TAGUNGSBAND: 27. BAYREUTHER 3D-KONSTRUKTEURSTAG

UNIVERSITÄT BAYREUTH

27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag

am 16. September 2026

K-TAG



Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Dr.-Ing. Bettina Alber-Laukant

Dr.-Ing. Tobias Rosnitschek

LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSLEHRE UND CAD

Inhalt:

C. Von Andrian-Werburg, K. Raab: *PTC Strategie: KI, Creo 13, Windchill etc. INNEO: Deep Dive CAD und PDM/PLM.*

S. Nessler: *MBD & ISO-GPS in Creo – Normen, Erfahrungen und Prozesse.*

W. Steger, C. Lipp: *Weiterentwicklung der Allgemeintolerierung im GPS – Normentwurf DIN 2769.*

K. Szeghó: *Introducing and Demonstrating the AI-Assisted Machine Design Process using Industrial Examples.*

C. Thieme: *CAE, KI und Entwicklung autonomer Systeme.*

T. Hofmann: *Was der Maschinenbau im Kontext ALM von Automotive lernen kann.*

K. Franke: *Entwicklung und Konstruktion einer neuartigen Wirkmaschine zur Verarbeitung von groben Heusträngen.*

G. Hannig: *Irgendwas mit KI… Berechnungsdienstleistung im Wandel.*

F. Weidenhiller: *PMI vom Design zur Qualität – QIF als Backbone für MBD-gesteuerte Prozesse.*

K. Raab: *Creo 13: Deep Dive und Creo AI – Tipps & Tricks und Einsatzmöglichkeiten.*

J. Ackva: *The KILN-Calculator – A Web-Based Tool for the Simulation of Rotary Kilns for Cement Production.*

K. Kuczek: *Multibody Simulation in Practice: Accelerating Product Development with MSC Adams.*

P. Nöldner: *Verschleißsimulation im Werkzeugbau.*

Z. Dai: *Virtuelle Konstruktion, Spritzguss und Simulation der kurzfaserverstärkten Verbundwerkstoffe in SIMULIA.*

M. Hecht: *Zuverlässige Bewertung von KI-Ergebnissen – Eine etablierte Methode neu angewendet.*

P. Grohmann: *Sprachmodelle im Wandel: Lokale Inferenz, Hardware und Systemgrenzen.*

J. Ackva: *Code_Aster live erleben – vom Modell zur Simulation.*

A. Badgujar: *Parametric Fatigue Optimization of Bicycle Components with MODSIM Workflows.*

M. Braun: *Wie KI Engineeringprozesse vom Kundengespräch bis zur Konstruktionsentscheidung neu denken lässt.*

M. Saemann: *Web3D & KI Usecases für die Industrie.*

M. Kröger: *Lebensdauer von additiv gefertigten, topologieoptimierten Bauteilen.*

A. Hoffmann, H.-W. Theobald: *Der Weg zum optimierten Robotergreifer – Die Potentiale der Additiven Fertigung durch prozessintegrierte Digitalwerkzeuge heben.*

U. Simmler: *3D-Illustrationen effizient erstellen mit PTC Creo Illustrate.*

R. Hentschel: *Automatisierte Bild-zu-CAD-Rekonstruktion sickenartiger Verstärkungskonturen in Blechstrukturen.*

Auf dem Datenträger befinden sich begleitend zur Fachausstellung Informationsmaterialien der Ausstellerfirmen und des Lehrstuhls für Konstruktionslehre und CAD der Universität Bayreuth.

© 2026 Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD, Universität Bayreuth, 95440 Bayreuth

The KILN-CALCULATOR
a Web-Based Tool
for the Simulation of Rotary Kilns for Cement Production



Johannes Ackva, Ingenieurbüro für Mechanik, D
Thomas Stutz, TomTom-Tools, CH
Jordie Biemold, TomTom-Tools, CH

Overview

1 What is a Kiln?
2 Authors' Presentation
3 The kiln-calculator on the Web → Video
4 The Workflow in the Kiln-Calculator
5 Development with gmsh and code-aster
6 Conclusions

Johannes Ackva, Ingenieurbüro für Mechanik, D
Thomas Stutz, TomTom-Tools, CH
Jordie Biemold, TomTom-Tools, CH

Overview

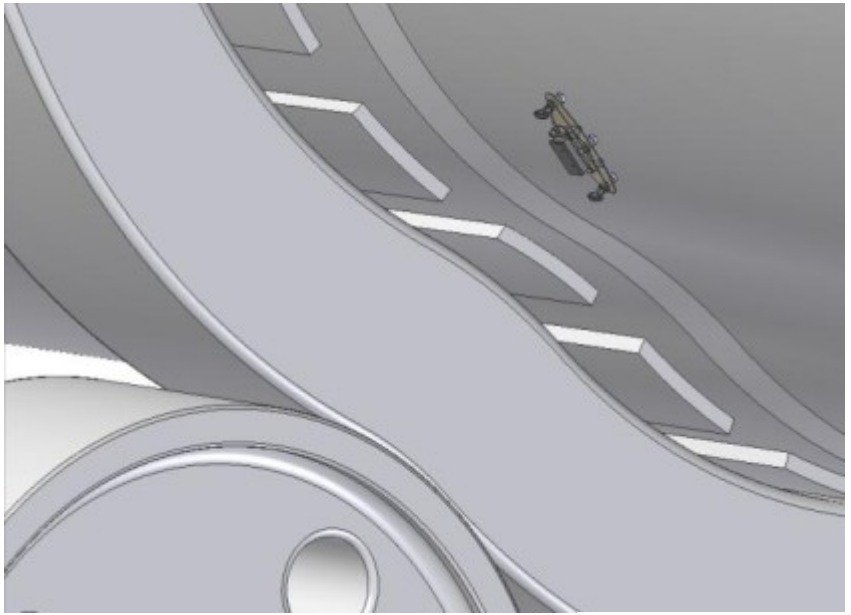
1 What is a Kiln?
2 Authors' Presentation
3 The kiln-calculator on the Web → Video
4 The Workflow in the Kiln-Calculator
5 Development with gmsh and code-aster
6 Conclusions

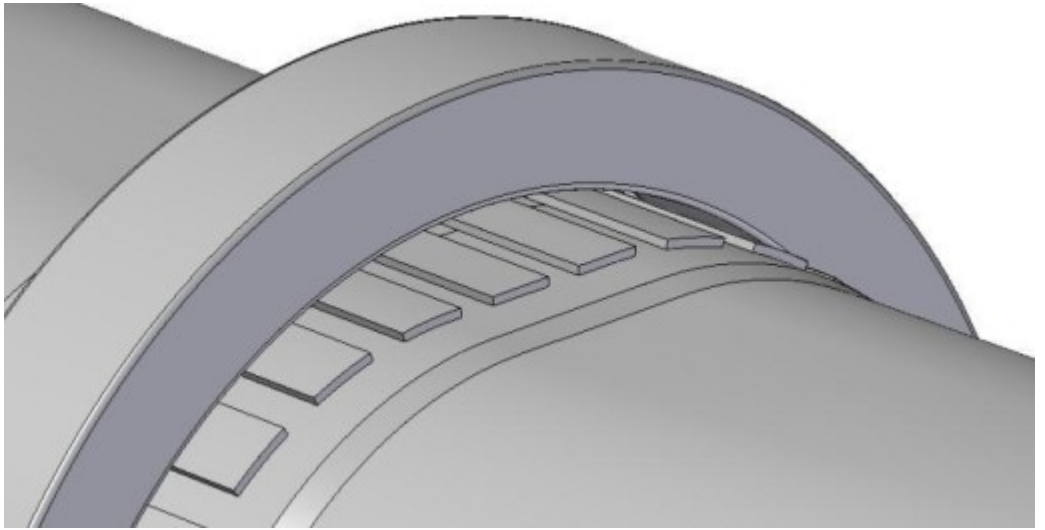
Johannes Ackva, Ingenieurbüro für Mechanik, D
Thomas Stutz, TomTom-Tools, CH
Jordie Biemold, TomTom-Tools, CH

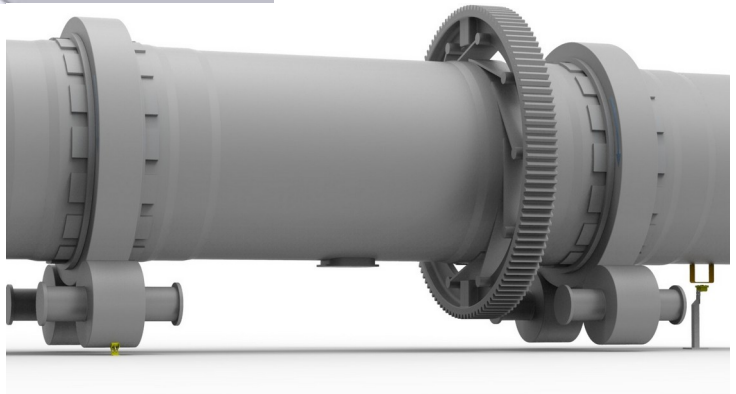
1 What is a Kiln?



1 What is a Kiln?

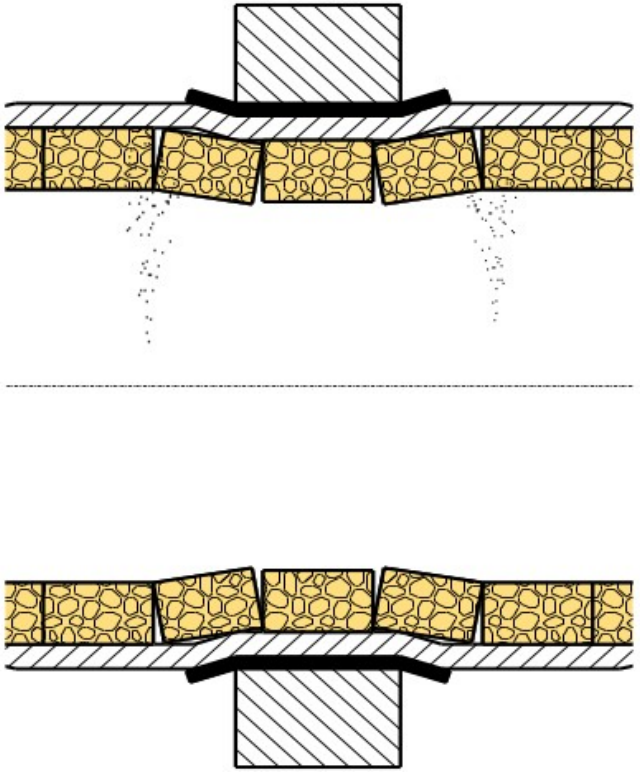




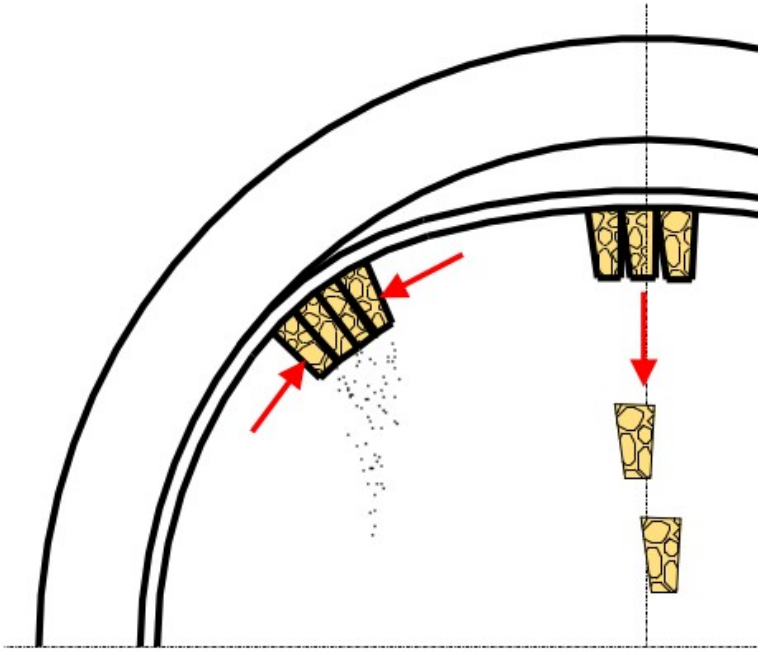


1 What is a Kiln?

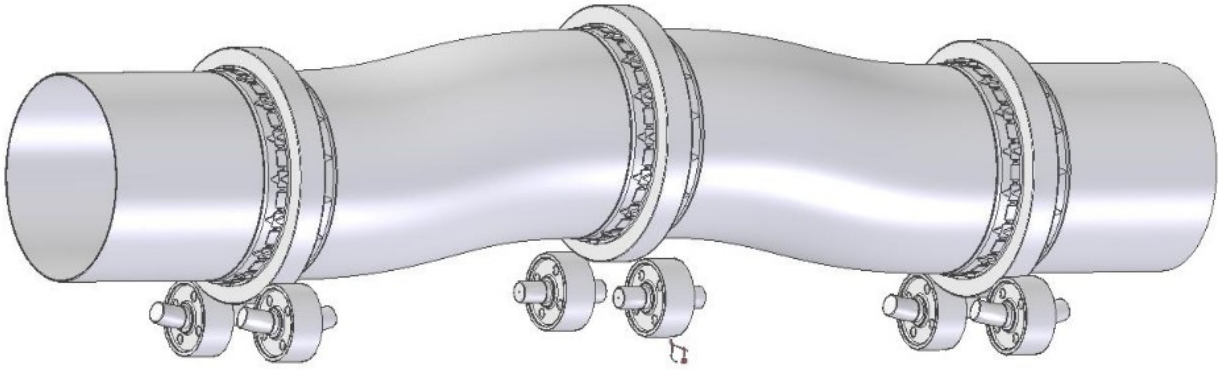
Too thick shims can lock the tire → Shell constriction



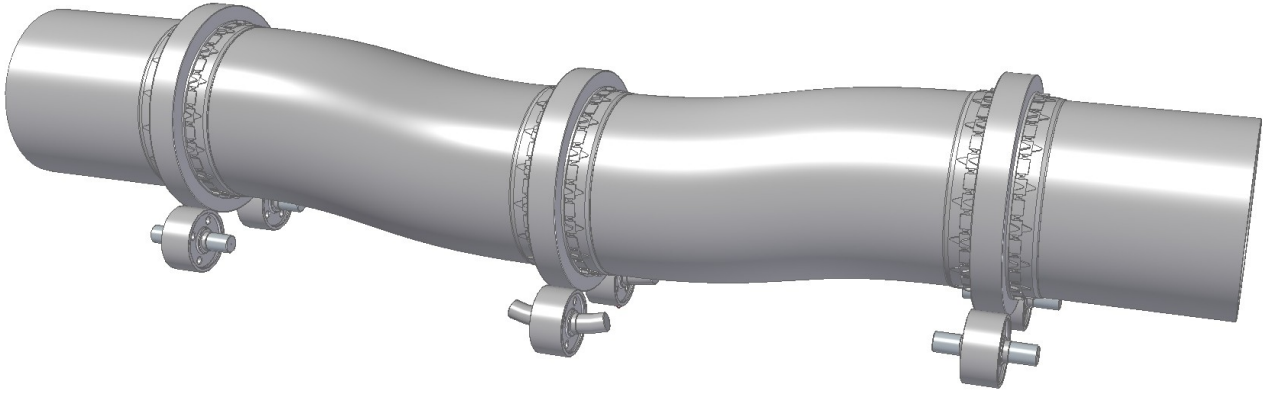
Too thin shims increase the ovality → Brick failures



1 What is a Kiln?



High Load No Load High Load



Overview

1 What is a Kiln?

2 Authors' Presentation

3 The kiln-calculator on the Web → Video

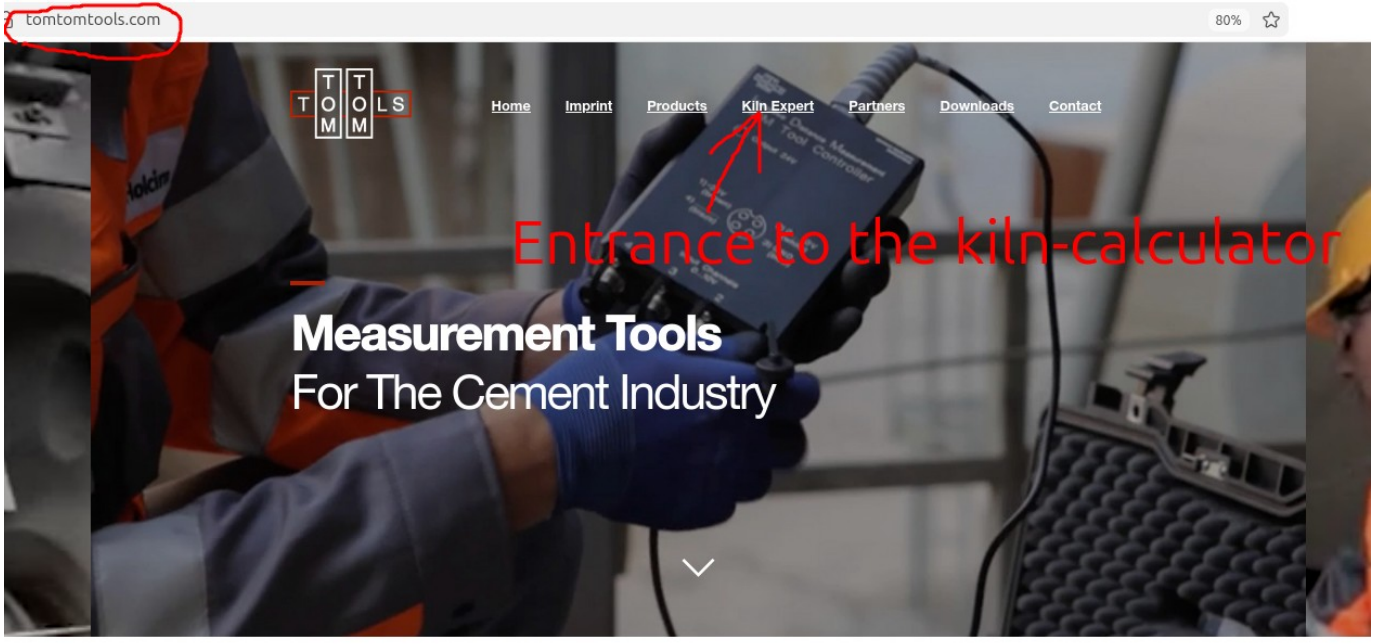
4 The Workflow in the Kiln-Calculator

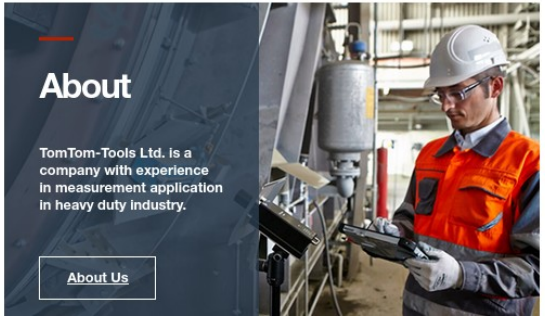
5 Development with gmsh and code-aster

6 Conclusions

Johannes Ackva, Ingenieurbüro für Mechanik, D
Thomas Stutz, TomTom-Tools, CH
Jordie Biemold, TomTom-Tools, CH

2 Authors' Presentation



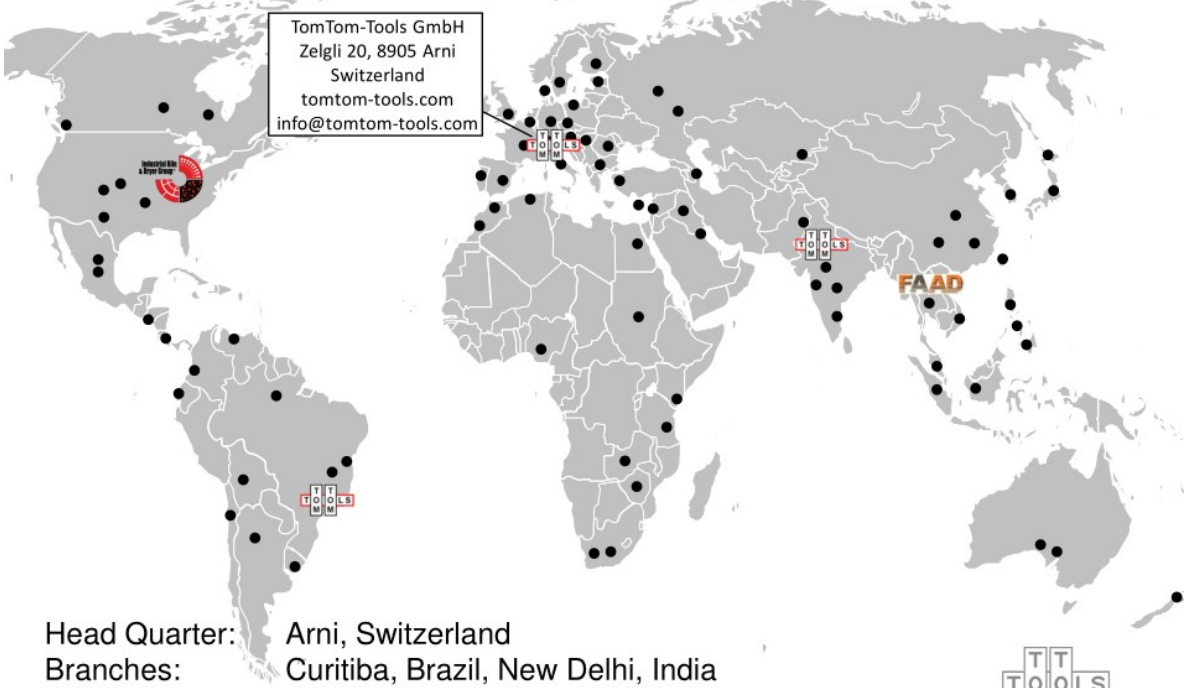




2 Authors' Presentation

About TomTom-Tools GmbH

Founded in 2007, the tools are now already in about 60 countries in use



Head Quarter:	Arni, Switzerland
Branches:	Curitiba, Brazil, New Delhi, India
Team:	6 engineers, 2 technicians, 3 in administration

2 Authors' Presentation

Kiln Calculator

NEW!

1600 kiln calculations performed since 2024!

Want to **optimize the performance and longevity** of your rotary kiln?
Let us help you accurately calculate stresses in the shell, tires or support roller shafts of your rotary kiln - for safer operation and smarter maintenance.

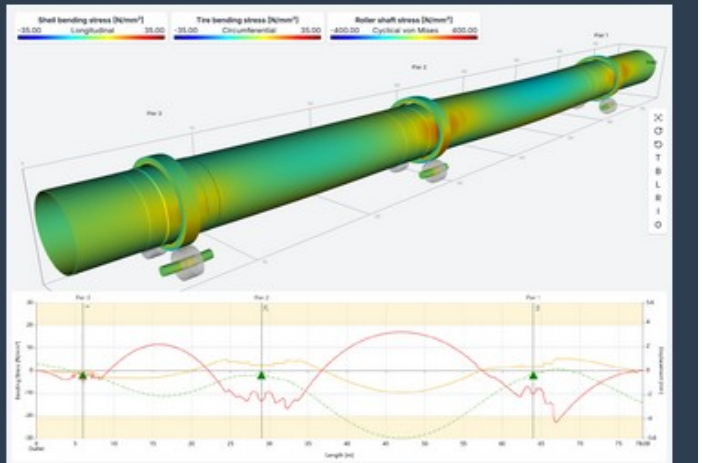
The Kiln Calculator, our new **web-based tool**, uses a **simple drag-and-drop** interface to model the kiln and perform the **finite element calculations.**

Use the tool to evaluate how shell thickness reduction due to corrosion affects your kiln – or how support loads, shell stress and tire stress change when the kiln axis is misaligned.
It is also the perfect solution to double-check potential improvements when replacing a section of kiln shell or a tire.

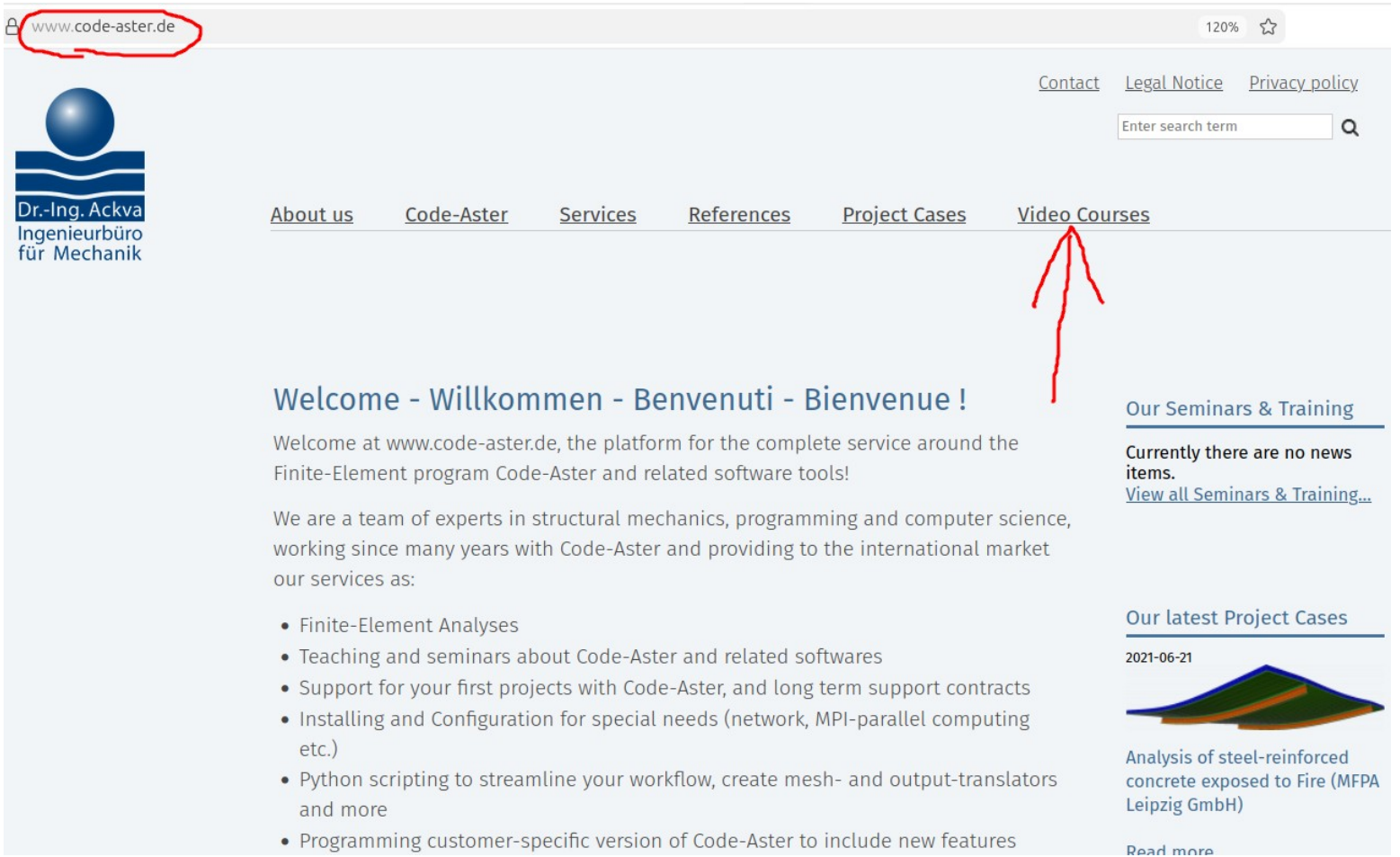
Features

- Bending stress in kiln shell
- Bending stress in kiln tires
- Support loads
- Hertzian pressure between tires and support rollers
- Specific bearing pressure
- Shell and Tire ovality
- Tire clearance and top gap
- Stress in shafts of support rollers
- Thermal Crank simulation (coming soon)

The kiln model and the results can be shared with your coworkers and other stakeholders for review or editing.



2 Authors' Presentation



2 Authors' Presentation

www.code-aster.de/video-courses/code-aster-quickstart/0-salomemeca-basics.html

Code-Aster QuickStart
0_SalomeMeca_Basics
1_Intro
2_Contact
Logout

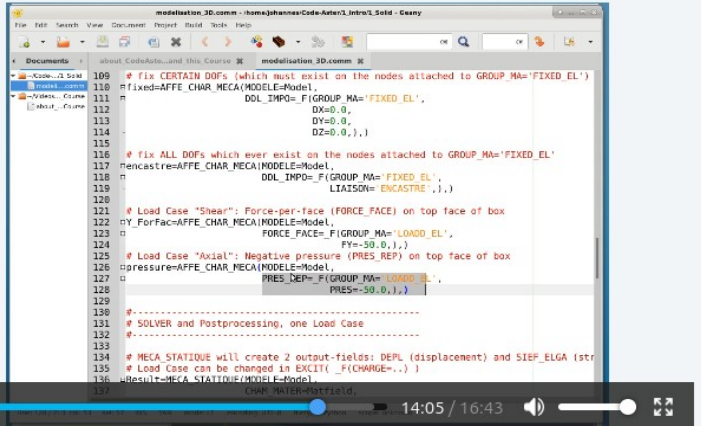
Code-Aster QuickStart

0_SalomeMeca_Basics

0_1_About_CodeAster_and_this_Course
0_2_salo_creating_a_geometry
0_3_salo_meshing_a_box
0_4_salo_simplesolid_and_partition
0_5_salo_mesh_of_a_geometric_compound
0_6_salo_compound_of_meshes

0_1_About_CodeAster_and_this_Course

- about Code-Aster and SalomeMeca
- about the structure and content of our Code-Aster courses
- on Windows or on Linux?
- where to download Code-Aster and SalomeMeca



Overview

1 What is a Kiln?
2 Authors' Presentation
3 The kiln-calculator on the Web → Video
4 The Workflow in the Kiln-Calculator
5 Development with gmsh and code-aster
6 Conclusions

Johannes Ackva, Ingenieurbüro für Mechanik, D
Thomas Stutz, TomTom-Tools, CH
Jordie Biemold, TomTom-Tools, CH

3 The kiln-calculator

Videos:

* kiln-calculator-input-1.4x.mp4
* kiln-calculator-output-1.8x.mp4

Overview

1 What is a Kiln?
2 Authors' Presentation
3 The kiln-calculator on the Web → Video
4 The Workflow in the Kiln-Calculator
5 Development with gmsh and code-aster
6 Conclusions

Johannes Ackva, Ingenieurbüro für Mechanik, D
Thomas Stutz, TomTom-Tools, CH
Jordie Biemold, TomTom-Tools, CH

4 Workflow of the kiln-calculator

kiln-calculator GUI: creation of the model (geometry, loads, ..)

from user input: model description in a file modelname.json

python main.py

read input *modelname.json*

create 2D-mesh of a representative tube section (gmsh)

code-aster 2D-run

--> 2D-model includes refractory stones and calculates all contacts and loads on inner wall of the shell

--> outputs load distribution on inner wall of tube (from refractory stones, coating,..)

create 3D-meshs of shell, tires, rollers, shafts (gmsh)

code-aster 3D-run ----> output: .resu, .rmed

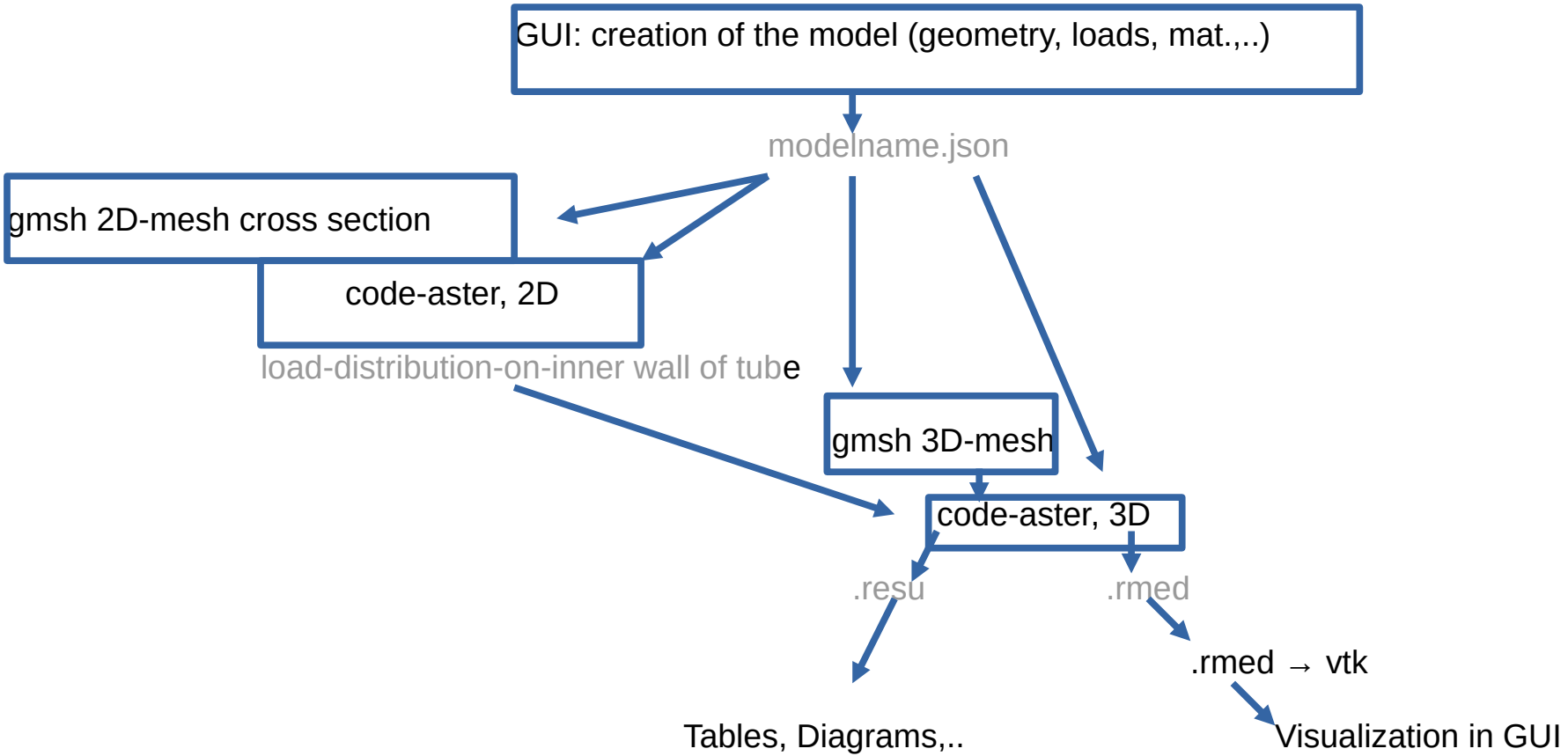
optional (not yet implemented in kiln-calculator):
3D-run to calculate limit temperature for detaching shell from tire

optional (not yet implemented in kiln-calculator):
3D-run to calculate stresses of very refined shafts

conversion of visualisation data: .rmed --> vtk

Display of results in kiln-calculator

4 Workflow of the kiln-calculator



4 Workflow of the kiln-calculator




```
{
   "kiln": {
      "name": "Lafarge Oggaz grey",
   },
   "sections": [
      { . . . . . },
      . . . . .
      {
         "id": 20,
         "meta": {
            "name": "pier 3",
            "part": "tire",
            "subsystem": "middle"
         },
         "r_1": 2.5,
         "t_k": 0.075,
         "cre": 0.04,
         "l": 0.58,
         "support": true,
         "supportShift_y": 0,
         "supportShift_z": 0,
         "delta_crank_temperature": 0.0,
         "m_point": 0,
         "refractory_t": 0.22,
         "refractory_roh": 2500,
         "coating_t": 0,
         "coating_roh": 0,
       },
   ],
   "steelProperties": {
      "densityRho": 7.85,
      "elasticModulusE": 210000,
      "stressLimits": 25,
      "poissonRatioNu": 0.3
   }
```

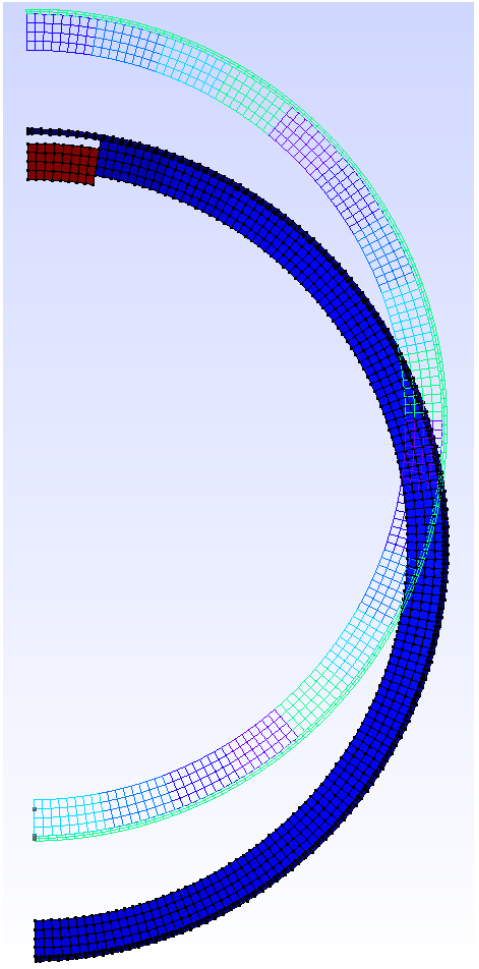
Overview

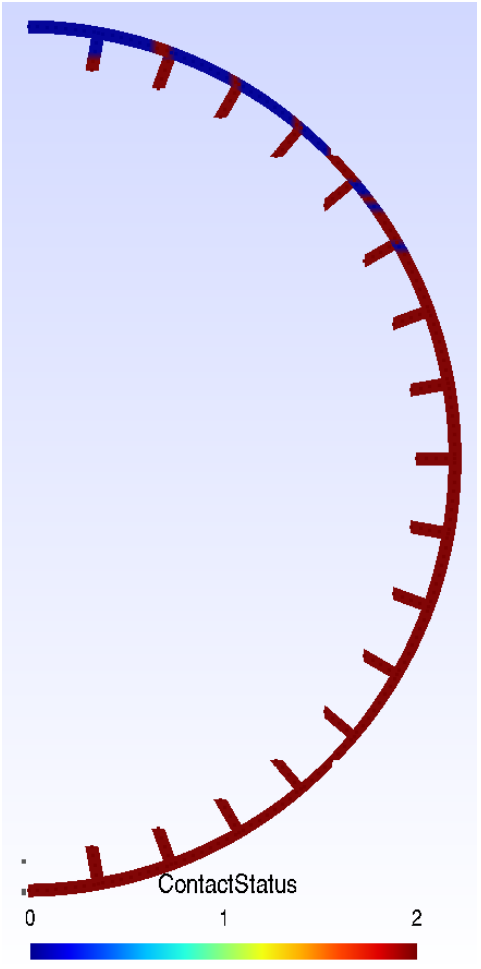
1 What is a Kiln?
2 Authors' Presentation
3 The kiln-calculator on the Web → Video
4 The Workflow in the Kiln-Calculator
5 Development with gmsh and code-aster
6 Conclusions

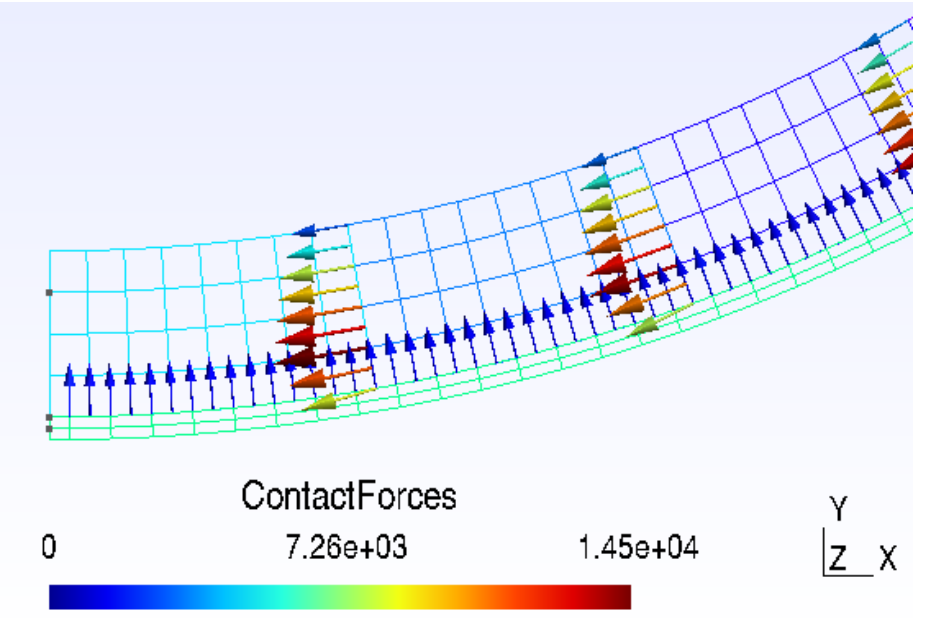
Johannes Ackva, Ingenieurbüro für Mechanik, D
Thomas Stutz, TomTom-Tools, CH
Jordie Biemold, TomTom-Tools, CH

5 Development of the Model

2D-Model







5 Development of the Model

2D-Model

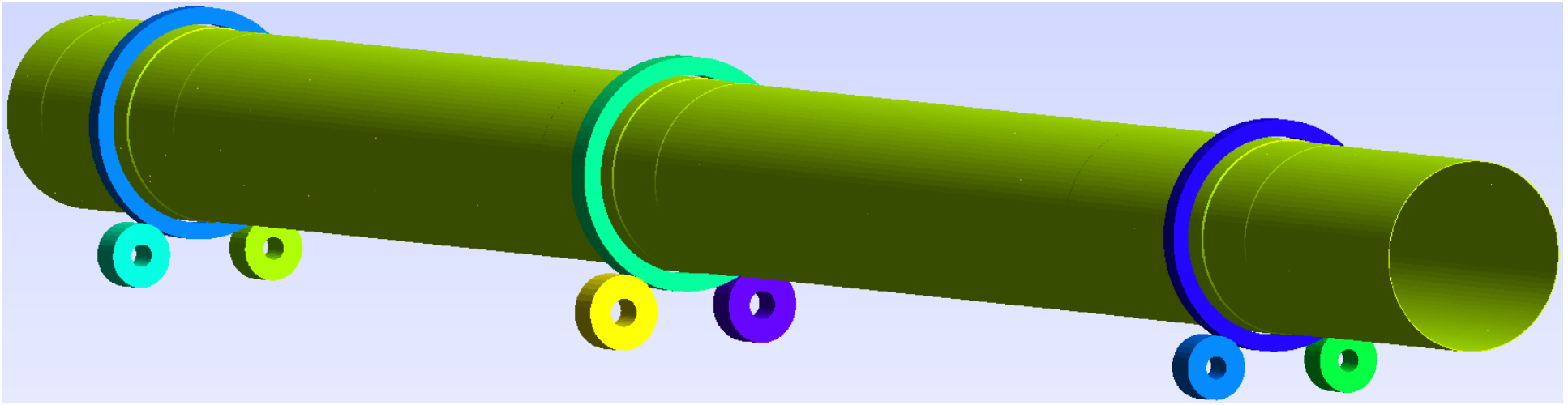
```
# Forces from the nStone Stones acting onto kiln inside surface,
# versus angle starting from 6 o clock to 12 o clock counterclockwise,
# for the HalfModel
#ASTER 16.05.00 CONCEPT 00000038 CALCULE LE 24/02/2026 A 20:24:59 DE TYP
#TABLE_SDASTER
 PHI           FORC_X        FORC_Y        FORCE
  5.0000E+00    8.4611E+02   -1.0509E+04    1.0543E+04
  1.5000E+01    2.6195E+03   -1.0057E+04    1.0393E+04
  2.5000E+01    4.1988E+03   -9.1683E+03    1.0084E+04
  3.5000E+01    5.4679E+03   -7.9226E+03    9.6264E+03
  4.5000E+01    6.3446E+03   -6.4309E+03    9.0339E+03
  5.5000E+01    6.7864E+03   -4.8219E+03    8.3250E+03
  6.5000E+01    6.7937E+03   -3.2282E+03    7.5217E+03
  7.5000E+01    6.4085E+03   -1.7720E+03    6.6489E+03
  8.5000E+01    5.7070E+03   -5.5217E+02    5.7337E+03
  9.5000E+01    4.7903E+03    3.6525E+02    4.8043E+03
  1.0500E+02    3.7710E+03    9.5271E+02    3.8895E+03
  1.1500E+02    2.7589E+03    1.2222E+03    3.0175E+03
  1.2500E+02    1.8717E+03    1.1932E+03    2.2197E+03
  1.3500E+02    1.1549E+03    9.9073E+02    1.5216E+03
  1.4500E+02    5.9190E+02    7.2123E+02    9.3302E+02
  1.5500E+02    2.3142E+02    4.1113E+02    4.7179E+02
  1.6500E+02    5.1105E+01    1.4532E+02    1.5405E+02
  1.7500E+02    2.0957E-06    1.2882E-05    1.3051E-05
```

<u>Only Output of the 2D-Model:</u>

Load distribution on inner wall of tube (from refractory stones, coating,..)

5 Development of the Model

3D-Model

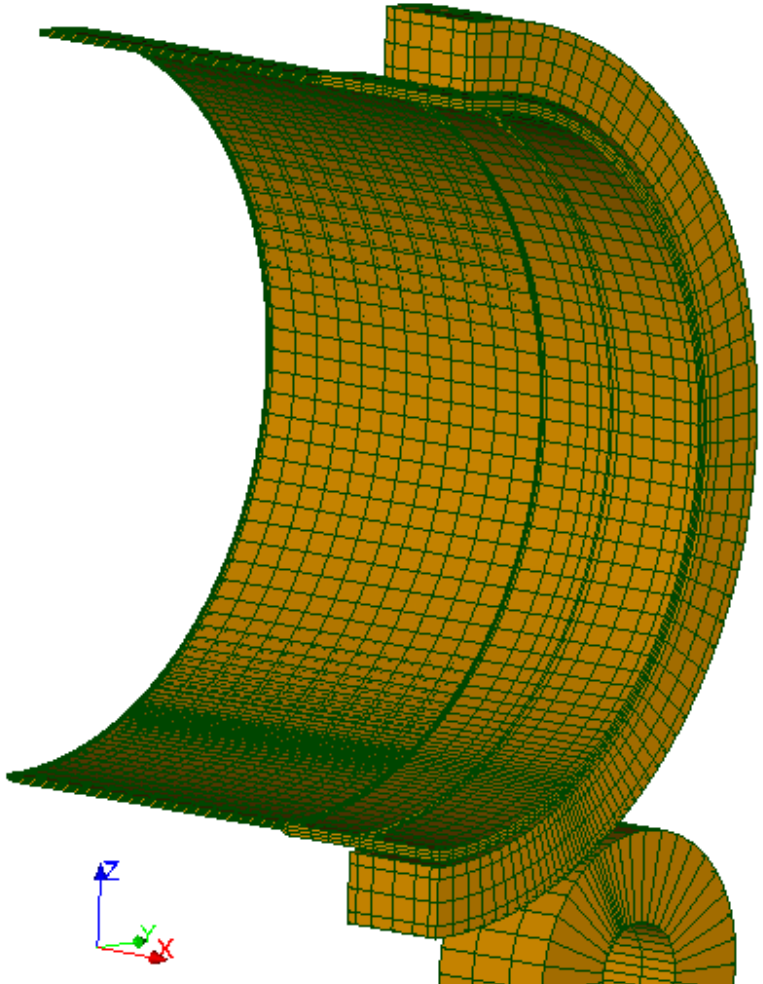


<u>3D Mesh</u>

All parts except shafts

5 Development of the Model

3D-Model

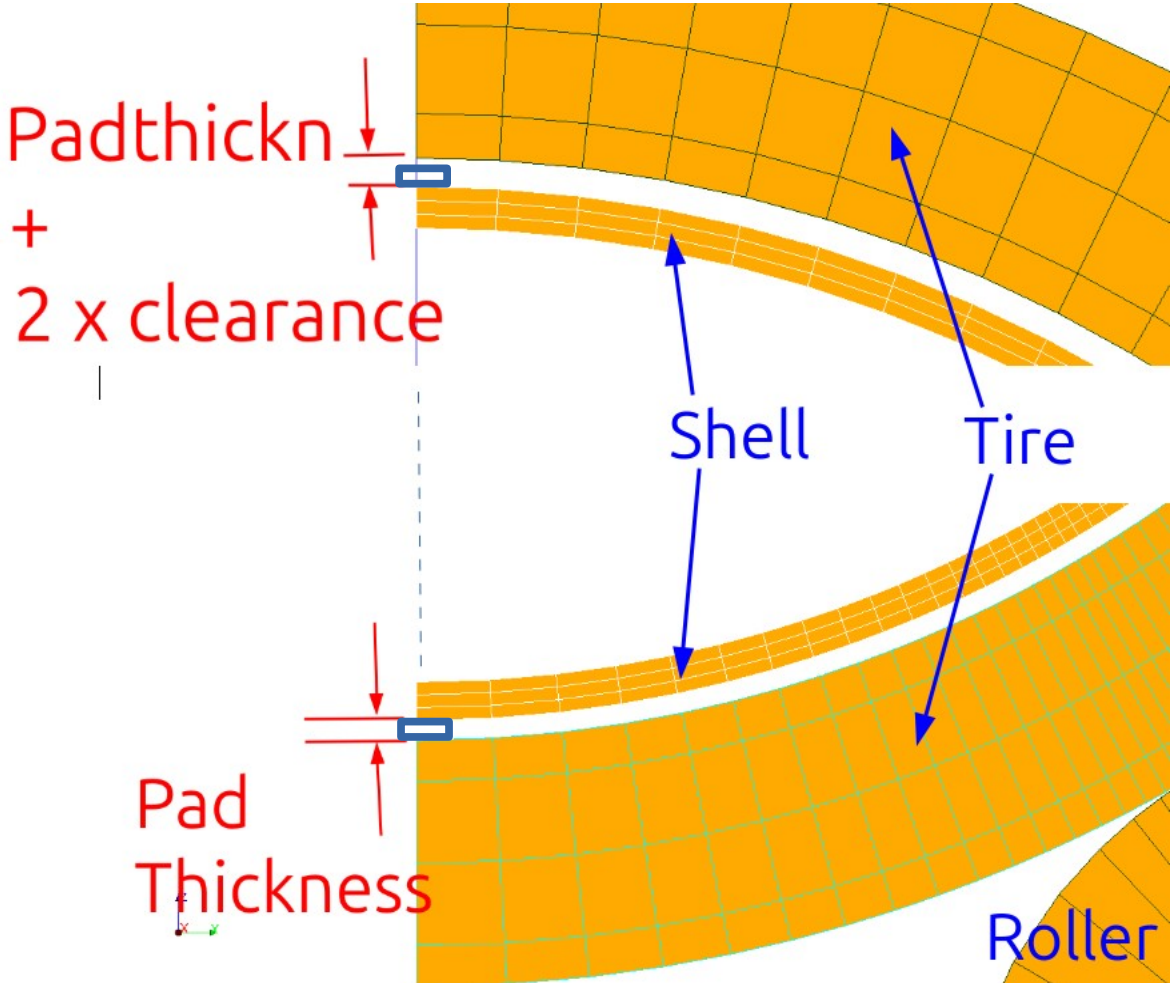


3D Mesh, partial:

* Roller
* Tire
* Tube sections in corresp. to the tire

5 Development of the Model

3D-Model

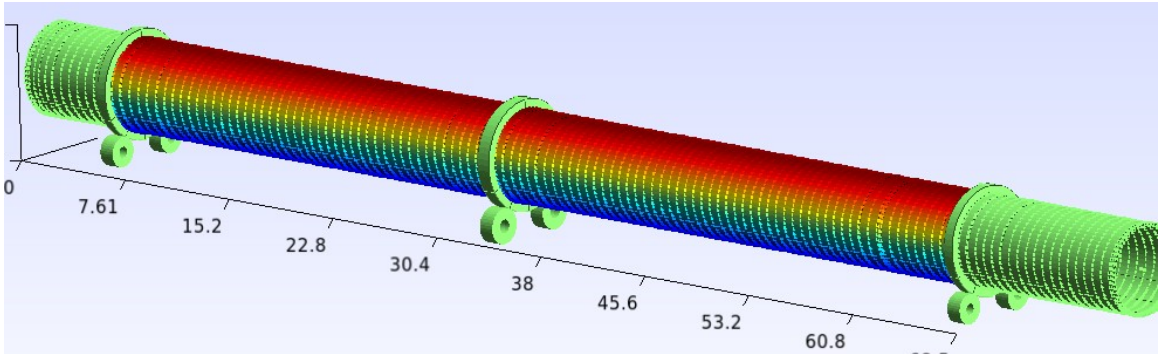


3D Mesh

Tube and Tire are NOT centric!
Tube rests on the bottom of the Tire

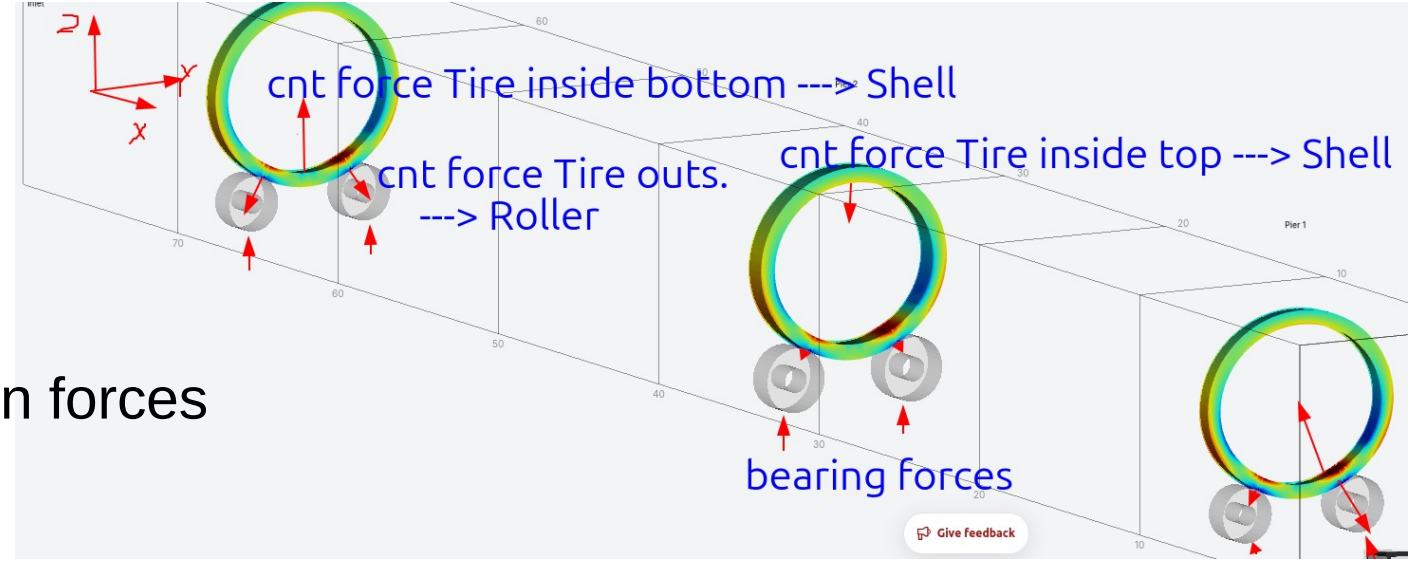
5 Development of the Model

Crank LoadCase



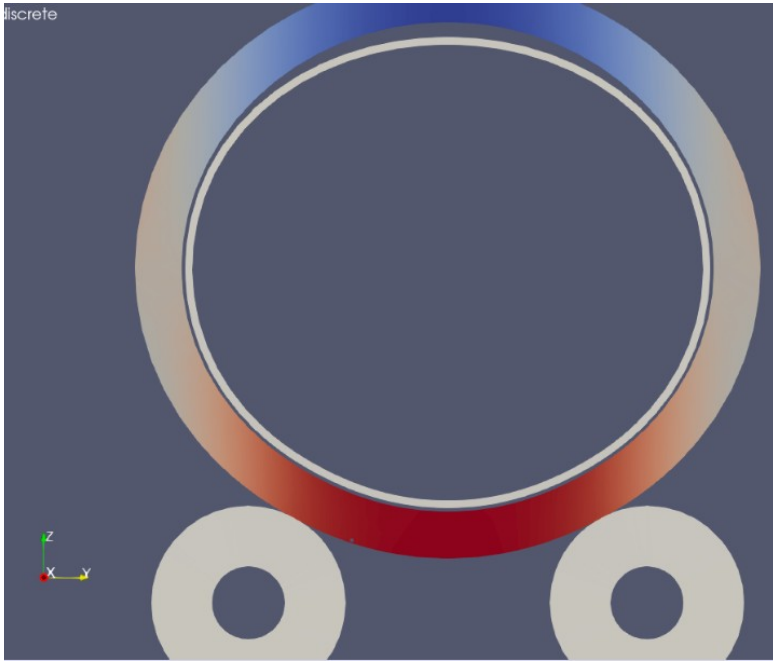
<u>Crank Loadcase</u>:
Definition as a temperature distribution

<u>Results</u>:
contact and reaction forces

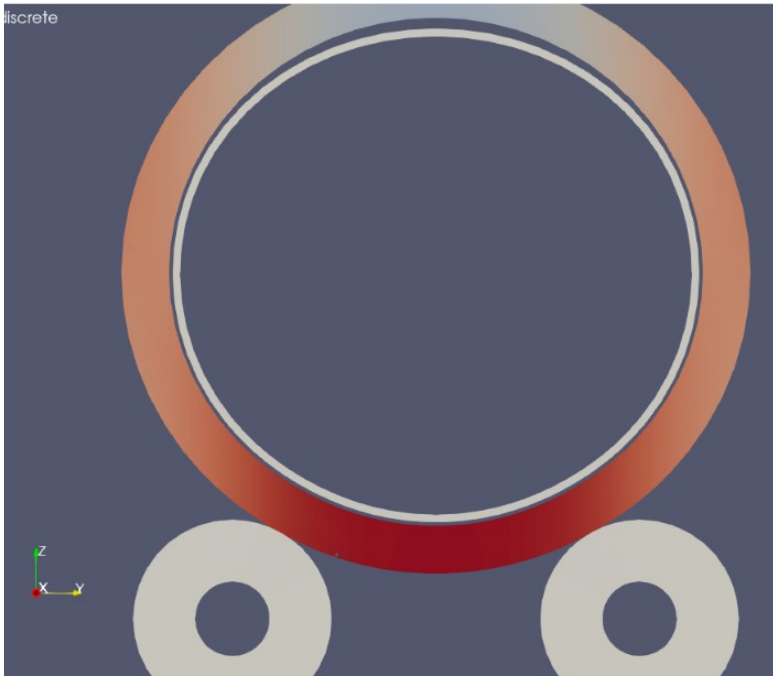


5 Development of the Model

Contact Status at the “Cranked Tire”



Status 0:
Temperature T0 =T_environment



Status 1: T1>T0
cnt force Tire → Shell is lowered

5 Development of the Model

Contact Status at the “Cranked Tire”

*** ----------
*** contact forces from TIRE to SHELL , summed up at each tire, and summed up all togethe
*** ----------

#cntTireShelSum|ASTER 16.5.0 CONCEPT 0000014b CALCULE LE 07/22/2025 A 11:00:54 DE TYPE			
LOCATION	SUM	SUM_CONTACT_FORCE_Y	SUM_CONTACT_FORCE_Z
cnt_tire2sec_005	-	-1.6350E+04	4.1704E+06
cnt_tire2sec_012	-	-3.3120E+04	5.2616E+06
cnt_tire2sec_020	-	-9.7254E+03	3.6878E+06
-	SOMM	-5.9195E+04	1.3120E+07

*** ----------
*** contact forces from TIRE to SHELL , summed up at each tire, and summed u
*** ----------

#cntTireShelSum|ASTER 16.5.0 CONCEPT 0000014b CALCULE LE 07/22/2025 A 11:11:			
LOCATION	SUM	SUM_CONTACT_FORCE_Y	SUM_CONTACT_FORCE_Z
cnt_tire2sec_005	-	-2.7914E+04	5.5107E+06
cnt_tire2sec_012	-	-1.6908E+04	2.8257E+06
cnt_tire2sec_020	-	-2.8829E+04	4.7850E+06
-	SOMM	-7.3651E+04	1.3121E+07

Status 0:
Temperature T0 =T_environment

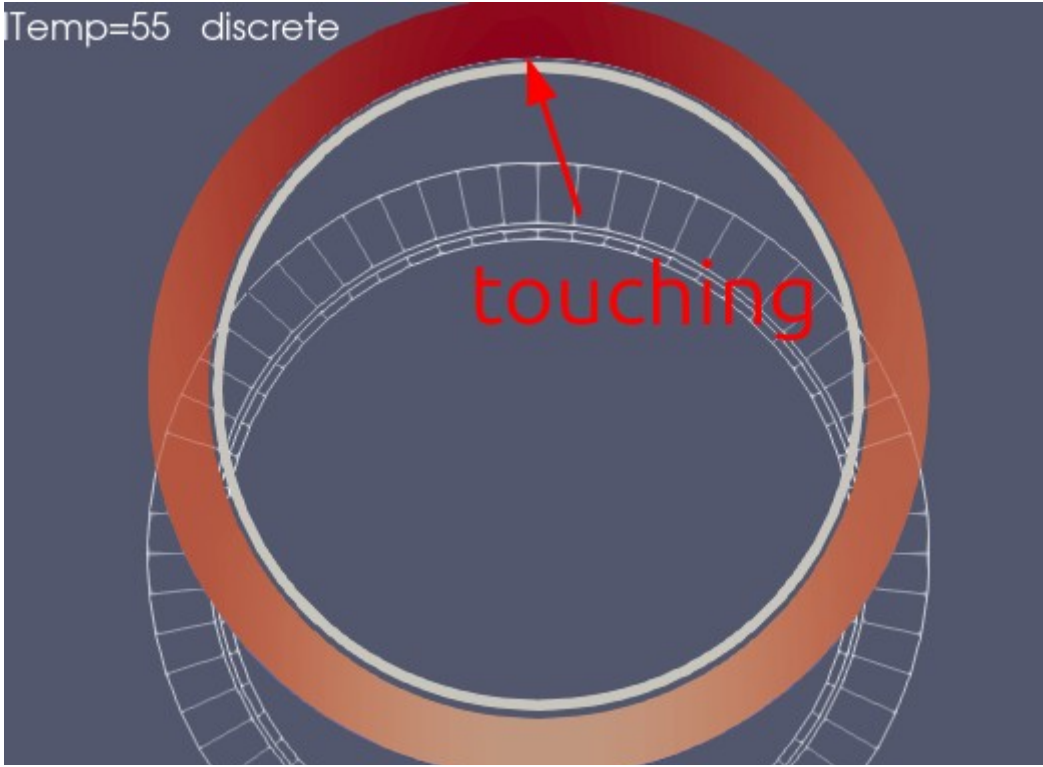
Status 1: T1>T0
cnt force Tire → Shell is lowered

5 Development of the Model

Contact Status at the “Cranked Tire”



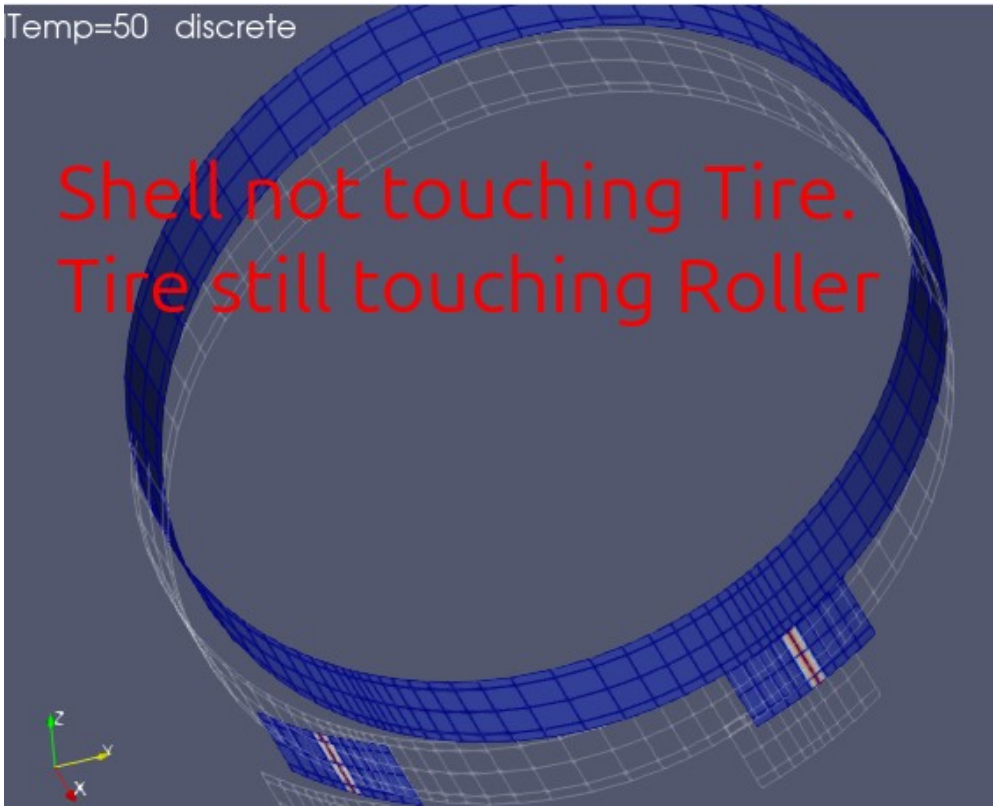
Status 2: T2>T1
Shell not touching



Status 3: T3>T2
Shell touching Tire on top

5 Development of the Model

Contact Status at the “Cranked Tire”



Status 2: T2>T1
Shell not touching



Status 3: T3>T2
Shell touching Tire on top

5 Development of the Model

Contact Status at the “Cranked Tire”

kiln_tires_T50_post_.resu

```
*** ----------------------------------------------------------
*** contact forces from TIRE to SHELL , summed up at each tire, and summed
*** ----------------------------------------------------------
#cntTireShelSum|ASTER 16.5.0 CONCEPT 0000014a CALCULE LE 07/22/2025 A 16:3
LOCATION                SUM       SUM_CONTACT_FORCE_Y  SUM_CONTACT_FORCE
cnt_tire2sec_005        -              -6.3201E+04          7.0824E+06
cnt_tire2sec_012        -               0.0000E+00          0.0000E+00
cnt_tire2sec_020        -              -5.8671E+04          6.0736E+06
-                       SOMM           -1.2187E+05          1.3156E+07
```

kiln_tires_T55_post_.resu

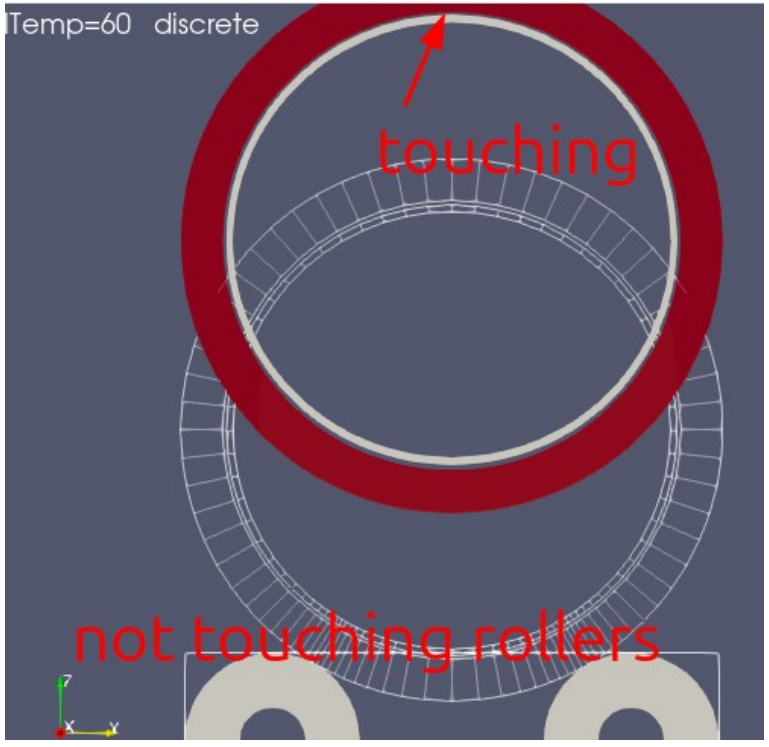
```
*** ----------------------------------------------------------
*** contact forces from TIRE to SHELL , summed up at each tire, and summed
*** ----------------------------------------------------------
#cntTireShelSum|ASTER 16.5.0 CONCEPT 0000014b CALCULE LE 07/22/2025 A 16:49
LOCATION                SUM       SUM_CONTACT_FORCE_Y  SUM_CONTACT_FORCE_Z
cnt_tire2sec_005        -              -6.9702E+04          7.2698E+06
cnt_tire2sec_012        -              -4.6613E+03         -3.3050E+05
cnt_tire2sec_020        -              -6.2403E+04          6.2283E+06
-                       SOMM           -1.3677E+05          1.3168E+07
```

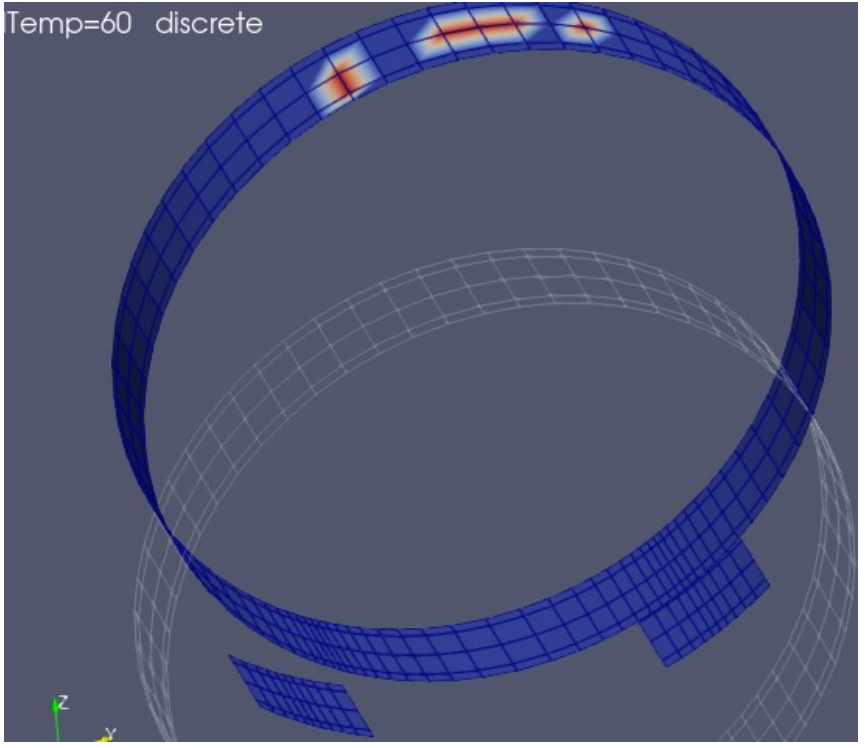
Status 2: T2>T1
Shell not touching
→ contact_force_Z = 0

Status 3: T3>T2
Shell touching Tire on top
→ sign of contact_force_Z is inverted

5 Development of the Model

Contact Status at the “Cranked Tire”





Status 4: T4>T3

Shell touching Tire on top. Tire has detached from Rollers

5 Development of the Model

Contact Status at the “Cranked Tire”

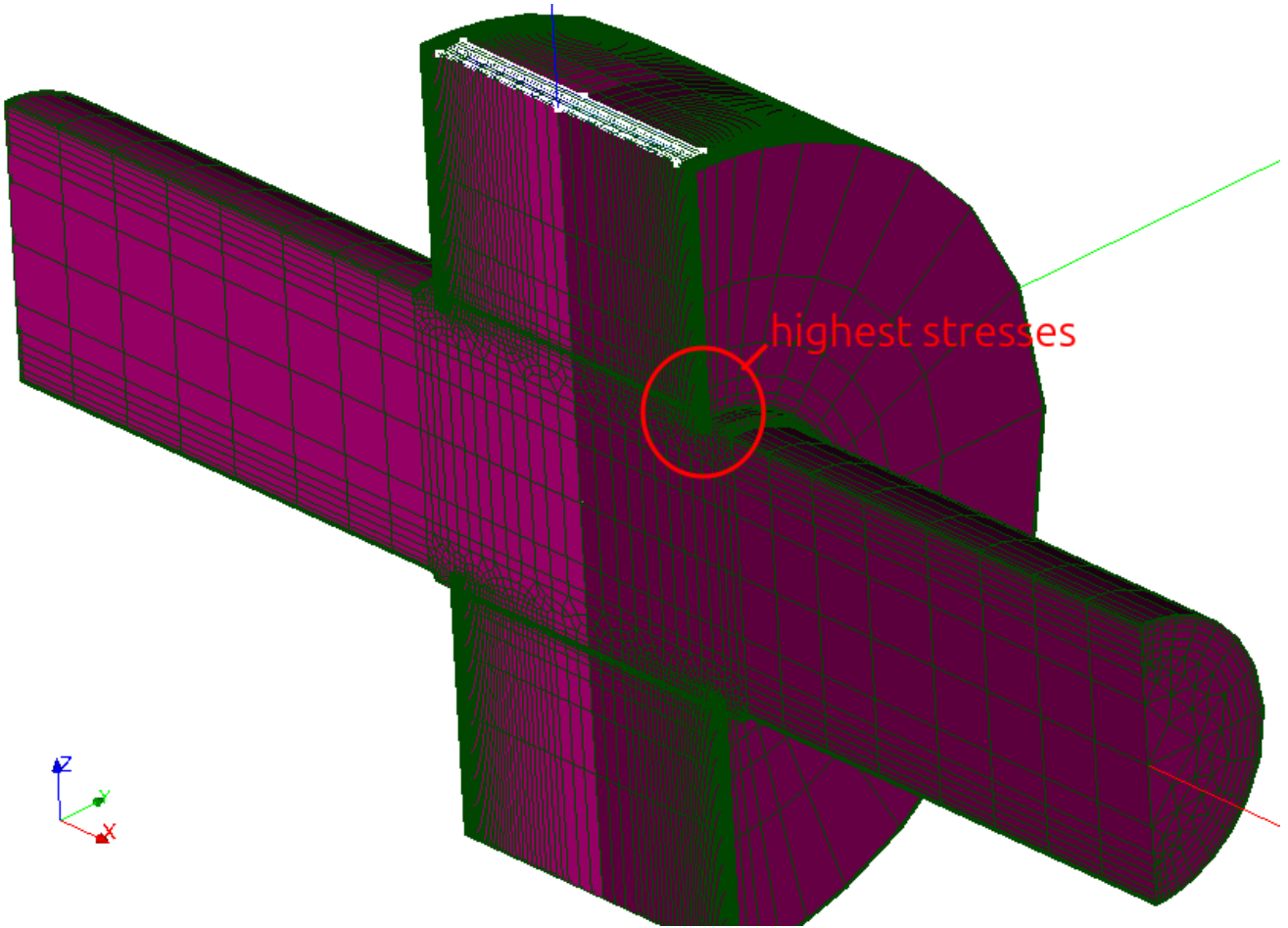
```
*** ------------------------------------------------------------
*** contact forces from TIRE to ROLLER , summed up for each roller, and summed up all together
*** ------------------------------------------------------------
#cntTireRollerSum|ASTER 16.5.0 CONCEPT 00000170 CALCULE LE 07/22/2025 A 18:16:40 DE TYPE
LOCATION                SUM       SUM_CONTACT_FORCE_Y  SUM_CONTACT_FORCE_Z
cnt_tire2ro_m005        -                -2.2216E+06          -3.8479E+06
cnt_tire2ro_m012        -                 0.0000E+00          0.0000E+00
cnt_tire2ro_m020        -                -1.9269E+06          -3.3375E+06
cnt_tire2ro_p005        -                 2.2364E+06          -3.8736E+06
cnt_tire2ro_p012        -                 0.0000E+00          0.0000E+00
cnt_tire2ro_p020        -                 1.9318E+06          -3.3460E+06
-                       SOMM              1.9752E+04          -1.4405E+07
```

Status 4: T4>T3

Contact_Force_Z Tire → Roller = 0 , at both Rollers

5 Development of the Model

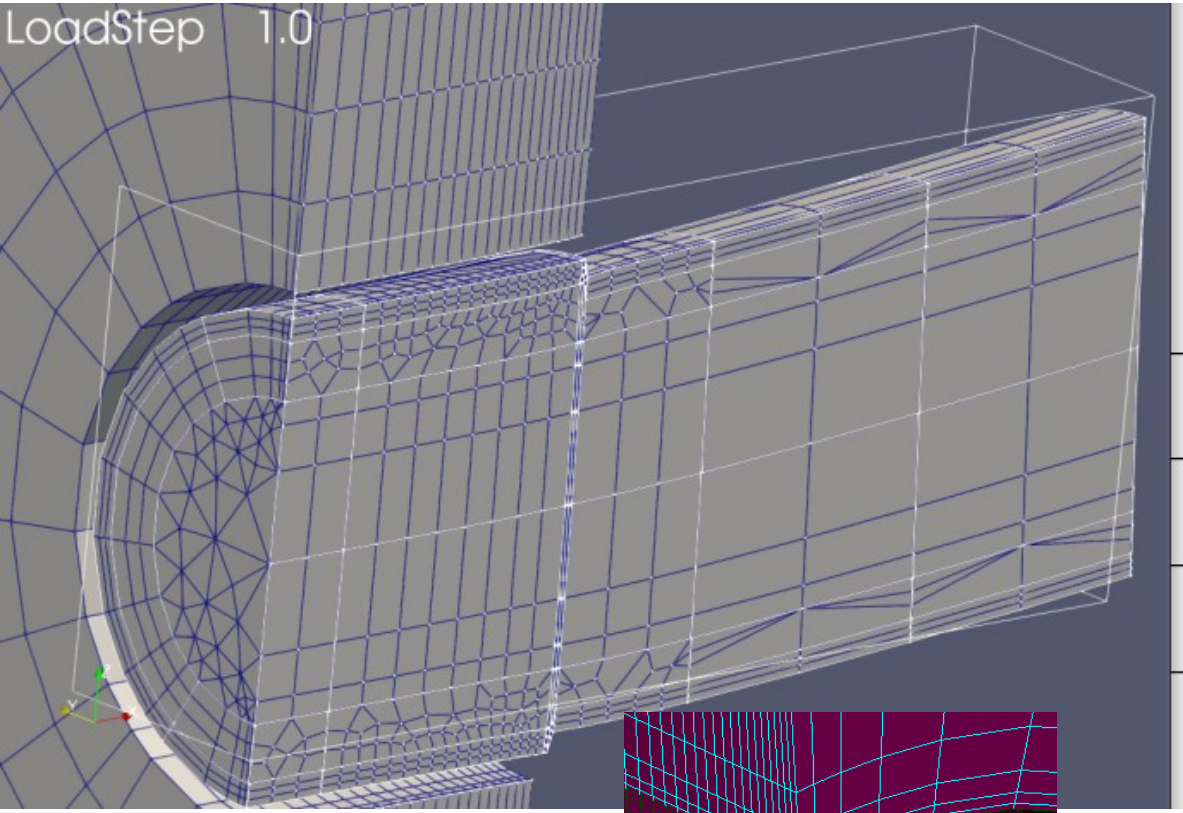
Stress at RollerShaft

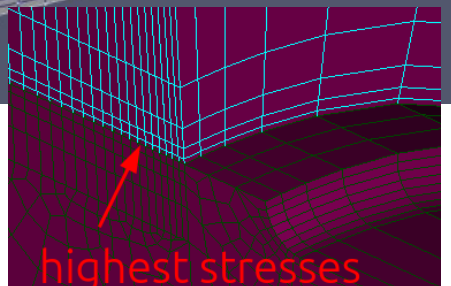


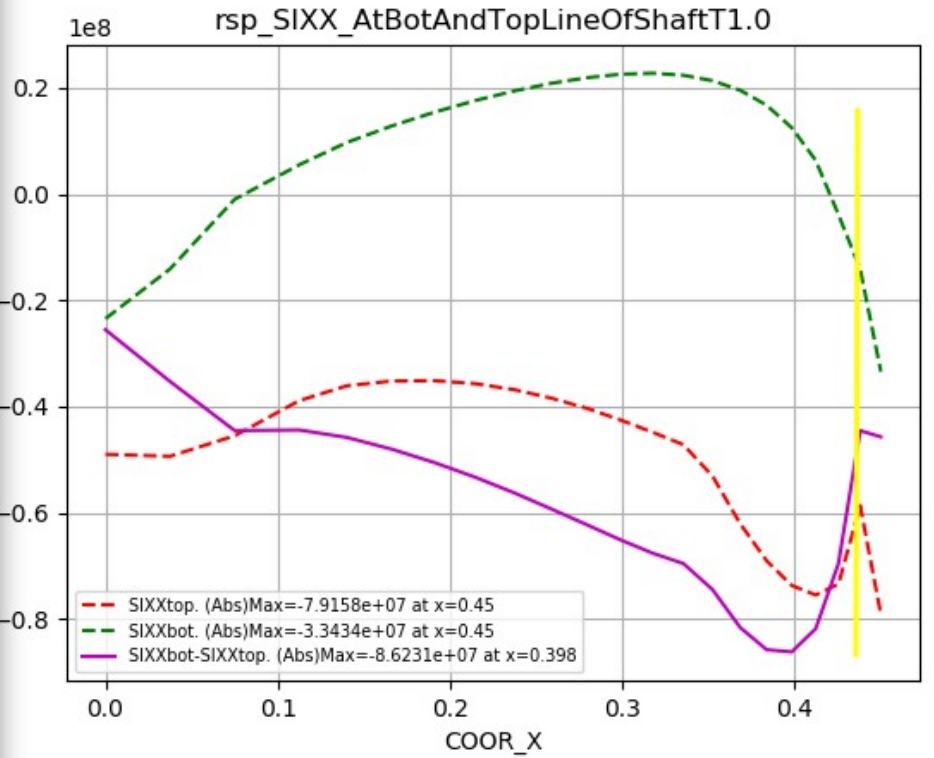
Roller and Shaft
refined mesh
(half model)

5 Development of the Model

Stress at RollerShaft







Highest alternating stress of the Shaft is inside the Roller and not visible!

Overview

1 What is a Kiln?
2 Authors' Presentation
3 The kiln-calculator on the Web → Video
4 The Workflow in the Kiln-Calculator
5 Development with gmsh and code-aster
6 Conclusions

Johannes Ackva, Ingenieurbüro für Mechanik, D
Thomas Stutz, TomTom-Tools, CH
Jordie Biemold, TomTom-Tools, CH

6 Conclusions

- Code_Aster is ideally suited for use in a web tool.
  --> No software licensing costs, but unlimited usage

- Any web tool with a simple GUI enables even non-experts to create and run simulations, thereby expanding the user and customer base.

- The development of Code_Aster command files remains reserved for experts.

- Since Code_Aster uses a Python-based command structure, the code can be developed interactively and in small, incremental steps.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Grazie per la Vostra attenzione

Gracias por su atención

Merci pour votre attention

systemworkx
IT-Lösungen & 3D Produktivität erleben

Parametric Fatigue Optimization of Bicycle Components with MODSIM Workflows

3D-Konstrukteurstag

16.09.2026
10:30 AM to 11:00 AM

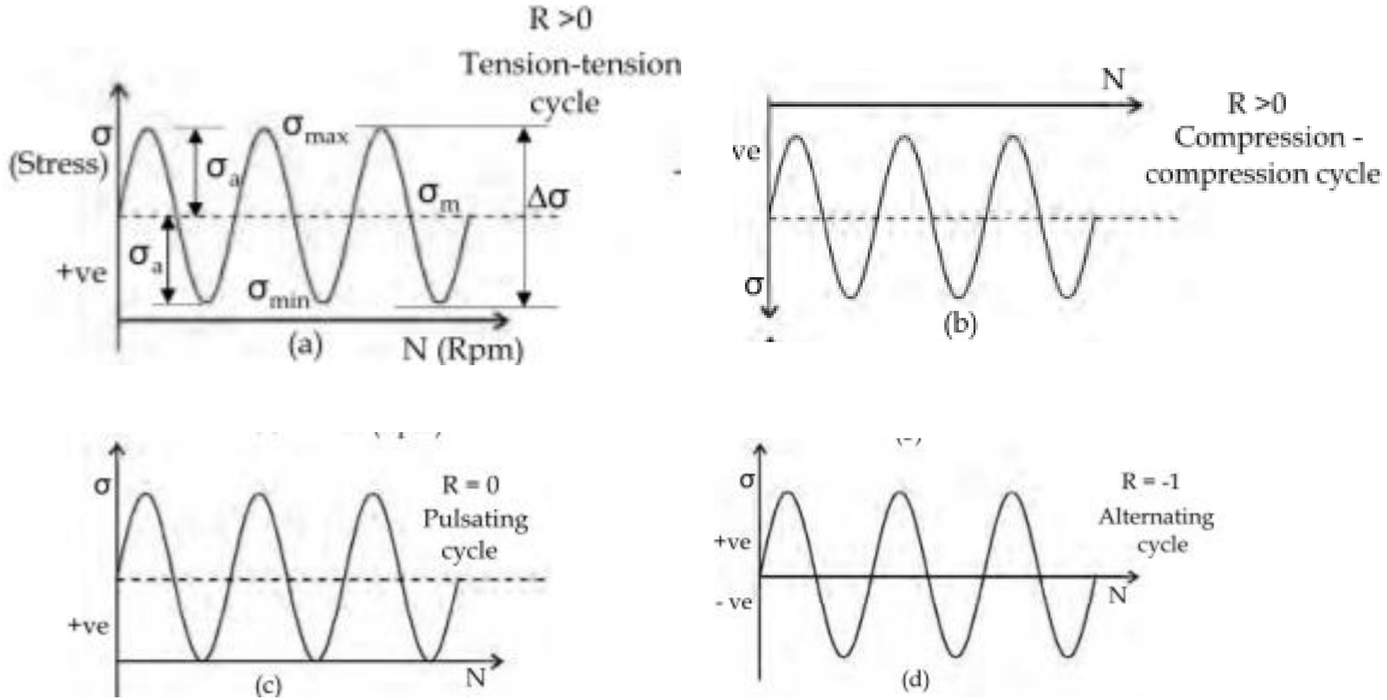
Session 3: Konstruktion und Optimierung

Hörsaal H30 Otto Lilienthal

Introduction to Fatigue

- Fatigue is the progressive damage of a material caused by repeated or cyclic loading.
- A component can fail due to fatigue even when the applied stress is below its yield strength or ultimate strength.
- Fatigue failure typically occurs in three stages:
  1. Crack initiation – formation of small cracks
  2. Crack propagation – growth of cracks with each load cycle
  3. Final fracture – sudden failure of the component
- Fatigue life is the number of load cycles a component can endure before it fails.
- Fatigue is one of the most common failure modes in engineering components and structures, making it critical to consider in design and analysis.

Introduction to Fatigue



- **σ max = maximum stress in one load cycle**
- **σ min = minimum stress in one load cycle**

- **Stress range:**

  Δσ = σ max – σ min

- **Stress amplitude:**

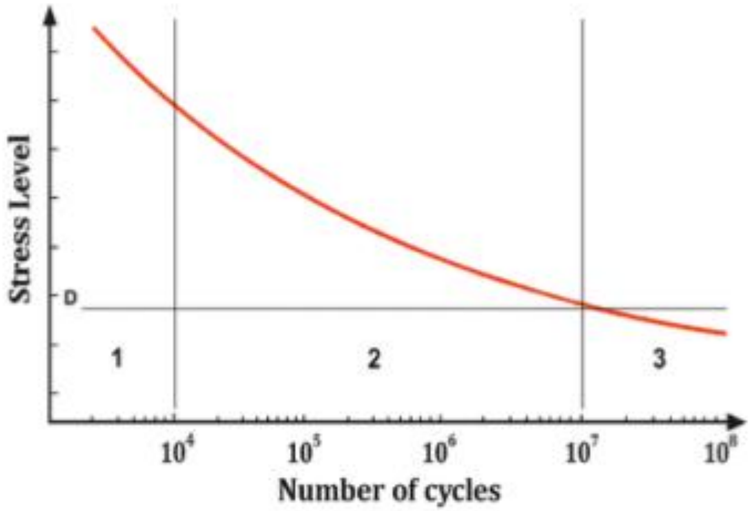
  σa = Δσ / 2 = alternating part of the stress cycle

- **Mean stress:**
  σm = (σ max + σ min) / 2 = average stress during one cycle
- **Stress ratio:**

  R = σ min / σ max = indicates the type of cyclic loading

[1] F. Moses, C. G. Schilling, and K. S. Raju, *Fatigue evaluation procedures for steel bridges*. in Report / National Cooperative Highway Research Program, no. 299. Washington, D.C: Transportation Research Board, National Research Council, 1987.

Introduction to Fatigue



[2] C. Jp, A. Ja, T. Mc, A. Mj, . Y., and P. Mv, "Ultralong Fatigue Life Approach Based on Failure Diagrams," *IJCRSET*, vol. 8, no. 3, pp. 373–382, Sep. 2025, doi: 10.30967/IJCRSET/Pereira-MV/195.

- According to Miner's rule, accumulated fatigue damage is calculated as:
  $D = \Sigma (n_i / N_i)$

  Where:
  n_i = number of applied cycles at a given stress level
  N_i = number of cycles to failure at that stress level from the S–N curve

  If $D < 1$, the component is predicted to survive; if $D \approx 1$, the fatigue life is exhausted; if $D > 1$, failure is expected.

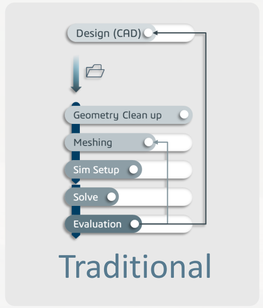
- Fatigue Life = N

- Log of Life = log10(N)

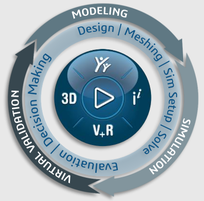
- N = 10^(Log of Life)

  For example
  Log of Life = 3 → 10^3 = 1,000 repeats
  Log of Life = 5 → 10^5 = 100,000 repeats
  Log of Life = 7 → 10^7 = 10,000,000 repeats

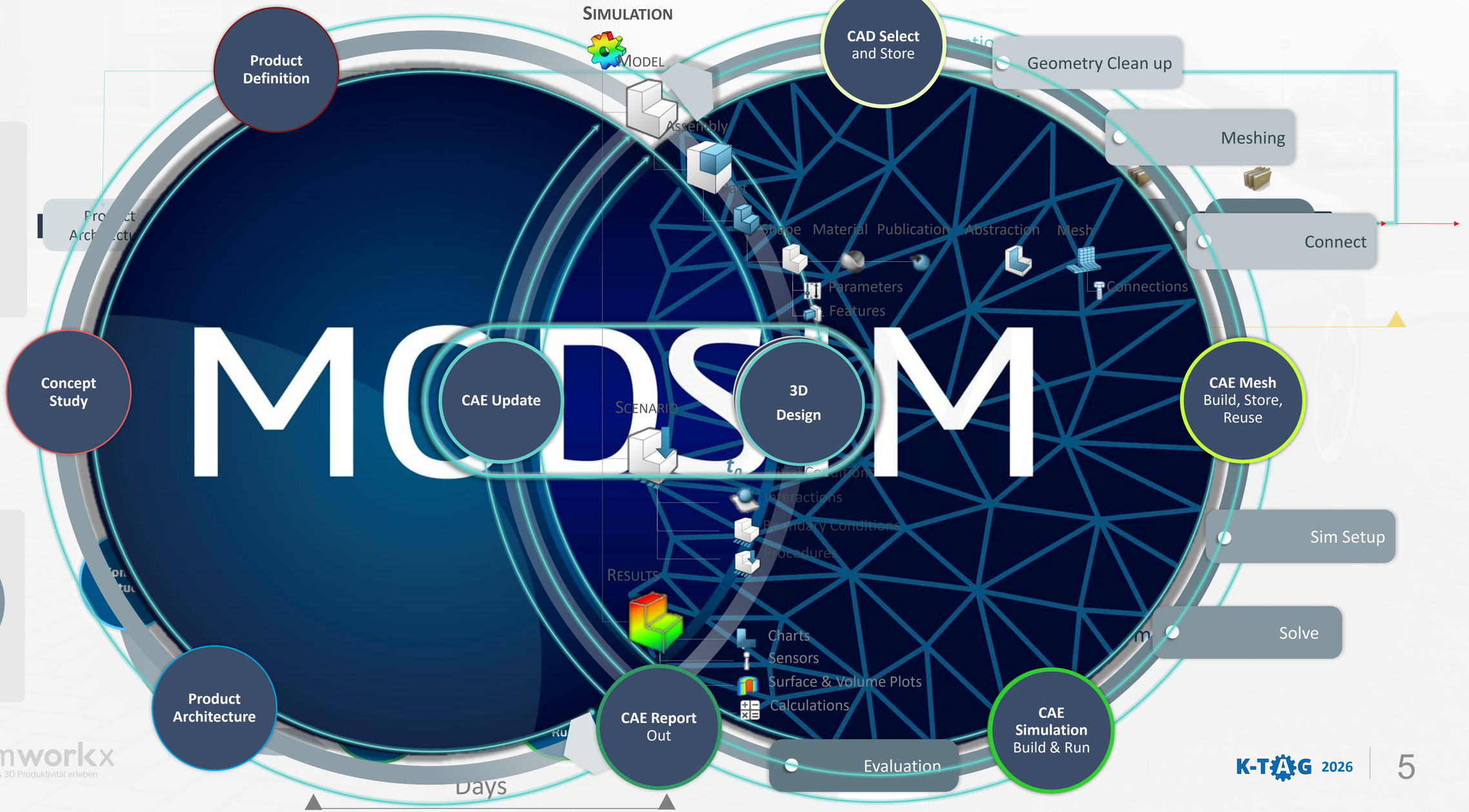
MODSIM: PARADIGM CHANGE IN THE DEVELOPMENT PROCESS



Traditional

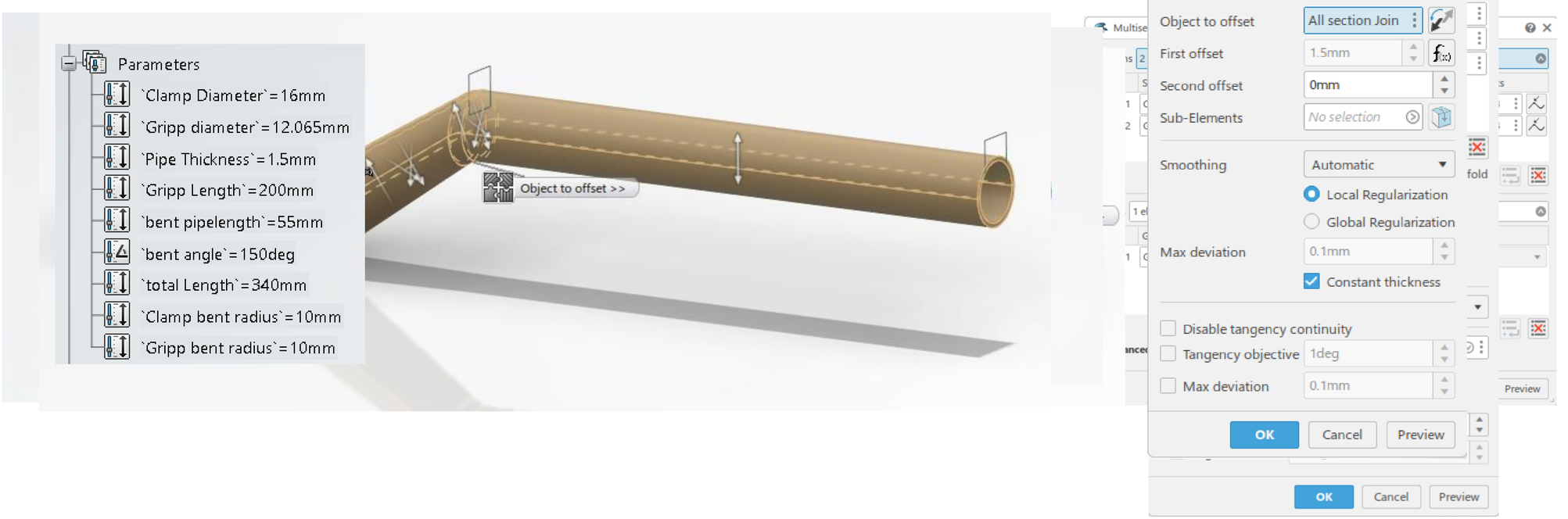


MODSIM



Design phase

DESIGNER

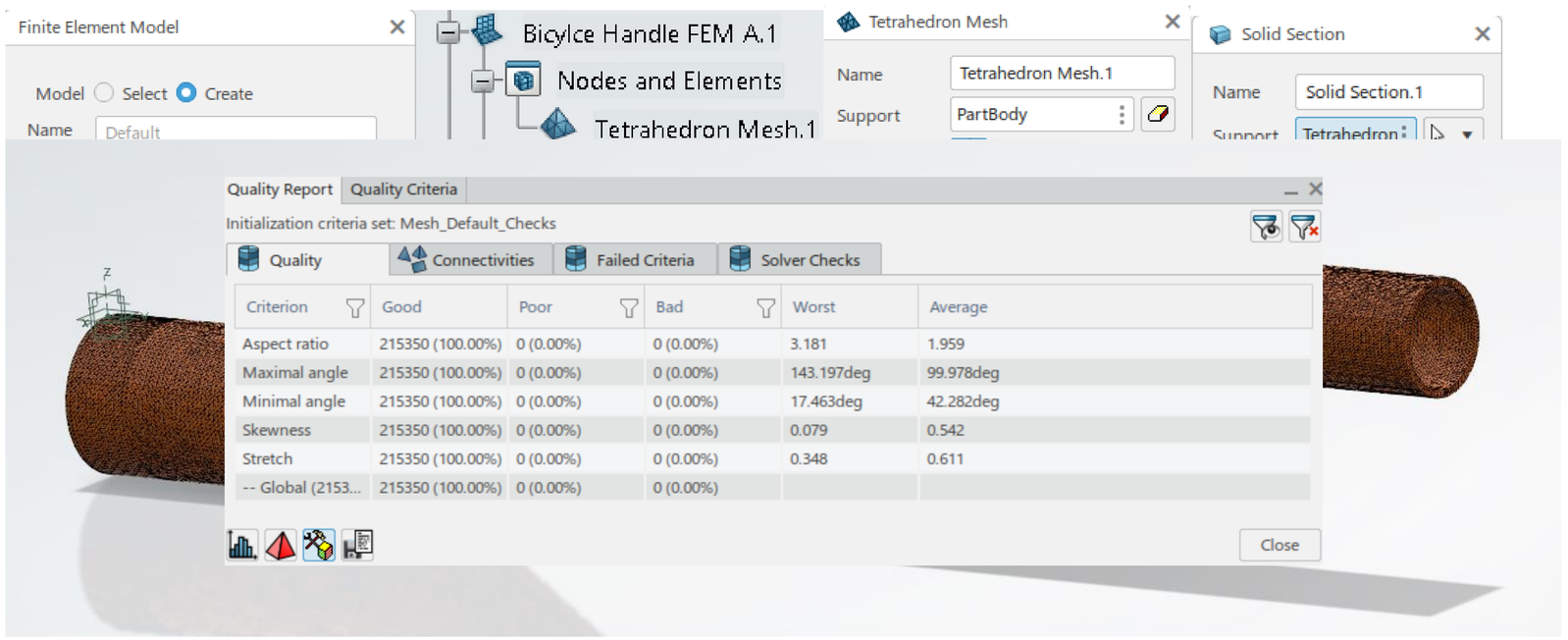


Further To FEM Expert

Meshing

Further to Simulation Engineer

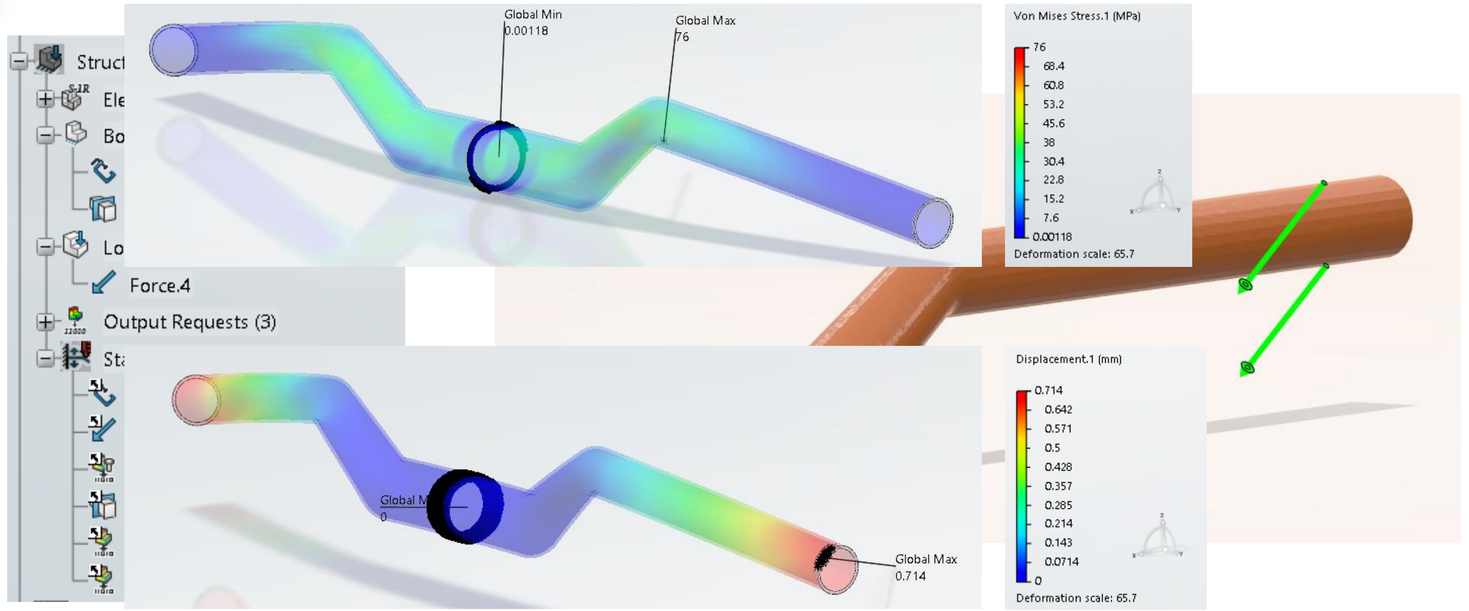
FEM Expert



Static Simulation

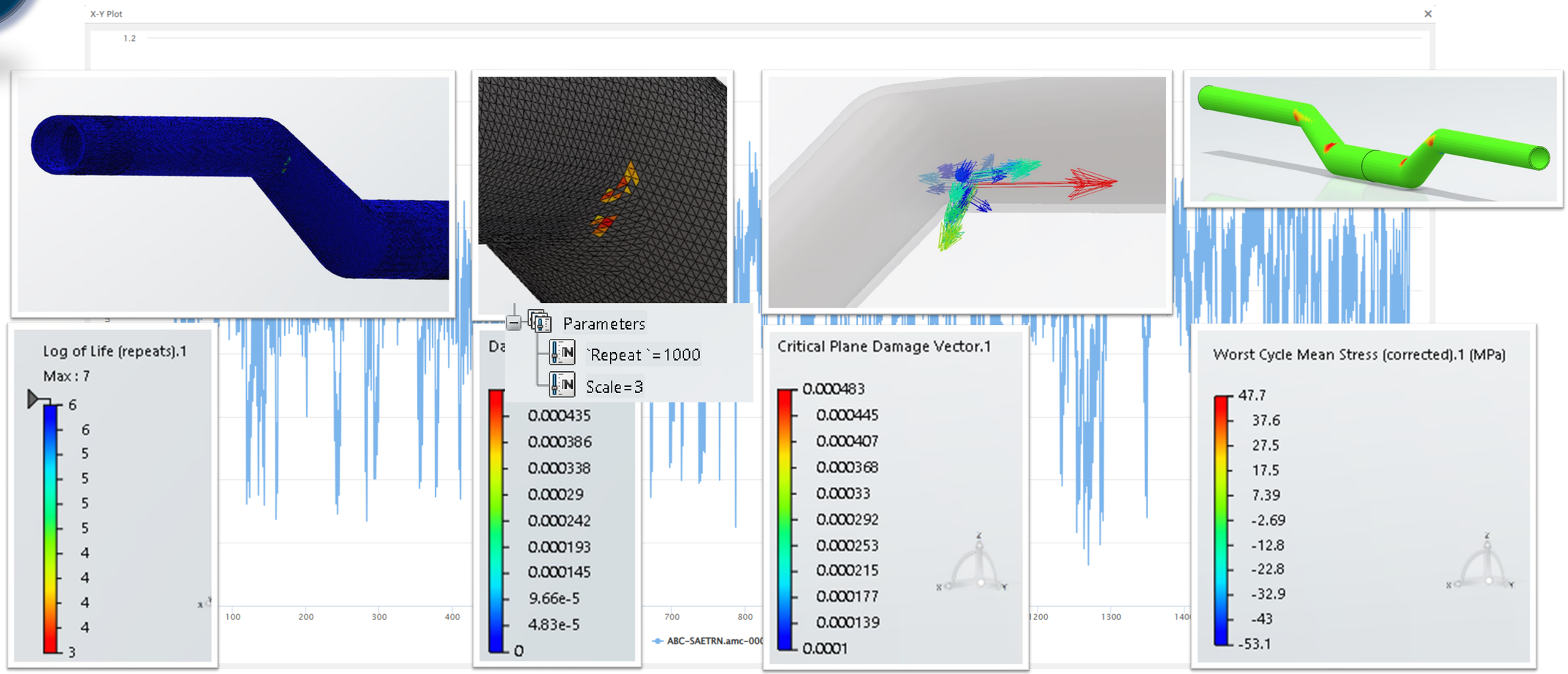
Further to Fatigue Expert

Simulation Expert



Fatigue Expert

Further to designer for Parametric Optimization

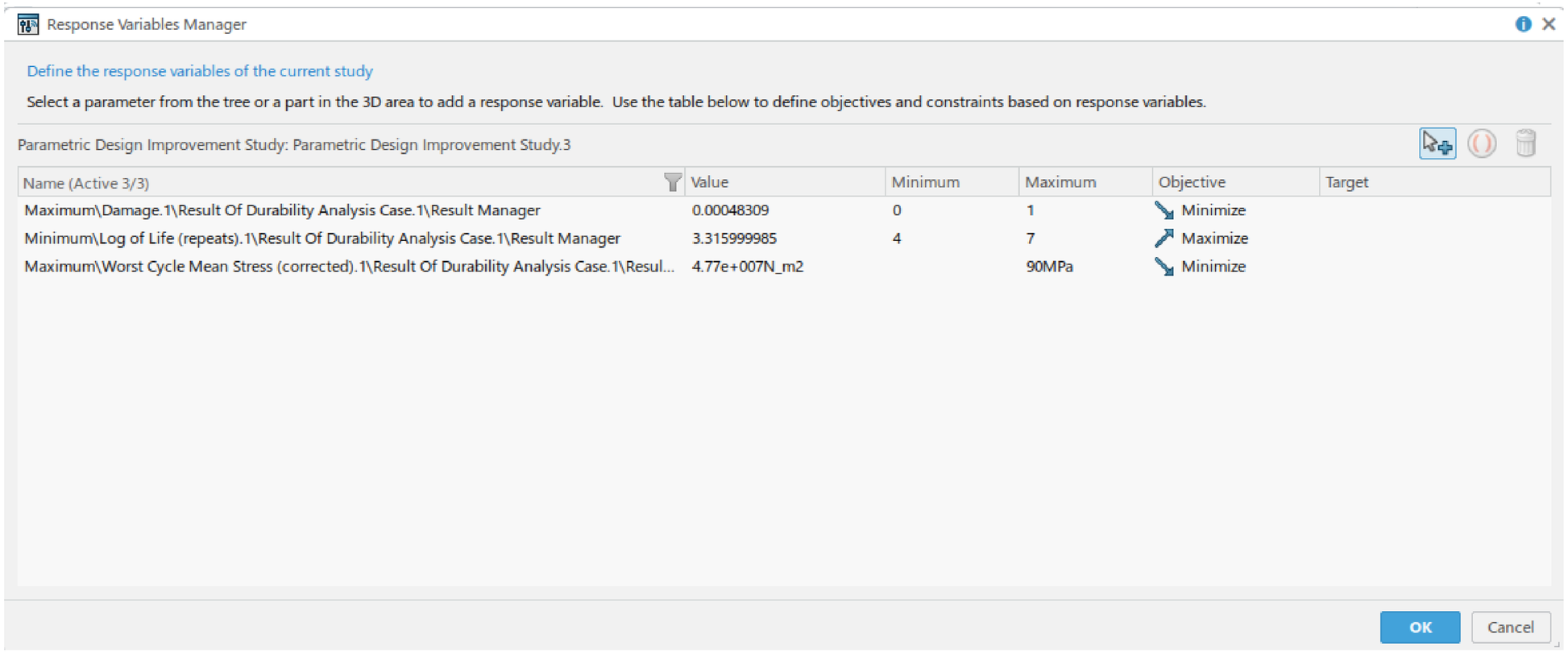


Parametric Optimization Setup

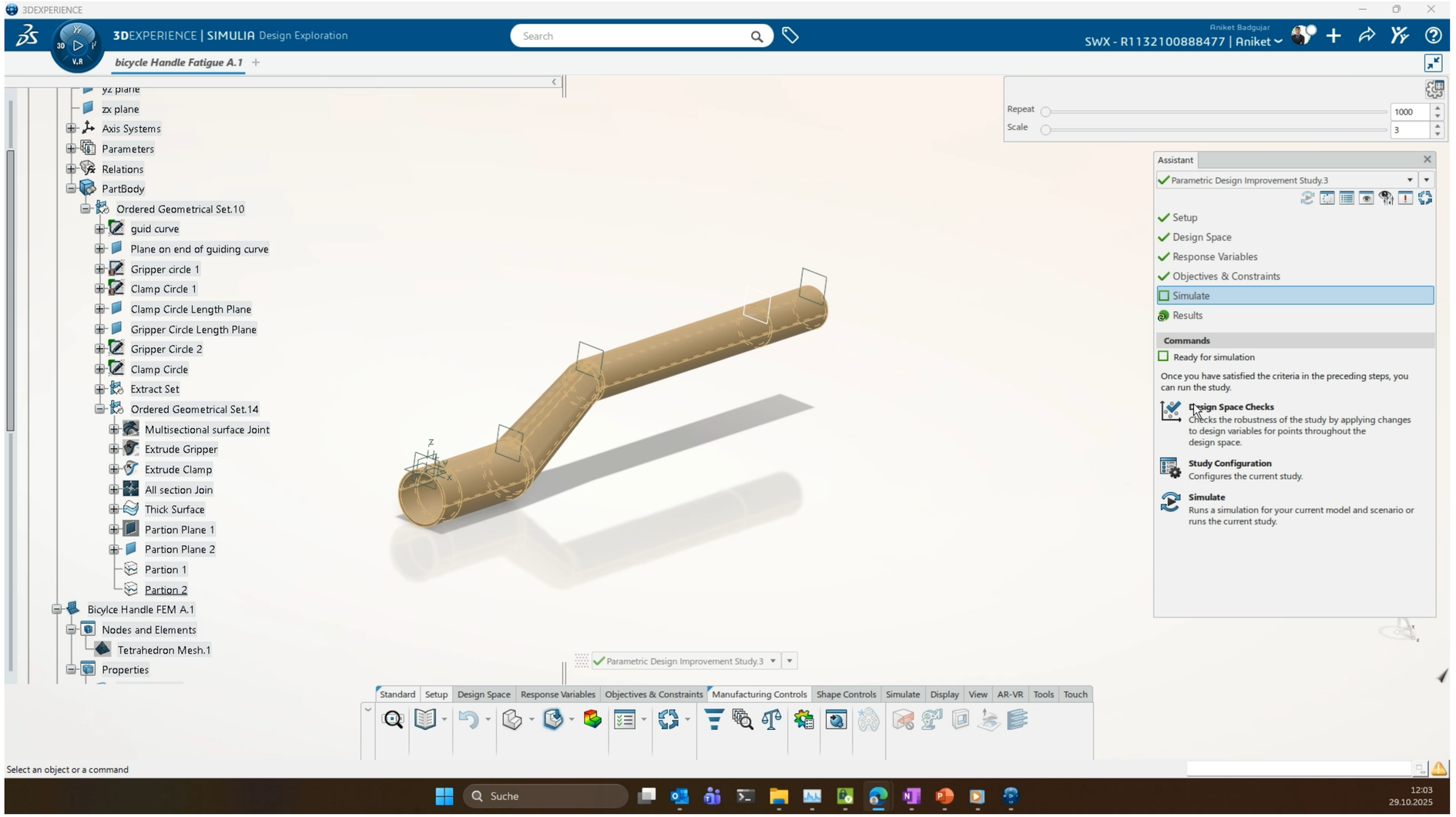
From Fatigue Expert



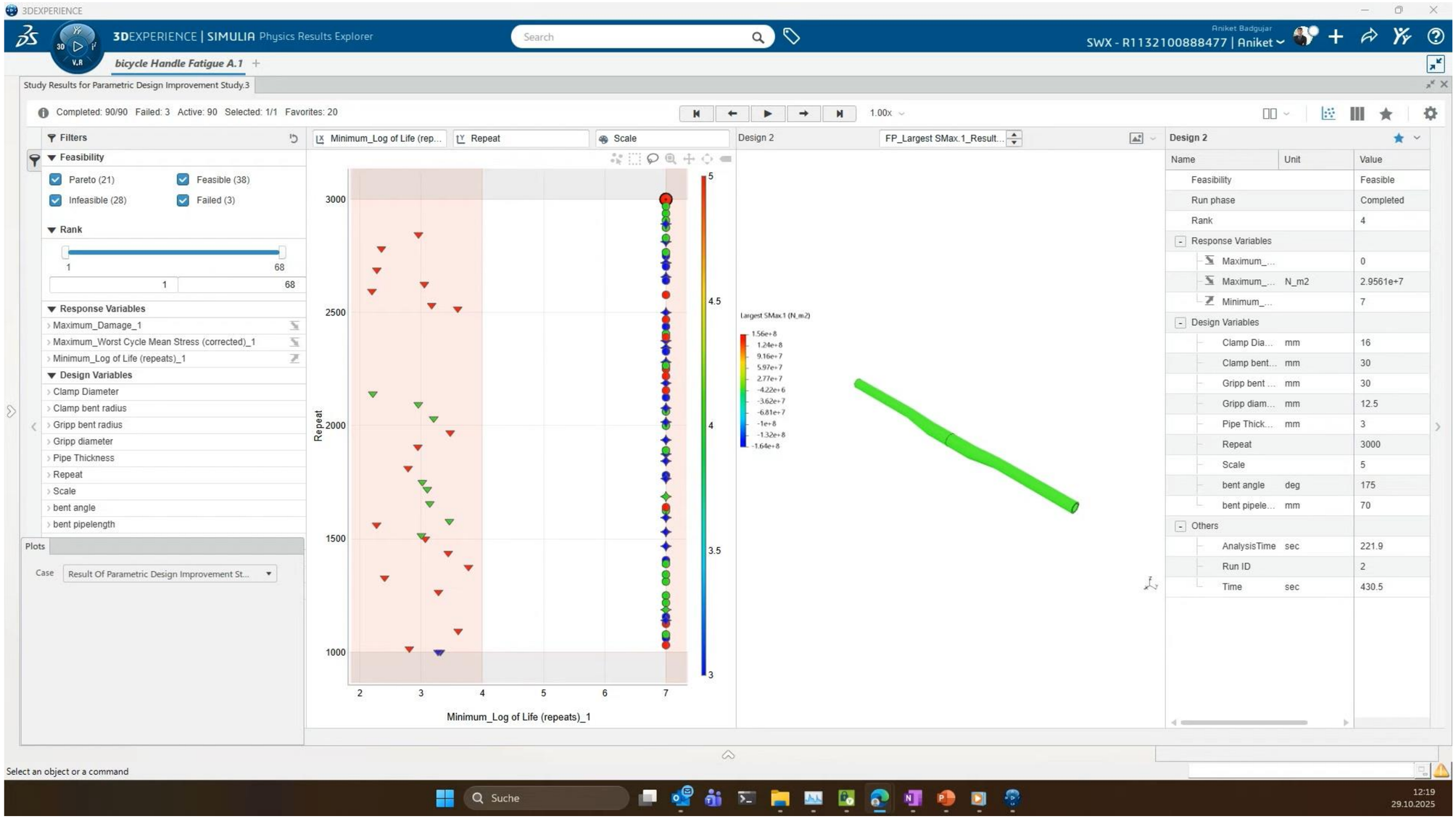
CAD designer and
Simulation Engineer



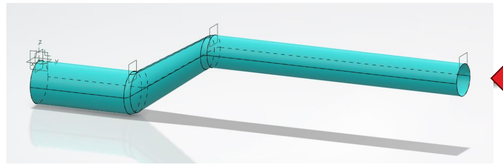
Design space check

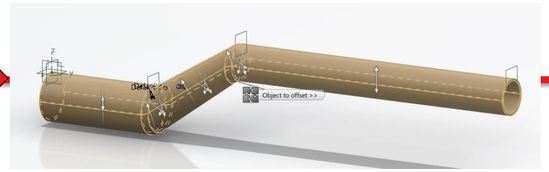


Results of Parametric Optimization of Fatigue variants



Overview



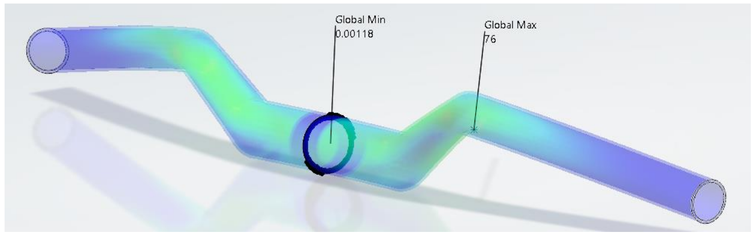


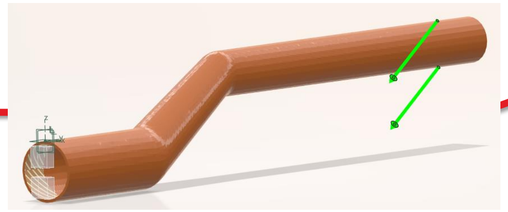
CAD
Designer



Mesh
Expert

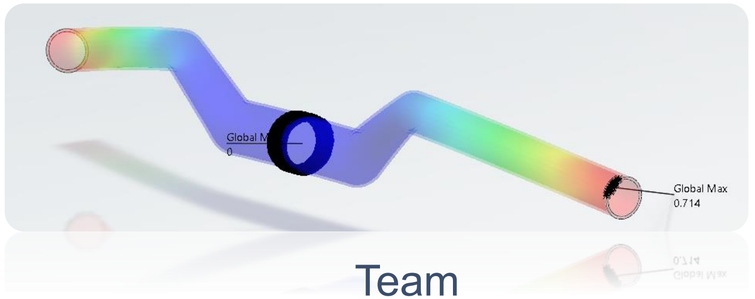








Fatigue
Expert



Team
Leader

CAE
Engineer

Durability on the 3DEXPERIENCE Platform

ROLE	Trigram	Scenario App	Base metal fatigues, Infinite life FRF, Finte life, Multiaxial fatigue	Welded joint fatigues (Verity & FKM)
Structural Analysis Engineer	SYE	Mechanical Scenario Creation	YES	YES
Composite Structures Analysis Engineer	SNE	Mechanical Scenario Creation	YES	YES
Structural Generative Engineer	OPZ	Mechanical Scenario Creation	YES	YES
Durability & Mechanics Engineer	FGM	Mechanical Scenario Creation	YES	NO
Durability Performance Engineer	FGP	Structural Scenario Creation	YES	NO

Summary

- MODSIM enables simulation-driven concept development.
- A unified data model improves cross-functional collaboration.
- Role-based workflows ensure efficient information transfer.
- Integrated durability simulation supports fatigue-driven optimization.
- AI accelerates design-space exploration with lower computational effort.

References

- [1] F. Moses, C. G. Schilling, and K. S. Raju, *Fatigue evaluation procedures for steel bridges*. in Report / National Cooperative Highway Research Program, no. 299. Washington, D.C: Transportation Research Board, National Research Council, 1987.
- [2] C. Jp, A. Ja, T. Mc, A. Mj, . Y., and P. Mv, “Ultralong Fatigue Life Approach Based on Failure Diagrams,” *IJCRSET*, vol. 8, no. 3, pp. 373–382, Sep. 2025, doi: 10.30967/IJCRSET/Pereira-MV/195.

Danke
für Ihre Aufmerksamkeit

Bei Fragen bin ich gerne persönlich für Sie da!

systemworkx
IT-Lösungen & 3D Produktivität erleben

Aniket Badgujar
Pre-sales and Simulation Consultant

+49 155 60684245
aniket.badgujar@systemworkx.de

CREO UPDATE AND ROADMAP

Christoph von Andrian-Werburg

Klaus Raab

2026



ptc

DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

AGENDA

K-TAG

27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag
Der K-Tag — Digital. Kreativ. Innovativ.
16. September 2026

- Market Trends
- Creo 13.4. Update
- creo® ai
- Creo Roadmap

DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

AGENDA

K-TAG

27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag
Der K-Tag — Digital. Kreativ. Innovativ.
16. September 2026

- **Market Trends**
- Creo 13.4. Update
- creo® ai
- Creo Roadmap

NEW TECHNOLOGIES ARE EVERYWHERE

AI



AI Materials

Generative Design

AI Security

AI Software Engineering

Generative AI Assistance

Data Agility



Data Sharing

Influencer Engineering

Metaverse

Blockchain

Computing Advances



Simulation

Quantum Computing

IT Automation

Cloud

Self Integrating Apps

Digital/Physical Convergence



Additive Manufacturing

Tech Stack Goes Physical

Design for Manufacturing

NEW TECHNOLOGIES FOR ENGINEERING

AI



AI Materials

Generative Design

AI Security

AI Software Engineering

Generative AI Assistance

Data Agility



Data Sharing

Influencer Engineering

Metaverse

Blockchain

Computing Advances



Simulation

Quantum Computing

IT Automation

Cloud

Self Integrating Apps

Digital/Physical Convergence



Additive Manufacturing

Tech Stack Goes Physical

Design for Manufacturing

CREO TECHNOLOGY INTEGRATION

AI

AI-Driven Generative Design



Computing Advances

Real-Time Simulation

Digital/Physical Convergence

Additive Manufacturing

Disruptive technologies seamlessly integrated into the model-based digital thread...

...resulting in

- Faster innovation
- Better quality
- Time and cost savings

CREO TECHNOLOGY & DEVELOPMENT STRATEGY

Only Creo delivers these technologies deeply integrating into the design environment…

…while delivering integral design, manufacturing & simulation capabilities supporting the entire digital and physical product lifecycle.

Real-Time Simulation

Computing Advances



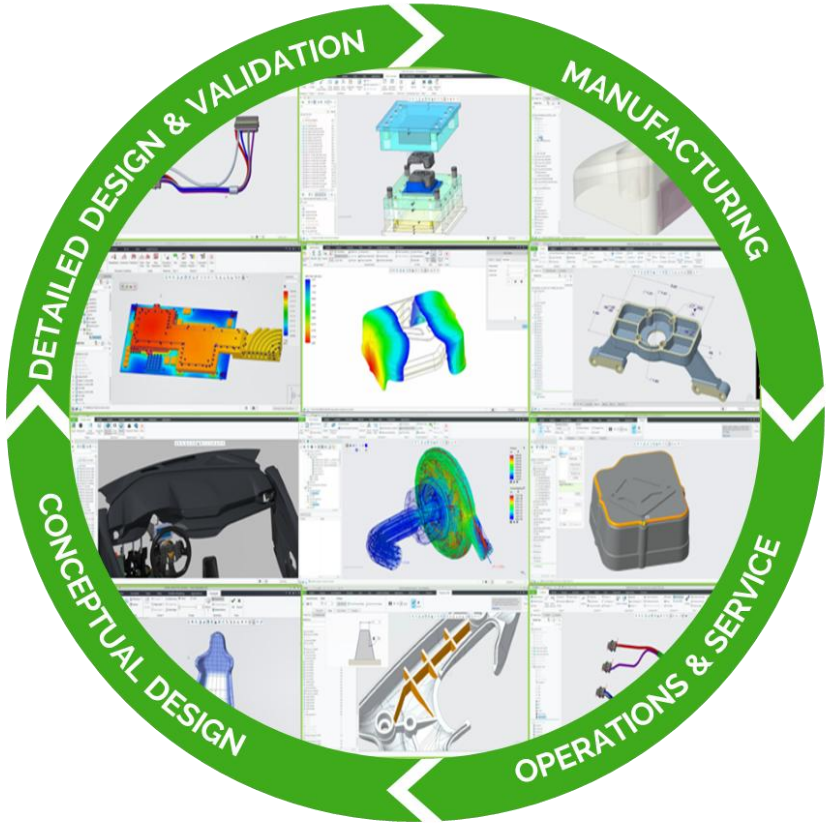
Additive Manufacturing

Digital/Physical Convergence

Generative Design

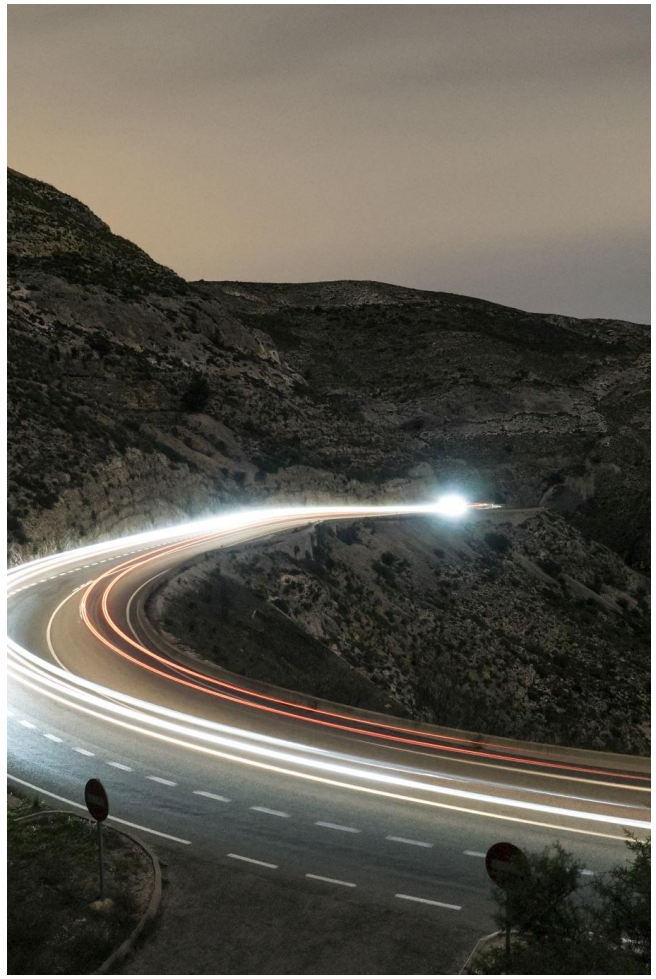
AI

AI-Driven Generative Design



FUTURE CAD INVESTMENT AREAS

Focus release on offering capability to address the everyday user, closing competitive gaps and expanding differentiation in the market with expanded AI capabilities.



AI for CAD: Using AI to help accelerate velocity of product development teams focusing on enablement and automation

User Productivity: Improve user efficiency and speed while working with large data sets and expanded modeling capabilities

MBD: Expand enterprise consumption options of semantically annotated models, enhancing and validating GD&T practices and standards

Simulation Driven Design: Improved performance of GPU based compute. Expanded physics with focus on broader manufacturability options in generative design

Design for Manufacturing: Broaden NC capabilities focusing on usability and HSM and continued innovation for additive manufacturing

Composite Design: Innovating new capabilities for fully associative design and manufacture of highly complex 3D composite structures

Design for Electrification: Support shift towards greater electrification of products; focus on collaborative development of complex harnesses and ECAD/MCAD

SaaS: Continued expansion of Creo+ including delivery through web browser and simple data management

This slide contains forward looking information that is subject to change at any time at PTC's sole discretion and without notice.

DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

AGENDA

K-TAG

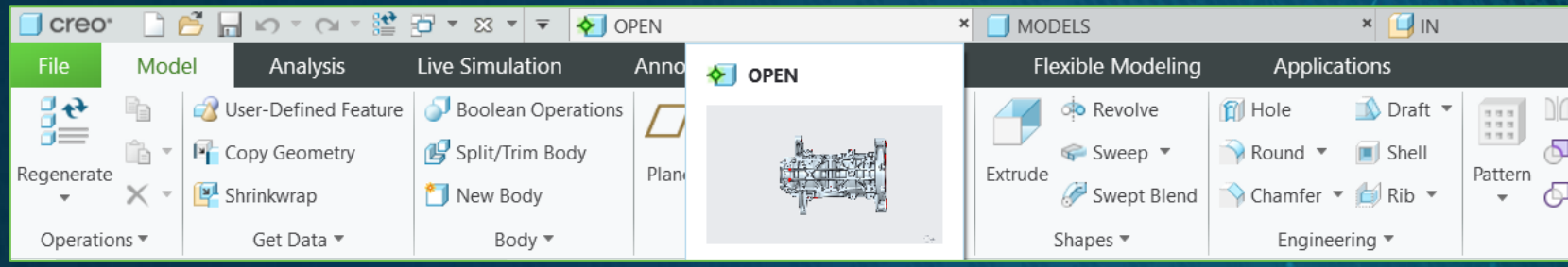
27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag
Der K-Tag — Digital. Kreativ. Innovativ.
16. September 2026

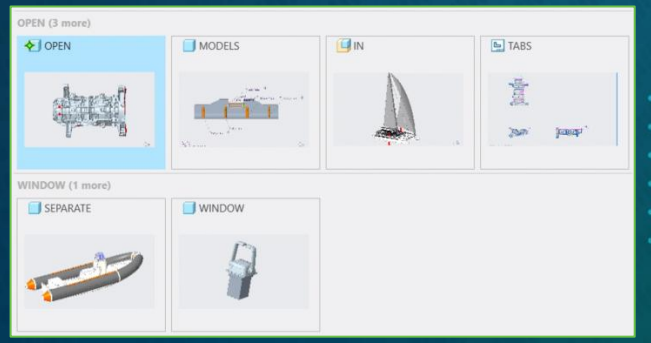
- Market Trends
- **Creo 13.4. Update**
- creo® ai
- Creo Roadmap

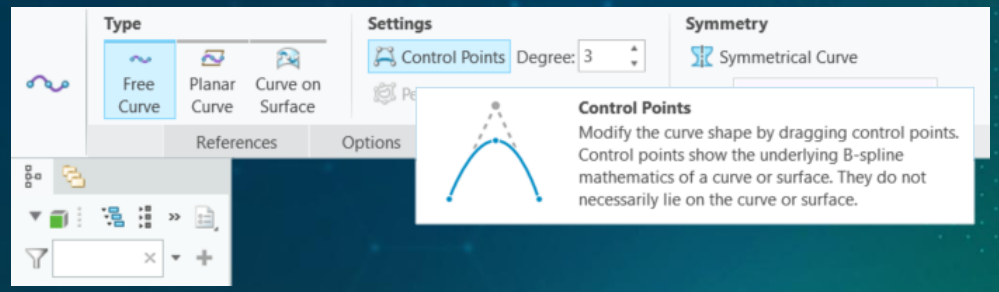
USER PRODUCTIVITY

User Experience

- Open Models in tabs
- Filter top level assemblies
- Feature preset expansion
  - Boolean Operations
  - Split/Trim Body feature
  - Remove Body features
  - Remove feature
  - Data sharing
- Expanded tooltips coverage:
  - Style
  - Fill
  - Approximate Surface
- Show Tooltip on Commands in RMB Menu







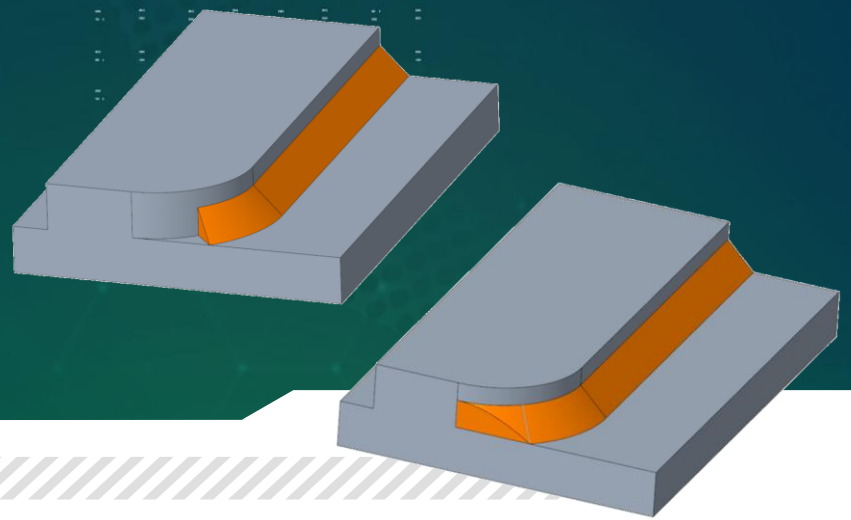
Benefits:

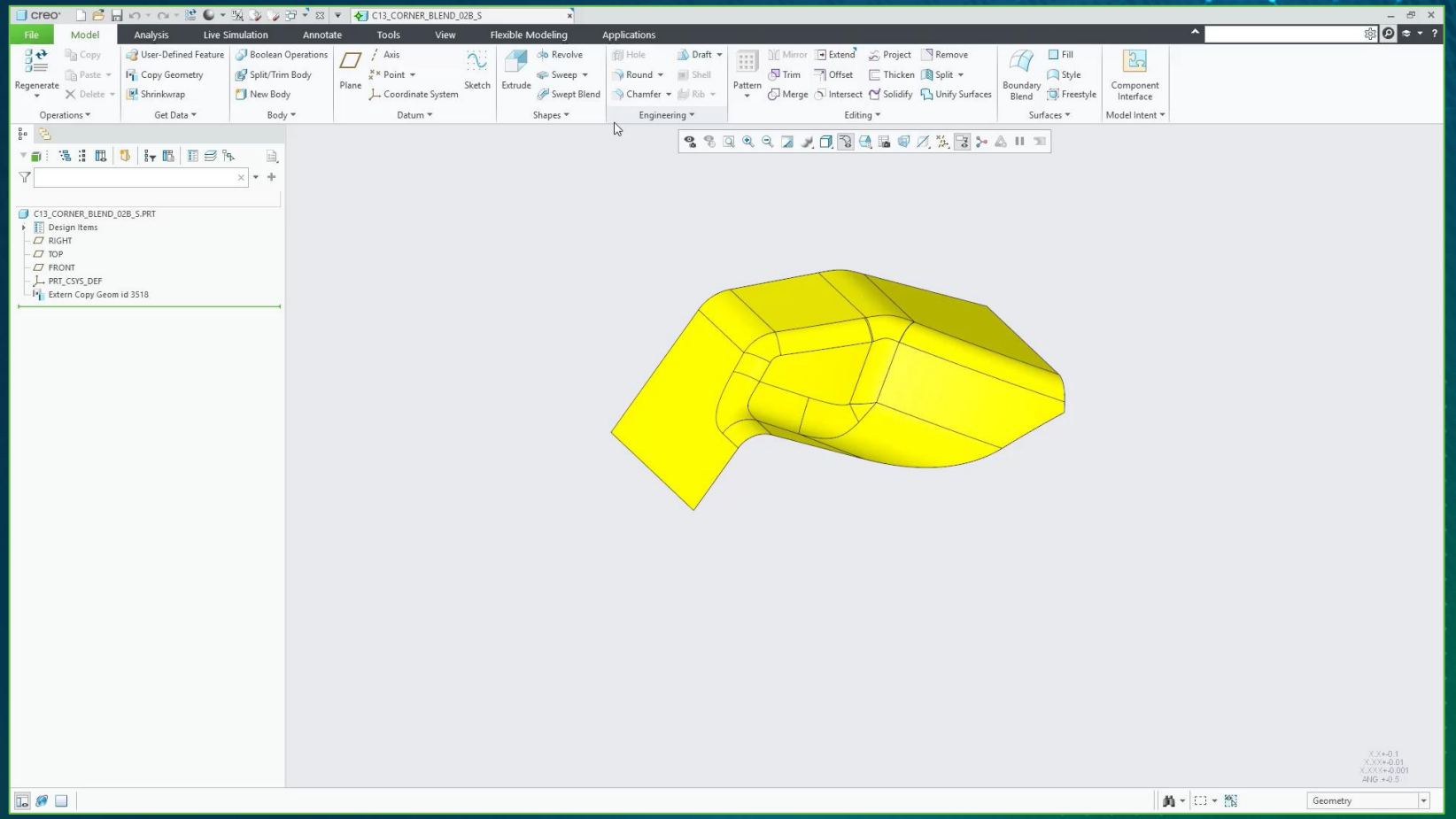
- Improves productivity by filtering the list of files to only show the top-level assemblies
- Quickly access frequently used feature option combinations and control default settings
- Improves workflow by reducing window clutter

USER PRODUCTIVITY

General Enhancements

- **New** - Corner blend
- **Sketcher** - Vertex selection for fillet and chamfer
- **Sheetmetal** – flat pattern export to DXF/DWG
- Modify resulting solid weld geometry





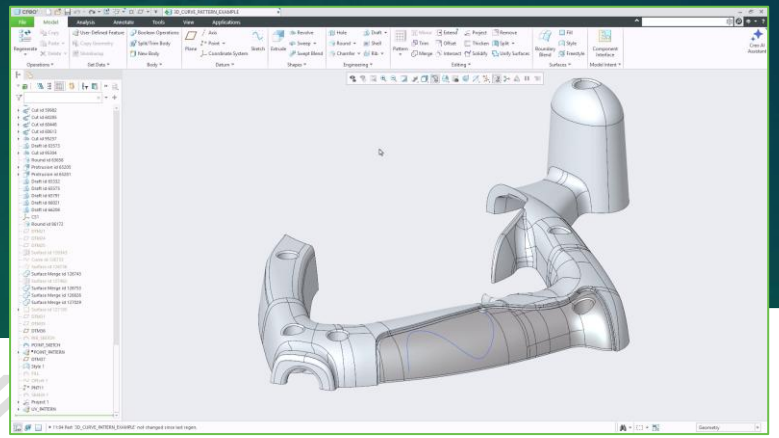
Benefits:

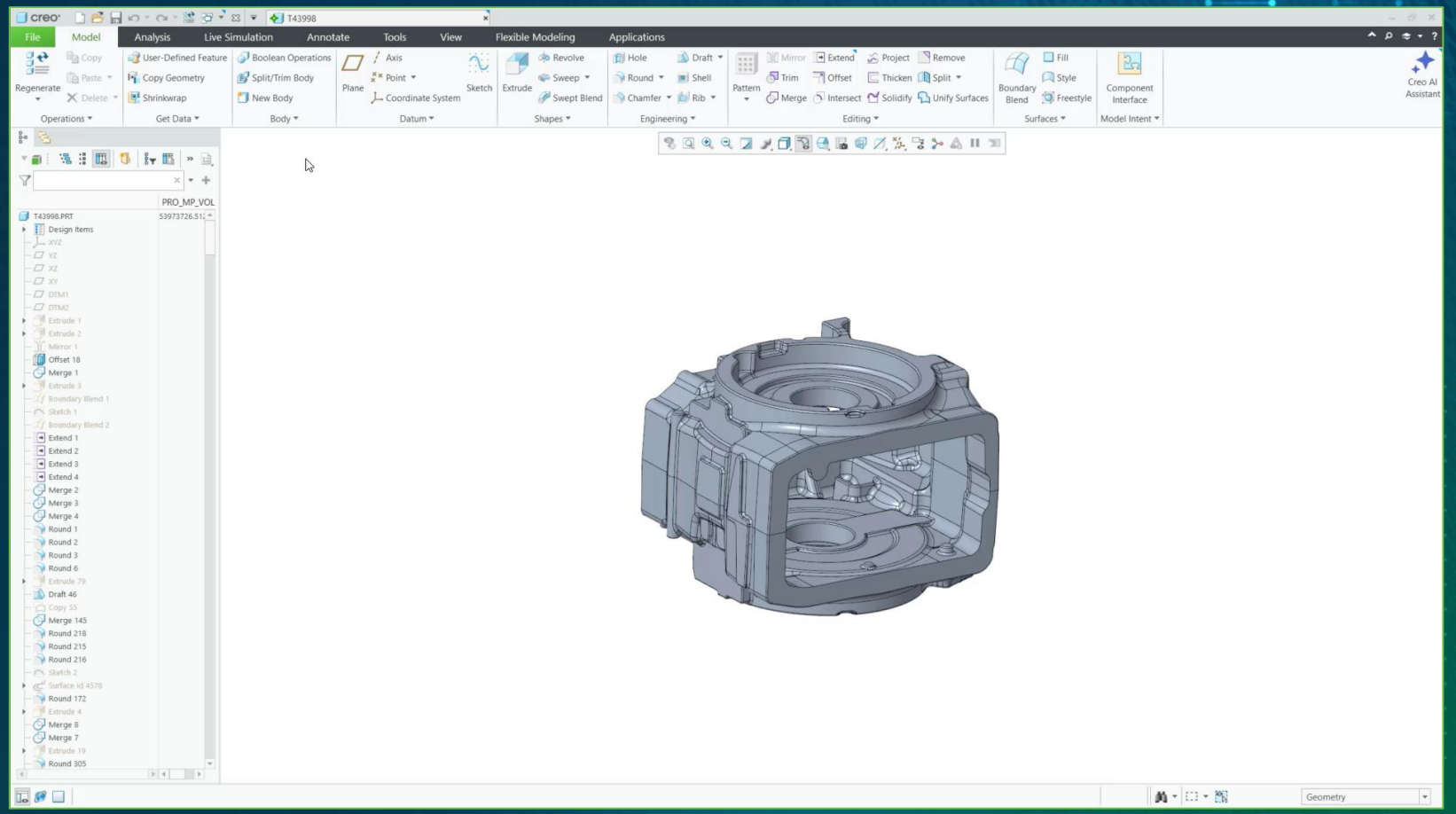
- Optimize the design for manufacturing purposes and for improved aesthetics
- Enhanced workflows for increased usability & productivity
- Increased usability through better status indications in the UI

USER PRODUCTIVITY

General enhancements

- 3D Curve **pattern**
- **Multibody** - Create parts from bodies into existing assembly
- Support **Datum Reference Feature** in an Assembly
- 3D Thickness Analysis
  - Rolling ball method and full color scale results





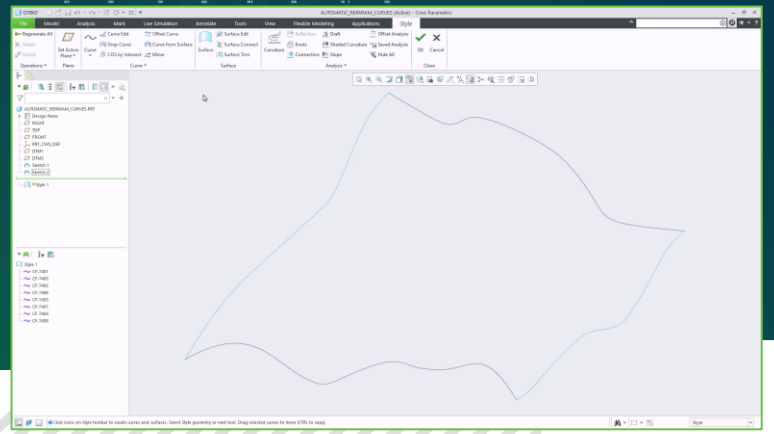
Benefits:

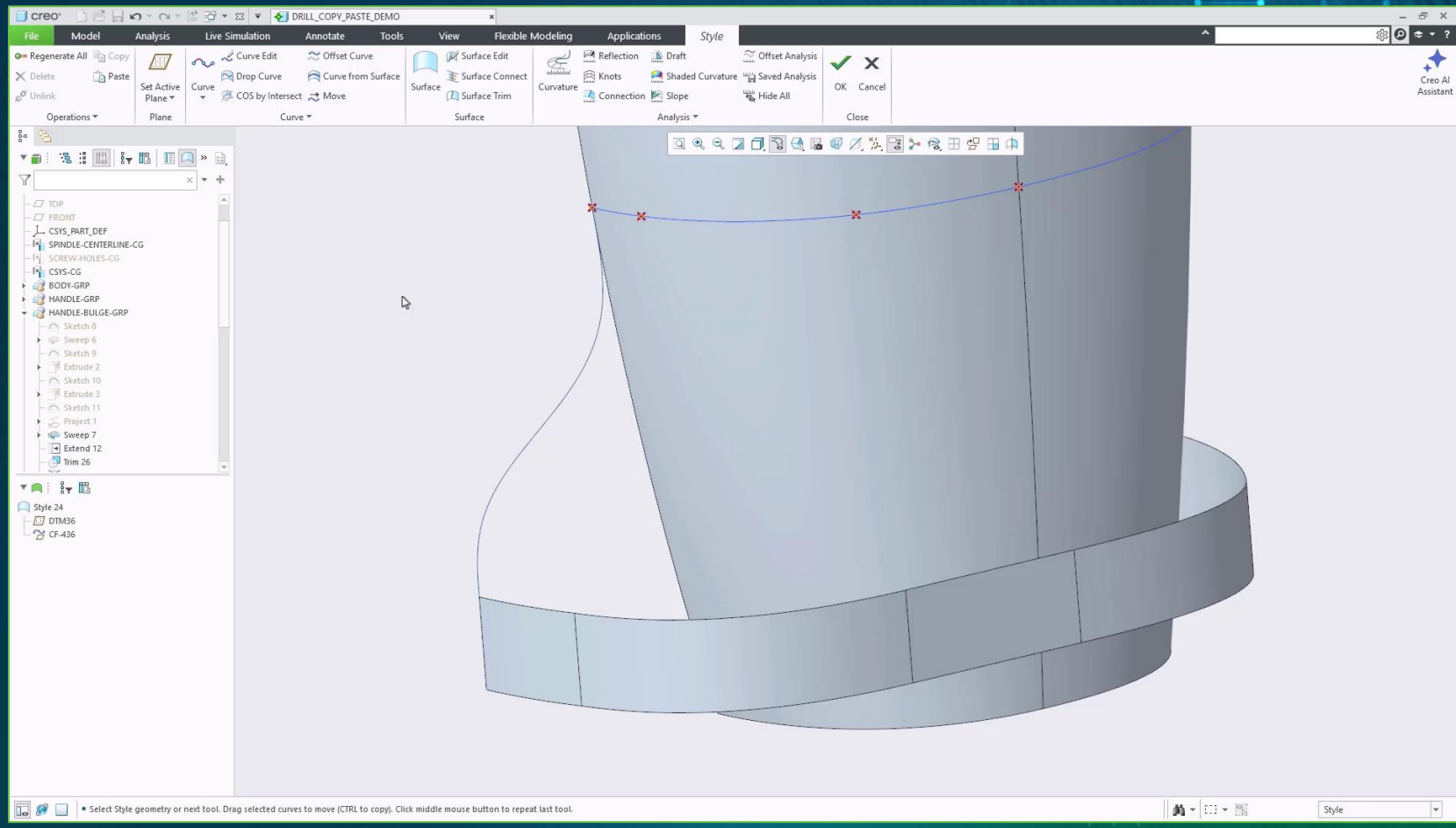
- Improved workflows for creation and update of assemblies derived from multibody parts.
- Easily capture and define semantic surface references for assembly level annotations/PMI
- Offers more seamless and productive workflow to create manufacturing deliverable

USER PRODUCTIVITY

Surfacing

- **ISDX**
  - Copy/Paste Objects
  - Control Relative tangent length for curves
  - Improved reparameterization controls for surfaces
  - Improve Surface normal connection
- **Freestyle**
  - Reconstruct disconnected facet geometry





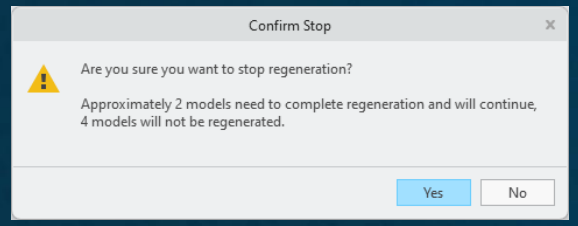
Benefits:

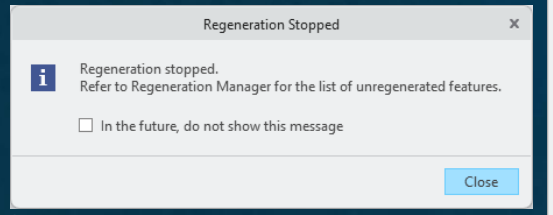
- Users will save time and effort when creating their Style feature
- Improved curve calculation resulting in higher quality and more stable curves
- Improved modification of control points allowing users to achieve the desired shape

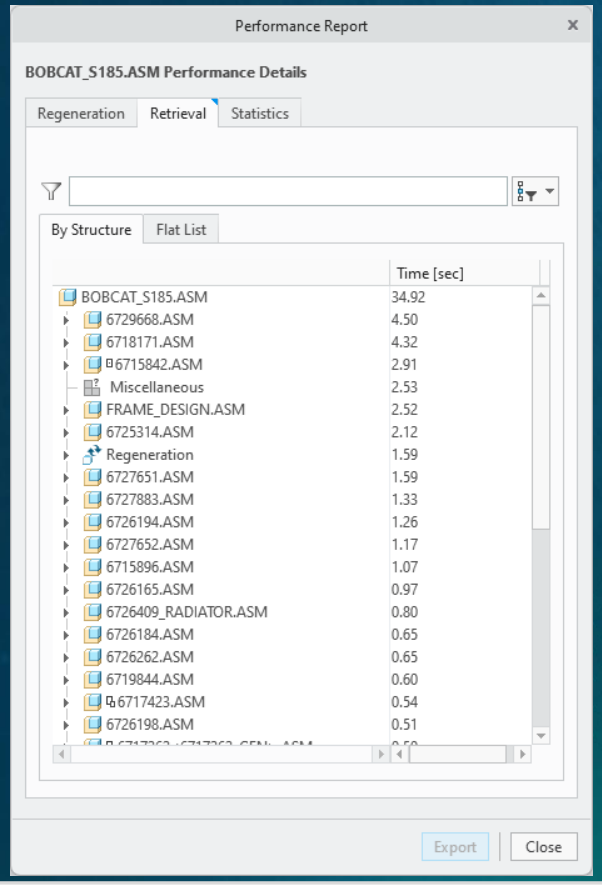
USER PRODUCTIVITY

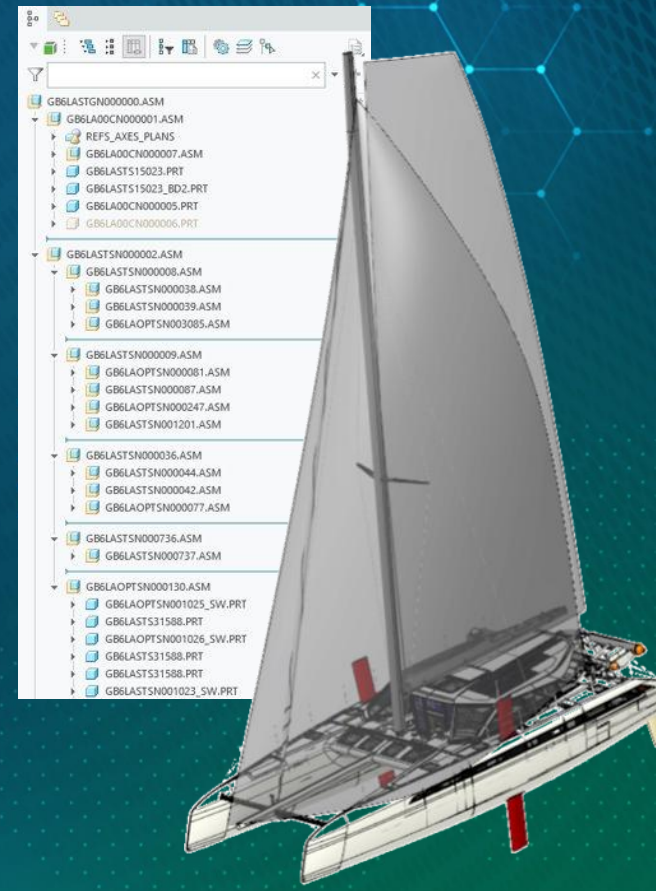
Performance

- Stopping Assembly Regeneration
- Performance Reporting of Retrieval times
- Performance improvements
  - Over **70% faster** Windchill assembly retrieval over WAN
  - Model tree nodes and columns (up to **15% improvement**)
  - Global Clearance analysis (up to **11x faster**)
  - Global Interference analysis (up to **5x faster**)
  - Box selection
  - Control Mesh manipulation
  - Surface/Quilt Highlighting
  - Reduction of redundant assembly regeneration







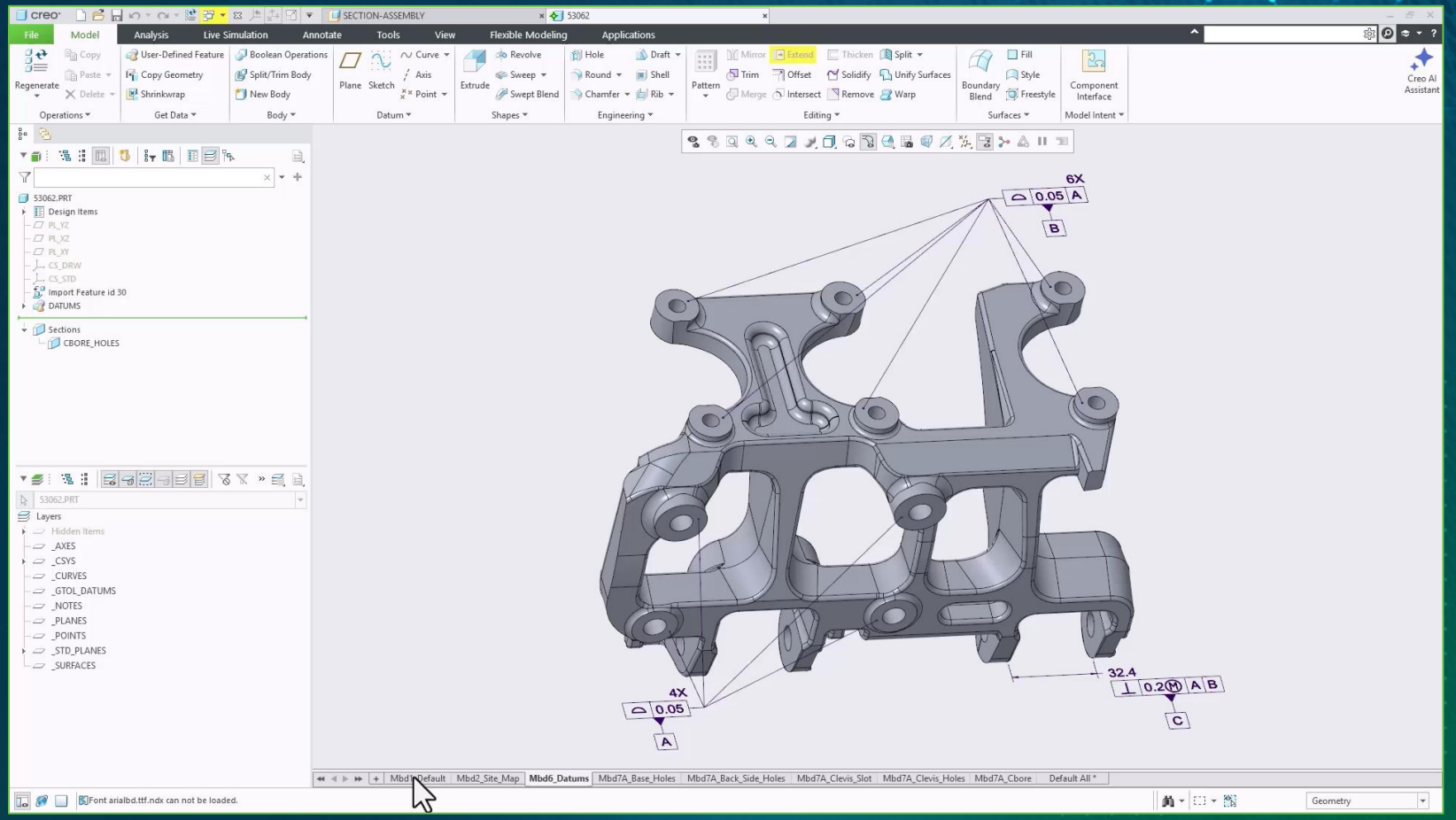


Benefits:

- More responsive regeneration termination procedure with a cleaner and reliable result
- Understand the retrieval time contribution of components and chapters of the retrieved item
- Improved interaction performance with model tree items

MBD

- 3D PDF expanded export
- Streamlined annotation propagation UI for data sharing features
- Place Symbols on surfaces without leaders
- GD&T Advisor
  - Create Pattern features from same-size cylinders
  - User Selectable Annotation Planes
  - Improved standards compliance
- EZ Tolerance
  - Duplicate an Existing Stackup
  - Redefine a mating feature for an existing stackup

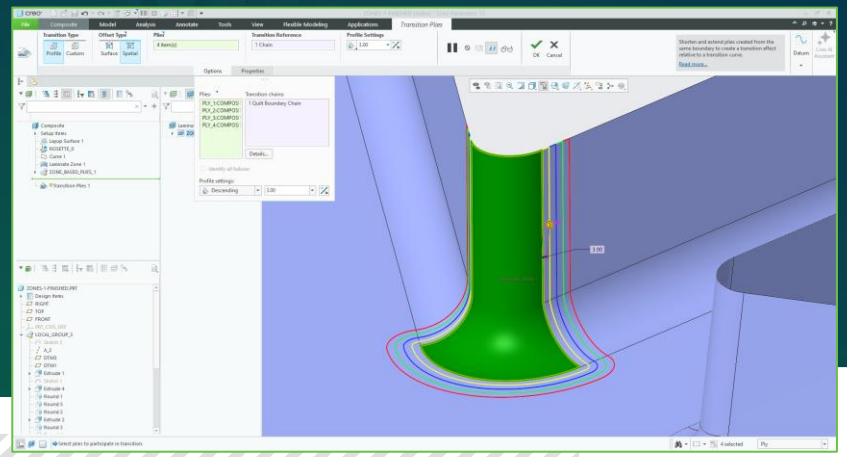


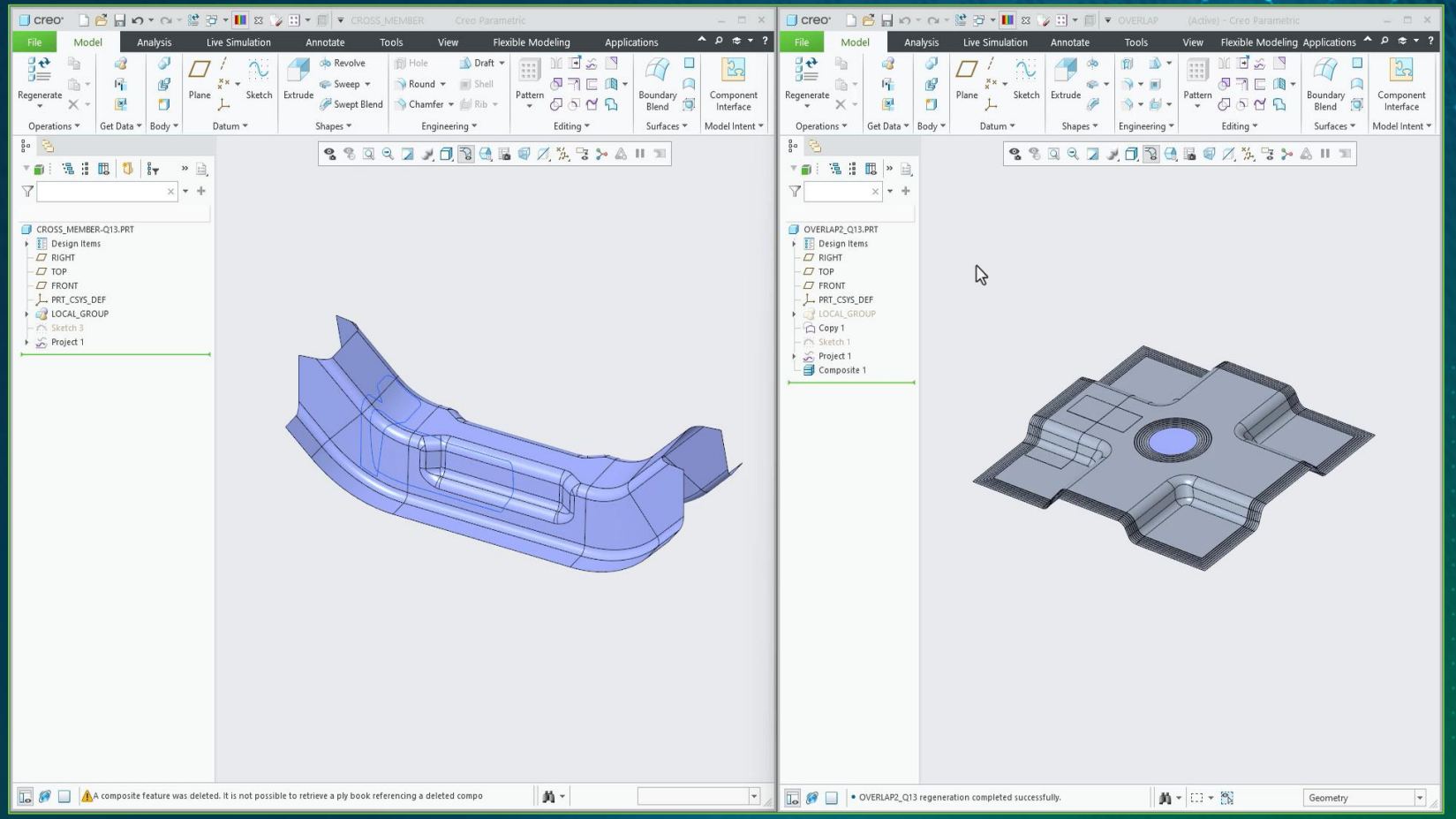
Benefits:

- Use your custom 3D PDF templates for export
- Improved support for ISO standard
- Easier to control the propagation & dependency state of stacked/related annotations

DESIGN FOR COMPOSITES

- Composite design reuse with Copy/Paste
- New offset for Transitions (up to **60x faster**)
- Curve based draping
- Improved handling of materials



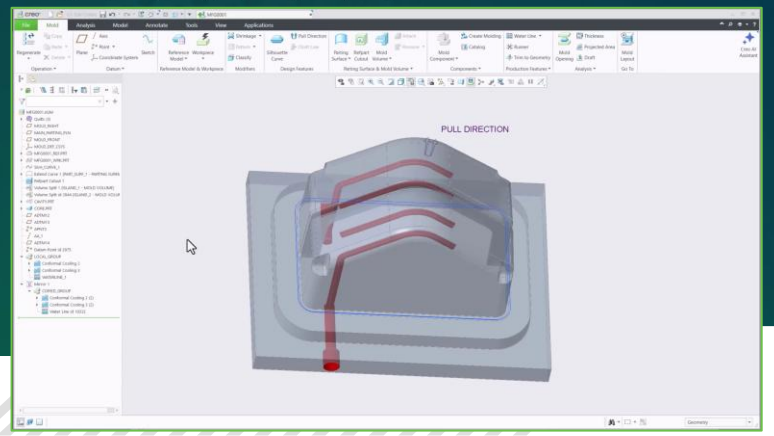


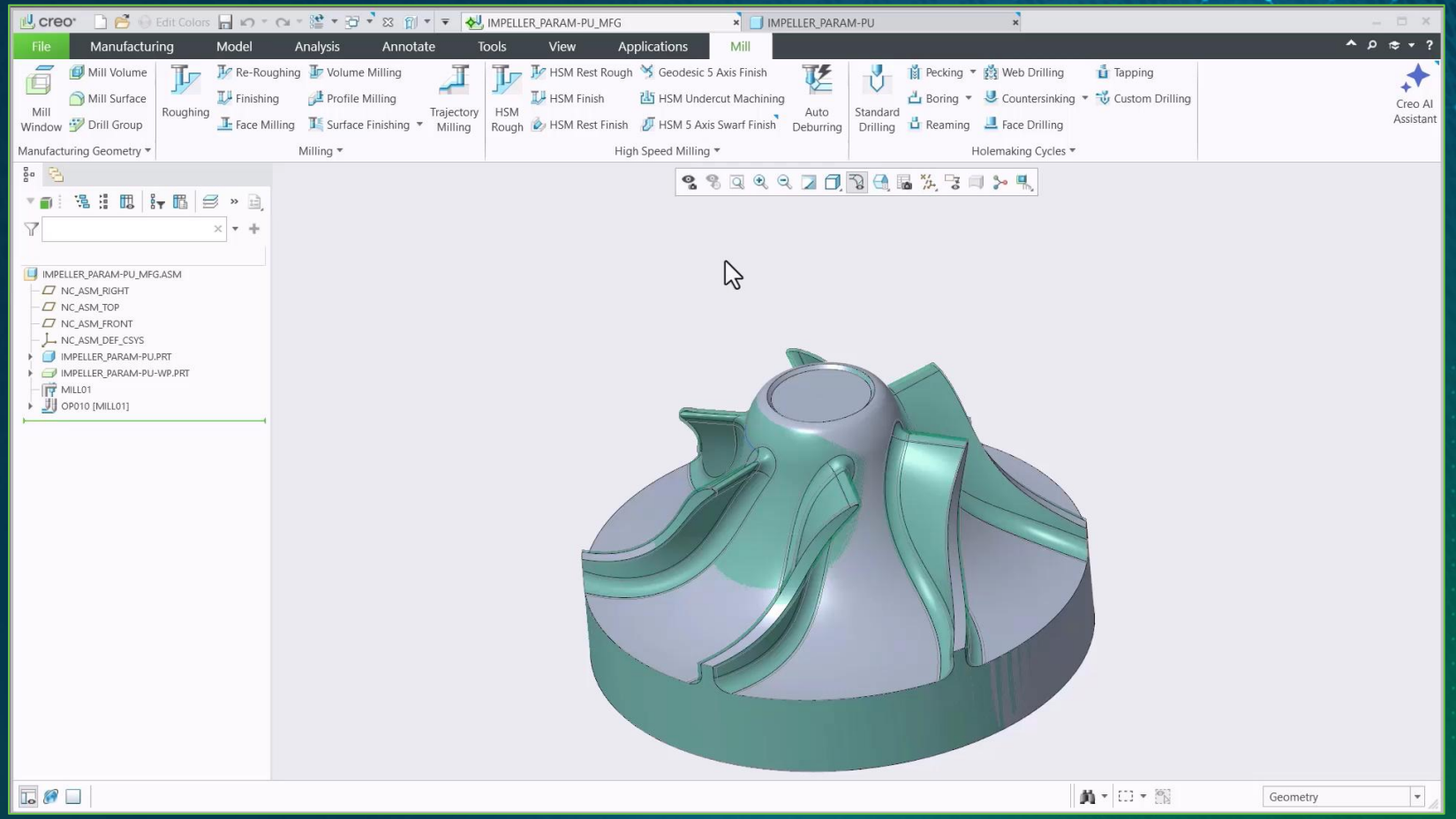
Benefits:

- Improve productivity by reusing existing composite design logic and structure
- Spatial offset significantly improves overall performance
- More accurate draping simulation results and flat patterns

DESIGN FOR MANUFACTURING

- Subtractive
  - Swarf finishing toolpath
  - UX redesign of NC Parameters
- Additive
  - Expanded Pore Size Options
  - Intent references created at intersection of beams and shell
- Mold design
  - Connect multiple conformal cooling channels





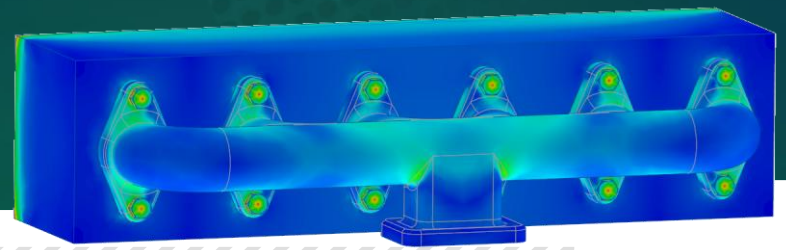
Benefits:

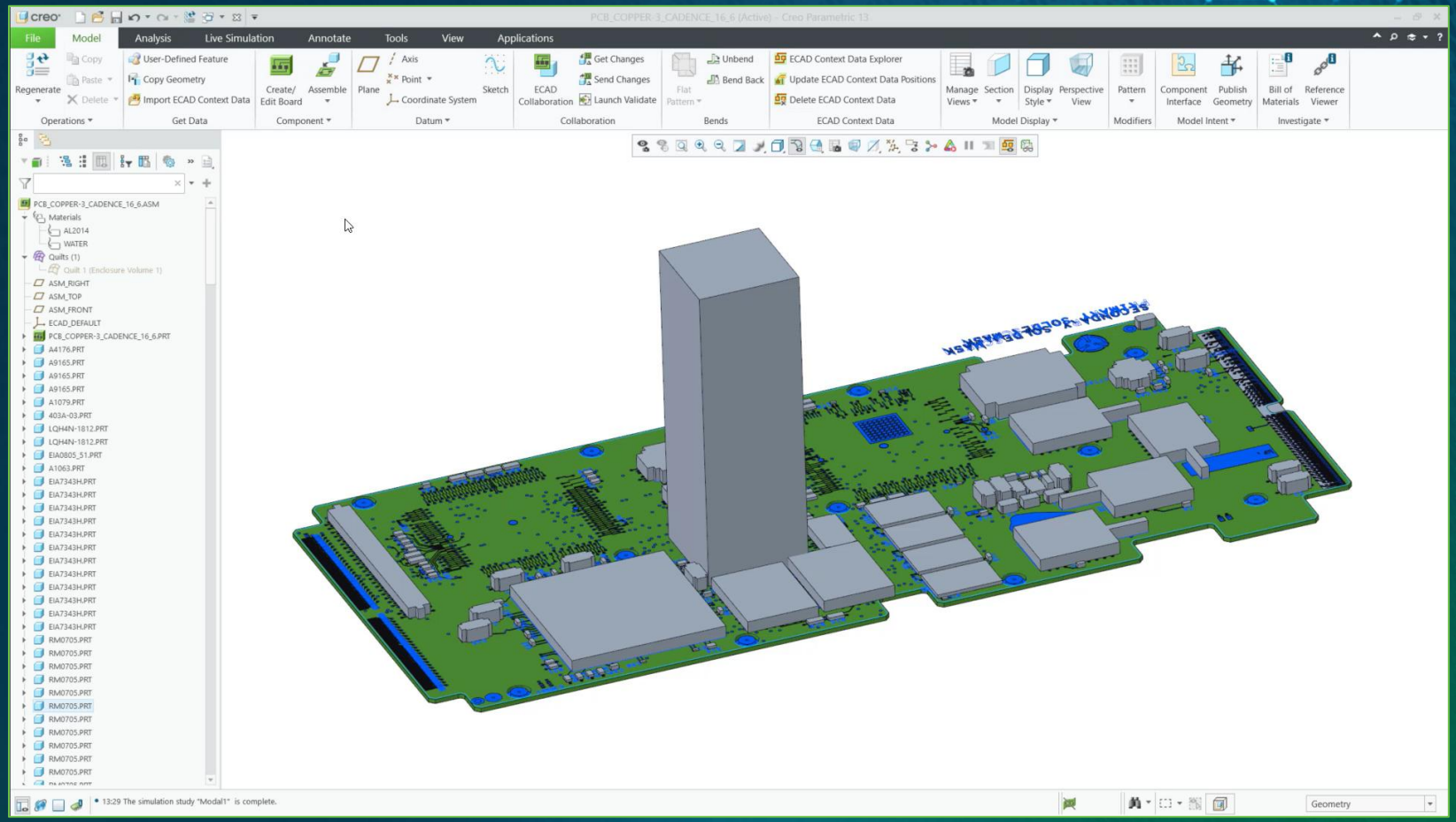
- Shorter cycle times and better surface quality with Swarf milling
- Porosity control made easy
- Improves cooling efficiency of mold plates

SIMULATION DRIVEN DESIGN

Simulation

- Creo Simulation Live
  - Simulate on ECAD Assembly
  - Patterning for bolts and preloads
  - Local fidelity and visibility
  - Moving Reference Frame – Rotation
- Creo Ansys Simulation
  - Patterning for bolts and preloads
  - Preload on solid bolt Geometry
  - Random Vibration
  - Fatigue Analysis
  - Mesh Checking Feedback





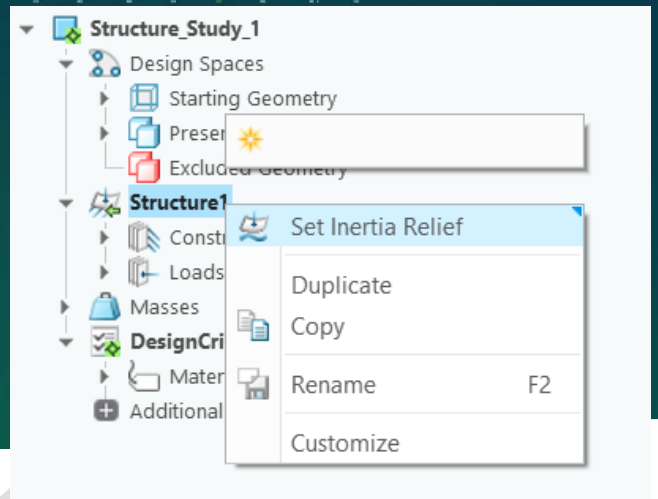
Benefits:

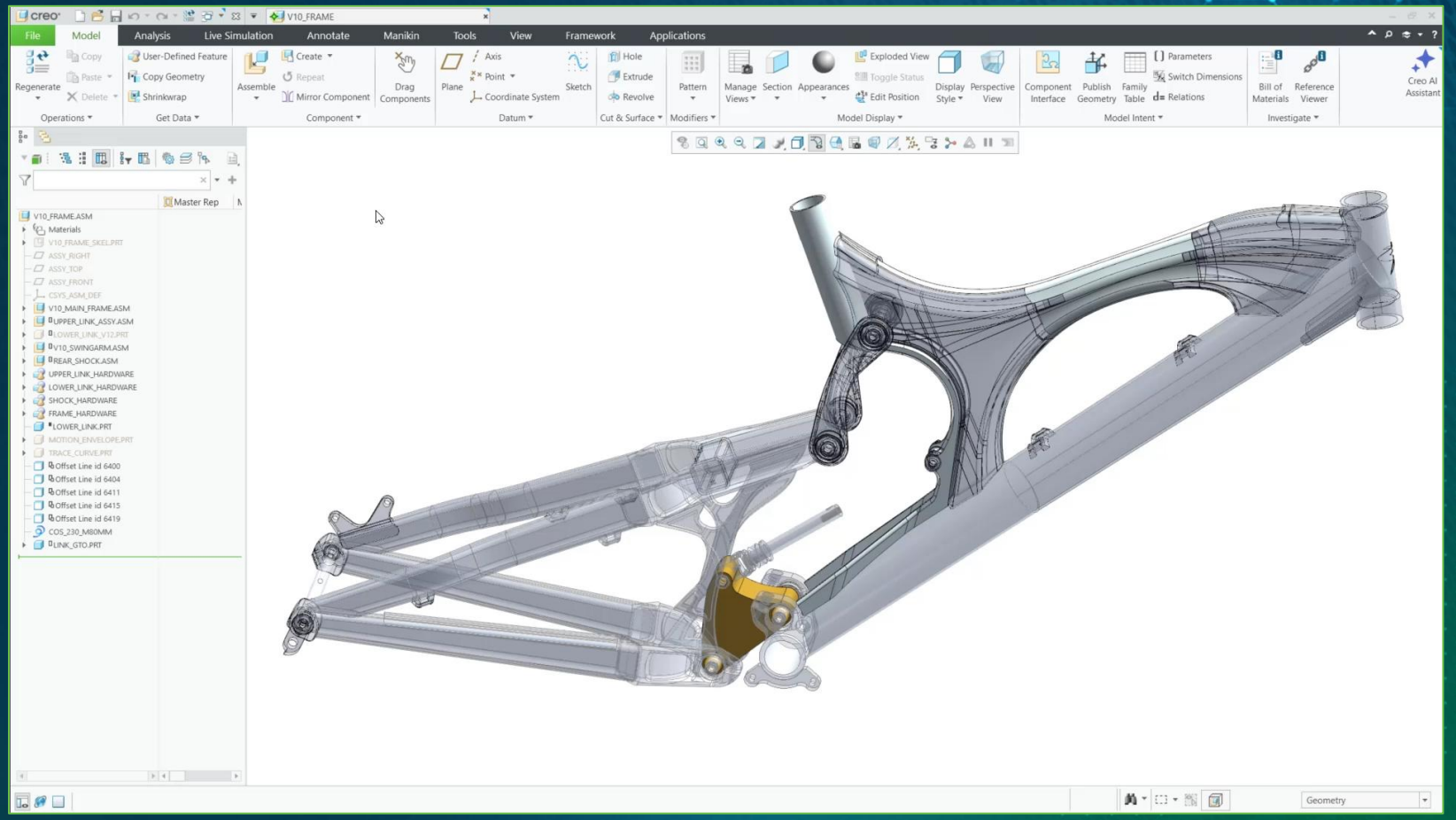
- Improved prediction of realistic rotation effects
- Reduces development time by identifying design weaknesses early
- Powerful Integrated Fatigue Results and simulates unpredictable vibrations

SIMULATION DRIVEN DESIGN

Generative Design

- Support for assembly optimization
- Multi-physics
  - Combining structural and modal load cases together
- Inertia Relief
- Displacement constraints





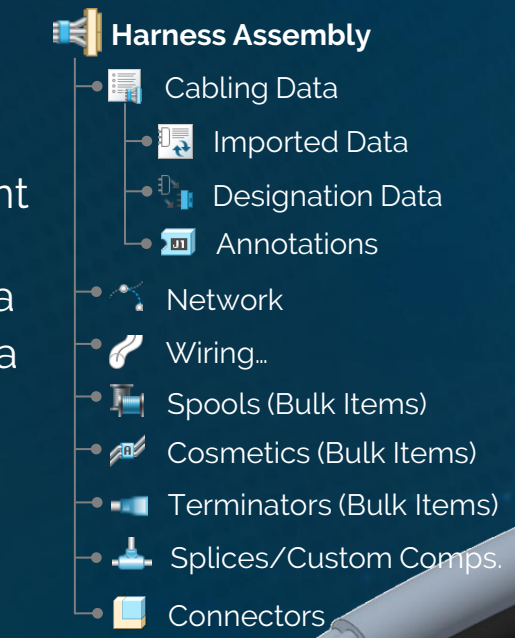
Benefits:

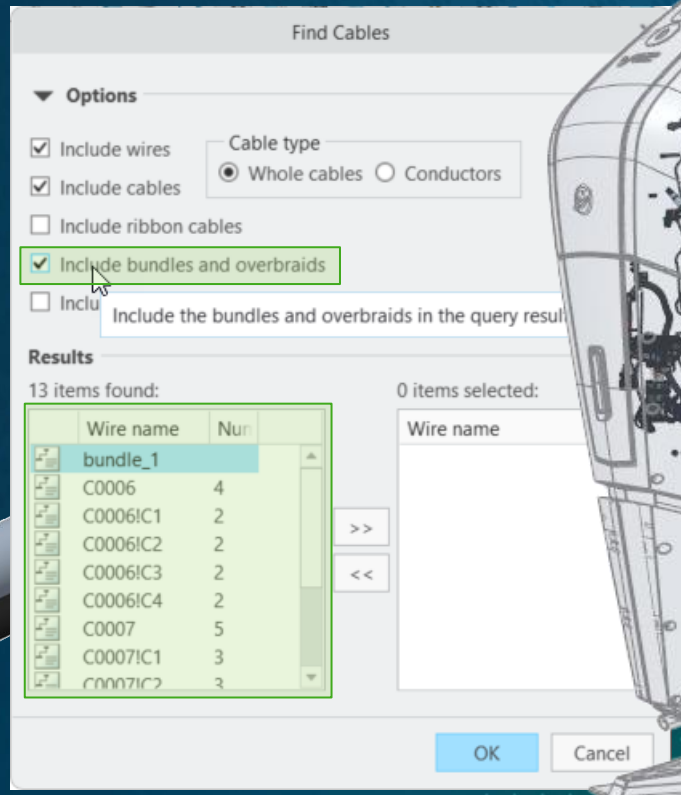
- Saves time by using design assembly
- Accelerates simulation time by testing multiple physics together
- Drives a targeted optimization by specifying an exact displacement value

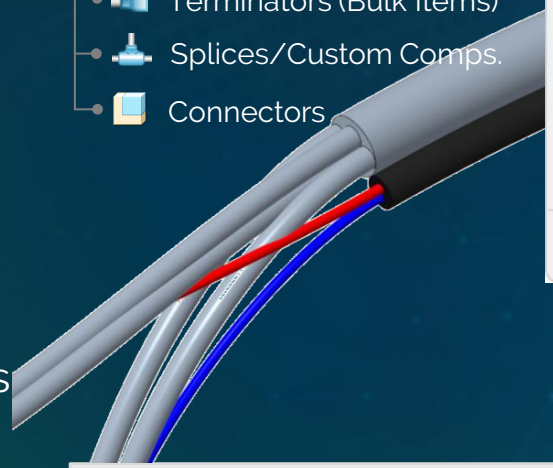
DESIGN FOR ELECTRIFICATION

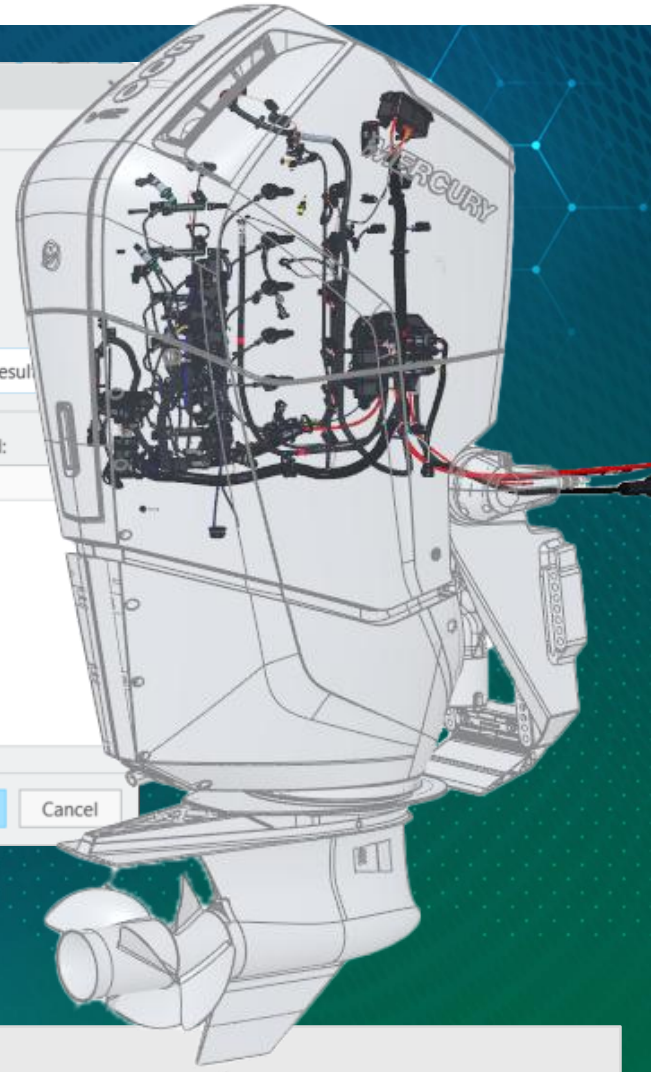
creo®

- Cabling
  - Work on harness as an independent component
  - Route bundles without routing data
  - Generate Bundles from logical data provided by Schematics and automatically routed via networks.
  - Cosmetic Labels Visibility Filters
  - Enhanced usability of Entry Ports
  - Cabling Tree usability improvements.
- ECAD
  - Support of IEC 81346-2 standard
  - Automatic IDX naming conventions
  - Leverage part level parameters during IDF/IDX export









Benefits:

- Modernization of most tools and access to assembly level capabilities and standard tools
- Cabling and Schematics functionally on Bundles is now fully aligned.
- Creating empty bundles is now supported, enabling space-claim workflows

ptc

DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

AGENDA

K-TAG

27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag
Der K-Tag — Digital. Kreativ. Innovativ.
16. September 2026

- Market Trends
- Creo 13.4. Update
- creo® ai
- Creo Roadmap

PTC'S AI STRATEGY

01

Turbocharge workers

- Conversational chatbots
- Workflow assistants
- AI as virtual teammatesCo

WHAT IF

AI could unlock 8 hrs/week spent on repetitive tasks so people can focus on value-add work.

02

Elevate enterprise IQ

- Digital thread insights
- Enterprise-wide workflows
- AI as networked intelligence

WHAT IF

AI could traverse systems, accelerating the time to implement a design change, reducing costs and accelerating release.

03

Reinvent product lifecycles

- Automated design-test cycles
- Closed-loop development
- AI as co-creator

WHAT IF

AI systems worked together to iterate and test a new product variant, collapsing R&D times by double-digit percent.

PRODUCT AI

Deliver embedded AI in products

AI built into the PTC products you already use. Specialized agents, purpose-built to work within the software's context and controls, help your teams move faster and produce higher-quality work.

ECOSYSTEM AI

Enable customer and partner AI

Your AI investments work with PTC. Through open standards, customer and partner AI can use PTC's data and agent layer to execute work in third party systems.

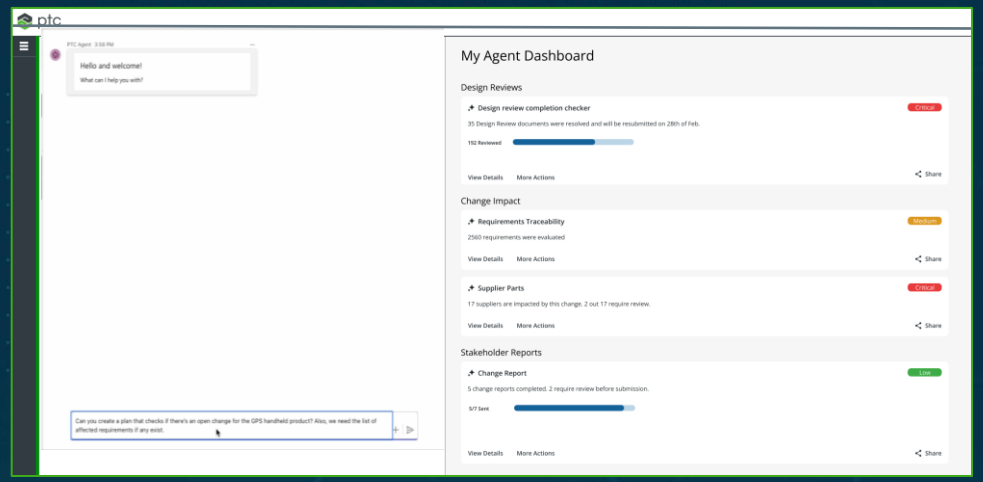
CROSS PRODUCT AI

Unlock AI across products

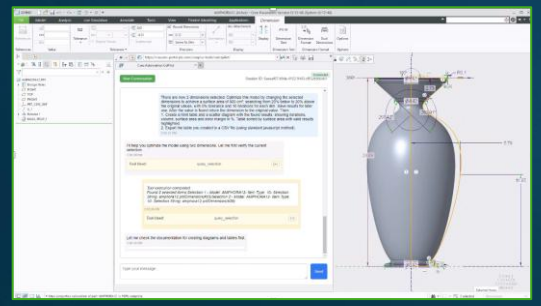
Your work processes traverse many systems. PTC's connected portfolio is where AI reasons across the digital thread and acts as a coworker that operates inside each system's governed workflows.

AI ACROSS THE PRODUCT LIFECYCLE

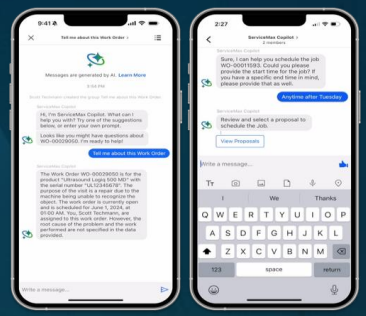
Enterprise insights and automation in product development



Accelerate time to market with design optimization and analysis



Shorten delivery times with field service assistance



AI agents

Orchestration agents

- System and requirement agents
- Design & validation agents
- Product configuration & change agents
- Manufacturing planning & insights agents
- Service parts planning agents
- Field service delivery agents

Digital Thread

as Designed | as Planned | as Manufactured | as Sold | as Serviced

Trusted Data Foundation

ALM | CAD | PLM | ERP | MES | CPQ | CRM | SLM

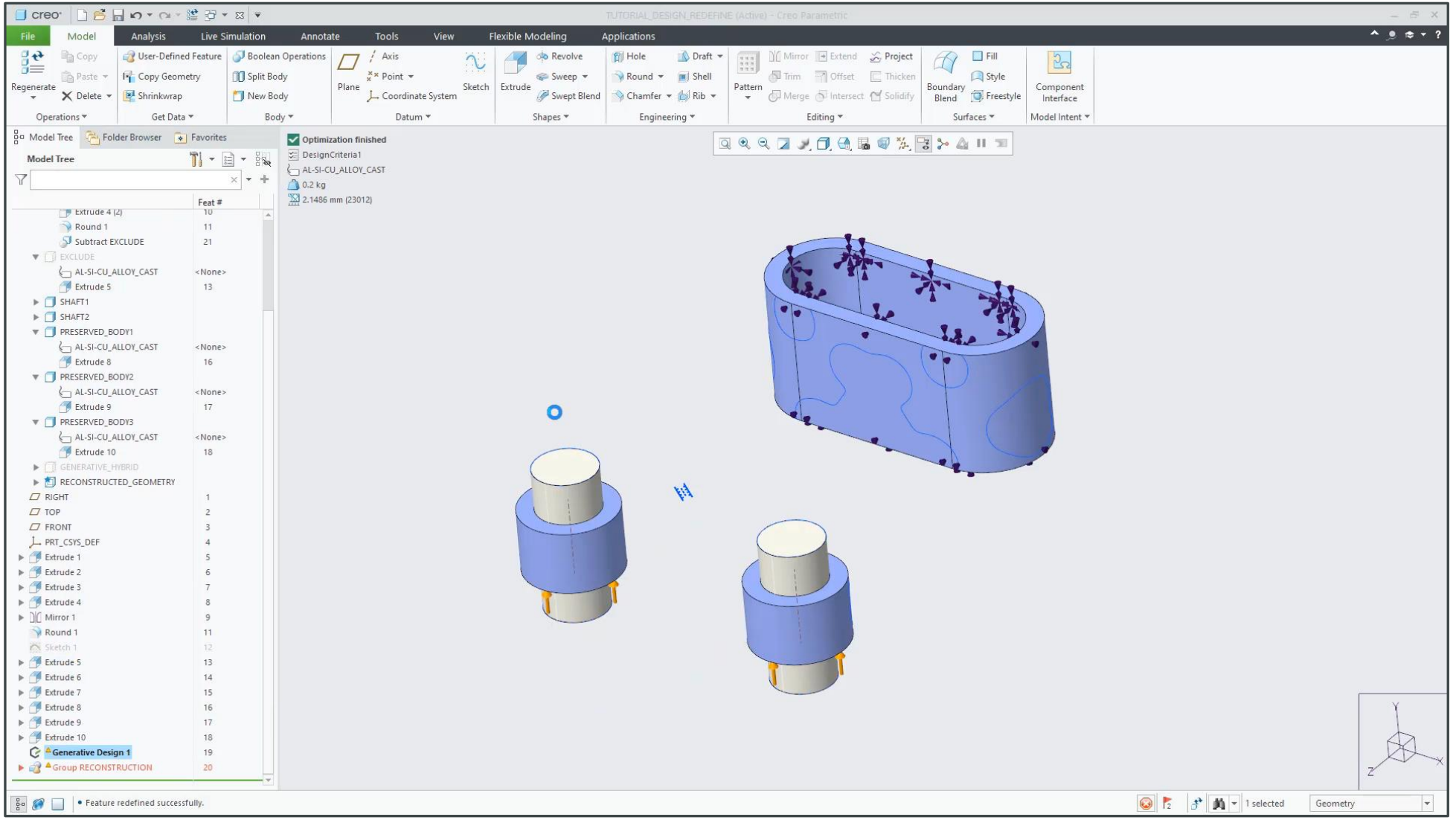
AI ROADMAP

Product	2025	2026
windchill®	▪ Part similarity & duplicate search (beta) ▪ AI Assistant document insights (beta)	▪ Part similarity & duplicate search ▪ AI Assistant document insights ▪ AI Assistant metadata Q&A ▪ Agentic change impact analysis ▪ MCP support
codebeamer®	▪ Requirement quality analysis ▪ Requirement rewrite ▪ Test case generation	▪ Semantic search and Q&A ▪ Consistency & contradiction ▪ Detect similar and duplicate requirements ▪ Batch requirement analysis ▪ MCP support
creo®	▪ Tooltip automation ▪ Generative topology and optimization ▪ Generative design extension	▪ In product help advisor ▪ Contextual model insights
servicemax®	▪ Work order insights ▪ Scheduling optimization ▪ Knowledge access insights ▪ MCP support	▪ Asset 360 ▪ Assisted troubleshooting



creo® ai

CREO AI IS NOT GENERATIVE DESIGN



STATE OF AI IN CAD: HYPE VS. REALITY

AI Maturity Path in CAD



1. Retrieval & Guidance

Language-heavy tasks: docs, search, troubleshooting prompts



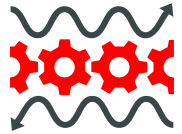
2. Context Grounding

Model info, selections, logs, screenshots, adherence to org standards and best practices



3. Controlled Modification

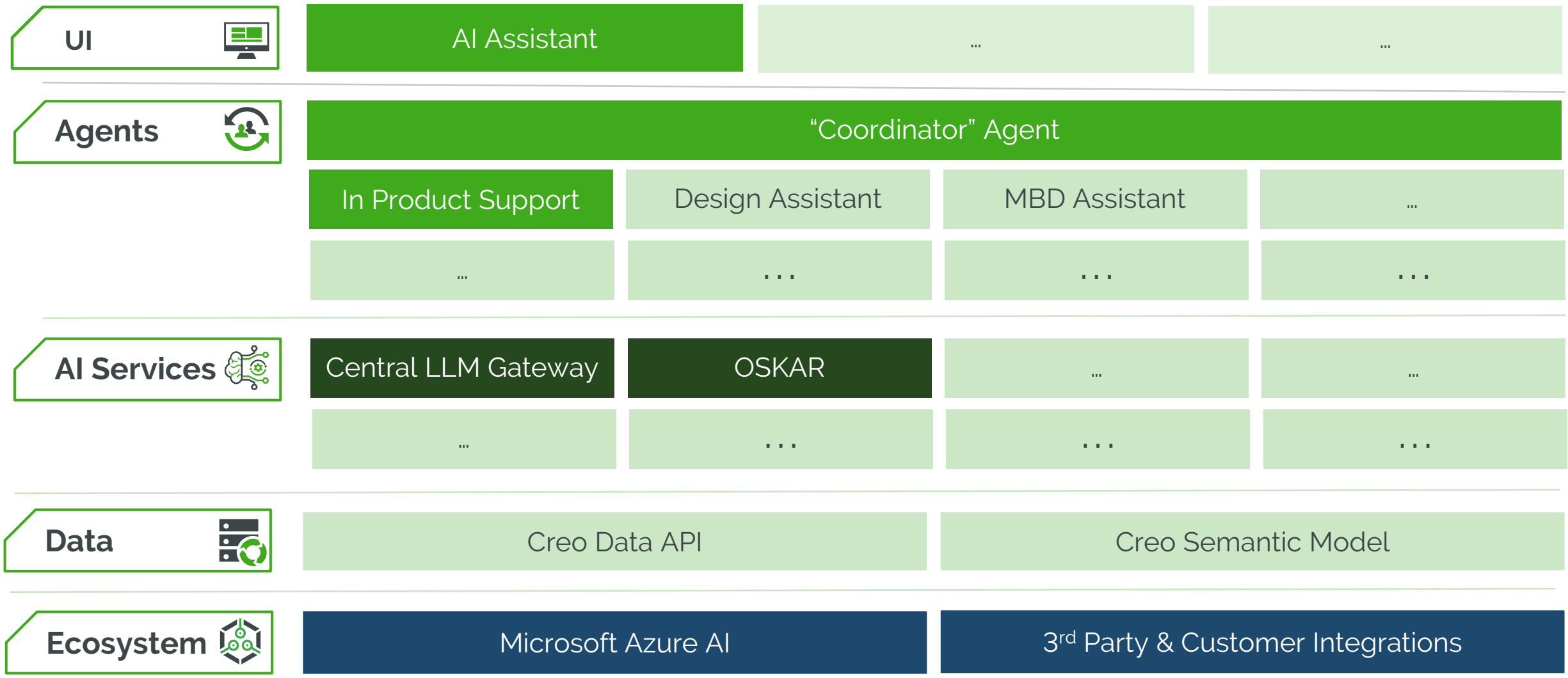
Human-approved actions through transparent tool calls and safe environment



4. Geometry Creation & Multi-Agent Loops

Future horizon: deeper design intelligence and orchestration of reasoning

CREO AI, AT A GLANCE



creo® ai assistant

A FRAMEWORK FOR AI MATURITY

creo® ai assistant

AI isn't a disruptive leap. It's a compounding advantage, one that's already delivering results today and will continue to do so in the years ahead.

Model-Agnostic Intelligence

Advise

"**Advise**" offers general support by providing access to PTC-curated articles and best practices, helping users use Creo more effectively without involving model data.

Model-Aware Intelligence

Assist

Advise

"**Assist**" offers model-aware guidance, troubleshooting, and validation, delivering actionable insights and ensuring compliance with internal organizational standards.

Engineering Intelligence

Automate

Assist

Advise

"**Automate**" offers users advanced geometric and design intelligence, leveraging historical CAD data and Assist agent's suggestions to enable smart engineering analysis, optimizations and advanced automation processes.

TIER 1

ADVISE

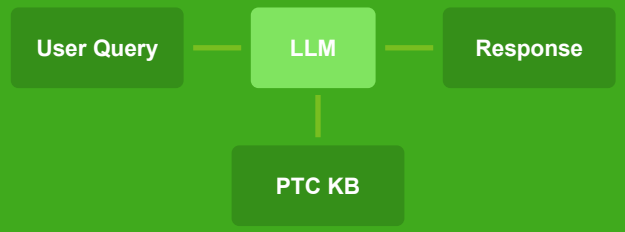
Model-Agnostic Intelligence

General support through PTC-curated articles and best practices. Helps users work more effectively without involving model data.

Free • Design agnostic

No data impact | No Design awareness

DATA FLOW



AI TECHNOLOGY

Large Language Models (LLMs) focused on user assistance and knowledge retrieval

Model-Agnostic = General Advisement

Advise does not access or read any CAD model data. It provides general support through PTC-curated content, helping users use Creo more effectively without involving the design itself. This is the entry point in the AI maturity journey, available free to all users.

CONTEXT IT HANDLES

What Advise can access and comprehend

PTC Knowledge Base

Curated articles, best practices, and how-to guides from PTC knowledge bases

Creo Help & Support

Technical support content, error explanations, and general troubleshooting guides

Training Materials *(f)

Product release notes and access to training materials

Creo Context

Active Creo module, version, environment and tool context

CAPABILITIES THIS ENABLES

Engineering Help

Leverages pretrained data from engineering textbooks and technical references to surface relevant information for engineers on demand

Creo Guidance

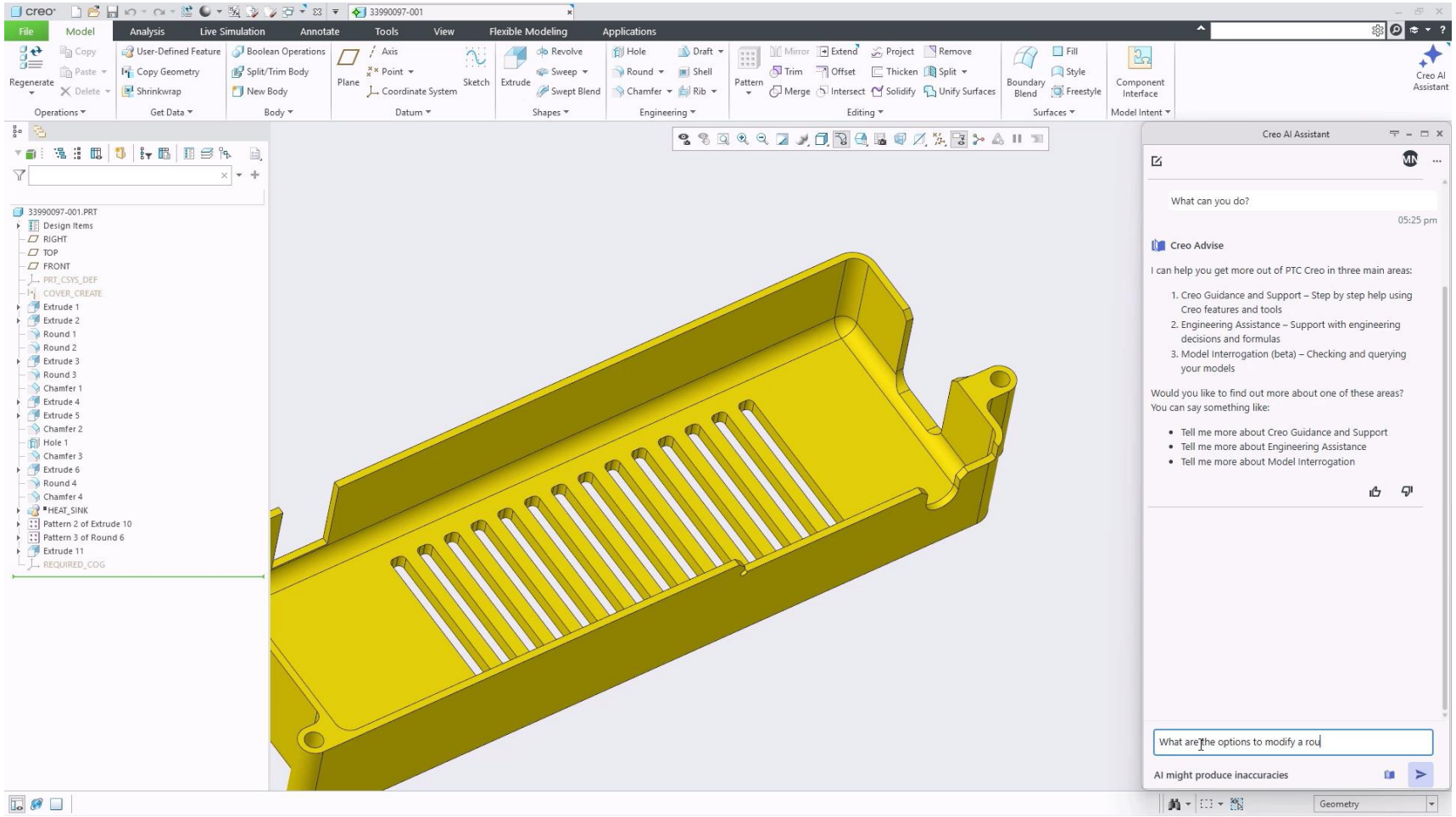
Step-by-step guidance for tasks, feature usage, and workflow optimization

Troubleshooting (Not Contextual)

Diagnose common errors and issues using PTC support content, KB articles, and knowledge base

** (f) –Coming in the Future*

AI ASSISTANT - ADVISE



TIER 2

ASSIST

Model-Aware Intelligence

Model-aware guidance, troubleshooting, and validation. Delivers actionable insights while ensuring compliance with organizational standards.

Credit-based • Design aware

No data impact | ✓ Design awareness

DATA FLOW



AI TECHNOLOGY

LLMs + Predictive Models for context-aware assistance and workflows automation

Model-Aware = Grounded Assistance
Assist reads context from the current design session and organizational documentation. It can explain, validate, and recommend without becoming an autonomous editor. No silent model changes but actionable suggestions.

CONTEXT IT HANDLES

What Assist can access and comprehend

Model Structure
Dynamic interrogation of the active model: dimensions, features, parameters & relations, constraints…

Runtime & Session Info
Creo version, licenses, history, configurations, memory, and session data

Institutional Knowledge *(f)
(MCP) Customer-specific design rules, manufacturing constraints, and documented compliance requirements

Images *(f)
Visual input of the design state or the model screenshots for improved LLM reasoning

Selections & Attachments
Creo context spans features, geometry, and attachments like images and CSV files.

Domain Expertise Textbooks *(f)
(MCP) Engineering textbooks and technical references with foundational domain knowledge for AI reasoning

CAPABILITIES THIS ENABLES

Model Validation & Compliance *(f)
Validate designs against organizational standards and flag violations before release

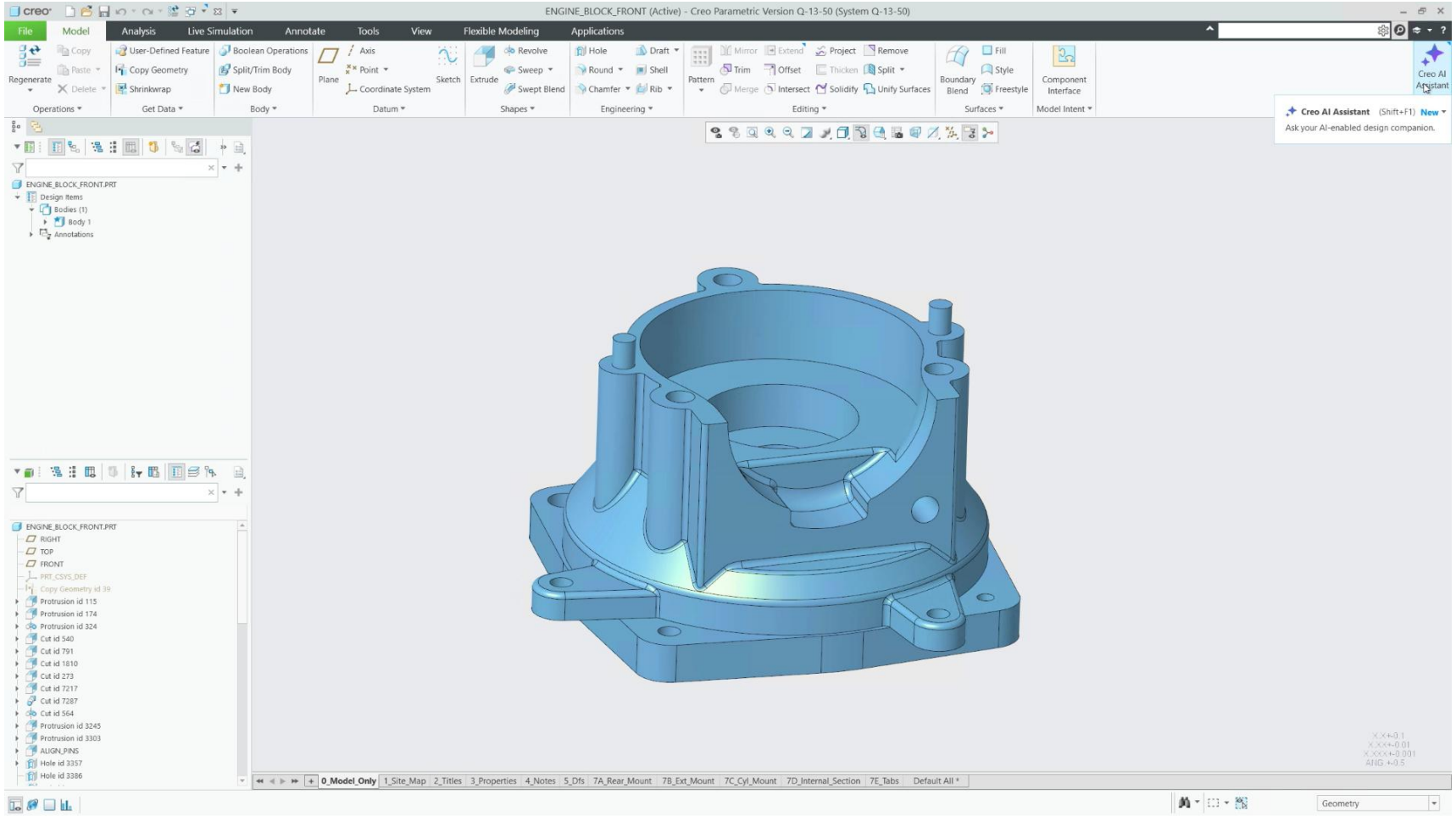
AI-Guided Integrated Tools
AI guides & automates seamlessly within Creo's existing workflows and tools

Model Insights
Design-aware analysis providing actionable insights based on your model's current state

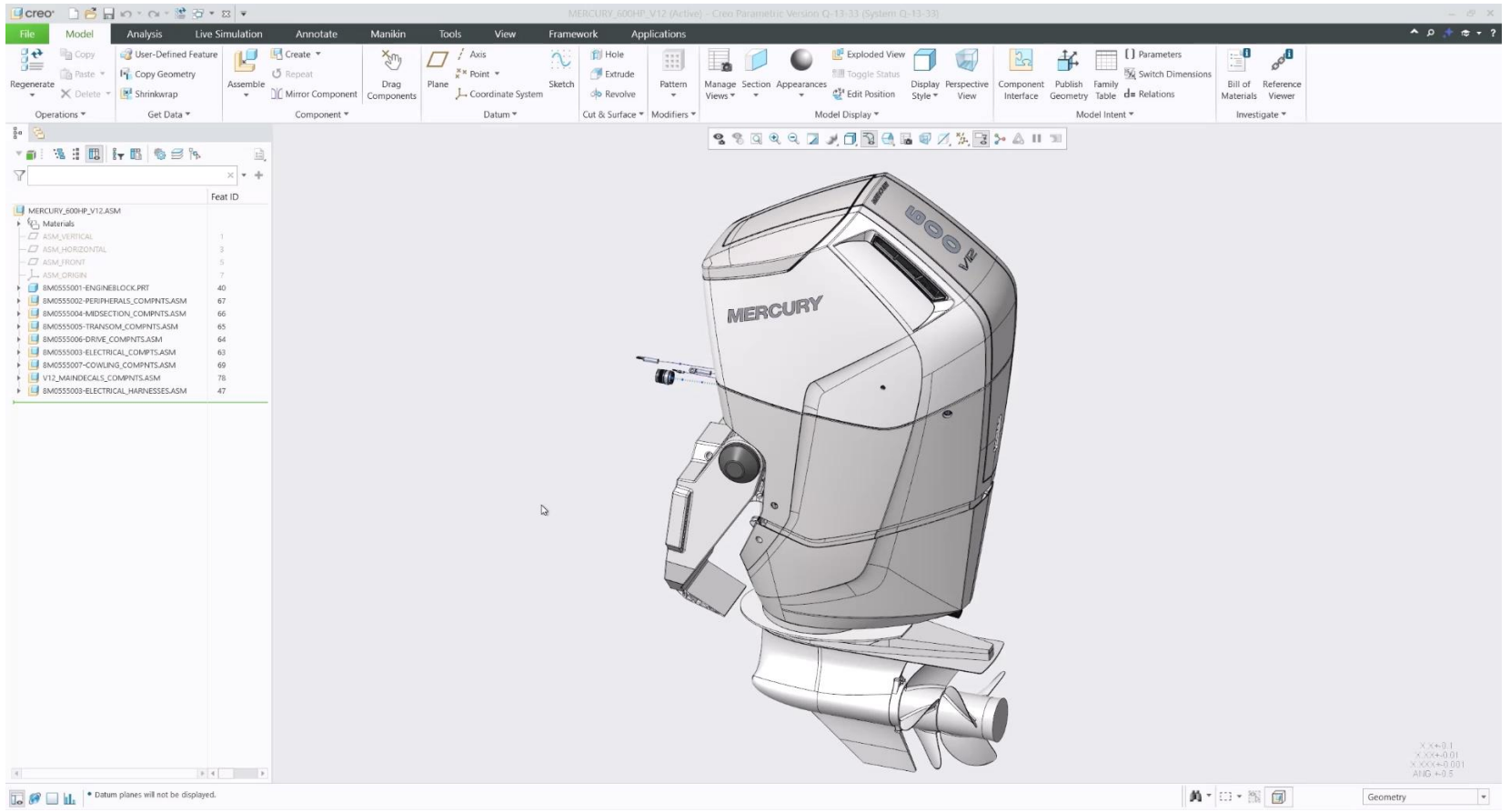
Design-Aware Troubleshooting *(f)
Inspects logs, references, and model metadata to diagnose issues in context of the design

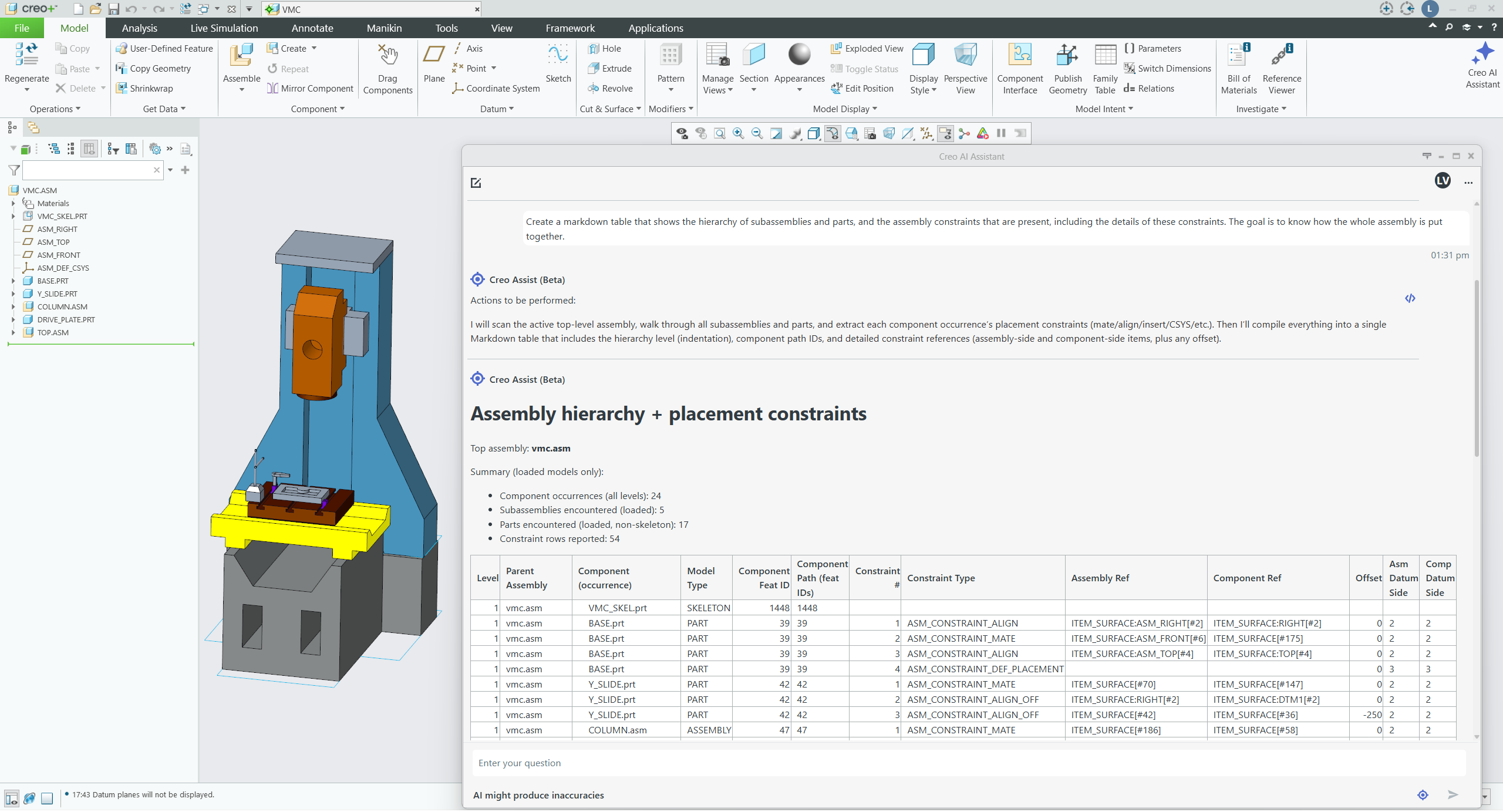
** (f) –Coming in the Future*

AI ASSISTANT - ASSIST



AI ASSISTANT - ASSIST




VMC
File
Model
Analysis
Live Simulation
Annotate
Manikin
Tools
View
Framework
Applications
Regenerate
Copy
Paste
Delete
Operations
User-Defined Feature
Copy Geometry
Shrinkwrap
Get Data
Assemble
Create
Repeat
Mirror Component
Component
Drag Components
Plane
Axis
Point
Coordinate System
Sketch
Datum
Hole
Extrude
Revolve
Cut & Surface
Pattern
Modifiers
Manage Views
Section
Appearances
Exploded View
Toggle Status
Edit Position
Display Style
Perspective View
Model Display
Component Interface
Publish Geometry
Family Table
Parameters
Switch Dimensions
Relations
Model Intent
Bill of Materials
Reference Viewer
Investigate
Creo AI Assistant
VMC.ASM
Materials
VMC_SKEL.PRT
ASM_RIGHT
ASM_TOP
ASM_FRONT
ASM_DEF_CSYS
BASE.PRT
Y_SLIDE.PRT
COLUMN.ASM
DRIVE_PLATE.PRT
TOP.ASM
Creo AI Assistant
Create a markdown table that shows the hierarchy of subassemblies and parts, and the assembly constraints that are present, including the details of these constraints. The goal is to know how the whole assembly is put together.
01:31 pm
Creo Assist (Beta)
Actions to be performed:
I will scan the active top-level assembly, walk through all subassemblies and parts, and extract each component occurrence's placement constraints (mate/align/insert/CSYS/etc.). Then I'll compile everything into a single Markdown table that includes the hierarchy level (indentation), component path IDs, and detailed constraint references (assembly-side and component-side items, plus any offset).
Creo Assist (Beta)
Assembly hierarchy + placement constraints
Top assembly: vmc.asm
Summary (loaded models only):
Component occurrences (all levels): 24
Subassemblies encountered (loaded): 5
Parts encountered (loaded, non-skeleton): 17
Constraint rows reported: 54
Level
Parent Assembly
Component (occurrence)
Model Type
Component Feat ID
Component Path (feat IDs)
Constraint #
Constraint Type
Assembly Ref
Component Ref
Offset
Asm Datum Side
Comp Datum Side
1 vmc.asm VMC_SKEL.prt SKELETON 1448 1448
1 vmc.asm BASE.prt PART 39 39 1 ASM_CONSTRAINT_ALIGN ITEM_SURFACE:ASM_RIGHT[#2] ITEM_SURFACE:RIGHT[#2] 0 2 2
1 vmc.asm BASE.prt PART 39 39 2 ASM_CONSTRAINT_MATE ITEM_SURFACE:ASM_FRONT[#6] ITEM_SURFACE[#175] 0 2 2
1 vmc.asm BASE.prt PART 39 39 3 ASM_CONSTRAINT_ALIGN ITEM_SURFACE:ASM_TOP[#4] ITEM_SURFACE:TOP[#4] 0 2 2
1 vmc.asm BASE.prt PART 39 39 4 ASM_CONSTRAINT_DEF_PLACEMENT 0 3 3
1 vmc.asm Y_SLIDE.prt PART 42 42 1 ASM_CONSTRAINT_MATE ITEM_SURFACE[#70] ITEM_SURFACE[#147] 0 2 2
1 vmc.asm Y_SLIDE.prt PART 42 42 2 ASM_CONSTRAINT_ALIGN_OFF ITEM_SURFACE:RIGHT[#2] ITEM_SURFACE:DTM1[#2] 0 2 2
1 vmc.asm Y_SLIDE.prt PART 42 42 3 ASM_CONSTRAINT_ALIGN_OFF ITEM_SURFACE[#42] ITEM_SURFACE[#36] -250 2 2
1 vmc.asm COLUMN.asm ASSEMBLY 47 47 1 ASM_CONSTRAINT_MATE ITEM_SURFACE[#186] ITEM_SURFACE[#58] 0 2 2
Enter your question
AI might produce inaccuracies
17:43 Datum planes will not be displayed.

TIER 3

AUTOMATE

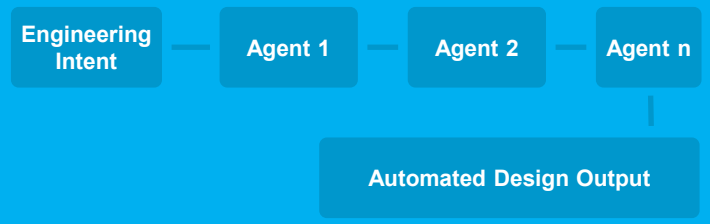
Engineering Intelligence

Advanced geometric and design intelligence. Leverages historical CAD data and Assist's suggestions for smart analysis, optimizations, and automation.

Credit-based • Design aware • Data impact

✓ Data impact ✓ Design awareness

DATA FLOW



AI TECHNOLOGY

Multi-agent orchestration with LLMs and neuro-symbolic models, with CAD embedding and design intent comprehension

Engineering Intelligence = CAD Comprehension
Automate represents the future of AI in CAD: full geometric reasoning, multi-agent orchestration, and autonomous design workflows. This tier builds on Advise and Assist foundations to deliver true engineering intelligence.

CONTEXT IT HANDLES

What Automate can access and comprehend

Historical CAD Data *(f)
Leverages historical customer data and past project patterns to inform design decisions

CAD Geometry *(f) & Features
Deep comprehension of 3D geometry, feature trees, design intent, and engineering constraints

MFG & Design Rules *(f)
Manufacturing constraints, material properties, and process requirements for end-to-end optimization

Assist Suggestions
Acts on Assist agent's analysis and suggestions

Enterprise Data *(f)
Cross-system data through MCP from Windchill/PLM and Enterprise Interfaces

Advanced MCP Integrations *(f)
Gateway connecting AI agents to APIs

CAPABILITIES THIS ENABLES

CAD comprehension including geometry, engineering and design intent

MBD / Drawing Automation *(f)
Automated model-based definition and drawing creation from historical and baseline 3D design data.

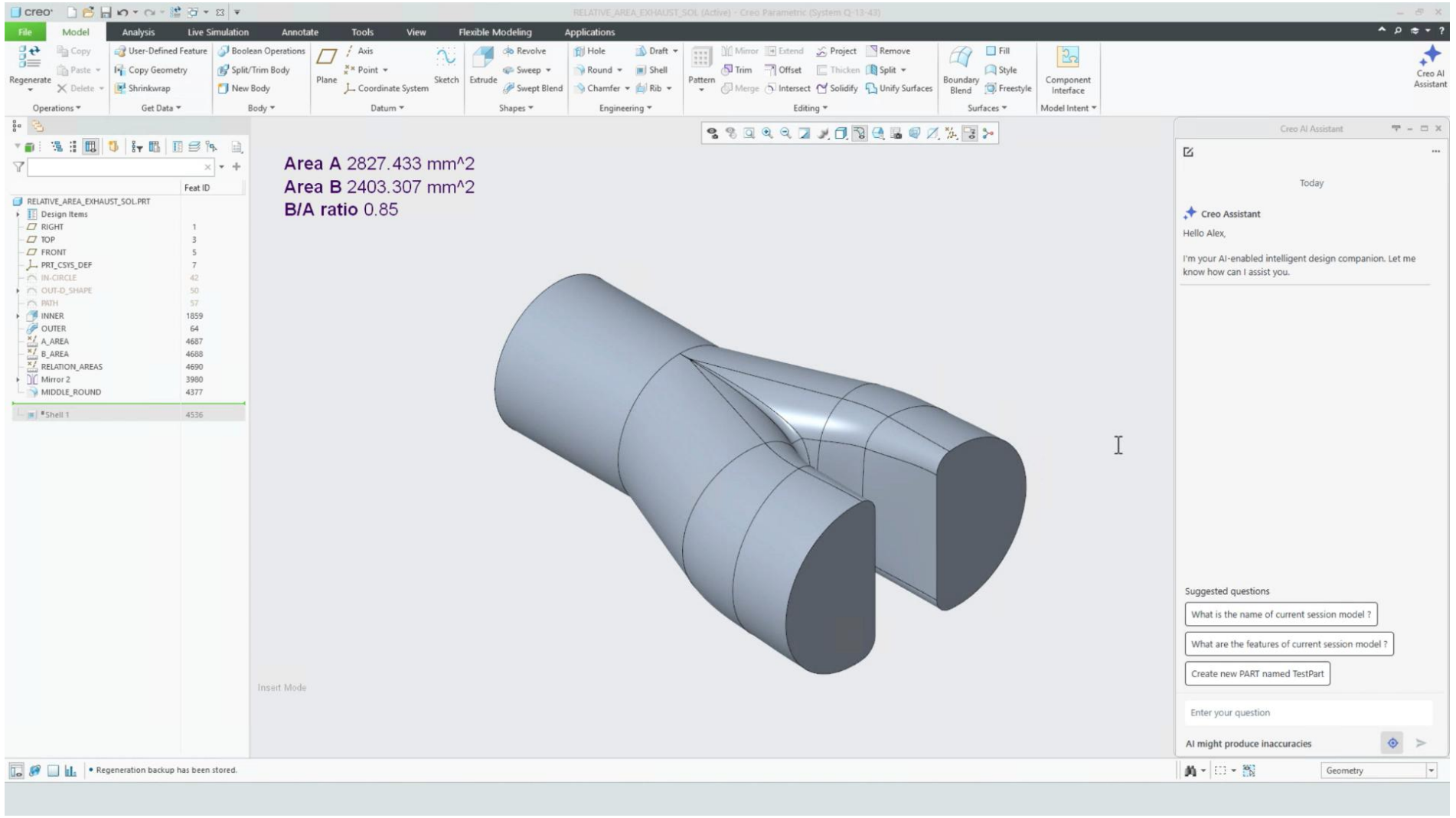
MFG Toolpaths & Post Processing *(f)
Automated manufacturing NC toolpath generation and post-processing.

Model Optimizations
AI-driven design optimization for weight, strength, cost, manufacturability and more…

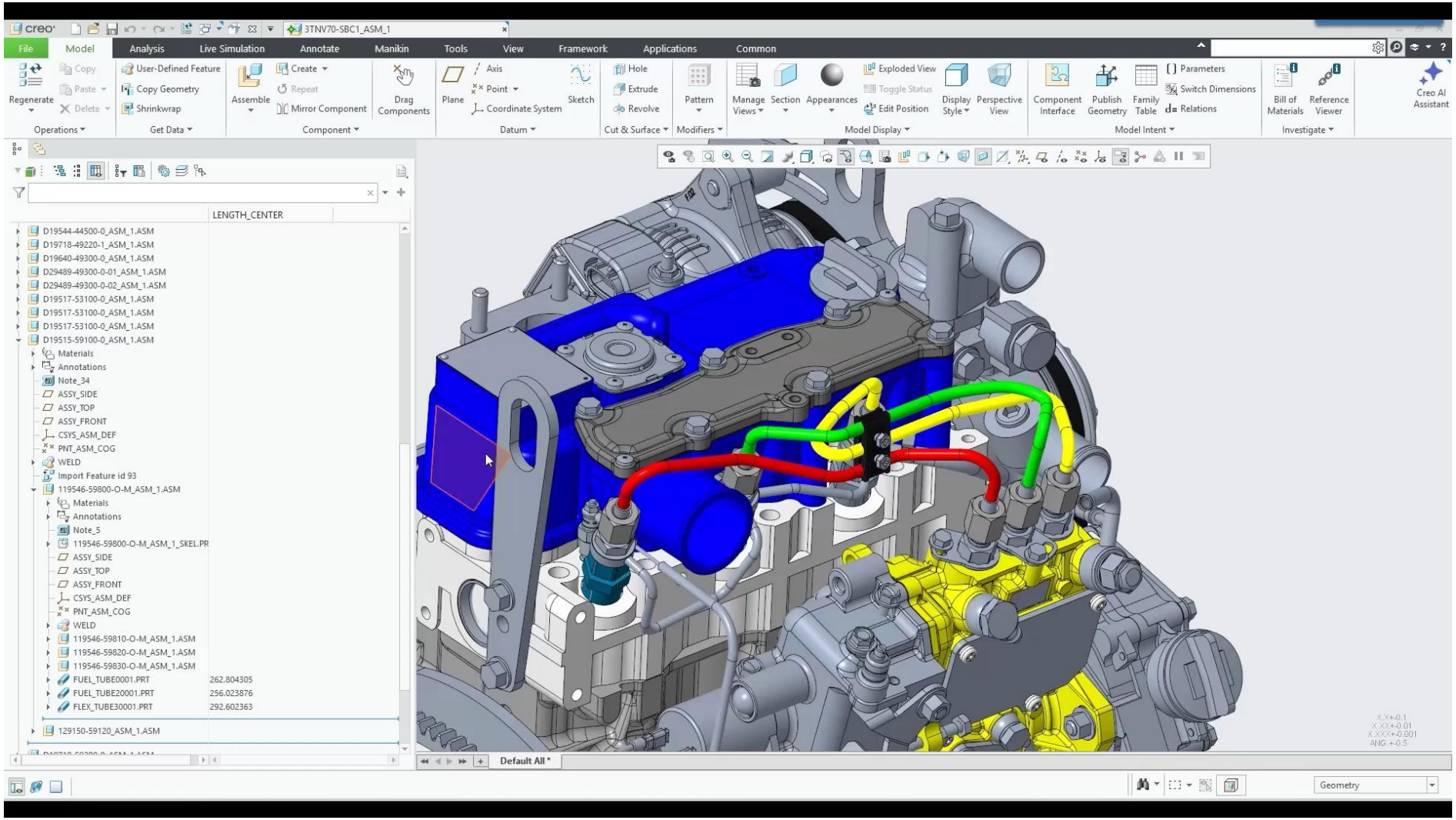
GenAI CAD Models *(f)
Generative AI for CAD model creation: the frontier of design intelligence

** (f) –Coming in the Future*

AI ASSISTANT - AUTOMATE



AI ASSISTANT - AUTOMATE

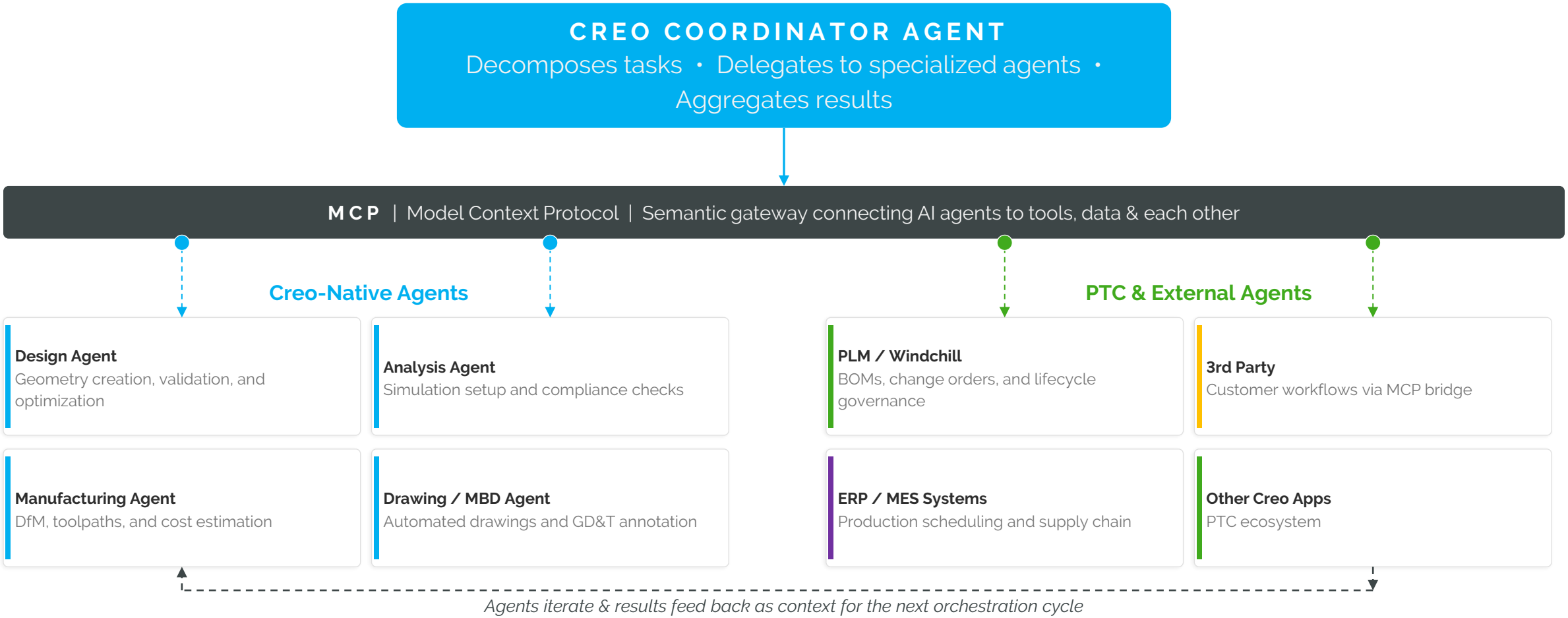


OVERVIEW: 3 TIERS

	USER INPUT	COLLECTED CONTEXT	REASONING	OUTPUT
ADVISE Tier 1 *Model Agnostic*	Natural language questions, how-to requests, and error messages	PTC knowledge base, help docs, release notes, Creo context	Semantic search, summarization with citation matching	Guided help, support, and consultation.
	inherits Advise context			
ASSIST Tier 2 *Model Aware*	+ Queries enriched with model context.	+ Live model data, session info, institutional KBs and attachments, inc. visual input.	+ Context-driven multi-modal reasoning along side predictive models, and org. compliance adherence	+ Design insights, guided actions, contextual troubleshooting and compliance reports…
	Inherits Assist context			
AUTOMATE Tier 3 *Eng. Intelligence*	+ *(f) Design & Engineering intent, SOW requirements, MFG constraints…	+ *(f) Historical CAD data, geometry, and MCP integrations	+ *(f) **Multi-agent orchestration with domain-expert reasoning agents**	+ *(f) Automated drawings/MBD, design optimization, generative feature-based CAD designs…
			Multi-Agent Orchestration Loop	

* (f) –Coming in the Future

AUTOMATE: MULTI-AGENT ORCHESTRATION VIA MCP



How it works: The Orchestrator breaks goals into sub-tasks, delegates to specialized agents via MCP, validates results, and iterates. **All with human oversight at key checkpoints.**

GEN AI CAD MODELS: SCRIPT TO CAD

ONSHAPE FEATURESCRIPT

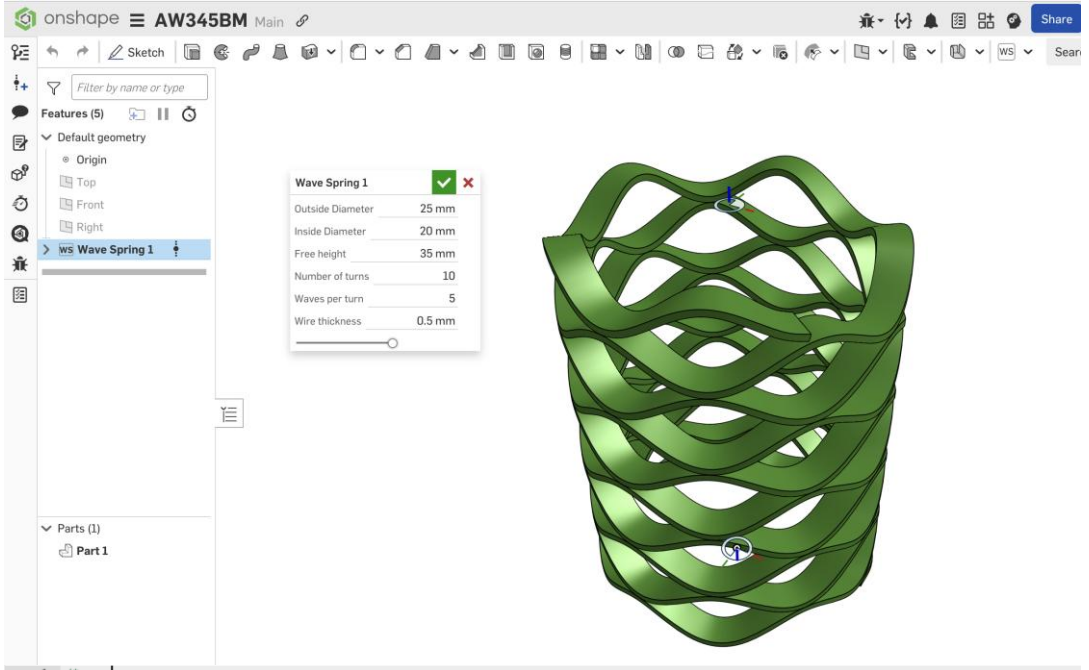
A special programming language built directly into Onshape

- The same language we use to build the standard features
- Create new, custom CAD features
- Encode engineering intent
- Automate geometry creation

Part of the geometric engine itself, not simply automation scripting

With FeatureScript, you can

- Create geometry
- Understand topology
- Query faces, edges, adjacent geometry, etc.
- Understand constraints and relationships
- Regenerates robustly with design changes
- Encapsulates reusable engineering logic




```
/*
    Wave Spring

    This custom feature creates a wave spring at the origin
    with mate connectors at either end for easy transform or assembly.

    Version 1 - April 26, 2016 - Neil Cooke, Onshape Inc.
*/

FeatureScript 336;
import(path : "onshape/std/geometry.fs", version : "336.0");

annotation { "Feature Type Name" : "Wave Spring", "Feature Type Description" : "Wave spring."  }
export const waveSpring = defineFeature(function(context is Context, id is Id, definition is map)
    precondition
    {
        annotation { "Name" : "Outside Diameter", "UIHint" : "REMEMBER_PREVIOUS_VALUE" }
        isLength(definition.outerDiameter, LENGTH_BOUNDS);

        annotation { "Name" : "Inside Diameter", "UIHint" : "REMEMBER_PREVIOUS_VALUE" }
        isLength(definition.innerDiameter, INSIDE_DIA);

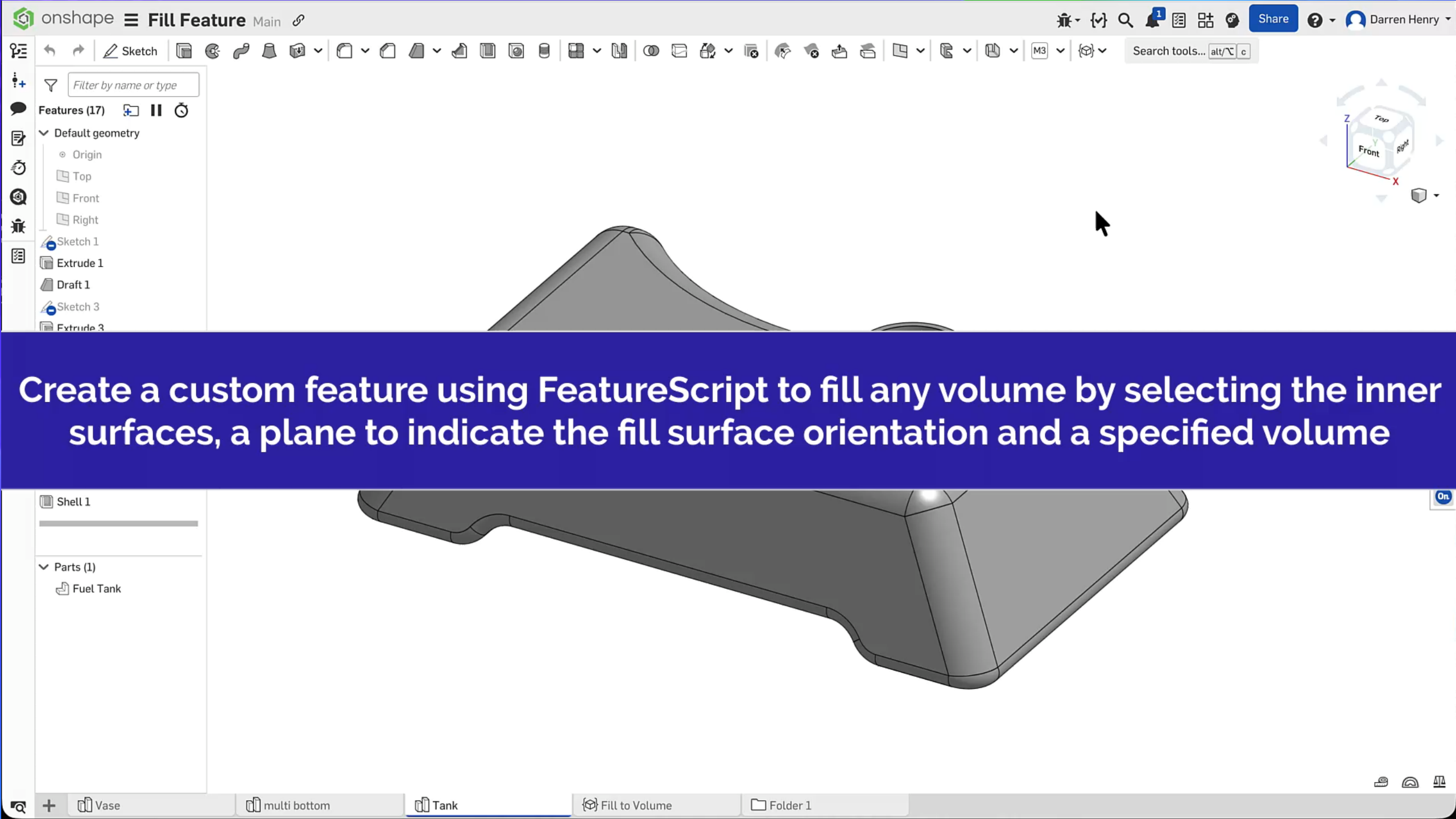
        annotation { "Name" : "Free height", "UIHint" : "REMEMBER_PREVIOUS_VALUE" }
        isLength(definition.freeHeight, LENGTH_BOUNDS);

        annotation { "Name" : "Number of turns", "UIHint" : "REMEMBER_PREVIOUS_VALUE" }
        isInteger(definition.turns, NUM_TURNS);

        annotation { "Name" : "Waves per turn", "UIHint" : "REMEMBER_PREVIOUS_VALUE" }
        isInteger(definition.waves, NUM_WAVES);

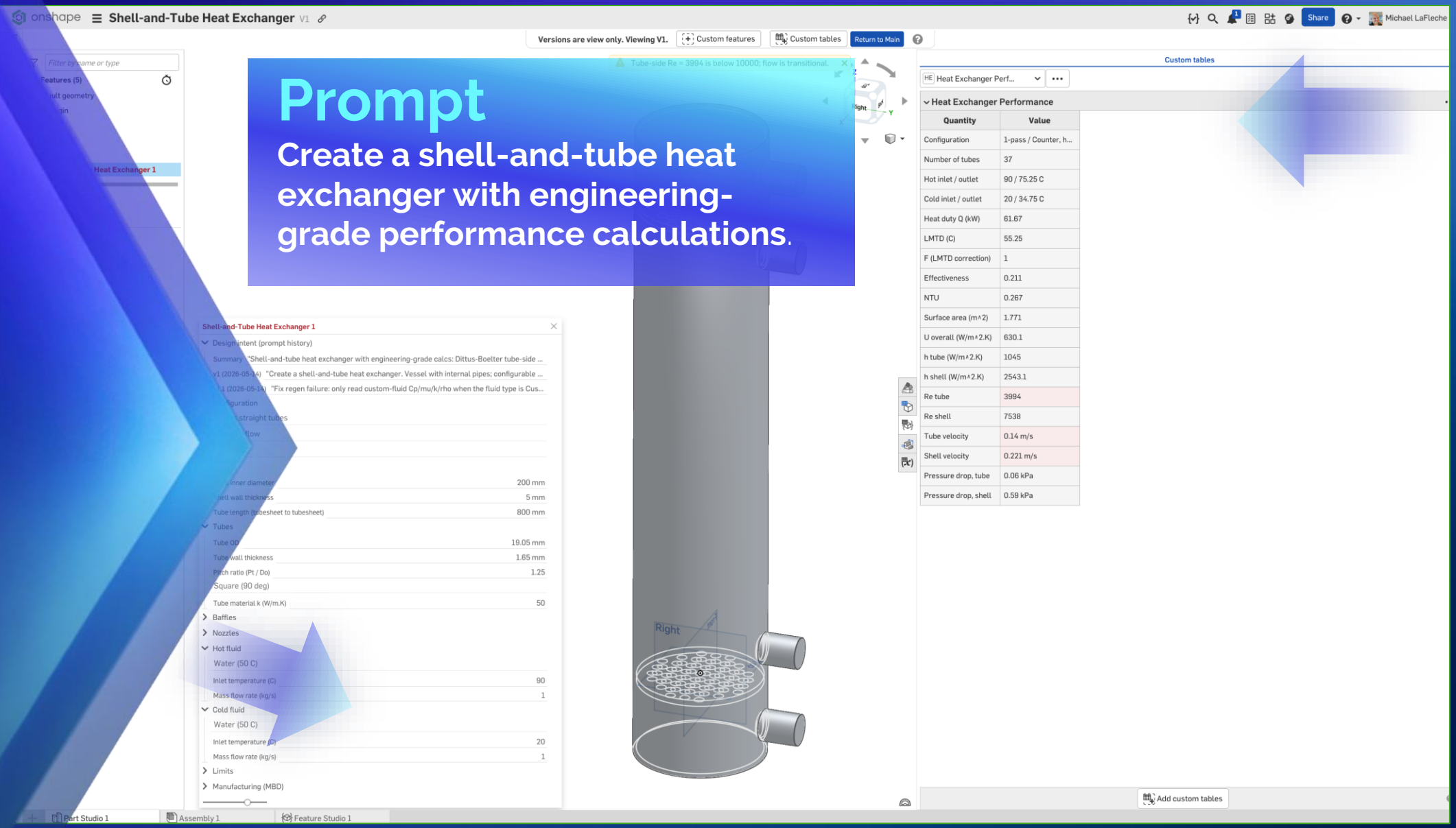
        annotation { "Name" : "Wire thickness", "UIHint" : "REMEMBER_PREVIOUS_VALUE" }
        isLength(definition.thickness, THICKNESS);
    }
    {
        var outerPoints = [];
        var innerPoints = [];
        const outerRadius = definition.outerDiameter / 2;
        const innerRadius = definition.innerDiameter / 2;
        const waves = definition.waves + 0.5; // so waves are not the same with each turn
        var turns = definition.turns;

        if (turns % 2 == 0) // if it's an even number of turns
```


onshape
Fill Feature
Main
Share
Darren Henry
Sketch
Search tools...
Filter by name or type
Features (17)
Default geometry
Origin
Top
Front
Right
Sketch 1
Extrude 1
Draft 1
Sketch 3
Extrude 3
Shell 1
Parts (1)
Fuel Tank
Create a custom feature using FeatureScript to fill any volume by selecting the inner surfaces, a plane to indicate the fill surface orientation and a specified volume
Vase
multi bottom
Tank
Fill to Volume
Folder 1

Prompt

Create a shell-and-tube heat exchanger with engineering-grade performance calculations.

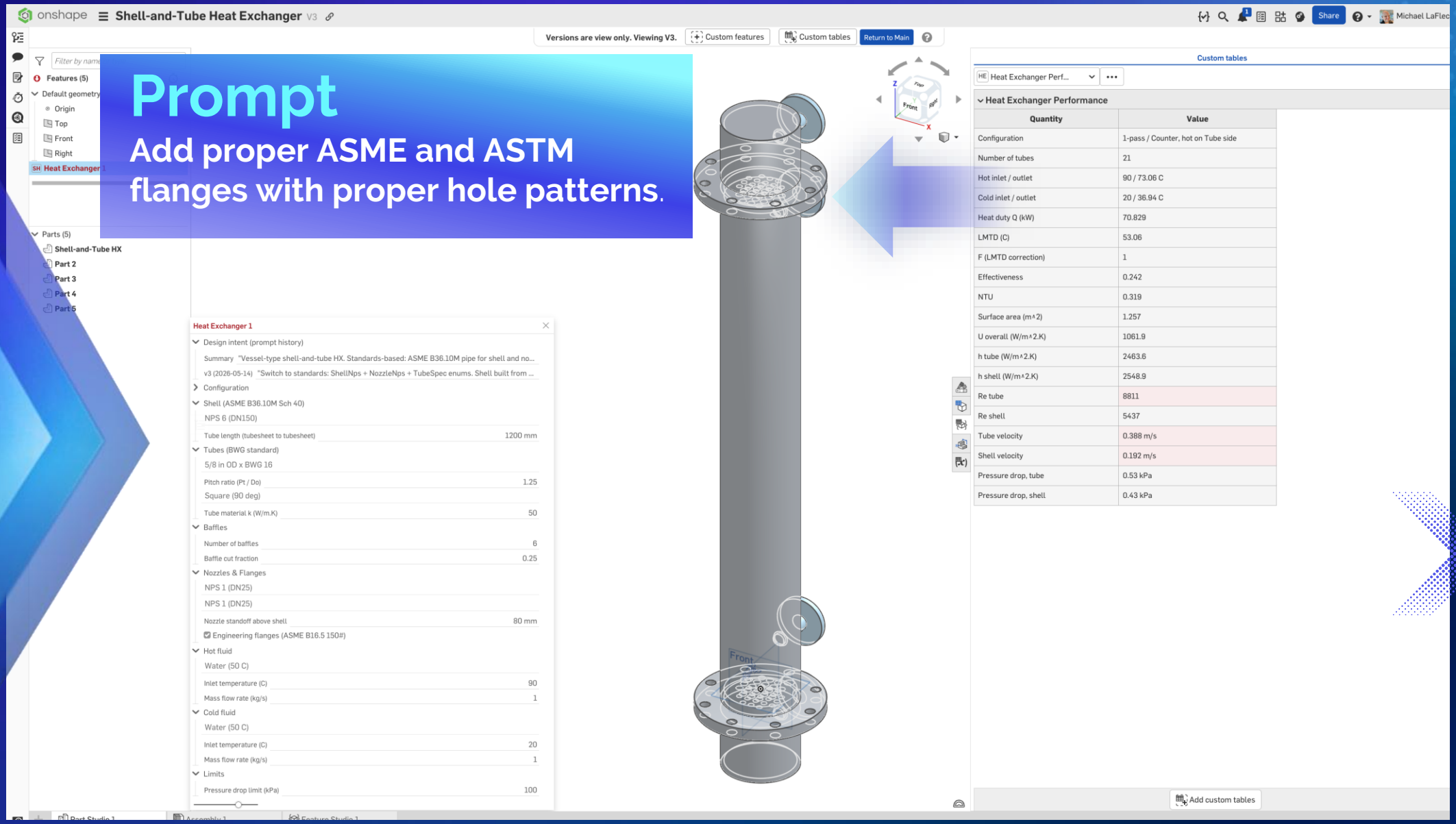


Quantity	Value
Configuration	1-pass / Counter, h...
Number of tubes	37
Hot inlet / outlet	90 / 75.25 C
Cold inlet / outlet	20 / 34.75 C
Heat duty Q (kW)	61.67
LMTD (C)	55.25
F (LMTD correction)	1
Effectiveness	0.211
NTU	0.267
Surface area (m^2)	1.771
U overall (W/m^2.K)	630.1
h tube (W/m^2.K)	1045
h shell (W/m^2.K)	2543.1
Re tube	3994
Re shell	7538
Tube velocity	0.14 m/s
Shell velocity	0.221 m/s
Pressure drop, tube	0.06 kPa
Pressure drop, shell	0.59 kPa

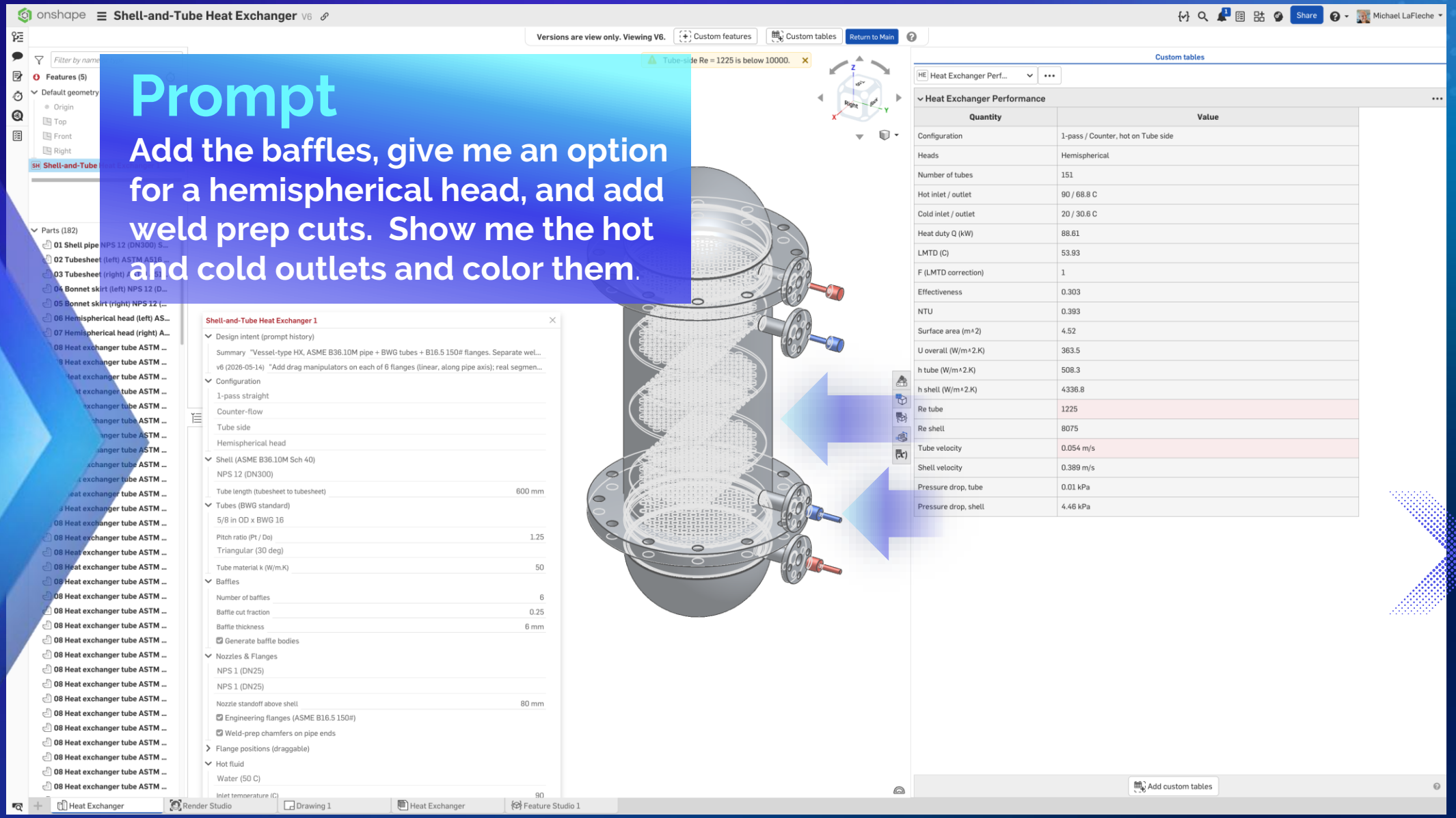
PTC NEXT

Prompt

Add proper ASME and ASTM flanges with proper hole patterns.



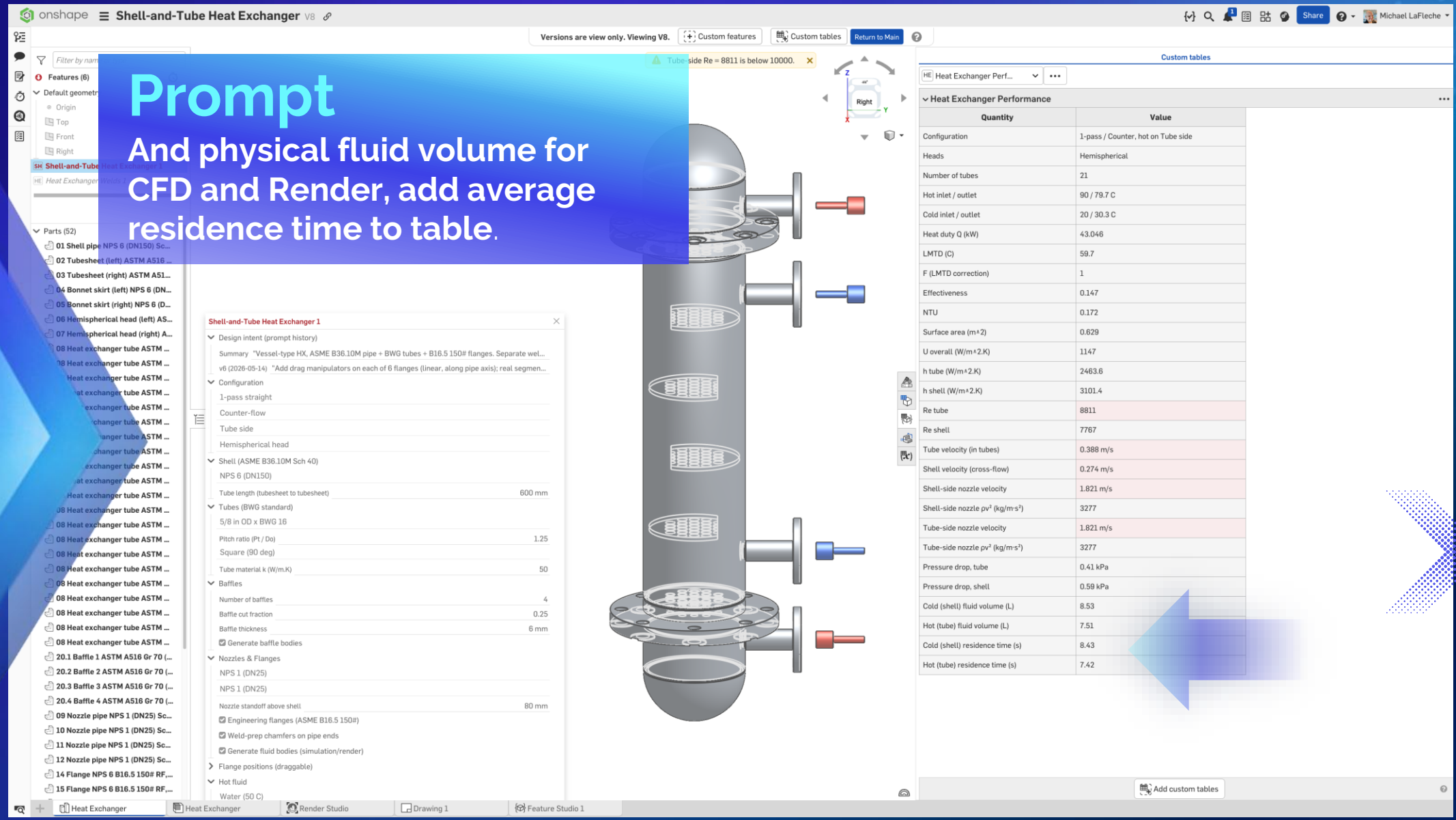
PTC NEXT


onshape
Shell-and-Tube Heat Exchanger V6
Versions are view only. Viewing V6.
Custom features
Custom tables
Return to Main
Share
Michael LaFleche
Prompt
Add the baffles, give me an option for a hemispherical head, and add weld prep cuts. Show me the hot and cold outlets and color them.
Custom tables
Heat Exchanger Perf...
Heat Exchanger Performance
Quantity
Value
Configuration
1-pass / Counter, hot on Tube side
Heads
Hemispherical
Number of tubes
151
Hot inlet / outlet
90 / 68.8 C
Cold inlet / outlet
20 / 30.6 C
Heat duty Q (kW)
88.61
LMTD (C)
53.93
F (LMTD correction)
1
Effectiveness
0.303
NTU
0.393
Surface area (m^2)
4.52
U overall (W/m^2.K)
363.5
h tube (W/m^2.K)
508.3
h shell (W/m^2.K)
4336.8
Re tube
1225
Re shell
8075
Tube velocity
0.054 m/s
Shell velocity
0.389 m/s
Pressure drop, tube
0.01 kPa
Pressure drop, shell
4.46 kPa
Add custom tables
Shell-and-Tube Heat Exchanger 1
Design intent (prompt history)
Configuration
Shell (ASME B36.10M Sch 40)
Tubes (BWG standard)
Baffles
Nozzles & Flanges
Hot fluid
Heat Exchanger
Render Studio
Drawing 1
Feature Studio 1

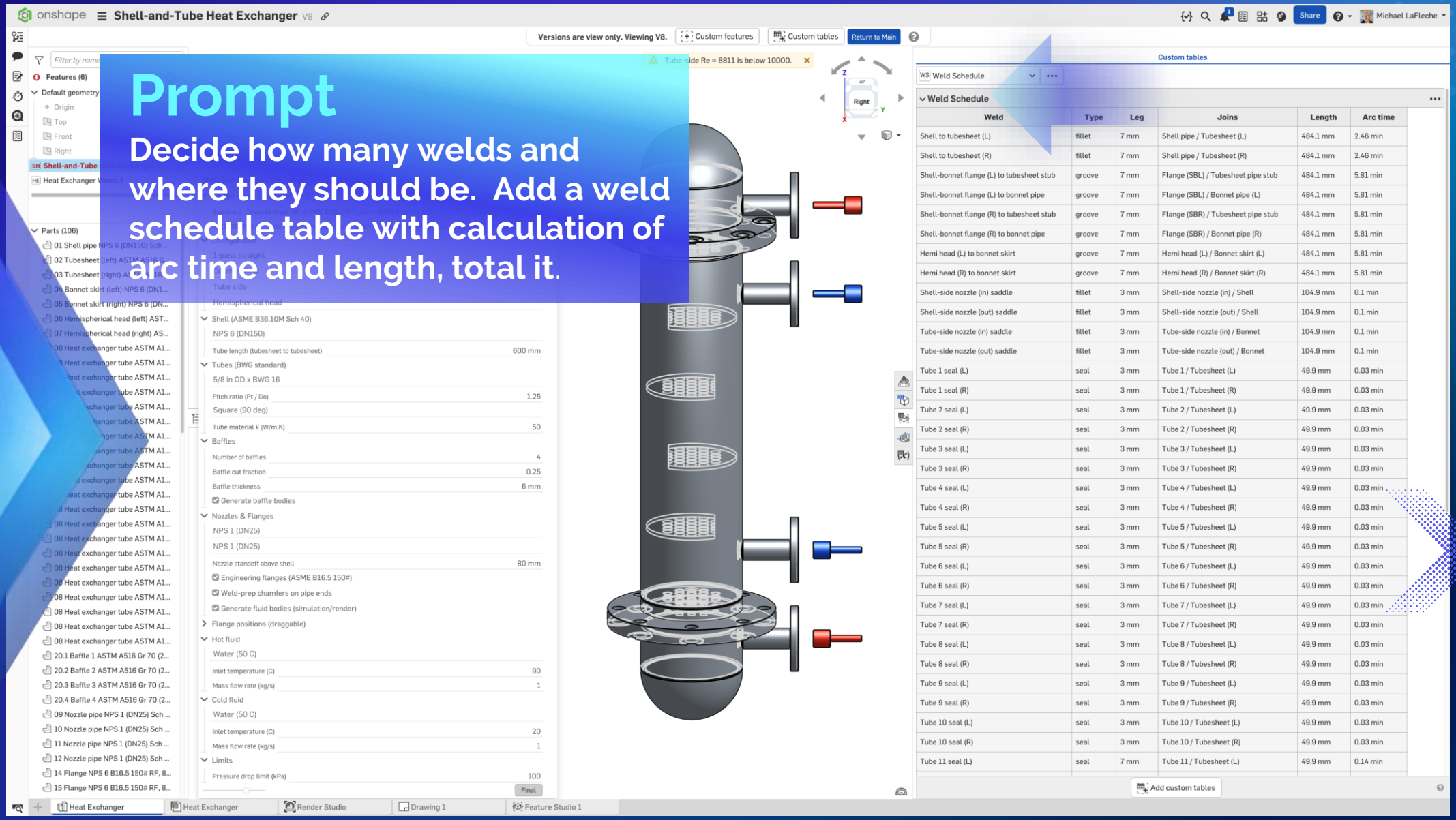
PTC NEXT

Prompt

And physical fluid volume for CFD and Render, add average residence time to table.



