TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna | Austria

INSTITUTE OF MANAGEMENT SCIENCE

Technik für Menschen

Wertschöpfung in Produktionsunternehmen

Grundlagen der Betriebs- und Unternehmensführung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Sebastian Schlund

Research Area Human Centered Cyber Physical Production and Assembly Systems
(BMK endowed professorship for Industry 4.0)

TU Wien – Institute of Management Science

Überblick

- Kurzvorstellung
- Überblick über unternehmerische Wertschöpfungsprozesse
- Produktion
- Schnittstellen zur Produktion

Vorstellung Forschungsbereich

Team HCCPPAS / MMI

Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

SIEMENS

facc

ROTAX BRP

BECOM it's possible.

infineon

FFG

Projektnummer 852789
01.06.2017 – 31.05.2022

Vorstellung Forschungsbereich

Forschungsthemen MMI

Manufacturing | Assembly | Industrial Engineering

Methods & Models

Human Robot Interaction

TRUST ROBOTS

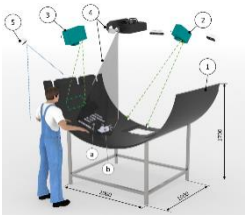
Safety Security Privacy

TÜV AUSTRIA

TU WIEN

#SafeSecLab

Digital Assistance Systems



Workplace Based Learning

eit Manufacturing

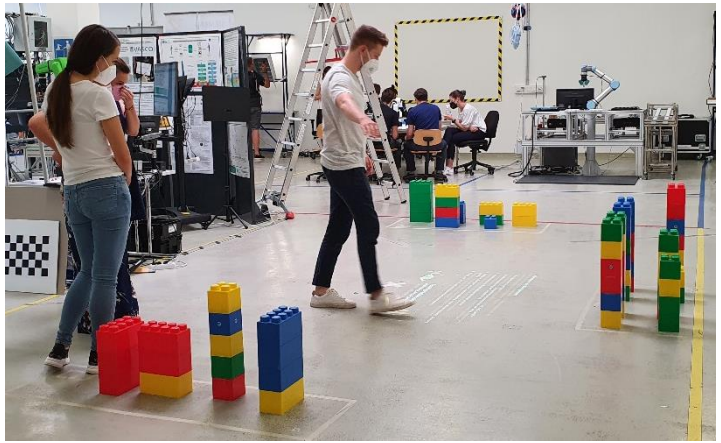
ROBONUGGETS

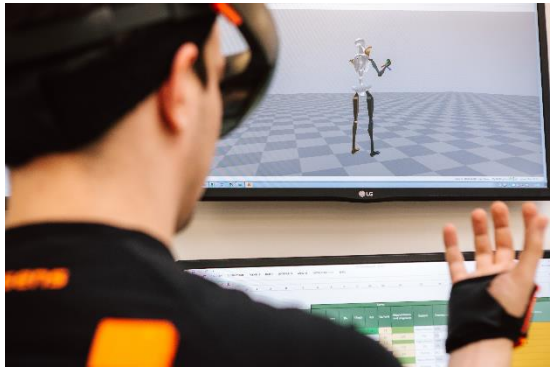
Demo & Teaching

Technology Management | Ergonomics | Human Factors

Vorstellung Pilotfabrik

Pilotfabrik für Industrie 4.0 der TU Wien, Seestadt-Aspern, Wien





Überblick

- Kurzvorstellung
- **Überblick über unternehmerische Wertschöpfungsprozesse**
- Produktion
- Schnittstellen zur Produktion

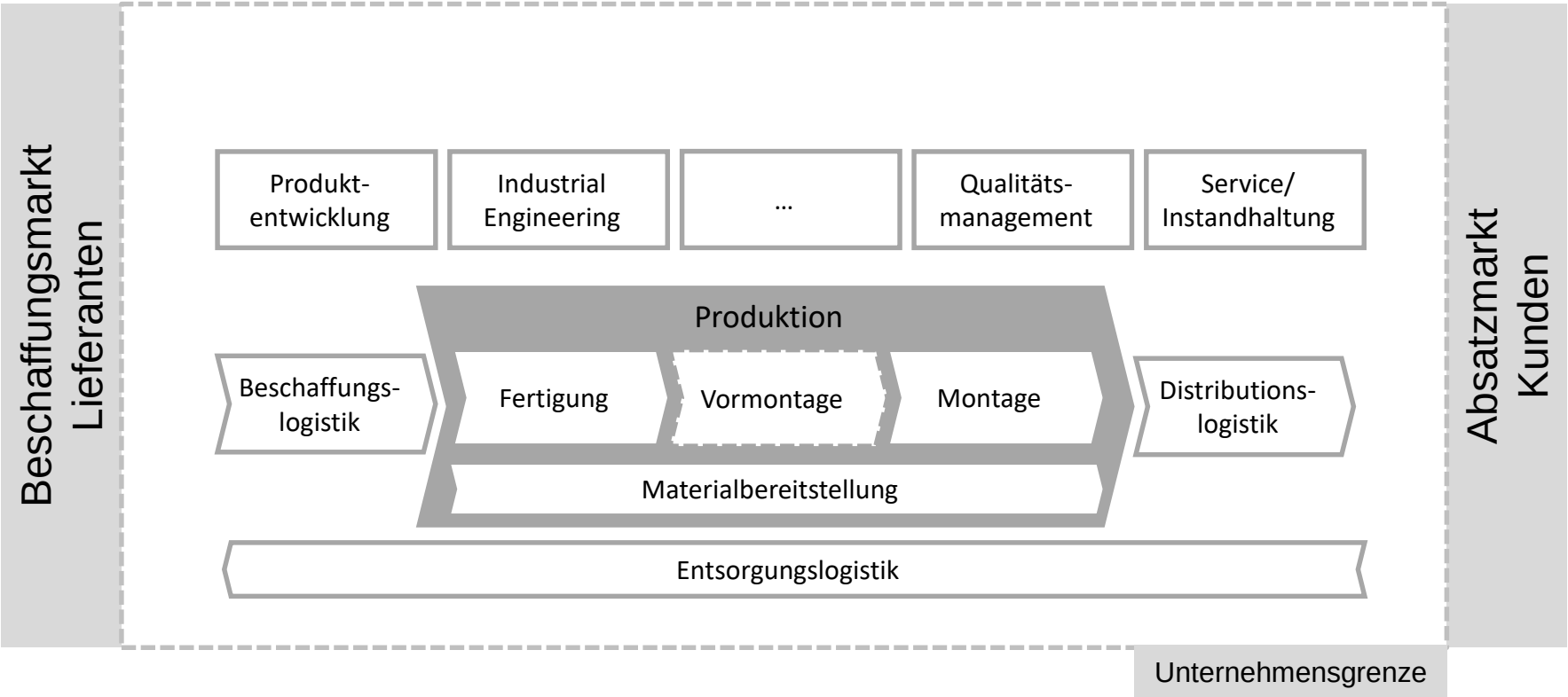
Wertschöpfung Überblick

Wie entsteht Wertschöpfung in einem Unternehmen?

