



Bibliothek des technischen Wissens

# Produktion – Technologie und Management

1. Auflage

Die beigelegte CD enthält die Bilder des Buches und ein Repetitorium.

Bearbeitet von Lehrern und Ingenieuren (s. Rückseite)

**Lektorat: Prof. Dr.-Ing. Dietmar Schmid, Essingen**

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL • Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG,  
Düsselderger Straße 23 • 42781 Haan-Grutten

**Europa-Nr.: 19127**

**Die Autoren des Buches:**

**Schmid**, Dietmar, Dr.-Ing., Prof., Essingen,  
*Werkzeugmaschinen, Roboter, Arbeitsschutz, PLM sowie Einzelbeiträge in allen Kapiteln*

**Kirchner**, Arndt, Dipl.-Ing. (FH), Oberlenningen,  
*Montagetaktung, Qualitäts- und Umweltmanagement*

**Pflug**, Alexander, Dipl.-Ing. Studienrat, Schwäbisch-Gmünd,  
*CNC-Programmierung, Prozess-, Projekt-, Personalmanagement, Druckguss, Glas und Keramik mit Projekten*

**Koke**, Thomas, Dipl.-Ing., Aalen,  
*Serienprodukte, Logistik, Fördertechnik*

**Kaufmann**, Hans, Dipl.-Ing.(FH), Studiendirektor, Aalen,  
*Instandhaltung, Energie- und IT-Management, Automobilindustrie mit Projekt Motorenfertigung*

**Dambacher**, Michael, Dipl.-Ing., Studiendirektor, Hüttlingen,  
*Fertigungsverfahren, Werkstoffe, Werkzeugindustrieprojekt*

**Konold**, Peter, Dipl.-Ing., Prof., Geislingen,  
*Montagetechnik, Kunststoff-Verpackungsprojekt*

**Kümmerer**, Rolf, Dr.-Ing., Prof., Aalen,  
*Konstruktionstechnik*

**Schlüter**, Michael, Geschäftsführer, Schladen,  
*Messebauprojekt*

**Lohmann**, Arnd, Textilbetriebswirt BTE, Nagold,  
*Jeansprojekt*

**Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:** Prof. Dr.-Ing. Dietmar Schmid, Essingen

**Bildbearbeitung:** Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern  
Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Wie in Lehrbüchern üblich werden etwa bestehende Patente, Gebrauchsmuster oder Warenzeichen nicht erwähnt. Das Fehlen eines solchen Hinweises bedeutet daher nicht, dass die dargestellten Produkte frei davon sind. Die Bilder sind von den Autoren entworfen oder entstammen aus deren Arbeitsumfeld. Soweit Bilder, insbesondere Fotos, einem Copyright Dritter unterliegen, sind diese mit dem ©-Symbol und dem Urhebernamen versehen.

1. Auflage 2013

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-8085-1912-7

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

© 2013 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Umschlaggestaltung: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar; Grafik & Sound, 50679 Köln

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Druck: B.O.S.S Druck und Medien GmbH, 47574 Goch

## Vorwort

Die Produktion ist die zentrale Aufgabe in einer Industrienation. Sie sorgt für die Herstellung und die Verfügbarkeit der Güter in nahezu allen Lebensbereichen. In diesem Buch sind die Methoden und Technologien der industriellen Produktion mit Beispielen aus den wichtigsten Branchen dargestellt. Die Produktion von Gütern beginnt mit der Konzeptentwicklung für die Produkte und parallel dazu sind die zugehörigen Produktionsprozesse zu klären und zu managen. So verbinden sich das Technische eines Produkts und die zugehörige Produktionsprozesstechnik mit dem Organisatorischen der Produktionsplanung, der Arbeitsgestaltung und der Qualitätssicherung. Der Produktionsanlauf ist ein Meilenstein im Produktionsprozess. Der sichere und stabile Produktionsbetrieb ist ein Hauptziel. Die Lieferung und die Kundennachbetreuung schließt die Produktionskette ab.

Die Produktionsweisen und Produktionsbetriebe haben branchenabhängig sehr unterschiedliche Ausprägungen. So unterscheidet sich die Herstellung großer Sondermaschinen deutlich von der Massenproduktion serienidentischer Produkte. Auch gibt es deutliche Unterschiede zwischen den Branchen, z. B. der Textilbranche und der Metallbranche. Gleichwohl gibt es auch viele Gemeinsamkeiten. So sind die Methoden der Produkt- und der Prozessentwicklung, der Produktionssteuerung, der Qualitätssicherung, des Projektmanagements sehr ähnlich und können sehr wohl in einem Lehrbuch zusammen betrachtet werden. In der Realität sind heutige Produkte ohnehin oft so komplex, dass viele Branchenleistungen zusammenfließen. So sind z. B. in der Automobilbranche praktisch alle Technologien gegenwärtig: Es werden sämtliche Metallbearbeitungsverfahren, Kunststofftechniken, Keramik- und Glastechnologien, textiles Weben (für Kohlefasern) und alle erdenklichen Prüftechnologien genutzt. Entsprechend der herausragenden Bedeutung der Metallindustrie und der Automobilindustrie sind die Technologien dieser Bereiche im Buch besonders ausgearbeitet.

Hier liegt ein Lehrbuch vor, das für den Beruf des Produktionstechnologen bzw. für den Techniker und auch für den Ingenieur die grundlegenden Kenntnisse und branchenspezifischen Erfahrungen vermittelt. Es zeigt, wie ein Produktionsbetrieb funktioniert. So ist das Buch für alle, die sich in „Produktionsbranchen mal genauer umsehen“ wollen, ein geeignetes Werk. Da es branchenübergreifend angelegt ist, ist das Buch auch eine Hilfe für die Berufsfindung.

Mit dem Kapitel „Branchen und Projekte“ können sich Lehrende, Schüler und Studierende in die jeweils eigene Welt einer Produkt- und Produktionsbranche vertiefen und dabei die übergeordneten Gemeinsamkeiten gut erkennen. Die reichliche Bebilderung im Buch vermittelt auch denjenigen einen lebendigen Eindruck, die nicht die Gelegenheit haben „quer Beet“ über die Branchen hinweg Prozesse „vor Ort“ kennen zu lernen.

Gegliedert ist das Buch in die Kapitel:

- **Einführung in die Produktionstechnologie,**
- **Produktentwicklung und Prozessplanung,**
- **In Serien produzieren,**
- **Metalltechnik,**
- **Logistik,**
- **Robuste Produktion,**
- **Managementsysteme,**
- **Branchen und Projekte.**

Beigefügt ist dem Buch eine CD mit allen Bildern des Buches, mit Wiederholungsfragen und Übungen zur Lernkontrolle (Repetitorium) sowie mit einigen Gesetzestexten die im Zusammenhang mit der Produktionstechnologie stehen. Damit können Lehrende, Schüler und Studierende das Wissens- und Erfahrungsmaterial mit Whiteboard oder Notebook gut präsentieren und in eigene Ausarbeitungen implementieren.

Hinweise und Verbesserungsvorschläge können dem Verlag und damit den Autoren unter der E-Mail Adresse [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) gerne mitgeteilt werden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>9</b>	<b>2.5 Von der Konstruktion zur Fertigung</b>	<b>70</b>
1.1 Produktionsfaktoren	10	2.5.1 Stücklisten und Erzeugnisgliederung	71
1.2 Ziel der Produktion	11	2.5.1.1 Stücklisten	71
1.3 Innovation	12	2.5.1.2 Erzeugnisstrukturierung	74
1.4 Produktionsarten	13	2.5.2 Teilverwendungsnachweis	75
1.4.1 Werkbankfertigung	13	2.5.3 Nummernsysteme	76
1.4.2 Baustellenfertigung	13	2.5.4 Sachmerkmale und Relationsmerkmale	77
1.4.3 Werkstattfertigung	14	<b>2.6 Simulation und Virtuelle Realität</b>	<b>78</b>
1.4.4 Fließfertigung	15	2.6.1 Übersicht	78
1.4.4.1 Lineare Produktlinien	16	2.6.2 Systemanalyse	80
1.4.4.2 Segmentierung der Fließproduktion	17	2.6.3 Lay-Out-Planung mit gegenständlichen Modellen	81
1.4.4.3 Topologie der Fließfertigung	18	2.6.4 Rapid Prototyping	82
1.4.4.4 Flexible Produktionslinien	19	2.6.5 Virtualisierung	87
1.4.5 Der Mensch im Produktionsprozess	21	2.6.5.1 Stereoskopische Betrachtung	87
1.4.6 Die Gliederung der Produktionsprozesse	22	2.6.5.2 Virtual Environments (VE)	87
<b>1.5 Organisation</b>	<b>24</b>	2.6.6 Planspiele	91
1.5.1 Allgemeine Gestaltungsprinzipien	24		
1.5.2 Lean Production	25	<b>3 In Serie produzieren</b>	<b>92</b>
1.5.2.1 Lean Production: Fertigung	25	3.1 Ziele und Ansprüche	92
1.5.2.2 Lean Production: Entwicklung	26	<b>3.2 Montage von Serienerzeugnissen</b>	<b>93</b>
1.5.2.3 Lean Production: Konstruktion	27	3.2.1 Einführung	93
1.5.2.4 Lean Production: Organisation	27	3.2.2 Serienfreundliches Produkt	95
1.5.3 Kanban	28	3.2.2.1 Automatisierungsfreundliche Produktgestaltung	95
1.5.4 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess	29	3.2.2.2 Serienfreundliche Konstruktion	98
1.5.5 Kaizen	31	3.2.2.3 Demontagefreundliche Konstruktion	103
1.5.6 Toyota-Produktions-System (TPS)	33	3.2.3 Montageplanung	104
1.5.7 Wertstromdesign	36	3.2.3.1 Aufgabenstellung (Planungsstufe 1)	104
		3.2.3.2 Grobplanung (Planungsstufe 2)	106
		3.2.3.3 Feinplanung (Planungsstufe 3)	115
		3.2.4 Grundformen der Arbeitsbewältigung	118
		3.2.4.1 Arbeitsteilung (Arteilung)	118
		3.2.4.2 Mengenteilung	119
		3.2.4.3 Baugruppenteilung und Variantenteilung	120
		3.2.4.4 Verkettung als Teil der Arbeiterleichterung	121
		3.2.5 Grundformen von Montagesystemen	123
		3.2.5.1 Manuelle Montagesysteme ohne automatisierten Werkstück-Umlauf	125
		3.2.5.2 Manuelle Montagesysteme mit automatisiertem Werkstück-Umlauf	126
		3.2.5.3 Automatische Montagesysteme	127
		3.2.6 Mensch-Maschine-Kooperation	129
<b>2 Produktentwicklung und Prozessplanung</b>	<b>37</b>	<b>3.3 Komplexe Serienprodukte, Beispiel: Automobil</b>	<b>131</b>
2.1 Portfolio-Management	37	3.3.1 Einführung und Allgemeines	131
2.2 Konstruktion	39	3.3.2 Serienanlauf	132
2.2.1 Analyse und Aufgabenstellung	40	3.3.2.1 Anlaufstrategie	134
2.2.1.1 Anforderungsliste	40	3.3.2.2 Anlaufprozessplanung	135
2.2.2 Problemerkern, Gesamtfunktion	42	3.3.3 Organisationsformen	136
2.2.2.3 Aufgliedern der Gesamtfunktion in Teilfunktionen	42	3.3.3.1 Primärorganisationen	136
2.2.2.4 Darstellung des Problemkerns	42	3.3.3.2 Formen der Anlauforganisation	137
2.2.2 Systematische Lösungssuche	43	3.3.4 Lieferantenmanagement	139
2.2.2.1 Methoden der Ideenfindung	43	3.3.4.1 Aufgaben und Strukturierung	139
2.2.2.2 Einzelne Methoden	44	3.3.4.2 Der Prozess des Lieferantenmanagements	141
2.2.3 Bewertung und Auswahl	49	<b>3.4 Beispiel: Motorenmontage planen und takten</b>	<b>144</b>
2.2.3.1 Allgemeines zum Wertbegriff	49	3.4.1 Die Taktzeit	144
2.2.3.2 Bewertungskriterien	50	3.4.2 Planung der Montagelinie	145
2.2.3.3 Bewertungsverfahren	51	3.4.3 Anforderungen an die Automatikstationen	145
2.2.4 Entwerfen und Gestalten	56		
2.2.5 Orientierung an der Natur – Bionik	57		
<b>2.3 Konstruktionswerkstoffe</b>	<b>60</b>		
2.3.1 Allgemeines	60		
2.3.2 Einteilung der Werkstoffe	61		
2.3.3 Werkstoffe für den Leichtbau	62		
2.3.4 Praktische Werkstoffwahl	63		
<b>2.4 Kostengerechte Konstruktion</b>	<b>64</b>		
2.4.1 Allgemeines	64		
2.4.2 Kostenbegriffe	65		
2.4.3 Relativkosten	66		
2.4.4 Konstruktionskosten	68		
2.4.5 Materialkosten	68		
2.4.6 Fertigungskosten	69		