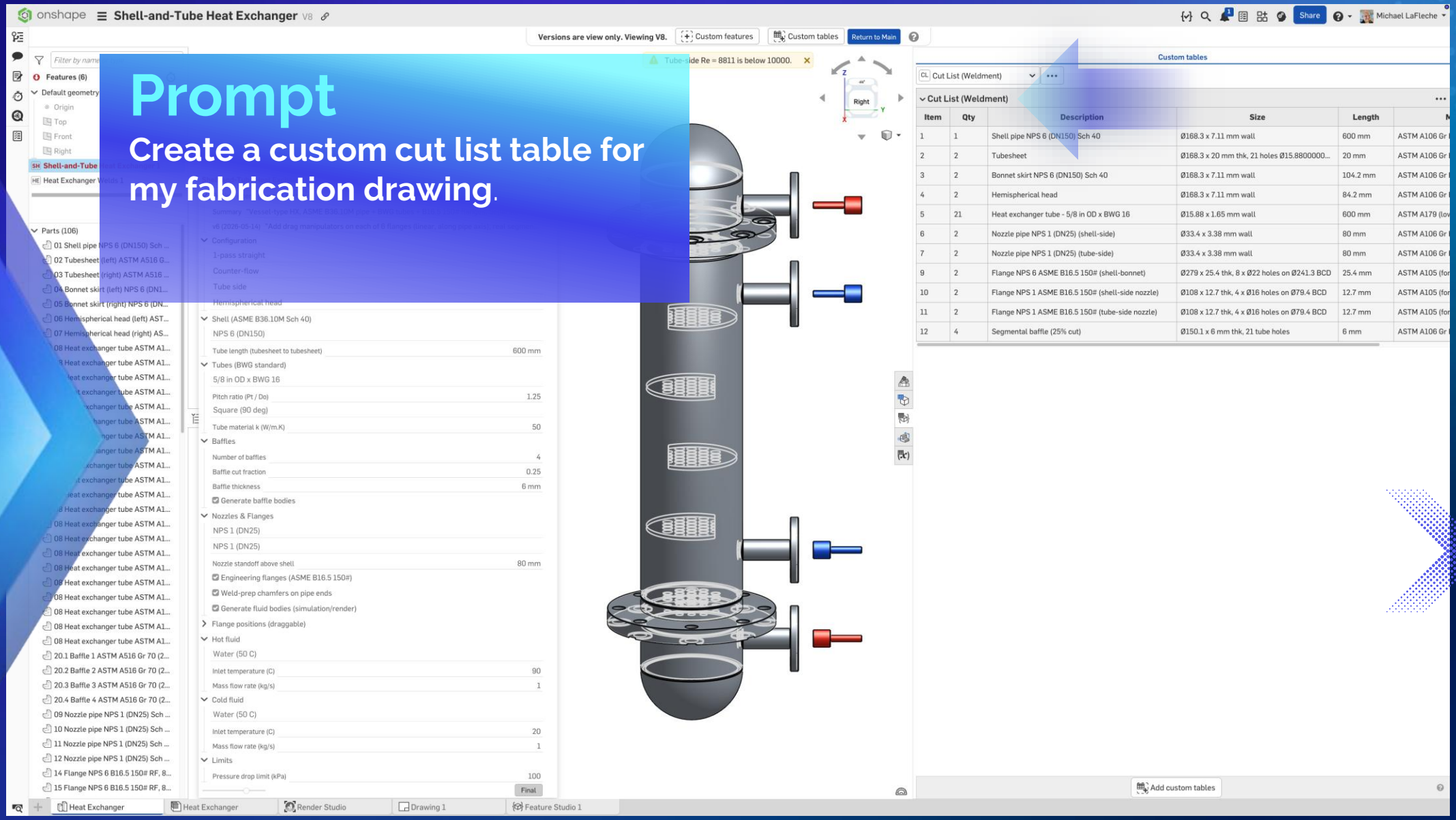
PTC NEXT


onshape
Shell-and-Tube Heat Exchanger V8
Versions are view only. Viewing V8.
Custom features
Custom tables
Return to Main
Share
Michael LaFleche
Prompt
Decide how many welds and where they should be. Add a weld schedule table with calculation of arc time and length, total it.
Custom tables
Weld Schedule
Weld | Type | Leg | Joins | Length | Arc time
Shell to tubesheet (L) | fillet | 7 mm | Shell pipe / Tubesheet (L) | 484.1 mm | 2.46 min
Shell to tubesheet (R) | fillet | 7 mm | Shell pipe / Tubesheet (R) | 484.1 mm | 2.46 min
Shell-bonnet flange (L) to tubesheet stub | groove | 7 mm | Flange (SBL) / Tubesheet pipe stub | 484.1 mm | 5.81 min
Shell-bonnet flange (L) to bonnet pipe | groove | 7 mm | Flange (SBL) / Bonnet pipe (L) | 484.1 mm | 5.81 min
Shell-bonnet flange (R) to tubesheet stub | groove | 7 mm | Flange (SBR) / Tubesheet pipe stub | 484.1 mm | 5.81 min
Shell-bonnet flange (R) to bonnet pipe | groove | 7 mm | Flange (SBR) / Bonnet pipe (R) | 484.1 mm | 5.81 min
Hemi head (L) to bonnet skirt | groove | 7 mm | Hemi head (L) / Bonnet skirt (L) | 484.1 mm | 5.81 min
Hemi head (R) to bonnet skirt | groove | 7 mm | Hemi head (R) / Bonnet skirt (R) | 484.1 mm | 5.81 min
Shell-side nozzle (in) saddle | fillet | 3 mm | Shell-side nozzle (in) / Shell | 104.9 mm | 0.1 min
Shell-side nozzle (out) saddle | fillet | 3 mm | Shell-side nozzle (out) / Shell | 104.9 mm | 0.1 min
Tube-side nozzle (in) saddle | fillet | 3 mm | Tube-side nozzle (in) / Bonnet | 104.9 mm | 0.1 min
Tube-side nozzle (out) saddle | fillet | 3 mm | Tube-side nozzle (out) / Bonnet | 104.9 mm | 0.1 min
Tube 1 seal (L) | seal | 3 mm | Tube 1 / Tubesheet (L) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 1 seal (R) | seal | 3 mm | Tube 1 / Tubesheet (R) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 2 seal (L) | seal | 3 mm | Tube 2 / Tubesheet (L) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 2 seal (R) | seal | 3 mm | Tube 2 / Tubesheet (R) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 3 seal (L) | seal | 3 mm | Tube 3 / Tubesheet (L) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 3 seal (R) | seal | 3 mm | Tube 3 / Tubesheet (R) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 4 seal (L) | seal | 3 mm | Tube 4 / Tubesheet (L) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 4 seal (R) | seal | 3 mm | Tube 4 / Tubesheet (R) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 5 seal (L) | seal | 3 mm | Tube 5 / Tubesheet (L) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 5 seal (R) | seal | 3 mm | Tube 5 / Tubesheet (R) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 6 seal (L) | seal | 3 mm | Tube 6 / Tubesheet (L) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 6 seal (R) | seal | 3 mm | Tube 6 / Tubesheet (R) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 7 seal (L) | seal | 3 mm | Tube 7 / Tubesheet (L) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 7 seal (R) | seal | 3 mm | Tube 7 / Tubesheet (R) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 8 seal (L) | seal | 3 mm | Tube 8 / Tubesheet (L) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 8 seal (R) | seal | 3 mm | Tube 8 / Tubesheet (R) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 9 seal (L) | seal | 3 mm | Tube 9 / Tubesheet (L) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 9 seal (R) | seal | 3 mm | Tube 9 / Tubesheet (R) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 10 seal (L) | seal | 3 mm | Tube 10 / Tubesheet (L) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 10 seal (R) | seal | 3 mm | Tube 10 / Tubesheet (R) | 49.9 mm | 0.03 min
Tube 11 seal (L) | seal | 7 mm | Tube 11 / Tubesheet (L) | 49.9 mm | 0.14 min
Add custom tables
Heat Exchanger
Render Studio
Drawing 1
Feature Studio 1

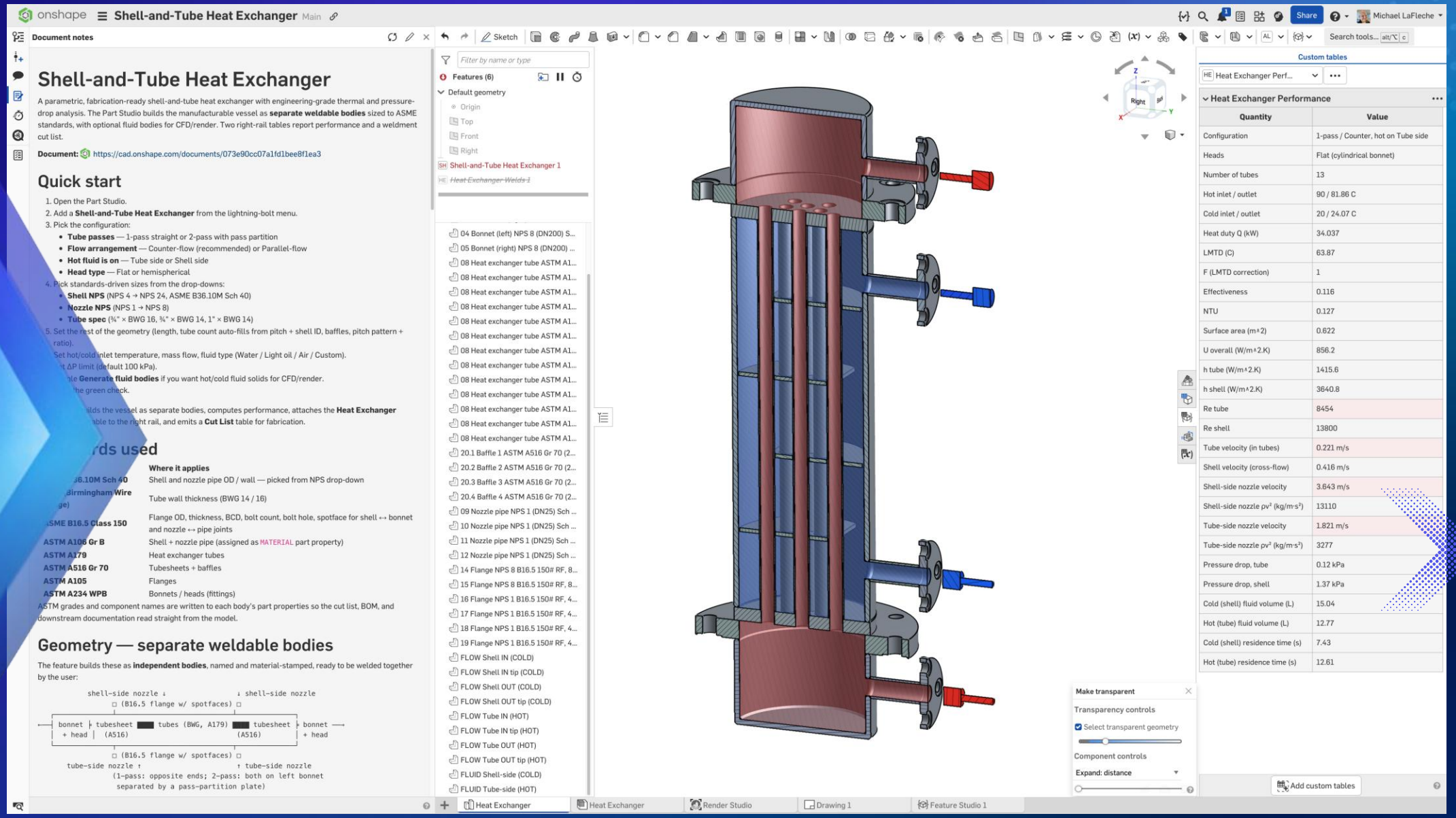
PTC NEXT

Prompt

Create a custom cut list table for my fabrication drawing.

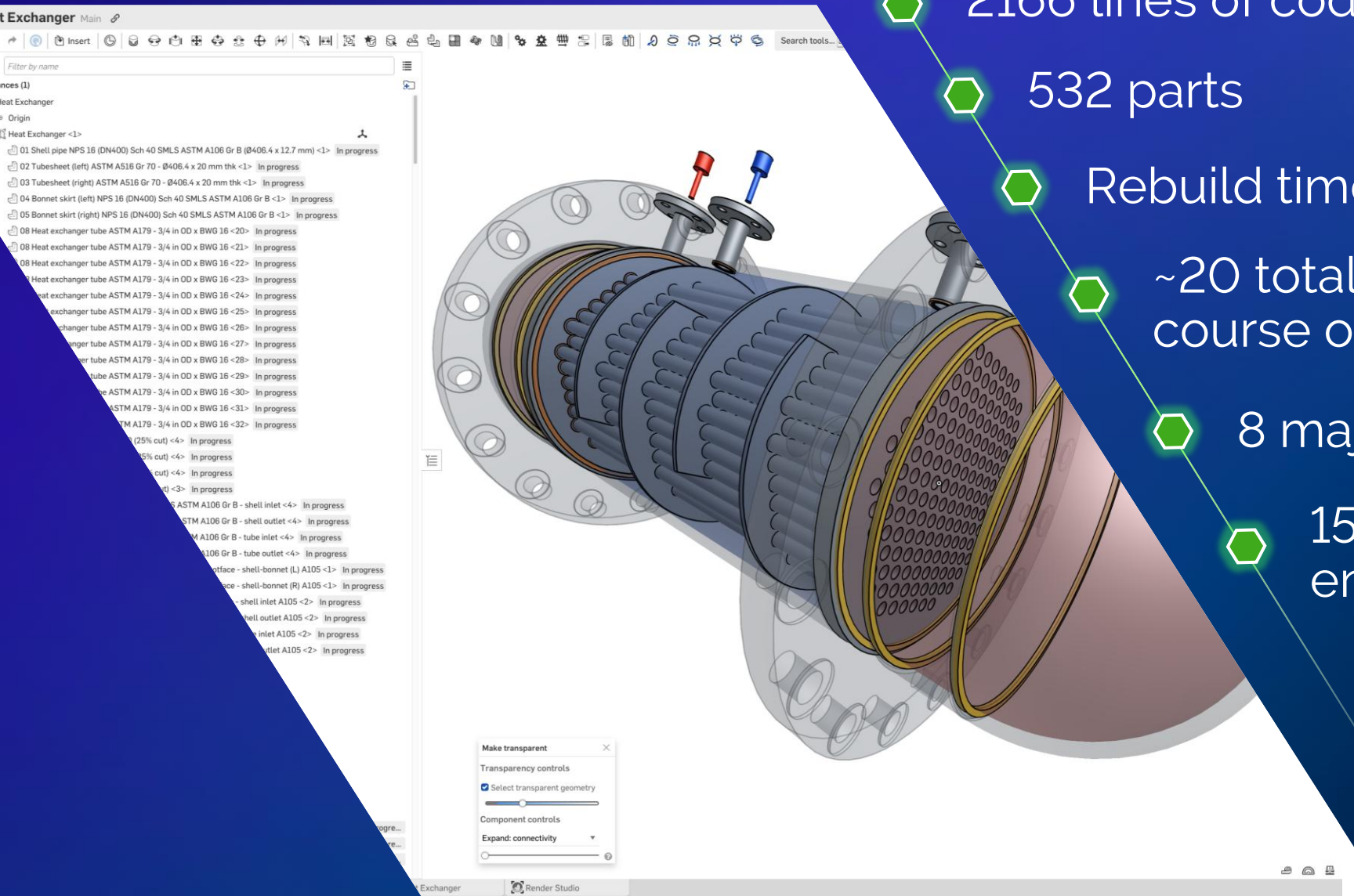


PTC NEXT


onshape
Shell-and-Tube Heat Exchanger
Main
Share
Michael LaFleche
Document notes
Shell-and-Tube Heat Exchanger
A parametric, fabrication-ready shell-and-tube heat exchanger with engineering-grade thermal and pressure-drop analysis. The Part Studio builds the manufacturable vessel as separate weldable bodies sized to ASME standards, with optional fluid bodies for CFD/render. Two right-rail tables report performance and a weldment cut list.
Document: https://cad.onshape.com/documents/073e90cc07a1fd1bee8f1ea3
Quick start
1. Open the Part Studio.
2. Add a Shell-and-Tube Heat Exchanger from the lightning-bolt menu.
3. Pick the configuration:
Tube passes — 1-pass straight or 2-pass with pass partition
Flow arrangement — Counter-flow (recommended) or Parallel-flow
Hot fluid is on — Tube side or Shell side
Head type — Flat or hemispherical
4. Pick standards-driven sizes from the drop-downs:
Shell NPS (NPS 4 → NPS 24, ASME B36.10M Sch 40)
Nozzle NPS (NPS 1 → NPS 8)
Tube spec (¾" × BWG 16, ¾" × BWG 14, 1" × BWG 14)
5. Set the rest of the geometry (length, tube count auto-fills from pitch + shell ID, baffles, pitch pattern + ratio).
Set hot/cold inlet temperature, mass flow, fluid type (Water / Light oil / Air / Custom).
ΔP limit (default 100 kPa).
Generate fluid bodies if you want hot/cold fluid solids for CFD/render.
green check.
ilds the vessel as separate bodies, computes performance, attaches the Heat Exchanger
able to the right rail, and emits a Cut List table for fabrication.
rds used
Where it applies
6.10M Sch 40
Shell and nozzle pipe OD / wall — picked from NPS drop-down
Birmingham Wire
ge)
Tube wall thickness (BWG 14 / 16)
SME B16.5 Class 150
Flange OD, thickness, BCD, bolt count, bolt hole, spotface for shell ↔ bonnet and nozzle ↔ pipe joints
ASTM A106 Gr B
Shell + nozzle pipe (assigned as MATERIAL part property)
ASTM A179
Heat exchanger tubes
ASTM A516 Gr 70
Tubesheets + baffles
ASTM A105
Flanges
ASTM A234 WPB
Bonnets / heads (fittings)
ASTM grades and component names are written to each body's part properties so the cut list, BOM, and downstream documentation read straight from the model.
Geometry — separate weldable bodies
The feature builds these as independent bodies, named and material-stamped, ready to be welded together by the user:
shell-side nozzle ↓
(B16.5 flange w/ spotfaces)
↓ shell-side nozzle
bonnet + head
tubesheet (A516)
tubes (BWG, A179)
tubesheet (A516)
bonnet + head
(B16.5 flange w/ spotfaces)
tube-side nozzle ↑
↑ tube-side nozzle
(1-pass: opposite ends; 2-pass: both on left bonnet separated by a pass-partition plate)
Sketch
Search tools...
Filter by name or type
Features (6)
Default geometry
Origin
Top
Front
Right
Shell-and-Tube Heat Exchanger 1
Heat Exchanger Welds 1
04 Bonnet (left) NPS 8 (DN200) S...
05 Bonnet (right) NPS 8 (DN200) ...
08 Heat exchanger tube ASTM A1...
20.1 Baffle 1 ASTM A516 Gr 70 (2...
20.2 Baffle 2 ASTM A516 Gr 70 (2...
20.3 Baffle 3 ASTM A516 Gr 70 (2...
20.4 Baffle 4 ASTM A516 Gr 70 (2...
09 Nozzle pipe NPS 1 (DN25) Sch ...
10 Nozzle pipe NPS 1 (DN25) Sch ...
11 Nozzle pipe NPS 1 (DN25) Sch ...
12 Nozzle pipe NPS 1 (DN25) Sch ...
14 Flange NPS 8 B16.5 150# RF, 8...
15 Flange NPS 8 B16.5 150# RF, 8...
16 Flange NPS 1 B16.5 150# RF, 4...
17 Flange NPS 1 B16.5 150# RF, 4...
18 Flange NPS 1 B16.5 150# RF, 4...
19 Flange NPS 1 B16.5 150# RF, 4...
FLOW Shell IN (COLD)
FLOW Shell IN tip (COLD)
FLOW Shell OUT (COLD)
FLOW Shell OUT tip (COLD)
FLOW Tube IN (HOT)
FLOW Tube IN tip (HOT)
FLOW Tube OUT (HOT)
FLOW Tube OUT tip (HOT)
FLUID Shell-side (COLD)
FLUID Tube-side (HOT)
Right
Custom tables
Heat Exchanger Perf...
Heat Exchanger Performance
Quantity
Value
Configuration
1-pass / Counter, hot on Tube side
Heads
Flat (cylindrical bonnet)
Number of tubes
13
Hot inlet / outlet
90 / 81.86 C
Cold inlet / outlet
20 / 24.07 C
Heat duty Q (kW)
34.037
LMTD (C)
63.87
F (LMTD correction)
1
Effectiveness
0.116
NTU
0.127
Surface area (m^2)
0.622
U overall (W/m^2.K)
856.2
h tube (W/m^2.K)
1415.6
h shell (W/m^2.K)
3640.8
Re tube
8454
Re shell
13800
Tube velocity (in tubes)
0.221 m/s
Shell velocity (cross-flow)
0.416 m/s
Shell-side nozzle velocity
3.643 m/s
Shell-side nozzle ρv² (kg/m·s²)
13110
Tube-side nozzle velocity
1.821 m/s
Tube-side nozzle ρv² (kg/m·s²)
3277
Pressure drop, tube
0.12 kPa
Pressure drop, shell
1.37 kPa
Cold (shell) fluid volume (L)
15.04
Hot (tube) fluid volume (L)
12.77
Cold (shell) residence time (s)
7.43
Hot (tube) residence time (s)
12.61
Make transparent
Transparency controls
Select transparent geometry
Component controls
Expand: distance
Add custom tables
Heat Exchanger
Heat Exchanger
Render Studio
Drawing 1
Feature Studio 1

PTC NEXT

SUMMARY

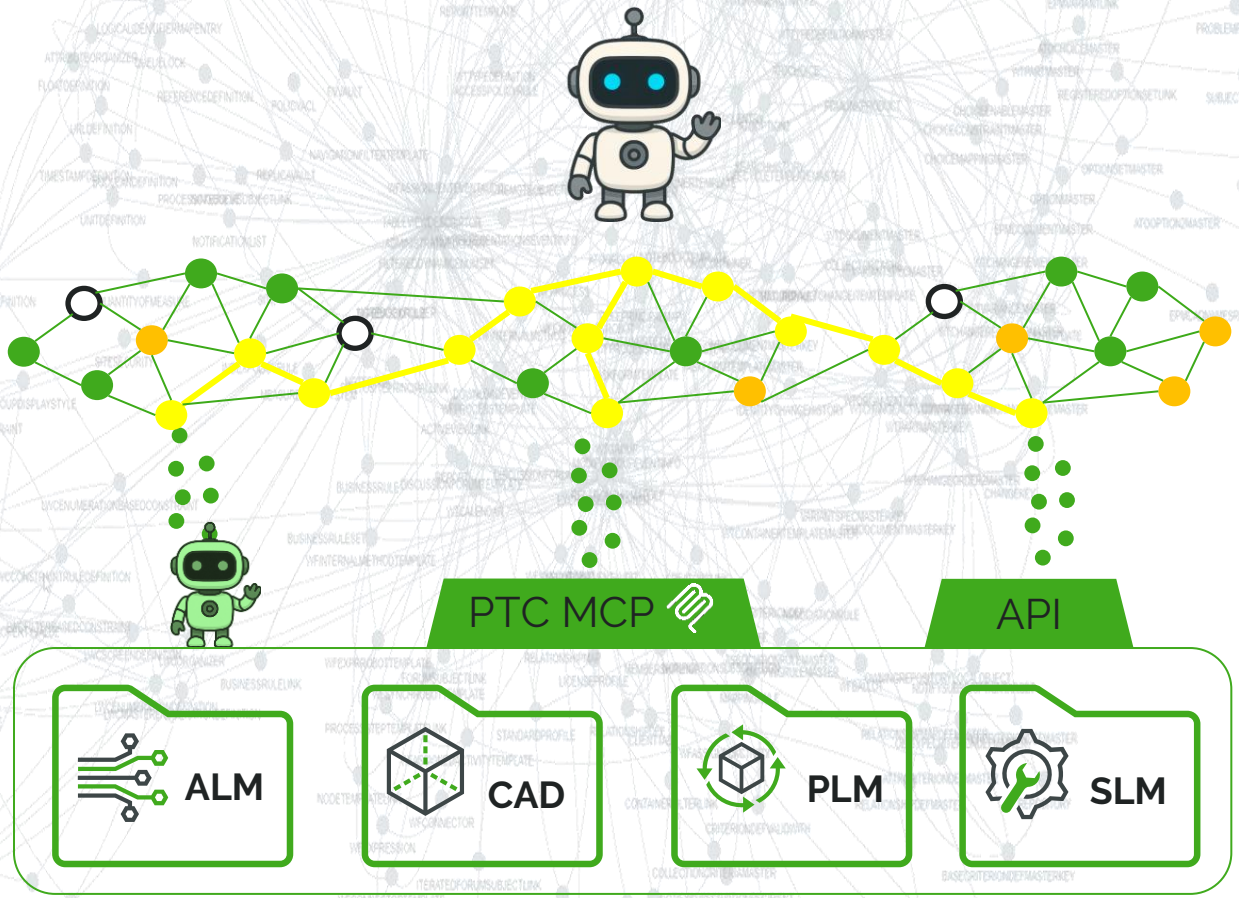


- 2166 lines of code
- 532 parts
- Rebuild time 19 seconds
- ~20 total prompts over the course of a day
- 8 major versions
- 150-200 hours of engineering time saved

PTC NEXT

FUTURE OF PRODUCT ENGINEERING
AGENTIC WORLD ACROSS THE INTELLIGENT PRODUCT LIFECYCLE

- **A shared,** extensible semantic foundation across ALM, CAD, PLM & SLM
- **Context-aware insight & actions** driven by shared knowledge models.
- **Cross-Domain Orchestration** for seamless lifecycle automation.
- **Feedback loops** enabling continuous learning and improvement.
- **Accelerated value** through intelligent, connected agents.



ptc

DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

AGENDA



- Market Trends
- Creo 13.4. Update
- creo® ai
- **Creo Roadmap**

THE ROAD AHEAD

Five strategic investments shaping the future of AI-powered Creo

1 Deeper CAD Integration

•AI woven directly into Creo tools, not just chat, but embedded intelligence boosting existing workflows

•Tighter integration unlocking new capabilities across Creo domains

2 Open Ecosystem & MCP

•Bi-directional protocol connecting external AI agents with Creo and other PTC and Partner offerings

•Secure, auditable, and flexible: SaaS, private cloud, or on-premises deployments

3 Customer Institutional Knowledge

•Institutional knowledge gatekeeper: AI consults internal guidelines to advise engineers

•Can handle historical CAD data to extract meaningful knowledge and deliver expert level value

4 Reusable Automations

•Save and share AI-generated workflows as repeatable, validated automations

•Scale one-off AI tasks into enterprise-level engineering processes spanning products

5 Geometry & Feature Creation

•Meaningful geometry creation powered by spatial reasoning and understanding of the engineering intent

•Historical data ingestion and design intent comprehension

PTC'S JOURNEY IN APPLYING AI IN CREO

AI as Advisor

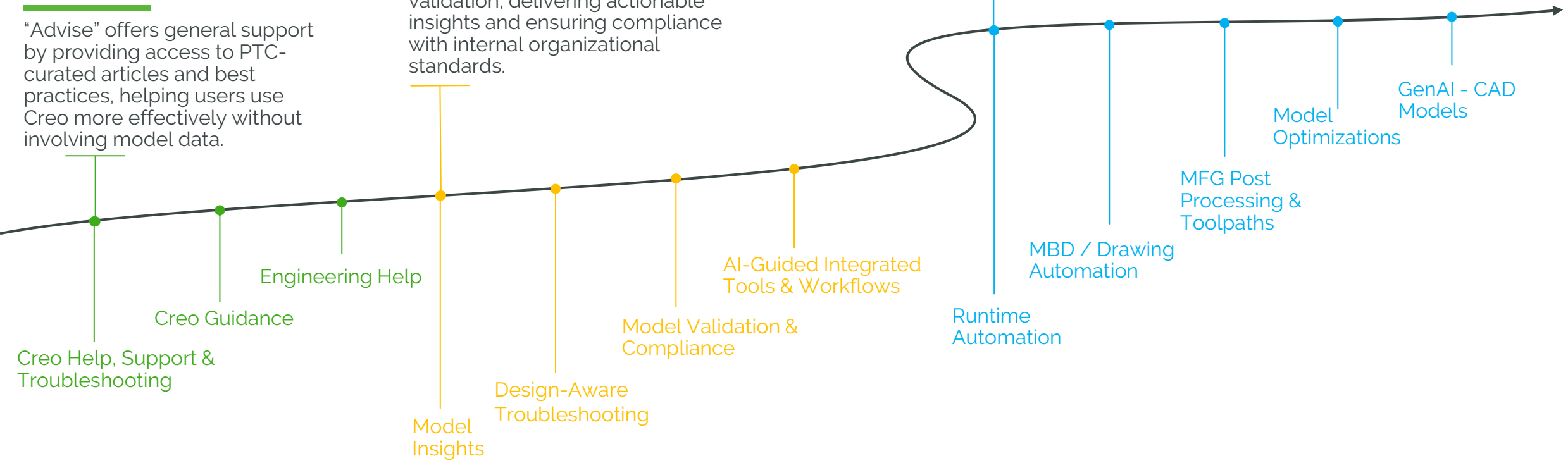
"Advise" offers general support by providing access to PTC-curated articles and best practices, helping users use Creo more effectively without involving model data.

AI as Assistant

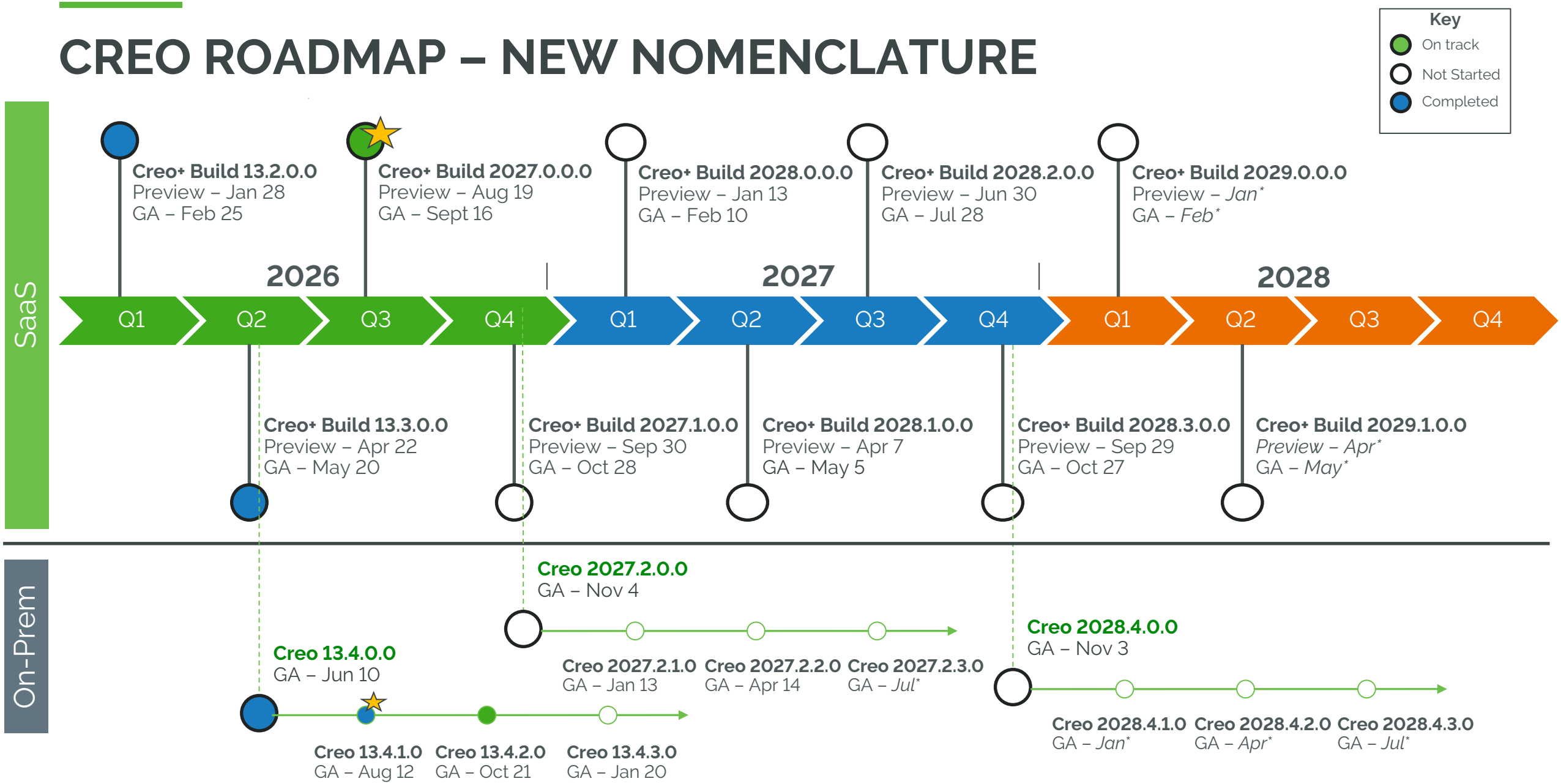
"Assist" offers model-aware guidance, troubleshooting, and validation, delivering actionable insights and ensuring compliance with internal organizational standards.

AI as Automation Agent

"Automate" offers users advanced geometric and design intelligence, leveraging historical CAD data and Assist agent's suggestions to enable smart engineering analysis and advanced automation processes.



CREO ROADMAP – NEW NOMENCLATURE



Future looking information subject to change without notice (GA dates might change)

ptc

DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

THANK YOU

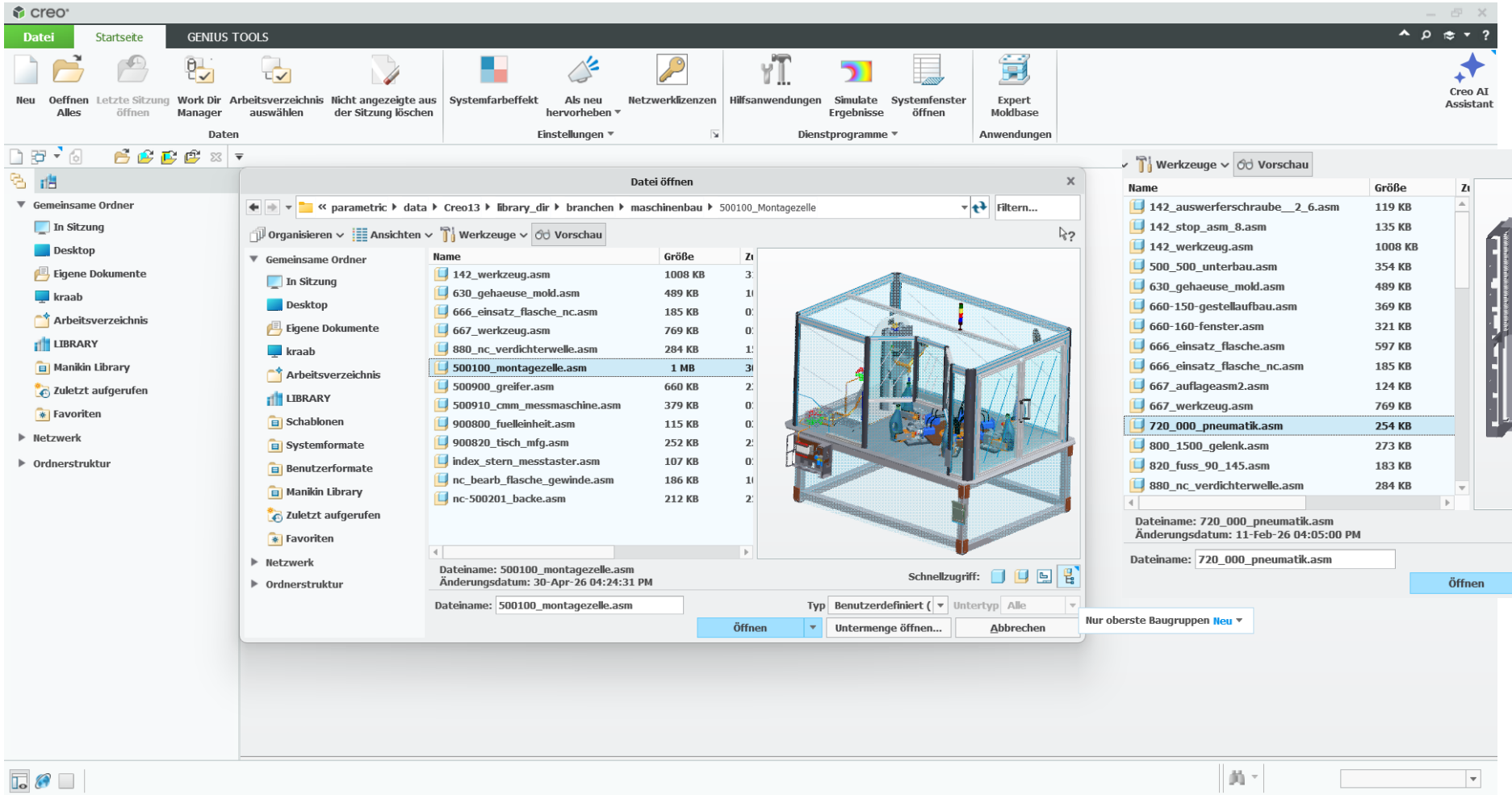
ptc.com

Creo 13
Highlights der neuen Version



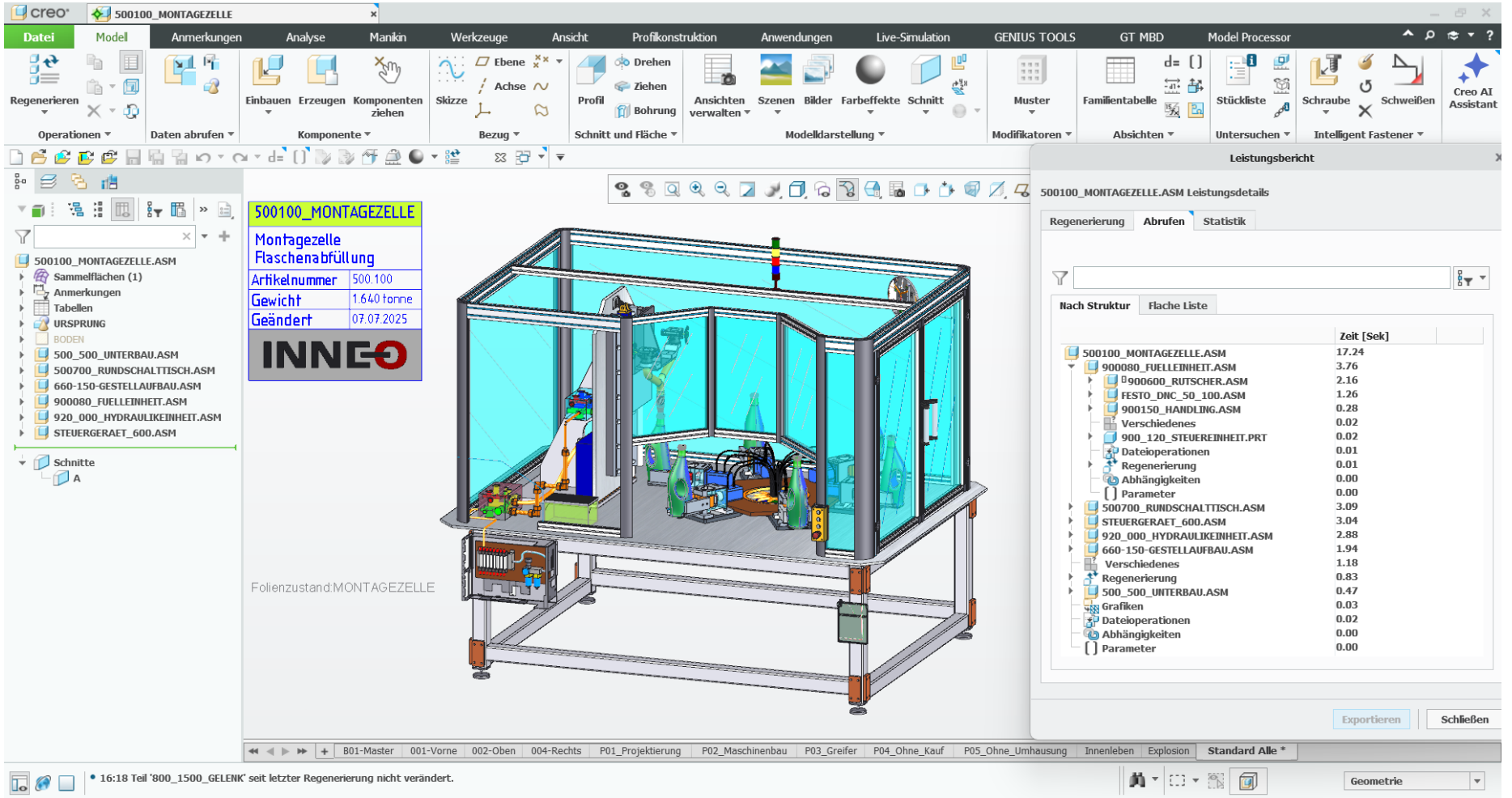
Klaus Raab
kraab@inneo.com
07961 890-146

Beim Aufrufen Filter auf nur oberste Baugruppe



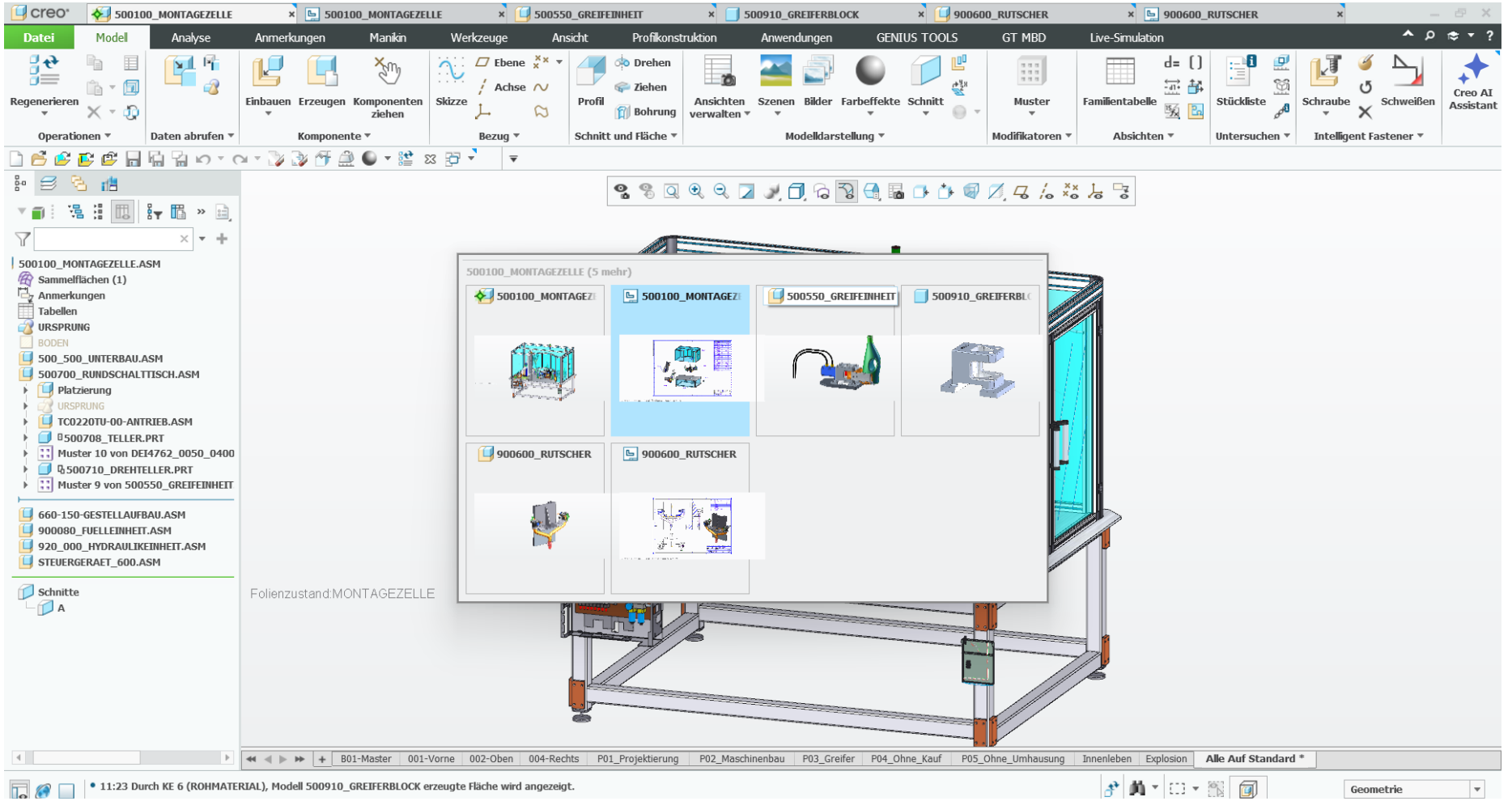
Schnelles Finden der obersten Baugruppe

Leistungsbericht zur Aufrufzeit



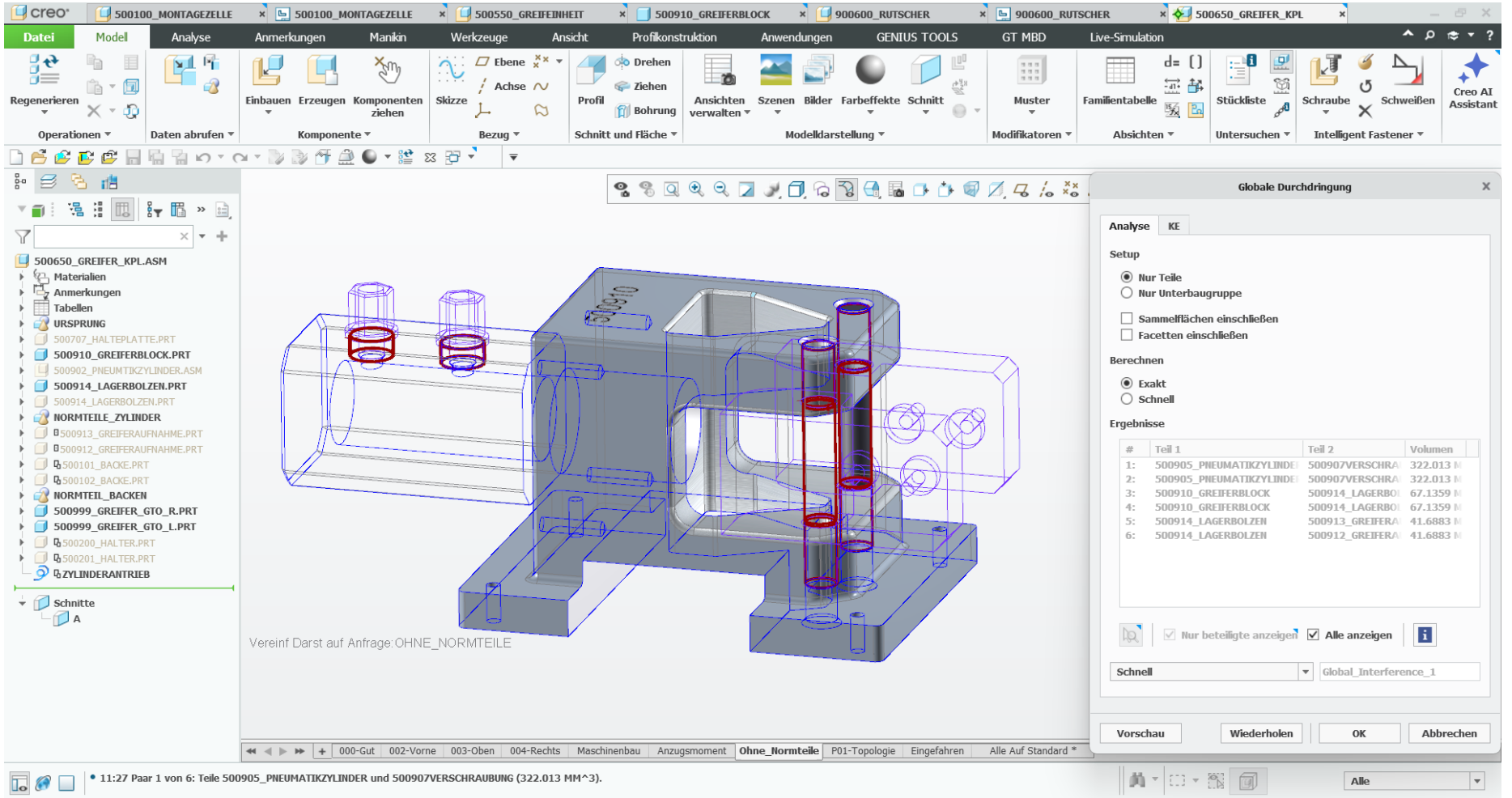
Schnelle Informationen zur Aufrufzeit der Baugruppen oder Teile

Öffnen der Creo Objekte in eigenen Tabs



Schnelles Fensterwechseln zwischen geöffneten Objekten

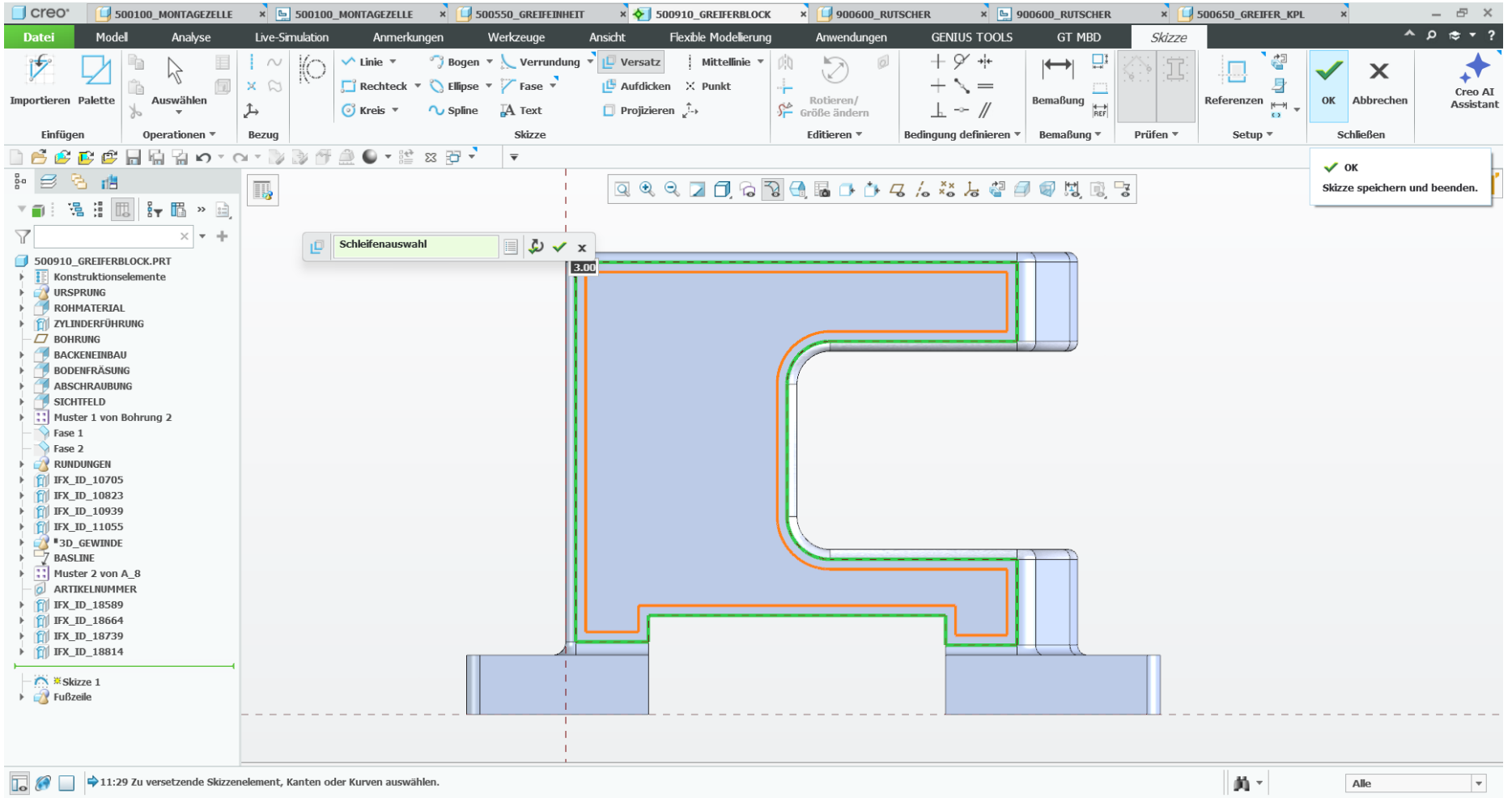
Kollisionsprüfung – Filter auf kollidierende Modelle



Beim Filtern können auch nur die beteiligten Modelle angezeigt werden

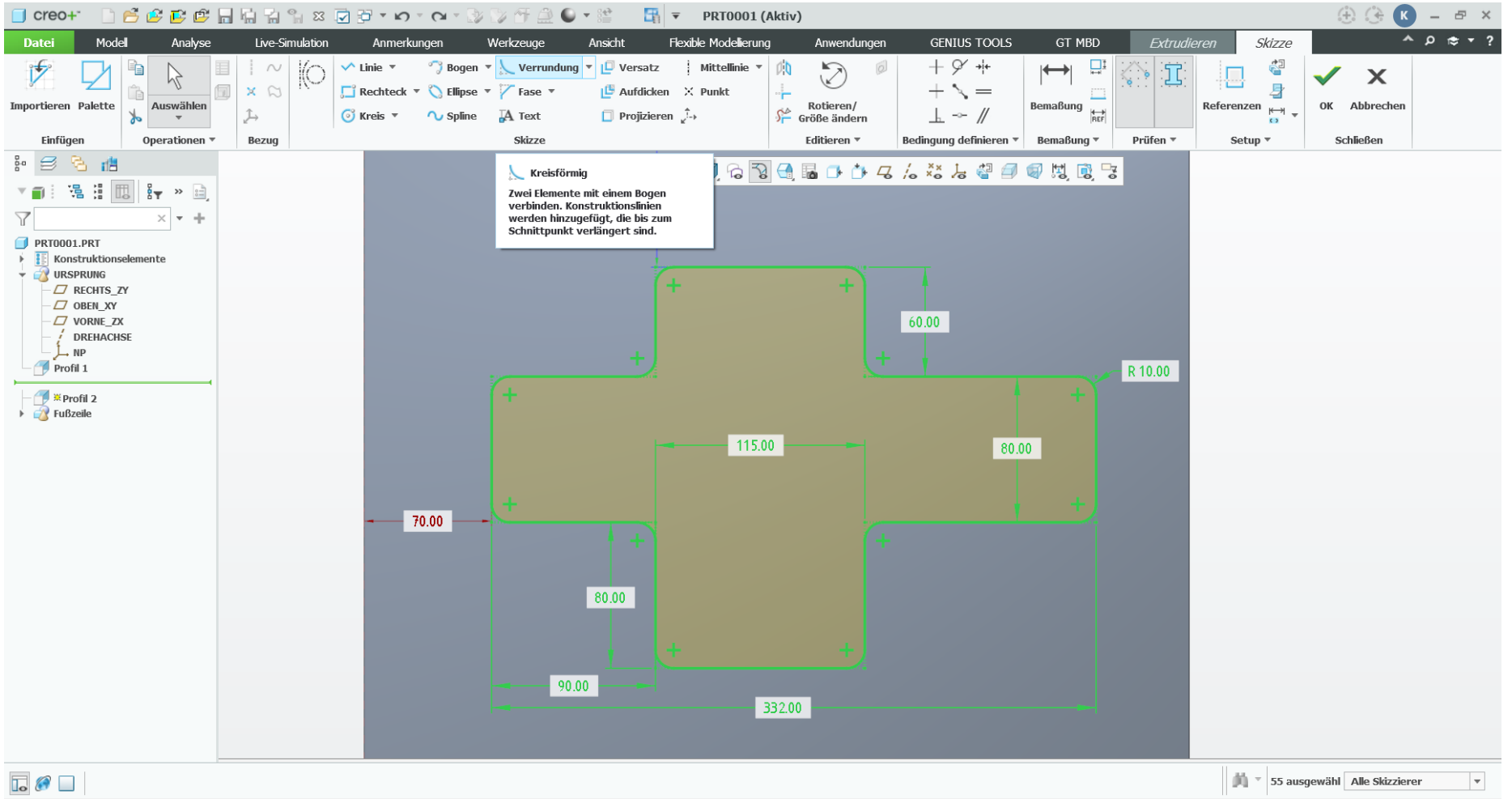
- ✓ Verbessertes Finden und Darstellen der kollidierenden Modelle

Abkürzung bei Kurvenübernahme (Projizieren, Versatz, Aufdicken)



Kontur wird übernommen, ohne Häkchen in Schleifenauswahl übernehmen zu müssen

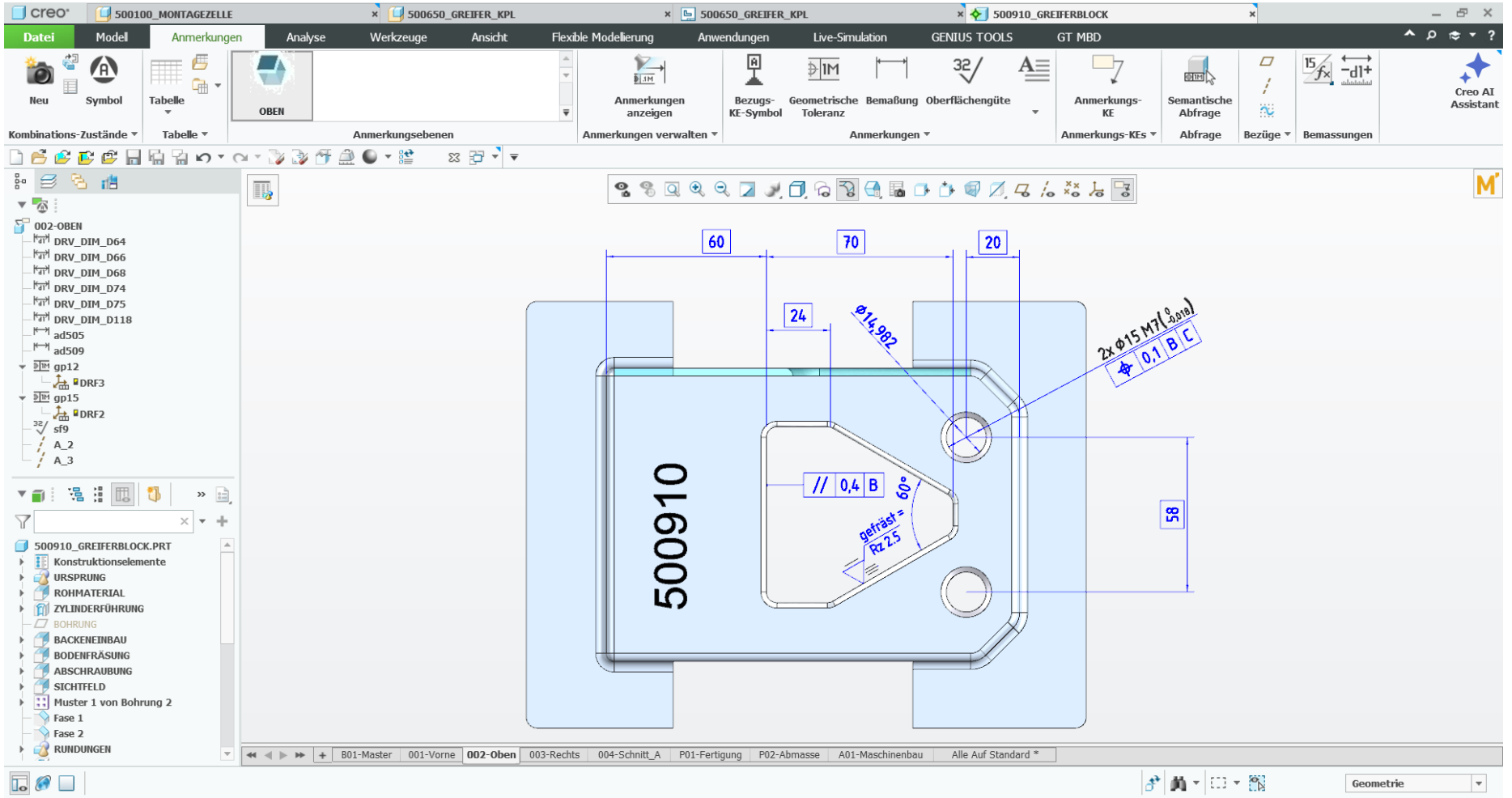
Alle Ecken über z. B. Rechteckauswahl verrunden



Unterschiedliche können über Auswahl mit
STRG-Taste mit dem gleichen Radius verrundet werden

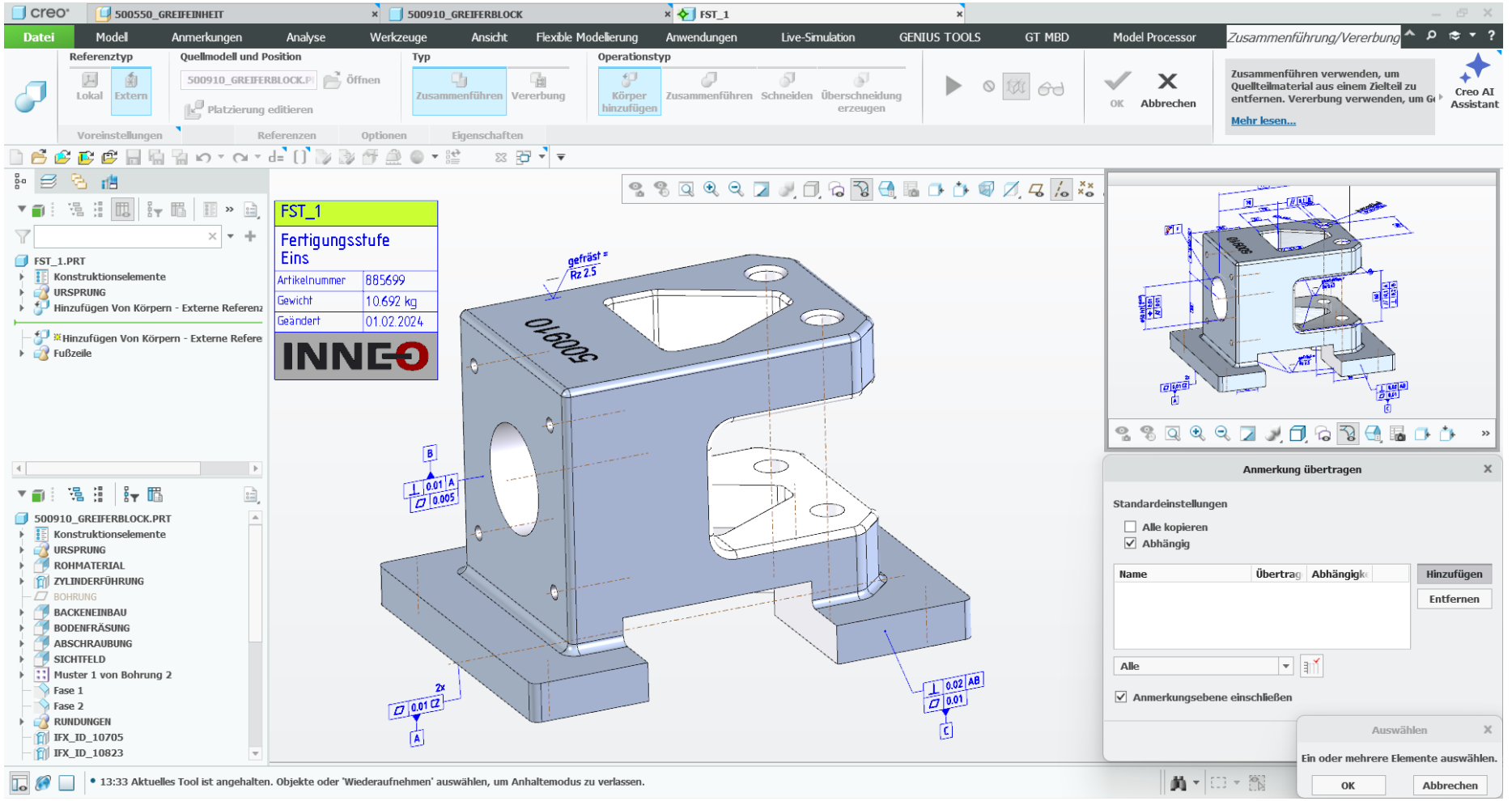
Gleich Funktion steht auch beim Fasen zur Verfügung

Verbesserte Positionierung von Symbolen



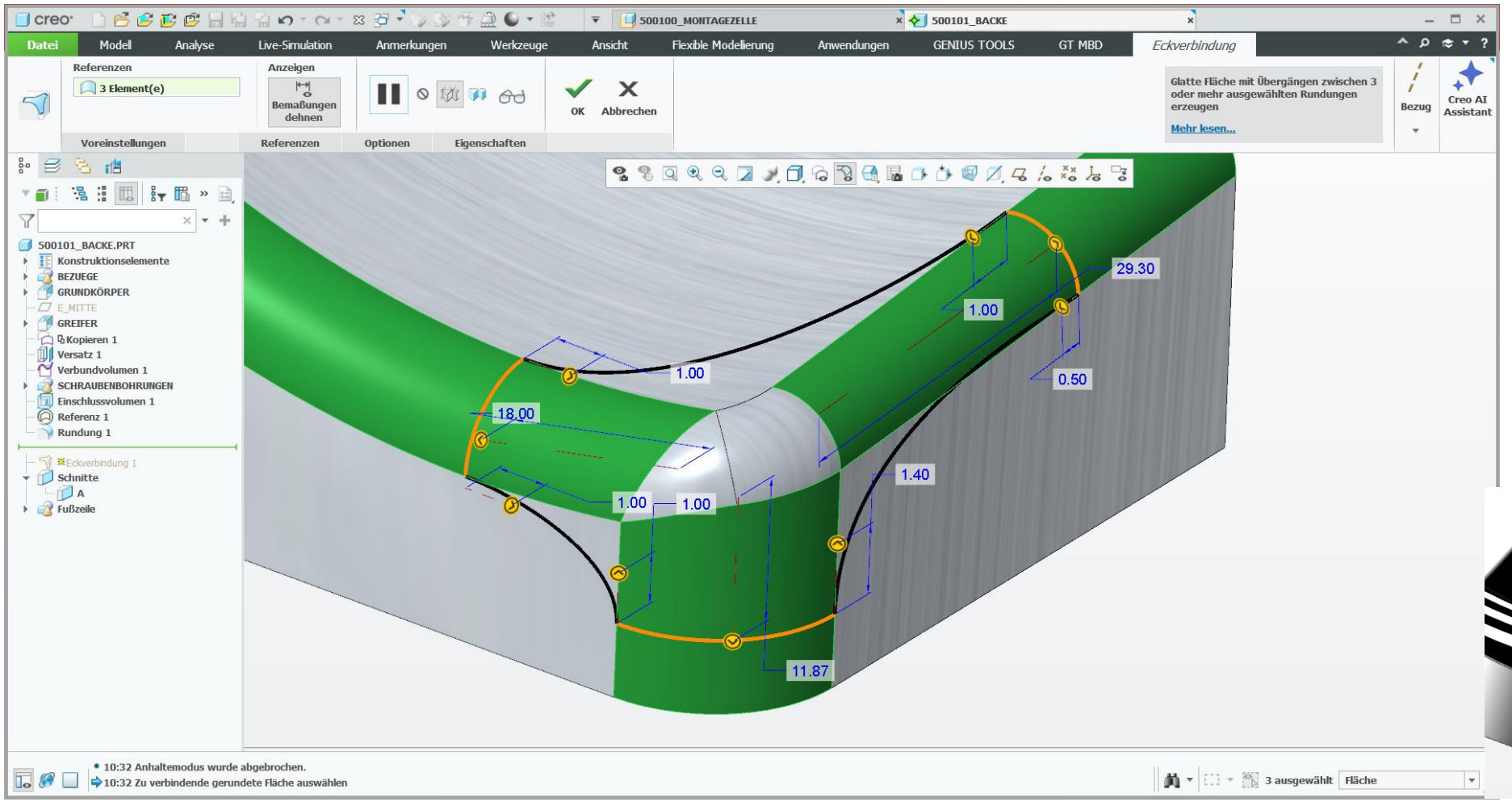
Erweiterung der MBD-Strategie

Anmerkungs-KE`S werden beim Vererben (AAX) übernommen

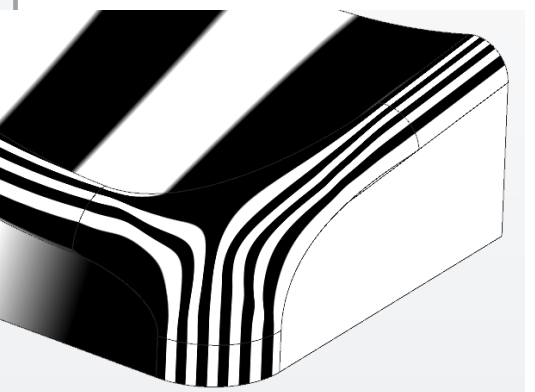


Verbesserung der Prozesse

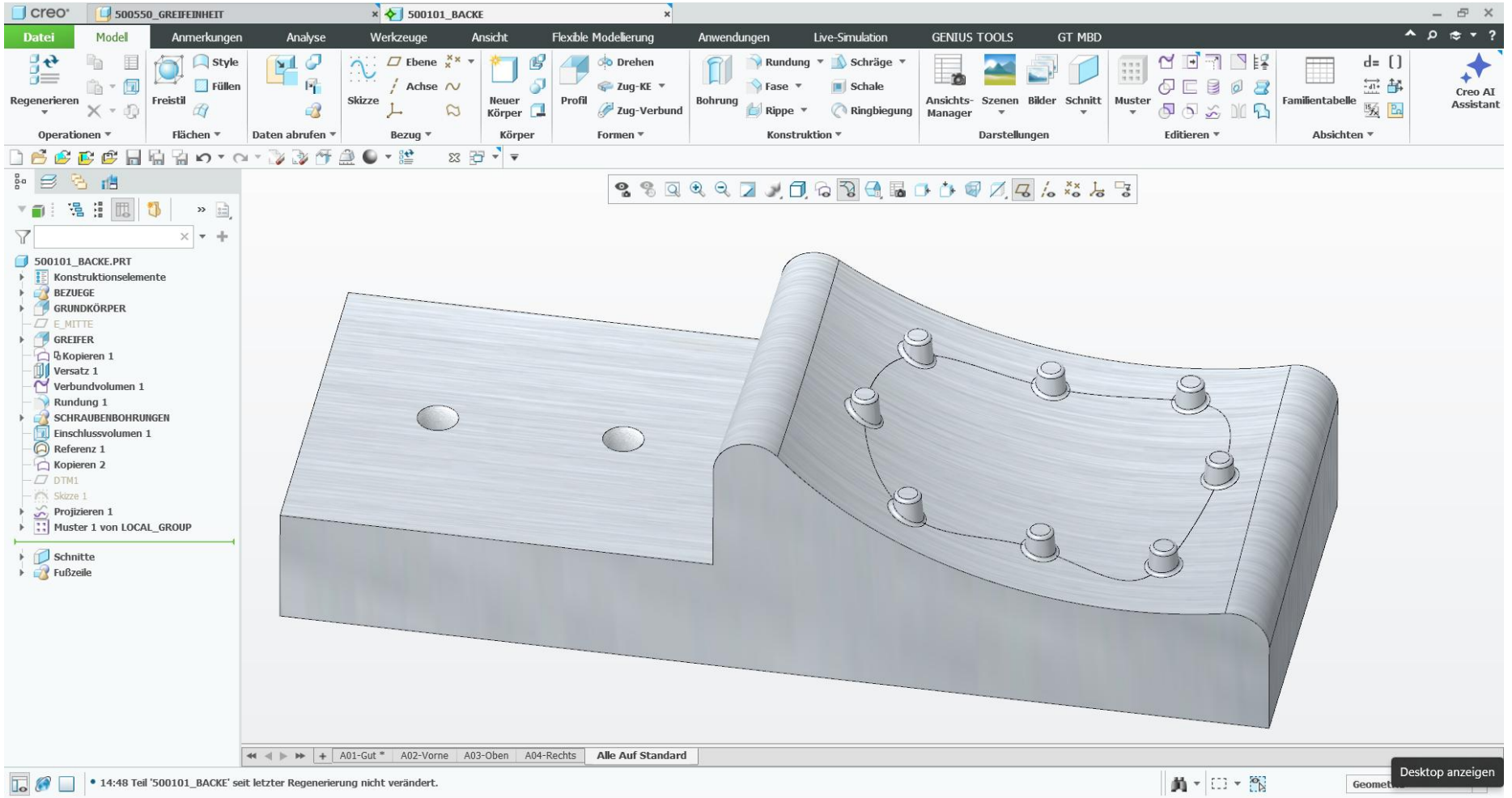
Eckverbindung



Glatte Fläche mit Übergängen mit 3 oder mehreren ausgewählten Rundungen erzeugen



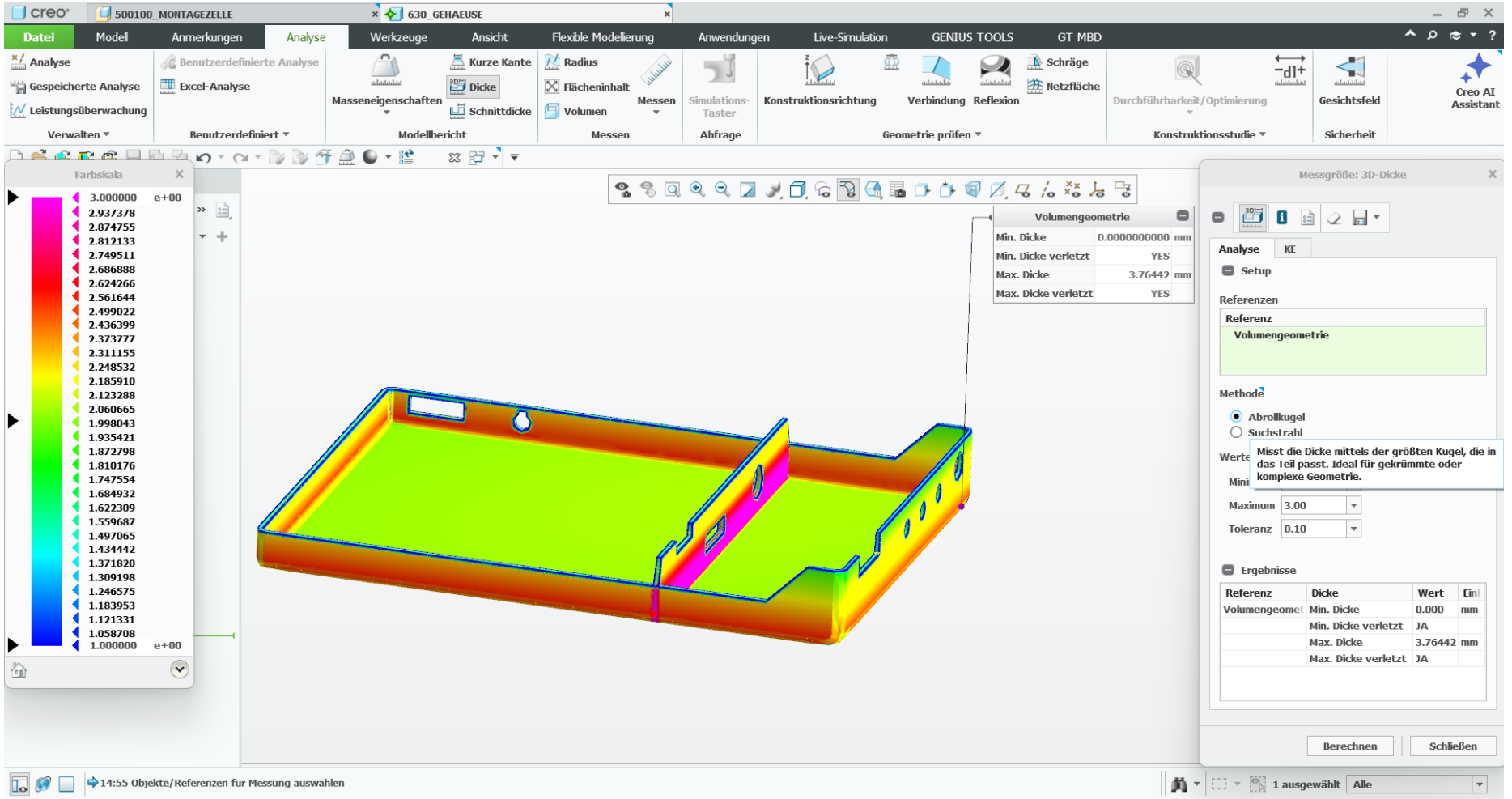
Muster entlang 3D Kurve



Neu Option bei Muster entlang Kurve

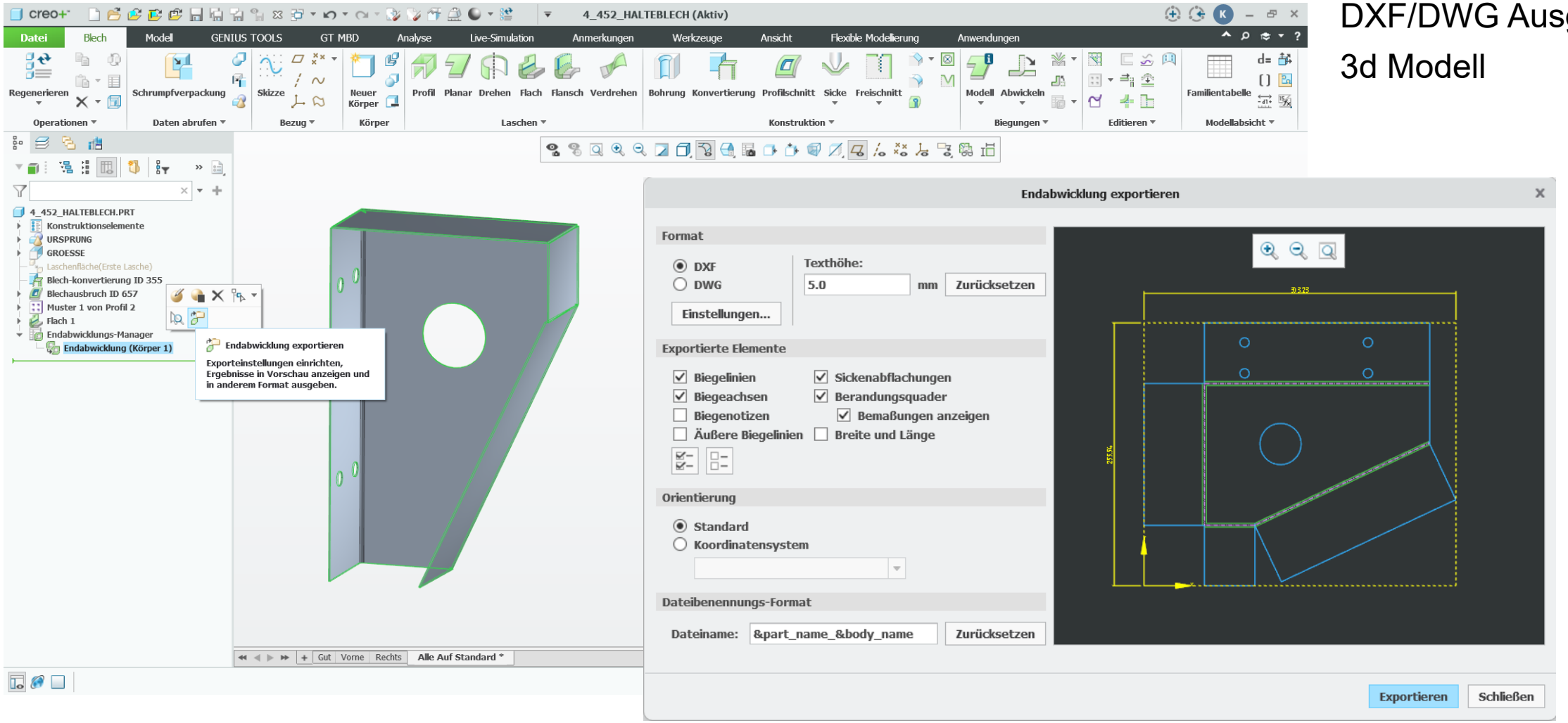
DER FLÄCHENRICHTUNG FOLGEN

Wanddickenmessung über Abrollkugel



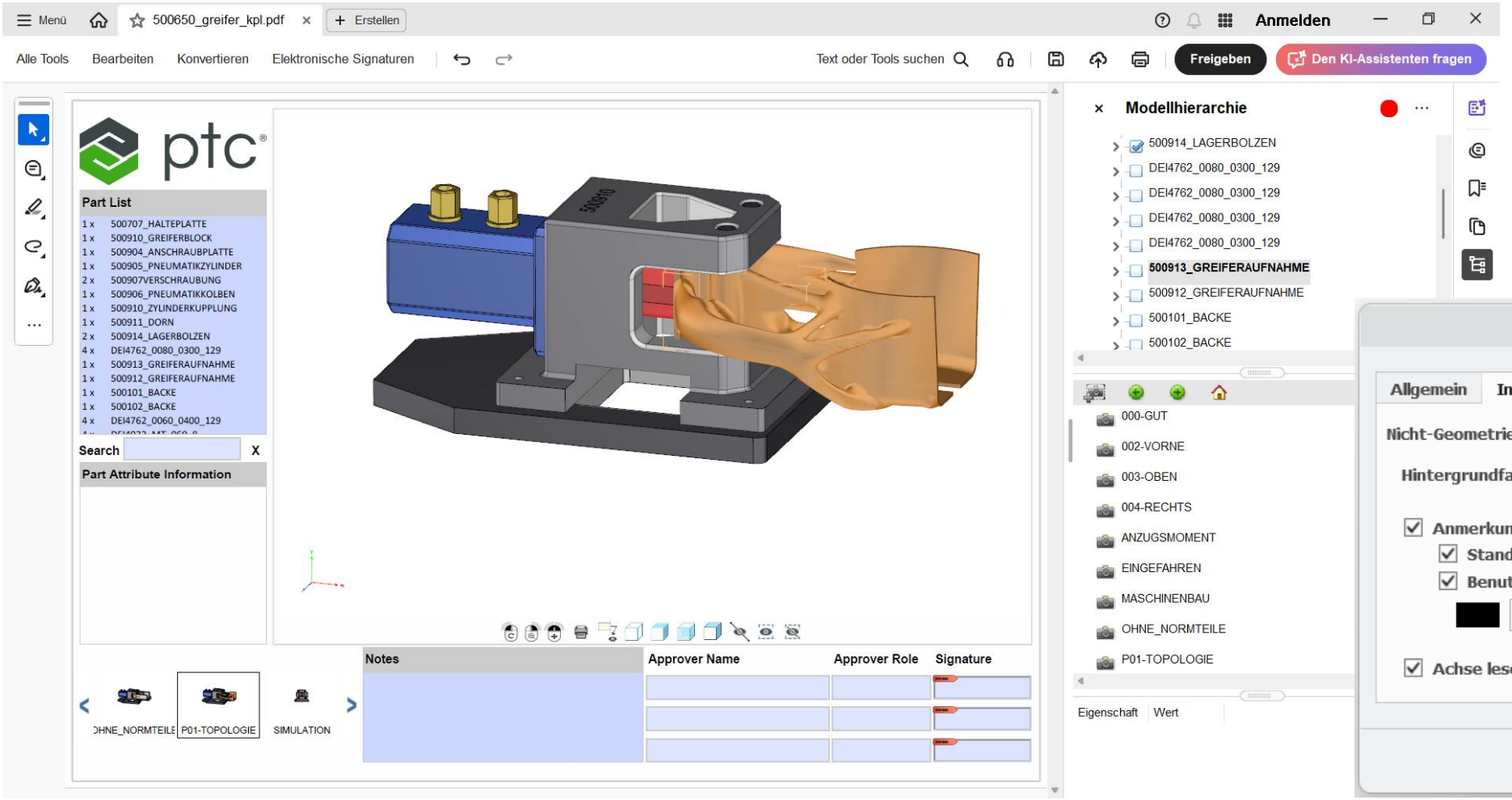
Misst die Dicke mittels der größten Kugel

DXF/DWG Ausgabe aus 3D Blechteil



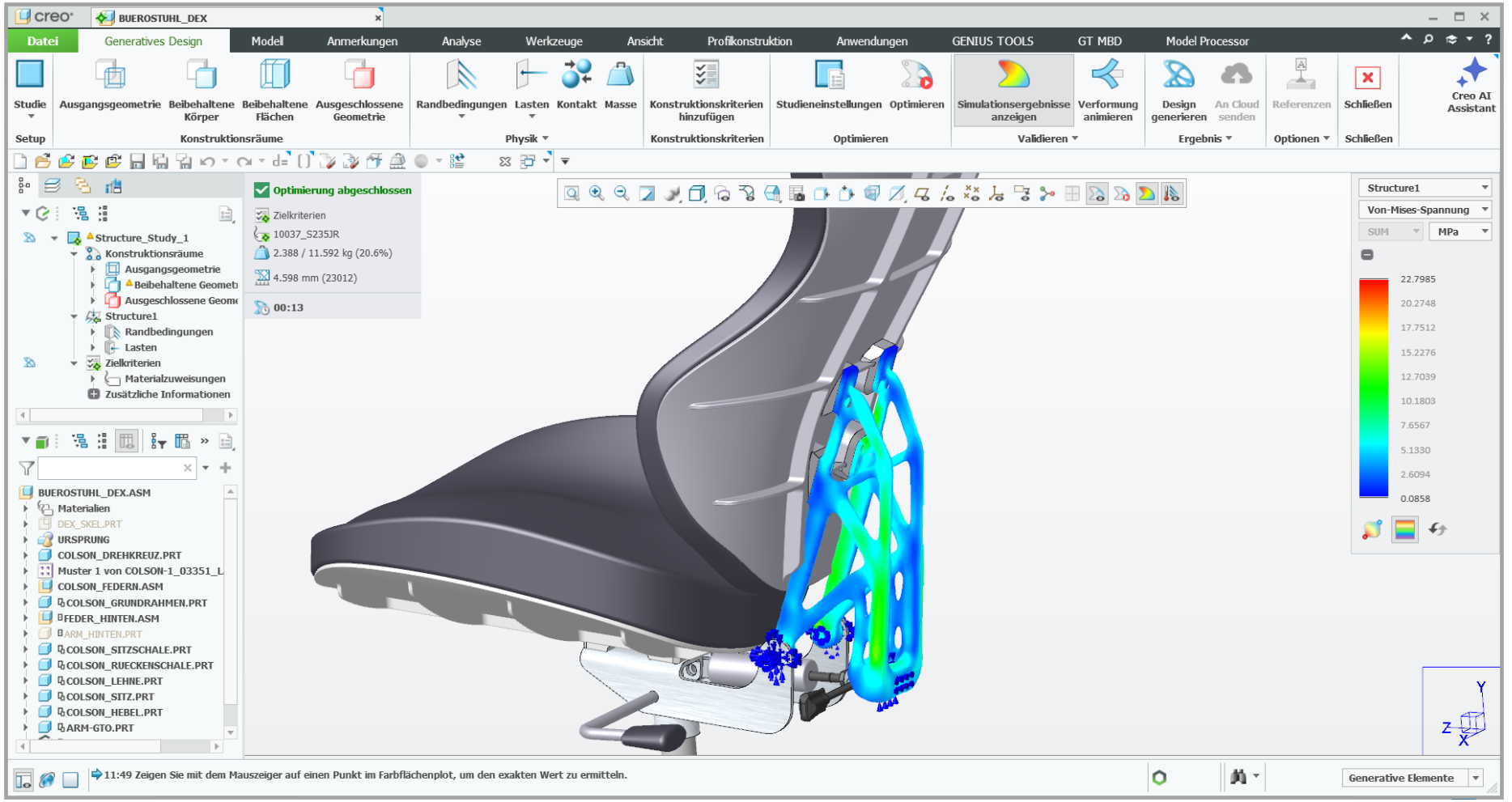
DXF/DWG Ausgabe aus 3d Modell

3D PDF-Ausgabe



Mit kombinierten Ansichten

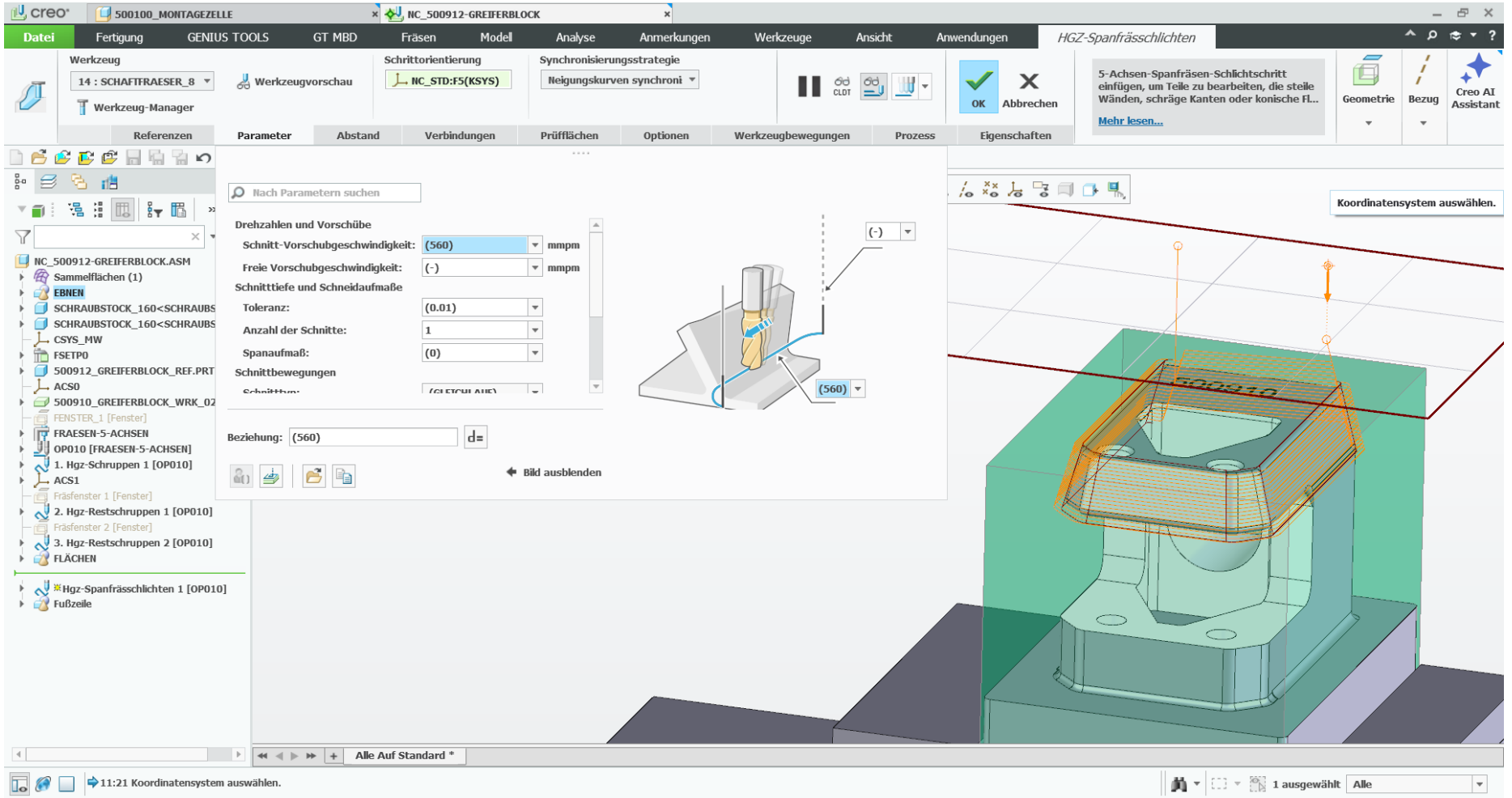
Topologie Optimierung in der Baugruppe



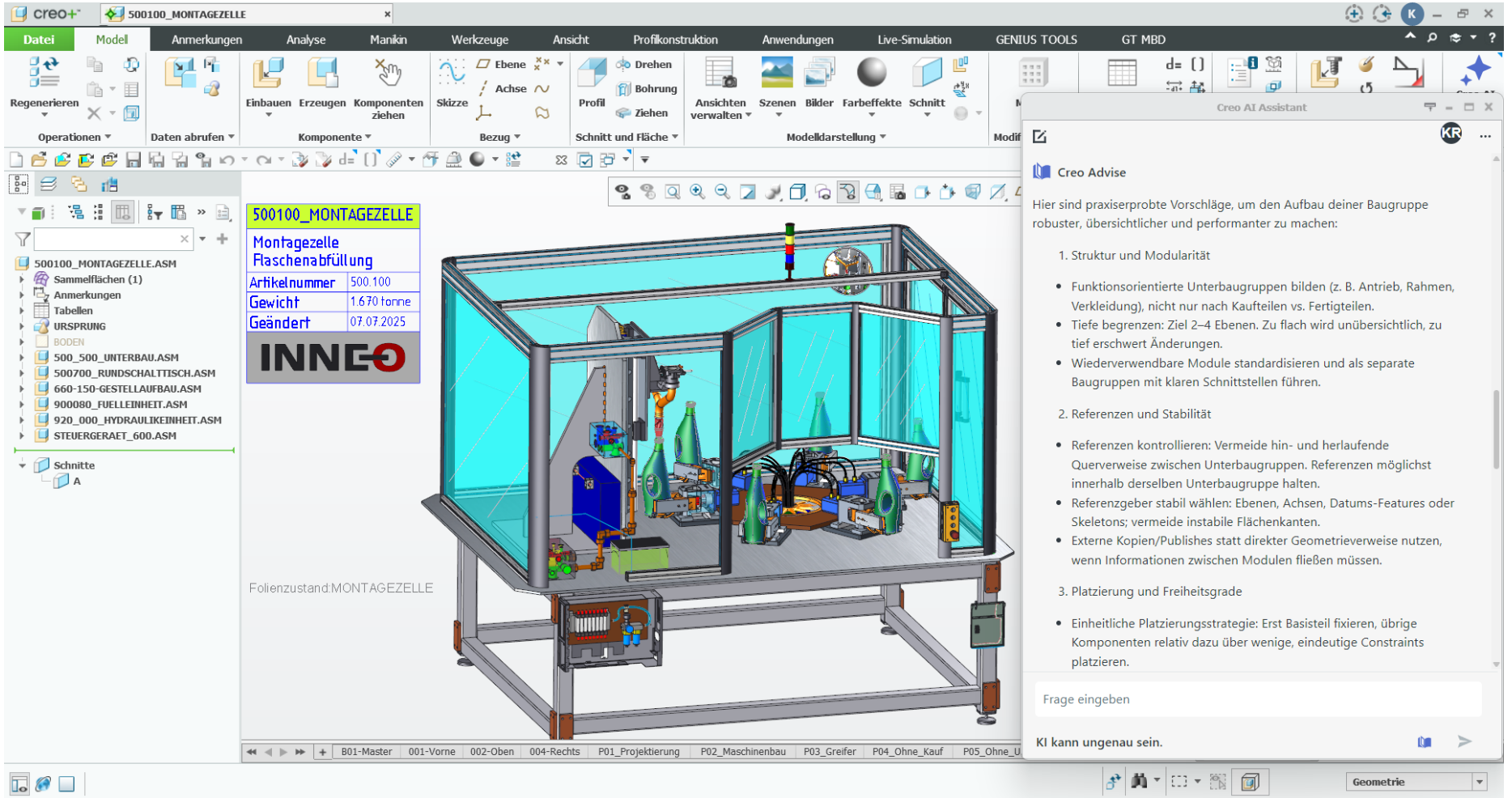
Hier spricht man vom Einstieg in die KI: LGM

Large Geometry Model

Verbesserte Benutzerunterstützung



Creo KI Ratgeber (AI Advise)



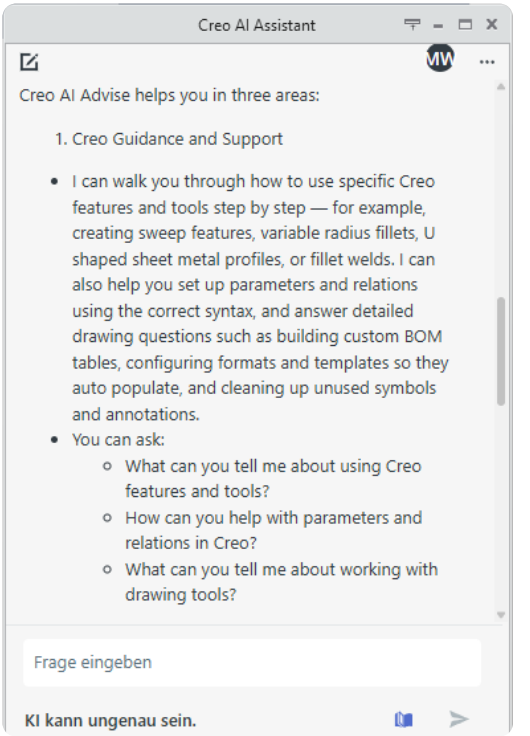
Beratet Sie, indem die KI, Fragen beantwortet, Inhalte zusammenfasst und Informationen abruft

Creo AI Assistent

Beschreibung

Creo Advise verfügt jetzt über einen intelligenten produktinternen Assistenten, der interaktive Hilfe und Unterstützung bei der Problembehandlung direkt in der Creo Umgebung bietet. Er liefert Antworten basierend auf Creo Hilfe-Centern und Artikeln des technischen Supports, um Benutzern dabei zu helfen, den Umgang mit den Funktionen und Fähigkeiten der Lösung zu erlernen und sich mit empfohlenen Vorgehensweisen vertraut zu machen.

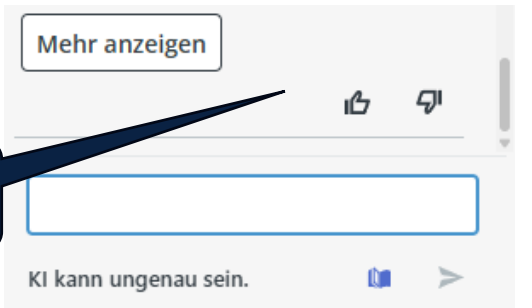
Creo Advise konzentriert sich auf allgemeine Hilfestellung und analysiert weder das aktive Modell noch den Konstruktionskontext.



Vorteile

Creo Advise bietet folgende Vorteile:

- Reduziert den Zeitaufwand für die Suche nach Dokumentation und Support-Ressourcen
- Hilft Benutzern dabei, sich den Umgang mit den Funktionen und Workflows effizienter anzueignen
- Bietet einheitliche, geprüfte Hilfestellung direkt in Creo



Quelle: Creo 13.4 Hilfe: KI-gestützte Anleitung und Hilfestellung mit Creo Advise

Creo AI Assistent

Automate (Alpha)

Assist (Beta)

Advise

Benutzern helfen, indem Sie Fragen beantworten, Inhalte zusammenfassen und Informationen abrufen

Unterstützen Sie die Benutzer, indem Sie bestimmte Aufgaben automatisch ausführen, wobei der Mensch stets eingebunden bleibt

Vollständige Arbeitsabläufe mit geringem oder gar keinem menschlichen Eingriff automatisieren

Effizienz - Reduzierter Aufwand bei der Suche / Recherche in Hilfe und Wissensdatenbanken
Unterstützung bei Funktionen und Befehlen

Prozessoptimierung -
Minimierung repetitiver Aufgaben und manuelle Nacharbeit bei Erhöhung von (Daten-)Qualität und Konsistenz der Ergebnisse.

Skalierung / Einfluss -
Automatisiert komplexe Engineering-Workflows skalierbar, um Zeit zu sparen und Qualität vom Konzept bis zur Serienfertigung durchgängig sicherzustellen.

K-TAG

27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag
Der K-Tag — Digital. Kreativ. Innovativ.

Multibody Simulation in Practice:
Accelerating Product Development with MSC Adams

Krystian Kuczek
Senior Technical Consultant – System Dynamics
16th September 2026

cadence

Agenda

- Quick introduction to Cadence and Physical System Design and Analysis
- Overview of multibody system simulation with MSC Adams
  - Why Dynamics Matters?
  - What is a Multibody Simulation?
  - Why MSC Adams?
  - Typical Adams workflow
- How MSC Adams is used in the industry – Case studies

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Cadence Completes Acquisition of Hexagon's D&E Business

Accelerating Leadership in Intelligent System Design



cadence® + MSC Software

Computational Software Expertise

Electronics design and analysis
Electromagnetic and electrothermal analysis
Fluid dynamics analysis
Digital twin platform
BETA CAE Systems portfolio

Hexagon Design & Engineering

Flagship MSC software
Multibody dynamics
Structural analysis
Multiphysics analysis
Materials and manufacturing analysis
Autonomous systems

60+ Years of Multiphysics Leadership

Trusted by aerospace, automotive, and manufacturing leaders worldwide

1,100+ Global Experts

Accelerating Cadence's expansion into system design and analysis

Comprehensive Multiphysics Portfolio

Structures, thermal, fluids, acoustics, materials, and virtual manufacturing

Combined technologies create the gold standard of physical system design and analysis solutions

Source: cadence-completes-acquisition-of-hexagons-design-and-engineering.html

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Unlock the World of Engineering Simulation



Multiphysics

All physics simulations in one place
Create reliable and accurate digital twins with a complete suite of physics simulation software products including solutions for structural simulation and analysis, fatigue, computational fluid dynamics, acoustic and NVH simulation and multiphysics co-simulation.

- Cradle CFD
- Actran
- CAEfatigue
- Dytran
- MSC Nastran
- Marc
- MSC Apex
- Patran
- MSC CoSim



System Dynamics

Dynamic system simulation must consider complex multibody interactions. Multi body system dynamics solutions offer system-level insight into movement, enabling CAE-led development of complex products with reduced prototyping and enhanced collaboration through workflows with other Cadence and third-party tools.

- Adams
- Adams Modeler
- Romax
- Easy5



Virtual Manufacturing

Cadence solutions simulate entire metal manufacturing process chains, including metal forming, welding and joining and additive manufacturing (AM). Our costing solutions establish target costs early in design to improve material utilization, reduce weight and minimize tooling development times.

- Simufact Forming
- Simufact Welding
- FTI FormingSuite
- Simufact Additive
- MSC Apex Generative Design



Digital Materials

Empowered by synergistic integrated computational material engineering (ICME) and modelling, data management and artificial intelligence capabilities, Cadence's materials autonomy solutions ensure the ability to meet the evolving needs of new markets and drive sustainable product design.

- Digimat
- MaterialCenter



Simulation Governance

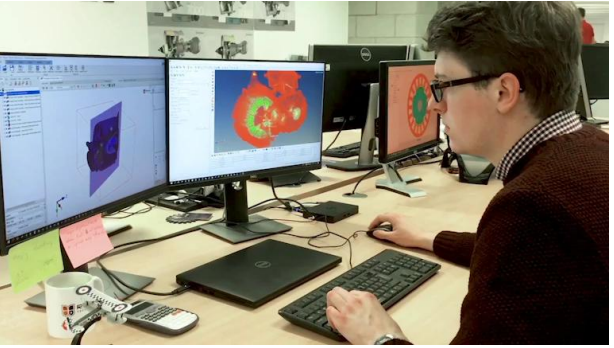
- MaterialCenter
- SimManager

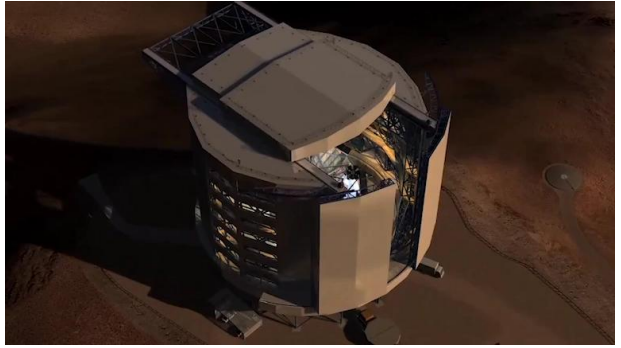


Artificial Intelligence & Machine Learning

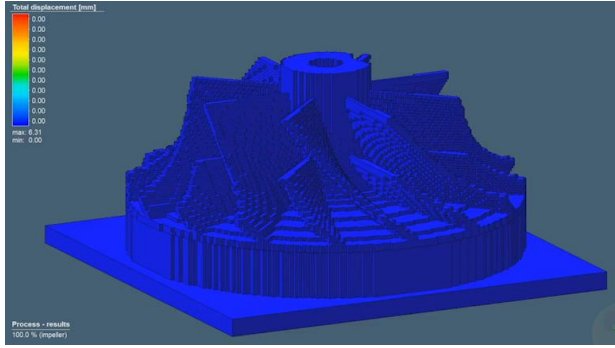
- ODYSSEE

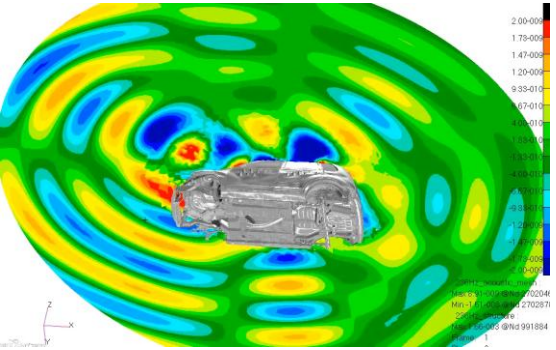
© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

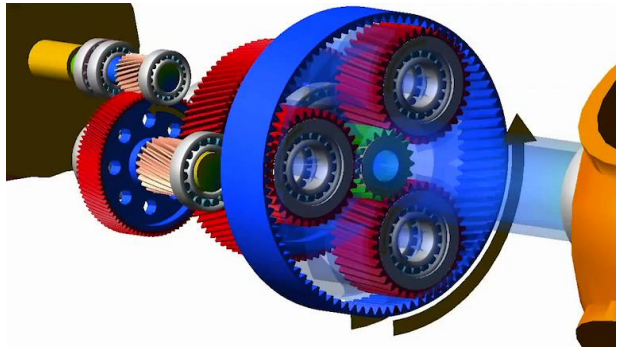




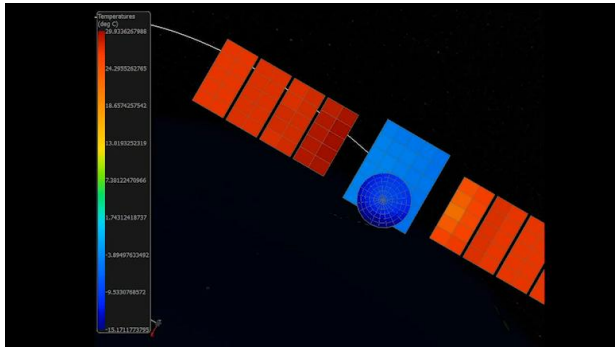


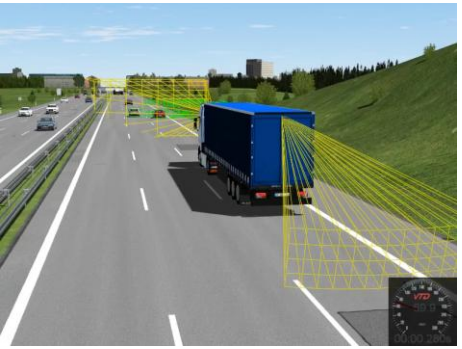

Total displacement [mm]
Process - results

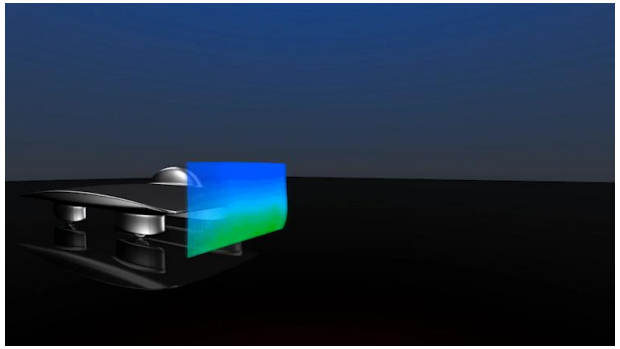


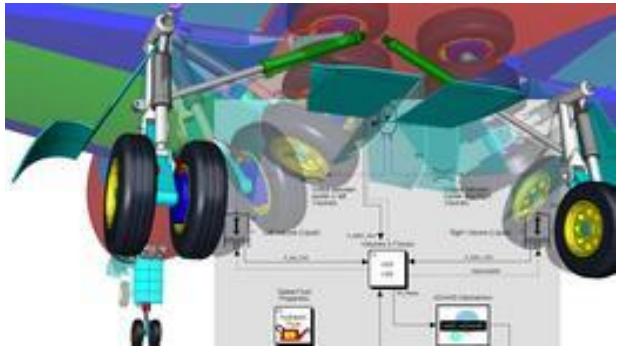


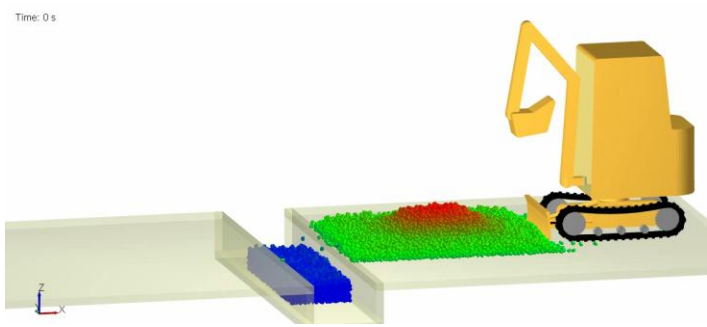


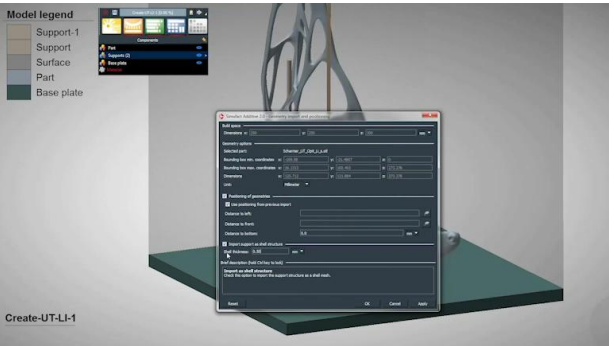


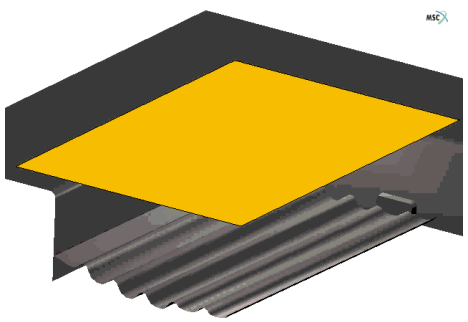


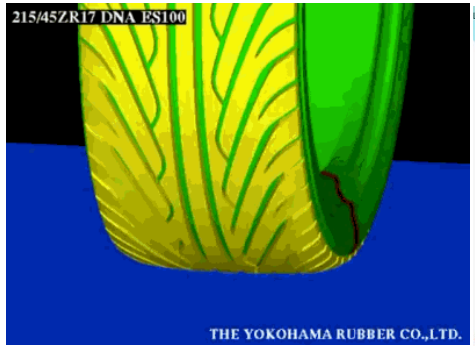


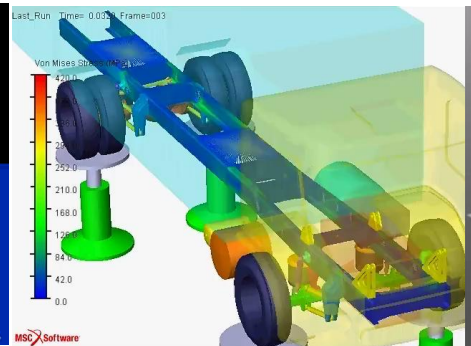



Time: 0 s


Model legend
Support-1
Support
Surface
Part
Base plate
Create-UT-LI-1




215/45ZR17 DNA ES100
THE YOKOHAMA RUBBER CO.,LTD.


Last_Run Time= 0.05 Frame=003
MSC Software

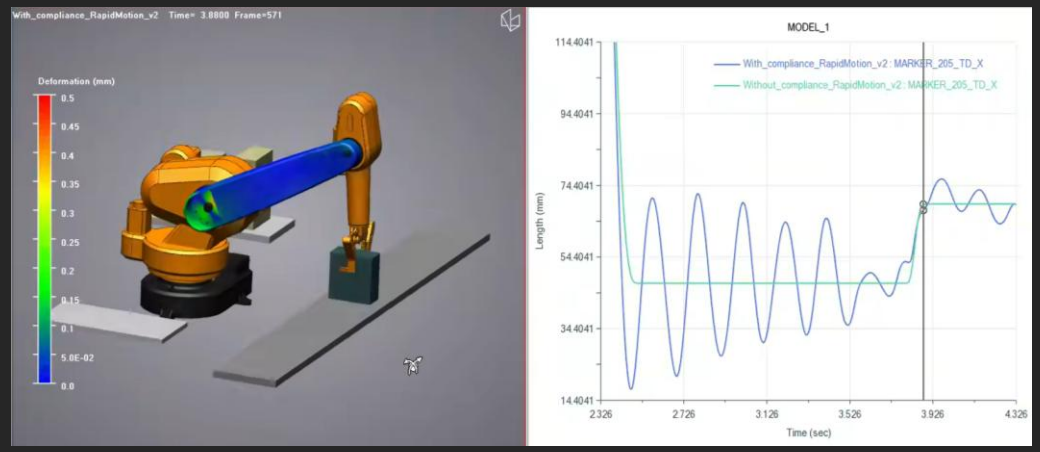


Why “dynamics” plays a role?

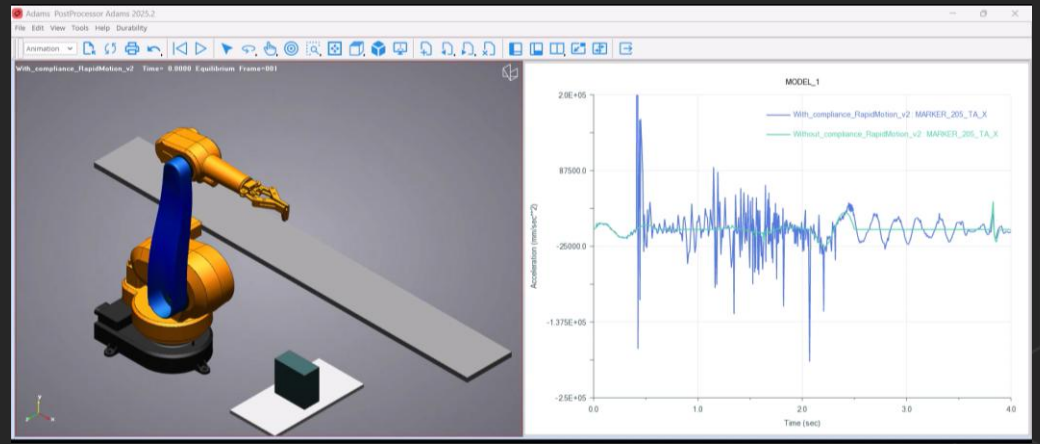
- Many products behave perfectly under static conditions but fail when motion is introduced.

A robot arm may satisfy all static stress requirements, but excessive acceleration creates unacceptable vibration.

- Reality is that many engineering problems are dynamic problems.
- The earlier we understand dynamic behaviour, the cheaper design modifications become.
- **That is where multibody simulation provides value.**



Left: Image showing deformations on “flex body” at the shoulder joint while releasing the payload. Right: Plot of end-effector (gripper) displacement.

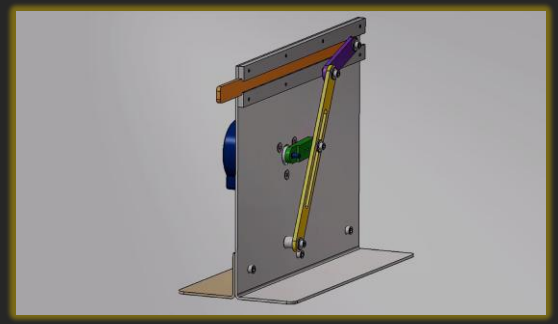


Left: Video showing pick and place operation with deflecting “flex body” arm. Right: Corresponding plot of induced vibrations on the end-effector (gripper).

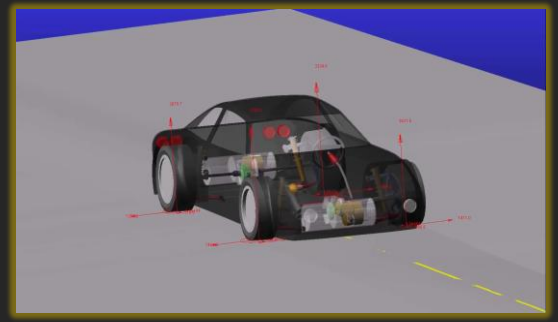
© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Why carry out Multibody Dynamics (MBD) simulations?

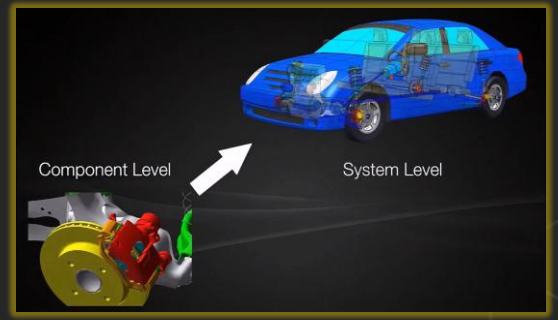
- **Understand system performance**
- **Understand the loads in your system**
- **Simulate early in the design process to test new concepts**
  - Less physical prototypes
  - The more system knowledge you have early in the process, the better product you can develop in the designated project time
- **Design studies**
- **Load generation for stress and fatigue analysis**
  - Don’t guess the boundary conditions you should have in your FE-analysis
  - Use accurate load prediction from MBD simulation
- **Visualize the functionality of your product**



*Evaluate **Motion** capabilities of a complex mechanical system*



*Predict the **Load Distribution** between the components in a mechanical system*



*Predict, understand and correct issues resulting from complex **System Interactions***

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.



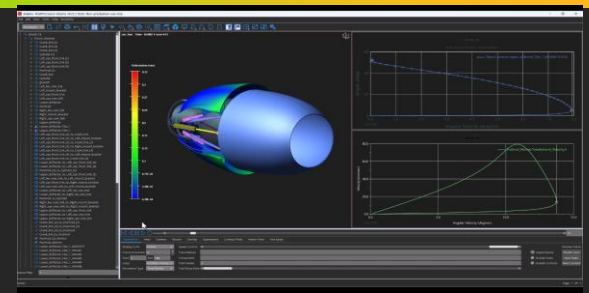
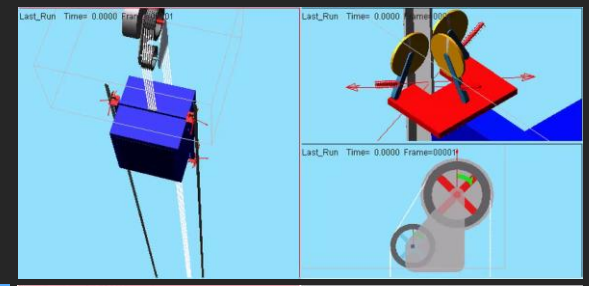
ADAMS – Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems

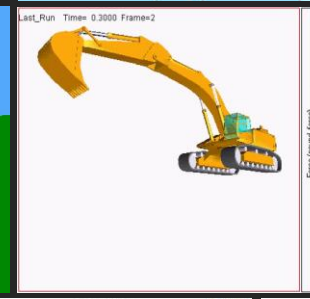
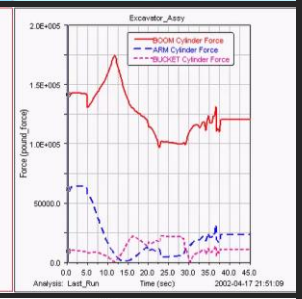
© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

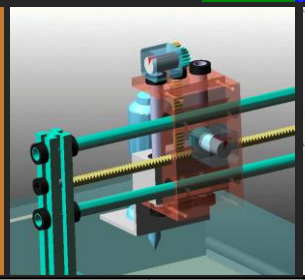
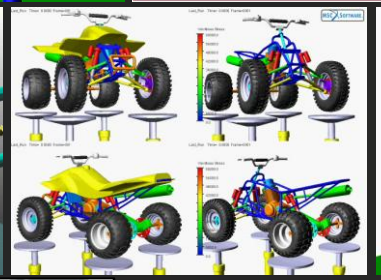
What is Adams?

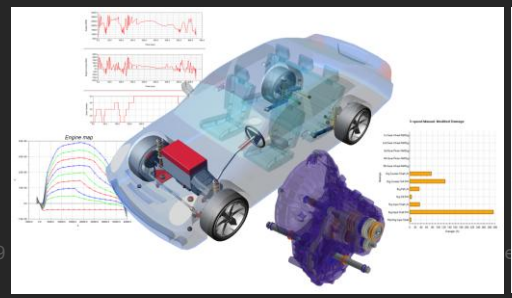
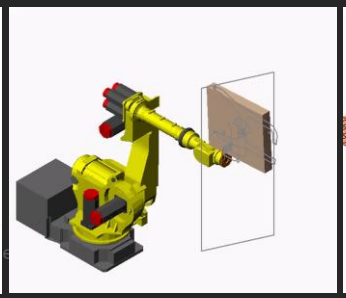
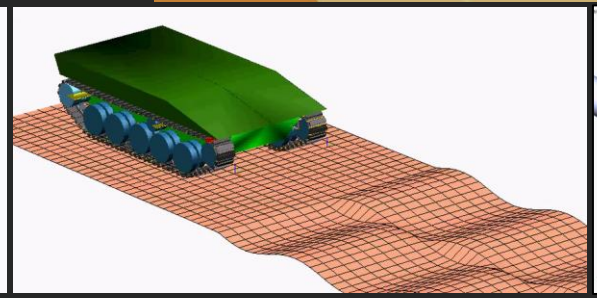
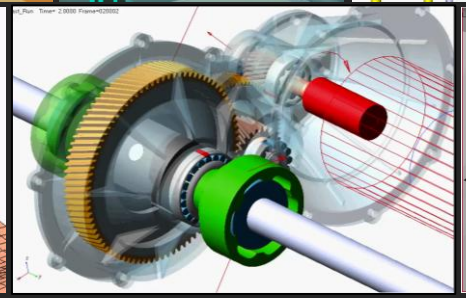
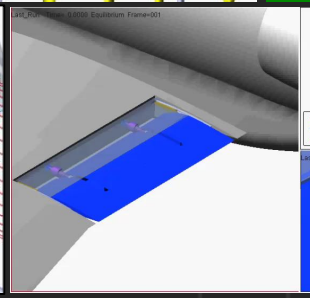
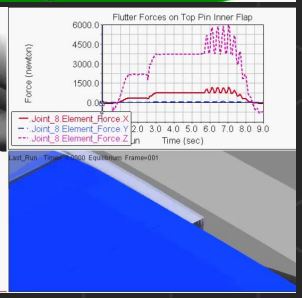
A general multibody dynamics simulation environment!