Bildquelle: Rosenbauer

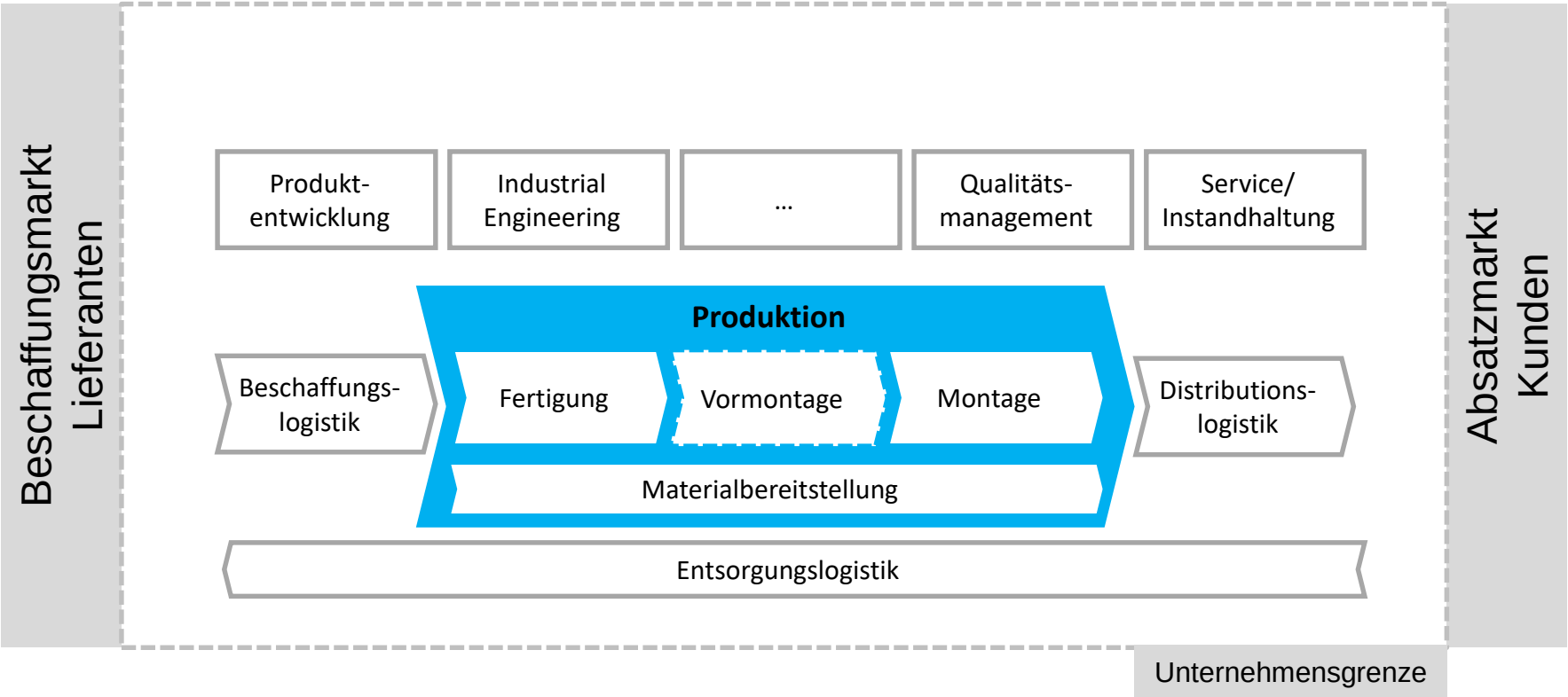
Wertschöpfung Überblick

Wie entsteht Wertschöpfung in einem Unternehmen?



Produktion

Einordnung in die unternehmerischen Wertschöpfungsprozesse



Produktion

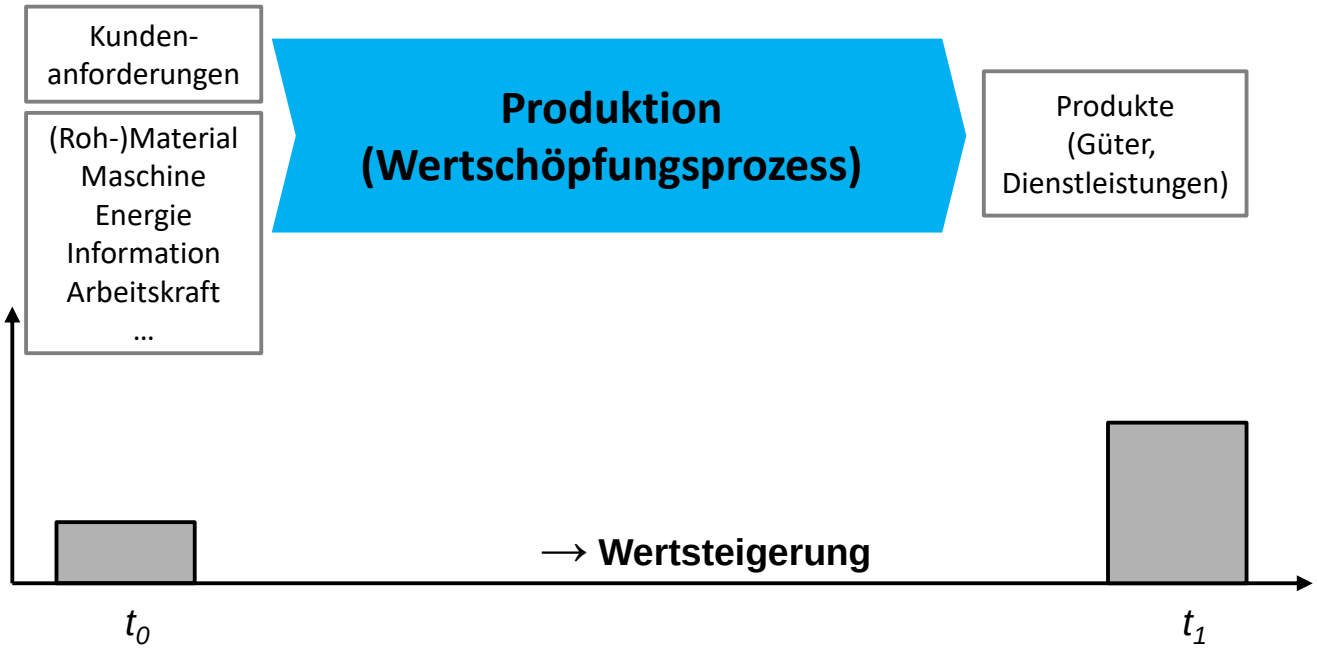
Was ist Produktion?

- Wortherkunft: producere = hervor führen (aus dem Lateinischen)
- Transformation von Produktionsfaktoren in tangible und nicht-tangible Güter (Produkte und Dienstleistungen)
- Produktion umfasst:
  - Fertigung
  - Montage, ggf. Vormontage
  - Direkte Logistiktätigkeiten
  - Integrierte Tätigkeiten aus weiteren Bereichen, bspw. aus dem Qualitätswesen

Montage eines Feuerwehrfahrzeuges, Rosenbauer International AG, Werk II Leonding.

Unternehmerische Wertschöpfungsprozesse

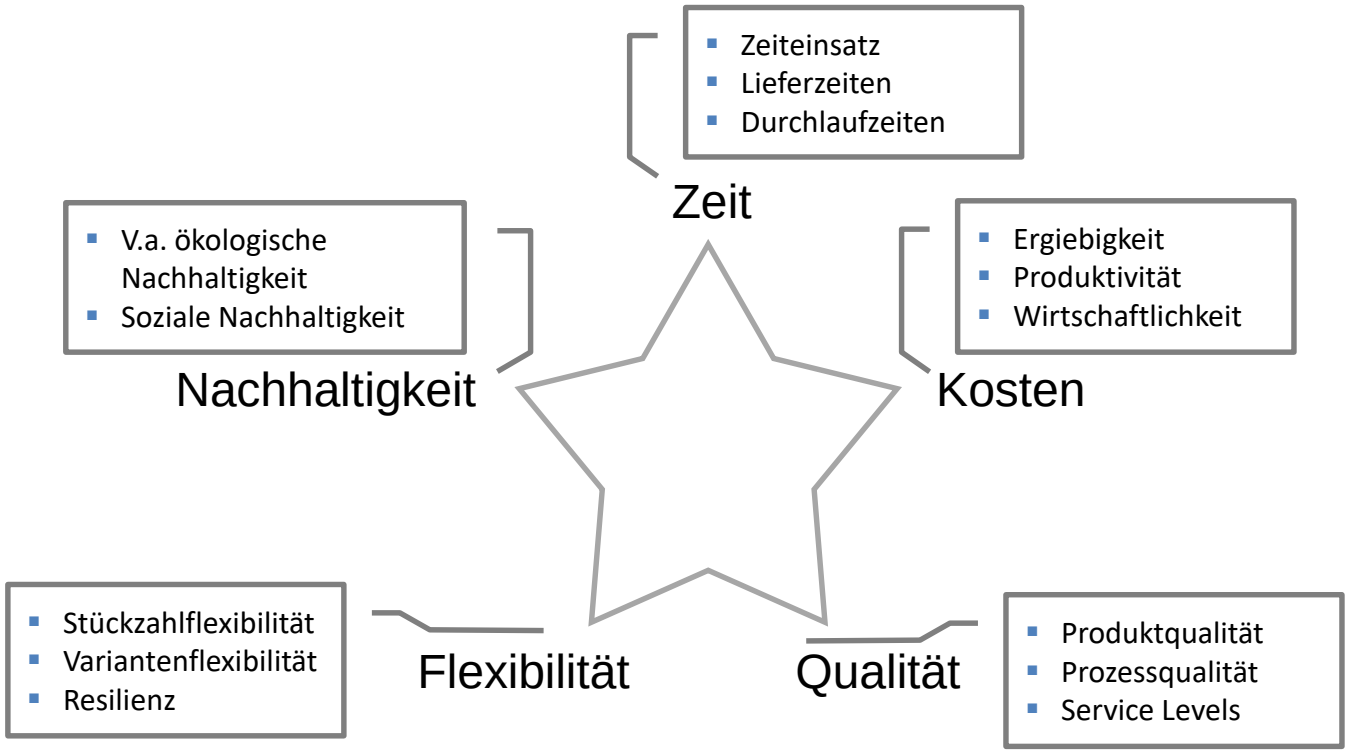
Was ist Wertschöpfung?



