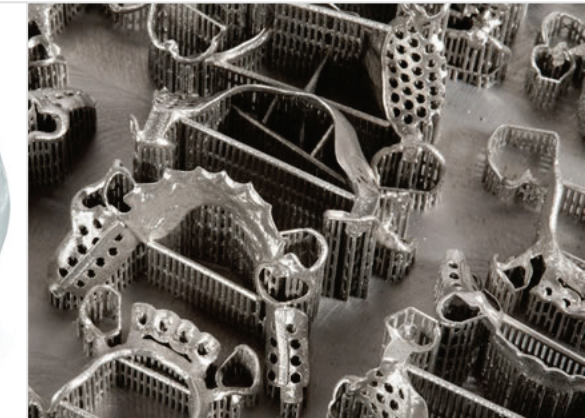
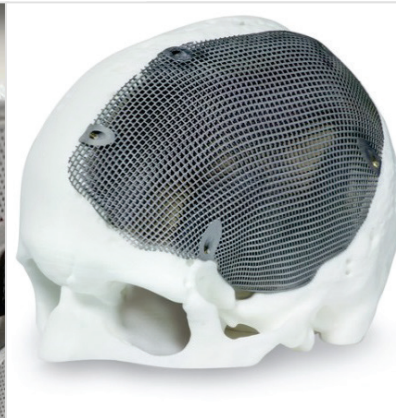
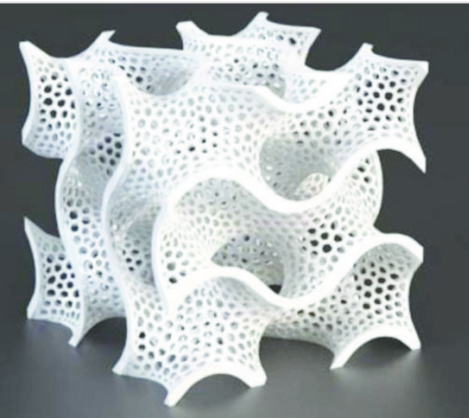


# FERTIGUNGSPLANUNG IN DER ADDITIVEN FERTIGUNG



Wintersemester 2021/22

### **GLIEDERUNG**

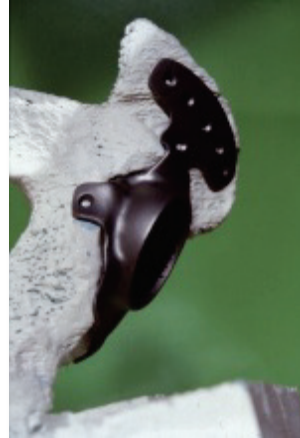
1. Einführung in das Thema Fertigungsplanung
2. Standardisierung in der AM
3. Prozesskette der Additiven Fertigung
4. Produktentstehungsprozess
5. **Modelle und Prototypen**
6. Rapid Manufacturing
7. Gestaltung der Additiven Fertigungsprozesse
  - 7.1. Additive Fertigungsverfahren
  - 7.2. Planung der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



5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# BEISPIEL: MODELLE IN DER MEDIZINTECHNIK

