

1 Virtuelle Produktentwicklung

1.1 CAx - Methoden

1. Semi empirisch-/physikalische Modelle/Simulation

P.1 F.69

- empirisch: keine mathematische Beschreibung, Annäherungen durch Messung
- physikalisch: physikalische Regeln und Axiome, mathematische Beschreibung eines Prozesses, numerische Lösung, Vorteil: physikalische Bedeutung
- semi-empirisch: empirisch+physikalisches Modell zusammen

2. Kirchhoff'sche Einteilung der Modellierung

P.1 F.71

System	vernachlässigte Kräfte	angewandte Kräfte
unbewegt	Geometrie CAD	(Elasto-)Statik FEM, BEM
bewegt	Kinematik CAD, MBS	Dynamik MBS, FEM

3. Welche Arten von Diskretisierung?

P.1 F.72

- Diskretisierung von Dichte, Steifheit, Viskosität
- Dimensionen: unendlich → endlich

4. Welche Unterschiede zwischen den Typen

1.2 Cax - Workflows

5. Workflows beschreiben, Wie/Was läuft ab. P.1 F.88

- DMU (Digital Mock Up)
 - digitale Dummies die eine vereinfachte Darstellung des Produktes beinhalten
 - inkludierte Information
 - * Produkt Geometrie (Volumen und/oder Oberflächen)
 - * Produktstruktur
 - dienen Kollisionsüberprüfung, Simulation von Zusammenbau und Montage, ...
 - Als Grundlage für DMUs dienen vereinfachte 3D-CAD Daten des virtuellen Produkt Modells.
 - Durch die Vereinfachung ist die Genauigkeit des Modells reduziert.
 - Im DMU Prozess ist eine direkte Änderung der Geometrie nicht möglich.
- FEM (Finite Elemente Methode)
 - Genutzt für Belastungs-, Deformations-, Schwiungs-, Themodynamikberechnungen
 - FEM Berechnungen basieren auf einer angenäherten Geometrie, abgeleitet von einem 3D-CAD Modell. Abhängig vom Ziel der Simulation werden verschiedene Annäherungen vorgenommen.
 - Der Datentransfer vom 3D-CAD Modell ins FE-Programm erfolgt mit einem Diskretisierungsprozess
 - Randbedingungen der Lasten (Kräfte, Momente, ...), Einschränkungen (fixe Komponenten, Lager, ...), Materialeigenschaften, Temperatur, etc. werden im FEM-Programm definiert.
 - Nach der Simulation wird das Resultat ausgewertet. Änderungen werden an der master-Geometrie im 3D-CAD Programm und nicht in der FEM-Software vorgenommen.
- CFD (Computational Fluid Dynamics)
 - CFD-Simulationen ermöglichen die Berechnung und Optimierung von Gas- und Flüssigkeitsströmungen.
 - Ähnlichen den FEM-Berechnungen wird die Geometrie mit einem mesh angenähert.
 - Datentransfer von 3D-CAD Modell zu CFD-Programm wird mit neutralen, standardisierten Datenformaten (STEP, IGES, ...) vorgenommen

- Randbedingungen werden direkt im CFD-Programm festgelegt.
- Nach der Simulation wird das Resultat ausgewertet. Änderungen werden an der „Master-“ Geometrie im 3D-CAD Programm und nicht in der CFD-Software vorgenommen.
- MBS (Mehrkörpersimulation)
 - Genutzt für kinematische Berechnungen und Optimierung des zusammengebauten und beweglichen Produkts.
 - Das MBS-Modell basiert auf der CAD-Produkt-Struktur, wobei Körper, Verbindungen und Gelenke als Starrkörper angesehen werden.
 - Randbedingungen (Kräfte, Momente, Massen, Freiheitsgrade der Bewegung) werden im MBS-Programm definiert.
 - MBS Modelle setzen sich aus vereinfachten geometrischen Elementen zusammen welche die relevanten Daten für die kinematische Berechnung beinhalten.
 - Nach der Simulation wird das Resultat ausgewertet. Änderungen werden an der „Master-“ Geometrie im 3D-CAD Programm und nicht in der MBS-Software vorgenommen.

