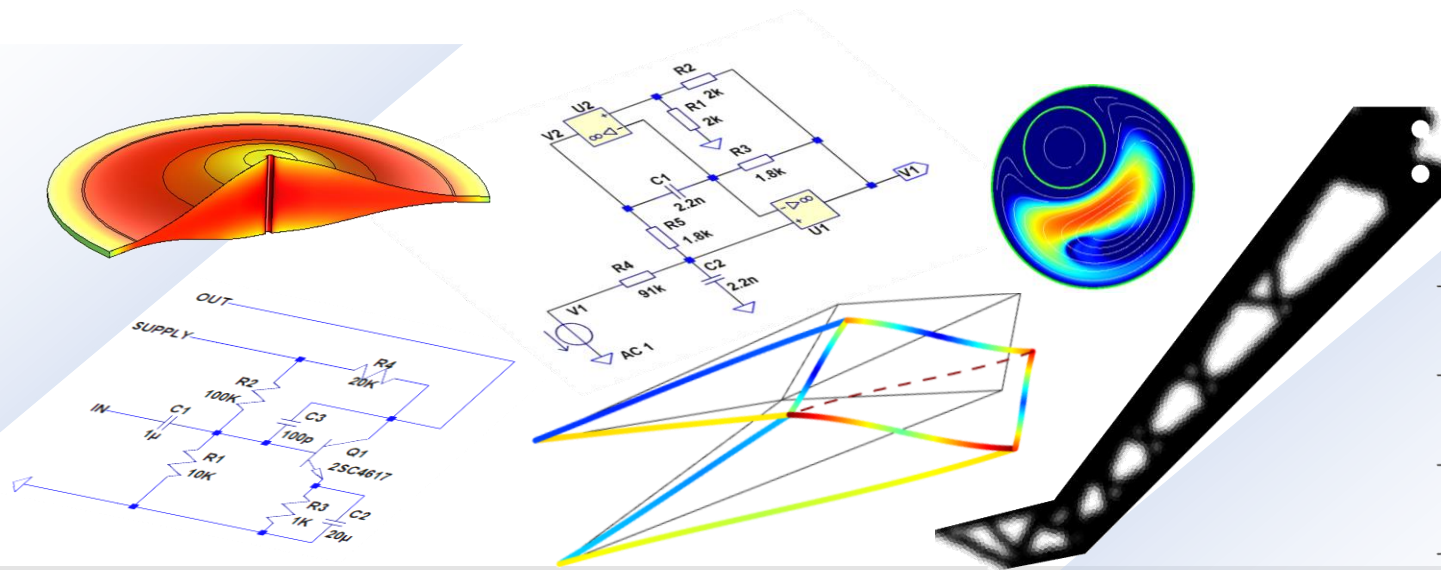




Optimale Produkte und Prozesse

Hochschule Augsburg – Fakultät für Elektrotechnik

Stand März 2021

Prof. Dr. Thomas Frommelt

Diese Unterlagen sind ausschließlich zum Gebrauch im Rahmen des Moduls mit dem obengenannten Titel durch dessen Teilnehmer(innen) bestimmt. Jegliche anderweitige Verwendung und/oder Verbreitung stellt eine Verletzung von Urheberrechten dar.

Optimale Produkte und Prozesse

- Ziel der Vorlesung: Sie verstehen die Grundlagen der Sensitivitätsanalyse, Optimierung und Robustheitsanalyse
- Praxis: Die Methoden sind universell geeignet für Versuche oder Simulation, für Prozesse oder Produkte. **Sie üben als ein Team die Methoden idealerweise an einem selbstgewählten Modell.**

Sensitivitäts- studie

Ziel

Welche Parameter meines Produkts / Prozesses sind besonders wichtig für Performance, Beanspruchung, Kosten, ...

Modelldurchläufe

Vorhersehbar dank Versuchsplanung
Größenordnung 10-100

Optimierung

Eine optimale Konfiguration der wichtigsten Parameter hinsichtlich Performance, Beanspruchung, Kosten, ...

