



Universität Stuttgart

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb
IFF



Schwerpunktsetzung

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
Fabrikbetriebslehre I

Organisatorisches

Prüfung und Schwerpunktsetzung

- Termin der schriftlichen Prüfung: Freitag, der **01.09.2023** (Ort wird noch bekanntgegeben)
 - FBL I: von **8:00 – 09:00 Uhr**
 - FBL II: von **8:00 – 10:00 Uhr**
- Der Termin für die Prüfungssprechstunde: Donnerstag, der **17.08.2023** von **09:00 – 10:00 Uhr, IFF Raum 0.201**
- Schwerpunktsetzung dieser Vorlesung
 - Konzentrierte Foliensammlung aus dem gesamten Folienpool
 - Macht mind. 70% der Prüfung aus
 - Keine Stoffeinschränkung!

Gliederung

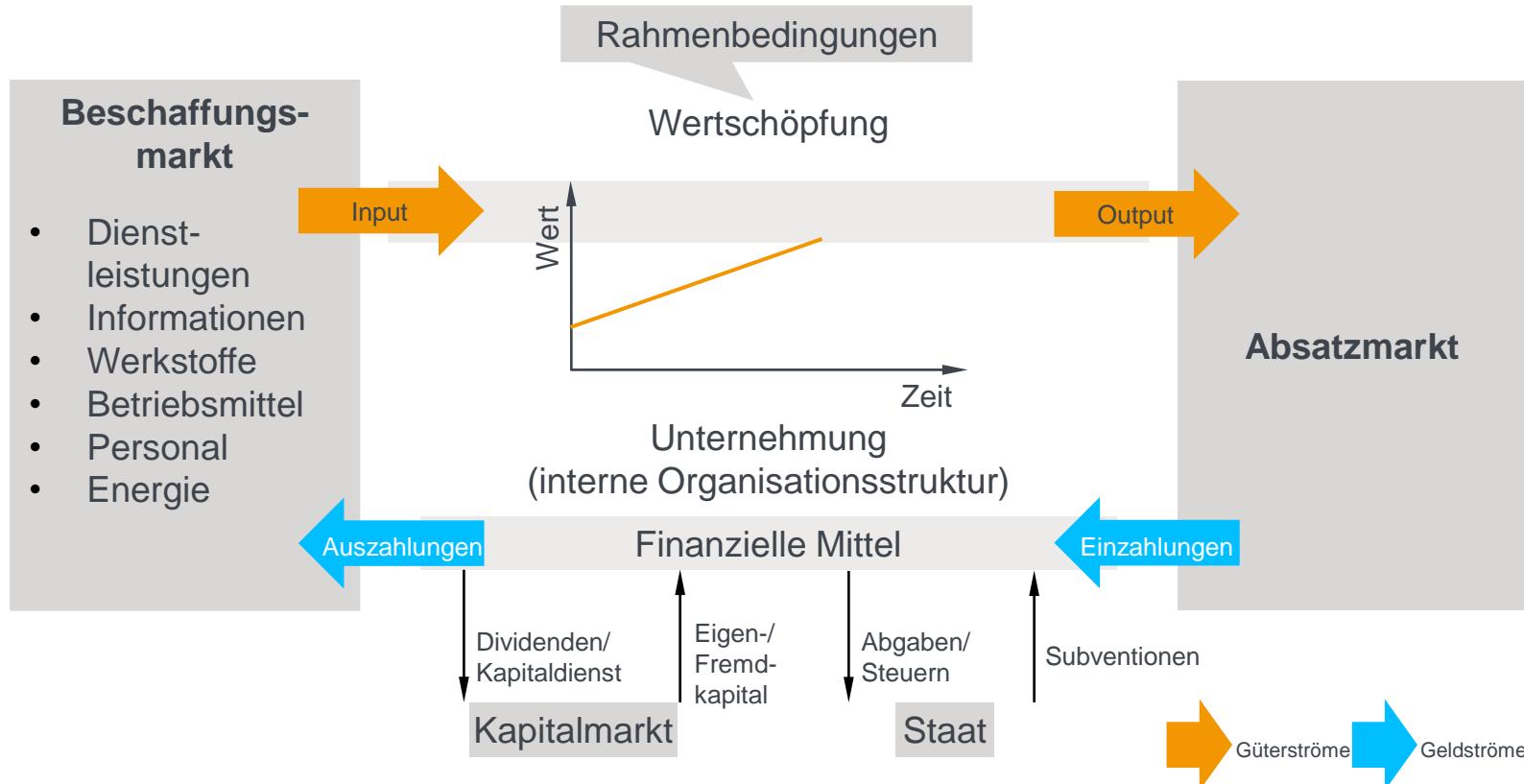
Fabrikbetriebslehre 1

	Thema
1	Industrielle Produktion – Historie, Treiber und Ausblick
2	Struktur und Strategien produzierender Unternehmen
3	Auftragsmanagement I & II
4	Innovation und Entwicklung
5	Fabrikplanung
6	Arbeitsplanung
7	Fertigungs- und Montagesysteme
8	Produktionsmanagement I – Ganzheitliche Produktionssysteme
9	Produktionsmanagement II – Die Wertstrommethode
10	Produktionsmanagement III – Methoden und Führung

Industrielle Produktion – Historie, Treiber und Ausblick

Grundbegriffe der industriellen Produktion

Das Unternehmen – Märkte, Güter- und Warenströme



Grundbegriffe der industriellen Produktion

- **Produktion**
vom Menschen (Produzent) gesteuerter Prozess der planmäßigen Kombination von Produktionsfaktoren (Input) zur Transformation in Güter und Dienstleistungen (Output)
- **Fertigung**
Herstellung und Montage materieller Güter unter dem Einsatz von Produktionsfaktoren
- **Wertschöpfung**
Schaffung eines (monetären und/oder funktionalen) Mehrwerts durch planmäßige Kombination von Produktionsfaktoren im Rahmen eines Transformationsprozesses

Grundbegriffe der industriellen Produktion

Produktionsfaktoren

Elementarfaktoren						Dispositive Faktoren				
Repetierfaktoren			Potentialfaktoren							
Werkstoffe			Betriebsmittel			Menschliche Arbeit am Erzeugnis	Leitung	Planung	Organisation	Überwachung
Rohstoffe	Hilfsstoffe	Betriebsstoffe	Materielle Betriebsmittel	Immaterielle Betriebsmittel						

- Elementarfaktoren betreffen direkt den Produktionsprozess
 - Repetierfaktoren werden im Produktionsprozess unmittelbar verbraucht
 - Potentialfaktoren werden im Produktionsprozess mittelbar verbraucht
- Dispositive Faktoren betreffen indirekt den Produktionsprozess

Gutenberg (1983)

Historie der industriellen Produktion

Industrielle Produktion – Die vier Revolutionen

1. Indust. Revolution

Einführung mechanischer Produktionsanlagen mit Hilfe Wasserkraft und Dampfkraft

~1750

- Bevölkerungsexplosion
- Vermeidung von Hungerkatastrophen
- Zentralisiertes, arbeitsteiliges und teilmechanisiertes Fabriksystem in Textil-, Eisen- und Stahlindustrie
- Entstehung und Ausbeutung der Fabrikarbeiterenschaft, Pauperismus, Urbanisierung, Bürgerliche Revolution

2. Indust. Revolution

Einführung arbeitsteiliger Massenproduktion mit Hilfe elektrischer Energie

~1870

- Bevölkerungswachstum und Wohlstands nachfrage
- Großindustrielle Massenproduktion in Elektro-, Chemie- und Automobilindustrie
- Bedeutung der Gewerkschaften wächst, Entstehung Sozialdemokratie, Kommunismus sowie Wohlstandsgesellschaft

3. Indust. Revolution

Einsatz von Elektronik und IT zur weiteren Automatisierung und Produktion

~1960

- Verkäufer- wird zu Käufermarkt im globalen Wettbewerb
- Variantenreiche Serienproduktion mechatronischer Systeme
- (Soziale) Marktwirtschaft, Wissensexploration, Verschuldung entwickelter Volkswirtschaften, Globalisierung

4. Indust. Revolution

Cyber-physische Systeme als Basis

~2010

- Industrie 4.0 integriert cyber-physische Systeme in die Produktion und Logistik
- Smarte Objekte auf Basis eingebetteter Systeme verbunden mit IoT zur echtzeitfähigen Kommunikation
- Möglichkeit der Anpassung des laufenden Fertigungsprozess bei kurzfristigen Änderungen von Kundenwünschen

Volkswirtschaftliche Bedeutung der Produktion

Export-, Innovations- und Produktivitätsbeitrag

- **Exportbeitrag**

- 93 % aller exportierten Güter und Leistungen Deutschlands stammen aus dem Industriesektor
- Hohe Exportrate führt zu ausgeglichener Handelsbilanz
- Industriebeitrag deutlich höher als Dienstleistungsbeitrag

- **Innovationsbeitrag**

- 87 % aller Investitionen in Forschung und Entwicklung in der Bundesrepublik stammen aus dem Industriesektor

- **Produktivitätsbeitrag**

- 30 % Produktivitätswachstum der deutschen Industrie in der vergangenen Dekade (2000 bis 2010, doppelt so hoch wie Dienstleistungssektor)

[Bauernhansl (2017). Handbuch Industrie 4.0 Bd.4. Seite 4. Springer]

Gliederung

Thema	
1	Einleitung
2	Treiber der Produktion von heute
2.1	Demografischer Wandel
2.2	Urbanisierung
2.3	Globalisierung
2.4	Wirtschaftswachstum in Schwellen- und Entwicklungsländern
2.5	Nachhaltigkeit
2.6	Individualisierung
3	Anforderungen an die Produktion von heute
4	Ausblick auf die Produktion von morgen

Demografischer Wandel

Prognostizierte Bevölkerungsentwicklung nach Kontinenten

- **Demographischer Wandel**

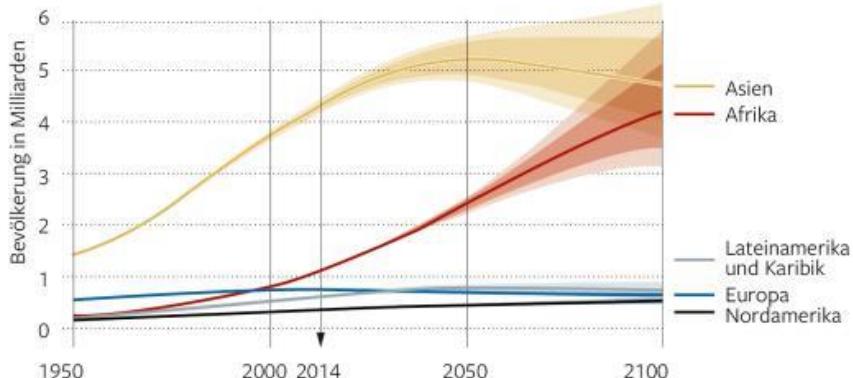
- Sinkende Geburtenraten in entwickelten Regionen
- Steigerung der Lebensdauer

- **... führt zu:**

- Veränderung der Altersstrukturen
- Abnahme der jüngeren Erwerbsfähigen
- Belastung der Sozialsysteme
- Verlagerung der Märkte

ENTWICKLUNG DES BEVÖLKERUNGSWACHSTUMS

Die Linie markiert die Prognosete der UN. Sollte nicht genau dieser Trend eintreffen, wird sich das Wachstum aber mit 80-prozentiger Wahrscheinlichkeit im dunkelgelb markierten Feld bewegen, und mit 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit im hellgelben Feld.



[welt.de/wissenschaft/article132395632/Bis-2100-wird-es-eine-Bevoelkerungsexplosion-geben.html; Einsicht: 25.03.2019]

Urbanisierung

Verschiebung der Kräfteverhältnisse durch Zunahme an Megacities

- Entwicklung der Anzahl von Megacities (Städte über 10 Mio. Einwohner)
 - 1960 existierten zwei Megacities (New York und Tokio) (vgl. 33 2018)
 - 2015 wohnt jeder fünfte Mensch in einer Millionenstadt
 - 2030 liegt der Anteil der Städter bei rund 60 % (vgl. 57 % 2022)
- Folge: Völlig neue Konzepte zur Erhaltung der menschlichen Grundbedürfnisse erforderlich
 - Saubere Luft
 - Reines Trinkwasser
 - Verlässliche Energieversorgung
 - Sichere Verkehrssysteme
 - Etc.

[UN Department of Economic and Social Affairs (2018). The World's Cities in 2018; Statista 2023]

Globalisierung

Begriffsabgrenzung

- Vor Pandemie & Kriegsbeginn: Zunahme internationaler Verflechtungen in verschiedenen Bereichen (Wirtschaft, Politik, Kultur, Umwelt, Kommunikation)
- Stand heute: „Deglobalisierung“/ „Post-Globalisierung“/ „Neustart der Globalisierung“
 - Globalisierung muss neu definiert werden
- Drei Perspektiven
 - Unternehmensperspektive: Resilienz → Mehr Produktionsstandorte, kürzere Transportwege, weniger Abhängigkeiten (Geopolitik, Naturkatastrophen,...)
 - Umweltperspektive: Intensivierung weltweiter Verflechtungen in ökologischen, ökonomischen, politischen, kulturellen und informationstechnischen Bereichen
 - Ethikperspektive: Kooperationsmöglichkeiten intensivieren und Interessenkonflikte minimieren

Globalisierung

Einflussfaktoren

Funktionierende Kapitalmärkte

- Kapitalfreiheit und -fluss;
- Gesetzliche Bestimmungen

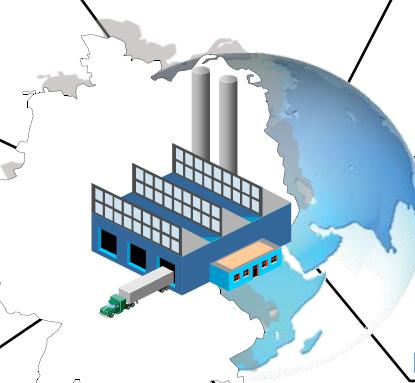
Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

- Steuervergünstigungen
- Subventionen
- Wirtschaftsstruktur/-wachstum

Politische & wirtschaftliche Stabilität

- Stabiler Wirtschaftsraum
- Stabile Regierungen

Logistische Situation



Infrastruktur

- Lage
- Anbindung
- Medienversorgung

Personal

- Verfügbarkeit
- Qualifikation
- Lohn
- Arbeitszeit

Lebensqualität

- Attraktivität des Standortes für Mitarbeiter

Bildungseinrichtungen

- Kontinuierlicher, qualifizierter Nachwuchs an Mitarbeitern

Wirtschaftswachstum in Schwellen- und Entwicklungsländern

- BRICS Staaten (Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika) auf Grund Rohstoff- und Ressourcenstärke → Geopolitik wird entscheidende Rolle spielen
 - Weitere aufstrebende Schwellenländer sind Mexiko und die ASEAN (Association of Southeast Asian Nations) Region
 - Fortschreitende Industrialisierung und wachsende Bevölkerungsanzahl
 - Prognose: Nur noch fünf der heutigen Industrieländer unter den zwölf größten Wirtschaftsnationen im Jahr 2050
 - Folge: Erheblicher Verlust an wirtschaftlichem und politischem Einfluss westlicher Länder und Unternehmen → Insb. kleine Volkswirtschaften (z.B. Schweden, Norwegen, Österreich)
 - Ansatz: Auf- und Ausbau gemeinsamer Handelszonen und politisch-wirtschaftlicher Verbünde → Kooperationsbereitschaft wächst

[PwC (2017). The World in 2050: The Long View. Report]

Nachhaltigkeit

Allgemeines Begriffsverständnis

Definition nach der Brundtland-Kommission

»Sustainable development meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.«

»Dauerhafte (nachhaltige) Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.«

Die drei Säulen – Nachhaltigkeitsdreieck



[Brundtland Report (1987)]

Individualisierung

Früher



»People can have the Model T in any colour –
so long as it's black«
Henry Ford (1913)

Heute

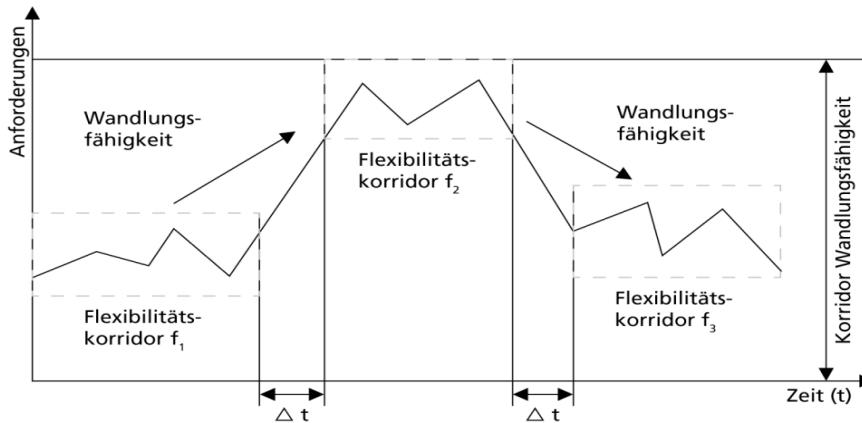


Viele tausend Wahlmöglichkeiten
und Ausstattungsvarianten

- Individualisierung = Prozess weg von der Fremdbestimmung hin zu einem selbstbestimmenden und sich selbstverwaltenden Wesen
- Steigende Produktvielfalt und Anzahl individueller Konfiguration (Mass Personalization)

Flexibilität und Wandlungsfähigkeit

Begriffsabgrenzung



- Flexibilität = Geschwindigkeit und Aufwand, um Produktion auf veränderte Rahmenbedingungen umzustellen
(durch Umrüstzeiten messbar)
- Wandlungsfähigkeit = ein Produktionssystem ist fähig noch nicht vorhandene Funktionseinheiten zu einem späteren Zeitpunkt zu integrieren

Organisatorische Optimierung – Lean Production

Begriffsherkunft

- Lean Management = schlankes Management
- Gesamtheit der Denkprinzipien, Methoden und Verfahrensweisen zur effizienten Gestaltung der gesamten Wertschöpfungskette
- Ziel: Kunde wird zur gewünschten Zeit, in geforderter Qualität und Menge beliefert
- Umsetzung: Reduktion der Durchlaufzeit durch Vermeidung von Verschwendungen, kontinuierlicher Verbesserung, etc.
- Begriff »Lean« bzw. »Lean Management« durch das MIT (Massachusetts Institute of Technology) Ende der 1980er Jahre geprägt
- Hintergrund: Studie über das Toyota Produktionssystem
- Ergebnis: japanische Autohersteller konnten bei deutlich höherer Qualität doppelt so effizient und wesentlich flexibler als die Konkurrenz aus Europa und den USA produzieren. → Warum?

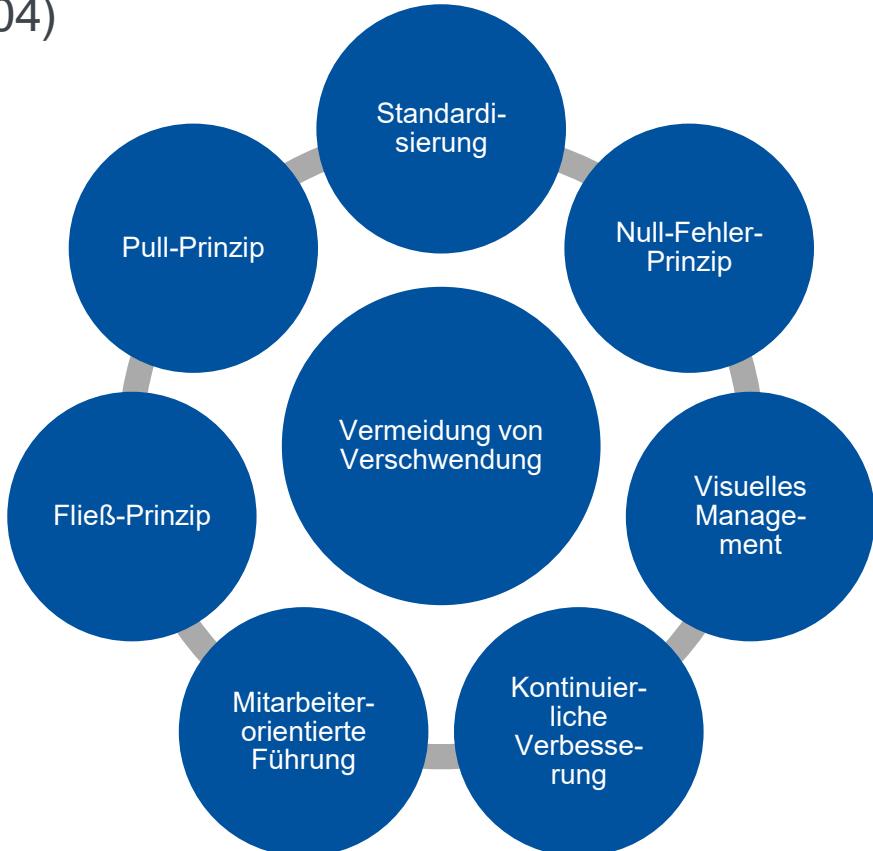
Organisatorische Optimierung – Lean Production

Prinzipien nach Womack und Jones (2004)

Ziel

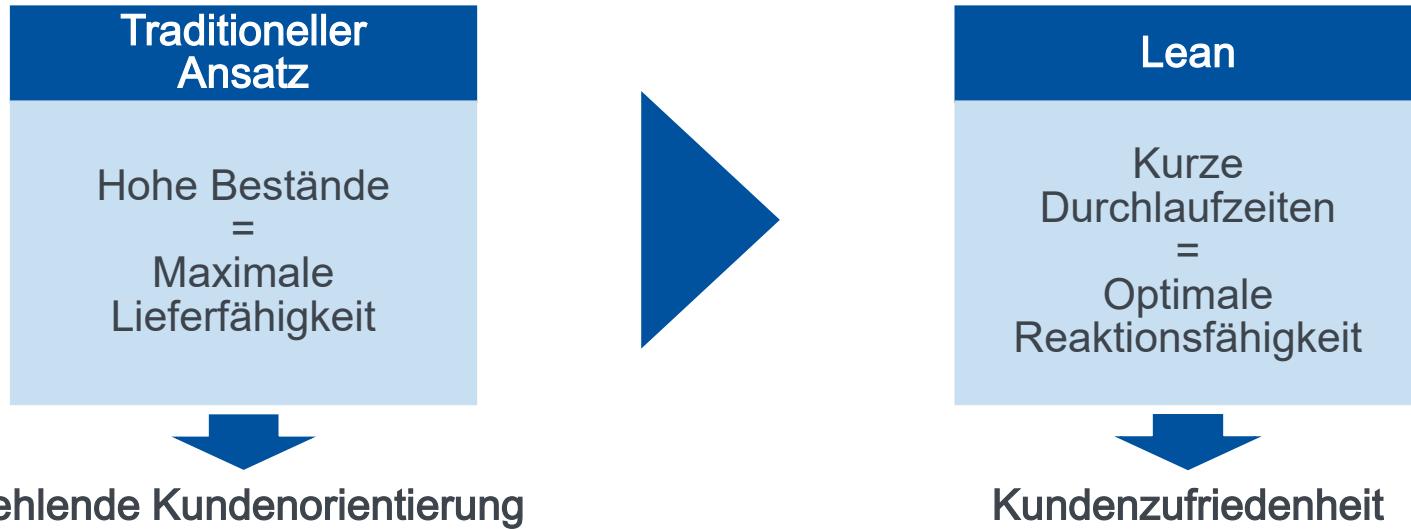
Vermeide jegliche Verschwendung!

- Konzentration auf die eigenen Stärken
- Eigenverantwortung und Teamarbeit
- Dezentrale Strukturen
- Offene Informations- und Feedbackprozesse
- Einstellungs- und Kulturwandel im Unternehmen



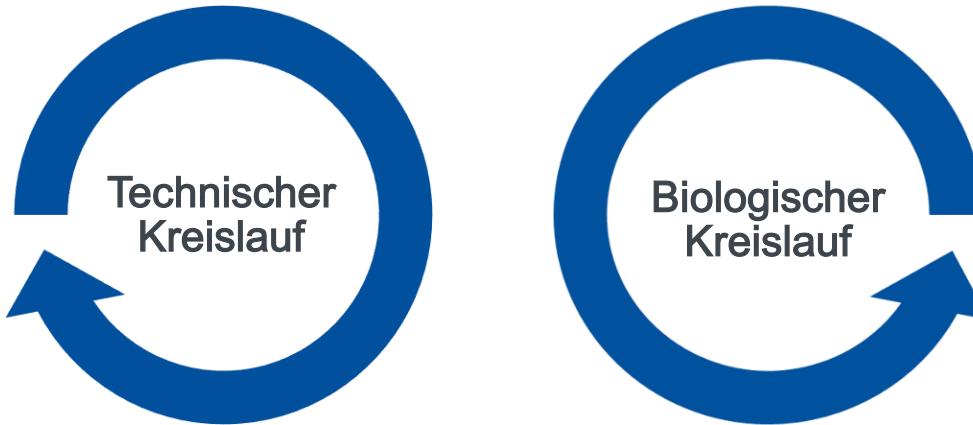
Organisatorische Optimierung – Lean Production Ansätze

- Ein modernes Produktionssystem setzt im Gegensatz zur traditionellen Betrachtungsweise bei den Durchlaufzeiten an
- Ansatz: Kurze Durchlaufzeiten statt hoher Bestände



Nachhaltigkeitsstrategien

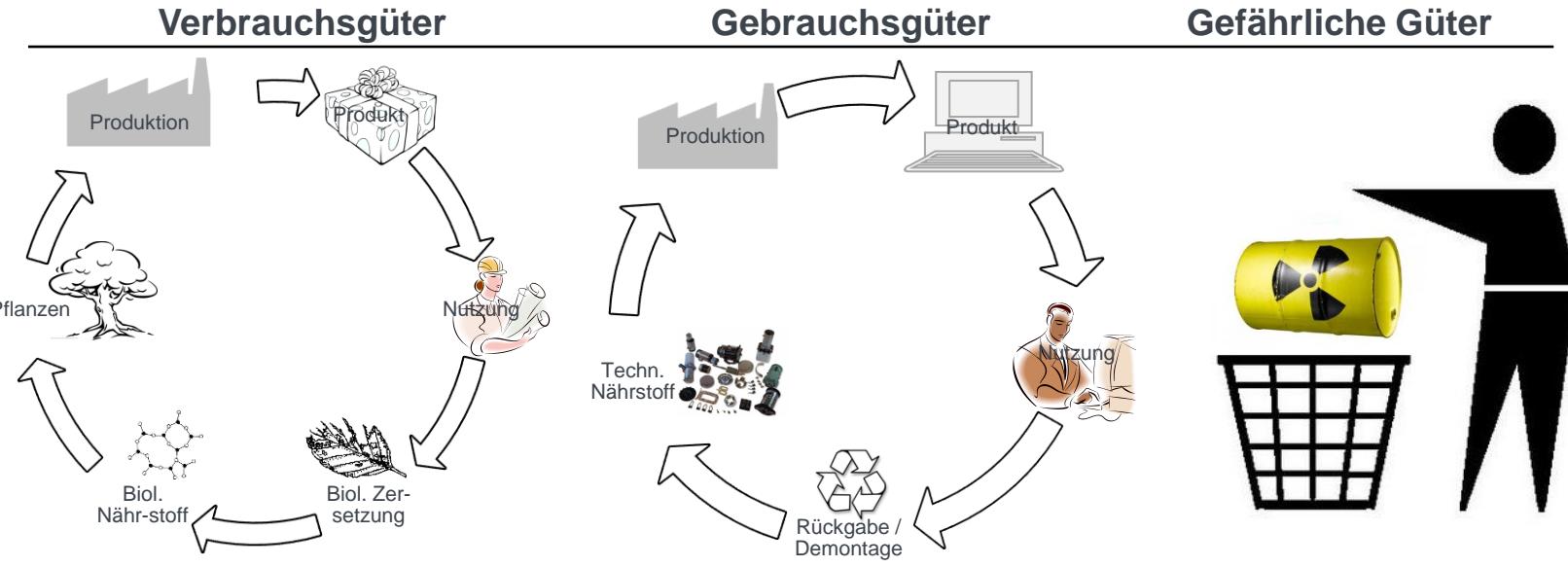
Der Cradle-to-Cradle Ansatz



- Materialien von Produkten, die für biologische Kreisläufe optimiert sind, dienen als biologische Nährstoffe und können bedenkenlos in die Umwelt gelangen
- Materialien von Produkten, die für geschlossene technische Kreisläufe konzipiert sind, dienen als technische Nährstoffe (z.B. Metalle und verschiedene Polymere) und sollten nicht in biologische Kreisläufe geraten

Nachhaltigkeitsstrategien

Der Cradle-to-Cradle Ansatz – Drei Produktkategorien



- z.B. Reinigungsmittel
- Aus biol. Nährstoffen
- Sichere Entsorgung in Umwelt möglich

- z.B. Auto, Waschmaschine
- Aus techn. Nährstoffen
- Lediglich Service für Nutzer
→ 100 % Recycling

- z.B. gefährlicher Abfall
- Entsorgen, ersetzen

Nachhaltigkeitsstrategien

Carbon Footprint

Definition Product Carbon Footprint:

Der Carbon Footprint eines Produktes oder einer Dienstleistung, ist das Treibhauspotential eines Produktes/Dienstleistung entlang des Lebenszyklus (cradle to grave).

→ Scope Konzept zur Identifizierung der Emissionen die in Verbindung zur Unternehmenstätigkeit stehen

- Einteilung in direkte (Scope 1) und indirekte (Scope 2 und 3) Emissionen
 - Direkte E.: Entstehen an Quellen die sich im Besitz oder unter Kontrolle des Unternehmens befinden
 - Indirekte E.: Sind Folge der Aktivitäten des Unternehmens, entstehen aber an Quellen die nicht im Besitz bzw. unter Kontrolle des Unternehmens sind

Struktur und Strategien produzierender Unternehmen

Einführung, Definition und Begriffsabgrenzung

Abgrenzung der Begrifflichkeiten Haushalte vs. Betriebe



Wirtschaftseinheit, die mittels wertschöpfender Transformation von Input in Output der Gesellschaft durch Versorgung mit Gütern oder Entsorgung von Übel dient.

Quelle: [in Anlehnung an Wöhe/Döring (2010), S. 28f.]

Einführung, Definition und Begriffsabgrenzung

Wirtschaftseinheiten

- **Industriebetrieb/Unternehmen**

- Sind die sozio-technischen Leistungseinheiten einer Volkswirtschaft.
- Ihr Kernziel ist die Bedürfnisbefriedigung/Fremdbedarfsdeckung durch Sachgüterproduktion und der Erbringung industrieller Dienstleistungen.
- Sie verfolgen einen wirtschaftlichen Zweck und haben einen Bezug zur Umwelt.

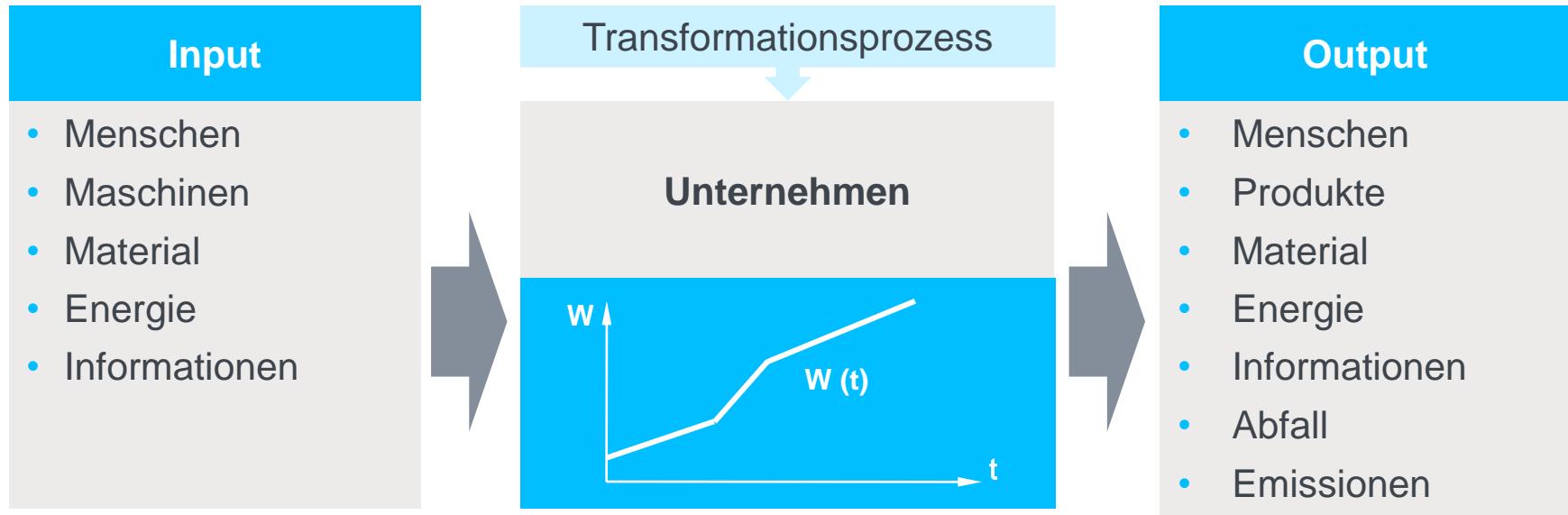
- **Fabriken**

- Räumlich zentrierte sozio-technische Systeme zur industriellen Produktion.
- Sie sind gekennzeichnet durch:
 - Arbeitsteilung und Aufgabenspezialisierung sowie
 - Hohem Mechanisierungsgrad und Kapitaleinsatz.

Quelle: [in Anlehnung an Wöhe/Döring (2010)]

Einführung, Definition und Begriffsabgrenzung

Transformationsprozess und Wertschöpfung

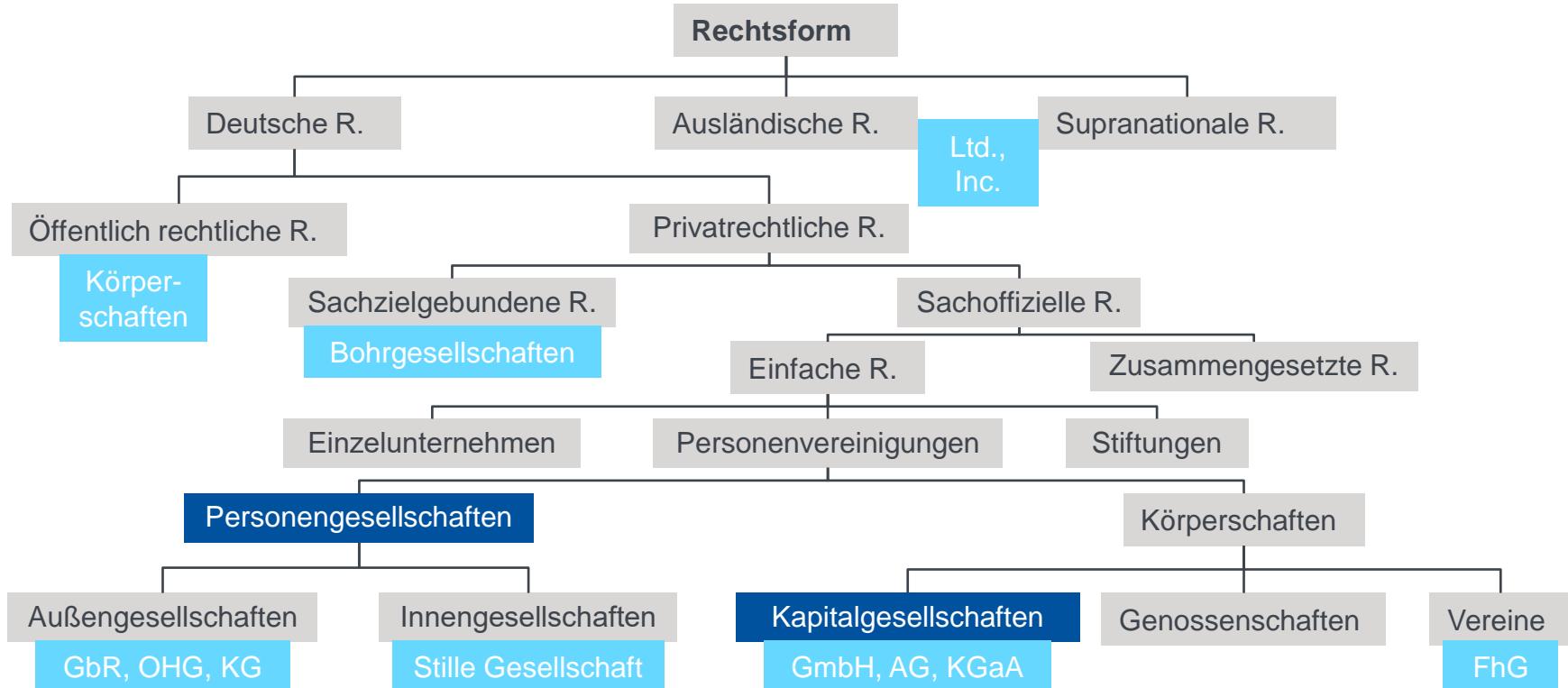


- Wertschöpfung (W) = Output – Input = Erlös – Vorleistungen
- $W = f(t)$ → Die Wertschöpfung ist eine Funktion der Zeit

Quelle: [Westkämper (2006)]

Rechtsformen produzierender Unternehmen

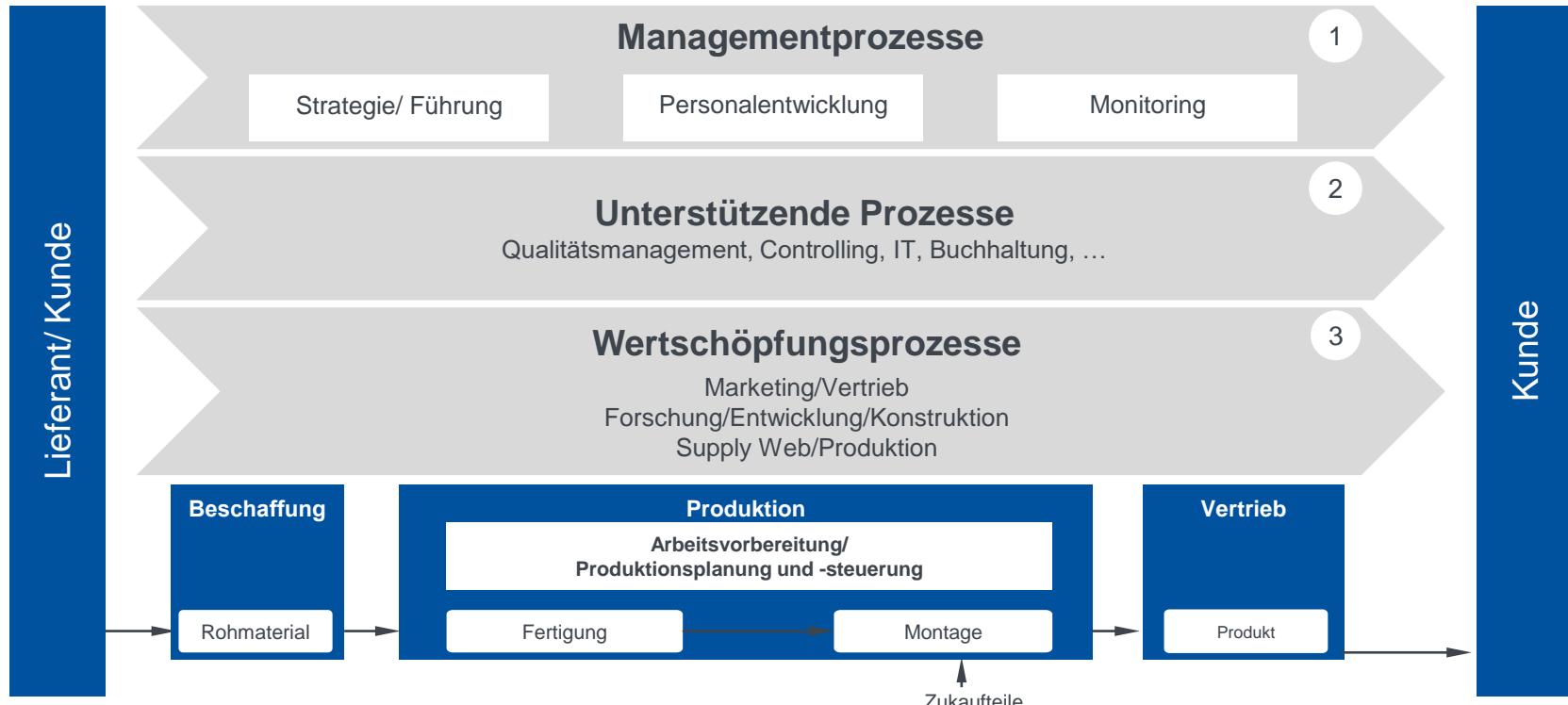
Unternehmensrechtsformen



[in Anlehnung an Eversheim, Schuh (1996), S.2-21]