3.4.4	Handarbeitsplätze, Stand-by-Arbeitsplätze und Nacharbeitsplätze .....	146	4.4.2.2	Schmieden .....	182
3.4.5	Erste Ermittlung der Montagezeit .....	148	4.4.2.3	Fließpressen .....	183
3.4.6	Methods-Time Measurements (MTM) .....	148	4.4.2.4	Strangpressen .....	184
3.4.7	Das TiCon-Modul .....	149	4.4.2.5	Gewindeformen .....	184
3.4.8	Wertschöpfung und Verschwendung .....	151	4.4.3	Zugdruckumformen .....	184
3.4.9	Die Gesamtmontagezeit .....	151	4.4.3.1	Durchziehen .....	185
3.4.10	Erste Taktung .....	152	4.4.3.2	Tiefziehen .....	185
3.4.11	Takt-Testung .....	153	4.4.3.3	Drücken .....	186
3.4.12	Betriebsvereinbarung zur Taktzeitauslastung .....	153	4.4.4	Zugumformen .....	186
3.4.13	Das Springerkonzept .....	154	4.4.4.1	Innenhochdruckumformen (IHU) .....	186
3.4.14	Die Serientaktung .....	154	4.4.5	Biegeumformen .....	187
<b>3.5</b>	<b>Reifegradabsicherung .....</b>	<b>155</b>	<b>4.5</b>	<b>Zerspantechnik .....</b>	<b>188</b>
3.5.1	Einführung .....	155	4.5.1	Zerspanungsprozesse .....	188
3.5.2	Die Risiken .....	156	4.5.2	Bohren .....	189
3.5.2.1	Produkt- und Produktionsrisiken .....	156	4.5.3	Drehen .....	189
3.5.2.2	Terminrisiken .....	156	4.5.4	Fräsen .....	190
3.5.2.3	Lieferantenrisiken .....	156	4.5.5	Schleifen .....	191
3.5.3	Lastenheft und Pflichtenheft .....	157	4.5.6	Honen und Läppen .....	191
3.5.4	Die Reifegrade .....	158	4.5.7	Hartzerspanung .....	192
			4.5.8	Ultraschallzerspanung .....	192
			4.5.9	Trockenzerspanung .....	193
			4.5.10	Minimalmengenschmierung .....	193
			4.5.11	Hochgeschwindigkeitsbearbeitung .....	194
			<b>4.6</b>	<b>Abtragende Verfahren .....</b>	<b>195</b>
			4.6.1	Einteilung .....	195
			4.6.2	Thermisches Abtragen .....	195
			4.6.2.1	Autogenes Brennschneiden .....	195
			4.6.2.2	Plasmaschneiden .....	196
			4.6.2.3	Laserstrahlschneiden .....	197
			4.6.2.4	Funkenerosives Abtragen (EDM) .....	198
			4.6.3	Erosives Abtragen durch Flüssigkeit .....	199
			4.6.4	Chemisches Abtragen .....	199
			4.6.5	Elektrochemisches Abtragen (ECM) .....	199
			4.6.6	Verfahrensvergleich .....	200
			<b>4.7</b>	<b>Blechbearbeitung .....</b>	<b>201</b>
			4.7.1	Stanzan .....	201
			4.7.2	Scherschneiden .....	201
			4.7.3	Nibbeln .....	202
			4.7.4	Feinschneiden .....	202
			4.7.5	Folgeschneiden .....	202
			<b>4.8</b>	<b>Thermisches Fügen .....</b>	<b>203</b>
			4.8.1	Pressschweißen .....	203
			4.8.1.1	Elektrisches Widerstandsschweißen .....	203
			4.8.1.2	Pressschweißen durch Bewegungsenergie .....	205
			4.8.1.3	Pressschweißen durch elektrische Gasentladung .....	206
			4.8.2	Schmelz-Verbindungsschweißen .....	206
			4.8.2.1	Verbindungsschweißen durch Gas .....	207
			4.8.2.2	Verbindungsschweißen durch elektrische Gasentladung .....	207
			4.8.2.3	Verbindungsschweißen durch Strahl .....	209
			4.8.3	Lötverbindungen .....	209
			4.8.4	Verfahrensvergleich .....	210
			<b>4.9</b>	<b>Beschichtungstechnik metallischer Oberflächen .....</b>	<b>211</b>
			4.9.1	Hochgeschwindigkeitsflammspritzen .....	211
			4.9.2	Lichtbogenspritzen .....	211
			4.9.3	Flammspritzen .....	212
			4.9.4	Beschichten von Schneidplatten .....	212
			4.9.5	Auftragsschweißen .....	212
			4.9.6	Feuerverzinken .....	212
			4.9.7	Galvanisieren .....	212
<b>4 Metalltechnik .....</b>		<b>159</b>			
<b>4.1</b>	<b>Fertigungsverfahren .....</b>	<b>159</b>			
4.1.1	Gliederung der Fertigungsverfahren .....	159			
4.1.2	Die Auswahl eines Fertigungsverfahrens .....	159			
4.1.3	Die Optimierung von Fertigungsabläufen .....	162			
4.1.3.1	Spanende Fertigung und Feinguss .....	162			
4.1.3.2	Präzisions schmieden und Sintern .....	162			
4.1.3.3	Rundkneten und spanende Fertigung .....	163			
<b>4.2</b>	<b>Urformen .....</b>	<b>164</b>			
4.2.1	Urformen mit formgebendem Werkzeug aus dem flüssigen Zustand, Gießen .....	164			
4.2.2	Der prinzipielle Verfahrensablauf beim Gießen .....	165			
4.2.3	Erstarrungsvorgänge .....	165			
4.2.4	Gießverfahren .....	166			
4.2.4.1	Gießen in verlorenen Formen .....	166			
4.2.4.2	Gießen in verlorene Formen mit Dauermodellen .....	167			
4.2.4.3	Gießen mit Dauerformen und ohne Modell .....	169			
4.2.5	Urformen mit formgebendem Werkzeug aus dem breiigen Zustand .....	171			
4.2.5.1	Thixofforming .....	171			
4.2.6	Urformen mit formgebendem Werkzeug aus dem pulverförmigen Zustand .....	172			
4.2.6.1	Pulvermetallurgie .....	172			
4.2.6.2	Pulverschmieden .....	173			
4.2.6.3	Metallpulverspritzgießen .....	174			
<b>4.3</b>	<b>Additive Fertigung .....</b>	<b>175</b>			
4.3.1	Gliederung .....	175			
4.3.2	Rapid Prototyping-Verfahren .....	176			
4.3.2.1	Stereolithographie .....	176			
4.3.2.2	Solid Ground Curing .....	176			
4.3.2.3	Selective Laser Sintering (SLS) .....	177			
4.3.2.4	3D-Printing .....	177			
4.3.2.5	Fused Deposition Modeling .....	178			
4.3.2.6	Layer Object Manufacturing (LOM) .....	178			
4.3.3	Abformverfahren und Folgeprozesse .....	178			
<b>4.4</b>	<b>Umformtechnik .....</b>	<b>179</b>			
4.4.1	Umformverfahren .....	179			
4.4.2	Druckumformen .....	181			
4.4.2.1	Walzen .....	181			