6. Prozessworkflow CAD-VR P.1 F.101

- Virtual Reality beschreibt eine computergenerierte Umgebung welche als Benutzerinterface fungiert.
- VR basierte Studien inkludieren den Nutzer in die virtuelle Umgebung
- Echtzeit Interaktionen der Geometrie / Funktionalität unterstützen eine Beurteilung des Modells
- Die Vorstellung des der Manipulierbarkeit ermöglicht eine lebensnahe Erfahrung des virtuellen Produkts.
- Das VRML-Datenformat (Virtual REality Modeling Language, 1994) wurde entwickelt um 3D-Modelle darzustellen und Nutzerbasierte Interaktionen zu integrieren.
- VRML-Daten, welche vom 3D-CAD master-Modell abgeleitet werden inkludieren vereinfachte Geometrien ausschließlich in aktueller Ausführung, ohne Verlaufsdaten.

1.3 Product Data Management

7. Was ist PDM?

P.1 F.112 PDM (Product Data Management) beinhaltet alle Aufgaben einer Organisationseinheit für die Identifizierung, Bereitstellung, Archivierung von produktrelevanten Daten während der Produktentwicklung.

8. Warum PDM?

P.1 F.113-115

- Hilft Organisationen den Daten- und Informationsfluss während des Entwicklungsprozesses zu organisieren.
- Die Verwaltung des Daten-, Prozess-, und Dokumentenstroms über den gesamten Lebenszyklus bilden die Grundlage für die virtuelle Produktentwicklung.
- Komplexe Produktstrukturen oder Variationen erzeugen zahlreiche Parameter und Informationen. Ein leistungsstarkes PDM System unterstützt den Datenaustausch zwischen den verschiedenen Phasen der Entwicklung.

9. Concepts of the virtual product development

P.1 F.116

10. Nennen Sie Daten die in einem PDM System verwaltet werden können

- Geometriedaten
- 2D-Zeichnungen
- Produktstruktur
- Ergebnisse von Analysen
- Dokumente

11. Hauptfunktionen PDM

P.1 F.119

- Produktstruktur-management
- Workflow-management
- Projekt-management
- Dokument-management
- Klassifikation / Varianten
- Beziehungen untereinander: Personen \Leftrightarrow Prozesse \Leftrightarrow Teile \Leftrightarrow Dokumente \Leftrightarrow Daten

2 Computer-Aided Design (CAD)

2.1 Geometrical representation models in CAD

12. Element Typen

P.2 F.13-29

- Drahtgitter: Punkte und Kurven definieren 2D- und 3D-Objekte
- Flächen: Ebene und gewölbte Flächen im \mathbb{R}^3
- Solid: Ermöglicht komplette geometrische Darstellung von realen Produkten in virtueller Umgebung
 - Schalengeometrie: geschlossene Schalen \rightarrow Solid
 - Unterscheidung zwischen Innen und Außerhalb des Solids
 - Definition Materialeigenschaften (für Simulationen)
- Hybride Modelle

13. Was ist ein Skelettmodell

P.2 F.14 s.o.

14. Wie wird es angewandt?

15. Anwendung von Bool'schen Operationen bezogen auf Produktion

P.2 F.25,27

- Vereinigungs Operator ($A \cup B$)
- Subtraktions Operator ($A - B$)
- Schnittmenten Operator ($A \cap B$)

Anstatt nach und nach das gewünschte Objekt zu erstellen wird das Negativ konstruiert und von einer Grundform abgezogen. Zur Zeit übliche Vorgangsweise.

