

# 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

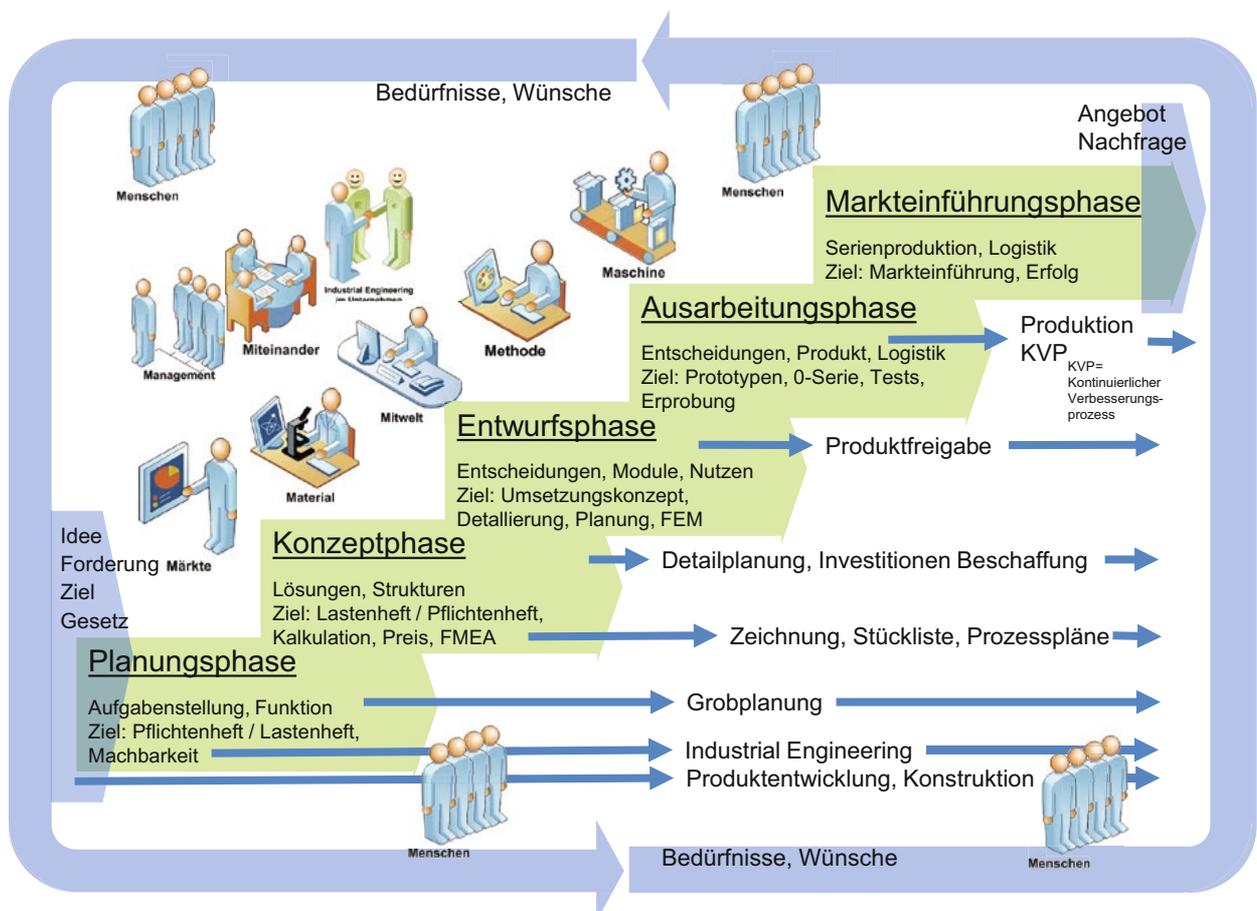
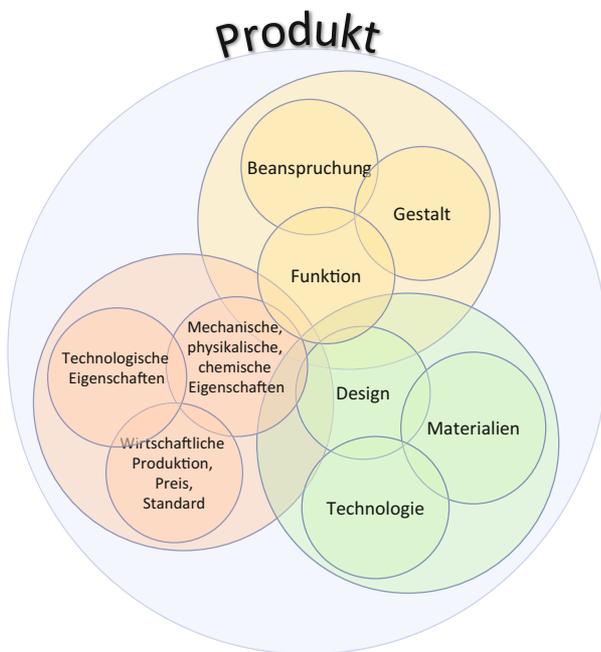