7.2.5	Prozessoptimierung	344	7.6.2.1	Produktentstehung	435
7.2.6	Prozessetablirung	346	7.6.2.2	Produktnutzung	439
<b>7.3</b>	<b>Qualitätsmanagement (QM)</b>	<b>348</b>	7.6.2.3	Produktentsorgung	439
7.3.1	Entwicklung des QM	348	<b>7.7</b>	<b>Arbeitsschutz- und</b>	
7.3.1.1	Qualität	348		<b>Gesundheitsschutzmanagement</b>	<b>440</b>
7.3.1.2	Ziele des QM	351	7.7.1	Der Mensch ist das Maß	440
7.3.2	Teilfunktionen des QM	354	7.7.1.1	Ergonomie	440
7.3.2.1	Qualitätsplanung	354	7.7.1.2	Sicherheit durch ergonomische Gestaltung	443
7.3.2.2	Qualitätsprüfung	355	7.7.1.3	Büroarbeitsplätze	444
7.3.2.3	Qualitätslenkung	359	7.7.2	Arbeitsbelastungen	445
7.3.2.4	Qualitätsförderung	360	7.7.2.1	Schwere der Arbeit	445
7.3.3	DIN EN ISO 9000 ff.	361	7.7.2.2	Psychische und mentale Belastungen	446
7.3.3.1	Gliederung von ISO 9001 bis 9004	362	7.7.2.3	Belastungen durch Schichtarbeit	447
7.3.3.2	Die Normenstruktur	363	7.7.3	Managementaufgaben	448
7.3.4	Zertifizierung eines Unternehmens	364	7.7.4	Gefährdungen und Schutzmaßnahmen	449
7.3.4.1	Vorbemerkung	364	7.7.4.1	Mechanische Gefährdungen	449
7.3.4.2	Das QM-Handbuch	365	7.7.4.2	Elektrische Gefährdungen	453
7.3.4.3	Auditierung	367	7.7.4.3	Gefahrstoffe	455
7.3.5	Total Quality Management (TQM)	376	7.7.4.4	Brand- und Explosionsgefährdungen	457
7.3.5.1	Einführung	376	7.7.4.5	Heiße und kalte Stoffe	458
7.3.5.2	TQM-Modell für Europa (EFQM)	377	7.7.4.6	Klima am Arbeitsplatz	459
7.3.5.3	TQM-Merkmale	380	7.7.4.7	Gefährdungen durch Lärm	460
7.3.5.4	Six Sigma	382	7.7.4.8	Gefährdungen durch Vibrationen	
7.3.5.5	Weitere Werkzeuge und Methoden	387		und Stöße	464
7.3.6	Statistische Prozesslenkung	396	7.7.4.9	Gefährdungen durch Strahlungen	465
7.3.6.1	Einführung	396	7.7.5	Persönliche Schutzausrüstungen (PSA)	468
7.3.6.2	Prüfdaten	397	7.7.6	EU-Maschinenrichtlinie	469
7.3.6.3	Normalverteilung	398	7.7.7	Europäische Sicherheitsnormen	470
7.3.6.4	Wahrscheinlichkeitsnetz	399	<b>7.8</b>	<b>Umweltmanagement (UM)</b>	<b>472</b>
7.3.6.5	Auswertung einer Stichprobe	399	7.8.1	Umweltschutz im Unternehmen	472
7.3.6.6	Qualitätsregelkarten	403	7.8.2	Umweltorientierung	473
7.3.7	Maschinenfähigkeit und Prozessfähigkeit	406	7.8.3	DIN EN 14001	474
<b>7.4</b>	<b>Projektmanagement</b>	<b>407</b>	7.8.3.1	Ziele	474
7.4.1	Einführung	407	7.8.3.2	Umsetzung der Norm	477
7.4.2	Der Projektmanagementprozess	407	7.8.4	Die Eingabe-/Ausgabe-Analyse	480
7.4.2.1	Projektstart	408	7.8.5	Auditierung	481
7.4.2.2	Projektende	410	<b>7.9</b>	<b>Energiemanagement und Lastmanagement</b>	<b>484</b>
7.4.3	Instrumente des Projektmanagements	411	7.9.1	Gesamtstruktur	484
7.4.3.1	Projektmanagement-Software	411	7.9.2	DIN EN 16001	484
7.4.3.2	Planungsinstrumente	412	7.9.3	Energiebilanz	485
7.4.4	Projektmanagementmethoden	416	7.9.4	Energiemanagement	485
7.4.4.1	Planungsmethoden	416	7.9.5	Lastmanagement	488
7.4.4.2	Organisationsmethoden	418	<b>7.10</b>	<b>IT-Management</b>	<b>490</b>
7.4.4.3	Steuerungsmethoden	420	7.10.1	IT-Risk- und Compliance-Management	491
7.4.5	Durchführung und Steuerung von Großprojekten	421	7.10.1.1	Einführung	491
<b>7.5</b>	<b>Personalmanagement</b>	<b>422</b>	7.10.1.2	Vorschriften und Gesetze	491
7.5.1	Einführung	422	7.10.1.3	Strukturierung	494
7.5.2	Personalplanung	423	7.10.2	Sichere Kommunikation	497
7.5.3	Personalbeschaffung	424	7.10.3	Gefährdung durch Missbräuche	498
7.5.4	Personalentwicklung	425	7.10.3.1	Serverraum	498
7.5.5	Mitarbeiterführung	427	7.10.3.2	Sabotage	498
7.5.6	Mitarbeiterbeurteilung	428	7.10.3.3	Diebstahl	499
7.5.7	Konfliktmanagement	429	7.10.3.4	Datensicherung	500
7.5.8	Entlohnung und Tarifierung	430	7.10.3.5	Verändern von Dateien	501
7.5.9	Mitarbeiterqualifizierung	432	7.10.3.6	Sicherheitsrisiken bei WLAN	502
7.5.9.1	Qualifizierungsplanung	432	7.10.3.7	Passwörter	503
7.5.9.2	Gestaltung der Qualifizierungsmaßnahmen	432	7.10.4	Gefährdungen durch technisches Versagen	504
7.5.9.3	Qualifizierungsbereiche	433	7.10.5	Schadsoftware	505
7.5.9.4	Beteiligungsqualifizierung	433	<b>7.11</b>	<b>Notfallmanagement</b>	<b>507</b>
<b>7.6</b>	<b>Produktmanagement</b>	<b>434</b>			
7.6.1	Übersicht: PLM, PDM, ERP	434			
7.6.2	Die PLM-Phasen	435			

<b>8 Branchen und Projekte</b>	<b>509</b>	8.5.6.4 Produktion der Grundplatte . . . . .	582
<b>8.1 Werkzeugmaschinen</b>	<b>509</b>	8.5.3.5 Qualitätssicherung . . . . .	586
8.1.1 Branchenportrait . . . . .	509	<b>8.6 Kunststofftechnik (Polymertechnik)</b>	<b>588</b>
<b>8.1.2 Projekt: Sondermaschine zur Bearbeitung von Druckguss-Motorblöcken</b>	<b>510</b>	8.6.1 Einführung . . . . .	588
8.1.2.1 Produktportfolio des Hersteller . . . . .	510	8.6.2 Einteilung der Kunststoffe . . . . .	588
8.1.2.2 Projektablauf . . . . .	512	8.6.2.1 Thermoplaste . . . . .	588
8.1.2.3 Kundenanfrage . . . . .	512	8.6.2.2 Duroplaste . . . . .	590
8.1.2.4 Anfragebearbeitung . . . . .	514	8.6.2.3 Elastomere . . . . .	591
8.1.2.5 Anlagen-Entwicklung . . . . .	516	8.6.2.4 Composites . . . . .	592
8.1.2.6 Beschaffung/Einkauf . . . . .	520	8.6.3 Kunststoffverarbeitende Industrie . . . . .	592
8.1.2.7 Produktion und Montage . . . . .	521	8.6.4 Fertigungsverfahren . . . . .	593
8.1.2.8 Probebetrieb und Abnahme . . . . .	523	8.6.4.1 Kontinuierliche Verfahren . . . . .	593
8.1.2.9 Abbau und Versand . . . . .	523	8.6.4.2 Stückprozesse . . . . .	594
<b>8.2 Werkzeuge</b>	<b>524</b>	<b>8.6.6 Projekt: Tiefziehen von Menü-Schalen</b>	<b>595</b>
8.2.1 Einführung . . . . .	524	<b>8.7 Keramik und Glas</b>	<b>601</b>
8.2.2 Präzisionswerkzeuge, Branchenportrait . . . . .	525	8.7.1 Keramik . . . . .	601
<b>8.2.3 Projekt: Herstellung eines Komplettbearbeitungswerkzeugs</b>	<b>526</b>	8.7.1.1 Einführung und geschichtliche Entwicklung	601
8.2.3.1 Kundenauftrag . . . . .	526	8.7.1.2 Branchenportrait . . . . .	602
8.2.3.2 Projektierung . . . . .	526	8.7.1.3 Werkstoffgruppen . . . . .	603
8.2.3.3 Betriebliche Leistungsprozesse . . . . .	527	8.7.1.4 Herstellung . . . . .	604
<b>8.3 Druckguss</b>	<b>532</b>	8.7.1.5 Qualitätsmanagement . . . . .	609
8.3.1 Die Branche . . . . .	532	8.7.2 Glas . . . . .	610
8.3.2 Druckgießverfahren . . . . .	532	8.7.2.1 Einführung und geschichtliche Entwicklung	610
8.3.2.1 Warmkammerverfahren . . . . .	533	8.7.2.2 Branchenportrait . . . . .	611
8.3.2.2 Kaltkammerverfahren . . . . .	533	8.7.2.3 Bestandteile von Glas . . . . .	612
8.3.3 Der Druckgießprozess . . . . .	533	8.7.2.4 Glasarten . . . . .	613
<b>8.3.4 Projekt: Serienidentische Teile, Änderungsauftrag</b>	<b>535</b>	8.7.2.5 Herstellung von Glas und Glaserzeugnissen	614
8.3.4.1 Portfolio des Herstellers . . . . .	535	<b>8.7.3 Projekt: Brillenglasherstellung - Rezeptauftrag</b>	<b>620</b>
8.3.4.2 Ausstattung . . . . .	535	8.7.3.1 Die Bestellung beim Augenoptiker . . . . .	620
8.3.4.3 Projektablauf . . . . .	536	8.7.3.2 Fertigung der Brillengläser . . . . .	620
<b>8.4 Automobilindustrie</b>	<b>541</b>	8.7.3.3 Herstellung der Rezeptfläche . . . . .	621
8.4.1 Fahrzeuge und Produktionsdaten . . . . .	541	8.7.3.4 Qualitätskontrolle und Versand . . . . .	623
8.4.2 Branchenkonjunktur . . . . .	543	<b>8.8 Textiltechnik</b>	<b>624</b>
8.4.3 Automobilzulieferer . . . . .	543	8.8.1 Übersicht . . . . .	624
8.4.4 Produktkonzepte und Produktionskonzepte	544	8.8.2 Textilerzeugung . . . . .	626
8.4.5 Hauptbaugruppen . . . . .	545	8.8.2.1 Liniengebilde . . . . .	626
8.4.5.1 Getriebe und Radantrieb . . . . .	545	8.8.2.2 Flächegebilde . . . . .	627
8.4.5.2 Bremssysteme . . . . .	546	8.8.3 Textilveredlung . . . . .	629
8.4.5.3 Karosserien . . . . .	546	8.8.4 Herstellung textiler Endprodukte . . . . .	631
8.4.5.4 Assistenzsysteme . . . . .	547	8.8.5 Branchenportrait . . . . .	637
8.4.6 Energiesparen, Umweltschutz und Sicherheit . . . . .	548	<b>8.8.6 Projekt: Jeans</b>	<b>638</b>
8.4.7 Automobilproduktion . . . . .	549	8.8.6.1 Die Entwicklung der Jeans . . . . .	638
<b>8.4.8 Projekt: Motorenmontage</b>	<b>555</b>	8.8.6.2 Von der Faser bis zum Denim . . . . .	639
8.4.8.1 Logistik in der Montage . . . . .	555	8.8.6.3 Die Produktionsprozesse der Jeans . . . . .	643
8.4.8.2 Montage mit Schraubverbindungen . . . . .	556	<b>8.9 Messebau</b>	<b>647</b>
8.4.8.3 Wareneingänge . . . . .	559	8.9.1 Allgemeines zur Messebaubranche . . . . .	647
8.4.8.4 Montage des Basismotors . . . . .	560	8.9.2 Der Messe- und Ausstellungsbau . . . . .	649
8.4.8.5 Montage der Komponenten . . . . .	561	<b>8.9.3 Projekt: Messestand</b>	<b>651</b>
8.4.8.6 Abnahme fertiger Motoren . . . . .	564	8.9.3.1 Hintergrund . . . . .	651
8.4.8.7 Rückverfolgbarkeit . . . . .	565	8.9.3.2 Projektablauf . . . . .	651
<b>8.5 Elektroindustrie</b>	<b>566</b>	8.9.3.3 Entwurfsplanung . . . . .	651
8.5.1 Die Historische Entwicklung . . . . .	566	8.9.3.4 Ausschreibung und Anfrage . . . . .	653
8.5.2 Branchenportrait . . . . .	568	8.9.3.5 Angebotserstellung . . . . .	654
8.5.3 Energietechnik . . . . .	569	8.9.3.6 Auftragsvergabe . . . . .	656
8.5.3.1 Stromerzeugung . . . . .	569	8.9.3.7 Auftragsbearbeitung . . . . .	656
8.5.3.2 Stromnetze und Energieverteilung . . . . .	571	8.9.3.8 Montage . . . . .	658
8.5.4 Produktionsbeispiel: Haushaltsgeräte . . . . .	572	8.9.3.9 Abnahme . . . . .	659
8.5.5 Chip-Produktion . . . . .	573	8.9.3.10 Nachbesprechung . . . . .	659
<b>8.5.6 Projekt: Wattmeter</b>	<b>574</b>	8.9.3.11 Abrechnung . . . . .	659
8.5.6.1 Das Produkt Wattmeter . . . . .	574	<b>9 Sachwortverzeichnis</b>	<b>660</b>
8.5.6.2 Produktionsprozess . . . . .	580	Fachwörterbuch Deutsch – Englisch . . . . .	660
8.5.6.3 Auftragnehmer und das Pflichtenheft . . . . .	581	Professional Dictionary English – German, Index . . . . .	682
		<b>10 Quellenverzeichnis</b>	<b>703</b>



