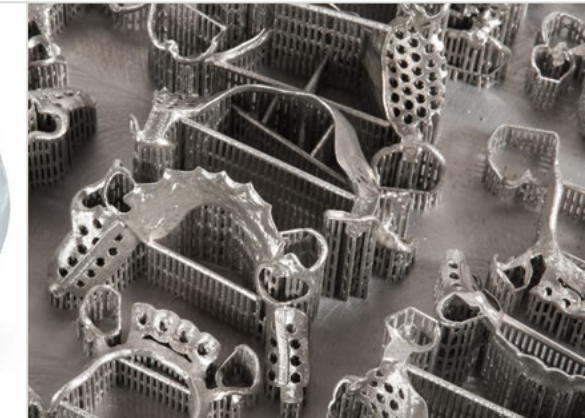


FERTIGUNGSPLANUNG IN DER ADDITIVEN FERTIGUNG



Wintersemester 2020/21

GLIEDERUNG

1. Einführung in das Thema Fertigungsplanung
2. Standardisierung in der AM
3. Prozesskette der Additiven Fertigung
4. **Produktentstehungsprozess**
5. Modelle und Prototype
6. Rapid Manufacturing
7. Gestaltung der Additiven Fertigungsprozesse
 - 7.1. Additive Fertigungsverfahren
 - 7.2. Planung der Prozesse
8. Nachbearbeitung von additiv gefertigten Teilen
9. Mechanische Bearbeitung
10. Qualitätssicherung und Prüfplanung
11. Kostenplanung

AUFBAU DER VORLESUNG: PRODUKTENTSTEHUNGSPROZESS

| | |
|------------|---|
| 4.1 | Definition und Zyklen |
| 4.2 | Produktkonzipierung und -entwicklung |
| 4.2.1 | Methoden |
| 4.2.2 | Herausforderungen und Trends |
| 4.3 | Produkterprobung |
| 4.4 | Produktionssystementwicklung |
| 5.5 | Prozessketten |
| 6.6 | Additive Fertigung im Produktentstehungsprozess |

WAS IST EIN PRODUKTENTSTEHUNGSPROZESS?

„Summe aller operativen und steuernden Aktivitäten, die – beginnend mit der ersten Produktidee bis zum Auslauf – die Eigenschaften, Kosten und Erträge, Marketing, Vertrieb und Kundendienst des Produkts festlegen und sicherstellen.“

„Produktentstehung beschreibt die Gesamtheit der Teilprozesse und ihrer gegenseitigen Abhängigkeiten.“

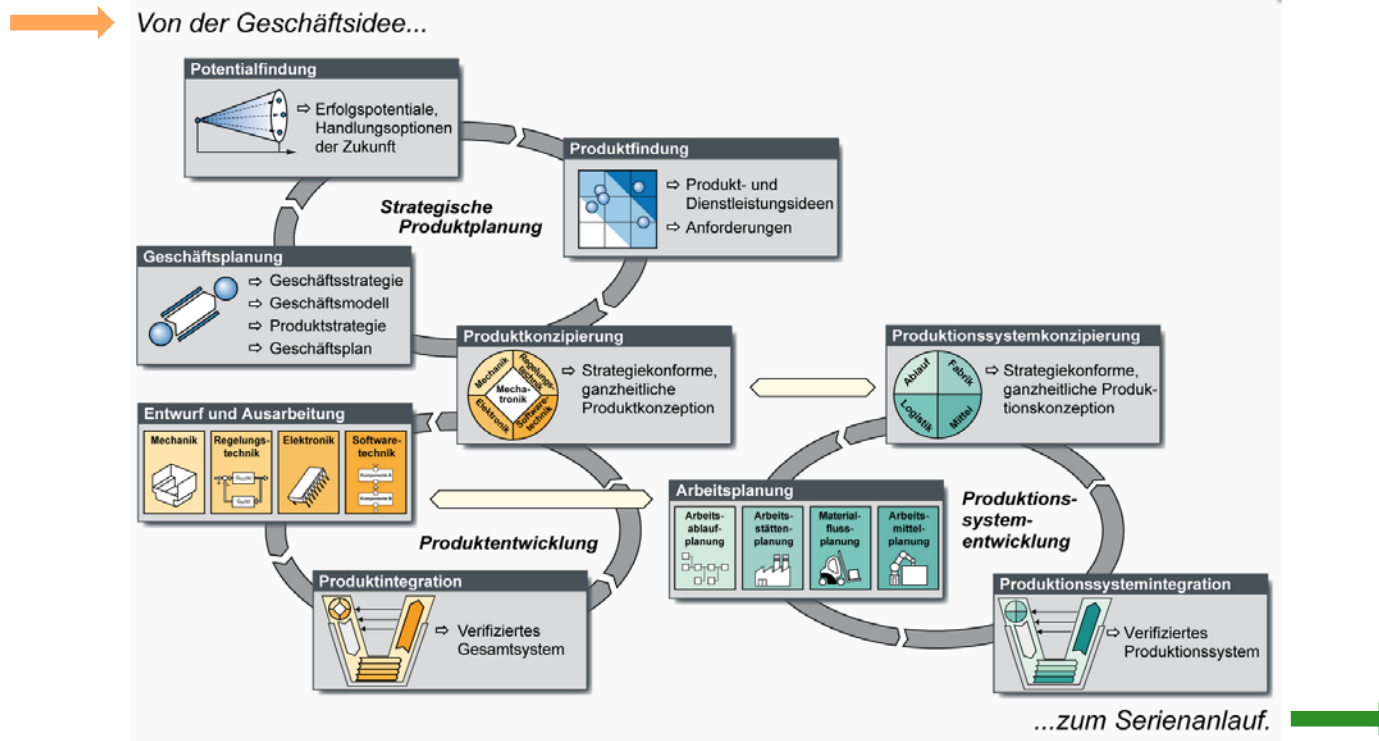
Produktentstehung ist gleichbedeutend mit dem Begriff „Produktentwicklung“.

- Entwicklung neuer Produkte betrifft alle Unternehmensfunktionen
- Problemstellung: Sinnvolle Arbeitsteilung bei gleichzeitiger Sicherstellung eines hinreichenden Wissensstandes über den Entwicklungsfortschritt bei jeder Abteilung



Markterfolg, Herstellkosten, Investitionen und Termine hängen stark von der Organisation des Produktentstehungsprozesses ab !

ZYKLEN DES PRODUKTENTSTEHUNGSPROZESSES



2 Produktentstehung

PRODUKTKONZIPIERUNG

Produktkonzipierung charakterisiert das Vorgehen zum Finden einer erfolgversprechenden Produktkonzeption – der so genannten prinzipiellen Lösung – und umfasst folgende Etappen:



In der **Potentialfindung** sollen die zukünftigen Erfolgspotentiale sowie die Ermittlung entsprechender Handlungsoptionen erkannt werden. Hierfür werden Methoden wie die Szenario-Technik, Delphi-Studien oder Trendanalysen eingesetzt.



In der **Produktfindung** entstehen die Produktideen (ggf. auch ergänzende Dienstleistungsideoen) zur Ausschöpfung der erkannten Erfolgspotentiale. Mit der Produktidee wird ein erstes grobes Konzept des Produktes und des Geschäftsmodells entworfen.



In der **Geschäftsplanung** geht es um die Entwicklung der Geschäftsstrategie zur Realisierung des geplanten Produktes. Dort sind mögliche Märkte, Zielgruppen und Kundensegmente, die strategische Positionierung, sowie Kostenschätzungen für eine Rentabilitätsrechnung beschrieben.

EVALUIERUNG DES PRODUKTKONZEPTE

- Entwicklung alternativer Produktkonzepte
- Grobanalyse
- Feinanalyse
- Konzeptdefinition (Entwicklung der Kriterien)
- Konzeptprüfung und -freigabe



PRODUKTENTWICKLUNG

- Dieser Zyklus umfasst die Produktkonzipierung, den **Entwurf** und die entsprechende **Ausarbeitung** sowie die **Integration der Ergebnisse** der einzelnen Lösungen **zu einer Gesamtlösung**.
- Die Bildung und Analyse von Computermodellen stellen die Basis für ein virtuelles Produkt dar. Diese virtuellen, „smarten“ Produktmodelle beschreiben neben dem physischen Körper auch die intelligenten Komponenten, die den Einsatz des Produktes im vernetzten Umfeld ermöglichen.
- Produktentwicklung steht in Wechselbeziehung zu Produktplanung und Entwicklung der Produktionssysteme.
- Die Zielsetzung und der inhaltliche Schwerpunkt des Entwicklungsprozesses hängen von den fachspezifischen Eigenschaften des Produktes ab.