Nicht vorhersehbar
Größenordnung >100

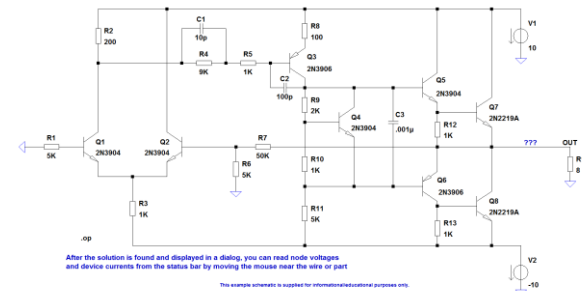
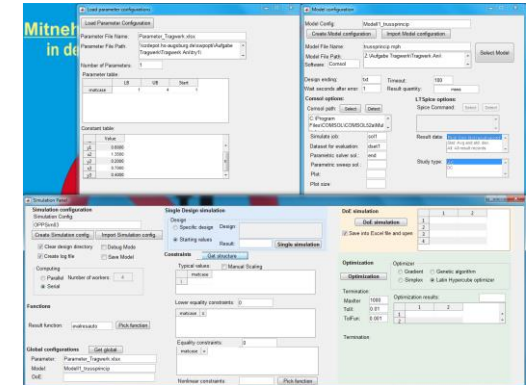
Robustheits- Optimierung

Erhaltung der optimalen Performance unter realistischer Streuung (Toleranzen, Materialstreuung, ...)

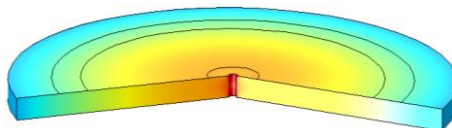
Nicht vorhersehbar
Größenordnung >1000

Tools und Lehrbeispiele

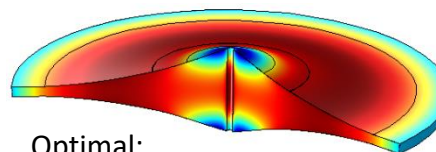
- Optimierung erfolgt in einer graphischen Benutzeroberfläche in Matlab
- Auswertungen werden Excel durchgeführt, außerdem die Sensitivitätsstudien mit einem eigens dafür programmierten Excel Tool
- Es gibt 2 umfangreiche Lehrbeispiele mit Dokumentationen, die den gesamten Workflow komplett verdeutlichen
- Schaltung in LTSpice



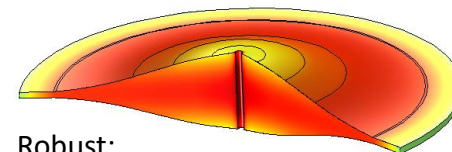
- Schwungrad in Comsol Multiphysics



Start



Optimal:
Gleiche Masse → 2 mal
mehr gespeicherte Energie



Robust:
Versagenswahrscheinlichkeit um
Faktor 30 gesenkt

Verlauf der Vorlesung

- In der 1. Vorlesung wählen wir Teams und suchen geeignete Zeit im Stundenplan. Das kann der aktuelle Termin sein, aber auch ein anderer oder Blocktage. Wir stimmen das gemeinsam ab.
- Die theoretische Grundlagen werden in wenigen Vorlesungen erläutert
- Dazwischen üben die Teilnehmer die Inhalte im Team (2-4 Mitglieder) an einem Beispiel, das idealerweise selbstgewählt ist. Der Dozent betreut.
- Der Leistungsnachweis erfolgt durch eine Dokumentation, für deren Abschnitte je ein Teammitglied federführend verantwortlich ist.
- Ein Team mit voller Mitgliederzahl (4) kann somit alle 4 Kapitel der Vorlesung an einem praktischen Beispiel abdecken. Kleinere Teams bearbeiten weniger Kapitel.
- Maschinenbauer liefern umfangreichere Kapitel da sie 2,5 ECTS angerechnet bekommen.