# 1 Einführung

Unter *Produktion* versteht man das Erzeugen von Gütern und Dienstleistungen (**Bild 1**).

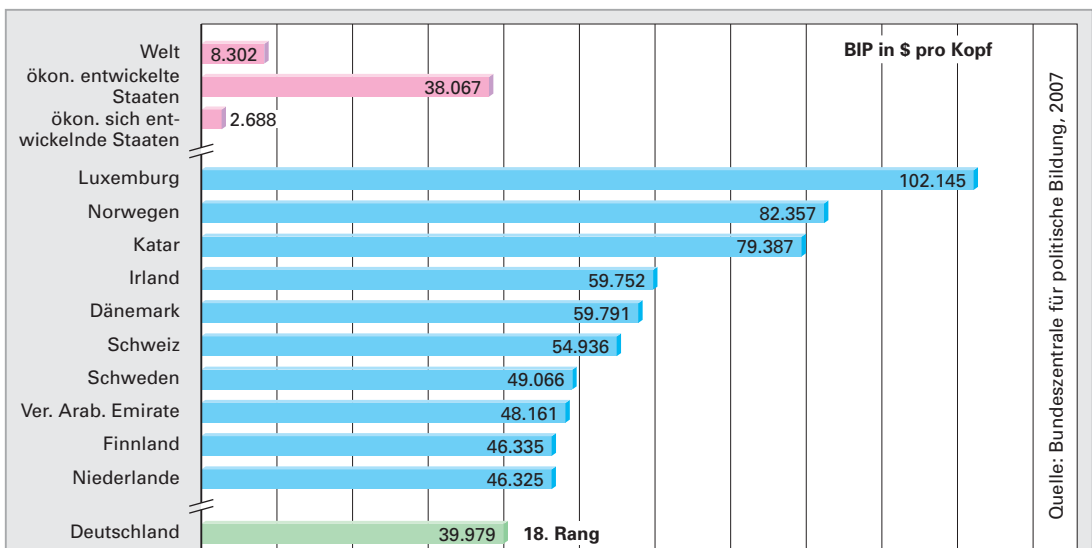
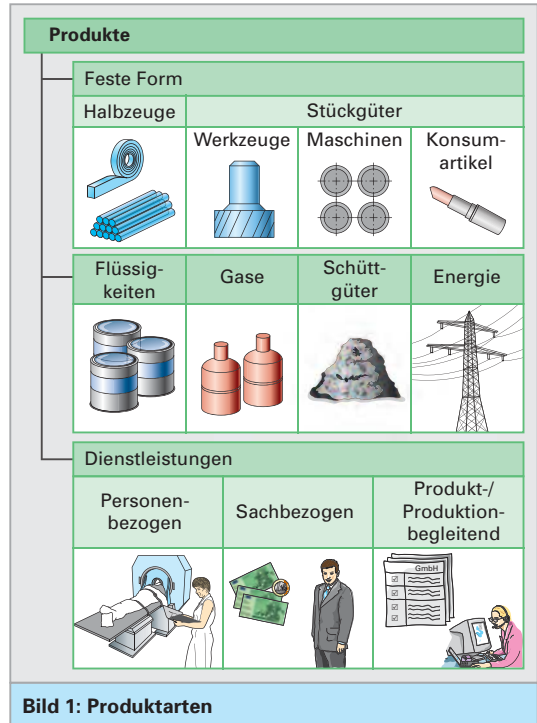
Das können Produkte fester Form sein, sogenannte Stückgüter, z. B. Fahrzeuge. Diese Produktion nennt man **Fertigung**. Ausgangsmaterialien für die Fertigung sind Werkstoffe, die meist als Halbzeuge, z. B. Bleche oder Barren, am Beginn einer Fertigung stehen. Ausgangsmaterialien hierfür sind wiederum die Rohstoffe, z. B. die Erze, aus welchen man durch Erschmelzen Eisen bzw. Stähle gewinnt.

Produkte können auch flüssig oder gasförmig sein, z. B. Kraftstoffe. Ferner gibt es landwirtschaftliche Produkte, also z. B. pflanzliche oder tierische Produkte. Produkte sind auch Energien, z. B. elektrischer Strom oder Wärme. Es gibt künstlerische Produkte, z. B. Bilder oder auch geistig philosophische Produkte, z. B. literarische Werke.

Auch Dienstleistungen, z. B. die Organisation von Reisen oder die Bereitstellung von Internetverbindungen der Service-Provider sind Produkte. Man unterscheidet zwischen personenbezogenen und sachbezogenen Dienstleistungen sowie den produkt- und produktionsbezogenen Dienstleistungen.

Das Maß für die Produktionsleistung eines Landes ist das *Bruttoinlandsprodukt* (BIP). Es schließt alle Wertschöpfungen eines Landes pro Jahr ein.

Bezieht man das BIP auf einen einzelnen Landesbewohner erhält man das BIP-Pro-Kopf. Dieses ist ein Maß für die Wirtschaftsleistung eines Landes. Es ist in den westlichen Industrieländern relativ hoch z. B. in Deutschland etwa 40000 \$ pro Kopf (**Bild 2**).



**Bild 2: Bruttoinlandsprodukt ökonomisch entwickelter Staaten**

# 1.1 Produktionsfaktoren

Produktion setzt voraus, dass

- Arbeitskräfte,
- Kapital und
- Boden, d. h. ein Ort zur Verfügung steht (**Bild 1**).

Wichtig ist dabei, dass ein solcher Ort in einer politisch stabilen, d. h. sicheren Region liegt. Niemand wird Investitionen in unsicheren Gebieten vornehmen.

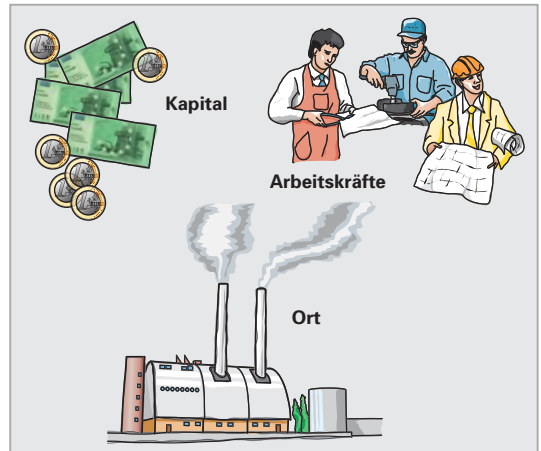
Die technischen Voraussetzungen sind die Verfügbarkeiten von:

- Energie,
- Werkstoffen,
- Werkzeugen,
- Wissen,
- Kommunikationseinrichtungen und
- einer Transportinfrastruktur, d. h. Verkehrswege und Verkehrsmittel (**Bild 2**).