2 Produktentstehung

PRODUKTENTWICKLUNG

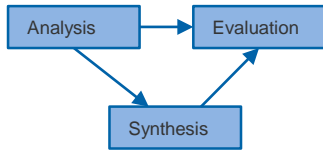
Generelles Vorgehen beim Produktentwickeln nach VDI 2221

| Aktivitäten | | Beschreibung | Ergebnisse |
|-------------|--|--|------------------------------|
| 1 | Klärung und Präzisieren der Aufgabenstellung | Sammeln aller Informationen, prüfen und ergänzen | Anforderungsliste |
| 2 | Ermitteln von Funktionen und deren Strukturen | Identifikation der Gesamtfunktion und deren Strukturen | Funktionsmodell |
| 3 | Suchen nach Lösungsprinzipien | Ermittlung physikalischer Effekte sowie geometrisch-stofflicher Merkmale | Prinzipielles Lösungskonzept |
| 4 | Gliedern in Module | Zerlegen in handhabbare Teilsysteme | Modulare Strukturen |
| 5 | Gestalten der Module | Grobgestaltung der Module | Vorentwürfe |
| 6 | Gestalten des gesamten Produktes | Zusammenfügen der Module | Gesamtentwurf |
| 7 | Ausarbeiten der Ausführungs- und Nutzungsangaben | Festlegung der fertigungstechnischen Realisierung | Produktdokumentation |

PRODUKTENTWICKLUNG

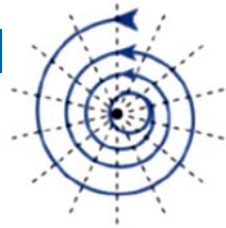
Methodisches Vorgehen in der Produktentwicklung

- **Produktentwicklung als iterativer Prozess** verfolgt eine sukzessive Annäherung an den Zielzustand. Dafür werden verschiedene Formen von Iterationen angewendet.



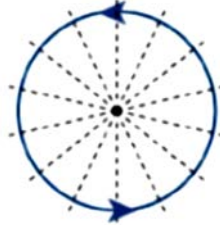
Exploration

- Erkunden der Problem- und Lösungsräume



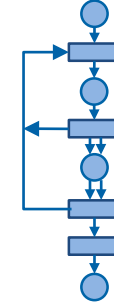
Konvergenz

- Annäherung an eine zufriedenstellende Lösung



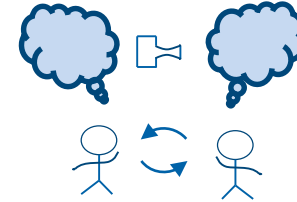
Verfeinerung

- Optimierung der Lösung unter Berücksichtigung der Anforderungen



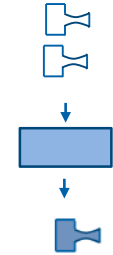
Nachbesserung

- Anpassung an geänderte Anforderungen



Verhandlung

- Beseitigung von Zielkonflikten



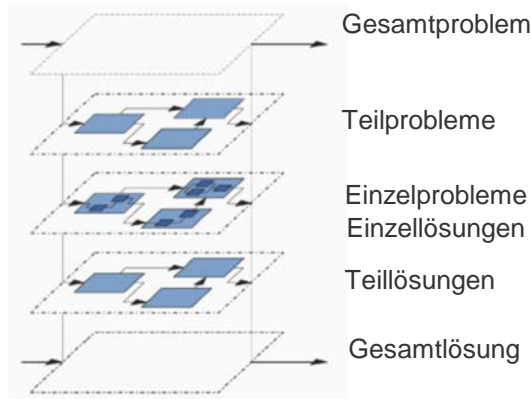
Wiederholung

- Ähnliches Vorgehen für andere Aufgaben

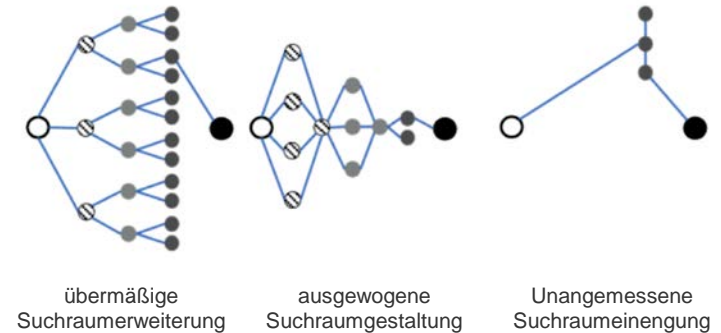
PRODUKTENTWICKLUNG

Methodisches Vorgehen in der Produktentwicklung

- **Strategische Produktentwicklung** stützt sich auf spezielle Vorgehensstrategien, wie Dekomposition komplexer Probleme, divergierende und konvergierende Suchraumgestaltung bei der Lösungsgenerierung und Abstraktionsschritte.