Quelle: Porter, M. E. (2008). Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance. Simon and Schuster. | Erstveröffentlichung: 1985

Unternehmerische Wertschöpfungsprozesse

An welchen Zielen wird Wertschöpfung gemessen?



Unternehmerische Wertschöpfungsprozesse

Wie wird Wertschöpfung gemessen?

$$Produktivität = \frac{Leistung}{Faktoreinsatz}$$

Die **Produktivität** repräsentiert eine leistungsorientierte Ergiebigkeit (=Output/Input) eines Prozesses.

$$Rentabilität = \frac{Finanzergebnis}{Kapitaleinsatz}$$

Die **Rentabilität** repräsentiert somit eine finanzorientierte Ergiebigkeit (=Output/Input) eines Prozesses

- **Wirtschaftlichkeit** ist das Verhältnis eines Ergebnisses (Output) in Wertgrößen (Erlöse, Erträge...) zum Mitteleinsatz (Input) in Wertgrößen (Kosten, Aufwendungen...).

- **Minimalprinzip:** der angestrebte Output wird mit einem Minimum an Input erreicht
- **Maximalprinzip:** der Output soll bei gegebenem Input möglichst groß ausfallen

Unternehmerische Wertschöpfungsprozesse

Arten von Produktionsfunktionen

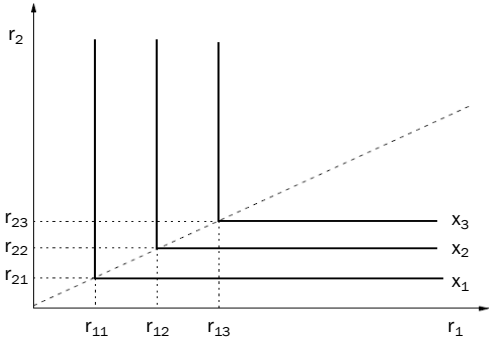
Es lassen sich zwei Arten von Produktionsfunktionen unterscheiden:

1. **Substitutionale Produktionsfunktion**: bestimmte Produktionsfaktoren können durch andere ersetzt werden ohne dass sich dabei die Ausbringung verändert: die Menge eines Faktors kann durch Mehraufwand eines anderen Faktors gesenkt werden (bspw. Cobb-Douglas-Produktionsfunktionen)
2. **Limitationale Produktionsfunktion**: die Produktionsfaktoren stehen in einem fixen Einsatzverhältnis zueinander → Ausbringung steigt nur dann, wenn beide Faktoren vermehrt zum Einsatz kommen (bspw. Leontief-Produktionsfunktion)

Produktionsfaktor	Variable	Einsatzmenge
Etikett	r_1	1Stk
Faden	r_2	14cm
Papier für Beutel	R_3	34,4cm^2
Klammern	r_4	2Stk.
Tee Sorte1	r_5	10-50g
Tee Sorte2	r_6	10-50g

$$10g \le r_5 \le 50g$$
$$10g \le r_6 \le 50g$$
$$r_5 + r_6 = 50g$$

$$x = f(r_1, r_2) = A r_1^a r_2^b$$



$$x_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} r_j$$

Produktion

Wie ist Produktion organisiert?

- Produktion wird nach folgenden Aspekten unterschiedlich organisiert:
  - Arbeitsteilungsverfahren (Mengen- und Artteilung)
  - Fertigungsverfahren
  - Fertigungsprinzipien (Verrichtungs- und Flussprinzip)
  - Fertigungstypen (Einzel-, Serien- und Massenfertigung)

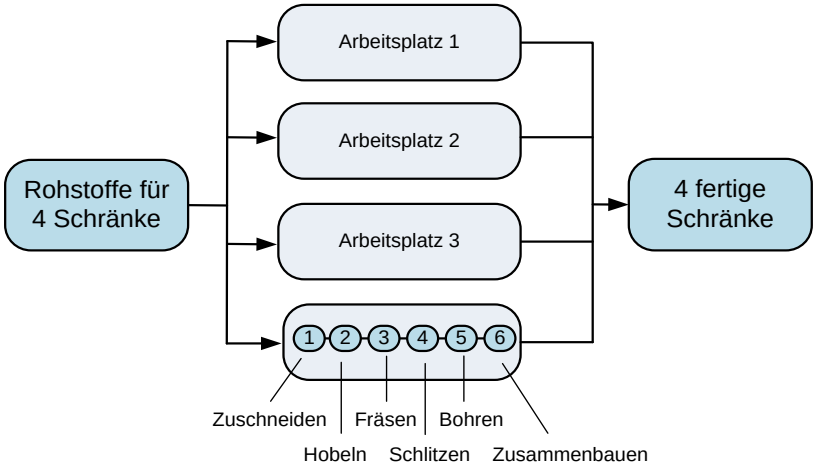
Bildquelle: Montage eines Feuerwehrfahrzeuges, Rosenbauer International AG, Werk II Leonding.

Produktion

Mengen- vs. Artteilung (am Beispiel der Herstellung von Schränken)

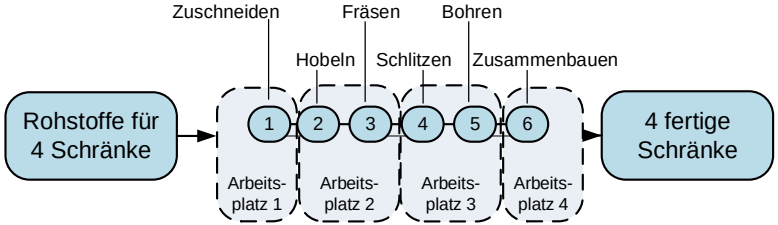
Mengenteilung

Jeder Arbeiter fertigt an einem Arbeitsplatz einen Schrank, wobei an jedem Arbeitsplatz alle Arbeitsgänge ausgeführt werden



Artteilung

Es werden ebenfalls 4 Schränke gefertigt. Die Aufteilung in Zuschneiden, Hobeln, Fräsen, Schlitzen, Bohren, Zusammenbauen erfolgt jedoch so, dass jeder eine andere Art von Arbeit an der Gesamtmenge durchführt. (→ Spezialisierung erhöht Mengenleistung)



Produktion
Fertigungstypen

- Das Merkmal Fertigungstyp charakterisiert die Häufigkeit der Leistungswiederholung im Produktionsprozess. Als maßgebendes Kriterium zur Differenzierung des Merkmals dient die durchschn. Wiederholungshäufigkeit der Erzeugnisse pro Jahr.
- Folgende grundlegende Fertigungstypen werden unterschieden:
  - Einzelfertigung
  - Serienfertigung
  - Massenfertigung

Produktion

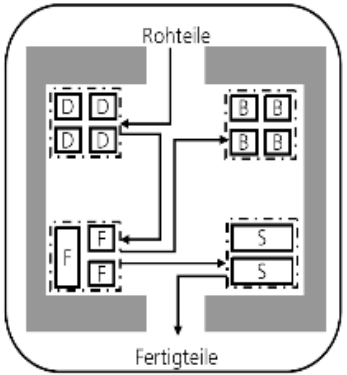
Fertigungstypen

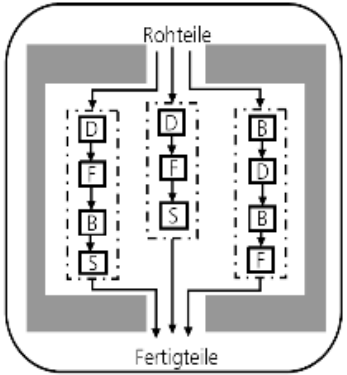
Fertigungstyp / Merkmale	Einzelfertigung	Serienfertigung	Massenfertigung
Stückzahl	keine Wiederholung	begrenzte Wiederholung	unbegrenzte Wiederholung
Stückkosten	hoch	niedrig durch Kostendegression	minimal durch hohe Kostendegression
Mitarbeiterqualifikation	vorwiegend Facharbeiter	Facharbeiter und angelernte Arbeiter	vorwiegend angelernte und ungelernte Arbeiter
Maschinen	Universalmaschinen	Universal- und Spezialmaschinen	vorwiegend Spezialmaschinen
Automatisierungsgrad	sehr niedrig	mittel	sehr hoch
Flexibilität	sehr hoch	begrenzt	sehr gering
Produktvorgabe	auftragsorientiert	programm- und auftragsorientiert	programmorientiert
Produktions-standardisierung	keine	möglich	hoch
Aufwand für PPS	hoch	mittel	gering
Anwendungsgebiete	Großmaschinenbau, Schiffsbau	PKW-Produktion	Normteile, Tabakindustrie