BILD 1.1 Darstellung eines Produktentwicklungsprozesses von der Idee bis zum fertigen Produkt

### 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

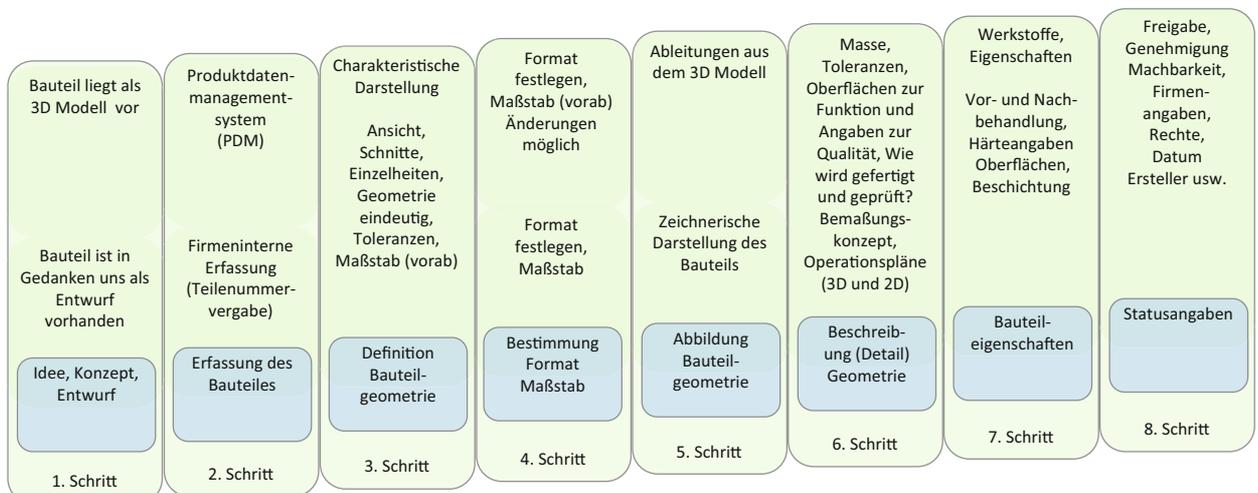
Eine technische Zeichnung (Detailskizze) entsteht durch chronologische Schritte.

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](http://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.