Unternehmensbereiche aus der Prozessperspektive

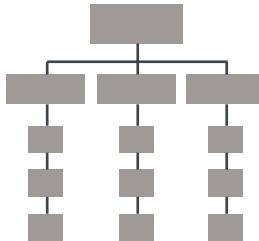
Unternehmensprozesse



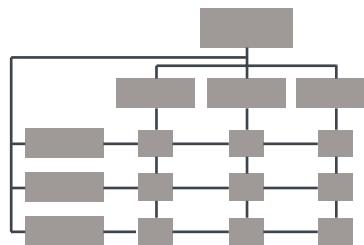
Aufbauorganisation

Aufbauorganisation – Entwicklung im Hinblick auf das Zeitalter

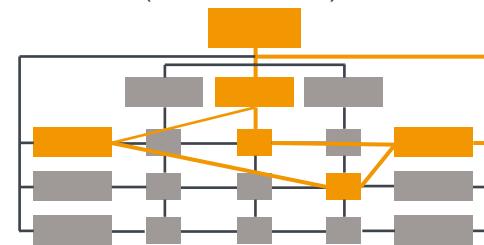
Klassisches Industriezeitalter Stab-Linie-Organisation (1900–1950)



Neoklassisches Industriezeitalter Matrixorganisation (1950–1980)



Informationszeitalter Autonome Netzwerkorganisation (1980– heute)



Mechanistisch

Kontinuum von Organisationsstrukturen

Organisch

Stabil, einfach
Effizienz, Präzision
hierarchische Kontrolle
Sicherheit, Fairness
geregelte Arbeitsbeziehungen
Bürokratie

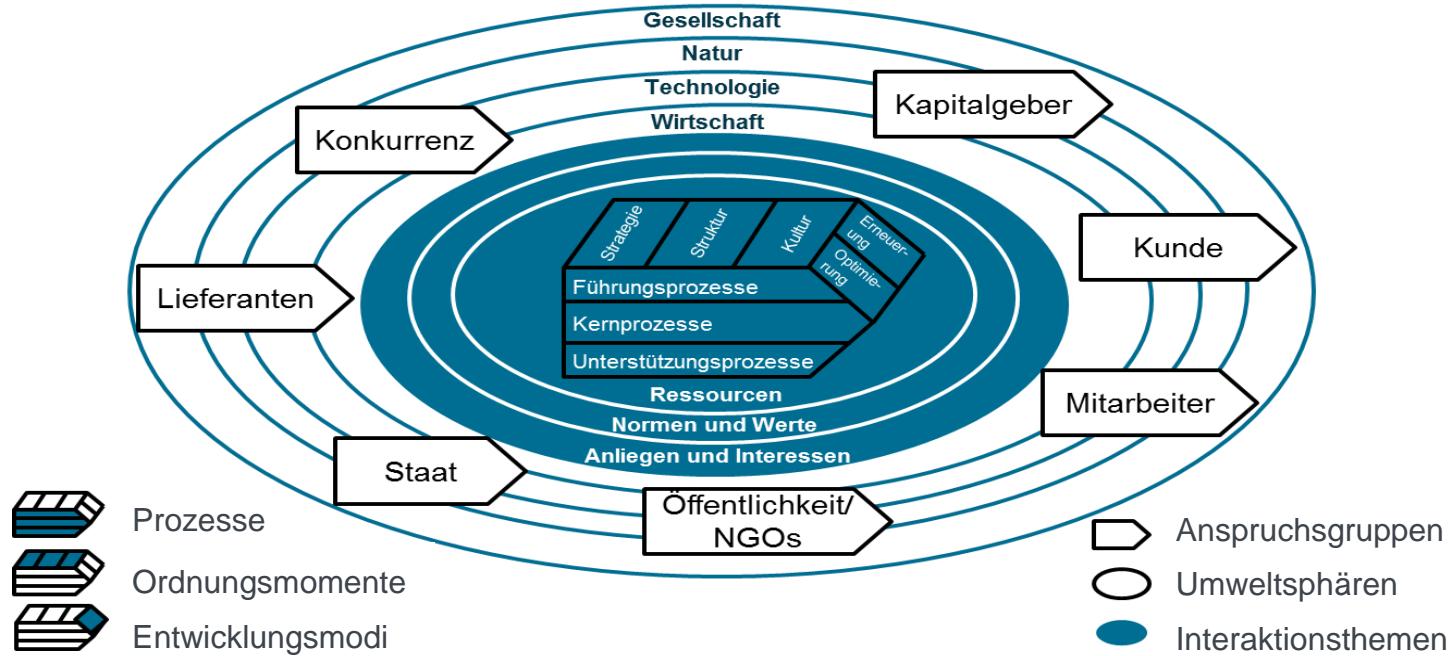
Umwelt
Ziele
Verantwortlichkeit
Motivation
Kultur
Kardinalproblem

Turbulent, komplex
Innovation, Wandel
Effektivität
Herausforderung, Anreize
unternehmerische Freiheit
Anarchie, Risiko

[Westkämper (2006)]

Betriebswirtschaftliche Ansätze

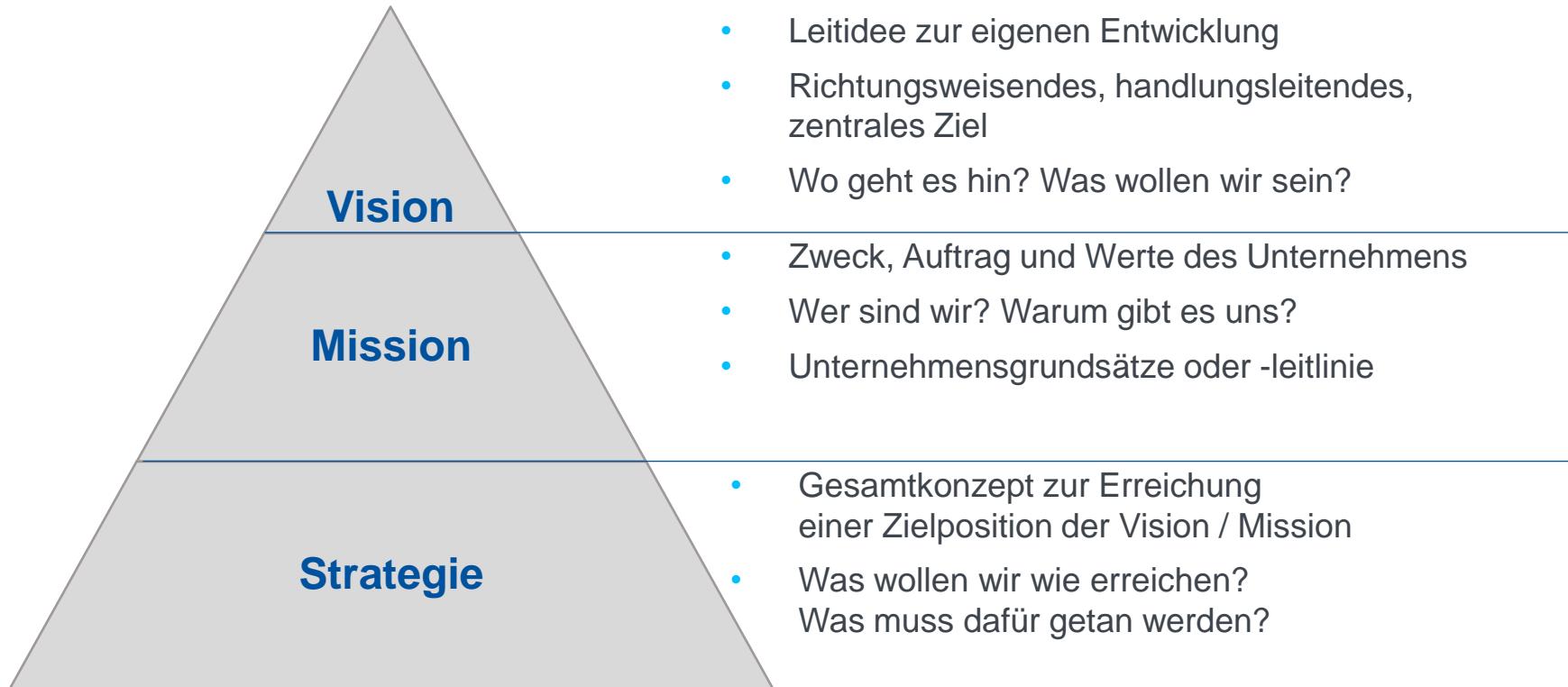
Das St. Gallener Management-Modell



[in Anlehnung an Rüegg-Sturm (2003)]

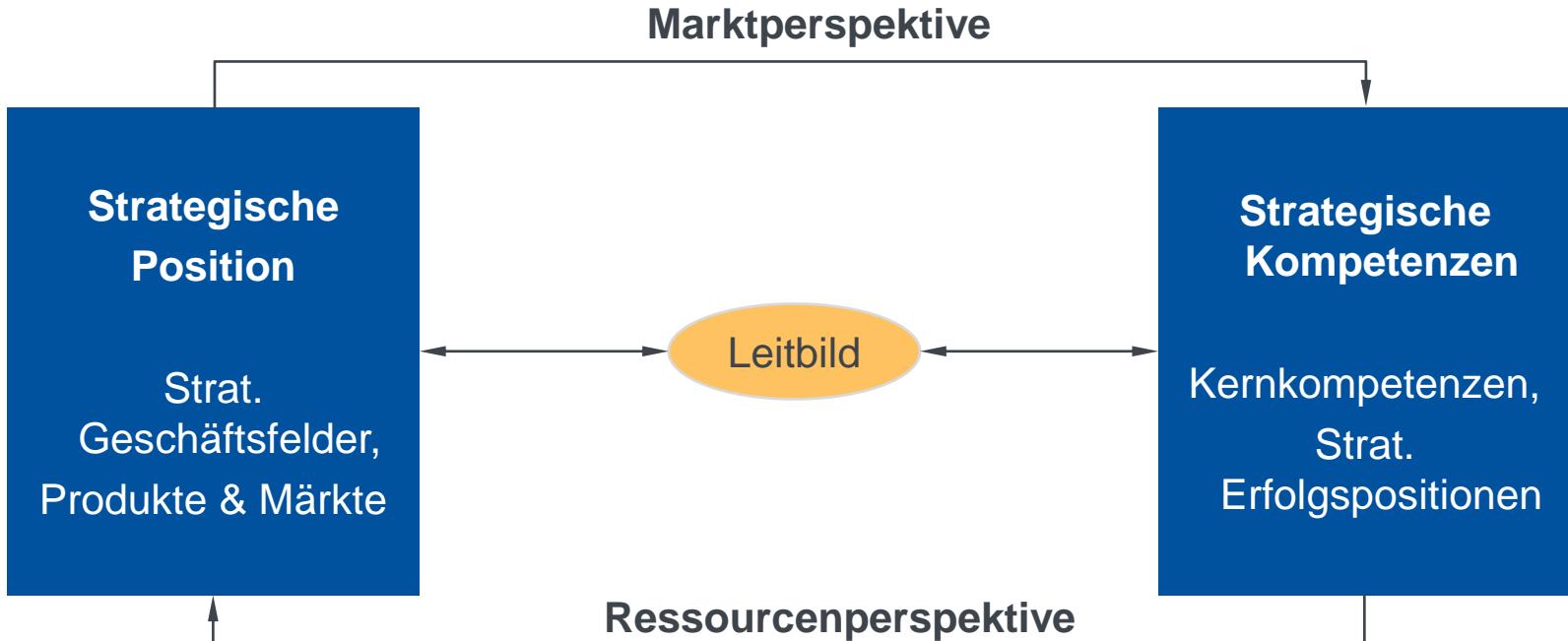
Strategien produzierender Unternehmen

Vision, Mission, Strategie



Grundlagen des Strategischen Managements

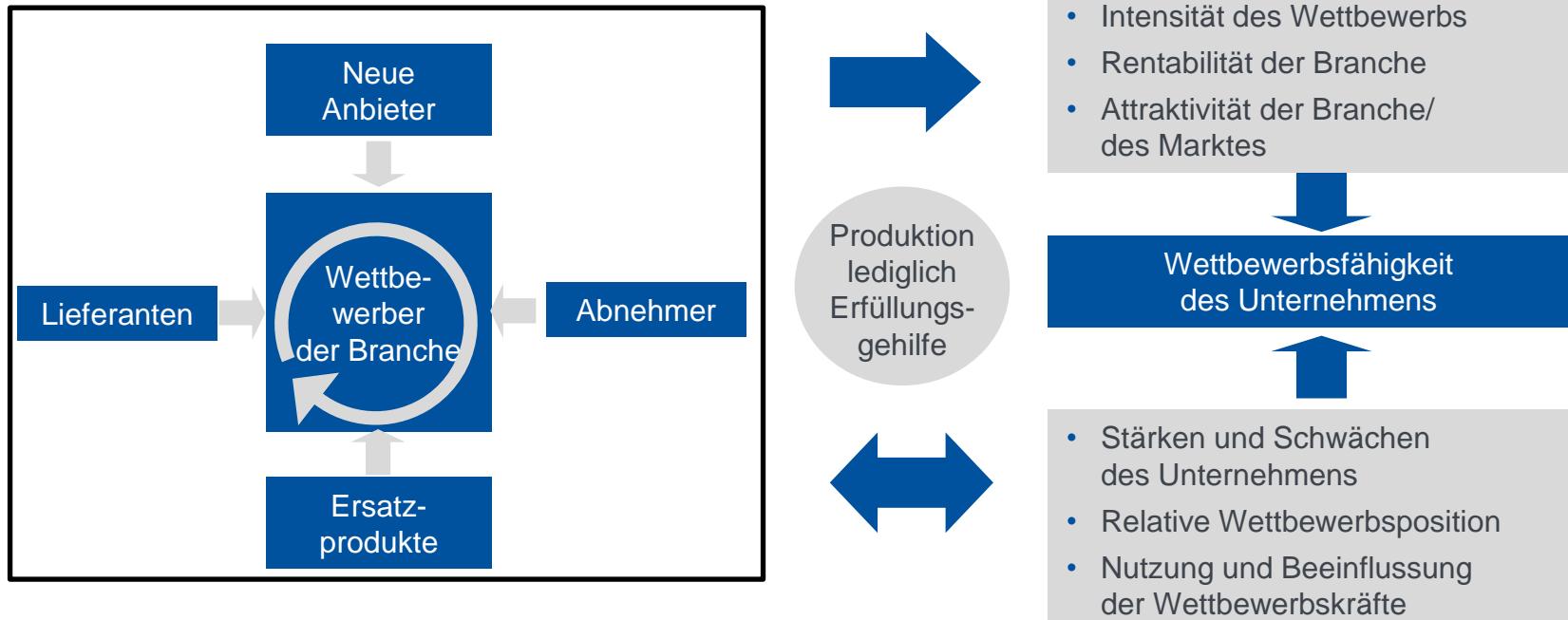
Perspektiven der strategischen Unternehmensführung



[in Anlehnung an Gausemeier, Plass und Wenzelmann (2009)]

Grundlagen des Strategischen Managements

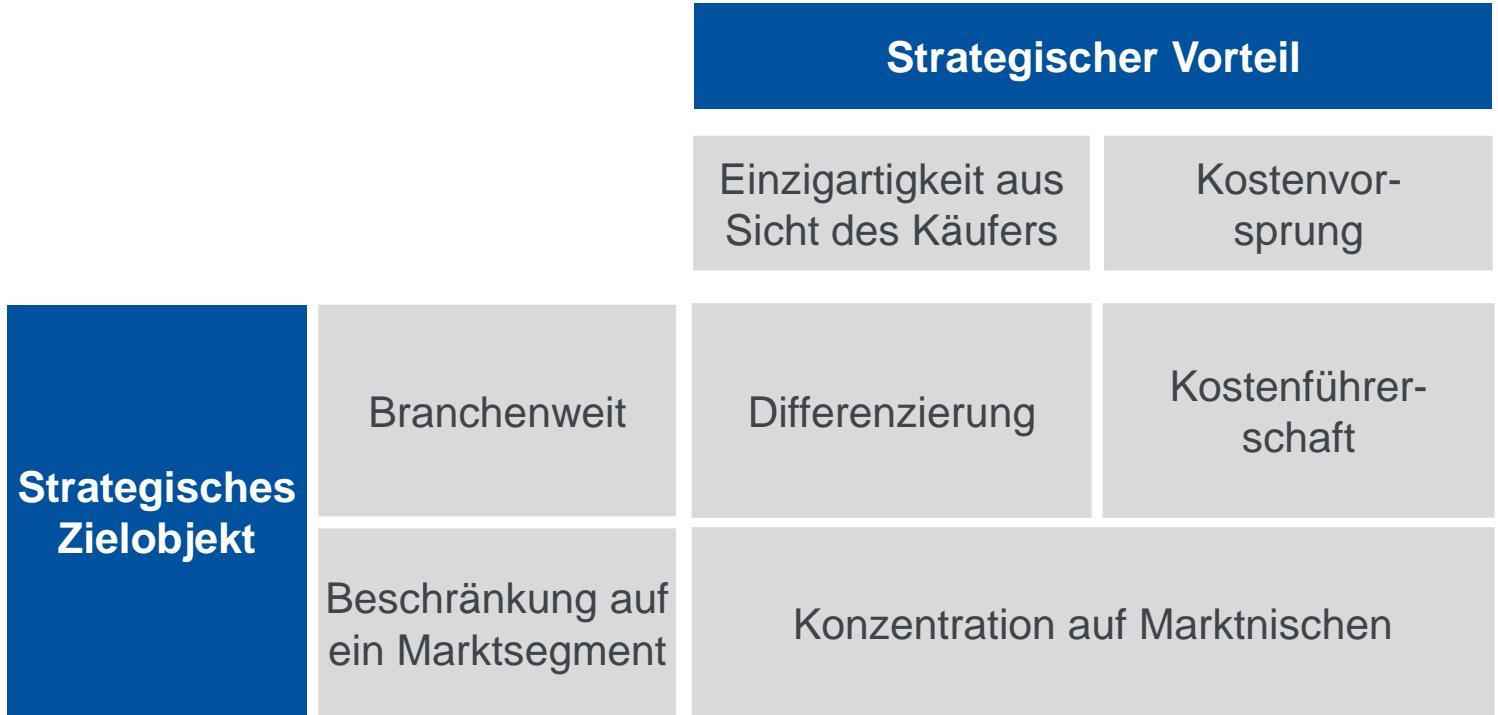
Markt-Perspektive – 5-Kräfte-Modell nach Porter



[in Anlehnung an Porter (1979)]

Grundlagen des Strategischen Managements

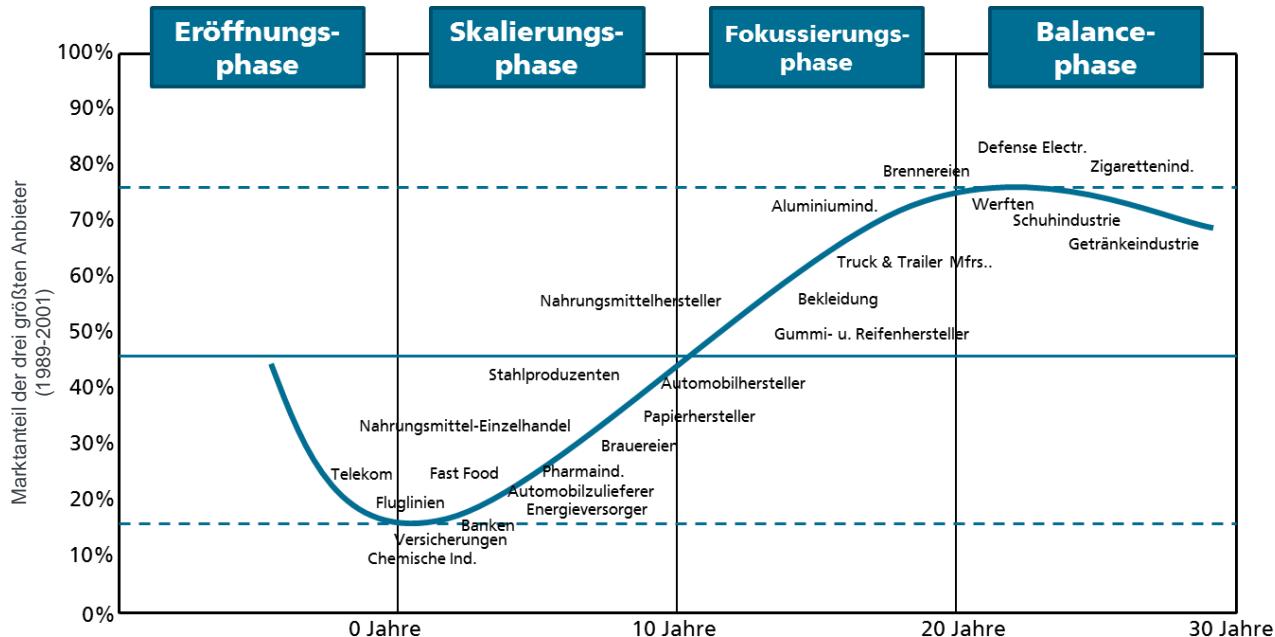
Markt-Perspektive – Generische Strategien nach Porter



[in Anlehnung an Porter (1979)]

Grundlagen des Strategischen Managements

Markt-Perspektive – Merger Endgame-Theorie



Merger Endgame-Theorie: Konsolidierung von Industrien/Branchen bis am Ende
2–3 globale Marktführer dominieren

[In Anlehnung Winning the Merger Endgame by Graeme Deans, Fritz Kroeger, and Stefan Zeisel; Copyright© 2003 by A.T. Kearney analysis]

Grundlagen des Strategischen Managements

Markt-Perspektive – BCG-Matrix

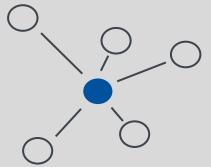
- Entwicklung Anfang der 70er Jahre von der Boston Consulting Group (BCG) für General Electric (GE)
- Zwei Indikatoren der **Portfolio-Analyse**
 - Marktwachstum (auf Basis des Lebenszyklus-Modells)
 - Relativer Marktanteil oder Umsatz (im Vergleich zum stärksten Wettbewerber)
- Ausgewogene BCG-Matrix garantiert langfristige Sicherung des Cashflows



[Boston Consulting Group]

Grundlagen des Strategischen Managements Ressourcen-Perspektive

Technologiestrategien

Pionierstrategie	Imitationsstrategie	Nischenstrategie	Kooperationsstrategie
 <p>Ziel: Immer als erster technische Innovationen am Markt durchsetzen</p> <p>Objekt: Produkte und Prozesse</p> <p>Ausprägung: Immer die neueste Technologie oder Technologie über den gesamten Lebenslauf folgen</p>	 <p>Ziel: Aus den Fehlern des Pioniers lernen und sich stärker am Markt orientieren</p> <p>Objekt: Produkte und Prozesse</p> <p>Ausprägung: Bessere Befriedigung der Kundenbedürfnisse oder Ausnutzen der Schwächen/schlechten Gewohnheiten der Pioniere</p>	 <p>Ziel: Besetzen möglichst lukrativer aber wettbewerbs-armer Marktsegmente</p> <p>Objekt: Produkte und Prozesse</p> <p>Ausprägung: Spezialkönnen; Spezialmärkte; vollständiges Besetzen einer Nische »Showentwicklungen«</p>	 <p>Ziel: Kosten- und Risikominimierung durch Zusammenarbeit</p> <p>Objekt: Produkte und Prozesse</p> <p>Ausprägung: Lizenznahme/-vergabe; Venture Management; Allianzen</p>

[Zahn (1995); Bullinger (1999)]

Grundlagen des Strategischen Managements

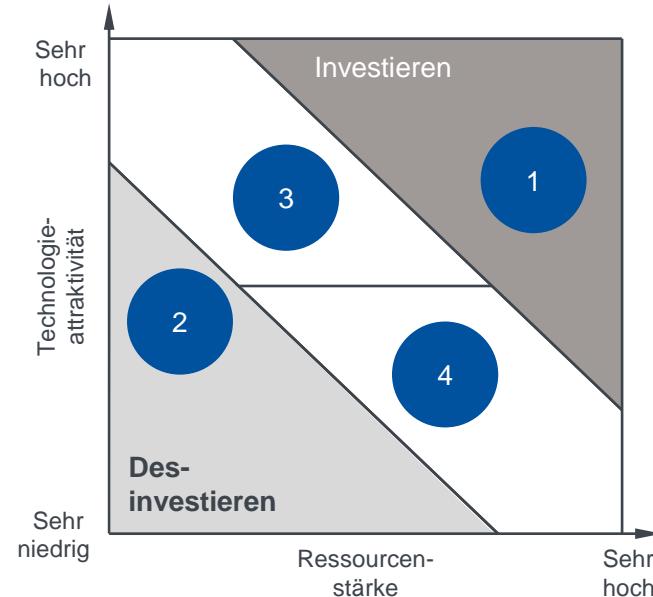
Ressourcen-Perspektive – Technologie-Portfolio-Analyse

Technologieattraktivität

- Leistungssteigerung, Kostenreduzierung
- Einsatzbereiche und Nachfragestärke der Technologie
- Innovationshemmnisse und –treiber

Ressourcenstärke

- Entwicklungsvorsprung oder -rückstand
- Finanzielle, personelle und sachliche Ressourcen und Potenziale
- (Re-)Aktionsgeschwindigkeit



[Pfeiffer und Dögel (1986)]

Unternehmens- und Geschäftsfeldstrategien

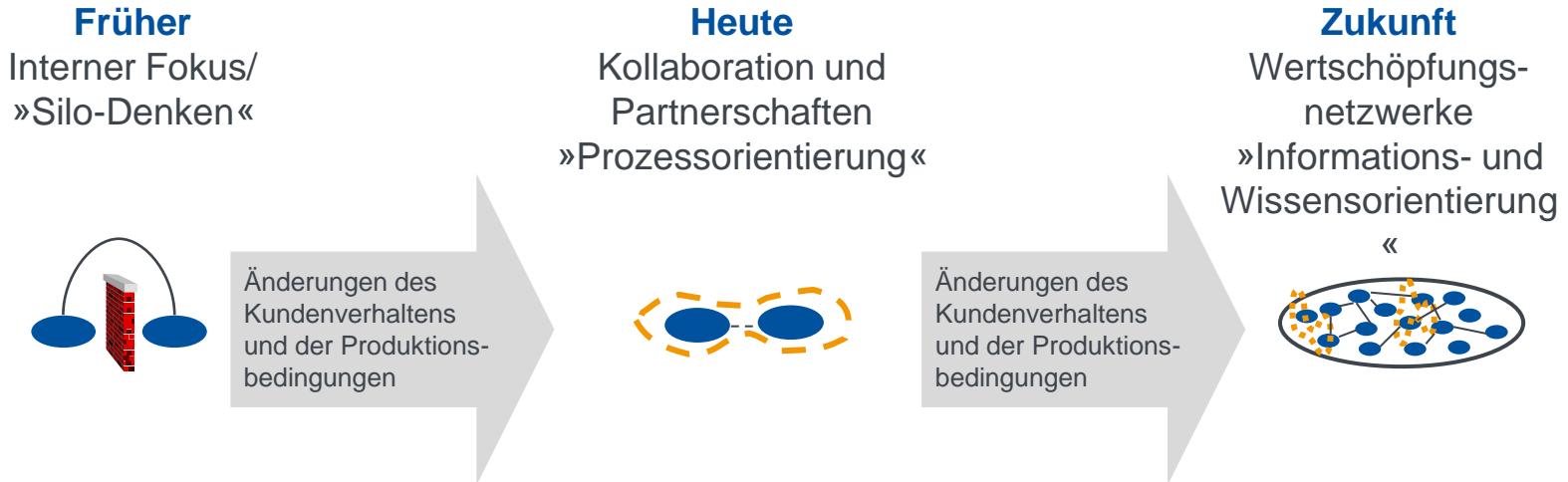
Ressourcen-Perspektive: Fokus Technologie: Technologie-Portfolio-Analyse



[Pfeiffer und Dögel (1986)]

Grundlagen des Strategischen Managements

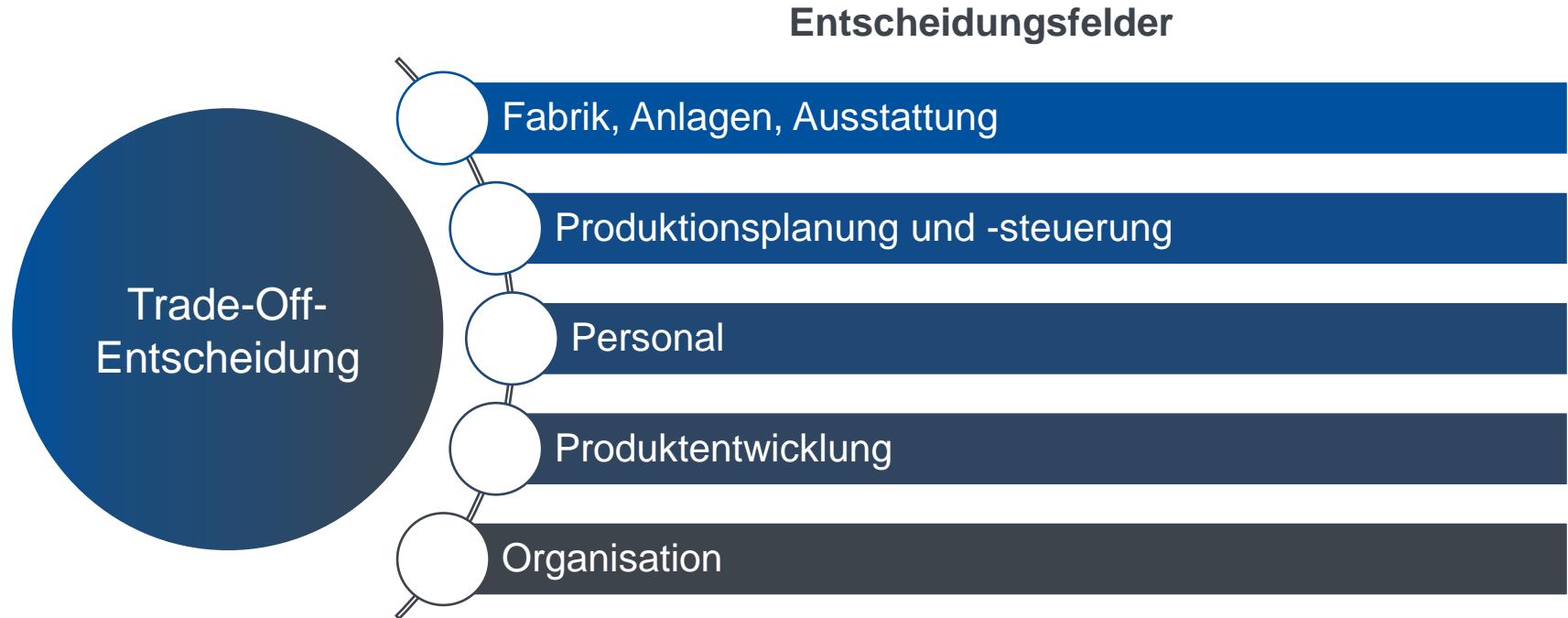
Netzwerkperspektive



- Das Kundenverhalten und somit auch der Nachfragemarkt haben sich verändert.
- Die neuen Marktanforderungen fordern die Bildung von Produktionsnetzwerken.
- Die modernen Informations- und Kommunikationstechnologien ermöglichen und beschleunigen gleichzeitig diese Veränderung.

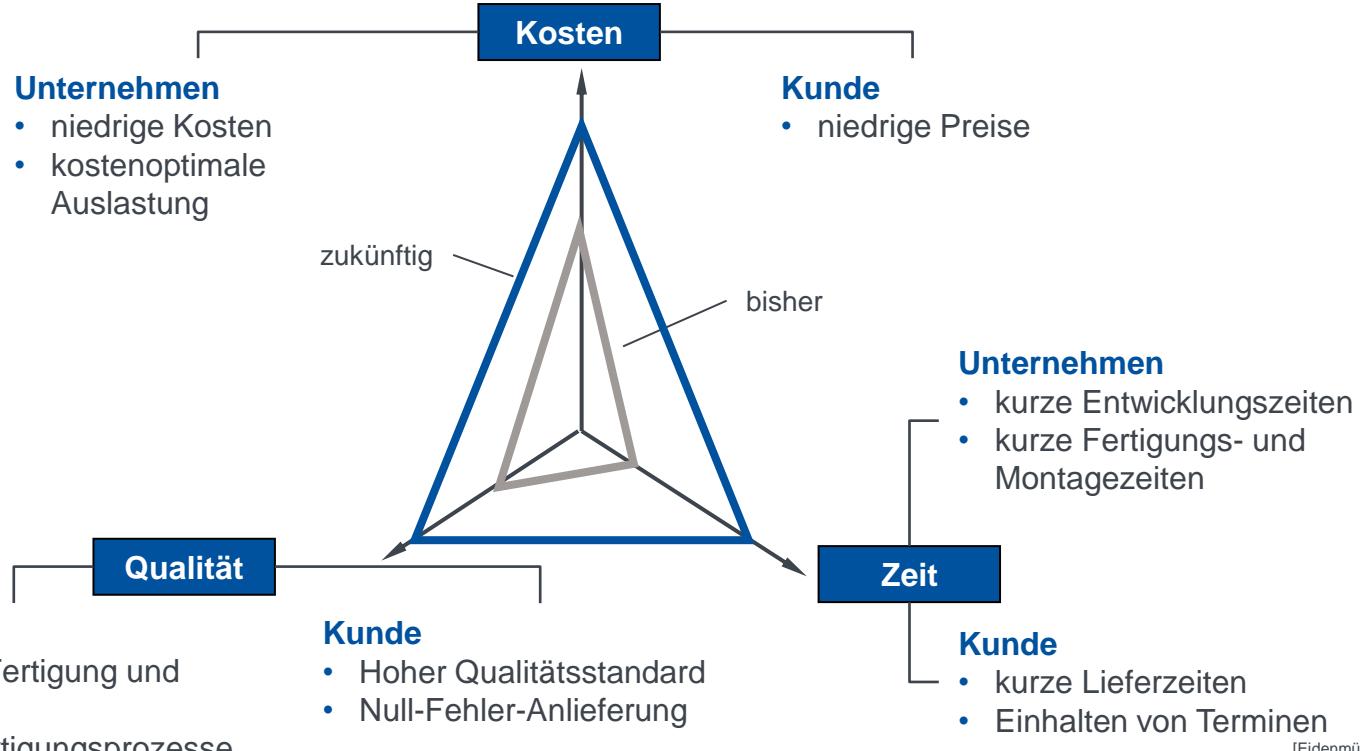
Unternehmens- und Geschäftsfeldstrategien

Trade-Off-Entscheidungen



Ziele produzierender Unternehmen

Das Zieldreieck der Produktion



[Eidenmüller (1989)]

Ziele produzierender Unternehmen

Zielhierarchie im Unternehmen



[Eversheim (1996)]

Auftragsmanagement I & II

Planung und Steuerung in Industrieunternehmen

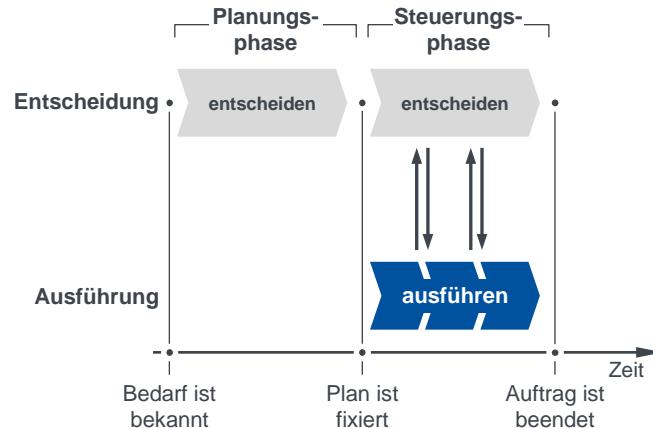
Ein funktionsfähiges Auftragsmanagement erfordert Planung und Steuerung.

Produktionsplanung

- Kunden erwarten Lieferzusagen
 - Interne Kapazitäten sind festzulegen
 - Lieferanten benötigen Bestellungen
- **Vorausplanung** mit hinreichender Aussagesicherheit erforderlich.

Produktionssteuerung

- Kunden ändern Lieferwünsche
 - Produktionsprozesse unterliegen Störungen
 - Lieferanten liefern später
- **Steuernde Eingriffe** in die laufende Auftragsabwicklung erforderlich.



[H.-H. Wiendahl]

SCOR-Modell



[Supply Chain Council (SCOR)]

SCOR-Modell (1/2)

Das SCOR-Modell bietet ein branchenübergreifendes Standard-Referenzmodell.



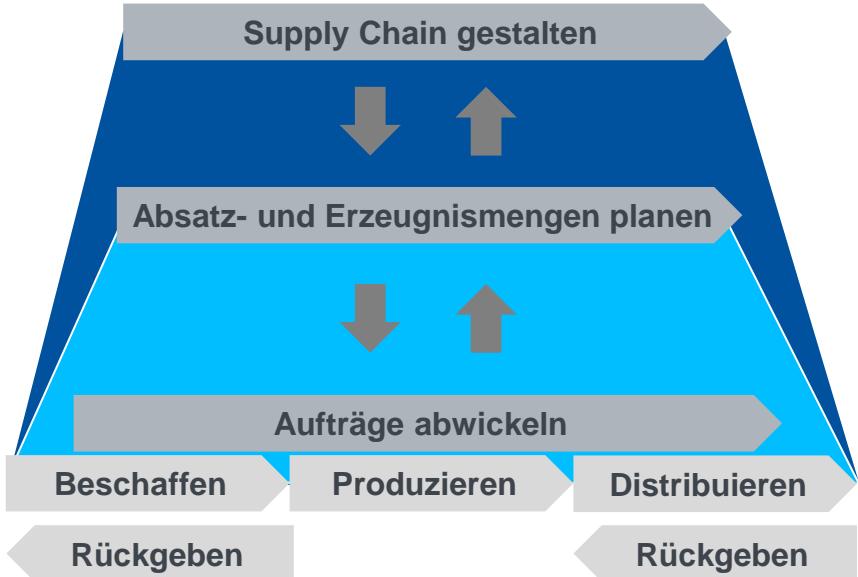
- Ziel: Branchenübergreifend gültiges Standardprozess-Referenzmodell
- Modellierungssprache zum Aufbau von Supply Chains

[Supply Chain Council (2010)]

SCOR-Modell (2/2)

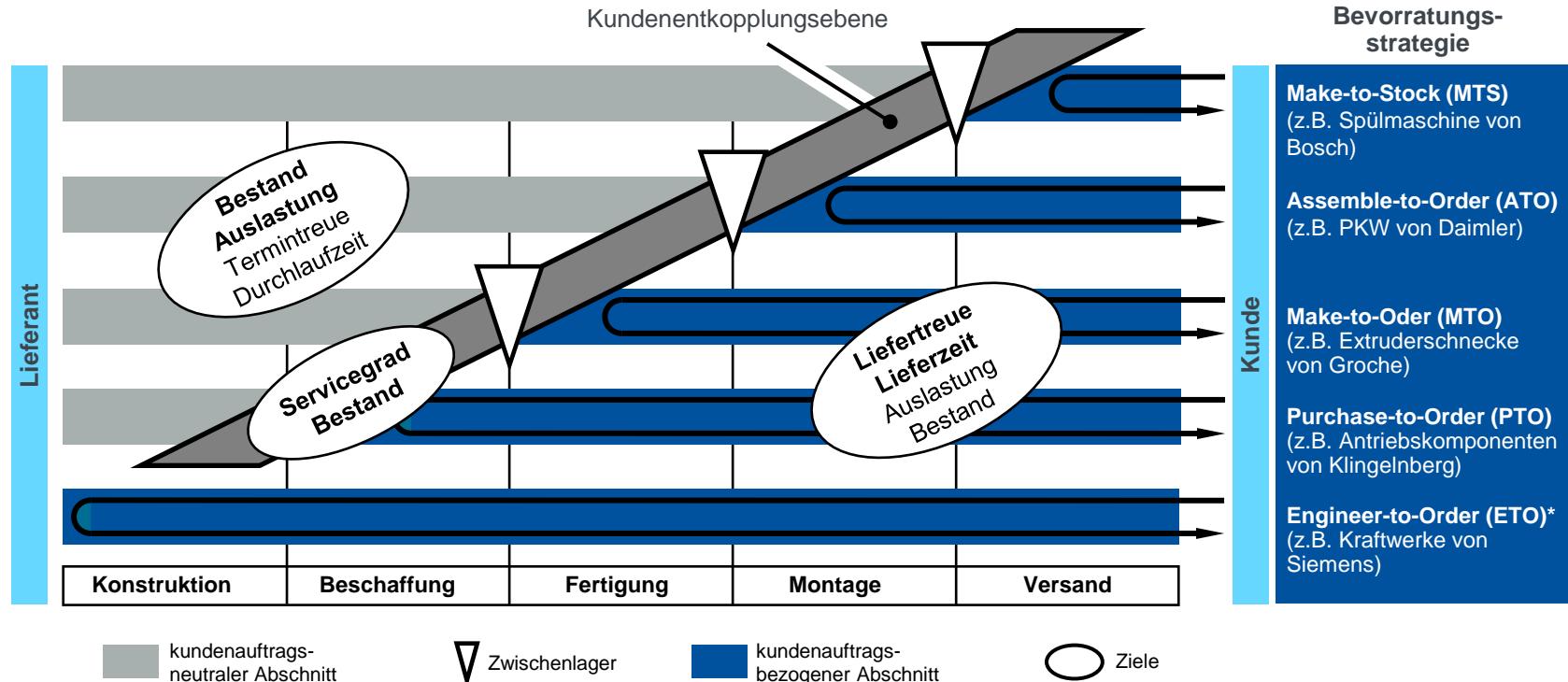
Das SCOR-Modell unterscheidet Prozesselemente und Prozessarten.