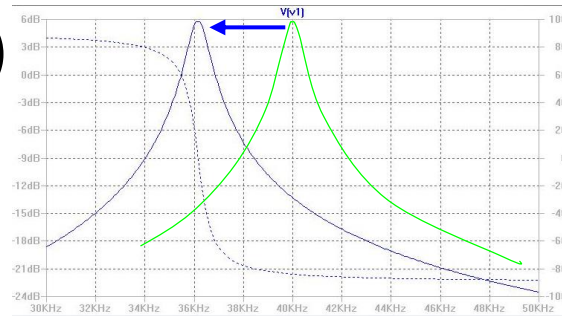
Voraussetzungen

- Idealerweise
 - Erste Erfahrung in einer Simulationssoftware
 - Ein studentisches Team von 2-4 Mitgliedern
 - Ein eigenes Beispiel das das Team bearbeitet: Modell muss parametrisierbar sein, schnell rechenbar (einfache Geometrie, am besten 2d)
- Notwendig
 - Grundlegende Einarbeitung in die nötigen Softwarepakete im Rahmen der Vorlesung
 - Erste Erfahrung in Programmierung, z.B. Python oder C
 - Industrieprobleme dürfen nicht auf Campuslizenzen gerechnet werden → Das Ergebnis darf nicht direkt an eine Firma gehen.
- Beispiele von Studenten auf den nächsten Folien
- **Einschreibeschlüssel: OPPSoSe20**

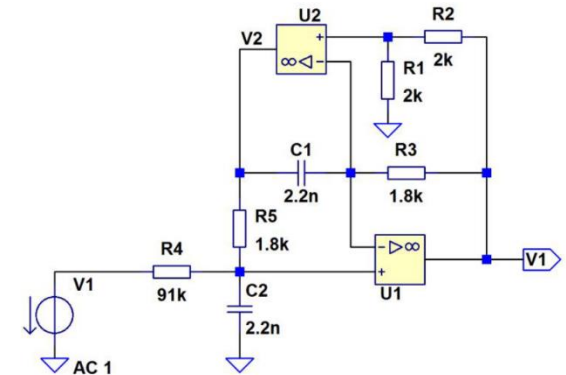
Historische Beispiele

■ High-Q Filter (WS1617)

- Frequenzänderung

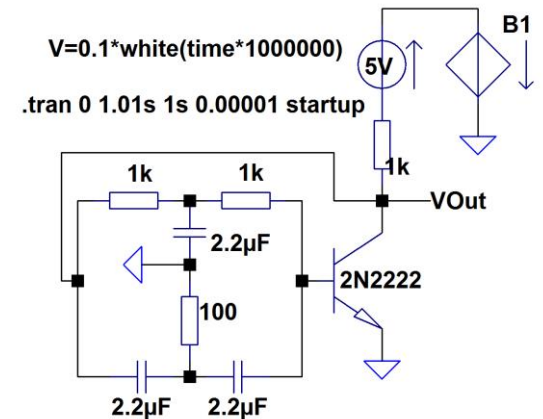
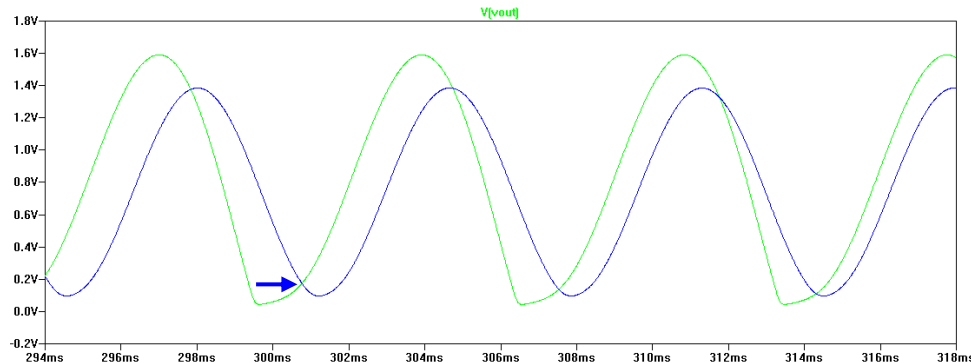