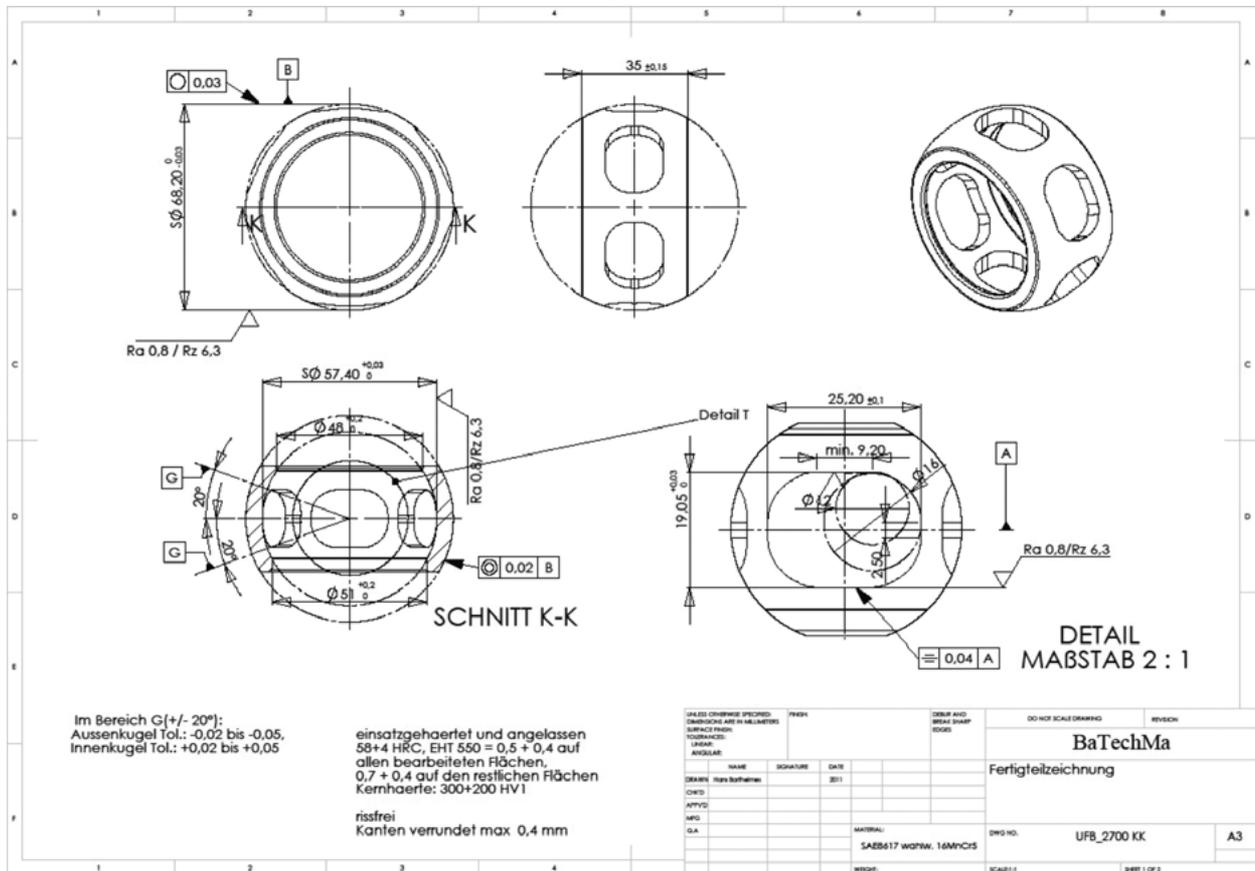
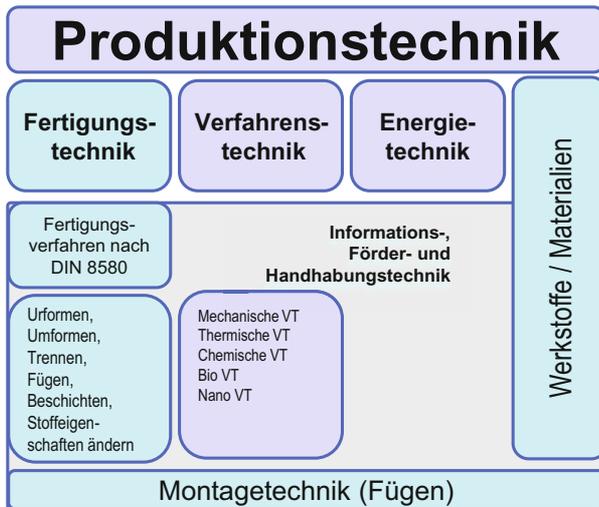


BILD 1.6 Beispiel eines Bauteils (Einzelteil) Zeichnung



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**.