2.2 Parametric-associative design

16. Was ist parametrische Konstruktion

P.2 F.31

- parametrische Konstruktion verbindet geometrische Objekte mit geometrischen Beschränkungen und Maßangaben
- Veränderungen der Geometrie durch Änderung der Eingabewerte der dazugehörigen Beschränkungen
- Assoziative Konstruktionsoperationen schließen Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen geometrischen Objekten direkt ein. Diese geometrischen Verbindungen sind als Teil des Konstruktionsprozesses definiert und erstellen Eltern-Kind Beziehungen oder Verhältnisse mehrerer Geometrien zum selben Parameter, zu den selben Parametern.
- Moderne CAD Systeme bieten Mehr-Modell-Verknüpfungen, welche die Definition assoziativer Funktionalität zwischen (vormals unabhängigen) Teilen in Baugruppen anbietet.

17. Parametrische Beschreibung

P.2 F.32

- Virtuelle Produkt
 - Parameter
 - * geometrische Parameter (Koordinaten, Dimensionen, ...)
 - * Material Parameter (Dichte, Festigkeit, Rauheit, ...)
 - * Technologische Parameter (Vorschub, Schnittgeschwindigkeit, ...)
 - Beschränkungen
 - * geometrische Beschränkungen (absolute und relative Positionen, Orientierungen, ...)
 - * Ingenieurliche(?) Beschränkungen (funktional / logisch)
 - strukturelle Parameter
 - * Struktur der Montagegruppen

* Struktur der Teile

18. Herausforderungen bei parametrischer Konstruktion

P.2 F.43

- Ingenieure tendieren zu unterschiedlicher Implementation von Methoden
- parametrische Modelle werden komplexe, intransparente Strukturen
- Mehr-Modell-Verknüpfungen (Assoziationen zwischen Modellen) können zu Organisationsproblemen führen
- erhöhtes Datenvolumen, vor allem bei unterschiedlichem Datenstand
- komplexe Verknüpfungen führen zu umfangreicher Datenverarbeitung
- komplexe Verknüpfungen führen zu „Referenzierung im Kreis“ → logische Probleme
- parametrische Modelle enthalten Expertenwissen → Problem des Wissenstransfer

2.3 Knowledge based design

19. Was sind Wissensträger?

P.2 F.46

- Skizzen
- Parameter, Beziehungen, Regeln, Schemen
- Benutzer-features
- Modell Verlauf
- Vorlagen Modelle
- Startup models
- Produktstruktur
- Attribute und Anmerkungen
- DMU - Funktionalität (z. B. kinematische Simulation)
- ...

20. Welche Arten von Wissensträger gibt es?

P.2 F.47

- Modelle mit fixer Geometrie
- Modelle mit variabler Geometrie
- Integration von mathematischen / logischen Beziehungen
- automatisierte Abläufe für die geometrische Erzeugung oder berechnende Prozeduren
- interaktive Programme

21. Was ist eine Template?

22. Levels of knowledge content in CAD models

P.2 F.49

Ansteigender Wissensgehalt

Art des CAD Modells	Anwendungsbeispiel
1. neutrale Datenformate (IGES, STEP, etc.)	Virtualisierung
2. reduziert Geometriemodelle (z. B. teilweise vereinfachte Geometrie)	DMU, Zulieferkette
3. detaillierte Geometriemodelle (z. B. isolierte Geometrie)	Zeichnungen, Simulationen
4. parametrische Modelle	Entwurf, Entwicklung
5. Nutzer features	Design-Prozess
6. Vorlagenmodelle	Fortgeschrittenes design
7. Skelett- und adaptive Modelle	Design in context

2.4 Assembling and product structures

23. Welche Elemente sind in Baumstruktur (Übersicht)
P.2 F.51

- Teil-Nummer / Name der Komponente
 - Axen Systeme
 - Parameter / Beziehungen
 - Eingabedaten / externe Geometrien
 - * Styling Surface
 - * Adapter Geometry
 - * externe Begrenzungen, etc.
 - Referenzelemente
 - * Referenzpunkte, -linien, -flächen
 - * Referenzskizzen, -gitterelemente
 - Standards und Informationen
 - * Demold
 - * Informationen bzgl. Produktion
 - * Anmerkungen, etc.
 - Definition der Geometrie
 - * Part Geometrie
 - grundlegende Geometrie
 - Wellen/Furchen
 - Flanschen
 - Taschen
 - etc.
 - * Schnittflächen
 - * geschnittene Teilgeometrie
 - Veröffentlichung der finalen Oberfläche
 - Berechnungen und Maße
 - * Gewicht, Fläche, etc.