- 5 Prozesselemente
 - Planen (Plan)
 - Beschaffen (Source)
 - Herstellen (Make)
 - Liefern (Deliver)
 - Rückgeben (Return)
- 3 Prozessarten
 - Abwicklung (Execution)
 - Planung (Plan)
 - Gestaltung (Enable)



[nach Siemens]

Bevorratungsstrategien und Kundenentkopplungspunkt



* Sonderform: Design-to-Order (ETO) = neues Produkt, in dem der Kunde auch aktiv die Produktentwicklung mit beeinflusst oder sogar gestaltet (z.B. PKW von Local Motors)

[In Erweiterung zu Hoekstra/Romme]

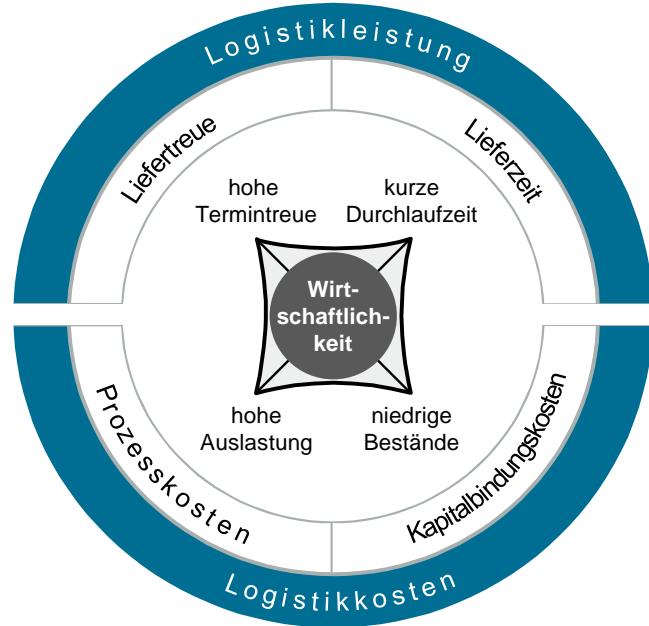
Zielsystem der Produktionsplanung und -steuerung

Der logistische Zielkonflikt erfordert eine Zielgewichtung.

Der Wettbewerb der Aufträge um die Kapazitäten erzeugt einen Zielkonflikt.

- Aus Kundensicht (Marktsicht) sollten die Aufträge in kurzer Zeit und pünktlich ausgeliefert werden.
- Aus Unternehmenssicht (Betriebssicht) sollten die Kapazitäten hoch und gleichmäßig ausgelastet sowie die Bestände niedrig gehalten werden.

Das Auftragsmanagement hat die Aufgabe, die Sichtweisen zu verknüpfen und eine Gewichtung in Bezug auf die Ziele vorzunehmen.

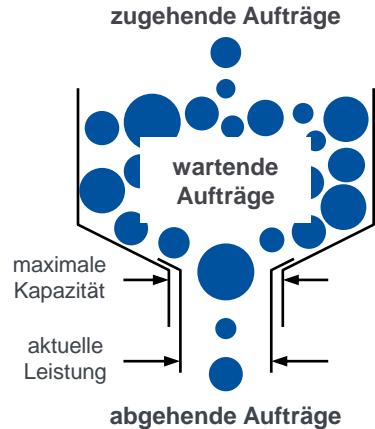


[H-P Wiendahl]

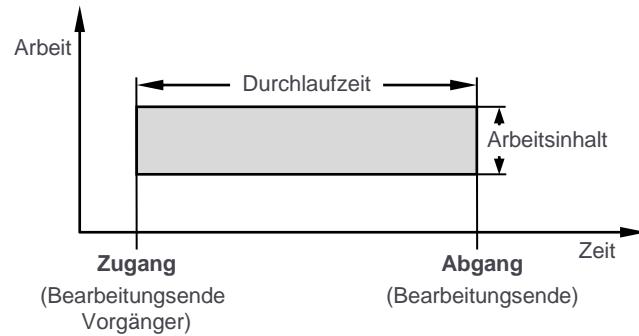
Trichtermodell (I): Grundlagen

Das Trichtermodell beschreibt das Logistikverhalten über Zu- und Abgang sowie Reihenfolge vollständig.

Trichtermodell



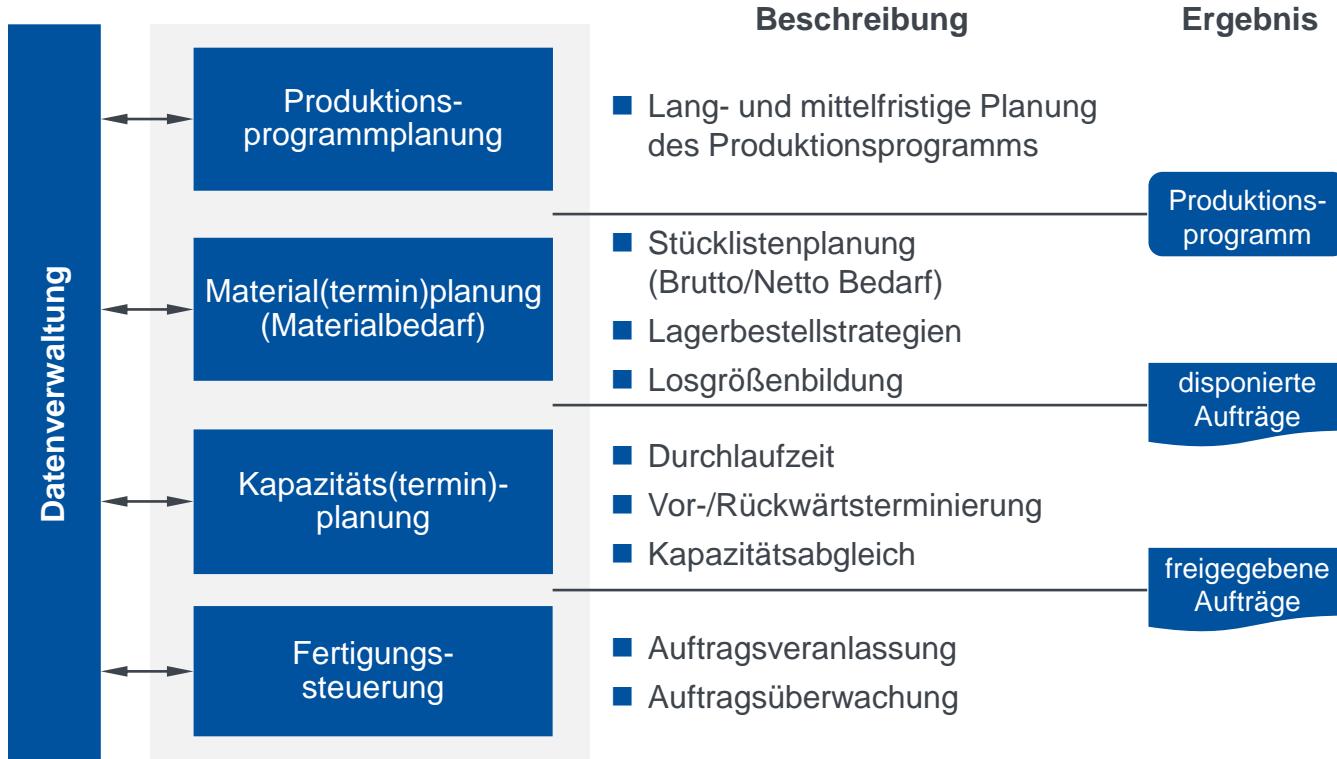
Durchlaufelement



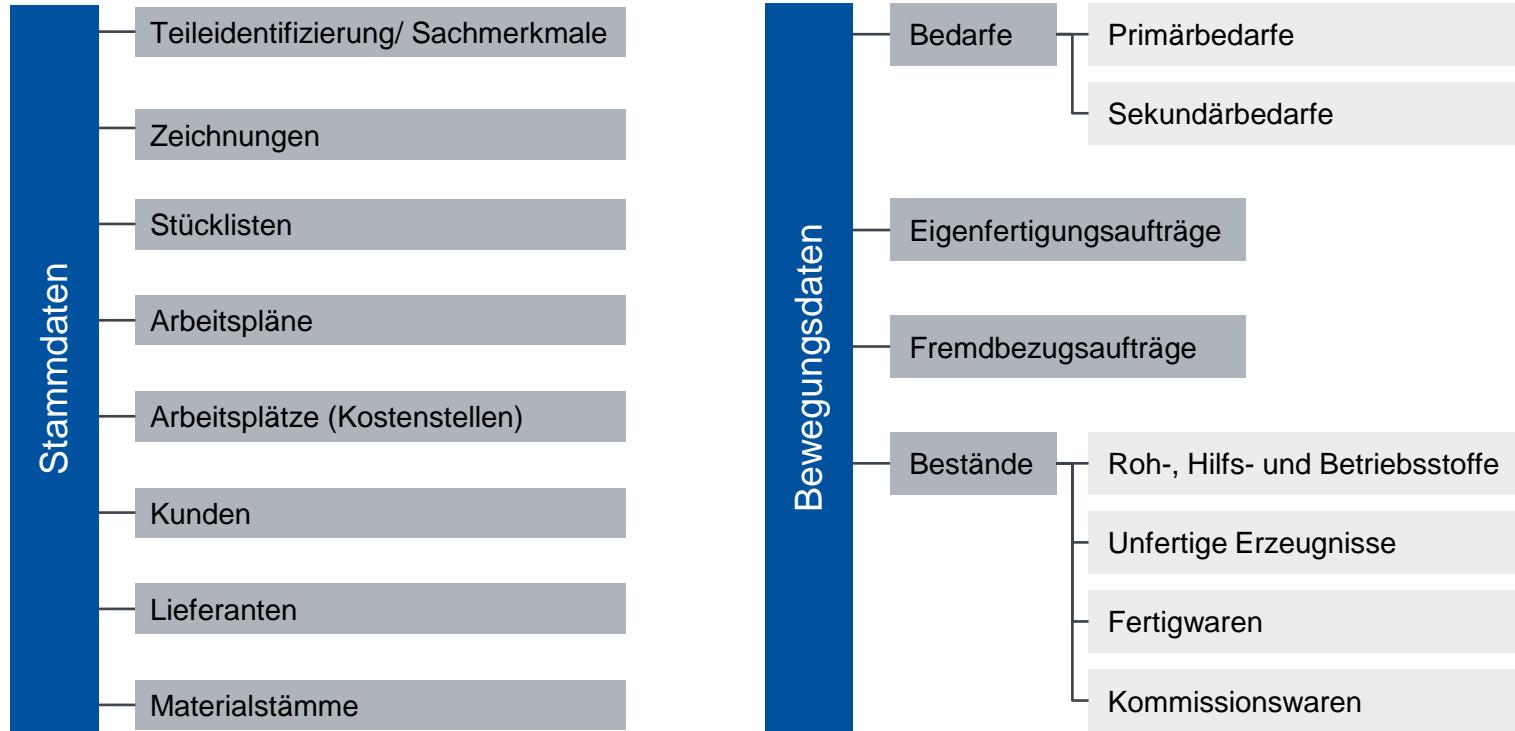
- Ein ortsfestes System (Kapazitätseinheit) bearbeitet bewegliche Elemente (Aufträge).
- Der Teilefluss erfolgt geschlossen und sequentiell (ein Materialtransport/Bearbeitung pro Auftrag).
- Zugang (Input), Reihenfolge und Abgang (Output) beschreiben das Logistikverhalten vollständig.

[nach IFA]

PPS: Hauptfunktionen und Ergebnisse



Grunddaten der PPS



Programmplanung in der PPS

Sales & Operations Planning (S&OP)

- **Gegenstand**

Die Programmplanung bildet das Bindeglied zwischen Markt und Produktion.

- **Informationsgrundlage**

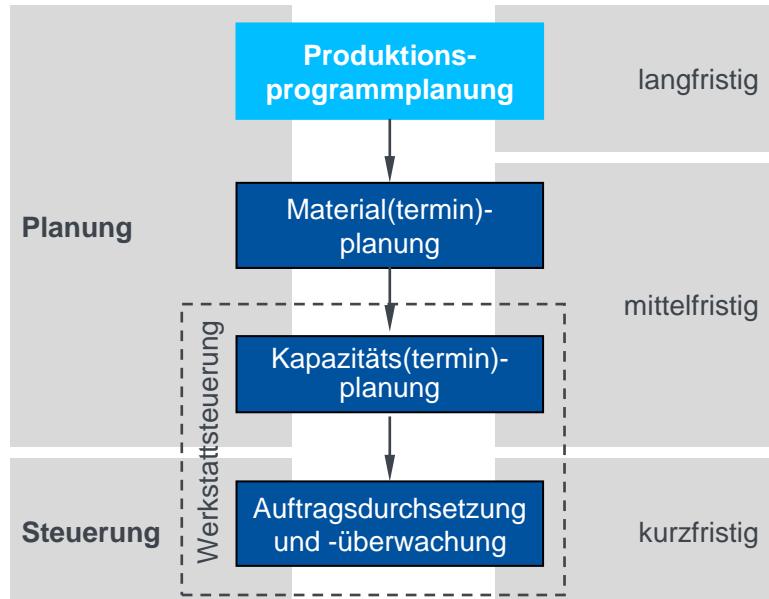
Markt-/Kundendaten, Verkaufsplanungen, Produktionskapazitäten

- **Ergebnis**

zwischen Beteiligten abgestimmter Plan (Produktionsprogramm)

- **Teilfunktionen**

- Prognoserechnung
- Grobplanung
- Lieferterminermittlung



[nach Hackstein]

Struktur der Produktionsprogrammplanung

Ermittlung des Produktionsprogramms

Methoden der Prognose

- Kopieren der alten Verbräuche
- Mittelwert (einfach, gleitend)
- Exponentielle Glättung
- Lineare oder multiple Regression
- Modell von Holt-Winters

Datenquellen

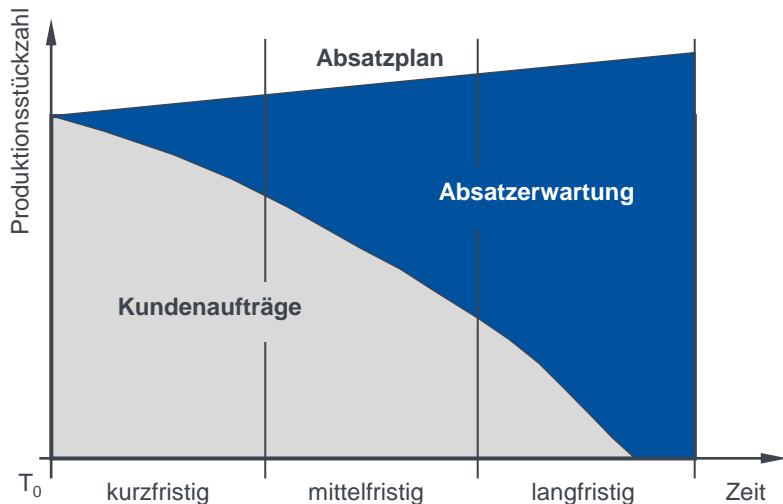
- Marktbeobachtung
- Bestellungen
- Verkaufsstatistik
- Unternehmensziel
- Produktplanung

Methoden zur Ressourcengrobplanung

- Repräsentativmethode
- Referenzmethode

Datenquellen

- Umsatzplan
- Referenzarbeitspläne
- Referenzkalkulationen



Material(termin)planung in der PPS

Materialbedarfsplanung (MRP)

- **Gegenstand**

Die Mengenplanung leitet aus den Primärbedarfen die erforderlichen Sekundärbedarfe an Materialen ab.

- **Informationsgrundlage**

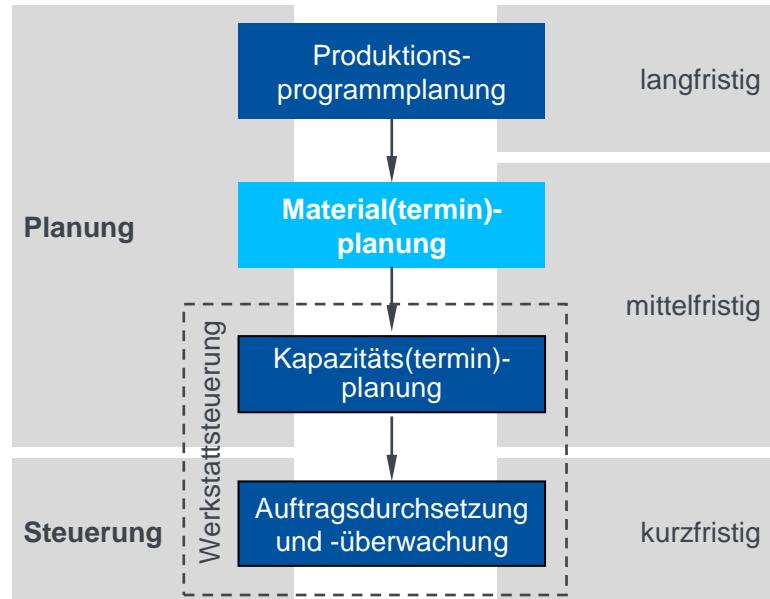
Primärbedarfe (Menge, Termin) und Bestandsdaten, Stücklisten und Materialstammparameter

- **Ergebnis**

benötigte Materialbedarfe¹ und zugeordnete Bedarfsdecker^{1,2}

- **Teilfunktionen**

- Bedarfsermittlung (Brutto/Netto)
- Auftragserzeugung (MoB, Losgröße)



¹ nach Art, Menge, Termin (und Ort) ² Lagerbestand, Eigen- oder Fremdbezugsaufträge
MoB Make or Buy

[nach Hackstein]

Material(termin)planung: MRP-Objekte

Bedarf beschreibt die Materialnachfrage nach Art (über eine Material-Nr.), Bedarfsmenge, -termin und -ort (meist Lagerort).

Bedarfsdecker beschreibt das Materialangebot nach Art (über eine Material-Nr.), Bedarfsmenge, -termin und -ort (meist Lagerort).

Wichtige Ausprägungen:

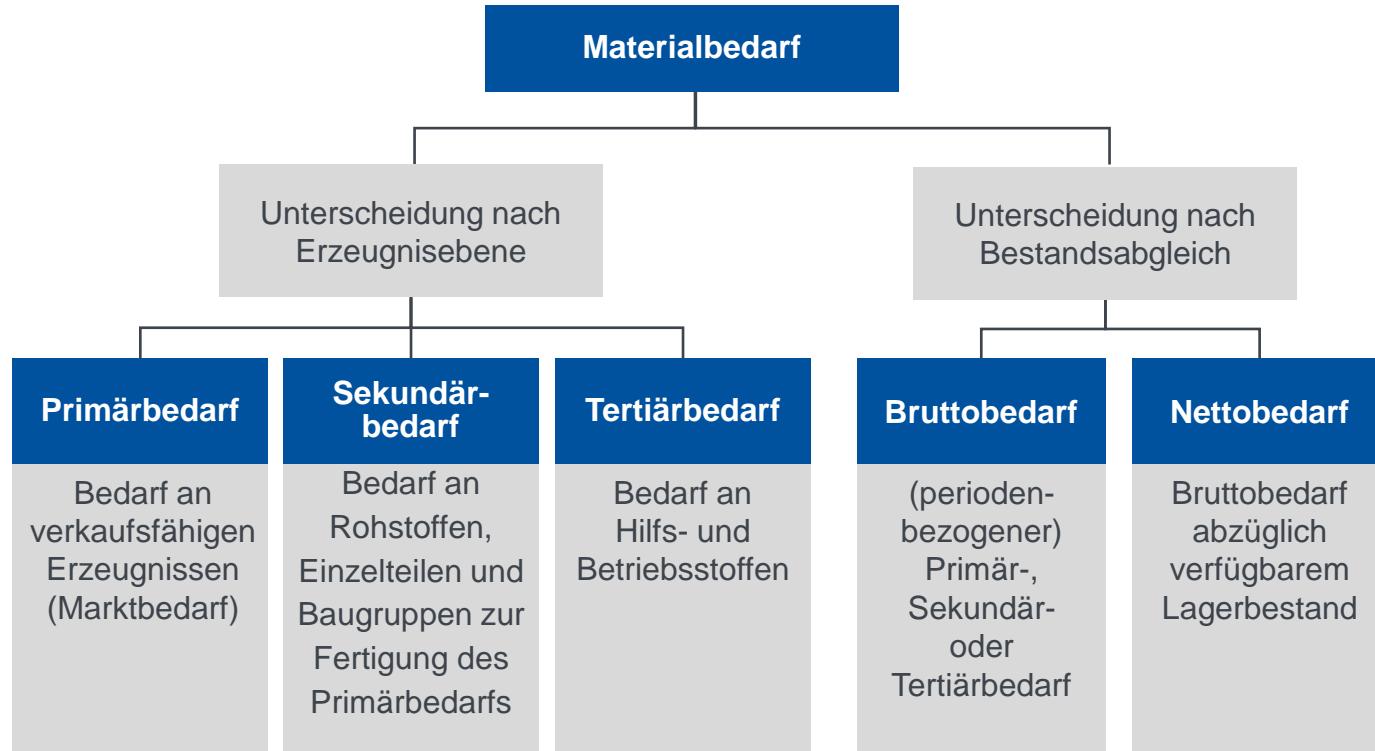
- Primärbedarf
- Sekundärbedarf

Wichtige Ausprägungen:

- (verfügbarer) Lagerbestand
- Auftrag zur Nachfragedeckung (Eigenfertigung oder Fremdbezug)

Material(termin)planung

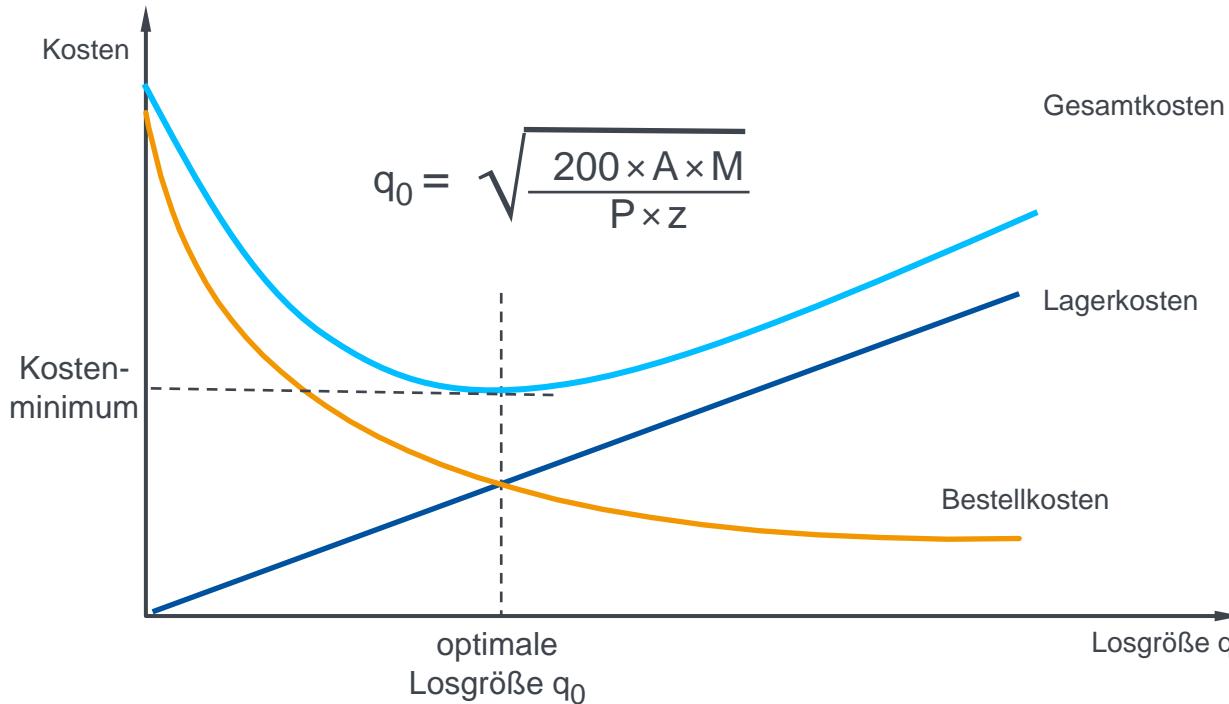
Unterscheidung von Materialbedarfsarten



[Hartmann]

Funktionen der Material(termin)planung (2)

Optimale Bestellgröße nach Harris und Andler



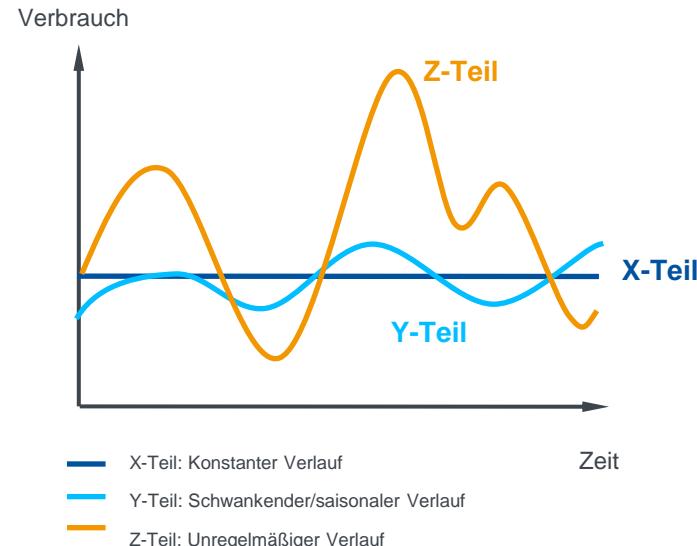
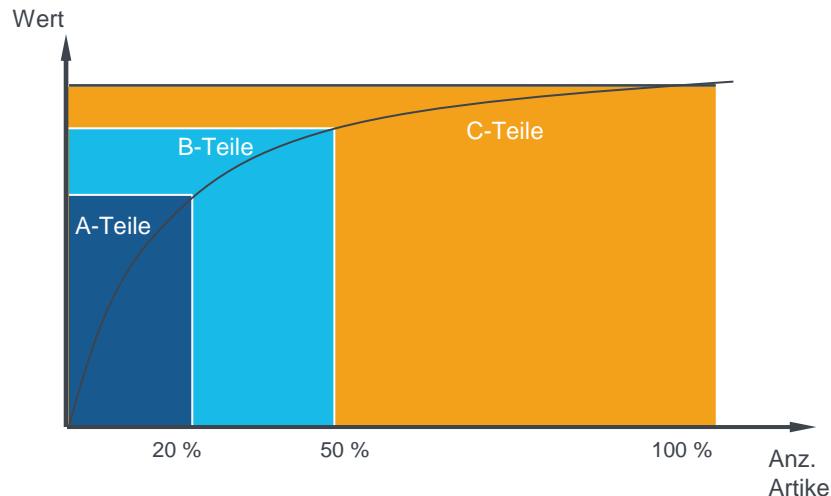
A fixe Kosten je Bestellvorgang, **M** Jahresbedarf, **P** Einkaufspreis, **Z** Lagerhaltungskostensatz in %

Material(termin)planung

Bildung von Artikelklassen mit der ABC-XYZ-Analyse

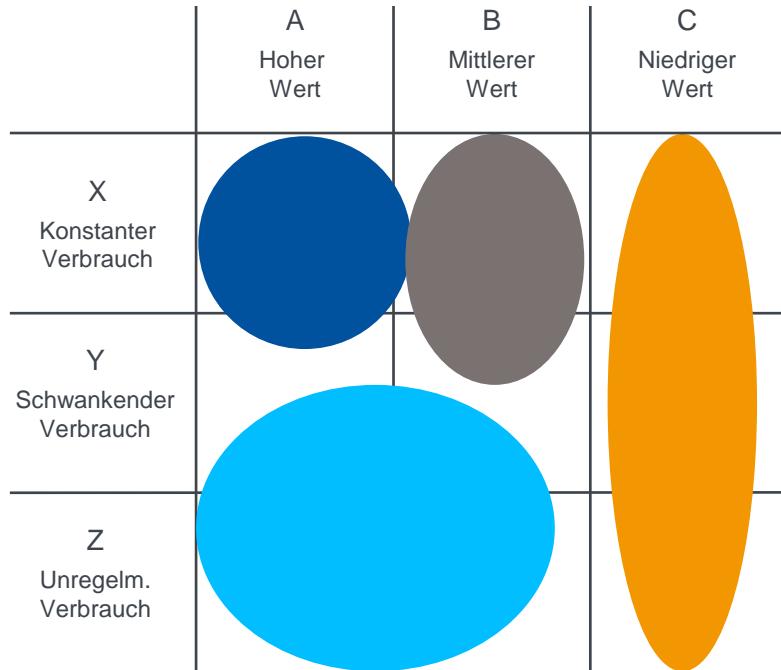
Die ABC Analyse ist eine Einteilung der Materialien nach ihrem Wert und ihrer Menge.

Die XYZ Analyse ist eine Einteilung der Materialien nach ihrem zeitlichen Verbrauchsverhalten und dessen Prognostizierbarkeit.



Material(termin)planung

Artikelklassen als Entscheidungsbasis für Dispositionsmethoden



- Eignung für Just-In-Time-Belieferung (JIT)
- Bedarfsgesteuert
- Verbrauchsgesteuert
- Verbrauchsgesteuert C-Teile Management (z.B. Schrauben, etc.)

Kapazitäts(termin)planung in der PPS

Eigenfertigungsplanung

- **Gegenstand**

Die TuK-Planung plant die EF-Aufträge ein
(Ziel: Bedarfs-mengen/-termine bei verfügbarer Kapazität erreichen).

- **Informationsgrundlage**

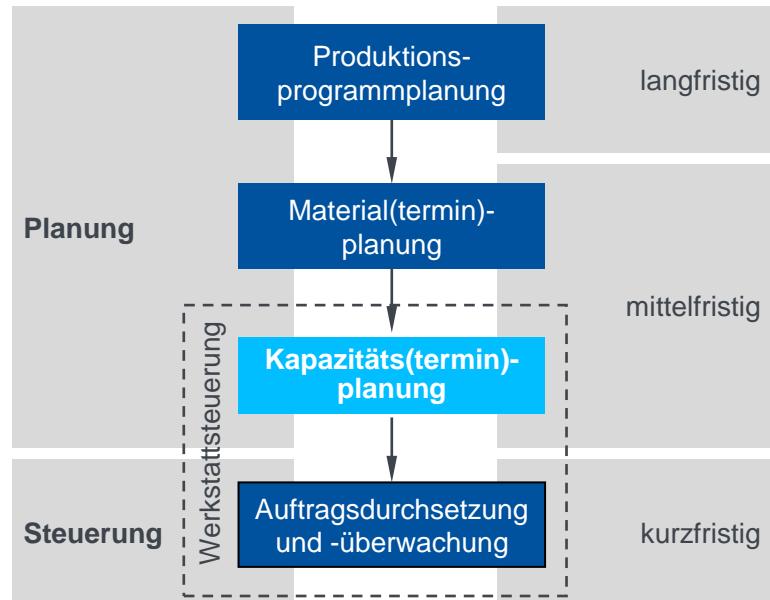
Termine (SOLL-Ende, PLAN-/IST-Start) und Prioritäten, Arbeitspläne und Kapazitätsangebot, Standard-DLZ

- **Ergebnis**

den Arbeitsplätzen zugeordnete Eigenfertigungsaufträge¹

- **Teilfunktionen**

- Belastungsterminierung
- Kapazitätsterminierung
- Reihenfolgeplanung

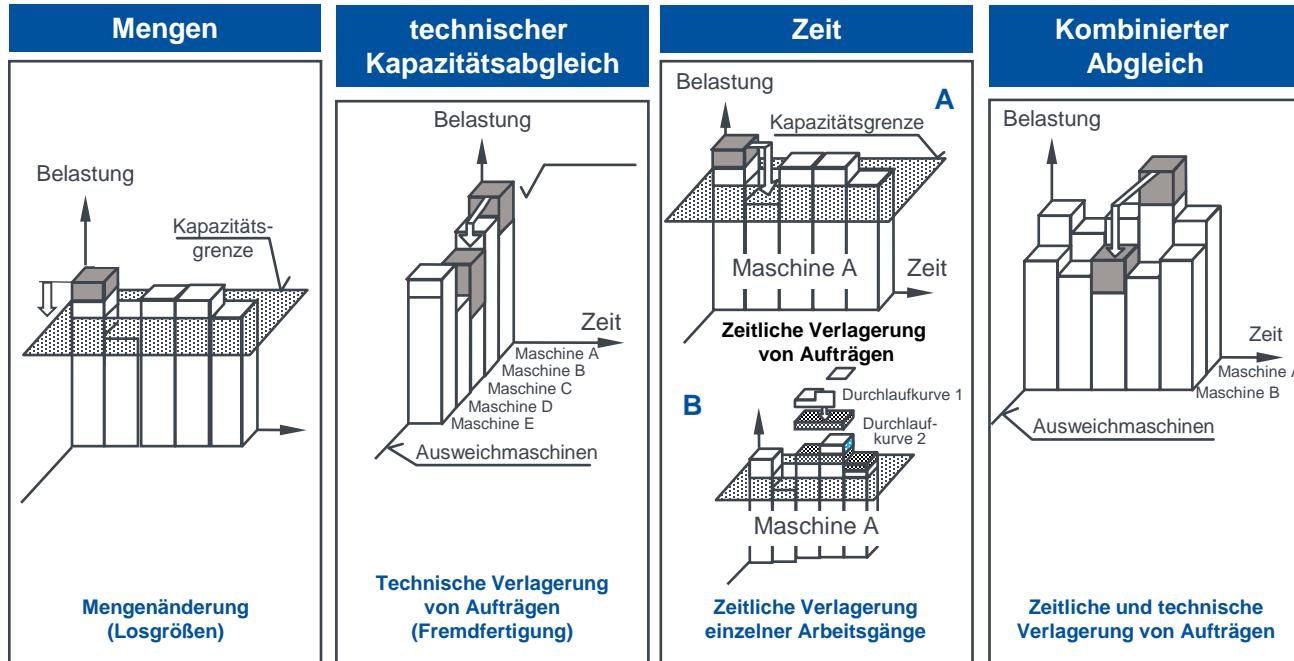


¹ nach Menge, (Start- und End-)Termin und Herstellort fixiert; **EF** Eigenfertigung, **DLZ** Durchlaufzeit

[nach Hackstein]

Kapazitäts(termin)planung

Anpassung des Kapazitätsbedarfs



[nach VDI]

Fertigungssteuerung in der PPS

- **Gegenstand**

Die Fertigungssteuerung setzt die eingeplanten Aufträge trotz unvermeidlicher Störungen und Änderungen bestmöglich durch.

- **Informationsgrundlage**

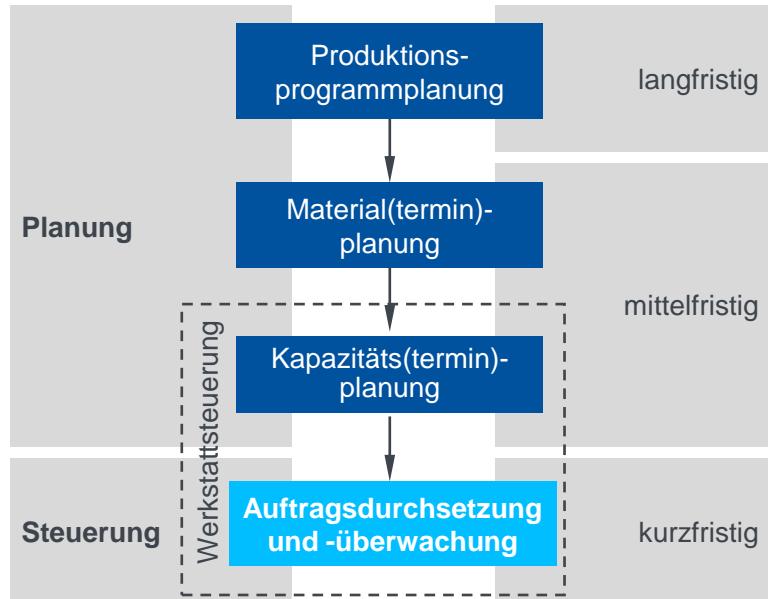
Produktionsplan, Änderungen und Störungen, Auftragsfortschritt

- **Ergebnis**

aktualisierte Steuerungsentscheidungen

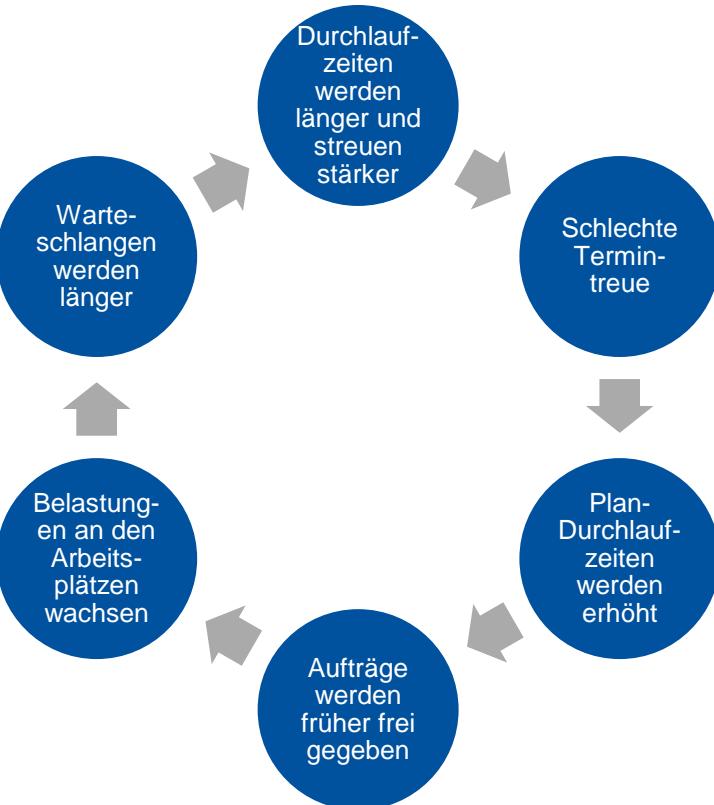
- **Teilfunktionen**

- Auftragsveranlassung
- Auftragsüberwachung



[nach Hackstein]

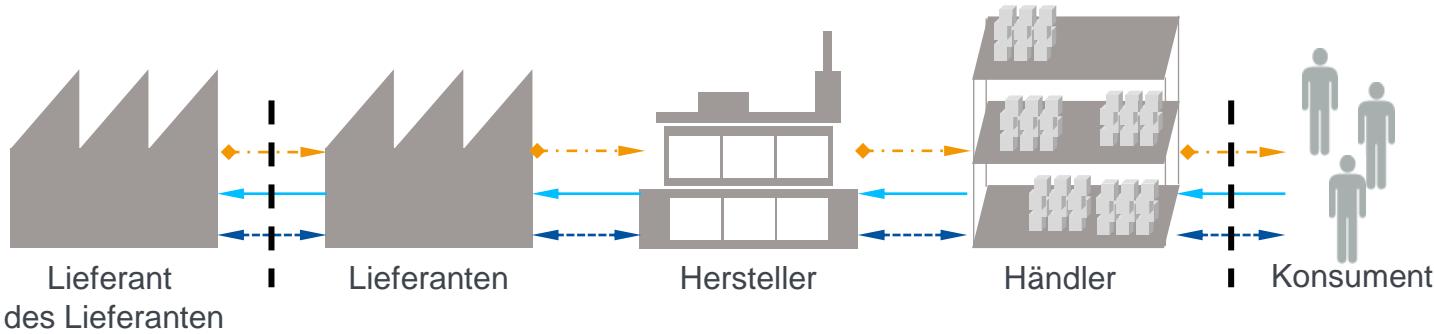
Der Teufelskreis der Fertigungssteuerung



[nach Plossl, Kettner]

SCM Definition

Das Supply Chain Management (SCM) gestaltet, plant und steuert die betroffenen Material-, Informations- und Werteflüsse entlang der gesamten Wertschöpfungskette ausgehend vom Kunden bis zum Rohstofflieferanten.



Die SCM Funktionen entsprechen im Grundsatz den innerbetrieblichen Planungs- und Steuerungsfunktionen. Es wird lediglich der Betrachtungsgegenstand erweitert, dadurch steigt die Planungskomplexität und die Software-Anforderungen erheblich.