- **Build, simulate and evaluate complete mechanical systems**
- **Automatically sets up equations of motion and solves them**
- **Allows engineers to investigate system performance:**
  - How will the entire mechanism (system) behave and understand interactions between subsystems?
  - How do we design the system to meet specifications?
  - What forces do we have in the system?
  - How can we improve the system?
- **It is particularly strong in automotive applications, machinery, robotics and drivetrain analysis.**

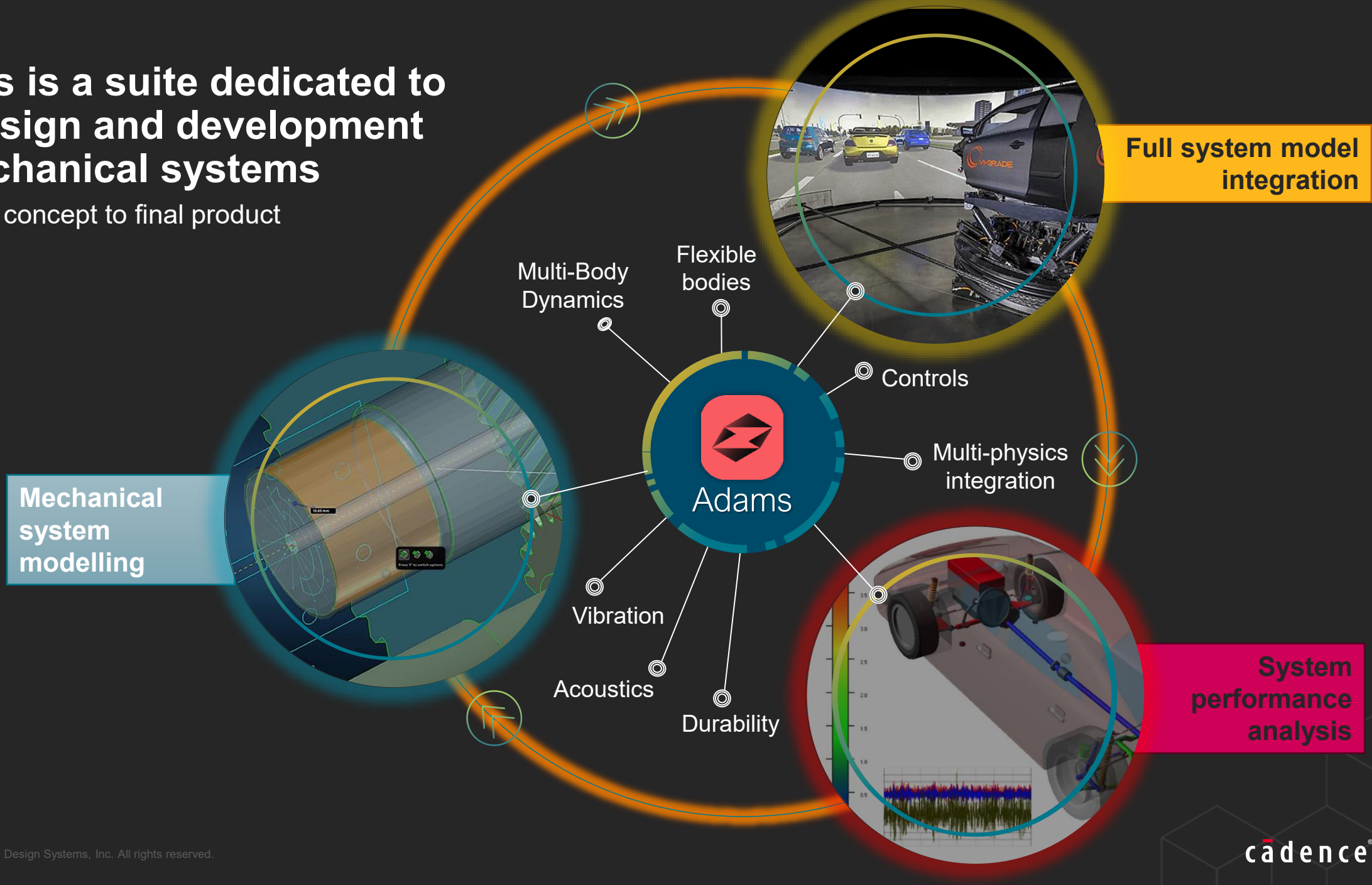



Adams is a suite dedicated to the design and development of mechanical systems

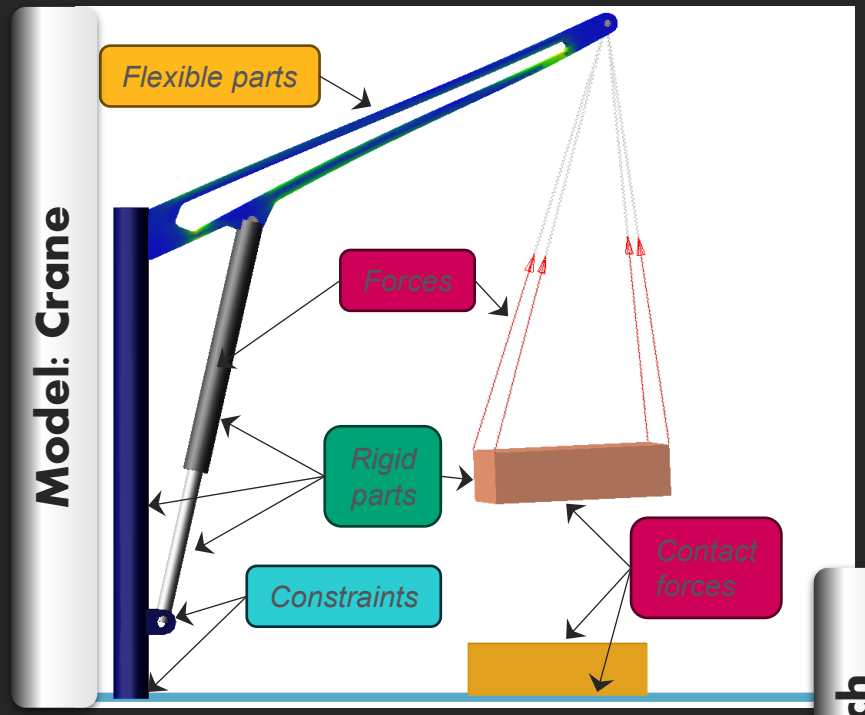
From first concept to final product

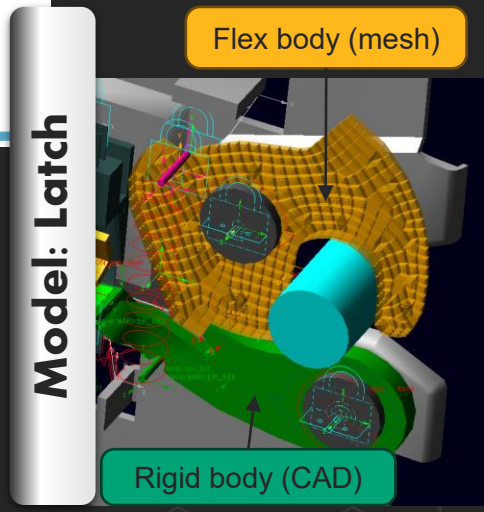


© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Typical Adams workflow to build a Virtual Prototype

- Import CAD assembly
- Define Bodies (rigid, flexible)
- Create Joints between the parts to form a kinematic chain
- Apply Forces (Spings, Dampers, Actuators)
- Define Contact pairs to check possible collisions
- Execute Simulation
- Evaluate simulation Results
- Change your Design if Required

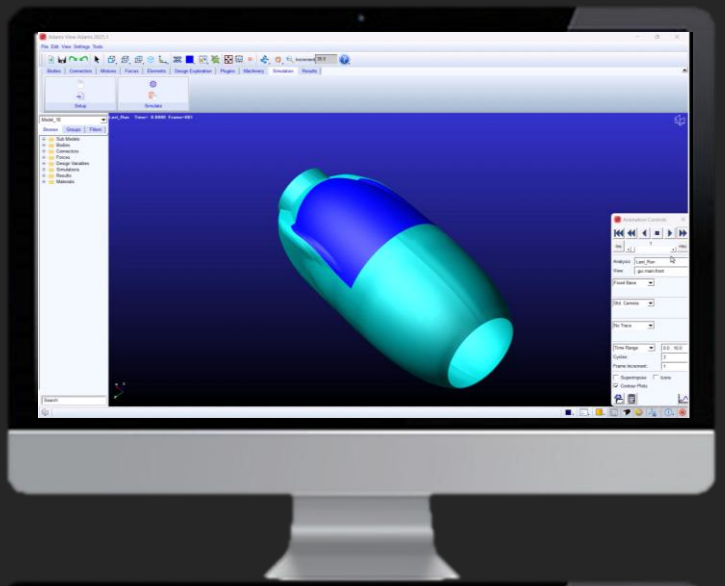


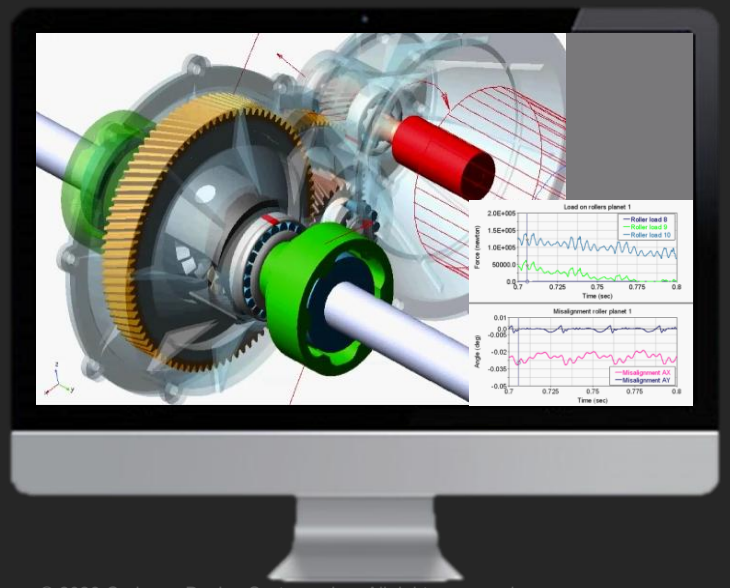


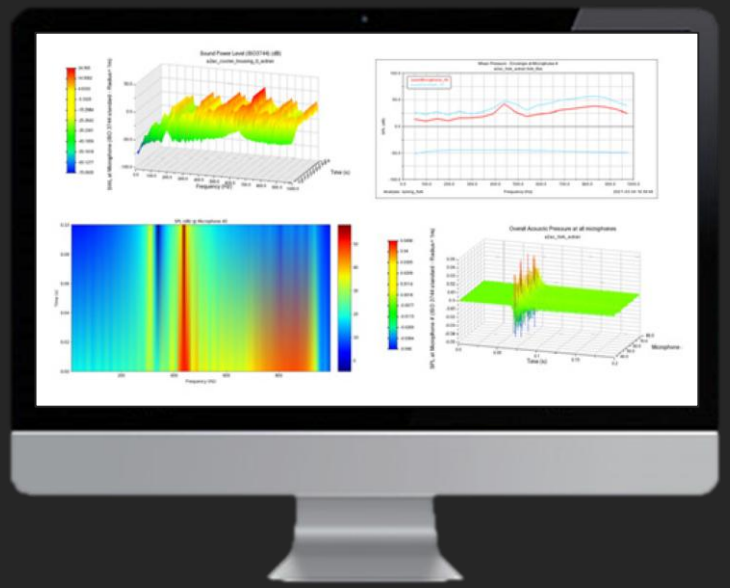
© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Typical simulation results from Adams

- Plot loads, displacements, velocities, accelerations
- Animate system behaviour, get trajectory of moving parts
- Perform clearance (backlash) analysis using imported CAD data
- Look at eigenvalues of the system and visualize system eigen-modes
- Visualize stresses and find areas with max stress, hotspot tables
- Export results for fatigue analysis (loads or modal coordinates)









© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Automotive scope

Car suspension: design & development

Engineering challenges

Design a suspension that **simultaneously** achieves:

- Ride & Handling
- Comfort
- Vehicle Stability
- Component Durability

Above requirements are often conflicting:

– ⬆️ comfort may ⬇️ handling precision,
– while ⬆️ stiffness may ⬆️ dynamic loads.

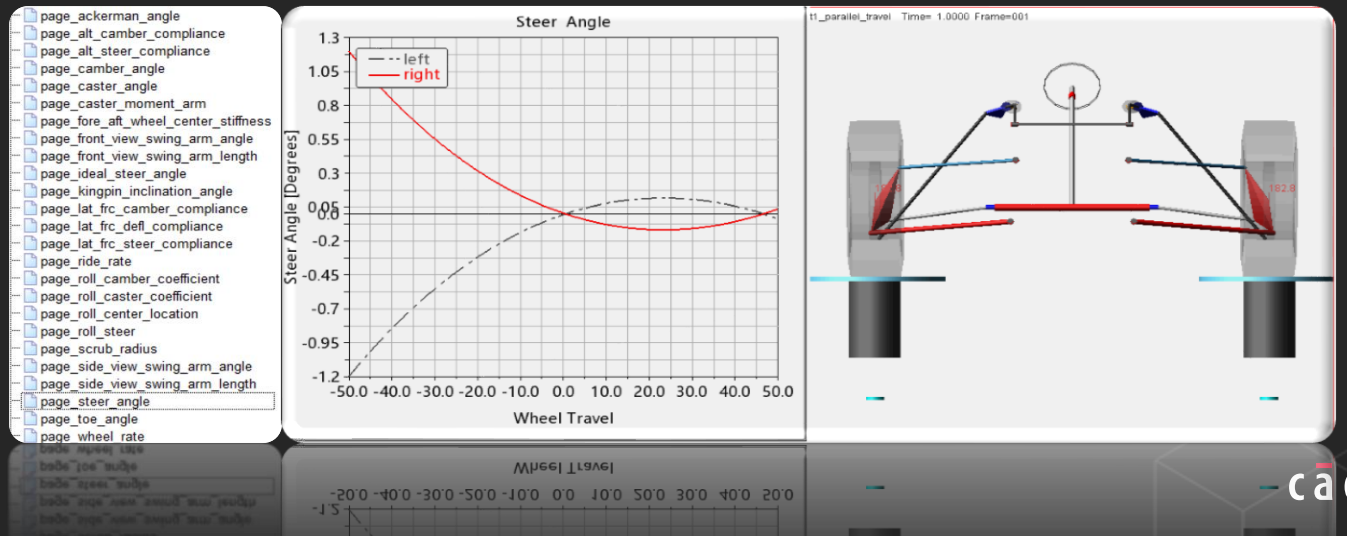
Simulation objectives

Using MSC Adams:

- evaluate suspension kinematics
- predict wheel loads
- analyse body motion
- optimize spring and damper settings
- investigate steering and handling behaviour

Key outputs

- ✓ Wheel travel
- ✓ Tire contact forces
- ✓ Suspension joint loads
- ✓ Roll angle
- ✓ Scrub radius
- ✓ Ackerman angle
- ✓ Steering response

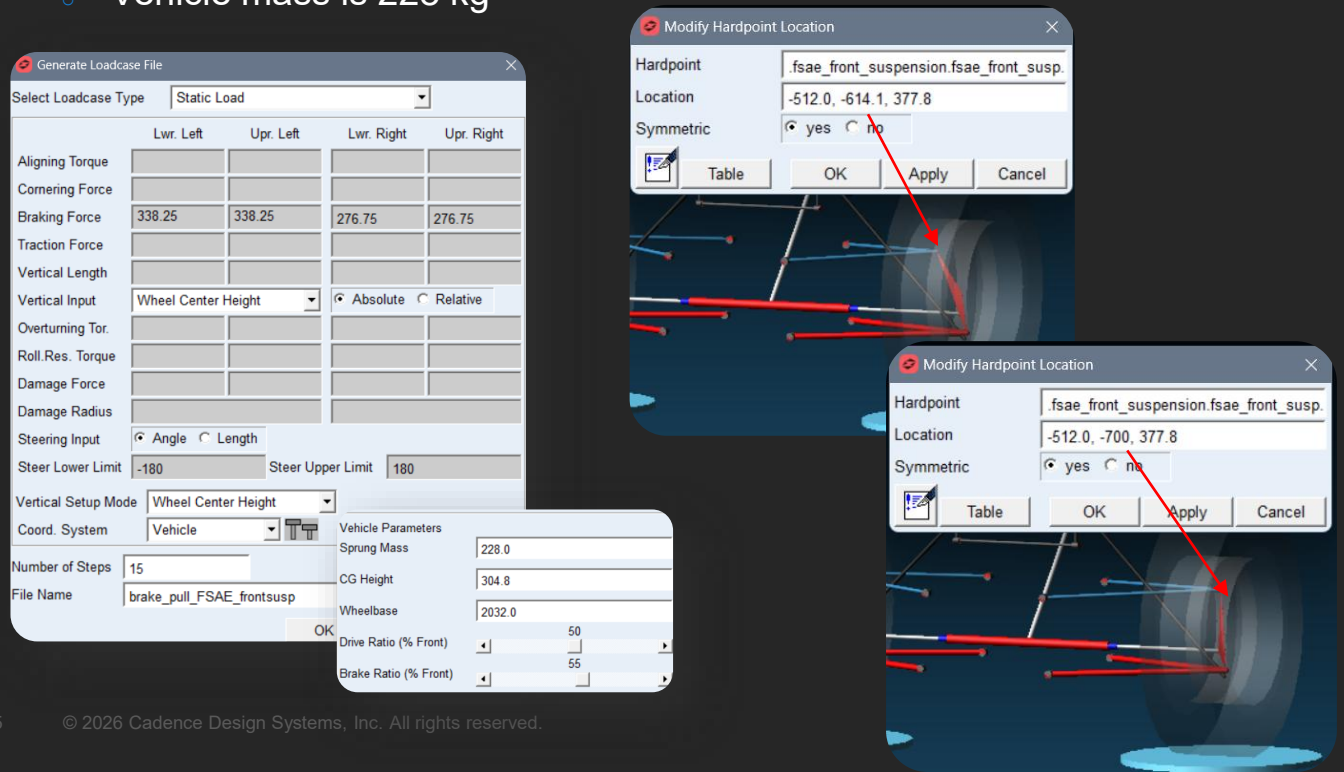


© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

🎯 Steering torque pull analysis

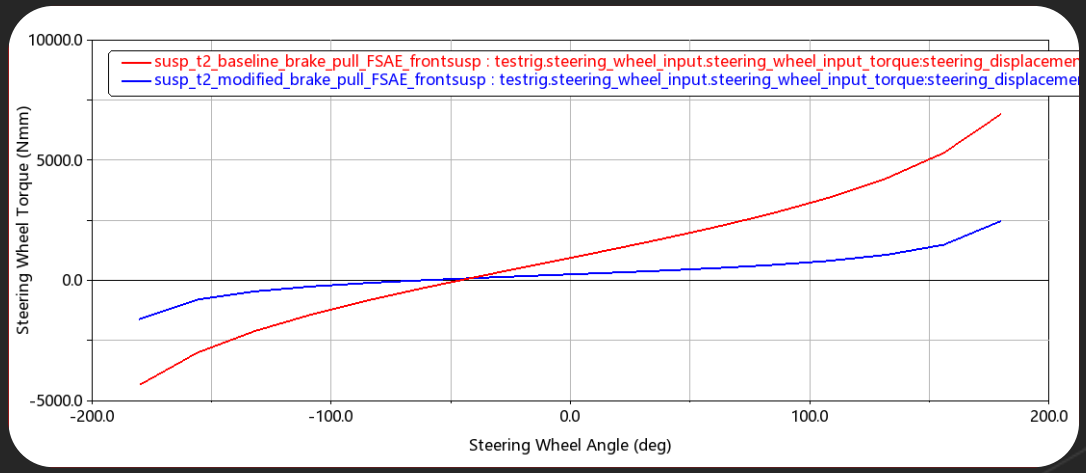
🎭 Loadcase File Definition

- Why? → set unequal braking forces to simulate braking under steering wheel angles
- BC:
  - Assumed deceleration rate is 0.5 g
  - Brake ratio front 55%, brake ratio rear 45% with front braking force split of 55% left and 45% right
  - Vehicle mass is 228 kg



🧠 Hand calculations:

- Total braking force: 228 kg * 0.5 g * 9.81 m/s2 * 0.55 = 615 Newton
- Left braking force: 0.55* 615 N = 338.25 Newton
- Right braking force: 0.45 * 615 N = 276.75 Newton



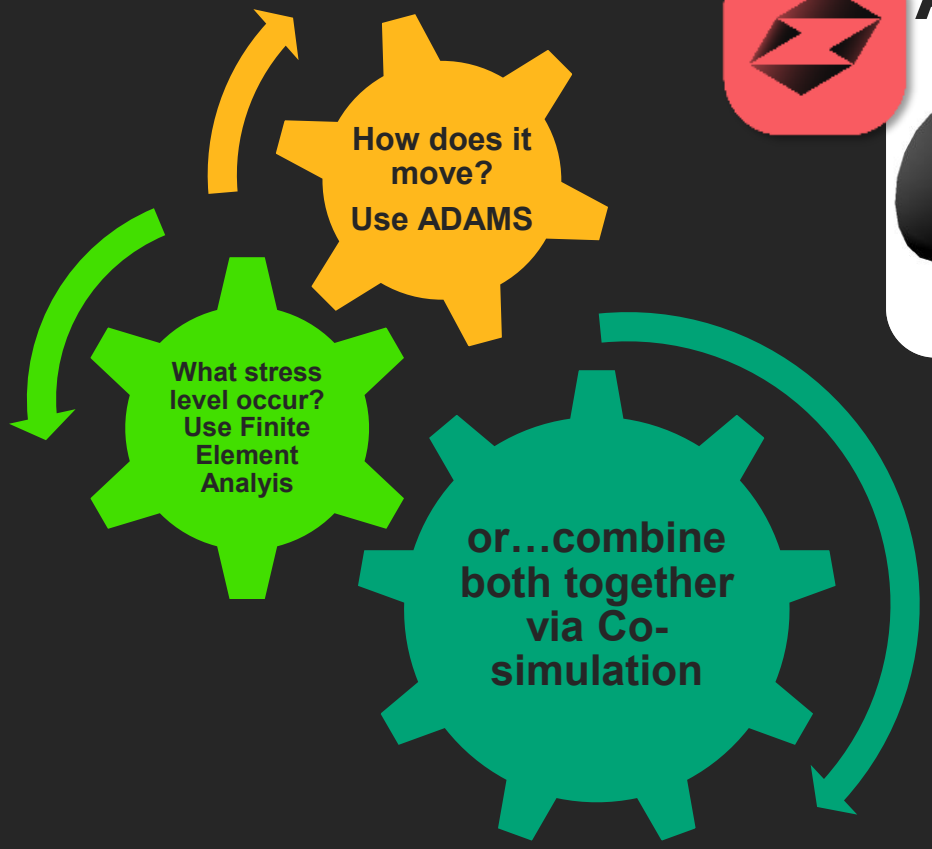
<u>Red curve:</u> Initial setup provides high steering wheel torque during cornering.
<u>Blue curve:</u> A design change to the suspension strut results in lower steering torque.

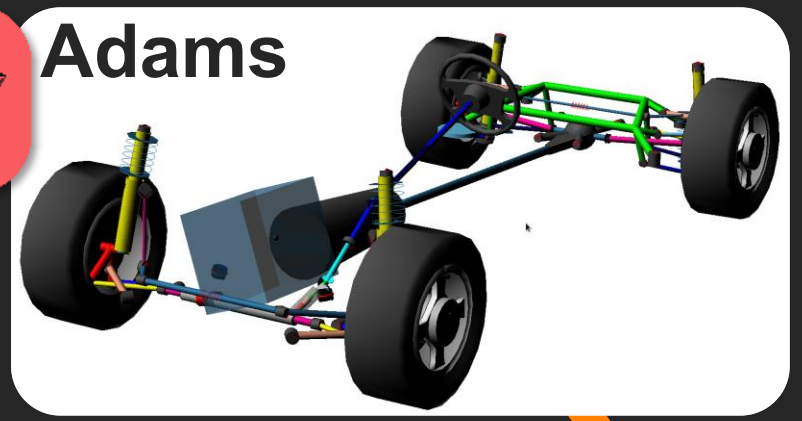
📢 A driver will have an easy time when turning and braking in a curve 😉

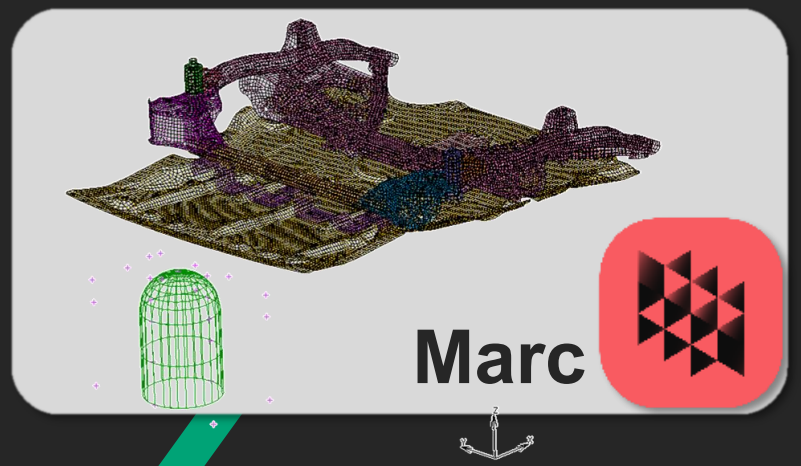
© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

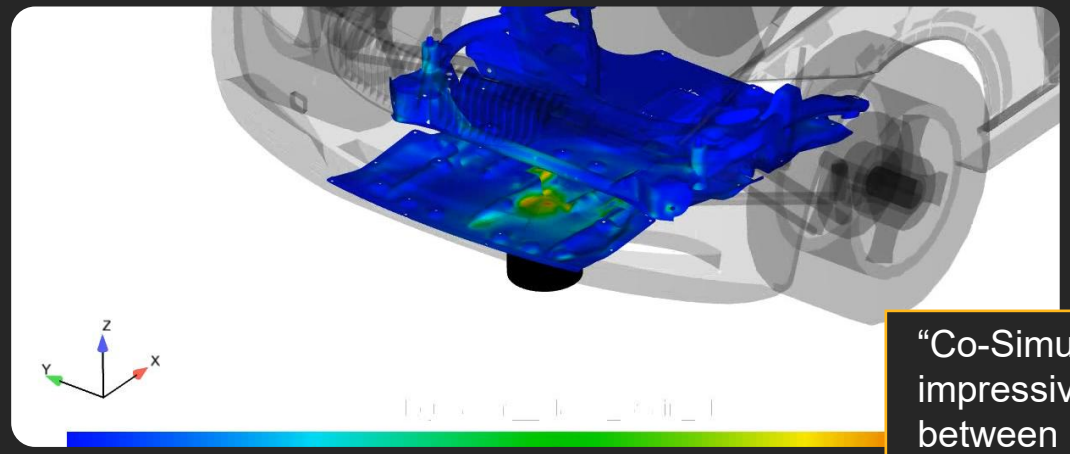
Adams & Nonlinear FEA Integration

Adams-Marc Co-simulation for Collision of undercover structure





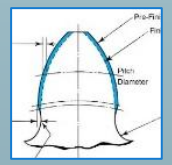




"Co-Simulation shows directly and impressive result comparison between physical test measurement and simulation." *BMW*

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Analyse drivetrain and gearbox behaviour

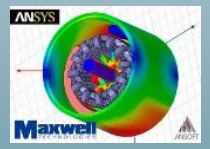


Cylindrical Gears

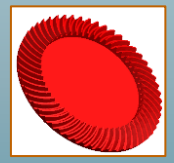
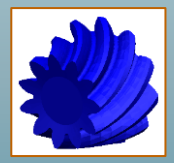
- Manufacturing Tools
- Tooth Shape / Topology
- Klingelnberg Measurement Protocol
- REXS
- KISSsoft Protocol

KISSsoft

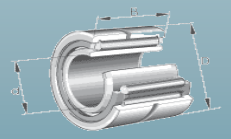




Electric Motor

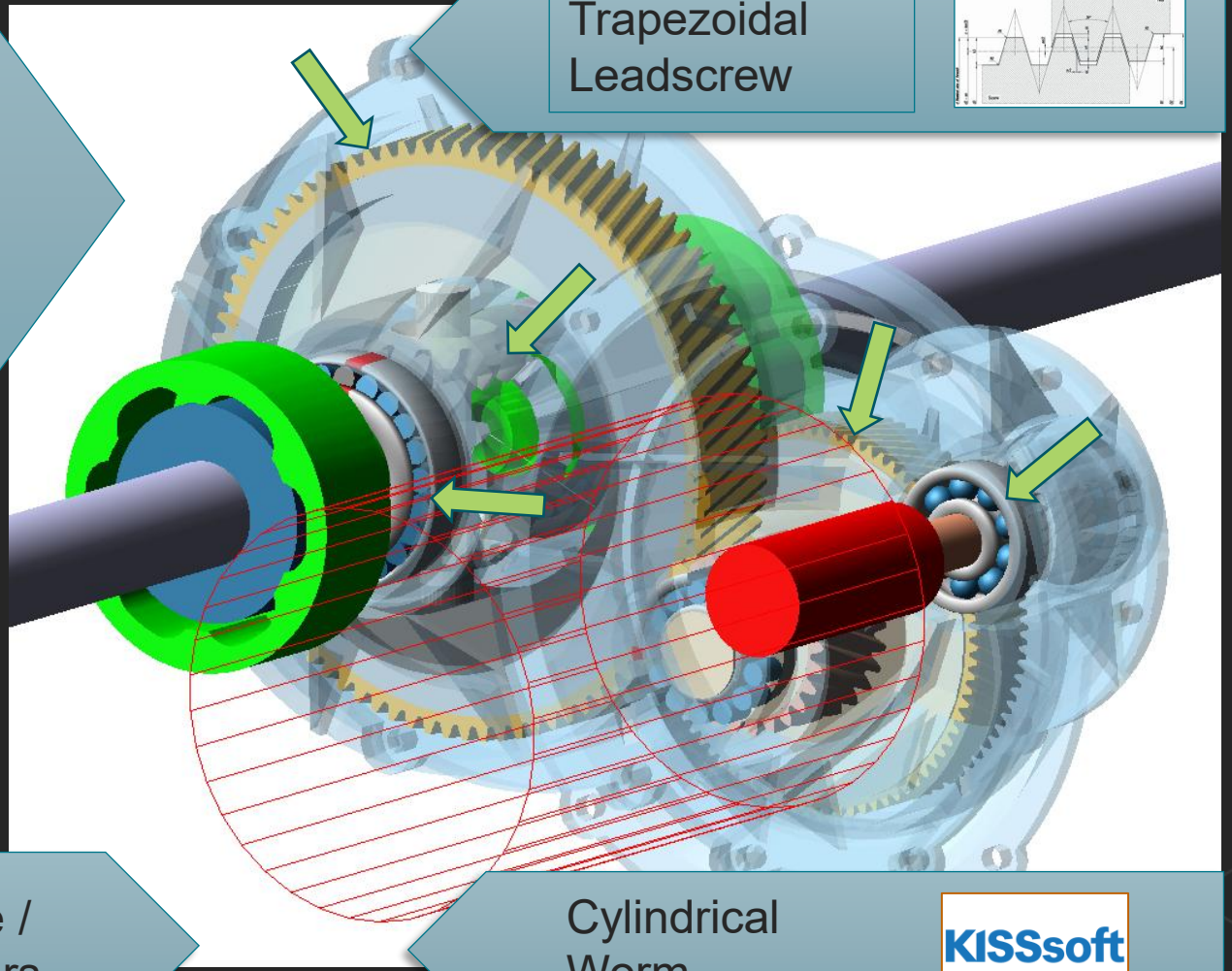




Bevel / Hypoid






Bearing Catalogue / Library / Parameters



Trapezoidal Leadscrew

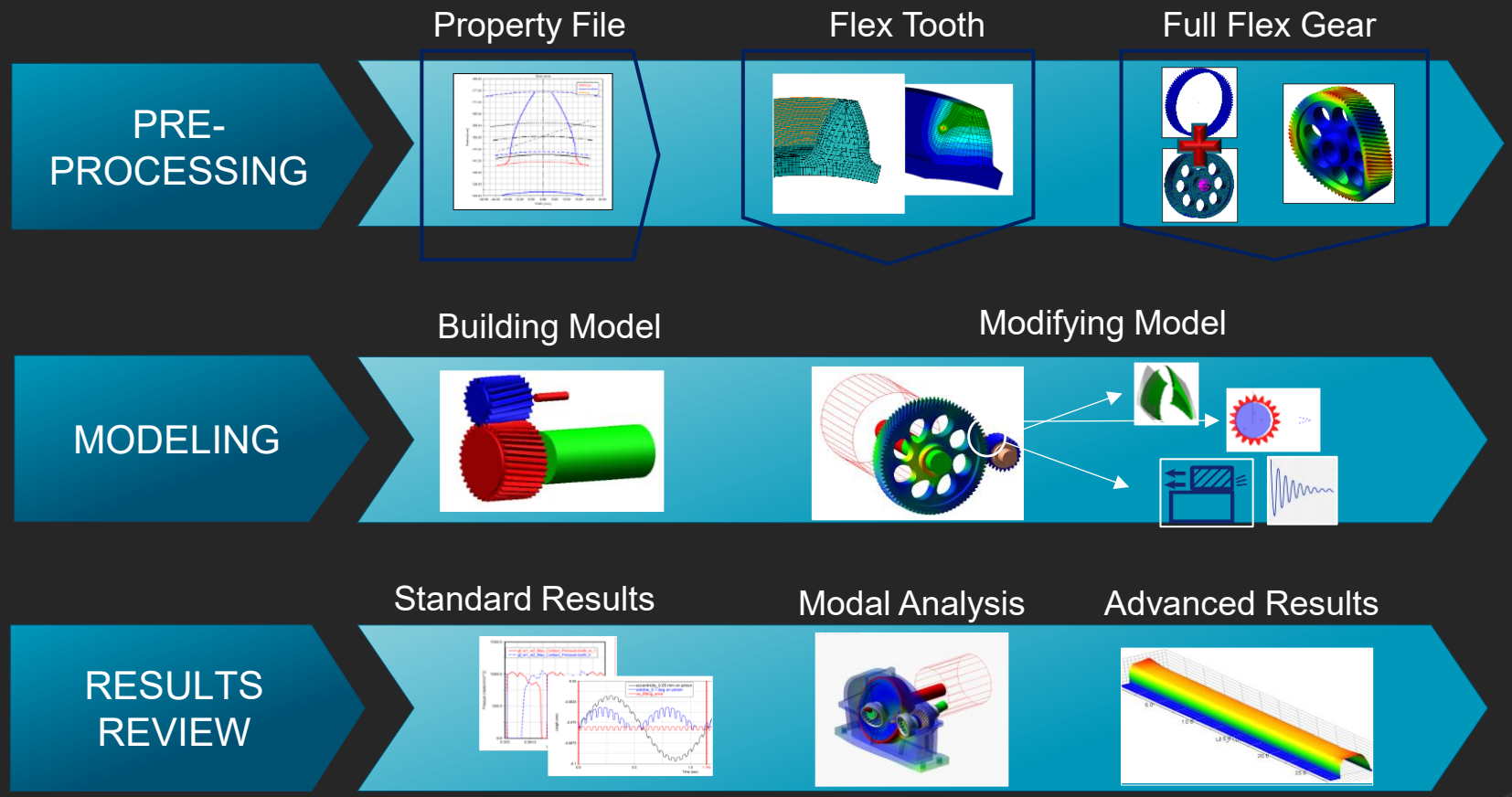
Cylindrical Worm

KISSsoft

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.
cadence

🛠 Gear AT General Workflow

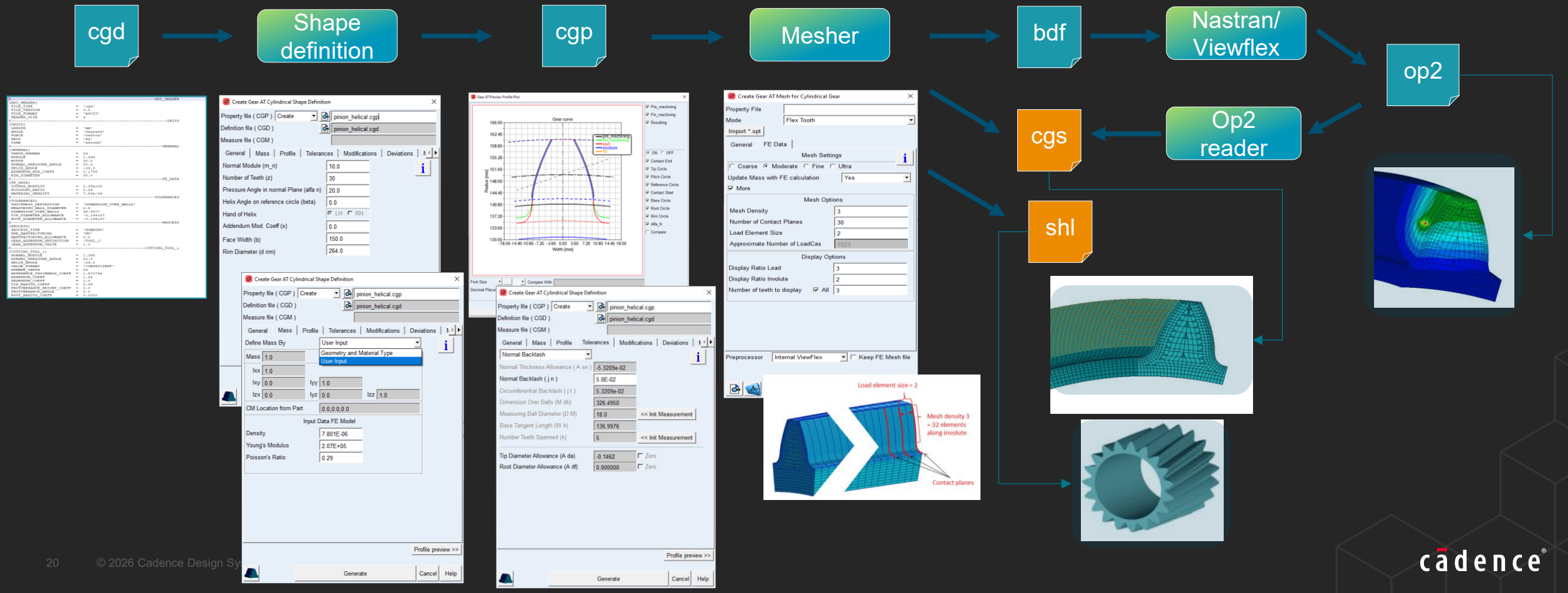
- **Pre-processing phase:**
  - Prepares data for model
  - buildup and simulation in Adams
- **Modeling phase:**
  - Gear elements and forces are created in Adams model
- **Postprocessing:**
  - Results can be analyzed in Adams Postprocessor



© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

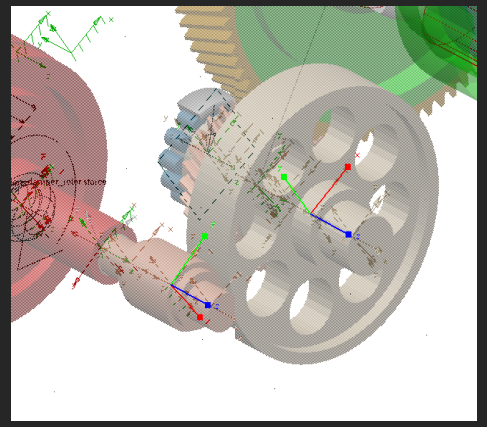
🛠 Gear AT Workflow – Preprocessing

- Start with definition file (*.cgd)
- Generating property file (*.cgp)
- Process by mesh window

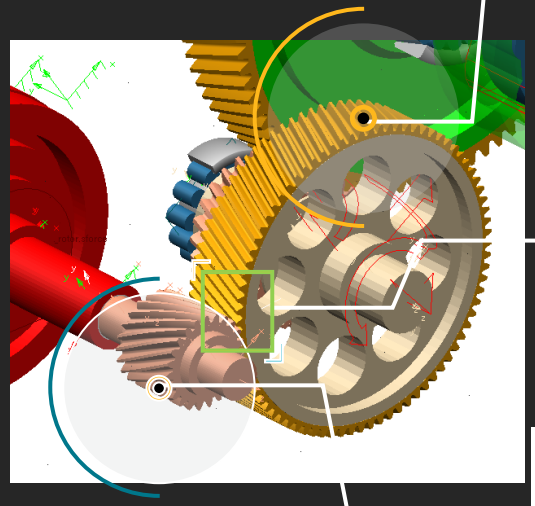


© 2026 Cadence Design Sy

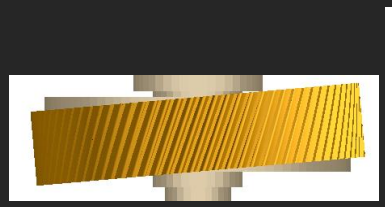
🛠 Gear AT Workflow – Model build-up

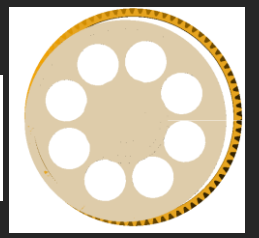


Gear Elements



Gear Force

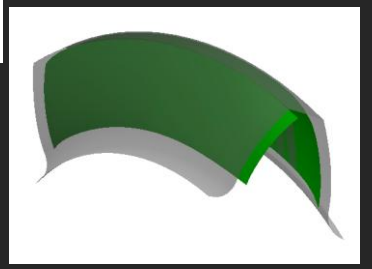


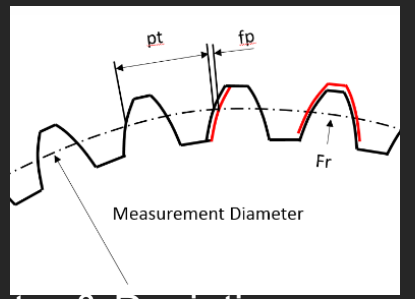


Gear Eccentricity & Crossing Angle



Contact Damping & Friction





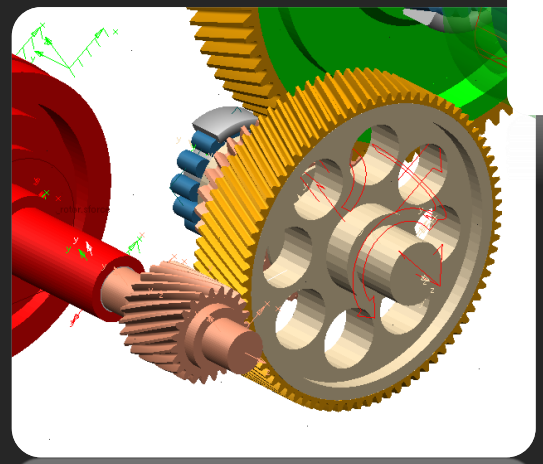
Teeth Microgeometry & Deviations

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

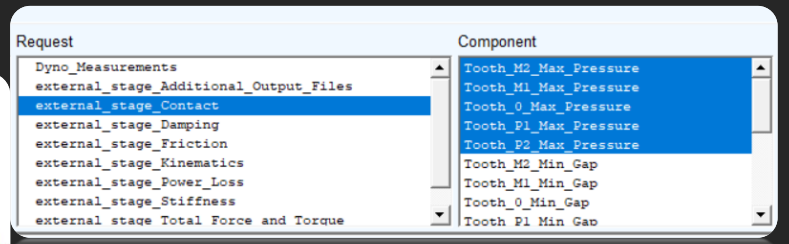
🛠 Gear AT Workflow – Postprocessing

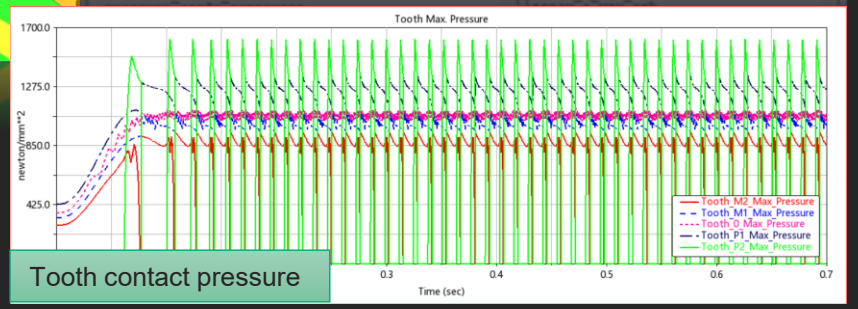
Some results…

- Flank Topology
- Gear Deviations
- Bearing Clearance
- Spline Deviations
- Coupled excitation

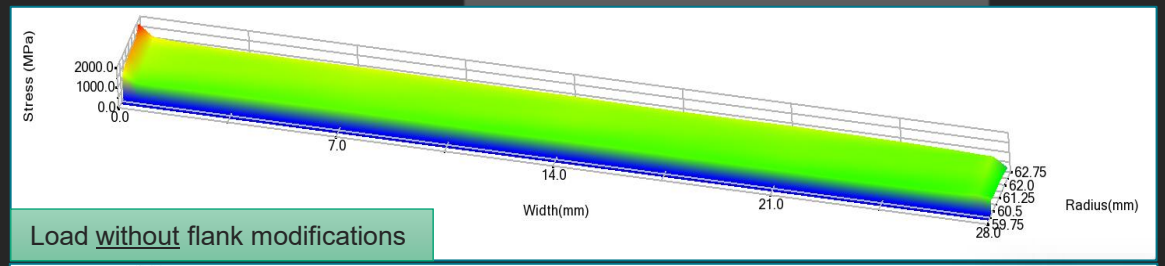




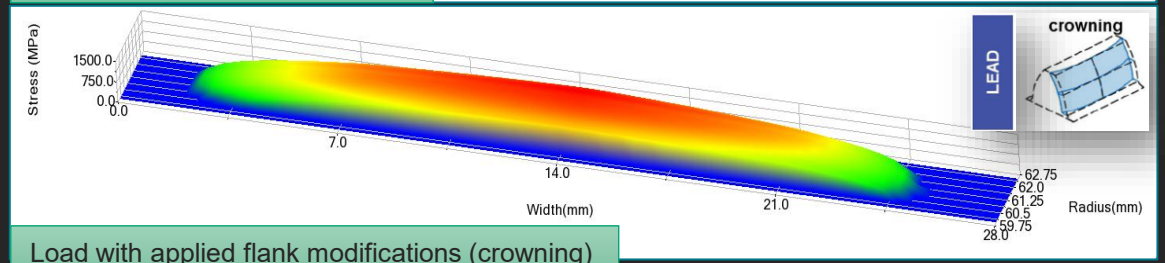




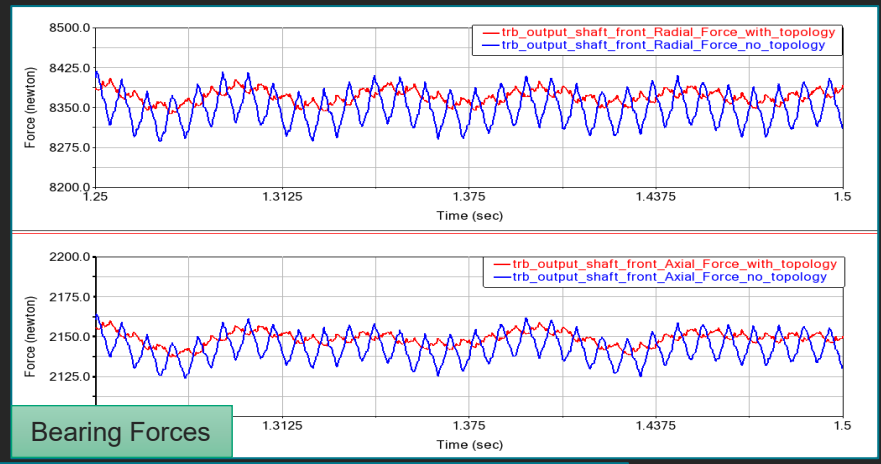
Tooth contact pressure



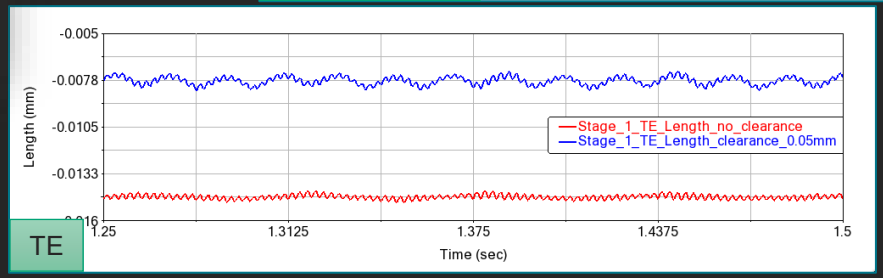
Load without flank modifications



Load with applied flank modifications (crowning)



Bearing Forces



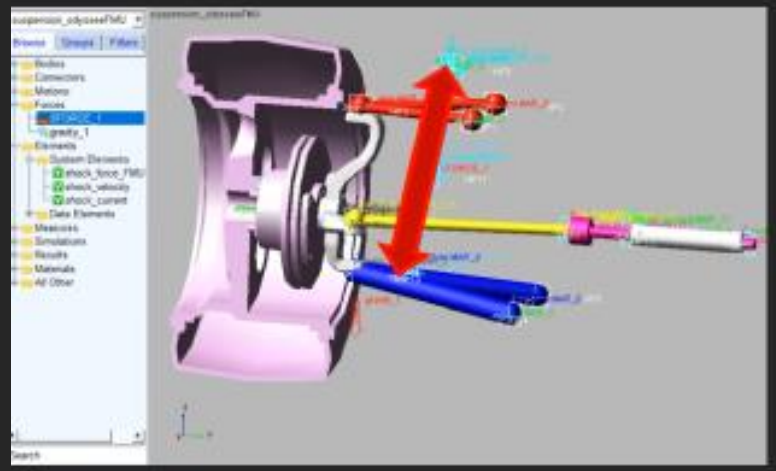
TE

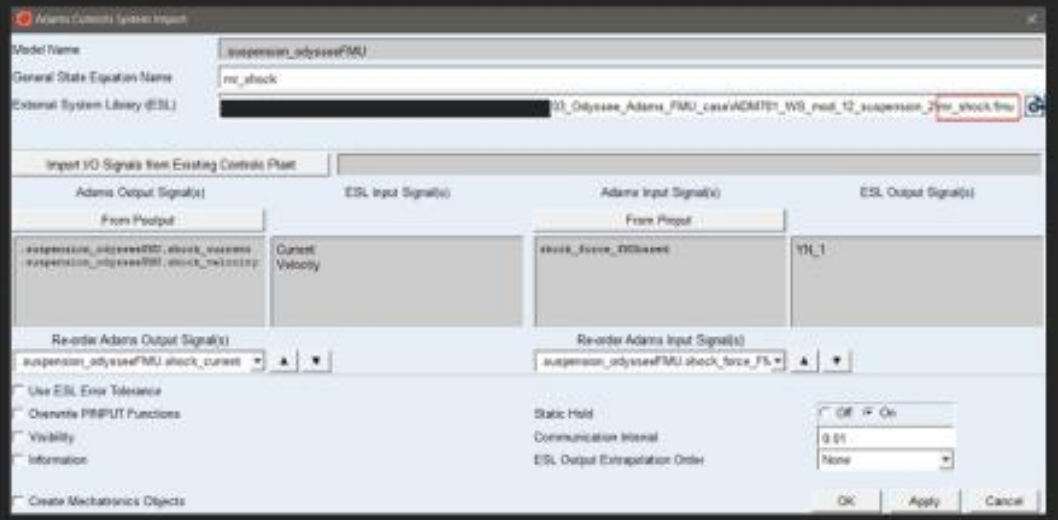
© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

🧠 Adams and Machine Learning

Integrate MR Shock Model in Adams

Odyssee FMU approach





Input to Adams (Master)
Damper force

→ Adams View (Master)

→ Outputs from Adams (Master)
Current and Damper velocity

↓

Input to Odyssee FMU (Slave)
Current and Damper velocity

← ODYSSEE CAE

← Output from Odyssee FMU (Slave)
Damper force

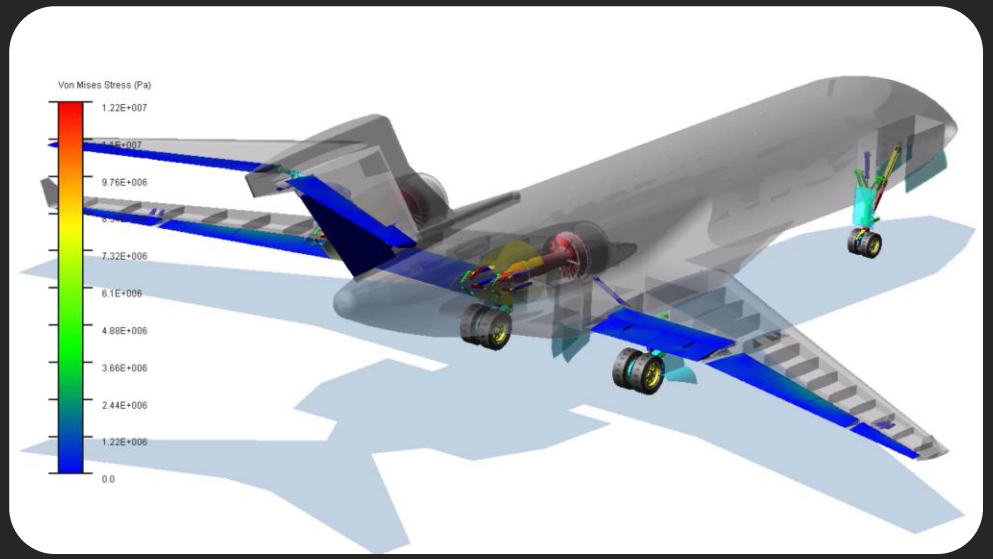
↑

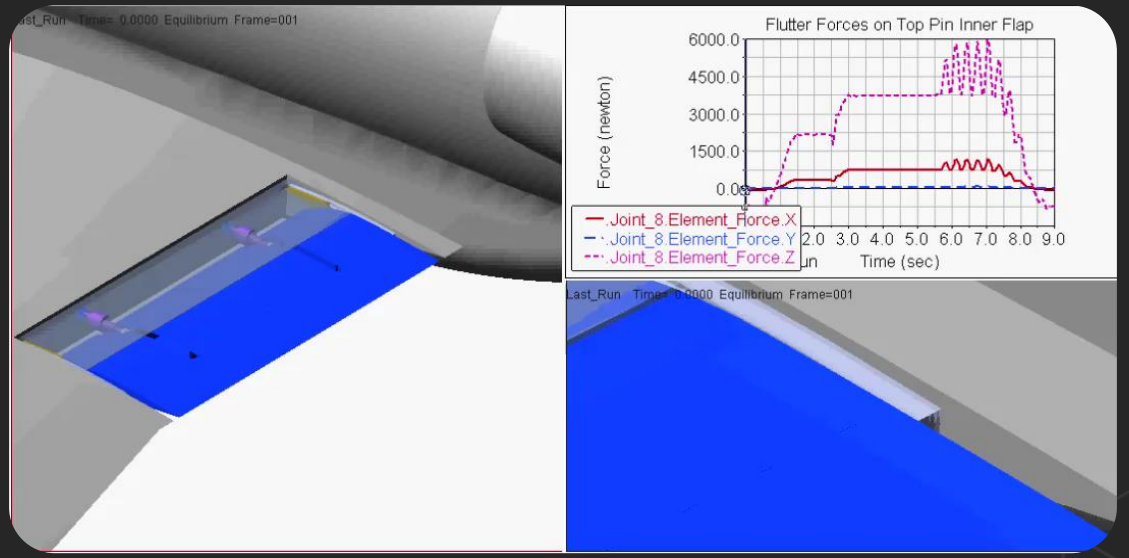
© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

🎯 Aerospace case study

Flap deployment during take off or landing

- Add **flexible** components in Adams simulations to study effects on full-system performance.
  - Here, Adams helps to generate loads, for more accurate load input to FE analysis and fatigue analysis.
  - Thanks to Adams, such accurate load gives more accurate stress and fatigue results.
  - Design changes can be considered much earlier, to save cost, and secure final product.





© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Use Case

Airbus



Adams simulation saves €3 million by replacing physical testing in aircraft certification

"The replacement of the physical A350-1000 wing bending test with simulation of the effects of deflection on the flight controls saved Airbus about €3 million and 4 months on the certification process for the A350. Most of these savings were achieved by eliminating the need to build test fixtures"

Michael Vetter
Project leader MBD Simulation

Challenge

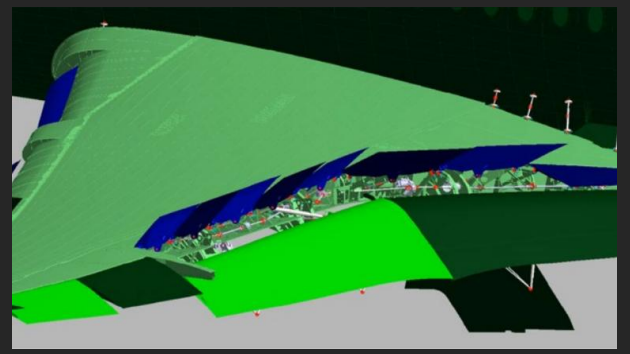
- Regulations require that primary flight control surfaces remain free from any damage during structural deflections
- Physical testing – expensive, time consuming and requires mature design
- Limits on number of load cases and configurations due to physical testing limitations

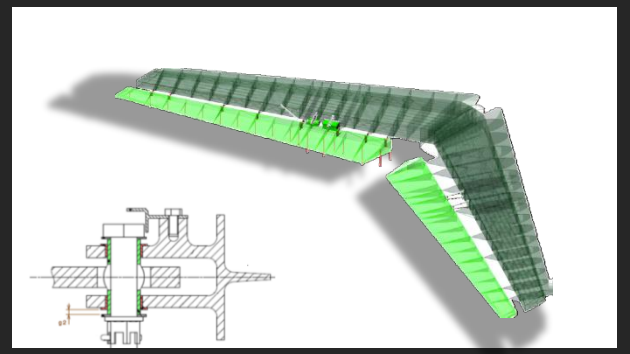
Solution

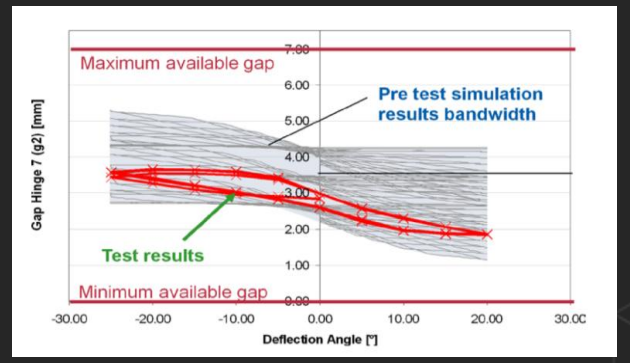
- Adams used to model mechanism, Nastran used to introduce component flexibility and CFD code used to provide pressure on wings
- Model predictions validated against test data

Benefits

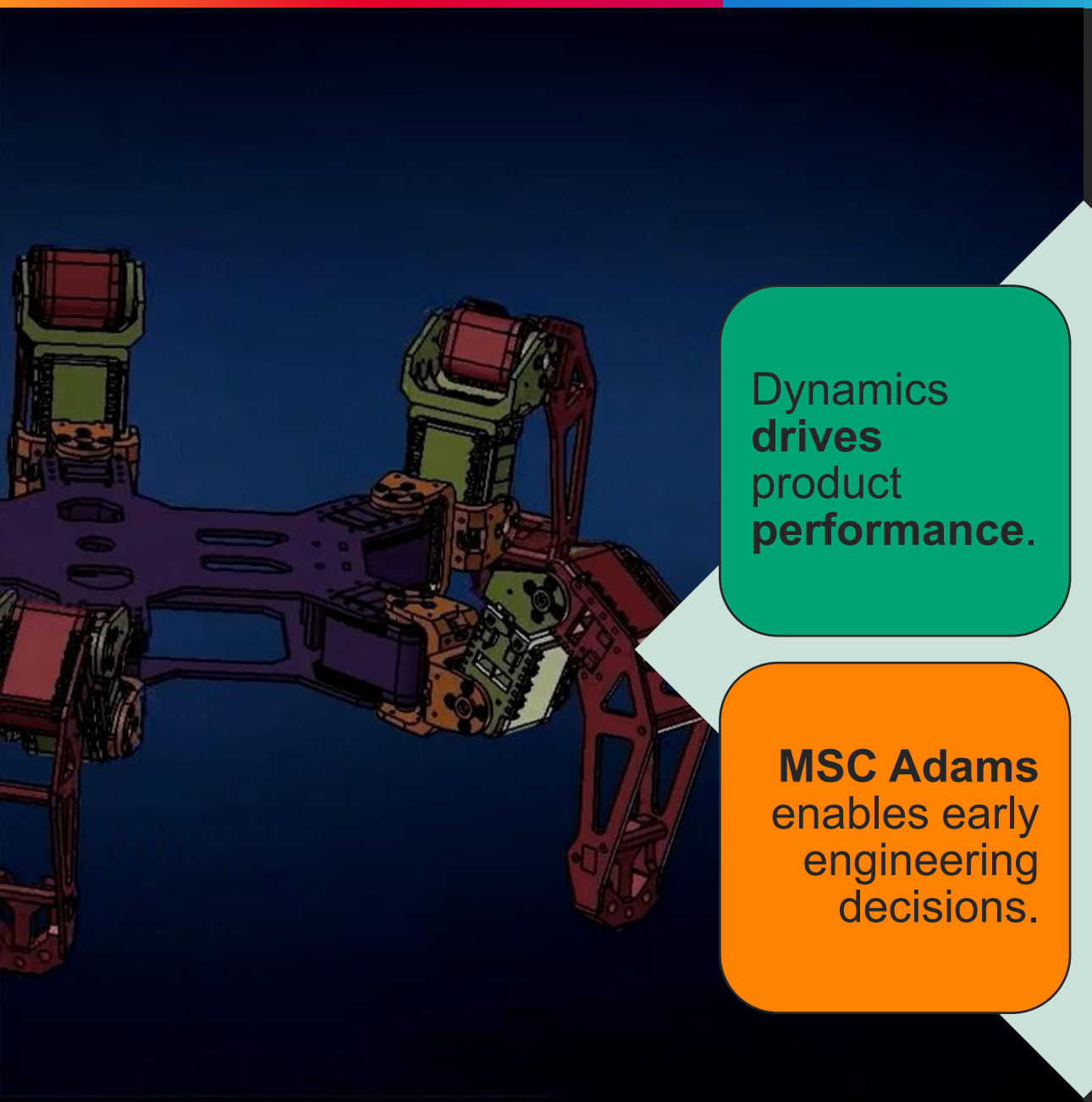
- Saving significant time and cost by replacing physical testing with simulation
- Removing limitation on number of different load cases and configurations that could be tested
- Simulation results successfully correlated against testing
- Regulatory body now accepts simulation for aircraft certification







© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.



Key Takeaways

Dynamics **drives** product **performance**.

Virtual prototypes **reduce** development **risk**.

MSC Adams enables early engineering decisions.

Integration with FEA and controls **maximizes value**.

ADAMS is certified by Airbus and the European Aviation Safety Agency to replace the physical wing-bending test with simulation

ADAMS is used by 24 out of the top 25 automotive OEMs to solve various vehicle dynamics problems

ADAMS is trusted by NASA JPL to ensure the successful landing of the curiosity rover on Mars

cadence



© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved worldwide. Cadence, the Cadence logo, and the other Cadence marks found at https://www.cadence.com/go/trademarks are trademarks or registered trademarks of Cadence Design Systems, Inc. Accellera and SystemC are trademarks of Accellera Systems Initiative Inc. All Arm products are registered trademarks or trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere. All MIPI specifications are registered trademarks or service marks owned by MIPI Alliance. All PCI-SIG specifications are registered trademarks or trademarks of PCI-SIG. All other trademarks are the property of their respective owners.

MBD und ISO GPS

Prozessketten, Normen und Erfahrungen

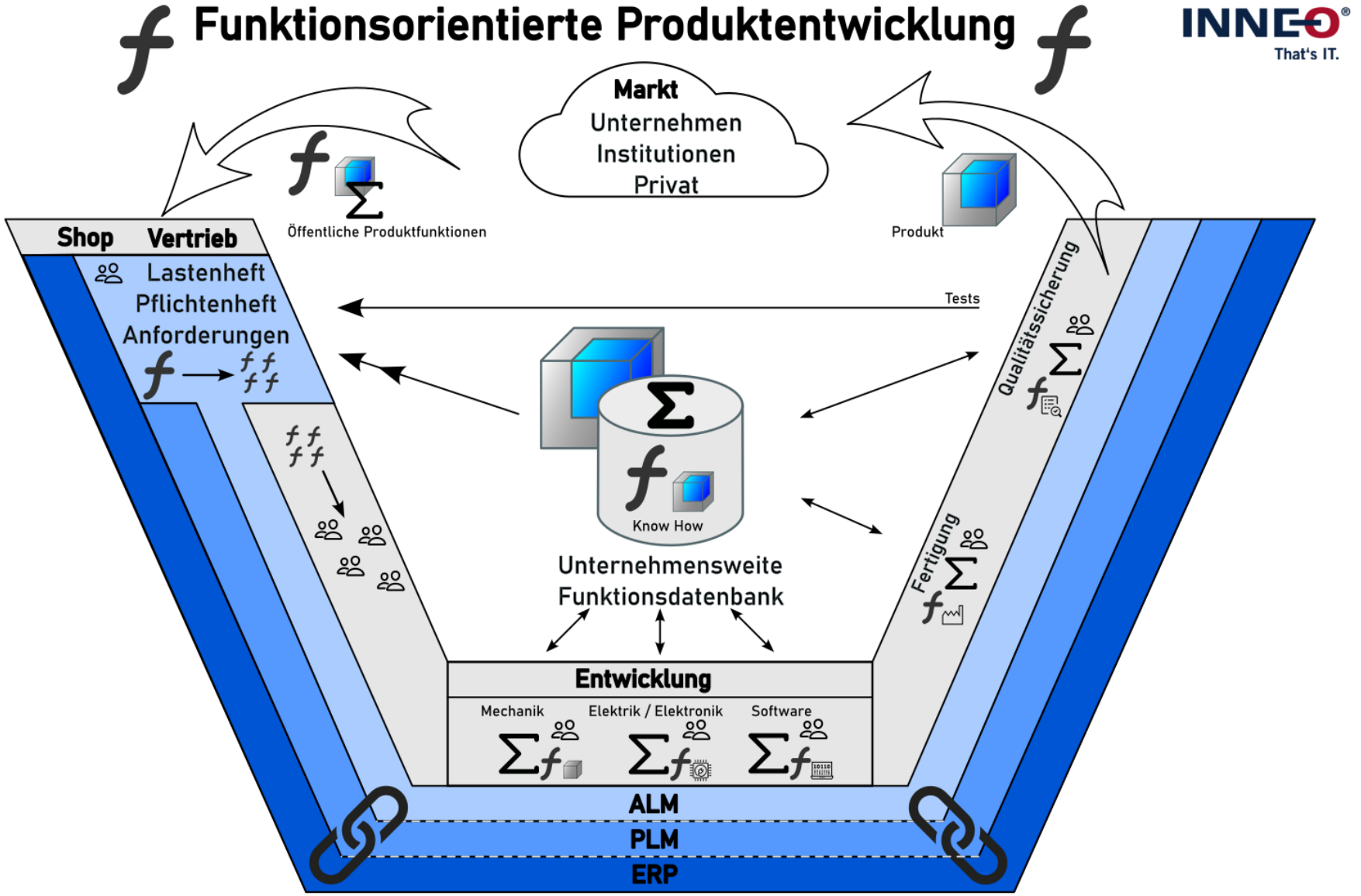
27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag, 16.September 2026, Steffen Neßler

Agenda

- Unternehmensweite funktionsorientierte Produktentwicklung / Prozessketten
- Trends in der Produktentwicklung (CAD)
- Die größten Potentiale?
- MBD ersetzt die Zeichnung?
- MBD-“Zeichnung“ Nutzung Denkweise und Informationsbedarf
- Mögliche existierende „Zeichnungsalternativen“
- Zielgerichtete Informationsverteilung
- Der Weg zu MBD-Prozessen
- Zusammenfassung

Unternehmensweite funktionsorientierte Produktentwicklung

Moderne Produktentwicklung

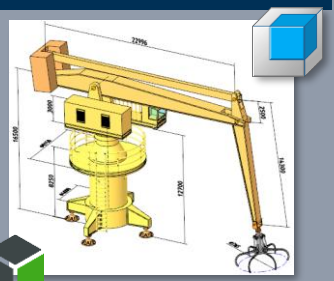


Moderne Produktentwicklung

ISO GPS erzeugt eindeutige, funktionale, maschinenlesbare Produktspezifikationen

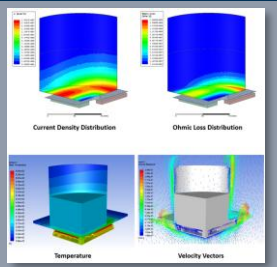
Produktanforderungen (Codebeamer)

MBD/Design + ISO GPS



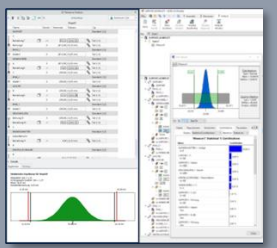
Baugruppen
-Klassisch
-Verrohrung
-Verkabelung
-Kinematik
Bauteile
-Blech
- Fräsen/Bohren
-Gussmodelle
-Kunststoffteile

Simulation



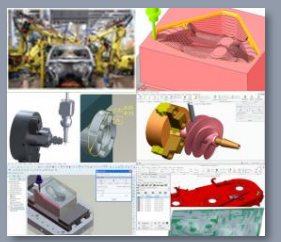
Festigkeit
Struktur
Temperatur
Geschwindigkeit
Strömung
Optisch
Generative
Multiple Physics

Toleranz Simulation



Toleranzen
-2D Linear
-3D Linear
-CETOL

Fertigung



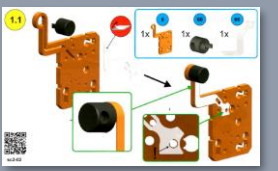
Drehen
Fräsen
Bohren
3D-Druck
Schweißen

Prüfplanung



Messschieber
Koordinatenmessmaschine
Optische 3D-Messungen
CT-Technologie

Service



Montage
-Schritte 2D
-Video
-Animation
-VR
-Ersatzteil
Explosionen

PLM - Windchill

ERP

MBE – Prozesse basieren auf dem originalen 3D Modell

Trends
in der Produktentwicklung (CAD)

Aktuelle Trends in der Produktentwicklung

- Einführung einer eindeutigen Spezifikation der Geometrie mit ISO GPS
  - Die Eindeutigkeit schafft Rechtssicherheit
  - Ermöglicht die vereinfachte Spezifikation (nur funktionsrelevante Geometrien werden spezifiziert → funktionsorientierte Spezifikation)
    → verringert den Dokumentationsaufwand

- **Erstellung 100%iger maschinenlesbarer MBD-Modelle**
  -> „Single source of truth“
  - Semantische Erzeugung der ISO-GPS-Spezifikation am 3D-Modell
    → Beschleunigung der Prüfprozesse
  - Ermöglicht 3D-Toleranzberechnungen
    → Erhöhung der Qualität
  - Automatisierung einer menschenlesbaren Dokumentation (TDP statt 2D-Zeichnung)
    → weniger manuelle Dokumente
  - Automatische intelligente Ableitung prozessrelevanter Daten aus dem 3D-Modell
    → maschinenlesbare technische Spezifikation
  - →Fehlerminimierung durch bessere visuelle Erkennung
  - Eine Voraussetzung für KI im Produktentwicklungsprozess

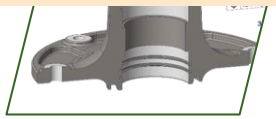


Das 3D-Modell löst die 2D-Zeichnung als PMI-Quelle ab. MBD und ISO GPS werden gemeinsam betrachtet.

Die größten Potentiale?

DIGITALE PRODUKTDEFINITION & -STEUERUNG

Nur, wenn die aufwändige Zeichnung wegfällt, kommt es zu einer Beschleunigung in der Produktentwicklung.



3D-Modell m
Anmerkunge
Vollständig semantisc
korrekt angewandte F
und Lagetoleranzen

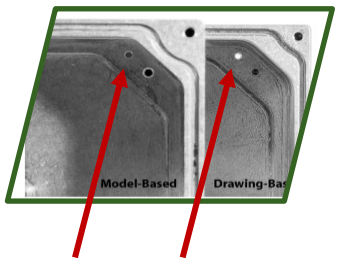
Aber!

Schnellere Produkt-entwicklung

Weniger Komplexität
bei funktionsorientierter Spezifikation (ISO-GPS)

Schnellere Fertigung und Kontrolle

Zeitersparnis, insbesondere bei nachgeschalteten Stellen
PMI-Übernahme (Semantik)



Weniger Fehler und Nicht-Konformitäten

Weniger Komplexität

Modellbasiert (wie beabsichtigt)

Zeichnungsbasiert (mit fehlerhafter Durchgangsbohrung)

Feedback von PTC-Kunden*

40 % schnellere Dokumentations-erstellung

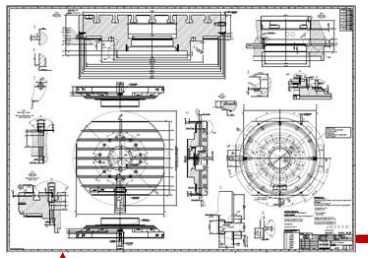
60 % weniger Zeitaufwand für die Erstprüfung von Artikeln

90 % weniger Nicht-Konformitäten bei den Produkten

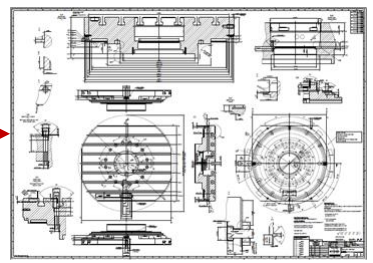
*Ausgewähltes Feedback aus Pilotprojekten und aus praktischen Erfahrungen von PTC-Kunden

Herausforderung DRW – Erzeugung und Verwendung

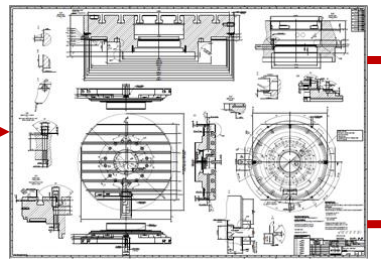
Konstruktion



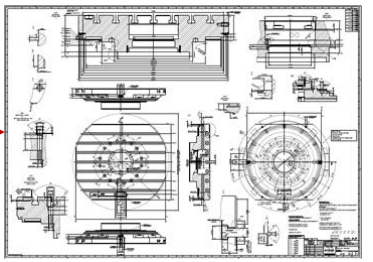
Entwicklungspartner



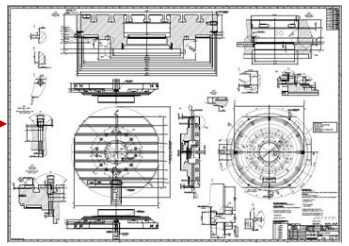
Einkauf



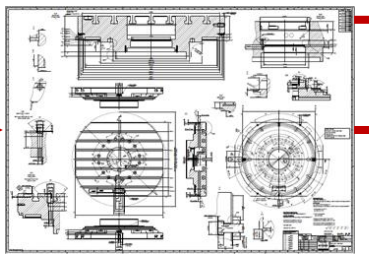
Lieferant



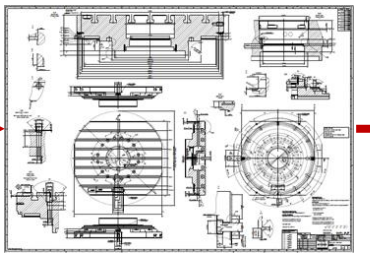
Vertrieb / Service / Kunde



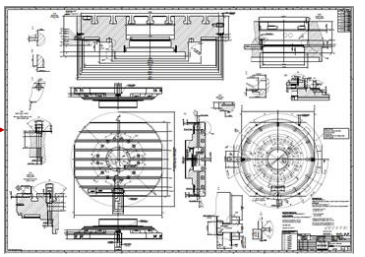
Arbeitsvorbereitung



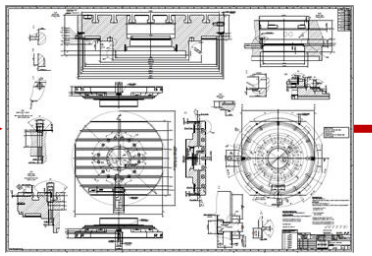
CAM / NC



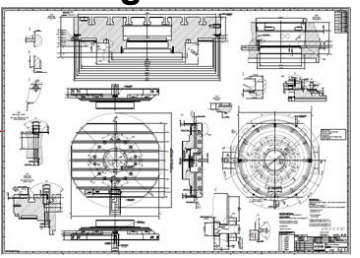
Montage



Fertigung



Prüfung / CMM



Seit ca. 100 Jahren unverändert !

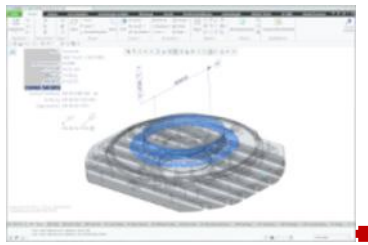
MBD ersetzt die Zeichnung?

Änderungen in der Prozesskette Viewing

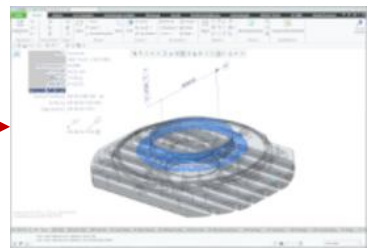
Product View PVZ (früher Creo View)

3D-Modell
Native
STEP

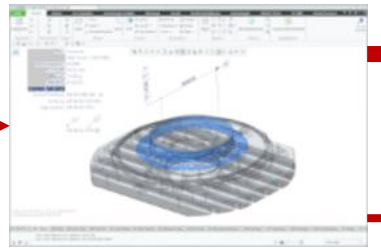
Konstruktion



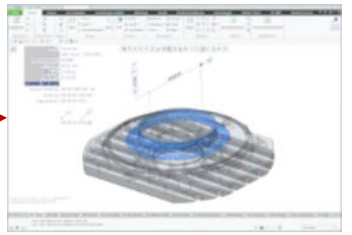
Entwicklungspartner



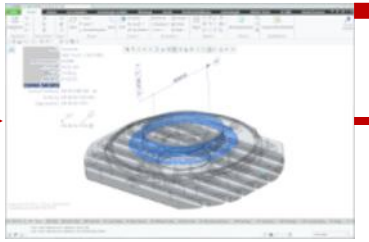
Einkauf



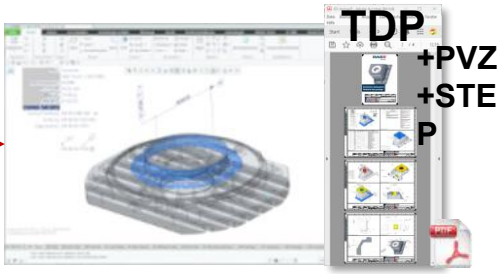
Vertrieb / Service / Kunde



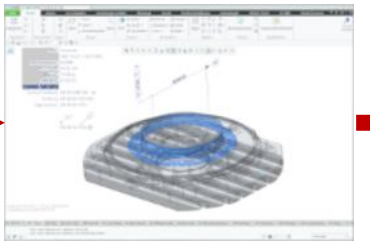
Arbeitsvorbereitung



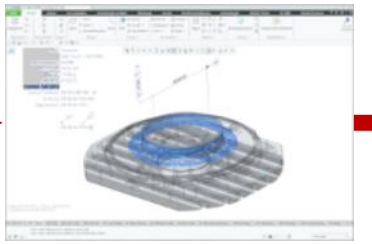
Lieferant



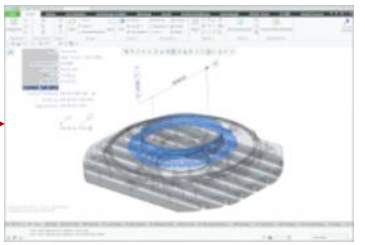
CAM / NC



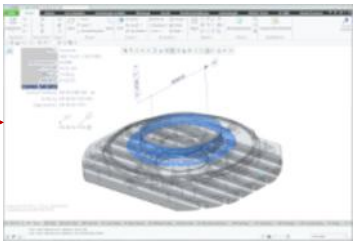
Fertigung



Montage



Prüfung / CMM



MBD-“Zeichnung“ Nutzung Denkweise und Informationsbedarf

Denkweise

Denkweise

Konstruktion

Funktionsorientiert

Kostenorientiert
Fertigungsorientiert
Montageorientiert
Prüfungsorientiert

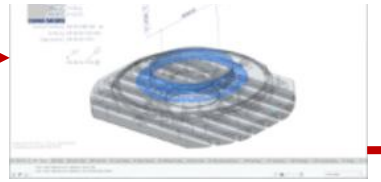
Entwicklungspartner

Funktionsorientiert

Kostenorientiert
Fertigungsorientiert
Montageorientiert
Prüfungsorientiert

Einkauf

Kostenorientiert

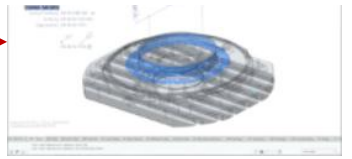


Lieferant

Kostenorientiert
Fertigungsorientiert
Montageorientiert

Vertrieb / Service / Kunde

Funktionsorientiert



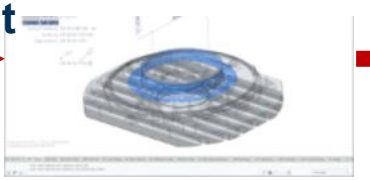
Arbeitsvorbereitung

Fertigungsorientiert

Technologie
Maschinen
Werkzeuge
Betriebsmittel

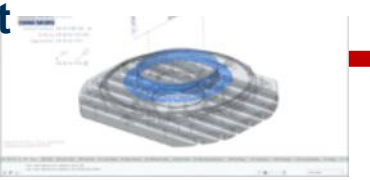
CAM / NC

Fertigungsorientiert



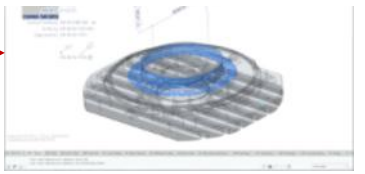
Fertigung

Fertigungsorientiert



Montage

Montageorientiert



Prüfung / CMM

Prüfungsorientiert



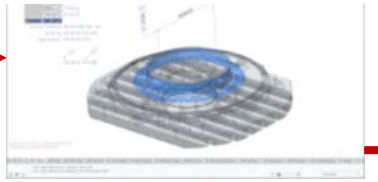
Informationsbedarf

Denkweise
Informationsbedarf

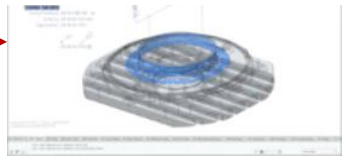
Konstruktion
Funktionsorientiert
Funktionsgeometrie
Flächen, Bezüge
Toleranzen, Material
Bauräume uvm.

Entwicklungspartner
Funktionsorientiert
Funktionsgeometrie
Flächen, Bezüge
Toleranzen, Material
Bauräume uvm.

Einkauf
Kostenorientiert



Vertrieb / Service / Kunde
Funktionsorientiert



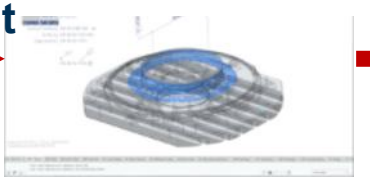
Arbeitsvorbereitung
Fertigungsorientiert
Geometrische PMI
Toleranzen, Oberfläche
Technolog. Angaben
Material, Härte,
Beschichtung uvm.

Lieferant
Kostenorientiert
Fertigungsorientiert
Montageorientiert



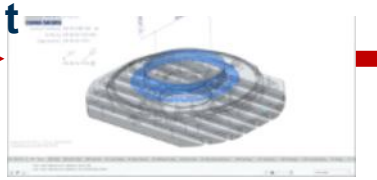
Geometrische PMI
Toleranzen, Oberfläche
Technolog. Angaben
Material, Härte,
Beschichtung uvm.
➔ Für Angebot
schnell erfassbar

CAM / NC
Fertigungsorientiert

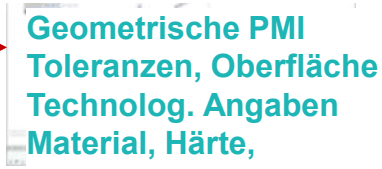


Montage
Montageorientiert
Funktionsanforderungen
Baugruppenstrukturen
Bauräume
Montageprozesse uvm.

Fertigung
Fertigungsorientiert



Prüfung / CMM
Prüfungsorientiert



Geometrische PMI
Toleranzen, Oberfläche
Technolog. Angaben
Material, Härte,
Beschichtung uvm.

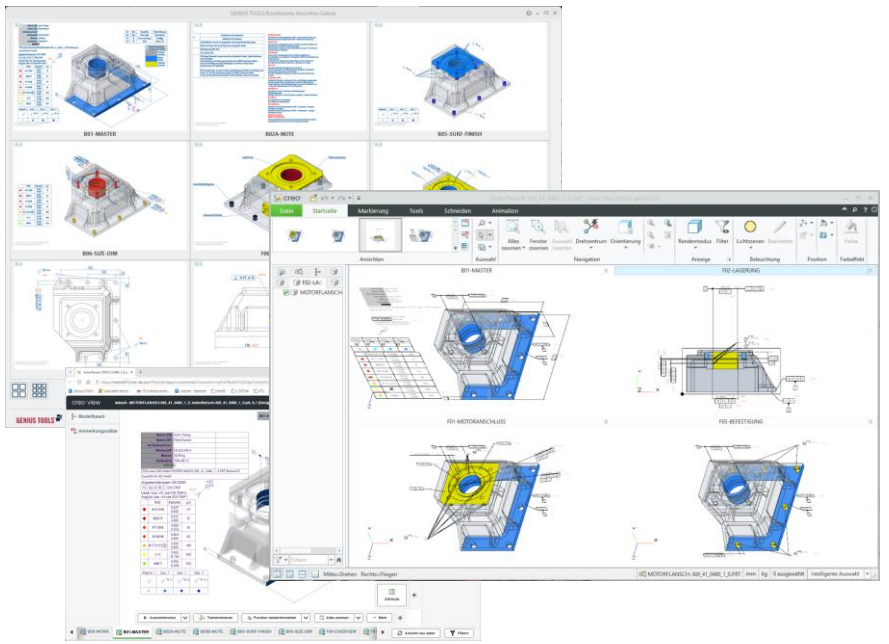
Ist es aktuell möglich, dass die Folgeprozesse schnell und effizient die Informationen bekommen?

Mögliche existierende „Zeichnungsalternativen“

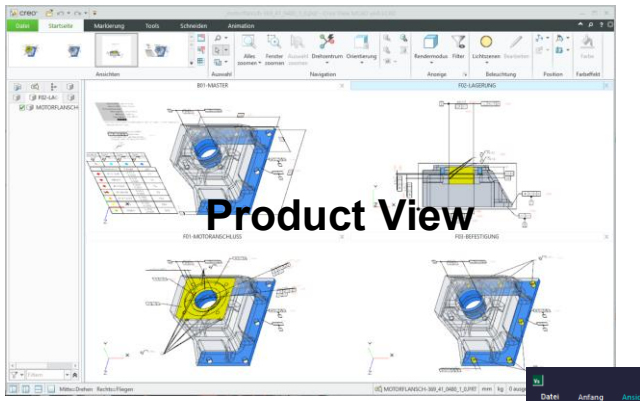
Mögliche existierende „Zeichnungsalternativen“

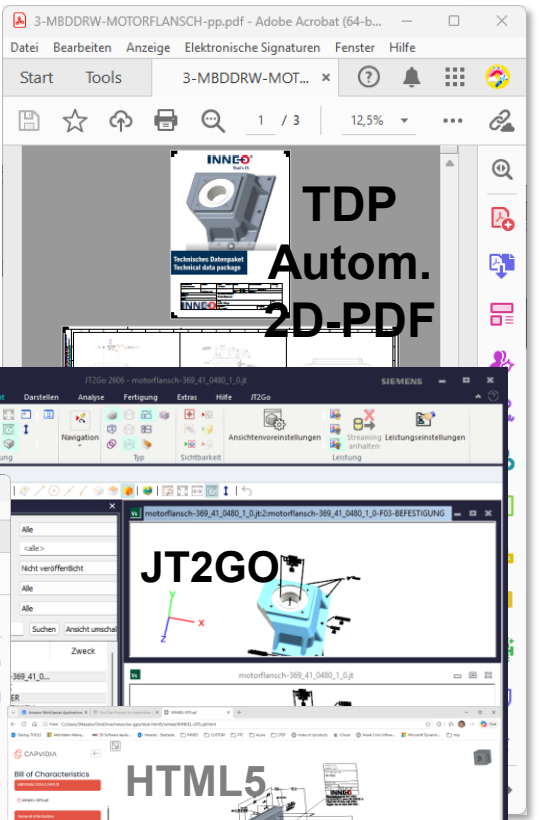
Im Unternehmen

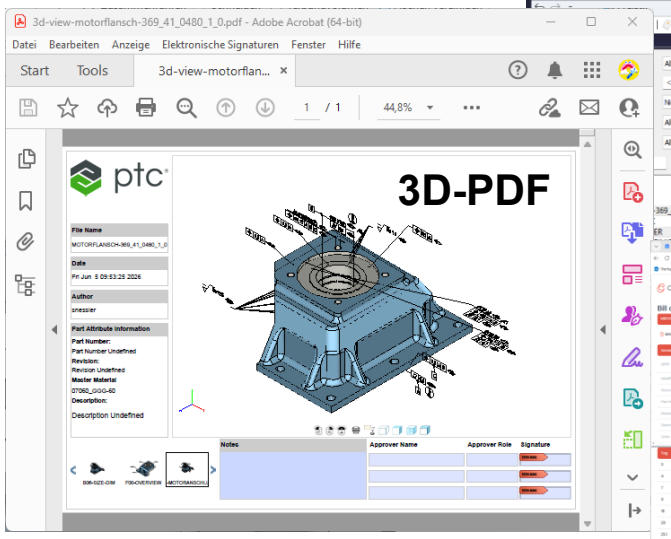
Innerhalb eines Unternehmens sollte zur Erhaltung der digitalen Kette immer die Technologien des CAD Anbieters verwendet werden.
Für Creo Parametric bedeutet das Windchill und Product View (Creo View)



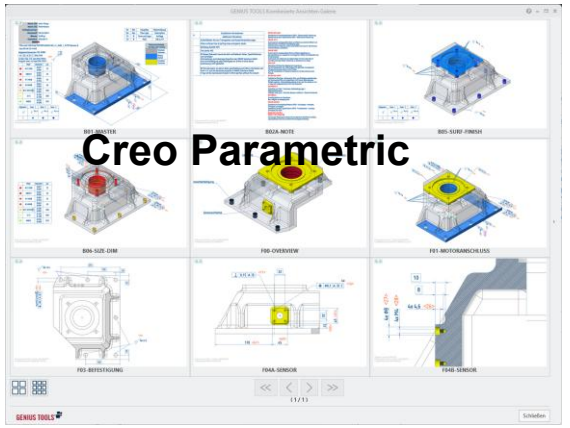
Externe Weitergabe

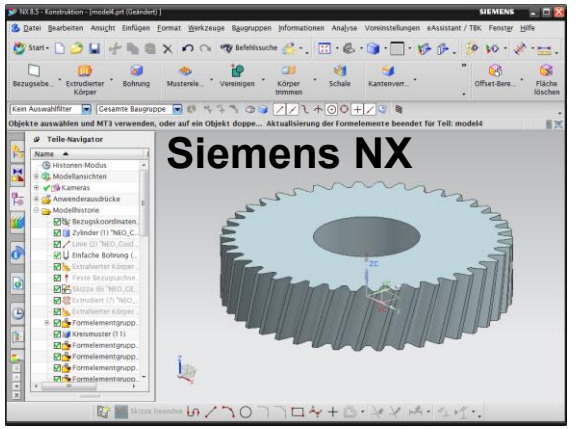


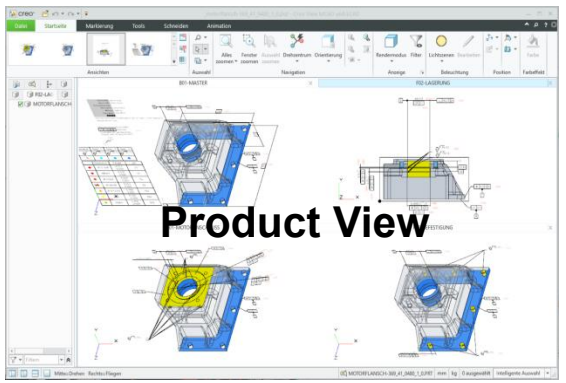


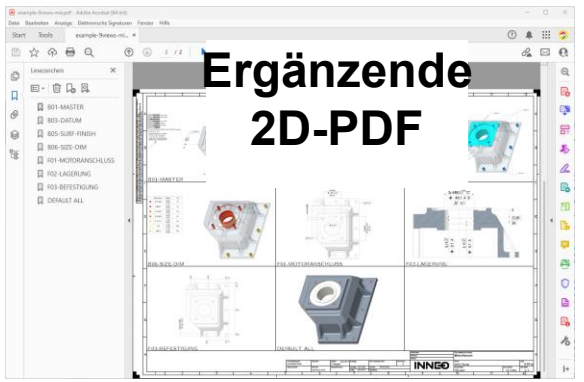


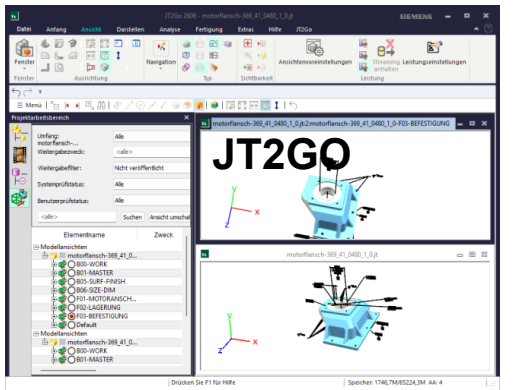
Von Unternehmen praktizierte Lösungen







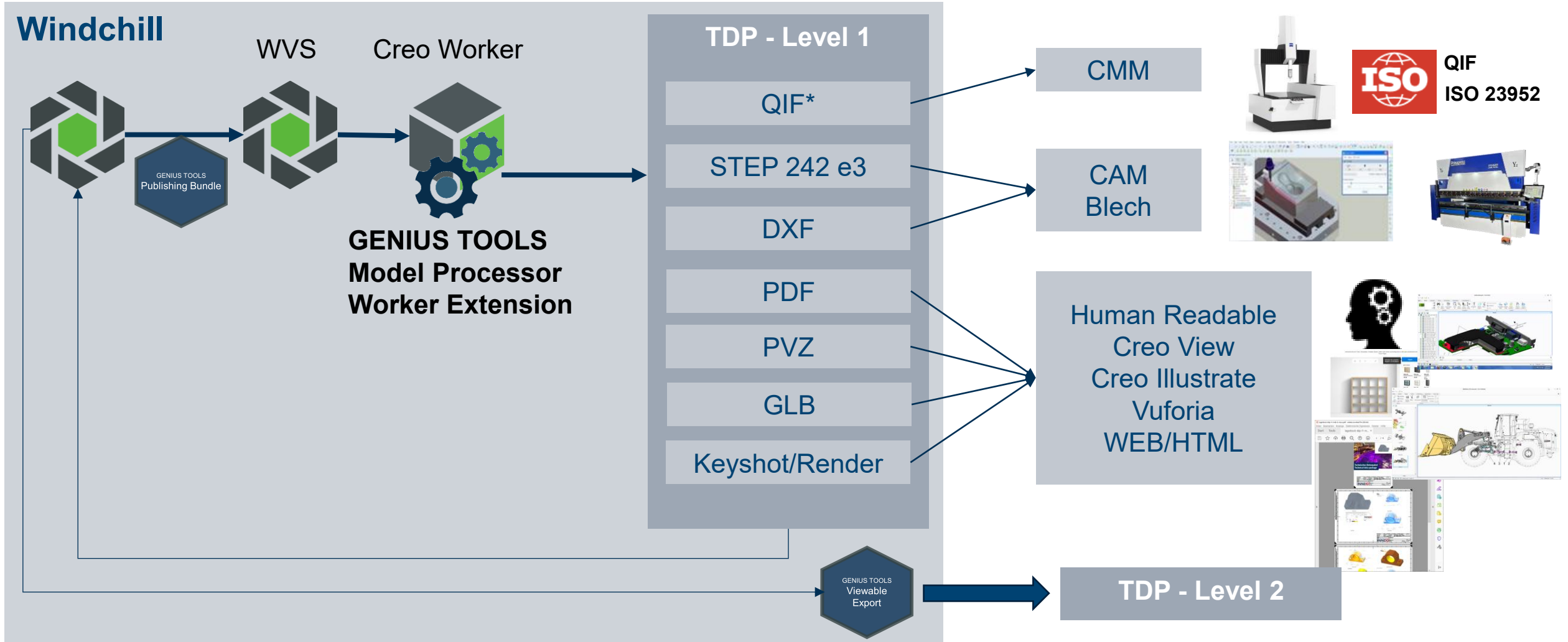






Zielgerichtete Informationsverteilung

Verwendung der MBD-Informationen (MBE)



Intelligente automatisierte Extraktion der Informationen für Folgeprozesse

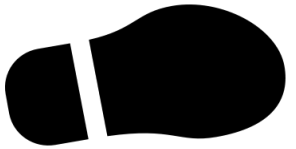
Der Weg zu MBD-Prozessen

Der Weg zum MBD / ISO GPS Modell mit INNEO

Schritt 1

ISO GPS Kenntnisse erlernen

- Seminare „Geometrische Produktspezifikation (GPS)“
- GPSLife Interaktive Online Trainings



Schritt 2

Funktionalitäten in Creo Parametric erlernen

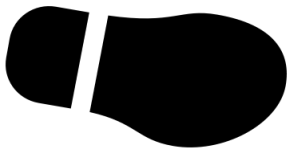
- Schulung „Model-Based Definition“
- Schulung „GT MBD for ISO GPS“
- Verwendung von GD&T Advisor
- GPS konformes Bemaßen am Creo Parametric Modell
- Vertiefende Workshops
- Toleranzanalyse mit CETOLσ / EZtol



Schritt 3

Umsetzung im eigenen Unternehmen

- Machbarkeitsnachweise / Proof of Concept (POC)
- Semantische 100% ISO GPS / MDB Modelle
  - Modellaufbau (neu, Bestandsdaten)
  - Arbeitsrichtlinien
- Key-User Team (CAD, QA, Fertigung, Zulieferer) erprobt die neuen Prozesse (QA, CAD, PLM …)
- INNEO Consulting Services unterstützen in der Erprobungsphase
  - Arbeitsrichtlinien
  - evtl. Modellüberarbeitung mit GENIUS TOOLS Model Processor
- GENIUS TOOLS MBD for ISO GPS



Erfolgreiche Einführung maschinenlesbarer ISO-GPS-Informationen

Zusammenfassung

- MBD und ISO-GPS sollten immer gemeinsam betrachtet werden
- Bilden Sie zuerst ihre Key-User für ISO GPS und MBD aus
- Verringern Sie den Dokumentationsaufwand mit der vereinfachten Funktionsspezifikation von ISO-GPS im 3D
  → Funktionsorientiertes Konstruieren und Spezifizieren
- Integrieren Sie alle Informationen in das 3D Modell
  → 100% ISO-GPS-MBD-Modelle
- Erzeugen Sie stets:
  - eine semantische geometrische ISO-GPS Spezifikation und
  - eine semantische technische Spezifikation
  → Maschinenlesbarkeit für Folgeprozesse
- Beteiligen Sie alle Personen, die bisher mit der Zeichnung gearbeitet haben (CAD, QA, Fertigung, Zulieferer…)
  → Akzeptanz aller Beteiligten
- Erarbeiten Sie mit POCs eigene Arbeitsrichtlinien die allen Beteiligten einen Rückhalt geben





Vielen Dank für Ihr Interesse.

Wir sind INNEO – gemeinsam bringen wir Digitalisierung zum Erfolg.

Sind Sie dabei?

www.inneo.de

neuroforge



2025-09-17
K-Tag

Both code and courage.



Tobias Hertkorn & Martin Braun

www.neuroforge.de

yes and people holdings

YES AND PEOPLE HOLDINGS · groupXS · neuroforge · JTS

Both code and courage

- 32 Mitarbeiter
- Starke Industrie-Expertise seit 2019
- Lokale Verbundenheit
- Startup bis DAX
- Giving Back
- Fundament aus Werten

Kunden und Partner

STADTWERKE Bayreuth · Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie · BOSCH · Stadt Zürich · SIEMENS energy · VENSYS · SWISS · Seda · uniper · EKZ · ABO WIND · TÜVRheinland® Genau. Richtig. · Einhell POWER TOOLS · NEDGEX · Deutsche Glasfaser · HOLZ VON HIER · UNIVERSITÄT BAYREUTH · StädteRegion Aachen

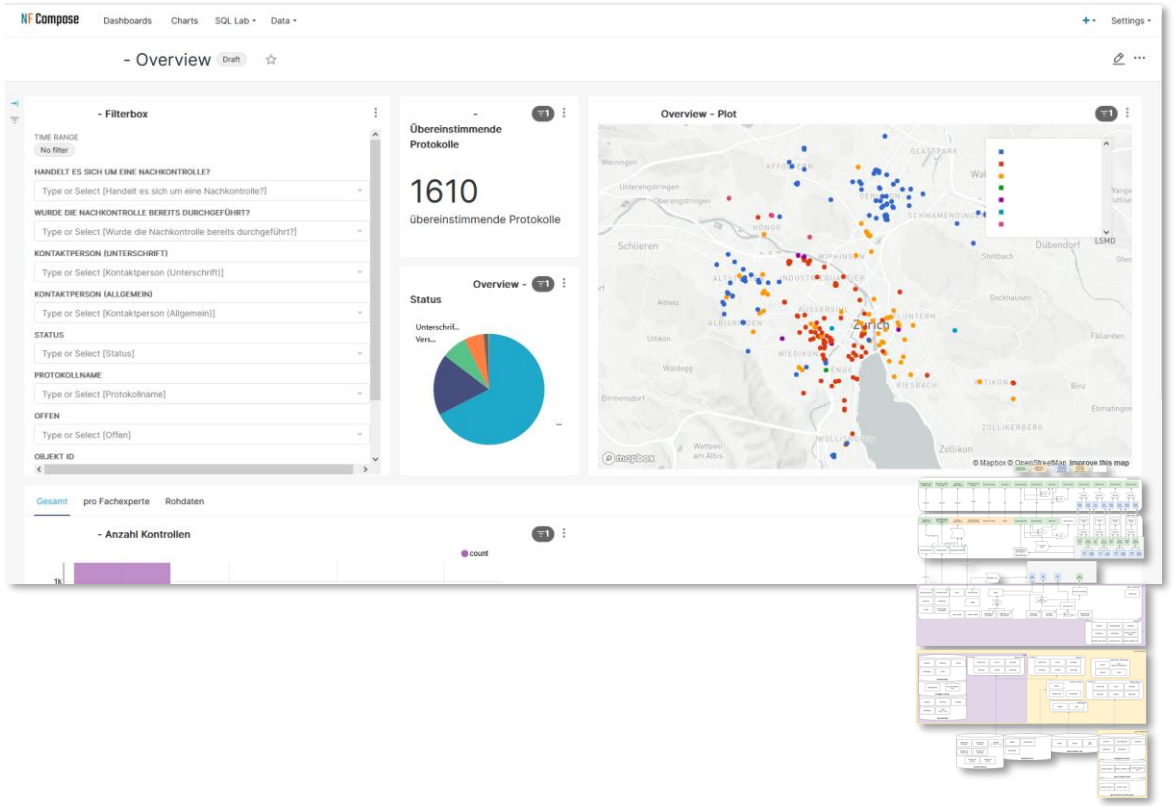
neuroforge

neuroforge – both dream and data

von...



bis...



Von High Tech KI
bis zum Digitalprojekt/Dashboard

neuroforge

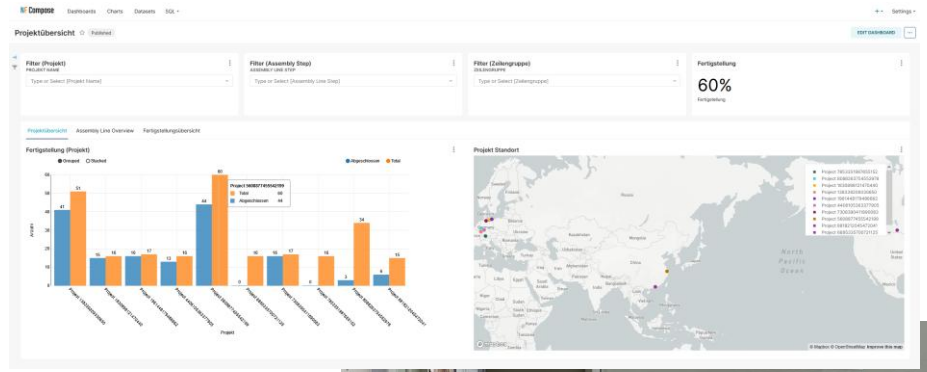
Referenzen

REPORTHELD
Your Process. Digitized.

SIEMENS energy

Digitale Anlagenwartung @ Siemens Energy

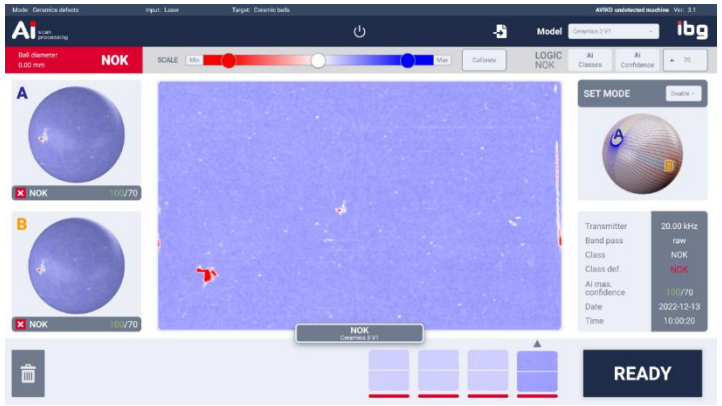
- Reportheld als Field Service App „SAFE“ (Siemens Assessments for Energy)
- **Digitale Anlagenprüfung** per Smartphone/Tablet
- **Checklisten digital, Berichterstellung automatisiert mit Vorschau**
- Ergebnisse visualisiert als Report, u.a. auch mit angepasstem Spinnennetzdiagramm
- Technische Basis: Plattformübergreifende Lösung „Reportheld“ von groupXS
- **Dashboard** zur zentralen Überwachung aller Projekte



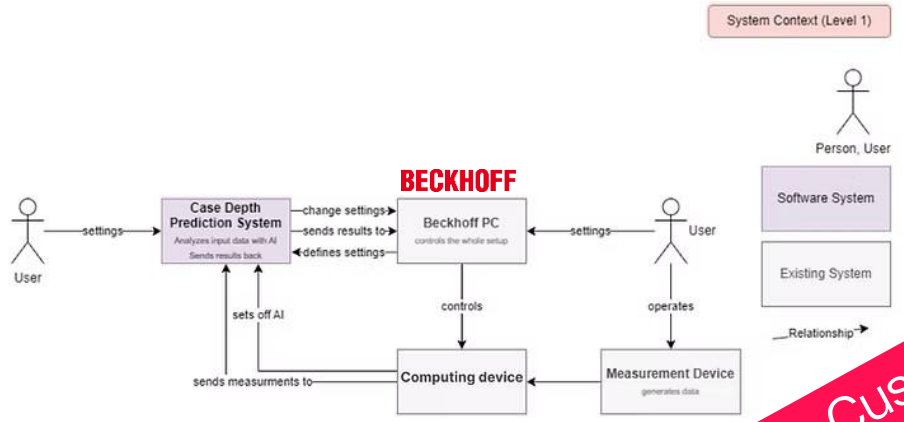


Qualitätssicherung @ ibg Prüfcomputer

- **„Ein Paradebeispiel gelungener Co-Innovation - Expertise und Sparring auf Augenhöhe“**
- Bestehende **Partnerschaft seit 5 Jahren** mit mehreren gemeinsamen Projekten
- Entwicklung einer maßgeschneiderten KI-Lösung für:
  - **Oberflächenprüfung**
  - **Gefügeprüfung**
- Nahtlose Integration in bestehende Prüfmaschinen via TwinCAT
- Ziel: **Stärkung der technologischen Marktführerschaft** von ibg auf dem Bereich der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP)
- Ergebnis: Neue Generation KI-gestützter Prüfgeräte mit erhöhter Genauigkeit und Effizienz







Custom KI Bilderkennung Integration

neuroforge

OPSD @ Lufthansa Gruppe

- Projekt zur ganzheitlichen datengesteuerten Optimierung des **Lufthansa Group Betriebs** (SWISS als Vorreiter)
- Großprojekt mit **~100 Projektmitgliedern**
  - https://cloud.google.com/customers/swiss
- Unser Team: 4 Experten seit **~4 Jahren**
  - **2 Architekten**
  - **1 Principal Developers**
  - **1 Developer**
- Erfolge
  - Aufbau der Architektur zur Datenharmonisierung
  - Architekturevaluierung
  - Technologieevaluierung
  - Aufbau von skalierbaren Prozessen zur Software-Entwicklung
  - Entwicklung von skalierbaren Services
  - Aufbau DevOps / SRE Prozesse
  - Aufbereitung von Daten für ML Prozesse





Daten Analyse
Daten Integration
Architektur

cegeka

BROCKHAUS AG

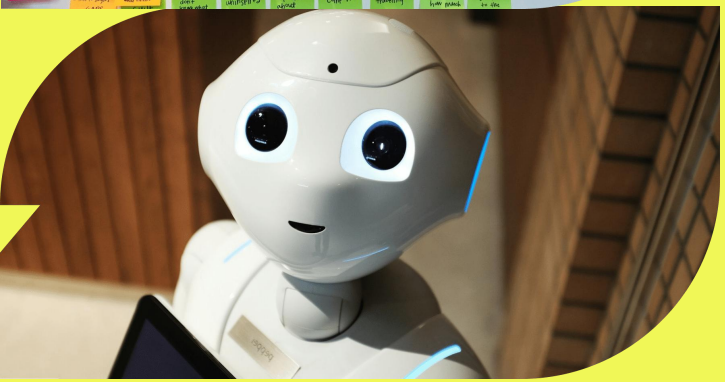
neuroforge

Adding knowledge, not nonsense



Ideation

Digitale Transformation
vs
Digital Translation



LLM / GPT Solutions

Bleeding Edge mit Datenhoheit



Custom (AI) Software

Verlässliche Software nach Ihren Anforderungen



Finished Product

Produktion:
Hier beginnt der Spaß

Change Management

Es geht um Menschen. Immer.
... bis zur Einführung und darüber hinaus

neuroforge

Schritte zu Ihrer Lösung

Zusammen verantwortlich: Iteratives Vorgehen in der modernen Softwareentwicklung



Welche **Kennzahlen** wollen wir verbessern?

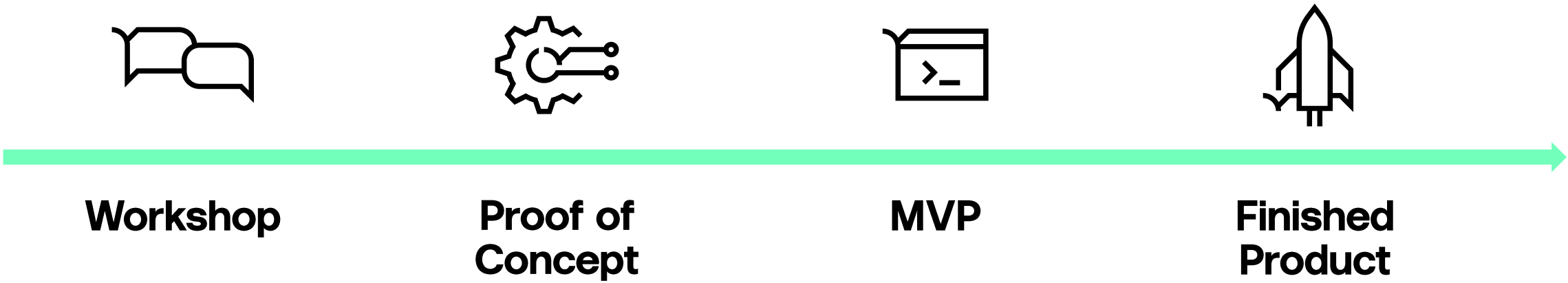
So garantieren wir, dass die Lösung **Mehrwert** schafft!

64% der Features sind **unnötig**! (Chaos Report – 2000)

Was wollen wir als Erstes gemeinsam erreichen?

neuroforge

Projektphasen im Hochglanzprospekt



Ziele:

- Projektrisiko minimieren
- Was wir wollen vs. was wir brauchen
- Non-tech side of AI (Datenqualität, Workflow, gemeinsames Verständnis, Business Value)
- No bullshit

neuroforge

Projektphasen wie sie wirklich sind



Realität beim Kunden erarbeiten

Wo sind die Daten, wie kriegen wir sie entfesselt

Was bedeuten die Daten überhaupt wirklich

Geiles Produkt und mehr Wissen im Unternehmen

Ziele:

- Was brauchen wir wirklich
- AI ist keine Magie wir brauchen Daten und Wissen
- Achtung: Scheißprozess digitialisieren erzeugt einen scheiß Digitalprozess
- No bullshit

neuroforge

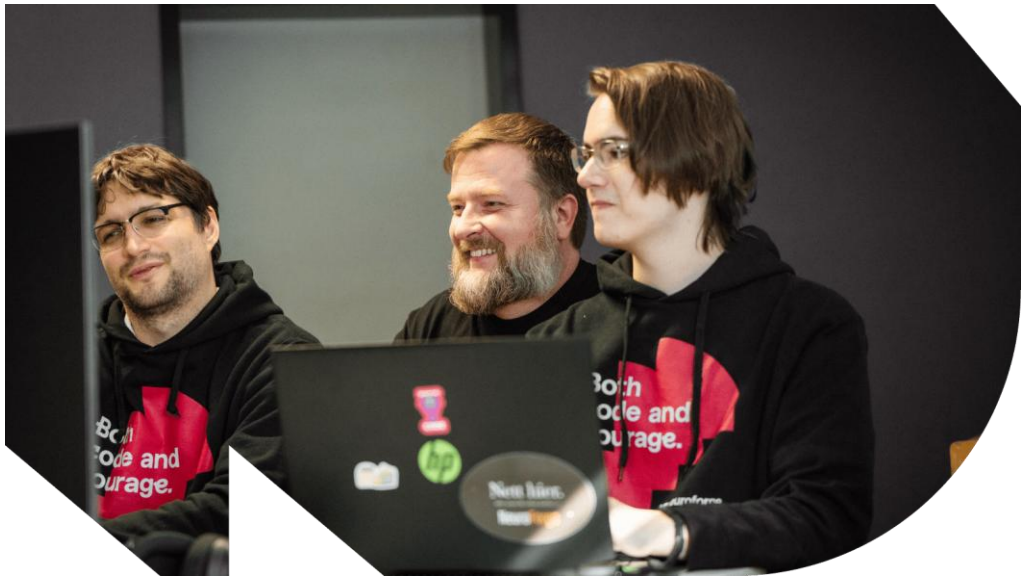
We are there for you:
We treat your projects as if they were our own.

A squad of skilled and respectful people.

Wir entwickeln Software, die **mit Ihnen** und **für Sie** arbeitet. Unsere Lösungen sollen Menschen unterstützen und entlasten. Das bedeutet, dass wir zusammenarbeiten. **Wir setzen uns gemeinsam an den Tisch** und entwickeln das richtige Produkt für Sie.

Adding knowledge, not nonsense.

Wir schätzen und fördern wir **Innovation – aber nicht um jeden Preis**. Neue Technologien setzen wir selbstverständlich ein – sofern sie Ihrem Projekt dienlich sind.







Kollege KI im Einsatz

KI Mitarbeiter können...

... individuelle Angebote und Vorschläge erstellen,
die auf den Wünschen Ihrer Kunden basieren.

... Ihre neuen Mitarbeiter mit gebrauchsfertigen Anleitungen weiterbilden und ihre Fragen sofort beantworten.

... Gemeinsam mit Menschen Daten strukturieren (**mehr** als nur LLMs)

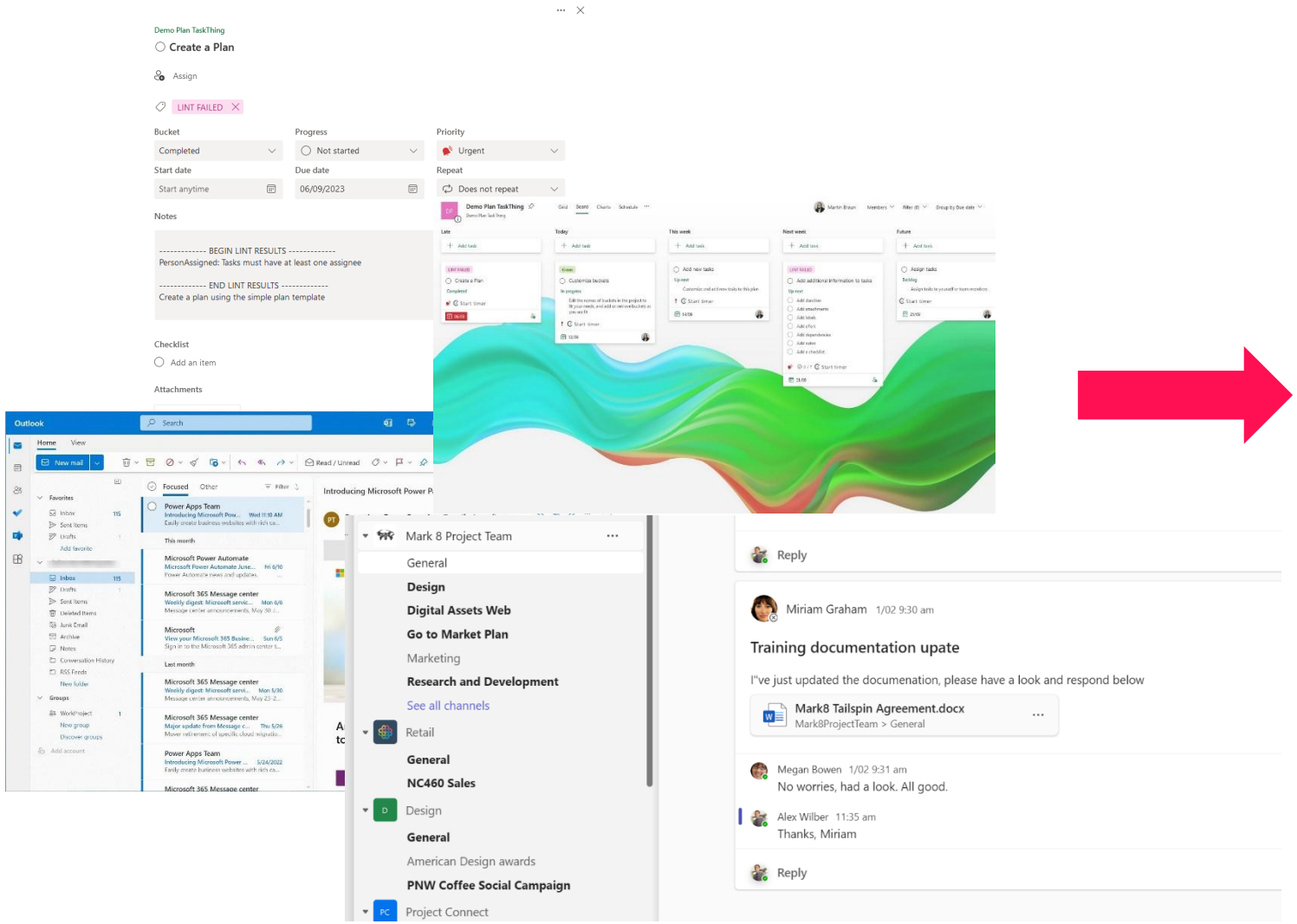
... eine tiefgehende Datenanalyse durchführen und Ihnen in Sekundenschnelle eine Zusammenfassung der Erkenntnisse liefern



Wie sieht Ihr Traum (KI-) Kollege aus?

neuroforge

Kollege KI hat die Antworten



Antworten:

„Schaffe ich meine Deadlines?“

„Welches Projekt muss ich priorisieren?“

„Wie geht es meinen Projekten (qualitativ)?“

„Irgendwo haben wir das aufgeschrieben, aber wo?“

neuroforge

Kollege KI bei unseren Kunden

1.000 Stunden weniger Aufwand dank Micro-KI.

Die RoomBuus Bauleistungs GmbH automatisiert dank uns ihre Baudokumentation per Micro-KI – und spart dadurch jährlich 1.000 Stunden. Zeit, die jetzt ins Wesentliche fließt.

30 % mehr Aufträge bei gleichem Personal.

Die ZPV GmbH & Co. KG skaliert dank unserer Lösung mit KI ihre Projektabwicklung. Das Ergebnis: 30 % mehr Aufträge, gleiche Teamgröße, zufriedenere Kunden.

neuroforge

1.000h Zeiteinsparung bei RoomBuus

1.000 Stunden Zeiteinsparung pro Jahr
Zeitersparnis bei der Baubesprechungsdokumentation fließt in wertschöpfende Tätigkeiten

Einordnung der Einsparung:
1.000 Stunden ≈ 25 Arbeitswochen
ca. 83 Stunden/Monat
ca. 4 Stunden/Arbeitstag

Kosteneinsparung bei 40 €/h: **40.000 € pro Jahr**

Fazit:
- Effizienzsteigerung im Tagesgeschäft
- Konzentration auf das Wesentliche



„KI ohne heiße Luft. Neuroforge liefert Ergebnisse."

Florian Pawelka,
RoomBuus Bauleistungs GmbH



30% mehr Aufträge bei ZPV

+30 % Auftragsvolumen bei gleichbleibender Teamgröße
Schnellere Durchlaufzeiten, verbesserte Auslastung
Zufriedenere Kunden durch effizientere Prozesse

Einordnung des Effizienzgewinns:
+30 % Output ohne Neueinstellungen, bei gleichbleibender Lohnstruktur; De-facto Umsatzsteigerung um bis zu 30 % bei konstanten Personalkosten

Fazit:
- Klare Wachstumsstrategie ohne Mehraufwand im Recruiting
- Besserer ROI auf vorhandene Ressourcen
- Verbesserte Kundenzufriedenheit = stärkere Bindung & Folgeaufträge



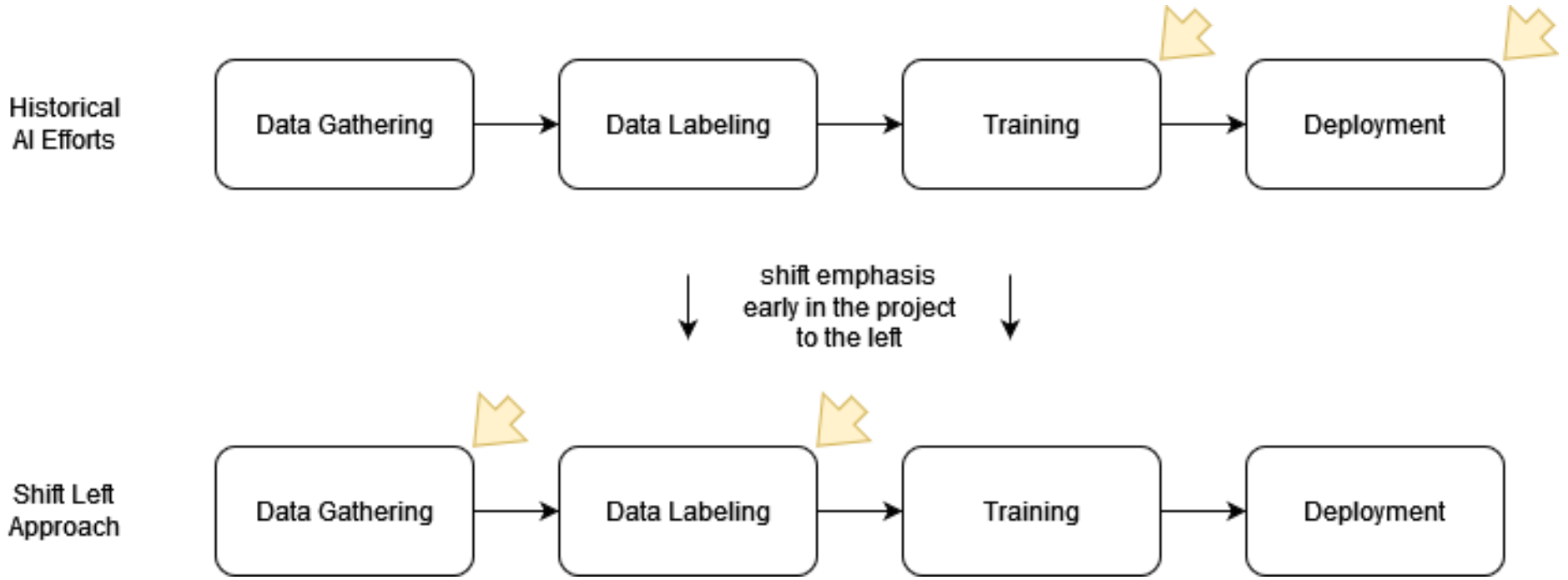
„Neuroforge redet nicht nur – Neuroforge macht. Punkt."

Volker Zehendner,
ZPV GmbH & Co. KG



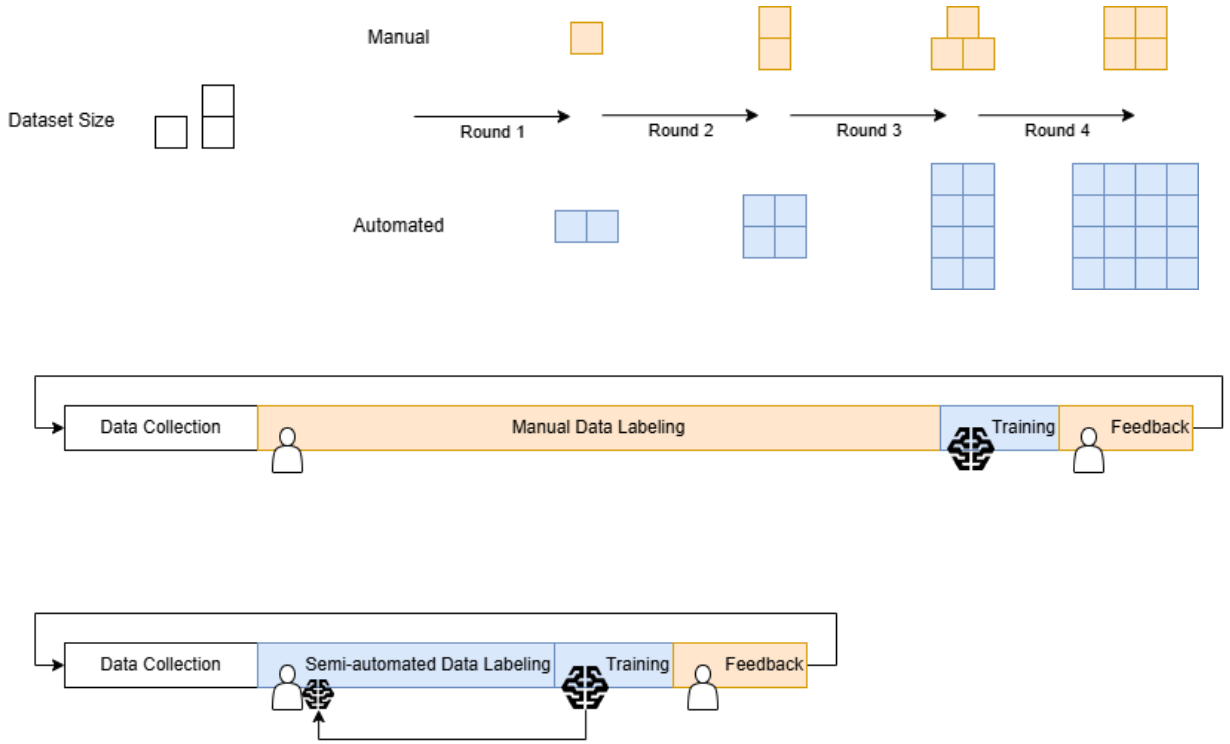
Industrie Projekte
... Daten, Daten, Daten

Shifting Left in AI Development



… Aber bitte nicht per Hand!

Manual vs (Semi-) Automated Labeling



neuroforge

Both code and courage.

neuroforge



Haben Sie Fragen zu KI?
Ich bin für Sie da!

KI-Office Hour
Jeden Montag von 12 bis 13 Uhr

Buchen Sie jetzt Ihren Termin!

https://bit.ly/neuroforge-ki-office-hour

www.neuroforge.de

+49 921 788989 99

kontakt@neuroforge.de



INNEO®
That's IT.

Session 3: Konstruktion und Optimierung
Hörsaal H30 Otto Lilienthal

Web3D & KI Usecases für die Industrie

vielseitige neue Möglichkeiten zur Konfiguration und Visualisierung

Marc Saemann, 16.09.2026

K-TAG

27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag

16. September 2026



Marc Saemann

Account Manager
Digital Reality

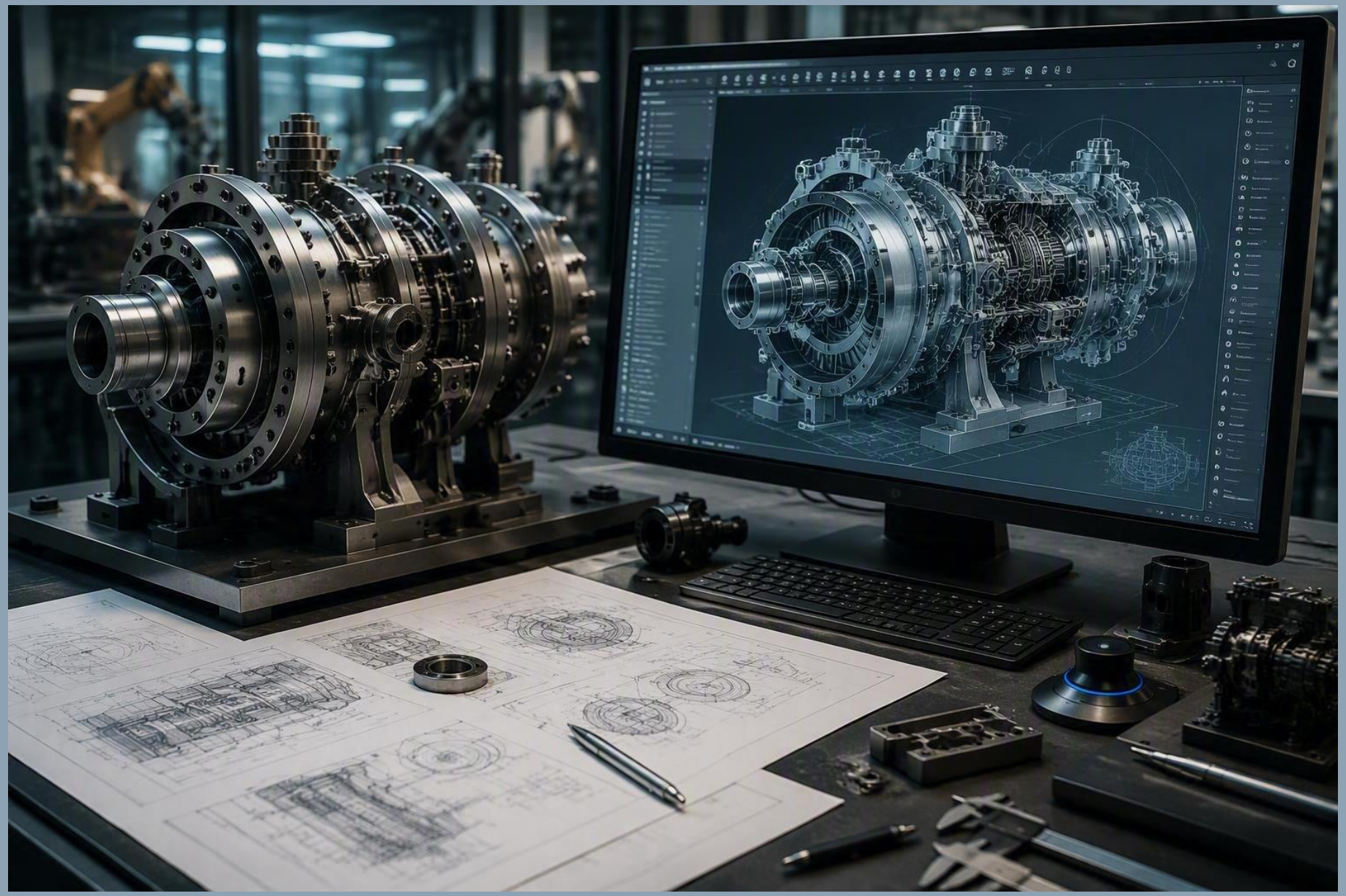
+49 7961 890232
msaemann@inneo.com

INNEO® That's IT.