Produktion
Fertigungsprinzipien

- Das Fertigungsprinzip charakterisiert die räumliche Anordnung und die zeitliche Bindung der Produktionsmittel zueinander, die Einbindung des Menschen und die Art des Durchlaufs der Werkstücke durch die Produktion.
- Grundsätzliche Unterscheidung in:
  - Verrichtungsprinzip: Ähnliche Betriebsmittel zusammenfassen, je nach Arbeitsfolge durchlaufen Produkte mehrere Bereiche → Werkstatt-, Werkbankfertigung
  - Flussprinzip: Die Arbeitsstationen/Betriebsmittel sind in der Reihenfolge des Materialflusses angeordnet, sodass ein gerichteter Materialfluss entsteht → Reihen-, Fließfertigung

Werkstattfertigung



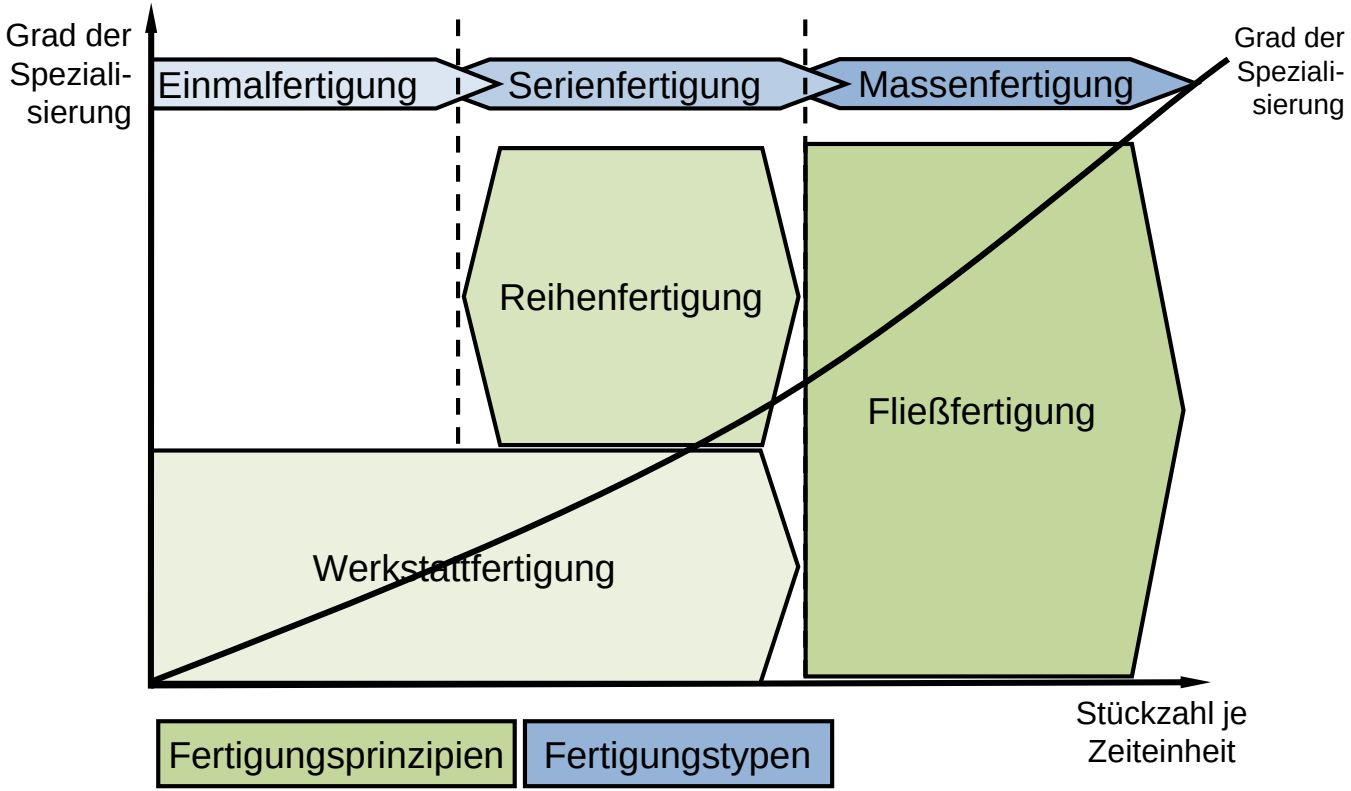


Fließfertigung

D: Drehen
F: Fräsen
B: Bohren
S: Schleifen

Produktion

Fertigungstypen vs. Fertigungsprinzipien



Produktion

Industrial Engineering (Arbeitsvorbereitung)

Industrial Engineering/ Arbeitsvorbereitung

Die Arbeitsvorbereitung umfasst alle Maßnahmen der methodischen Arbeitsplanung und Arbeitssteuerung mit dem Ziel, ein Optimum aus Aufwand und Arbeitsergebnis zu erreichen.

Arbeitsplanung

Die Arbeitsplanung umfasst alle einmalig auftretenden Planungsmaßnahmen, welche unter ständiger Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit die fertigungsgerechte Gestaltung eines Erzeugnisses oder die ablaufgerechte Gestaltung einer Dienstleistung sichern.

Produktbezogen & Einmalige Tätigkeit

PPS (Produktionsplanung und -steuerung)

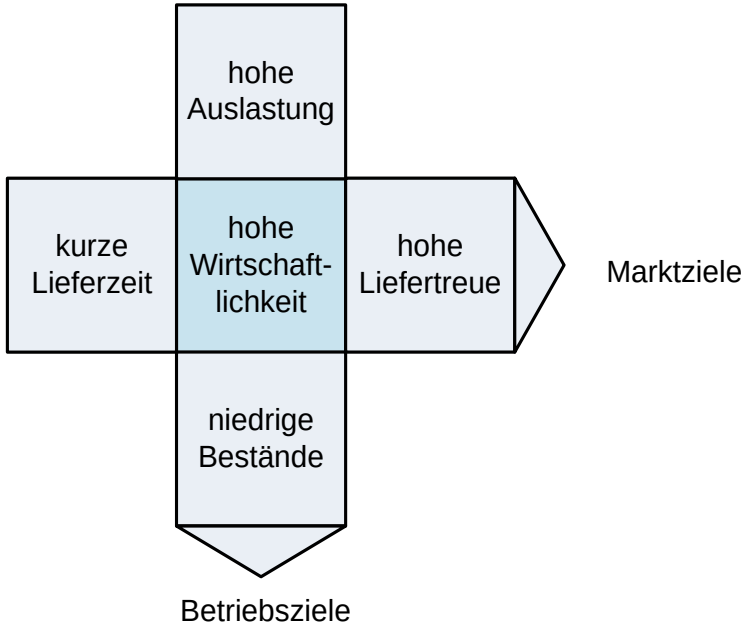
Die PPS unterstützt die gesamte Auftragsabwicklung von der Angebotsbearbeitung bis zum Versand und berührt die Betriebsbereiche Konstruktion , Verkauf, Einkauf, Fertigung, Montage, Ersatzteilwesen und Versand.

Auftragsbezogen & Routinetätigkeit

Die Produktionsplanung und -steuerung erfordert eine fein austarierte Beantwortung der Fragen: WIEVIEL, WANN, WO, durch WEN hergestellt wird.

→ Klassische Zielkonflikte, bspw.:

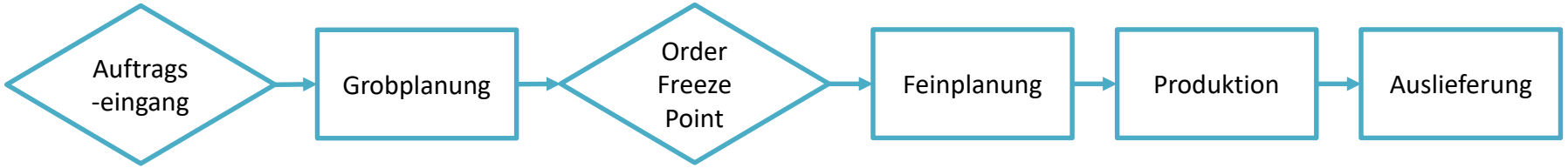
- Hohe Liefertreue vs. Geringe Bestände?
- Hohe Auslastung vs. Geringe Bestände?
- Kurze Lieferzeit vs. Hohe Auslastung?
- Hohe Auslastung vs. Hohe Liefertreue?