Dekomposition komplexer Probleme

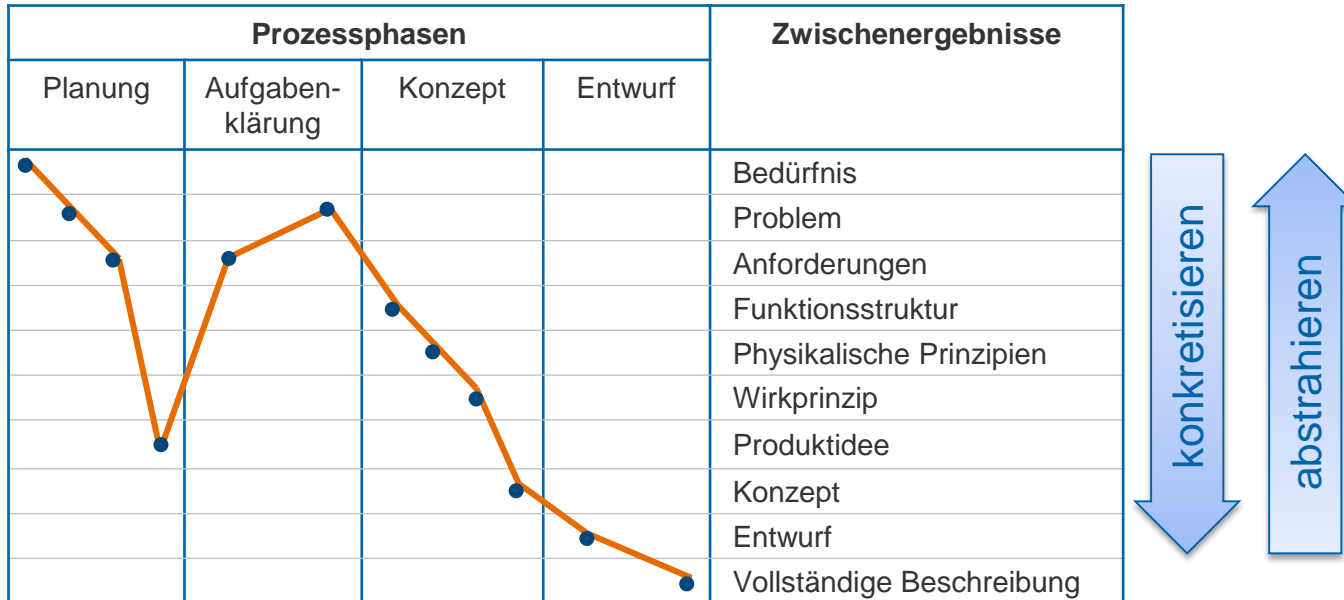


Varianten der Suchraumgestaltung

PRODUKTENTWICKLUNG

Methodisches Vorgehen in der Produktentwicklung

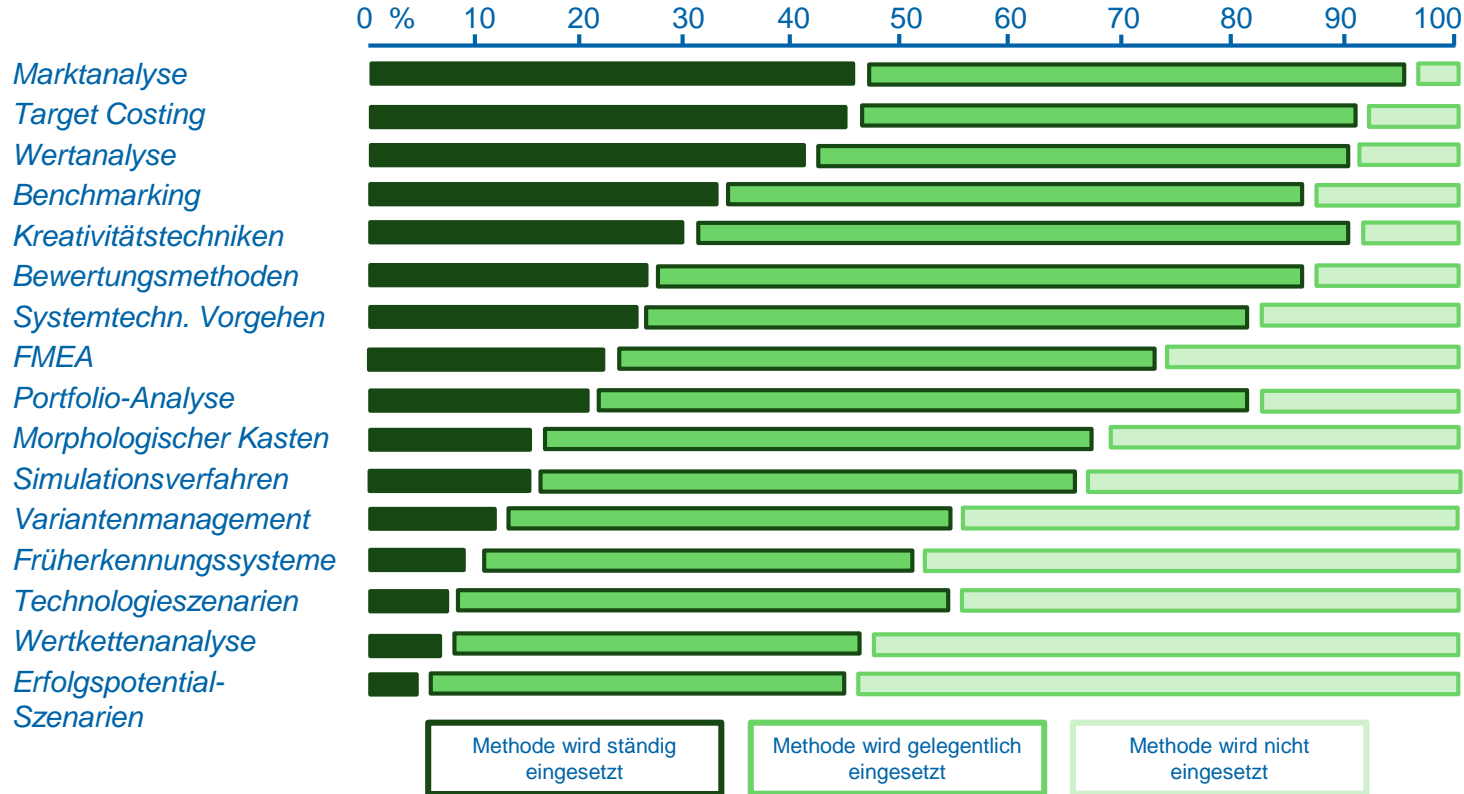
- **Strategische Produktentwicklung** : *Abstrahierende Vorgehensweise*



PRODUKTENTWICKLUNG

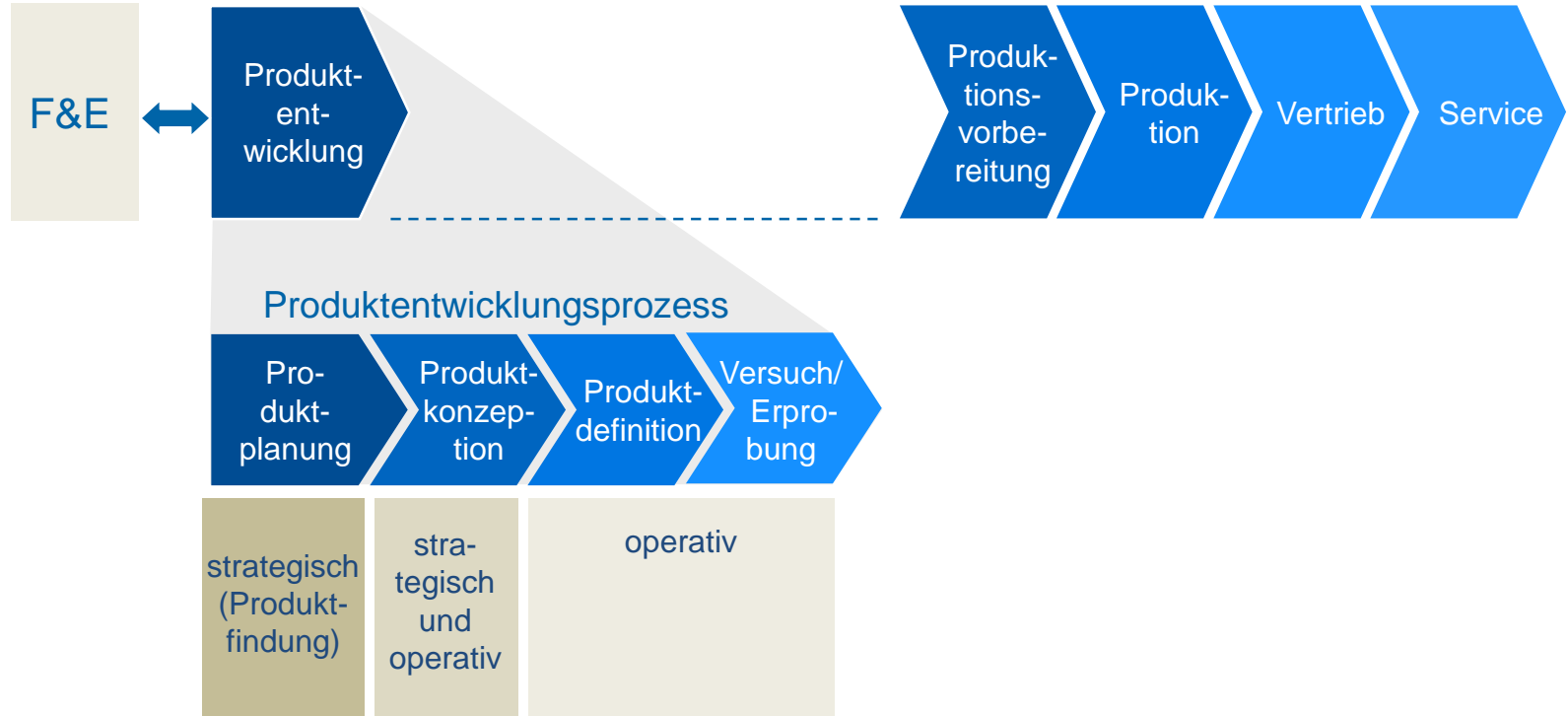
Methoden

Umfrage nach Häufigkeit des Einsatzes



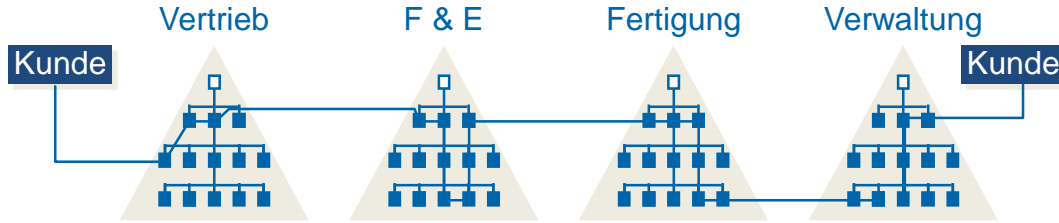
2 Produktentstehung

PRODUKTENTWICKLUNGSPROZESS ALS TEIL DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE



2 Produktentstehung

GRUNDSATZ: VON DER PYRAMIDE ZUR PIPELINE



Quelle: Krupp

Ist-Prozess:

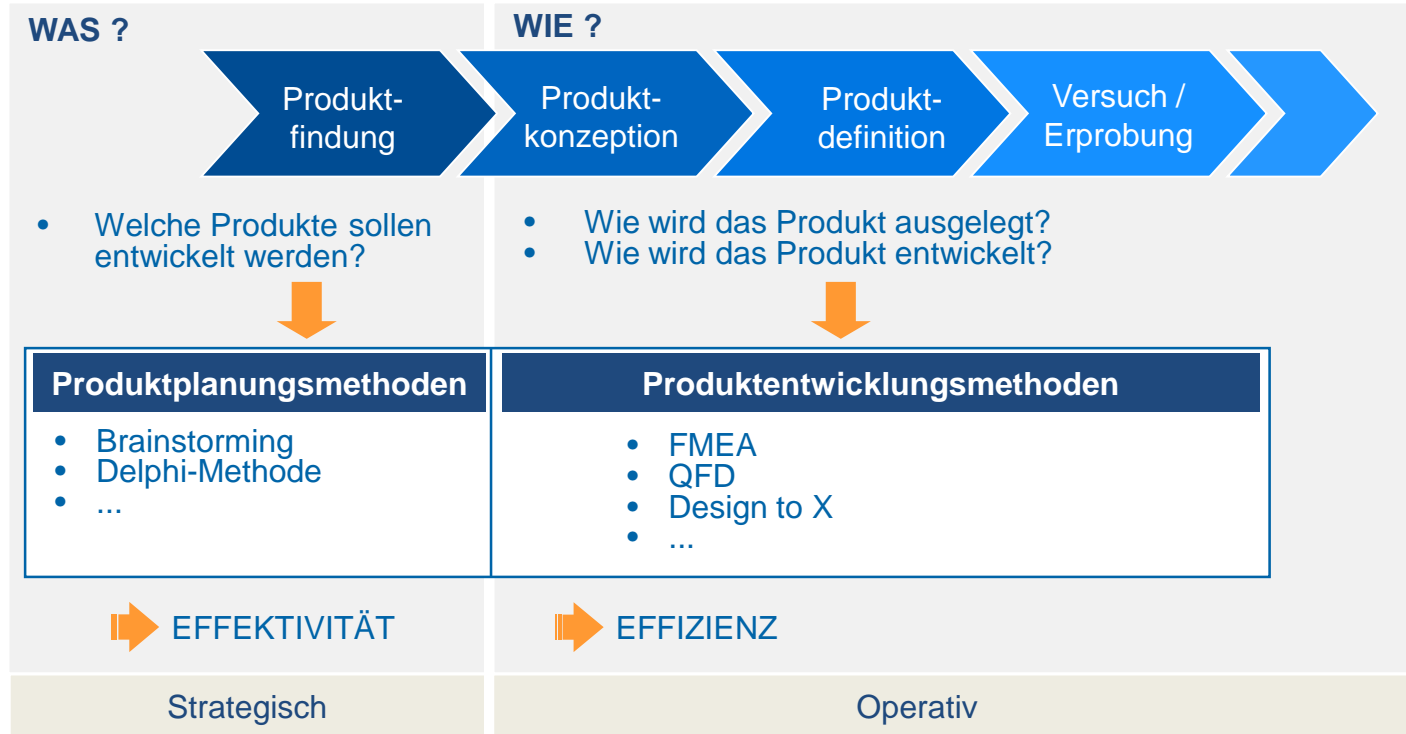
- Langwierige Entscheidungsprozesse
- Liege- und Wartezeiten
- Lange Durchlaufzeiten
- Komplexe Regeln
- Doppelbearbeitungen
- Schnittstellenaufwand

Soll-Prozess:

- Kurze Entscheidungsprozesse
- Kurze Durchlaufzeiten
- Notwendige Regeln mit geringer Komplexität
- Keine Doppelbearbeitung

➔ Schnellere Produktentwicklung ist nur möglich bei verbesserter Zusammenarbeit der Unternehmensfunktionen.

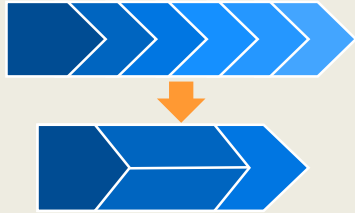
EFFEKTIVITÄT UND EFFIZIENZ



2 Produktentstehung

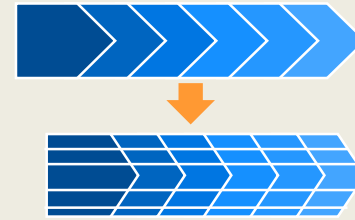
HERAUSFORDERUNGEN UND TRENDS IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

Zeit / Kosten



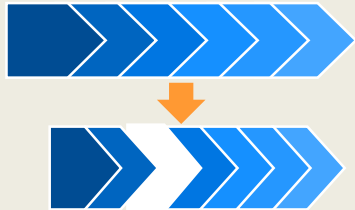
Prozesskettenverkürzung

Komplexität



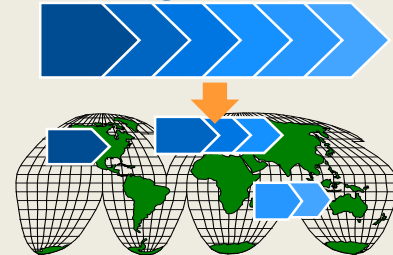
Multidisziplinarität

Wertschöpfungsketten



Outsourcing

Globalisierung

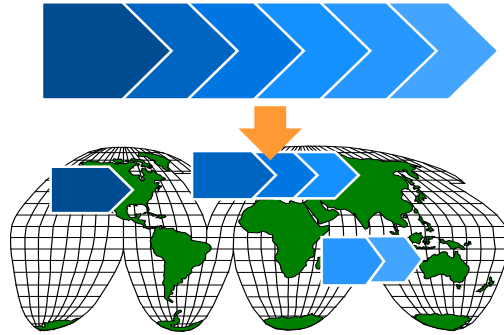


Globale Arbeitsteilung

2 Produktentstehung

HERAUSFORDERUNGEN UND TRENDS IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

Globalisierung



Globale Arbeitsteilung

- **Kostendruck**
- **Zeitdruck**
- Erhöhter Wettbewerb

Unternehmen in aller Welt beliefern Kunden in aller Welt



Entstehen eines weltweiten Marktes und eines weltweiten Angebotes



- Höherer Zeit- und Kostendruck
- Mehr Wettbewerber, die billiger anbieten

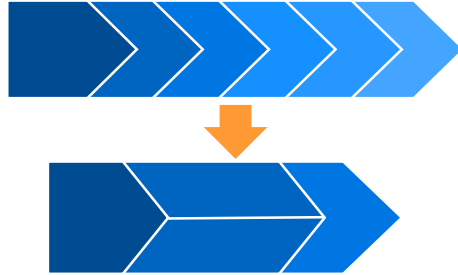


Zwang: Es müssen ständig neue Produkte in immer kürzeren Zeitabständen auf den Markt gebracht werden → **Kostendruck**

2 Produktentstehung

HERAUSFORDERUNGEN UND TRENDS IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

Zeit / Kosten

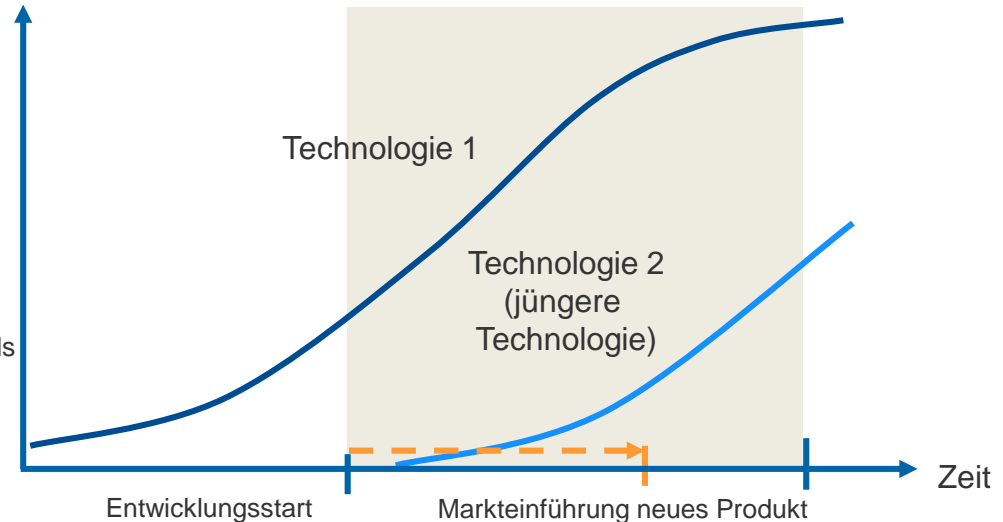


Prozesskettenverkürzung

Ausschöpfung des Differenzierungspotentials einer Technologie

Senkung der Zeit

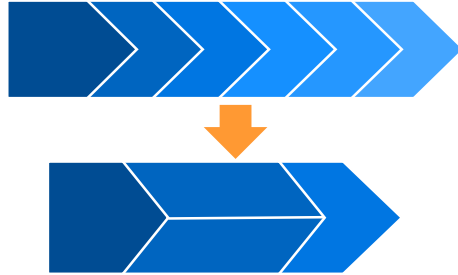
- Produkt schneller am Markt (time-to-market verkürzt)
- Einsatz aktuellerer Technologien im Produkt
- Größere Nähe zu den Wünschen des Kunden („am Puls der Zeit“)



2 Produktentstehung

HERAUSFORDERUNGEN UND TRENDS IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

Zeit / Kosten



Prozesskettenverkürzung

Kostensenkung kann

- am Produkt und / oder
- am Prozess

vorgenommen werden.