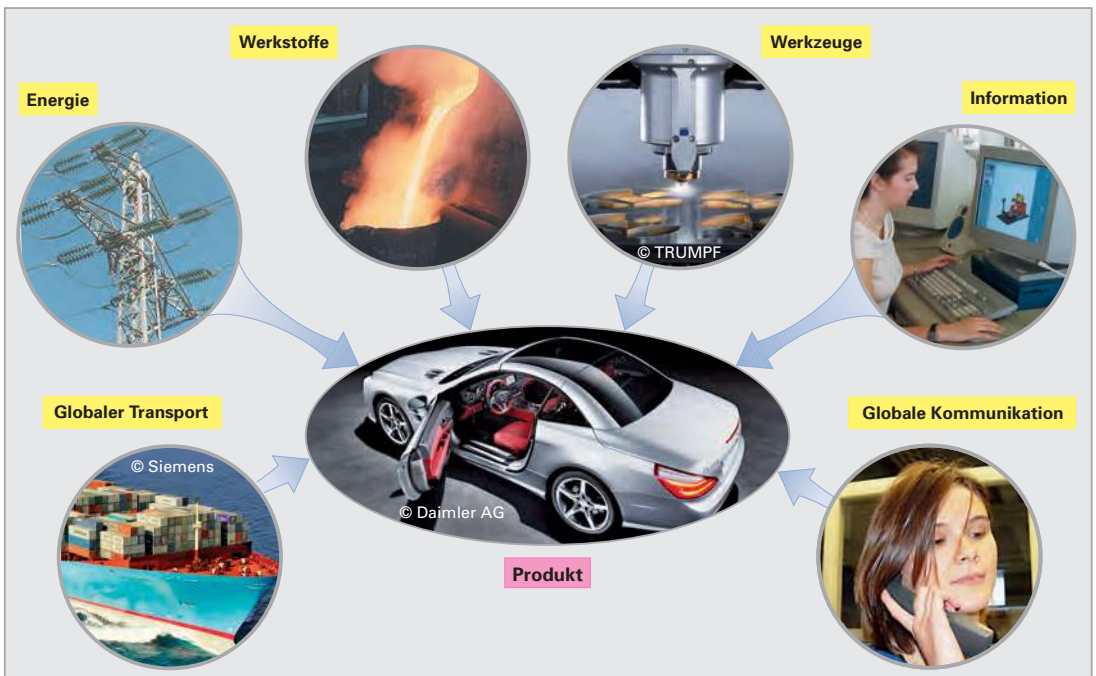
## Globalisierung

Globalisierung bedeutet, dass Hersteller, Zulieferer, Kunden und Kapitalgeber global, d. h. über die ganze Welt hinweg verteilt sein können. Waren bis vor wenigen Jahrzehnten nur Europa, Nordamerika und Japan wirtschaftlich eng vernetzt, so stehen nun fast alle Länder der Erde

in einem wirtschaftlichen und technischen Austausch. Möglich machen dies offene Grenzen für Waren, Personen und Kapital. Die Herausforderungen sind immens, da nun eben auch der Wettbewerb global ist und bei politischer Stabilität der Standort weniger wichtig ist. So gibt es in Indien hochmoderne Stahlwerke und Software-Produzenten, in den arabischen Golfstaaten Aluminiumschmelzbetriebe und in China Hersteller für fast alle Konsumartikel.



**Bild 1: Produktionsfaktoren**



**Bild 2: Technische Produktionsvoraussetzungen**

## 1.2 Ziel der Produktion

Das Ziel der Produktion ist Bedarfe zu decken und/oder Gewinne zu erzielen. So hat die Produktion im privaten Bereich, z. B. die Herstellung einer Mahlzeit das Ziel den eigenen Ernährungsbedarf zu decken, während die Produktion von Mahlzeiten in einem Gastronomieunternehmen den Zweck der Gewinnerzielung verfolgt.

Gewinne stellen Anreize für Unternehmungen dar und sie sind notwendig um Investitionen tätigen zu können. Gewinne kann man erzielen, wenn Kosten, Qualität und Lieferbereitschaft im Einklang stehen (**Bild 1**) und wenn für das Produkt eine Nachfrage besteht. Daraus leitet sich für eine erfolgreiche Produktion die Forderung nach Kundenorientierung ab.

### Einzigkeitigkeit

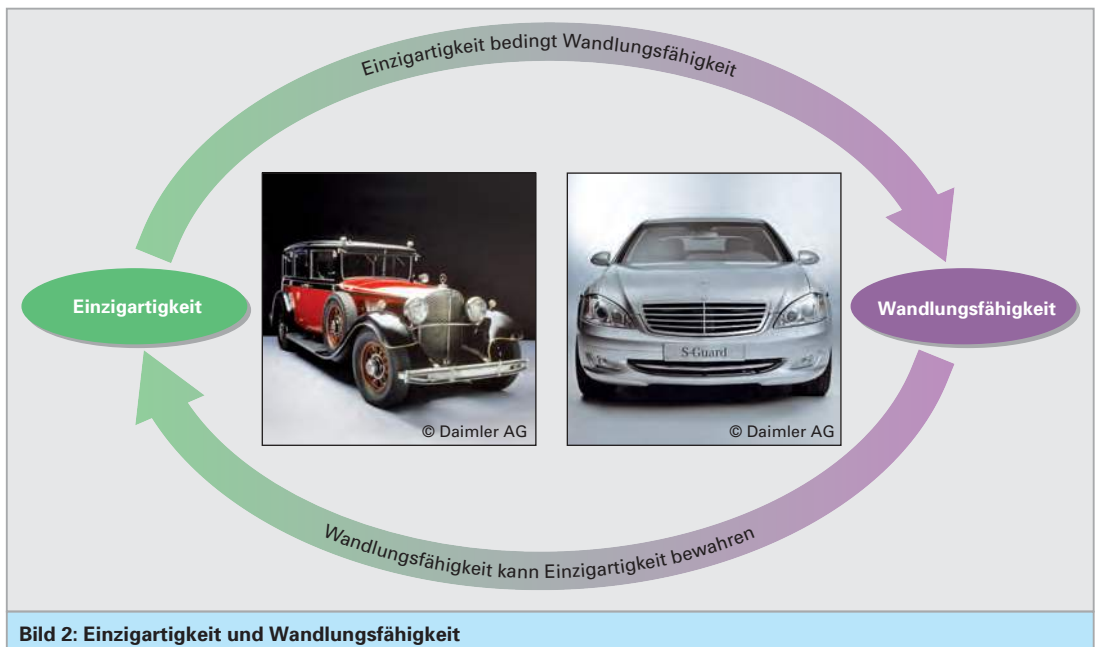
Man kann davon ausgehen, dass es für alle Produkte Wettbewerber gibt oder alsbald geben wird. So stehen Produktionsunternehmen stets im Stress besser als andere zu sein.

Besserein verlangt Einzigartigkei (**Bild 2**)

- im Produkt selbst oder
- im Produktionsprozess oder
- in der Qualität der Beschäftigten oder
- in der Standortinfrastruktur oder
- in der Kombination dieser Merkmale.

### Wandlungsfähigkeit

Einzigartigkeit ist meist nie von langer Dauer. So muss zur Einzigartigkeit stets der Wille und die Fähigkeit für Veränderungen hinzukommen, also die Eigenschaft der Wandlungsfähigkeit. Nur Unternehmen die sich laufend erneuern haben auf Dauer die Chance des Fortbestehens. Man spricht auch von Innovation und unterscheidet Produktinnovation, Prozessinnovation, Dienstleistungsinnovation, Organisationsinnovation und Sozialinnovation.



### 1.3 Innovation

Innovation setzt neue Ideen voraus. Zur Innovation kommt es aber erst, wenn neue Ideen in neue Produkte oder Verfahren oder Dienstleistungen umgesetzt werden, d. h. allgemein eine Anwendung finden. Bei Produkten bedeutet dies, dass eine Marktdurchdringung erfolgt.

Das **Innovationsmanagement** hat die Aufgabe Innovationen in den Unternehmen systematisch zu planen, zu steuern, zu bewerten und zu fördern.

Man unterscheidet bei Produkt- und Prozessinnovationen (**Bild 1**):

- die **Impulsphase** mit der Verfolgung zukunftsweisender Technologien,
- die **Bewertungsphase** mit der Überprüfung auf Nutzen und die
- **Transferphase** mit der Produktion und Marktdurchdringung.

#### Innovationsmerkmale.

Kennzeichnend für eine Innovation sind objektive oder auch subjektive Vorteile gegenüber Bisherigem. Zu den typischen objektiven Vorteilen gehören z. B. die Innovationsmerkmale:

- Energieeinsparung (**Bild 2**),
- Materialeinsparung,
- Teilereduzierung (**Bild 3**),

- Höhere Sicherheit,
- Längere Lebensdauer.

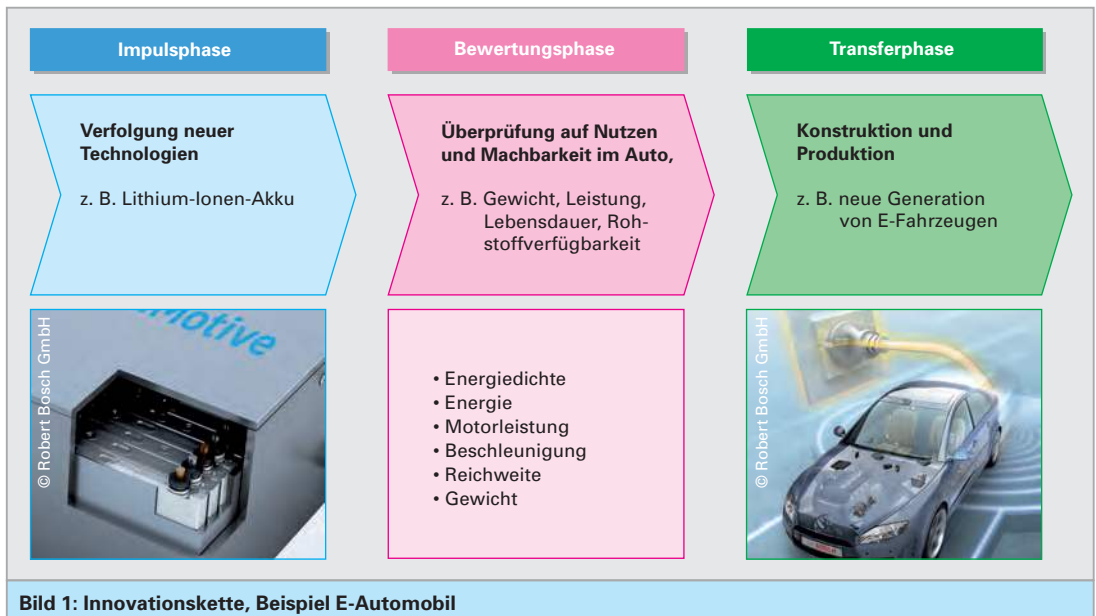
Neben diesen materiellen und ökonomischen Vorteilen können Innovationen auch in einem Gewinn an Prestige bestehen.



**Bild 2: Energieeinsparung durch Leichtbauweise**



**Bild 3: Teilereduzierung durch IHU-Technologie**



**Bild 1: Innovationskette, Beispiel E-Automobil**

## 1.4 Produkterzeugung

Abhängig von der Anordnung und der Struktur der Produktionsmittel unterscheidet man bei der Erzeugung von Stückgütern:

- Die Werkbankfertigung,
- die Baustellenfertigung,
- die Werkstattfertigung,
- die Fließfertigung.