- Günstigste Schaltung mit ausreichender Toleranz:
 R_1 bis $R_5 = 0,1\%$, $R_4 = 5\%$ und C_1 und $C_2 = 1\%$ für 97 Cent



■ Oszillator mit Twin-T Filter (SS17)

- Frequenzänderung und Sinusförmigkeit

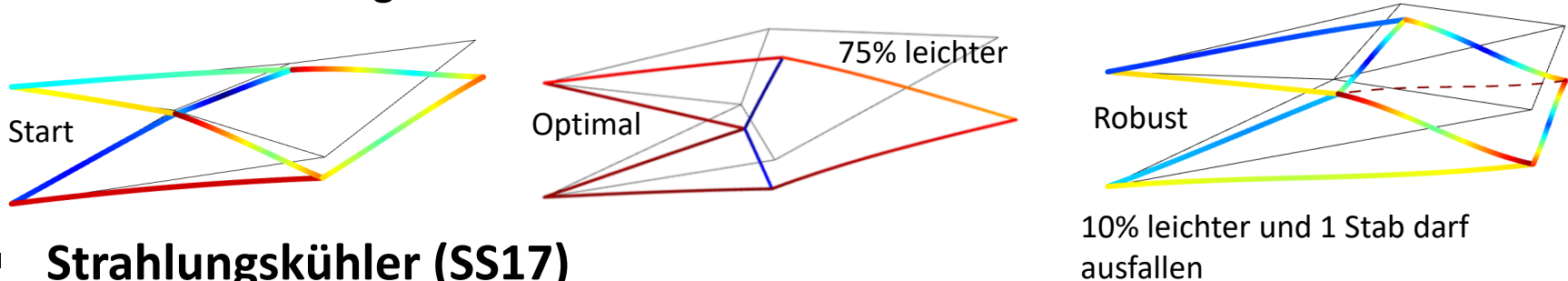


- Bauteiltoleranzen → Frequenzschwankung <1,3%, Sinusabweichung vernachlässigbar

Historische Beispiele

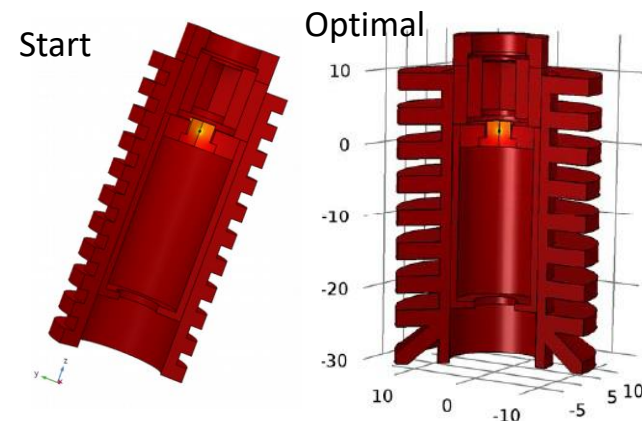
■ Tragwerk (SS17)

- Team ohne Vorkenntnisse in Cmsol → Einarbeitung mit Kran-Tutorial
- Wie leicht kann ein Tragwerk sein, ohne die zulässige Spannung zu überschreiten?
- Optimales Tragwerk mit anderem Stahl ist 75% leichter
- Robustes Tragwerk ist immer noch 11% leichter und ein Stab darf ausfallen



■ Strahlungskühler (SS17)