◆ - ▶ Materialfluss ◀ - ▶ Finanzfluss ◀ - ▶ Informationsfluss

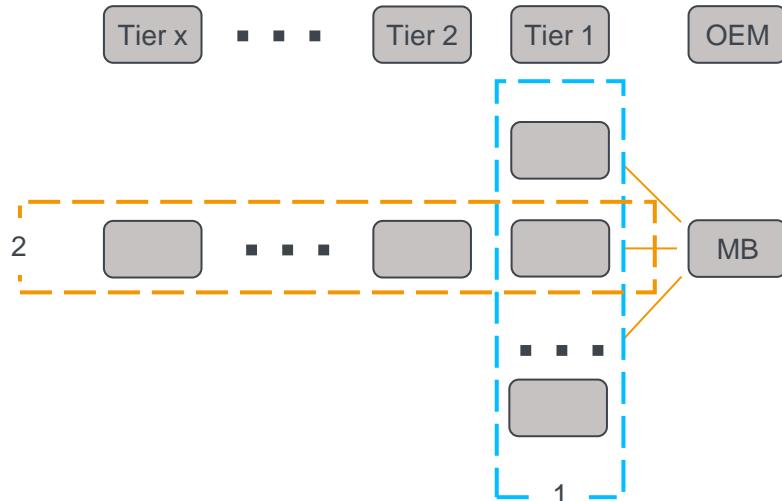
[In Anlehnung an Mentzer (2001), Voß (2007)]

Supply Chain Management Automobilindustrie

Komplexitätsreduzierte Planung und Steuerung

1. Direkte Lieferanten

- Bedarfs- Bestandsmanagement
- Bedarfs-Kapazitätsmanagement
 - Abgleich von Bedarfen, Beständen und Kapazitäten



2. Kritische Lieferkette

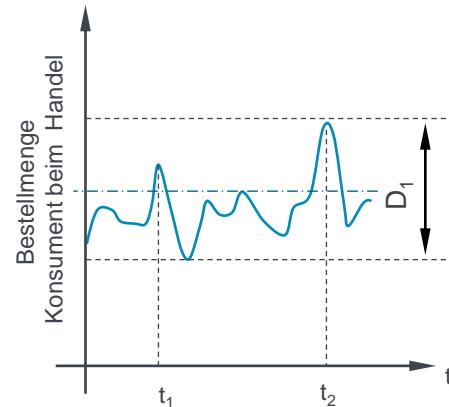
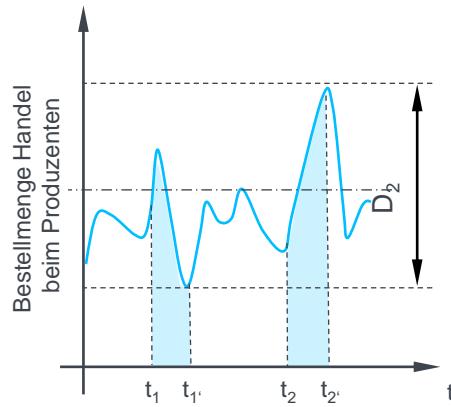
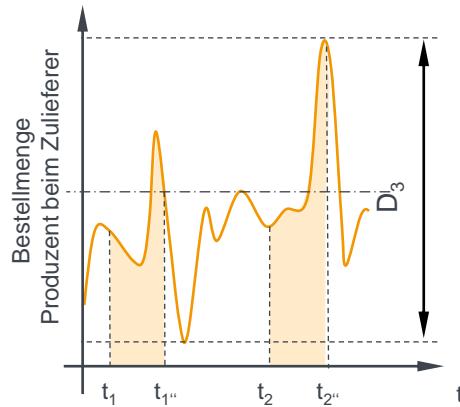
- mehrstufige Betrachtung über mehrere Lieferanten
- durchlaufzeit- oder kapazitätsbestimmend
 - Frühwarnsystem mit Transparenz über gesamte kritische Kette

[Mercedes Benz]

Ineffizienzen des SCM

Der Bullwhip-Effekt

Der Bullwhip-Effekt beschreibt das Phänomen, dass kleine Änderungen der Kundennachfrage zu überproportionalen und verzögerten Schwankungen bei den vorgelagerten Stufen führen.

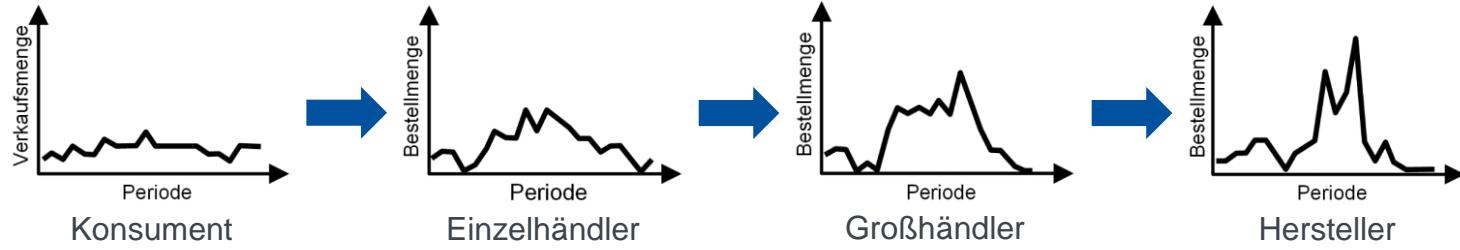


[In Anlehnung an Lee, Lödding]

Bullwhip-Effekt

Ursachen und Gegenmaßnahmen

Lokales Sicherheitsdenken und mangelnde Informationsweitergabe begünstigen, Transparenz und Kooperation verringern den Bullwhip-Effekt.



Ursachen

1. Konstante (lange) Durchlaufzeiten
2. Dezentrale Absatzplanung
3. Informationslaufzeiten
4. Losbildung/asynchrone Bestellperioden
5. Vergangenheitsbasierte Prognosemethoden
6. Preisschwankungen/preisorientiertes Einkaufen
7. Überbestellungen bei Lieferengpässen
8. Hohe Kapazitätsflexibilität

Gegenmaßnahmen

1. Bestandsregelung und Durchlaufzeitreduzierung
2. Zentrale Absatzplanung
3. Kurze Informationslaufzeiten
4. Kleine Lose
5. Prognoseglättung/träge Prognosemethoden
6. Verringerung der Preisschwankungen
7. Kooperation bei Lieferengpässen

[In Anlehnung an Lee, Lödding]

ERP-Module

Einsatzbereiche	Vertrieb	Sales & Operations Planning	Projektabwicklung
	<ul style="list-style-type: none"> Angebotserstellung Auftragserfassung <ul style="list-style-type: none"> Versand Rechnungserstellung 	<ul style="list-style-type: none"> Absatzplanung 	<ul style="list-style-type: none"> Grobplanung (Kapazität, Material)
	Disposition	Produktion	Einkauf
	<ul style="list-style-type: none"> Bedarfsprognose Materialbedarfsplanung 	<ul style="list-style-type: none"> Bestandsführung 	<ul style="list-style-type: none"> Lieferantenauswahl Einkaufsabwicklung
	Rechnungswesen und Controlling	Finanzwesen	Qualitätsmanagement
	<ul style="list-style-type: none"> Forderungen und Verbindlichkeiten Buchführung Anlagenbuchhaltung Budgetplanung und -überwachung 	<ul style="list-style-type: none"> Liquiditätsmanagement 	<ul style="list-style-type: none"> Management
	Personalwesen	Instandhaltung	
	<ul style="list-style-type: none"> Gehaltsabrechnung Zeitkontenführung 	<ul style="list-style-type: none"> Zuschläge und Prämien 	<ul style="list-style-type: none"> Prüfregeln und Anlagenzustand
	Administration	Datenbanken und Schnittstellen	Analyse
<ul style="list-style-type: none"> Stamm- und Bewegungsdatenmanagement Datenhaltung für die Geschäftsvorfälle Automatisierung von Routinevorgängen Rollenmanagement 	<ul style="list-style-type: none"> Datenmodelle, Datenbanken Dateninput / Datenoutput IT-Integration 	<ul style="list-style-type: none"> Regelbasierte Zuordnung und Steuerung administrativer Arbeitsschritte 	<ul style="list-style-type: none"> Kennzahlenbildung Auswertungen, Zeitreihenmodelle Reporting

 logistikorientiertes Modul

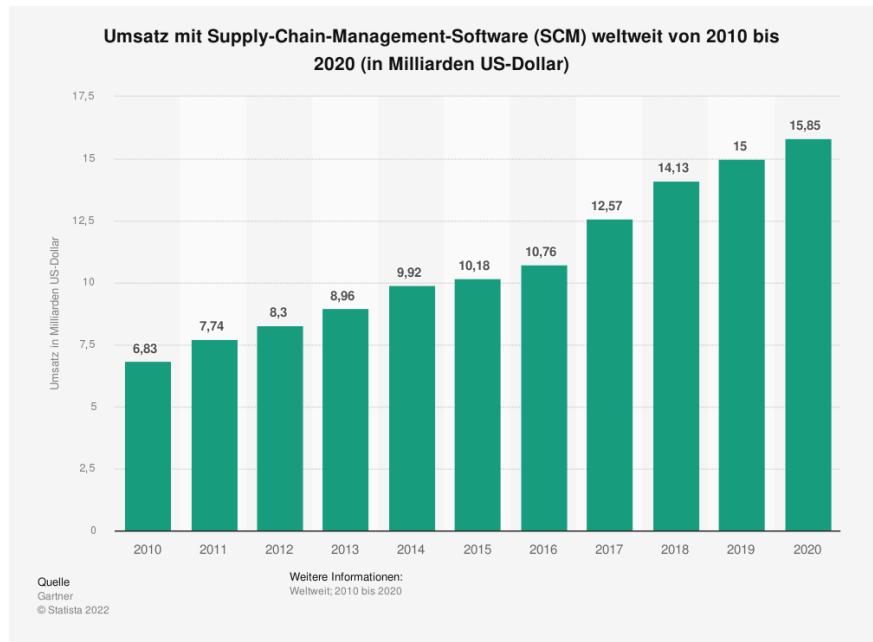
 finanzorientiertes Modul

[H.-H. Wiendahl, D. Hardjosuwito, R. Schillgalies]

SCM-Software

Definition

Eine Supply Chain Management (SCM) Software unterstützt als IT-Werkzeug die unternehmensübergreifende Auftragsabwicklung in den erforderlichen Funktionen und Bereichen. Operativ bildet sie das zentrale Informationsrückgrat der unternehmensübergreifenden Kommunikation. Darüber hinaus ist SCM-Software auch zum SC-Design einsetzbar.



Innovation und Entwicklung

Rahmenbedingungen und Herausforderungen

- **Rahmenbedingungen**

- Schnelle Veränderung der Kundenanforderungen
- Zunehmende Individualisierung von Produkten
- Zunehmendes Qualitätsbewusstsein der Kunden

- **Herausforderungen**

- Verkürzung der Produktentwicklungszeiten
- Erhöhung der Komplexität
- Reduzierung von Produkt- und Herstellungskosten
- Emotionalisierung von Produkten
- Exaktes Timing des Produktlaunches
- Schutz der Marke/des Images



<https://www.apple.com/de/shop/buy-iphone/iphone-13-pro/6,7%22-display-256gb-gold> ;
<https://www.audi.de/de/brand/de/neuwagen/a8/a8/interieur.html> (11.05.22)

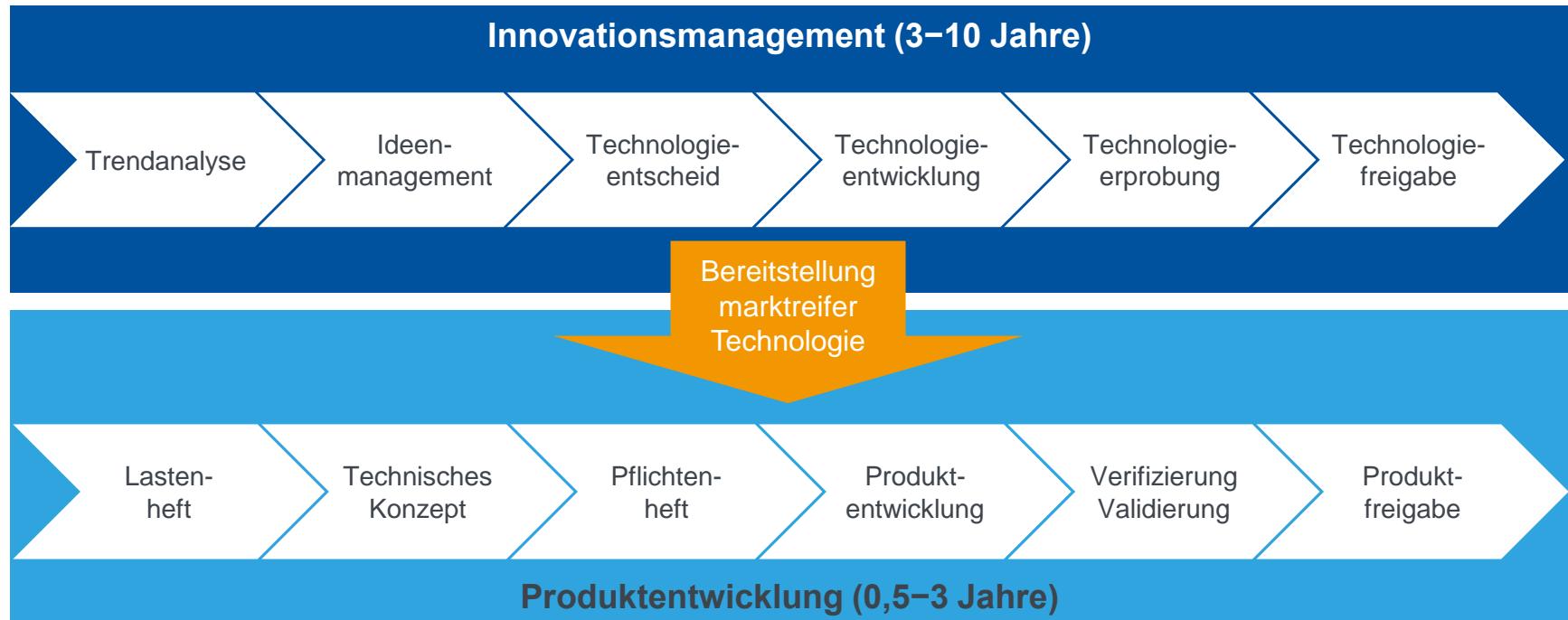
Einleitung

Einordnung des Innovationsmanagement und der Produktentwicklung



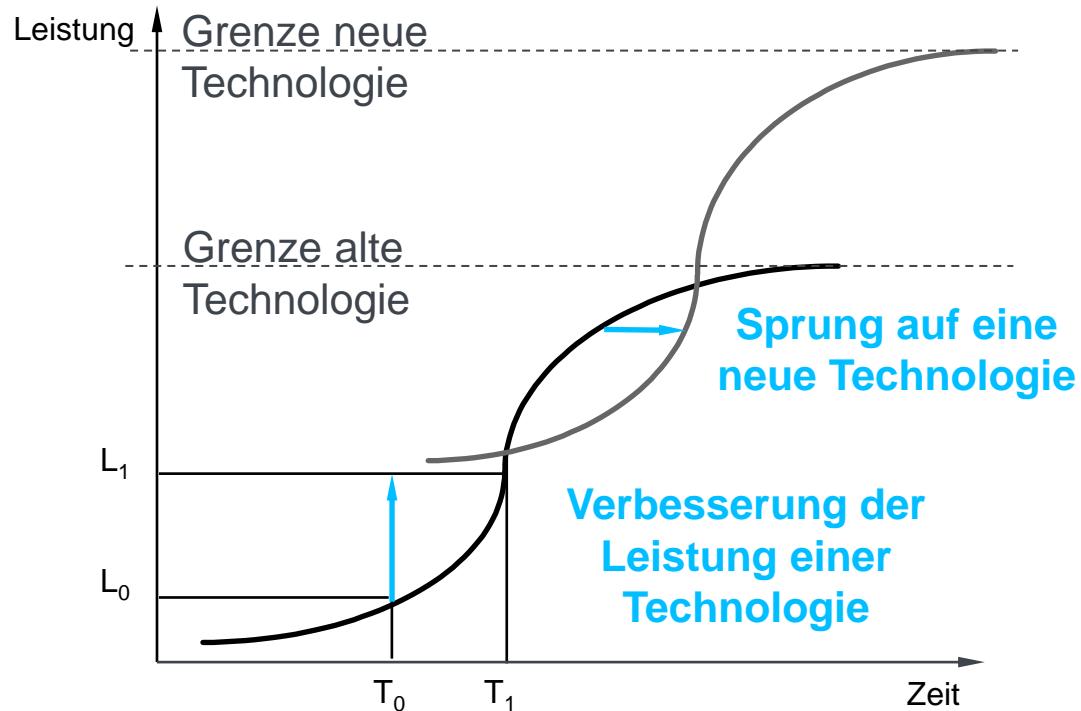
Einleitung

Einordnung/Phasen von Innovationsmanagement & Produktentwicklung



Innovationsmanagement

Technologiestrategien (Technologie-S-Kurven)



Innovationsmanagement

Differenzierung von Innovationen

- **Pull-Innovationen**

Werden unmittelbar durch die Befriedigung von Bedürfnissen der Kunden getrieben. Da der Bedarf vorhanden ist und nicht erst generiert werden muss, sind die Erfolgsaussichten für diese Art von Innovation höher einzuschätzen.



- **Push-Innovationen**

Fokussiert grundsätzlich auf die Entwicklung neuer Technologien, Organisationsstrukturen und Prozesse. Hierzu müssen die Bedarfe beim Kunden erst generiert werden. Sie werden weitgehend als »Neu« betrachtet und die Erfolgsaussichten am Markt sind vorerst geringer.



Innovationsmanagement

Kategorisierung von Innovationen hinsichtlich der Innovationsstärke

- **Inkrementelle Innovationen**

Innovationen, die für bekannte Märkte in vorhandenen Technologien entwickelt werden

- **Signifikante Innovationen**

Innovationen, die für bekannte Märkte in neuen Technologien oder für neue Märkte in bekannten Technologien entwickelt werden

- **Disruptive Innovationen**

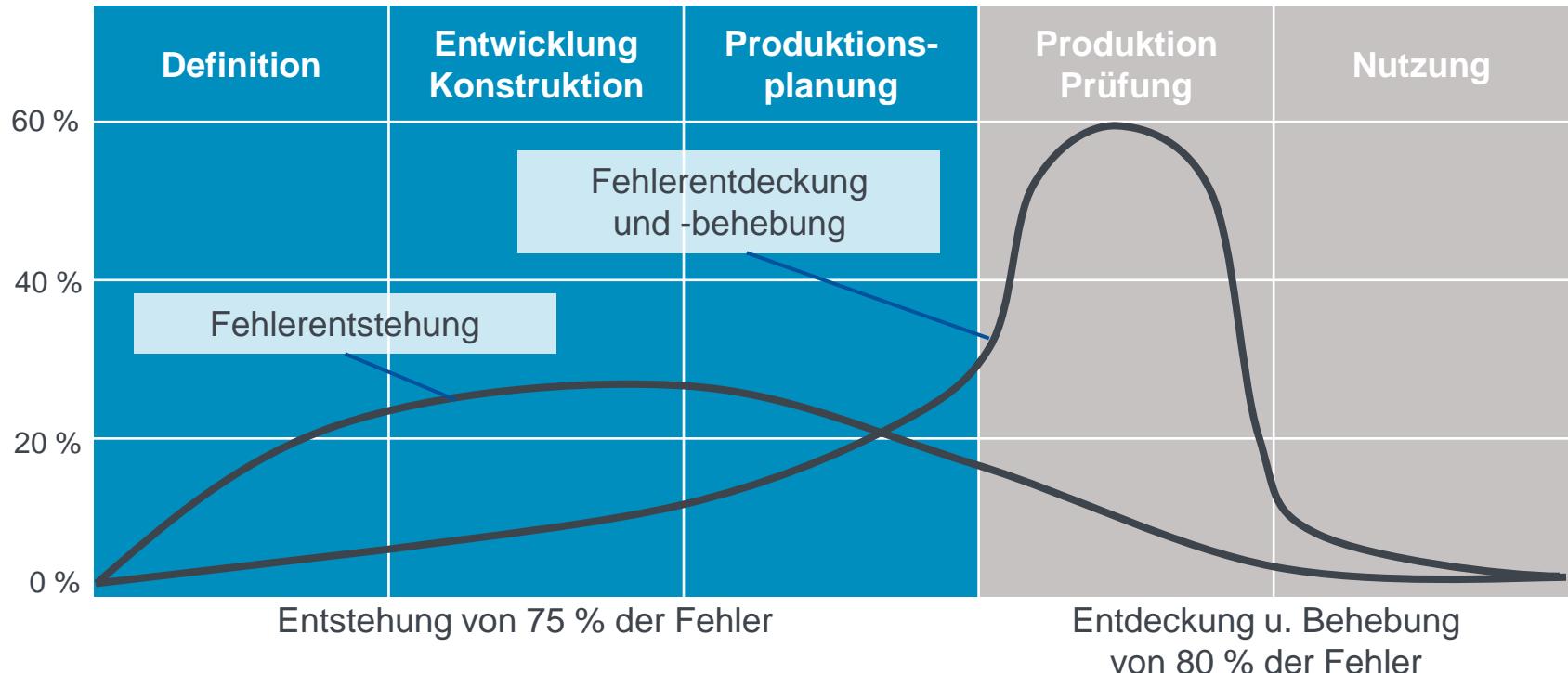
Innovationen, die für neue Märkte in neuen Technologien entwickelt werden

- Veränderung existierender Unternehmensstrukturen
- Höchstes unternehmerisches Risiko

	Alte Technologie	Neue Technologie
Neuer Markt	Signifikante Innovationen	Disruptive Innovationen
Alter Markt	Inkrementelle Innovationen	Signifikante Innovationen

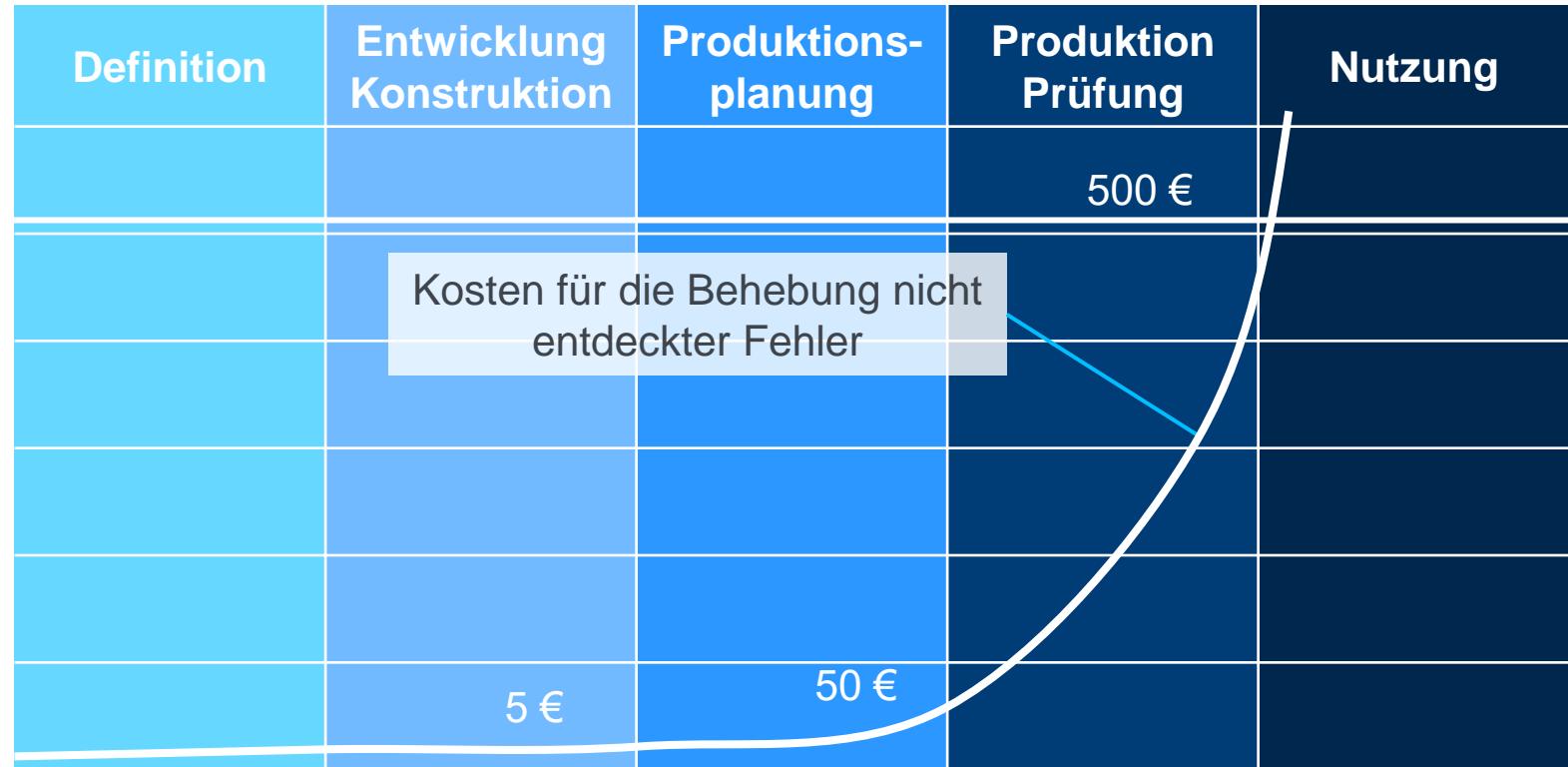
Produktentwicklung

Verteilung von Fehlerentstehung und Fehlerbehebung entlang des Produktlebenslaufs



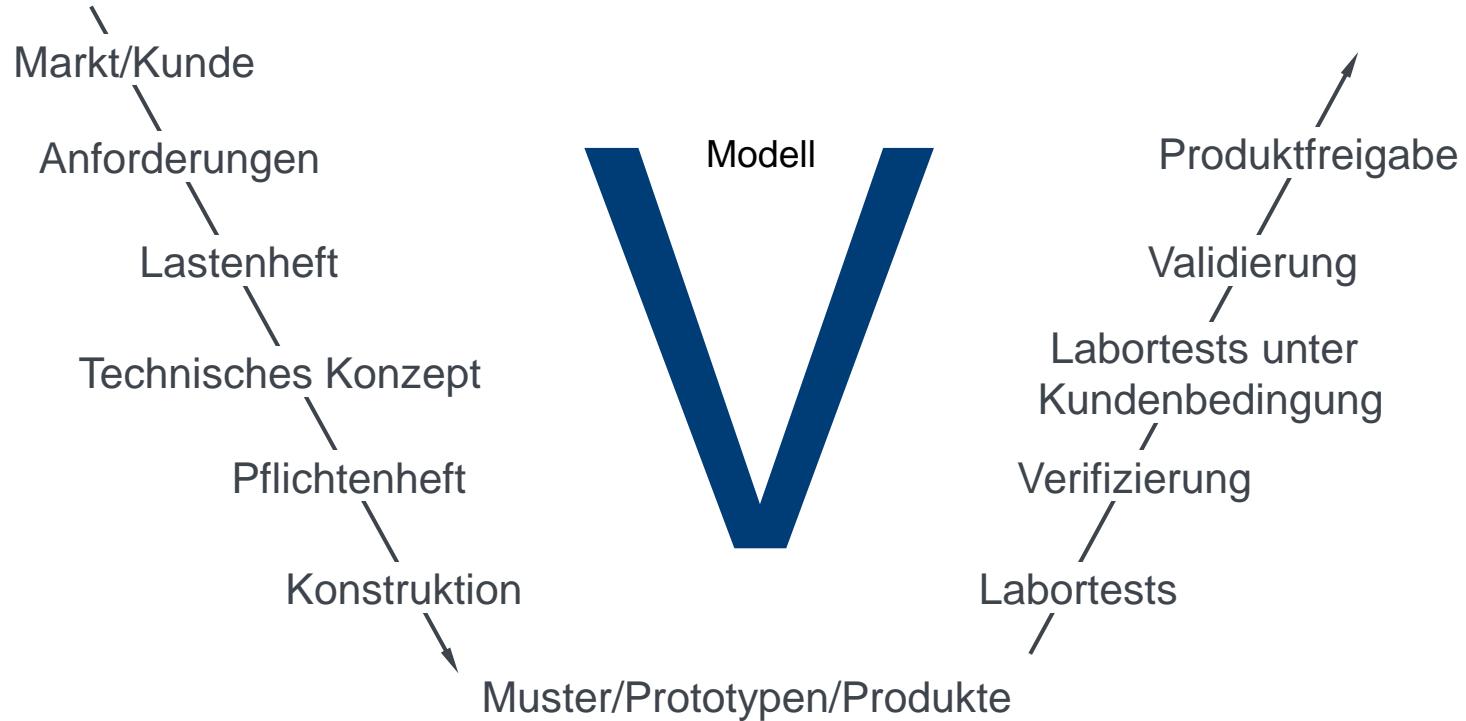
Produktentwicklung

Fehlerbehebungskosten entlang des Produktlebenslaufs



Produktentwicklung

Phasenmodelle in der Produktentwicklung (V-Modell)



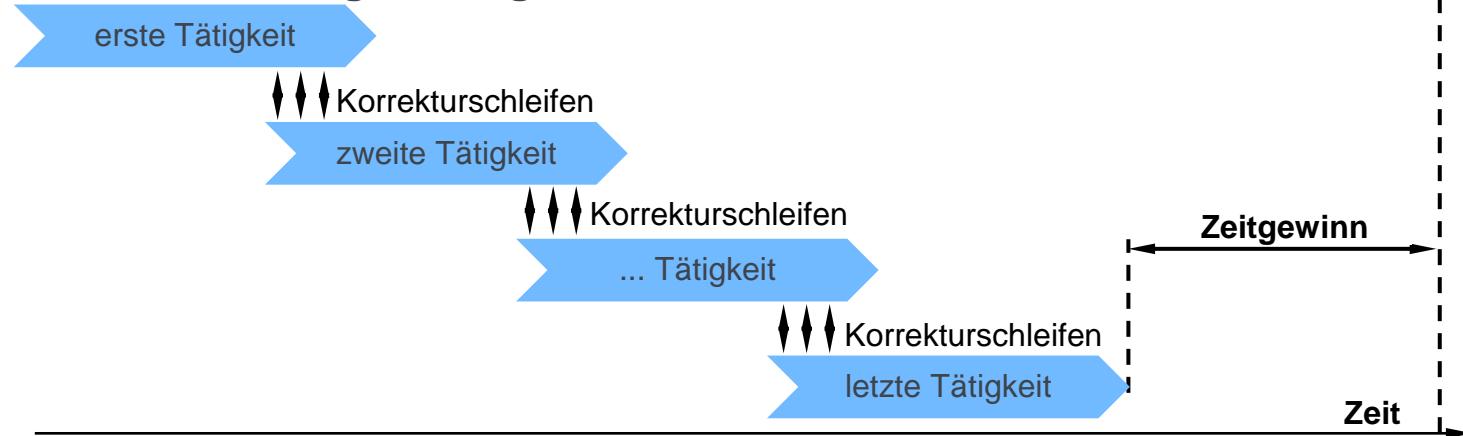
Produktentwicklung

Simultaneous Engineering

Traditioneller Ablauf

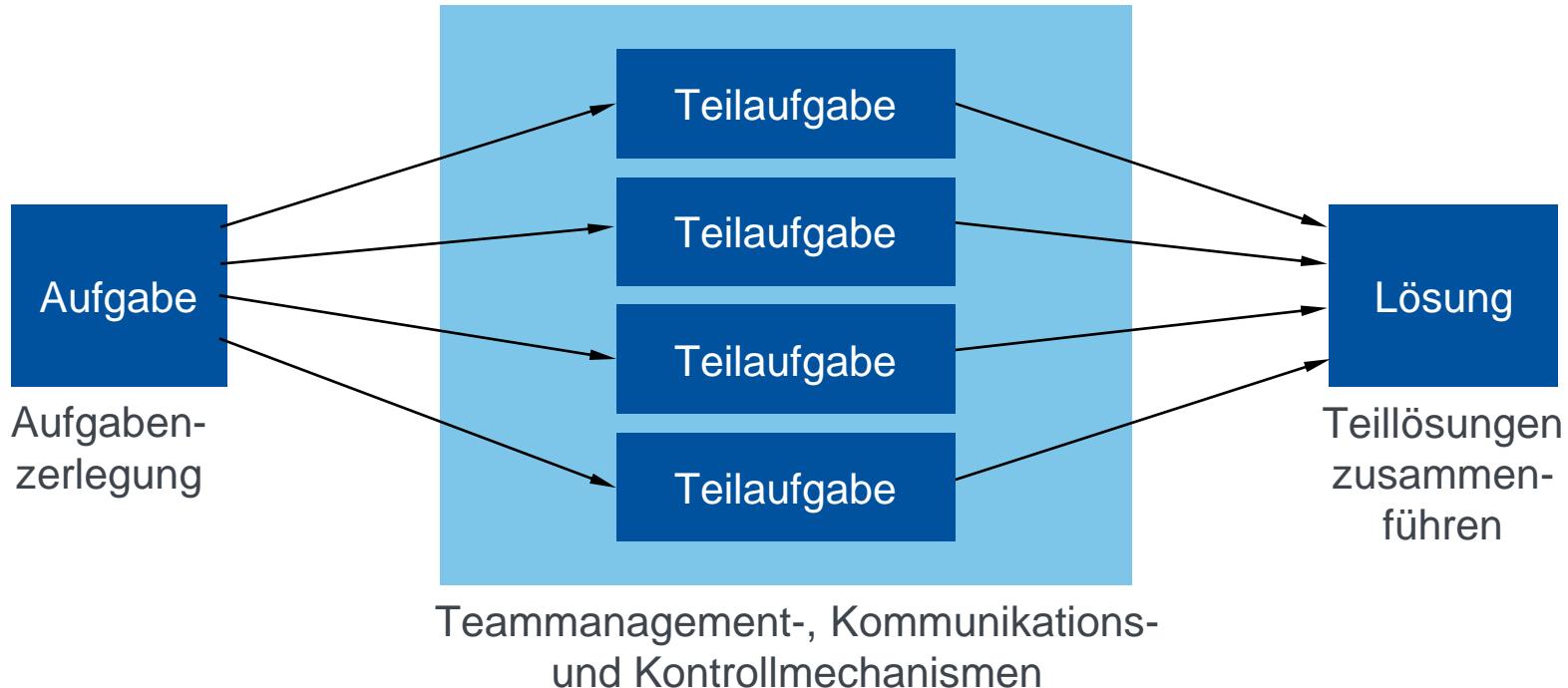


Simultaneous Engineering



Produktentwicklung

Concurrent Engineering



Methoden der Produktentwicklung

Einteilung von Kundenanforderungen nach Kano

- **Unausgesprochene Kundenwünsche:**

Der Kunde erwartet die Eigenschaften nicht.
Da es sich aber um Verbesserungen handelt,
ist er erfreut.

Begeisterungsanforderungen

- **Ausgesprochene Kundenwünsche:**

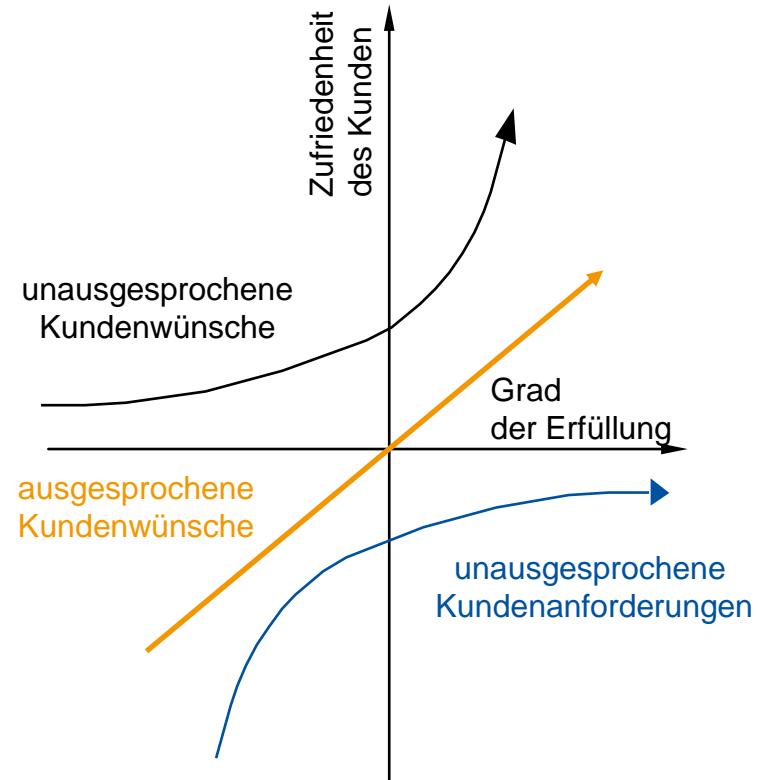
Dies sind durch den Kunden klar formulierte und
erwartete Zielvorstellungen zu einem Angebot.

Funktionsanforderungen

- **Unausgesprochene Kundenanforderungen:**

Erwartungen, die ein Kunde nicht in Worten ausdrückt, weil er sie für selbstverständlich hält.