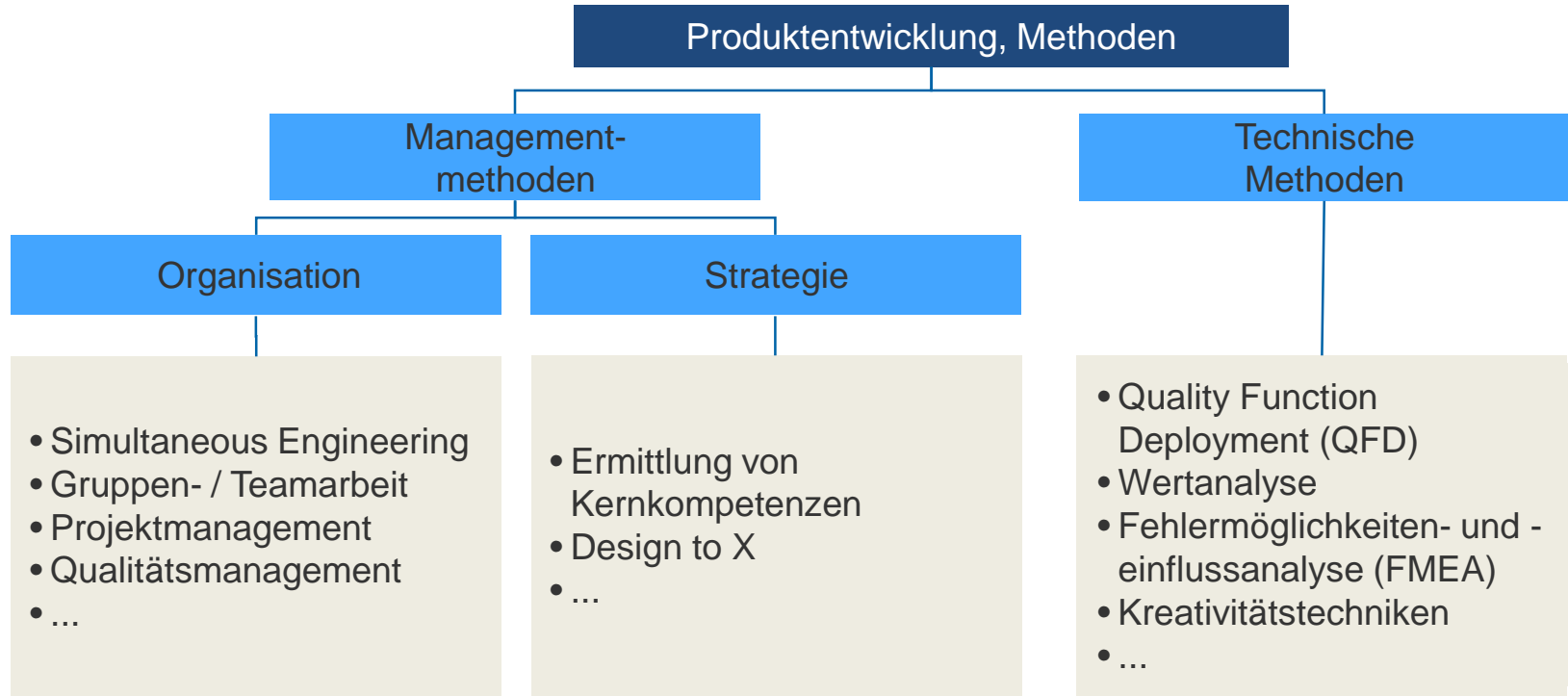
Senkung der Kosten z. B. durch:

- Verringerten Entwicklungsaufwand
- Verkürzung der Prozesskette, z. B. durch Weglassen von Prozessschritten (Zeitfaktor!)
- Einsatz von Managementwerkzeugen (z. B. Simultaneous Engineering)
- Verringerte Zahl von Versuchsträgern / Erprobungen
- Intensive Vorausentwicklung
- Weniger Iterationsschleifen bei verbesserter Zusammenarbeit der Unternehmensfunktionen
- Bessere und kürzere Informationswege
- Verbesserte Zusammenarbeit mit Kunden und Lieferanten

2 Produktentstehung

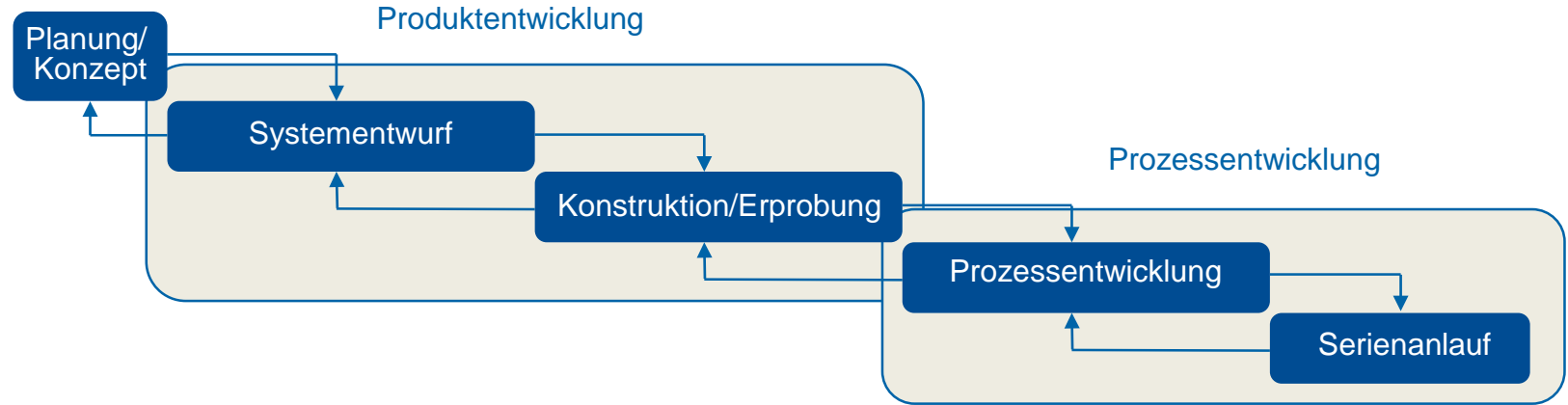
HERAUSFORDERUNGEN UND TRENDS IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

Stellhebel zur Optimierung und Verkürzung des Produktentwicklungsprozesses



2 Produktentstehung

PRODUKTENTSTEHUNGSPROZESS: SEQUENTIELLER ABLAUF (TRADITIONELL)



[nach: Seibert, Technisches Management, Lincke, Simultaneous Engineering]

Nachteile:

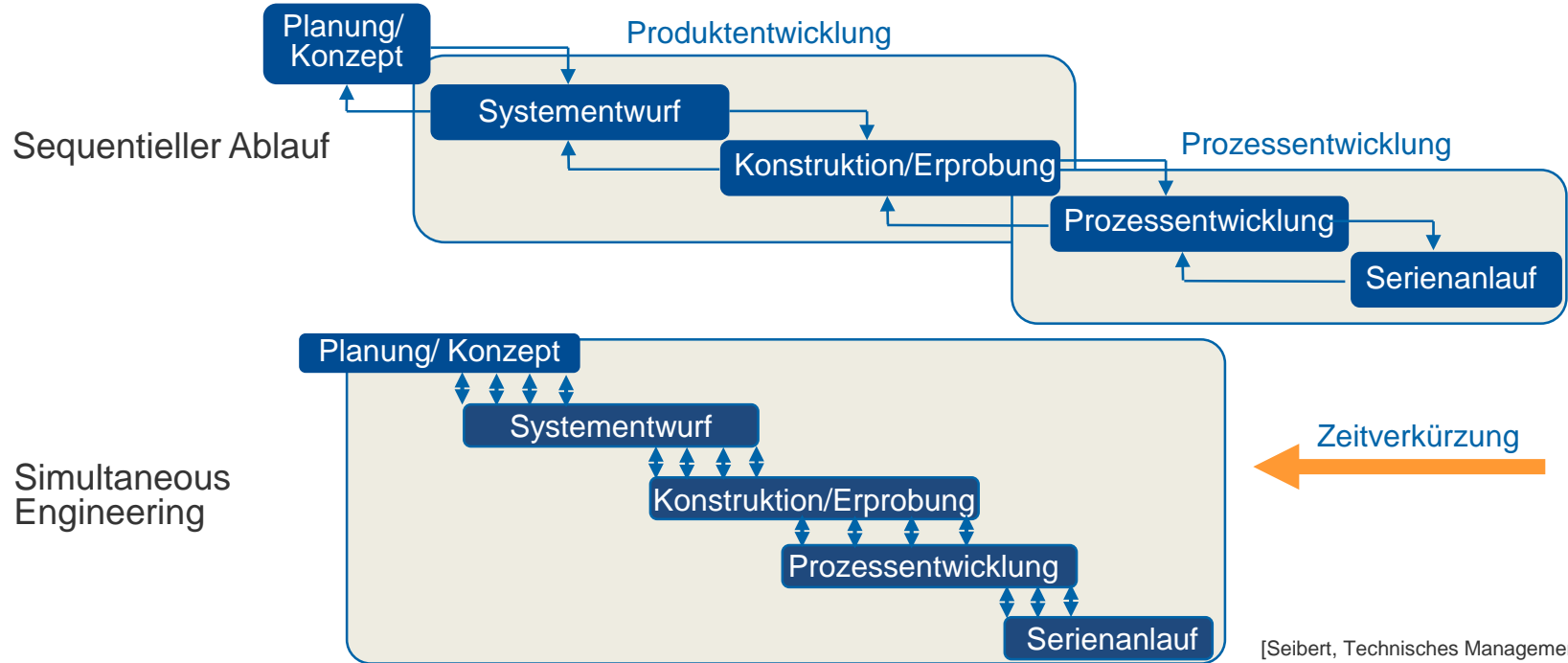
- ❌ Im Produktentstehungsprozess häufig lange Wartezeiten und lange Absicherungsperioden vor dem Folgeschritt
- ❌ Time-to-market vergleichsweise lang
- ❌ Nur geringes Innovationspotenzial in den Produkten zu verwirklichen
- ❌ Hohes Innovationspotential im Produkt nur bei unverhältnismäßig hohem Risiko

2 Produktentstehung

HERAUSFORDERUNGEN UND TRENDS IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

Produktentstehungsprozess: Simultaneous Engineering

Parallelisierung der Projektbearbeitung bei stark abhängigen Phasen in Entwicklungsprojekten



[Seibert, Technisches Management]

2 Produktentstehung

HERAUSFORDERUNGEN UND TRENDS IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

Definition: „Simultaneous Engineering“ („Concurrent Engineering“)

„Methode der Arbeitsorganisation, bei der von Beginn der Produktentstehung alle betroffenen Bereiche an parallel in sich überlappenden Tätigkeiten zusammenarbeiten und auf diese Weise rechtzeitig ihr spezifisches Wissen einbringen“.

Merkmale:

- Interdisziplinäre Teams unter Leitung von Projektmanagern
- Arbeiten in Projektorganisationen anstelle arbeitsteiliger Zergliederung der Aufgaben
- Frühe und vollständige Mitarbeit der wichtigen Zulieferer
- Z.T. Einbeziehung des Kunden oder eines ausgewählten repräsentativen Kundenstammes

2 Produktentstehung

HERAUSFORDERUNGEN UND TRENDS IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

Folgen des Simultaneous Engineering

- **Widerspruch:**
In frühen Projektphasen gute Änderungsmöglichkeiten, aber nur geringes Wissen über das Projekt / Produkt, in späten Projektphasen hingegen gutes Wissen über das Projekt / Produkt, aber Änderungen sind dann nur noch schwer oder unter hohem Kostenaufwand durchzuführen
- Geeignete Methoden und Werkzeuge notwendig, die es ermöglichen, in den Frühphasen der Prozesskette „Produktentwicklung“ Aussagen über Produkte und deren Eigenschaften zu treffen, bzw. notwendige Änderungen früh zu erkennen
- Frühe Rückkopplungsschleifen und ständiger Informationsaustausch



u. a. ist der Einsatz von Prototypen und Simulationen möglich

2 Produktentstehung

PRODUKTERPROBUNG

- Die entwickelten Produkte werden vor der seriellen Fertigung erprobt. Als abschließende Etappe soll die Produkterprobung geplant, durchgeführt und ausgewertet werden.
- Erprobungsversuchen werden an Funktionsmustern, Labormustern und Prototypen durchgeführt.
- Neben den Eigenschaften des Produktes sind die fertigungs- und montagegerechte Eignung des Produktes in der Prozesserprobung zu prüfen.
- ständiger Austausch und Rückführung von fertigungstechnologischen, werkstoff- und betriebsfestigkeitsspezifischen Erkenntnissen aus Simulationen, Experimenten und Versuchen mit Prototypen in die Produkt- und Prozessentwicklung trägt zur Optimierung bei.

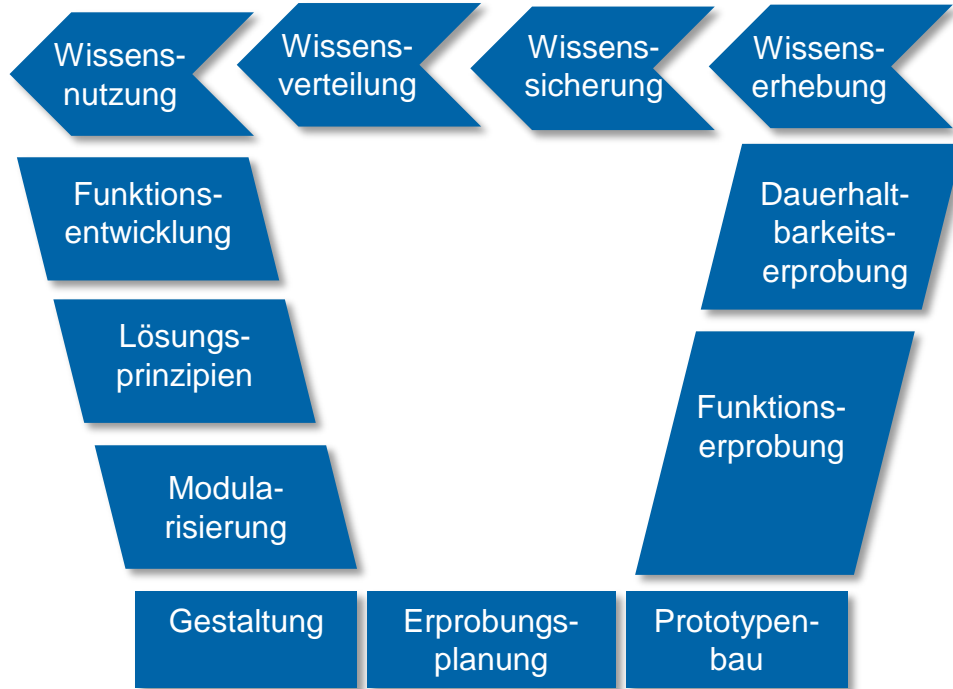


u. a. ist der Einsatz von additiv gefertigten Prototypen möglich

2 Produktentstehung

PRODUKTERPROBUNG

Rückführung von Erprobungswissen im V-Prozess



2 Produktentstehung

PRODUKTIONSSYSTEMENTWICKLUNG

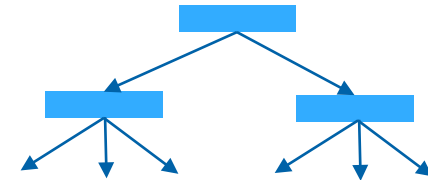
- Die Entwicklung von Produkt- und Produktionssystem erfolgt im Wechselspiel. Insbesondere bei komplexen Erzeugnissen wird das Produktkonzept durch die in Betracht gezogenen Fertigungstechnologien determiniert. Daher läuft Produktionssystementwicklung parallel zur Produktentwicklung ab.



- In dieser Etappe werden die vier Hauptaspekte des Produktionssystems: **Arbeitsablaufplanung**, **Arbeitsmittelplanung**, **Arbeitsstättenplanung**, und **Produktionslogistik** weiter konkretisiert.