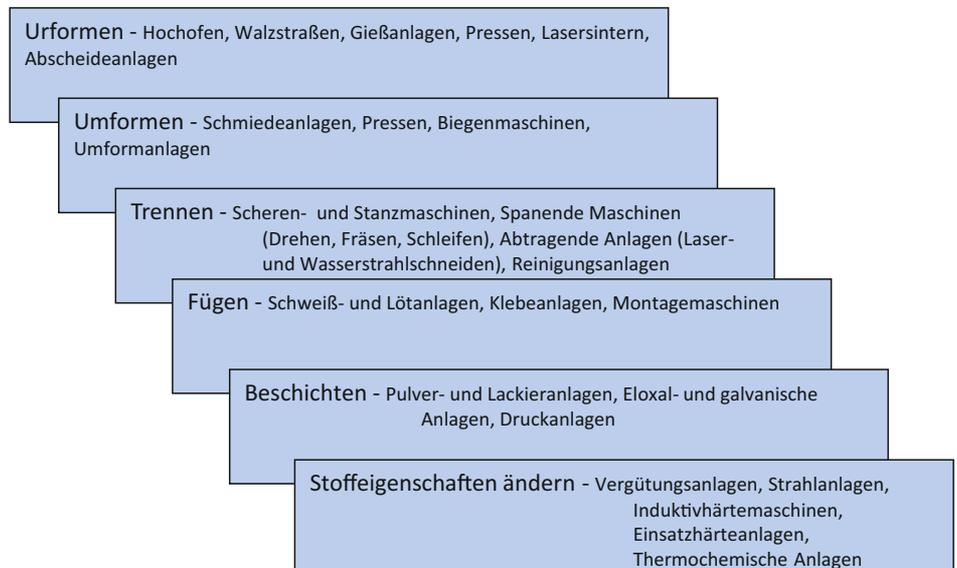
Ein Teilbereich der Fertigungstechnik ist die **Oberflächentechnik**.

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

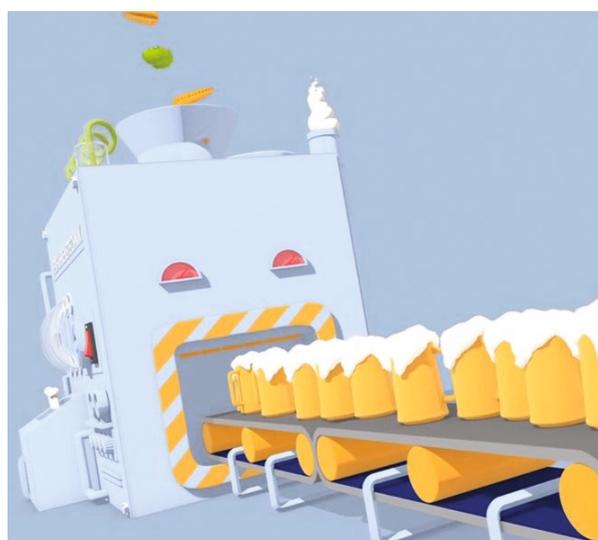
**Verfahrenstechnik dient der Änderung der Stoffeigenschaften durch Verkleinern, Vergrößern, Trennen, Vereinen und Erhalten von Stoffpartikeln.**

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](https://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.