24. Wozu?

2.5 Aufbau und Produktstruktur

25. Was wird bei einer Baumgruppenkonstruktion gemacht?
P.2 F.56

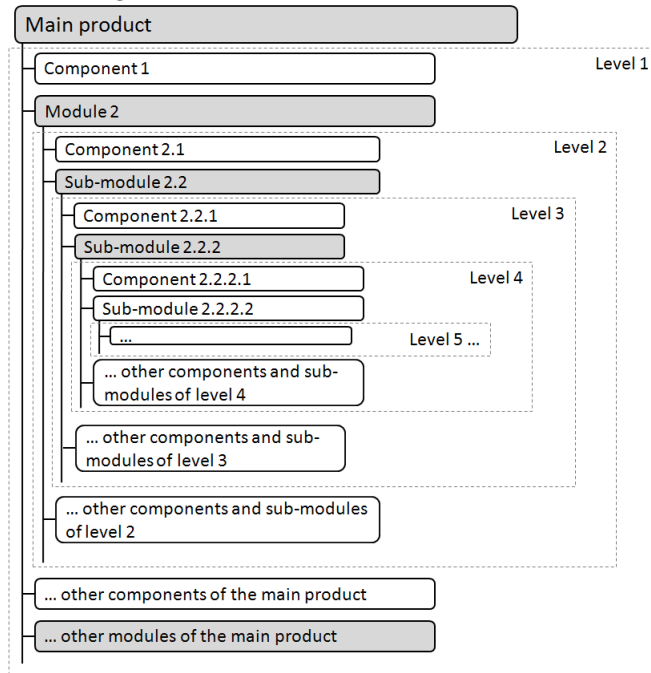
Aufbaudesign beinhaltet die Organisation und Verknüpfung von zahlreichen Komponenten und Modulen von Produkten

Aufbaudesign behandelt

- Positionierung von Komponenten
- Definition von Verhältnis und Verknüpfungen zwischen Komponenten
- Organisation von Mehr-Modell-Verknüpfungen
- Organisation von Parameterstrukturen
- Bereitstellung von Geometrie und Struktur für nachfolgende DMU-Prozesse
- Bereitstellung von Geometriedaten für Montagebasierte-Simulation (z. B. MBS)
- Interaktion mit PDM-Systemen

26. Wie werden komplexe Baugruppen organisiert?
P.2 F.59

Einteilung in Hierarchie-Ebenen



27. Methoden der Positionierung

P.2 F.61

- (a) Durch Beschränkungen
- (b) Durch ein oder mehrerer Skelettmodelle
- (c) Relativ zu einem Referenzkoordinatensystem

3 Virtuelle Entwicklung mechatronischer Produkte

3.1 Einleitung - Mechatronik

28. Was ist Mechatronik?

P.3 F.3-4

29. Randbedingung, was ist kritisch

P.3 F.8

30. V-Modell!

P.3 F.15

3.2 Komponenten mechatronischer Systeme

31. Übersicht Komponenten

P.3 F.17

32. Aufbau Regelkreis

P.3 F.18

33. Definition Aktor, Sensor, Prozessdatenverarbeitung

- Aktoren: P.3 F.19-23
- Sensoren: P.3 F.24-28
- Prozessdatenverarbeitung: P.3 F.30

3.3 Hardware in the Loop (HiL) / Software in the Loop (SiL)

34. Was ist SiL/HiL, wie wird es angewandt.

P.3 F.32-37

3.4 Computer aided software engineering (CASE)

- 35. Upper-/Lower CASE
P.3 F.39-41