## Operationsplanung und Implantatdesign



Gefrästes Modell eines Beckenausschnitts zur Anpassung einer Endoprothese

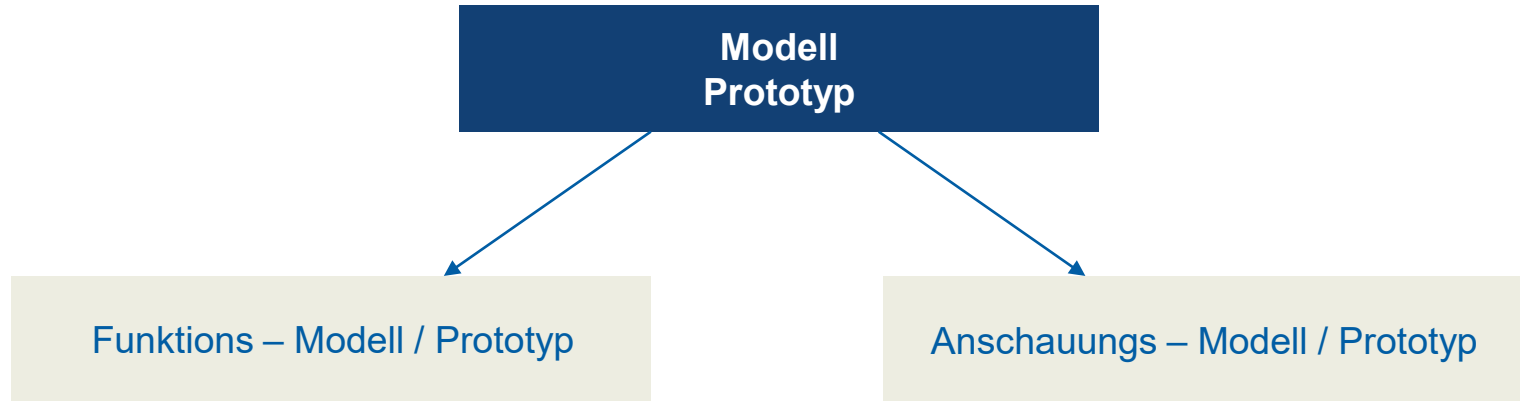
Modell mit angepasster Prothese

Prothese, intraoperativ

## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# MODELLE UND PROTOTYPEN - BEGRIFFE

Modelle und Prototypen lassen sich grundsätzlich nach ihrer Aufgabe wie folgt einteilen:



Bislang existiert in der Literatur keine einheitliche Sprachregelung zur weiter detaillierten Unterscheidung der verschiedenen Arten von Modellen und Prototypen.

## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# EINSATZZWECK VON MODELLEN

Demonstration /  
Anschauung /  
Kommunikation

### Anschauungsmodelle

- Überprüfung der Proportionen
- Überprüfung des Designs
- Validierung des CAD-Modells

### Kommunikationsmodelle

- Interne Kommunikation
- Kundenpräsentationen
- Dokumentation
- Marktstudien

Modelle  
in der  
Produkt-  
entwicklung

Test von Funktion  
und  
Eigenschaften

### Funktionsmodelle

- Ergonomie
- Festigkeitsprüfung
- Verifikation des Wirkprinzips

### Prozessmodelle

- Montageuntersuchungen
- Betriebsmittelvorbereitung
- Urmodell für Abformtechniken

## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# MODELLE UND PROTOTYPEN - UNTERSCHIEDUNG

### Modell

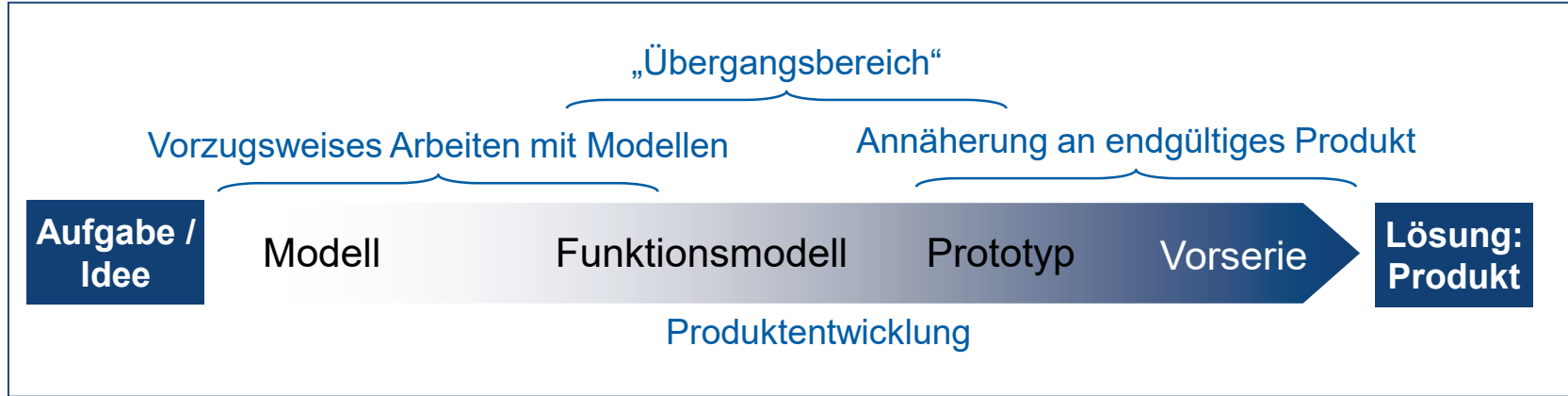
- Abbildung eines Produkts / Systems oder eines Teils daraus, Nachbildung (Modellierung) der Realität
- Unterschiedlich hohe Detaillierungsstufen; Wahl der Detaillierung und/oder des betrachteten Bereichs ist häufig zweckgebunden (Betrachtung dessen, was für eine bestimmte Aufgabe erforderlich ist)
- Detailtreue häufig stark eingeschränkt bzw. funktionsgebunden