INNEO® Solutions GmbH
IT-Campus 1,
73479 Ellwangen
+49 7961 890-0
inneo@inneo.de

© INNEO Solutions GmbH · 16.09.2026

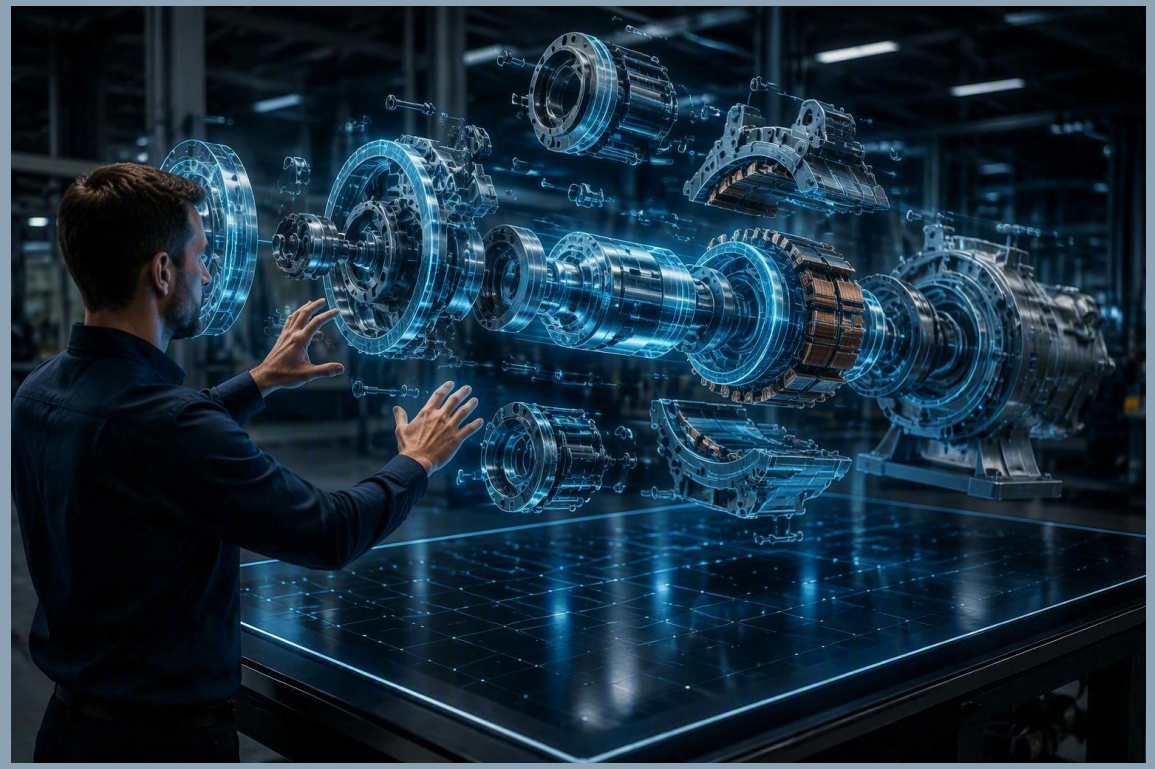












Web3D macht komplexe Produkte verständlich



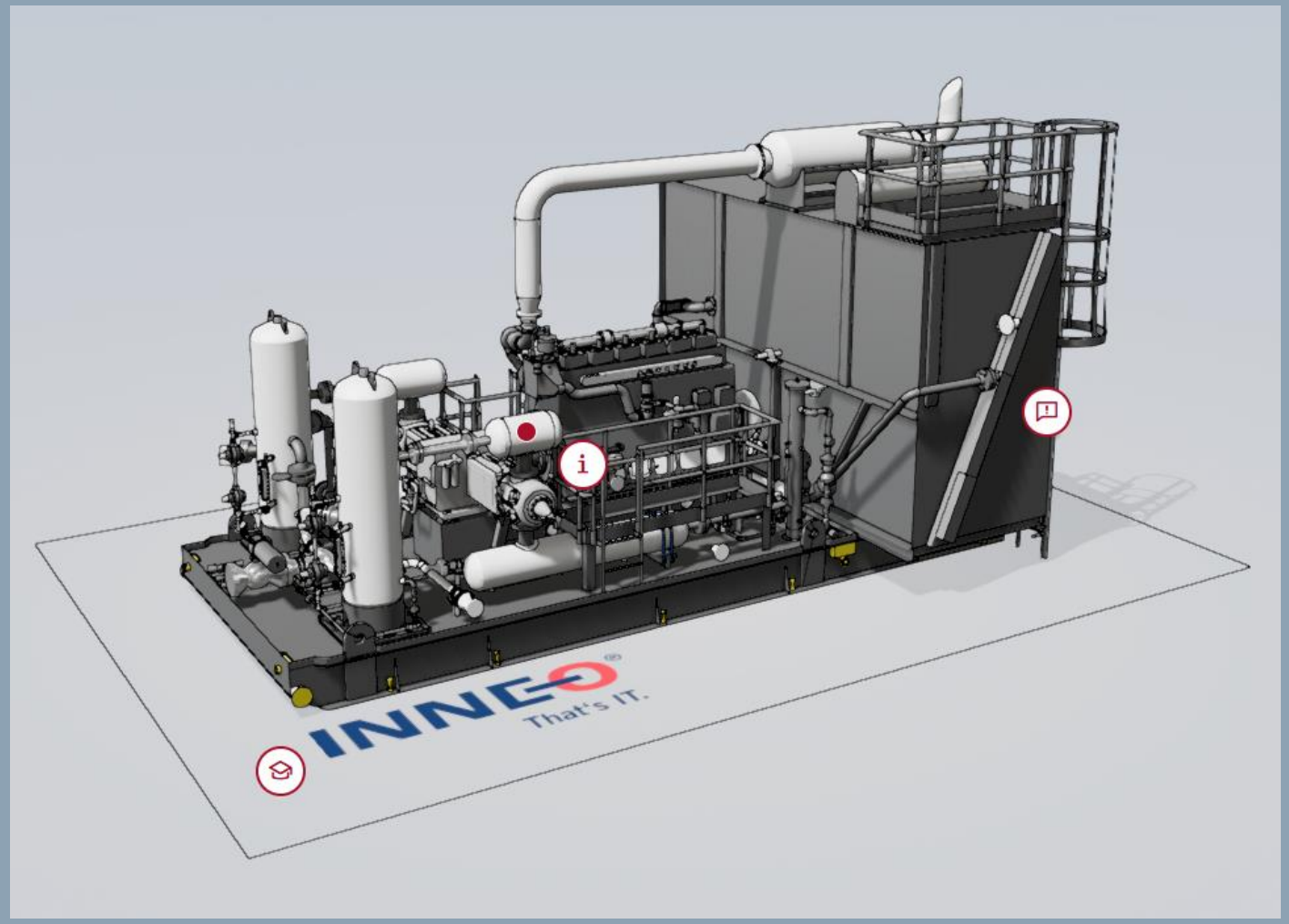
KI macht komplexes Wissen zugänglich



Web3D mit NeoSpace



Was ist NeoSpace überhaupt?



Desktop Anwendung (Später Web) für 3D Daten Visualisierung, CAD-Importer und Optimierer

Web-Viewer auf WebGL-Basis

Hosting via INNEO eigene Cloud-Infrastruktur in Aalen



ZF TRUMPF ZEISS BOSCH

NeoSpace Plattform

INNEO

3D Data

STP, USDZ, OBJ, FBX

Autodesk Inventor, Solid Edge, creo, Siemens NX, SOLIDWORKS, CATIA, Maya, Rhinoceros, KeyShot, Blender, Revit, CINEMA 4D

2D Data

JPG, PNG, TXT, DWG, DXF, PDF

Tables & Scripts

JSON, CSV, XLS

Customizing

</>

powered by NeoSpace®

Do it yourself

Highly automated

Responsive

WebXR

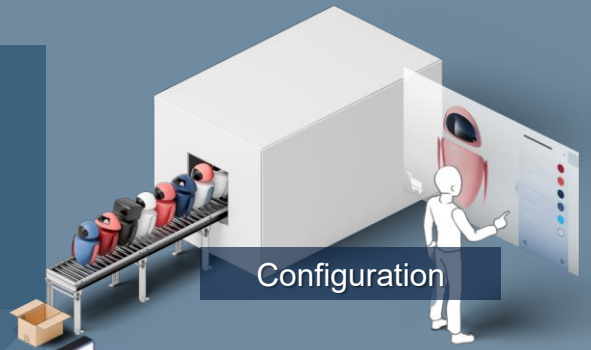
Anywhere

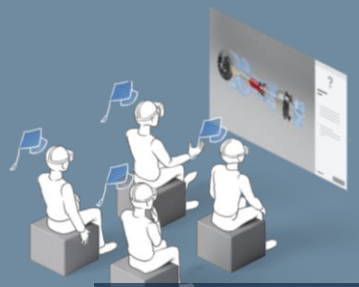
- Sales
- Webshop
- Training
- Marketing
- Service
- Engineering
- Manufacturing

NeoSpace Plattform



Web3D mit NeoSpace

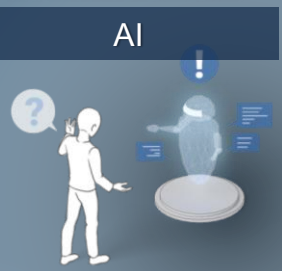








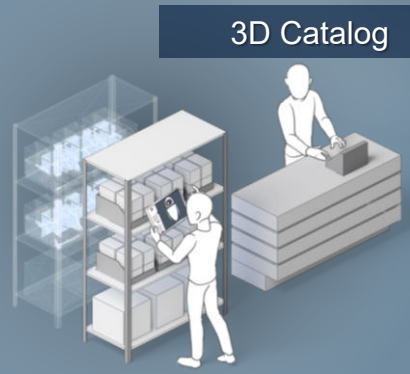


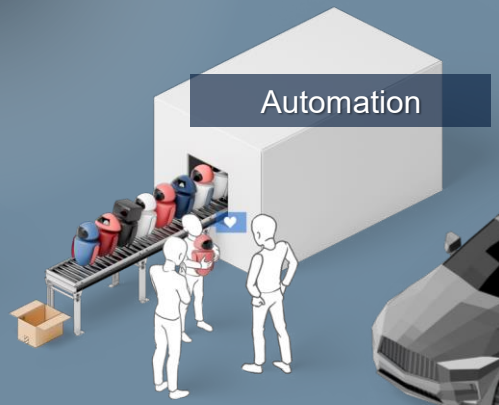


powered by NeoSpace®

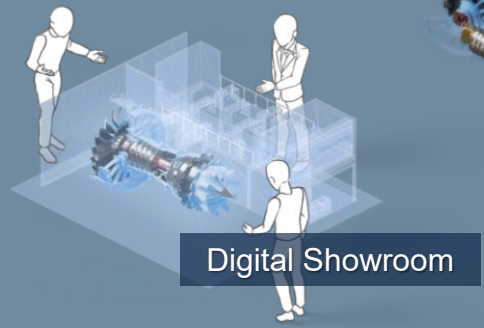




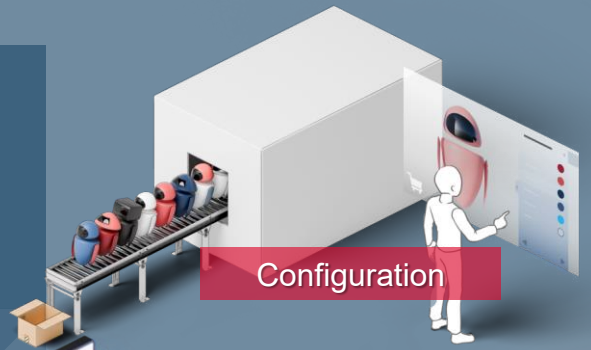


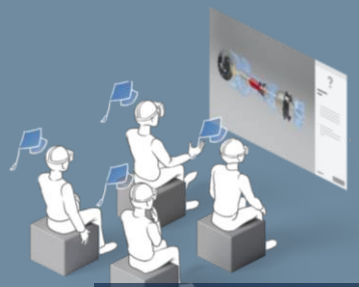






Web3D mit NeoSpace

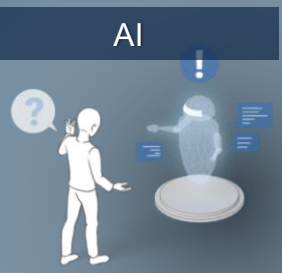








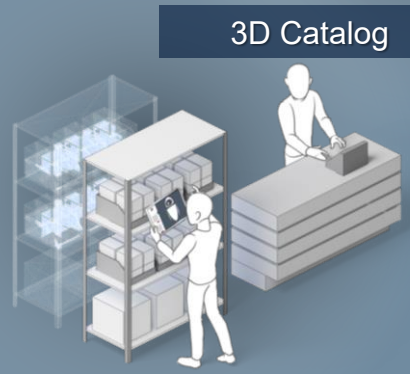


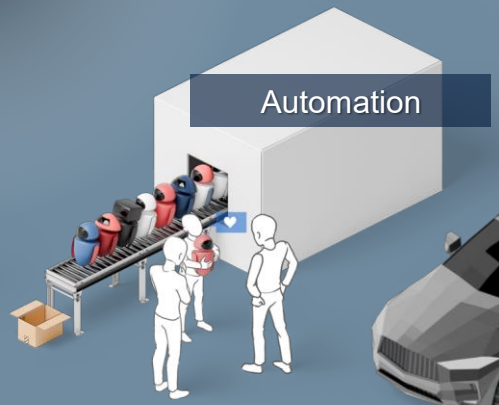


powered by NeoSpace®

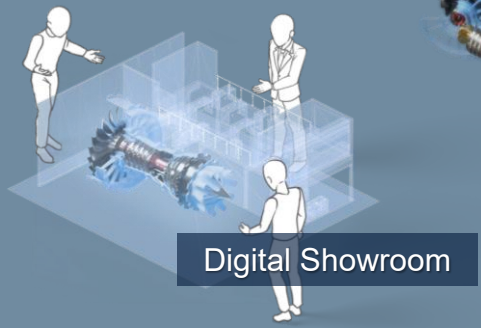












Konfigurator Montagezelle



NeoSpace Konfigurator

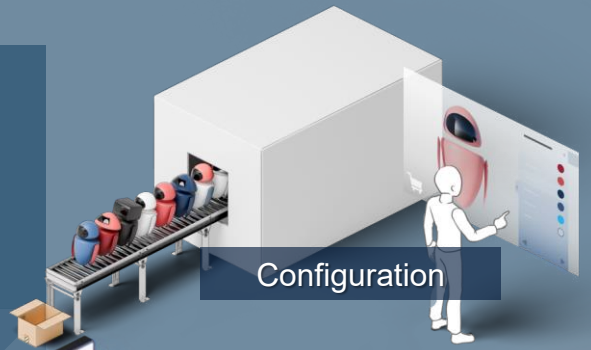


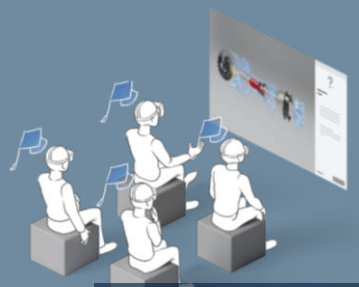
Auf jedem Gerät

ERP/PIM integriert

Unendliche Varianten

Web3D mit NeoSpace

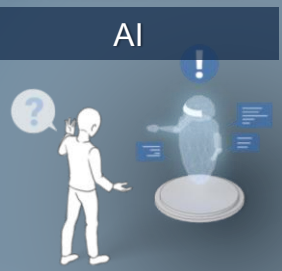








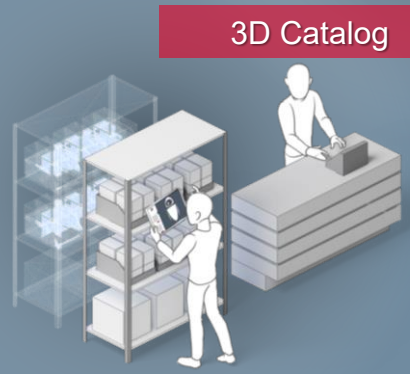


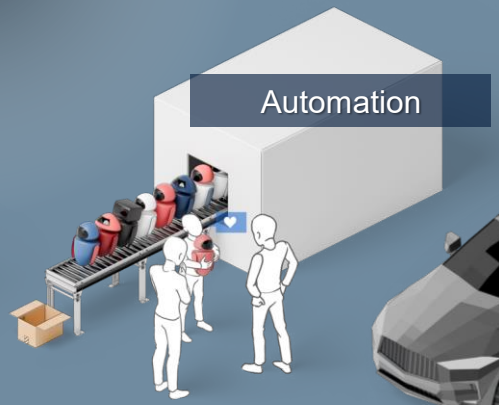


powered by NeoSpace®

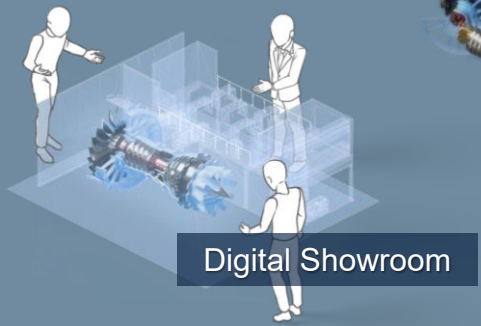




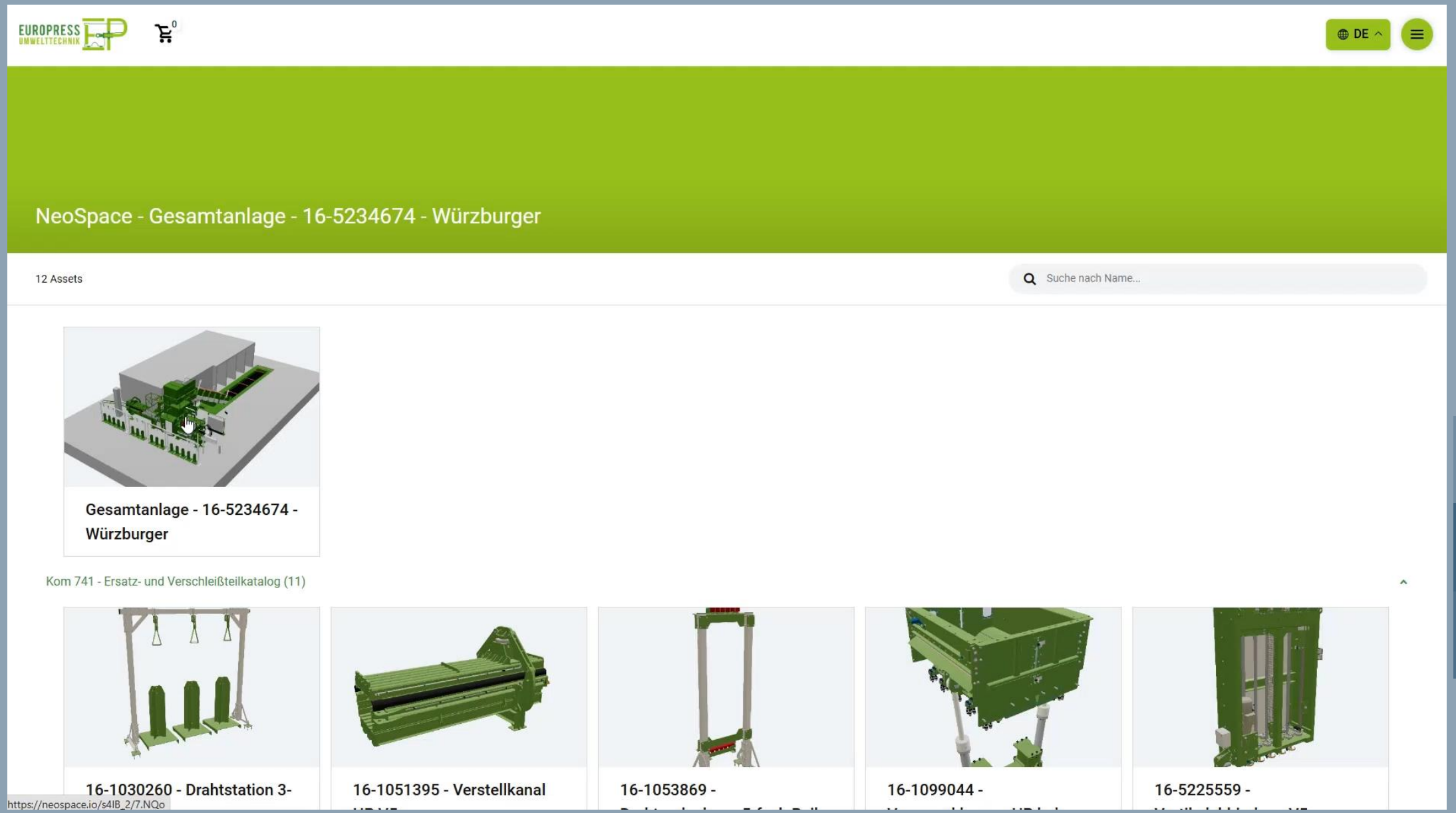








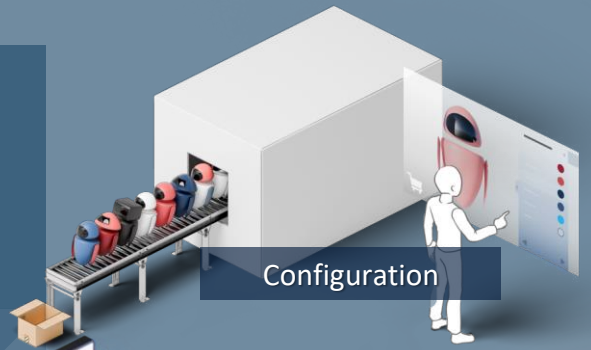
3D Ersatzteilekatalog

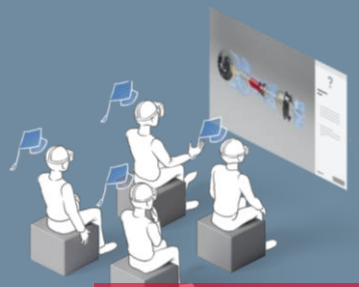


NeoSpace 3D Ersatzteilekatalog



Web3D mit NeoSpace

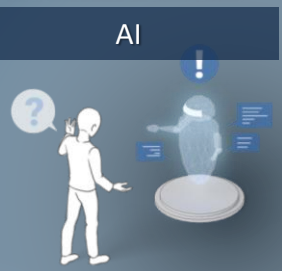




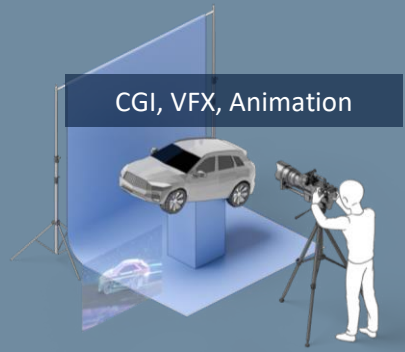




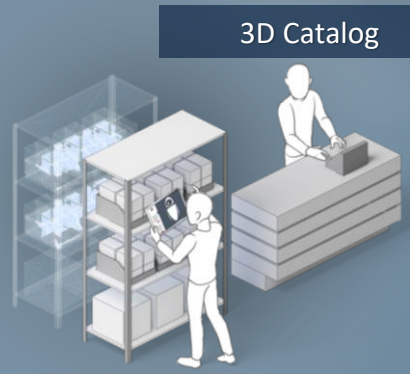


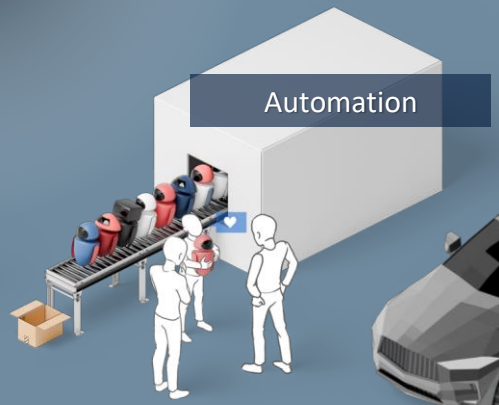


powered by NeoSpace®

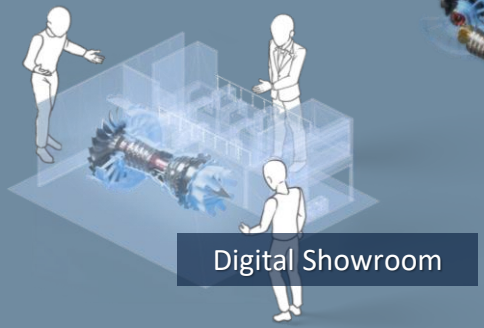




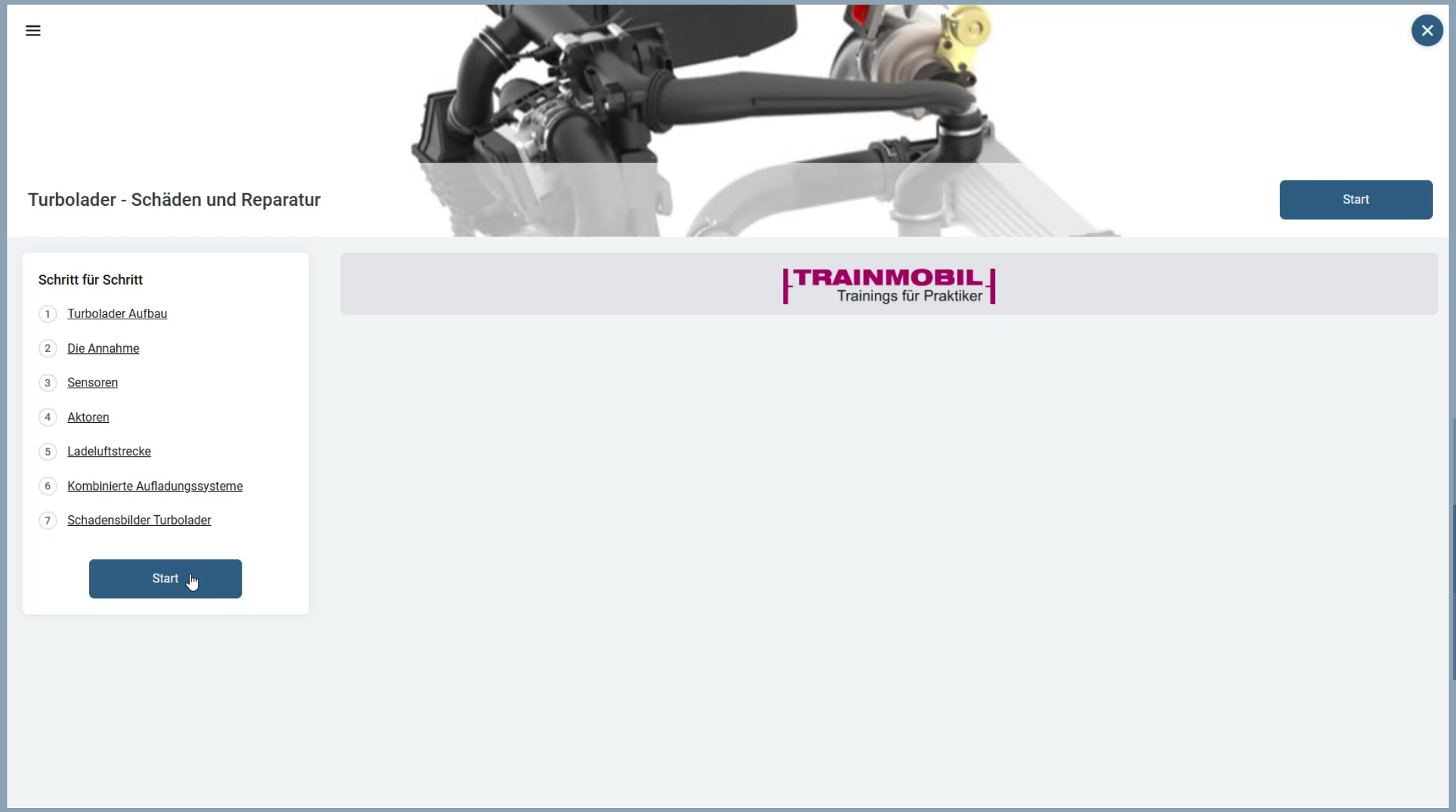








Workbook


Turbolader - Schäden und Reparatur
Start
Schritt für Schritt
1 Turbolader Aufbau
2 Die Annahme
3 Sensoren
4 Aktoren
5 Ladeluftstrecke
6 Kombinierte Aufladungssysteme
7 Schadensbilder Turbolader
Start
TRAINMOBIL
Trainings für Praktiker

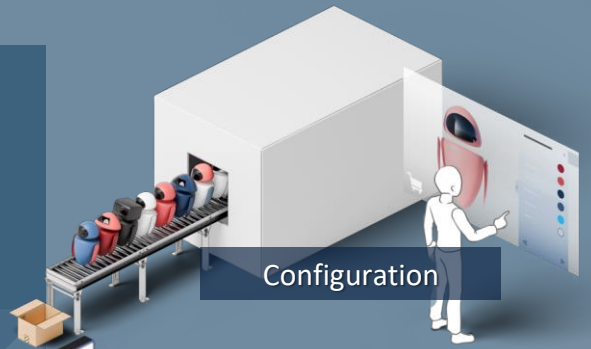
NeoSpace Digital Manual / Workbook

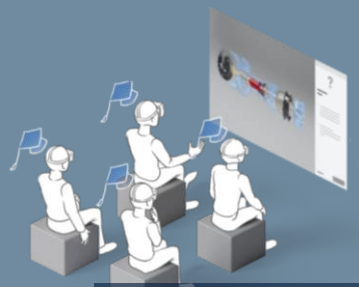


Das Wissen ist da. Aber wo?



KI mit NeoSpace

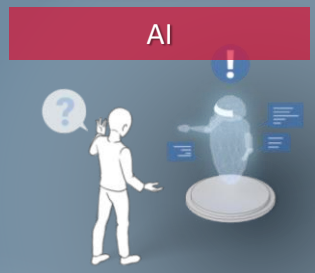




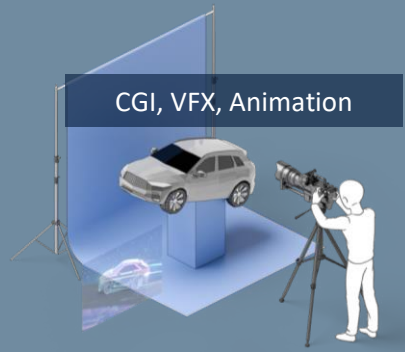




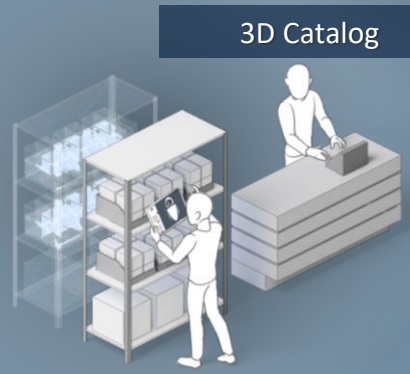


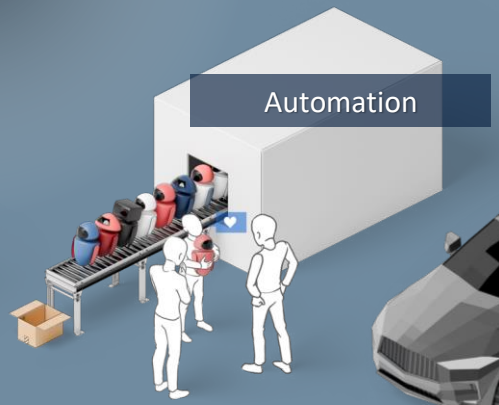


powered by NeoSpace®

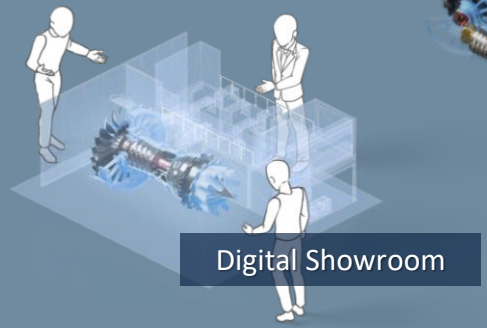








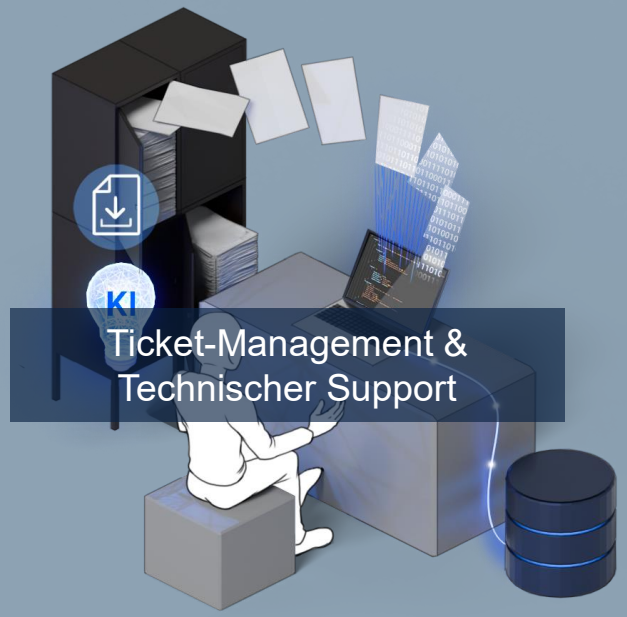




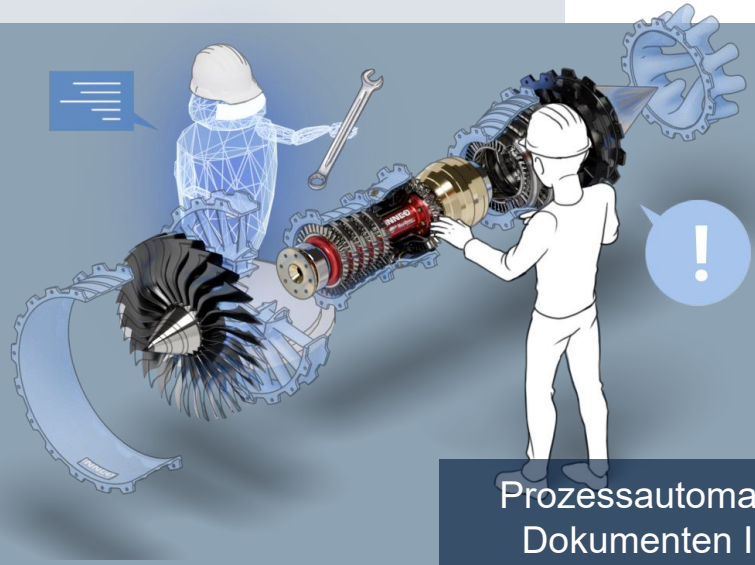
Wo sehen Sie KI-Anwendungsfälle?



KI-Anwendungsfälle



Ticket-Management & Technischer Support



Prozessautomatisierung & Dokumenten Intelligenz



Konstruktions-Assistenten & Prozessautomatisierung in der Konstruktion

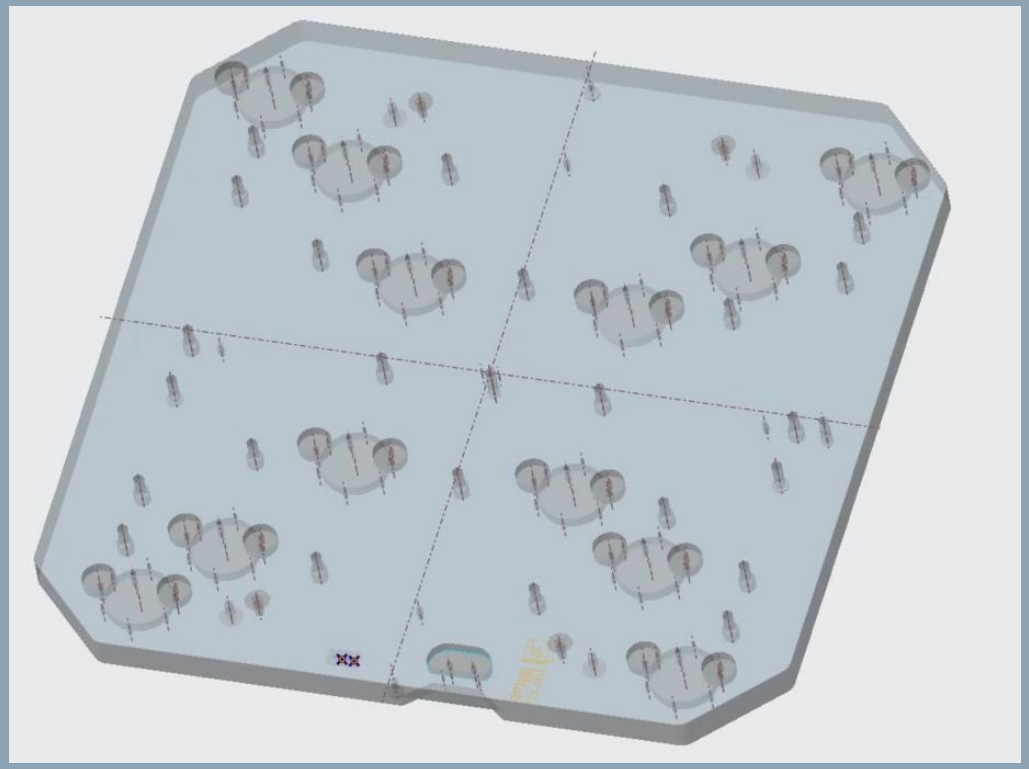


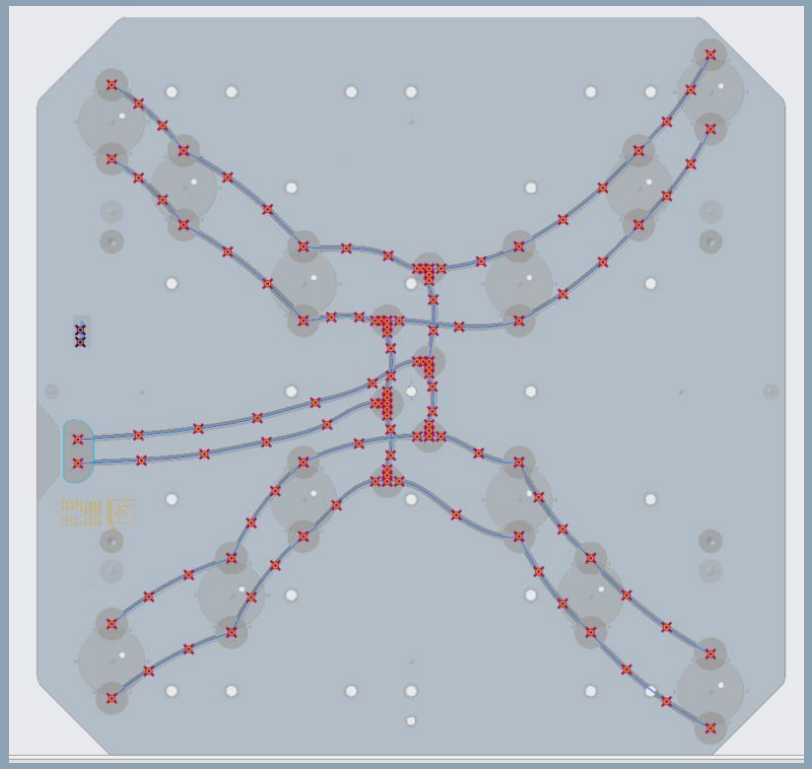
Chatbot für Ticketsystem



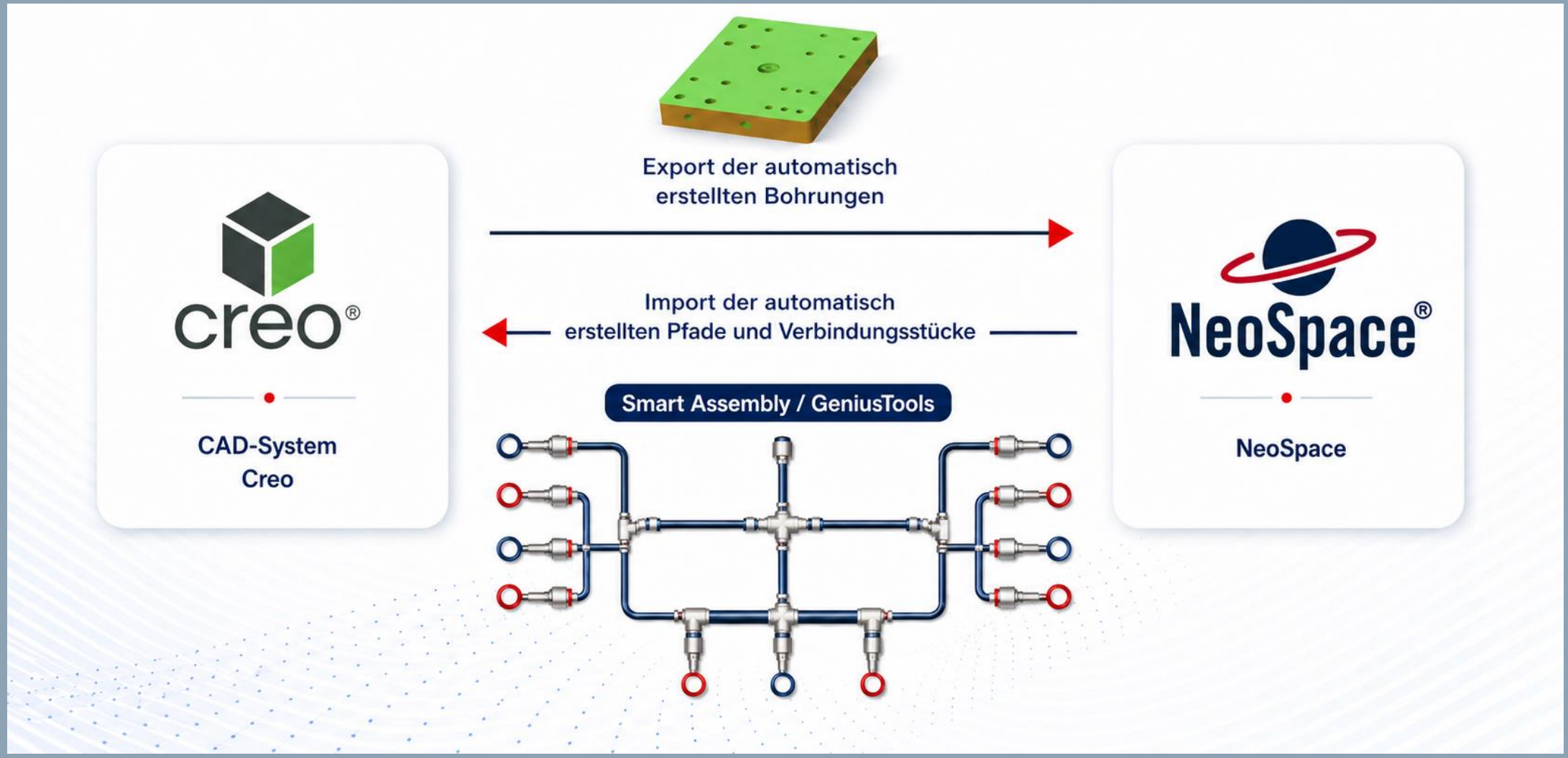
Wissensmanagement

Pfadfindung

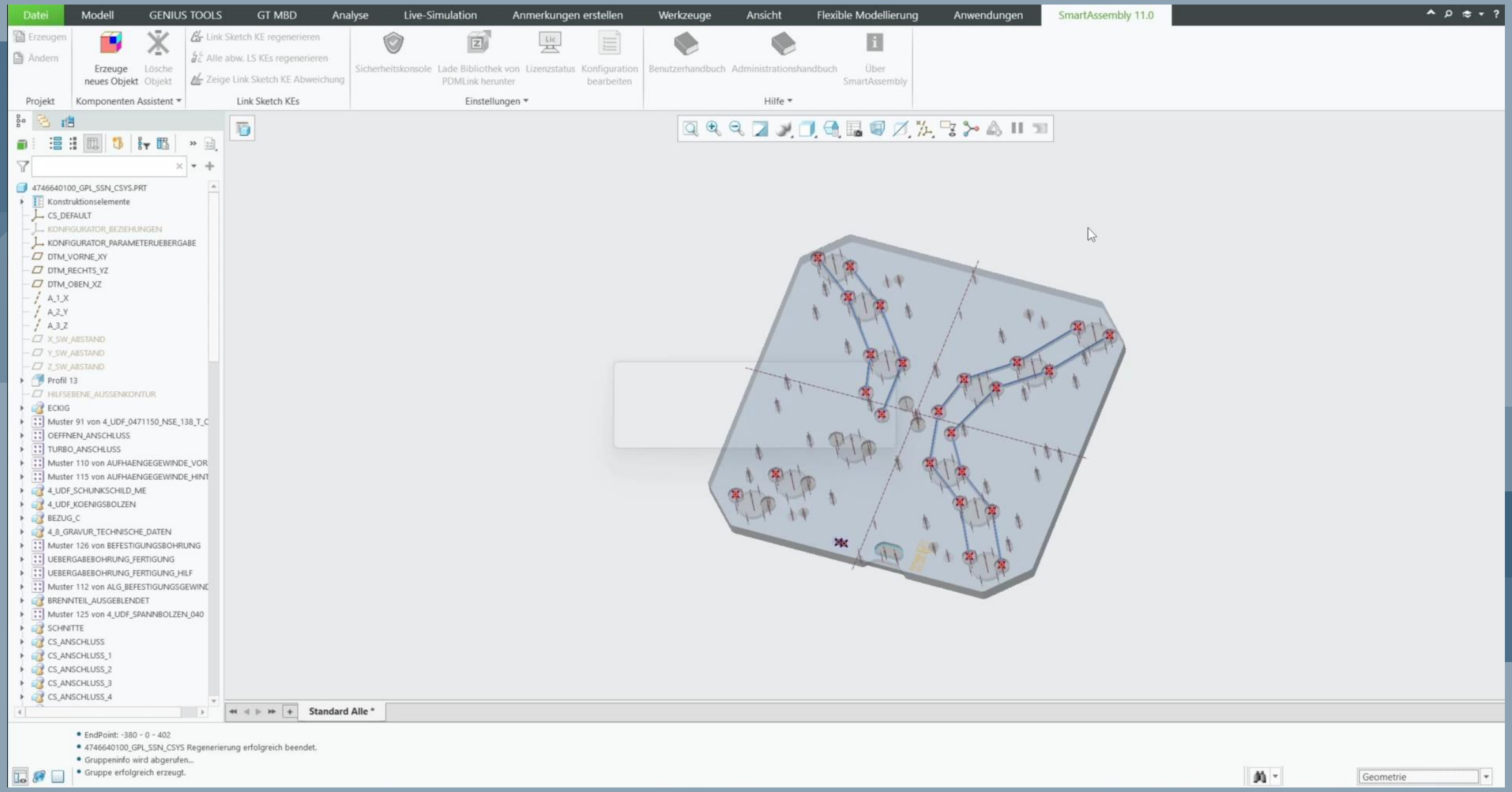




Pfadfindung



Pfadfindung



Zeichnungsprüfung

KI-gestützte Analyse technischer Zeichnungen

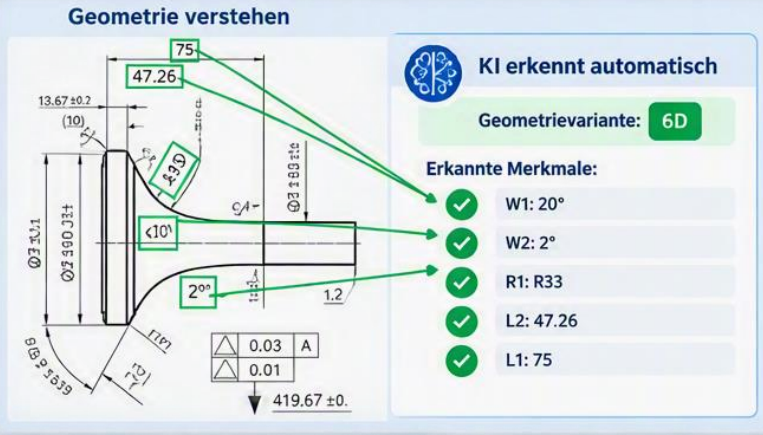
Zeichnungen verstehen. Änderungen erkennen. Geometrie analysieren.



Automatischer **Vergleich** von Zeichnungsrevisionen

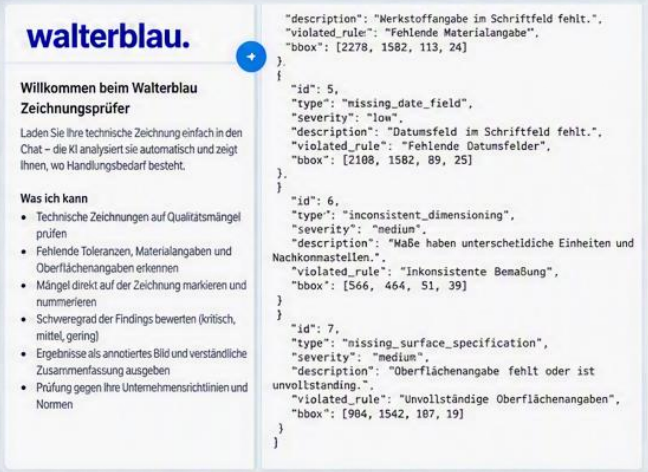
Erkennung geänderter **Maße, Toleranzen** und **Geoenetrien**

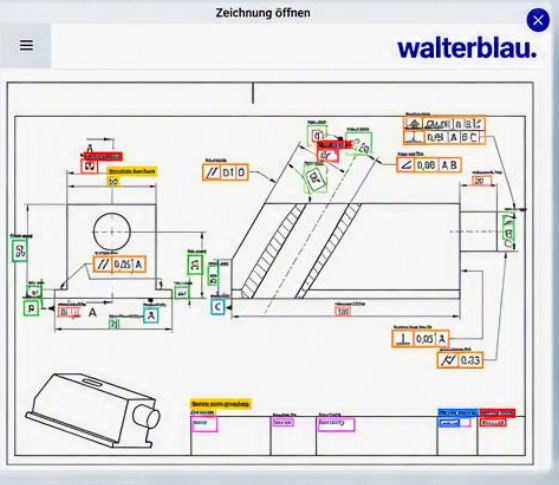
Nachvollziehbare **Hervorhebung** aller Änderungen



Automatisierte Zeichnungsprüfung mit KI

Regeln prüfen. Mängel finden. Qualität sichern.



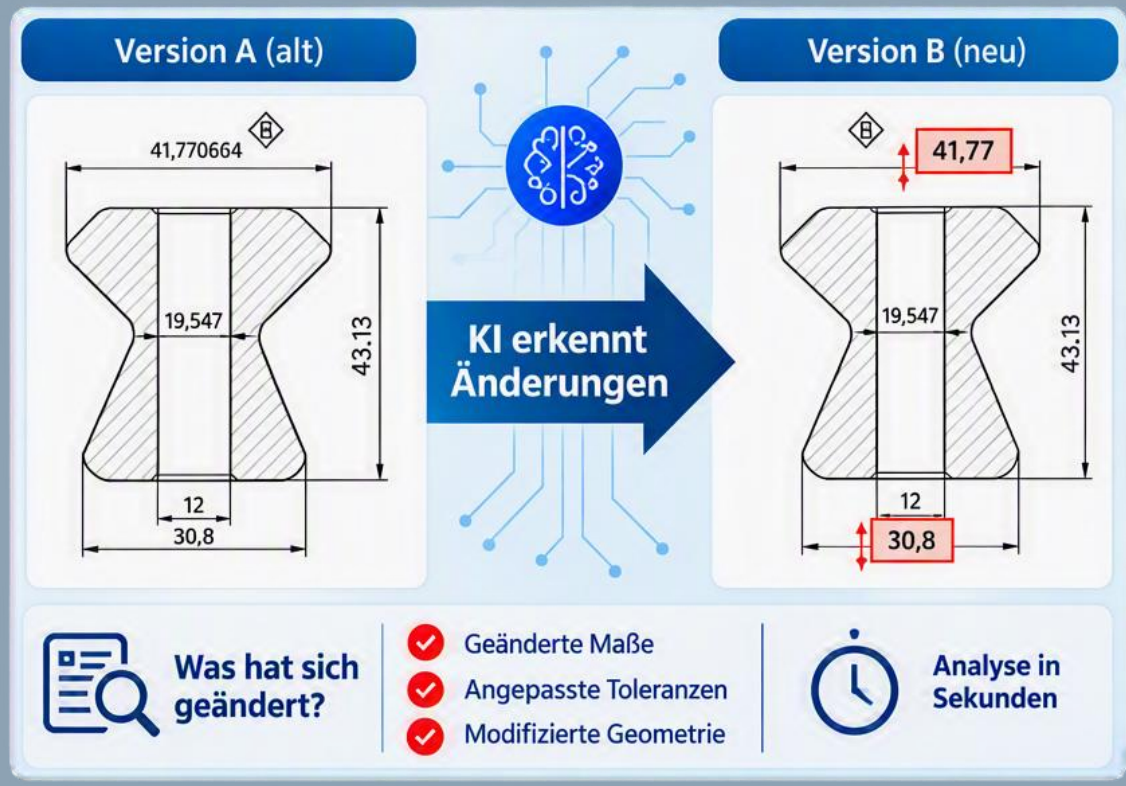


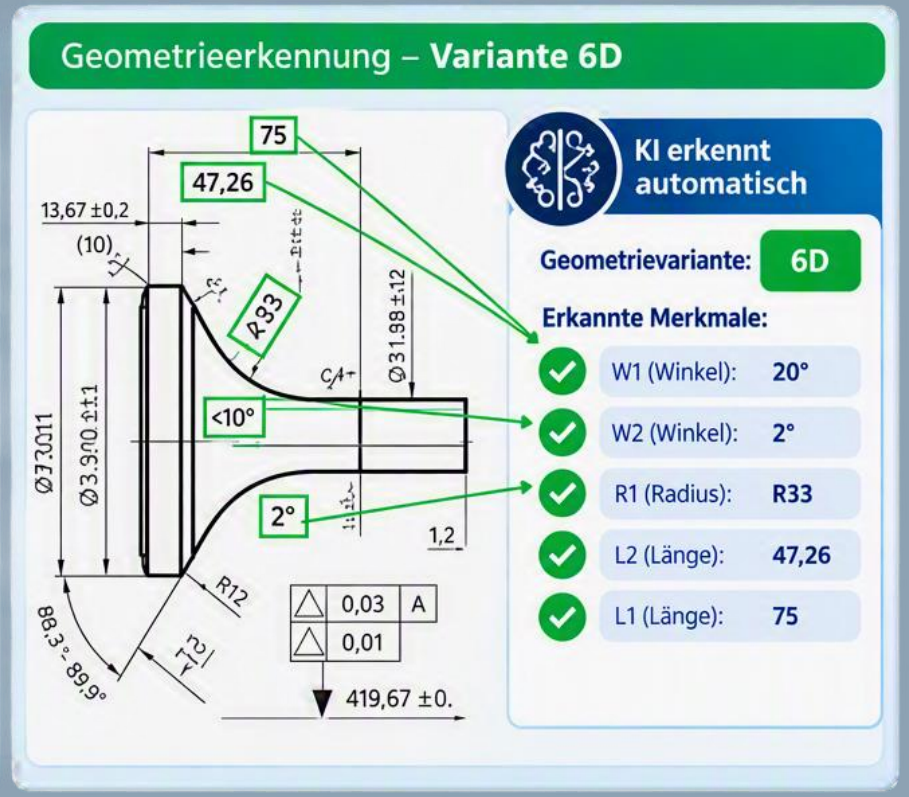


Zeichnungsprüfung

KI-gestützte Analyse technischer Zeichnungen

Zeichnungen verstehen. Änderungen erkennen. Geometrie analysieren.





Automatischer Vergleich von Zeichnungsrevisionen

Semantische Erkennung von Geometriemerkmalen

Nachvollziehbare Hervorhebung aller Änderungen

Schneller. Sicherer. Intelligenter.
KI versteht technische Zeichnungen – und macht Änderungen transparent.

Zeichnungsprüfung



Herzlichen Dank





Marc Saemann

Account Manager
Digital Reality

+49 7961 890232
msaemann@inneo.com

INNEO® Solutions GmbH
IT-Campus 1,
73479 Ellwangen
+49 7961 890-0
inneo@inneo.de

© INNEO Solutions GmbH · 16.09.2026



Marc Saemann

Account Manager
Digital Reality

+49 7961 890232
msaemann@inneo.com

INNEO® That's IT.

INNEO® Solutions GmbH
IT-Campus 1,
73479 Ellwangen
+49 7961 890-0
inneo@inneo.de

© INNEO Solutions GmbH · 16.09.2026

VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU

PHILIPP NÖLDNER – BERECHNUNGSINGENIEUR
SCHERDEL SIMENT GMBH

VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU

WARUM ÜBERHAUPT VERSCHLEIß SIMULIEREN?

SCHERDEL

Werkzeugverschleiß beeinflusst:

- Bauteilqualität
- Maßhaltigkeit
- Prozesskräfte
- Standzeit

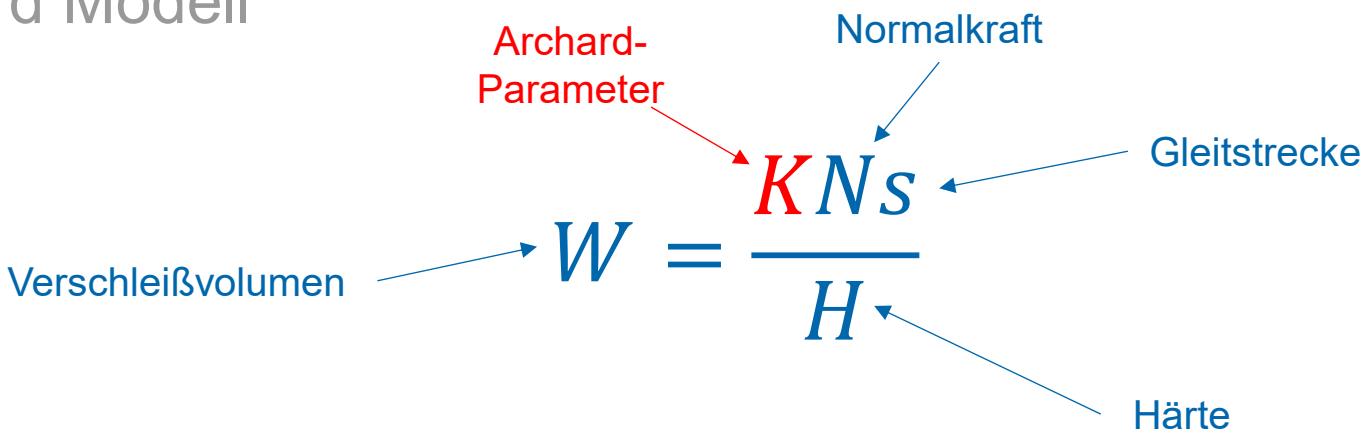
Fertigungssimulationen enthalten bereits viele Informationen, die für eine Verschleißbewertung benötigt werden:

- Kontaktdruck
- Relativbewegung
- Reibung

VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU
VERSCHLEIßMODELL

SCHERDEL

Archard Modell



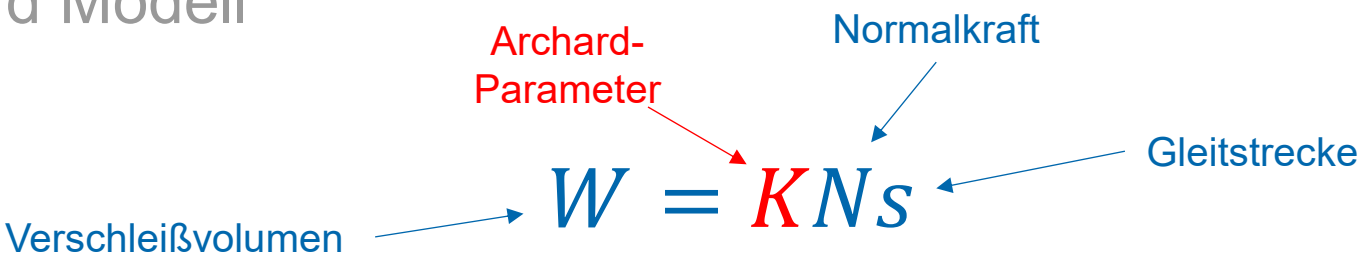
Das Volumen der durch Verschleiß abgetragenen Partikel ist:

- proportional zur verrichteten Reibungsarbeit
- umgekehrt proportional zur Härte

VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU
VERSCHLEIßMODELL VEREINFACHT

SCHERDEL

Archard Modell



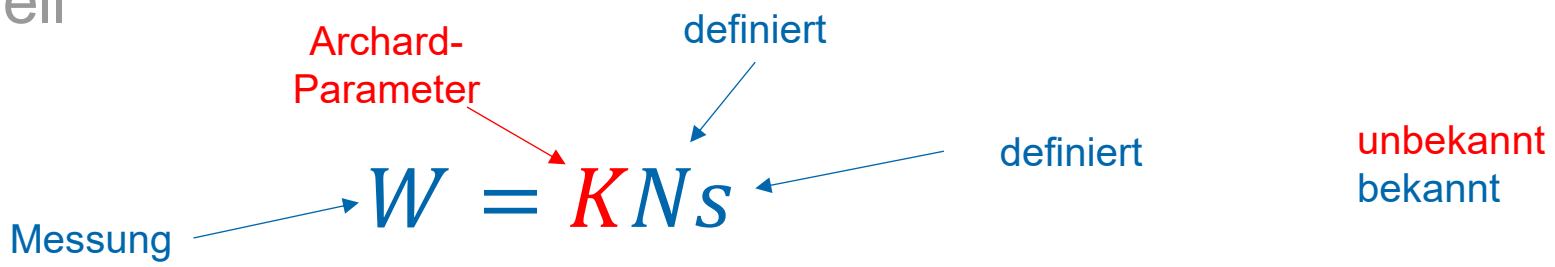
Das Volumen der durch Verschleiß abgetragenen Partikel ist:

- proportional zur verrichteten Reibungsarbeit

VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU
VERSCHLEIßMODELL KALIBRIERUNG

SCHERDEL

Archard Modell



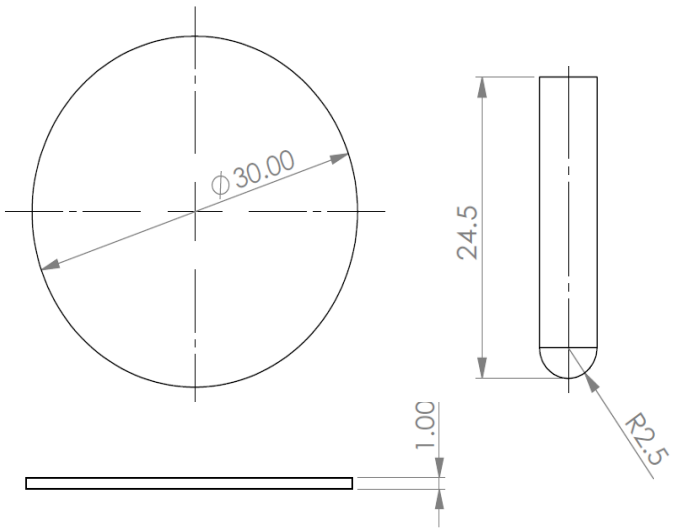
Pin on Disk Verschleißversuche

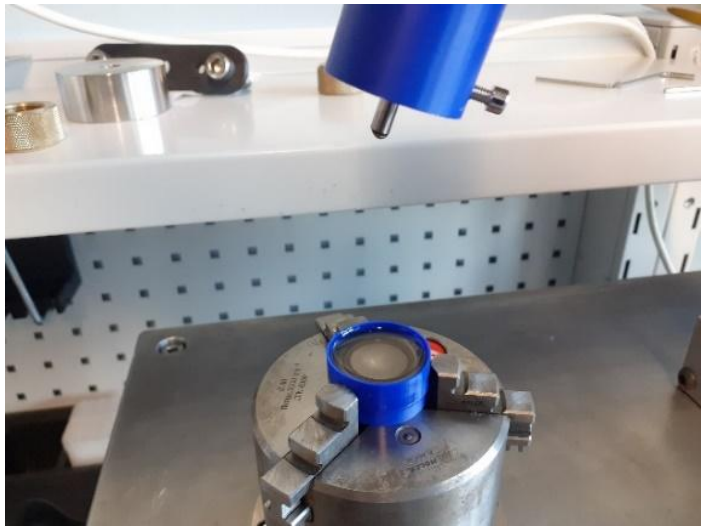
- definierte Normalkraft
- definierter Gleitweg
- definierte Werkstoffpaarung

→ Messung des Verschleißvolumens → Bestimmen des Archard Parameters

VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU

PIN ON DISK VERSCHLEIßVERSUCHE







Stifte	Scheiben	Schmiermittel	
CPM10V - gehärtet	1.4310 (X10CrNi18-8)	Frisco 9028	Trocken
	3.3535 (EN AW 5754 H111)	Frisco 9028	Trocken
	PT120 (gehärtet)	Frisco 9028	Trocken
	2.0065 (Cu-ETP)	Raziol CLF 25	Trocken

Kombination Materialpaarung (hier Stift & Scheibe) + Schmierung ergeben einen Archard Parameter!

SCHERDEL

Archard Modell

Simulationergebnis → $W = KNs$

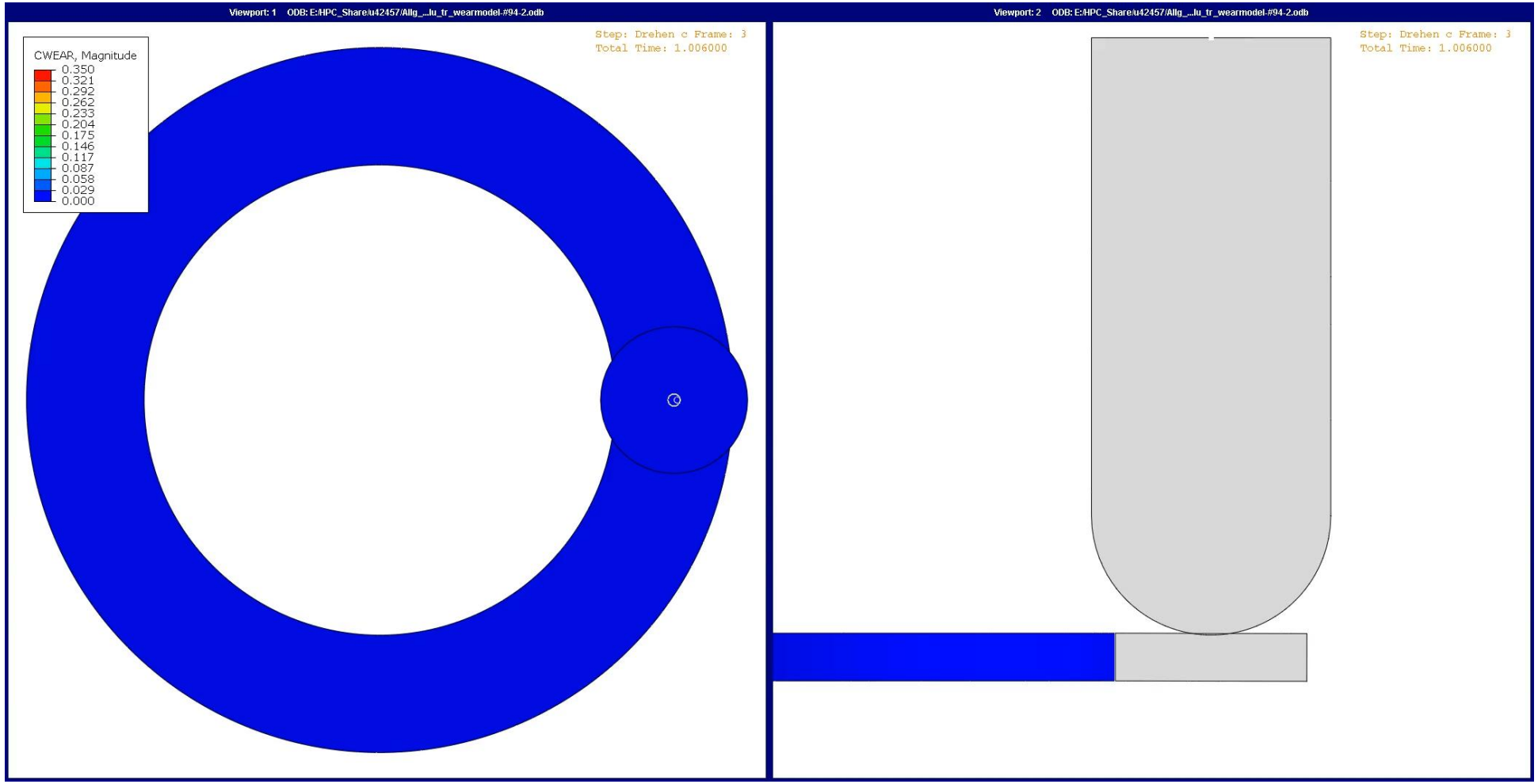
unbekannt
bekannt

Mit bekanntem Archard Parameter kann das Verschleißvolumen und respektive die Verschleißtiefe in der Simulation lokal berechnet und ausgewertet werden

VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU

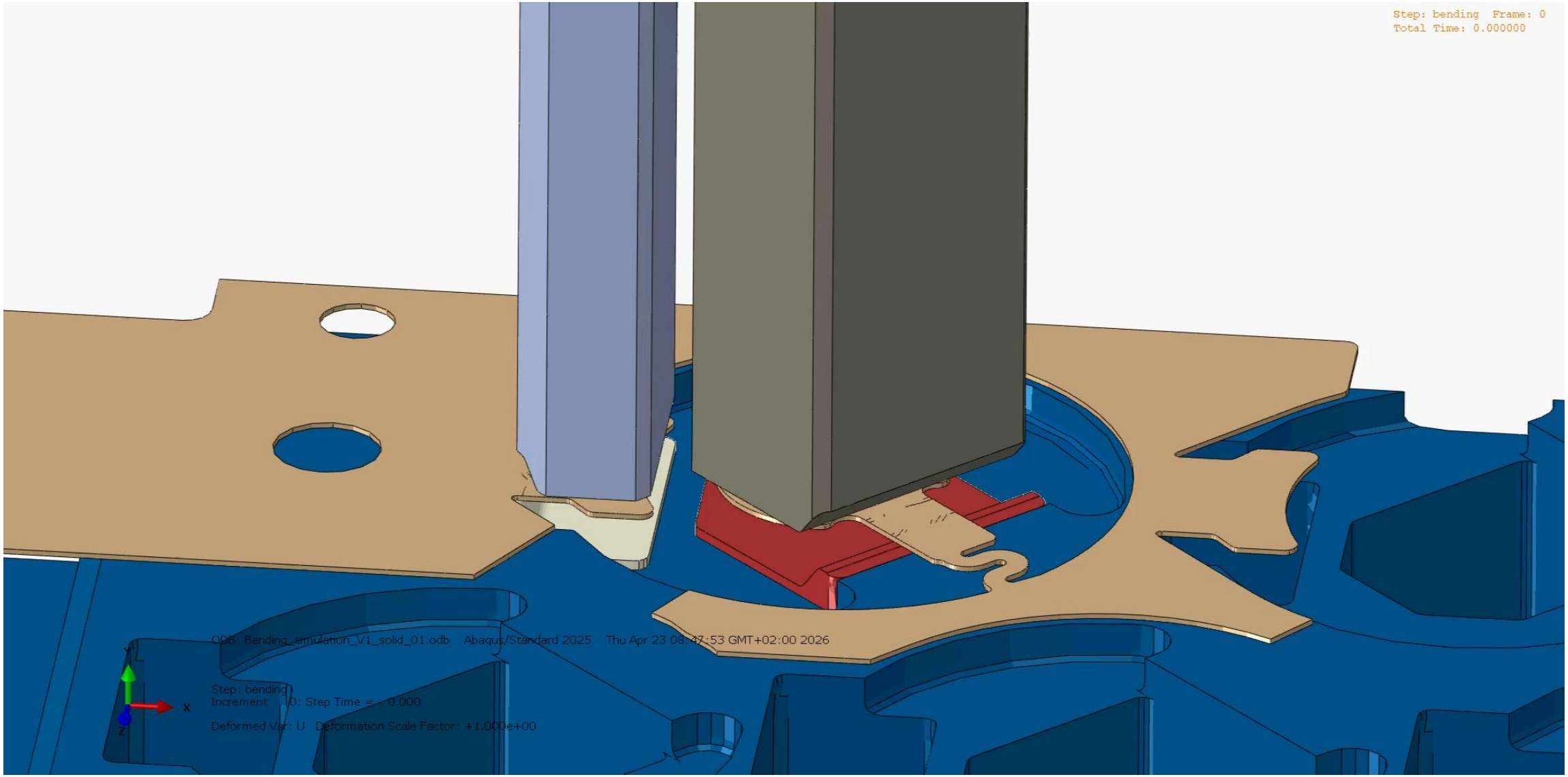
VERSCHLEIßMODELL SIMULATION

Umdrehung Simulation entspricht 3200 Umdrehungen Realität → Abbilden Einfluss Verschleißentwicklung auf Kontaktsituation



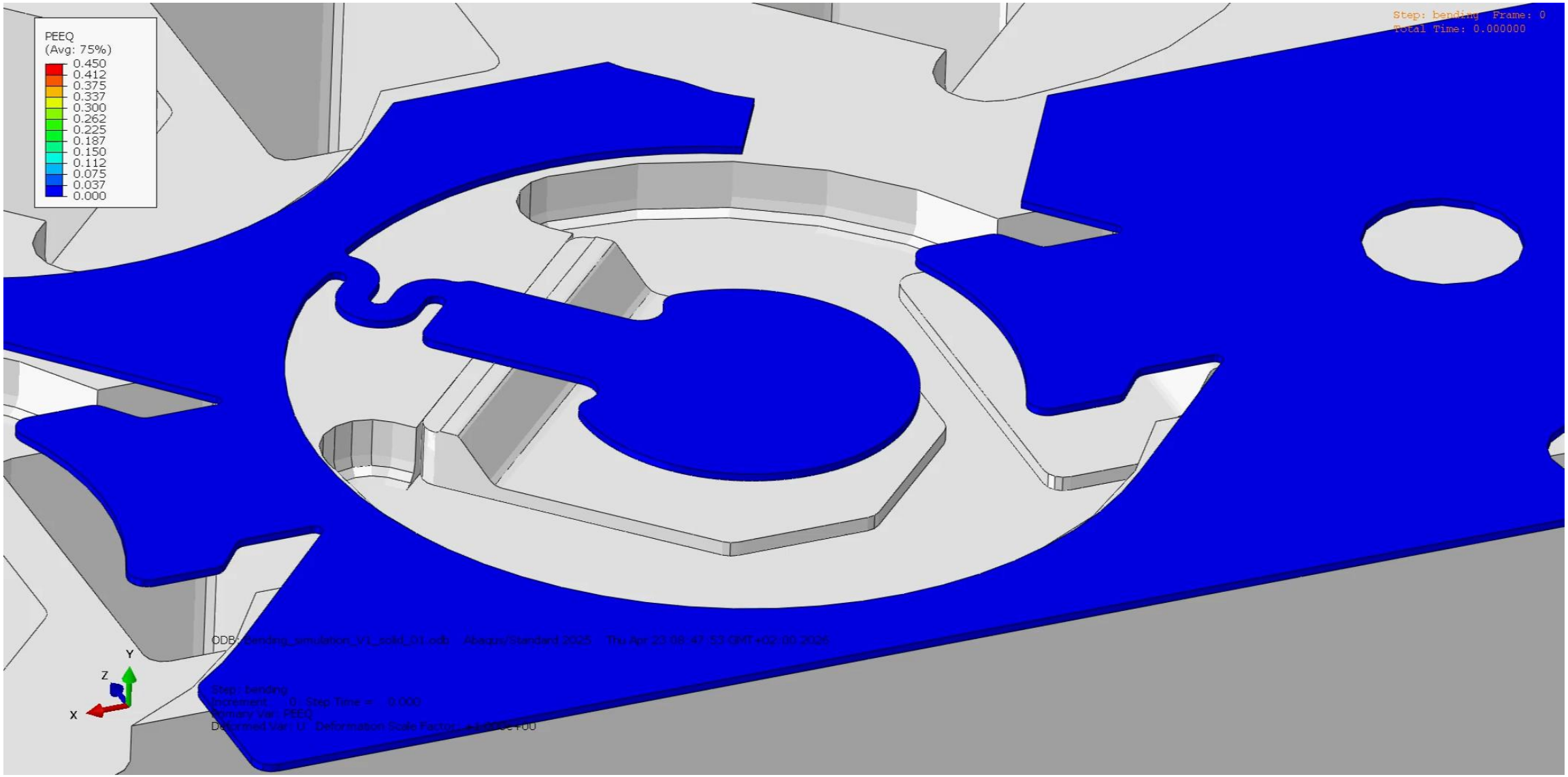
VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU

SIMULATION BEISPIEL 1



VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU

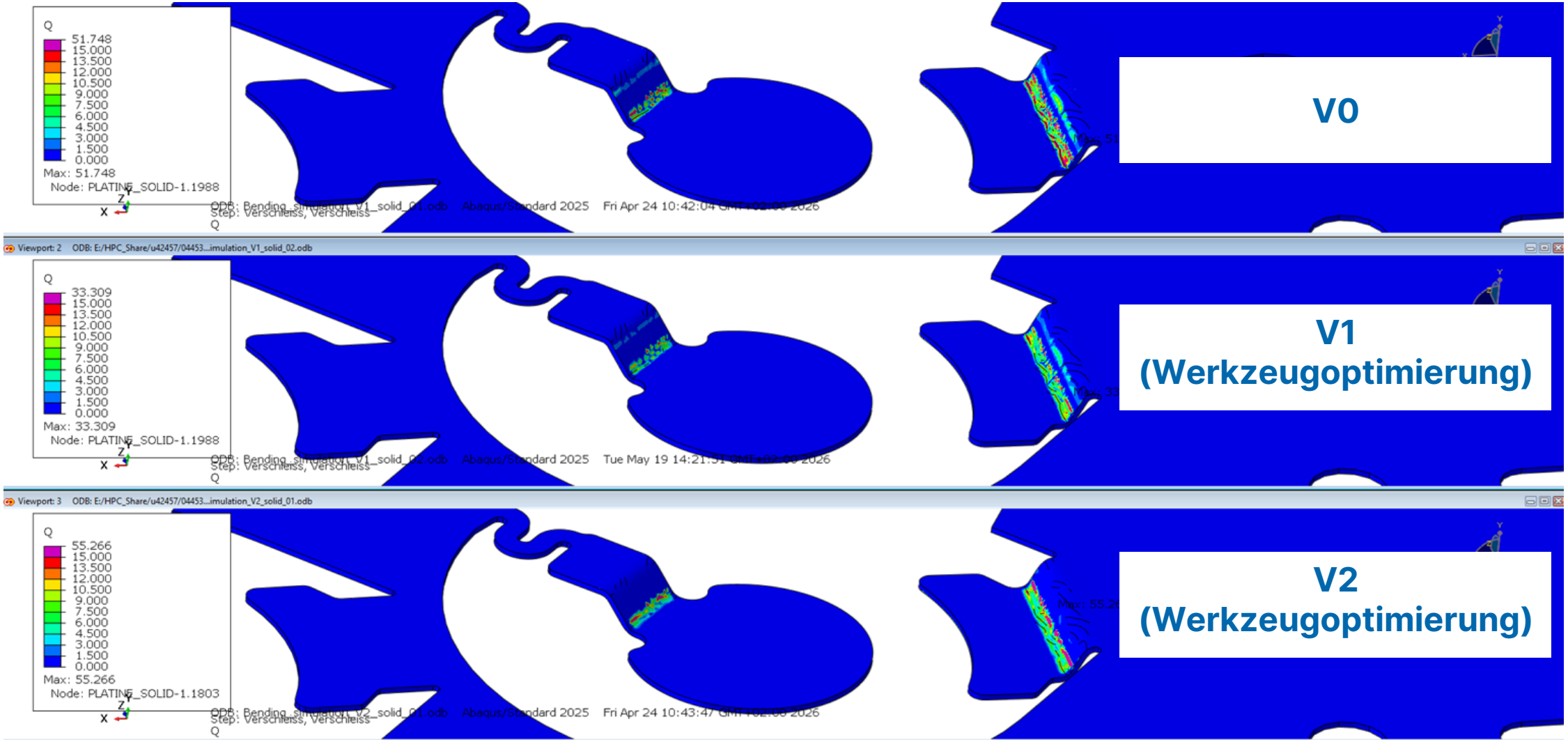
SIMULATION BEISPIEL 1



VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU

SIMULATION BEISPIEL 1

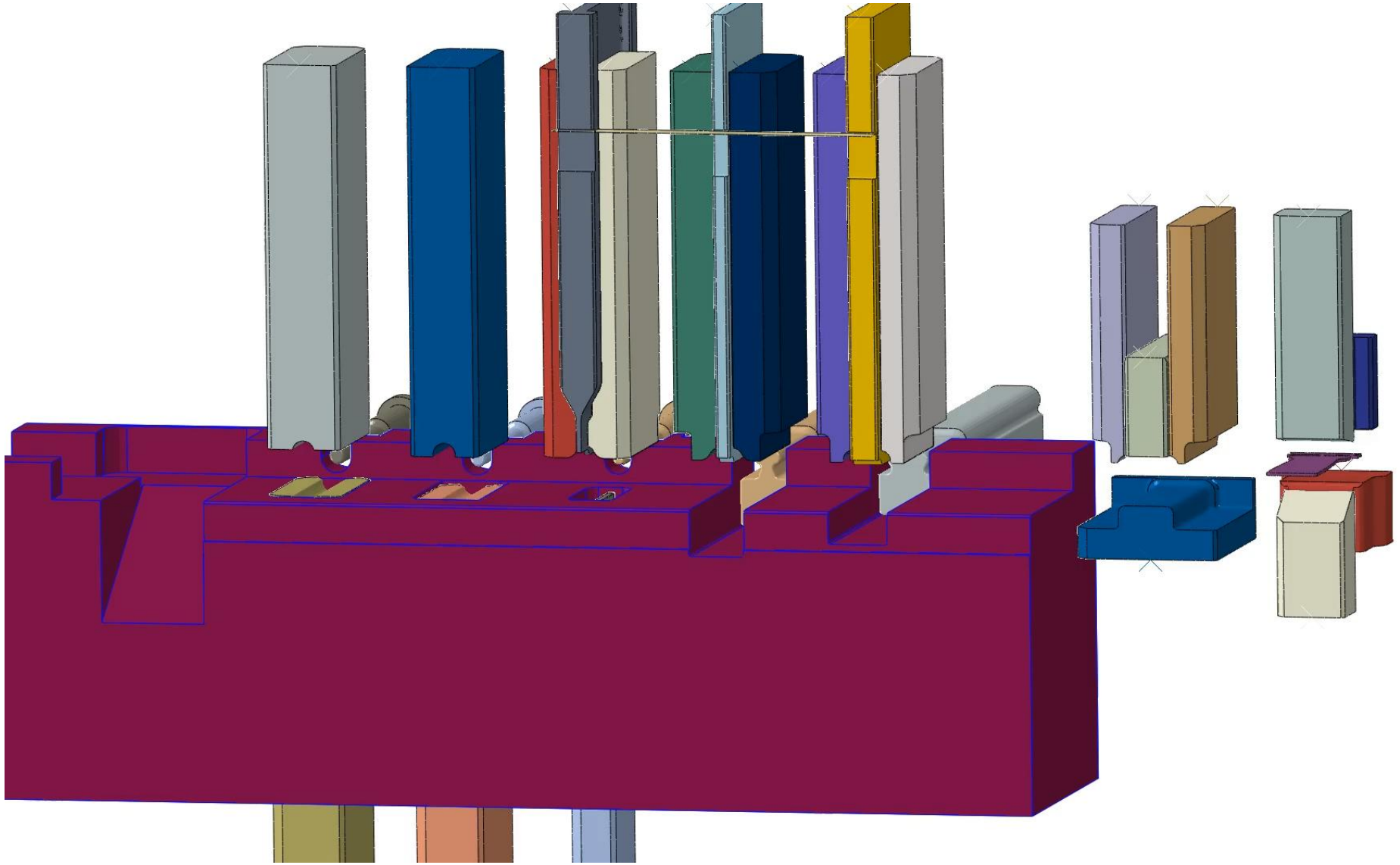
Oft Archard Parameter für Materialpaarung unbekannt → vergleichende Bewertung ohne Archard Parameter



VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU

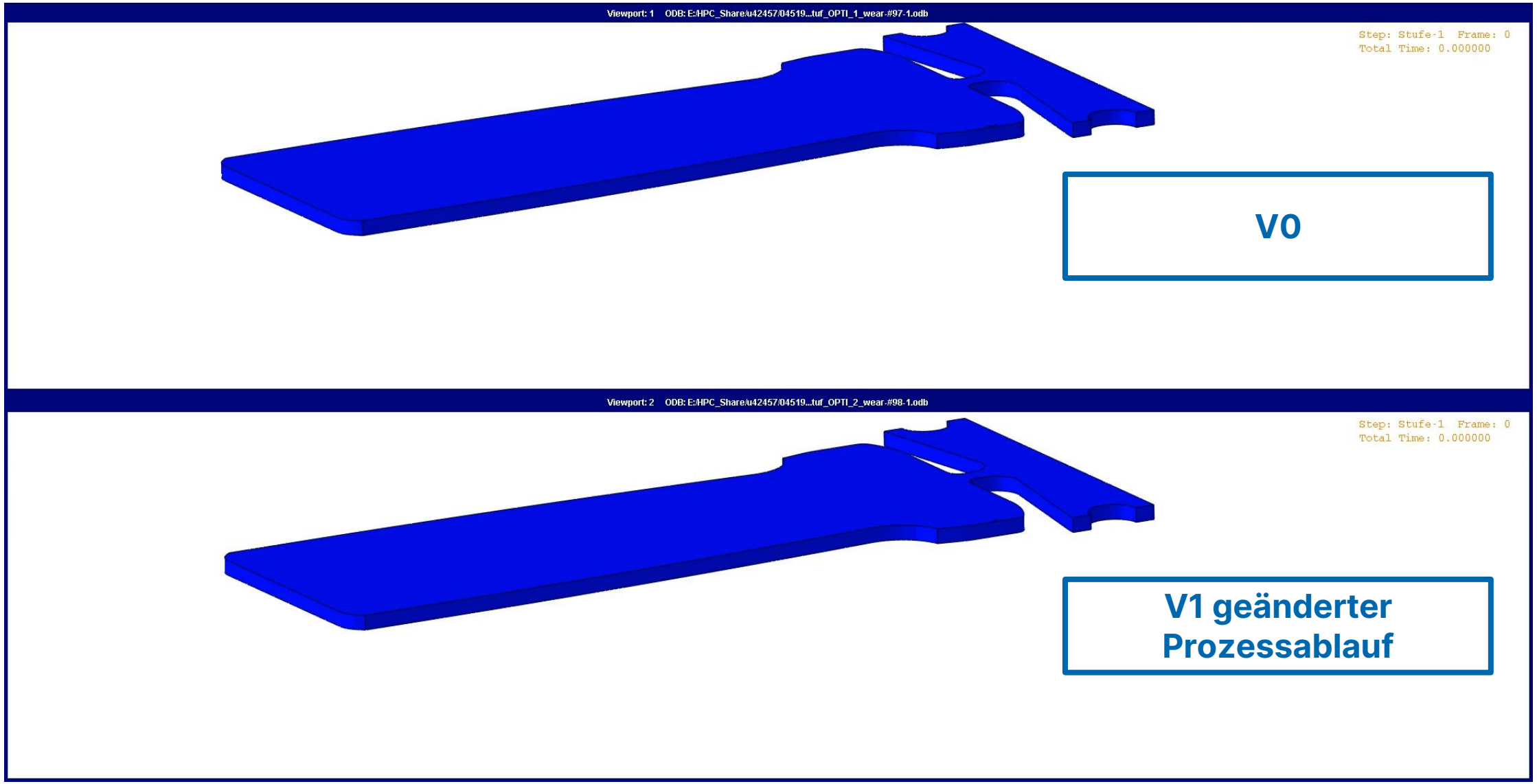
SIMULATION BEISPIEL 2

SCHERDEL



VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU

SIMULATION BEISPIEL 2



VERSCHLEIßSIMULATION IM WERKZEUGBAU
WAS BRINGT ES DEM KONSTRUKTEUR

SCHERDEL

1. Verschleiß-Hotspots erkennen

→ bevor das Werkzeug gefertigt wird

2. Varianten vergleichen

- Radien
- Werkzeugkontur
- Prozessparameter
- Schmierung (Archard Parameter muss vorliegen)
- Werkstoff/Beschichtung (Archard Parameter muss vorliegen)

3. Werkzeug gezielt optimieren

- Material nur dort ändern, wo es erforderlich ist
- Beschichtungen gezielt einsetzen (Archard Parameter muss vorliegen)

4. Versuchsumfang reduzieren

→ kritische Varianten bereits virtuell aussortieren

SCHERDEL BSC-Clinch

VERBINDUNG VON DÜNNBLECH

WIE SCHWEISSEN
NUR SCHNELLER, SAUBERER UND GÜNSTIGER

- Mechanische Verbindung
- Hohe Verbindungsfestigkeit
- Lastorientierte, flexible Gestaltungsmöglichkeiten
- Keine thermische Belastung
- Niedrige Maschineninvestitionen
- kurze Taktzeiten in Serienprozessen
- Konstante Blechdicke kein Überlappung
- Unterschiedliche Materialien, z.B. Alu - Kupfer





THANK YOU VERY MUCH FOR YOUR ATTENTION

Technische Universität Dresden

SIEMENS

27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag 16.9.2026

Weiterentwicklung der Allgemeintolerierung im GPS – Normentwurf DIN 2769

Wolfgang Steger (TU Dresden), Christian Lipp (Siemens AG München)

Gliederung

- status quo: Allgemeine Tolerierung nach ISO 22081 und DIN 2769
- Normentwurf DIN 2769_NEU:
  Drei neue Konzepte für die allgemeine Tolerierung
- Zusammenfassung

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

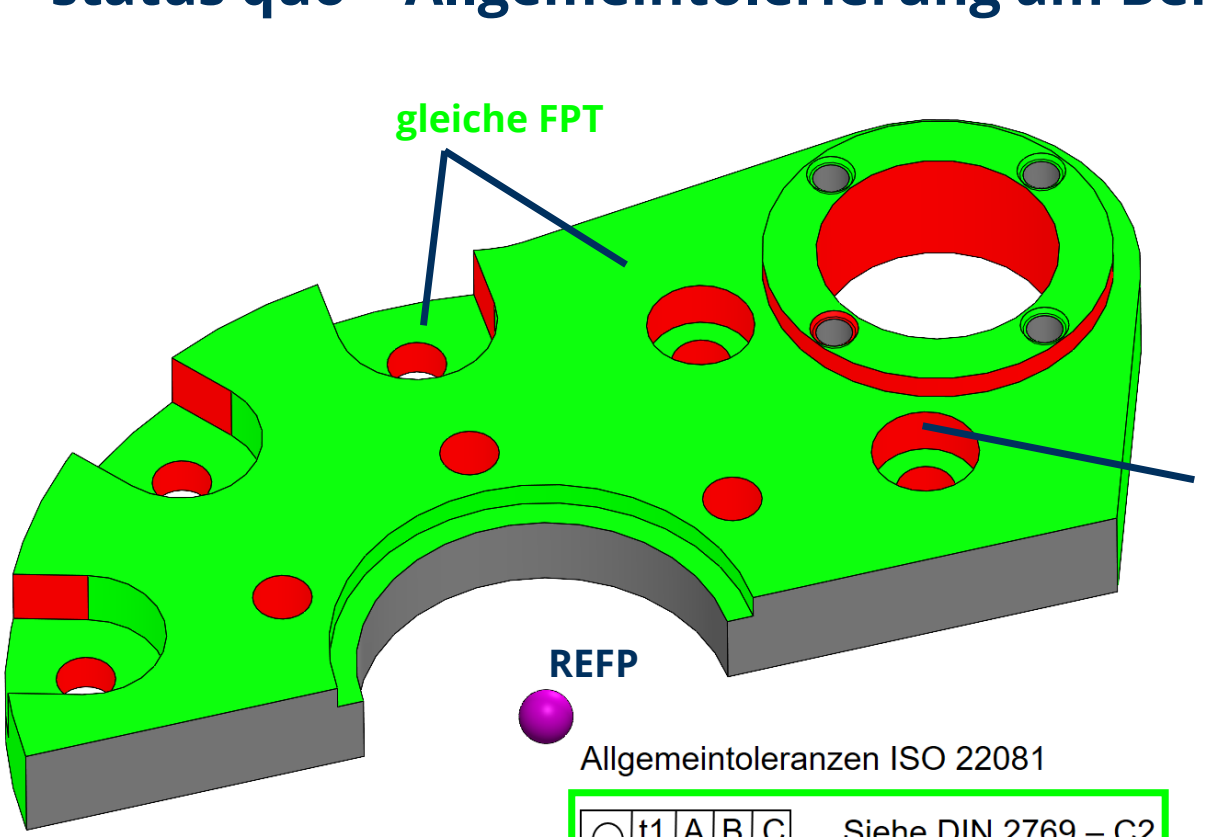
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

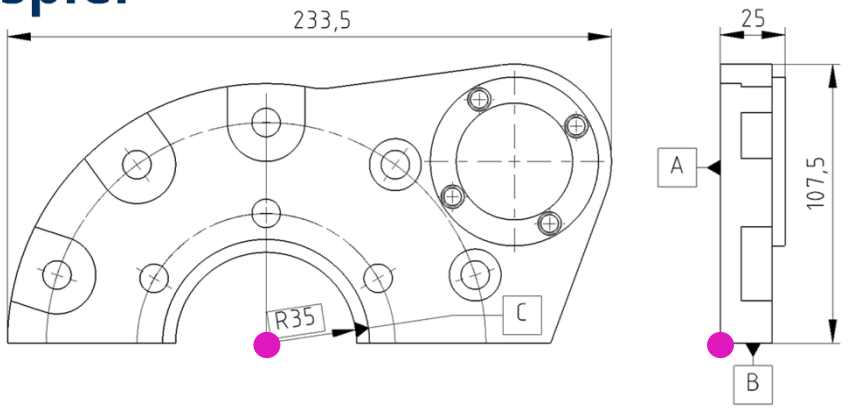
WIPANO

Zusammenarbeit mit DIN NA 152-03-02 AA:
Arbeitsausschuss
Geometrische Produktspezifikation und –prüfung

10/2023 – 09/2025

status quo – Allgemeintolerierung am Beispiel





ohne allg. FPT!
→ Ort individuell tolerieren

Allgemeintoleranzen ISO 22081

⌓ t1 A B C	Siehe DIN 2769 – C2
Linear size: ± t2	Siehe DIN 2769 – b

- Bezüge
- individuell spezifizierte Elemente
- vereinfacht/nicht modellierte Elemente

REFP Ursprung des Bezugssystems
FPT Flächenprofiltoleranz

status quo - Allgemeintolerierung im GPS

Relevante Normen:

- ISO 8015, Abschnitt 5.12 Grundsatz der allgemeinen Spezifikation
- ISO 22081: Allgemeine geometrische und Größenmaßspezifikationen
- DIN 2769: Allgemeintoleranzen – Tabellenwerte für geometrische Toleranzen und Toleranzen für Längen und Winkelgrößenmaße ohne individuelle Toleranzangabe

Kritik am Status quo:

ISO 22081/DIN 2769:	Konsequenz/Problem für Entwickler
Flächenprofiltoleranz für Nicht-Größenmaßelemente: kein Vorschlag variabler Toleranzwerte (DIN 2769)	wenig Gestaltungsmöglichkeit, alle GE „über einen Kamm“, Unsicherheit bei Toleranzwahl
Allgemeintoleranz ist auf reale GE begrenzt (gilt nicht für Achsen etc., ISO 22081)	TEDs geben Position von abgeleiteten GE an, diese können aber nicht allgemein toleriert werden
individuelle Spezifikationen oder allg. Größenmaß setzen allgemeine geom. Spezifikation außer Kraft (Regel D, ISO 22081)	Spezifikationsaufwand steigt tendenziell, allgemeine Spezifikation wirkt kontraproduktiv

GE Geometrieelement
TED theoretically exact dimension

DIN 2769_NEU: Erweiterte Konzepte der Allgemeintolerierung

Prämissen:
- ISO 8015 und ISO 22081 bleiben unverändert
- aktuelle DIN 2769 wird in DIN 2769_NEU übernommen und ergänzt

Konzepte DIN 2769_NEU:
1. Allgemeine Positionstoleranz für abgeleitete GE
2. Verfahren zur Festlegung variabler Werte für allgemeine FPT
3. Erweiterte Kombination allgemeiner und individueller Toleranzangaben

	ISO 8015 Grundsatz der allgemeinen Spezifikation		
Allgemeintoleranzen	**Flächenprofil**	**Größenmaße**	**Position**
Regeln	ISO 22081	ISO 22081	DIN 2769_NEU
Werte	DIN 2769_NEU	DIN 2769_NEU	DIN 2769_NEU

GE Geometrieelement
FPT Flächenprofiltoleranz

Konzept 1 DIN 2769_NEU: Allgemeine Positionstoleranz

- gilt für abgeleitete GE
  (Mittelpunkt, Mittelebene, Achse)
- einzelne oder variable Toleranzwerte

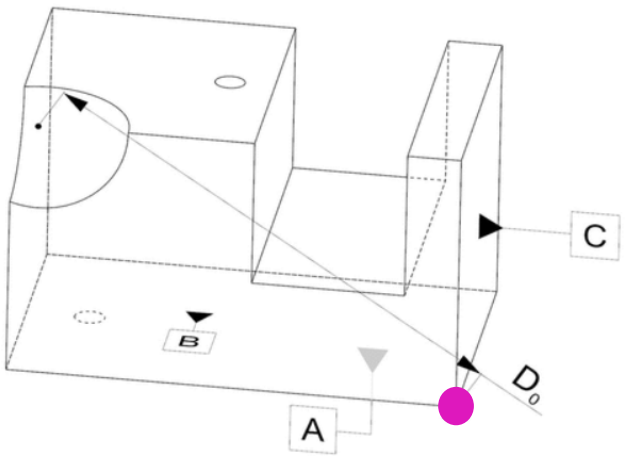
variable Toleranzwerte ergeben sich aus dem **Abstand vom REFP zum abgeleiteten GE**

Maß D_o der kleinsten Entfernung zum Ursprung								
Über	0	3	6	30	120	400	1 000	2 000
bis einschließlich	3	6	30	120	400	1 000	2 000	4 000
Toleranzklasse	**Allgemeintoleranzwerte für Positionstoleranzen**							
AV	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	1	2
BV	0,2	0,2	0,4	0,6	1	1,6	2,4	4
CV	0,4	0,6	1	1,6	2,4	4	6	8
DV	0,6	1	2	3	5	8	12	16

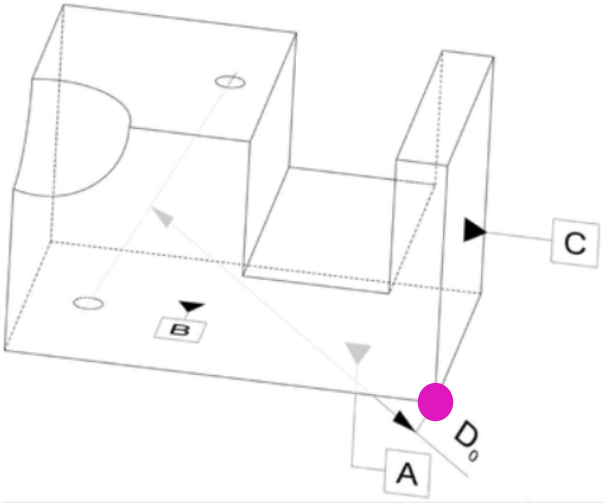
Konzept 1 DIN 2769_NEU: Allgemeine Positionstoleranz

Beispiele für die Ermittlung des kürzesten Abstands D_0 zum Ursprung des Bezugssystems:

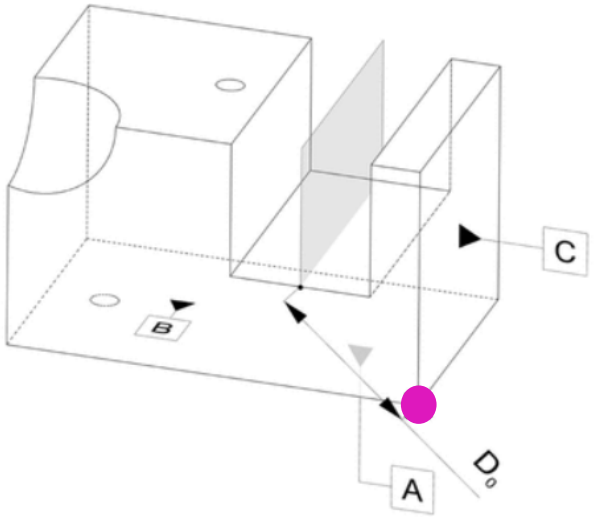
Für Mittelpunkt:



Für Mittellinie:

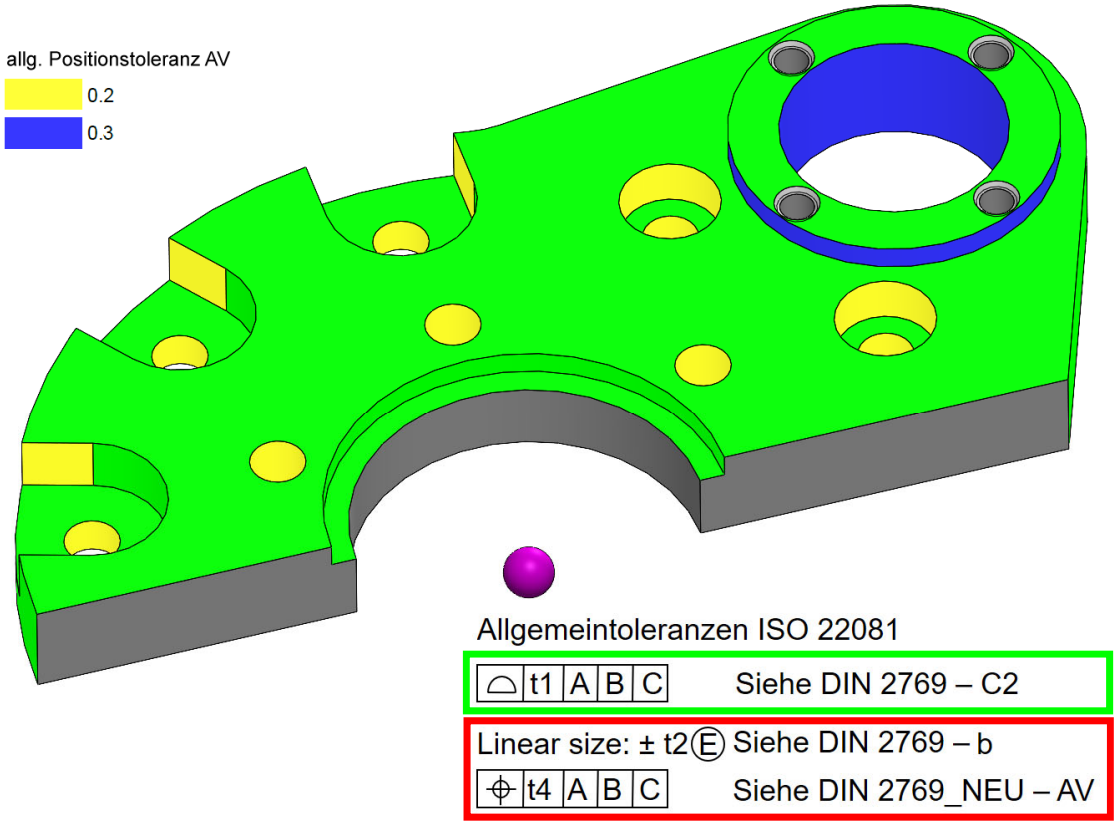


Für Mittelebene:



[Bilder B.1, B.2, B.3 Normentwurf DIN 2769]

Konzept 1 DIN 2769_NEU : Allgemeine Positionstoleranz



Größenmaßtoleranz mit Hüllbedingung und Positionstoleranz:

→ Komplette allgemeine Tolerierung von Größe, Form und Ort der Bohrungen

→ Keine individuelle Toleranz mehr erforderlich

(Falls für abgeleitete GE eine allg. Positionstoleranz angegeben ist, entfällt für die zugehörigen realen GE die FPT)

Hinweis: Im Bild sind die realen GE gefärbt, die Positionstoleranz bezieht sich auf deren abgeleitete GE (Achsen)

Konzept 2 DIN 2769_NEU : Variable Werte für allgemeine FPT

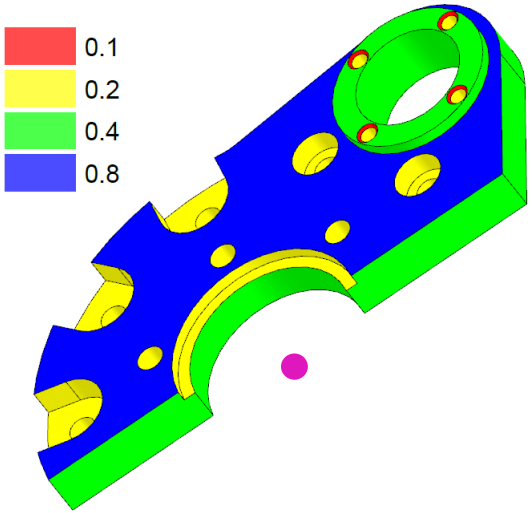
Umsetzung der ISO 22081:
„Variable Werte können … abhängig sein:
- von den Maßen dieser integralen Geometrieelemente;
- vom Abstand des integralen Geometrieelements zum Bezugssystem…“

Auswahl nach	Flächengröße	Flächenabstand	Flächengröße und Flächenabstand
	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Kriterium für die Auswahl der Toleranzwerte	Wurzel aus dem Flächeninhalt	Punktabstand zwischen Ursprung des Bezugsystems und nächstgelegenem Punkt der Fläche	Wurzel aus dem Flächeninhalt + Punktabstand zwischen Ursprung des Bezugsystems und nächstgelegenem Punkt der Fläche

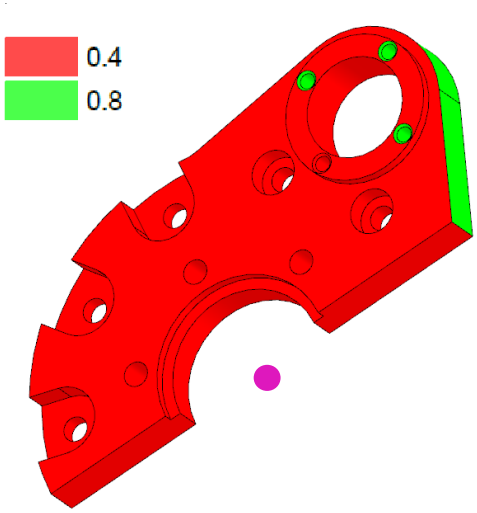
[Tabelle 2, Normentwurf DIN 2769]

Konzept 2 DIN 2769_NEU : Variable Werte für allgemeine FPT

Variante 1, nach Flächengröße



Variante 2, nach Flächenabstand



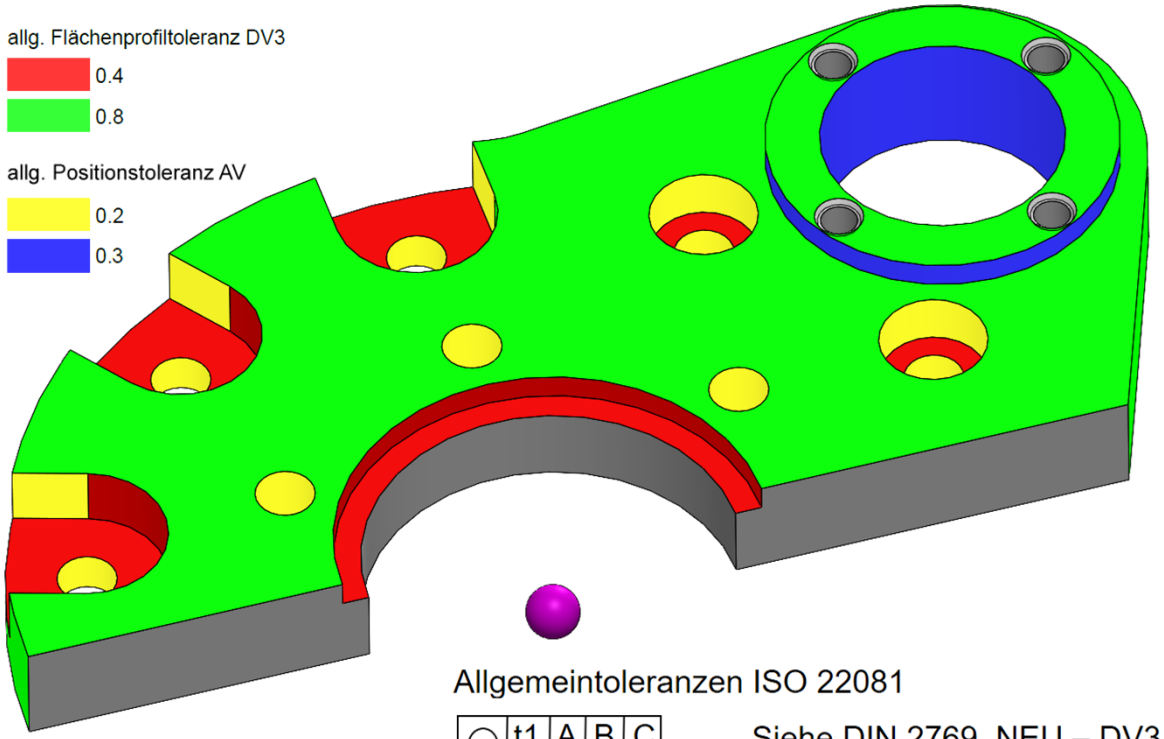
Variante 3, nach Flächengröße und Flächenabstand



Hinweis: Die Bilder zeigen nur die allgemeine FPT, Bezüge sind nicht berücksichtigt

Allgemeine Tolerierung nach DIN 2769_NEU mit Positionstoleranz und FPT nach V3 (Konzept 1 und Konzept 2)

- vollständige Spezifikation aller nicht-grauen Flächen ohne individuelle Spezifikation→ effizient
- Differenzierung zwischen einfachen Begrenzungsflächen (→ FPT) und Bohrungen (→ Positionstoleranz)



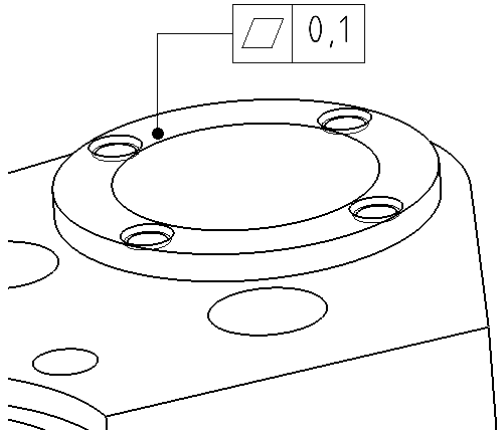
Konzept 3 DIN 2769_NEU: Modifikator add

- Modifikator add: Eine allgemeine Spezifikation gilt auch bei individueller Spezifikation für ein GE
- AD überschreibt Regel D der ISO 22081

→ sich ergänzende allgemeine und individuelle Spezifikationen sind zulässig

→ vollständige Spezifikation mit weniger Aufwand

→ Bekräftigung des Unabhängigkeitsprinzips nach ISO 8015, das durch ISO 22081 für allgemeine Toleranzen außer Kraft gesetzt wird



Allgemeintoleranzen ISO 22081

Tolerierung AD – DIN 2769 add

⌓	0,3	A	B	C

Zusammenfassung

DIN 2769_NEU verspricht:

- mehr Gestaltungsmöglichkeiten bei der allgemeinen Tolerierung
- vollständige Spezifikation mit weniger Aufwand für individuelle Spezifikationen
- variable Toleranzwerte für alle Arten allgemeiner Toleranzen

Status von DIN 2769_NEU

- **Normentwurf ist vom 21.8.- 21.10.2026 im DIN-Normentwurfsportal für die Kommentierung veröffentlicht**

27. BAYREUTHER 3D-KONSTRUKTEURSTAG

INTRODUCING AND DEMONSTRATING THE AI-ASSISTED MACHINE DESIGN PROCESS USING INDUSTRIAL EXAMPLES

Speaker: Dr.-Ing. Róbert Krisch

Authors: Dr.-Ing. Krisztina Szeghő
Dr.-Ing. Zsolt Farkas
Dr.-Ing. Róbert Krisch
Dr.-Ing. Viktor Gotthard



Technische und Wirtschaftswissenschaftliche Universität Budapest



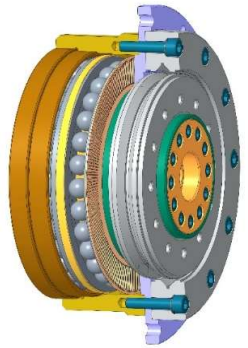
Fakultät für Maschinenbau

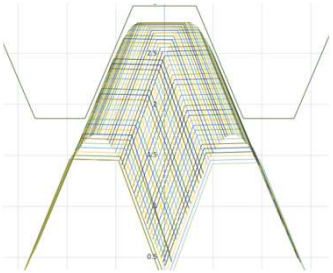


Lehrstuhl für Maschinenkonstruktion und Produktentwicklung

INHALTSÜBERSICHT

- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- Industriebeispiele und Erfahrungen
  - Maschinen design
  - Produktdesign
  - Maschinelles Sehen
- Beispiele von studentischen Rennteams
- Zusammenfassung

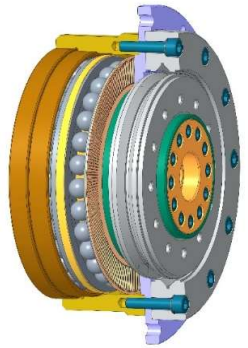


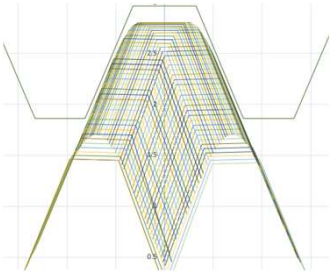




INHALTSÜBERSICHT

- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- Industriebeispiele
  - Maschinen design
  - Produktdesign
  - Maschinelles Sehen
- Beispiele für studentische Rennteams
- Zusammenfassung





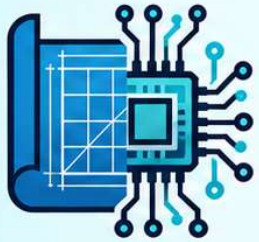


Mythos: Was bedeutet KI NICHT?



- Kein Zauberwerkzeug in der Ingenieursarbeit.
- Keine einzige, allwissende Technologie.
- Nicht nur ein auffälliges, generatives Tool zur Inhaltserstellung.

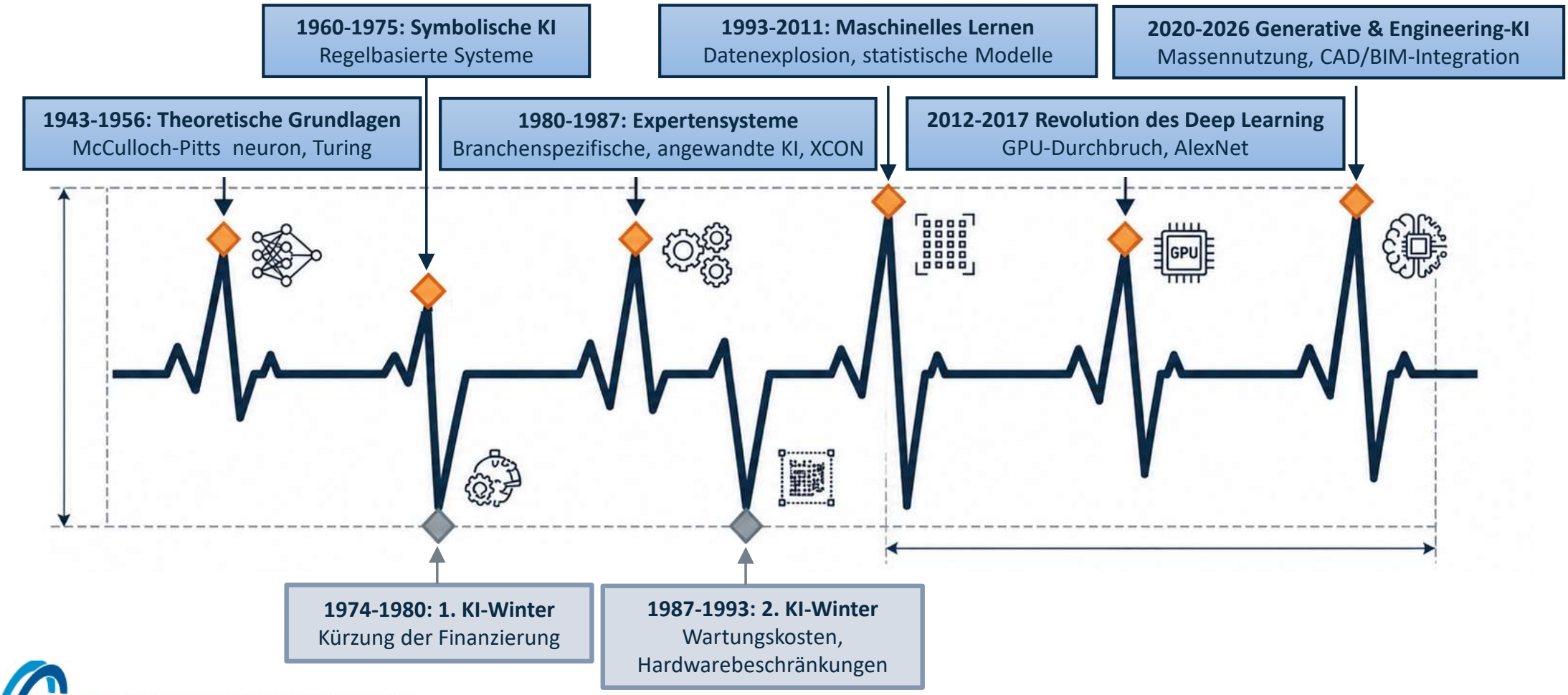
Realität: Was ist KI wirklich?



- Methoden, Algorithmen und Rechenverfahren in ihrer Gesamtheit.
- Eine strukturierte Erweiterung des klassischen Ingenieurwerkzeugs.
- Enorme Rechen-, Mustererkennungs- und Datenverarbeitungskapazitäten.

Der Planungsprozess wird nicht einfacher, sondern verändert sich.

DIE EVOLUTION DER KI # 7 JAHRZEHNTE – KI-WINTER UND KI-FRÜHLINGE

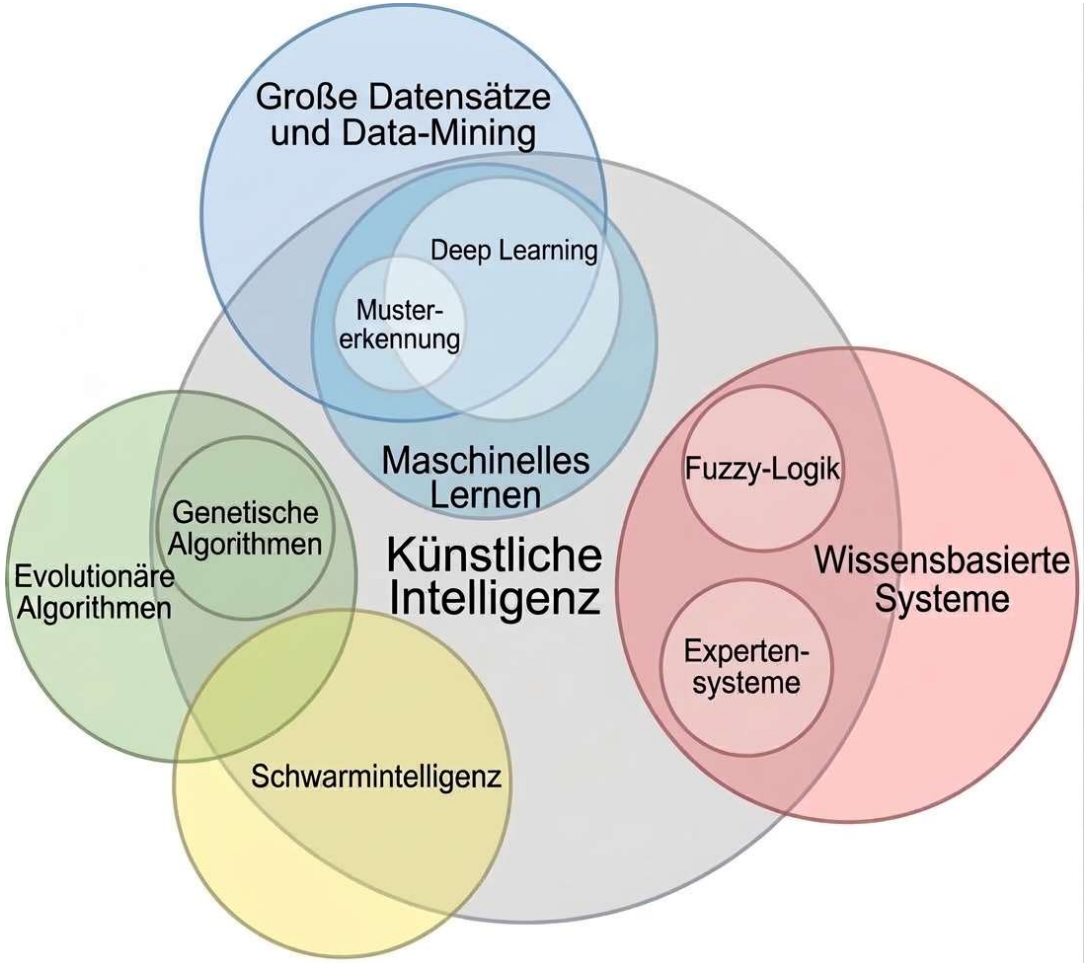


Dr.-Ing. Krisztina Szeghő, Dr.-Ing. Zsolt Farkas, Dr.-Ing. Róbert Krisch, Dr.-Ing. Viktor Gotthard © 2026

Die Evolution der KI # im Kontext der Ingenieurpraxis

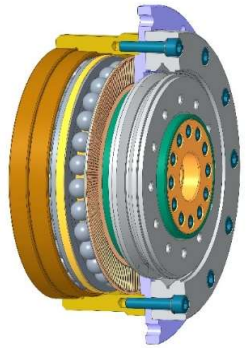
Zeitspanne	Hauptansatz	Typische Technológie	Ingenieurtechnische Relevanz
1940–1960	Frühe neuronale Modelle	Perzeptron, Turing-Theorie	Theoretische Grundlagen
1960–1980	Symbolische KI	Regelbasierte Systeme	Logische Modellierung
1980–1995	Expertensysteme	Wissensbasen	Fehlersuche, Diagnostik
1995–2010	Maschinelles Lernen	Statistische Modelle	Datengestriebene Entscheidungen
2010–2020	Deep learning	Neuronale Netze, GPU	Bildverarbeitung, Simulation
2020– Heute	Generative KI	LLMs, Diffusionsmodelle	Konstruktion, Automatisierung

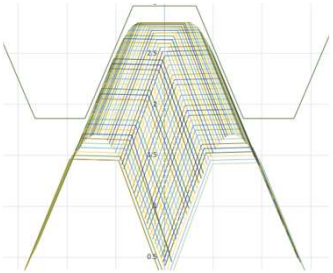
DIE EVOLUTION DER KI # *VENN-DIAGRAMM DER KI-METHODEN*



INHALTSÜBERSICHT

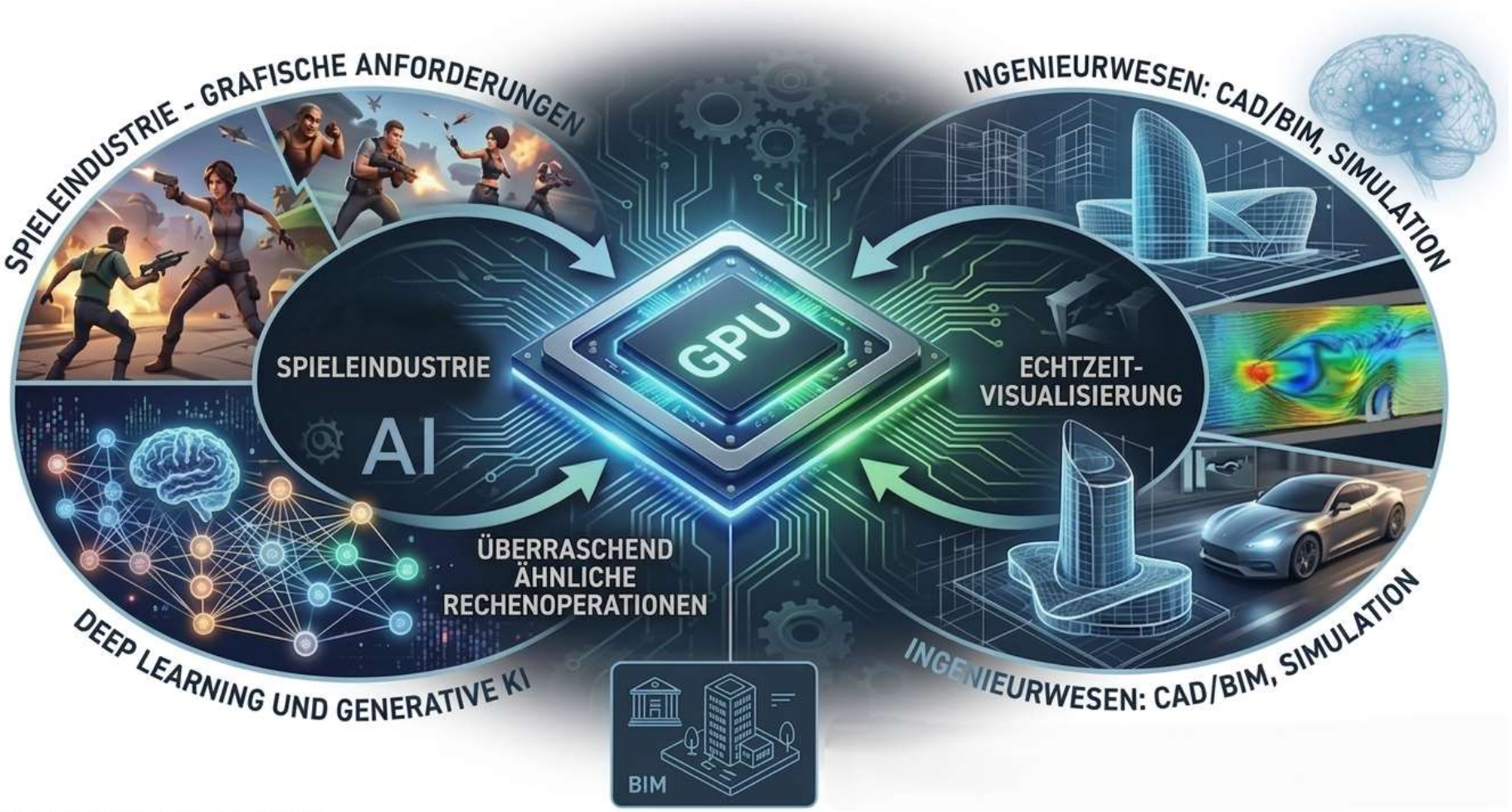
- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- Industriebeispiele
  - Maschinen design
  - Produktdesign
  - Maschinelles Sehen
- Beispiele für studentische Rennteams
- Zusammenfassung





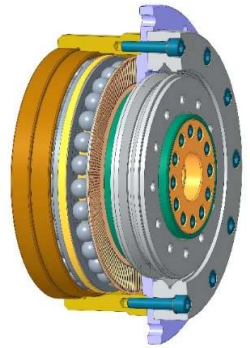


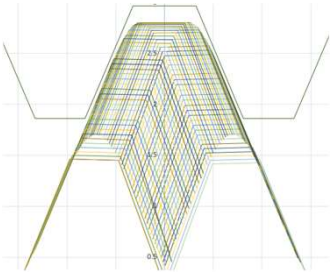
DIE VERBORGENE ANTRIEBSKRAFT # *DIE GPU-REVOLUTION*



INHALTSÜBERSICHT

- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- Industriebeispiele
  - Maschinen design
  - Produktdesign
  - Maschinelles Sehen
- Beispiele für studentische Rennteams
- Zusammenfassung

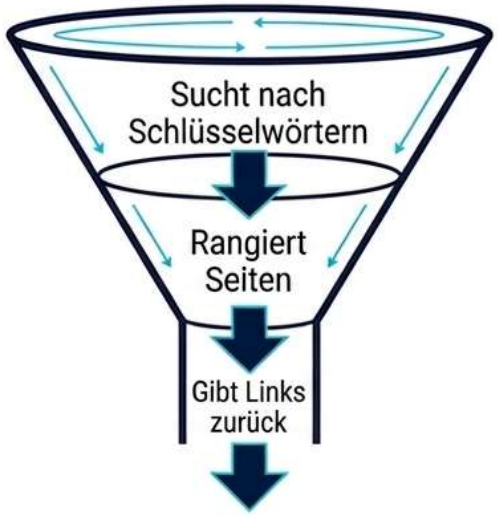






Die Evolution der Interaktion: *Suche vs. Generative KI*

Klassische Suche (Vergangenheit)



Beispieleingabe: Funktionsweise Plattenwärmetauscher

Ergebnis: Statische Trefferliste.

Moderne KI-Systeme (Gegenwart)



Beispieleingabe: Erkläre einem Schüler der 12. Klasse die Funktionsweise eines Plattenwärmetauschers und erstelle dazu ein einfaches schematisches Diagramm.

Ergebnis: Maßgeschneiderte Erklärung + Diagramm + Kontext.

Die moderne KI liefert keine Suchergebnisse, sondern Lösungsalternativen.

DER PROFESSIONELLE PROMPT – DIE 6 SÄULEN



Dr.-Ing. Krisztina Szeghő, Dr.-Ing. Zsolt Farkas, Dr.-Ing. Róbert Krisch, Dr.-Ing. Viktor Gotthard © 2026

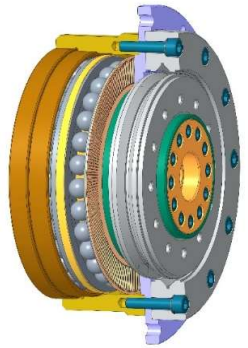
Prompt Engineering in der Praxis

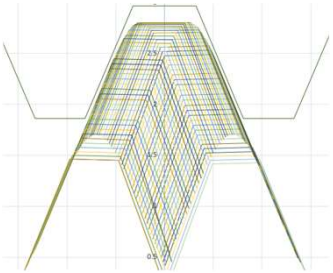
	✕ Schlechter Prompt
Konstruktion	Erkläre die Regelung.
Diagnosse	Warum vibriert die Maschine?
CAD-Konstruktion	Gib eine Idee für eine Tragskelettkonstruktion.