Auftragsabwicklung & Produktionsplanung

Case Study Rosenbauer

- Auftragseingänge ca. 1 Jahr vor Auslieferung
- Ca. 10 Wochen vor Liefertermin keine Änderungen mehr („Order Freeze Point“)
- Abnahme vor Ort „ab Werk“
- Allg. Prozess:



Als Lean Production bezeichnet man einen Zustand, der Verschwendung in jeder Form vermeiden soll, um Unternehmen effektiver und wettbewerbsfähiger zu machen.

- 7 Arten der Verschwendung:

  Überproduktion | Bestände | Wartezeiten

  Ausschuss | Bewegung | Transport

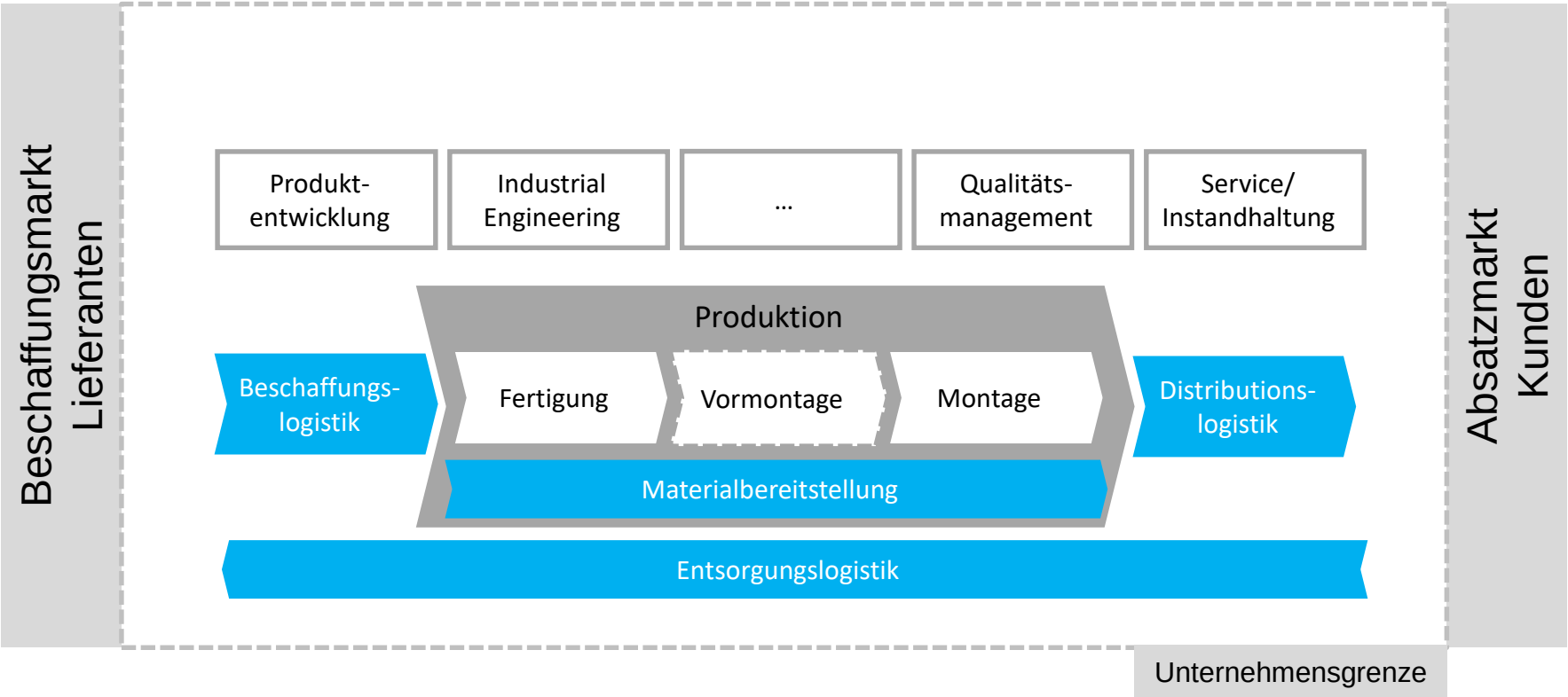
  Bearbeitung | (8. Information)

→ LVA Produktions- und Qualitätsmanagement 1

Bildquelle: Montage eines Feuerwehrfahrzeuges, Rosenbauer International AG, Werk II Leonding.