### Prototyp

- Weitgehende Übereinstimmung mit dem endgültigen Produkt oder Teilprodukt / System, starke Annäherung an die Realität
- Hohe Detailgenauigkeit

5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# MODELLE UND PROTOTYPEN - UNTERSCHIEDUNG

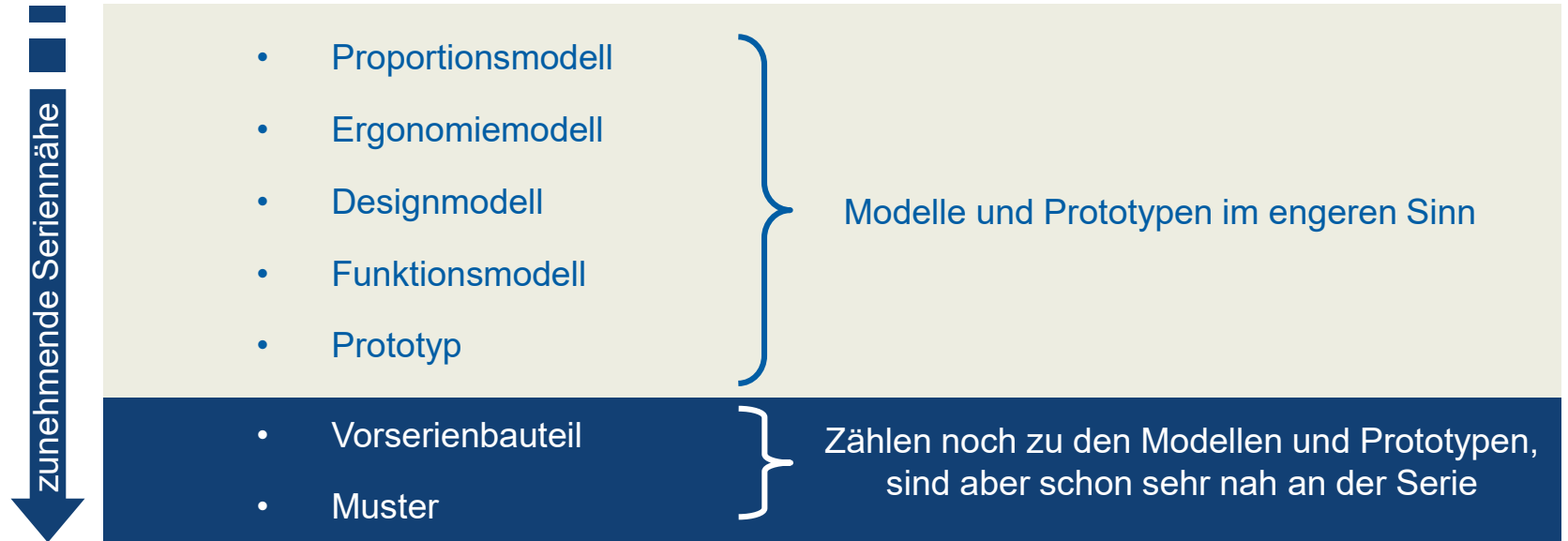


## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# GRUNDLAGEN UND BEGRIFFE

### Modelldefinitionen

Eine weitere (detailliertere) Unterteilung der Modelltypen lässt sich wie folgt vornehmen:



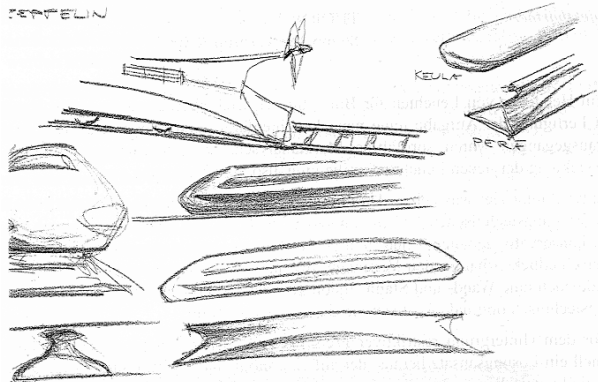
[nach: Gebhardt, Rapid Prototyping; Eversheim, Organisation in der Produktionstechnik]