Ergebnis eines **guten Prompts**: Das Modell rät nicht, sondern folgt einer ingenieurtechnischen Struktur.

INHALTSÜBERSICHT

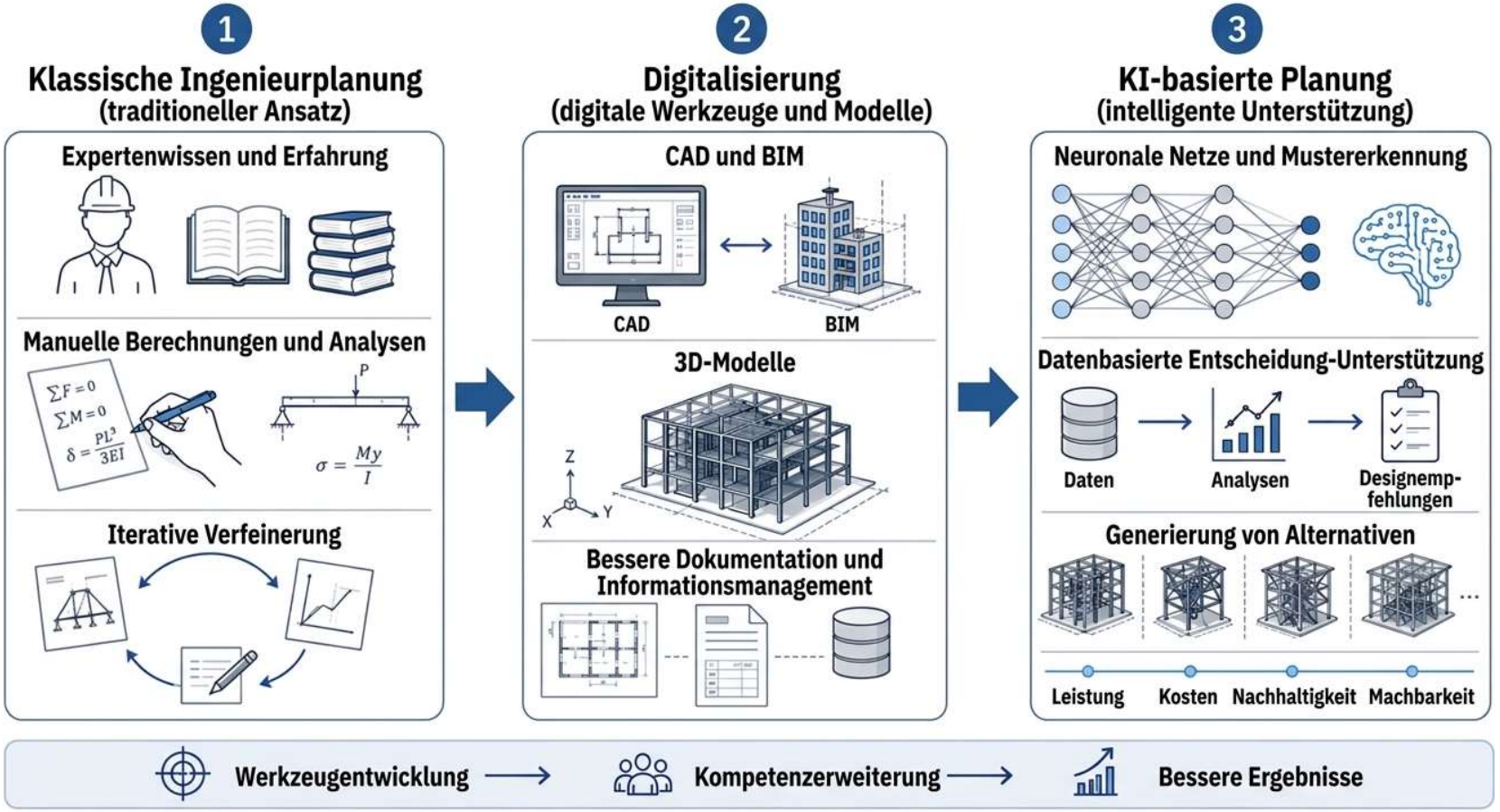
- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- Industriebeispiele
  - Maschinen design
  - Produktdesign
  - Maschinelles Sehen
- Beispiele für studentische Rennteams
- Zusammenfassung







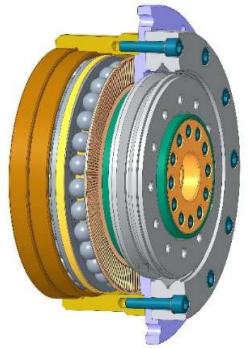
Die Evolution des Ingenieurentwurfs

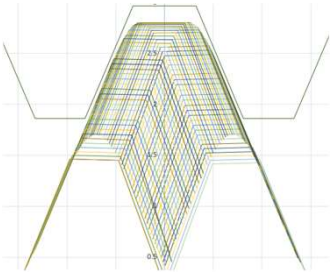


Der Wert der Planung liegt nicht nur im Endergebnis, sondern im Prozess selbst: Die einzelnen Schritte erzwingen die Erkundung des Problem raums, die Abwägung von Alternativem és és die Dokumentation von Entscheidungen. Ohne dies sammelt sich keine Erfahrung, Fehler wiederholen sich.

INHALTSÜBERSICHT

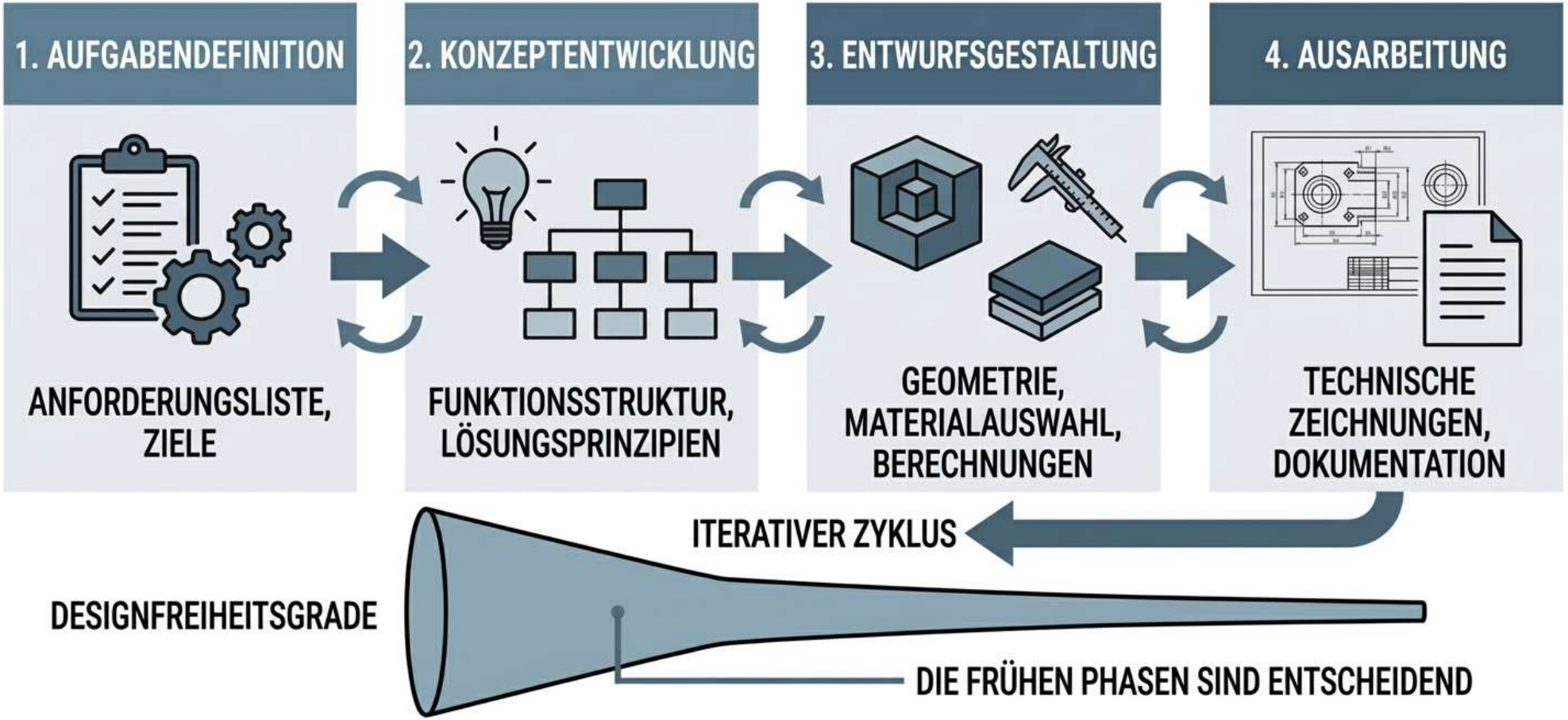
- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- Industriebeispiele
  - Maschinen design
  - Produktdesign
  - Maschinelles Sehen
- Beispiele für studentische Rennteams
- Zusammenfassung



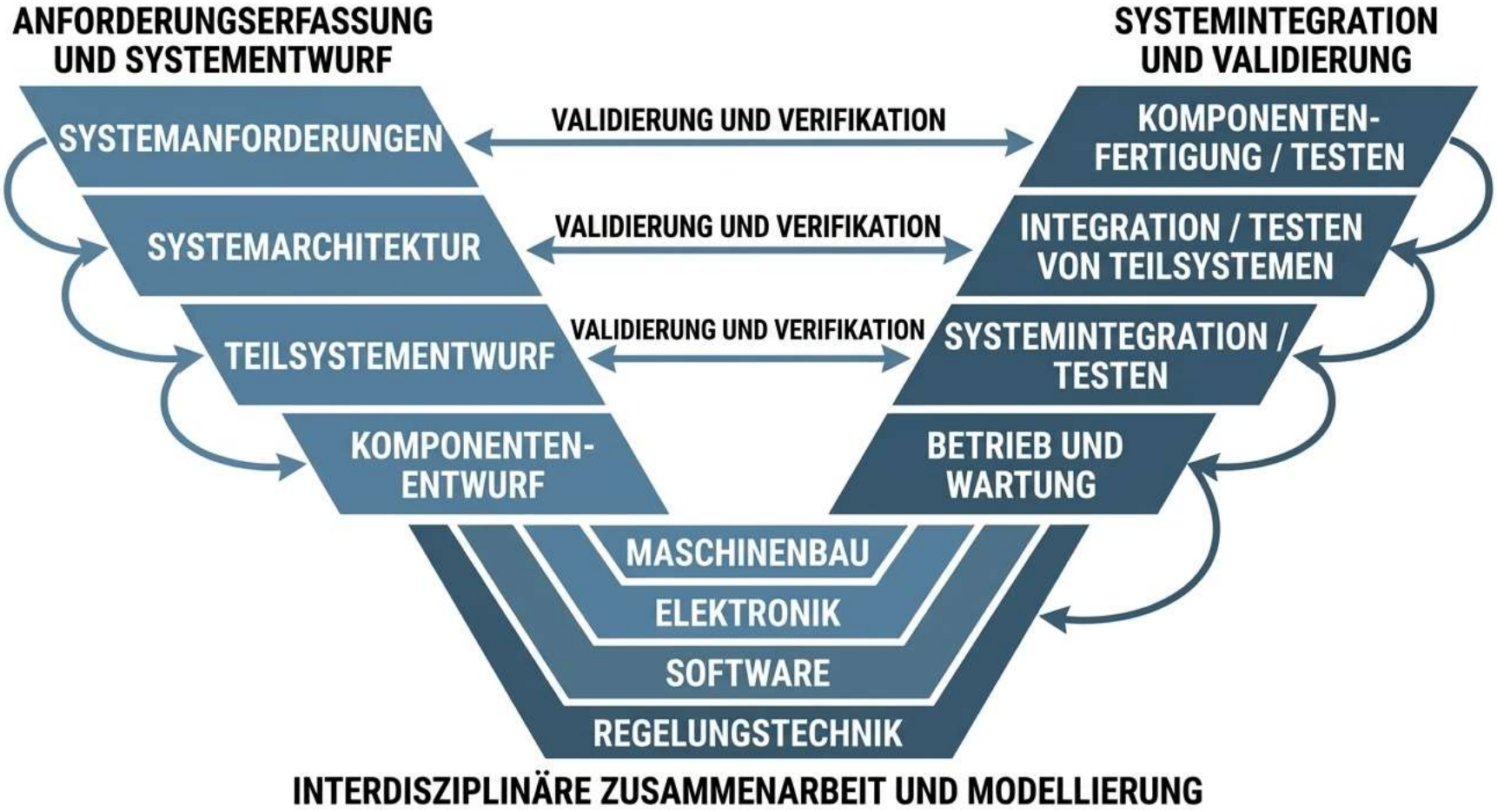




DIE EVOLUTION DES INGENIEURENTWURFS # *PAHL-BEITZ MODELL*

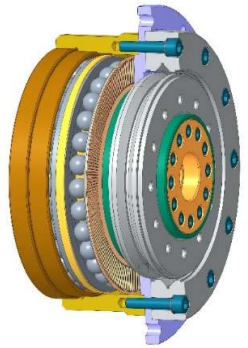


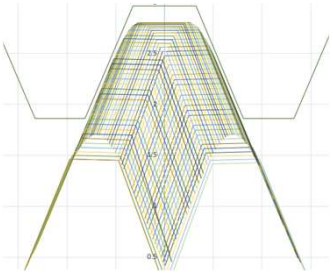
DIE EVOLUTION DES INGENIEURENTWURFS # *VDI 2206 V-MODELL*



INHALTSÜBERSICHT

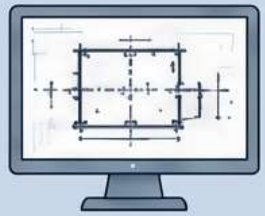
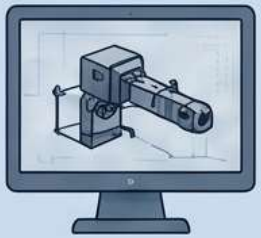
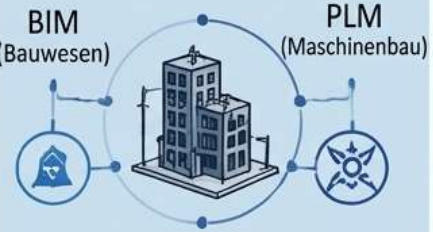
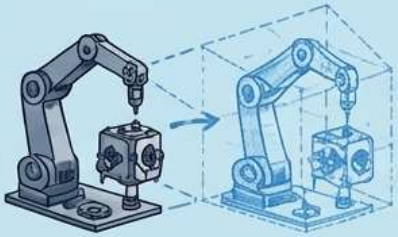
- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- Industriebeispiele
  - Maschinen design
  - Produktdesign
  - Maschinelles Sehen
- Beispiele für studentische Rennteams
- Zusammenfassung





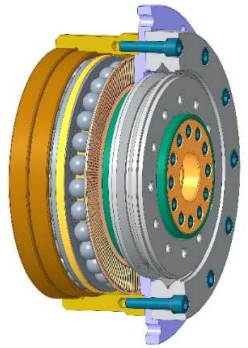


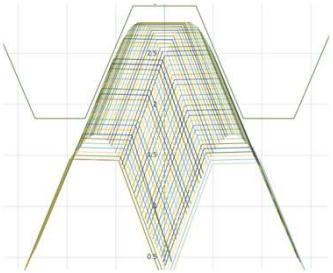
DIE EVOLUTION DER DIGITALISIERUNG # *VON CAD ZU DIGITALEN ZWILLINGEN*

1. CAD (1990er-Jahre)	2. 3D und Simulation (2000er-Jahre)	3. Integrierte Systeme (2010er-Jahre)	4. Digitaler Zwilling (2020er-Jahre)	5. KI-basiertes Design (Gegenwart und Zukunft)
Digitale Zeichnungen und 2D-Design	**3D-Modellierung und virtueller Prototyp**	**BIM / PLM-Integration und Zusammenarbeit**	**Echtzeit-vernetzte Systeme**	**Intelligentes, datengesteuertes Design und Entscheidungsunterstützung**
				
• Schnellere Änderungen • Präzisere Dokumentation • Digitalisierung manueller Prozesse	• Parametrische Modellierung • Simulationen (FEM, CFD usw.) • Weniger physische Prototypen	• Datenintegration • Lebenszyklus-Betrachtung • Interdisziplinäre Zusammenarbeit • Gemeinsame Datenmodelle	• Sensordaten in Echtzeit • Vorausschauende Wartung • Kontinuierliche Rückkopplung • Systemoptimierung	• Generierung von Alternativen • Prädiktive Analyse • Automatisierte Entscheidungsunterstützung • Mensch-KI-Zusammenarbeit

INHALTSÜBERSICHT

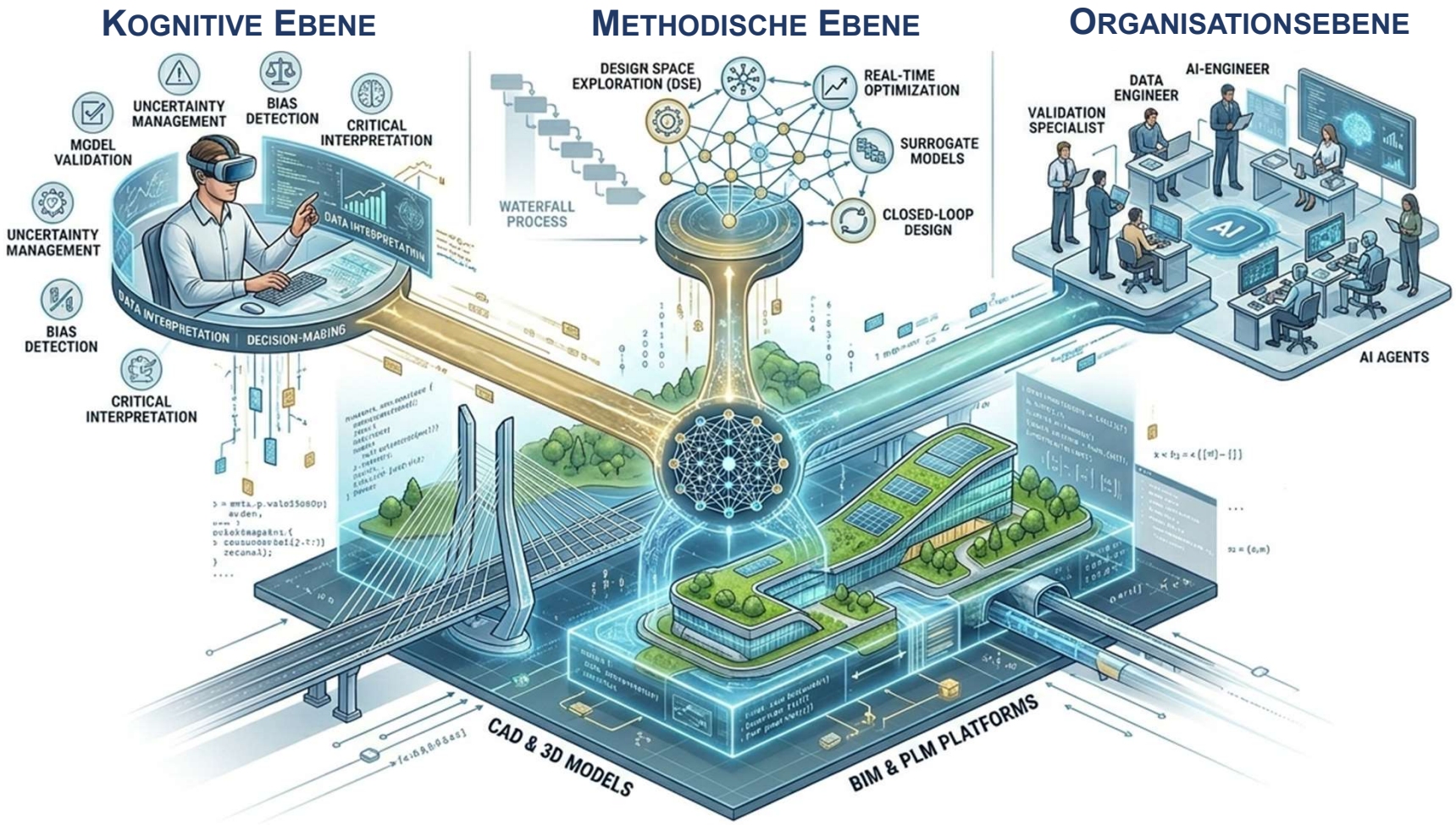
- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- Industriebeispiele
  - Maschinen design
  - Produktdesign
  - Maschinelles Sehen
- Beispiele für studentische Rennteams
- Zusammenfassung







DAS AUFKOMMEN VON KI IN DER INGENIEURPLANUNG *# 3 VERSCHIEDENEN EBENEN*

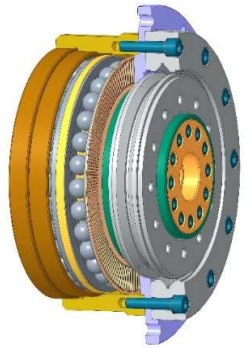


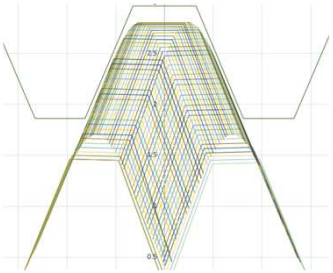
Dr.-Ing. Krisztina Szeghő, Dr.-Ing. Zsolt Farkas, Dr.-Ing. Róbert Krisch, Dr.-Ing. Viktor Gotthard

© 2026

INHALTSÜBERSICHT

- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- Industriebeispiele
  - Maschinen design
  - Produktdesign
  - Maschinelles Sehen
- Beispiele für studentische Rennteams
- Zusammenfassung







WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# MASCHINEN DESIGN*

Datenerfassung und Marktforschung

ChatGPT

- 30–40 % Zeitersparnis bei Literaturrecherche und Wettbewerbsanalyse
- Effiziente Suche nach Materialien und Produkten anhand definierter Parameter, insbesondere wenn keine etablierten Lieferantenquellen verfügbar waren
- Einschränkung: Relevante, tatsächlich am Markt verfügbare Produkte wurden teilweise nicht erkannt; teilweise zu starke Verallgemeinerung

→ Eine technische Validierung der Quellen durch Ingenieure ist unerlässlich

WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# MASCHINEN DESIGN*

Dokumentation und visuelle Datenverarbeitung

- Beschleunigung der Disseminationsaufgaben in Projekten sowie Erstellung von Marketingmaterialien und Präsentationen
- Zusammenfassung technischer Dokumentationen
- Übersetzung fremdsprachiger Inhalte
- Bearbeitung und Generierung von Abbildungen

-> Zeitersparnis von über 40 %

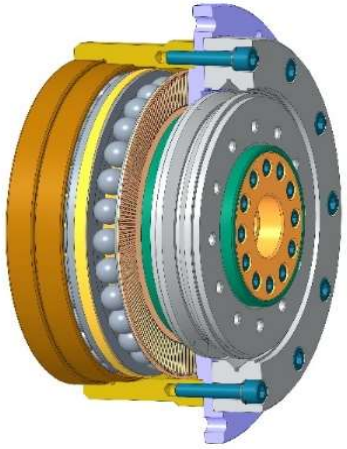
WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# MASCHINEN DESIGN*

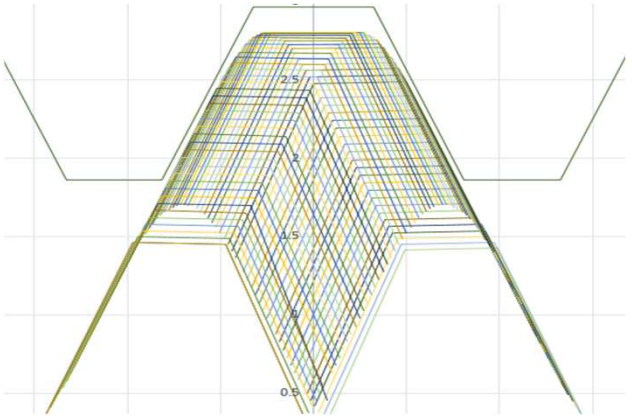
Mathematische Modellierung

Codex

GitHub Copilot

- Höchster Effizienzgewinn bei Programmier- und Berechnungsaufgaben
- Unterstützung bei der Umsetzung komplexer mathematischer Modelle in Programmcode
- Anwendung u. a. zur Berechnung der Zahnprofilkurven von Axial-Wellgetrieben





WAVEDRIVE

WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# MASCHINEN DESIGN*

Software (Firmware) entwicklung

Codex

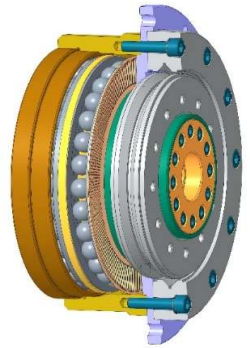
GitHub Copilot

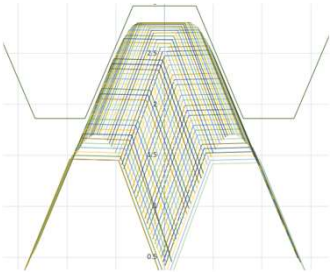
- Unterstützung bei Implementierungsplanung, Codegenerierung, logischer und syntaktischer Prüfung sowie Debugging
  - 60–90 % geschätzte Zeitersparnis
- Hohe Genauigkeit bei einfachen und klar abgegrenzten Aufgaben
- Größere Codebasen: längere Iterationszyklen erforderlich, jedoch weiterhin deutlich schneller als der klassische Entwicklungsprozess
- Einschränkungen: ungenaue Codeformatierung und teilweise unnötig komplexe bzw. übermäßig modularisierte Lösungen

WAVEDRIVE

INHALTSÜBERSICHT

- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- **Industriebeispiele**
  - Maschinen design
  - **Produktdesign**
  - Maschinelles Sehen
- Beispiele für studentische Rennteams
- Zusammenfassung

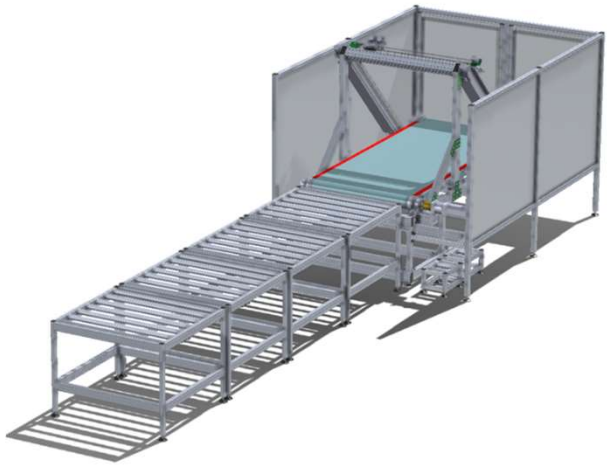






WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# PRODUKTDESIGN*

KI-gestütztes Design einer großformatigen Bürolapme



Aufgabenbeschreibung:

- Großformatiger 3D-Druck (5 m x 1 m x 1 m)
- Produktdesign inklusive Begründung für den 3D-Druck
- Suche nach Produktideen → Design einer länglichen Bürolampe
- Erwartungen:
  - Längliches Design
  - Design einer Lampe mit integrierten Pflanzen
- Erkundung und Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten von KI
- Anwendung von KI, Grenzen und Vorteile
- Mehrere Iterationen im Produktdesign



MICN # 3

WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# PRODUKTDESIGN*







Ideen und Konzepte, die die Kriterien nicht erfüllen

WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# PRODUKTDESIGN*





Ideen, die die Kriterien erfüllen, aber nicht der Vision entsprechen

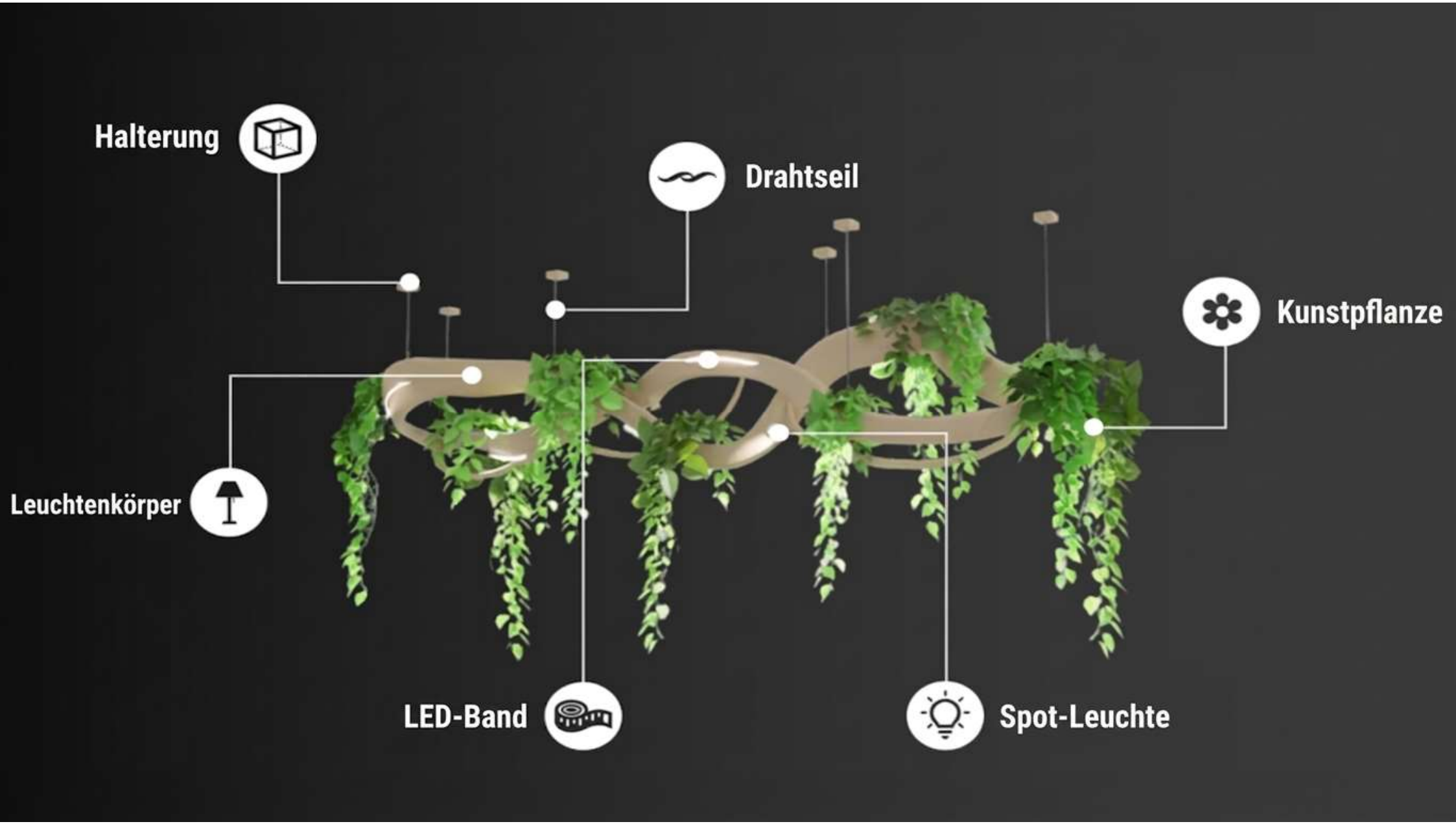
WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN # PRODUKTDESIGN





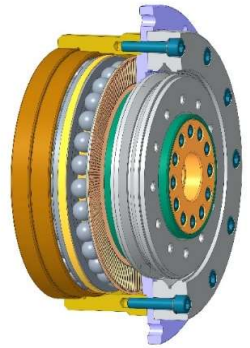


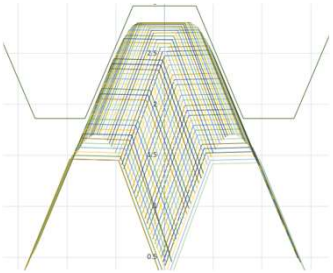
Ideen, die den Kriterien und der Vision entsprechen – die ausgewählte Idee


Halterung
Drahtseil
Kunstpflanze
Leuchtenkörper
LED-Band
Spot-Leuchte

INHALTSÜBERSICHT

- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- **Industriebeispiele**
  - Maschinen design
  - Produktdesign
  - **Maschinelles Sehen**
- Beispiele für studentische Rennteams
- Zusammenfassung





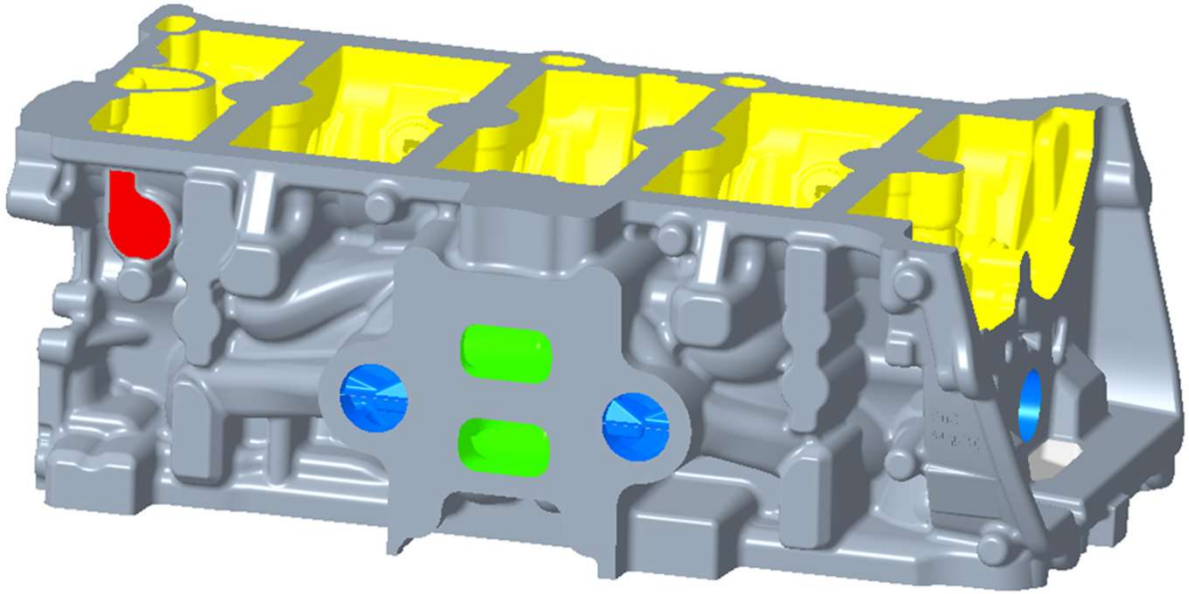


WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# MASCHINELLES SEHEN*

	Konventionelle Machine Vision	KI-basierte Machine Vision
Funktionsprinzip	Verfolgung sehr präzise erfassbarer, leicht messbarer Gesetzmäßigkeiten	Bildverarbeitung mithilfe von neuronalen Netzen
Merkmale	Regelbasierte Methode → nur bei perfekter Bildübereinstimmung erfolgreich	Flexible Methode → erfordert keine perfekte Bildübereinstimmung
	Gute und schlechte Bilder müssen sich signifikant voneinander unterscheiden	Inhomogenität selbst bei guten Produkten ist handhabbar
	Der zu prüfende Teil des Produkts muss homogen sein	Auch zur Handhabung inhomogener Umgebungen geeignet
	Fehler müssen sehr gut detektierbar sein	Funktioniert auch bei schwer detektierbaren Fehlern
	Bei Messungen: erfordert präzises Messen	Erfordert keine präzise Messung
	Für einfachere Aufgaben geeignet	(Auch) für komplexere, zeitintensivere Aufgaben geeignet

WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# MASCHINELLES SEHEN*

Produkt: Gegossener Zylinderkopf
Aufgabe: Auslesen des Gussstempels
Teilaufgabe: Vergleich der Methoden
- KMV (Konventionelle Maschine Vision) vs.
- KI-MV (KI-basierte Maschine Vision)







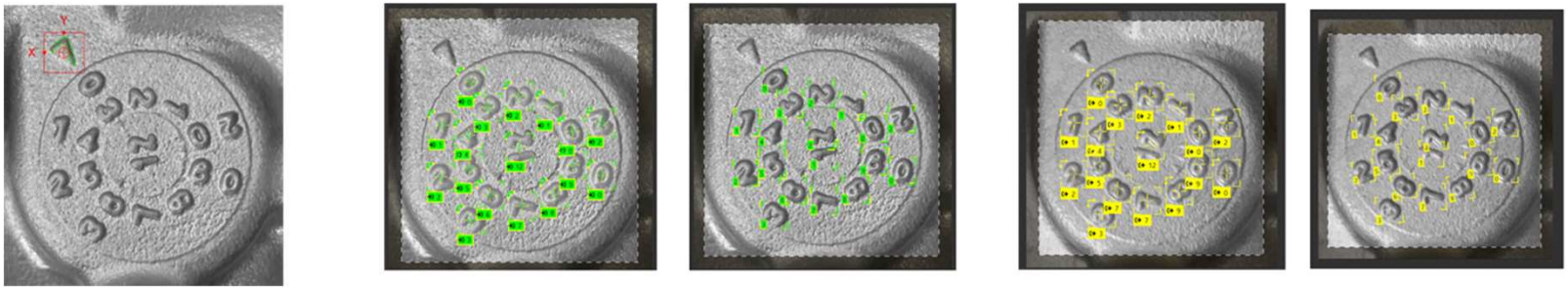
WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# MASCHINELLES SEHEN*

Vision-Aufgabe:

- Lesen gegossener Zeichen in verschiedenen Positionen und Drehwinkeln
- Unschärfen der Zeichen aufgrund des Gusses können auftreten
- Möglichkeit eines inhomogenen, verrauschten Hintergrunds aufgrund des Gusses
- Inhomogenitäten aufgrund der Beleuchtung

Vergleich der beiden Methoden:

- KMV-Methode → zu strenges und zeitaufwendiges Verfahren
- KI-MV-Methode → angemessen flexibles und schnelles Verfahren



WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# MASCHINELLES SEHEN*

Ergebnisse von Machine-Vision-Methoden			
	HMV	MI Locate Tool	MI Read Tool (OCR
Anzahl der Trainingsbilder, Stk.	20	20	20
Anzahl der Kontrollbilder der 1. Runde, Stk.	10	10	10
Anzahl der perfekt verifizierten Bilder, Stk.	2	4	7
Anzahl der teilweise gut verifizierten Bilder, Stk.	3	5	3
Anzahl der schwach verifizierten Bilder, Stk.	180	170	180
Anzahl der auszulesenden Zeichen (gesamt), Stk.	67	87	138
Ausleseleistung, %	**37 %**	**51,2 %**	**76,7 %**
Anzahl der Kontrollbilder der 2. Runde, Stk.	10	10	10
Anzahl der perfekt verifizierten Bilder (2. Runde), Stk.	3	6	8
Anzahl der teilweise gut verifizierten Bilder (2. Runde), Stk.	2	3	2
Anzahl der schwach verifizierten Bilder (2. Runde), Stk.	5	1	0
Anzahl der korrekt ausgelesenen Zeichen (2. Runde), Stk.	180	170	180
Ausleseleistung, %	**45 %**	**70 %**	**90 %**
Zunahme der Entscheidungsfähigkeit, %	8 %	19,4 %	13,3 %
Bildverarbeitungszeit, ms	~ 95	~ 120	~ 80

WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# MASCHINELLES SEHEN*

Produkt: Verschiedene Formteile

Aufgabe: Flansch prüfen

Teilaufgabe: Position des Gummieinsatzes, Mängel?



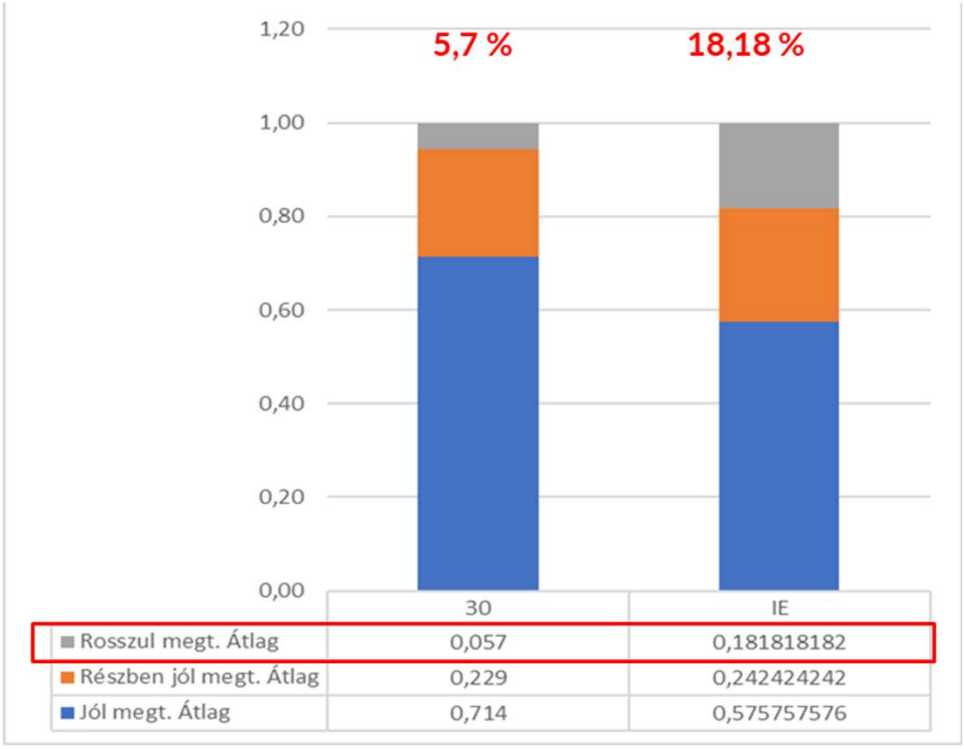




WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# MASCHINELLES SEHEN*

Ergebnis:



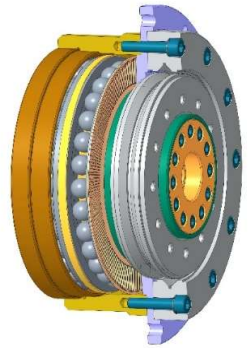


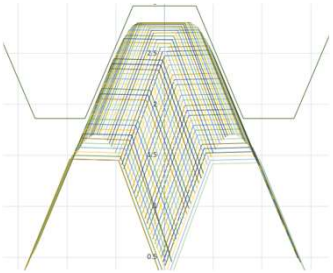
	30	IE
Rosszul megt. Átlag	0,057	0,181818182
Részben jól megt. Átlag	0,229	0,242424242
Jól megt. Átlag	0,714	0,575757576

Veränderung der Häufigkeit der Schätzung
für die 30 trainierten und regelbasierten Methoden.

INHALTSÜBERSICHT

- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- Industriebeispiele
  - Maschinen design
  - Produktdesign
  - Maschinelles Sehen
- **Beispiele für studentische Rennteams**
- Zusammenfassung







WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# STUDENTISCHE RENNTEAMS*





Műegyetemi Versenycsapat Közösség

Rennteam-Community der Technischen Universität

WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN # STUDENTISCHE RENNTEAMS



seit 2007
BME Formula Racing Team
Elektro- und autonomes Auto
Formula Student



seit 2018
BME Motorsport
Hybrid- und Verbrenner-Auto
Formula Student



seit 2022
BME SharkTeam
Diesel- und Wasserstoffauto
Shell EcoMarathon



seit 2014
BME Solar Boat Team
Solarboot
Energy Boat Challenge



seit 2021
BME Suborbitals
Forschungsrakete bis 3 km Höhe
European Rocketry Challenge

WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# STUDENTISCHE RENNTEAMS*

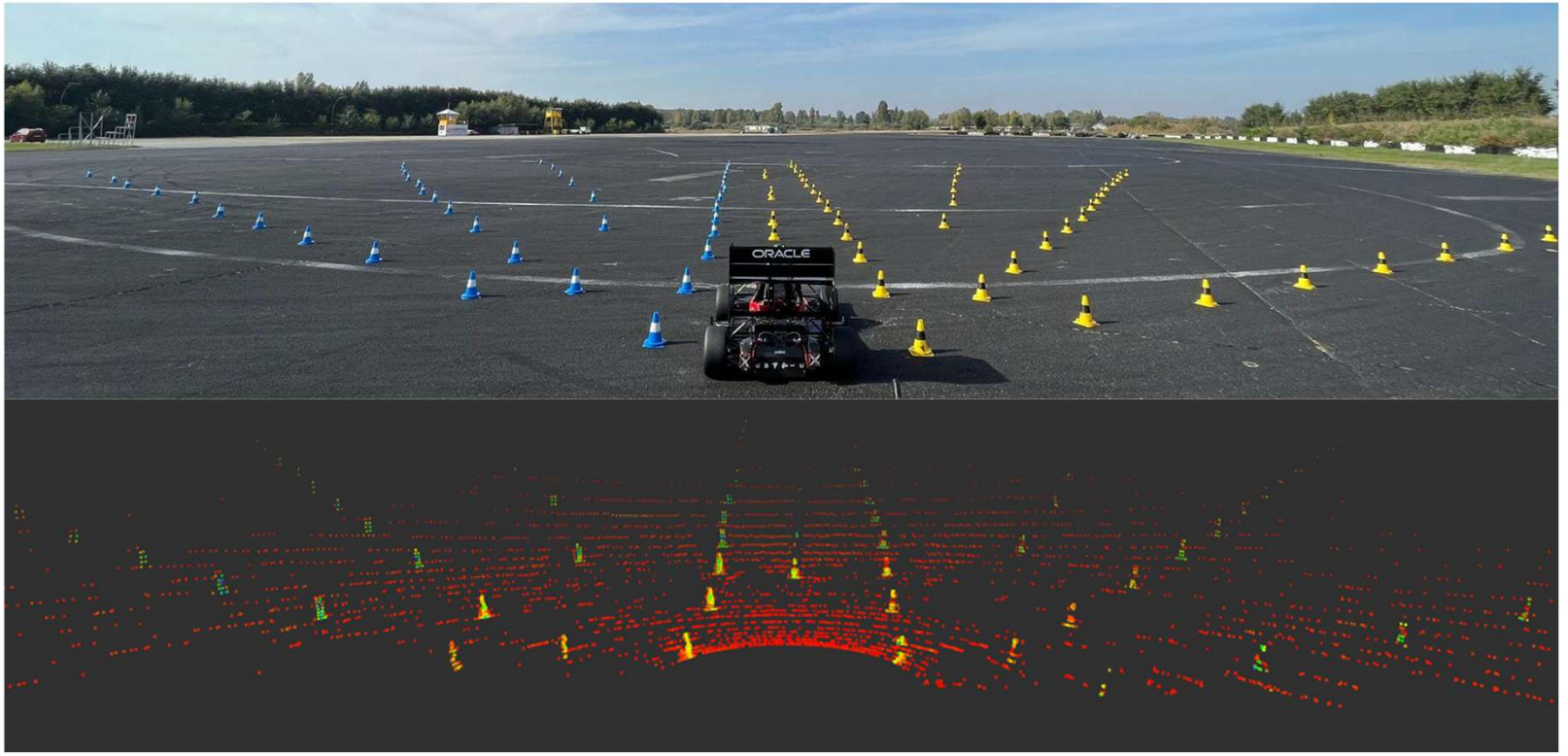
- Arbeitszeit einsparen
- Literaturrecherche beschleunigen – Zusammenfassungen erstellen
- Code generieren – Python, Embedded Software, Webanwendungen
- Simulationen und Messdaten vergleichen
- Eigenen Code prüfen und testen
- Technische Dokumentationen erstellen
- Fremdsprachige Texte lektorieren
- Checklisten und Flowcharts für Wettbewerbe erstellen

Wichtig:
Die Verantwortung für technische Entscheidungen liegt weiterhin bei den Teams.
→ KI wird lediglich als Unterstützungswerkzeug eingesetzt.
Von KI generierte Inhalte sollten stets überprüft werden!

WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# STUDENTISCHE RENNTEAMS*

- **Code generieren:** LiDAR-basiertes Bojenerkennungssystem für Driverless Fahrzeuge der Formula Student







WO UND WIE KANN KI EINGESETZT WERDEN *# STUDENTISCHE RENNTEAMS*

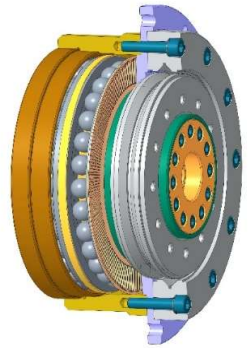
- **Simulationen und Messdaten vergleichen:**
  Pedalbox-Design für Formula Student Rennwagen

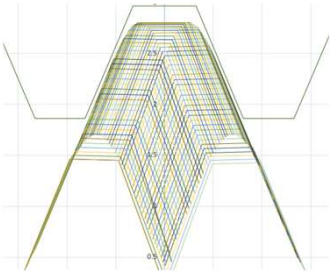




INHALTSÜBERSICHT

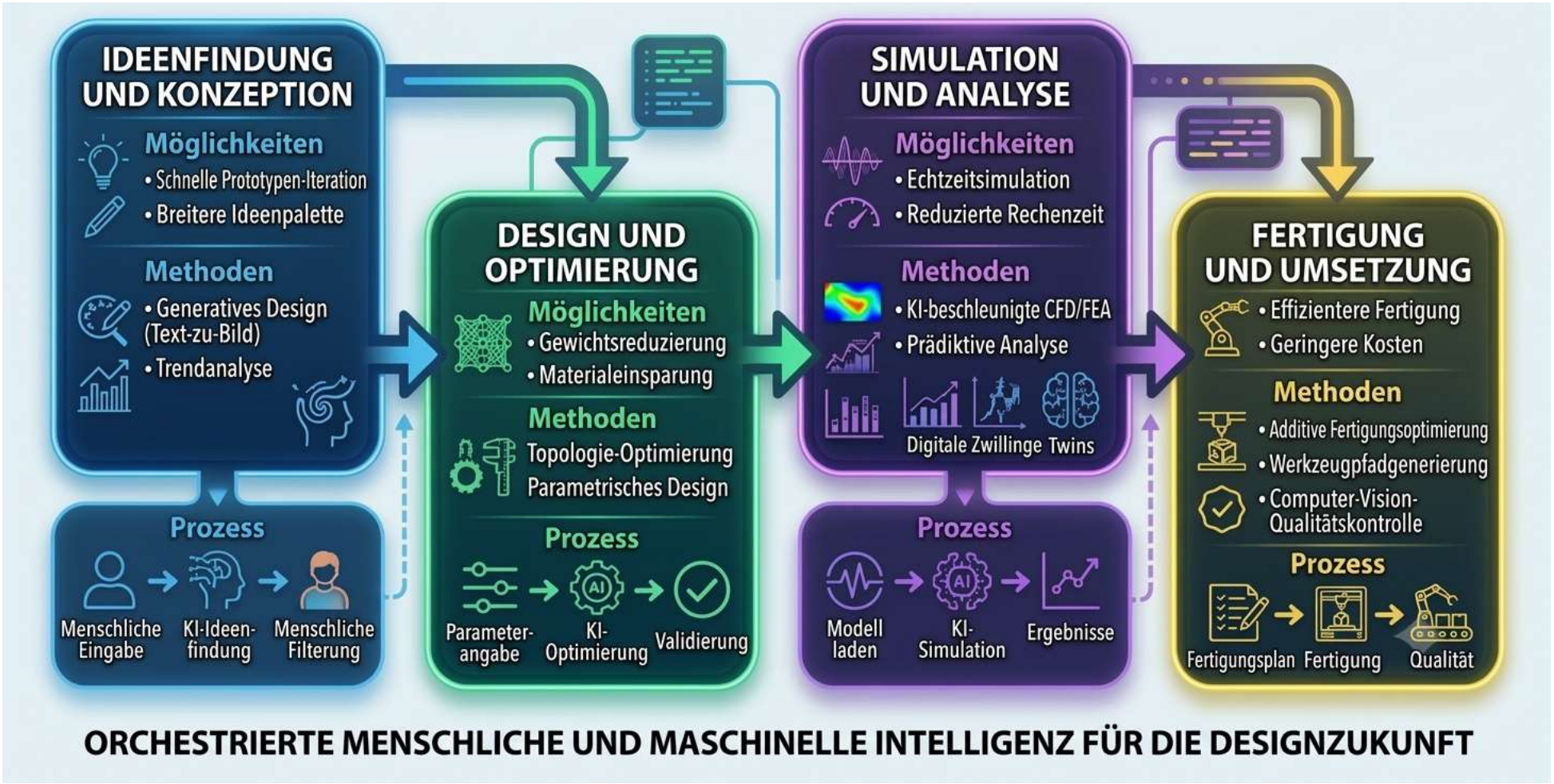
- Die Evolution der KI
- Die GPU-Revolution und ihre Bedeutung für das Ingenieurwesen
- Prompt Engineering – effektive KI-Kommunikation
- Die Evolution des Ingenieurentwurfs
  - Klassische Modelle des Konstruktionsprozesses
  - Der Einfluss der Digitalisierung auf die Ingenieurplanung
  - Das Aufkommen von KI in der Ingenieurplanung
- Industriebeispiele
  - Maschinen design
  - Produktdesign
  - Maschinelles Sehen
- Beispiele für studentische Rennteams
- Zusammenfassung







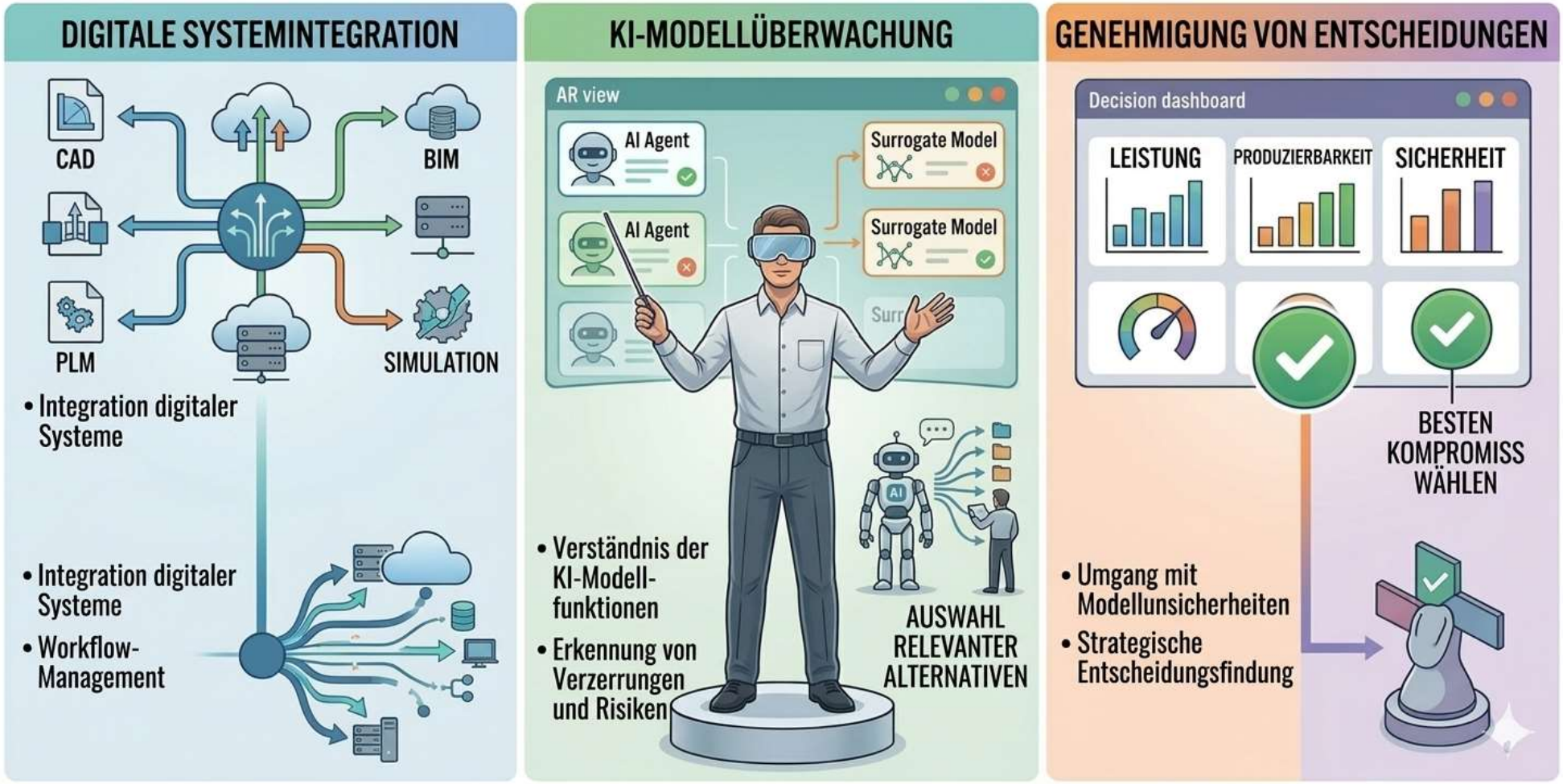
ZUSAMMENFASSUNG # *KI-GESTÜTZTE KONSTRUKTION*



Dr.-Ing. Krisztina Szeghő, Dr.-Ing. Zsolt Farkas, Dr.-Ing. Róbert Krisch, Dr.-Ing. Viktor Gotthard

© 2026

FAZIT # DER INGENIEUR DER ZUKUNFT: DIGITALER DIRIGENT



Dr.-Ing. Krisztina Szeghő, Dr.-Ing. Zsolt Farkas, Dr.-Ing. Róbert Krisch, Dr.-Ing. Viktor Gotthard © 2026

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

TECHNIA

Virtuelle Konstruktion, Spritzguss und Simulation der Kurzfaserverstärkten Verbundwerkstoffe in SIMULIA

16.09.2026 | Dr.-Ing. Zhenhua Dai

TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP



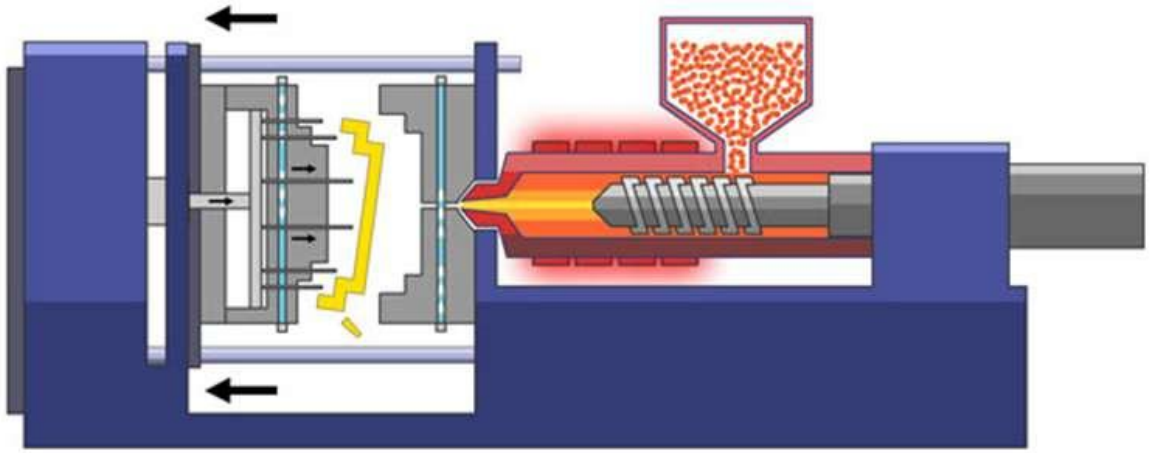
Dr.-Ing. Zhenhua Dai

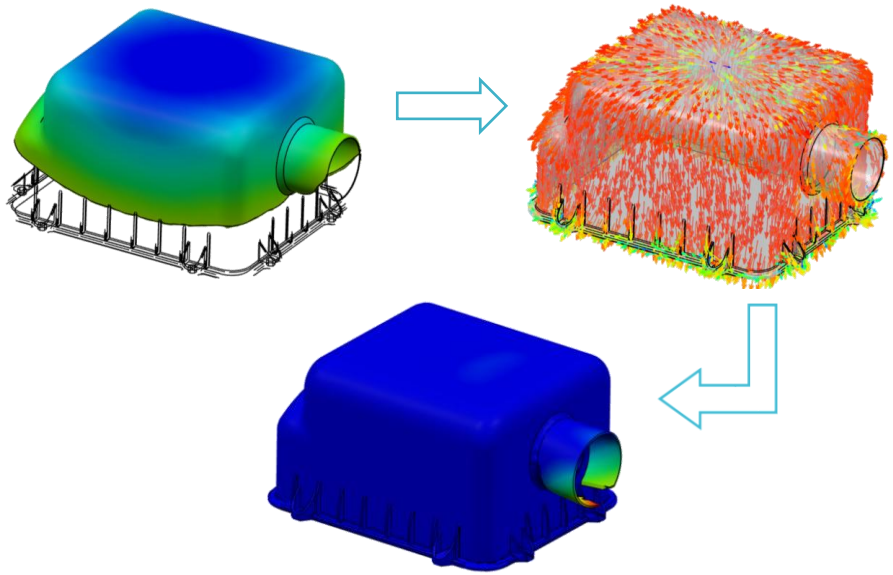
SIMULATION CONSULTANT
TECHNIA GmbH

TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

Ziel

In dieser Präsentation wird ein Bauteil aus kurzfaserverstärktem Verbundwerkstoff auf der 3DEXPERIENCE-Plattform erstellt und der gesamte Ablauf – vom Spritzgussprozess bis zur strukturellen Bewertung – simuliert. Der Spritzgussprozess wird direkt auf der 3DEXPERIENCE-Plattform durchgeführt. Die anschließende Auswertung der nichtlinearen Multiskalen-Materialeigenschaften sowie die Strukturanalyse erfolgen ebenfalls auf der Plattform sowie in Abaqus.





TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

Kurzfaserverstärkten Kunststoff

Kurzfaserverstärkten Kunststoff

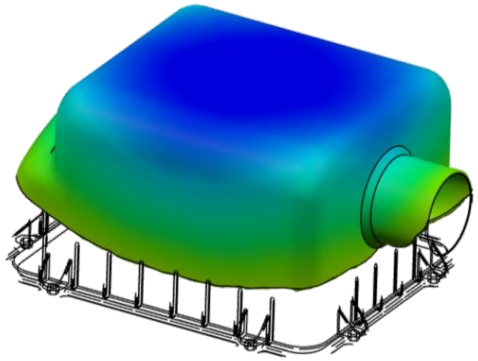
- Kurze Glas-/Kohlenstofffasern
- Duroplastisches/thermoplastisches Harz
- Erhöhung von Steifigkeit, Festigkeit und Haltbarkeit

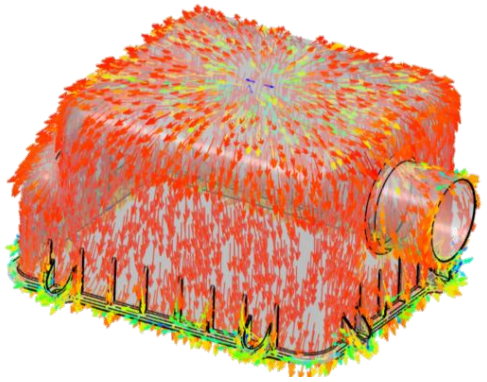
Komplexe Materialeigenschaften

- Heterogen, anisotrop
- Temperaturabhängig
- Viskoelastizität (Kriechen)
- Plastizität
- Schädigung und Versagen

Auswirkungen mikroskopischer Strukturen

- Faserorientierung
- Faserform, Volumenanteil
- Schwachstelle: Bindenähte





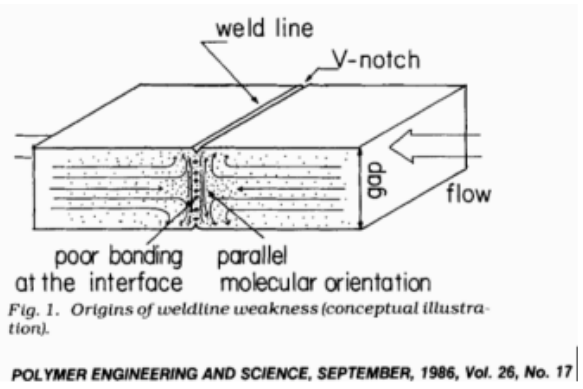


Fig. 1. Origins of weldline weakness (conceptual illustration).

POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE, SEPTEMBER, 1986, Vol. 26, No. 17

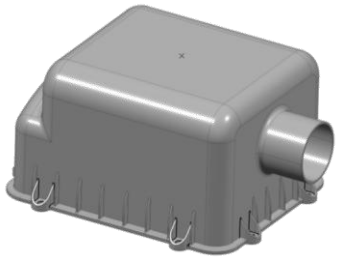
Effects of Resins on Weld Line Strength

Resin	Reinforcement	Fillers	Tensile Strength 1 Gate Kpsi	2 Gate Kpsi	% Retained
PSU	None		9.6	9.6	100
PSU	30% glass fiber		16.8	10.4	62
SAN	None		11.3	9.0	80
SAN	30% glass fiber		16.2	6.5	40
PP	None		5.4	4.7	86
PP	20% glass fiber	15% glass beads	9.1	4.3	47
PP	15% glass fiber	15% PTFE	6.5	2.7	42
PP	30% glass fiber		9.7	2.8	29
PPS	None		8.8	7.3	83
PPS	10% glass fiber		10.3	3.9	38
PPS	40% glass fiber		20.5	4.1	20

https://steinwall.com/wp-content/uploads/2021/05/Steinwall_TA_WeldLines.pdf

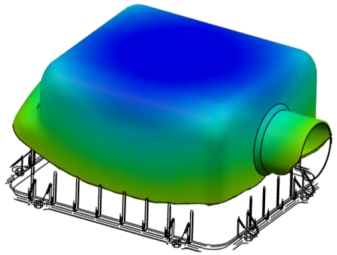
TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

Workflow



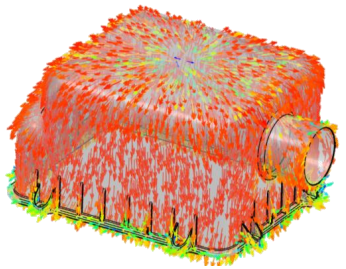
Konstruktion von Kunststoffteilen (3DEXPERIENCE)

①



Spritzgusssimulation (3DEXPERIENCE)

②



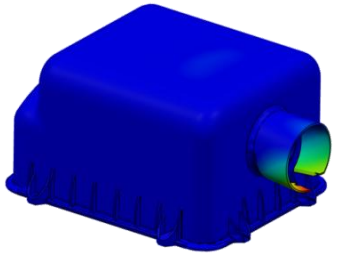
Zuordnung der Faserorientierung (Abaqus & 3DEXPERIENCE)

③



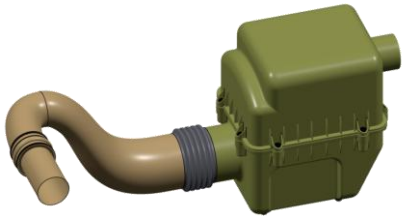
Multiskalen-Materialmodellierung (Abaqus & 3DEXPERIENCE)

④



Strukturelle Simulation (Abaqus & 3DEXPERIENCE)

⑤

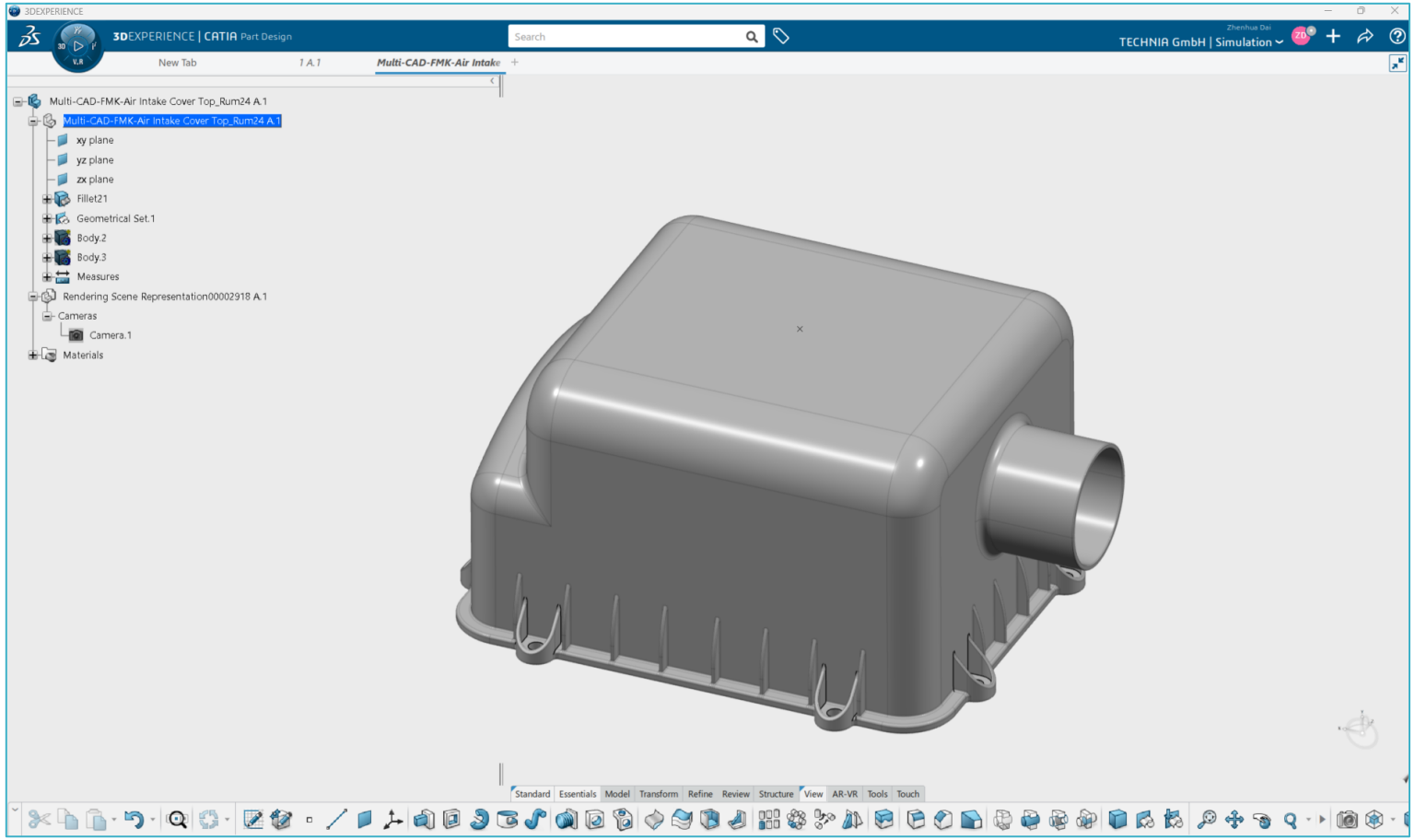


Endprodukt

⑥

TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

1. Konstruktion von Kunststoffteilen



TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

2. Spritzgusssimulation

Spritzgusssimulation

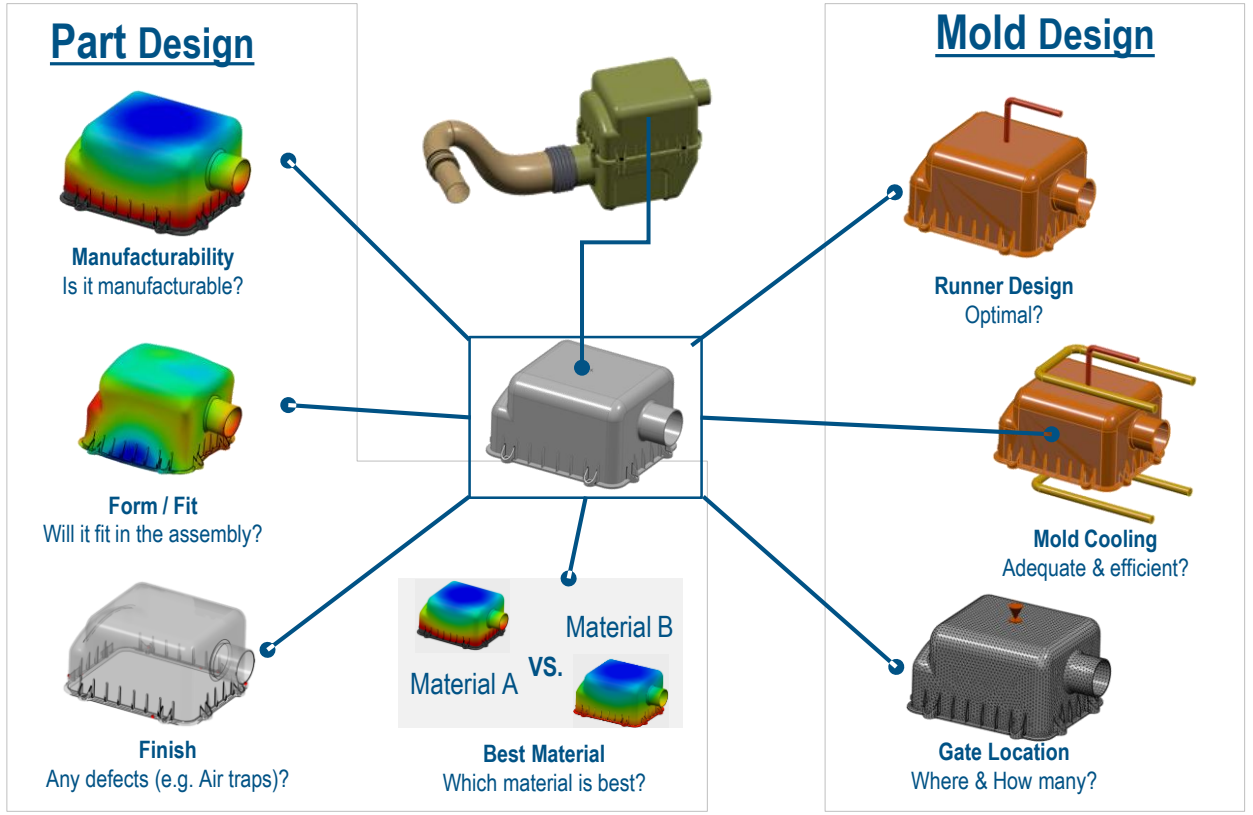
- Formkühlung
- Füllen
- Verpacken und Kühlung
- Verzug

Bewertung der Fertigbarkeit

- Kunststoffe
- Formen, Anschnitte, Angusssystem
- Parameter des Fertigungsverfahrens

Bewertung der Bauteilperformance

- Festigkeit
- Verzug
- Fehler: unvollständige Füllung, Bindenähte, Einfallstellen, Lufteinschlüsse usw.



TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

3. Zuordnung der Faserorientierung

Abaqus Keywords (seit R2020xFD01)

***EXTERNAL FIELD, FILE="source.sim"**

NODES or ELEMENTS, <region in current analysis>, ,

NODES or ELEMENTS, <region in previous analysis>,

ORITENS, < mapping controls>, <field operations>

- Used to import external fields to define
  - Spatial distributions:

***DISTRIBUTION**

  - Initial conditions:

***INITIAL CONDITIONS, TYPE=TEMPERARURE**

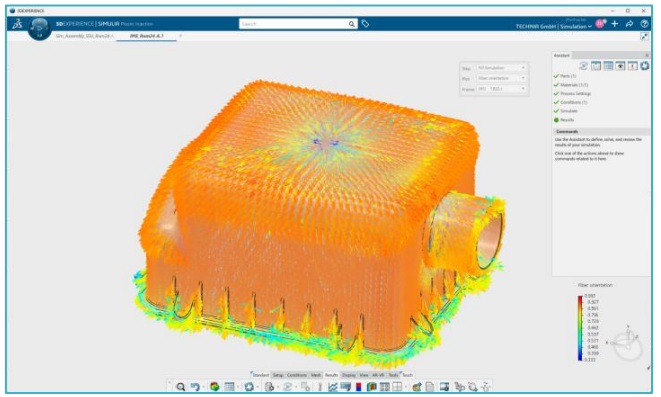
***INITIAL CONDITIONS, TYPE=STRESS**

***INITIAL CONDITIONS, TYPE=FIELD**

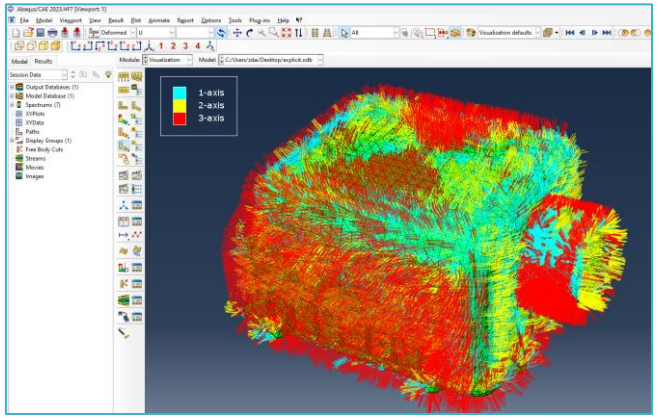
***INITIAL CONDITIONS, TYPE=SOLUTION**

  - History-dependent fields:

***FIELD IMPORT**



Fiber Orientation in Plastic Injection Simulation



Fiber Orientation Mapped in Abaqus

TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

3. Zuordnung der Faserorientierung

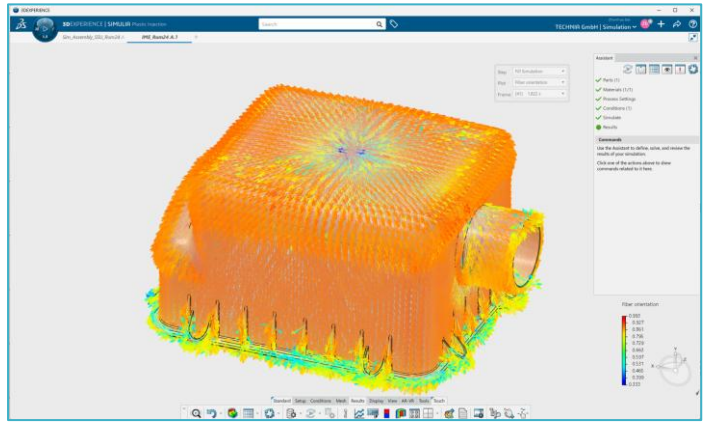
3DEXPERIENCE

Sequenzielle Multiphysik in 3DEXPERIENCE

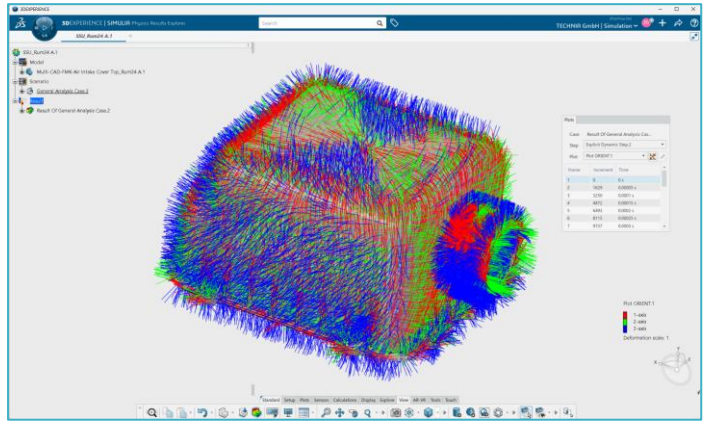
- Material- und Faserorientierungen (seit R2023xFD01)
- Anfangstemperatur, initiale Spannung (seit R2023xFD01)
- Location der Bindenähte (initiale Feld) (seit R2023xFD03)

Support SIM format

- Direkt generiert von Plastic Injection Apps in 3DEXPERIENCE
- Umwandlung von Moldflow Result zu SIM format (siehe QA00000065976)



Fiber Orientation in Plastic Injection Simulation



Fiber Orientation Mapped in Structural Simulation

TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

4. Multiskalen-Materialmodellierung

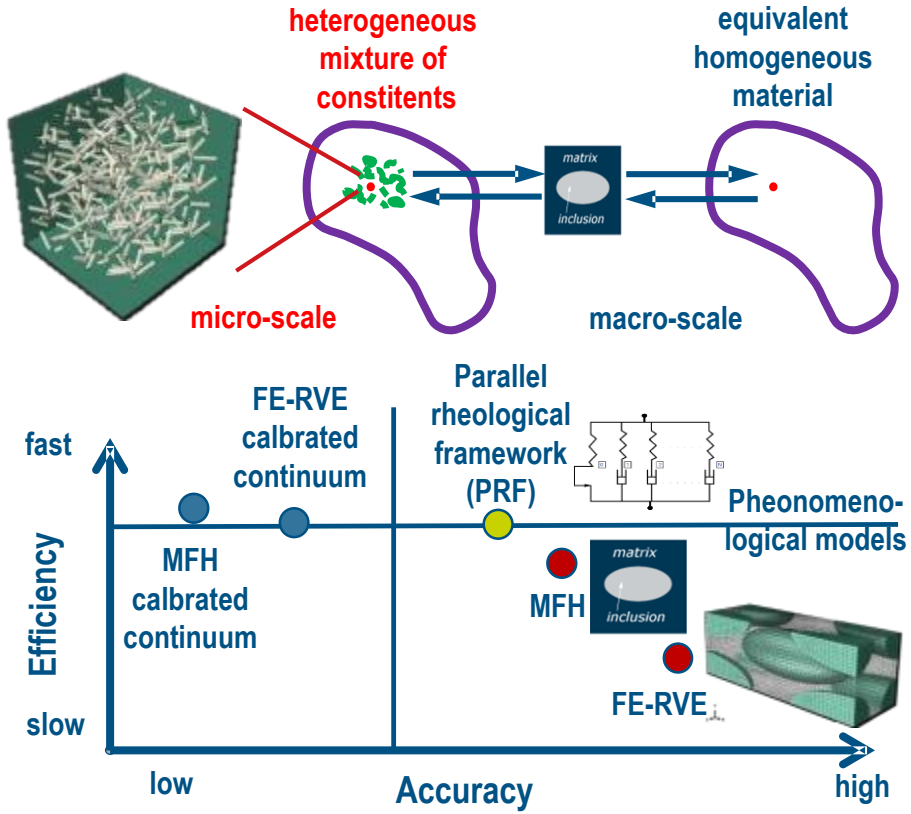
Faserverstärkte Kunststoffe

Representative-Volume-Element (RVE) Methode

- Mikrofelder werden mittels Finite-Elemente-Analyse berechnet
- Rechentechnisch langsam, abhängig von der Größe des Mikromodells
- Präzise Vorhersage des vollständigen Lösungsfeldes im Mikromodell.

Mean-Field-Homogenization (MFH) Methode

- Gute Genauigkeit: halb-analytische Lösung
- Recheneffizient: besser als die FE-RVE-Methode (Finite-Elemente-Methode mit repräsentativem Volumenelement)
- Kann gleichzeitig das lineare und nichtlineare Verhalten von Verbundwerkstoffen und deren Bestandteilen vorhersagen



Source: Dassault System

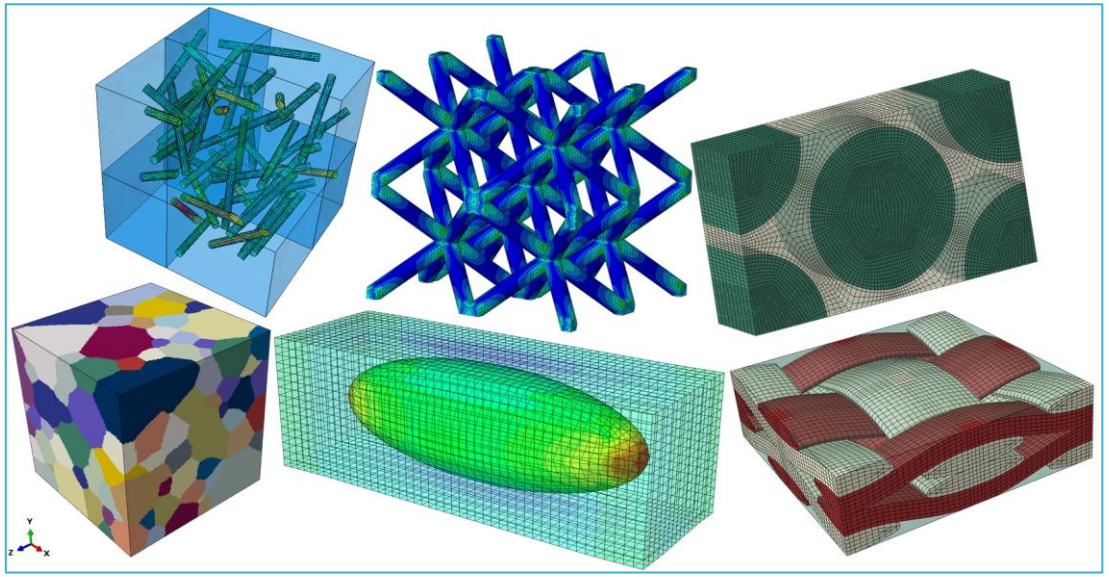
TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

4. Multiskalen-Materialmodellierung

Faserverstärkte Kunststoffe

Representative Volume Element (RVE) Methode

- Als Plug-in für Abaqus verfügbar
- Untersuchung verschiedener RVE-Physiken:
  - Mechanische Analyse sowohl von Festkörper-Kontinuums- als auch von schalenartigen Mikrostrukturen
  - Stationäre Wärmeübertragung
  - Stationäre gekoppelte Temperatur-Verschiebungs-Analyse
- Homogenisierung:
  - Elastische Steifigkeit
  - Wärmeausdehnung, Wärmeleitfähigkeit, spezifische Wärmekapazität
  - Steifigkeit von Schalenquerschnitten
  - Vollständig gekoppelte Analyse (Wärmeleitfähigkeit und Steifigkeit)
  - Dichte



Source: Dassault System

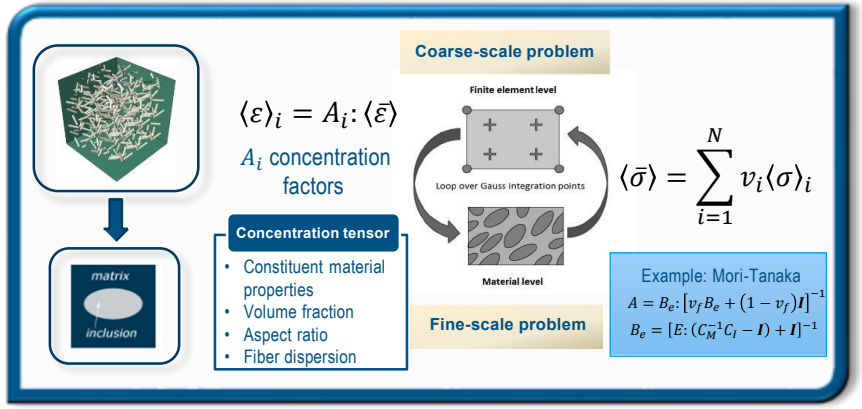
TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

4. Multiskalen-Materialmodellierung

Faserverstärkte Kunststoffe

MFH basierendes Mehrskalen-Materialmodell

- Zugriff auf alle in Abaqus verfügbaren Materialmodelle
- Optimale Leistung durch nahtlose Integration in Abaqus
- Durchgängige Lösung auf der 3DEXPERIENCE-Plattform für die Modellierung von Verbundwerkstoffen
- Erweiterte Funktionen
  - Vom Benutzer vorgegebener Konzentrationstensor für linear-elastische Materialien
  - Pseudokorn-Homogenisierung für mehrphasige Verbundwerkstoffe:
    - Dispergierte Fasern (Faserverbundwerkstoff mit Kurzfasern)
  - Viskoelastizität (Zeit- und Frequenzdomain)
  - Schädigung und Versagen
  - Ergebnisse auf Mikroebene



MFH material definition

- **Constituent property definition:** matrix, void, multi-inclusions definition
- **Inclusion shape definition:** cylinder, elliptic cylinder, oblate, prolate, penny, sphere, volume fraction, aspect ratio
- **Inclusion direction definition:** fixed, orientation tensor, random3d
- **Homogenization formulation:** Mori-Tanaka, Voigt, Chamis, etc.

```
*MATERIAL, NAME=FRP
*Mean Field Homogenization, Formulation=BALANCED
*Constituent, Material=Epoxy, Type=MATRIX, Name=Matrix
*Constituent, Material=Glass, Type=INCLUSION,
 Shape=PROLATE, DIRECTION=ORIENTATION TENSOR
<volume fraction>, <aspect ratio>, <distribution of orientation tensor>
```

Source: Dassault System

TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

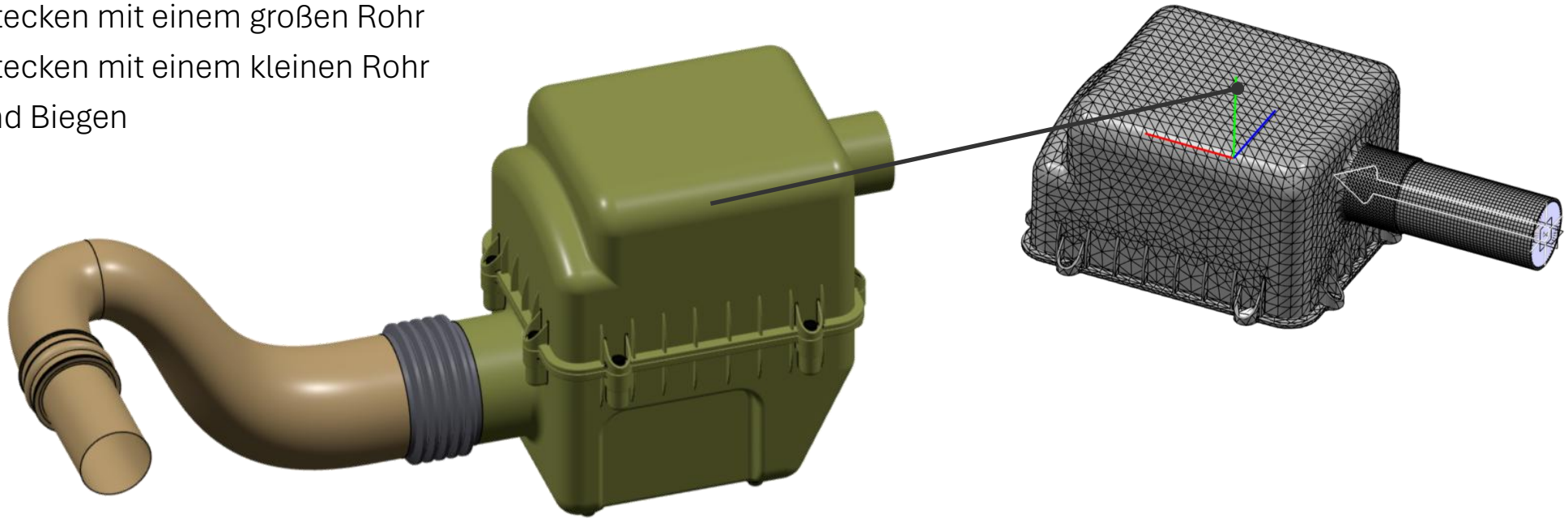
Demo:

Simulation eines Kunststoffteils in einem Luftfilter

1. Spritzgusssimulation

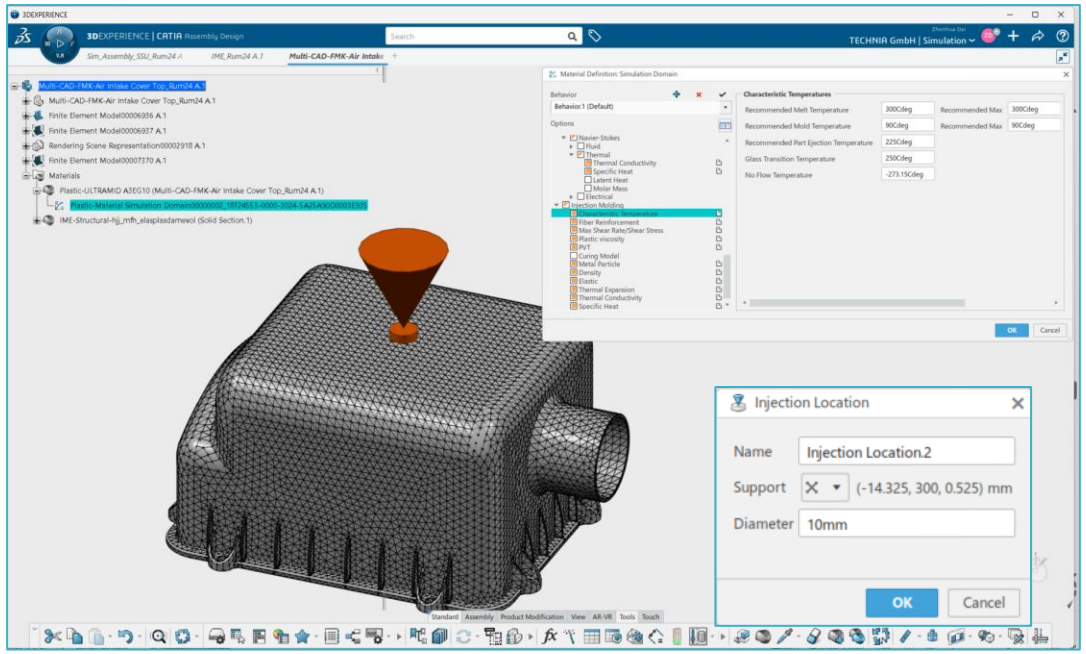
2. Strukturelle Simulation

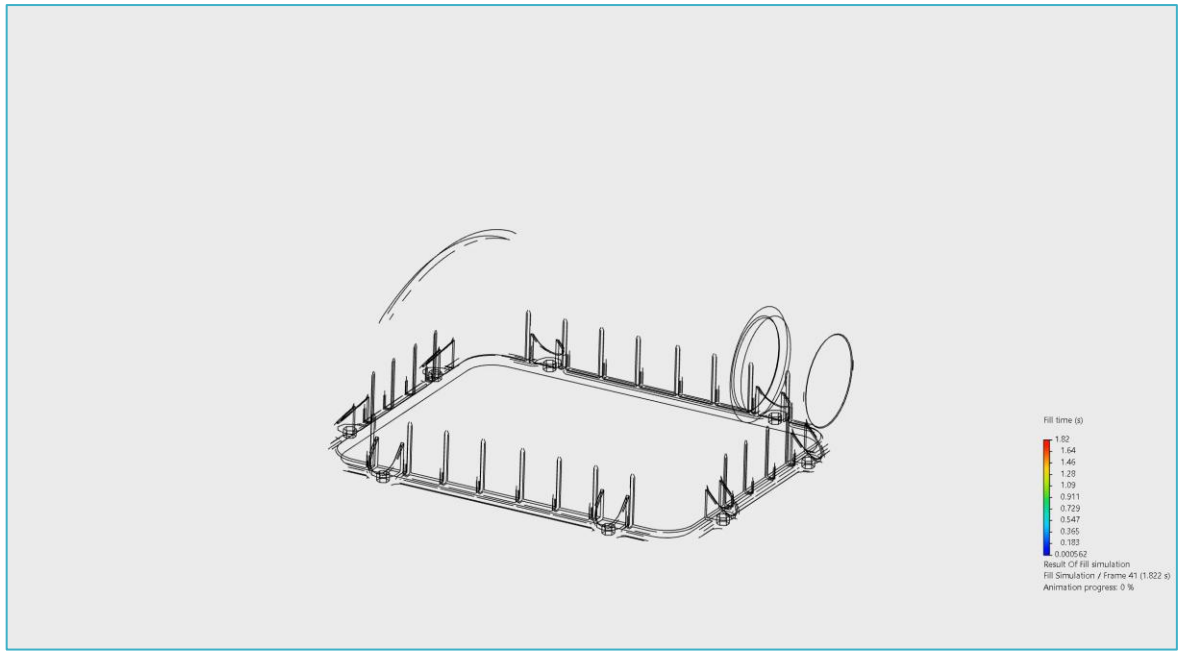
- Szenario 1: Einstecken mit einem großen Rohr
- Szenario 2: Einstecken mit einem kleinen Rohr und Biegen



TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

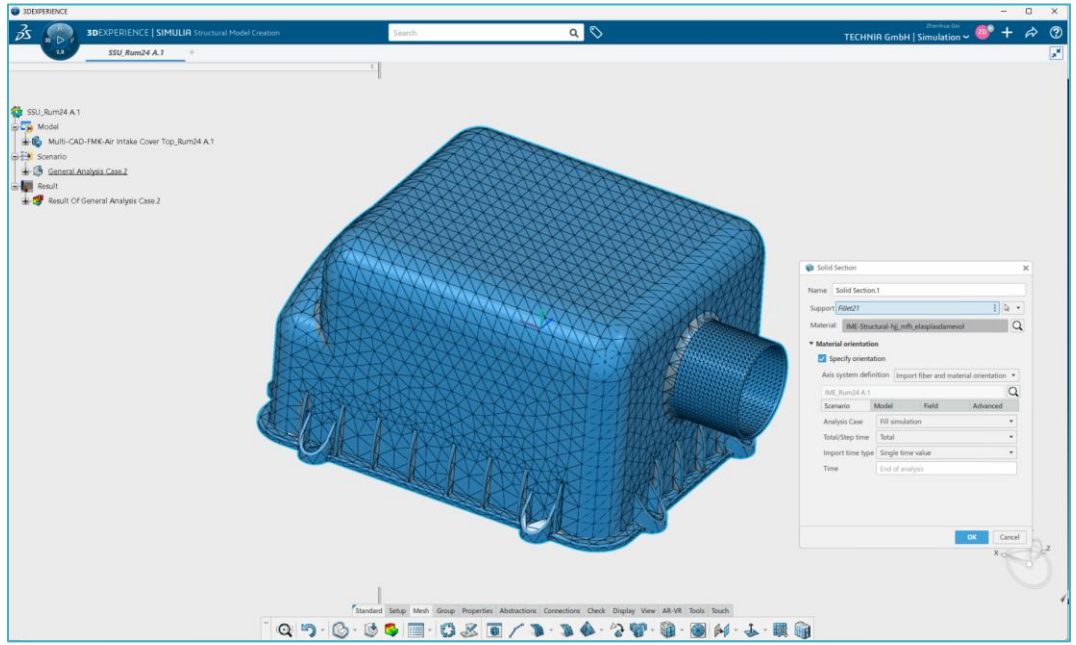
2. Spritzgusssimulation
3DEXPERIENCE

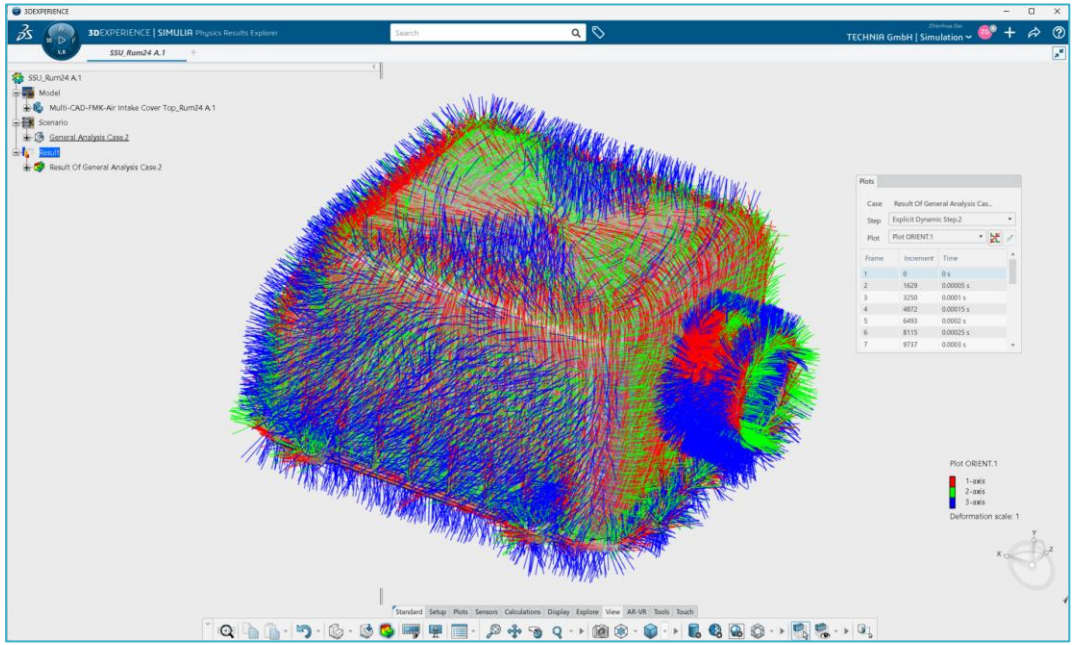




TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

3. Zuordnung der Faserorientierung
3DEXPERIENCE



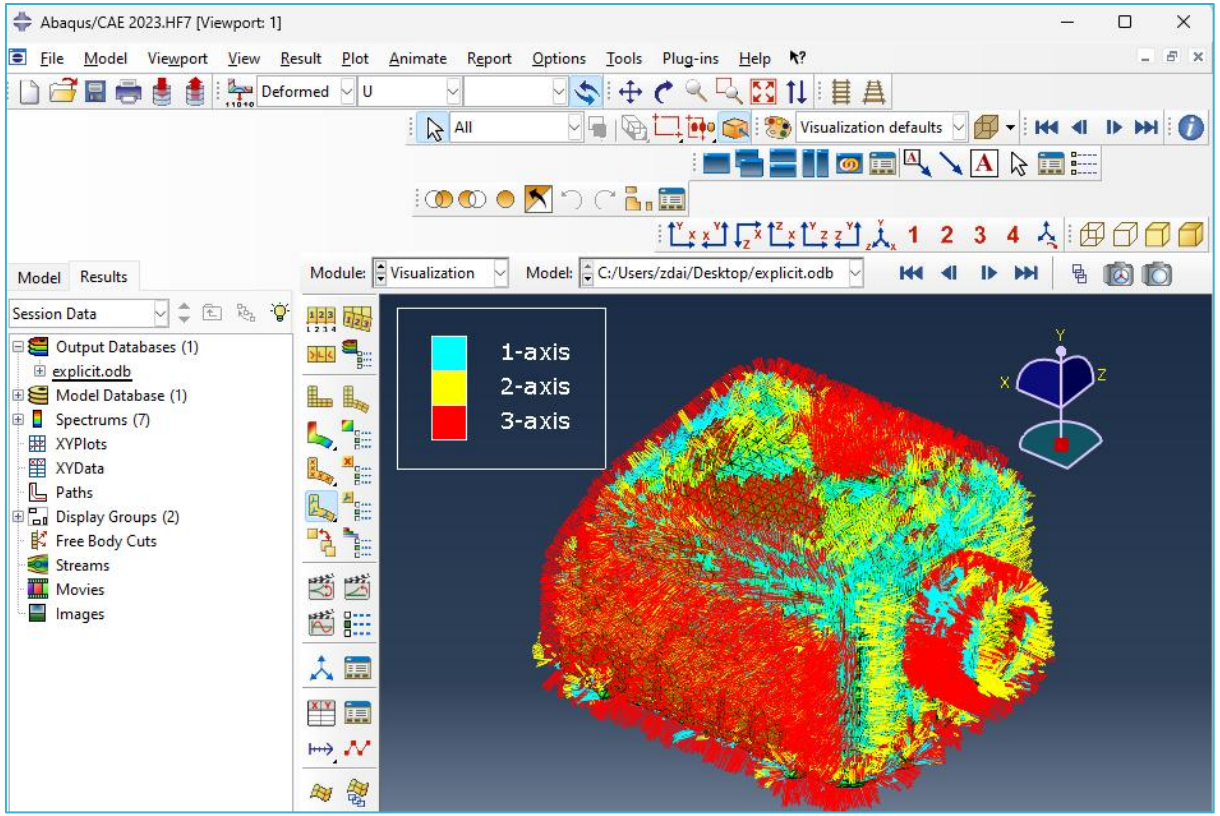


TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

3. Zuordnung der Faserorientierung

Abaqus

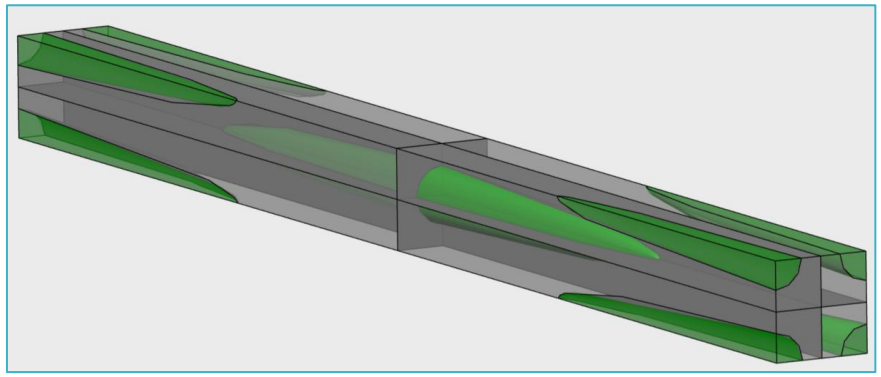
*EXTERNAL FIELD, FILE=„IME_Rum24.sim„
ELEMENTS, "Solid Section1-1-3", ORITENS,
ELEMENTS, , ORITENS, "Solid
Section1_MapperControls",
*ORIENTATION, NAME="Orientation1-1-3",
DISPERSION, SYSTEM=RECTANGULAR,
DEFINITION=COORDINATES1., 0., 0., 0., 1.,
0.1, 0.



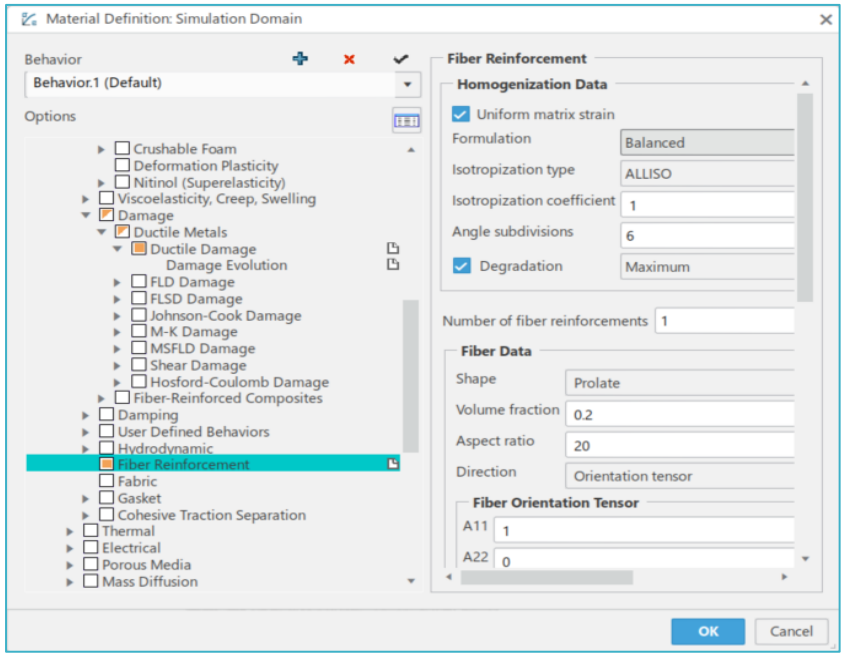
TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

4. Multiskalen-Materialmodellierung
3DEXPERIENCE

Manuel RVE-Modell in 3DEXPERIENCE



Direkt MFH-Modell in Material Definition app. in 3DEXPERIENCE



TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

4. Multiskalen-Materialmodellierung

Abaqus

Manuel MFH Keyword

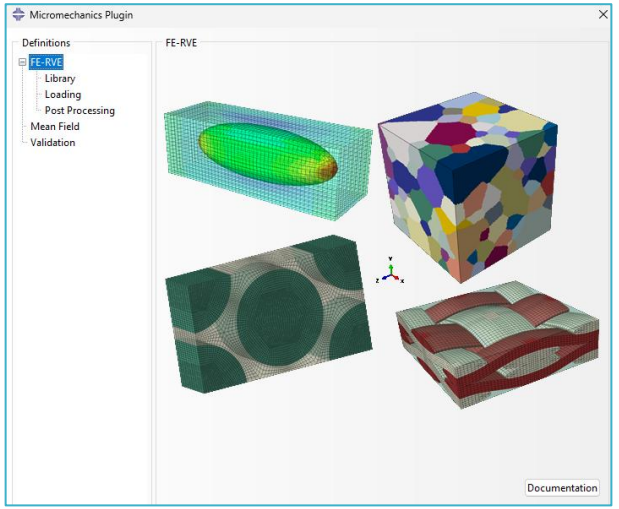
*Mean Field Homogenization, Formulation=BALANCED

*Constituent, Material=Epoxy, Type=MATRIX, Name=Matrix

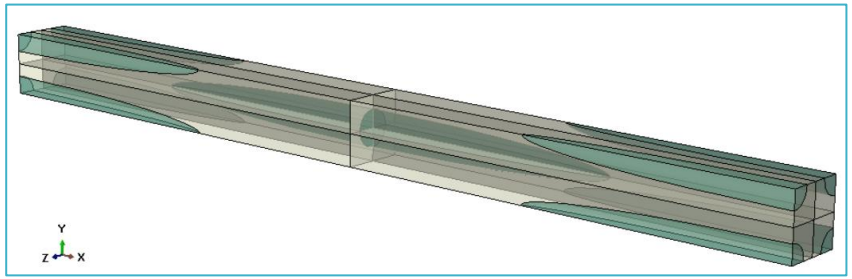
*Constituent, Material=Glass, Type=INCLUSION, Shape=PROLATE, Name=Inclusion

0.2, 20

Direkt RVE Methode als Plug-in



RVE-Modell in Abaqus



TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

4. Multiskalen-Materialmodellierung

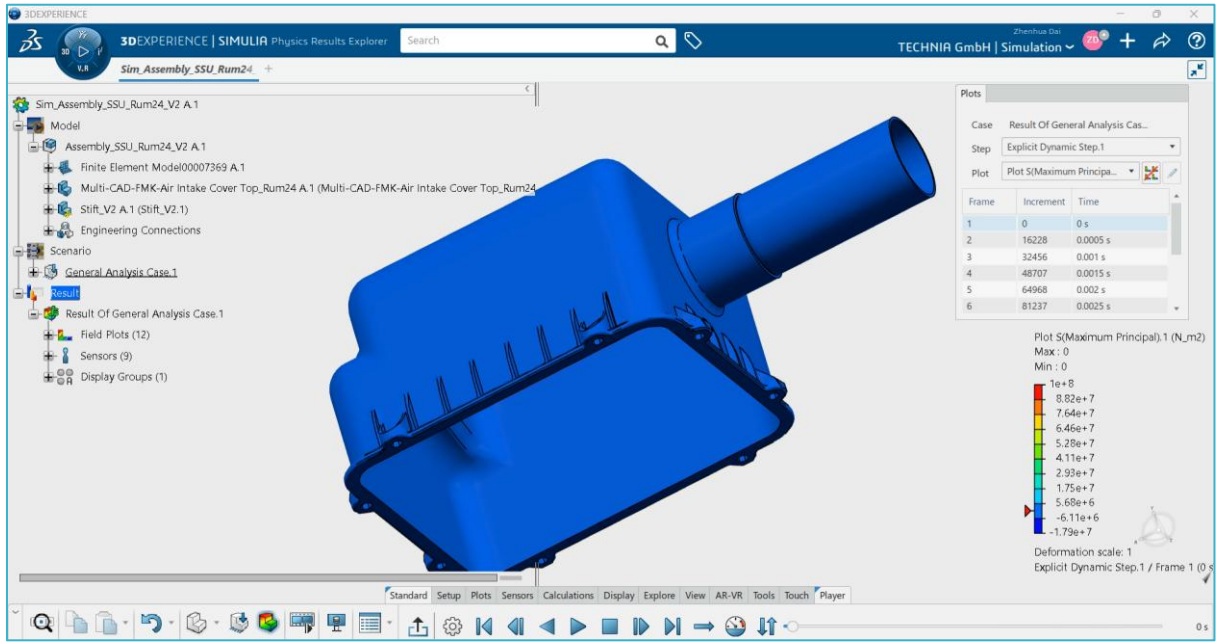
Real World	**Materialeigenschaften:** Faser: E = 72000 MPa, ν = 0.22 Matrix : E = 1700 MPa, ν = 0.41	**Materialzusammensetzung:** Aspektverhältnis: 15:1 Faser Volumenanteil: 0.2 Last: 0.001 Dehnung

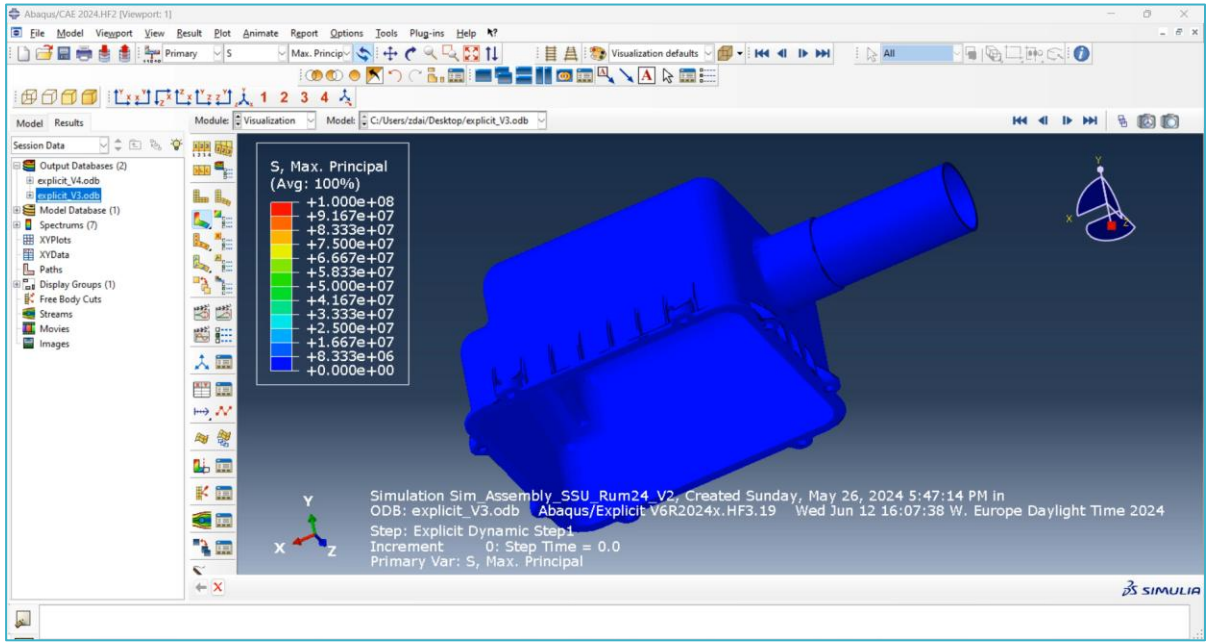
	Faser			Matrix		
Modell	σ_{11}(MPa)	σ_{22}(MPa)	σ_{33}(MPa)	σ_{11}(MPa)	σ_{22}(MPa)	σ_{33}(MPa)
EllipsoidBodyCentered FE-RVE	50.1	5.1	-1.54	3.45	3.66	0.34
Mori-Tenaka MFH	48.2	5.05	-0.84	3.43	3.65	0.21
Balanced MFH	50.2	5.55	-1.02	3.44	3.67	0.25

TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

5. Strukturelle Simulation

Szenario 1

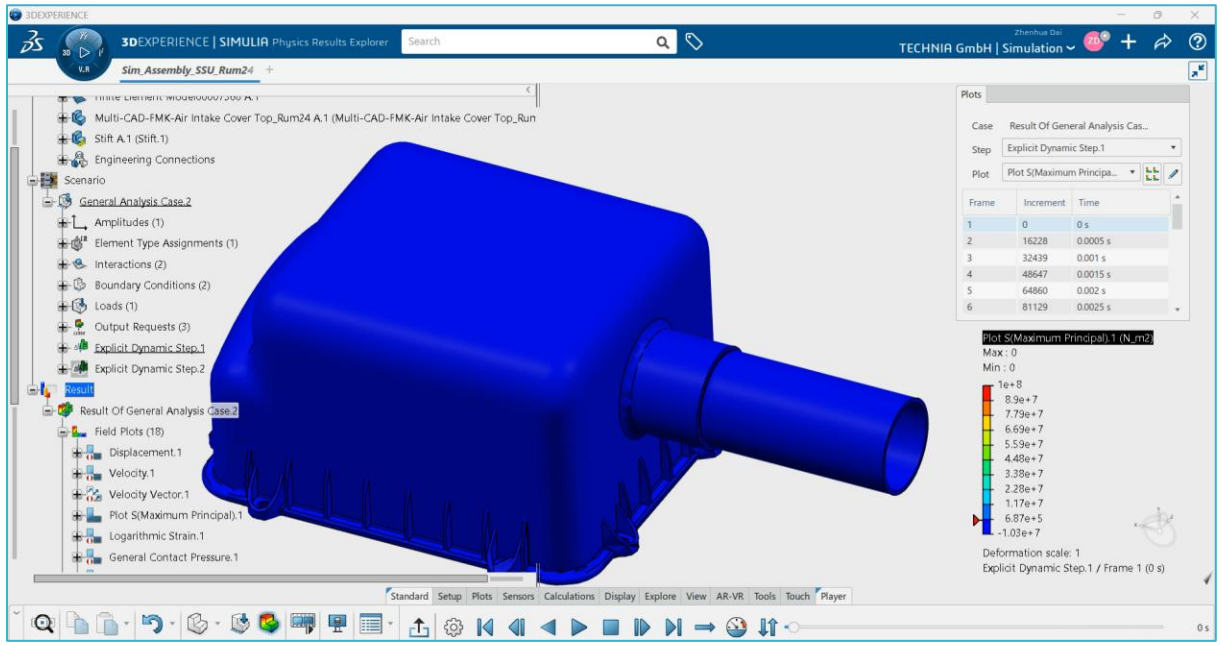


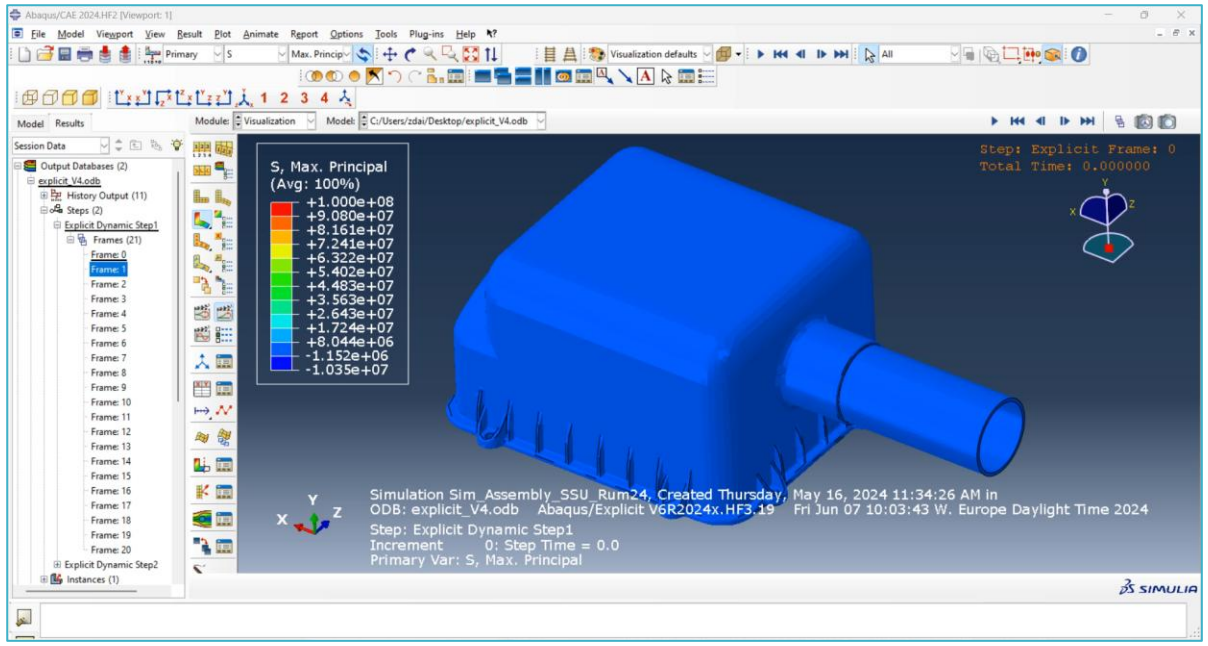


TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

5. Strukturelle Simulation

Szenario 2





TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

Zusammenfassung
Geschäftliche und technische Vorteile

- Digitale Kontinuität in einer einheitlichen Umgebung
- Nahtloser Datenaustausch in 3DEXPERIENCE
- Reduzierung von Fehler und Kunststoffabfällen
- Beschleunigung des Entwicklungsprozesses durch Simulation
- Verwirklichung Optimal Designs
- Erhöhung der Produktivität & Beschleunigung der Innovation

TECHNIA
PART OF ADDNODE GROUP

Danke für Ihre Aufmerksamkeit! Haben Sie Fragen?

simulation@technia.com
www.technia.com

Entwicklung einer Wirkmaschine zur Verarbeitung großvolumiger, inhomogener Naturfaserstränge

Referent:

M.Sc. Kassandra Franke

Co-Autor:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Maik Berger



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
IN DER KULTURHAUPTSTADT EUROPAS
CHEMNITZ

Professur Montage- und Handhabungstechnik
Prof. Dr.-Ing. Maik Berger

Email: mht@mb.tu-chemnitz.de
Tel: +49 (0) 371 531 – 32841
Fax: +49 (0) 371 531 – 23739

www.tu-chemnitz.de/mb/mht

Technische Universität Chemnitz
Fakultät für Maschinenbau
Professur Montage- und Handhabungstechnik
Reichenhainer Straße 70
D-09126 Chemnitz

Qualitätsmanagement ISO 9001:2015
Zertifikat-Reg.-Nr. 103315 QM15

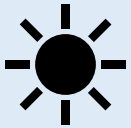
Agenda

1. Motivation
2. Zielstellung und Analyse technischer Herausforderungen
3. Entwicklung der einzelnen Funktionsbaugruppen
4. Vorstellung des Gesamtmaschinenkonzepts
5. Ausblick und Fragenrunde

Problembeschreibung

Zustand

vermehrte Extremwetterereignisse



langanhaltende
Dürreperioden

+



starke
Regenfälle



https://www.youtube.com/watch?v=DARUvKPSUhE

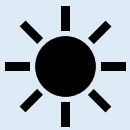


https://www.noen.at/haag/anrainerschutz-laermschutz-in-ennsdorf-fertiggestellt-ennsdorf-laermschutz-print-320514888

Problembeschreibung

Zustand

vermehrte Extremwetterereignisse



langanhaltende Dürreperioden

+



starke Regenfälle

→

Folgen

Erosion, Abrutschungen



durch verstärkten Oberflächenabfluss

↓

Etablierte Maßnahmen



Erosionsschutz-matten

+



Ansaat/ Bepflanzung



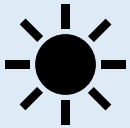
www.beco-bermueller.de/de/produkte/geobaustoffe-geotextilien-geokunststoffe/erosionsschutzmatten/

i.d.R. Gewebe oder Vliesstoffe, teils multiaxiale Gelege aus chemische Fasern (Polyamid, Polypropylen) oder Naturfasern (Kokos, Jute oder Flachs)

Problembeschreibung

Zustand

vermehrte Extremwetterereignisse



langanhaltende Dürreperioden

+



starke Regenfälle

→

Folgen

Erosion, Abrutschungen



durch verstärkten Oberflächenabfluss

↓

Etablierte Maßnahmen

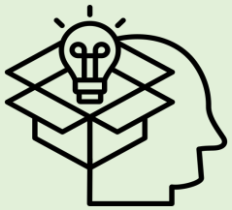


Erosionsschutz-matten

+



Ansaat/ Bepflanzung



Kann man Erosionsschutzmatten auch aus regionalen Naturmaterialien herstellen?