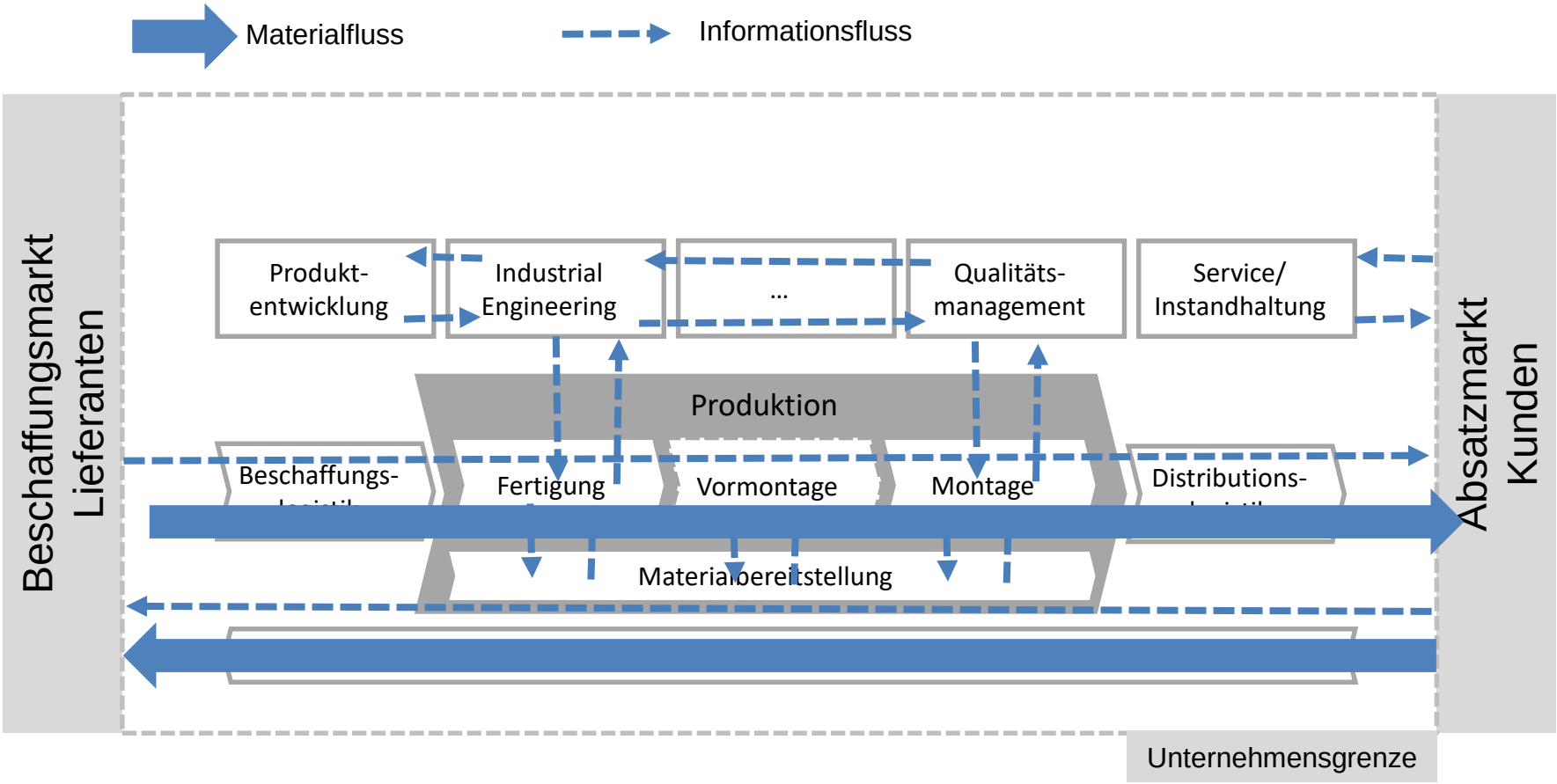
Logistik

Bereiche der Logistik



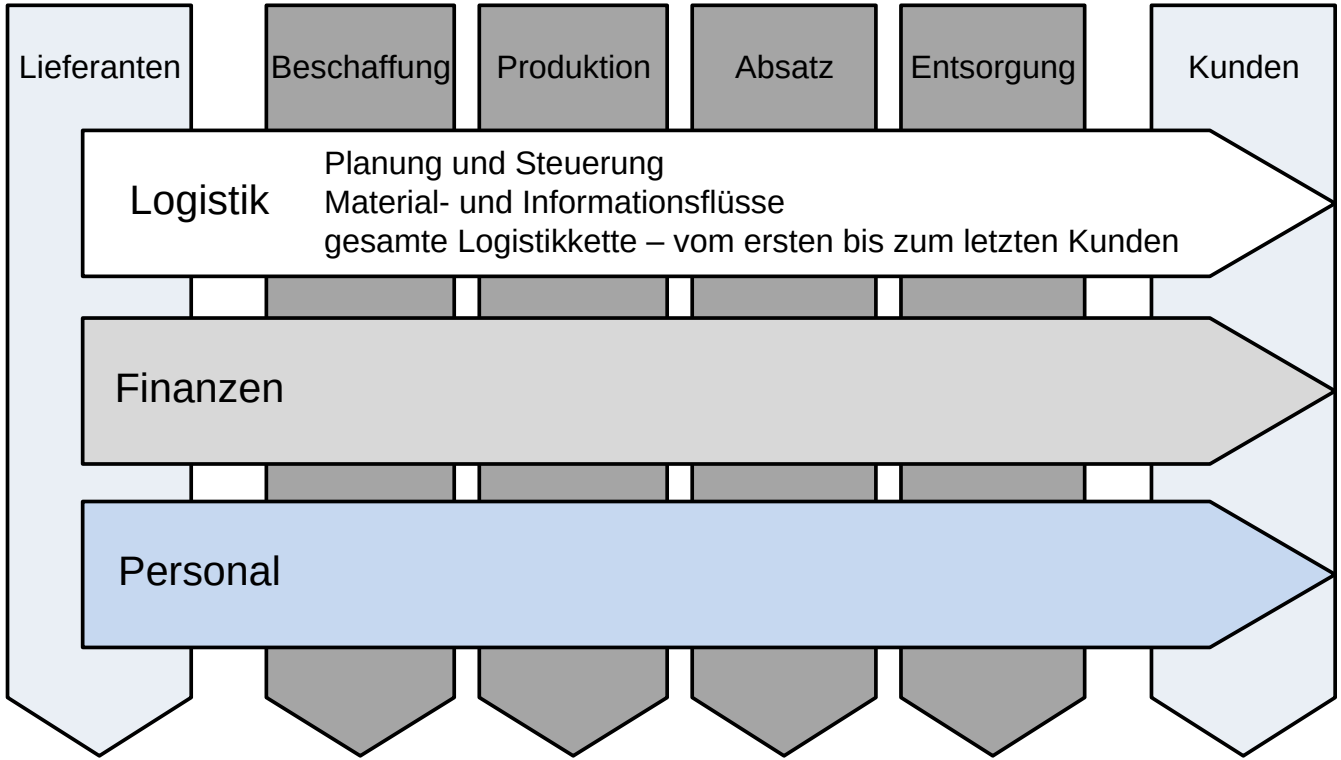
Logistik

Orientierung an Material- und Informationsflüssen



Logistik

Logistik als Querschnittsfunktion



Qualitätsmanagement
Historische Entwicklung

Qualitätskontrolle
- Qualität durch Endkontrolle
- Qualitätsverbesserung durch Einengung der Prüfanforderungen
- Produktorientierung

Systematische Qualitätssicherung
- Qualität durch Kontrolle im Entwicklungs-/Herstellungsprozess
- Qualitätsverbesserung durch Vorbeugung
- Schwerpunkt bei technischen Bereichen
- Beginnende Prozessorientierung

Umfassendes Qualitätsmanagement
- Verpflichtung des Managements
- Einbeziehung aller Mitarbeiter
- Kundenorientierung
- Prozessorientierung

Fredrick . W. Taylor

Wissenschaftliche Betriebsführung, 1911

„The Principles of Scientific Management“ (1911)

„Economic Control of Quality“ (1934)

Walter A. Shewhart

Stichprobensystem, Qualitätsregelkarten

W. Edwards Deming publiziert den PDCA-Kreis (1950)

Taiichi Ohno

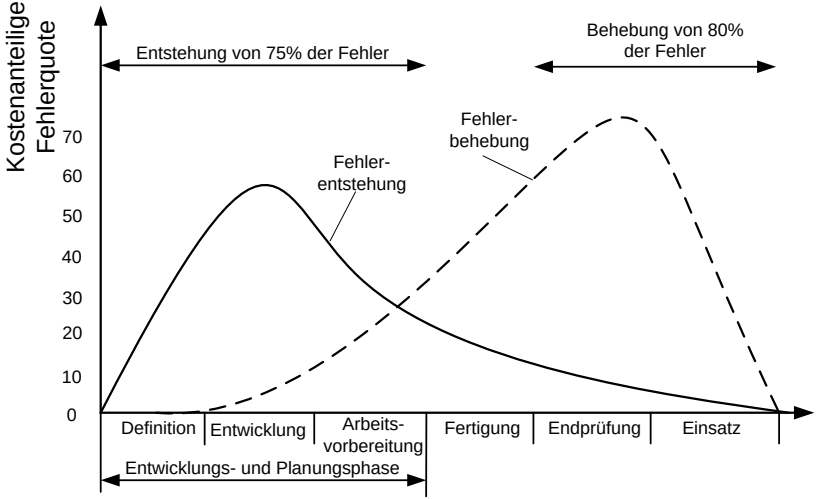
Entwicklung des Kaizen-Modells (1950)

Einführung der „DIN EN ISO 9000 ff.“ (1987)

Gründung der EFQM – Excellence Modell (1988)

TQM
Six Sigma
IMS
KVP
Lean Thinking
…

- Bemühungen um Qualität zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren ursprünglich sehr produktbezogen → Produkt musste bestimmte Eigenschaften (Q-Merkmale) erfüllen
- Systematische Fehlersuche geschah in der Regel erst nach deren Auftreten (**Qualitätskontrolle**)
- Später erkannte man, dass:
  - der überwiegende Anteil aller Fehler in den planenden Phasen vor der Fertigung entsteht
  - die Aufdeckung derartiger Fehler und ihren Auswirkungen meist erst sehr spät erfolgt → erhebliche Kosten für das Unternehmen

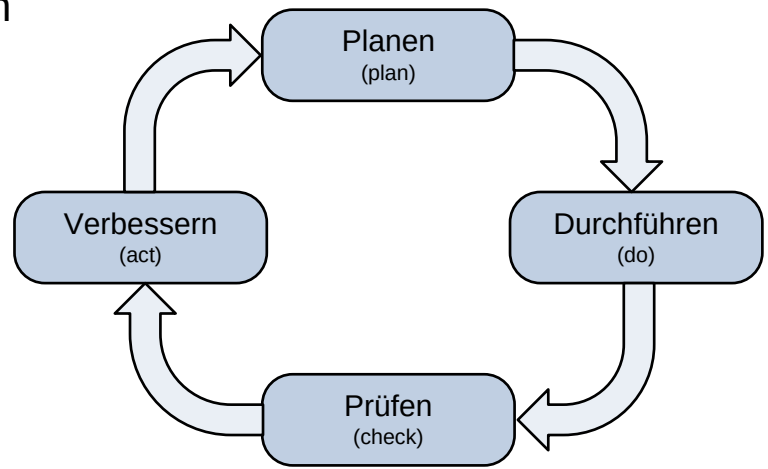


Qualitätsmanagement

Qualitätskontrolle

- Qualitätssicherung ist „der Effekt der vorbeugenden Verhütung von Fehlern schon während der Entwicklung und Fertigung durch Erfassung und Beherrschung von Einflüssen auf die Qualität.“ Dies kann mit Hilfe von speziellen Methoden erreicht werden.

- Qualitätsmanagement sind „Führungsmaßnahmen in Richtung des Ziels „Qualität“ in allen Phasen der Leistungserstellung zu erreichen“, d.h. Einflussnahme auf alle Qualitätselemente des sogenannten Qualitätskreis.