5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

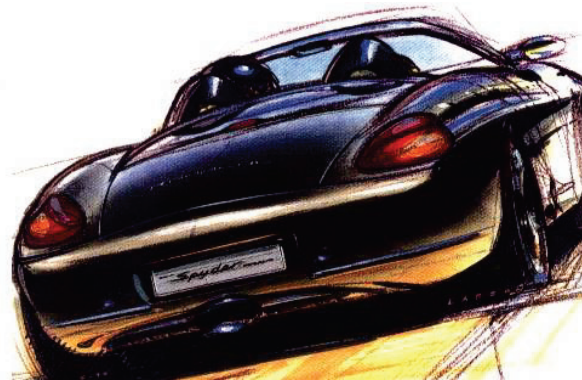
# GRUNDLAGEN UND BEGRIFFE - PROPORTIONSMODELL

Darstellung der äußeren Form und der wichtigsten Proportionen

- Dient der Kommunikation über geplante Produkteigenschaften
- Anforderungen: Schnelle, einfache und preiswerte Herstellung
- Niedriger Detaillierungsgrad
- Modellbauwerkstoff (z. B. Holz, Ton, Kunststoff), Stückzahl: 1



[Skizze: TRENO]



[Meisterschule für Handwerk, Kaiserslautern]

5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

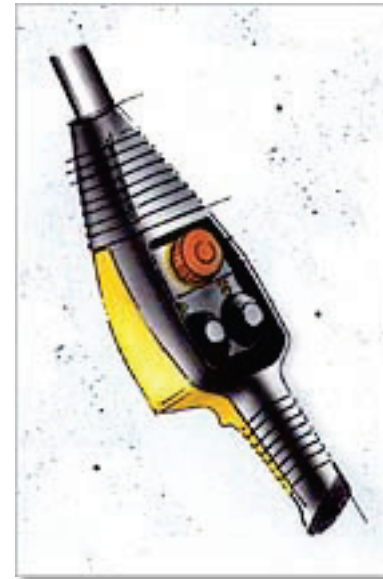
# GRUNDLAGEN UND BEGRIFFE - ERGONOMIEMODELL

Darstellung wichtiger Details hinsichtlich der Bedien- und Benutzbarkeit des Produkts (eventuell auch Darstellung wichtiger Teilfunktionen)

- Beurteilungshilfe für die Durchführbarkeit
- Mittlerer Detaillierungsgrad
- Modellbauwerkstoff; Stückzahl: 1

**Beispiel:**

Handscharter einer Flursteuerung von Hebezeugen



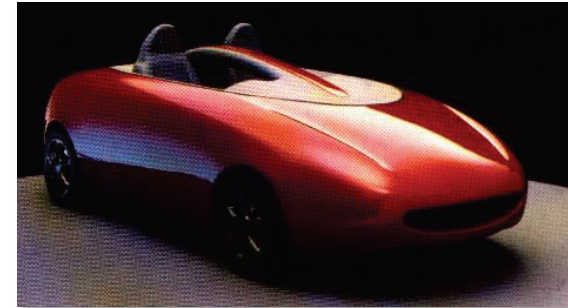
[Mannesmann Dematic]

## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# GRUNDLAGEN UND BEGRIFFE - DESIGNMODELL

Möglichst getreue Darstellung des äußeren Erscheinungsbildes des Endproduktes

- Beurteilungs- und Entscheidungshilfe für Konstruktions- und Fertigungsmethoden
- Modell zur Einbeziehung Dritter in den Produktentwicklungsprozess (Kunden, Marketing, Presse, Lieferanten) oder für Öffentlichkeitsarbeit (Anlagenbau, Architektur)
- Anforderungen: Oberflächen in „Showroom“ - Qualität
- Hoher Detaillierungsgrad
- Modellbauwerkstoff; Stückzahl: 1



[Meisterschule für Handwerk, Kaiserslautern]

## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

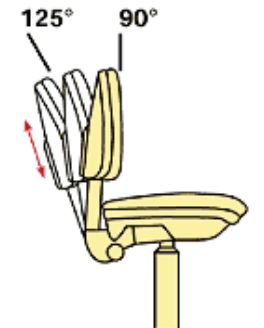
# GRUNDLAGEN UND BEGRIFFE - FUNKTIONSMODELL