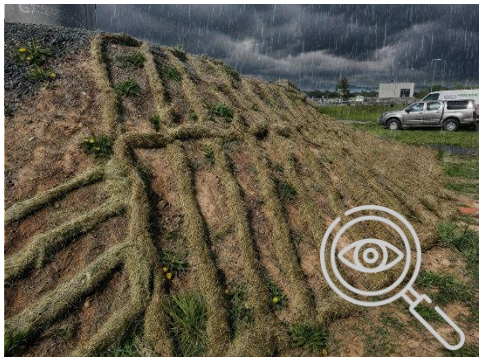
Erkenntnisse aus Vorprojekt: Regionale Hangbewehrung mittels Heu

ZIM-Projekt: „Ingenieurbiologische Bauweise unter Verwendung regional verfügbarer nachwachsender Rohstoffe und deren Herstellungstechnologien“

→ automatisierte Herstellung von Heusträngen durch textile Ummantelung (mittels der KEMAFIL-Technologie)

→ mäanderförmige Verlegung an Hängen unter anschließender Fixierung mittels Erdanker





Ergebnis

→ Nachweis der Wirksamkeit als Erosionsschutz: kräftiger Bewuchs nach 2 Jahren, keine Ausspülungen oder Rinnenbildung

„3D“-Geometrie mit großem Volumen sorgt für Stauwirkung u. hohe Wasseraufnahmekapazität

integriertes Saatgut und Dünger (langfristig)

mechanische Abdeckung der Oberfläche

ABER

hoher Installationsaufwand (Zeit, Personal, Material zur Verankerung)

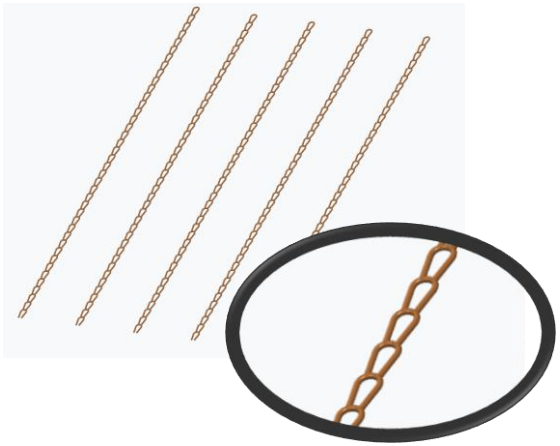
→ **Wirtschaftlichkeit nicht gegeben**

Zielstellung

→ Entwicklung einer Technologien zur effizienten Herstellung von flächigen Heustrangstrukturen (z.B. als Matte oder Gitter) mit robustem, zwangläufigen Antriebssystemen und einfacher Bedienbarkeit

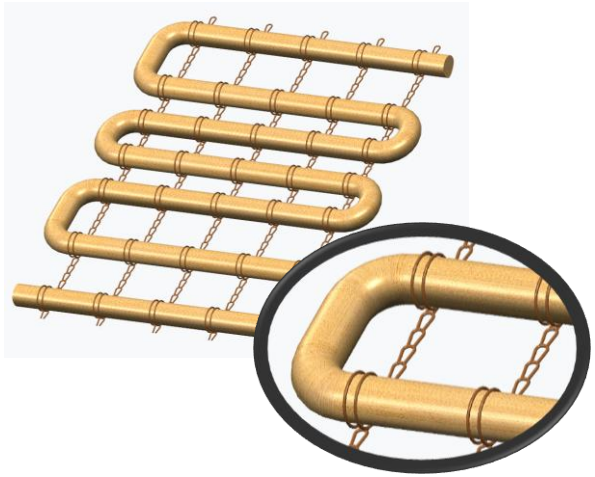
Vorteile:
- enorme Zeit- und Personalersparnis durch einfaches Abrollen von der Hangoberseite aus
- starke Reduzierung der notwendigen Verankerungspunkte

→ Mattenstruktur aus 3 Komponenten:



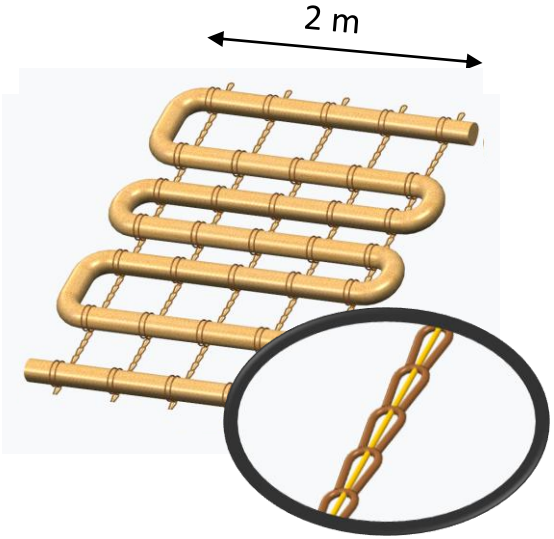
Basisstruktur:
textiles Gewirke aus Maschenstäbchen

+



Funktionsstruktur:
Einbringung von groben Heusträngen als Vollschuss

+



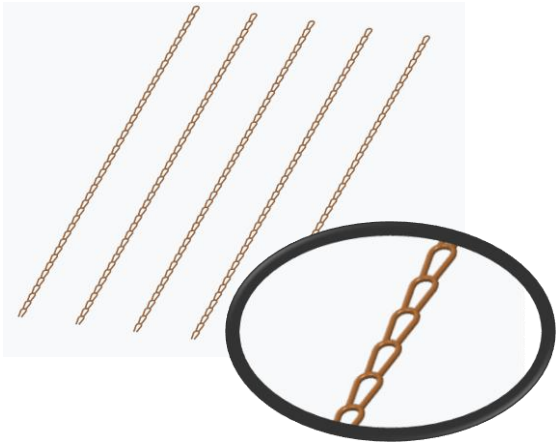
Verstärkungsstruktur:
zugfestes Naturseil als Stehschuss

Zielstellung

→ Entwicklung einer Technologien zur effizienten Herstellung von flächigen Heustrangstrukturen (z.B. als Matte oder Gitter) mit robustem, zwangläufigen Antriebssystemen und einfacher Bedienbarkeit

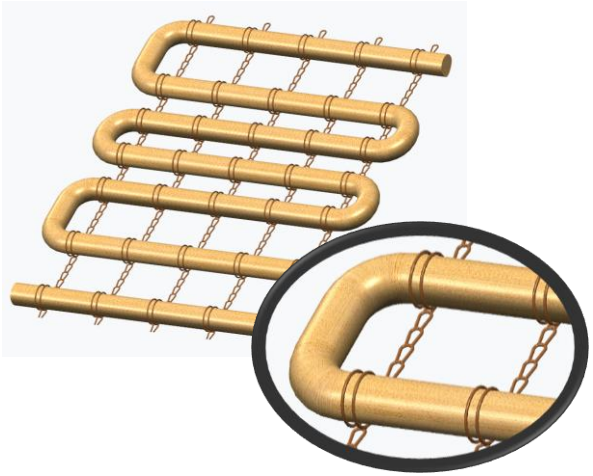
Vorteile:
- enorme Zeit- und Personalersparnis durch einfaches Abrollen von der Hangoberseite aus
- starke Reduzierung der notwendigen Verankerungspunkte

→ Mattenstruktur aus 3 Komponenten:



Basisstruktur:
textiles Gewirke aus Maschenstäbchen

+

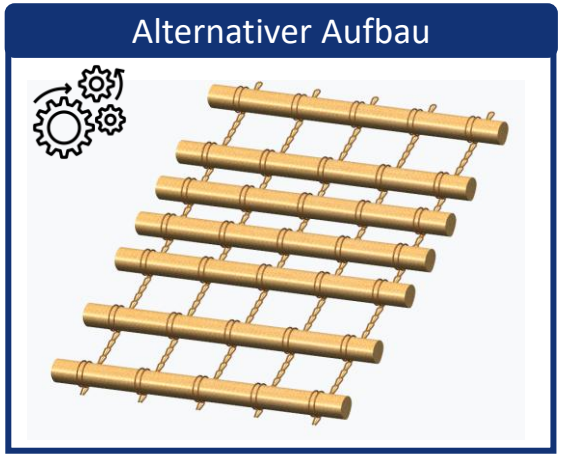


Funktionsstruktur:
Einbringung von groben Heusträngen als Vollschuss

+

Verstärkungsstruktur:
zugfestes Naturseil als Stehschuss

Alternativer Aufbau



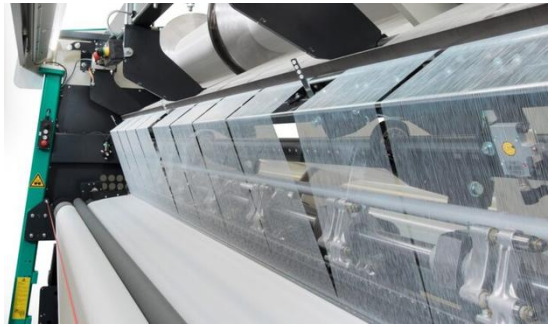
Besonderheiten im Vergleich zur herkömmlichen Wirkanlagen

Herkömmliche Wirktechnik

- Verarbeitung feiner, homogener und zugfester Garne
- hohe Drehzahlen
- geschützte, saubere Umgebung
- hohe Präzision mit Feinheiten E50+ (Nadelanzahl pro Zoll)
- Textilfachkräfte als Bediener

Wirktechnik für grobe Naturfaserstränge

- Verarbeitung rauer Stricke als Wirkfaden und enorm großer, inhomogener Heustrang als Schuss
- geringe Drehzahlen
- raue Umgebungsbedingungen
- geringe Präzision erforderlich (Nadelabstand von 20-30cm)
- branchenübergreifende Bediener (GaLa-Bau)



https://www.karlmayer.com/de/produkte/wirkmaschinen/trikotmaschinen/hks-2-se-plus/



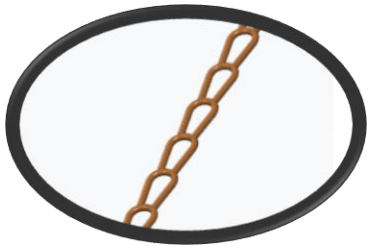
Querschnitt, Durchmesser, Dichte = stark schwankend

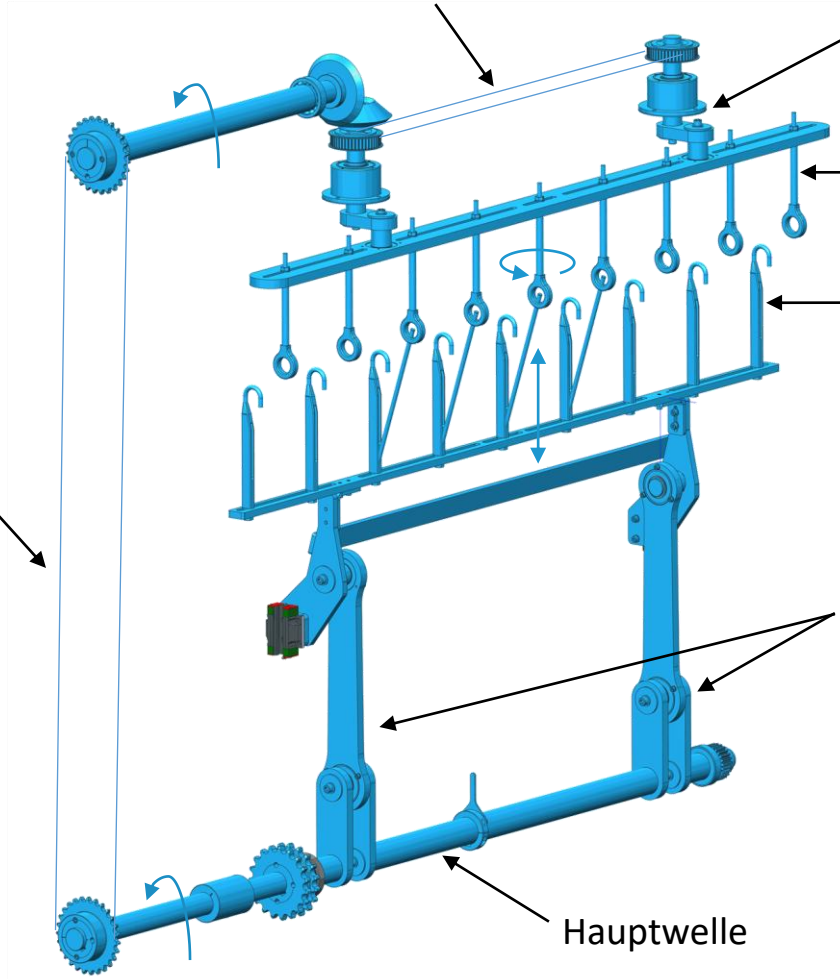


(geringe) Zugkräfte und kleine Biegeradien verursachen Einschnürungen

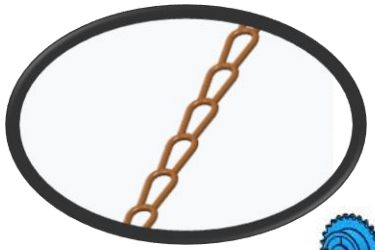
→ **Schlussfolgerung:**
vollständige Neuentwicklung notwendig

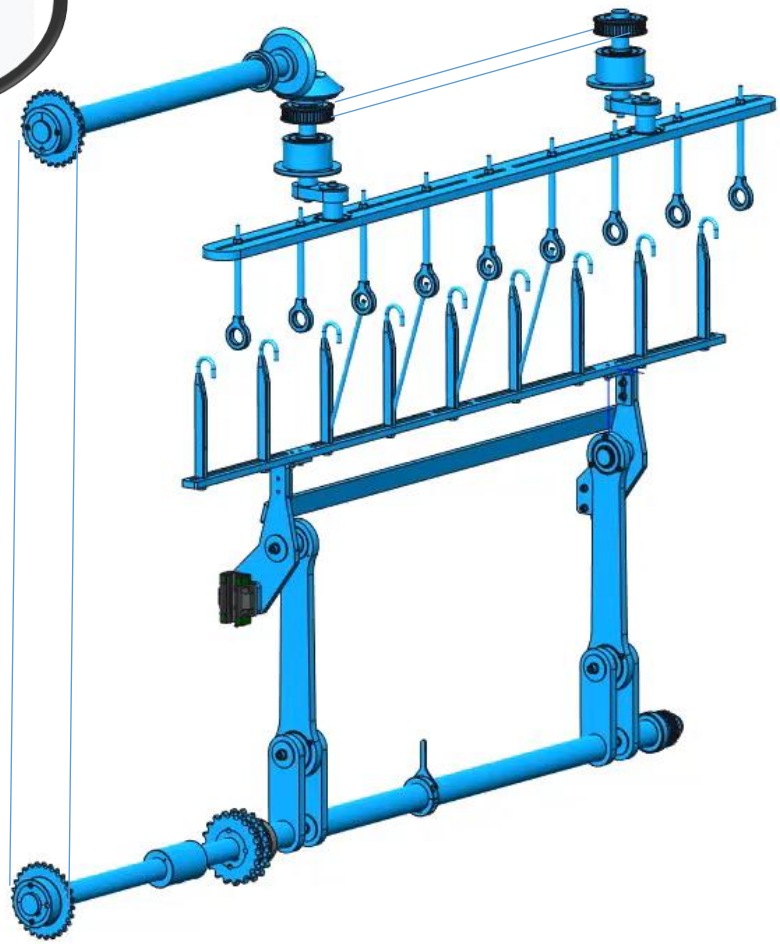
Maschenbildung



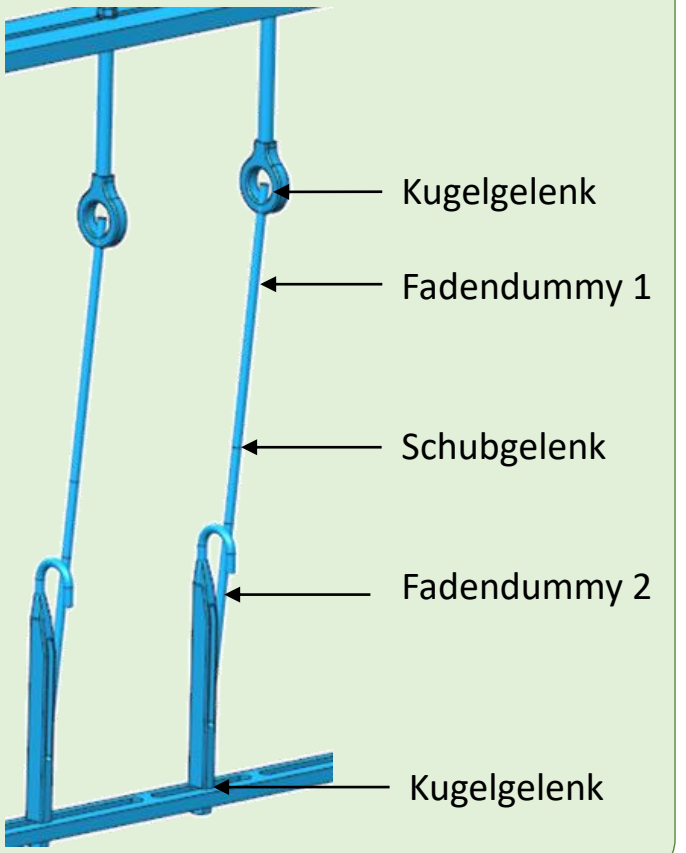


Maschenbildung

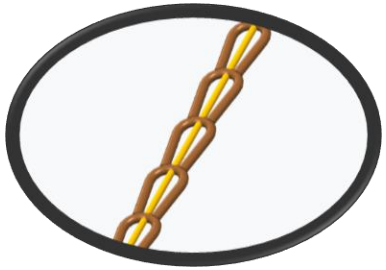


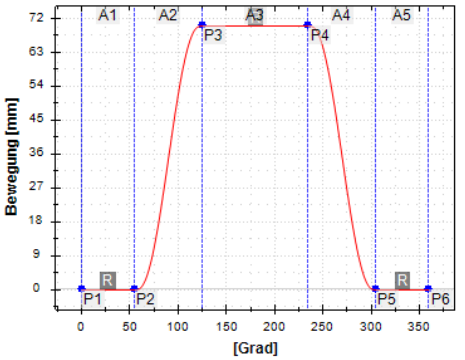


Hilfsmittel Fadendummy

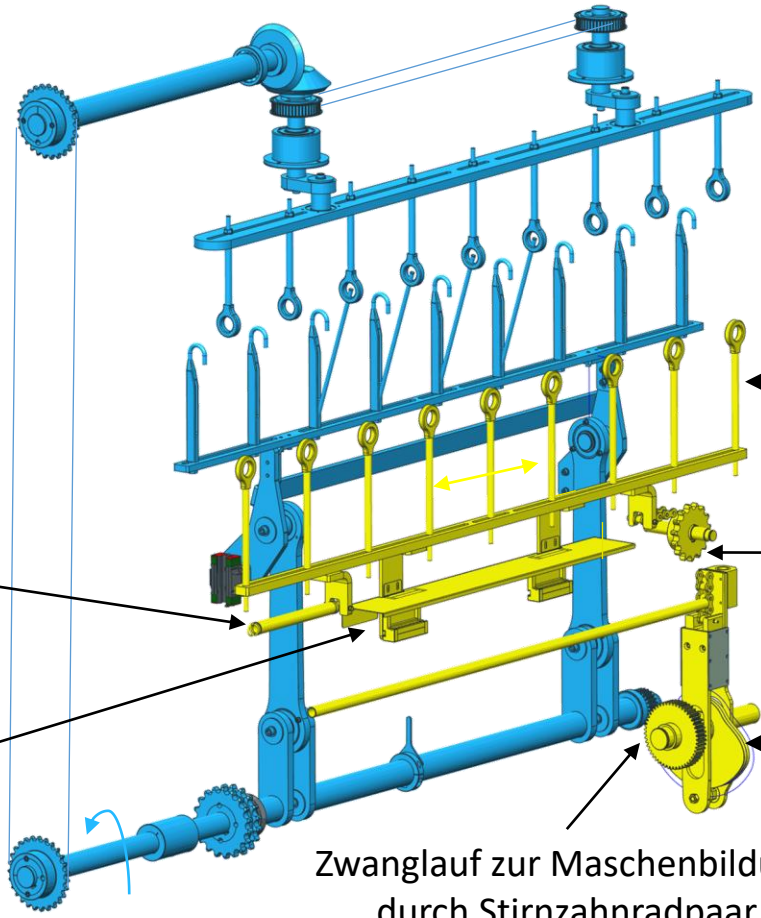


Längsverstärkung durch Stehschusseintrag





Rast-in-Rastbewegung



Stehschuss-
nadelbarre

Offener
Kettentrieb

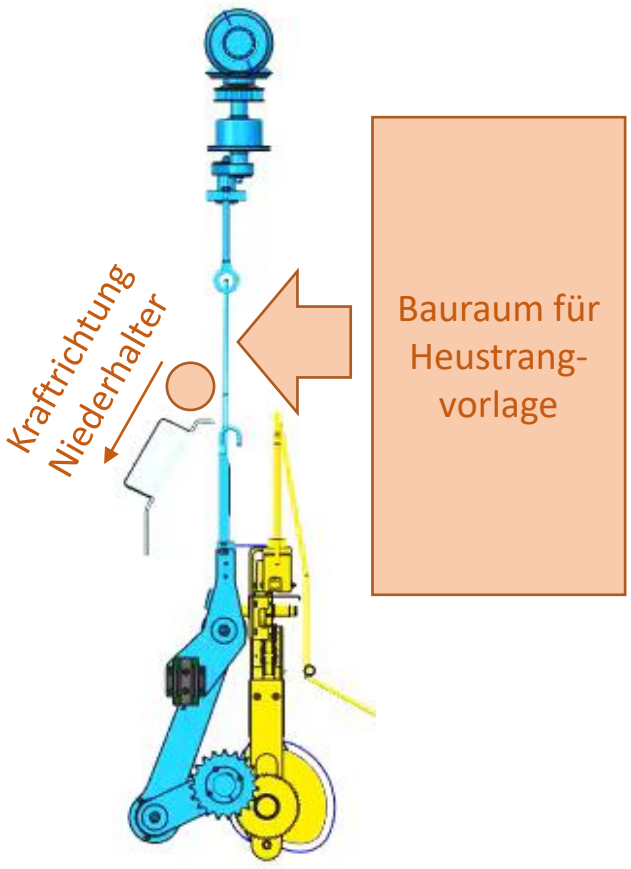
Kurvenscheibe
mit Stößel

Rückholfeder

Linearführung der
Stehschussbarre

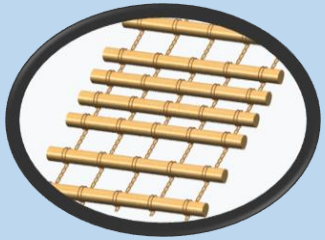
Zwanglauf zur Maschenbildung
durch Stirnzahnradpaar

Naturfaserstrangzuführung



Anforderungen

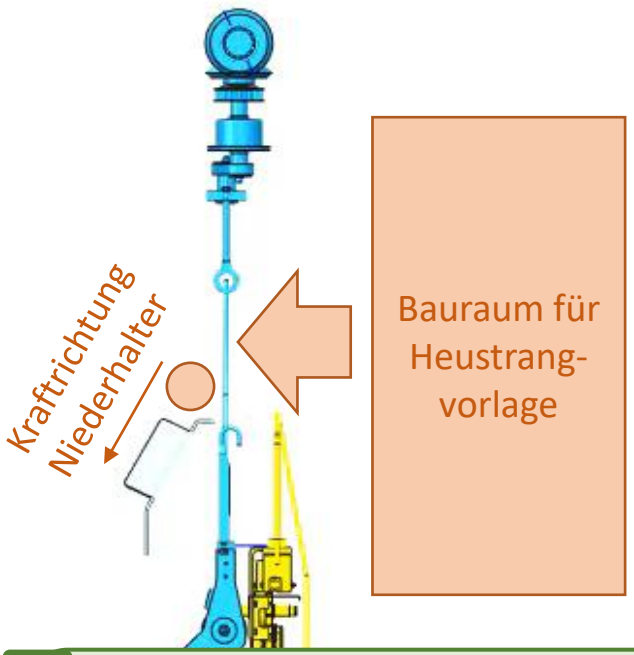
(1) Heustrangvorlage/-bereitstellung:
- von der Maschinenvorderseite
- vereinzelt, sicher gegenüber typischen Abweichungen im Heustrang (Durchmesser, Festigkeit)



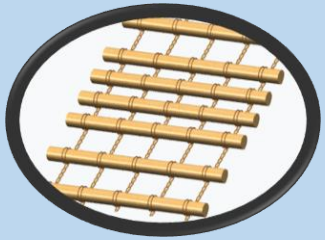
(2) Einlage:
- während Wirknadel vollständig unter Abschlagkante liegt
- von vorne, oberhalb der Stehschussnadeln

(3) Fixierung/Niederhalten:
- bis Wirknadel das erneut unter die Abschlagkante taucht und der Strang somit eingebunden wurde
- in Richtung des Warenabzugs

Naturfaserstrangzuführung



Anforderungen

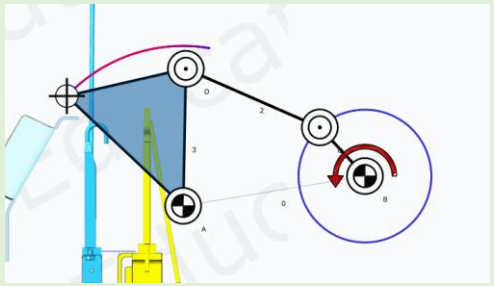


(1) Heustrangvorlage/-bereitstellung:
- von der Maschinenvorderseite
- vereinzelt, sicher gegenüber typischen Abweichungen im Heustrang (Durchmesser, Festigkeit)

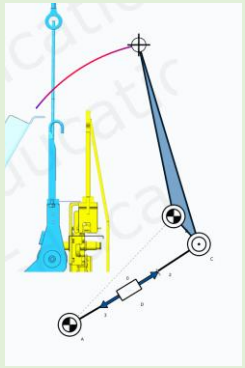
(2) Einlage:
- während Wirknadel vollständig unter Abschlagkante liegt
- von vorne, oberhalb der Stehschussnadeln

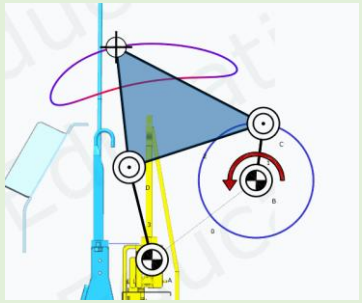
(3) Fixierung/Niederhalten:
- bis Wirknadel das erneut unter die Abschlagkante taucht und der Strang somit eingebunden wurde
- in Richtung des Warenabzugs

Hilfsmittel MechDev*

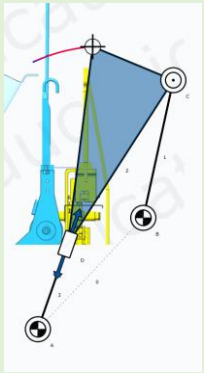


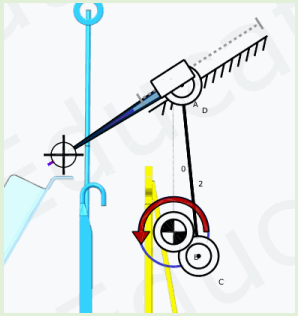
Schwingbewegung





Koppelkurvenbew.

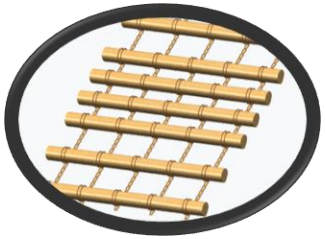




Hubbewegung

* IGMR, RWTH Aachen

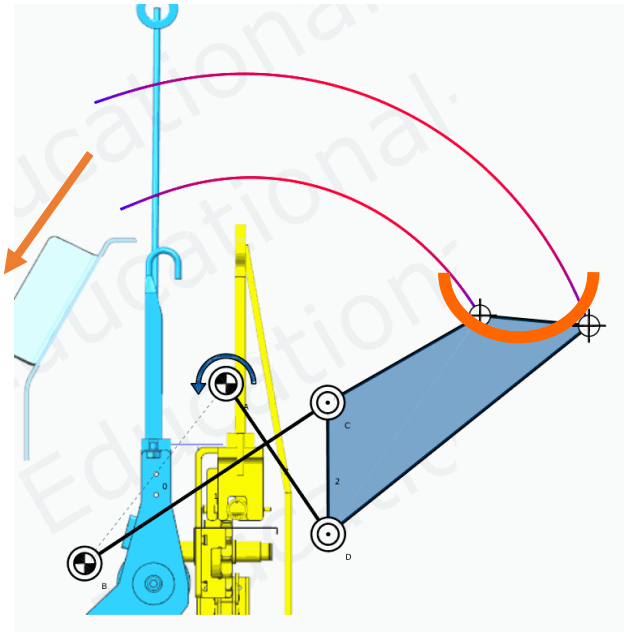
Naturfaserstrangzuführung



Bewegungsrandbedingungen:

- vertikales Herausheben aus einem Vorlegeblech
- sichere und kurze Bewegung zur Wirkstelle
- spätes Kippen und Krafteinwirkung in Richtung des Warenabzugs

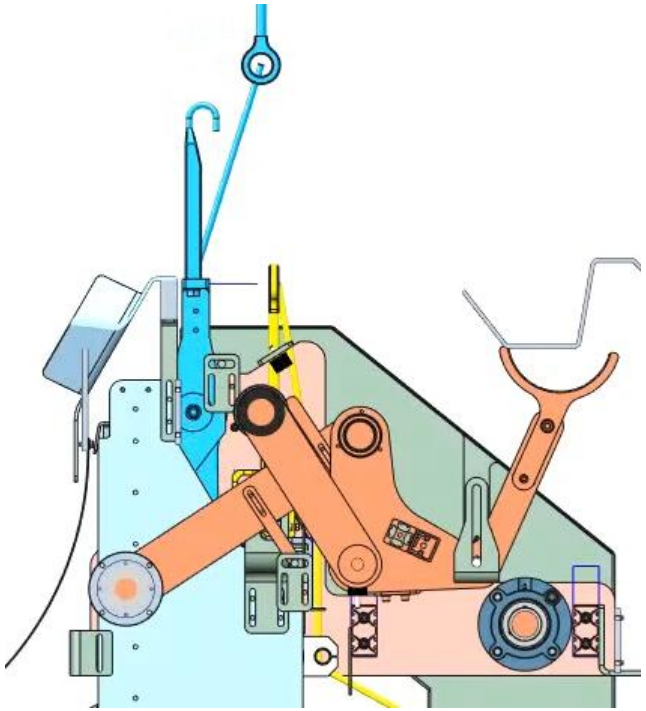
Konzeptauswahl und Maßsynthese



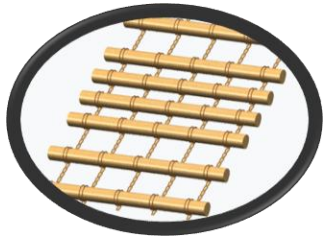
mithilfe von
PTC Creo Mechanism

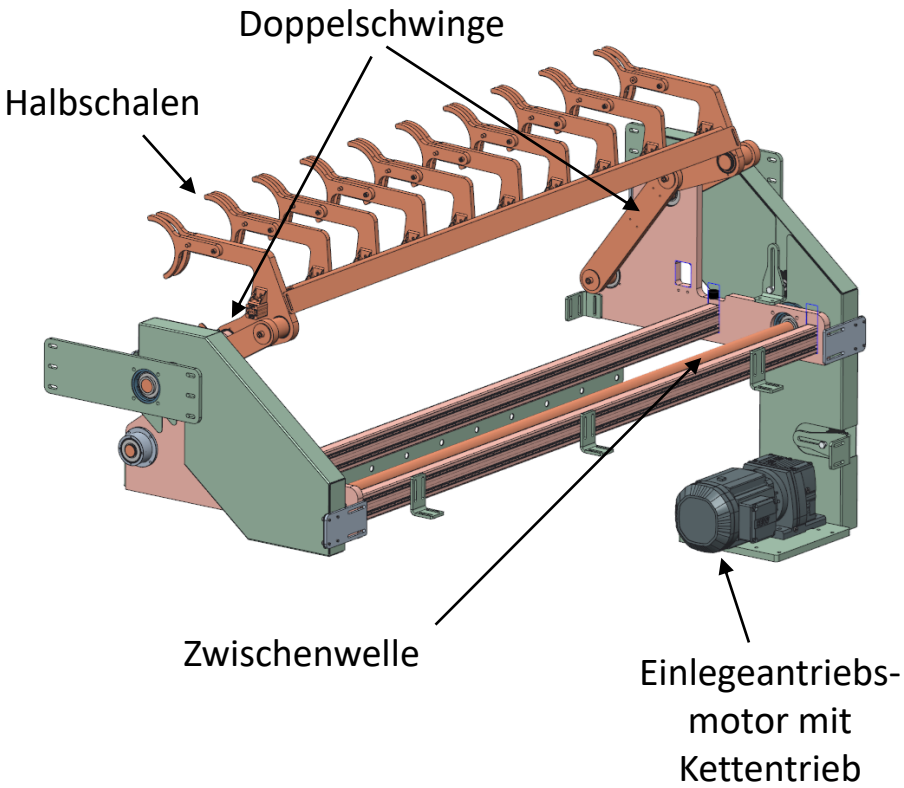
Skelettmodell
+
Mehrkörpersimulation
+
Bauteildimensionierung
+
Antriebsauslegung

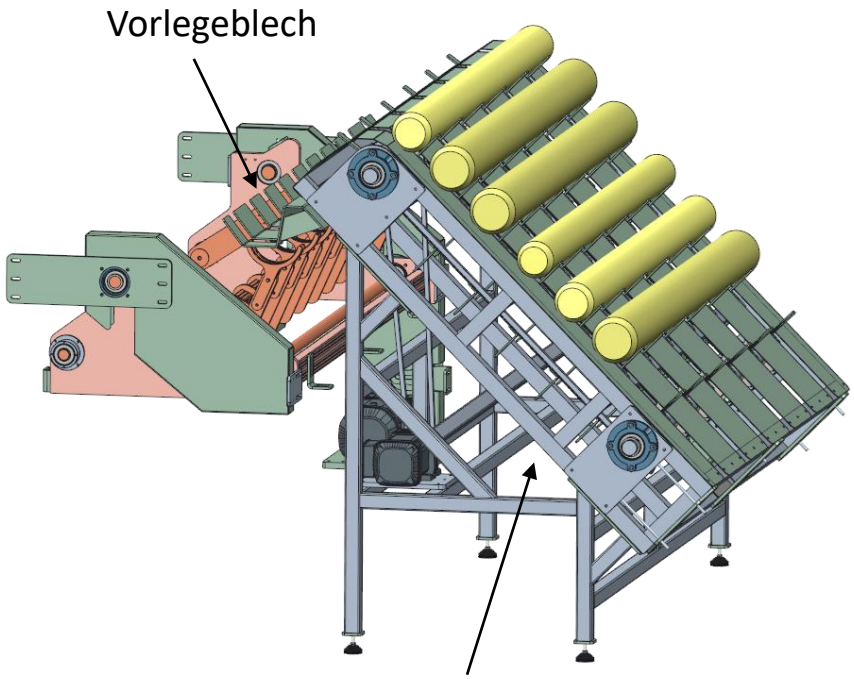
Ausgelegte Konstruktion



Naturfaserstrangzuführung







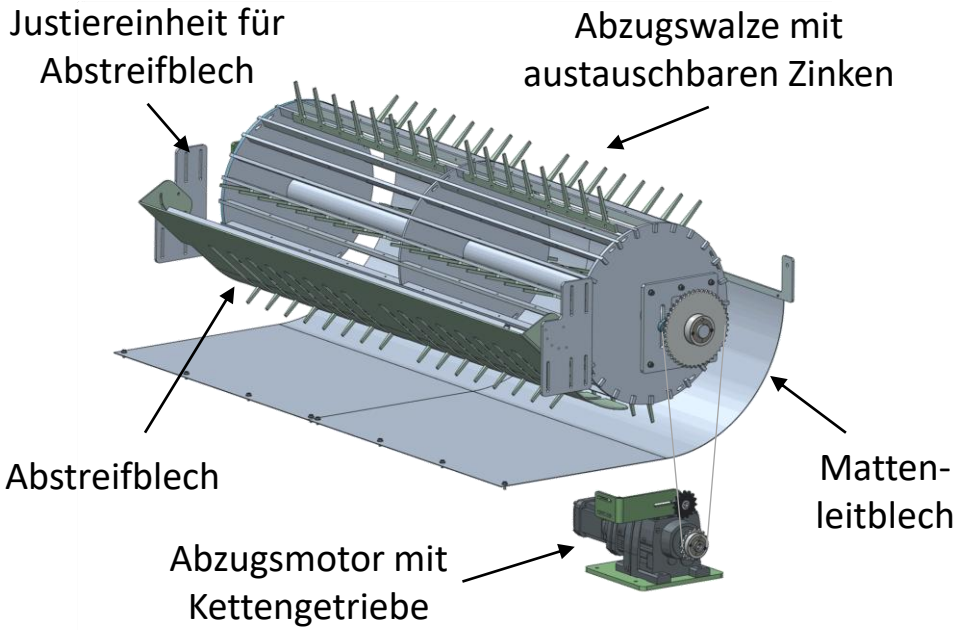
Warenabzug

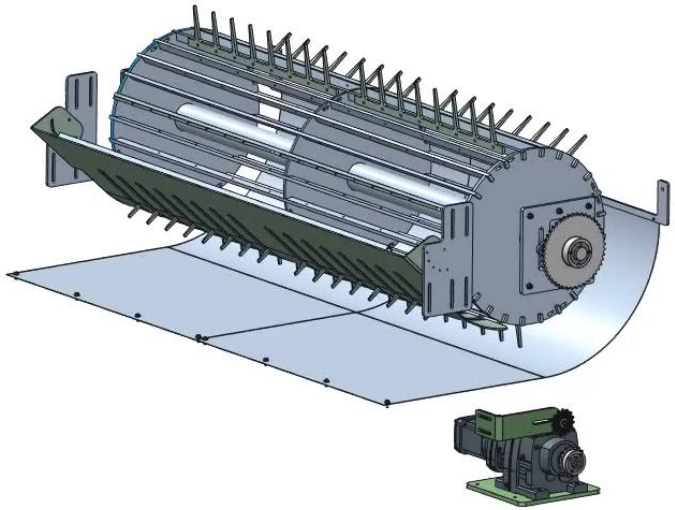
→ für eine zuverlässige Maschenbildung ist eine kontinuierliche Abführung der bereits entstandenen Netzstruktur unter Spannung erforderlich

<u>Konventionelle Warenabzüge:</u>
- Band- oder Omegaabzüge
- basierend auf Umschlingung / Reibkräfte
- für flache textile Strukturen

<u>Warenabzug für Heustrangmatte:</u>
- Eignung für stark unebene, grobe Struktur erforderlich

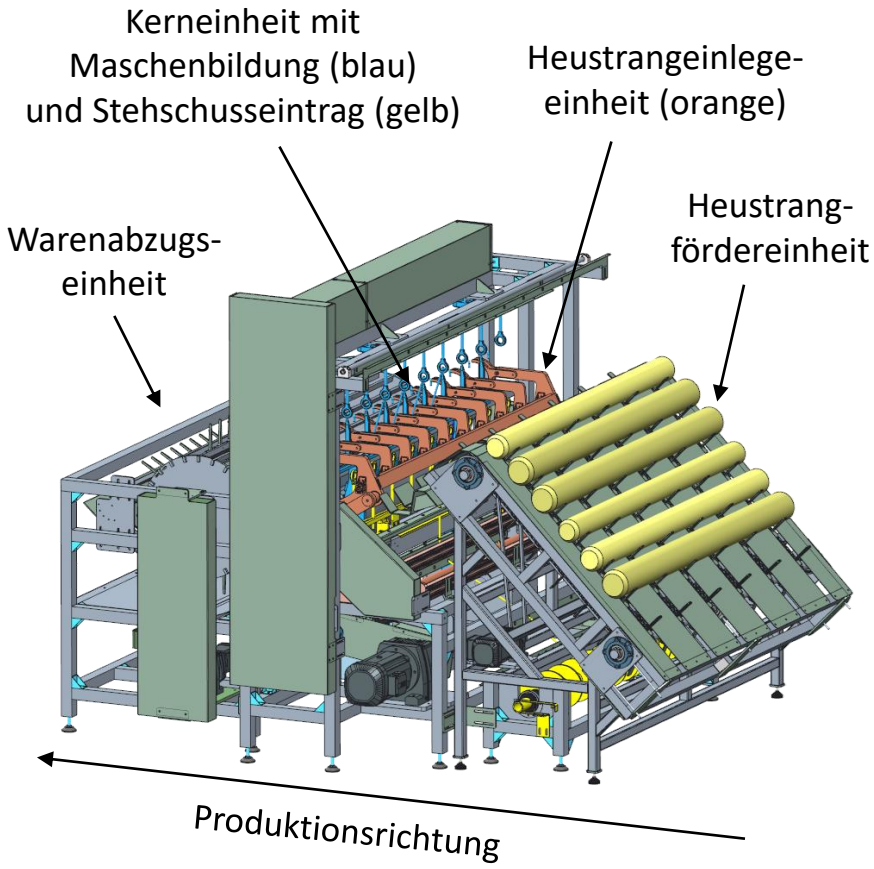
→ neues Konzept notwendig

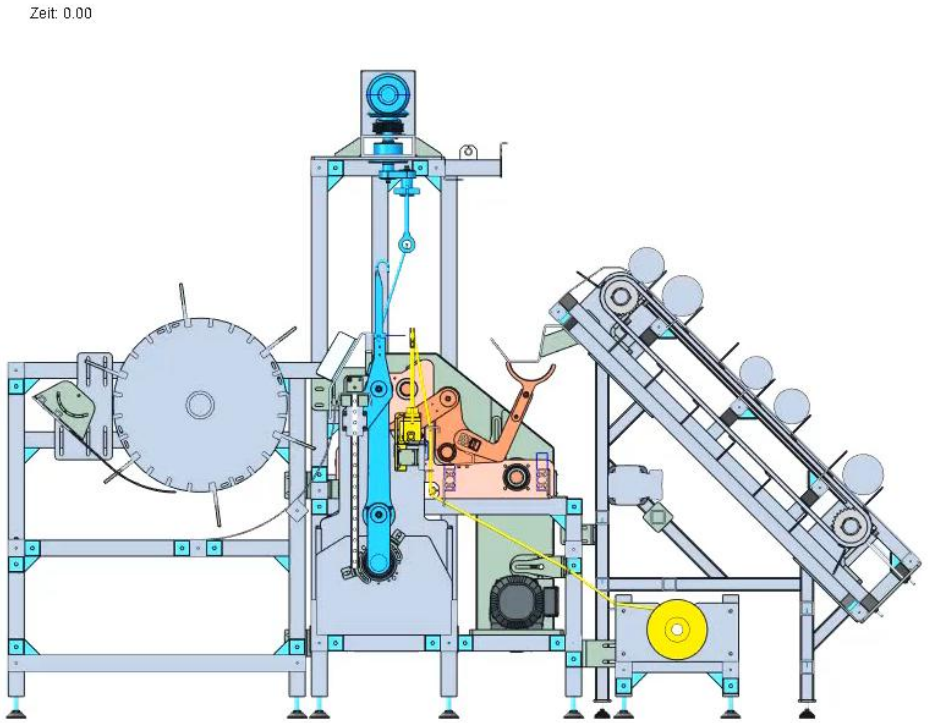




Das prototypische Maschinenkonzept

→ durch die Zusammenführung der entwickelten Lösungsansätze für die einzelnen Funktionsbaugruppen



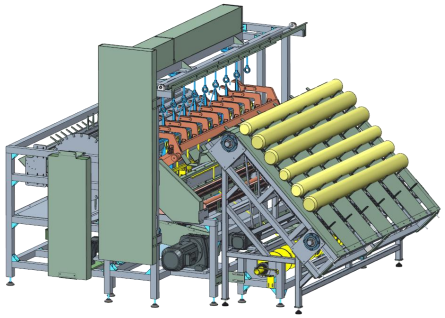


Aktueller Projektstand und weiteres Vorgehen

Projektstand

- Konzeptphase
- Konstruktionsphase
- Steuerungsplanung

- mechanische Fertigung und Zusammenbau
- steuerungsseitige Umsetzung





Gepl. Vorhaben

(1) Inbetriebnahme der prototypischen Anlage
(2) erste Fertigungsversuche und ggf. Nachjustierungen und technische Ergänzungen
(3) experimentelle Validierung des Konzepts erfolgt unter realitätsnahen Betriebsbedingungen
(4) maschinelle Fertigung von Heustrangmatten

Ziele

(1) effektive, zuverlässige und robuste Technologien zur Herstellung von flächigen Heustrangstrukturen
(2) Basismaschinenkonzept/-technik zur Entwicklung anderer neuartiger Naturproduktmatten

Danksagung an Fördergeber

Kooperationsprojekt „Grobe Matte (GroMa)“

Projekttitel	**Grobe Matte (GroMa):** Entwicklung von Fertigungs-, Packungs- und Verlegetechnologien von extrem groben Mattenstrukturen aus Heusträngen zur Begrünung und Renaturierung von erosionsgefährdeten Hängen“
Fördergeber	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz ZIM Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand AiF Projekt GmbH
Projektlaufzeit	01.11.2024 bis 30.04.2027 (30 Monate)
Konsortium	Professur Montage- und Handhabungstechnik Viktor Krogmann Sondermaschinenbau GmbH & Co. KG Sächsisches Textilforschungs-institut e.V. Landschaftspflege- und Forstdienstleistung Heinrich Meusel

Professur Montage- und Handhabungstechnik
Prof. Dr.-Ing. Maik Berger

Email: mht@mb.tu-chemnitz.de
Tel: +49 (0) 371 531 – 32841
Fax: +49 (0) 371 531 – 23739

www.tu-chemnitz.de/mb/mht

Technische Universität Chemnitz
Fakultät für Maschinenbau
Professur Montage- und Handhabungstechnik
Reichenhainer Straße 70
D-09126 Chemnitz

Qualitätsmanagement ISO 9001:2015
Zertifikat-Reg.-Nr. 103315 QM15

SAVE THE DATE

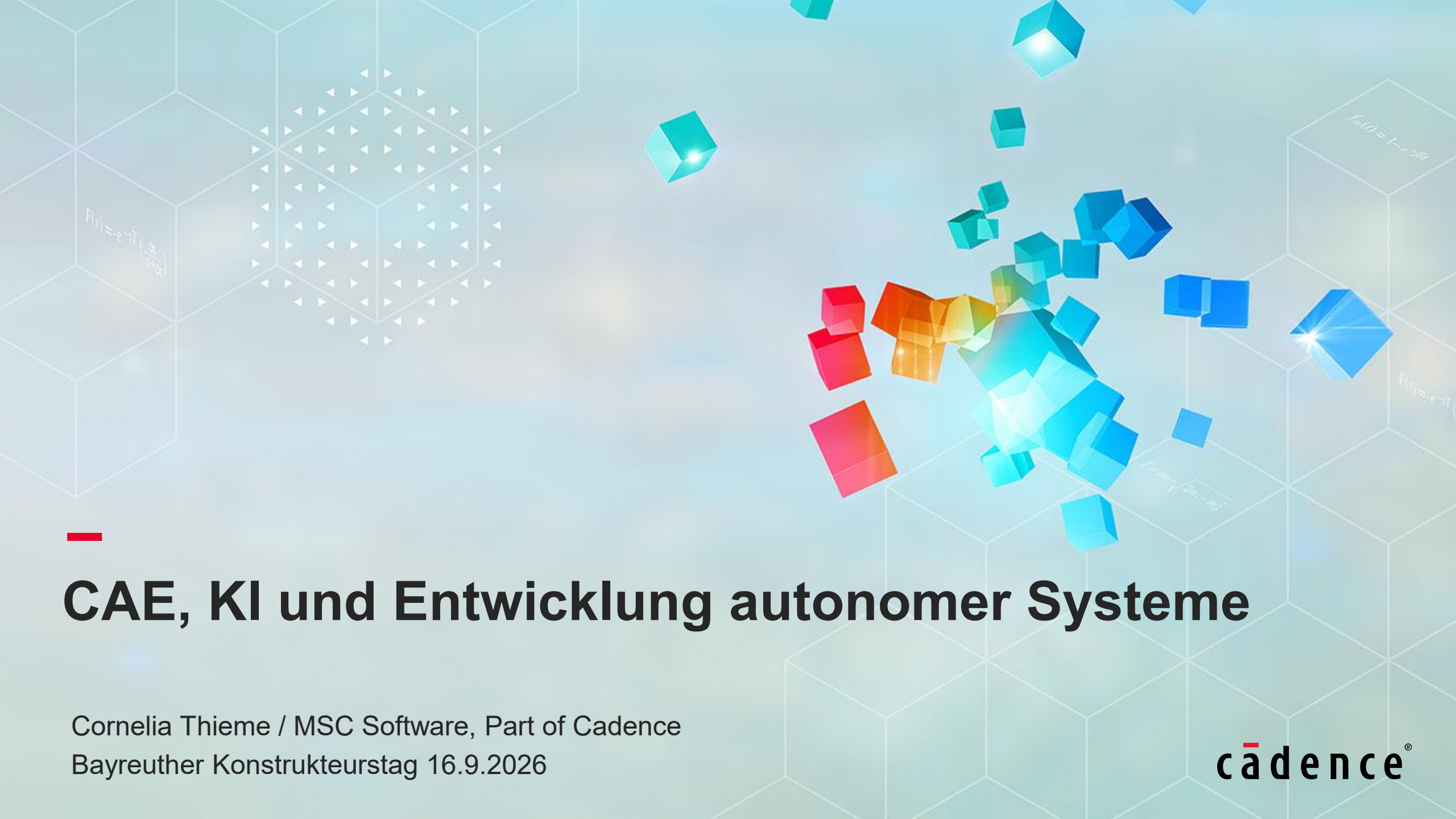
23.03.27
Chemnitz



Ich freue mich auf Ihre Fragen!

M.Sc. Kassandra Franke
Professur Montage- und Handhabungstechnik / TU Chemnitz
kassandra.franke@mb.tu-chemnitz.de | +49 (0) 371 531 35178

E N D E



CAE, KI und Entwicklung autonomer Systeme

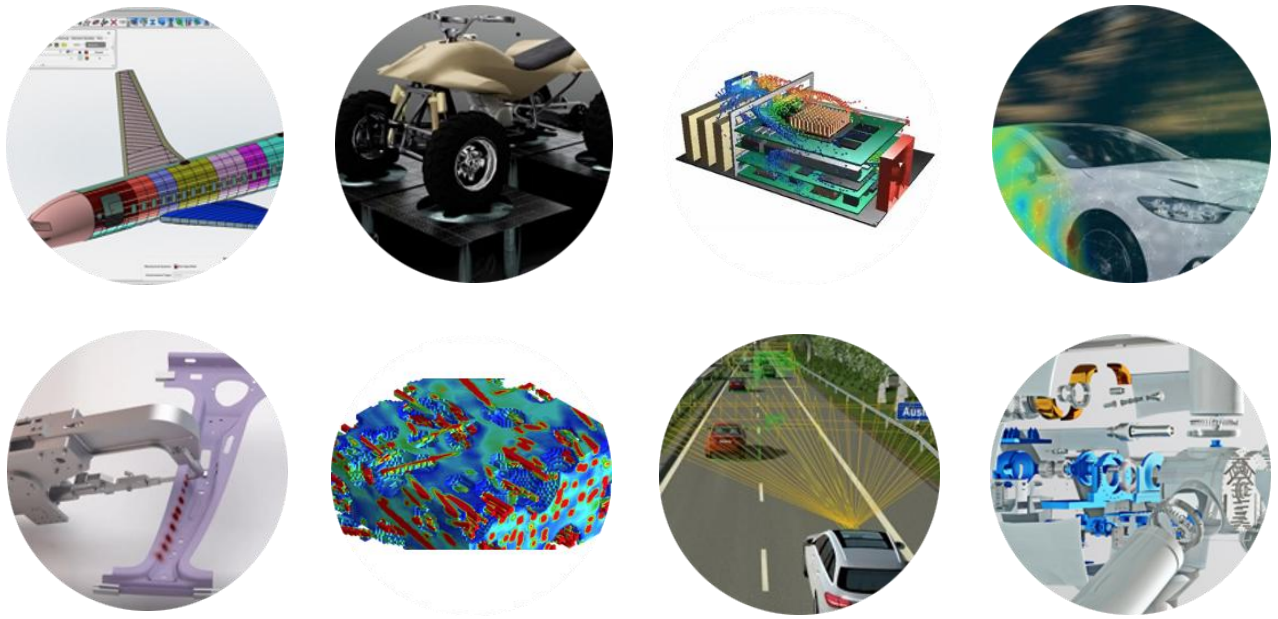
Cornelia Thieme / MSC Software, Part of Cadence

Bayreuther Konstrukteurstag 16.9.2026

cadence®

MSC Software, Part of Cadence

CAE simulation software to accelerate product development innovation, improve quality, reduce weight, reduce prototyping and testing, and ensure manufacturability and productivity.



Capabilities

- Structures
- Acoustics
- Virtual manufacturing and costing
- Materials and ICME
- System dynamics
- Computational fluid dynamics
- Autonomous and ADAS simulation
- Multiphysics co-simulation
- Machine learning
- Simulation data management

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Key Questions MSC Software Can Answer

Can I build it?

It is durable?

Will it fail?

Is it safe?

Can I test it?



Will it perform?

It is crashworthy?

Why did it fail?

Can it be lighter?

Is it too loud?

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Cadence completes acquisition of Hexagon D&E (MSC Software)

Accelerating Leadership in Intelligent System Design



cadence® + MSC Software

Electronics design and analysis	Multibody dynamics
Electromagnetic and electrothermal analysis	Structural analysis
Fluid dynamics analysis	Multiphysics analysis
Digital twin platform	Materials analysis
BETA CAE Systems portfolio (Ansa etc.)	Manufacturing analysis
	Autonomous systems

Combined technologies create the gold standard of physical system design and analysis solutions

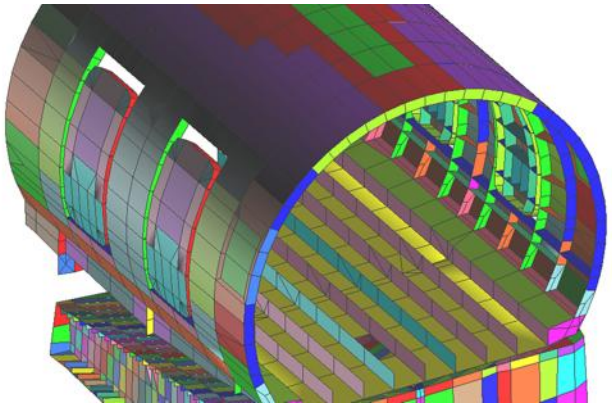
Source: cadence-completes-acquisition-of-hexagons-design-and-engineering.html

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

MSC Software
Flagship solutions

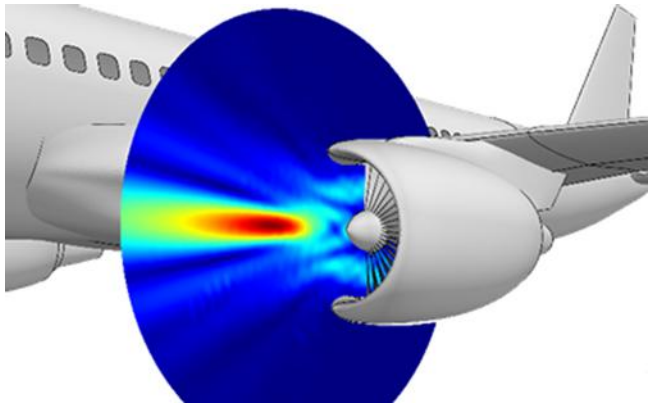
Structures

Tried, trusted, industry standard and state-of-the-art structural analysis solutions including MSC Nastran, MSC Apex, Marc, Patran and CAEfatigue.



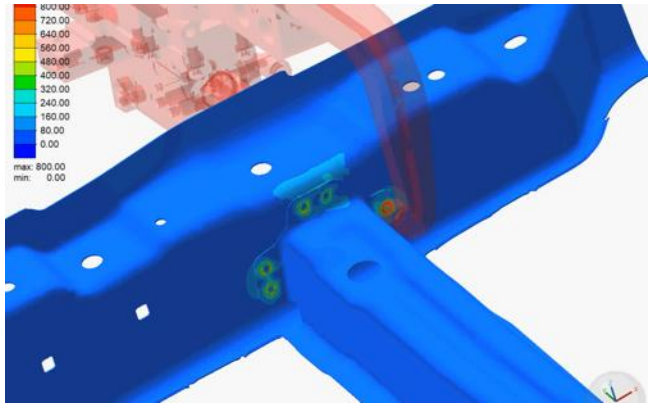
Acoustics

Actran is the premier software for vibro- and aero-acoustic simulation with strong solutions in the aerospace, automotive and consumer products sectors.



Virtual manufacturing and costing

FormingSuite and Simufact products deliver quality metal forming, welding, additive manufacturing and costing solutions for manufacturing companies.

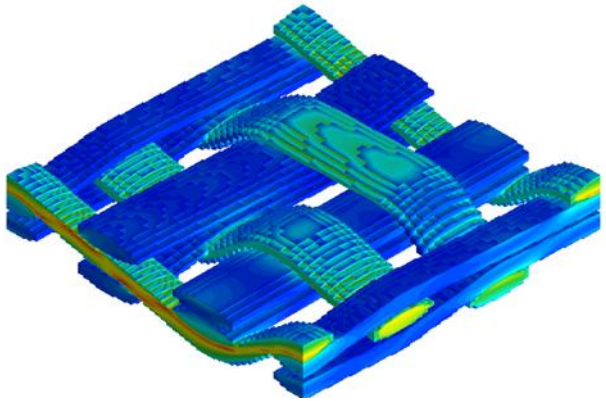


© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

MSC Software
Flagship solutions

Materials and ICME

Digimat and MaterialCenter deliver quality solutions for multi-scale material simulation and management, to optimize fiber-reinforced plastics structures.



System dynamics

Market-leading multibody dynamics, systems simulation and electro-mechanical driveline simulation with the Adams and Romax product suites.



Computational fluid dynamics

Cradle CFD delivers robust, fast and accurate multiphysics-focused CFD including special electronics solutions and Multiphysics co-simulation.



© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

MSC Software
Flagship solutions

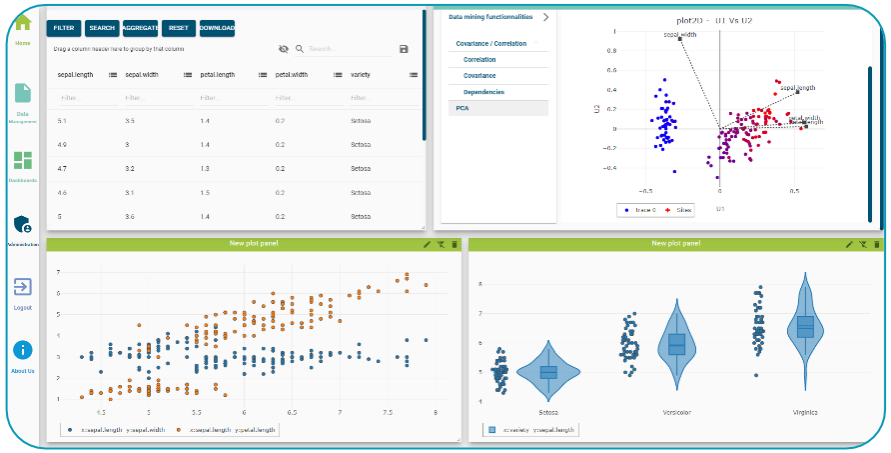
Simulation data management

SimManager offers simulation process and data management in a web-browser based user interface. Job submit, data storage, extract and compare results, report generation, automation, data search.



AI / Machine learning

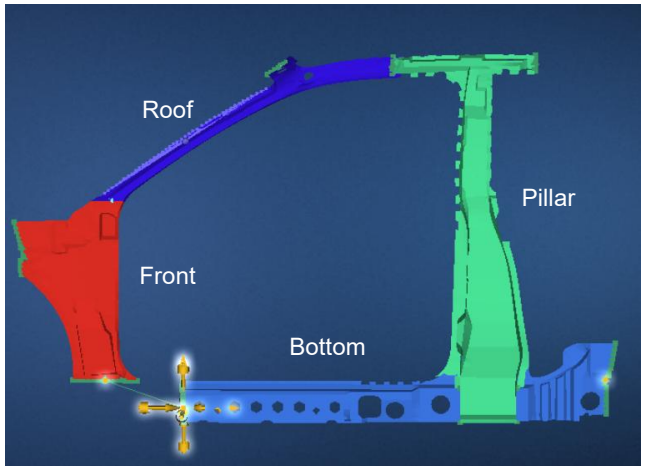
If you have a learning base of results for existing parameter combinations, Odyssee predicts results for new parameter combinations or finds the optimum parameters. Images or step files can also be used as input. Many options for data mining and optimization.

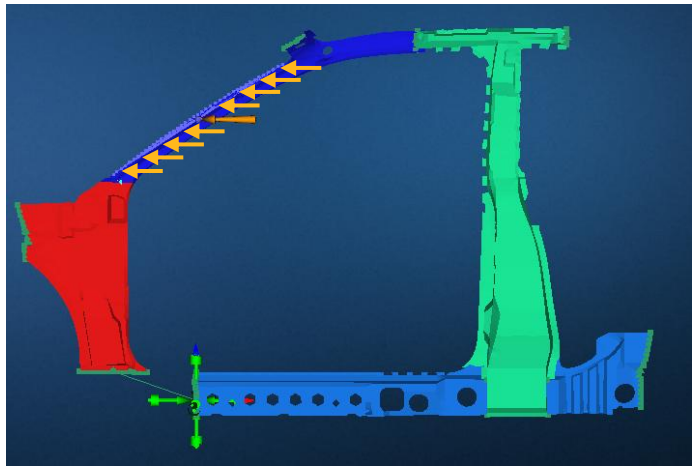


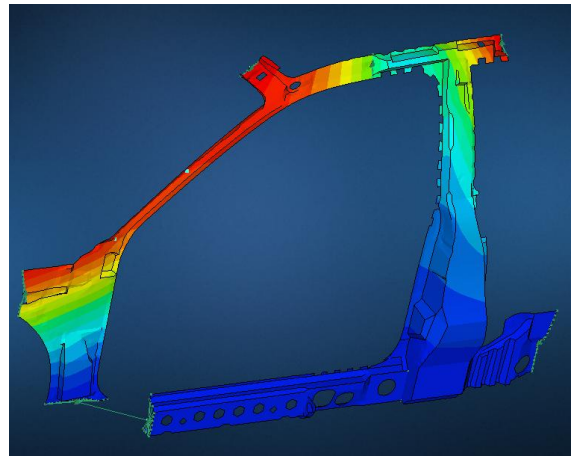
© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Example of FEM + AI: FEM model of a car door frame

Parametric FEM Model	Load	Result
• Door frame geometry • Thicknesses of 4 regions are the parameters	• Outward distributed load on upper frame • Nonlinear material	• Nonlinear displacement





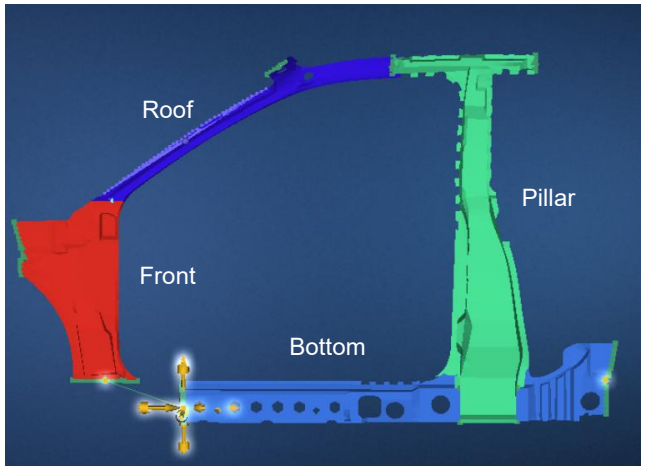


© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Example of FEM + AI: Creating a learning base

Parametric FEM Model

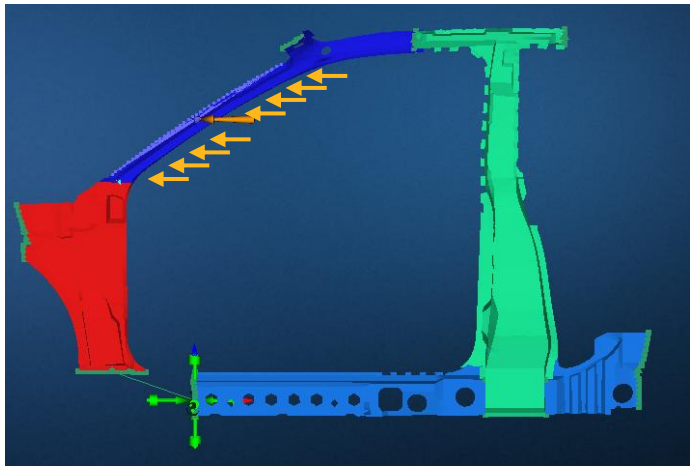
- Door frame geometry
- Thicknesses of 4 regions are the parameters

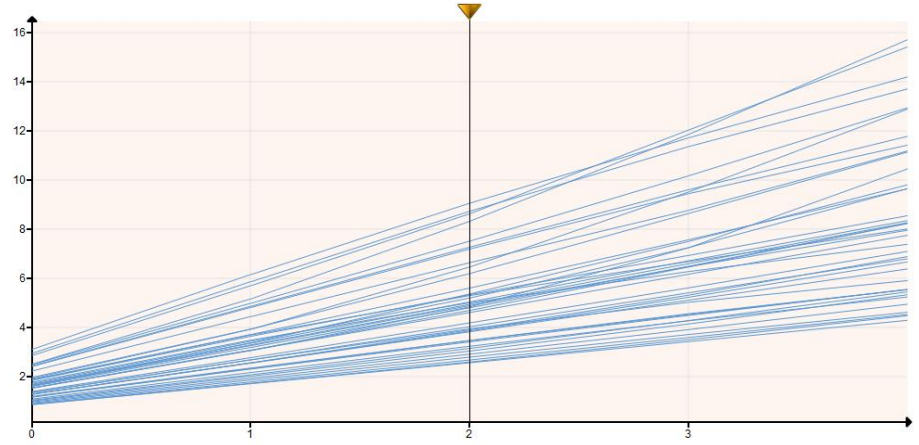


	A	B	C	D
1	t_roof	t_front	t_pillar	t_bottom
2	2	5.08197	2.41558	4.48739
3	2.10256	2.45902	3.81818	5.32773
4	2.20513	4.55738	5.22078	2.13445
5	2.30769	3.5082	2.88312	2.97479
6	2.41026	5.60656	4.28571	3.81513
7	2.51282	2.19672	5.68831	4.65546
8	2.61538	4.29508	2.1039	5.4958
9	2.71795	3.2459	3.50649	2.30252
10	2.82051	5.34426	4.90909	3.14286
11	2.92308	2.72131	2.57143	3.98319
12	3.02564	4.81967	3.97403	4.82353

Load

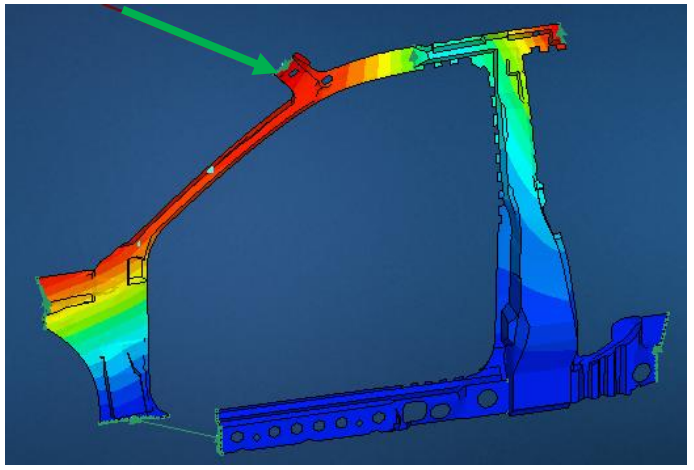
- Outward distributed load on upper frame
- Nonlinear material

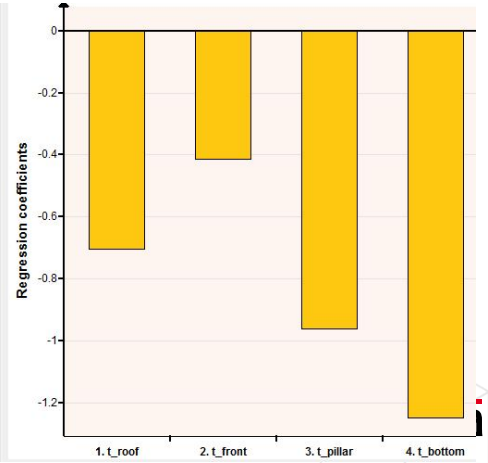




Result

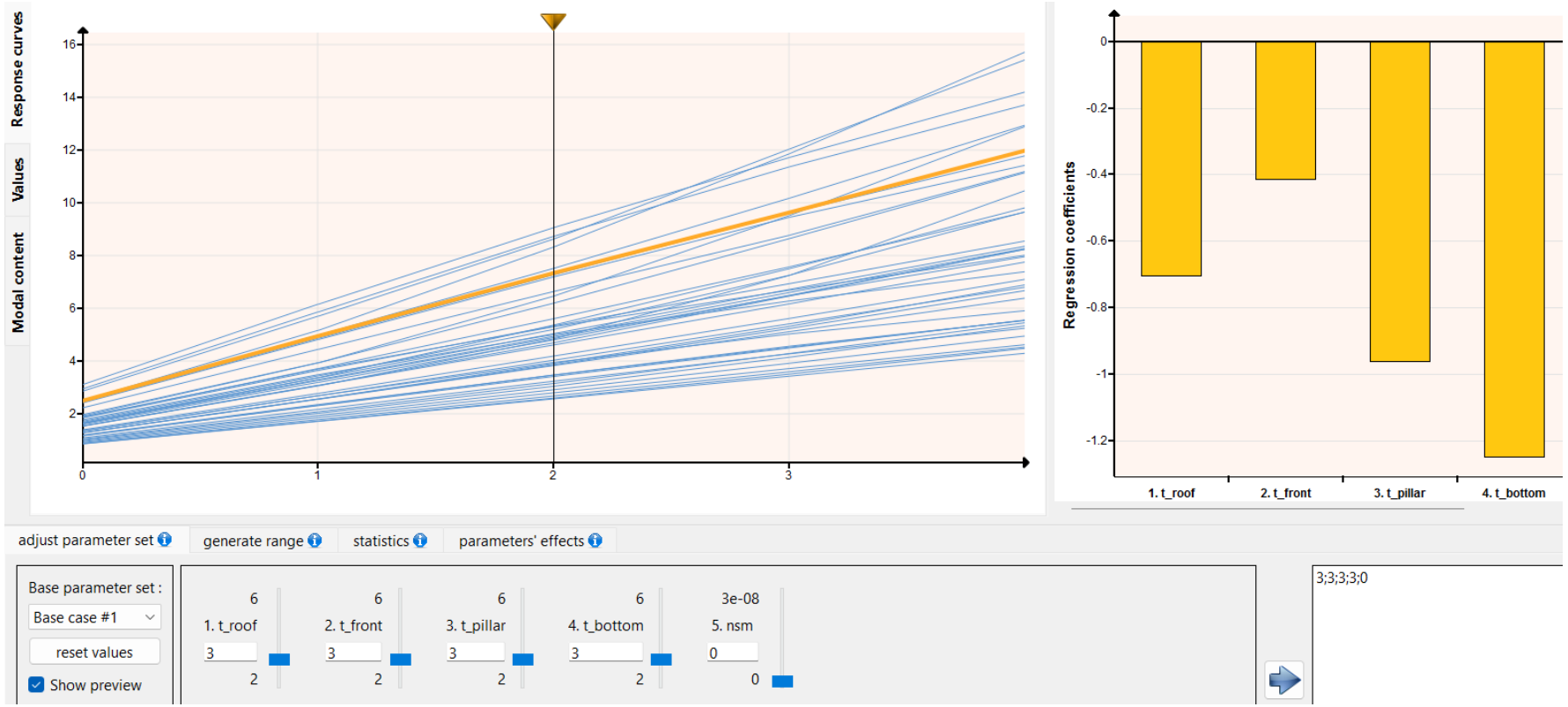
- Nonlinear displacement

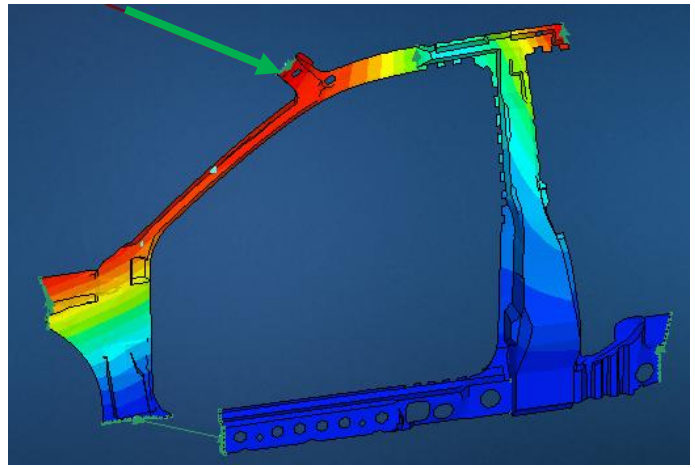




©

Example of FEM + AI: Predict results for a new design variant (new thickness combination)





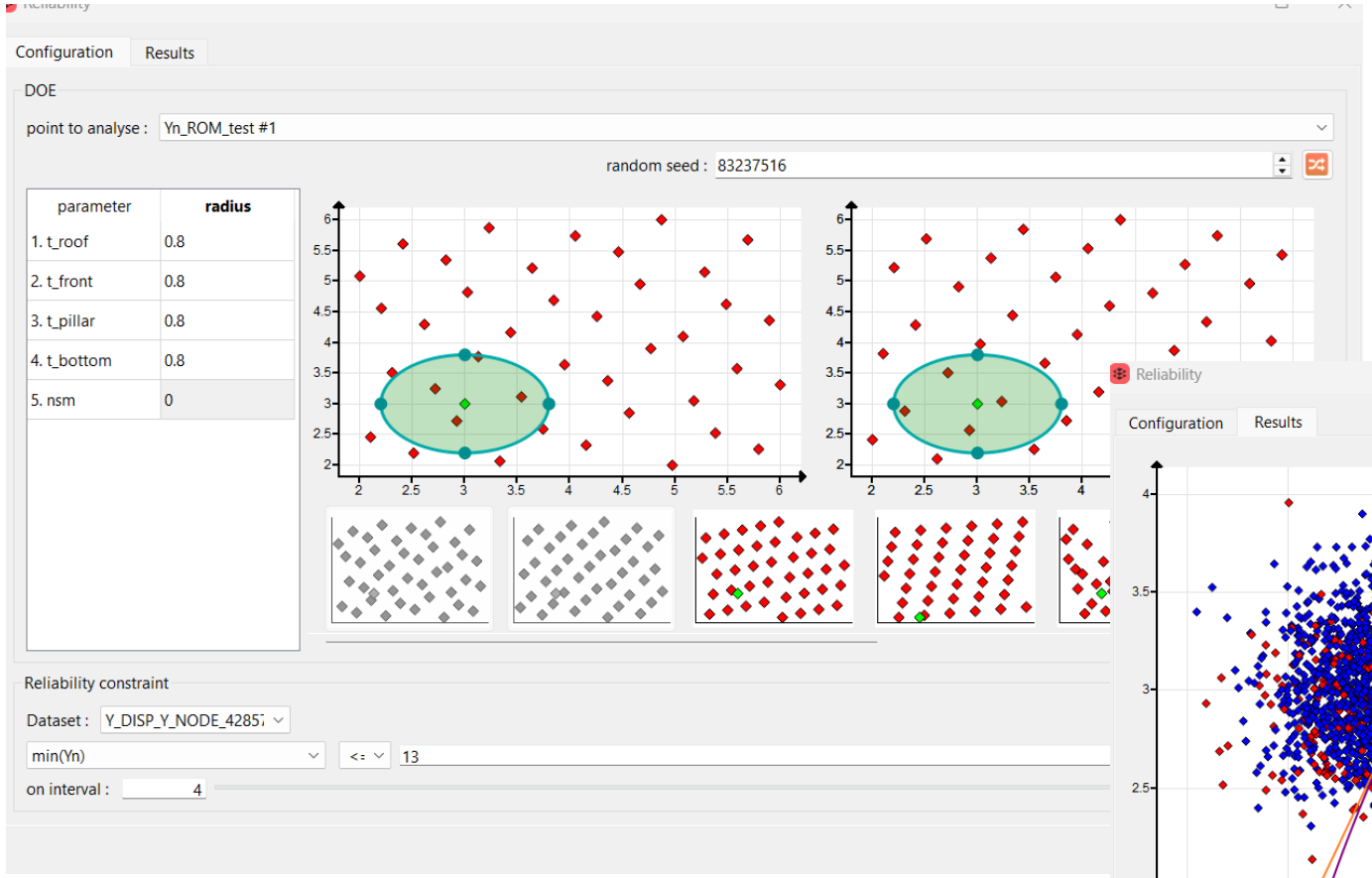
Curve

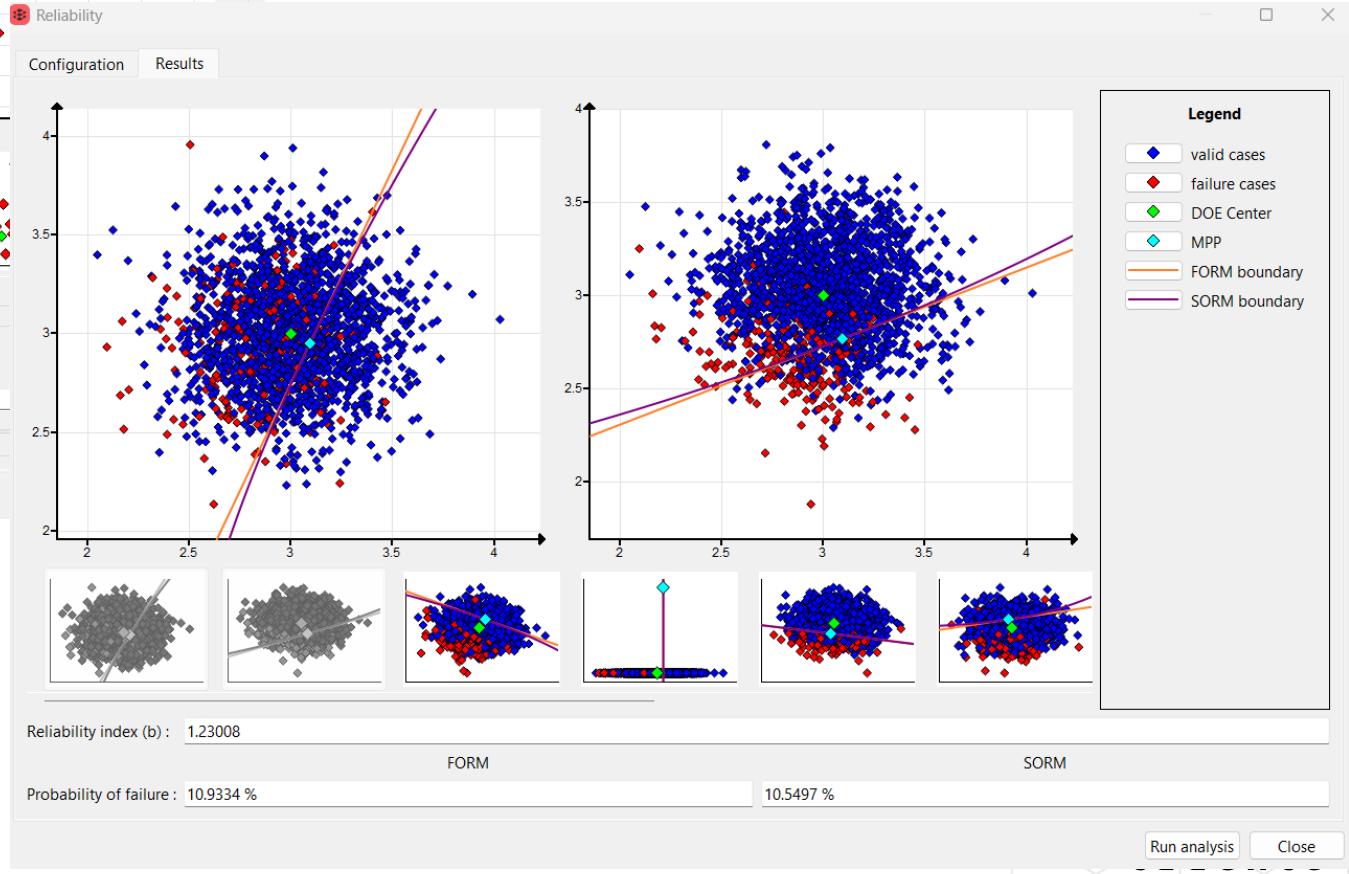
Influence of parameters

Displacement distribution on whole model

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Example of FEM + AI: Robustness, probability of failure

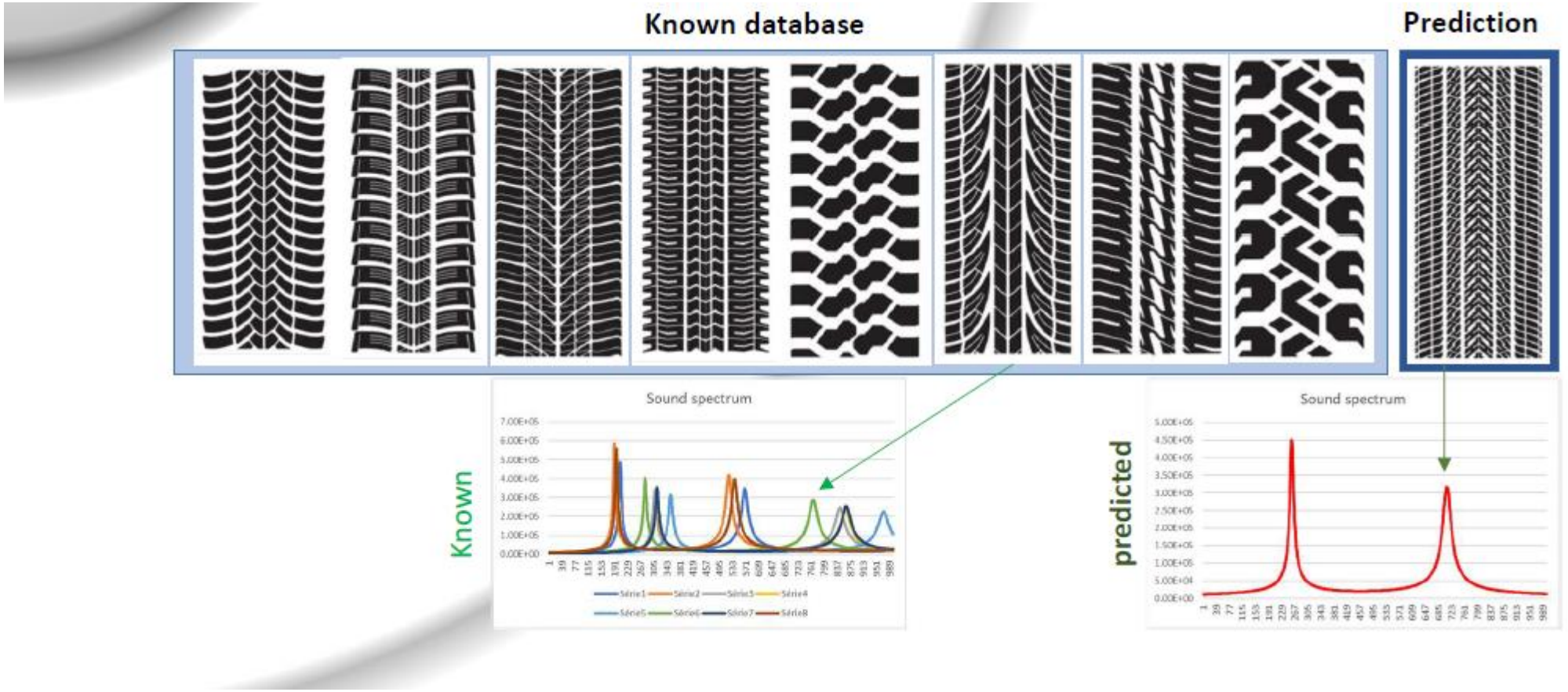




What is the probability of failure (displacement > 13mm) if the plate thicknesses can vary by 0.8mm?

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

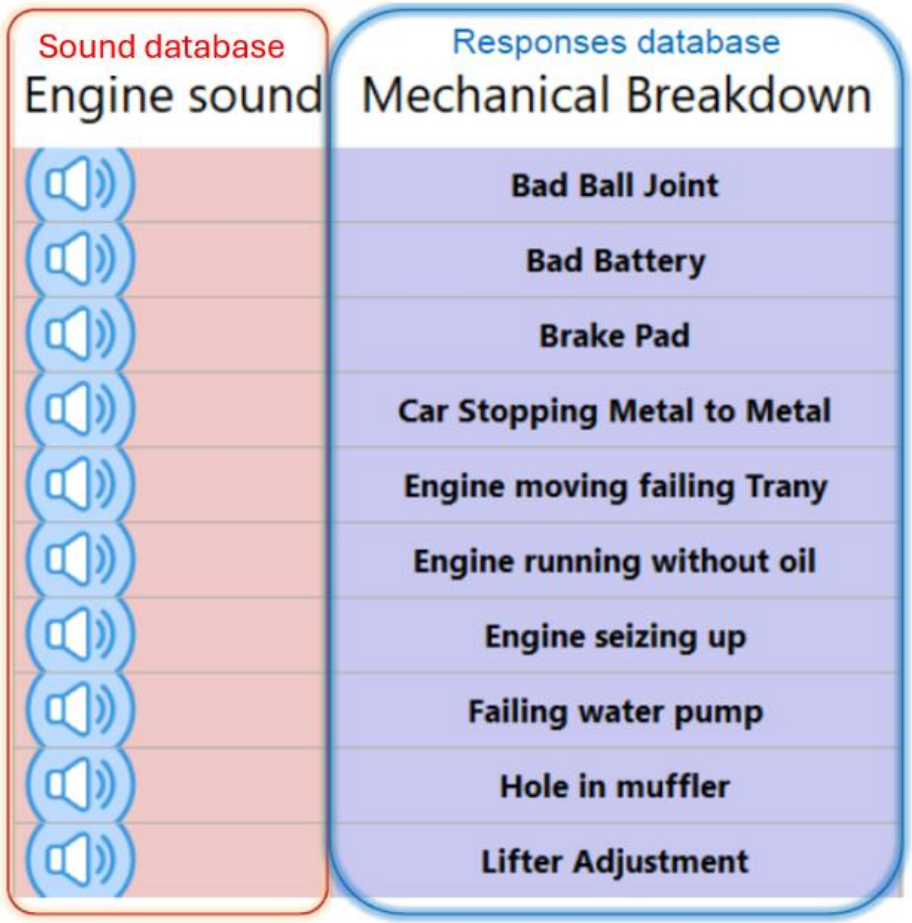
Image Based Learning: Predict Sound Pressure for Tire Profile

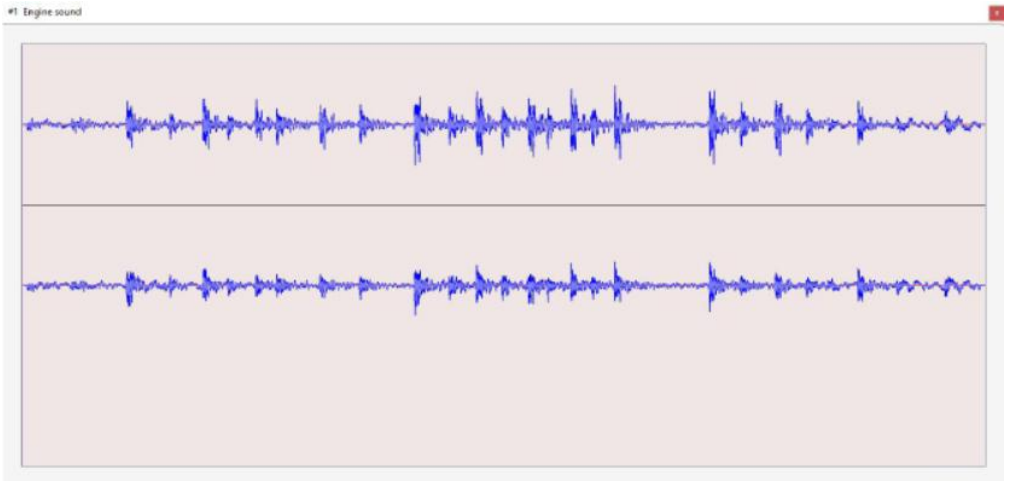


Odyssee A-Eye

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Prediction from Sound Files





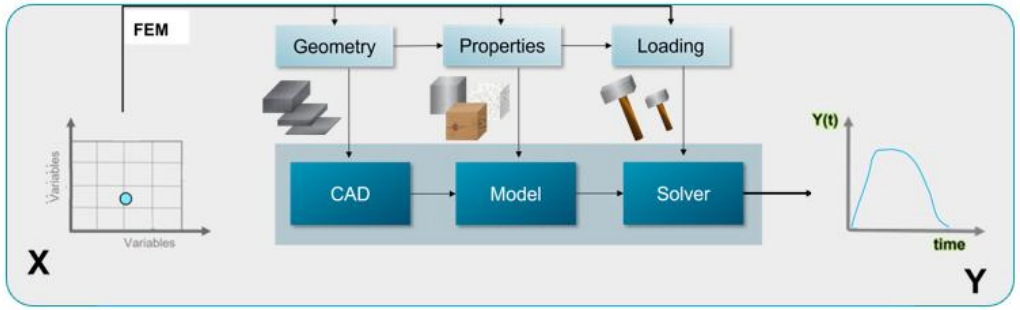
- Imagine your car makes a strange noise and you want to know what it is.
- The learning base is made up of sounds (wav format) and the type of associated breakdown (name tags)
- When a new sound comes up, the type of associated breakdown shall be predicted
- Odyssee extracts from the sound file: number of channels in the signal, sample rate, time of listening, raw amplitude of the sound signal
- Clustering algorithm is used. An interpolation algorithm would not make sense here, as the predicted name tags are categorial values which cannot be interpolated

Odyssee A-Eye

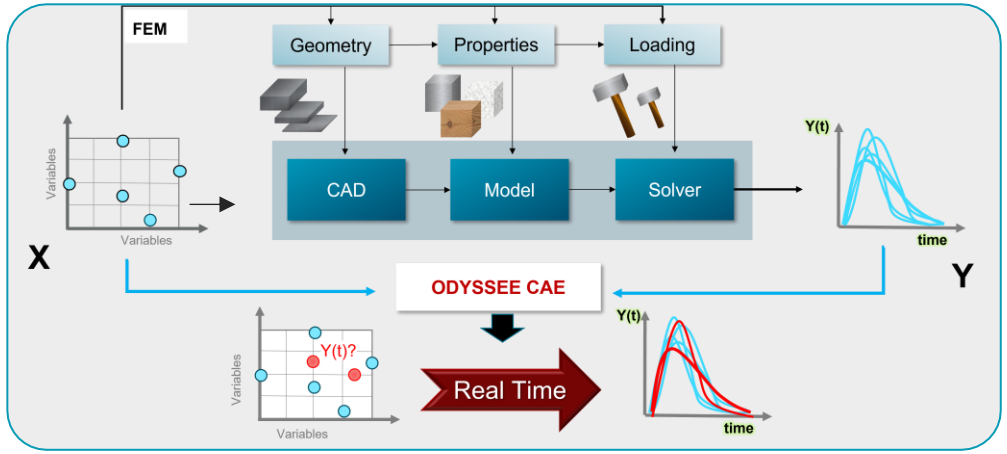
© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

CAE – AI – Agentic AI

CAE simulation software (FEM, CFD, multibody, ...): create a model of the physical structure to simulate it under different loads, test design variants, optimize the design



AI in CAE: From available analysis results, predict responses for further data points, optimize the design



Agentic AI: tell the software via Chat what to do

import this CAD file, mesh it with 5mm element size, apply a pressure load of 0.01 MPa to the large face, constrain the cylindrical faces, apply aluminum material

run the analysis with Nastran, write the maximum displacement to a csv file

modify the design to reduce the maximum displacement by 10%

(future example)

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Three-layer cake AI strategy

1. Compute / Data

- The foundation that provides the processing power and information needed for design and simulation
- High-performance compute infrastructure



2. Physics

- Realistic physical modeling
- Thermal, mechanical and electromagnetic simulation
- Digital twins and system modeling
- Physics-based validation (“ground truth”)

3. AI

- The intelligence layer that automates, optimizes, and accelerates design decisions
- Generative design and automation
- AI agents for engineering workflows
- Predictive optimization and decision-making

© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Example: design of a robot

1. Compute / Data → enables everything

- Runs simulations and AI training
- Collects and processes sensor data
- Provides the computing power for all models

2. Physics → defines what is possible

- Describes how the robot behaves in the real world
- Sets the rules for movement, balance, and limits
- Turns simulations into realistic environments

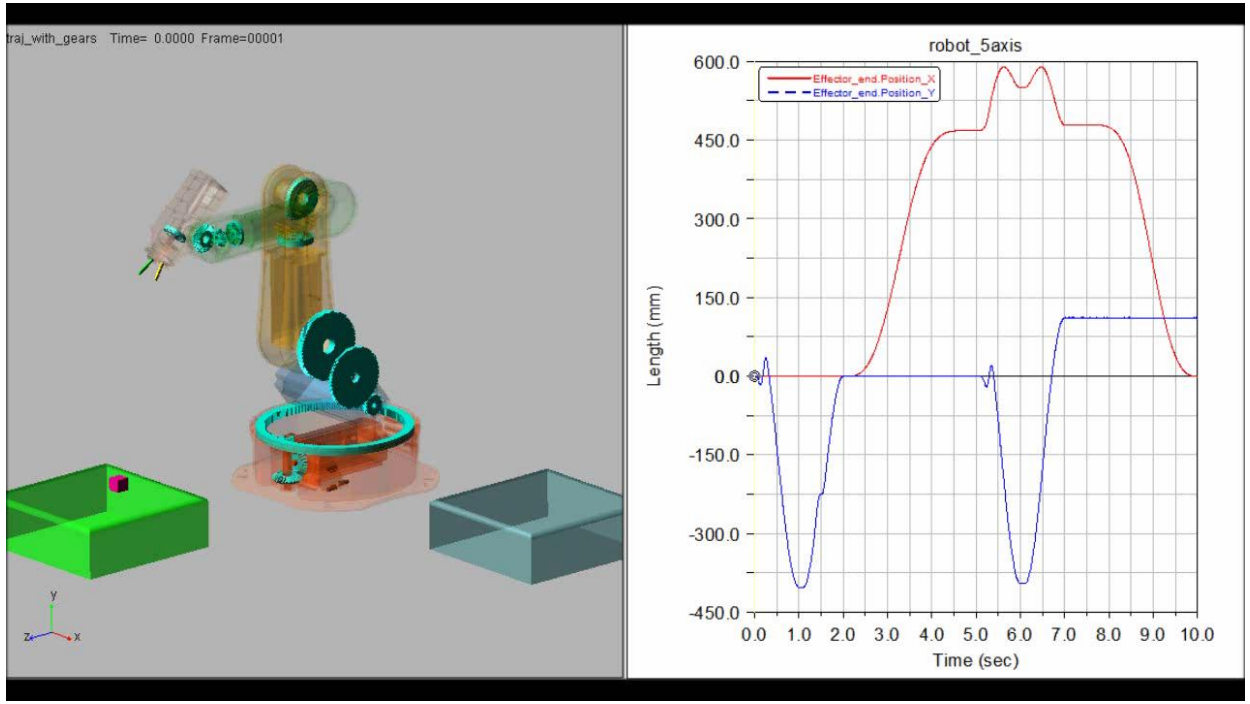
3. AI → uses both to act intelligently

- Learns from data including physical simulation
- Makes real-time decisions on the robot



© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

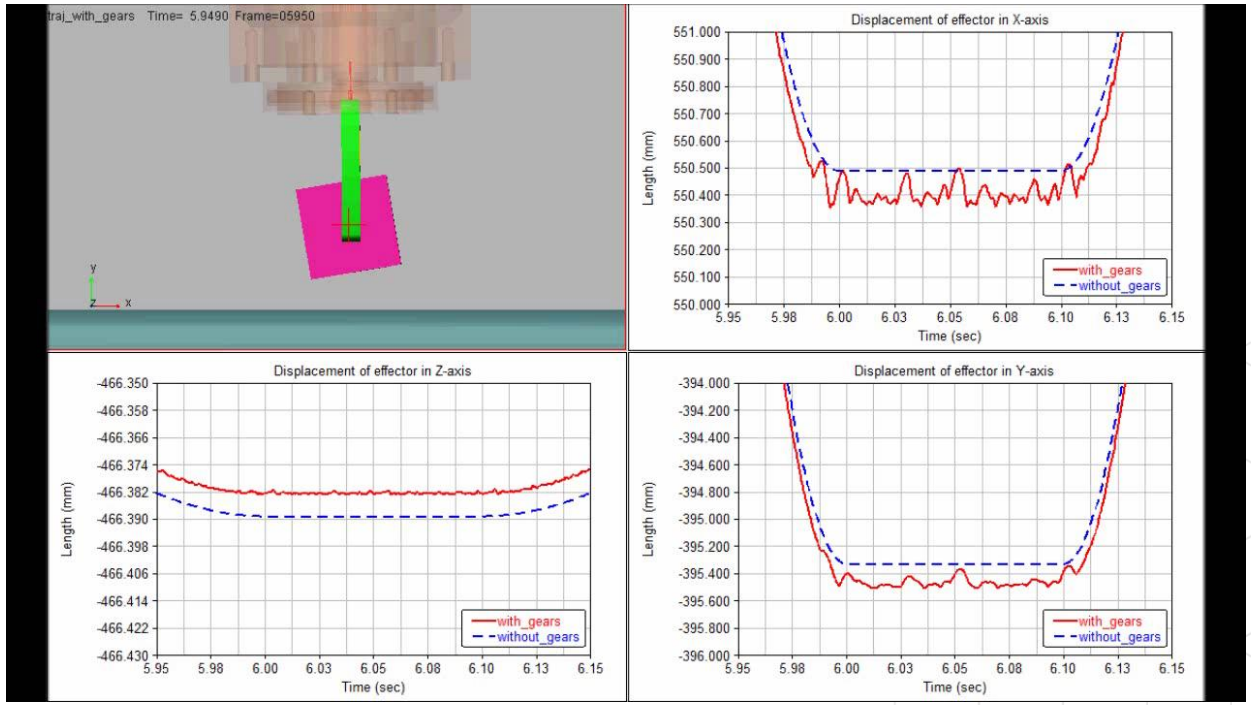
Example: Design of a robot
Actuator error amplification = precision issues!



End effector intended motion vs actual path

Small actuator tolerances → amplified through actuator configurations = significant position errors

Adams can help validate your REAL robotic system performance



© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Example: design of a drone

1. Compute / Data → enables everything

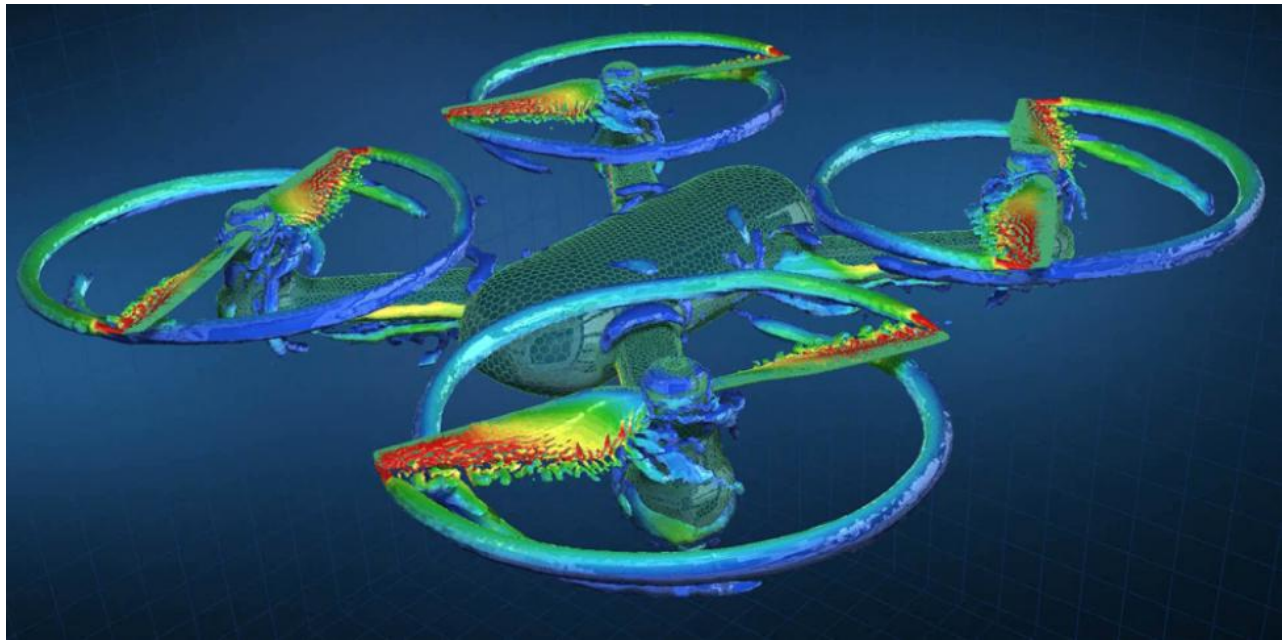
- Processes camera images, GPS and sensor data
- Runs simulations for flight testing and navigation

2. Physics → defines what is possible

- Describes real flight behaviour: lift, drag
- Defines how fast the drone can accelerate, turn or stop
- Makes simulations realistic (wind, turbulence, weight limits)

3. AI → uses both to act intelligently

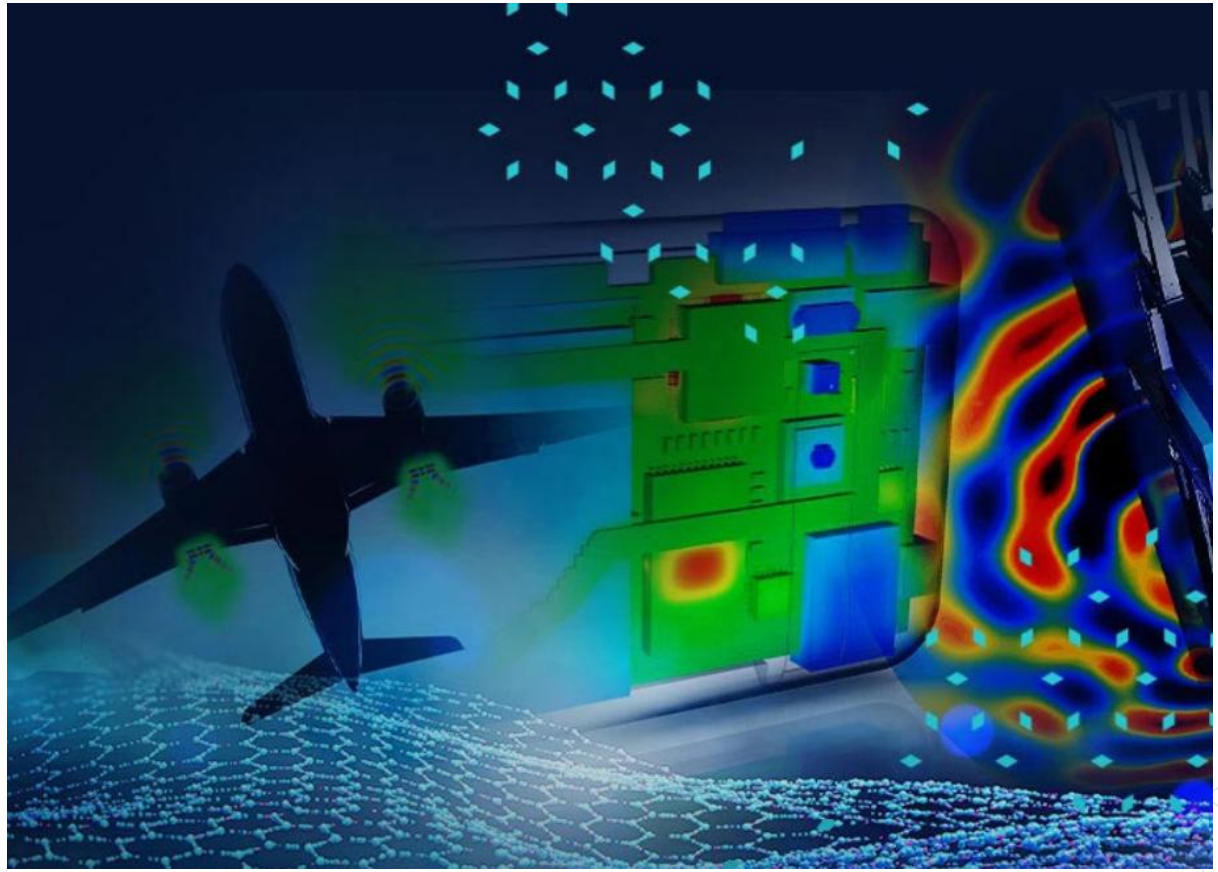
- Detects objects like trees, buildings and people from sensor data
- Plans safe and efficient flight paths in real time
- Adapts behaviour to wind, obstacles, and mission goals



© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

Why MSC Software?

- Multibody simulation with Adams helps design robots, landing gears, spacecraft, vehicle dynamics
- MSC Nastran: linear and nonlinear, dynamics, fatigue, dynamics, acoustics, optimization all in one software. Topology optimization with print-ready geometry output
- Cradle CFD: very efficient electronics cooling and allround CFD simulation
- Simufact: forming, welding additive printing simulation to improve manufacturing accuracy and reduce distortions
- Easy to use machine learning
- Portfolio of CAE and electronic design software



© 2026 Cadence Design Systems, Inc. All rights reserved.

UNIVERSITÄT BAYREUTH

Zuverlässige Bewertung von KI-Ergebnissen

– Eine etablierte Methode neu angewendet –

Maria Hecht

27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag

16.09.2026

Lehrstuhl für
Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Bayerisches Staatsministerium für
Wissenschaft und Kunst

Kofinanziert von der
Europäischen Union

EFRE
BAYERN 2021-2027

Projekthintergrund

Drei Namen mit A

UNIVERSITÄT BAYREUTH

ASSiST

Automatisierte **S**imulations**s**teuerung durch
intelligente **S**prach- und **T**extmodelle

Z88 Aurora®



Aurora **L**anguage **I**nterface
for **C**omputational **E**ngineering

Lehrstuhl für
Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

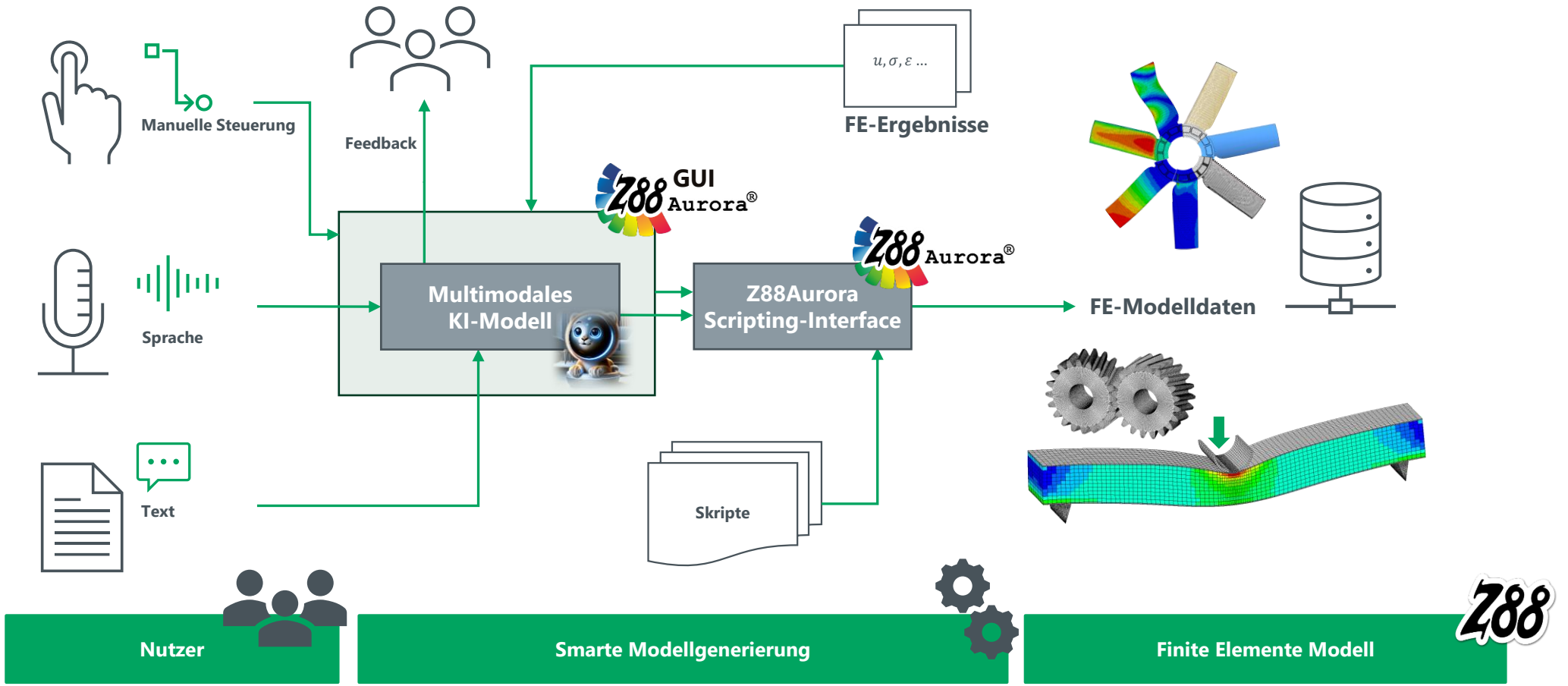
Bayerisches Staatsministerium für
Wissenschaft und Kunst

Kofinanziert von der
Europäischen Union

EFRE
BAYERN 2021-2027

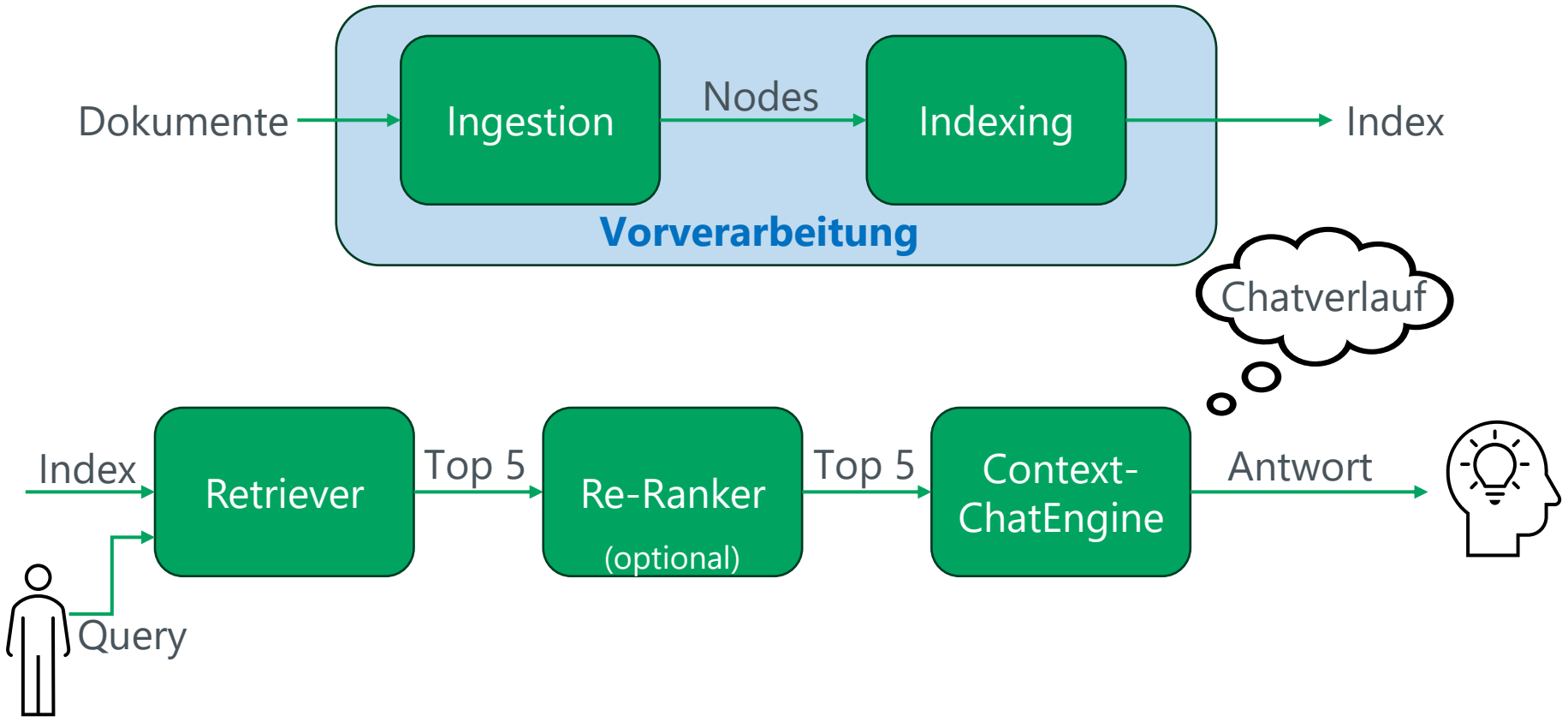
ASSiST

Projektübersicht



Evaluationsfokus

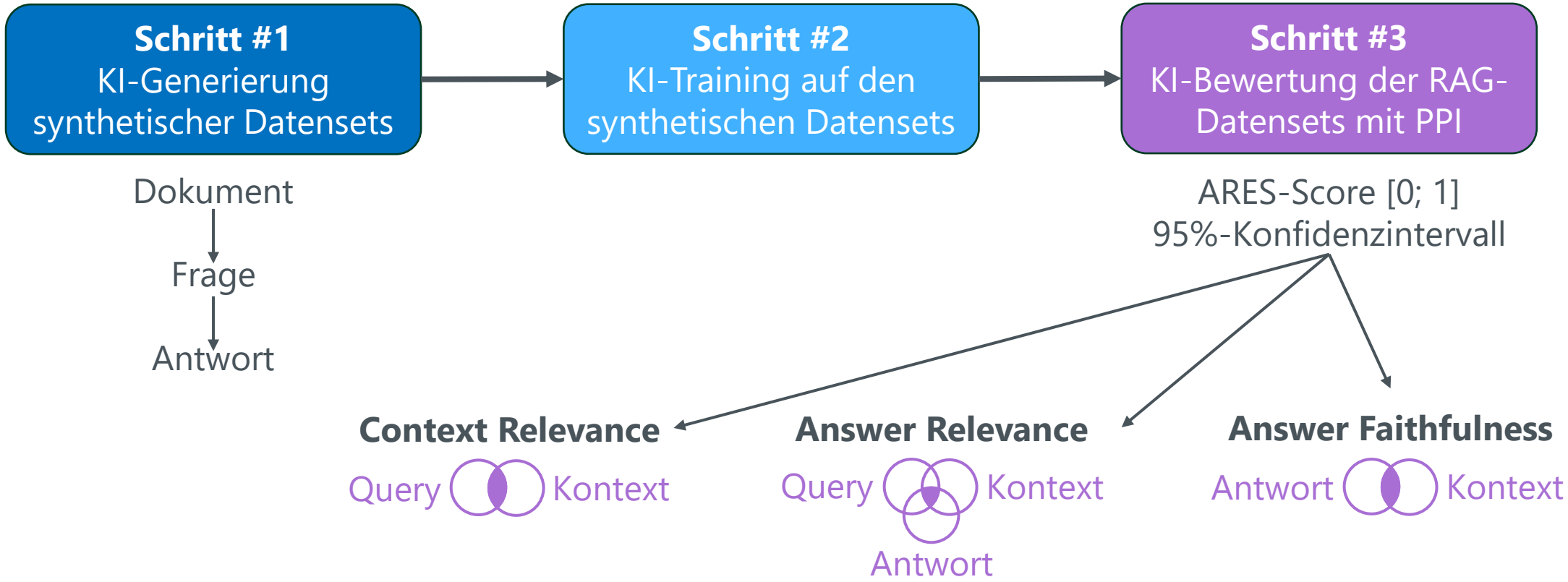
RAG – Retrieval-Augmented Generation



P. Lewis *et al.*, „Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks“, 12. April 2021, arXiv:2005.11401. doi: 10.48550/arXiv.2005.11401.

Evaluationsmethode

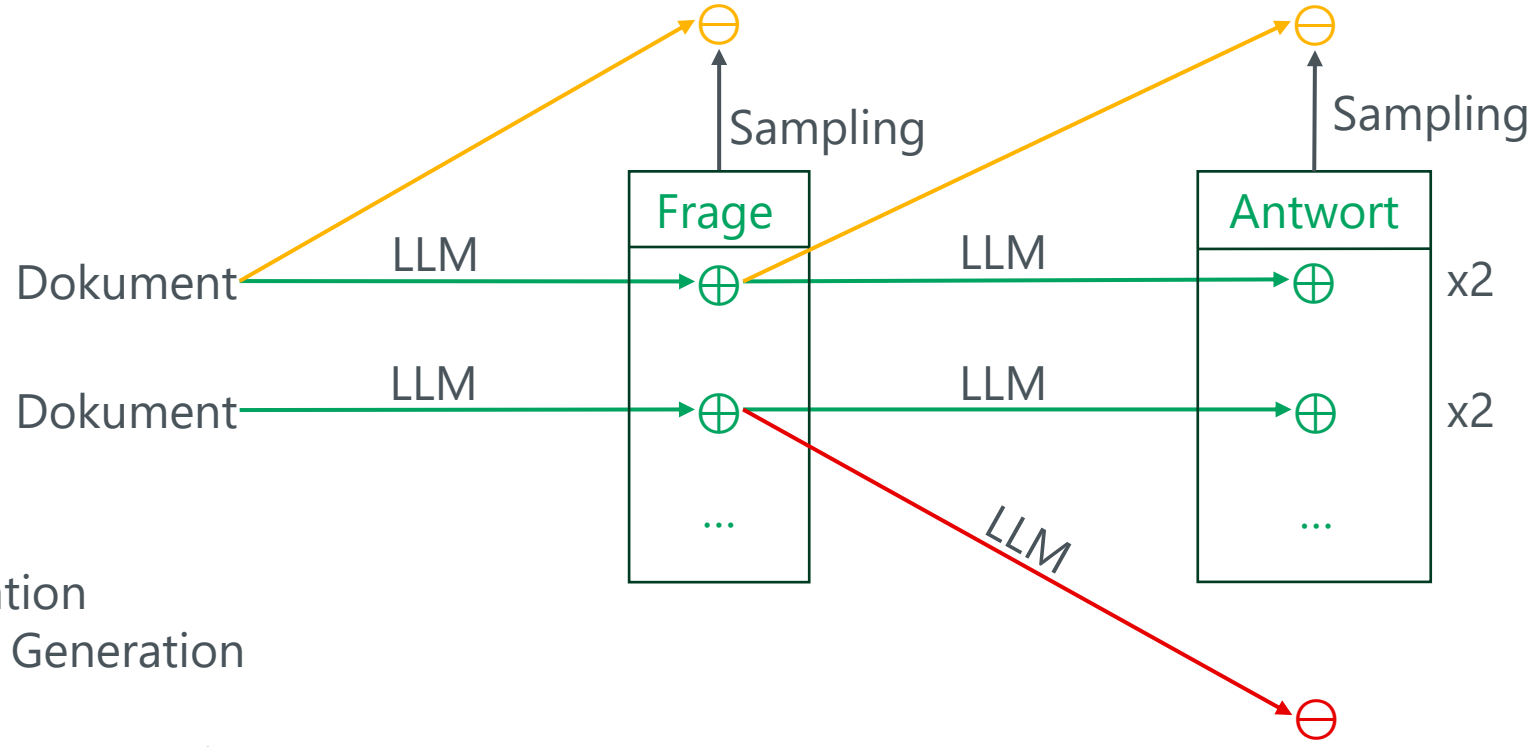
ARES – Automated RAG Evaluation System



J. Saad-Falcon, O. Khattab, C. Potts, und M. Zaharia, „ARES: An Automated Evaluation Framework for Retrieval-Augmented Generation Systems“, 31. März 2024, arXiv:2311.09476. doi: 10.48550/arXiv.2311.09476.

ARES – Automated RAG Evaluation System

Das synthetische Datenset



⊕ Positive Generation
⊖ Weak Negative Generation (Sampling)
⊖ Strong Negative Generation (Generierung)

J. Saad-Falcon, O. Khattab, C. Potts, und M. Zaharia, „ARES: An Automated Evaluation Framework for Retrieval-Augmented Generation Systems", 31. März 2024, arXiv:2311.09476. doi: 10.48550/arXiv.2311.09476.

ARES – Automated RAG Evaluation System

Das synthetische Datenset

Original:

Dokument	Frage	Antwort
Erste Hälfte	⊕	⊕
	⊕ (Duplikat)	⊖
Zweite Hälfte	⊖	/

Adaption:

Erste Hälfte	⊕	⊕
	⊕ (Duplikat)	⊖
		⊖
Zweite Hälfte	⊖	⊕
		⊖

⊕ Positive Generation
⊖ Weak Negative Generation (Sampling)
⊖ Strong Negative Generation (Generierung)

J. Saad-Falcon, O. Khattab, C. Potts, und M. Zaharia, „ARES: An Automated Evaluation Framework for Retrieval-Augmented Generation Systems“, 31. März 2024, arXiv:2311.09476. doi: 10.48550/arXiv.2311.09476.