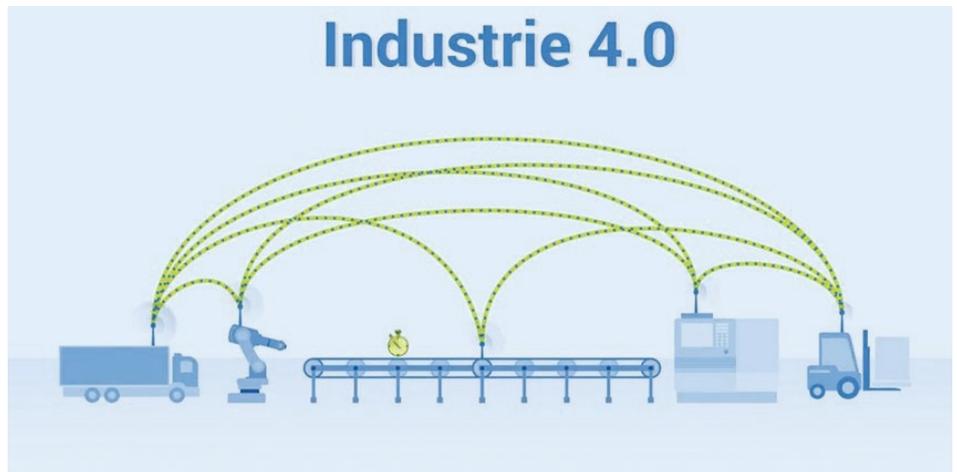
Maschinen und Werkteile verbinden sich zu Sensornetzwerken, die wiederum über das Internet ihren Zustand mitteilen. Robotergestützte Automatisierung, internetfähige Maschinen, Big Data – vieles davon gibt es jetzt. Was neu ist, ist die unternehmensübergreifende Verfügbarkeit von Informationen über standardisierte 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.

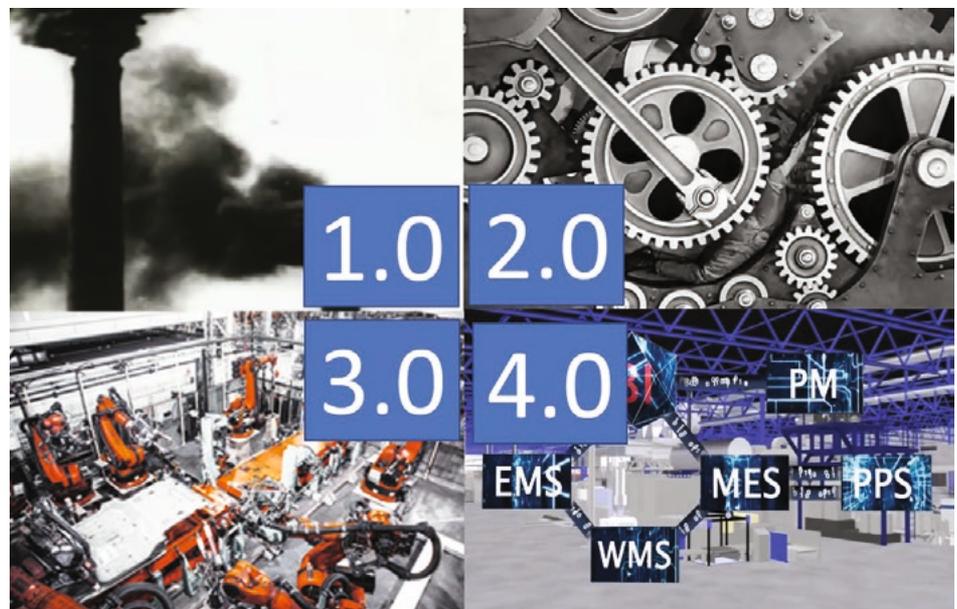
Nur wenn sie in der Lage sind, innerhalb der neuen Prozesse motiviert und kompetent zu agieren, wecken Unternehmen alle Wertschöpfungspotentiale der Digitalisierung.



**BILD 1.12** Visualisierung von Industrie 4.0 – einfach erklärt (Quelle: [www.swissmem.ch](http://www.swissmem.ch))



**Video 3:**  
[bit.ly/32gevHP](https://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](https://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.