### 1.4.1 Werkbankfertigung

Im klassischen Handwerksbetrieb sind Werkzeuge, Betriebsmittel und Werkstoffe auf Arbeitsplätzen rund um die Arbeitenden gruppiert. In frühen Zeiten waren es häufig Ein-Mann-Handwerksbetriebe und dem Handwerker oblagen alle Arbeiten von der Akquisition (Beschaffung, Auftragsbesorgung) über die Herstellung bis zur Dokumentation und Rechnungsstellung. Den Ein-Personen-Handwerker findet man auch heute noch, z. B. als Schneider, Steinmetz (**Bild 1**) oder im Kunsthandwerk. Bei komplexen Produktionen, wie z. B. für die Herstellung von Gussteilen sind aber schon immer mehrere Personen, auch in der Antike (**Bild 2**), arbeitsteilig, notwendig gewesen.

### 1.4.2 Baustellenfertigung

Hier ist das Fertigungsobjekt meist an einen wechselnden Ort gebunden, wie z. B. bei der Herstellung eines Hauses oder aber es sind sehr sperriger Güter, wie z. B. Schiffe und große Kraft-

werksturbinen (**Bild 3**). Man unterscheidet daher die außerbetriebliche Baustellenfertigung und die innerbetriebliche Baustellenfertigung.

Die Arbeiten können häufig in Form von Gruppenarbeit und als eine ganzheitliche Tätigkeit verrichtet werden. Der Werker oder Mitarbeiter hat einen intensiven Bezug zu seiner Arbeit, er kennt konkret den Auftraggeber, die Fertigungstermine und kann oft auch unterschiedliche Tätigkeiten verrichten. Er trägt unmittelbar Verantwortung für die Qualität des Produkts, den Arbeitsfortschritt und die Arbeitssicherheit.



Bild 1: In der Werkstatt eines Steinmetz



Bild 3: Montage einer Kraftwerksturbine beim Kunden



Bild 2: Antike Gießerei, Darstellung auf einer griechischen Vase, um 500 v. Chr.

### 1.4.3 Werkstattfertigung

Bei der Werkstattfertigung, nämlich der Weiterentwicklung der Werkbankfertigung, sind die Maschinen für einen Aufgabentypus in Werkstätten zusammengefasst, z. B. die Schweißerei, die Dreherei, die Schmiede (**Bild 1**). So sind in der Schweißerei gleiche oder ähnliche Schweißmaschinen aufgestellt. Es gehören aber auch für die Aufgabe des Schweißens ergänzende Maschinen und Geräte dazu, wie z. B. eine Richtpresse.

Typisch für die Werkstattfertigung ist der relativ starke innerbetriebliche Transport der Produkte von und zu den einzelnen Werkstätten (**Bild 2**). Für eine kosten- und lieferzeitgünstige Produktion bedarf es dabei einer ausgeklügelten Logistik für die Materialflüsse und die Maschinenbelegungen. Die Werkstattfertigung zeichnet sich, bei richtiger Organisation, durch ihre hohe Flexibilität hinsichtlich der Produkte, der Lieferzeiten und der Leistungsmengen aus.

Die Gefahren liegen aber in den Überschneidungen von Maschinenbelegungen und von Materialflüssen. So können auch hohe Liegezeiten für Teilprodukte entstehen und es wird viel Platz benötigt für deren Zwischenlagerung.

Die Arbeiten bei der Werkstattfertigung lassen sich auch in Form der *Gruppenarbeit* organisieren. Die Werker tragen in ihrem Teilbereich

Verantwortung für die Qualität (**Bild 3**), die Fertigungstermine und teilweise auch für die Produktionsabläufe innerhalb der Werkstätte.

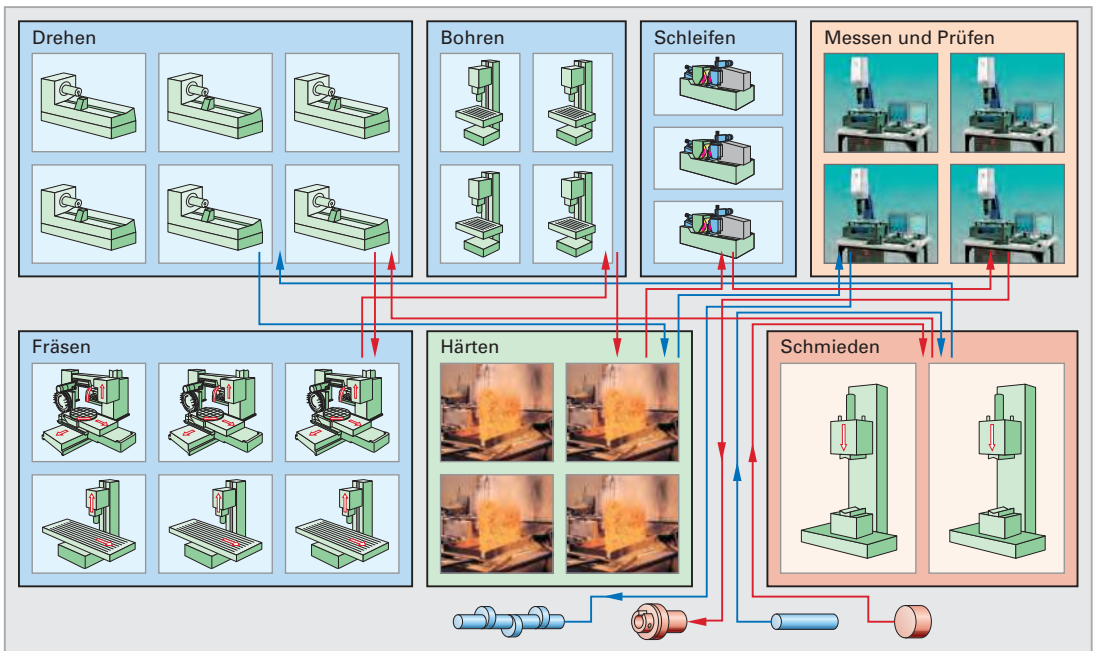


**Bild 1: An der Schmiedepresse**



**Bild 3: Sichtprüfung von Bauteilen**

© Robert Bosch GmbH



**Bild 2: Transportvorgänge bei der Werkstattfertigung (Beispiele)**

**1.4.4 Fließfertigung**

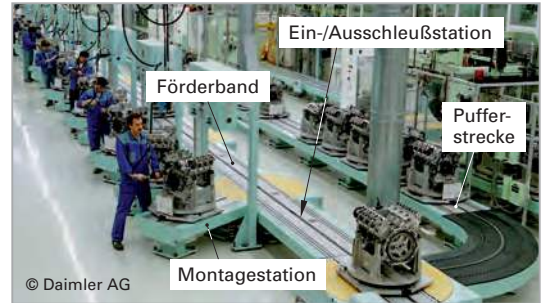
In der Fließfertigung wird die Produktion, meist von serienidentischen Produkten, in aufeinanderfolgende Produktionsschritte gegliedert und in eine dazu passende räumliche und zeitliche Folge hintereinandergeschaltet. Das Fließband mit kurzzyklisch ablaufenden, gleichartigen Verrichtungen ist das Synonym dafür.

Das Fließprinzip ermöglicht bei minimalen Transportwegen, Transportzeiten und Lagerflächen für die Fertigung von Serien gleicher oder sehr ähnlicher Produkte ein Maximum an Ausbringung, ein Maximum an Qualität und ein Minimum an Kosten.

Fließfertigung kann z. B. *ohne Taktbindung* vollständig händisch erfolgen (**Bild 1**) oder vollständig automatisiert *im Takt* (**Bild 2**) oder im Mix, also zum Teil automatisiert. Bei manuellen Arbeiten in einer Fertigungslinie ist stets eine Pufferung (**Bild 3**) vorzusehen um die Mitarbeiter, wenigstens phasenweise, vom Takt zu entkoppeln. Die Fließfertigung ist gekennzeichnet durch eine meist geringe Fertigungstiefe, d. h. es werden viele Komponenten zugekauft und sehr spezielle, von Dritten entwickelte, Materialien eingesetzt.

Die Fließfertigung bedarf einer gründlichen Vorplanung mit hohen Investitionen und birgt grundsätzlich hohe Risiken, z. B. bei Produktänderung, bei Nachfrageänderung, beim Ausfall einer Maschine oder beim Ausfall von zugelieferten Komponenten. Eine besondere Schwierigkeit in der Planung ist, die Arbeitsstationen so zu gestalten, dass diese möglichst kontinuierlich ausgelastet sind.

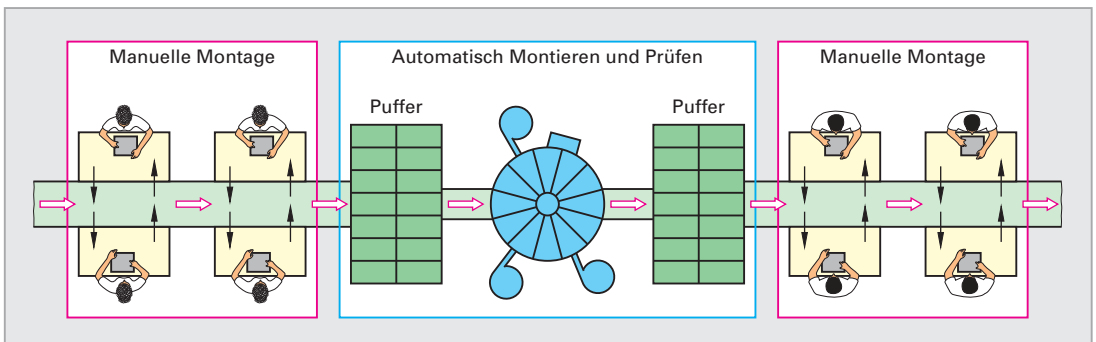
Es gilt die günstigsten Fertigungsbedingungen auch für Kleinserien oder gar für Einzelwerkstücke zu realisieren. Hierzu werden große Anstrengungen gemacht, z. B. unter dem Stichwort *Flexible (Fließ-) Fertigung*. Es werden dazu mit einem universell einsetzbaren Maschinenpark in Verbindung mit einer flexiblen Verkettung bzw. mit programmierbaren Transportgeräten und mit programmierbaren Transportwagen kontinuierliche Materialflüsse erzeugt.