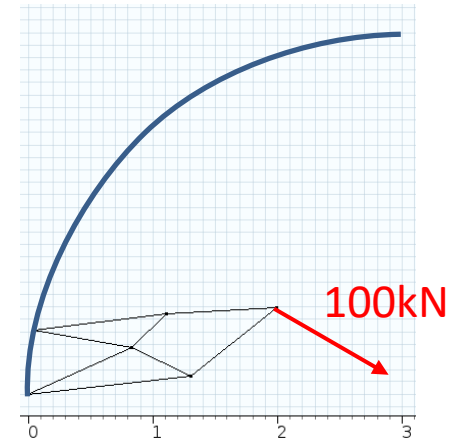
- Modell einer Diode bei 54°C aus der Cmsol Multiphysics Vorlesung von Prof. Frey
- Ziel: Kühlung auf 45°C nur durch Strahlung
- Optimal: Kühler mit minimalem Platzbedarf
- Robust: Einfluss von thermischer Dehnung und Spaltbildung auf die Performance des Kühlers



Historische Beispiele

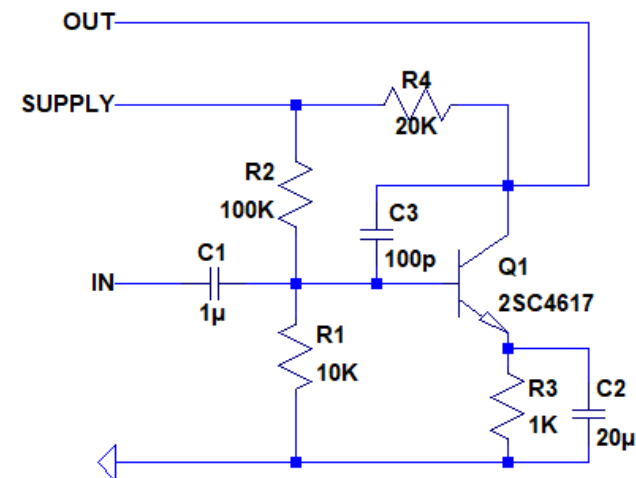
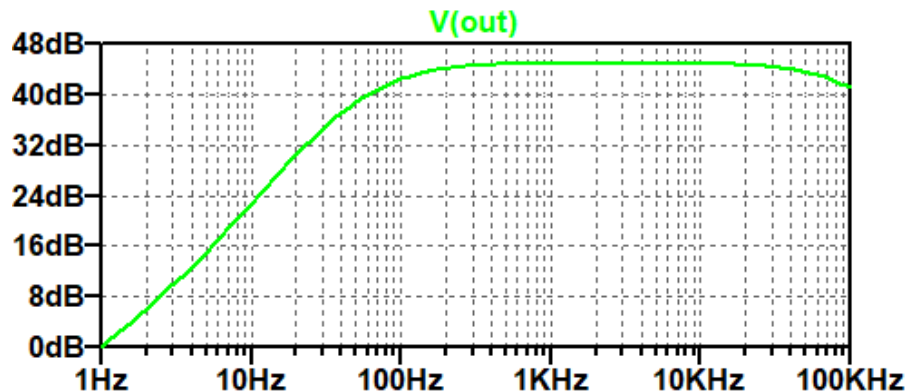
■ Tragwerk (SS18):

- Tragwerk an Kuppel befestigt, mit Last von 100kN
- Wie leicht kann ein Tragwerk sein, ohne die zulässige Spannung zu überschreiten?
- Materialoptimierung und Positionsoptimierung
- Robustheitsbetrachtung: Wie schwer ist das Tragwerk wenn es den Ausfall eines Stabes verkraften muss?