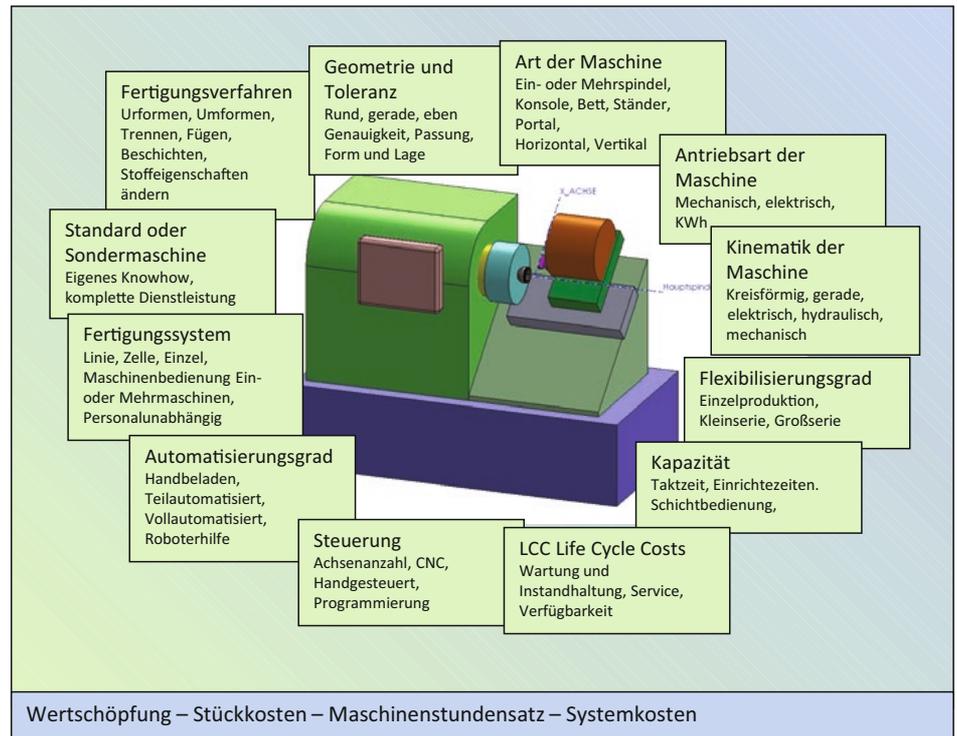
### 1.5.1 Maschinenelemente und die Automatisierung

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 Verfahrswege, wird stets auf das Werkstück bezogen und hat die geeigneten Achsantriebe, wie z. B. Linearantrieb oder Spindeltrieb.



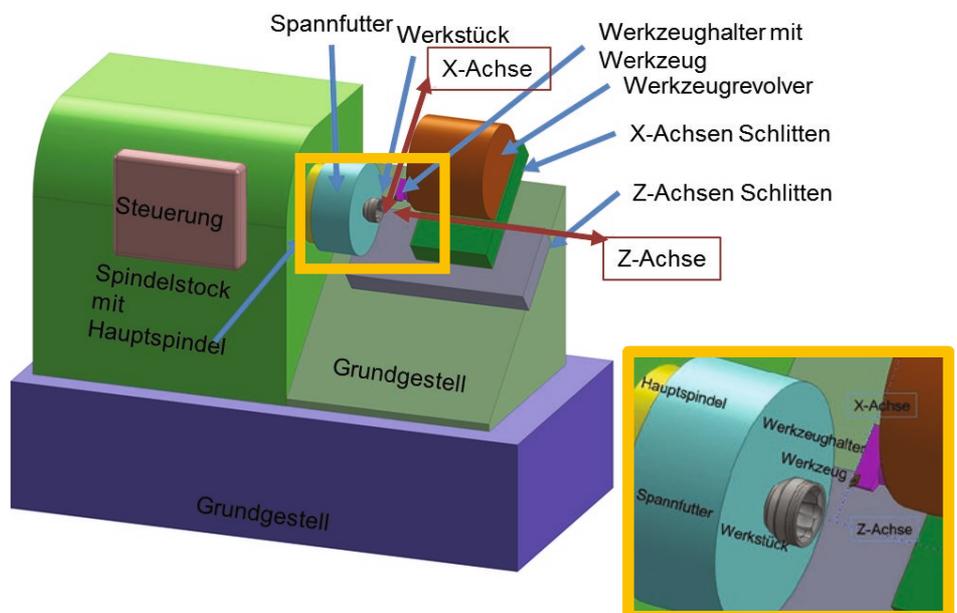
**BILD 1.15** Die wichtigsten Entscheidungskriterien bei der Auswahl einer Produktionsanlage oder Produktionsmaschine