Basisanforderungen



[Kano, N./Seraku, N./Takahashi, F./Tsuiji, S.: Attractive Quality and Must-be-Quality, in: Quality, 14. Jg (1984), Nr. 2, S. 39-48]

Methoden der Produktentwicklung

Quality Function Deployment (QFD)

- **Ziel**

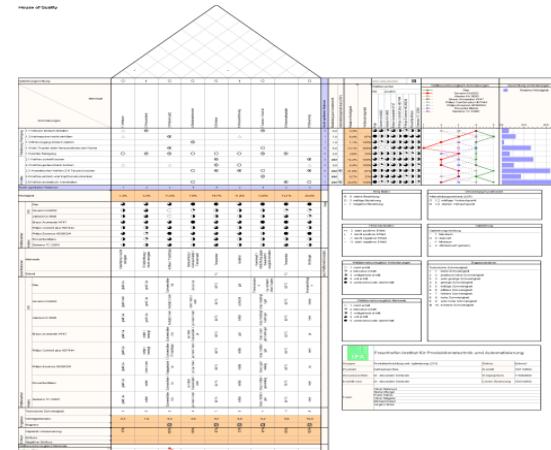
- Kunden- und wettbewerbsorientierte Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen

- **Methode**

- Spiegelung der Kundenwünsche am Wettbewerb und der Unternehmensstrategie
- Ableitung und Entwicklung von erfolgskritischen Produktmerkmalen

- **Bewertung/Nutzen**

- Konsequente Ausrichtung der Produktanforderungen auf die Kundenwünsche (Innovation)
- Schnellere Produktentwicklung (um bis zu 40 %)



BBS KX 12

[<https://de.rs-online.com/web/p/bohrmaschinen/5147615>]

Methoden der Produktentwicklung

Target-Costing (TC)

- **Ziel:**

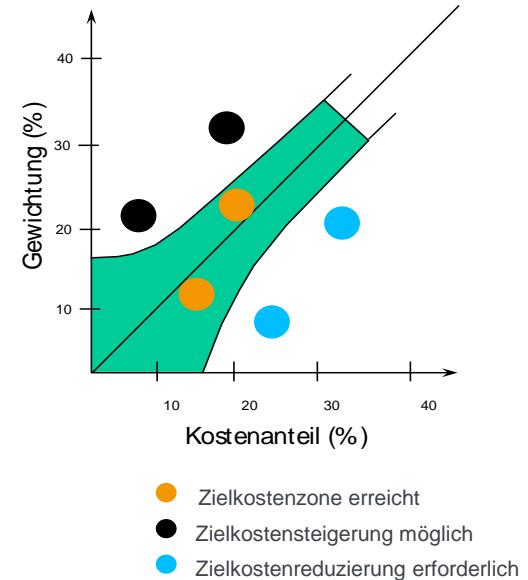
- Optimale Verteilung der Produktkosten auf die Produktfunktionen entsprechend des am Markt erzielbaren Preises

- **Methode:**

- Zielkostenplanung
- Zielkostenspaltung
- Zielkostengestaltung

- **Bewertung/Nutzen:**

- Effektive Kostenbeeinflussung und -reduktion durch funktionelle Änderungen
- Methodisch verwandt mit QFD und Wertanalyse



[Eigene Darstellung in Anlehnung an http://www.daswirtschaftslexikon.com/abbildungen/1618-target_costing.gif]

Methoden der Produktentwicklung

Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)

- **Ziel**

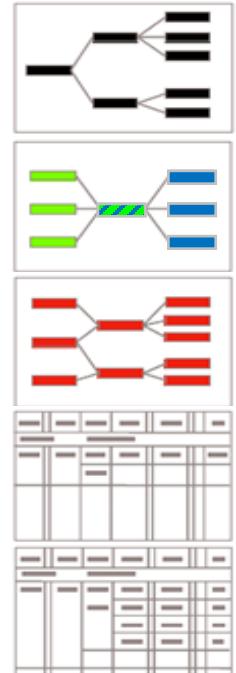
- Systematische Risikoanalyse von Systemen, Produkten und Prozessen im Produktentstehungsprozess

- **Methode**

- Vorgehensweise nach VDA 4 Kapitel 3 (2006): Systemanalyse, Funktionsanalyse, Risikoanalyse, Maßnahmenanalyse und Risikobewertung, Optimierung

- **Bewertung/Nutzen**

- Detaillierte Risikoübersicht (System, Produkt, Prozess)
- Maßnahmenplan für sichere Produkte
- Sonderformen (KV-FMEA, Mechatronik)
- Tool zu Identifikation »Besonderer Merkmale«



[In Anlehnung an VDA 4 Kapitel 3 (2006)]

Methoden der Produktentwicklung

Funktionale Sicherheit nach IEC 61508 und ISO 26262

- **Ziel**

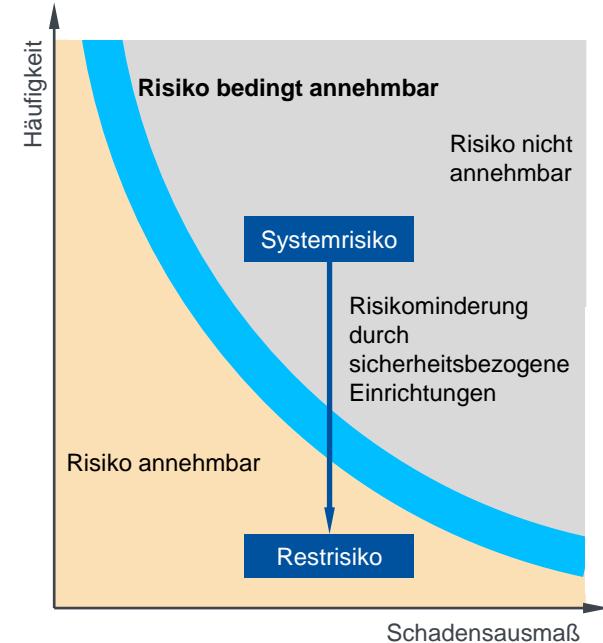
- Sicherstellung eines unvermeidbaren technischen Restrisikos mechatronischer Systeme

- **Methode**

- Durchführung von Gefahren- u. Risikoanalysen
- Ermittlung von (A)SIL-Vorgabewerten
- Definition von Sicherheitsfunktionen
- Ermittlung von Ausfallraten
(z.B. über FMEDA)

- **Bewertung/Nutzen**

- Detaillierte Analyse und Absicherung komplexer mechatronischer Systeme



Grundprinzip »Risikominderung«

[Eigene Darstellung]

Methoden der Produktentwicklung

Design of Experiments (DoE)

- **Ziel**

- Robuste Auslegung von Produkten durch gezielte Versuche

- **Methode**

- Definition u. Durchführung von Versuchen
- Auswertung und Interpretation der Versuchsergebnisse

- **Bewertung/Nutzen**

- Transparente Darstellung der Zusammenhänge zwischen Ein- und Ausgangsgrößen
- Robustes Verhalten von Produkten gegenüber Störgrößen



[Eigene Aufnahme]

Methoden der Produktentwicklung

Error proofed design/konstruktives Poka-Yoke

- **Ziel**

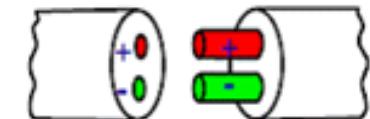
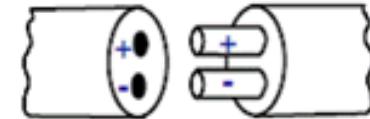
- Vermeidung zufälliger Fehler in Fertigung und Montage:
 - Poka = zufälliger Fehler
 - Yoke = Verminderung

- **Methode (Philosophie)**

- Ermittlung potentieller Fehler
- Konstruktive Vorkehrungen zur Fehlervermeidung

- **Bewertung/Nutzen**

- Fehlhandlungssichere Fertigung und Montage



[Stefan Dapper]

Methoden der Produktentwicklung

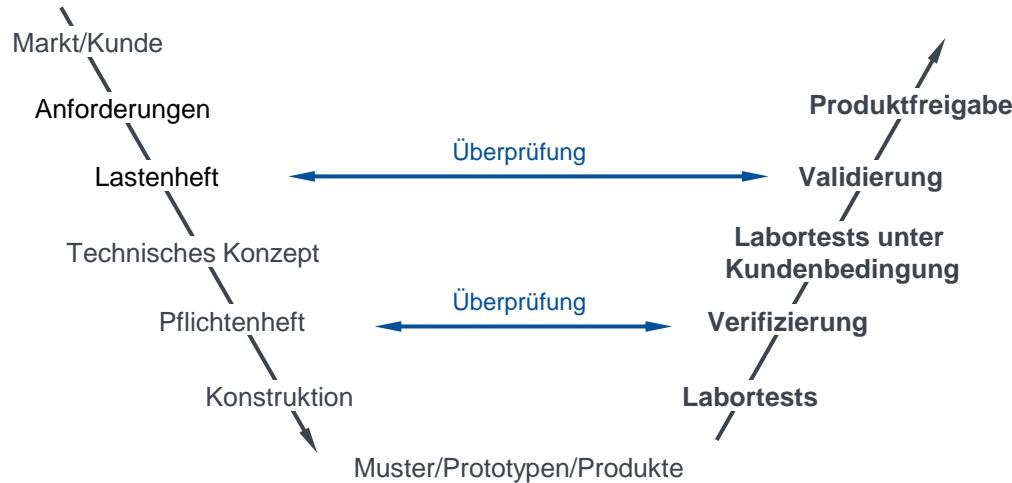
Verifizierung und Validierung

Verifizierung

Systematische Überprüfung, ob ein Produkt die (im Pflichtenheft) gestellten Spezifikationen erfüllt.

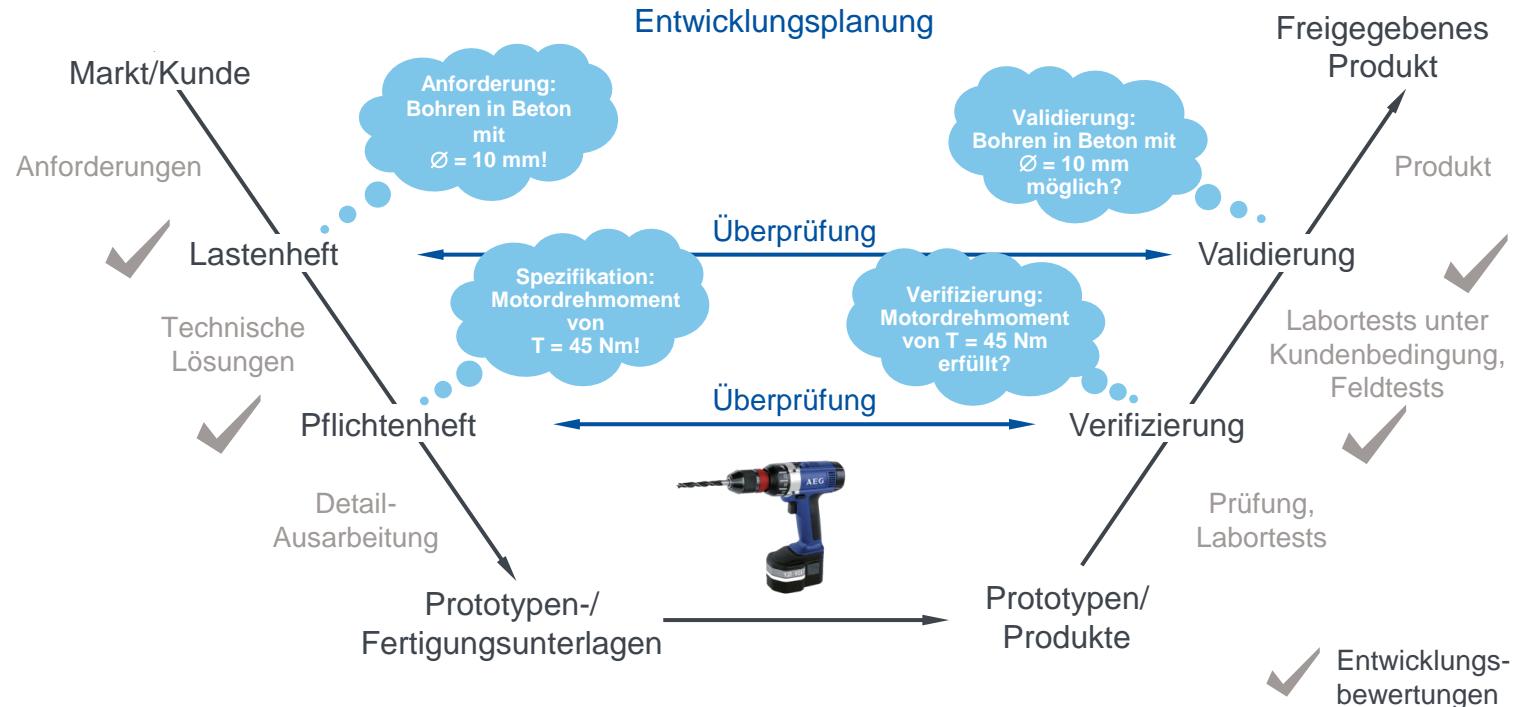
Validierung

Systematische Überprüfung, ob ein Produkt die (im Lastenheft) beschriebene Anforderungen löst.



Methoden der Produktentwicklung

Entwicklungsplanung: Lastenheft, Pflichtenheft, Verifizierung und Validierung
(Beispiel)



Fabrikplanung

Definitionen der Fabrikplanung

Fabrikplanung als Prozess von der Zielfestlegung bis zum Ramp-up

- **Fabrik nach VDI 5200**

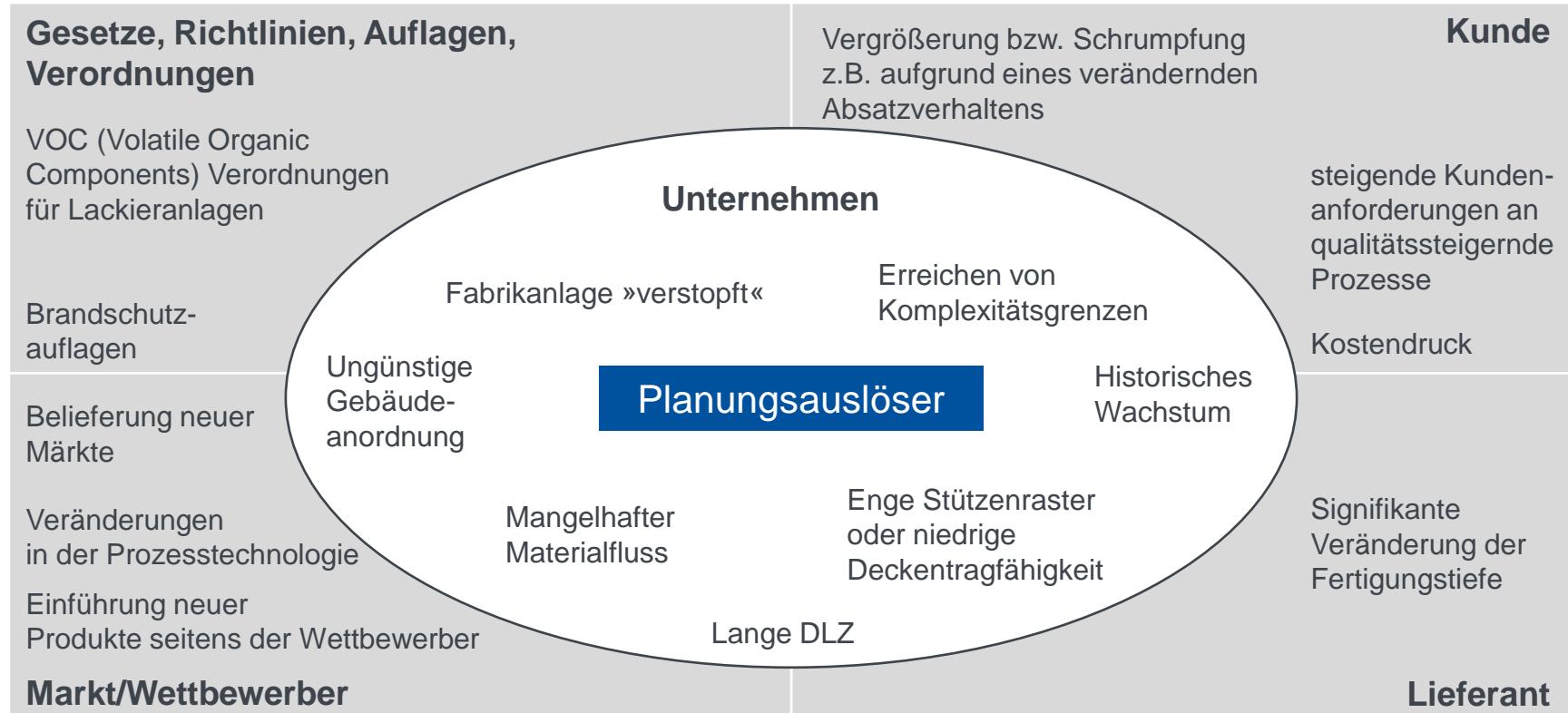
Fabrik bezeichnet den Ort, an dem Wertschöpfung durch arbeitsteilige Produktion industrieller Güter unter Einsatz von Produktionsfaktoren stattfindet.

- **Fabrikplanung nach VDI 5200**

»Der systematische, zielorientierte, in aufeinander aufbauende Phasen strukturierte und unter Zuhilfenahme von Methoden und Werkzeugen durchgeführte Prozess zur Planung einer Fabrik von der Zielfestlegung bis zum Hochlauf der Produktion.«

Planungsauslöser der Fabrikplanung

Planungsauslöser als Reaktion auf unternehmensinterne und -externe Ursachen



Planungsaufgaben

Unterschiedliche Planungsgrundfälle für Neu- und Umplanung

Green Field

- Werkstrukturentwicklung
- Fabrikneuplanung

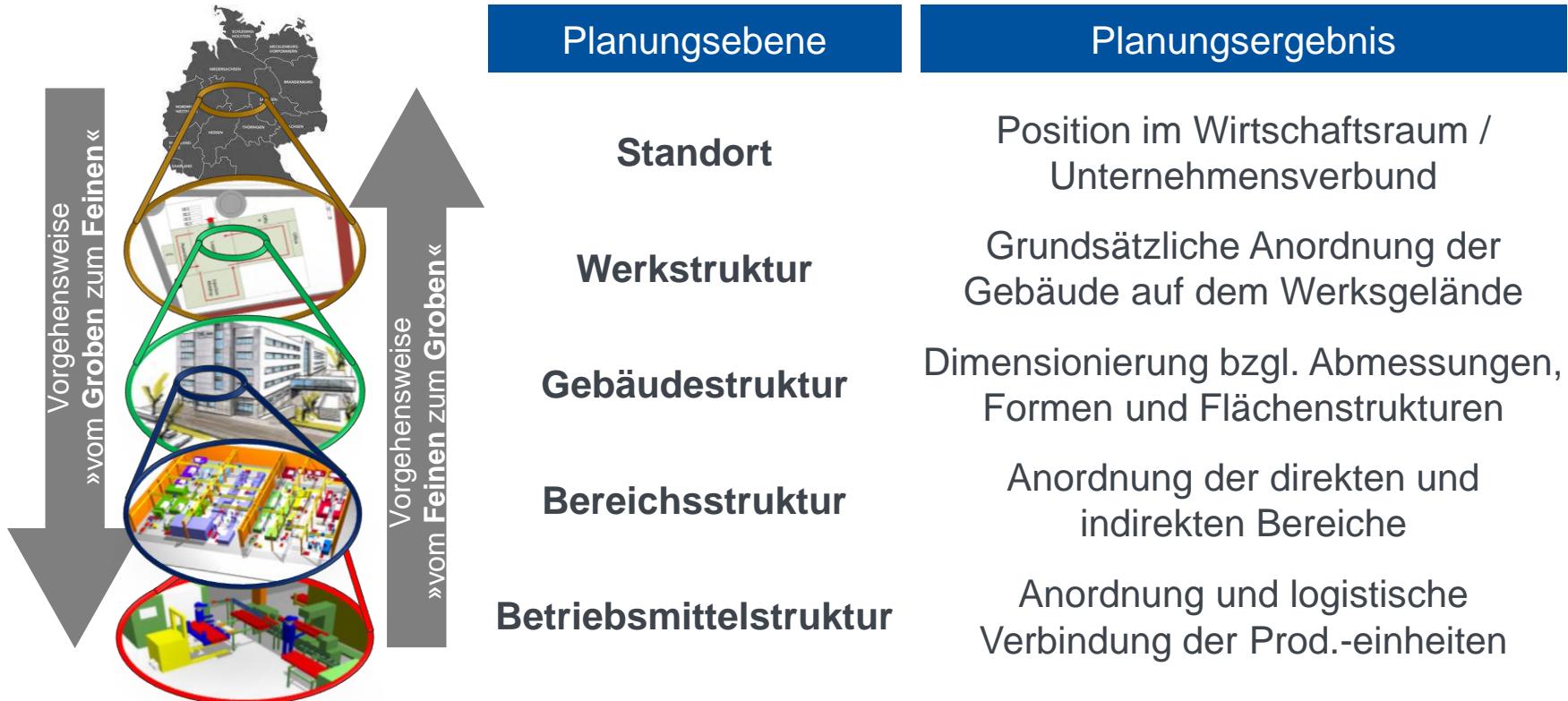
Brown Field

- Fabrikumplanung
- Zusammenlegung von mehreren Standorten
- Layout-und Flächenoptimierung
- Integration prozessrelevanter Neuanlagen
großen Volumens



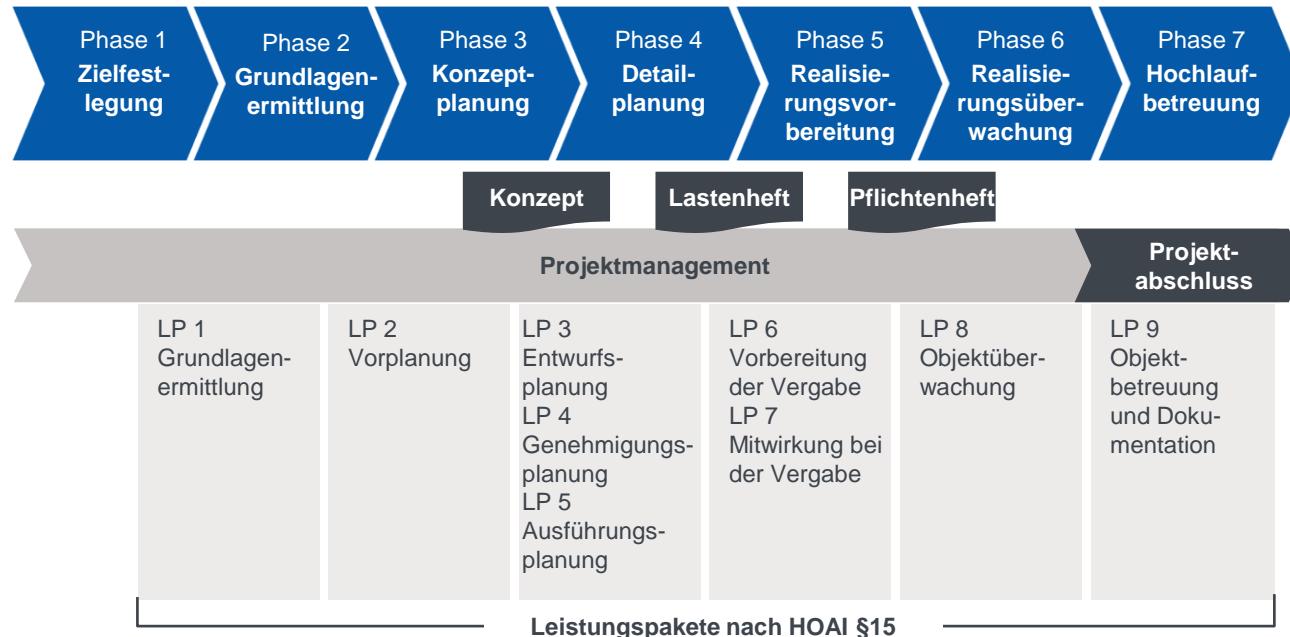
Planungsebenen der Fabrikplanung

Planung vom Groben zum Feinen und von Innen nach Außen



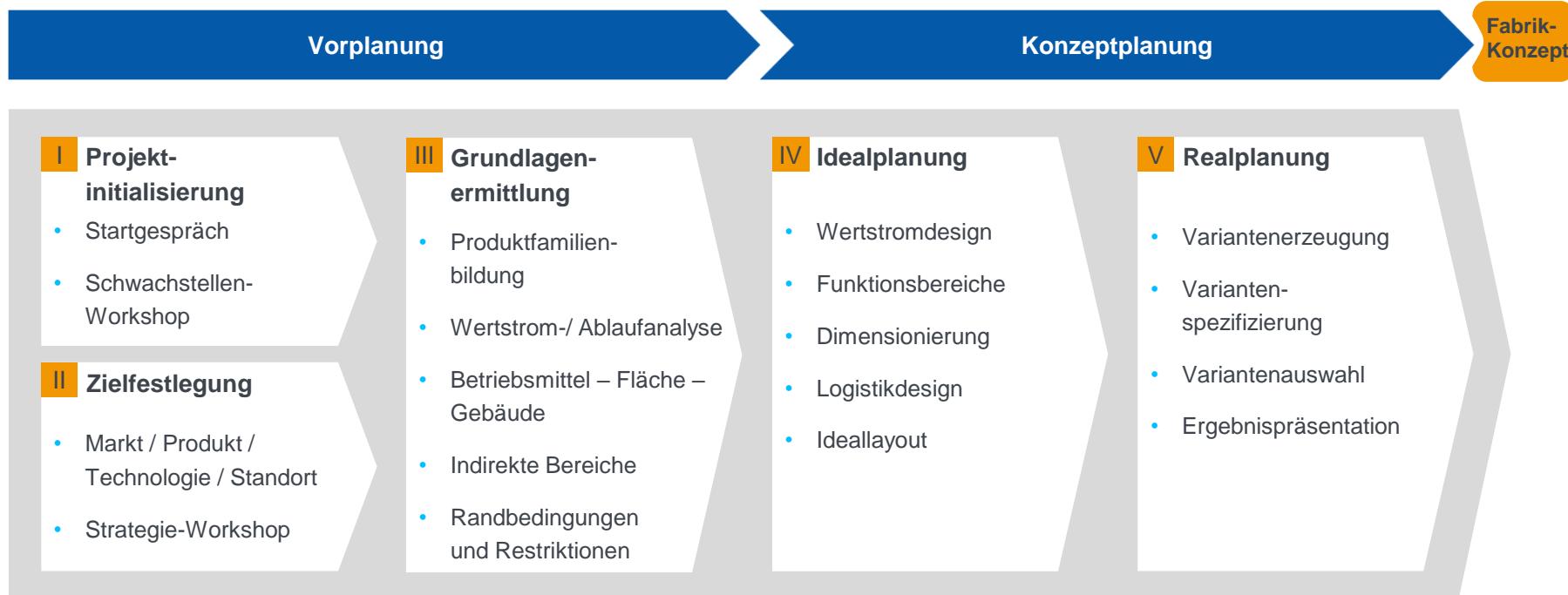
Gesamtvorgehensweise und Planungsphasen

VDI 5200: Phasen der Fabrikplanung



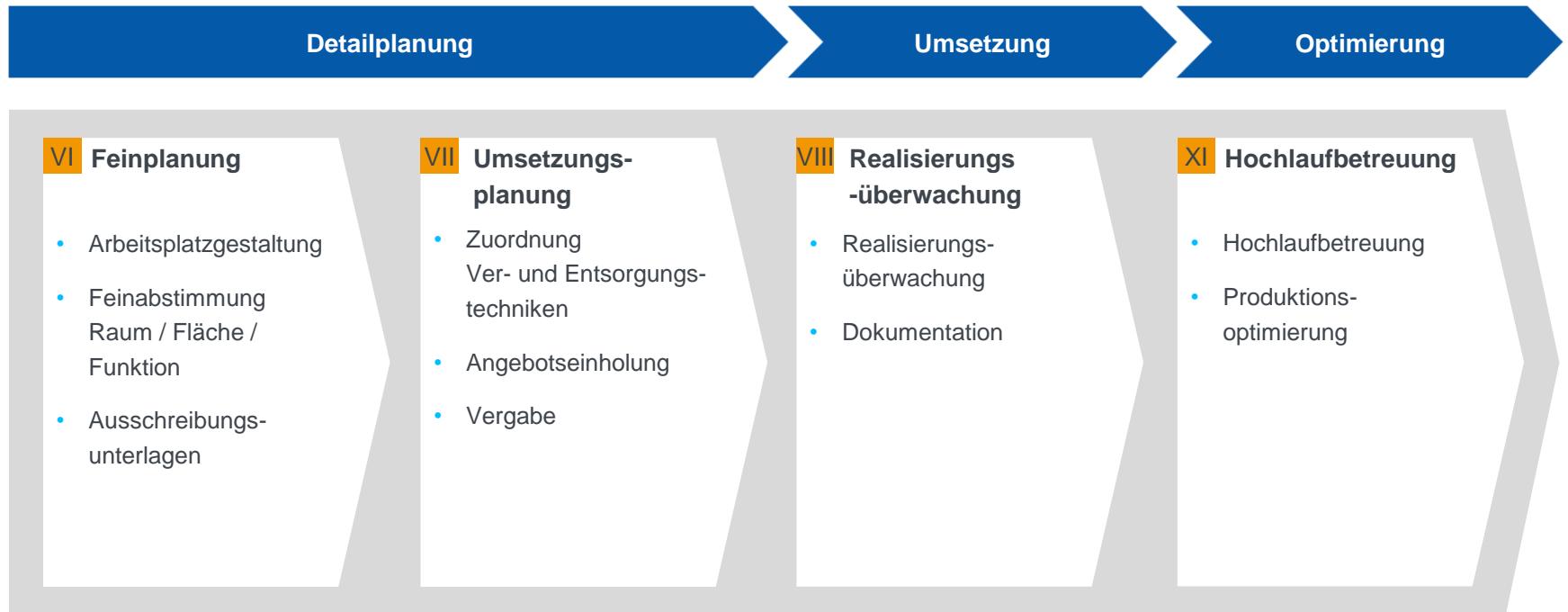
Vorgehen in der Konzeptplanung

Vom Projektstart bis zum Realkonzept



Vorgehen in der Detailplanung

Von der Detailplanung zur Optimierung



Grundlagenermittlung

Felder der Datenerfassung

Produkte	Produktion	Fläche
----------	------------	--------



- Produktfamilien
- Produkteigenschaften
- Lebensdauer
- Bedarfsmengen
- Baugruppen und Stücklisten
- Auftragsgrößen
- Eigenfertigung / Fremdbezug



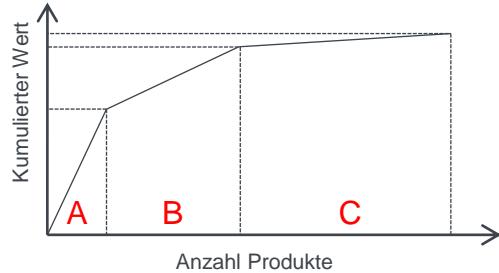
- Fertigungstechnik
- Liste Arbeitsplätze & Maschinen
- Arbeitspläne
- Wertstrom Logistische Kennwerte (DLZ, Bestände, usw.)
- Technische Kennwerte (Bearbeitungszeiten, OEE, usw.)
- Personal (Qualifikationen, Arbeitszeitmodell, usw.)



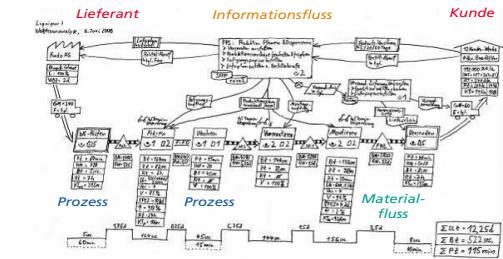
- Werkstruktur (Topologie, Erschließung, Nutzungsrestriktionen, verkehrstechnische Anbindung)
- Gebäudestruktur (Grundriss, Flächenqualität, Stützenraster, Gebäudesubstanz)
- Flächenstruktur (qualitativ und quantitativ)
- Maschinenanordnung

Grundlagenermittlung

Workshops und Methoden zur Datenerfassung

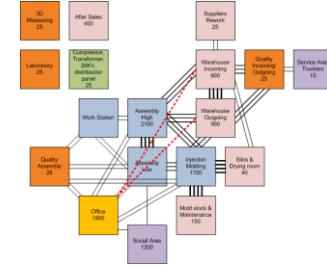


- ABC-XYZ Analyse
- Produktfamilienbildung
- Analyse Produktmix
- Produkt-Quantum-Analyse
- Break-Even-Analyse
- Analyse Bedarfsschwankungen



- Ablaufanalyse
- Wertstromanalyse
- Sankey Diagramm
- OEE Analyse
- Mitarbeiterworkshops

Fläche

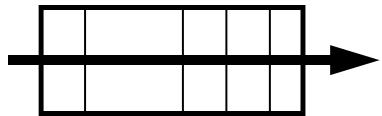


- Flächenaufnahme
- Analyse der Flächennutzung nach Flächenarten
- 3D-Laserscanner
- Closeness Relationship Diagramm

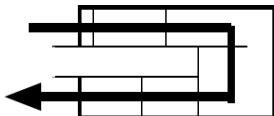
Mögliche Materialflüsse in der Idealplanung

Ideale Strukturen als Wegweiser für die Planung

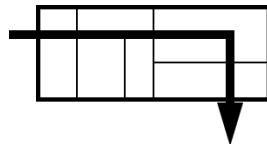
Linienstruktur



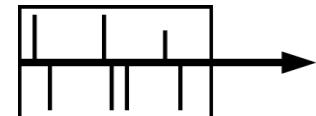
U-Form



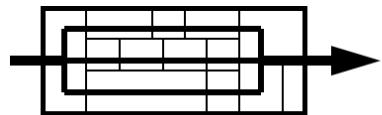
Edge Struktur



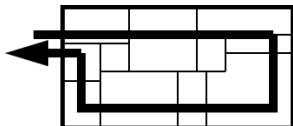
Spine Struktur



Parallel Struktur



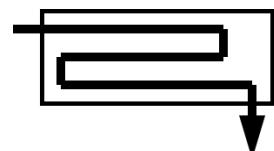
Ring Struktur



Line
(mit parallelem Lager)



Loop Struktur



BMW Werk Leipzig

[Bildquelle: bmw-werk-leipzig.de]

Betriebliche und gesetzliche Einflussfaktoren

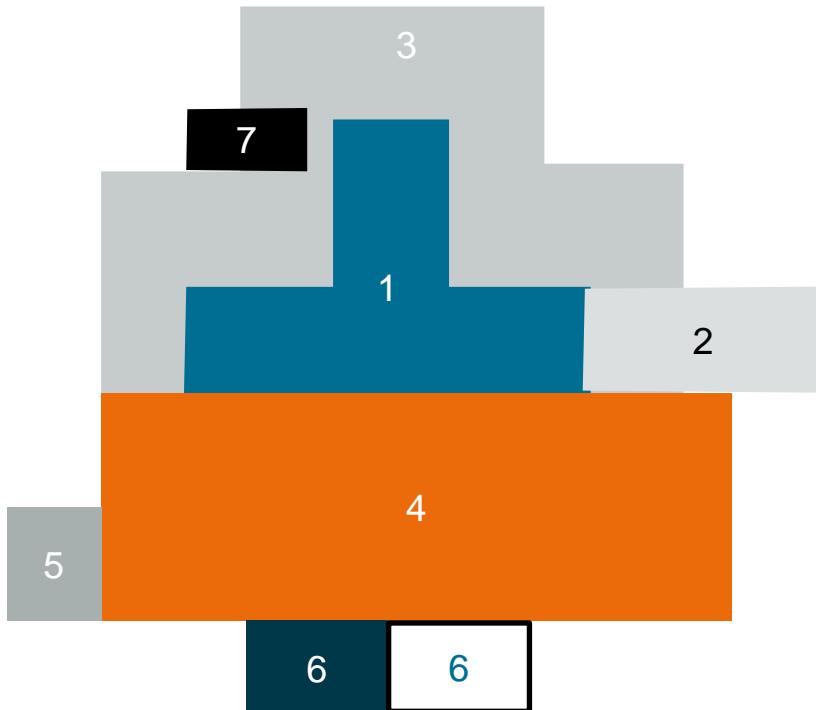
Abgrenzung des Lösungsraums



	Gesetz	Außenflächen	Gebäude	Anlagen	Technische Abläufe
Werk	Bauvorschriften, Umweltauflagen Brandschutz	Bestehende Gebäude Niveau- unterschiede	Versorgungs- infrastruktur	---	Fremdvergaben
Gebäude	Brandschutz Lichtverhältnisse, Sozialflächen	Erweiterungs- potential	Hallenhöhe Aufzüge	---	---
Bereich	Lärmschutz Fluchtwege	---	Decken Brandschutz	Kräne Förderein- richtungen	Messräume Reinräume
AP	Lärmschutz Fluchtwege	---	Fundamente	Maximal- dimensionen	---

Dimensionierung der Funktionsbereiche

Maschinenfläche vom Zentralen zum Peripheren



1. Maschinengrundfläche
2. Fläche für Instandhaltung
3. Fläche für Wartung und Reinigung
4. Bedienerfläche
5. Bereitstellfläche für Vorrichtungen, Werkzeuge, Prüfmittel
6. Bereitstellfläche für Material und Werkstücke
7. Fläche für Abfall (Ver- und Entsorgung)

Konzeptplanung

Stellschrauben der Erweiterbarkeit



Variantenauswahl

Mit Szenarien den Lösungsraum absichern

Quantitativ erfassbare Kriterien

- Flächenbedarf
- Flächennutzung
- Transportaufwand
- Transportkosten
- Kreuzungsfreiheit der Materialflüsse
- Investitionen für bauliche Veränderungen
- Umzugskosten
- Anlaufkosten
- ...

Quantitativ nicht erfassbare Kriterien

- Gesamtgestaltung und Anordnung
- Materialflußgerechte Anordnung der Betriebsbereiche
- Arbeitsplatzgestaltung
- Erweiterungsmöglichkeiten
- Bautechnische Gestaltung
- Sicherheitsmaßnahmen
- Umweltfreundlichkeit
- ...

Nutzwertanalyse

Paarweiser Vergleich Kriterien	Attraktivität	Flächennutzung	Sicherheit	Erweiterungsmöglichkeiten	Logistikaufwand	Materialflussgerechtigkeit	Kommunikationsbefähig.	Gewichtungsfaktor
Attraktivität	0							0,03704
Flächennutzung	0	0						0,03704
Sicherheit		2						0,03704
Erweiterungsmöglichkeiten	0		2	4				0,22222
Logistikaufwand	0		0	2	4			0,22222
Materialflussgerechtigkeit	1	1	1	4	4	0,22222		0,22222
Kommunikationsbefähigung					0	0,22222		

Varianten	Kriterien								Gewichtete Summe	Rang
	Attraktivität	Flächennutzung	Sicherheit	Erweiterungsmöglich.	Logistikaufwand	Materialflussgerechtig.	Kommunikationsbefähig.			
Variante 1	1	1	1	2	3	3	3	2,56	1	
Variante 2	3	3	3	2	1	1	1	1,44	5	
Variante 3	2	2	3	2	1	3	2	2,04	3	
Variante 4	4	2	3	2	1	2	3	2,11	2	
Variante 5	1	3	2	2	3	2	1	2	4	

Arbeitsplanung

Einordnung und Begriffsabgrenzung

Abgrenzung der Arbeitsplanung und Arbeitssteuerung

Arbeitsplanung

umfasst alle einmalig zu treffenden Maßnahmen bezüglich der Gestaltung des Erzeugnisses, der Aufstellung der Arbeitspläne und der Planung der Betriebsmittel.

Fragestellungen: was, wie, womit hergestellt wird

Arbeitssystemplanung (Produktionsmittelgestaltung)

... umfasst die wirtschaftliche Auslegung und Gestaltung von Fertigung und Montage.

Arbeitsablaufplanung (Prozessplanung)

... umfasst die wirtschaftliche Fertigung und Montage von Produkten.

langfristig

Zeithorizont

kurzfristig

Arbeitssteuerung (PPS)

... besteht im Veranlassen, Überwachen und Sichern der Arbeitsvorgänge hinsichtlich Menge, Termin, Qualität und Kosten.