■ Verstärker (SS18):

- Verstärkerschaltung im Audiofrequenzbereich
- Optimierung: Anpassung an Zielfrequenzgang
- Robustheit: Kostenoptimale Schaltung

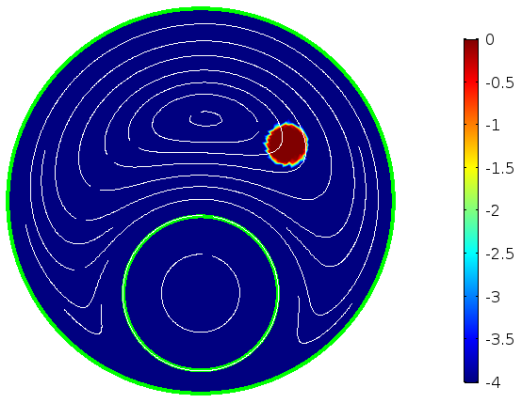


Historische Beispiele

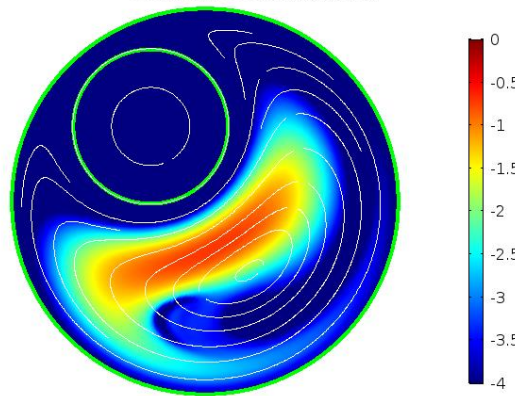
■ Küchenmaschine (SS18):

- 2D Modell einer Rührschüssel mit Rotor, beide drehen sich
- Viele Einflussgrößen: Größe/ Position Rotor, Drehfrequenz von Rotor und Schüssel, Drehrichtungen, Zugabeort und Menge der Zutat
- Berechnet Strömungsmechanik und dann den Transport von Zutaten

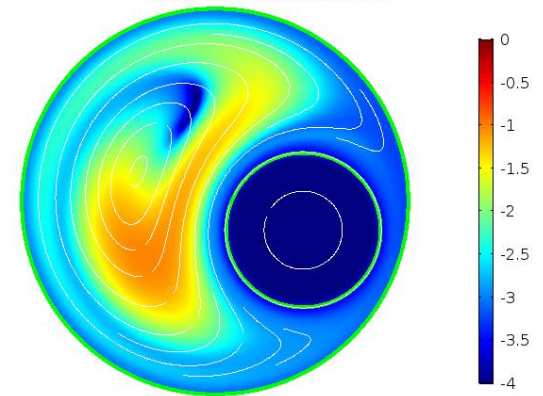
Zeit=0 s Oberfläche: Allgemeine Extrusion 1 Linie: 1 (1)
Stromlinien: Geschwindigkeitsfeld



Zeit=5.2 s Oberfläche: Allgemeine Extrusion 1 Linie: 1 (1)
Stromlinien: Geschwindigkeitsfeld



Zeit=10.4 s Oberfläche: Allgemeine Extrusion 1 Linie: 1 (1)
Stromlinien: Geschwindigkeitsfeld

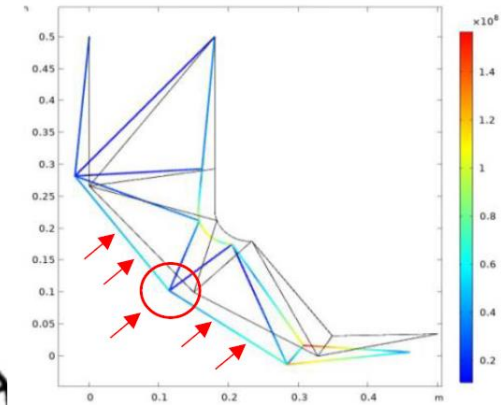
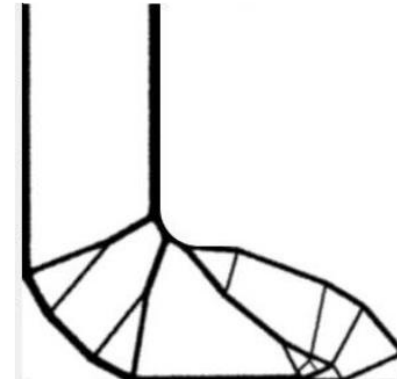