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](https://bit.ly/2ZvPLcA)



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

**Video 6:** [bit.ly/3euT4Fp](https://bit.ly/3euT4Fp)



**BILD 1.19** Beispiel einer vollautomatisierten Linienfertigung (Quelle: [www.grobgroup.com](http://www.grobgroup.com))

**Video 7:**  
[bit.ly/38VAZIY](https://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):

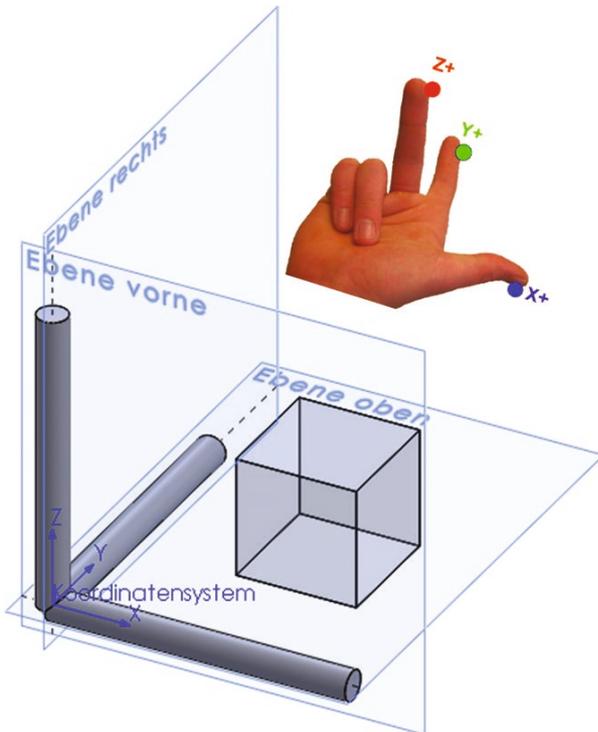
XYZ – Kartesische Grundachsen

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.

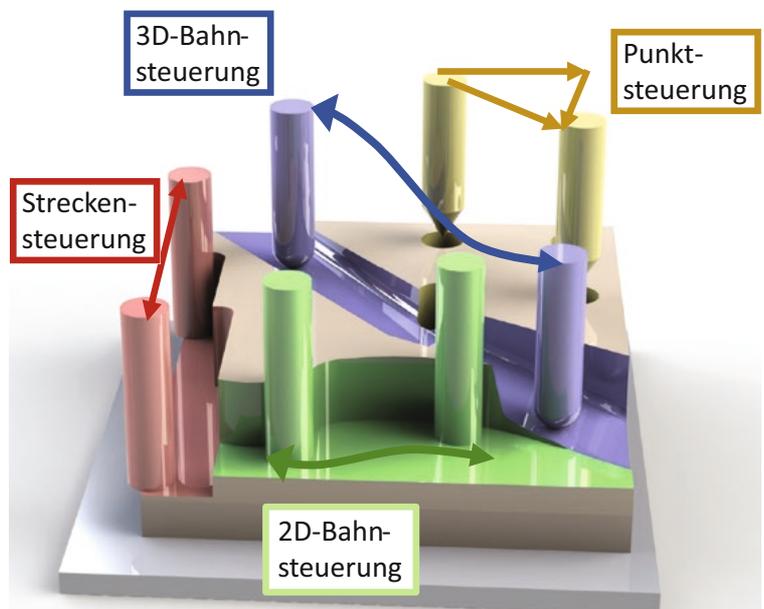
Auch Werkzeuge müssen gespannt oder „festgehalten“ werden.

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  
 Flammsspritzen 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