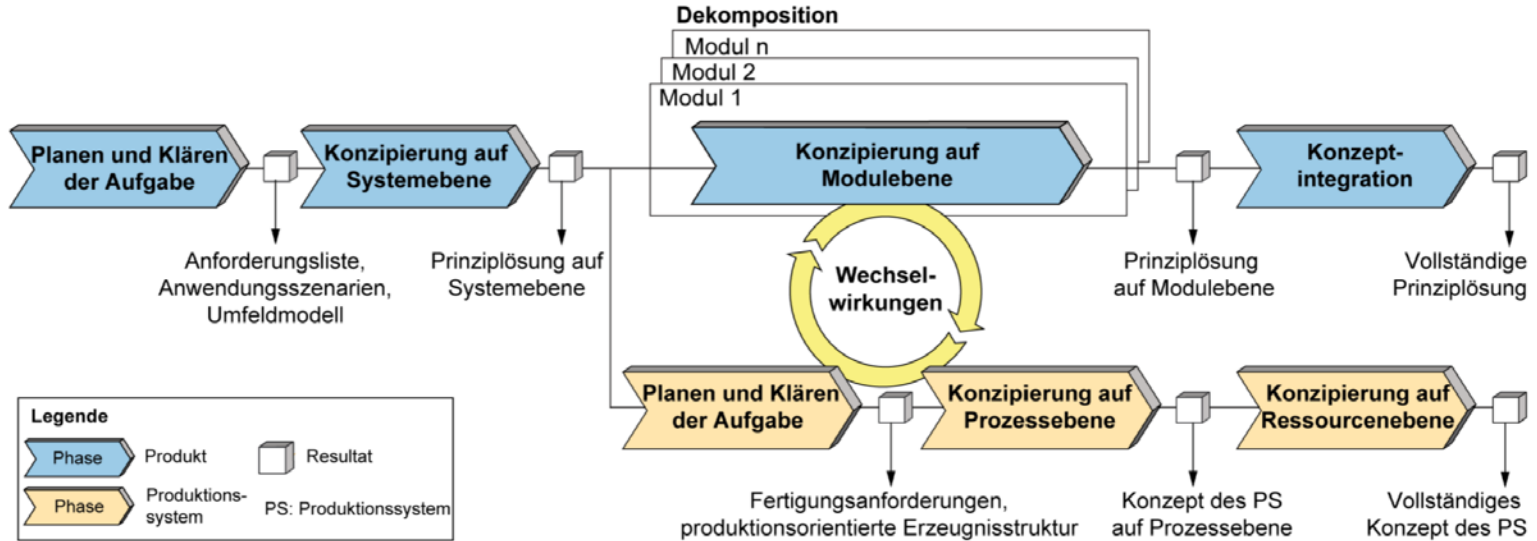
- Dem gesamten System der Produktentwicklung muss ein leistungsfähiges **Datenmanagement** unterlegt werden, das die Partialmodelle der Produkt- und Produktionssystementwicklung abbildet. Die Integration von Partialmodellen der Produktentwicklung mit der Produktionssystementwicklung ermöglicht eine enge Beziehung zwischen Produkt und Arbeitsablaufplanung.



2 Produktentstehung

PRODUKTIONSSYSTEMENTWICKLUNG

Integrative Konzipierung von Produkt und Produktionssystem



2 Produktentstehung

PROZESSKETTEN

In der Produktentstehung wird zwischen folgenden beiden Prozessketten unterschieden:

Steuerungs-Prozesskette

- Aufgaben der obersten Managementebenen
- Steuerungsfunktion
- Erweiterung durch projektorientierte Funktionseinheiten auf mittlerer und unterer Ebene



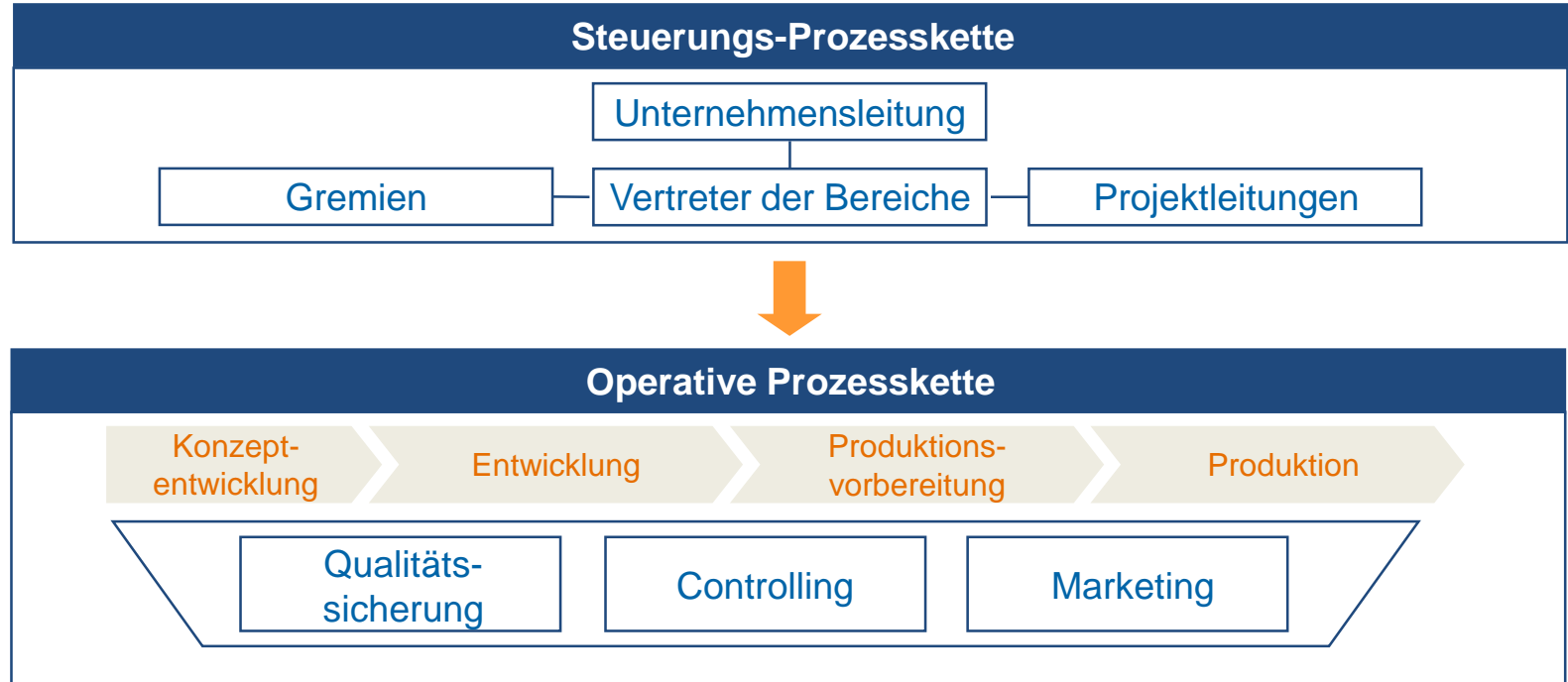
Koordination

Operative Prozesskette

- Fluss von Informationen und Material, welche das Fertigen, Kalkulieren, Prüfen und Verkaufen eines Produktes erst ermöglichen
- Organisatorischer Aufbau variiert je nach Unternehmen, Produkt etc.
- Beteiligte Funktionseinheiten sind z. B. Design, Fertigungsvorbereitung, Kundendienst, Entwicklung, Einkauf, Controlling, ...

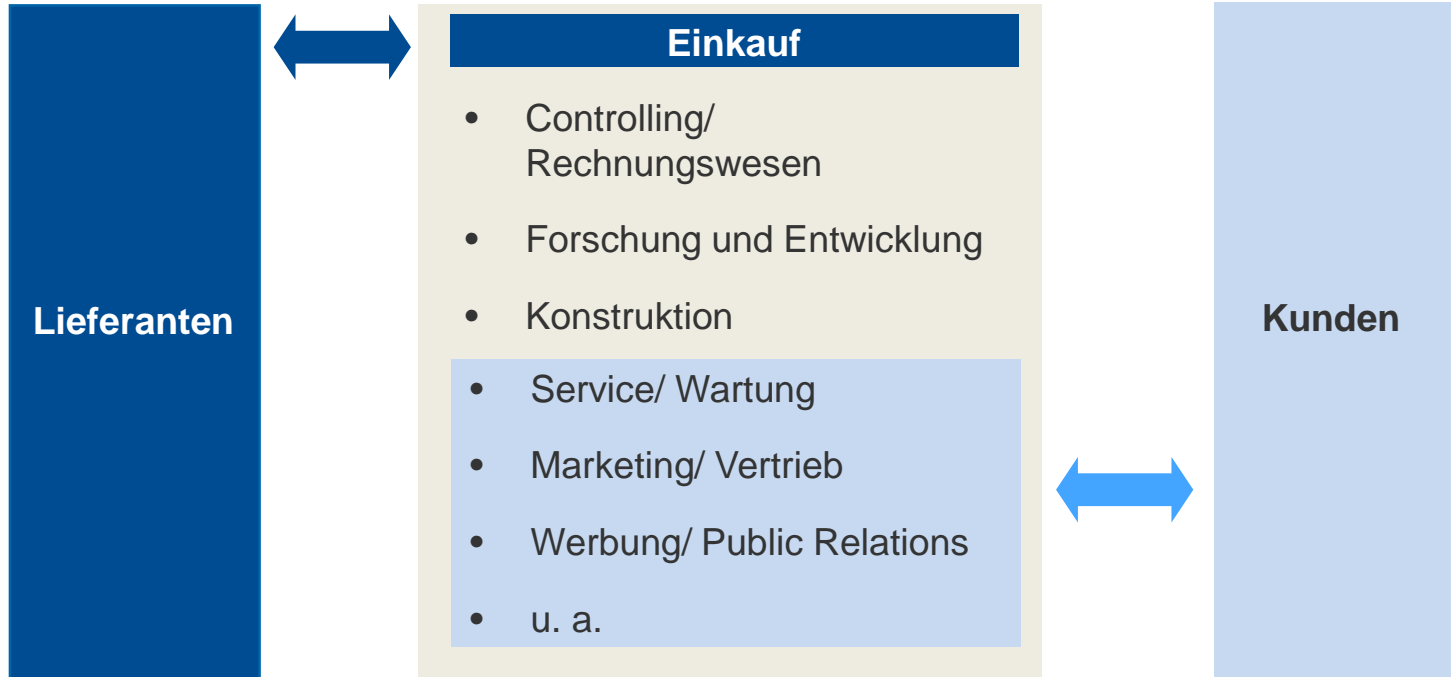
PROZESSKETTEN (BEISPIEL)