Fragestellungen: wieviel, wann, wo, durch wen hergestellt wird

Grundlagen

Aufgaben der Arbeitsplanung

kurzfristig	mittelfristig	langfristig
Stücklistenverarbeitung <ul style="list-style-type: none">• Erstellen von Fertigungs- und Montagestücklisten• Teilweise Make-or-Buy-Entscheidungen	Planungsvorbereitung <ul style="list-style-type: none">• Beratung der Konstruktion• Erfassung der Fertigungsmöglichkeiten	Betriebsmittelplanung <ul style="list-style-type: none">• Technische Investitionsplanung• Entwickeln von Sonderbetriebsmittel
Arbeitsplanerstellung <ul style="list-style-type: none">• Rohmaterialbestimmung• Arbeitsvorgangsfolgebestimmung• Fertigungsmittelauswahl• Vorgabezeitermittlung	Kostenplanung <ul style="list-style-type: none">• Vorkalkulation• Wirtschaftlichkeitsrechnung	Materialplanung <ul style="list-style-type: none">• Lagersortenplanung• Lagerortplanung
Prüfplanerstellung <ul style="list-style-type: none">• Prüfmerkmalfestlegung• Prüfablauffestlegung• Prüfmittelfestlegung	Qualitäts- und Prüfplanung <ul style="list-style-type: none">• Qualitätsregelung• Personalschulungen• Maschinenabnahme• Versuchsplanung	Methodenplanung <ul style="list-style-type: none">• Entwickeln von Fertigungsmethoden• Entwickeln von Planungsmethoden• Arbeitsplatzgestaltung/-bewertung
Maschinenprogrammierung Operationsplanung Werkzeugauswahl NC-RC-MC-Programmierung		

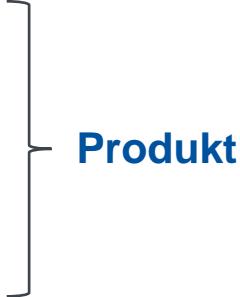
[In Anlehnung an Warnecke (1984), S.248]

Grundlagen

Arbeitsplan als fertigungsneutrale Arbeitsunterlage

Arbeitsplan

Beschreibung der Vorgangsfolge zur Herstellung eines Teiles, einer Gruppe oder eines Erzeugnisses

- Verwendetes Material
 - Arbeitsplatz
 - Betriebsmittel
 - Vorgabezeit
 - ...
- 
- Produkt**
- Allgemeine, das Bauteil betreffende Daten wie Identifizierung, Ausgangsmaterial, Losgrößenbereich
 - Arbeitsvorgangsbezogene Daten
 - Authentifizierung und Gültigkeiten

[Warnecke (1984), S.272-273]

Grundlagen

Beispielhafter Aufbau eines Arbeitsplans

Kopf-feld	Blatt: 1	Datum: 19.07.2002	Auftrags-Nr.: PM1V6 B3			Arbeitsplan		organisatorische Daten
	Bearbeiter: W. Müller							
	Stückzahl:	Bereich: 1-20	Benennung: Antriebswelle		Zeichnungs-Nr.: 170-0542			sachabhängige Daten
	Werkstoff: St 50		Rohform und -abmessungen: Rundmaterial Ø 60 mm		Rohgewicht 7,6 kg	Fertiggewicht 4,6 kg		
AVG Nr.	Arbeitsvorgangs-beschreibung		Kosten-stelle	Lohn-gruppe	Masch.-gruppe	Fertigungs-hilfsmittel	t_r [min]	t_e [min]
10	Rundmaterial auf 345 mm Länge sägen		300	04	4101	-	30	10,0
20	Rundmaterial auf 340 mm ablängen und zentrieren		340	06	4201	1001 1051	30	2,0
30	Welle komplett drehen		360	08	4313	1101/1121/ 1131	30	2,6
40	Gewindelöcher bohren, Gewinde M6x20 schneid.		350	07	4407	1201/1231/ 1233	20	5,2
50	Passfedernut fräsen		400	09	4751	3104	45	4,7
60	Lagersitze schleifen		510	07	4908	-	20	6,7

t_r : Rüstzeit
 t_e : Zeit je Einheit

[Eversheim (2002), S.10]

Grundlagen

Planungsmethoden der Arbeitsplanerstellung

Aufwand	Planungsmethoden	Planungsfunktionen
	Wiederholungsplanung	<ul style="list-style-type: none">• Suchen bzw. Auswahl des Ausgangsplans• Kopieren• Ausgaben des kopierten Plans
	Variantenplanung	<ul style="list-style-type: none">• Auswahl des Standard- oder Komplexeilplans• Berechnung variabler Planungswerte• Ausgabe des variierten Plans
	Ähnlichkeitsplanung	<ul style="list-style-type: none">• Auswahl eines ähnlichen Planes• Modifikation der Arbeitsvorgangsfolge• Modifikation des Arbeitsvorgangsinhalts• Berechnung von Planungswerten• Ausgabe des modifizierten Plans
	Neuplanung	<ul style="list-style-type: none">• Rohmaterialbestimmung• Arbeitsfolgenbestimmung• Betriebsmittelauswahl• Zeitermittlung• Ausgabe des neuen Plans

[Warnecke (1984), S.276]

Planungsvorbereitung

Arbeitsinhalte der Planungsvorbereitung

Konstruktionsorientierte Aufgabengebiete

- Direkte Maßnahmen
 - Kontrolle der Konstruktionsergebnisse
 - Ggf. konstruktive Änderungen anstoßen
- Präventive Maßnahmen
 - Konstruktionsberatung
 - Ausarbeitung von Konstruktionsempfehlungen

Arbeitsplanungsorientierte Aufgabengebiete

- Bereitstellen der erforderlichen Eingangsinformationen
- Suche nach ähnlichen Teilen und Wiederholteilen
- Erste Planungstätigkeiten, wie Auswahl des Rohmaterials
- Auslösung der Betriebsmittelkonstruktion und -planung
- Grundlegende Entscheidungen, z.B. bez. Automatisierungsgrad

[Eversheim (2002), S.20]

Fertigungs- und Betriebsmittelzuordnung

Werkstückdaten

- Gesamtlänge
- Maximaler Durchmesser
- Bundbreite
- Werkstoff
- Toleranzen



Auftragsdaten

- Losgröße
- Varianten



Maschinenauswahl

- Technische Auswahlkriterien
- Wirtschaftliche Auswahlkriterien



Maschinendaten

- Einspannlänge
- Zulässiger Durchmesser
- Minimale Losgröße



Aktuelle Arbeitsvorgangsfolge

- 10 Ablängen und Zentrieren
- 20 Spitzendrehen
- 30 Gewinde schneiden



Vorgabezeitermittlung

Verwendung von Zeitdaten



Vorgabezeitermittlung

Aufbau und Ermittlung der Vorgabezeit

Begriffsinhalt der Vorgabezeit	Aufbau der Vorgabezeit	Vorgehensweise zur Vorgabezeitermittlung
Zeit mit unmittelbarem Fortschritt im Sinne des Fertigungsauftrages	Hauptzeit t_h + Nebenzeitz t_n + Verteilzeit t_v + Erholzeit t_{er} =	Grundzeit t_g
Regelmäßige, nur mittelbar zum Arbeitsfortschritt beitragende Zeit		Berechnen (Richtwerte für Zerspanungsdaten), Messen, Vergleichen
Unregelmäßig auftretende Zeiten, z.B. Vorbereiten bei Schichtbetrieb		Maschinenspezifische Tabellen
Zeit für die Erholung des Menschen		Zuschlag (ca. 5–15 %) zur Grundzeit (Verteilzeitstudie)
Vorbereiten der Betriebsmittel, z.B. Werkzeugbeschaffung, Auf- und Abrüsten	Ausführzeit $t_a = m * t_e$	Zuschlag, abhängig von Höhe und Dauer der Beanspruchung
Unregelmäßig auftretende Zeiten, z.B. Anlaufzeit der Maschinen	Rüstgrundzeit t_{rg} + Rüstverteilzeit t_{rv} + Rüsterholzeit t_{rer} =	$m = \text{Stückzahl}$
Zeit für die Erholung des Menschen	Rüstzeit t_r	Maschinenspezifische Tabellen
	Auftragszeit T $T = t_a + t_r = m * t_e + t_r$	Zuschlag (ca. 5–15 %) zur Rüstgrundzeit (Verteilzeitstudie)
		Zuschlag, abhängig von Höhe und Dauer der Beanspruchung

[Eversheim 2002, S. 41]

Vorgabezeitermittlung

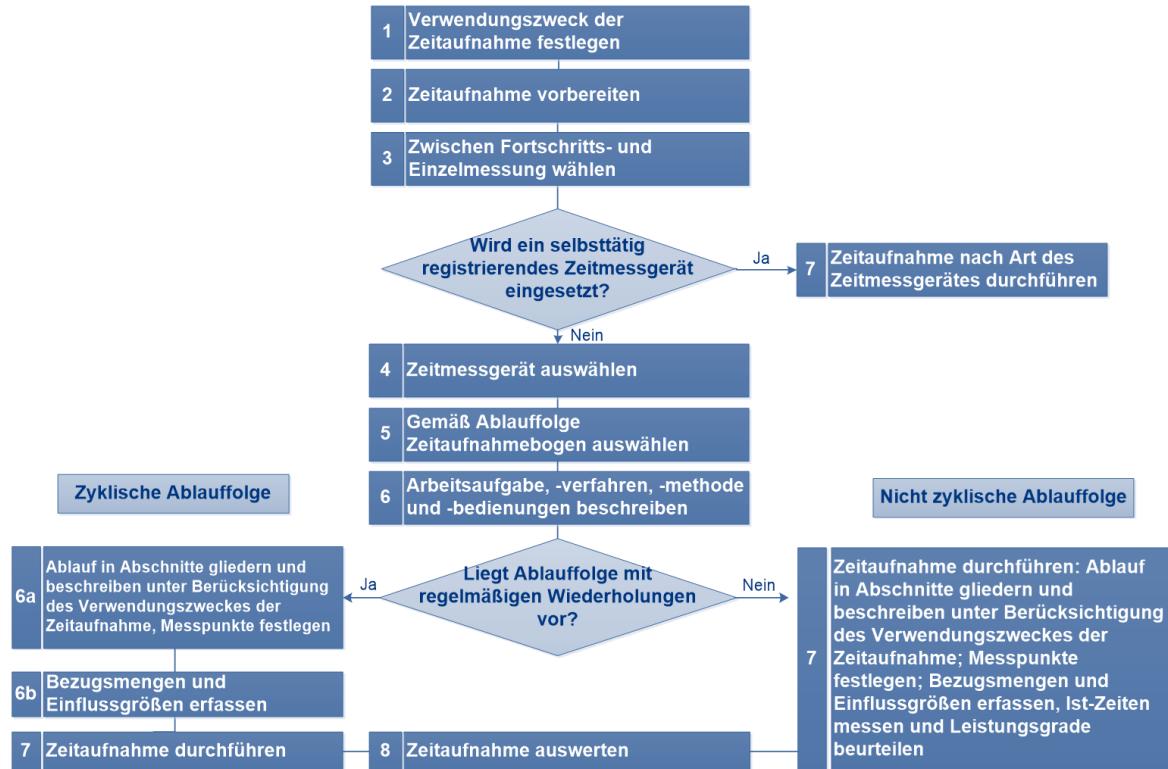
Methoden zur Ermittlung von Zeitdaten



[REFA 1997, S. 61]

Vorgabezeitermittlung

Analytische Zeitermittlung nach REFA



Vorgabezeitermittlung

Vor- und Nachteile der Zeitermittlung nach REFA

Vorteile

- Reproduzierbare Zeit- und Kalkulationsdaten für Planung, Steuerung, Kostenrechnung, Leistungsvergleiche, Kennzahlen, Benchmarking, Zielvereinbarungen
- Basisdaten für Arbeitsplanung, Kalkulation, Plan- und Vorgabezeiten

Nachteile

- Ablauf muss wiederholt gleichbleibend auftreten und optimiert sein
- Berücksichtigung relevanter Einflussfaktoren erforderlich
- Fundierte Ausbildung erforderlich
- Mögliche Manipulation durch die arbeitende Person möglich

Vorgabezeitermittlung

MTM-Planungsanalyse

- **Vorbereiten**

Abstraktion des Prozesses durch

- Beschreibung des Arbeitsablaufs
- Auswahl einer Arbeitsperson

- **Ablaufanalyse**

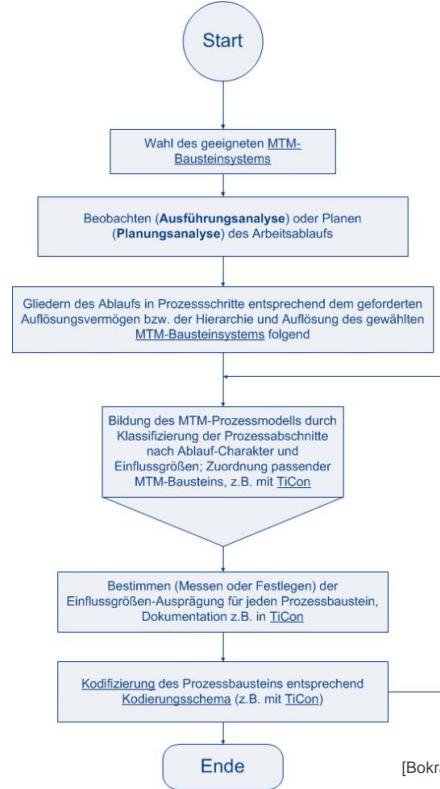
Zerteilung des Prozesses durch

Gliederung des Ablaufs und anschließend
Kodierung für MTM

- **Zeitanalyse**

Bestimmung der Prozesszeit durch

- Zuordnung von Zeitwerten
- Ermittlung von Prozesszeiten
- Addition der Einzelzeiten



[Bokranz/Landau 2006]

Vorgabezeitermittlung

Vor- und Nachteile des MTM-Systems

Vorteile

- Hohe Ablauftransparenz durch inhaltlich und zeitlich definierte Prozessbausteine
- Planung von Abläufen mittels standardisierter Prozessbausteine
- Arbeitsmethode bestimmt die Zeit
- Bestimmung der Einflussgrößen auf den Arbeitsablauf schärft den Blick für die Arbeitsgestaltung

Nachteile

- Ungenügende Kenntnis in den Anwendungsregeln für das MTM-System kann zu falschen Analyseergebnissen führen
- Nur vom Menschen voll beeinflussbare Tätigkeiten anwendbar
- MTM-Normzeiten enthalten keine Verteil- und Erholzeiten
- Teilweise sehr hoher Planungsaufwand (z.B. Produktvarianten)

[MTM Institut 2005]

Dokumentation

Ziele der rechnergestützten Arbeitsplanerstellung

- **Zeitziele**
 - Kürzere Planungszeit
 - Hohe Reaktionsfähigkeit bei Änderungen
- **Qualitätsziele**
 - Bessere Planungsergebnisse
 - Beherrschung komplexer Planungsaufgaben
 - Konsistente Planungssystematik
 - Aktuelle Planungsdaten
- **Kostenziele**
 - Verringerte Planungskosten
- **Integrationsziele**
 - Vernetzte Informationsflüsse im Unternehmen

The screenshot shows a software window titled "Verwaltung: Arbeitsplan" (Management: Work Plan) for the system "INTEGRIS". The main tab "Arbeitsplan" is selected. The title bar indicates the document was created on 21.08.2001 by Kim Hubel. The table displays three work steps:

Arbeitsfolge	Arbeitsgang	Bezeichnung 1	gültig ab	gültig bis	1-2
1	11000048	Patchkabel ablängen	21.08.2001		
2	21000049	Einpacken	21.08.2001		
3	31000050	Patchkabel zusammenrollen und	21.08.2001		

Below the table, the "Arbeitsgang" tab is active, showing detailed information for the third step:

- Arbeitsfolge: 3
- Arbeitsgang: 1000050
- Bezeichnung 1: Patchkabel zusammenrollen und
- Bezeichnung 2: fixieren mit Kabelbinder
- NC-Programm: (empty)
- Lieferant: (empty)
- Werkzeuggruppe: WKZ2
- Werkzeuggruppe2: (empty)
- Bemerkung: (empty)
- Zuordnung: n
- gültig ab: 21.08.2001
- gültig bis: (empty)
- Ausserhaus: nein
- Kontrollart: 00
- Mehrmaschinenbedienung: 0 %
- Überlappungsfaktor: 1,00

Programmierung von Maschinen und Anlagen

NC-RC-MC-Programmierung

Steuerprogramme für die Produktion



Bearbeitung



Handhabung



Kontrolle



[Eversheim (2002), S.81, dmgi.com, kuka-robotics.com, zeiss.de]

Programmierung von Maschinen und Anlagen

RC-Programmierverfahren

Online	Offline	Graphisch-interaktive Verfahren
<p>Teach-In Verfahren</p>  <ul style="list-style-type: none">• Verfahren des Roboters über Bedienpult• Eingabe des Programmablaufs über Funktions-tasten oder textuell <p>Playback-Verfahren</p>  <ul style="list-style-type: none">• Bewegung des Roboters über Handgriffe am Endeffektor• Eingabe von technologischen Informationen <p>Kombinierte Verfahren</p>  <ul style="list-style-type: none">• Erstellung des Handhabungs-ablaufs offline• Ergänzen von Positionsangaben vor Ort <p>Textuelle Verfahren</p> <pre>CALL "CONVEYOR" Start_Motor := "FRC_MP01-M20" Slow := "SLOW_MP01-M20" Motor_protection := "MP01_MSS_Q20_OK" Break := "Break_MP01-M20" FreqInv_FAULT := "FUI_Daten_MP01_T20_FAULT" FreqInv_COM := "FUI_Daten_MP01_T20_COM" FreqInv_EDY := "FUI_Daten_MP01_T20_EDY" Jam_PEC := "Jam_PEC_MP01-M20" Motor_ON := "Motor_ON_MP01_M20" Y_Setpoint := "Y_Setpoint_MP01_M20" Motor_Trip := "MotorTrip_MP01-M20" CONVEYOR_FAULT := "FAULT_MP01-M20"</pre> <ul style="list-style-type: none">• Beschreibung des Handhabungs-ablaufs mit Hilfe einer Programmiersprache <p>Graphisch-interaktive Verfahren</p>  <ul style="list-style-type: none">• Interaktive Eingabe der Bewegungs-bahn am Bildschirm• Interaktive oder textuelle Eingabe des Programm-ablaufs		

[In Anlehnung an: Eversheim 2002, S.88]

Kostenkalkulation

Kostenberechnung

- Lohnkosten
- Fertigungsmittel
- Material
- Ermittlung der Rechnungseinheiten für Lohn, Material und Fertigungsmittel



Kalkulation

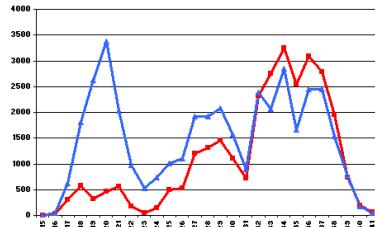
- Vorkalkulation
- Zwischenkalkulation
- Nachkalkulation
- Losgrößenbestimmung



Kostenplanung in der Arbeitsplanung

Verfahrensvergleich

- Innerbetrieblich
- Überbetrieblich



Wirtschaftlichkeitsrechnung

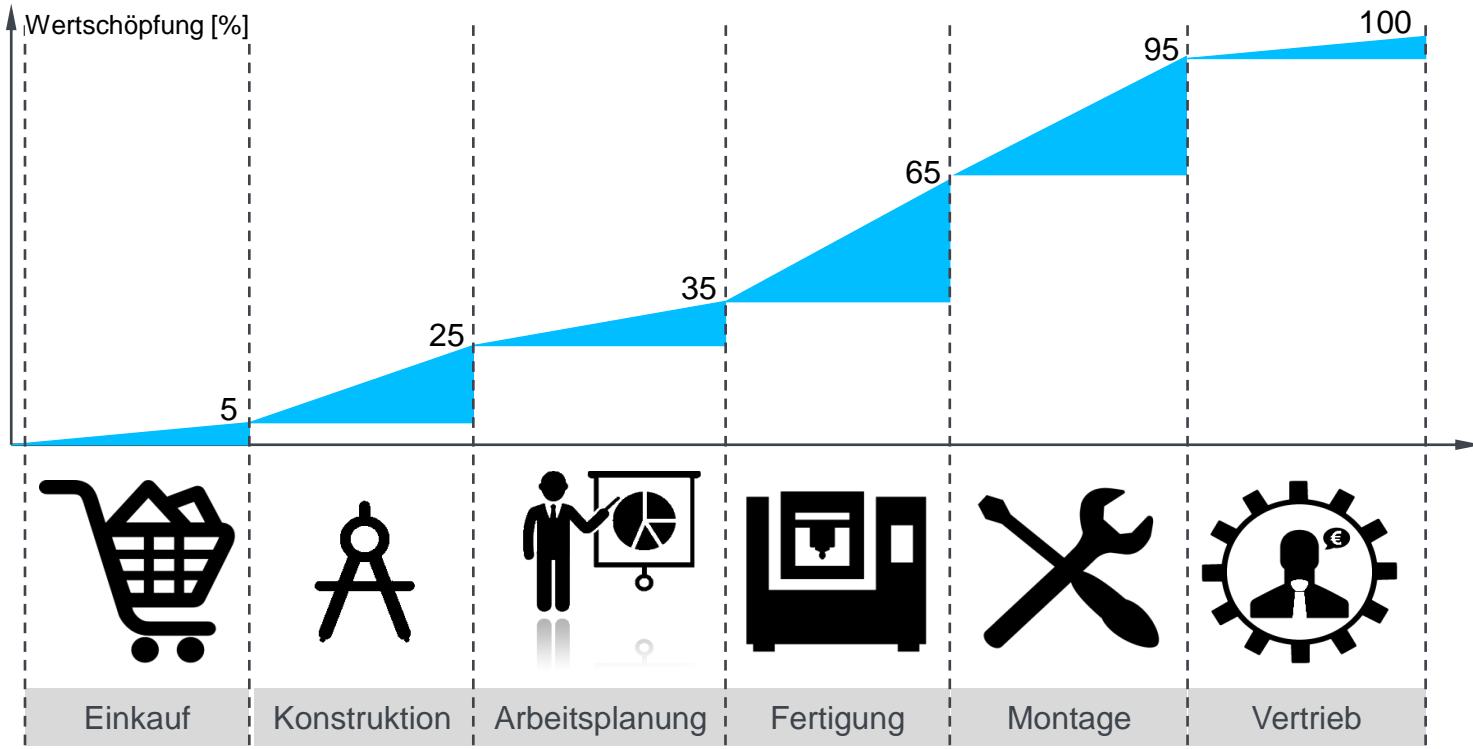
- Stückkostenrechnung
- Fertigungsverfahren
- Make-or-Buy
- Fertigungstiefe



Fertigungs- und Montagesysteme

Einleitung

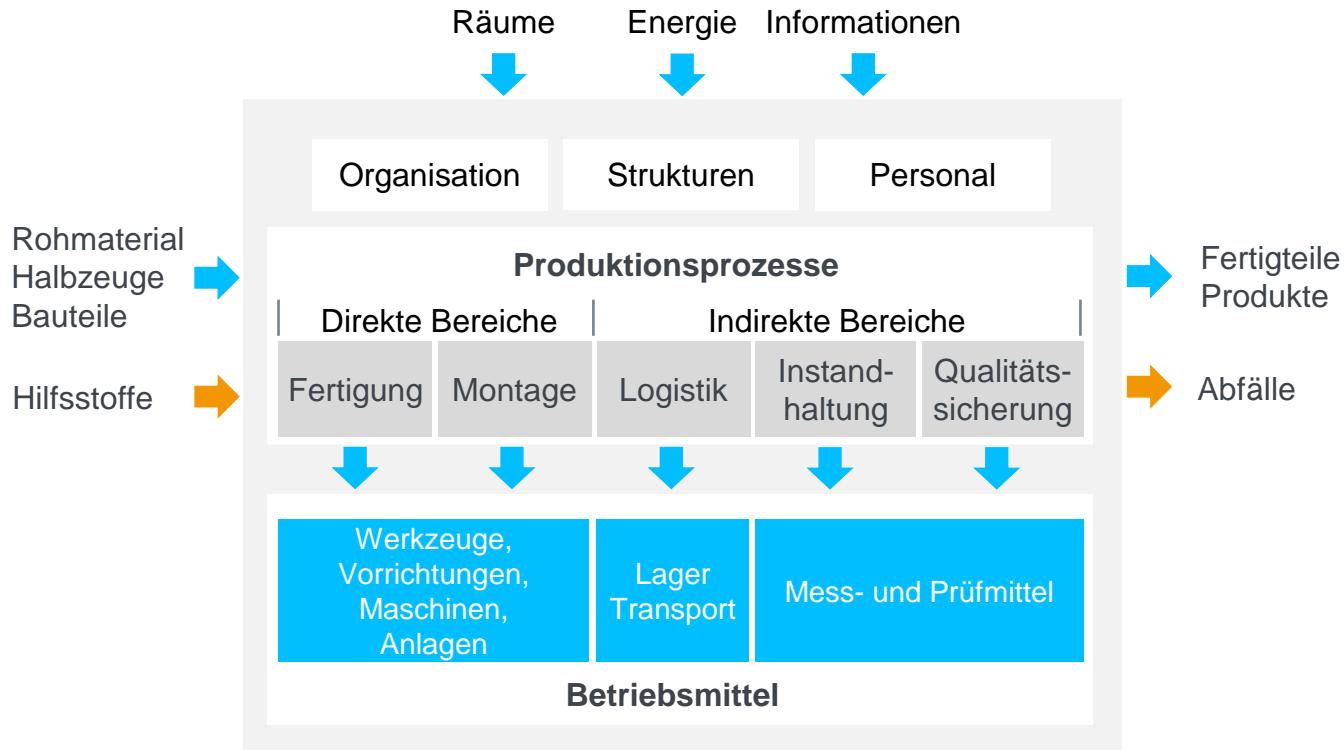
Bedeutung der Fertigung und Montage



[WLZ Aachen]

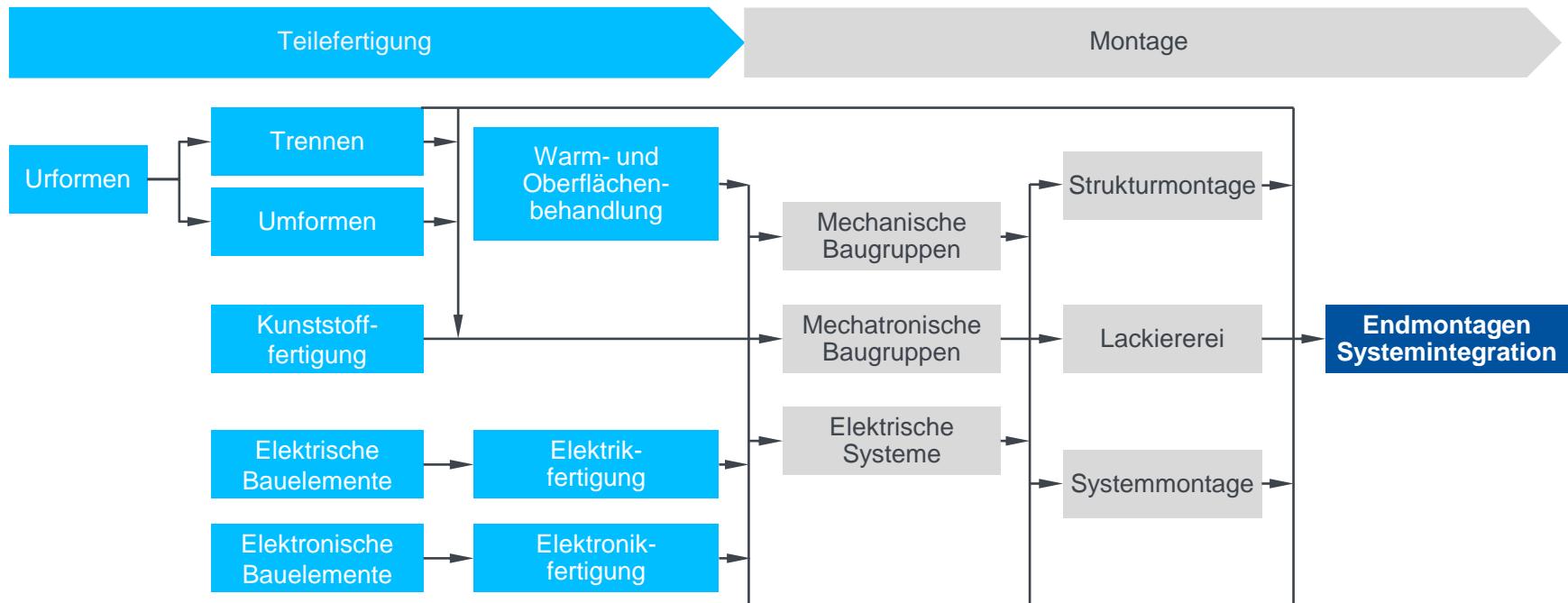
Systemmodell der Produktion

Produktionsprozesse



Prozessketten in Fertigung und Montage

Prozesse zur Herstellung von Produkten



Produktionsarten und -prinzipien

Übersicht

	Fertigungsprinzip				Montageprinzip			
	Werkstättenfertigung	Gruppenfertigung	Fließfertigung	Baustellenmontage	Gruppenmontage	Reihenmontage	Taktstraße, Montage	Kombinierte Fließmontage
Einmalproduktion	X	X		X	X			
Wiederholproduktion	X	X		X	X	X		
Variantenproduktion		X	(X)			X	X	
Serienproduktion		(X)	X				X	X
Massenproduktion			X					X

Die Einteilung der Produktionsarten richtet sich nach

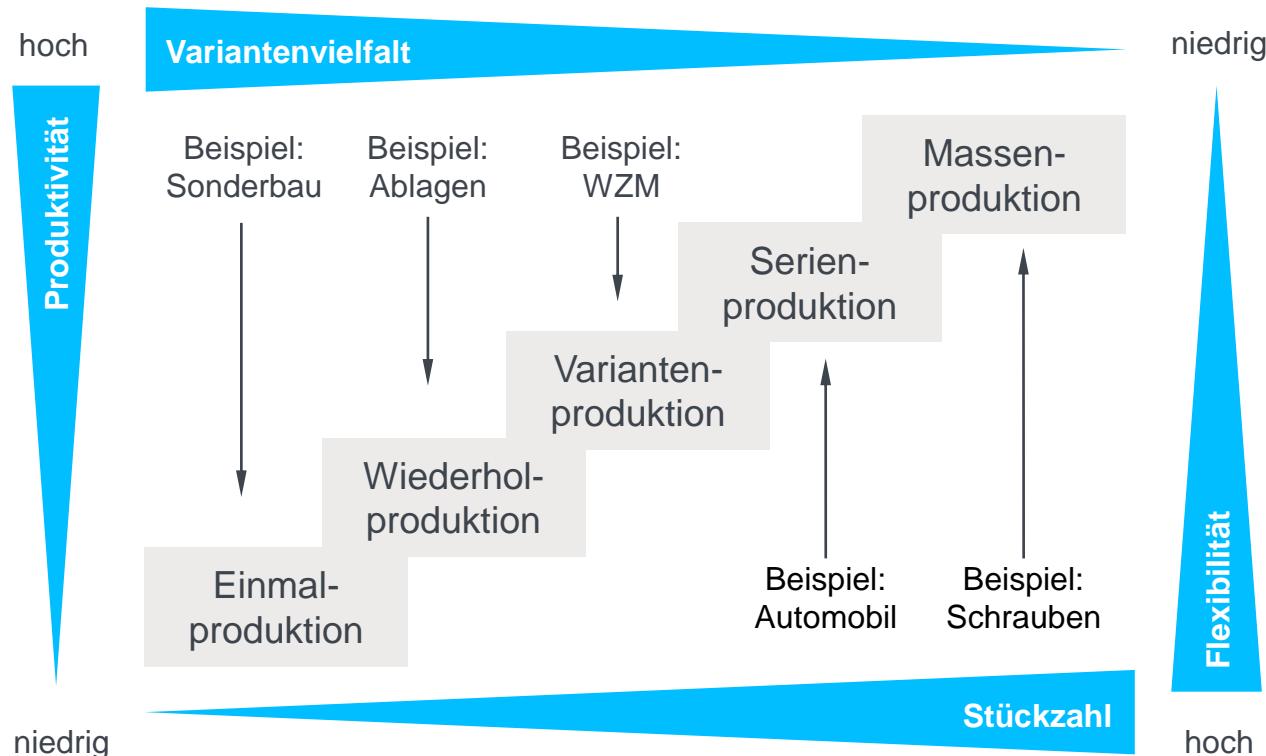
- der Menge,
- dem Auftrag,
- dem Absatz sowie
- den Ablaufstrukturen

Unter den Produktionsprinzipien werden die

- räumliche Anordnung der Arbeitsplätze sowie der
- organisatorische Aufbau verstanden

Produktionsarten und -prinzipien

Einordnung unterschiedlicher Produktionsarten

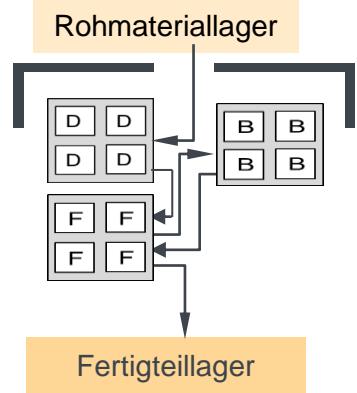


Produktionsarten und -prinzipien

Struktur der Fertigungsprinzipien

Werkstättenfertigung

Maschinengruppe



Gliederungskriterien:
Zusammenfassen gleicher
Bearbeitungsverfahren

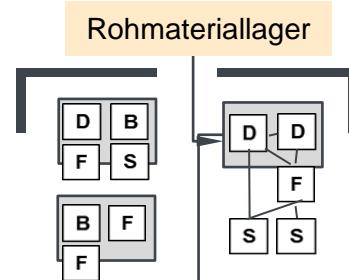
D Drehen, F Fräsen, B Bohren, S Sägen

Gruppenfertigung

Typische Anordnungsstruktur

Fertigungszelle

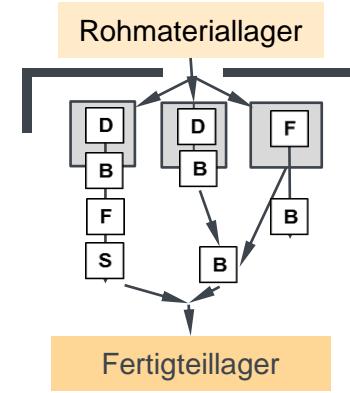
Gliederung des Fertigungsbereichs



Gliederungskriterien:
Zusammenfassen der
notwendigen Verfahren
für eine Werkstückgruppe

Fließfertigung

Fließreihe

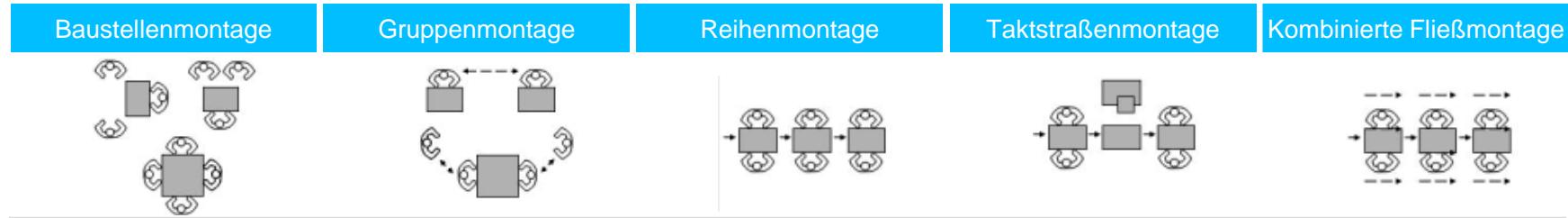


Gliederungskriterien:
Aufstellen der Maschinen
nach der Arbeitsfolge
einer Teilegruppe

[Eversheim, 2012]

Produktionsarten und -prinzipien

Struktur der Montageprinzipien



Bewegungsgrößen

Stationäre Montageobjekte

Bewegte Montageobjekte

Bewegte Montageobjekte

Stationäre Arbeitsplätze

Bewegte Arbeitsplätze

Stationäre Arbeitsplätze

Bewegte Arbeitsplätze

Bewegungsparameter

Aperiodischer oder
Periodischer Bewegungs-
ablauf

Aperiodischer
Bewegungsablauf

Periodischer
o. Kontinuierlicher
Bewegungsablauf

Periodischer o.
Kontinuierlicher
Bewegungsablauf

(un-)gerichtete
Bewegungsabläufe

Gerichtete Bewegung

Gerichtete Bewegung

 Mech. Montageeinrichtung
 Arbeitsplatz

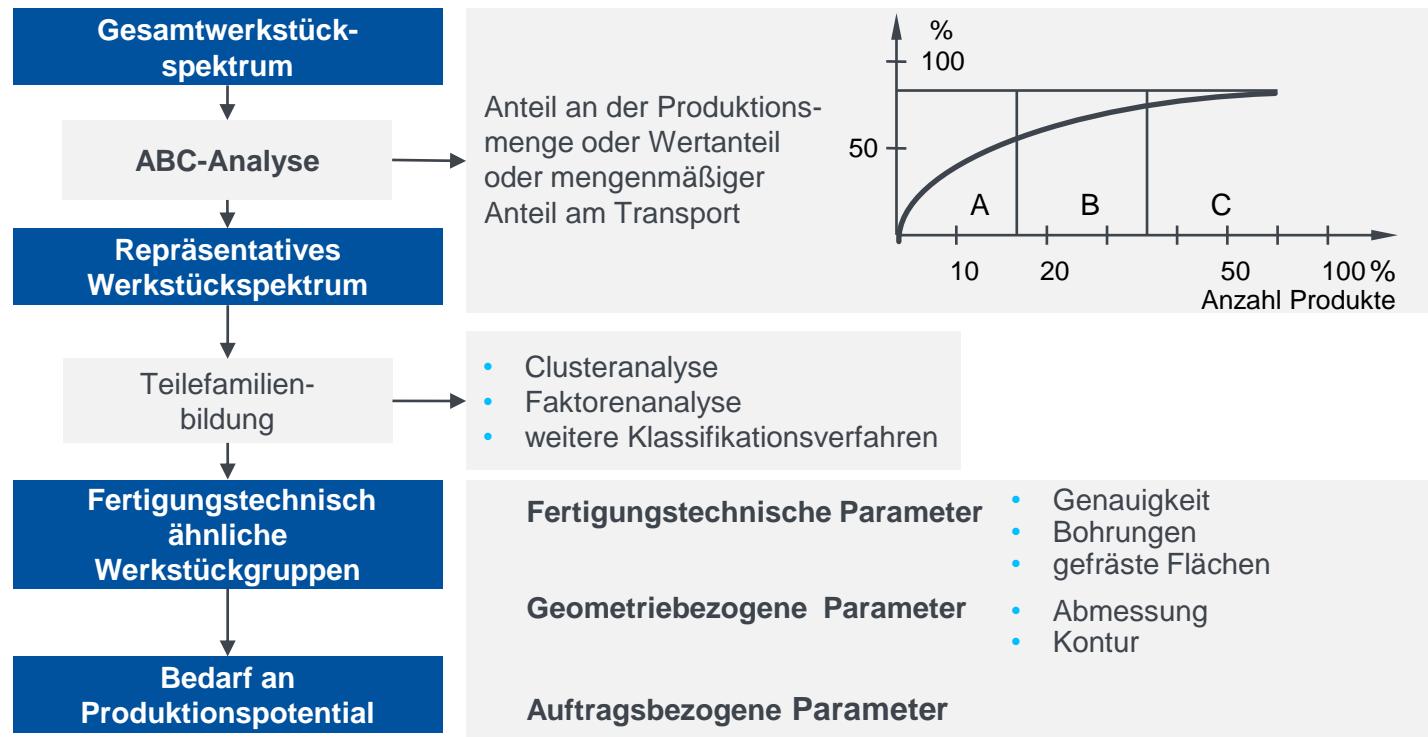
 Montageobjekte

- Objektbewegung
- Arbeitsplatzbewegung

[Eversheim, 2012]

Auswahl und Analyse des Produktspektrums

Produktsegmentierung nach Menge/Wert



Auswahl und Analyse des Produktspektrums

ABC-Analyse – Materialflussegmentierung



Renner

Läufer

Exoten

10 % der Artikelnummern machen 80 % des Materialflusses aus	20 % der Artikelnummern machen 15 % des Materialflusses aus	70 % der Artikelnummern machen 5 % des Materialflusses aus
Viele dieser Artikel werden relativ häufig und mit kleinen Mengen vom Lieferanten (intern/extern) angeliefert	Diese Artikel werden seltener und mit relativ großen Mengen vom Lieferanten (intern/extern) angeliefert	Diese Artikel werden entweder auftragsbezogen oder mit relativ kleinen Mengen auf Lager beschafft
Die Lagerreichweite ist somit gering	Die Lagerreichweite ist somit hoch	Die Lagerreichweite im ersten Fall ist gering, im Zweiten hoch
Diese Artikel sind der Aufwandstreiber bzgl. Menge und Spielzahl im Lager	Diese Artikel benötigen meist viel Lagerplatz, werden aber nicht häufig ein- oder ausgelagert	Diese Artikel benötigen wenig Lagerplatz und werden selten ein- oder ausgelagert

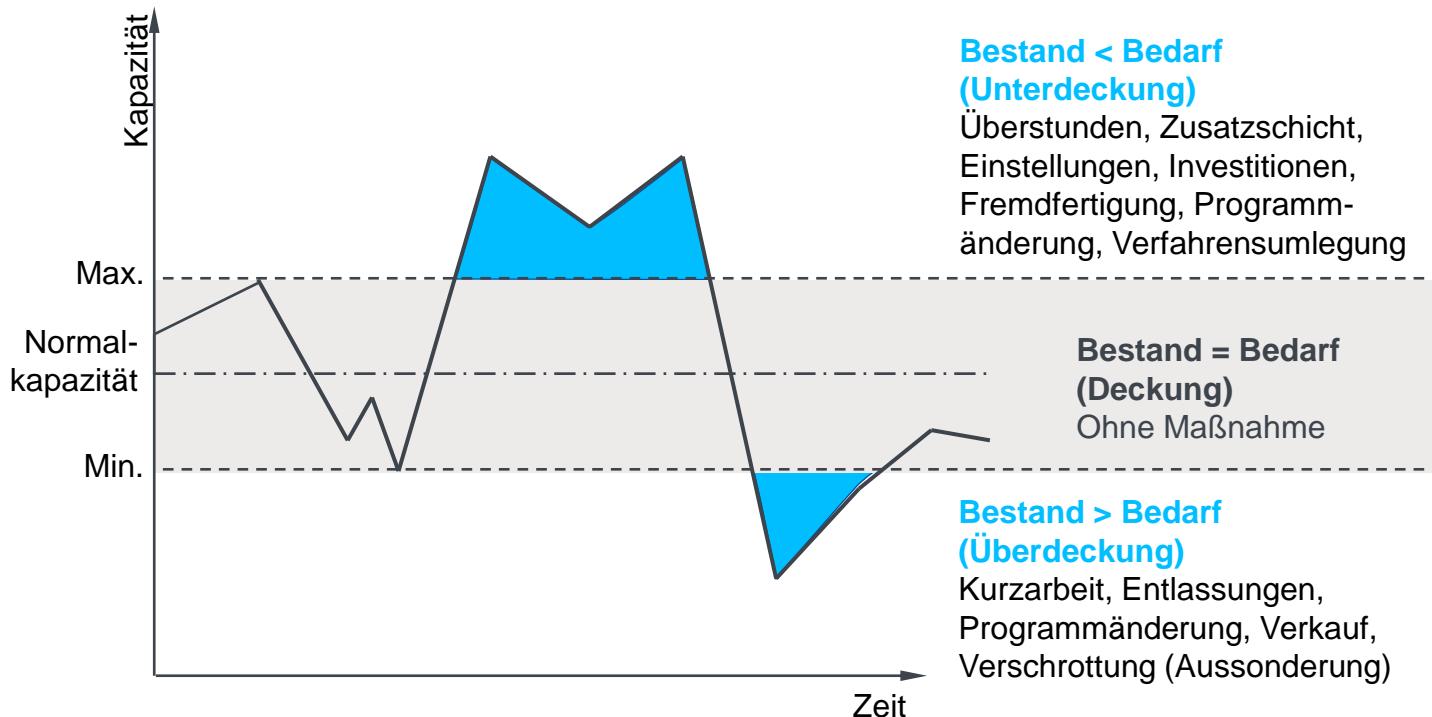
Prozessgestaltung

Vorgehensweise bei der Kapazitätsplanung



Prozessgestaltung

Handlungsoptionen bei Über- bzw. Unterkapazitäten



Systemengineering

NC-Werkzeugmaschinen



Eine NC-Werkzeugmaschine ist eine Einzelmaschine, d.h. sie führt ein einzelnes Fertigungsverfahren aus und besitzt eine automatische Ablaufsteuerung der einzelnen Maschinenfunktionen.