Qualitätsmanagement

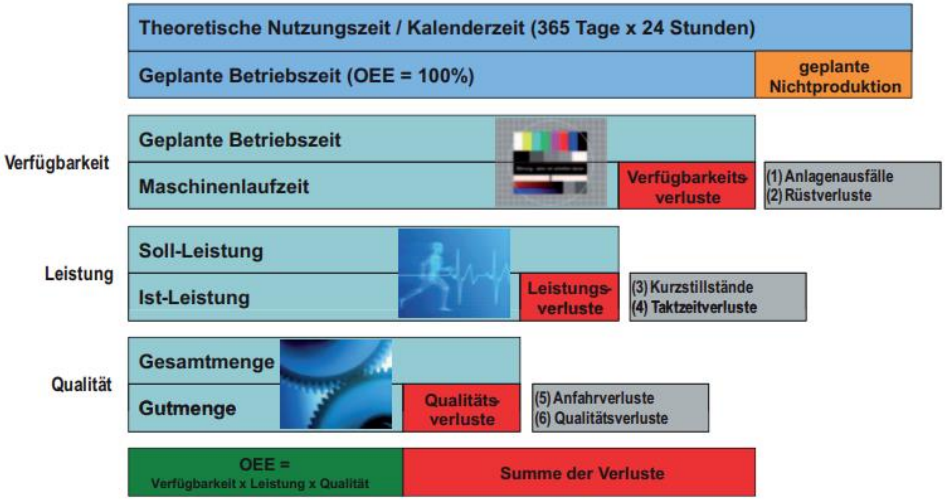
Overall Equipment Effectiveness (OEE)

- Auch *Gesamtanlageneffektivität:* weit verbreitete Unternehmenskennzahl, um Prozessperformance bzw. Prozessqualität zu messen (und zu verbessern)
- $OEE = Verfügbarkeit * Leistung * Qualität$
- $Verfügbarkeit = \frac{Tatsächliche\ Produktionszeit}{Mögliche\ Produktionszeit}$
- $Leistung = \frac{Tatsächliche\ Ausbringung}{Theoretische\ Ausbringung}$
- $Qualität = \frac{Einwandfreie\ Produkte}{Gesamte\ Ausbringung}$
- Wichtig (1): Verluste eindeutig berücksichtigen, bspw. lassen sich Verluste im Produktionsanlauf sowohl zu Leistungsverlusten als auch zu Qualitätsverlusten zuordnen
- Wichtig (2): Die Ausgangsbasis klären (*Geplante Betriebszeit*)

Qualitätsmanagement

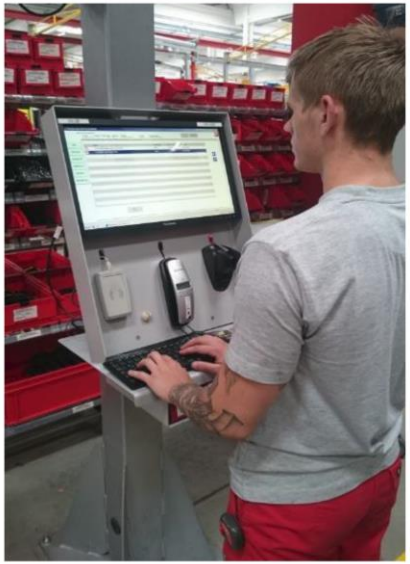
Overall Equipment Effectiveness (OEE)

- Wichtig (1): Verluste eindeutig berücksichtigen, bspw. lassen sich Verluste im Produktionsanlauf sowohl zu Leistungsverlusten als auch zu Qualitätsverlusten zuordnen
- Wichtig (2): Die Ausgangsbasis klären (*Geplante Betriebszeit*)
- Beispiel:
  - Verfügbarkeit: Zielwert: >90 %
  - Leistung: Zielwert: > 95%
  - Qualität: Zielwert: > 99 %
  - OEE: Zielwert: > 85 %



Bildquelle: Kletti, J. (Hg.). (2015). MES - Manufacturing Execution System: Moderne Informationstechnologie unterstützt die Wertschöpfung (2. Auflage). Springer Vieweg. https://repositum.tuwien.at/retrieve/17231 https://doi.org/10.1007/978-3-662-46902-6

- Werkerinformationssystem „Montage-Cockpit“
  - Umfassende Arbeitsinformationen / -anweisungen
  - „Crystal Reports“ u.a. jährliche Auswertung der Maschinenzeiten um Rüstzeiten, Stillstandzeitenentwicklung vergleichen zu können

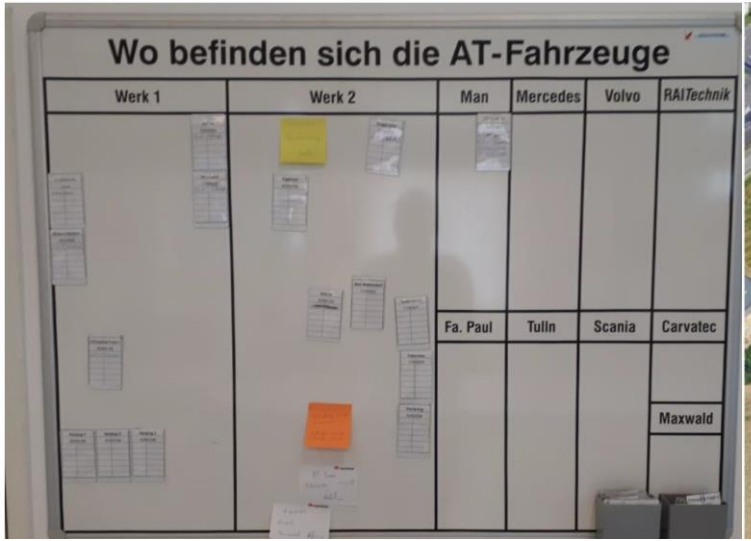


- Operatives Werkzeug für den Monteur zur schnellen Informationsbeschaffung
- Entfall der bisherigen Auftragsmappen durch „papierlose“ Fertigung
- Aktueller Informationsstand garantiert
- Einfache Touchbedienung mit großen Buttons, Tastatur als Erleichterung bei diversen notwendigen Eingaben
- Nicht mit unnötigen Funktionen überladen
- Aufruf jeglicher Arbeitsanweisungen und Standards, welche für den jeweiligen Arbeitsplatz relevant sind
- 158 Montagecockpits (Montage- und Vorfertigungsbereiche) sind an den Standorten Leonding bereits in Verwendung

Bildquelle: Papierlose Fertigung, Rosenbauer International AG.

- Werkerinformationssystem „Montage-Cockpit“ um Arbeitsinformationen / -anweisungen anzuzeigen
  - Beispielanwendung: Tracking der Fahrzeuge

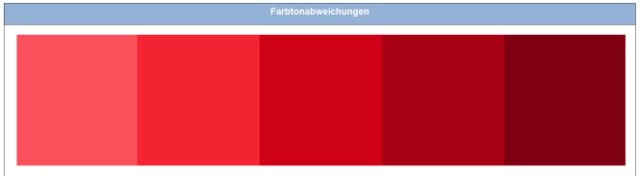
Früher



Heute

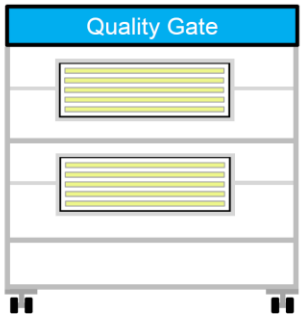
Bildquelle: Papierlose Fertigung, Rosenbauer International AG.