Beispiel für Prozessketten in der Produktentstehung



UNTERNEHMENSFUNKTIONEN

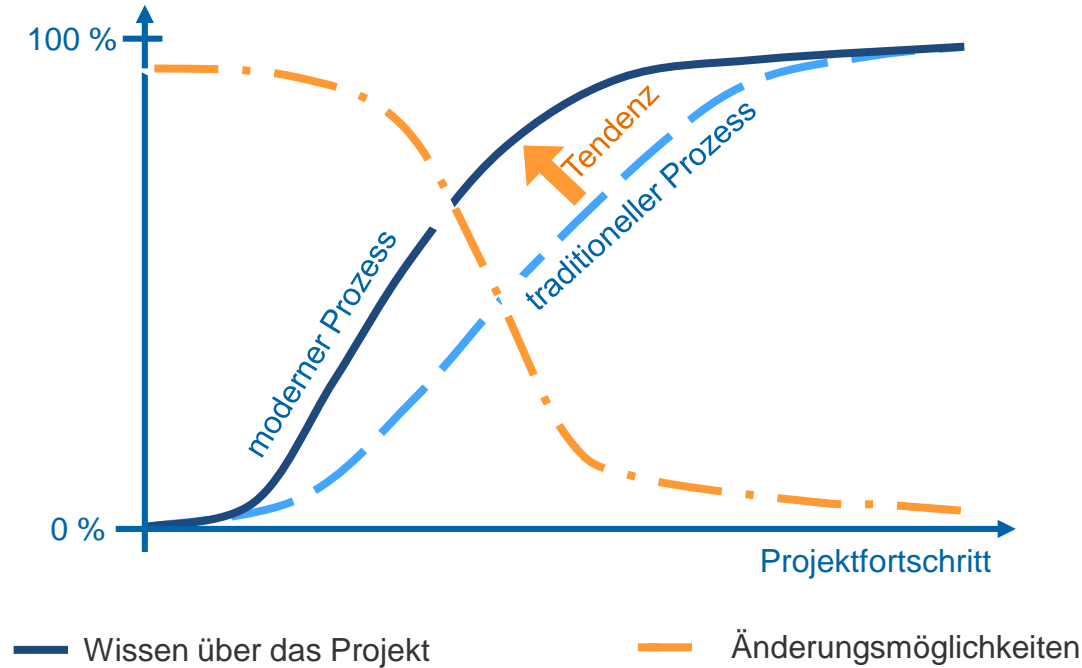
Unternehmen



3 Produktentstehung

HERAUSFORDERUNGEN UND TRENDS IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

Zusammenhang zwischen Projektfortschritt, Wissensstand und Änderungsmöglichkeiten



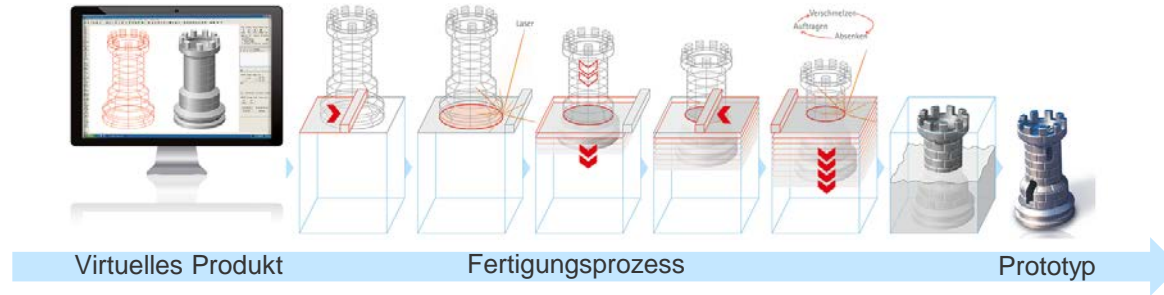
Quellen: Universität Duisburg / Essen

Nach Lincke, Simultaneous Engineering

2 Produktentstehung

ADDITIVE FERTIGUNG IM PRODUKTENTSTEHUNGSPROZESS

- In verschiedenen Phase des Produktentstehungsprozesses kommen additive Fertigungsverfahren zur Herstellung von Prototypen zum Einsatz.



- Je nach der Phase werden die Auswirkungen von unterschiedlichen Werkstoffen (z.B. Kunststoff, oder Metall) auf Produkteigenschaften erprobt.

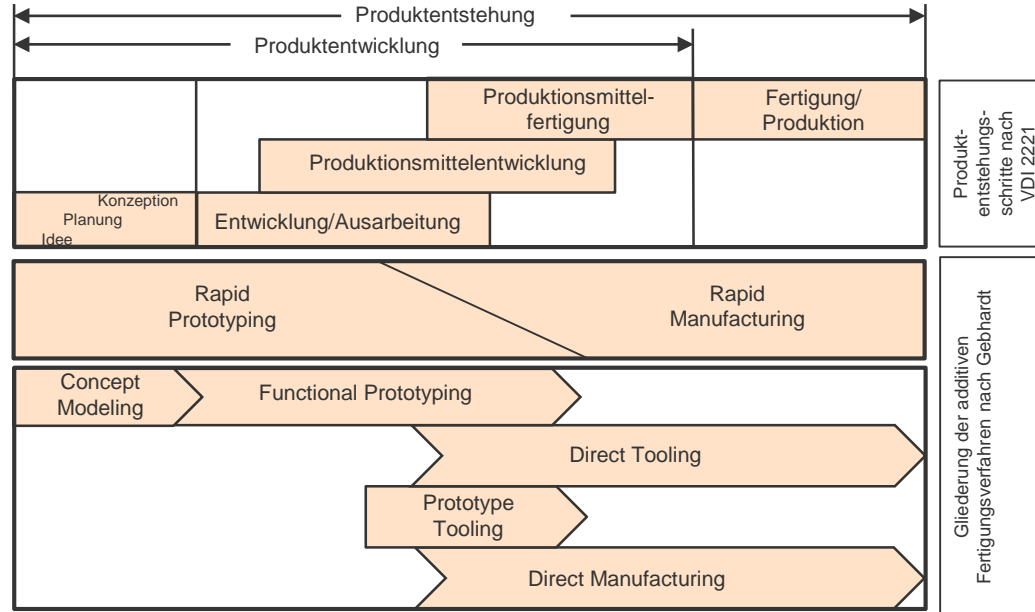


2 Produktentstehung

ADDITIVE FERTIGUNG IM PRODUKTENTSTEHUNGSPROZESS

Produktentwicklungsphasen nach VDI2221

- Für die Prototypenfertigung eingesetzte AM-Verfahren werden entsprechend Einsatzzweck in Kategorien „**Rapid Prototyping**“, und „**Rapid Manufacturing**“ unterteilt.





Fertigungsplanung in der Additiven Fertigung

Fertigungsplanung in der Additiven Fertigung 2020 - 04

Technische Universität Bergakademie Freiberg
IMKF - Additive Fertigung
Agricolastraße 1, 09599 Freiberg, Germany

Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler
Tel: +49 3731 39 30 66
henning.zeidler@imkf.tu-freiberg.de