Charakteristische Eigenschaften

- automatische Bearbeitung
- automatischer Werkzeugwechsel

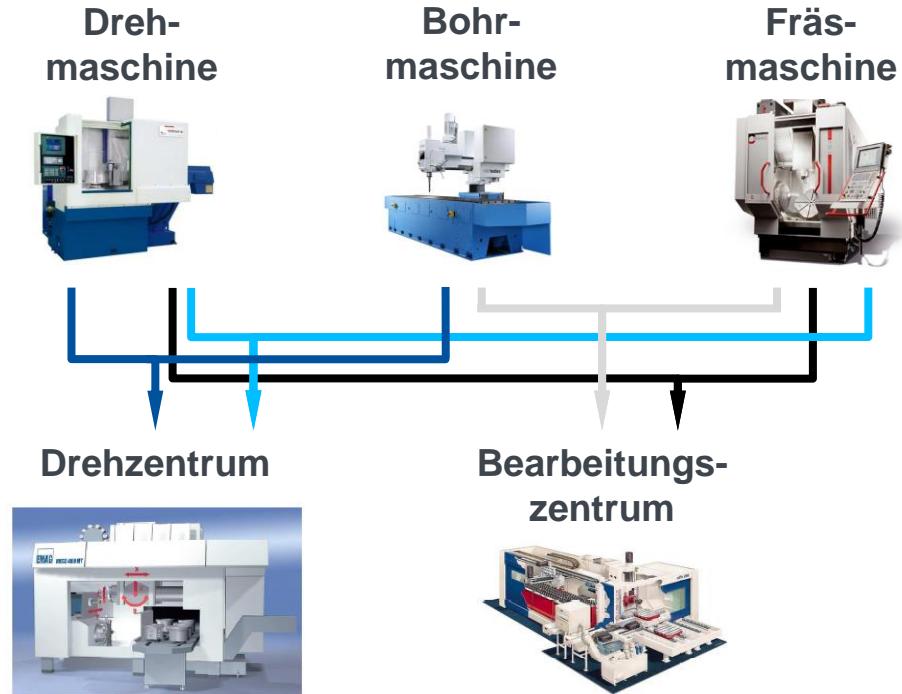
[DMG AUTOMATION GmbH]

Systemengineering

Bearbeitungszentren

Werden mehrere Fertigungsverfahren von einer Maschine ausgeführt, so spricht man von einem Bearbeitungszentrum.

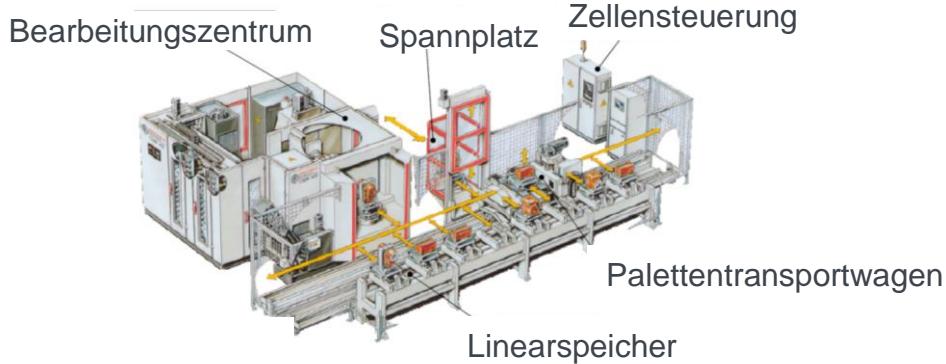
Charakteristische Eigenschaften wie NC-Werkzeugmaschine mit mehreren Verfahren, z.B. Fräsen, Bohren, etc.



Directindustry, vaumatec, schmitz-spezialmaschinenbau,

Systemengineering

Fertigungszelle



Eine Fertigungszelle besteht aus einer oder mehreren Bearbeitungsmaschinen, die über einen gemeinsamen Werkstückspeicher verfügen. Zusätzlich können Messstationen und Handhabungsgeräte in die Zelle integriert sein.

Mittels eines zentralen Rechners werden alle Aufgaben der Maschinenkomponenten koordiniert

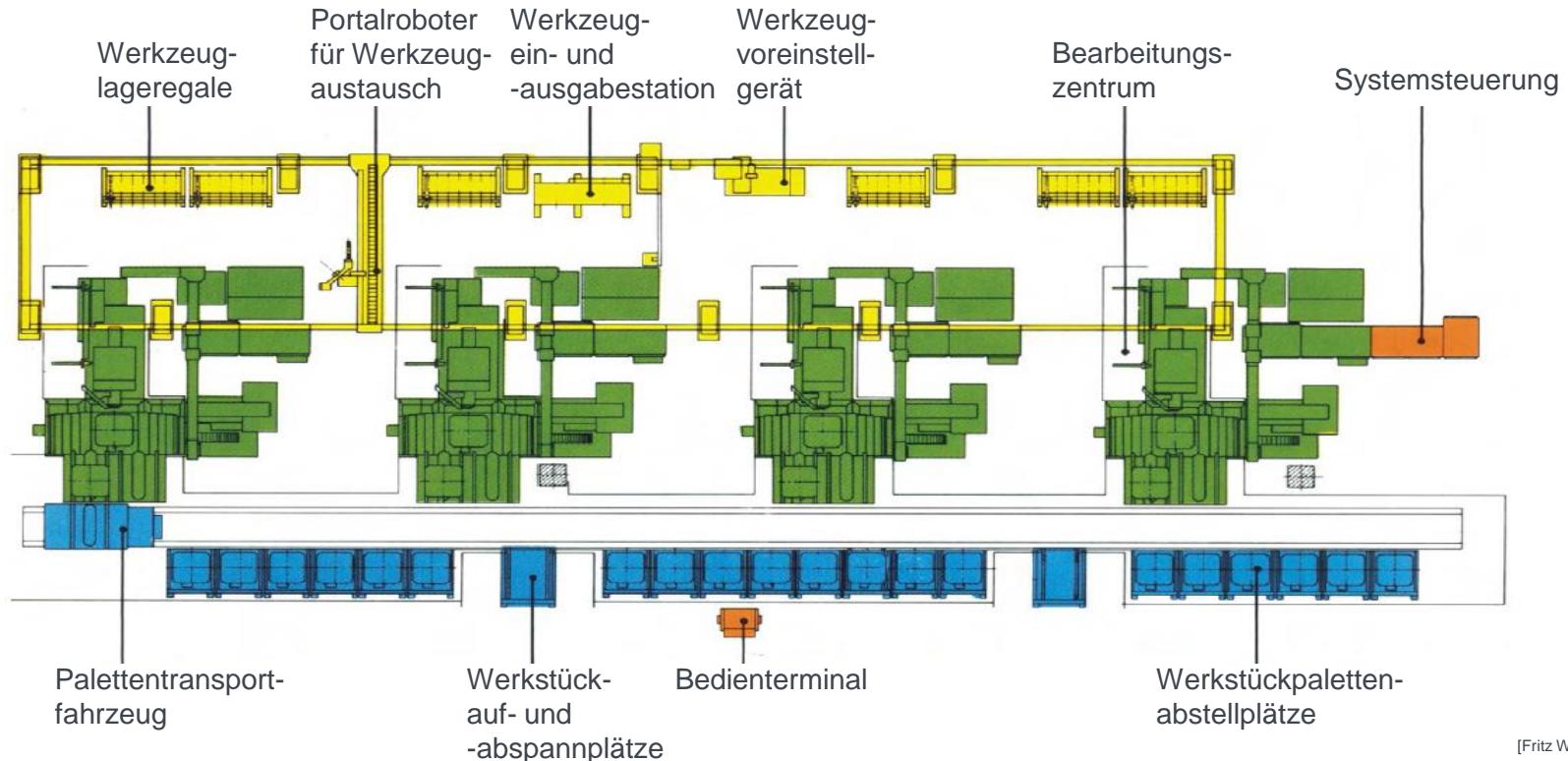
Charakteristische Eigenschaften

- 1 oder mehrere NC-Werkzeugmaschinen oder Bearbeitungszentren
- + automatischer Werkstückwechsel
- + Werkstückspeicher

[IFW, Uni Stuttgart]

Systemengineering

(Flexibles) Fertigungssystem



[Fritz Werner]

Systemengineering

Transferstraße



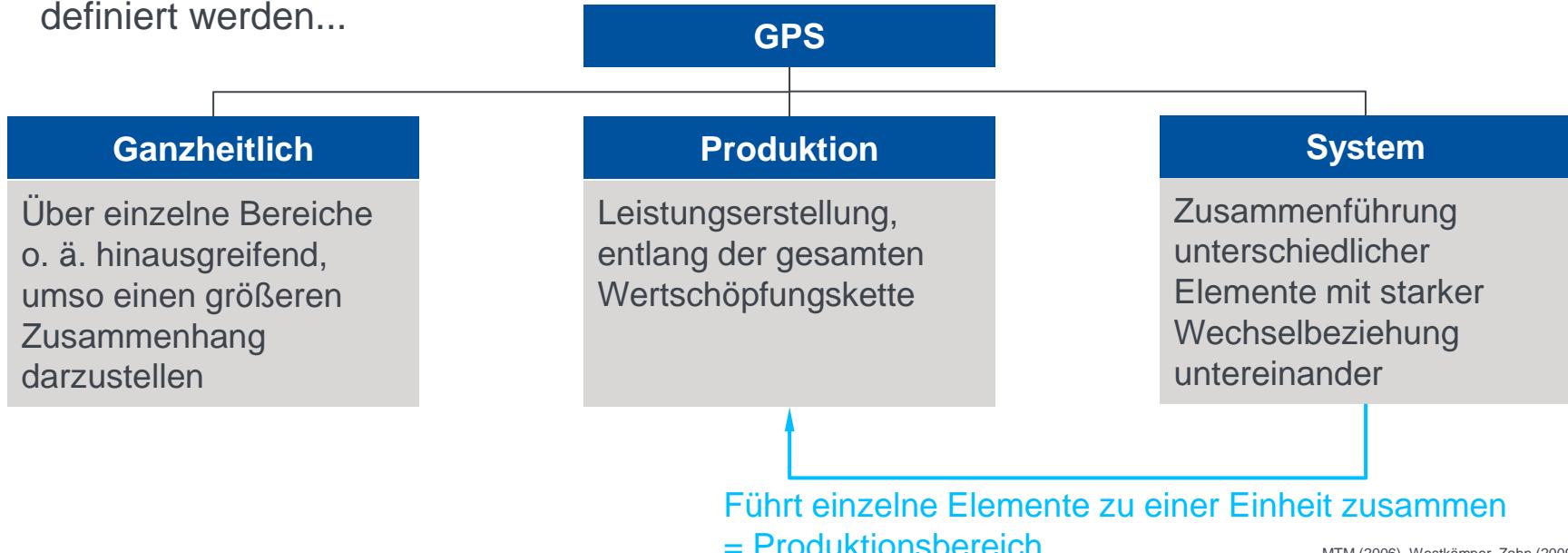
[grobgroup.com]

Produktionsmanagement I – Ganzheitliche Produktionssysteme

Einführung

Begriffsdefinition Ganzheitliche Produktionssysteme

- Keine allgemeingültige Begriffsdefinition (unternehmensabhängig)
- Der Begriff Ganzheitliche Produktionssysteme GPS kann über seine Bestandteile definiert werden...



Einführung

Gründe für die Einführung von GPS



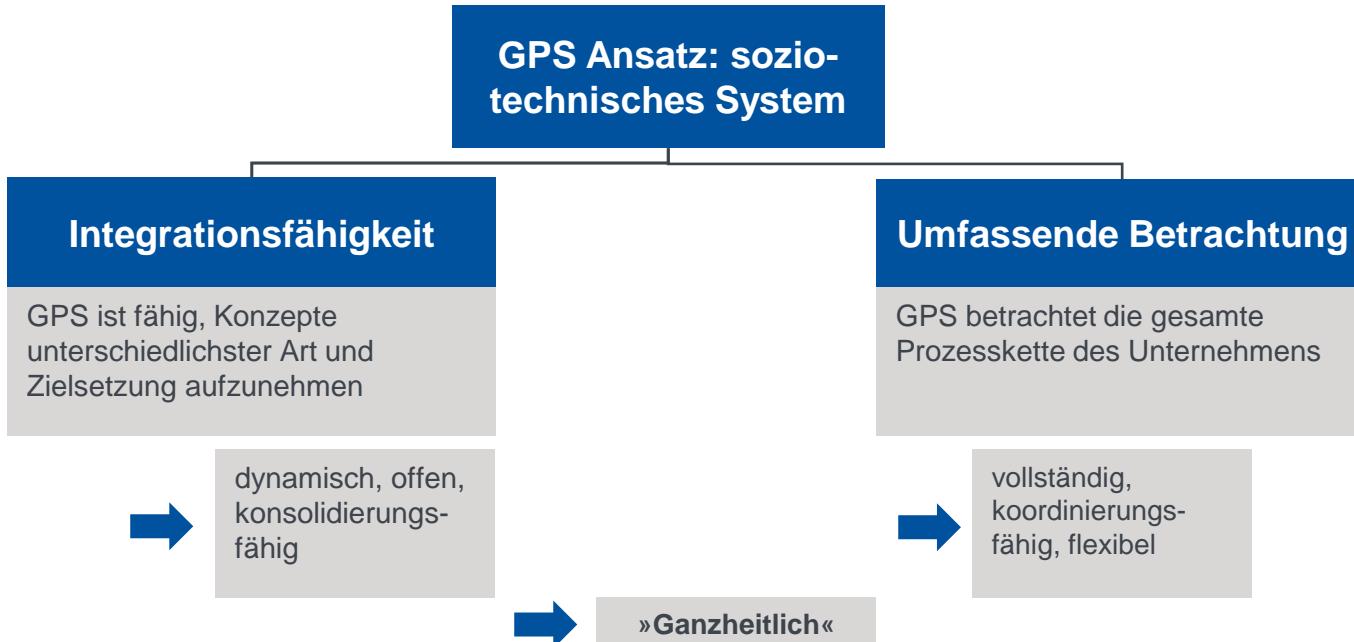
→ Die Hauptgründe für die Einführung sind die Verbesserung der Parameter Qualität, Kosten und Zeit.

[LFO,TU Dortmund (2008)]

Einführung

Sozio-technischer-Ansatz

- Ein sozio-technisches System besitzt die Fähigkeit technisch- und personell-organisatorische Konzepte zu einem Gesamtsystem integrieren zu können.



Westkämper, Zahn (2009)

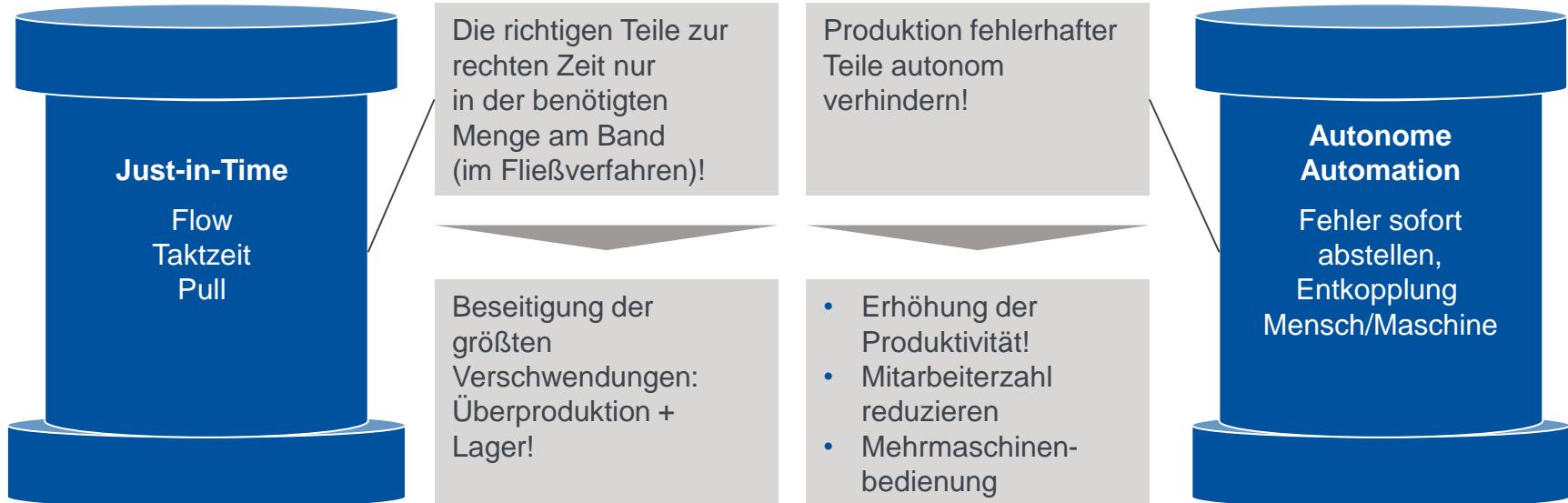
Entwicklung des Ganzheitlichen Produktionssystems

Systematische Verknüpfung von Organisationsmethoden



Entwicklung des Ganzheitlichen Produktionssystems

Die zwei Säulen des Toyota Produktionssystems



- Toyoda Kiichiro: »Wir müssen Amerika innerhalb von drei Jahren einholen. Sonst wird die Automobilindustrie Japans nicht überleben.« (1945)
- Zugrunde liegende Annahme: Produktivitätssteigerung durch Beseitigung von Verschwendungen!

Gestaltung und Methoden der GPS

Aufbau und Gestaltungsziele GPS



Ziel: Eliminiere jegliche Verschwendungen

Dies wird erreicht durch

- Detaillierte Standardisierung von Prozessen
- Konsequente Vermeidung von Fehlern
- Visuelles Management
- Kontinuierliche Verbesserung
- Gezielte Entwicklung und Fortbildung von Mitarbeitern
- Fließende Prozesse
- Pull-Steuerung

Gestaltung und Methoden der GPS

Verschwendungen und Wertschöpfung

Die 7 verschiedenen Verschwendungsarten

Überproduktion	Die Produktion von nicht benötigten Produkten oder in einer Menge, die momentan nicht benötigt wird.
Lager	Alle Bestände auf Rohmaterial-, Halb- und Fertigfabrikatsebene.
Transport	Transport von Materialien zwischen internen Sektoren
Fehler	Fehlerhafte Produkte, die den kontinuierlichen Fluss von fehlerfreien Produkten stören.
Prozesse	Alle nicht-notwendigen Prozesse
Tätigkeiten	Alle Tätigkeiten, die nicht zur Wertschöpfung beitragen.
Warten	Maschinen oder Bediener mit Leerlauf

Aufteilung des Arbeitsprozesses

- Anteil der Tätigkeiten, die offensichtlich nicht notwendig sind, um einem Produkt Mehrwert (Wertzuwachs) hinzuzufügen.
• Eliminieren!
- Tätigkeiten, durch die ein Produkt einen Mehrwert erhält.
- Tätigkeiten, für die der Kunde bereit ist, zu zahlen.



- Arbeiten, die keinen Wertzuwachs bringen, aber unter den gegebenen Umständen getan werden müssen.
• Reduzieren!

Shingo S. (1995), Freudenberg

Gestaltung und Methoden der GPS

Standardisierung von Prozessen

Das 6 »S« Konzept

Seiri
(Sortieren)

Seiton
(Systematisieren)

Seisô
(Säubern)

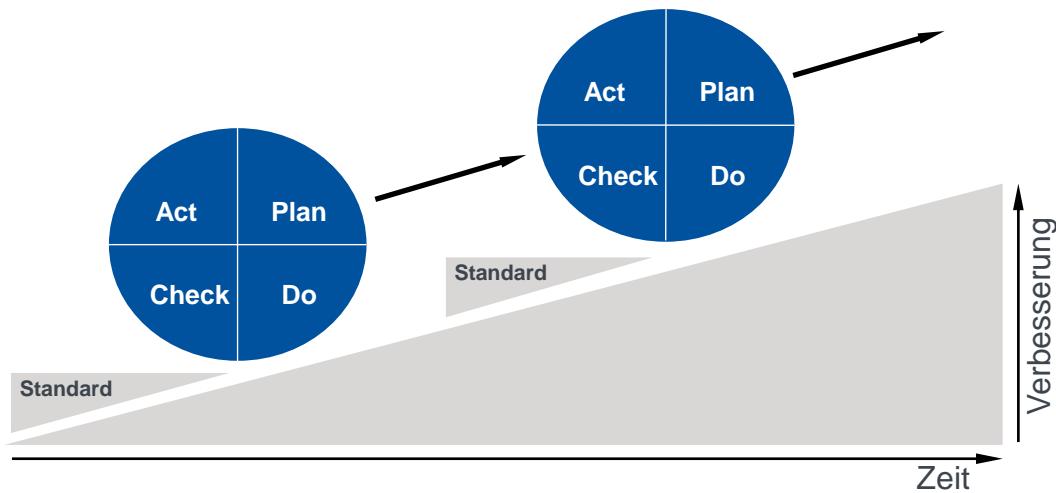
Seiketsu
(Standardisieren)

Shitsuke
(Disziplinieren)

Shûkan
(Gewöhnen)

Standardisierung ermöglicht gezielte Verbesserung

- Standardisierte Arbeitsinhalte
- Detaillierte Bewegungsstudien
- Nur durch Kaizen-Maßnahmen ändern sich Abläufe

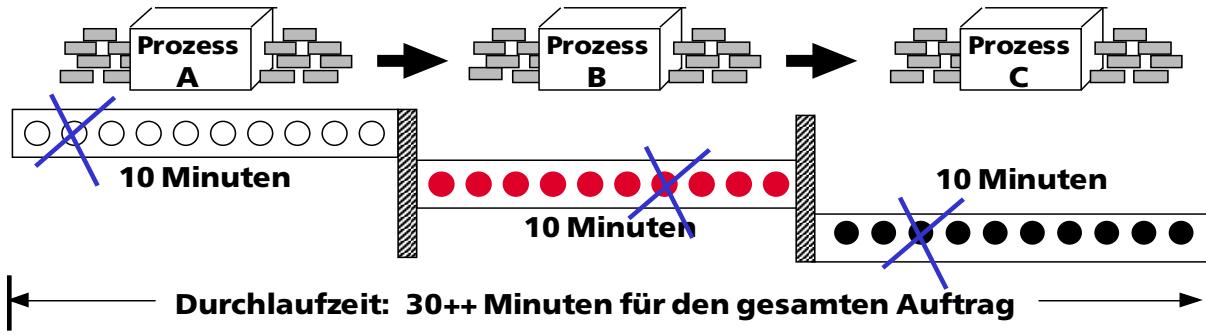


Takeda H., 2004

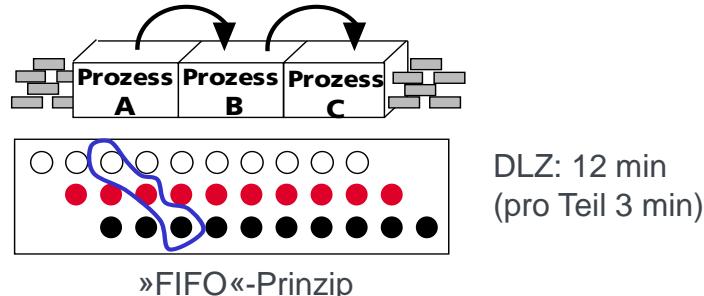
Gestaltung und Methoden der GPS

Was ist ein kontinuierlich Fluss?

Schub-/Losfertigung



Kontinuierlicher Fluss



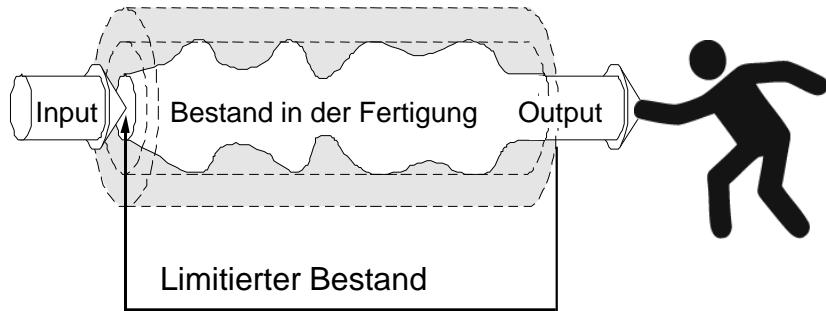
Mögliche Hindernisse

- Standort
- Rüstzeit
- Zykluszeit
- Maschinenuverlässigkeit

Gestaltung und Methoden der GPS

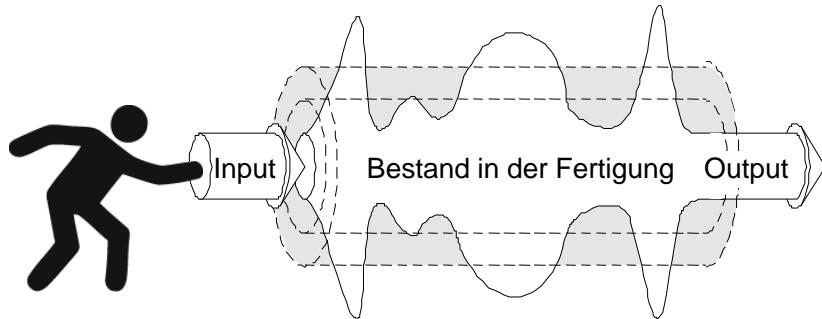
Prozesse synchronisieren: »Pull« versus »Push«

Ziehlogik (Pull-Prinzip)



Beim Pull-Prinzip »zieht« die Information das Material durch die Produktion. Die Reihenfolgeplanung erfolgt nachdem »FIFO«-Prinzip-

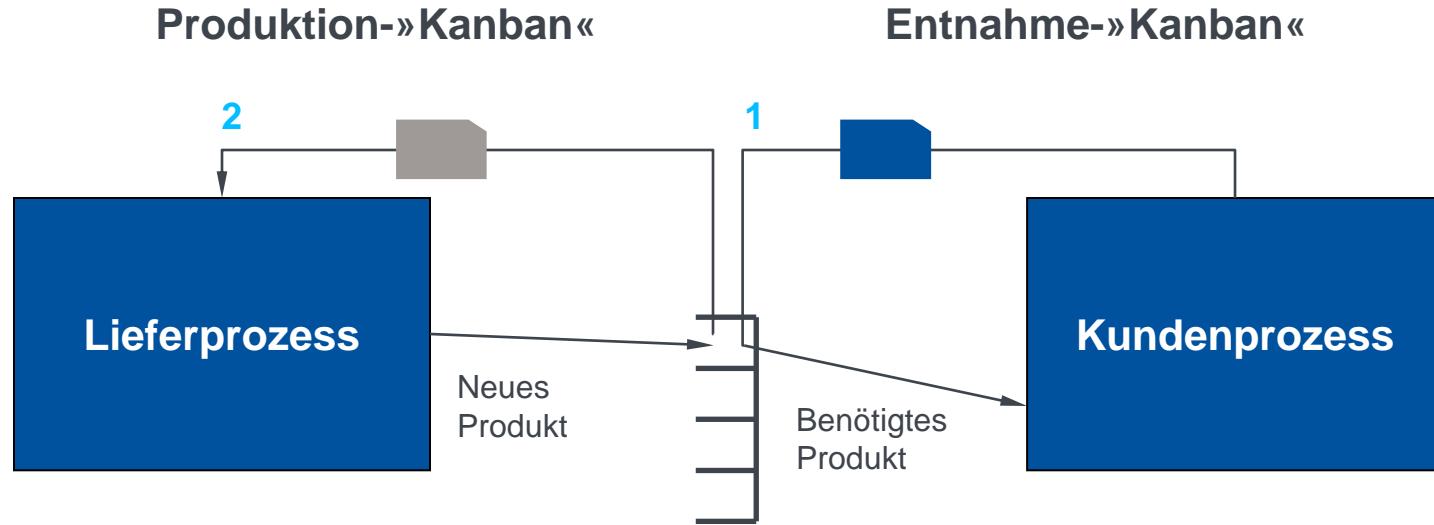
Schiebelogik (Push-Prinzip)



Beim Push-Prinzip »schiebt« die Information das Material durch die Produktion. An jeder Stufe erfolgt die Freigabe durch die Produktionssteuerung.

Gestaltung und Methoden der GPS

Kanban als Realisationswerkzeug des Pull-Prinzips



1. Kundenprozess geht zum Supermarkt und holt, was aktuell benötigt wird.
2. Lieferprozess produziert, um das abgeholtte Produkt wieder aufzufüllen.

Gestaltung und Methoden der GPS

Kanban als Realisationswerkzeug des Pull-Prinzips

Gründe für die Einführung von Kanban

- Liefer- und Kundenprozess können nicht direkt verkoppelt werden
- Bedarfsorientierte Just-In-Time Lieferung der benötigten Stückzahl
- Automatische Weitergabe der Informationen zur Arbeitsanweisung
- Integration von Material- und Informationsfluss
- Anstoß von Kaizen (KVP) durch visuelles Management

Gestaltung und Methoden der GPS

Kanban als Realisationswerkzeug des Pull-Prinzips

Die 7 Voraussetzungen für Kanban

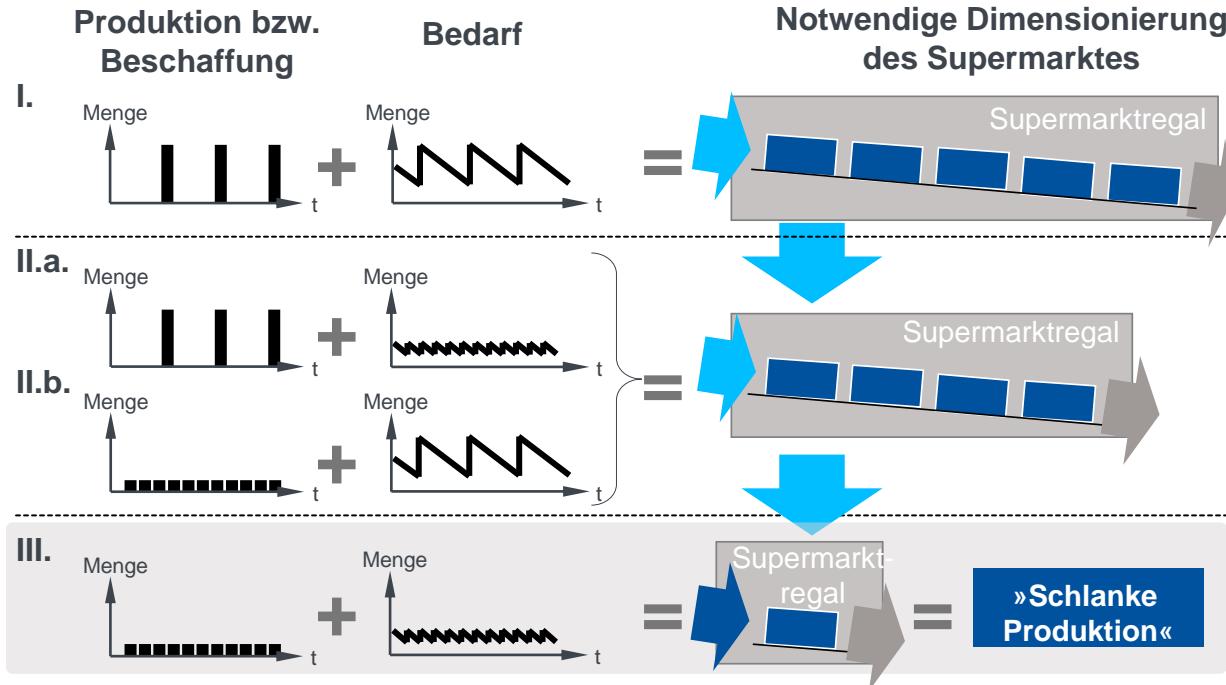
1. Aufbau einer Fließfertigung
2. Verkleinerung der Losgröße
3. Geglättete Produktion
4. Verkürzung und Vereinheitlichung der Transportzyklen
5. Kontinuierliche Produktion
6. Eindeutige Bestimmung der Adressen
7. Konsequentes Management der Behälter und Verpackungsformen

Die 9 Regeln beim Einsatz von Kanban

1. Zu jedem Behälter gehört ein Kanban.
2. Bei der Entnahme des ersten Teils aus einem Behälter geht die Kanban-Karte an den vorgelagerten Prozess.
3. Der nachgelagerte Prozess holt sich die Teile beim vorgelagerten Prozess.
4. In der Reihenfolge produzieren, in der der nachgelagerte Prozess heranzieht.
5. Nur soviel produzieren, wie vom nachgelagerten Prozess herangezogen wird.
6. Sobald Teile fehlen, muss dies dem vorgelagerten Prozess bekannt gegeben werden.
7. Die Kanban müssen von der Abteilung, in der sie verwendet werden, hergestellt und verwaltet werden.
8. Kanban müssen behandelt werden wie bares Geld.
9. Schlechtteile dürfen niemals an den nachgelagerten Prozess weitergegeben werden.

Gestaltung und Methoden der GPS

Nivellierung: Abhängigkeiten Bestellfrequenz, Produktionsfrequenz & Bestandshöhe



Ergebnis geglätteter Abrufe und hochfrequenter Anlieferung sind kurze Durchlaufzeiten und niedrige Bestände

Gestaltung und Methoden der GPS

Kontinuierliche Verbesserung

Das kontinuierliche Lösen von Problemen ist die Basis von institutionellem Lernen



- Konventionelle Denkweise
 - Ist-Zustand + Kaizen = Effekt
- Zielgerichtetes Denken
 - Zu erzielender Effekt – Ist-Zustand = Kaizen-Bedarf
- Prinzipien
 - Geh an die Linie und sieh es dir selbst an (genchi genbutsu).
 - Durchdenke alle Möglichkeiten genau, trifft die Entscheidung mit allgemeinen Konsens, implementiere sie so schnell wie möglich
 - Werde zu einer lernenden Institution durch das vorbehaltlose Reflektieren der Gegebenheiten (hansei) und durch das permanente Streben nach Verbesserung (kaizen)

Linker (2004); Takeda (2004)

Produktionsmanagement II

– Die Wertstrommethode

Ziel der Wertstromperspektive

Produktionsablauf darstellen und Verbesserungspotentiale aufweisen

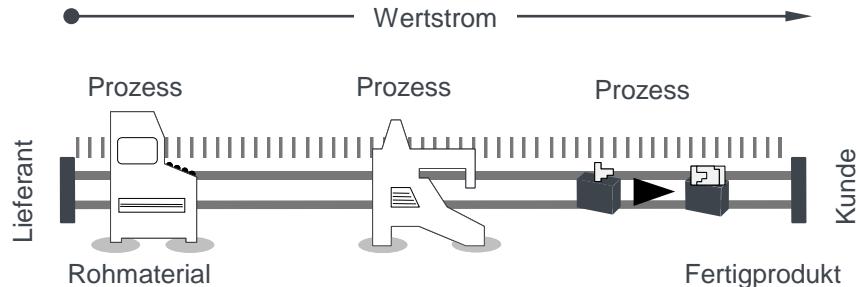
Durchführung

Erstellung einer Momentaufnahme
vom Shop Floor und im Office

Ergebnis

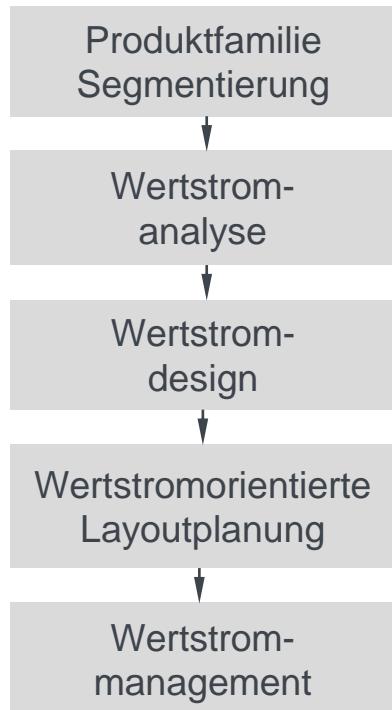
Verständnis des aktuellen Produktions-
ablaufes in der Fabrik

- Transparente Darstellung des kompletten Produktionsablaufes mit allen wichtigen Kenndaten
- Auweisung von Verbesserungspotentialen



Wertstromanalyse – Die transparente Fabrik

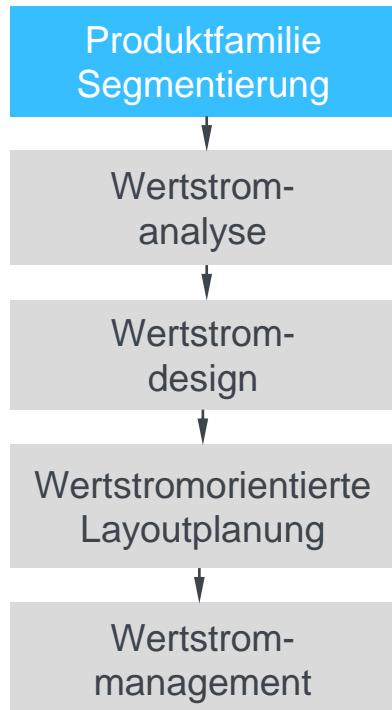
Vorgehen zur wertstromorientierten Fabrikplanung



- Bildung der zu betrachtenden Produktfamilien und Segmentierung der Produktion
- Darstellung des aktuellen Produktionsablaufes in der Fabrik und Ableitung von Verbesserungspotentialen
- Konzeption des zukünftigen Soll-Zustandes als effizienter, kundenorientierter Produktionsfluss
- Umsetzung des Produktionsablaufes in ein schlankes Fabriklayout
- Organisatorische Verankerung von Verantwortlichkeit und Parameterpflege

Vorgehen zur wertstromorientierten Fabrikplanung

Schritt 1: Definition der Produktfamilien und entsprechende Segmentierung der Produktion



Zielsetzung

- Gliederung der Fabrik in voneinander unabhängige Segmente

Vorgehen

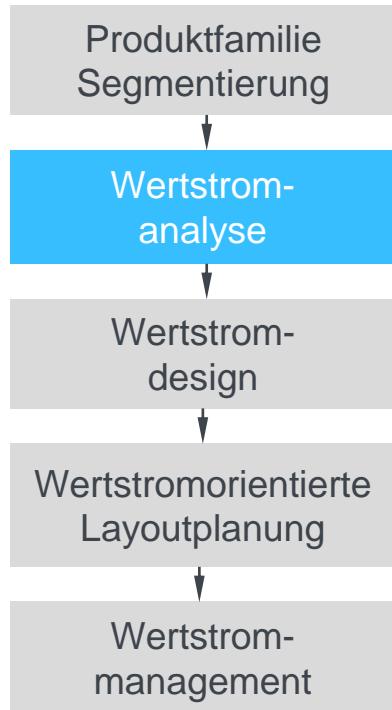
- Gliederung des Produktspektrums in Produktfamilien
- Definition eines Repräsentanten zur Aufnahme von Produktionsdaten
- Klare und eindeutige Zuordnung von Produkten zu Ressource

Merkmale einer Produktfamilie

- Produkte, die überwiegend ähnliche Produktionsschritte oder gleiche Betriebsmittel benötigen
- Berücksichtigung aller Varianten unter einem »Titel«

Vorgehen zur wertstromorientierten Fabrikplanung

Schritt 2: Darstellung des Ist-Wertstroms und Potenzialanalyse



Zielsetzung

- Verständnis des aktuellen Produktionsablaufes in der Fabrik von Rampe zu Rampe erlangen
- Verbesserungspotenziale ausweisen

Durchführung

- Den Produktionsfluss auf den Shop Floor entlang gehen und per Hand skizzieren
- Verwendung definierter Symbole
- Keine Standardzeiten erfassen, sondern selbst messen

Vorteile

- Transparente Darstellung des kompletten Produktionsablaufes mit Produktionsprozessen, Material- & Informationsfluss

Darstellung des Ist-Wertstroms und Potenzialanalyse

Grundidee: Nehmen Sie die Kundensicht ein!

Beginnen Sie beim Versand und gehen Sie flussaufwärts vor!
(und nicht, wie meist üblich, entlang des Materialflusses,
beginnend bei der Anlieferung)

- Die Kundensicht bestimmt die Anforderungen an die Produktion
- Die jeweiligen Folgeprozesse sind »Schrittmacher« für die vorgelagerten Prozesse
- Der Wertstrom verzweigt sich flussaufwärts, da ein Produkt in der Regel Teile aus mehreren Quellprozessen hat: eindeutiger Startpunkt
- Erleichtertes Verständnis, da man vom Ergebnis bzw. Zweck eines Prozesses leichter nach dem Wie fragen kann



Darstellung des Ist-Wertstroms und Potenzialanalyse

Beginn: Modellierung des Kunden mit Berechnung des Kundentaktes

Zielsetzung

- Eine am Kundenbedarf orientierte Produktion

Berechnung

- Modellierung des Kunden mit Berechnung des Kundentaktes
- **Kundentakt KT =**
verfügbare Betriebszeit pro Jahr
Kundenbedarf pro Jahr

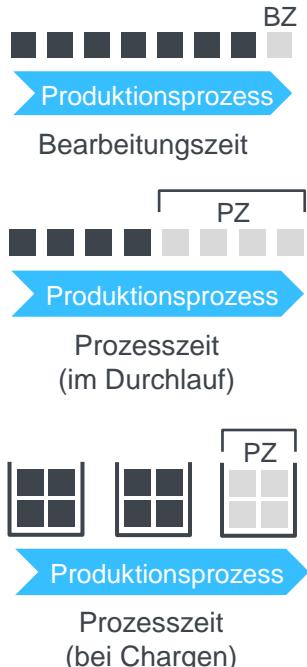
Beispiel

Kraft GmbH, Feuerbach
Kupplungsdämpfungsfedern
55 Varianten
SET 9 261 265
2,1 Mio. Stk./a
FT = 25 d/a
AZ = 21 h/d
KT = $21 \text{h} \times 250 \text{d} / 2,1 \text{ Mio.} = 9 \text{ sec}$

Darstellung des Ist-Wertstroms und Potenzialanalyse

Zykluszeit als Maß für die Leistungsfähigkeit

Messen: Arbeit



BZ Bearbeitungszeit, **PZ** Prozesszeit, **ZZ** Zykluszeit

Berechnen: Leistung



gibt an, wie oft ein Teil oder ein Produkt in einem Produktionsprozess fertiggestellt wird

[K. Erlach: Wertstromdesign. Berlin 2010]

Darstellung des Ist-Wertstroms und Potenzialanalyse

Lagerreichweite als Maß für die Durchlaufzeit

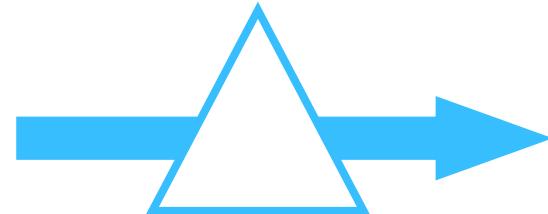
- Gezählt werden die Bestände in sämtlichen Varianten an allen Lagerorten (Bestandsmenge BM)
- Die Reichweite (RW) ergibt sich aus der Bestandsmenge sowie dem durchschnittlichen Kundenbedarf

$$RW = \frac{BM}{\# \text{Gleichteile} \times \text{Tagessstückzahl}}$$

- **Beispiel (250 Stück/Tag)**

$$RW = \frac{1.250 \text{ Stck.}}{1 \times 250 \text{ Stck./d}} = 5 \text{ d}$$

Zählen



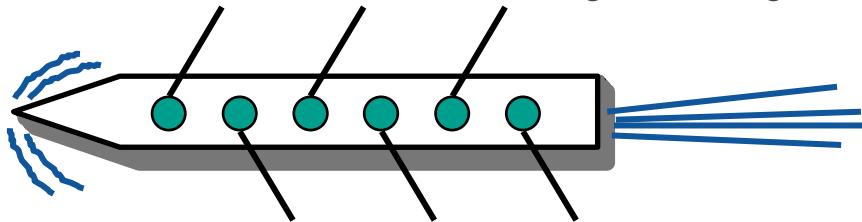
BM 1.250 Stk.