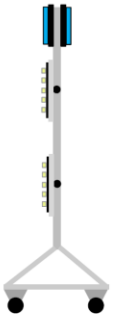
- Beispiel Quality Gate Oberflächenstandard
  - Farbtöne dürfen nicht abweichen, werden als RB Colorcodes definiert
  - Schichtstärken müssen eingehalten werden, z.B. Grundierung + Deck Lack auf Stahl 100-120µm
  - Vielzahl an technischen Standards muss eingehalten werden



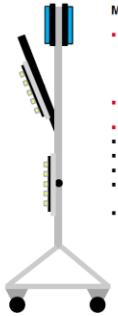
Prüfart	Prüfnorm	soll
Haftfestigkeit	DIN 53151	≦ GT 0-1
Kratzprüfung	Nach DB	≦ KW 1
Salzsprühtest • Stahl 720 Std • Aluminium 1000 Std	DIN 50021 SS	
Rost auf der Fläche	DIN 53210	Ri 1
Blasengrad	DIN 53209	M1 / g1
Unterwanderung	DIN 53167	< 2 mm
Haftung n. Belastung nach 36 Std	DIN 53151	≦ KW 1
Konst. Kondenswasser 240 Std	DIN 50017 KK	
Blasengrad	DIN 53209	M1 / g1
Haftung n. Belastung nach 36 Std		≦ KW 1
Klimawechseltest 10 Wo.	VDA 621-415	
Blasengrad	DIN 53209	M1 / g1
Gitterschnitt	DIN 53151	≦ GT 0-1
Kratzprobe	Nach DB	≦ KW 1

Prüfart	Prüfnorm	soll
UV + Wetterbeständigkeit	DIN EN ISO 2810	Keine Veränderungen
Kurzbewitterung mit WOM	DIN ISO 4892-2	2000 Stunden
Glanzgrad-glänzend	DIN 5033-7	> 88 E / 60° ∢
Farbton	DIN 6174	Delta E < 1,0
Pendelhärte nach König	DIN 53 157	> 100sek
Tiefung	DIN 53 156	> 6 mm
Dornbiegetest (Zylinder)	DIN 53 152/ISO 1519-1973	< 2,5 cm
Dornbiegetest (Konisch) 2cm	DIN ISO 6860	Keine Risse
Steinschlagfestigkeit	DIN 55996-1	KW 1-2
Kondeswasser Klimaten	DIN EN ISO 6270-2	
Salzsprühnebelprüfungen	DIN EN ISO 9227	
Beständigkeiten gegen Flüssigkeiten	DIN EN ISO 2812-3	
FAM – Prüfflüssigkeiten	DIN 51604-1	





Beispiel für die Schräge



Mobiler Prüfplatz für Onlineteile

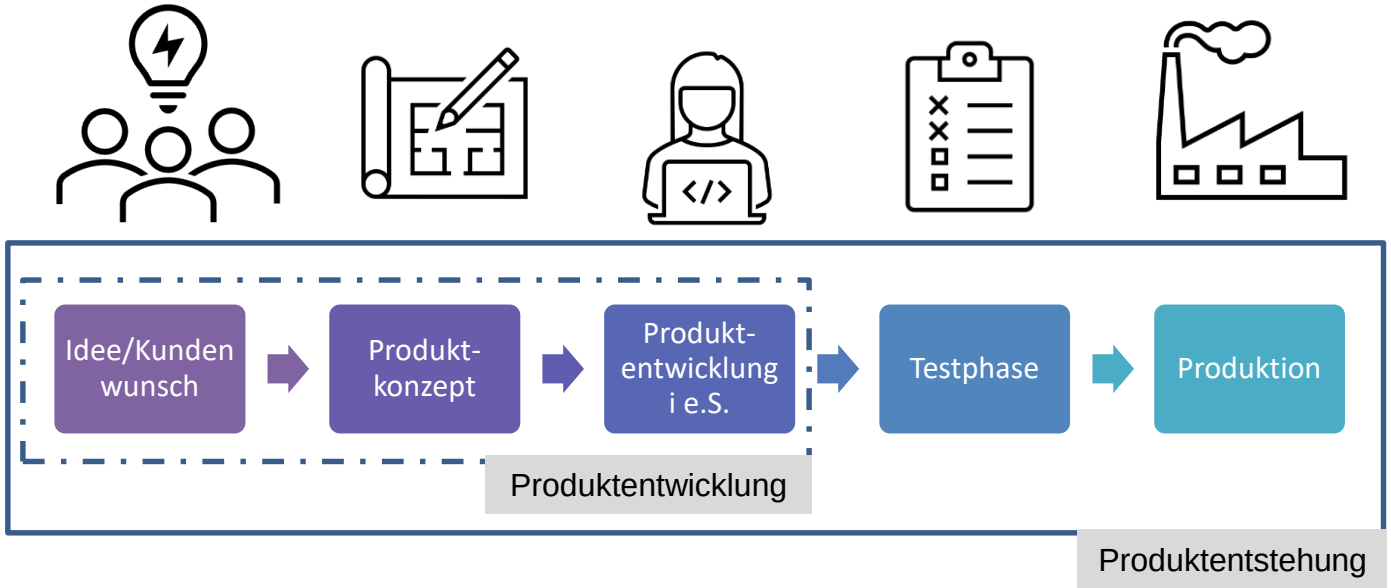
- Prüfung in etwa Einbaulage. Bauteile in 1-2,5 Meter Höhe (Ziel: Unterkante des unteren Panels bei ca. 100mm)
- Die Paneele ggf. auch stehend
- Die oberen Paneele leicht schräg
- **Lichtfarbe:** 830/865
- **Leuchtmittel:** LED 32W
- **Wirkungsgrad:** 85%
- **Beleuchtungsstärke:** 900 – 1000lx am Bauteil
- **Schutzgrad:** IP 54

Bildquelle: Auszug Dienstanweisung Oberflächenstandard, Rosenbauer International AG.

Produktentwicklung und Produktion

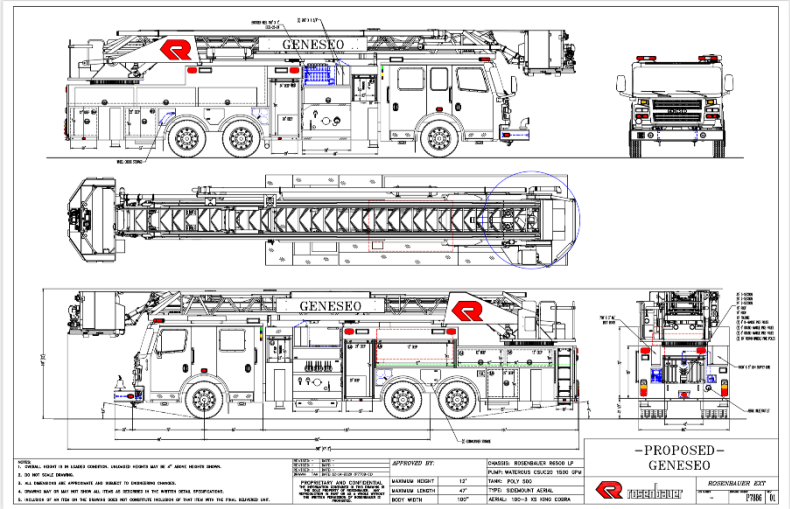
Produktentstehungsprozess (PEP)

- Produktentwicklung vs. Produktentstehung
- Produktentstehungsprozess (PEP): Integrierte Betrachtung von der Idee zum industrialisierten Produkt (in Serie!)

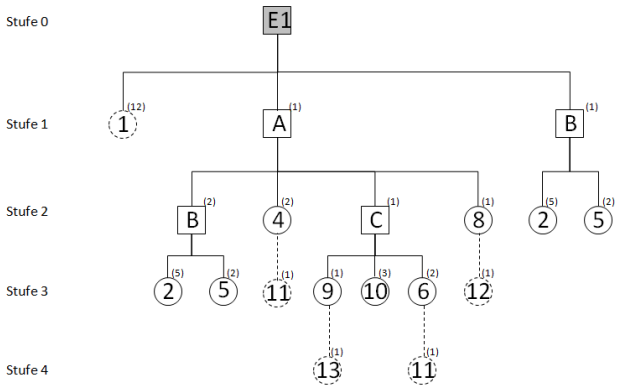


Die Entwicklungsabteilung liefert:

- Produktzeichnung (CAD)
- Stückliste



Zeichnung eines Feuerwehrfahrzeuges, chicagoareafire.com



Zeichenerklärung:
- ☐ Gruppe, Erzeugnis
- ○ Einzelteil
- ◌ Halbzeug
- ( ) Mengenangabe auf der Stückliste

Beispielhafter Aufbau einer Stückliste

Erzeugnis E1 besteht aus					
Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Sach-Nr	Menge
x				1	12
x				A	1
	x			B	2
		x		2	10
		x		5	4
	x			4	2
		x		11[1)]	2
	x			C	1
		x		9	1
			x	13[1)]	1
		x		10	3
		x		6	2
			x	11[1)]	2
	x			8	1
		x		12[1)]	1
x				B	1
	x			2	5
	x			5	2

[1)] Halbzeug, Rohteil

KONTAKT

Univ. Prof. Dr.-Ing.

Sebastian Schlund

Forschungsbereichsleiter
Human Centered Cyber Physical Production and Assembly Systems
(BMK Stiftungsprofessur für Industrie 4.0)

Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

FFG

Technische Universität Wien
Institut für Managementwissenschaften
Theresianumgasse 27, A-1040 Wien
Telefon: +43 (1) 58801-33054
sebastian.schlund@tuwien.ac.at