- Optimierung hinsichtlich schnellem oder energieeffizientem Verteilen
- Robustheit gegen verschiedene Einfüllorte und Mengen
- Rechnet lange und viele Einflussgrößen

Historische Beispiele

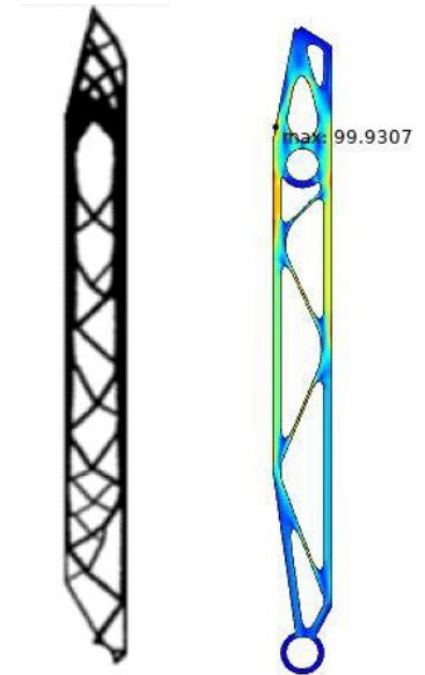
■ Belasteter Kniewinkel (SS19):

- Topologisch optimiertes Stabwerk
- 2 Varianten: Möglichst leicht und möglichst robust



■ Formula Student Pedal (SS19):

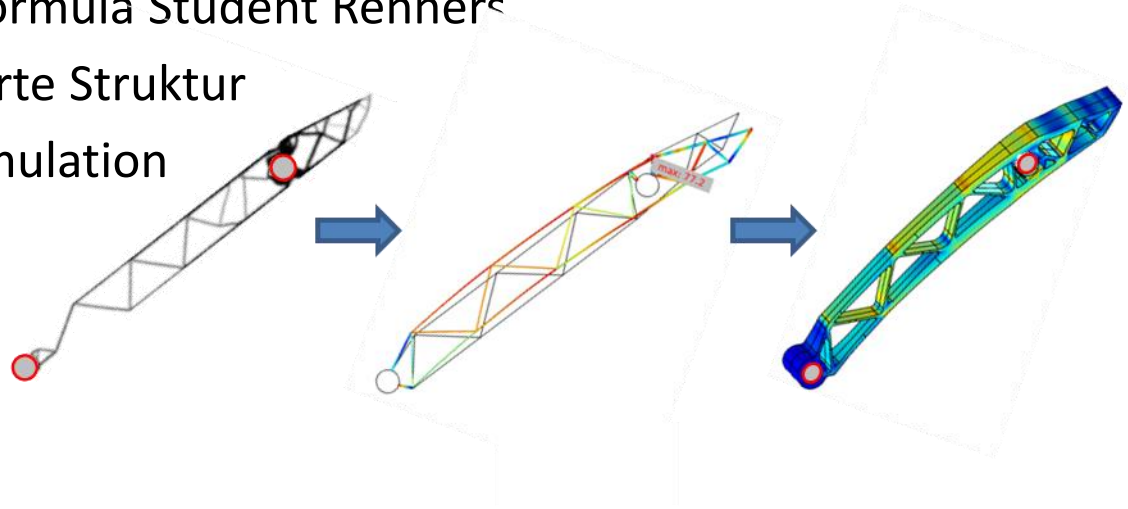
- Bauteil: Pedal des Formula Student Renners
- Topologisch optimierte Struktur
- Stabwerk und 2d Simulation



Historische Beispiele

■ Formula Student Pedal (SS20):

- Bauteil: Pedal des Formula Student Renners
- Topologisch optimierte Struktur
- Stabwerk und 3d Simulation



■ Aufnahme für Wagenheber (SS20):

- Bauteil: Aufnahme für Wagenheber des Formula Student Renners
- Topologisch optimierte Struktur
- Stabwerk und 3d Simulation

