen 102
 Freiformen 77
 Fügen 49, 126
 Fügen durch Löten 141
 Fügen durch Umformen 131
 Fügen durch Urformen 131
 Füllen 130
 Funkenerodieren 118

G

Galvanisieren 159
 Gasgegendruckverfahren 56
 Gasschmelzschweißen 137
 generative Fertigungsverfahren 68
 Gesenkformen 79
 Gewindebohren 100
 Gießen 50
 Glasperlenstrahlen 123
 Glattwalzen 81
 Gleitschleifen 115
 Gleitspanen 115
 Glühen 166
 Grob-Kaltwalzverfahren 76
 Gusseisen 32

H

Harteloxal-Verfahren 161
 Härten 166
 heißisotonisches Nachverdichten 173
 Heißpressen 67
 Hobeln 106
 Hochgeschwindigkeitsflammspritzen 155
 Honen 113
 Hubschleifen 113
 Hydroforming 86

I

IMS 175
 Industrieroboter 129
 Ineinanderschieben 129
 Innendrehen 96
 Innenhochdruck-Weitstauchen 86
 integriertes Managementsystem 175

K

Kalandrieren 65
 Kalkulationsprinzip 211
 Kaltfließpressen 82
 Kaltumformung 74
 Kaltwalzplattieren 132
 Kathodenzerstäuben 158
 Kleben 142
 Klebstoffarten 142
 Kokillengießen 52
 Konstruktion 186
 Korrosionsschutzklassen 146
 Kragenziehen 86
 Kristallzüchtung 59
 KTL-Lackierung 160
 Kunststoffe 39
 - Verwendung 43
 Kunststoff-Flammspritzen 155
 Kunststoffgranulat 42

L

Lackieren 148
 Längen 87
 Langhubhonen 113
 Läppen 114
 Laserhonen 113
 Laser Metal Fusion 69, 70
 Laserschneiden 116
 Laserspritzen 156
 Laser-Tracker 182
 Lichtbogenschweißen 137
 Lichtbogenspritzen 156
 Lösen kraftschlüssiger Verbindungen 121
 Lösungsmittelreinigen 124

M

Machbarkeitsanalyse 196
 Magnetarcschweißen 136
 Magnetisieren 173
 Managementsysteme 177
 Maschinenfähigkeit 184
 Materialien 19f.
 - neue 45
 Mehrspindelautomat 96
 Messen 178
 Messerschneiden 94
 Messgerät 179
 Messmittel 179
 Messsystem 179
 Metalle 24
 Metallisieren 163
 Metallpulverpressen 67
 Metallschutzgasschweißen 138
 MFU 184
 Mitralverfahren 151
 Modellieren 66

N

Nasslackierung 148
 Niederdruckeinspritzen 58
 Niederdruckgießen 53
 Nietverfahren 133
 Nitrieren 171

O

Oberflächenbearbeitung 115
 Oberflächenbeschichtungen
 - Beispiele 147
 Oberflächengüte 194
 Oberflächenrauheitsmessung 183
 Oberflächensymbole 194
 Oberflächenveredlungsstrahlen 83
 Oberflächenzonen 147
 Orbitalschweißen 140

P

Passungen 192
 PFU 184
 Phosphatieren 162
 Photogrammetrie 182
 Physical Vapor Deposition 71
 Physical Vapour Deposition 157
 Plasmanitrieren 172
 Plasmapolieren 125
 Plasmaschneiden 117
 Plasmaschweißen 140
 Plasmaspritzen 155
 Pressformen 60
 Pressschweißverfahren 133
 Pressverbindungsschweißen 133
 Produktkalkulation 211
 Prozessabläufe 203
 Prozessfähigkeit 184
 Prozesskalkulation 211
 Prozesskosten 210
 Prozessqualifizierung 183
 Prüfen 178
 Prüfmittel 179
 Pulverbeschichten 151
 Pulverflammspritzen 154
 Pulverpressen 67
 PVD 157

Q

QM-Methoden 176
 Qualitätsmanagement 175

R

Randschichthärten 168
 Rapid Prototyping 68
 Raspeln 109

Räumen 107
 Reaktionsschaumguss 56
 Reibschweißen 134
 Reinigen 122
 - chemisches 125
 - mechanisches 124
 - strömungstechnisches 124
 - thermisches 126
 Reinigungsstrahlen 123
 RIM-Verfahren 58
 Roboterhandhabung 130
 Rohstoffe 19
 Rührreibschweißen 136
 Rundkneten 78
 Rundscheifen 112

S

Sägen 108
 Sandformen 68
 Sandguss 52
 Sandstrahlen 123
 Scannen 182
 Schaben 110
 Schäumen 55
 Scherschneiden 92
 Schleifen 111
 Schleifwerkzeuge 111
 Schleudergießen 54
 Schmelzschweißverfahren 133
 Schmelztauchen 148
 Schubumformen 91
 Schweißen 133
 Schwerkraftgießen 51
 Seltene Erden 33
 Senkerodieren 118
 Separationsschmelzverfahren 126
 Sintern 67, 173
 Spachteln 149
 Spanen 95
 SPC 184
 Spritzgießen 61
 Spritzpressen 62
 Spritzverzinkung 153
 Stabflammspritzen 152
 Stahl 26
 - Legierungsbestandteile 28
 Stahllarten 28
 Stahlbezeichnung 29
 Stoffeigenschaften ändern 163
 Stoßen 106
 Strahlspanen 114
 Stranggießen 55
 Strangpressen 63, 81
 Symbole 193

T

Tauchformen 57
 Technische Zeichnung 186
 TEM-Verfahren 126
 thermisches Spritzen 152
 Thermoplaste 44
 Thermoplastschaumguss 55
 Tiefbohren 100
 Tiefen 88
 Tiefkühlen 171
 Tiefziehen 84
 Toleranzangaben 191
 Trennen 49, 92
 Trockeneisstrahlen 123

U

Ultraschallreinigen 124
 Umformen 49
 Umformstrahlen 83
 Umformverfahren 73
 Unterpulverschweißen 139
 Urformen 49f.
 Urformen aus pulverförmigem Zustand 67

V

Vakuumbeschichten 157
 Vakuumbestäuben 159
 Vakuumdampfverfahren 158
 Vakuumhärten 170
 Verbindungen
 - formschlüssige 127
 - kraftschlüssige 127
 - stoffschlüssige 128

Verfahrensvergleich 212
 Verfestigung durch Umformen 164
 Verfestigungsstrahlen 164
 Vergüten 171

W

Walzen 74
 Wälzschälen 106
 Wälzstoßen 106
 Wärmebehandeln 166
 Warmfließpressen 82
 Warmumformung 74
 Weiten 87
 Werkstoffbelastungen 22
 Werkstoffeigenschaften 22
 Werkstoffprüfung 23
 Widerstandspunktschweißen 133
 Wirbelbettverfahren 126
 Wirbelsintern 150
 Wolfram-Inertgas-Schweißen 139

Z

Zeichnung
 - technische 186
 Zerlegen 120
 Zerteilen 92
 Ziehformen 63
 Zink 37
 Zinklegierungen 37
 Zugdruckumformen 84
 Zugumformen 87
 Zusammensetzen 128
 Zwei-Komponenten-Spritzgießverfahren 56