**Bild 1: Manuelle Motormontage**



**Bild 2: Roboter-Karosseriemontage mit Taktbindung**



**Bild 3: Teilautomatisierte Montage**

**1.4.4.1 Lineare Produktlinien**

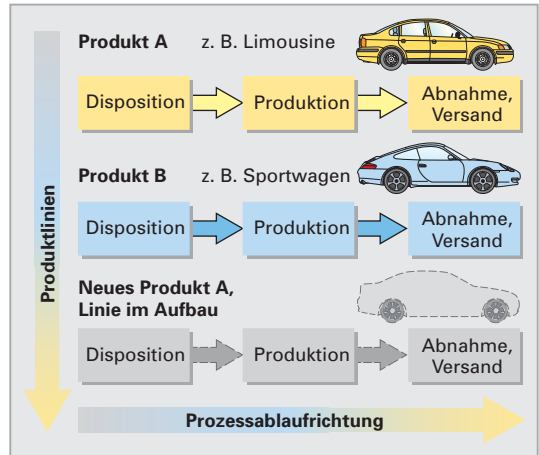
Produktion im industriellen Bereich ist durch *prozessorientierte Segmentierungen* in Teilprozesse und durch personelle Aufteilungen und durch räumliche Trennungen gekennzeichnet.

Damit werden unterschiedliche Prozesse und gegliederte betriebliche Abteilungen definiert. Die einfachste Anordnung ist eine Gliederung nach Produktlinien, die parallel laufen und nicht oder wenig miteinander vernetzt sind (Bild 1). Für den Modellwechsel benötigt man eine neue Produktionslinie mit neuen Produktionsflächen. Man muss also Fabrikareale vorhalten die nicht produktiv sind. So war z. B. die PKW-Produktion in den 50er-Jahren in solch starre Produktionslinien eingeteilt. Jedes PKW-Modell wurde auf einer eigenen Linie gefertigt. Kundenwünsche waren nur in geringem Maße möglich. Innerhalb einer Linie wurden z. B. an bestimmten Tagen nur schwarzlackierte Autos produziert (Bild 2), an anderen Tagen nur rotlackierte Autos.

Die Fabrikation war wohl automatisiert, jedoch nicht flexibel automatisiert. Die Karosserieschweißautomaten waren durch ihre mechanische Bauweise und festverdrahtete Steuerungstechnik funktionell auf nur einen einzigen Prozess für eine einzige Produktart abgestimmt. Erst mit der Robotertechnik (Bild 3) und den freiprogrammierbaren Steuerungen, d. h. mit dem Einzug der Elektronik und Computertechnik konnten Produktionslinien für Varianten, sogar in chaotischer Folge, aufgemacht werden. Das ist nun nicht gleichbedeutend mit einer Zielsetzung nach vollautomatischer Fabrik. Es ist der Mix zwischen flexiblen Automaten und der Flexibilität menschlicher Arbeit. Was aber notwendig ist, das sind dem Arbeitsfortschritt angepasste Arbeitsunterlagen bzw. Arbeitsanweisungen. Diese werden an jeder Arbeitsstation automatisiert gelesen und aktualisiert.

Lineare Prozessketten haben stets auch Rückkopplungen, so gibt es z. B. Rückläufe zur Verbesserung, zur Nachbearbeitung oder zur Fehlerbehebung. Hierzu werden Ausschleusestationen,

Reparatur- bzw. Ausbuarbeitsplätze, Rückwärts-transporte und Wiedereinschleusestationen (Bild 4) in die Produktionslinie integriert.



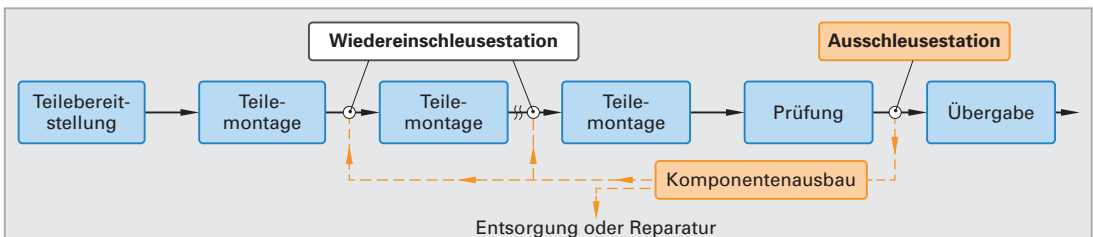
**Bild 1: Lineare Produktlinien**



**Bild 2: PKW-Fertigung der 50er- Jahre**



**Bild 3: Roboter zur flexiblen Automatisierung von Produktionssystemen**



**Bild 4: Struktur einer Montagelinie**



**1.4.4.2 Segmentierung der Fließproduktion**

Typisch für die Fließproduktion ist die Taktbindung, d. h. entsprechend der beabsichtigten Produktionsleistung (Fertigprodukte pro Zeiteinheit) sind die benötigten Teile und die Montagen in festen Zeiteinheiten zu erbringen.

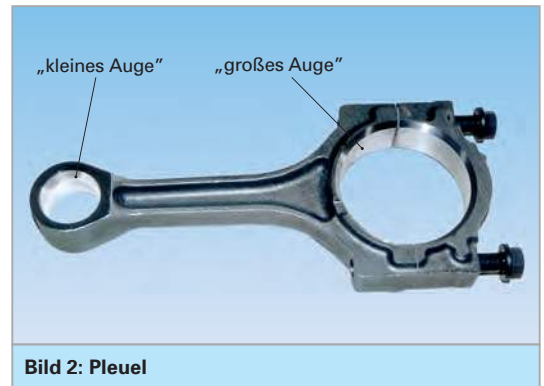
**Transferstraße**

Sieht man die Fließfertigung ohne Puffer vor und stellt ein einziges serienidentisches Produkt her, so kann man sich die Produktion als eine Reihenproduktion (**Bild 1**) mit Einzelstationen und einer Verkettung z. B. mit Kette, Fließband, Hubbalken vorstellen. Man spricht von Transferstraßen. Bei Störung an einer Station steht allerdings die gesamte Fertigung still.

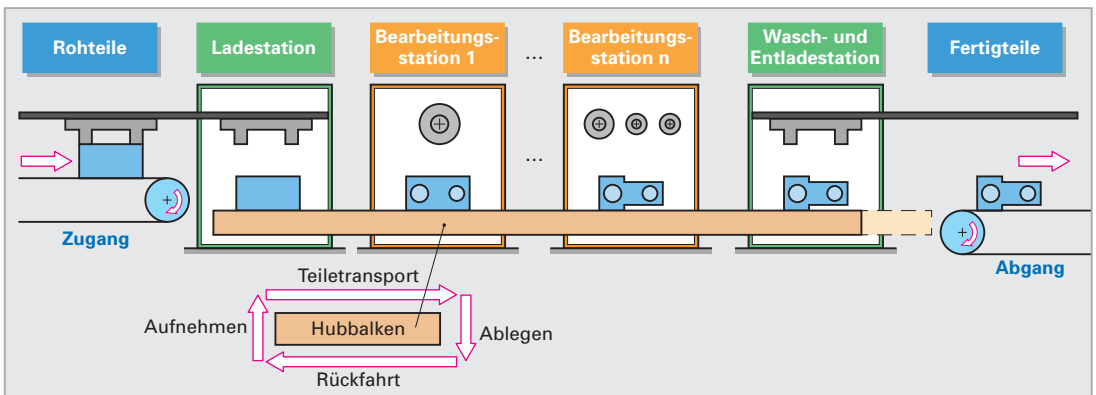
Fließproduktionen dieser Art gibt es für Teile mit relativ wenigen Arbeitsstationen, z. B. Transferstraßen zur Herstellung von Pleueln (**Bild 2**). Die wichtigsten Arbeitsaufgaben sind hier das Bohren und Reiben des kleinen und des großen Auges, das Bohren und das Gewindeherstellen zur Verschraubung des großen Auges, das Laser-Cracken (Laserritzen und Brechen) des großen Auges und das Verschrauben. Die Werkzeuge und die Arbeitsbewegungen in den einzelnen Stationen müssen nun so zusammengefasst sein, dass jede Station etwa gleich lange benötigt, also gut ausgelastet ist. Es liegt eine strenge Taktbindung vor. Sie wird in Sekunden angegeben. Alle Teile die sich in der Transferstraße befinden werden zur gleichen Zeit bearbeitet und zur gleichen Zeit weitertransportiert (weitergetaktet). Um etwa gleiche Arbeitszeiten pro Station zu erreichen werden manche Stationen, z. B. als Einspindlerstationen, andere als Mehrspindlerstationen (für gleichzeitig mehrere Arbeitsoperationen) ausgeführt.

Auch die Werkzeuge werden taktoptimiert. Ist hinreichend Zeit verfügbar, so können einfache Universalwerkzeuge verwendet werden, in anderen Fällen müssen aufgabenspezifische teure Stufenwerkzeuge zum Einsatz kommen. Hiermit können dann Arbeiten, wie z. B. Bohren, Fasen und Reiben in einem Vorgang zeitsparend zusammengefasst werden. Die am längsten dauernde Bearbeitung bestimmt den Takt.

Ein weiteres Problem ist die Werkzeugstandzeit. Sie sollte so sein, dass der Werkzeugwechsel an allen Stationen zur gleichen Zeit anfällt. Das ist nur selten erzielbar und so werden die Arbeitsstationen mit Werkzeugwechslern und Schwesterwerkzeugen, d. h. mit mehreren gleichen Werkzeugen ausgestattet. Sind nun, wie heutzutage üblich, alle Stationen mit automatisiertem Werkzeugwechsel ausgestattet und erhalten sie die Arbeitsanweisungen numerisch, so eignet sich eine solchen Transferstraße auch zur Variantenfertigung, z. B. für Pleuel unterschiedlicher Fahrzeugtypen. Man spricht von einer flexiblen Transferstraße.



**Bild 2: Pleuel**

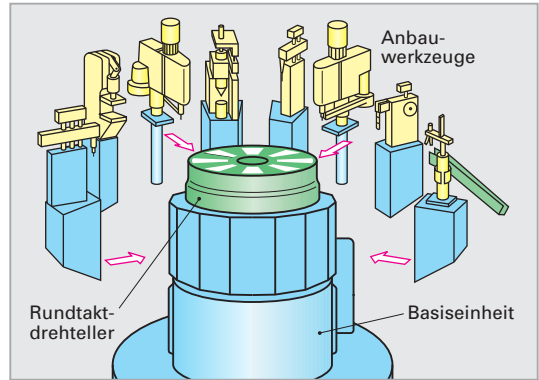


**Bild 1: Transferstraße**

**Rundtaktanlagen**

Im Unterschied zur linearen Anordnung der Transferstraßen wird bei den Rundtaktmaschinen ein Drehteller mit den darauf aufgespannten Werkstücken verwendet. Um dieses Drehteller herum sind mehrere Bearbeitungsstationen, z. B. sechs bis über zehn so angeordnet, wie es der Bearbeitungsreihenfolge entspricht (**Bild 1**). Bei günstiger Planung sind die Arbeitszyklen an jeder Station etwa gleich lang, so dass, während eines Zeittaktes, alle Stationen ausgelastet sind.