Darstellung des Ist-Wertstroms und Potenzialanalyse

Individuelle Leistung versus Systemleistung

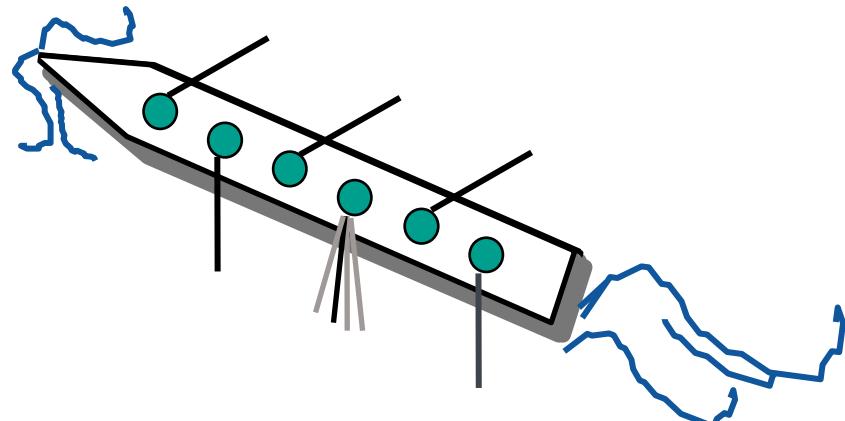
Jeder arbeitet im gleichen Takt

- Das Schiff der Produktion strebt gleichmäßig und stabil auf dem geplanten Kurs voran



Einzelne arbeiten besonders schnell

- Das Schiff der Produktion kommt ins Trudeln



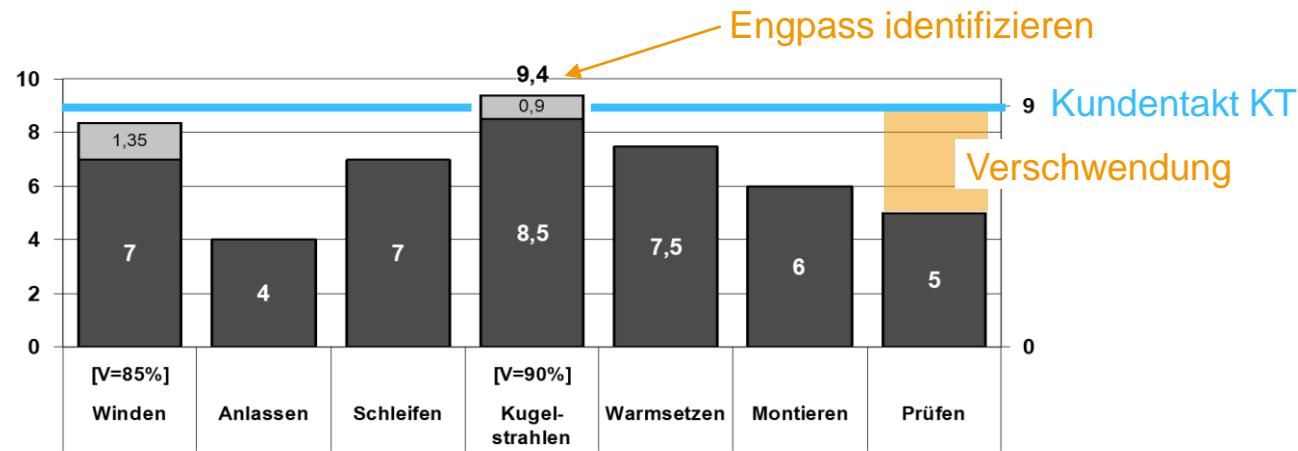
Konsequenzen

- Unterschiedliche Durchlaufzeiten
- Gegensätzliche Mitarbeiterziele
- Synchronisationsverluste (hohe Bestände)
- Unausgewogene Kapazitätsauslastung
- Schlechte Zielerreichung (z. B. Terminuntreue)

Darstellung des Ist-Wertstroms und Potenzialanalyse

Verbesserungspotenzial II - Taktabstimmung

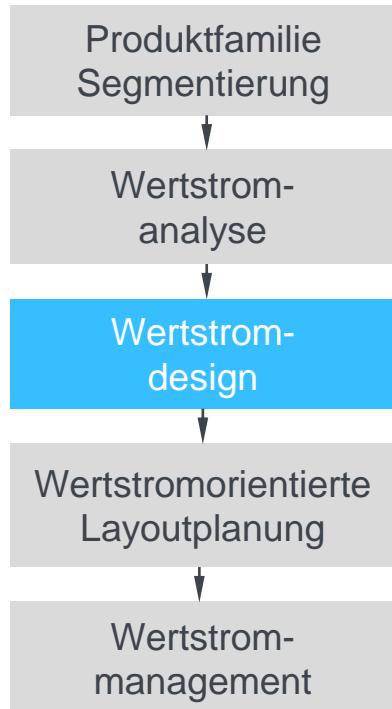
Das Taktabstimmungsdiagramm zeigt übersichtlich, wie gut oder schlecht das Kapazitätsangebot mehrerer Prozesse zueinander passt



Verbesserungspotenzial II Einfacher Vergleich der Prozessleistung (Zykluszeiten) mit dem Kundenbedarf (Kundentakt) zeigt Engpässe und Verschwendungen

Wertstromdesign – Die schlanke Fabrik

Schritt 3: Entwurf des Soll-Zustands



Zielsetzung

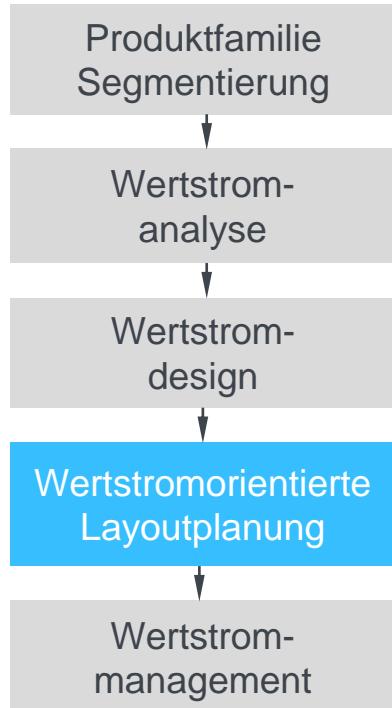
- Produktion als effizienten, kundenorientierten Wertstrom gestalten
- Bereitstellung einer Soll-Zustands-Zeichnung als Zielvision für die Produktion

Vorgehensweise

- Bewährte Gestaltungsrichtlinien begründen die Verbesserungsleistung des Wertstromdesigns
- Richtlinien definieren Anforderungen an optimal aufeinander abgestimmte Prozesse
- Transparente Darstellung des angestrebten Soll-Zustands mit allen Produktionsprozessen und deren logistischer Verknüpfung

Wertstromorientierte Layoutplanung – Fließfertigung

Schritt 4: Planung der Ressourcenanordnung passend zu den neu definierten Produktionsabläufen



Zielsetzung

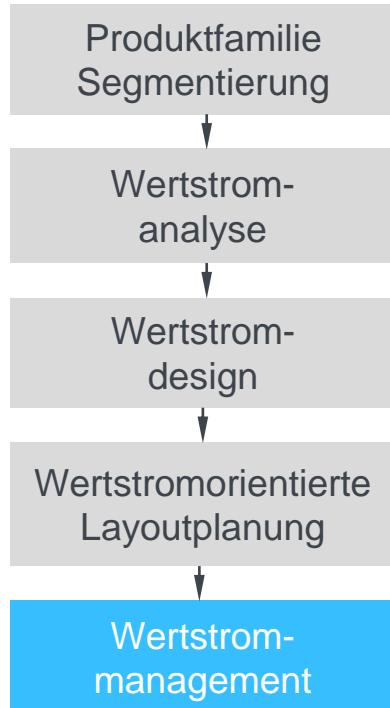
- Transparenz im Shop Floor erreichen
- Kennzahlbasierte kontinuierliche Verbesserung ermöglichen

Vorgehensweise

- Auswahl und Gestaltung der erforderlichen Betriebsmittel (impliziert Flächenbedarf)
- Räumliche Anordnung der Betriebsmittel je Segment
- Visualisierung der Produktionsabläufe durch eindeutige Markierungen und Bezeichnungen

Wertstrommanagement

Schritt 5: Organisatorische Verankerung und Parameterpflege mit dem Wertstrommanagement



Zielsetzung

- Definition eindeutiger Verantwortlichkeiten
- Kontinuierliche Pflege des Soll-Konzeptes auch für mehrere Produktfamilien

Vorgehensweise

- Festlegung eines »Wertstrommanagers« für jede Produktfamilie
- Zuordnung von Planungs- und Steuerungsaufgaben zu Planungsebenen
- Festlegung der Planungs- und Steuerungsfunktionen

Produktionsmanagement III

– Methoden und Führung

Einführung

Führungsstile der anderen Art

- **Management by Babysitter**

Man kümmert sich um die Angelegenheit, bei denen jemand am lautesten schreit.

- **Management by Helikopter**

Über allen schweben, von Zeit zu Zeit auf den Boden kommen,
viel Staub aufwirbeln und dann wieder ab nach oben.

- **Management by Moses**

Er führte sein Volk in die Wüste und hoffte auf ein Wunder.

- **Management by Fallobst**

Wenn Entscheidungen reif sind, fallen sie von selbst.

Kennzahlen als Führungsinstrument

Management by Objectives

Der Führungsansatz besteht darin, die strategischen Unternehmensziele vom Management über Organisationseinheiten bis auf Mitarbeiter im Rahmen von Zielvereinbarungen herunter zu brechen und durch Controlling-Maßnahmen zu flankieren.

Die für das Team oder den einzelnen Mitarbeiter gültigen Ziele werden SMART formuliert:

- S** Specific: dt. spezifisch (genau abgegrenzt und verständlich)
- M** Measurable: dt. messbar (die Zielerreichung kann geprüft werden)
- A** Achievable: dt. erreichbar
- R** Relevant: dt. relevant (wichtig)
- T** Timed: dt. (zeitlich klar) terminiert

Kennzahlen als Führungsinstrument

Sinn und Zweck von Kennzahlen

Kennzahlen ...

- schaffen Transparenz (Effizienz, Kosten, etc.).
- verbessern die Objektivität bei der Entscheidungsfindung.
- helfen komplexe Sachverhalte verständlich darzustellen.
- unterstützen das Formulieren von Zielen und Prognosen.
- machen Leistungen und Verbesserungspotenziale messbar.
- ermöglichen Trendbeobachtungen.
- unterstützen den KVP-Prozess.
- schaffen Orientierungs- und Vergleichsmöglichkeiten.
- dokumentieren Zustände.

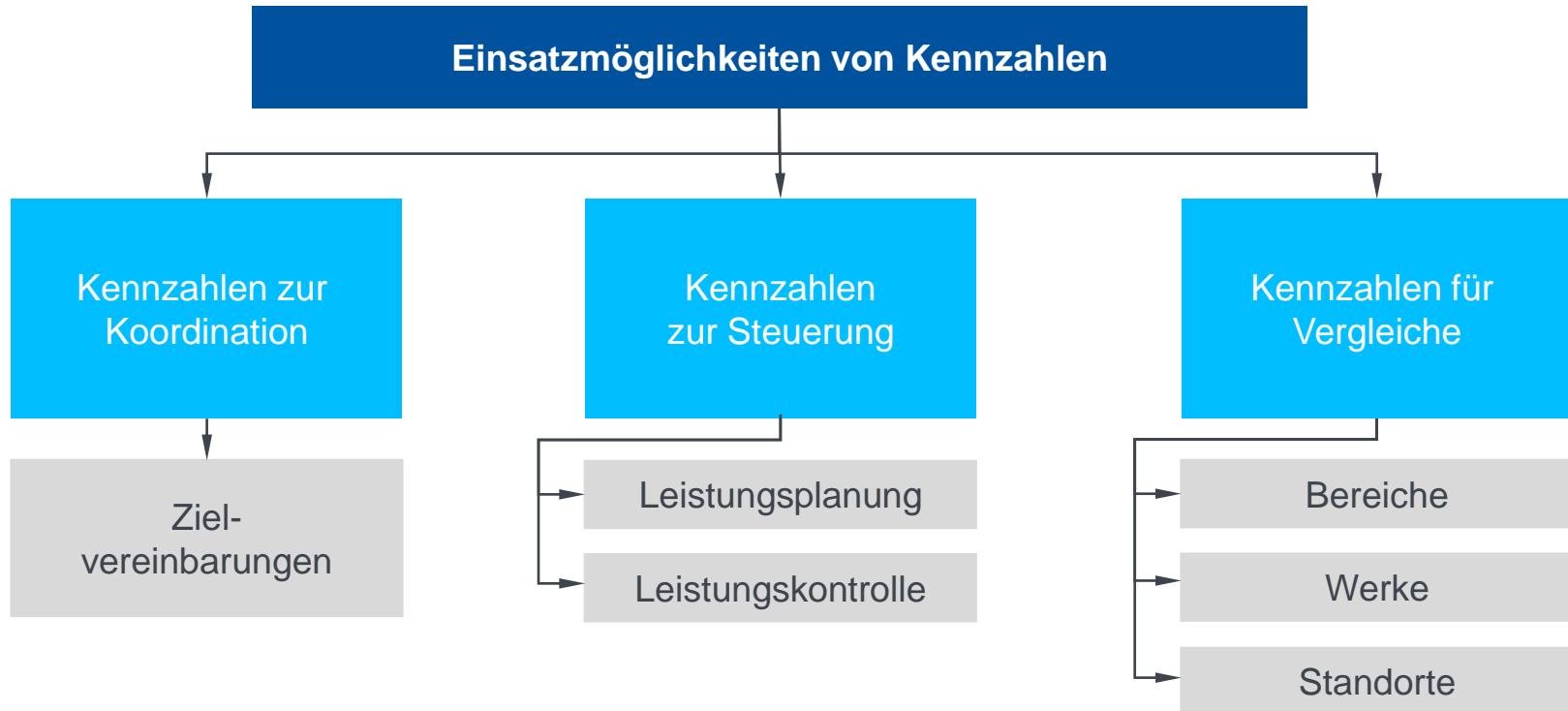
Kennzahlen als Führungsinstrument

Geltungsgrundsätze für Kennzahlen

- Kennzahlen müssen exakt definiert werden.
- Kennzahlen müssen eine ausreichende Aktualität besitzen.
- Kennzahlen müssen für den Empfänger verständlich und eindeutig sein.
- Kennzahlen müssen wirtschaftlich ermittelt werden können.
- Kennzahlen müssen eine glaubwürdige Datengrundlage und einen geringen Interpretationsaufwand besitzen.
- Kennzahlen müssen Sachverhalte verdeutlichen und nicht vortäuschen.
- Klärung der eindeutigen Verantwortung von Datenquellen.
- Kennzahlen müssen für den Empfänger entscheidungsrelevant sein.
- So wenig wie möglich und so viel wie nötig!

Kennzahlen als Führungsinstrument

Einsatzmöglichkeiten von Kennzahlen



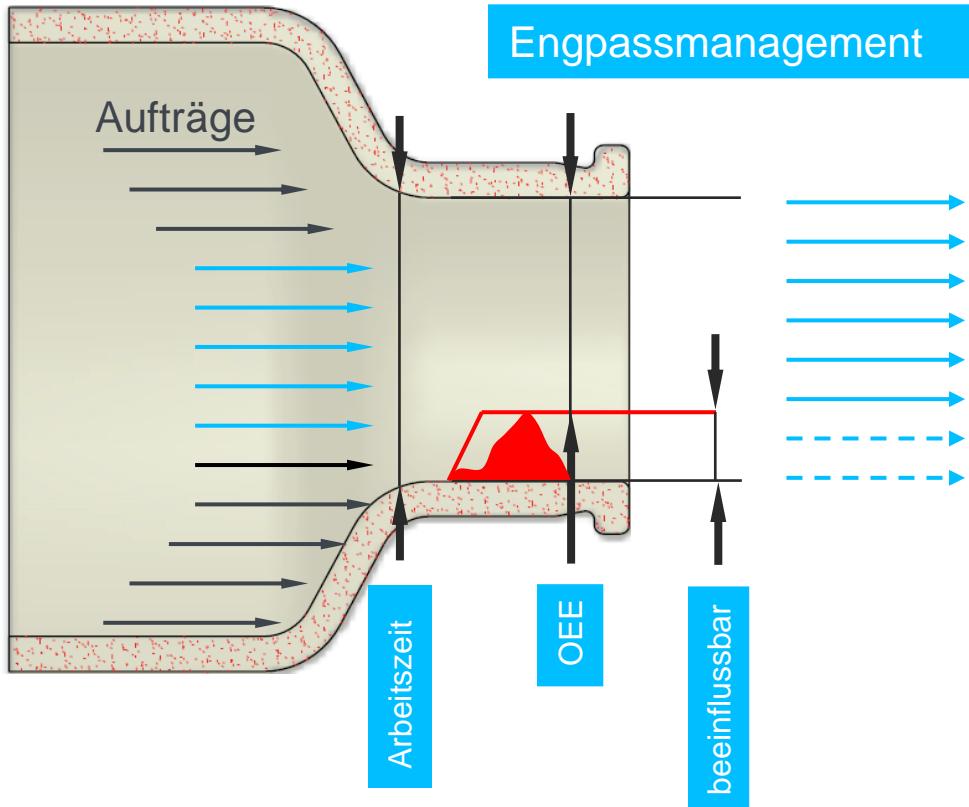
Kennzahlen als Führungsinstrument

Von Kennzahlen zu Kennzahlensystemen



TEEP (Total Effective Equipment Productivity)

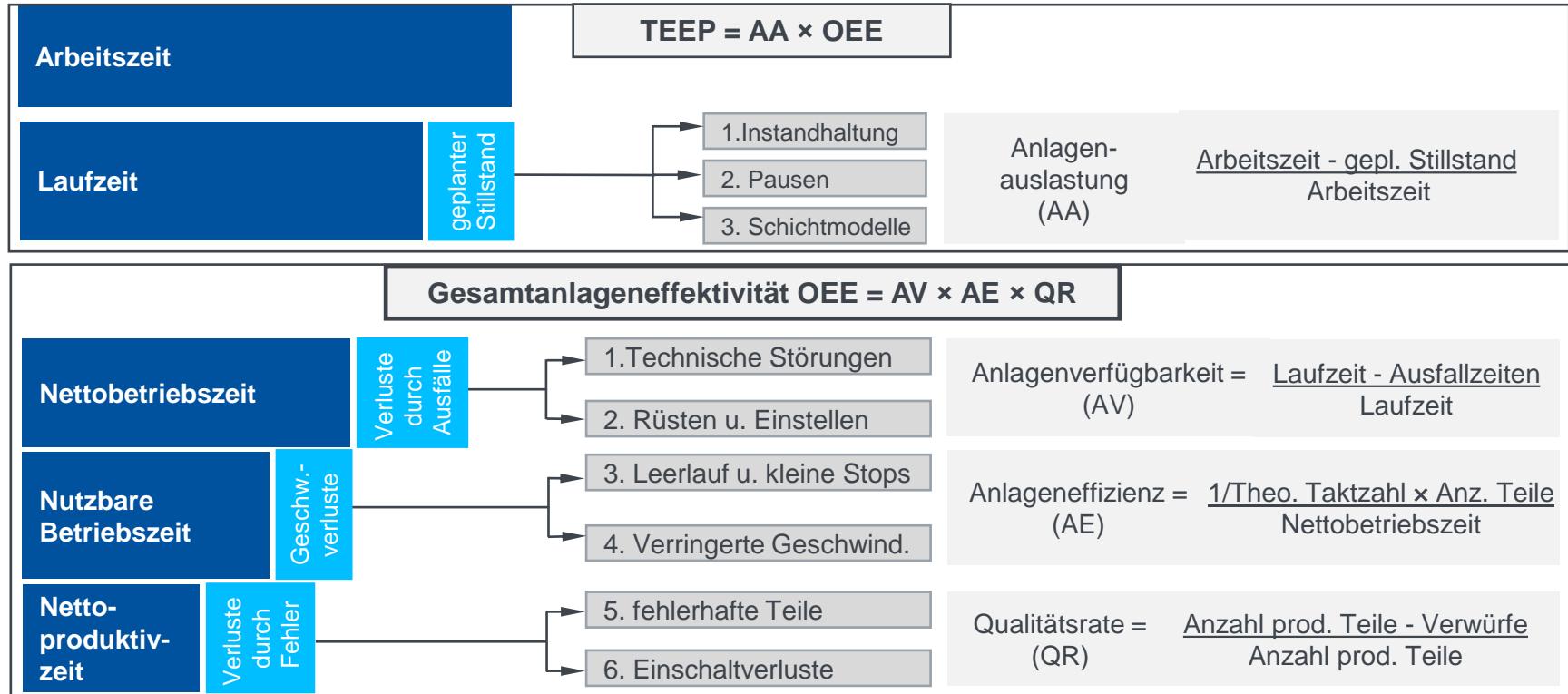
Wann ist der Einsatz sinnvoll?



- Entscheidend ist nicht was an Auftragsbestand vor dem Engpass an liegt.
- Entscheidend sind die Lieferverzögerungen, die durch Engpässe hervor gerufen werden.
- Nicht-Engpässe zu optimieren verursacht Mehrkosten.

TEEP (Total Effective Equipment Productivity)

Die 6 beeinflussbaren Verlustquellen



[Vgl. Shirose, K.: TPM for Workshop Leaders, Productivity Press, Inc. Cambridge, New York 1992]

TPM – Total Productivity Maintenance

Welche Instandhaltungsstrategie ist die Richtige?

	Grundidee	Vorteile	Nachteile
Ausfallstrategie	Instandsetzung nach Ausfall	Max. Reserveausnutzung Geringer Planungsaufwand	hohe Ausfallkosten
Präventiv zeitbasiert	Instandsetzung in regelmäßigen Intervallen	Geringer Planungsaufwand geringe Ausfallkosten	Verschwendungen von Abnutzungsvorrat
Präventiv zustandsorientiert	Instandsetzung in Abhängigkeit des Abnutzungsvorrats	Geringe Ausfallkosten Hohe Ausnutzung des Abnutzungsvorrats	Hohe Inspektionskosten
Risikobasiert	Strategie in Abhängigkeit des Budgets	Optimale Strategie für gegebenes Budget	Hoher Aufwand für Risikoermittlung

TPM – Total Productivity Maintenance

Der Mitarbeiter als Erfolgsfaktor

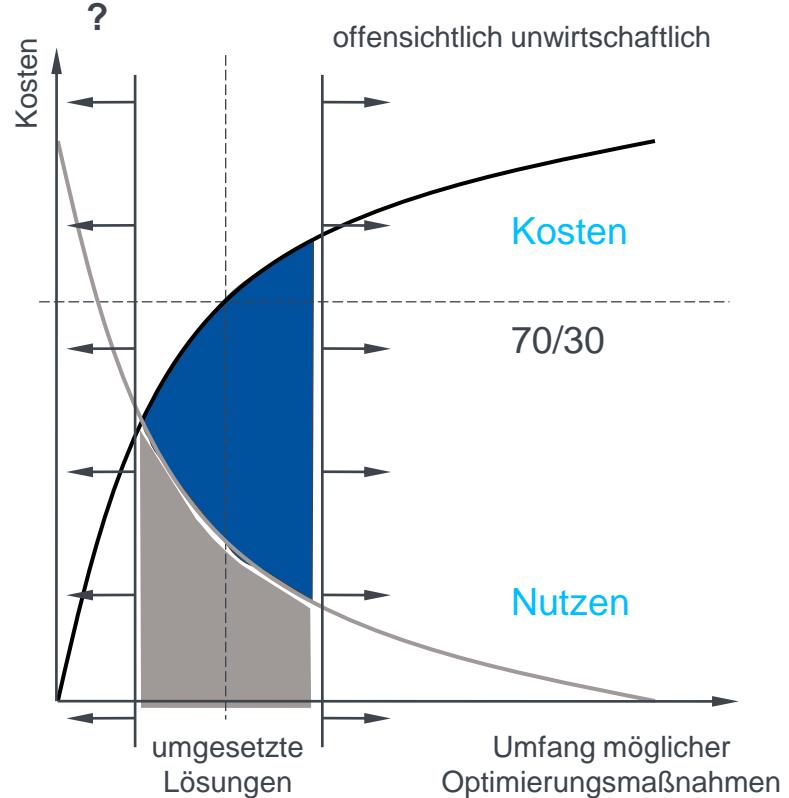


SMED – Single Minutes Exchange of Die

Im Einsatz ist oft ein Kosten-Nutzenverhältnis < 1 zu finden

Kennzeichen

- Hohe auftragsbezogene Investitionen (Lehren, Vorrichtungen), sehr viele Betriebsmittel an der Maschine/Anlage, wenig Bewegungsfreiheit
- Aufgaben des Bedieners: Prozessoptimierung, Umrüsten, Störungsbeseitigung, interne Logistik, Kosten- und Qualitätsverantwortung
- Eine Vielzahl von Arbeiten (Entgraten, Kontrollen, etc.) laufen hauptzeitparallel
- Turbulenzen in der Auftragssteuerung
- Viel Auftragsbestand vor der Maschine/Anlage – Rüstzeitoptimierung durch Zusammenfassen von Aufträgen
- Viele fallweise Entscheidungen
- Sehr viele »Rüstdokumente«
- Wenig Standardisierung

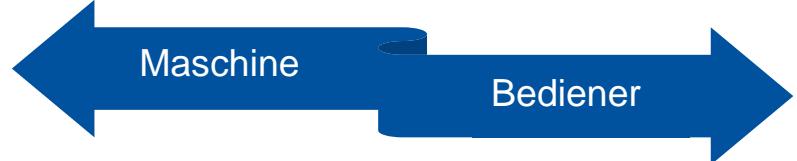


SMED – Single Minutes Exchange of Die

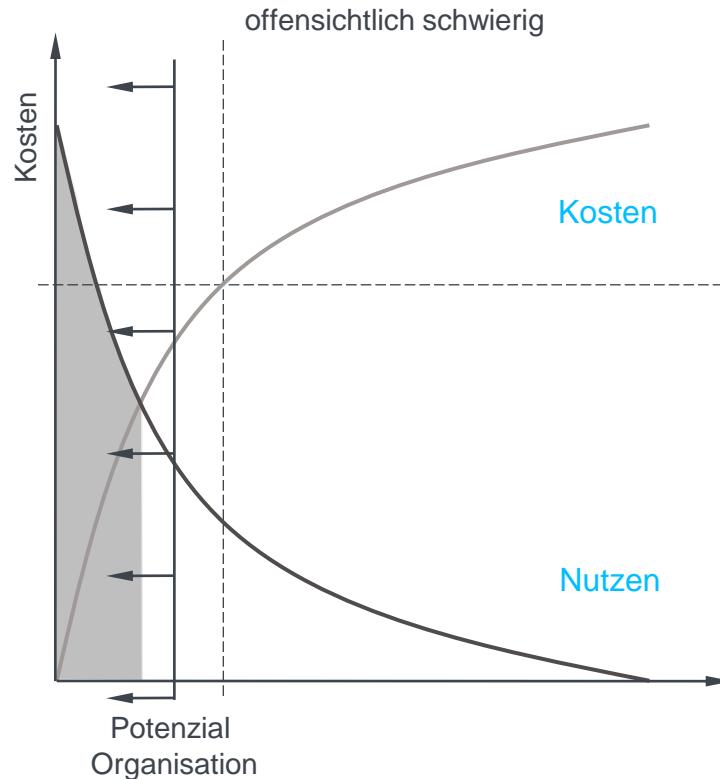
Beseitigen von Verschwendungen und der Fokussierung auf Wertschöpfung

Herausforderungen an die Organisation

- Zielkonflikt Auslastung: Wo liegen die Prioritäten?

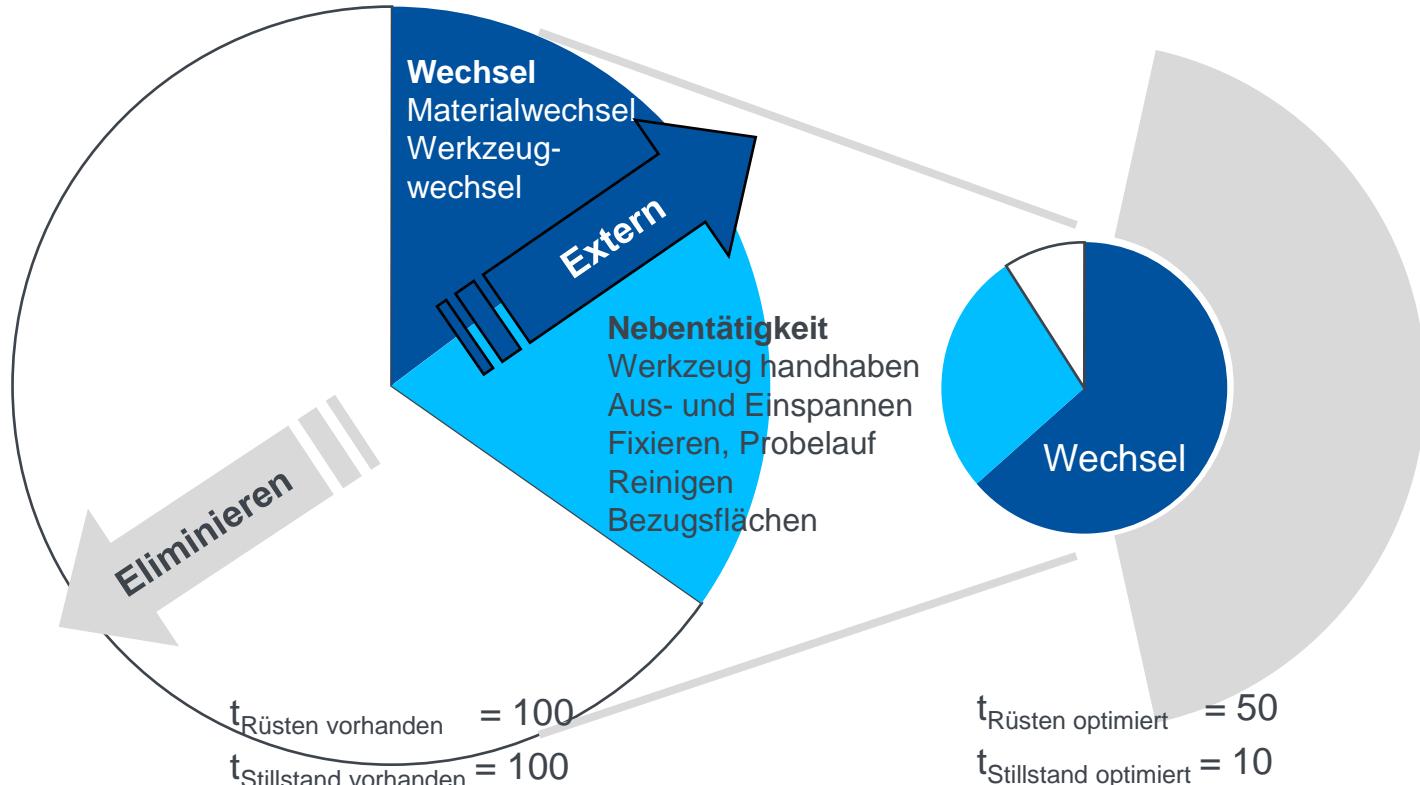


- Zielkonflikt Verschwendungen:
Was versteht die Organisation unter Verschwendungen?
- Zielkonflikt Prozessintegration:
Soll die Wertschöpfung von indirekten Tätigkeiten
(Logistik, Störungsbeseitigung etc.) befreit werden?
- Zielkonflikt Standardisierung:
An was richtet sich die Organisation in Zukunft aus?



SMED – Single Minutes Exchange of Die

Ziele von Rüstzeitreduzierung



Six Sigma – als Verbesserungsprojekt

Was versteht man unter der Six Sigma Methode?

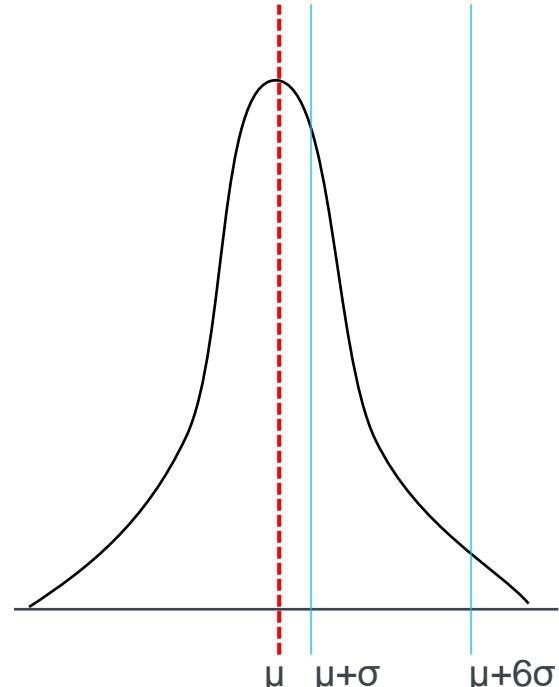
- Ihr Kernelement ist die Beschreibung, Messung, Analyse, Verbesserung und Überwachung von Geschäftsvorgängen mit statistischen Mitteln.
Die Ziele orientieren sich an finanzwirtschaftlich wichtigen Kenngrößen des Unternehmens und an Kundenbedürfnissen.
- Six Sigma – 6σ – beschreibt die Fähigkeit eines Prozesses.
- Erstmals angewandt von Motorola 1986.
- Erweitert und Ausgebaut von General Electric.
- Hohe Industrieverbreitung ab 1992.

[vgl. Wikipedia]

Six Sigma – als Verbesserungsprojekt

Was versteht man unter der Six Sigma Methode?

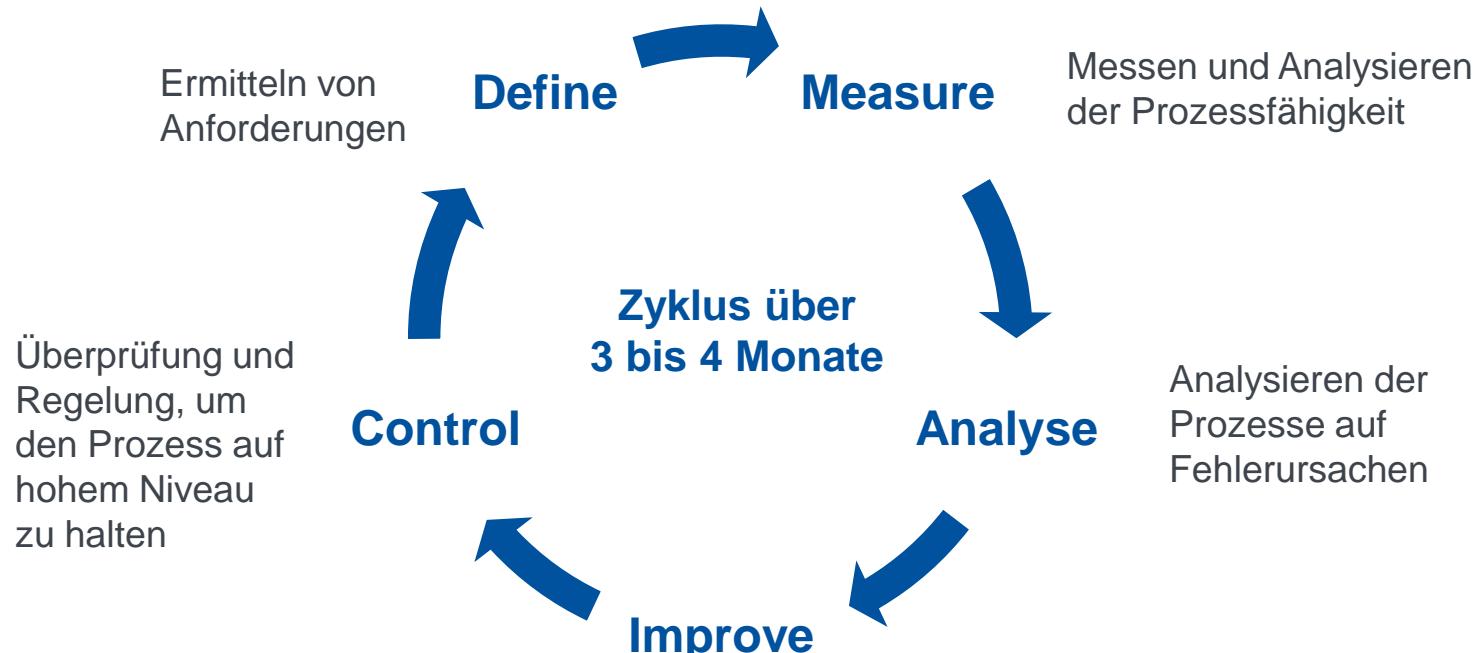
- Abweichungen vom geplanten Sollwert weisen bei Herstellungsprozessen näherungsweise eine Normalverteilung (auch Gaußverteilung oder Glockenkurve) auf.
- Die Varianz ist das Maß für die Abweichung einer Zufallsvariable X von ihrem Erwartungswert. Die Standardabweichung die Quadratwurzel der Varianz.
- Bei 6σ liegt die obere Toleranzgrenze sechs Standardabweichungen (σ) über dem Erwartungswert.
- 6σ entspricht einer Fehlerrate von 3,4 ppm (parts per million).



μ Mittelwert, Erwartungswert, σ Standardabweichung

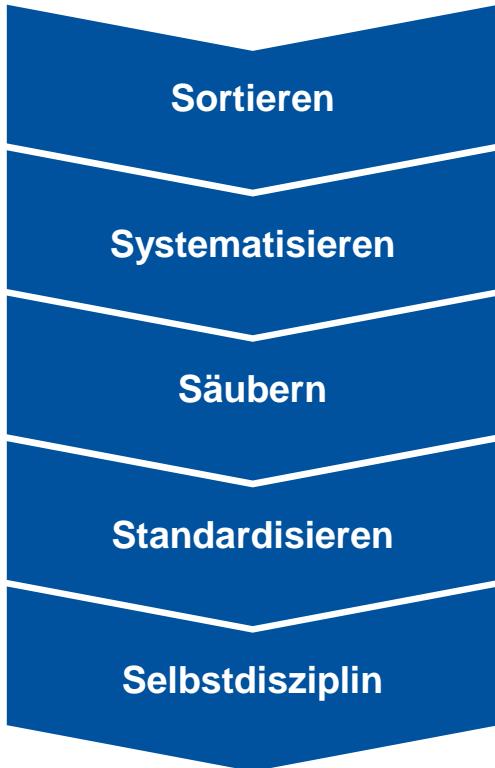
Six Sigma – als Verbesserungsprojekt

Der Six Sigma Regelkreis (DMAIC Zyklus)



5S – Ordnung, Sauberkeit und Disziplin

Die 5 Schritte



- »Entfernen alles Unnötigen vom Arbeitsplatz«
- »Zur Aufgabenerfüllung Benötigtes in eine sichtbare Ordnung bringen«
- »Arbeitsumgebung säubern und sauber halten«
- »Ordnung und Sauberkeit zur Regel machen«
- »Einhaltung und ständige Verbesserung der Maßnahmen sichern«

**»Alles hat seinen festen Platz,
ist sauber und bereit zum Gebrauch.«**



Universität Stuttgart

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb
IFF

**Vielen Erfolg bei der
Prüfung!**