### Darstellung ausgewählter bis aller wesentlichen Funktionen

- Mögliche Grundlage für
  - Absichern der Annahmen der numerischen Simulation
  - Feststellen der Randbedingungen des Werkzeug- und Formenbaus
  - Konstruktion
  - Erstellung der Produktionsmittel
- Ausgangsbasis für Anfragen bei Kunden- und Lieferanten
- Wesentliche Funktionen: z. B. Kinematik, Montagegerechtheit, ...
- Darstellung: Häufig Verzicht auf exakte Wiedergabe der äußeren Form; anstelle dessen Beschränkung auf wesentliche Funktionen
- Hoher Detaillierungsgrad im Bereich der zu prüfenden Funktion(en)
- Seriennaher Werkstoff; Stückzahl: ca. 2...5, Varianten möglich



[rapidprototyping-ooe.at]



[Dauphin]

## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# GRUNDLAGEN UND BEGRIFFE - PROTOTYP

### Weitgehende Übereinstimmung mit dem Endprodukt

- Frühzeitige Überprüfung von Produkteigenschaften
- Mögliche Grundlage für die Herstellung von Werkzeugen (Rapid Tooling)
- Vorbereitung der Markteinführung (Presse, Ausstellungen, Tests, ...)
  
- Erstellung nach Fertigungsunterlagen
- Unterschied zum Serienprodukt nur noch über Produktionsverfahren
  
- Detaillierungsgrad entspricht Endprodukt (Serien-)
- Seriennaher Werkstoff; geringe bis mittlere Stückzahlen

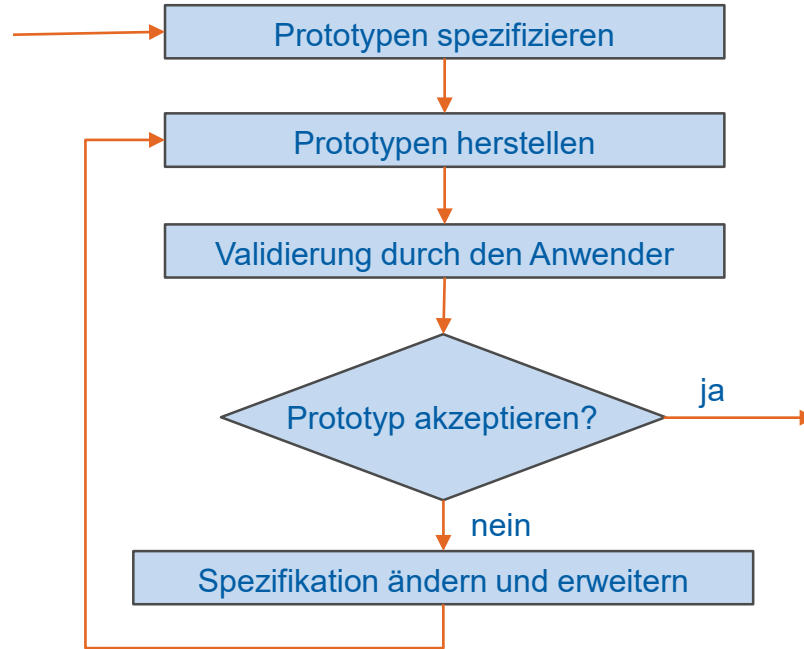


[www.autobild.de](http://www.autobild.de)

## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# GRUNDLAGEN UND BEGRIFFE - PROTOTYP

### Aktivitäten des evolutionären Prototyping

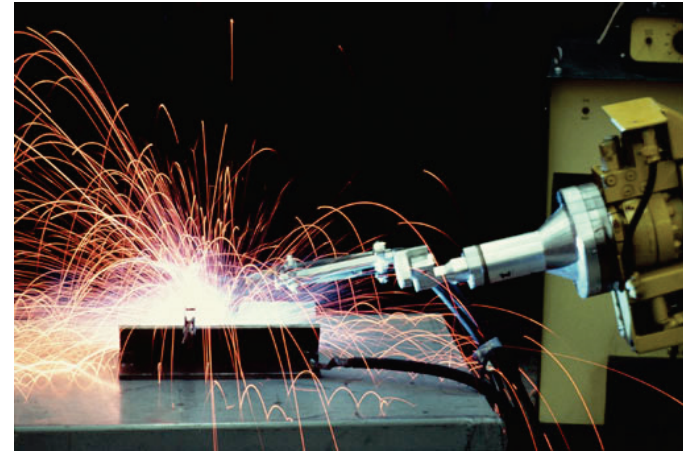


## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# GRUNDLAGEN UND BEGRIFFE - VORSERIENBAUTEIL

Weitestgehende bis vollständige Übereinstimmung mit dem Endprodukt

- Markttests, Markteinführung
- Optimierung der Fertigung
  
- Serienfertigungsverfahren und -werkzeuge
- Serienwerkstoff; mittlere Stückzahlen ( $\leq 500$ )



## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

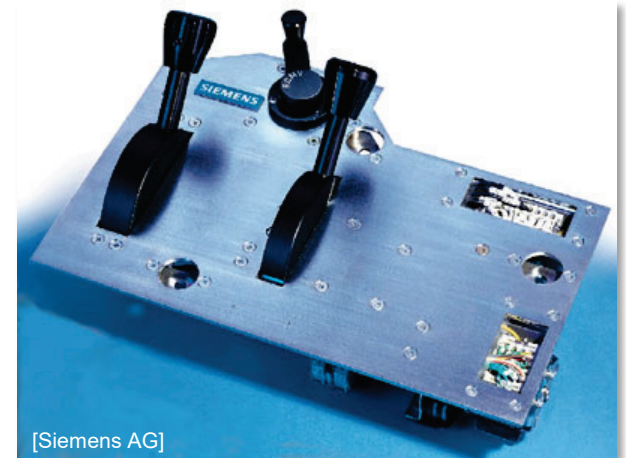
# GRUNDLAGEN UND BEGRIFFE - MUSTER (ENDPRODUKT)

Test sämtlicher Produkteigenschaften an einem aus der Serie entnommenen Endprodukt

- Vollständiger Test der Produkteigenschaften am Endprodukt
- Ausbildung von Service- und Fertigungspersonal sowie Anwendern
- Unterstützung des Serienanlaufs, Optimierung des Fertigungs- und Montageablaufes sowie der Kunden- und Lieferantenbeziehung
- Laufende Qualitätsüberwachung

### Beispiel

Fahrschalter für Züge



[Siemens AG]

## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

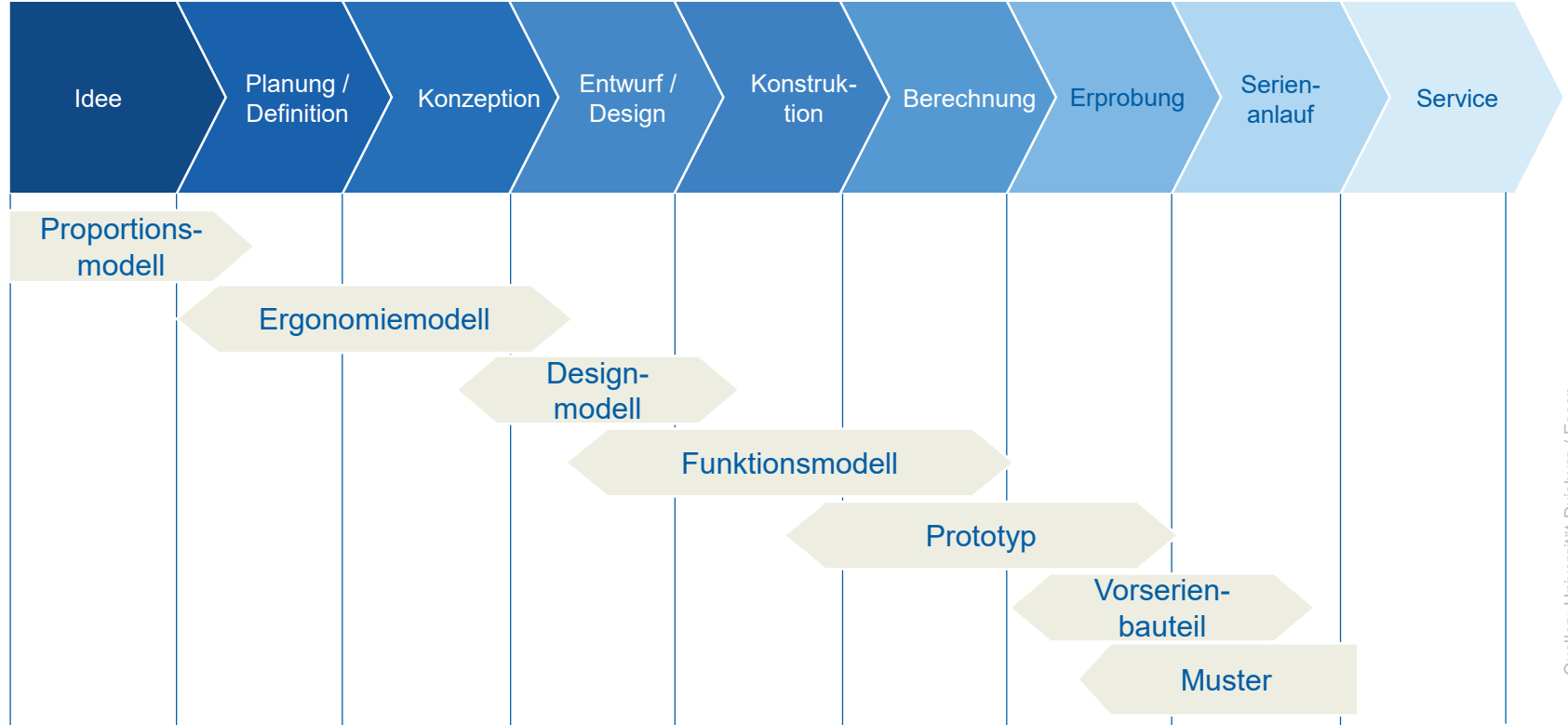
### GRUNDLAGEN UND BEGRIFFE: ZUSAMMENFASSUNG DER MODELLDEFINITIONEN

Modelltyp	Erklärung	Zweck	Nähe zum Endprodukt	Detaillierungsgrad
Proportionsmodell	Äußere Form und wichtigste Proportionen	Schneller Austausch über Produkteigenschaften	Nur Produktidee	Niedrig
Ergonomiemodell	Wichtige Details zu Bedien-/Benutzbarkeit; Teilfunktionen	Unterstützt Entscheidung über Durchführbarkeit	Wichtige Teilfunktionen dargestellt	Mittel
Designmodell	Äußere Form entspricht Endprodukt	Entscheidung über Konstruktions-/Fertigungsmethoden; Vertrieb / Werbung	„Showroom“ -Qualität	Hoch
Funktionsmodell	Wiedergabe wesentlicher Funktionen	Absichern der Annahmen für numerische Simulation	Wichtigste Funktionen	Hoch
Prototyp	Weitgehende Übereinstimmung mit Endprodukt	Überprüfung von Produkteigenschaften	Sehr nah	Fast wie Serienprodukt
Vorserienbauteil	Weitestgehende Übereinstimmung mit Endprodukt	Markttests, Optimierung der Fertigung	Serienfertigungsverfahren und -werkstoffe	Wie Serienprodukt
Muster	Endprodukt als „Testversion“	Vollständiger Test der Produkteigenschaften	Stammt aus der Serie	Entspricht Serienprodukt

Quellen: Universität Duisburg / Essen

## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

### ZUORDNUNG DER MODELLE ZUM PRODUKTENTWICKLUNGSPROZESS



## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# WARUM MODELLE? - VOR- UND NACHTEILE

Mögliche Vorteile durch die Verwendung von Modellen:

- + Verringerung der Komplexität ➔ Gezielte Untersuchung und Isolierung einzelner Parameter
- + Leichtes „Durchspielen“ von Alternativen möglich ➔ Höhere Anzahl der betrachteten und gegeneinander getesteten Alternativen möglich
- + Frühzeitige Kommunikation möglich ➔ Schnellere Umsetzung von Ideen, erleichterte Kommunikation
- + Unterstützung des Simultaneous Engineering ➔ Nutzung der Modelle, um früh Ansatzpunkte für Änderungen / Verbesserungen auszumachen (zu diesem Zeitpunkt sind Änderungen leichter und kostengünstiger durchzuführen)
- + Verringerung der Anzahl benötigter physikalischer Prototypen ➔ Zeit- und Kostenersparnis; verbesserte Kommunikation

## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# WARUM MODELLE? - VOR- UND NACHTEILE

Mögliche Nachteile durch die Verwendung von Modellen:

- ➖ Häufig ist nur die Betrachtung des statischen Falles möglich
- ➖ Gegenseitige Beeinflussung verschiedener Parameter ist häufig unbekannt
- ➖ Genaue Kenntnis der Randbedingungen erforderlich



## 5. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung

# Fertigungsplanung in der Additiven Fertigung 2021 - 05

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