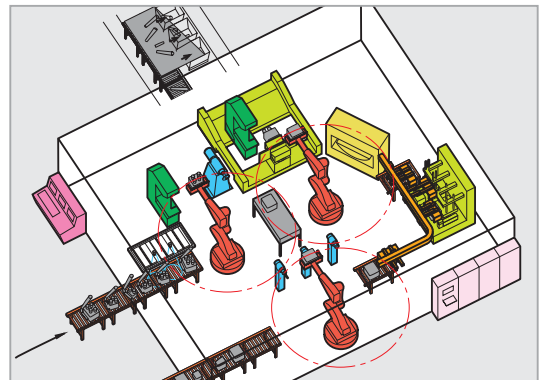
Eine erhöhte Flexibilität, insbesondere wenn Maschinen sehr unterschiedlicher Größe in den Fertigungsfluss zu integrieren sind, erreicht man mit einer flexiblen Verkettung, z. B. mit Robotern (**Bild 2**). Hier ist es z. T. auch möglich die Reihenfolge in der Maschinennutzung zu verändern.



**Bild 1: Rundtaktmaschine**

**1.4.4.3 Topologie<sup>1</sup> der Fließfertigung**

Die lineare Struktur der Fließfertigung ist meist nur in kurzen Produktionsabschnitten innerhalb einer Fertigung möglich. Zur Flexibilisierung der Fertigung müssen die Einzelstationen schnell umrüstbar sein und bei Erweiterung der Arbeitsoperationen muss die Linie verlängert werden können (**Bild 3**). Bei Erhöhung der Ausbringung ist eine zweite Linie einzurichten.



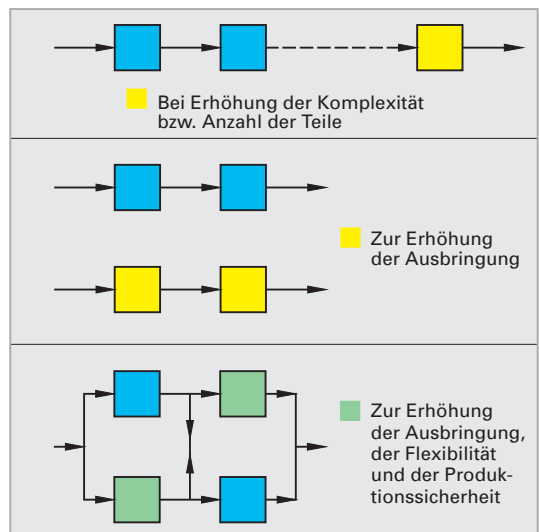
**Bild 2: Roboterverkettung**

Man unterscheidet:

- Ergänzende Stationen und
- ersetzende Stationen.

Gleichartige Maschinen, z. B. Drehmaschinen können im Störfall sich gegenseitig ersetzen. Verschiedenartige Maschinen, z. B. Fräsmaschinen und Schleifmaschinen ergänzen sich.

Anmerkung: Es ist eigentlich ein Glück, dass es für die optimale Gestaltung einer Fertigung **keine** eindeutige und stets gültige Topologie gibt. So haben Unternehmen mit Kreativität immer eine Chance besser zu sein als andere.



**Bild 3: Topologie**

<sup>1</sup> Topologie = Lehre von der Anordnung von Gebilden, von griech. topo = Ort, Gelände und griech. logos = Lehre, Wissenschaft

#### 1.4.4.4 Flexible Produktlinien

Komplexe Serienfabrikate, wie z. B. Fahrzeuge aber auch Nichtserienprodukte, z. B. Sondermaschinen, d. h. Produkte die aus vielen Komponenten, Baugruppen, Einzelmaschinen bestehen begründen anstelle linearer Prozessketten ein ganzes Prozessnetzwerk (**Bild 1**). Besonders deutlich ist dies in der Automobilindustrie. Hier hat man im Karosseriebau eine große Variantenvielfalt zu bewältigen. Zwar wird versucht die Aufbauplattform für viele Fahrzeugvarianten gleich zu halten, es wird aber im Produktmix produziert.

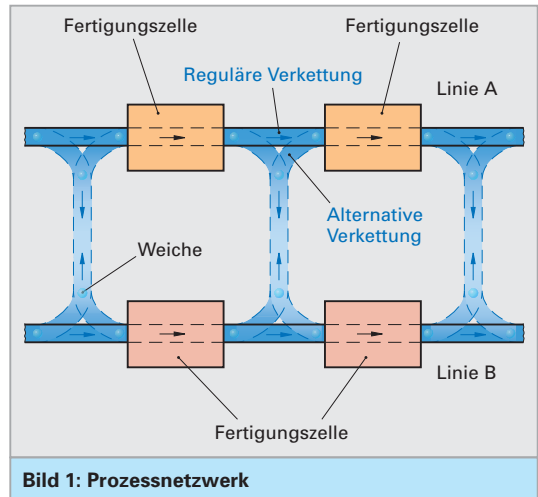
Die kennzeichnenden Schlagworte sind:

- Typenflexibilität,
- Mengenflexibilität,
- Änderungsflexibilität und
- Störungsflexibilität.

Erreicht wird diese Flexibilität durch eine Fabrikstruktur in der die Fertigungsbereiche flexibel mit *ersetzenden* Einrichtungen miteinander verkettet sind. Es gibt also nicht nur *eine* Pressenanlage und nur *eine* Lackieranlage sondern die Anlagen sind mehrfach vorhanden und können schnell umgerüstet und den aktuellen Bedarfen angepasst werden.

Die Verkettung erfolgt mit flexiblen Transportmitteln, z. B. mit Fahrerlosen Transportsystemen (FTS) bzw. Robotcarrier oder über Elektrohängebahnen (**Bild 2**) mit Weichen und Kreuzungen oder mit Robotern zum Umsetzen in unterschiedliche Förderstrecken. Die FTS und die Robotcarrier haben zugleich Hebe- oder Drehmechanismen (**Bild 3**) um bei Handmontagen die Baugruppen ergonomisch richtig zu positionieren.

Mit den flexibel vernetzten Produktionszellen gelingt bei Erhöhung der Komponentenzahl eine Verlängerung der tatsächlichen Produktionslinie um zusätzliche Stationen, ohne dass Fabrikhallen verlängert werden müssen. Zur temporären Erhöhung der Ausbringung werden Fertigungskomponenten parallel betrieben und bei Störung kann mit reduzierter Ausbringung immer noch gefertigt werden. Zum Fertigungsanlauf bei neuen Produkten werden Anlagen durch Umrüsten der bisherigen Produktion genutzt und zwar in dem Maße wie diese durch den Modellwechsel beim Herunterfahren der Altproduktion frei werden. Gewisse Anpassinvestitionen sind aber immer notwendig.



**Bild 1: Prozessnetzwerk**



**Bild 2: Hängebahn**



**Bild 3: Robotcarrier**

Voraussetzung für eine flexible Produktion ist die Modularisierung des Produkts: die Variantenvielfalt erhält man durch Variation von Modulen auf der Basis eines umfassenden Grundkonzepts. Es werden z. B. auf einer im Wesentlichen einheitlichen Bodenplattform unterschiedliche Karosserieaufbauten, unterschiedliche Antriebsaggregate, unterschiedliche Innenrausstattungen verbaut. Alle diese Komponenten haben aber kompatible Fügchnittstellen.

Die Fügetechnik wird auf vollautomatisierbare Techniken ausgerichtet:

- Clinchen (**Bild 1**),
- Schrauben,
- Punktschweißen,
- Bolzenschweißen,
- Verkleben,
- Verschnappen.

So können Roboter die Fügearbeiten übernehmen (**Bild 2**). Typspezifische Einzweckautomaten werden nicht verwendet. Ihre Verwendbarkeit ist nach dem Produktauslauf nicht mehr gegeben. Ferner ist die Entwicklungszeit für Einzweckautomaten im Vergleich zu einer roboterisierten Station zu lang. Es rechnet sich daher nicht, auch wenn der Platzbedarf und die Investitionskosten möglicherweise geringer sind.

Eine besondere Herausforderung ist die Teilebereitstellung. Diese erfolgt rechnergestützt und muss sicherstellen, dass zur richtigen Zeit die richtigen Teile an der jeweiligen Arbeitsstation verfügbar sind.

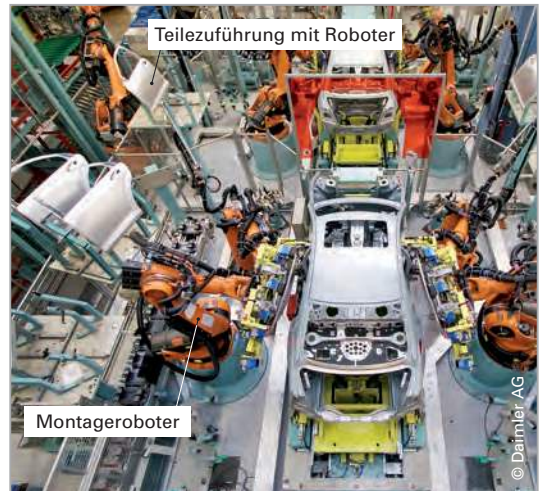
Hierfür wird vorteilhaft ein eigener Werksbereich als Kommissionierbereich definiert. Die Teile müssen zur automatisierten Roboter Montage geordnet zugeführt bzw. bereitgestellt werden (**Bild 3**).

Durch Vormontagen in Module kommt die Produktion mit einer überschaubaren Modulvielfalt aus. So werden z. B. Lenkungen (**Bild 4**) und Ach-

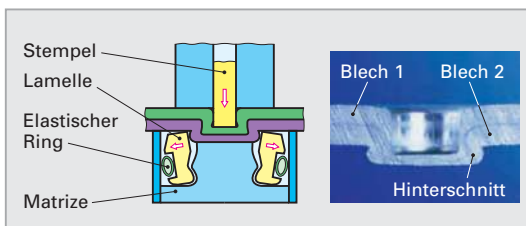
sen, komplett vormontiert, vom Zulieferer typgenau zur richtigen Zeit an der richtigen Station zugeliefert.



**Bild 2: Karosseriebau mit Robotern**



**Bild 3: Ort- und zeitgenaue Teilezuführung**



**Bild 1: Clinchen (Durchsetzfugen)**



**Bild 4: Lenkungen**