ARES – Automated RAG Evaluation System

Das synthetische Datenset – Effekte der Adaptionen

Dokument	Frage	Antwort	Validation Loss	Klassifikator
Erste Hälfte	⊕	⊕		
	⊕ (Duplikat)	⊖	↑ 0,12 → 0,21	
		⊖	↑ 0,07 → 0,22	
Zweite Hälfte	⊖	⊕	↓ 0,21 → 0,11	
		⊖	↓ 0,22 → 0,04	

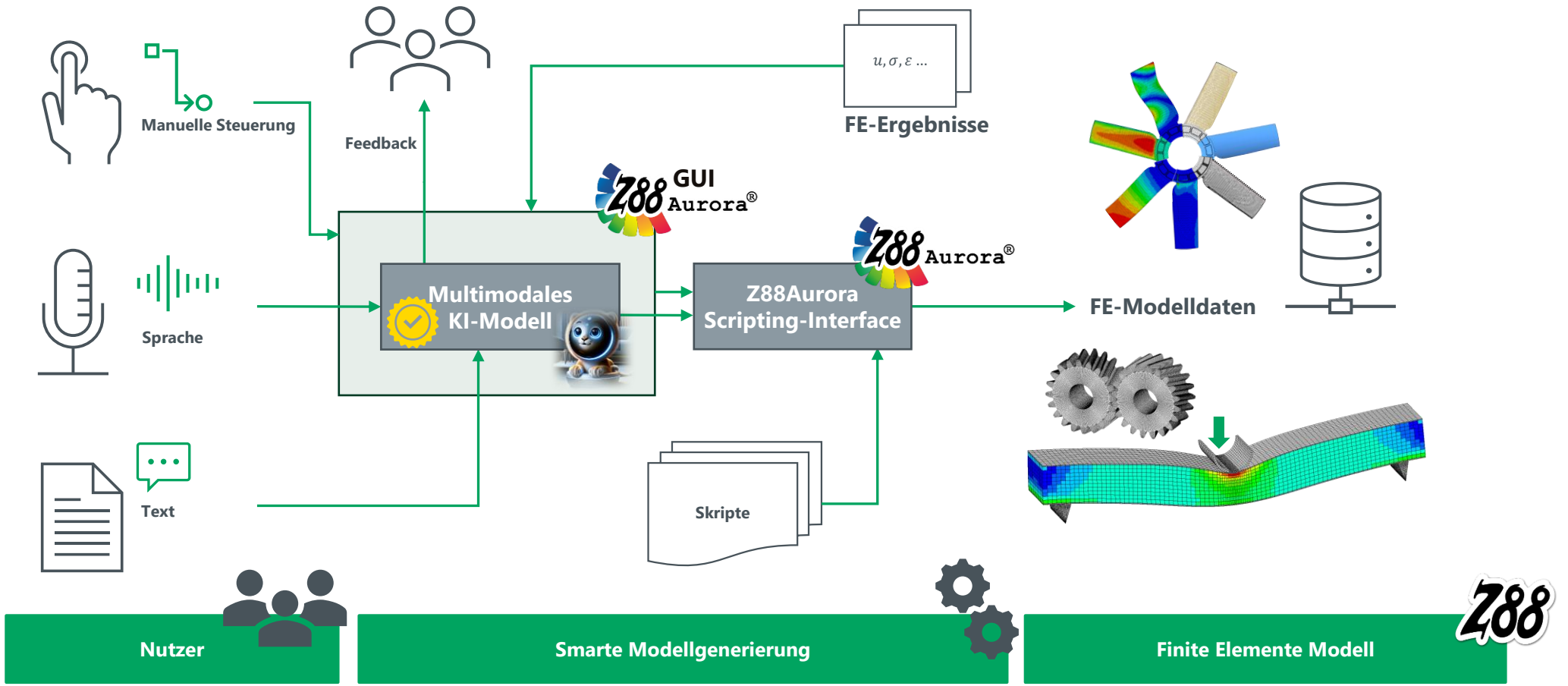
⊕ Positive Generation
⊖ Weak Negative Generation (Sampling)
⊖ Strong Negative Generation (Generierung)

Answer-Relevance

Answer-Faithfulness

Fazit und Ausblick

Zuverlässige KI-Unterstützung in Z88Aurora



TUBAF
Die Ressourcenuniversität.
Seit 1765.

imkf INSTITUT FÜR MASCHINENELEMENTE KONSTRUKTION UND FERTIGUNG

LEBENSDAUER VON ADDITIV GEFERTIGTEN, TOPOLOGIEOPTIMIERTEN BAUTEILEN

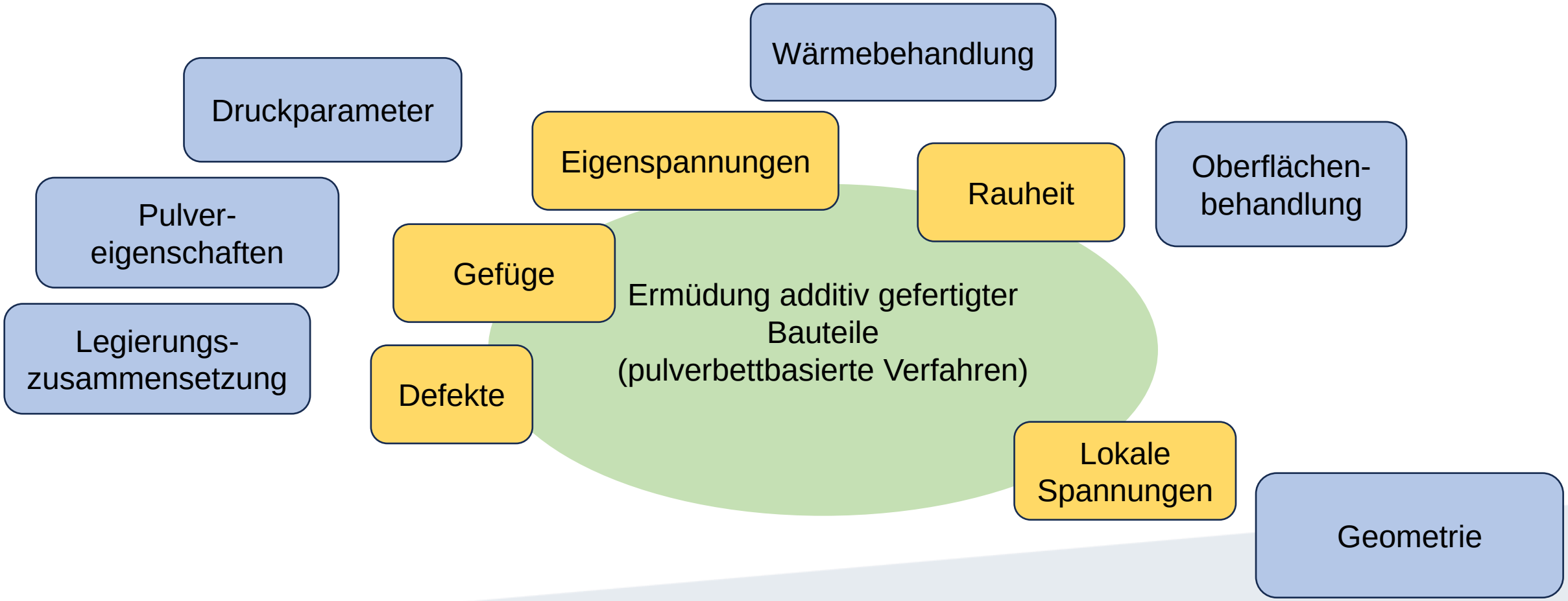
- Einleitung
- Anwendungsfall
- Multiaxiale Beanspruchung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung



Jenny Köckritz, Dr. Robert Szlosarek, Stefan G. Langenhan (IWT), Prof. Dr.-Ing. Matthias Kröger (Vortragender)

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung (IMKF)
Institut für Werkstofftechnik (IWT)

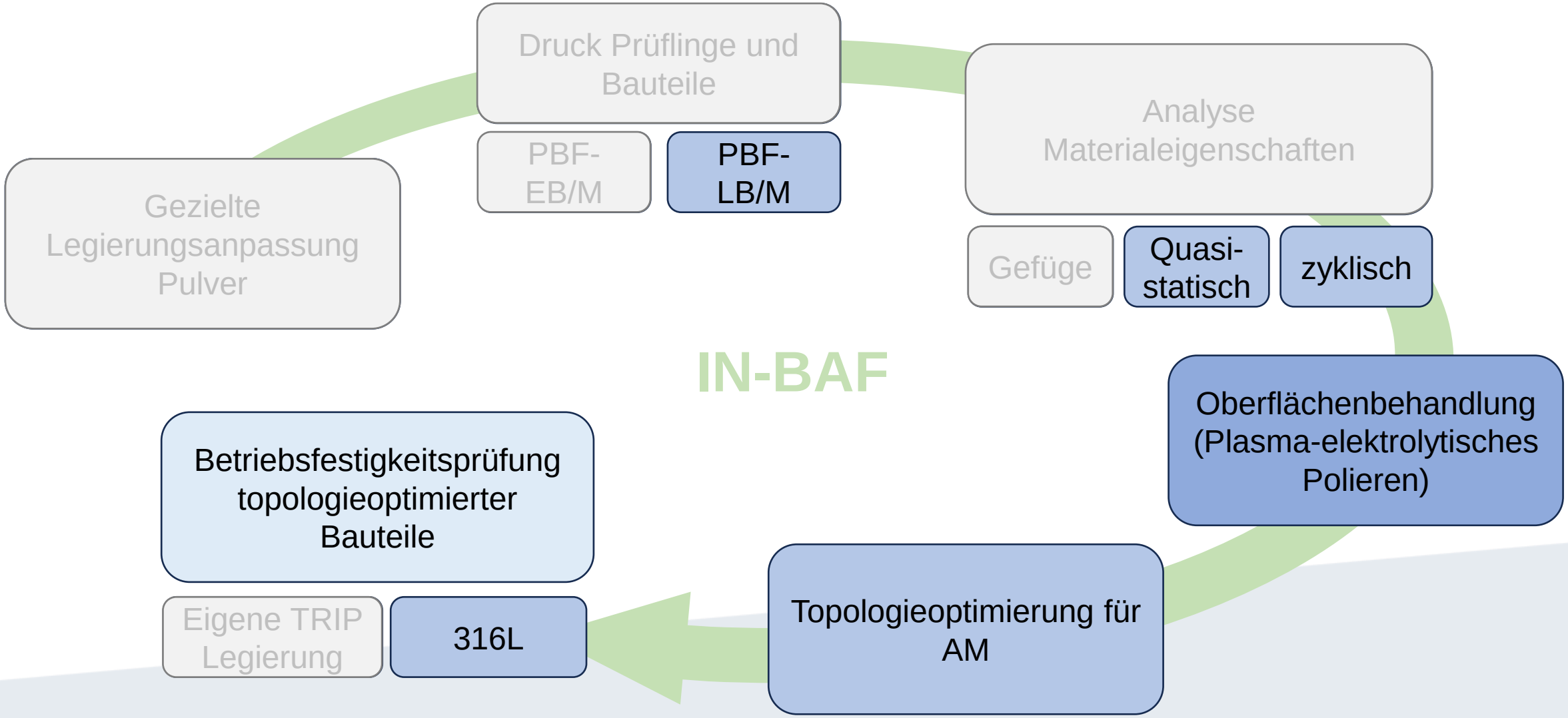
Einflüsse auf die Lebensdauer additiv gefertigter Bauteile



Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Einflüsse auf die Lebensdauer additiv gefertigter Bauteile



Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Untersuchungskonzept

Topologieoptimierung für AM

PBF-LB/M

316L

Oberflächen-behandlung AB / PEP

Lebensdauer-versuche

Uniaxiale Ermüdung LCF

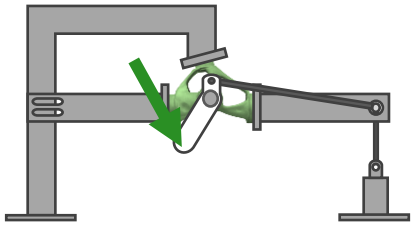
Ermüdungs-simulation

- Anwendungsfall: Tretlagerschale Lastenrad
- Topologieoptimierung mit zwei Optimierungszielen
- Randbedingungen für Ermüdung und AM



- AM Proben und Bauteile





- Nah am Anwendungsfall

Kofinanziert von der Europäischen Union

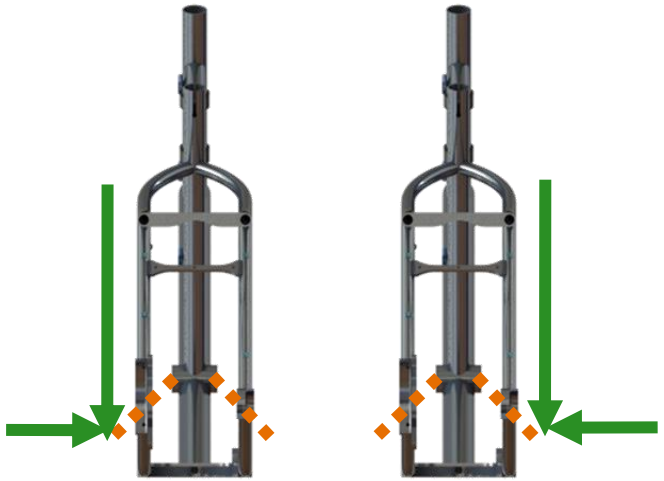
Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

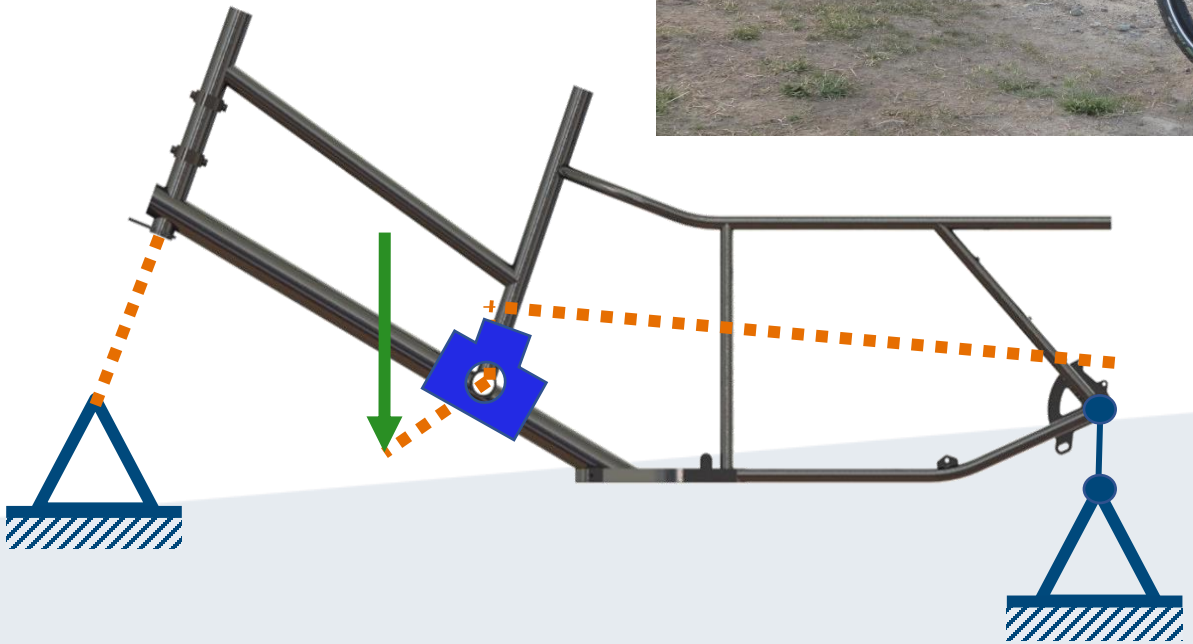
Anwendungsfall und Lastfall

- Rahmenknoten im **Tretlagerbereich**
- Ausgewählter kritischer Lastfall: Pedalieren (ref. DIN79010) → 1,2 kN
- Führt zu überlagerter Biegung und Torsion im Tretlagerbereich bezogen auf das Unterrohr



Bild: Kröger



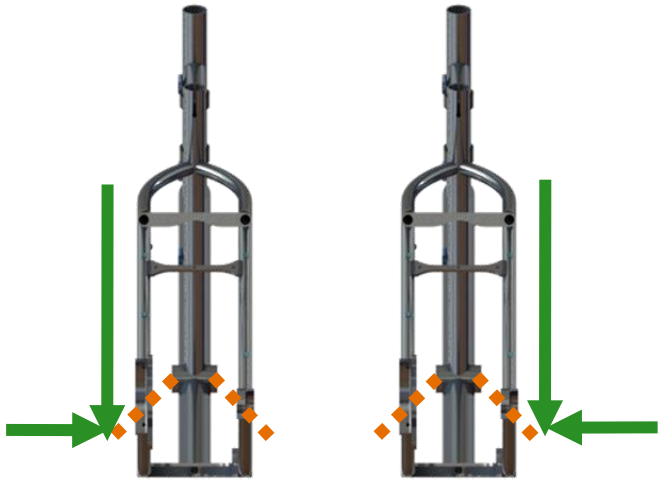


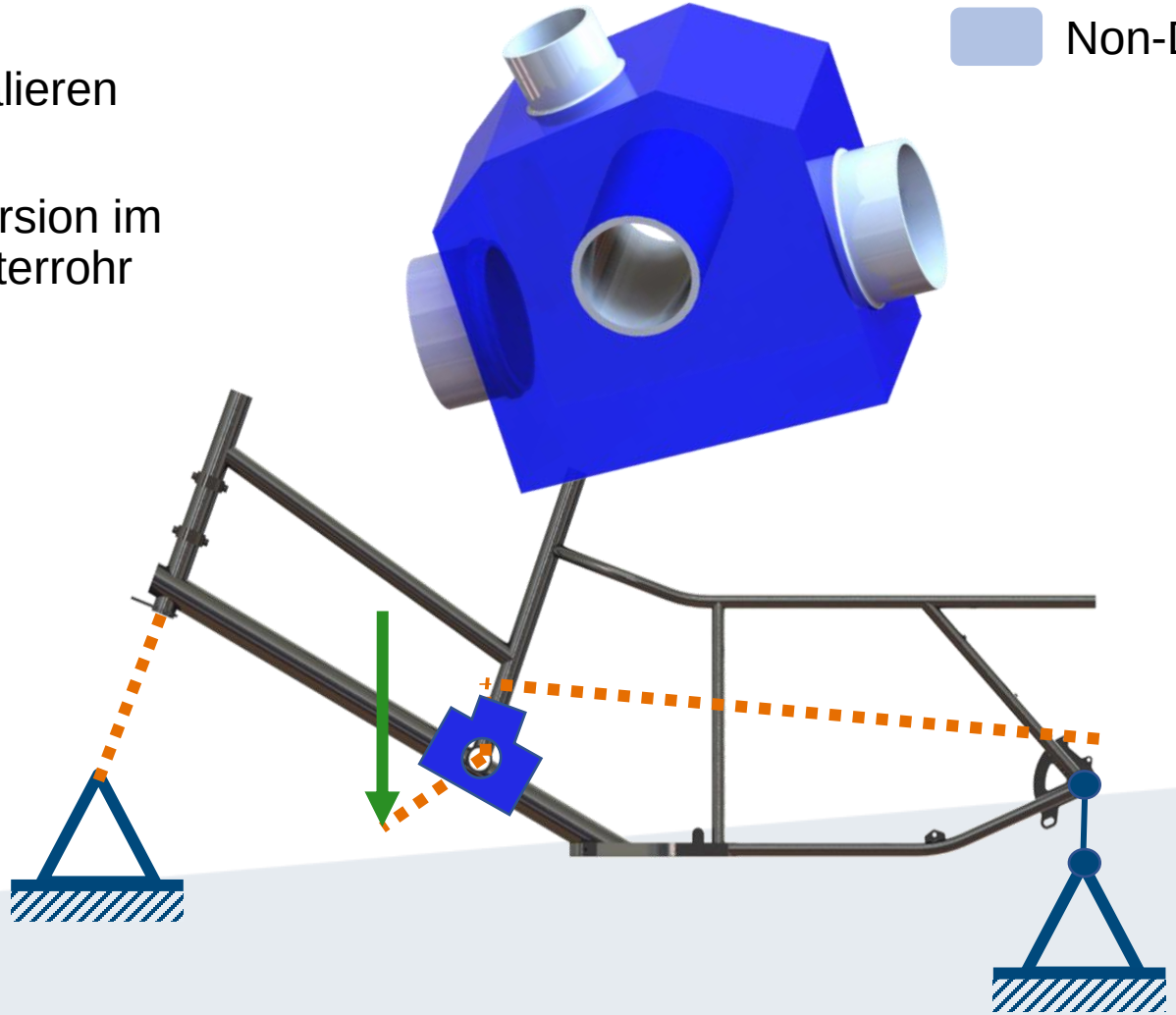
Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Anwendungsfall und Lastfall

- Rahmenknoten im **Tretlagerbereich**
- Ausgewählter kritischer Lastfall: Pedalieren (ref. DIN79010) → 1,2 kN
- Führt zu überlagerter Biegung und Torsion im Tretlagerbereich bezogen auf das Unterrohr

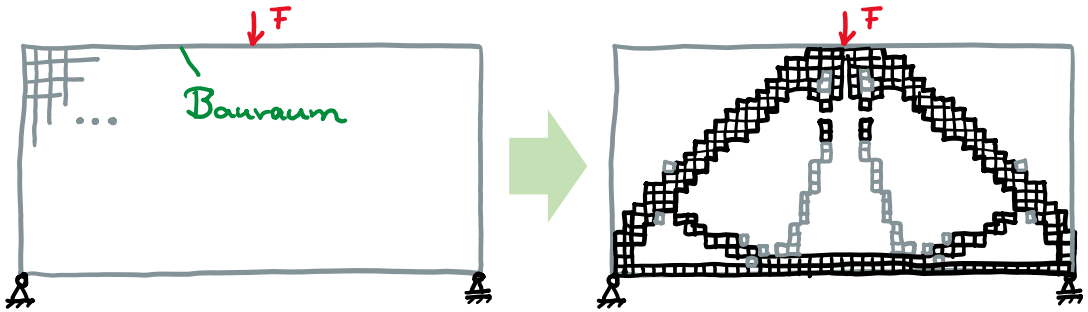




Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

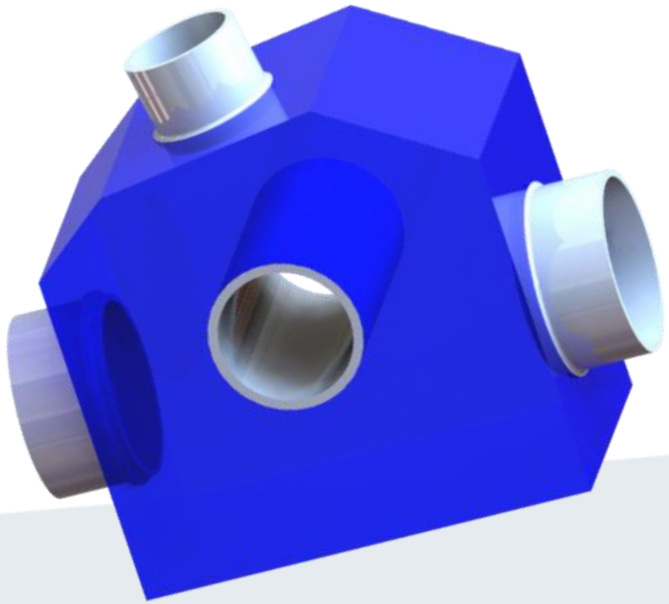
Topologieoptimierung Tretlagerbereich





Optimierungsziel:
Minimale Masse

- Gewicht: 487 g





Optimierungsziel:
Minimale Nachgiebigkeit

- Gewicht: 631 g

Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

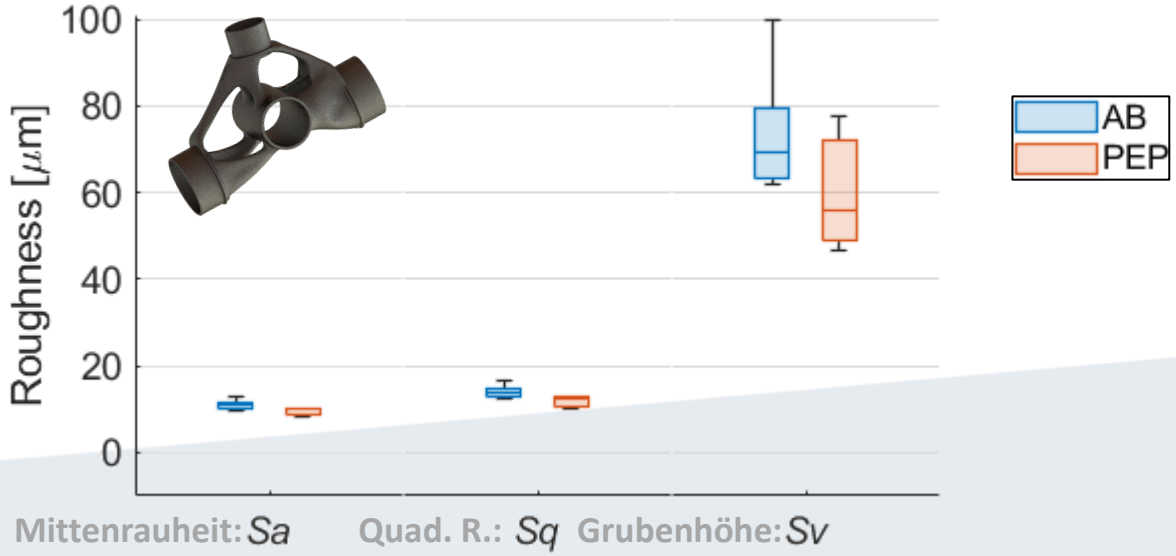
PBF-LB/M Fertigung von Proben und Bauteilen

- Farsoon FS273M
- Infill E_δ = 69,3 W/mm³
- Anschließendes Plasma-electrolytisches Polieren (**PEP**)
- Dehnungsgeregelte Ermüdungsprüfung
  As Built (**AB**) und PEP

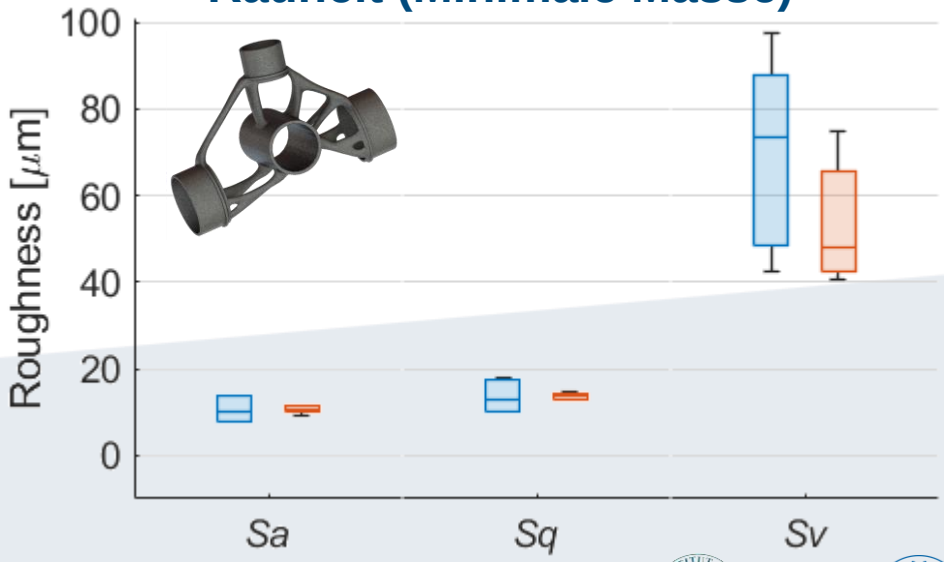




Rauheit (Minimale Nachgiebigkeit)



Rauheit (Minimale Masse)

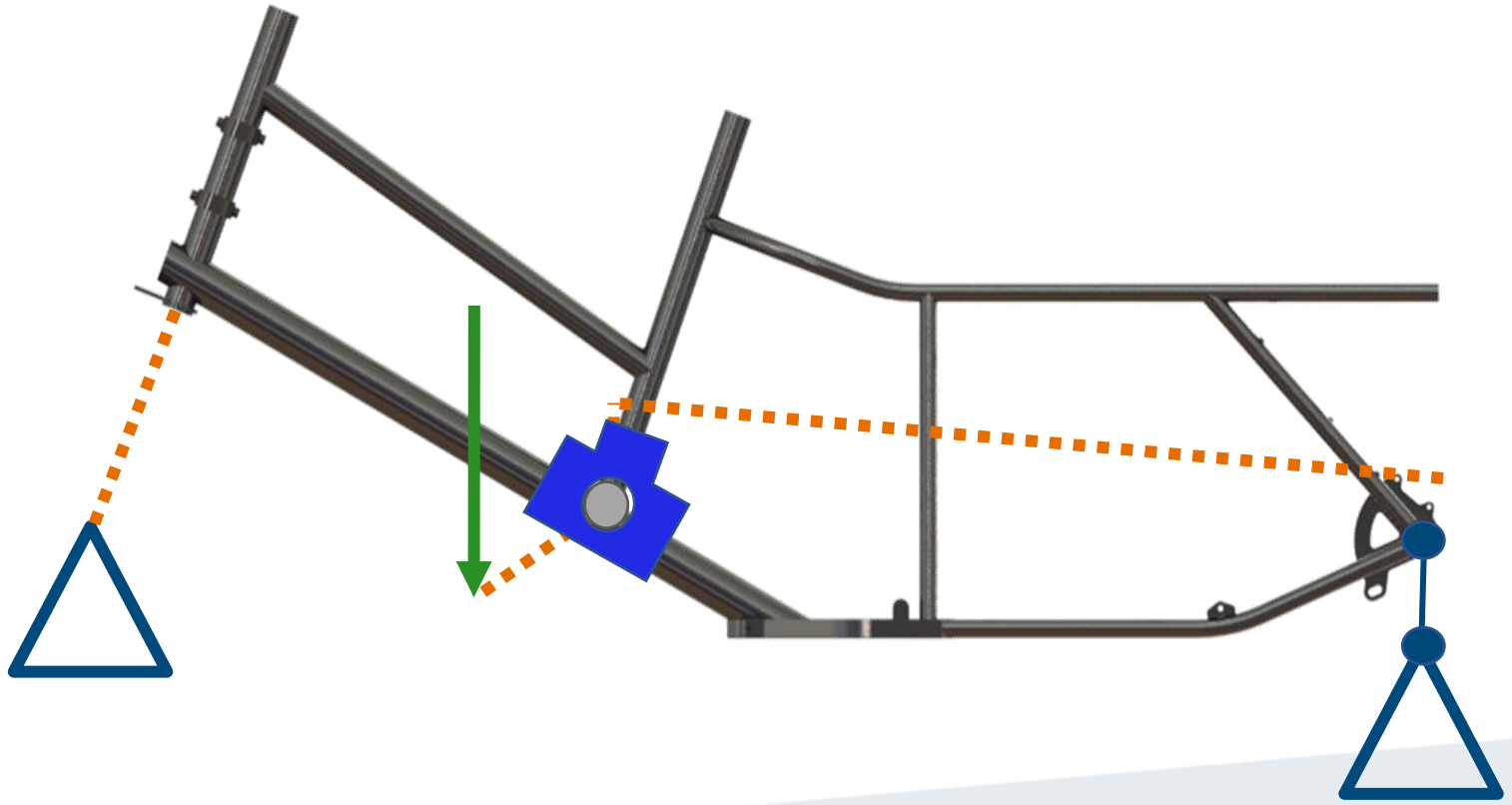


Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Prüfstand

- Vereinfachter Prüfstand für den Lastfall „Pedalieren“

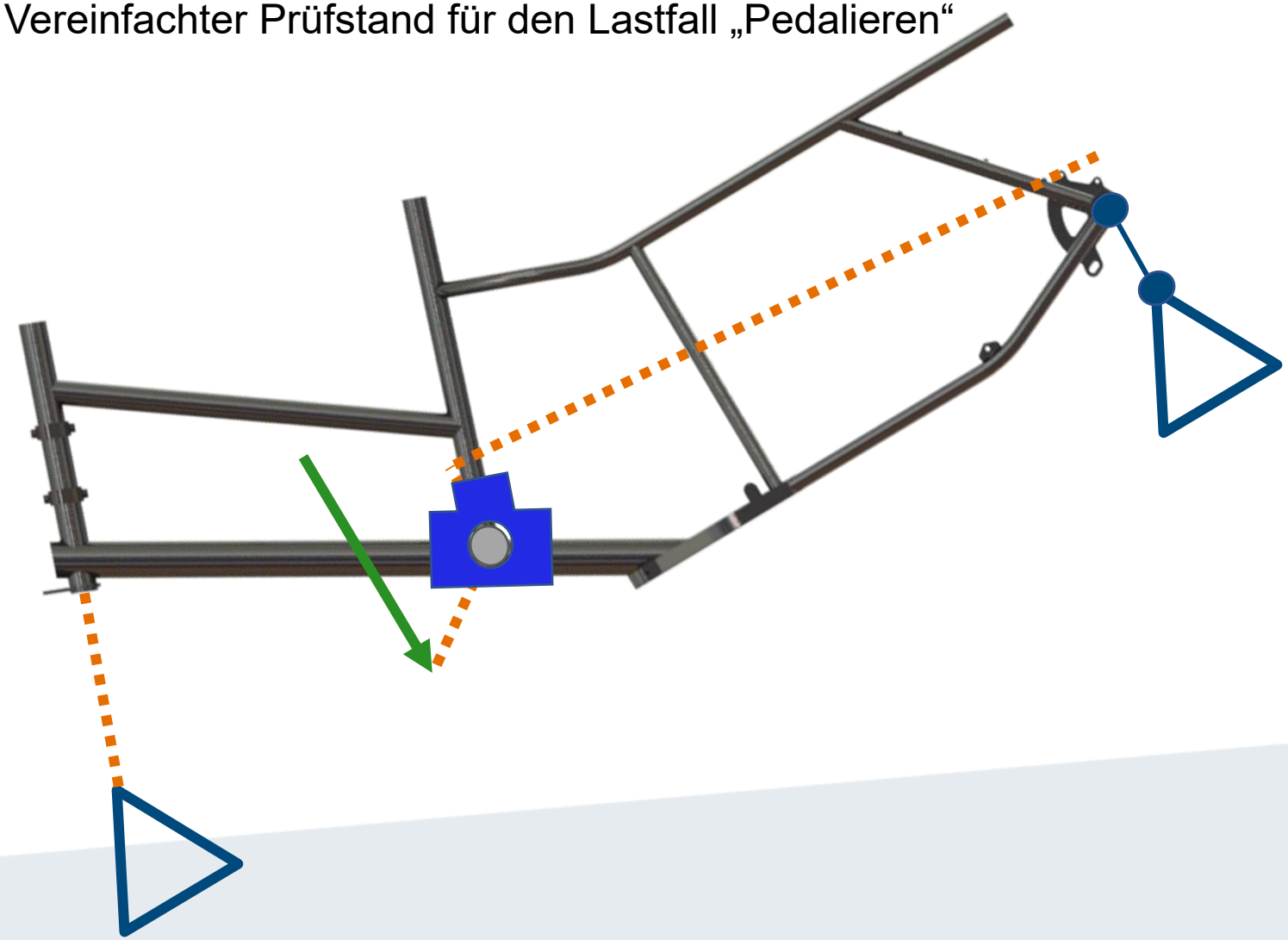


Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Prüfstand

- Vereinfachter Prüfstand für den Lastfall „Pedalieren“

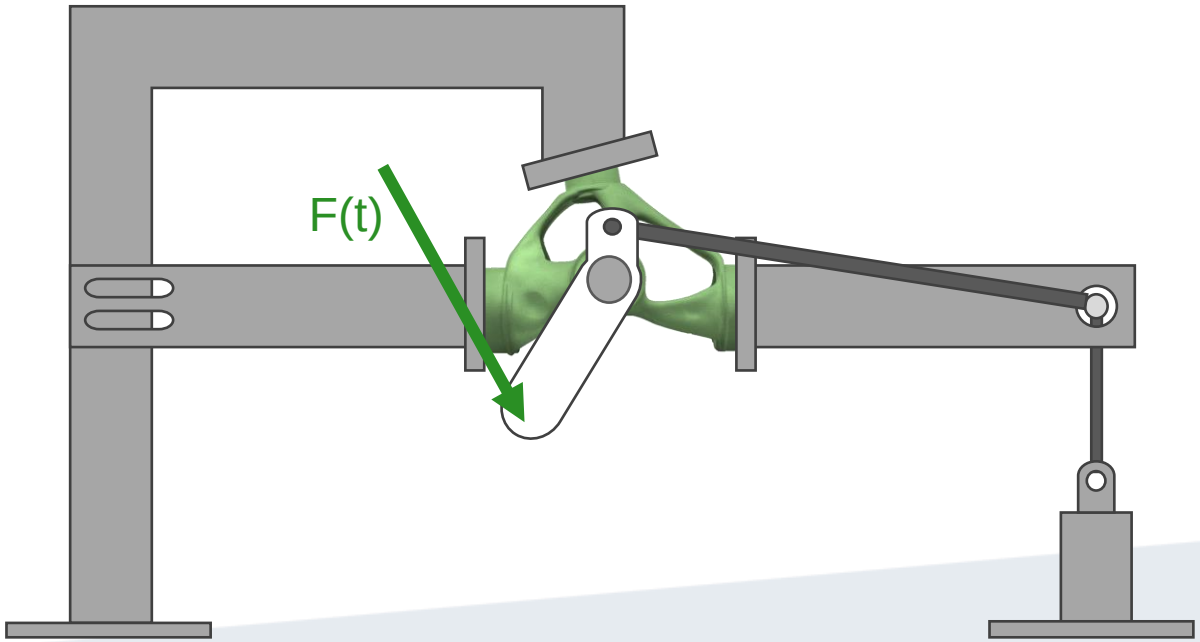


Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Prüfstand

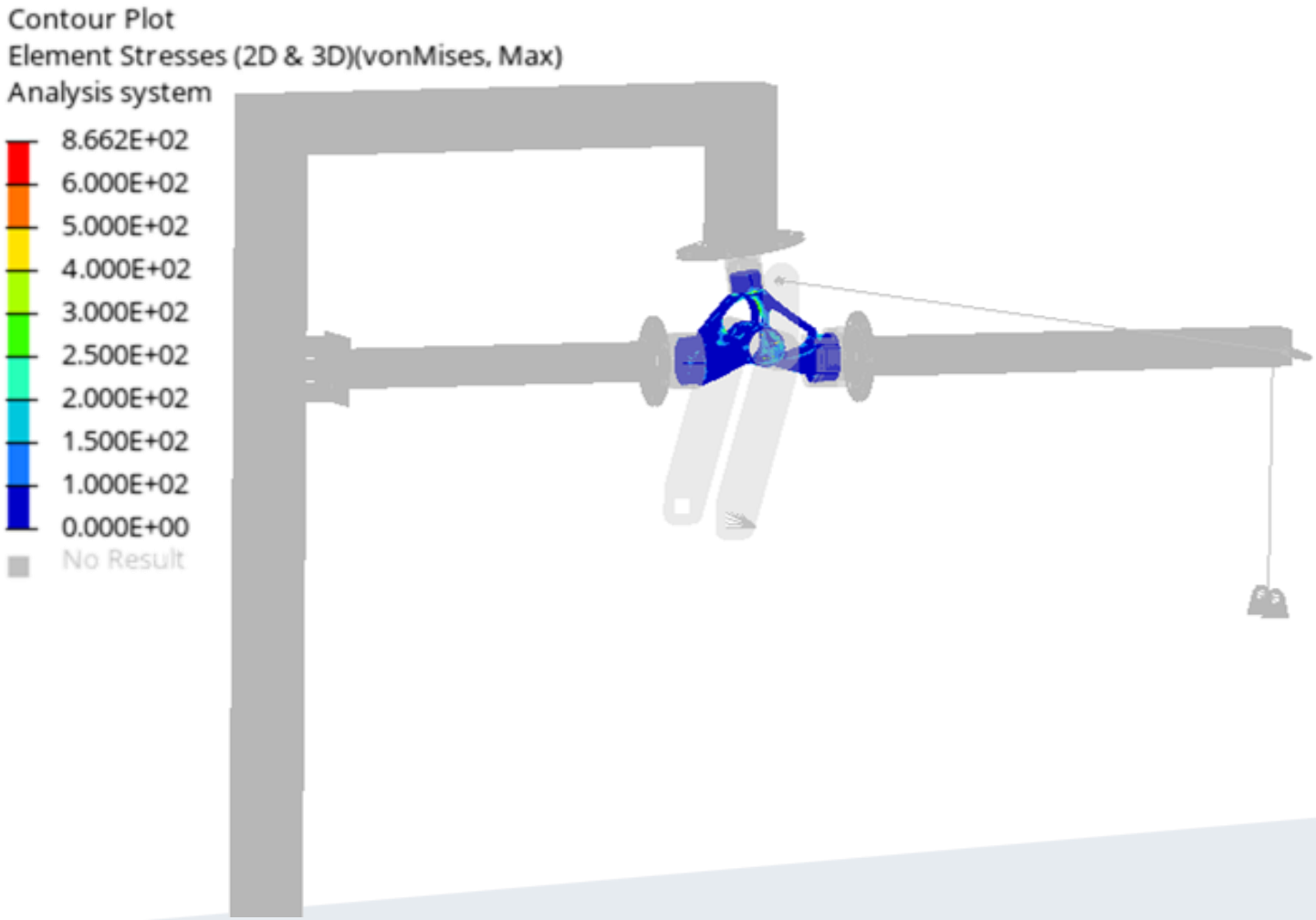
- Vereinfachter Prüfstand für den Lastfall „Pedalieren“
- Einfacher Zusammenbau mit Klemmungen
- Optimierte Wanddicken und Trägerlängen für Abbildung der Verformungen in originalem Anwendungsfall Lastenrad



Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Prüfstand



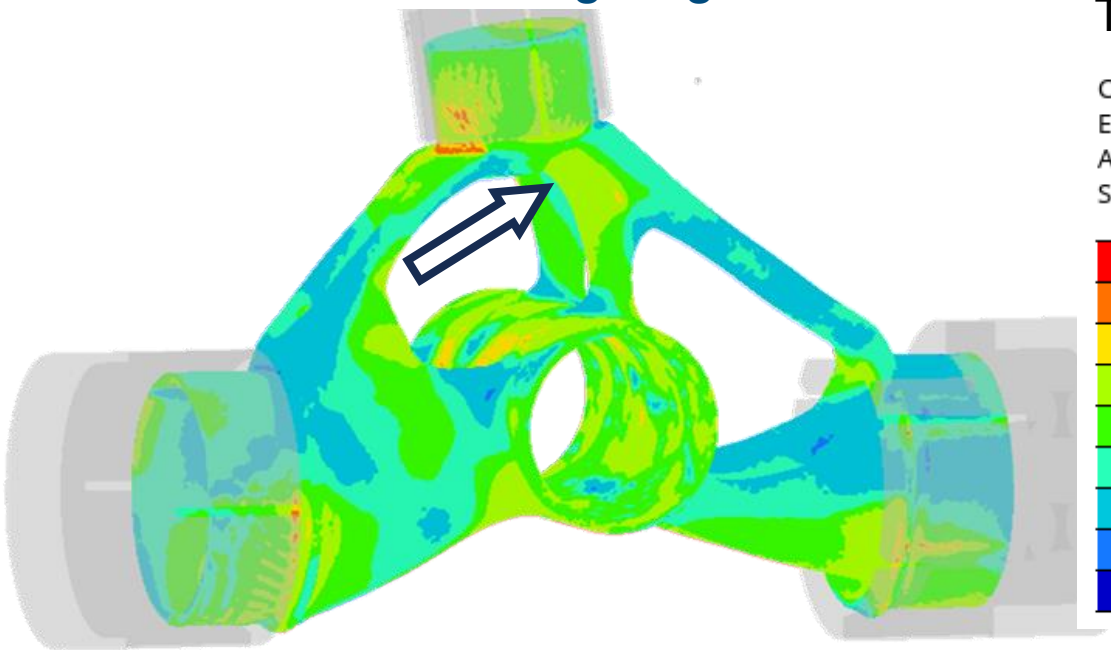


Kofinanziert von der Europäischen Union

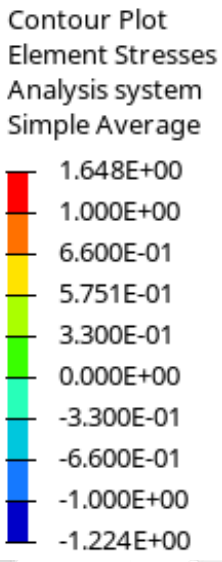
Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Multiaxiale Beanspruchung (für F_{max} = 1,2 kN)

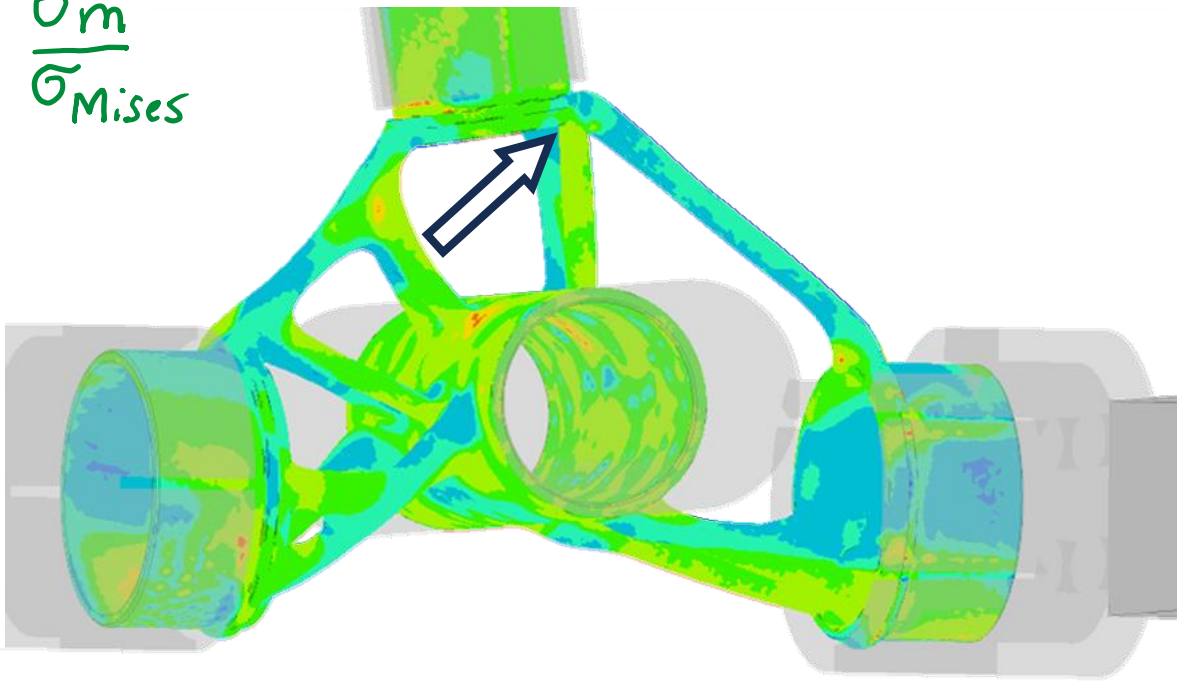
Minimale Nachgiebigkeit



Triaxiality $\frac{\sigma_m}{\sigma_{Mises}}$



Minimale Masse



Critical Element Stress Tensor (Max-Stiffness)

$$\sigma_{max,maxstiff} = \begin{bmatrix} 12 & 6 & -1 \\ \cdots & 205 & 193 \\ \cdots & \cdots & 196 \end{bmatrix} (MPa)$$

Critical Element Stress Tensor (Min-Mass)

$$\sigma_{max,minmass} = \begin{bmatrix} 700 & -466 & -387 \\ \cdots & 900 & 544 \\ \cdots & \cdots & 711 \end{bmatrix} (MPa)$$

→ Kritische Bereiche zeigen **mehraxiale Beanspruchung** (Normal- und Schubspannungsanteile, in-phase)

Kofinanziert von der Europäischen Union

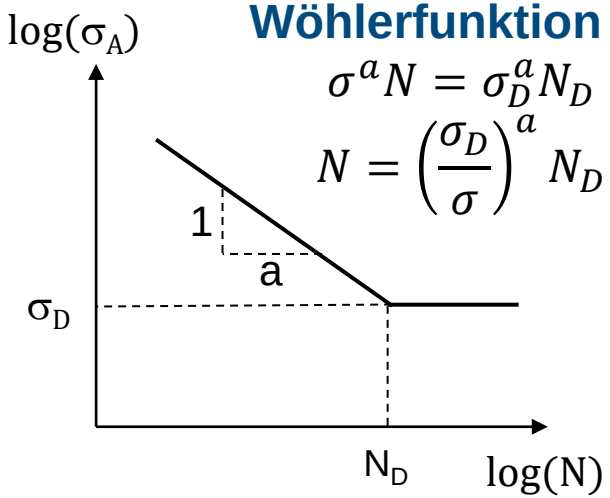
Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Lebensdauerberechnung mit Wöhler- bzw. Dehnungswöhlerlinie

Notwendige Parameter zur Beschreibung der Wöhlerkurve:

- σ_D
- N_D
- a

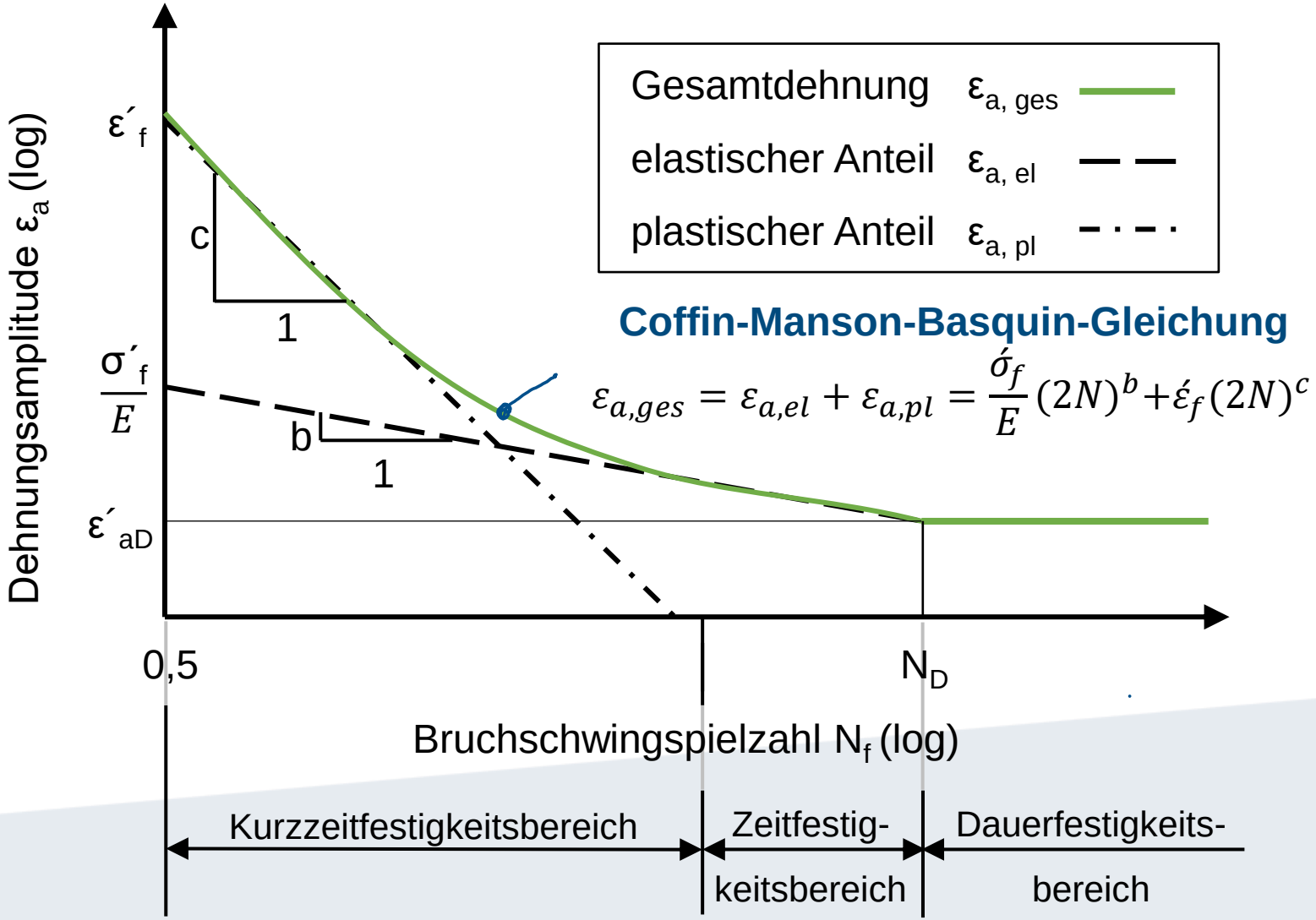




Wöhlerfunktion

$$\sigma^a N = \sigma_D^a N_D$$

$$N = \left(\frac{\sigma_D}{\sigma}\right)^a N_D$$



Coffin-Manson-Basquin-Gleichung

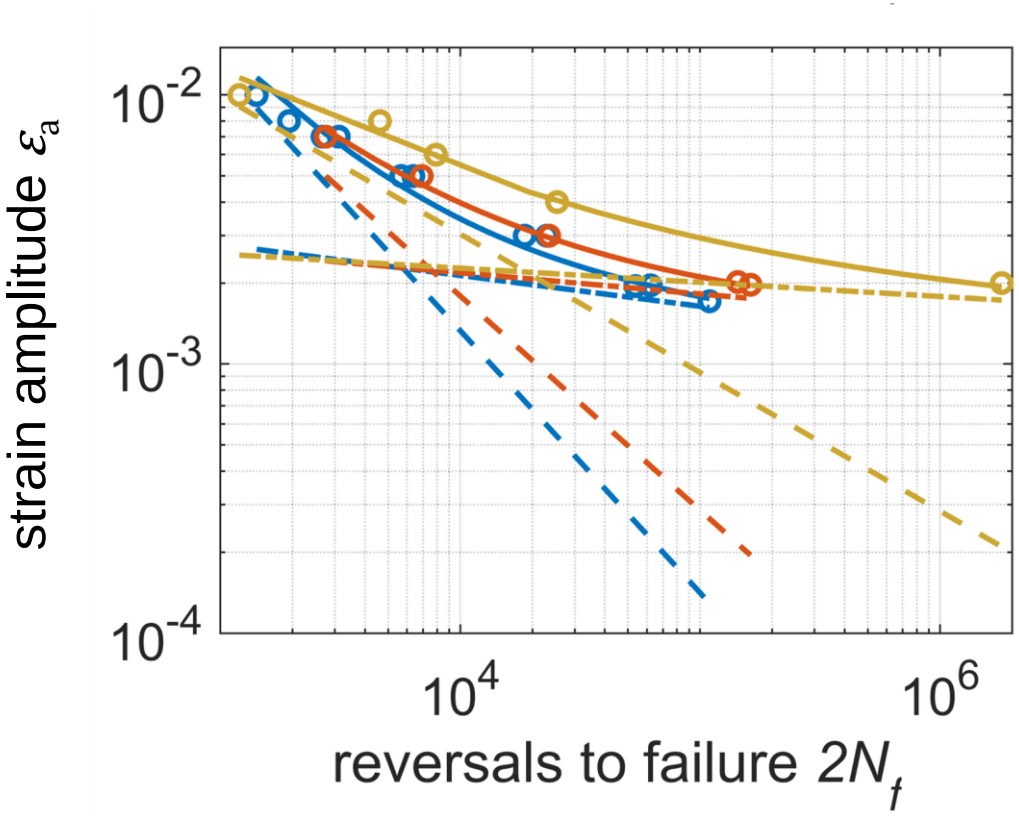
$$\varepsilon_{a,ges} = \varepsilon_{a,el} + \varepsilon_{a,pl} = \frac{\acute{\sigma}_f}{E}(2N)^b + \acute{\varepsilon}_f(2N)^c$$

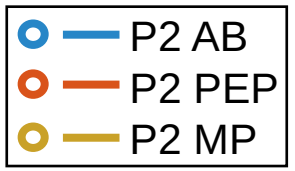
Kofinanziert von der Europäischen Union

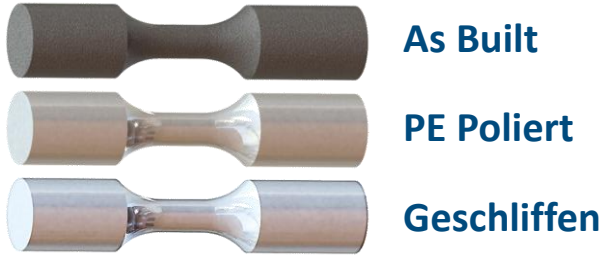
Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Lebensdauerberechnung

- LCF- Tests an Ermüdungsproben mit identischen Druck- und PEP-Parametern





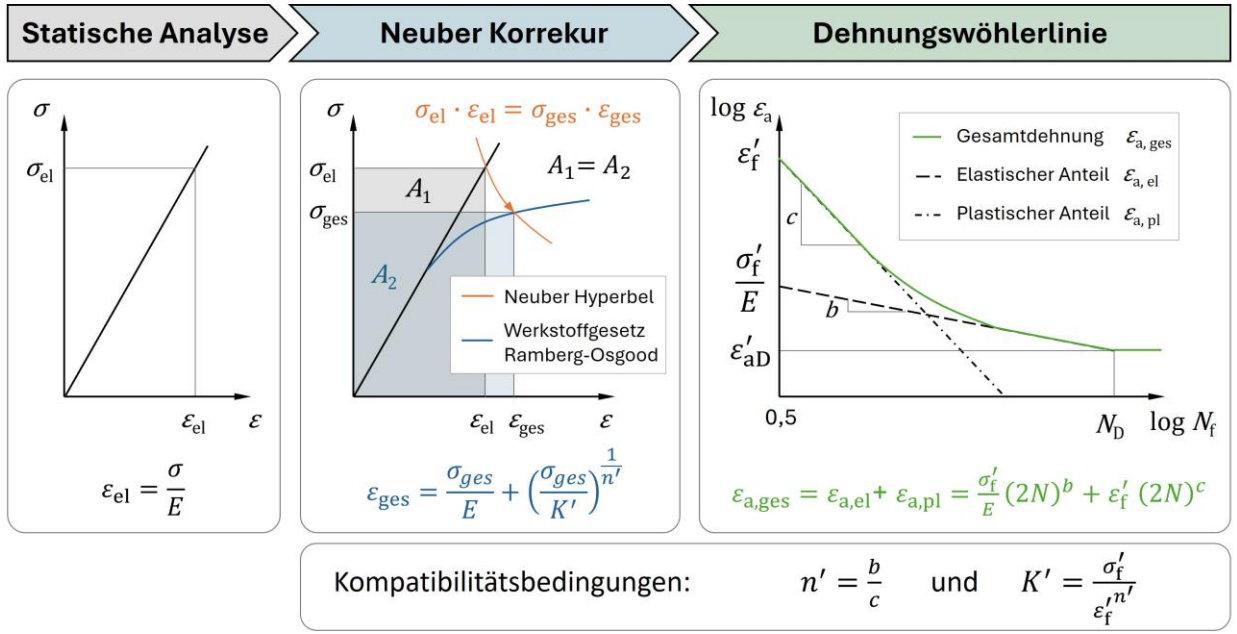


Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Lebensdauerberechnung

- Berücksichtigung plastischer Dehnungen (Neuber)



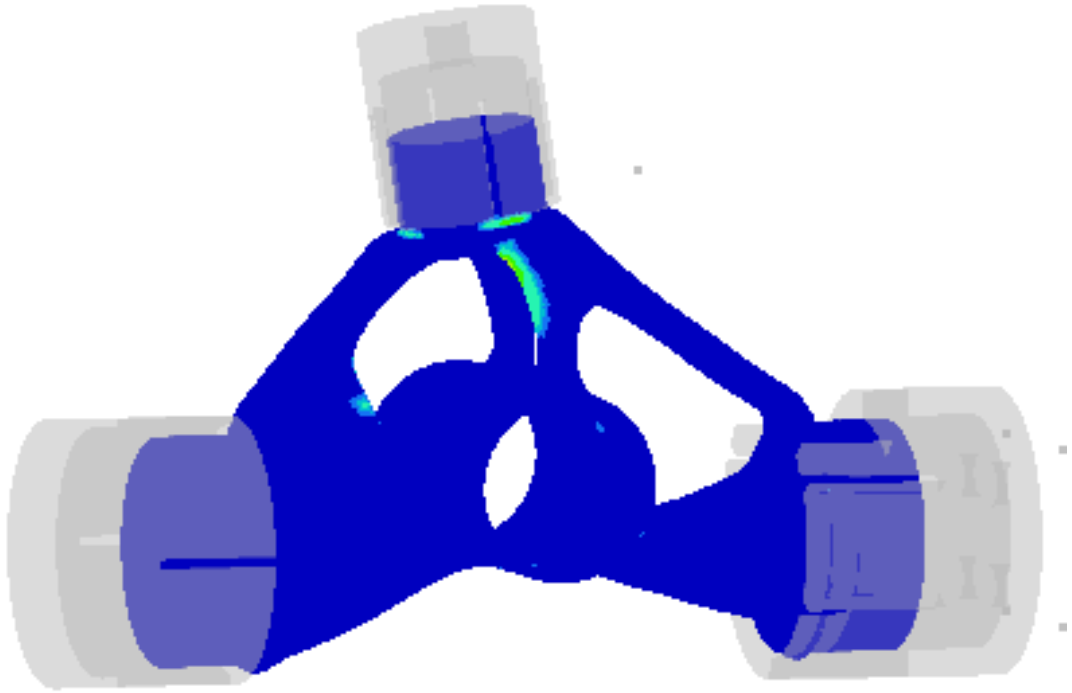
- Abgeleitete Parameter → Lebensdaueranalyse mit Altair®
  - *Dehnungswöhlerlinie:* ε-N,
  - Maximale Schädigung: Critical Plane Approach
  - Mittelspannungseinfluss: Smith-Watsen-Topper SWT für Zug- bzw. Fatemi-Socie für Schubanteile → SWT höchste Schädigung

Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Lebensdauerberechnung

- LCF- Tests an Ermüdungsproben mit identischen Druck- und PEP-Parametern



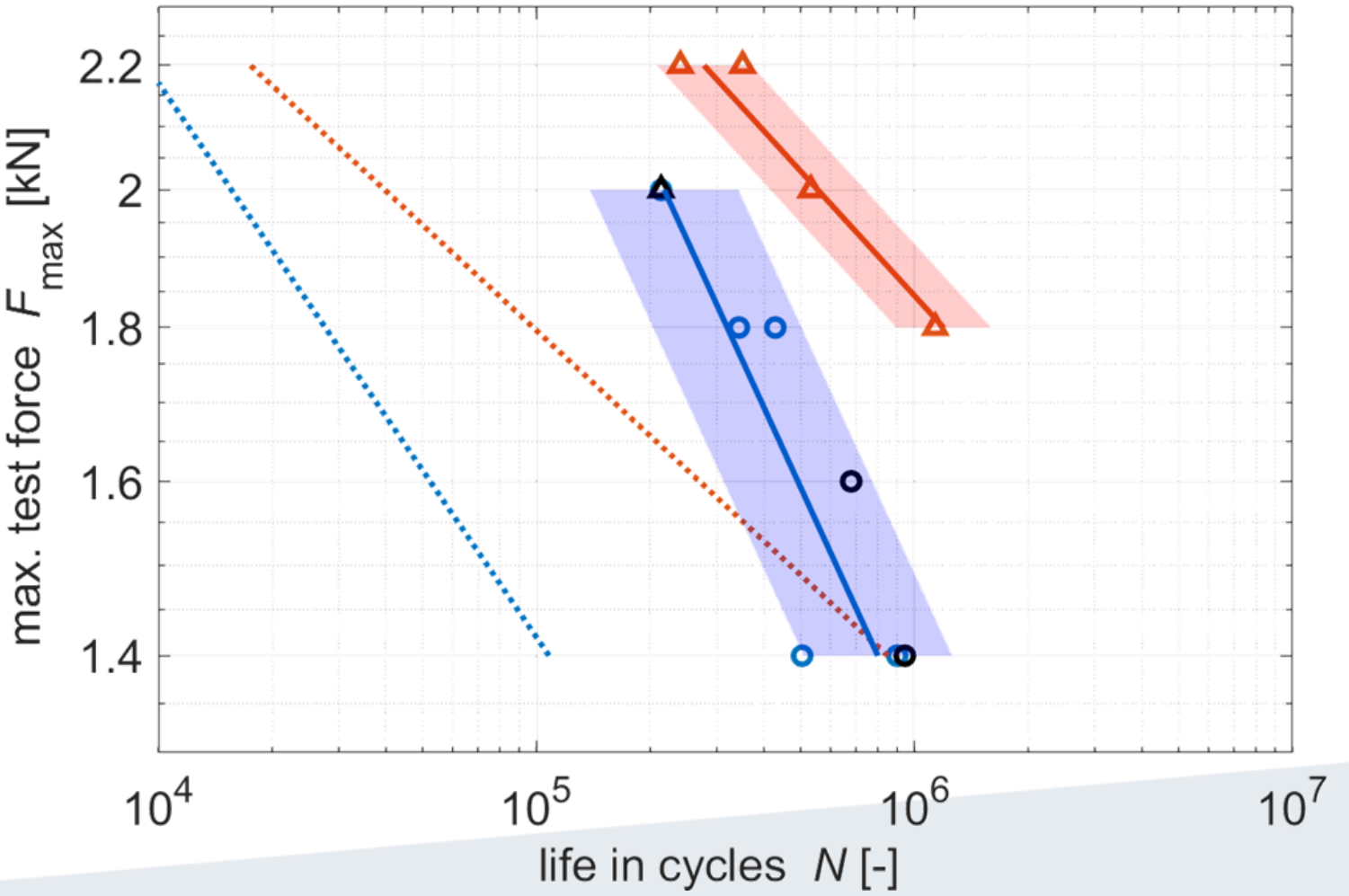
- Abgeleitete Parameter → Lebensdaueranalyse mit Altair®
  - ε-N
  - Critical Plane Approach
  - SWT für Zug- und Fatemi-Socie für Schubanteile → SWT höchste Schädigung

Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Experimentelle und numerische Ergebnisse – Min. Nachgiebigkeit



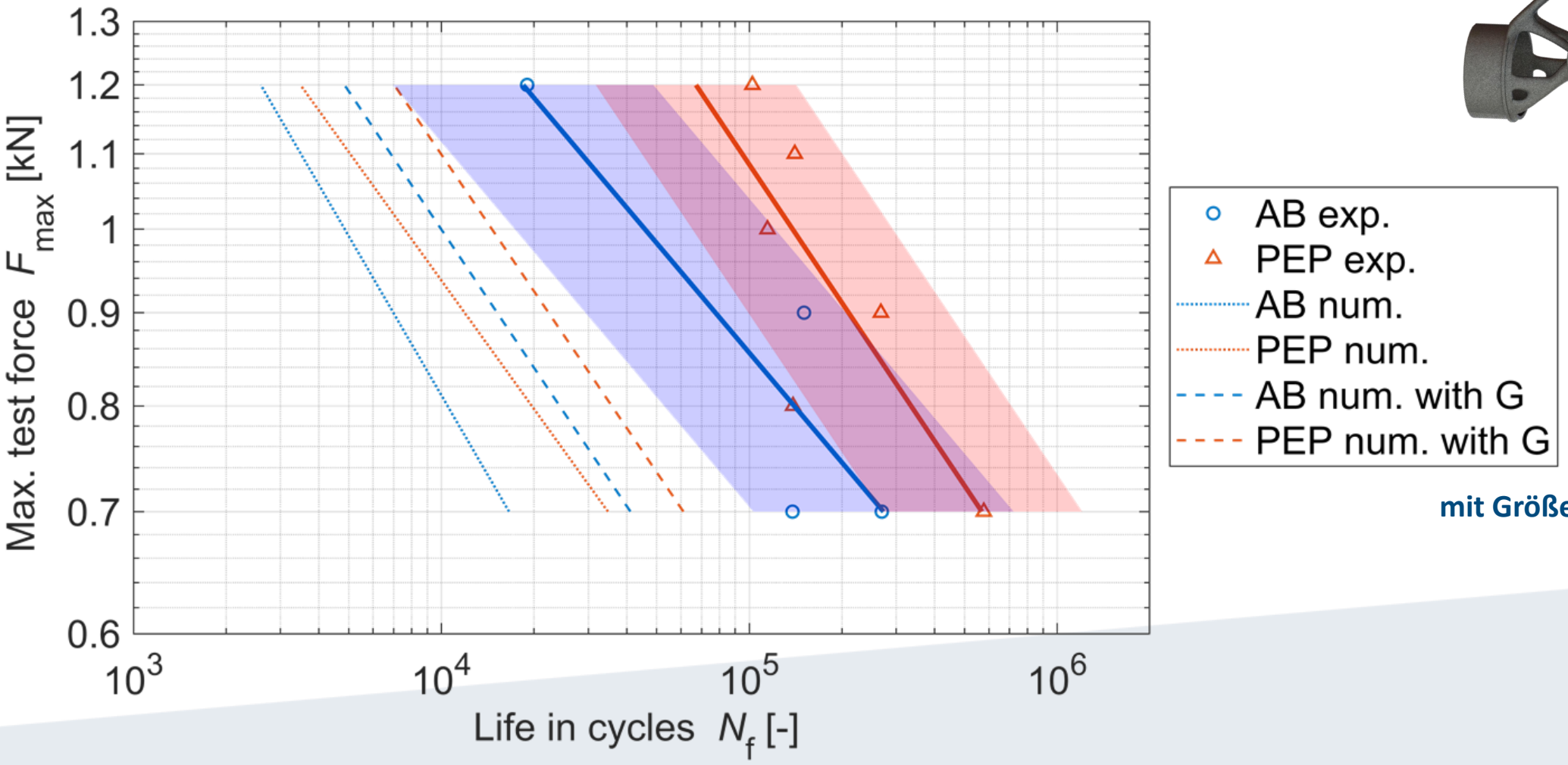


Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Experimentelle und numerische Ergebnisse – Min. Masse





mit Größeneinflussfaktor

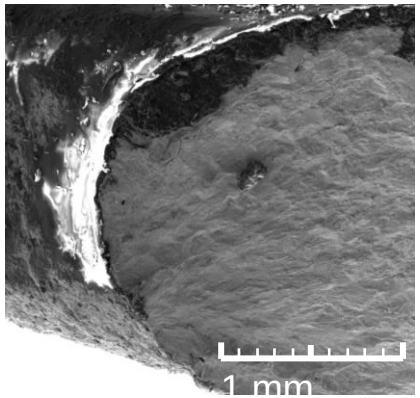
Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

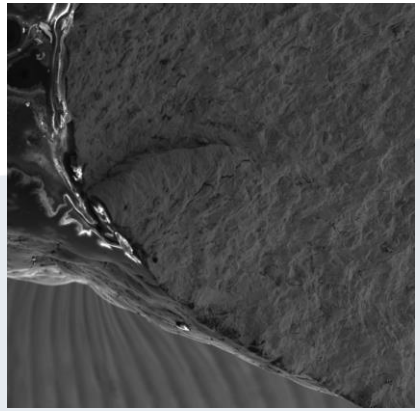
Fraktographie – Min. Mass Geometrie



AB (Kleine Kräfte)



PEP (Große Kräfte)



- Rissinitiierung an „Lack-of-fusion“ Defekten bei AB und PEP
- Zug- und Scherbruch auf Rissfläche sichtbar

Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Zusammenfassung

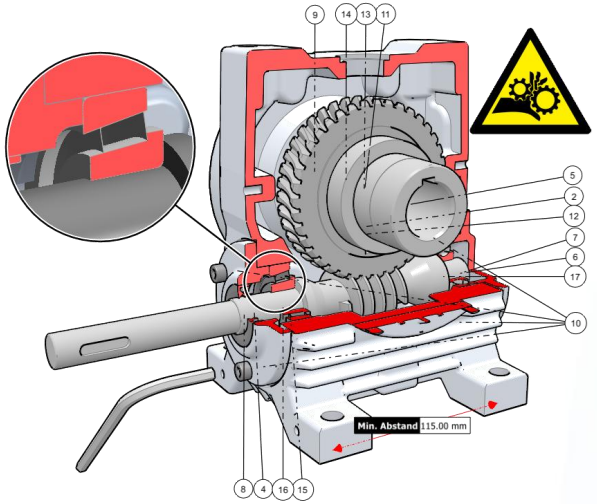
- Ermüdungsprüfungen an topologieoptimierten Bauteilen SLM 316L
  - unter gleichphasiger mehrachsiger Belastung
  - 2 Geometrien mit unterschiedlichen Topologieoptimierungszielen
  - 2 Oberflächenzustände: Lieferzustand (AB) und plasmaelektrolytisch polierter Zustand (PEP)

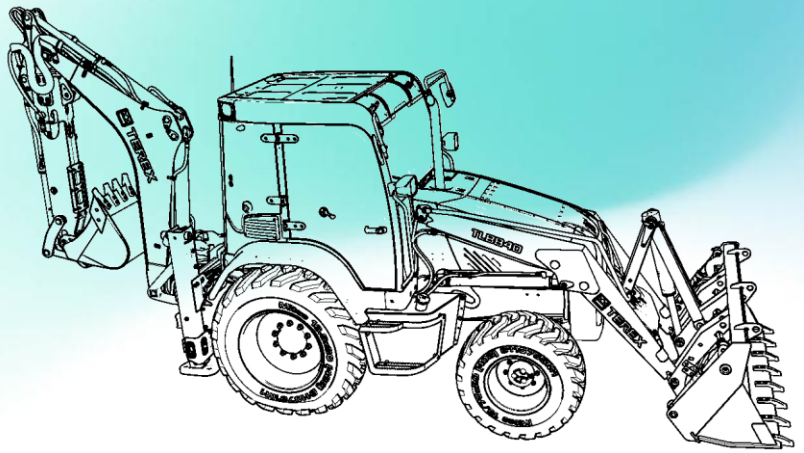
- PEP hat einen positiven Einfluss auf die Ermüdungslebensdauer
- Ermüdungsrisse entstehen an der Oberfläche LoF – sowohl bei AB als auch bei PEP (Oberflächenschicht nicht vollständig entfernt)
- Numerische Lebensdaueranalyse ist konservativ
- Gründe für die Abweichung
  - Größeneinflussfaktor sowie statistischer Größeneinflussfaktor
  - Ausrichtungsfehler bei Prüflings-Einbau können großen Effekt haben
  - Stark variierende Oberflächenqualität innerhalb eines Bauteils
  - Mittelspannungsabhängigkeit → Annahme SWT
  - Einfluss hydrostatischer Spannungsanteile
  - Einfluss von Eigenspannungen

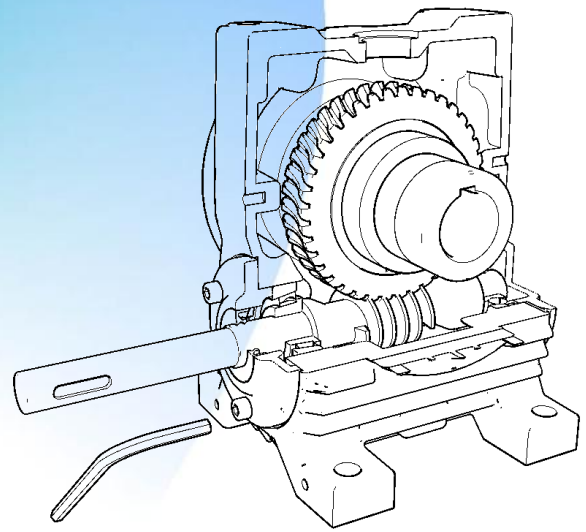
Kofinanziert von der Europäischen Union

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

3D-Illustrationen effizient erstellen mit PTC Creo Illustrate







- Oftringen, Juni 2026 | Urs Simmler

Agenda

- Präsentator
- Aveniq CAX/PLM-Leistungen
- Leistungsmekmale
- Live Demos
    - Übersicht (inkl. Windchill–Anbindung)
    - Animationen
    - Mechanism
    - grosse Baugruppen
- Q & A

Präsentator



Urs Simmler
CAD Simulations Experte

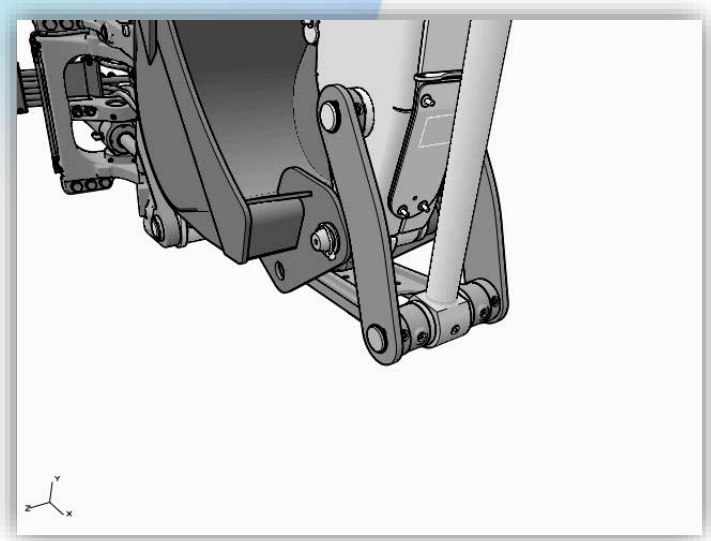
+41 76 574 90 16
urs.simmler@aveniq.ch

CAX/PLM-Leistungen

- Vertrieb / Training / Consulting / Monitoring:
  - PTC Creo Parametric
  - PTC Creo Elements Direct
  - PTC Windchill
  - PTC Mathcad
  - PTC ThingWorx / Navigate
  - Aveniq-Tools (Search Wide, Windchill App's, Mimamorisan, …)
  - ProTOp (Topology Optimization, CAESS,)
  - AutoCrear (electr. Clearance & Creepage Analysis, E-Laborate)
  - Lösungen von MAIT (Techsoft)
  - Lösungen von Software Factory
- Überwachung PDM-Kundensysteme
- Training-Center in Oftringen (CH), Online-Workshops
- Über 150 Mann-Jahre Erfahrung im CAX/PLM-Umfeld

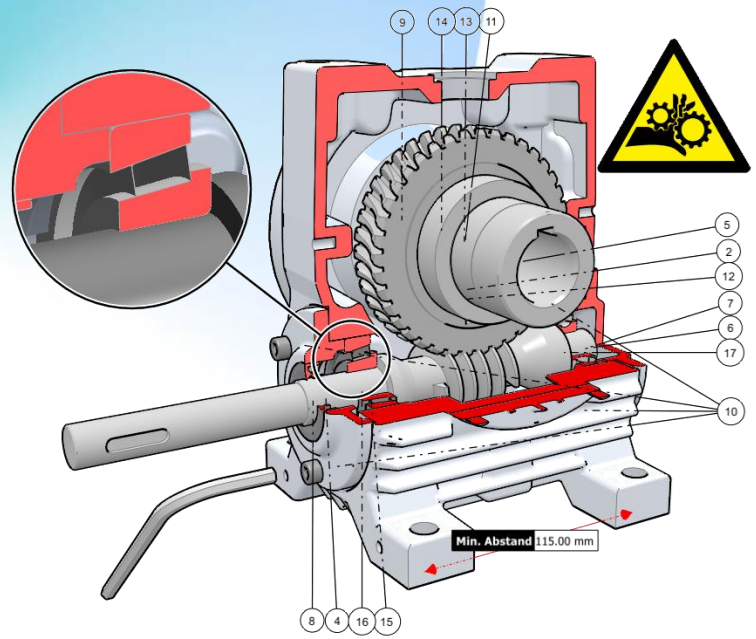
Leistungsmerkmale

- Erhöhung der Service- und Produkte-Qualität
  - Klare Vermittlung komplexer Sachverhalte mit 3D-Animationen → Geringere Übersetzungskosten
- Verkürzung der Reparatur- und Wartungszeiten
  - Leicht verständliche technische 3D-Informationen für Techniker
  - Weniger Zeitverlust durch die Suche nach Serviceinformationen in statischen, generischen technischen Dokumenten
- Bessere Produkte-Dokumentationen
  - interaktiven Schulungsunterlagen
  - technischen Informationen zur Förderung der Produktakzeptanz und Kundenzufriedenheit
  - Nutzung der zunehmenden Verbreitung von 3D-Geräten



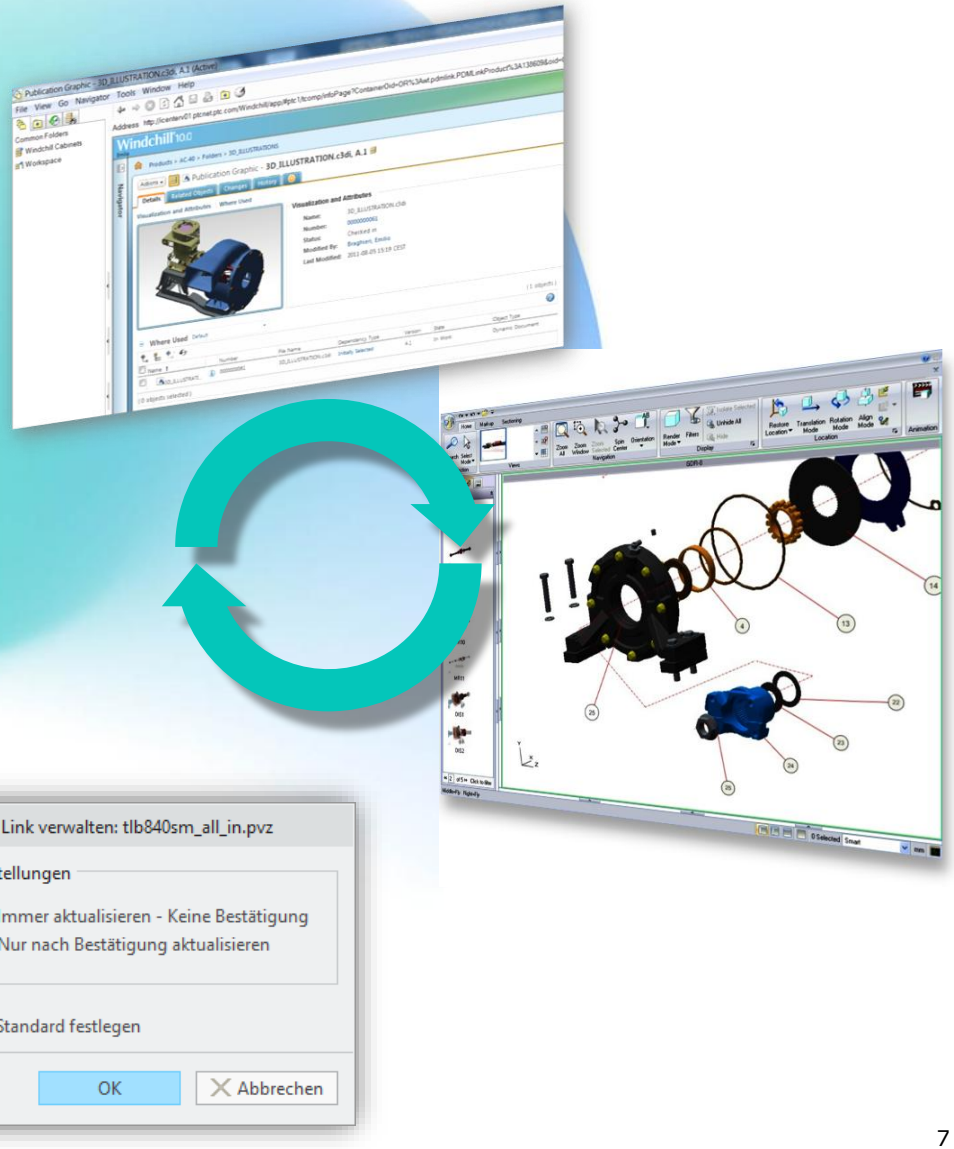
Leistungsmerkmale

- Illustrationstools
  - Einbinden von vergrösserten Detailansichten
  - Callouts, Notizen, Symbolen und anderen Anmerkungen mit ergänzenden Informationen
  - Abmessungen für eine genauere Beschreibung von Bewegungen und Abläufen
  - Mehrere Lichtquellen zur besseren Ausleuchtung von Illustrationen
- Sequencer-Funktionen
  - Illustrieren eines Ablaufes mithilfe von Schrittfolgen
- Nutzung der CAD-Daten für aktuelle technische 3D-Illustrationen und -Animationen
  - Daten-Import aus allen wichtigen CAD-Systemen
    - PTC Creo, PTC CADDS5, Step, IGES, VRML, STL
    - Adapter zu JT, CATIA V4, I-DEAS, SolidWorks SiemensNX, …



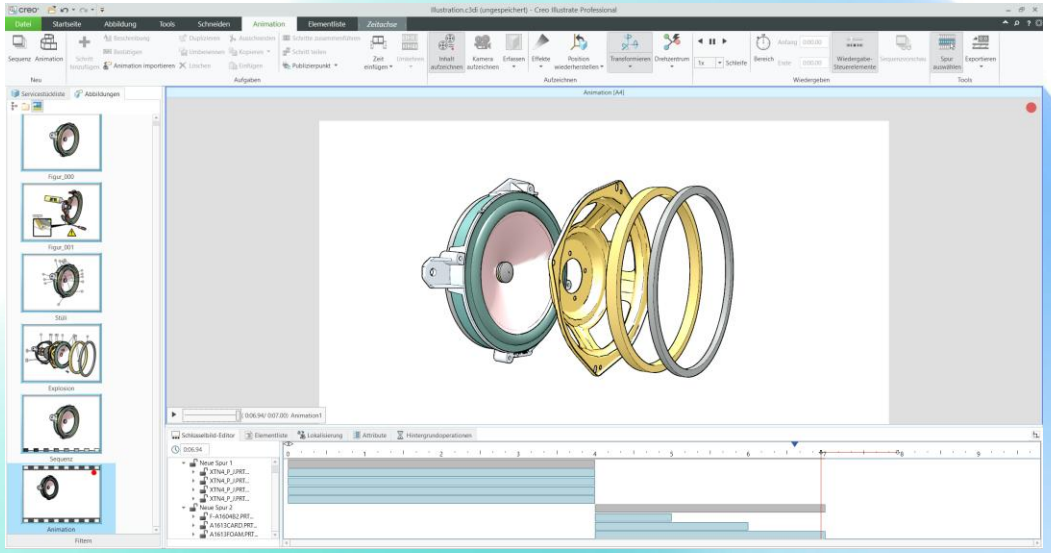
Leistungsmerkmale

- Automatische Illustrations-Änderungs-management während des gesamten Lebenszyklus mit PTC Windchill
  - Beibehaltung der Assoziativität mit den Konstruktionsdaten zur Automatisierung von Änderungsprozessen bei Konstruktionsänderungen im Verlauf des Produktlebenszyklus
  - Integration mit den PTC Windchill, PTC Creo und PTC Arbortext Produkten für die unternehmensweite Bereitstellung von 3D-Service- und Teile-Informationen



Live Demos

- Übersicht



- Animationen

- Mechanism

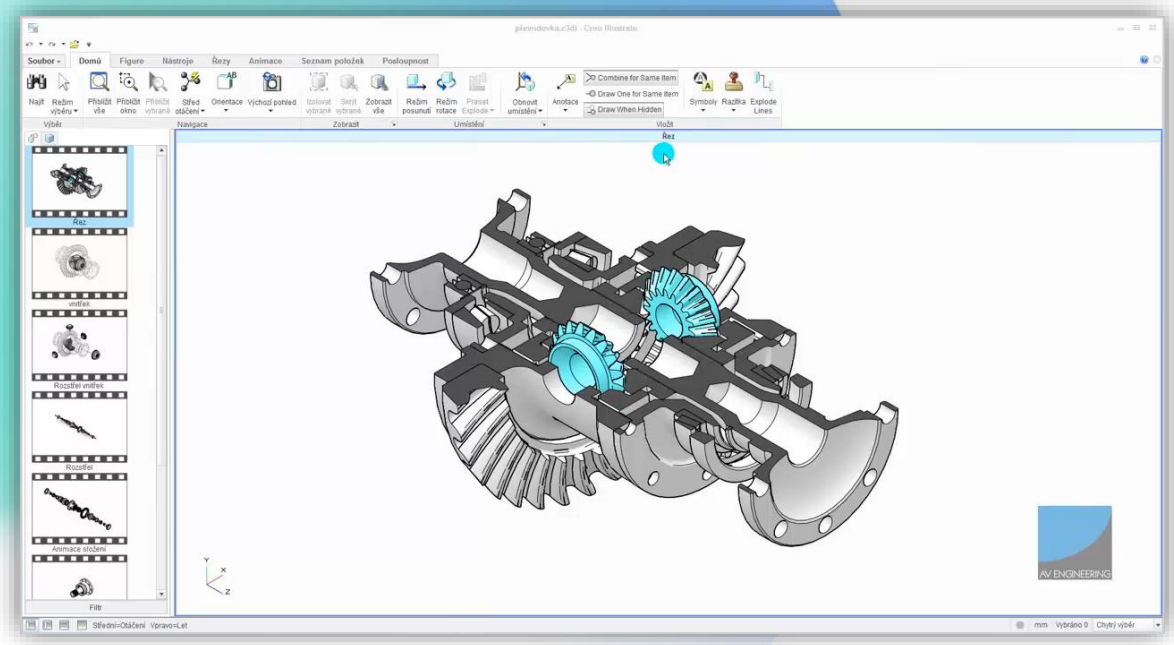


- Grosse Baugruppen (Terex Radbagger)



Q & A





AVENIQ

K-TAG



Was der Maschinenbau im Kontext ALM von Automotive lernen kann

Durchgängige Produktentwicklung über Mechanik, Elektronik und Software

27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag 2026

Tanja Hofmann / Daniel Glasbrenner · INNEO Solutions GmbH · 16.09.2026

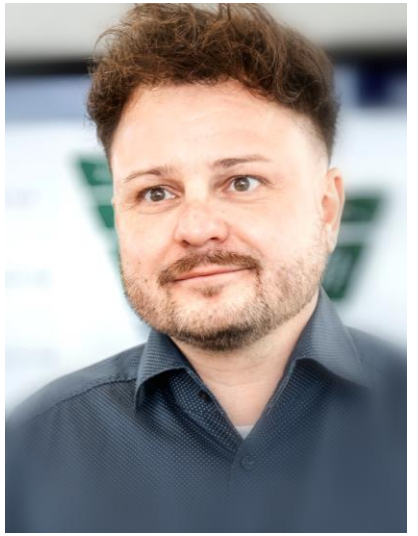
© INNEO® Solutions GmbH | www.inneo.com

Referenten



Tanja Hofmann
Technical Consultant

+49 7961 890-231
thofmann@inneo.com



Daniel Glasbrenner
Sales Manager

+49 7961 890-265
dglasbrenner@inneo.com

Ist die Abfüllanlage noch ein mechanisches Produkt?

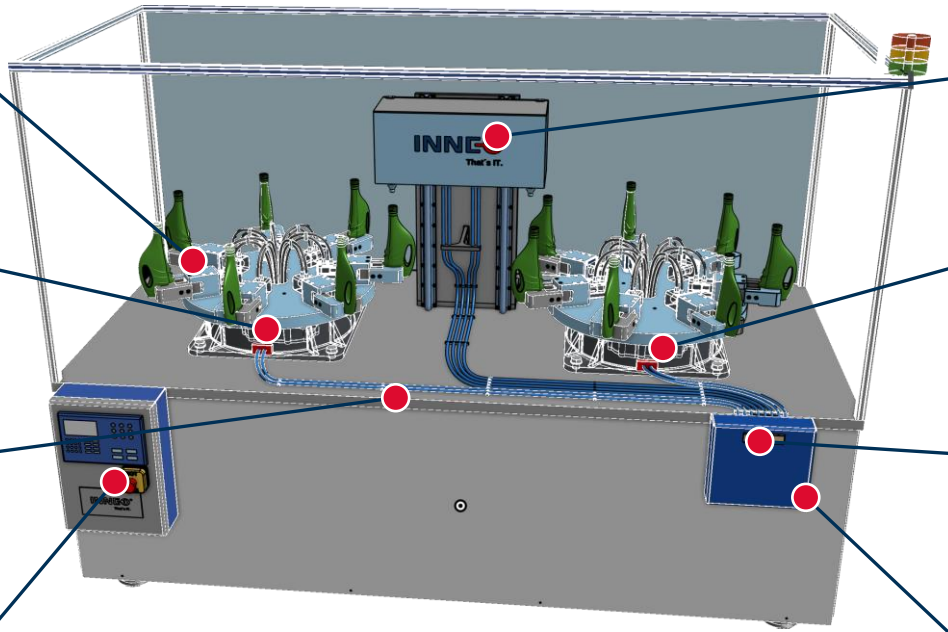
Die Maschine wird zum Gesamtsystem

Sensorik
Füllstand · Leckage · Flaschenerkennung

Mechanik
Drehtische, Greifeinheiten, Gestell

Steuerung
Ventilblock und Verschlauchung

Bedienoberfläche (HMI)
Touch-Bedienpanel mit Not-Aus



Embedded Software
Ablaufsteuerung und Fehlerdiagnose

Elektronik
Antriebe und Sensorverkabelung

Kommunikation / OPC UA
Schaltschrank mit Ethernet-Anbindung

Cloud- und IoT-Anbindung
Fernwartung und Produktionsdaten

Der mechanische Anteil bleibt. Alles andere kommt dazu - und mit ihm die Abhängigkeiten.

Warum entwickeln wir dann in getrennten Welten?

Mechanik	Elektronik & Steuerung	Software
· CAD / PDM · Stücklisten · Zeichnungen	· E-CAD · Schaltpläne · Klemmenpläne	· SPS-Projekt · Repository · Parameterlisten
eigene Daten *eigene Stände* *eigene Historie*	*eigene Daten* *eigene Stände* *eigene Historie*	*eigene Daten* *eigene Stände* *eigene Historie*

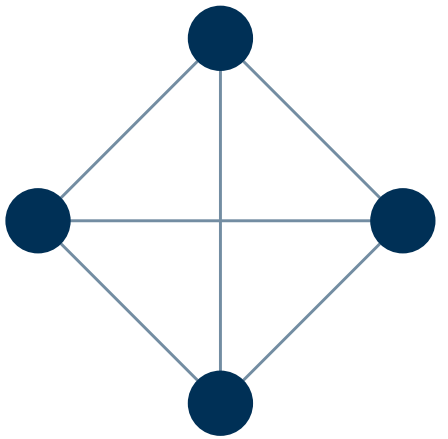
Wenn Mechanik, Elektronik und Software gemeinsam das Produkt bilden
- warum entwickeln wir sie dann getrennt?

Nicht die Disziplinen werden komplexer

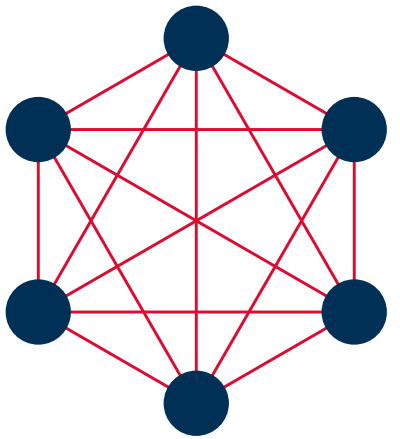
Ihre Abhängigkeiten werden es - warum Komplexität nicht linear wächst



2 Disziplinen
1 Schnittstelle



4 Disziplinen
6 Schnittstellen



6 Disziplinen
15 Schnittstellen

Jede zusätzliche Disziplin erhöht die Zahl der Abstimmungen überproportional - nicht die Zahl der Beteiligten.

Deshalb reicht es nicht mehr, jede Disziplin für sich zu optimieren.

Zwei Branchen,
ähnliche Herausforderungen

Was Maschinenbau und Automotive heute verbindet

Automobilindustrie	Gemeinsame Herausforderungen	Maschinen- und Anlagenbau

Steigende Produkt-komplexität	Mehr Software, mehr Elektronik	Wachsende Variantenvielfalt	Kürzere Entwicklungszeiten
Mehr Abhängigkeiten zwischen Disziplinen	Steigender Nachweis- und Dokumentationsaufwand	Änderungen über mehrere Disziplinen	Gesetzliche Regularien & Normen

Die Produkte sind unterschiedlich - die Herausforderungen in der Entwicklung werden zunehmend ähnlicher.

Und jetzt kommt der Druck von außen

Regulatorik: Der Maschinenbau bekommt seinen Regulierungs-Moment

11.09.2026

CRA-Meldepflicht

Aktiv ausgenutzte Schwachstellen und schwere Sicherheitsvorfälle: Frühwarnung in 24 h, Vollmeldung in 72 h, Abschlussbericht in 14 Tagen - auch für bereits ausgelieferte Maschinen.

20.01.2027

EU-Maschinenverordnung

VO (EU) 2023/1230 löst die Maschinenrichtlinie ab: Cybersicherheit wird Bestandteil der CE-Kennzeichnung, dazu digitale Dokumentation und Anforderungen an lernende Systeme.

11.12.2027

CRA vollständig

Security by Design und by Default, Schwachstellenmanagement über den Supportzeitraum, SBOM und Konformitätsnachweis als Marktzugangsvoraussetzung.

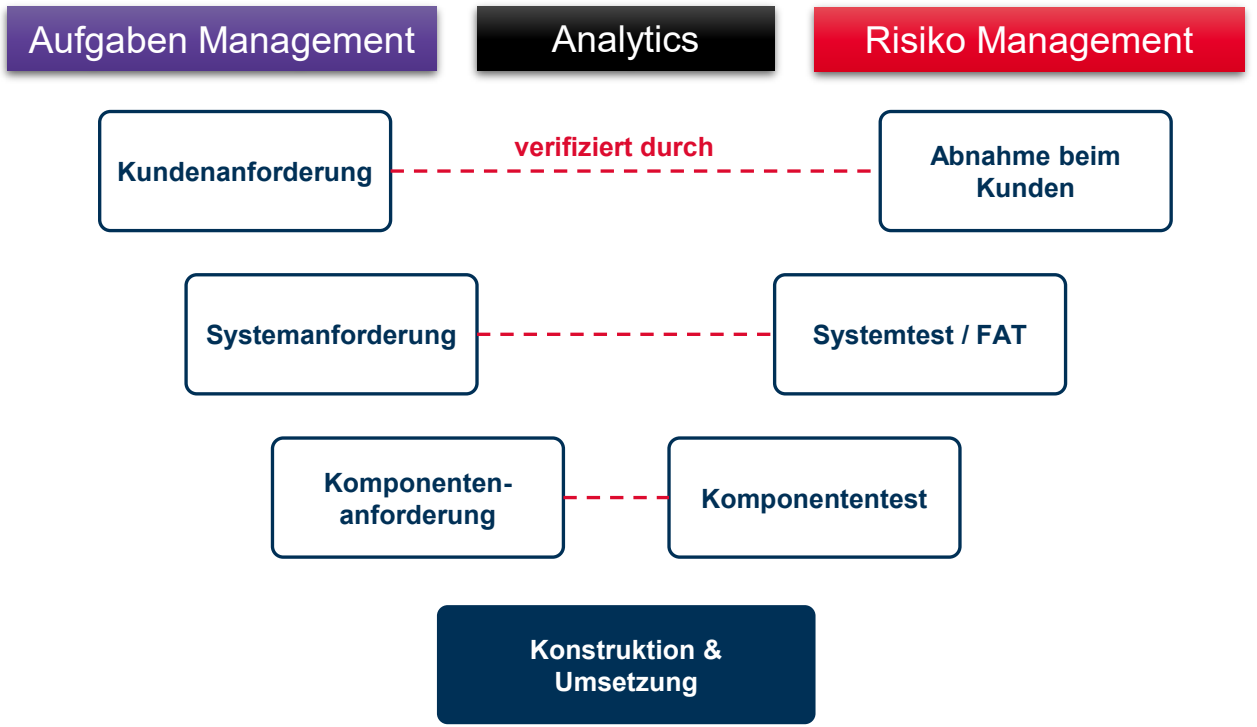
Der Nachweis wird zur Ware.

Wer Anforderungen, Änderungen, Tests und Softwarestände nicht lückenlos belegen kann, verliert nicht nur Effizienz - er verliert die Marktzulassung.

Genau dieser Druck hat Automotive vor 15 Jahren verändert – nicht weil plötzlich alle überzeugt waren, sondern weil die Zulassung es verlangte.

Quellen: VO (EU) 2024/2847 (Cyber Resilience Act), Art. 71 · VO (EU) 2023/1230 (Maschinenverordnung)

Durchgängigkeit – von der Anforderung bis zum Nachweis



Was damit nicht gemeint ist

- Kein Ersatz für PDM, CAD oder Ihr ERP
- Keine zusätzliche Dokumentationspflicht
- Kein Projekt, das man einmal abschließt

Was Durchgängigkeit leistet

- Verbindet Anforderung, Umsetzung und Test
- Macht Auswirkungen von Änderungen sichtbar
- Erzeugt Nachweise als Nebenprodukt der Arbeit

Der Unterschied liegt nicht darin, ob Informationen vorhanden sind - sondern ob sie verbunden sind.

Das eigentliche Problem: Insellösungen

So sieht der Informationsfluss heute oft aus

Jede Station arbeitet sauber - dazwischen geht der Zusammenhang verloren



Die roten Markierungen sind Medienbrüche: Information wird neu erfasst statt weitergegeben.

Doppelte Datenpflege

Dieselbe Information entsteht mehrfach - und wird unterschiedlich alt.

Fehlende Zusammenhänge

Niemand kann sagen, welche Anforderung zu welcher Lösung gehört.

Unklare Verantwortlichkeiten

Bei Änderungen ist offen, wer informiert werden muss.

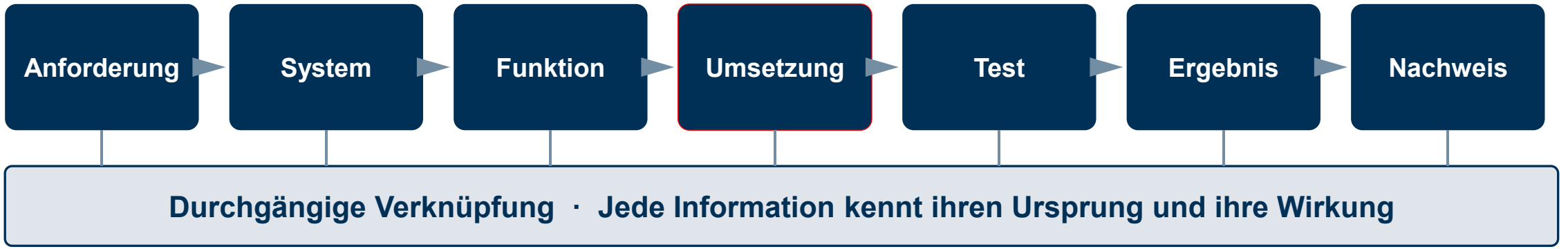
Hoher Aufwand bei Änderungen

Auswirkungen werden gesucht statt angezeigt.

Nicht die Werkzeuge sind das Problem - die fehlende Verbindung zwischen ihnen ist es.

Der Gegenentwurf: Informationen verbinden

Dieselben Stationen - verbinden statt nur dokumentieren



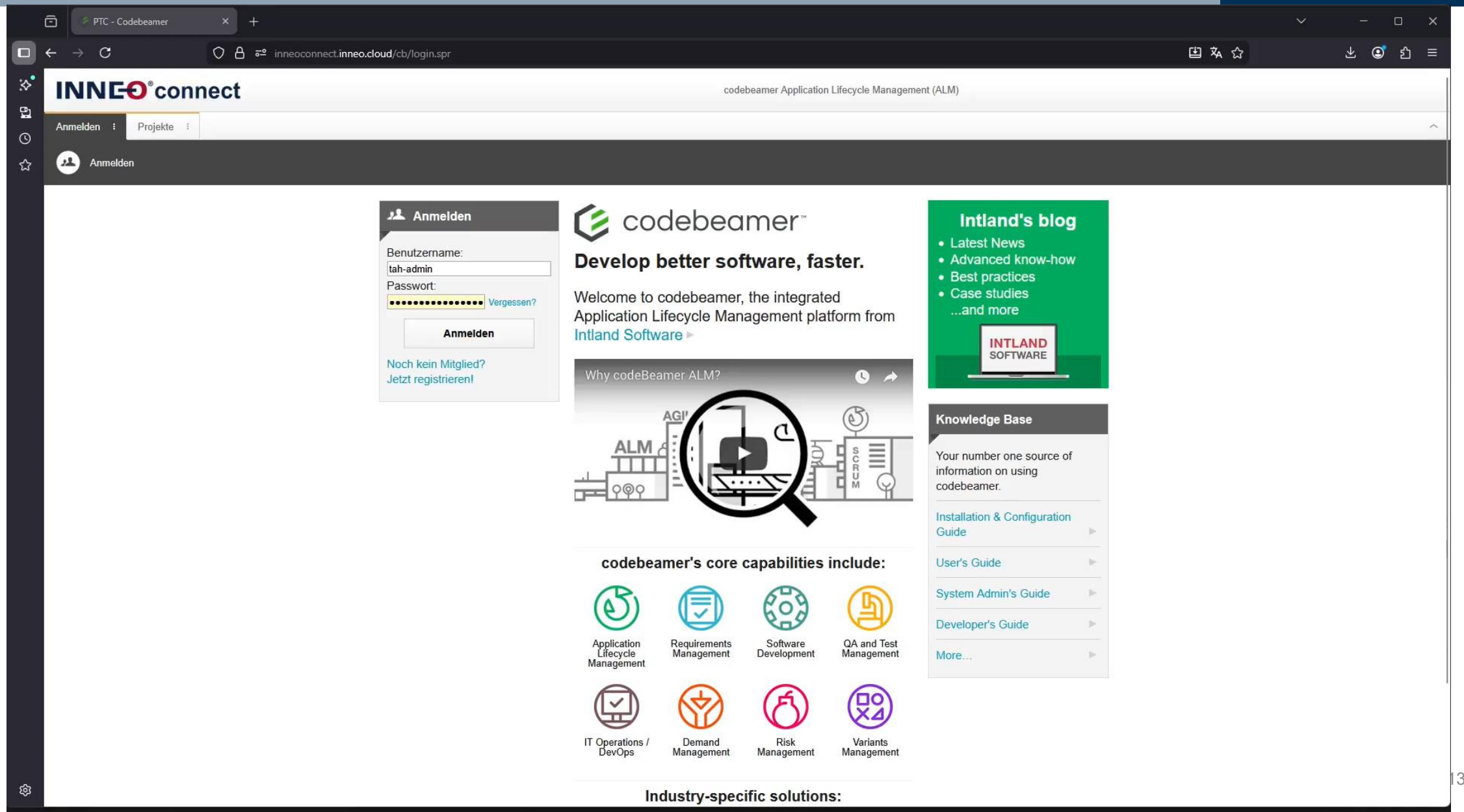
Rückverfolgbarkeit
Warum ist die Maschine so, wie sie ist?

Auswirkungsanalyse
Was hängt an dieser Änderung?

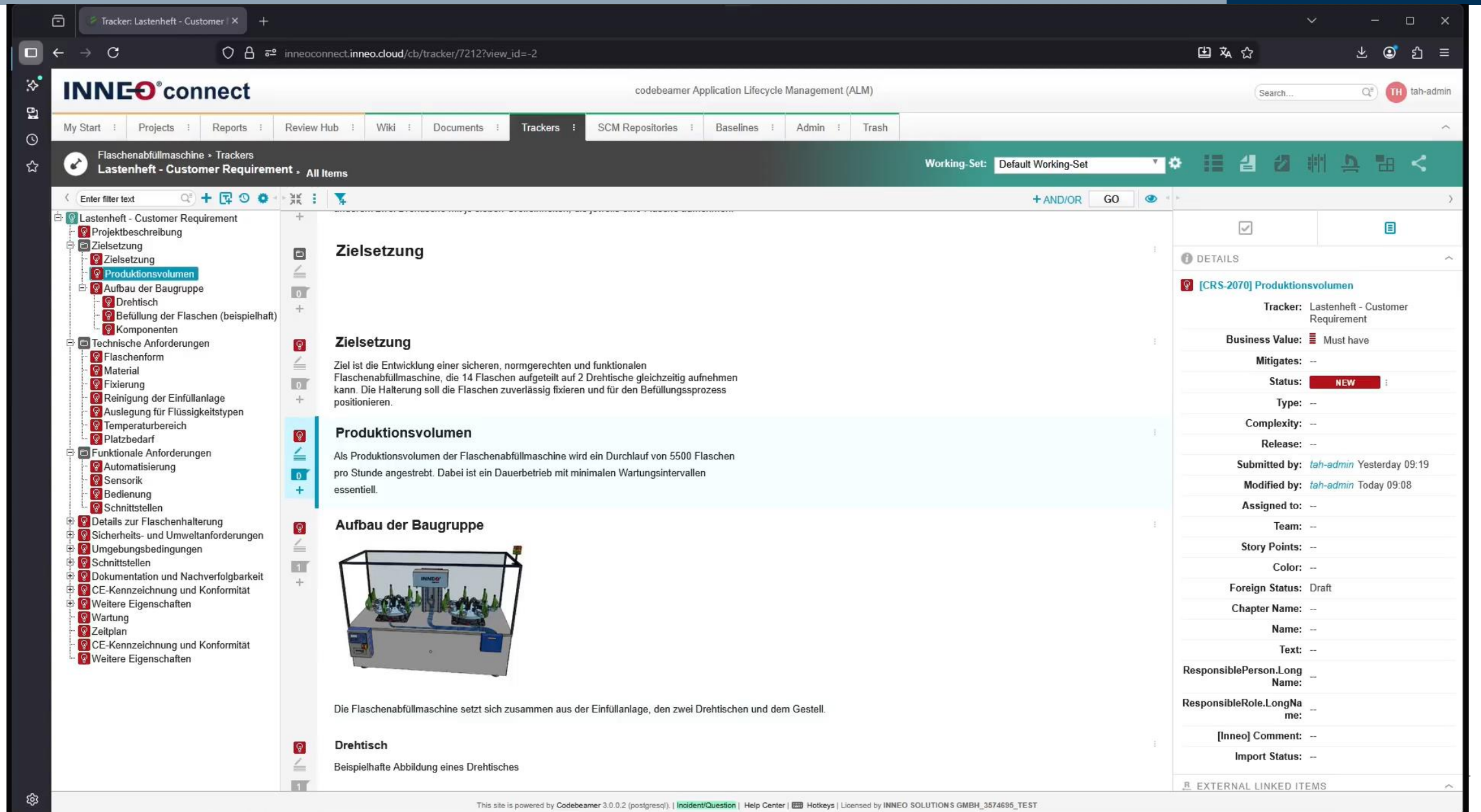
Abdeckung
Welche Anforderung ist noch nicht geprüft?

Was wäre, wenn diese Informationen nicht nur dokumentiert, sondern miteinander verbunden wären?

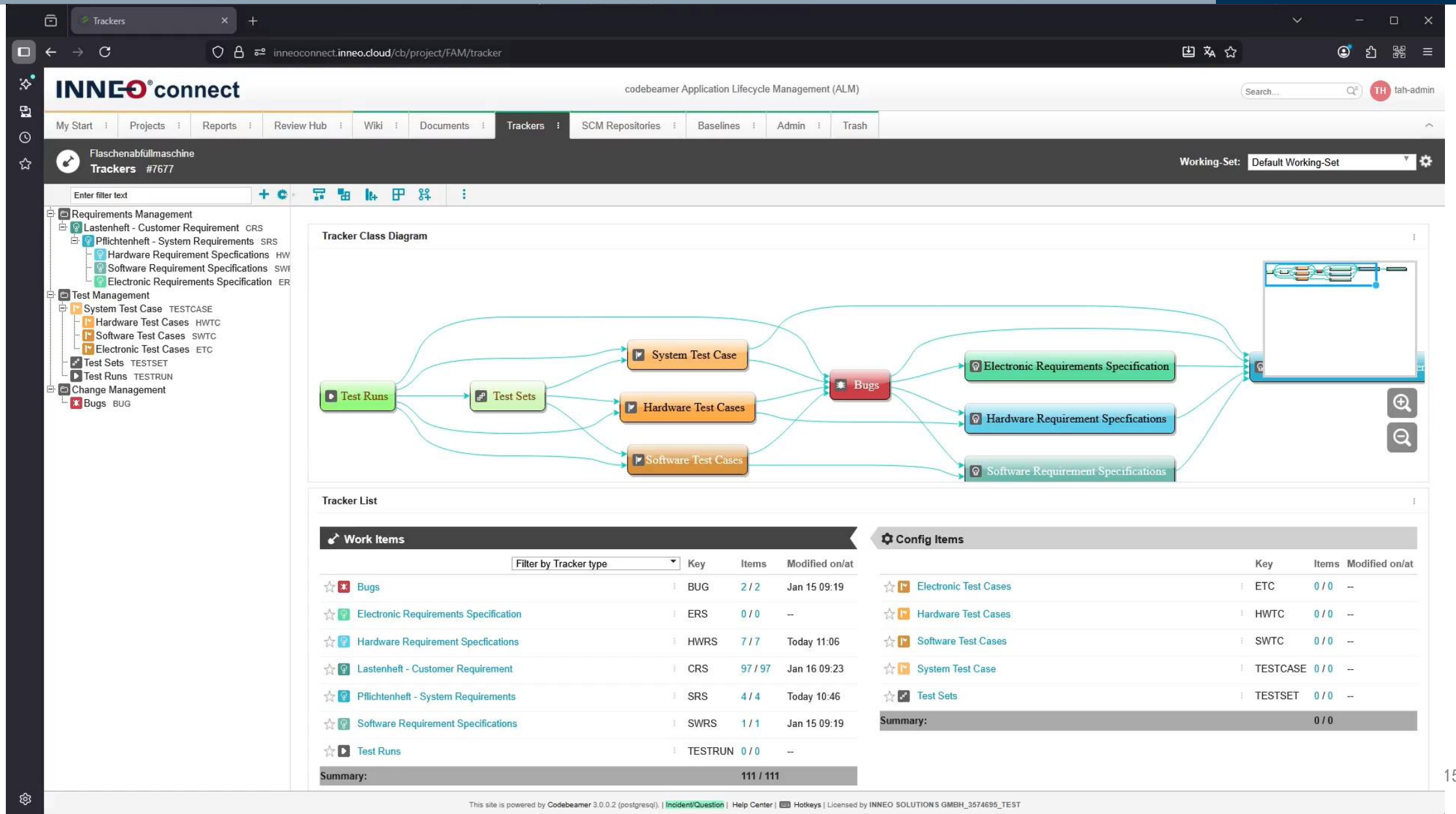
Austauschformat ReqIF für externe Anforderungen



Zerlegen der Anforderungen gemäß V-Modell



Realisierung der Anforderungen



Ein Satz vom Kunden - und was daran hängt

„Die Anlage soll künftig 20 % schneller produzieren.“

Ein Satz in einer E-Mail.

Fachlich völlig legitim.

Organisatorisch eine Lawine.

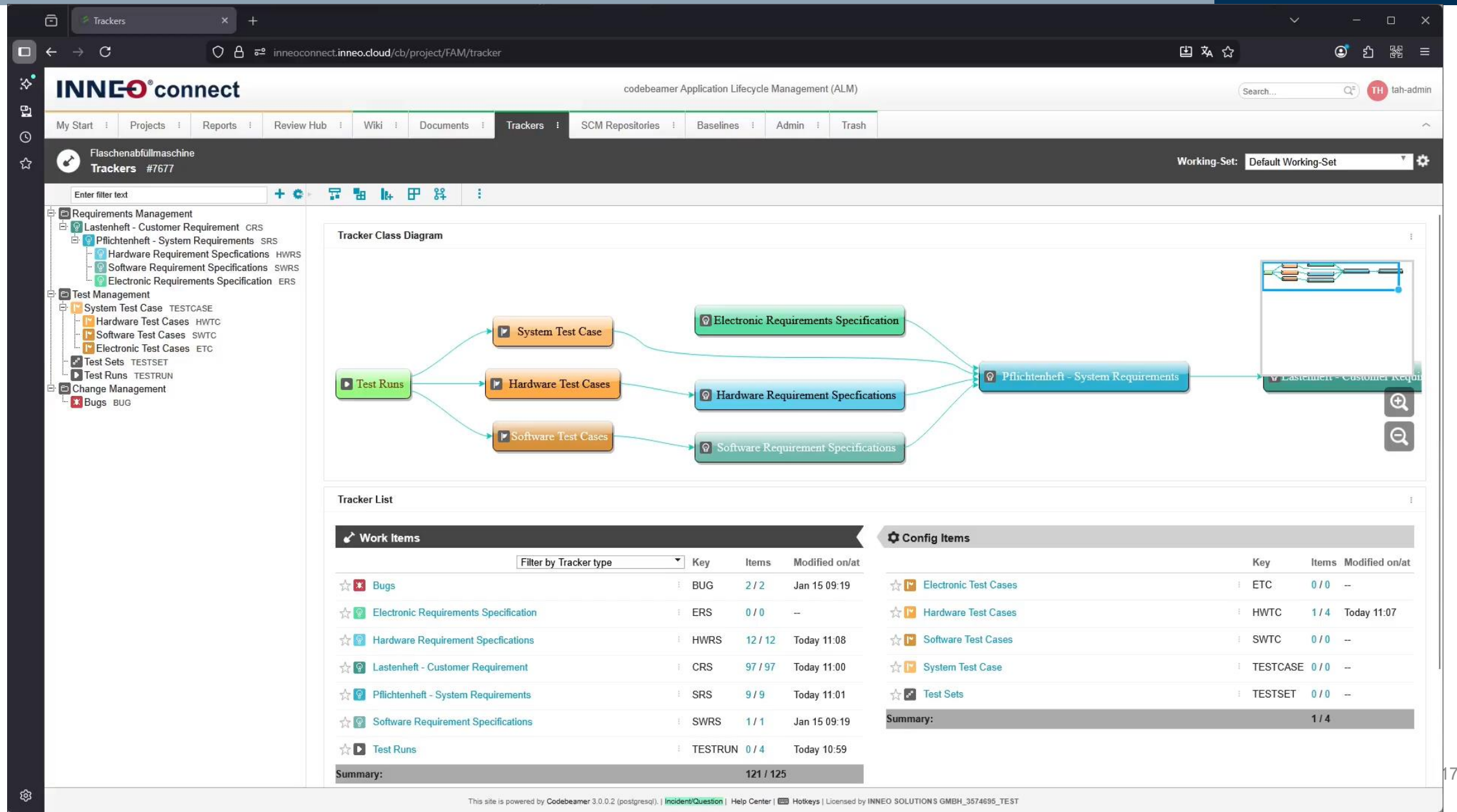
Mechanik Massen, Steifigkeit, Schwingungsverhalten	**Antrieb & Elektronik** Auslegung, Leistung, Kühlung	**Steuerungssoftware** Taktzeiten, Regelung, Synchronisation	**Sicherheitsfunktion** Neue Risikobeurteilung, Nachlaufwege
Tests Welche Tests werden ungültig?	**Dokumentation** Betriebsanleitung, technische Unterlagen	**Service & Schulung** Ersatzteile, Wartung, Einweisung	**Freigabe & CE** Konformität erneut bewerten

Acht betroffene Bereiche - und keiner davon steht in der ursprünglichen E-Mail.

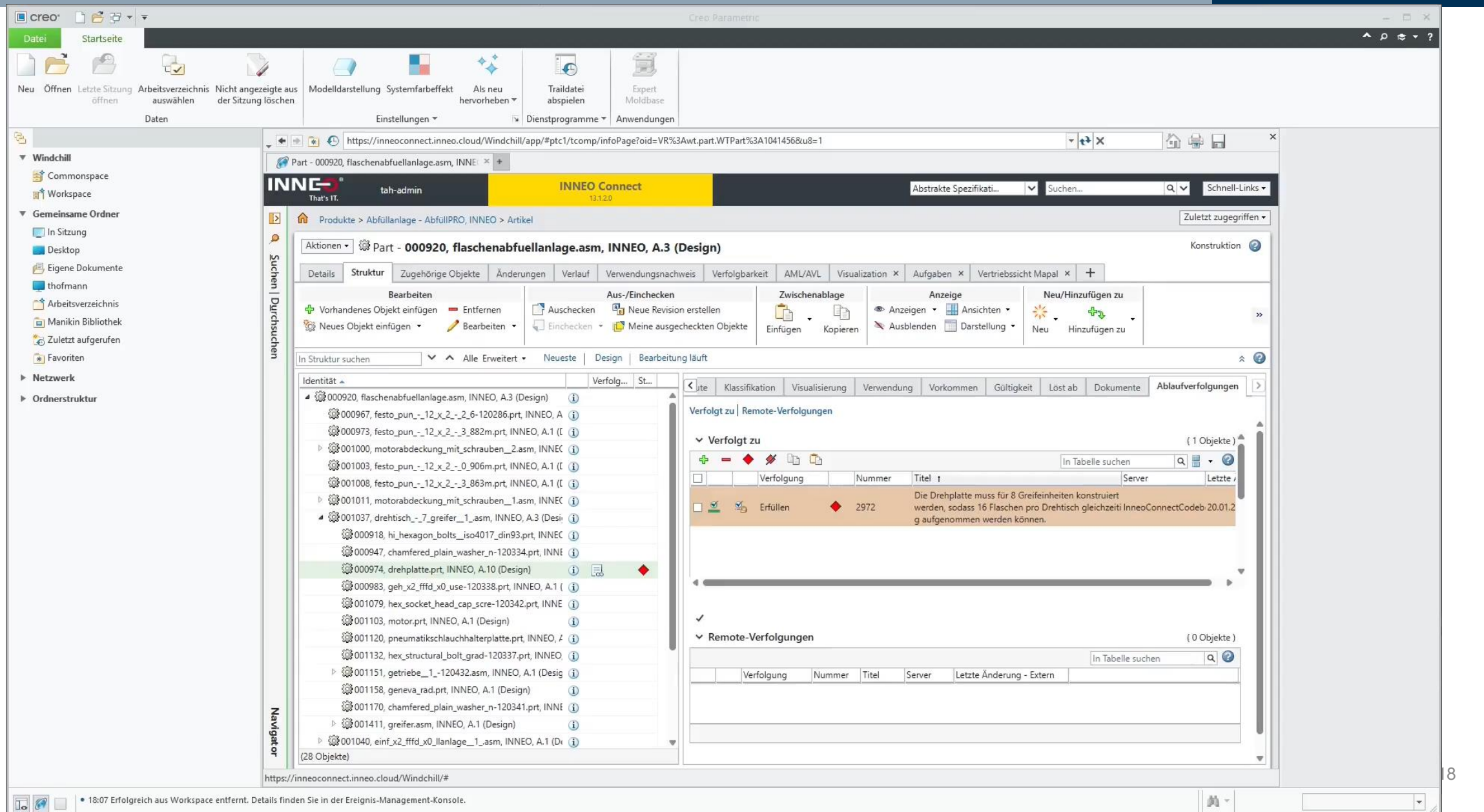
Die Herausforderung ist nicht die einzelne Anforderung - sondern die Beherrschung ihrer Auswirkungen auf das Gesamtsystem.

Ohne Verknüpfung dauert allein das Finden dieser acht Punkte oft Tage
- mit Verknüpfung ist es eine Abfrage.

Änderungen erkennen



Änderungen umsetzen



Der Nutzen für Konstrukteure

Was sich im Konstruktionsalltag konkret ändert

Im Alltag der Konstruktion

Den gültigen Stand finden

heute: Suchen in Ordnern, PDM und Mail-Verläufen

künftig: Ein Klick vom Bauteil zur gültigen Anforderung

Rückfragen zu Anforderungen

heute: Nachfragen bei Vertrieb und Projektleitung

künftig: Anforderung samt Begründung liegt am Bauteil

Eine Änderung bewerten

heute: Betroffene Teile und Tests manuell zusammensuchen

künftig: Auswirkungen werden angezeigt statt gesucht

Nachweise für die Abnahme

heute: Am Projektende nachträglich zusammentragen

künftig: Entstehen unterwegs, als Nebenprodukt der Arbeit

Rechenbeispiel Zeitersparnis

Annahmen - bitte durch Ihre Zahlen ersetzen

Konstrukteure im Team	**10**
Suchen, Rückfragen, Nacharbeit	**3,5 h / Woche**
davon vermeidbar	**40 %**
Arbeitswochen pro Jahr	**44**
interner Stundensatz	**75 €**

Ergebnis pro Jahr

616 Stunden	zurückgewonnene Konstruktionszeit
rund 0,4 Vollzeitstellen	ohne zusätzliche Einstellung
etwa 46.000 €	rechnerischer Gegenwert

Der größte Gewinn ist nicht die Stunde - es ist die Sicherheit, am richtigen Stand zu arbeiten.

Fünf Learnings für den Maschinenbau

Was Sie übernehmen können - ohne Automotive zu kopieren

Anforderungen aktiv managen

1

Nicht nur dokumentieren, sondern strukturiert verwalten - mit Status, Verantwortlichem und Historie.

Beispiel
Das Kundenlastenheft einmal strukturiert erfassen statt als Fließtext ablegen.

Zusammenhänge sichtbar machen

2

Anforderungen, Funktionen, Umsetzung und Tests miteinander verknüpfen.

Beispiel
Sicherheitsfunktion, Bauteil und Abnahmetest sind auffindbar miteinander verbunden.

Disziplinen als System betrachten

3

Mechanik, Elektronik und Software nicht nur organisatorisch, sondern informationstechnisch verbinden.

Beispiel
Eine gemeinsame Funktionsliste für alle drei Disziplinen zum Projektstart.

Änderungen beherrschbar machen

4

Auswirkungen einer Änderung schnell erkennen können statt sie zu suchen.

Beispiel
Bei einer Taktzeitänderung ist auf Knopfdruck sichtbar, welche Tests zu wiederholen sind.

Schrittweise vorgehen

5

Nicht alles gleichzeitig ersetzen, sondern dort starten, wo der Nutzen am größten ist.

Beispiel
Ein Pilotprojekt, eine Baureihe - nicht das gesamte Portfolio.

Alle fünf Learnings funktionieren auch bei Losgröße 1 - sie skalieren mit dem Nutzen, nicht mit der Stückzahl.

Aufbau-Webinare

Drei kompakte Termine zum Weiterdenken - kostenlos, Anmeldung per QR-Code

ASPICE einfach erklärt

Der pragmatische Einstieg für Automotive-Zulieferer

17.09.2026 14.00 - 14.45 Uhr

Das nehmen Sie mit

- ASPICE verständlich erklärt
- Anforderungen an Prozesse und Nachvollziehbarkeit
- Vorgehensmodell für einen strukturierten Einstieg

QR-Code scannen

Kostenlos anmelden

Was kosten Sie Insellösungen

in Ihrer Produktentwicklung?

24.09.2026 10.05 - 10.30 Uhr

Das nehmen Sie mit

- Typische Schwachstellen gewachsener Tool-Landschaften
- Versteckte Zeit- und Kostentreiber
- Ansatzpunkte für die Bewertung Ihrer eigenen Prozesse

QR-Code scannen

Kostenlos anmelden

Von Insellösungen zur durchgängigen Produktentwicklung

13.10.2026 10.05 - 10.45 Uhr

Das nehmen Sie mit

- Wege zu durchgängigen Entwicklungsprozessen
- Mögliche Einführungsszenarien
- ROI-Betrachtung und Orientierung bei der Lösungsauswahl

QR-Code scannen

Kostenlos anmelden

Ihre Fragen - und Ihre Ansprechpartner

Jetzt ist Zeit für Ihre Fragen - und danach sind wir weiter für Sie da

„Welche dieser Prinzipien könnten Sie auf Ihre eigene Entwicklungslandschaft übertragen?“

Drei Fragen für den Einstieg

1. **Wo entsteht bei Ihnen der meiste Aufwand?**
   Anforderungen, Änderungen oder Nachweise?
2. **Was hindert Sie bisher am ersten Schritt?**
   Aufwand, Werkzeuge oder Zuständigkeit?
3. **Wer müsste bei Ihnen zuerst an einen Tisch?**
   Konstruktion, Elektrik, Software oder Projektleitung?

Heute vor Ort für Sie da



Jan-Paul Köder
jkoeder@inneo.com



Tanja Hofmann
thofmann@inneo.com



Daniel Glasbrenner
dglasbrenner@inneo.com

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Wir sind INNEO – gemeinsam bringen wir Ihre Entwicklung durchgängig auf den Weg.

www.inneo.de

© INNEO® Solutions GmbH | www.inneo.com

Sprachmodelle im Wandel

Wie viel KI passt heutzutage unter den Schreibtisch?

Was Sprachmodelle leisten – und was ihr lokaler Betrieb braucht

Peter Grohmann · Universität Bayreuth
Entstanden im Kontext des Projekts Gate2HPC

Vortragsstand: September 2026

Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst

Kofinanziert von der Europäischen Union

EFRE BAYERN 2021-2027

OBERFRANKEN STIFTUNG

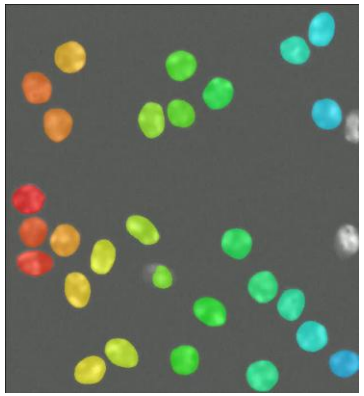
Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

CC BY 4.0 · Lizenzhinweise und Ausnahmen siehe Schlussfolie.

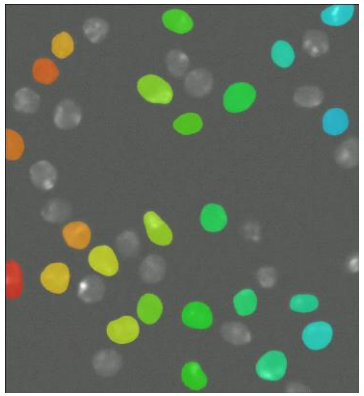
Sprachmodelle ermöglichen vielseitige Anwendungen

Wie wurde das möglich – und was davon geht lokal?

Startbild

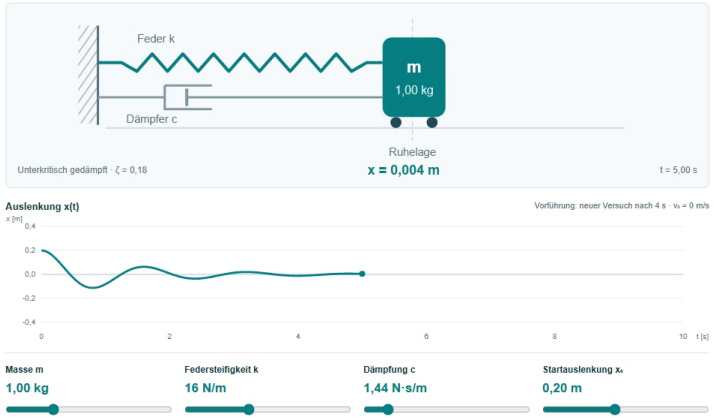


Verlauf · verlangsamt



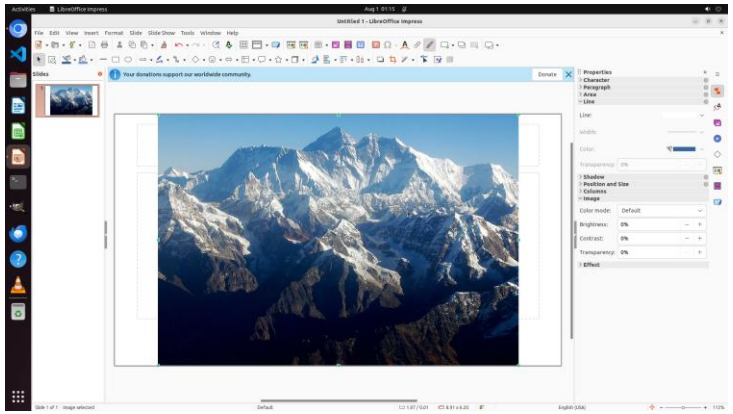
Bilder / Videos auswerten

VideoMolmo + SAM 2
Autorenvideo · 2025



Programme erstellen

Mit Coding-Assistenz
Eigenes Beispiel · 2026

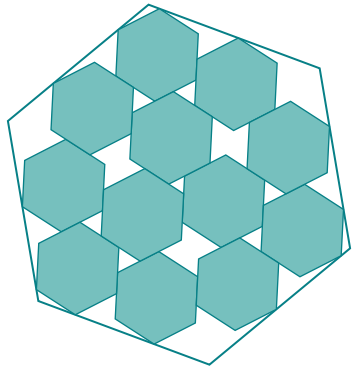


Anwendungen bedienen

OpenCUA
Demoauszug · 2025

12 gleiche Teile

Weniger Hüllfläche
−2,9 %
gegenüber damaligem Bestwert



Lösungen suchen

AlphaEvolve · 2025
Ergebnisnachzeichnung

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Ahmad et al. (2025) · eigenes Beispiel · Wang et al. (2025) · Novikov et al. (2025)

Der heutige Stand fußt auf vielen einzelnen Beiträgen

Ausgewählte Beiträge von 2003-2025

UNIVERSITÄT BAYREUTH

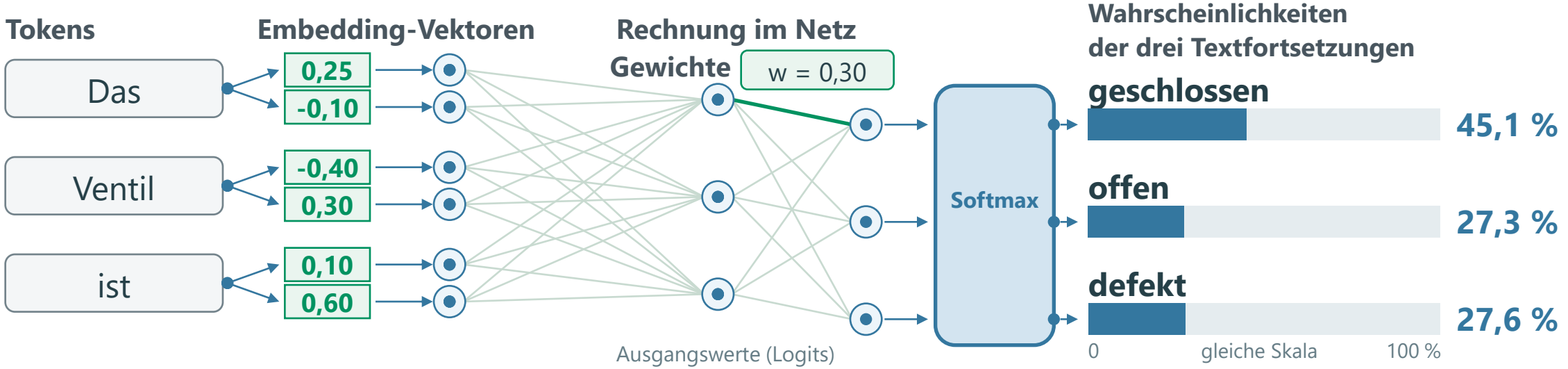
	2003–17	2018–21	2022	2023	2024	2025
Modell und Training Wie entstehen Modelle?	Gelernte Darstellungen (2003) Attention (2014/15) Transformer (2017)	Scaling Laws (2020)	InstructGPT Nachtraining Chinchilla	LLaMA Mixtral · MoE	Phi-3	DeepSeek-R1 Distill-Modelle Qwen3
Fähigkeiten und Systeme Was wird möglich?		RAG (2020) GPT-3 (2020) Few-Shot	ChatGPT	Werkzeugaufrufe (OpenAI-API)	Gemini 1.5 Kontext GPT-4o multimodal o1-preview Reasoning	OpenCUA Computer Use
Zugang und Ausführung Was ermöglicht Eigenbetrieb?		GPT-2 · Gewichte (2019)	FlashAttention BLOOM · Gewichte	Llama 2 · Gewichte llama.cpp SpQR Quantisierung		

Aus Text berechnet das Netz Wahrscheinlichkeiten

1 · Vorhersage mit festen Modellparametern

UNIVERSITÄT BAYREUTH

2003 · Gelernte Darstellungen



Grün: gespeicherte Parameter

Blau: berechnete Aktivierungen

Eigenes Lehrnetz für Vorhersage und Training. Keine Transformer-Architektur.

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

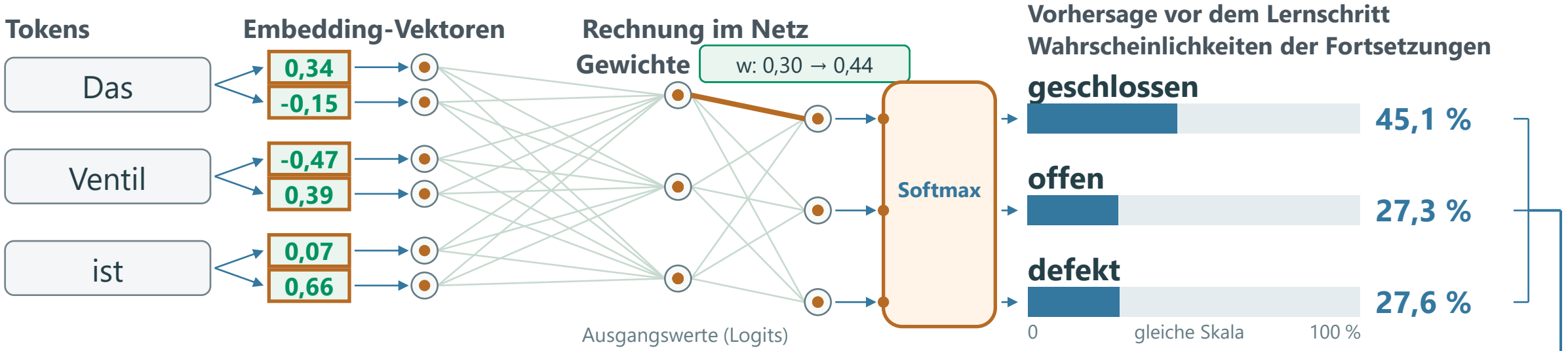
Prinzip: Bengio et al. (2003), §2 / Abb. 1 · Eigene Darstellung und Zahlen

Training verändert die Modellparameter

2 · Vorhersage bewerten und Parameter anpassen

UNIVERSITÄT BAYREUTH

2003 · Gelernte Darstellungen



Grün: gespeicherte Parameter **Blau: berechnete Aktivierungen** **Orange: Lernrückmeldung**

Im Trainingsbeispiel: geschlossen → Trainingsfehler bestimmen

Optimierer: Parameter angepasst – jetzt erneut vorhersagen

Lehrstuhl für
Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

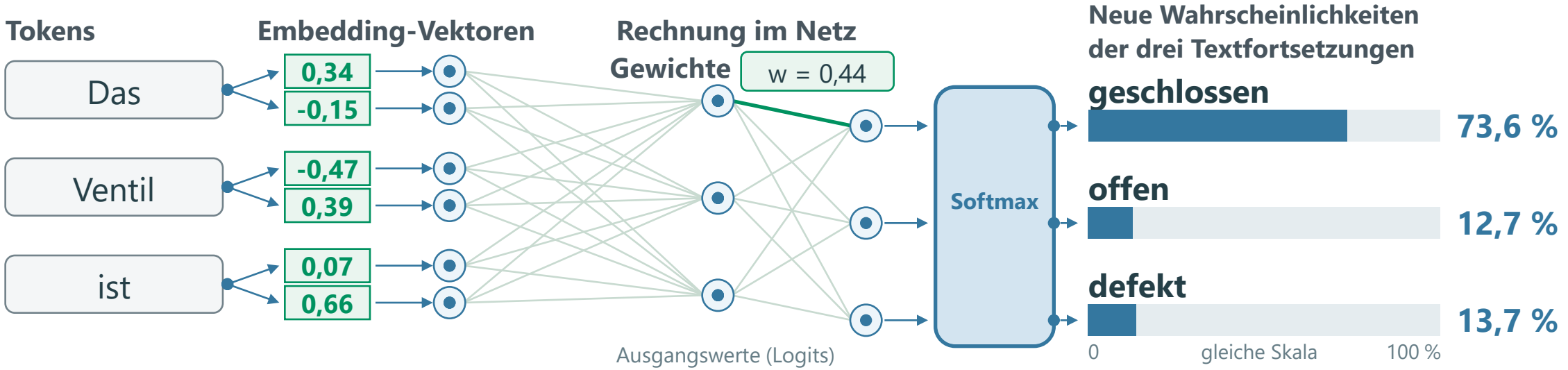
Prinzip: Bengio et al. (2003), §2 / Update S. 1143 · Eigene Darstellung und Zahlen

Andere Parameter, andere Wahrscheinlichkeiten

3 · Erneute Vorhersage mit angepassten Parametern

UNIVERSITÄT BAYREUTH

2003 · Gelernte Darstellungen



Grün: gespeicherte Parameter **Blau: berechnete Aktivierungen**

Gleicher Trainingstext · „geschlossen“: 45,1 % → 73,6 %

Gewöhnliche Anwendung (Inferenz): feste Parameter, neue Rechenwerte.

Lehrstuhl für
Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Prinzip: Bengio et al. (2003), §2 / Update S. 1143 · Eigene Darstellung und Zahlen

Trainingsaufwand

Parameter- und Tokenanzahl bestimmen Rechenarbeit

UNIVERSITÄT BAYREUTH

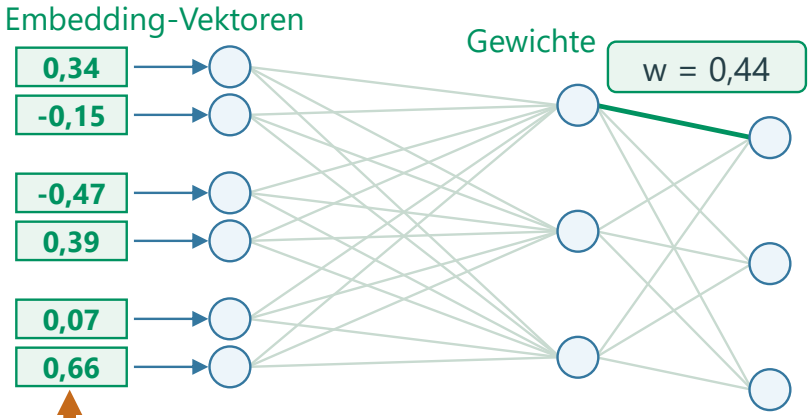
2020/2022 · Trainingsaufwand und Skalierung

D · Verarbeitete Tokens

z. B. Webtexte
Bücher · Code

Das Ventil ist geschlossen.

N · Parameterzahl



Wiederholte Lernschritte

Nächsten Token vorhersagen
Mit dem Trainingstext vergleichen

Backpropagation: Gradienten
Optimierer: Parameterupdate

$$C \approx 6 \cdot N \cdot D$$

C: Rechenarbeit in FLOPs

Grobe Näherung für große dichte Transformerarchitekturen.
Bei gleichem D: 2 × N → ungefähr 2 × C

Kaplan et al. (2020), §1.3 / Tab. 1 · Hoffmann et al. (2022), §3.3 / App. F

Trainierte Gewichte lassen sich für neue Eingaben nutzen

Neue Eingaben erfordern keinen neuen Vortrainingslauf

UNIVERSITÄT BAYREUTH

2023 · LLaMA 65B: vom großen Trainingslauf zum verwendbaren Parameterstand

Vortraining

2.048 A100 · je 80 GB

Trainingshardware dieses Laufs



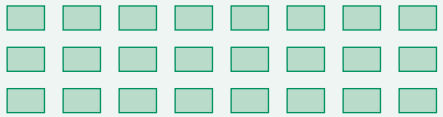
rund 21 Tage

D = 1,4 Billionen Trainingstokens

Gespeicherte Gewichte

N = 65,2 Milliarden

Parameter mit gelernten Werten



Embeddings und übrige Netzgewichte

≈ 130,4 GB bei 16 Bit

Nur Gewichte · Laufzeitdaten zusätzlich

Anwendung (Inferenz)

Neue Eingabe / Prompt

↓

Token für Token vorhersagen
Ausführungssoftware + Hardware

↓

Textfortsetzung

Touvron et al., LLaMA (2023), Tab. 2 / §2.4 / Tab. 15
Speicher: eigene 16-Bit-Rohrechnung aus gerundeter Parameterzahl

LLaMA 2023: Wie die Gewichte zugänglich wurden

Forschungszugang, unautorisierte Weitergabe und Llama 2

UNIVERSITÄT BAYREUTH

Ein Llama auf Abwegen

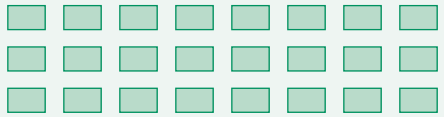
ZEIT · Eike Kühl · 06.03.2023

Historischer Presseausschnitt

Gespeicherte Gewichte

N = 65,2 Milliarden

Parameter mit gelernten Werten



Embeddings und übrige Netzgewichte

24.02.2023 · Offizieller Forschungszugang
Auf Antrag: nichtkommerzielle Forschung
Fallweise genehmigt · [1]

März 2023 · Unautorisierte Weitergabe
Weiterverbreitete Gewichtsdateien · [2]
Keine neue Nutzungsfreigabe durch Meta.

18.07.2023 · Llama 2: neue Generation
Auch für kommerzielle Anwendungen
Unter eigenen Bedingungen · [3, 4]

Quellen [1–6] im Anhang · Presseausschnitt: ZEIT

Modellgröße begrenzt die lokale Nutzbarkeit

LLaMA ab 13B: 16-Bit-Gewichte zu groß für eine RTX 4090

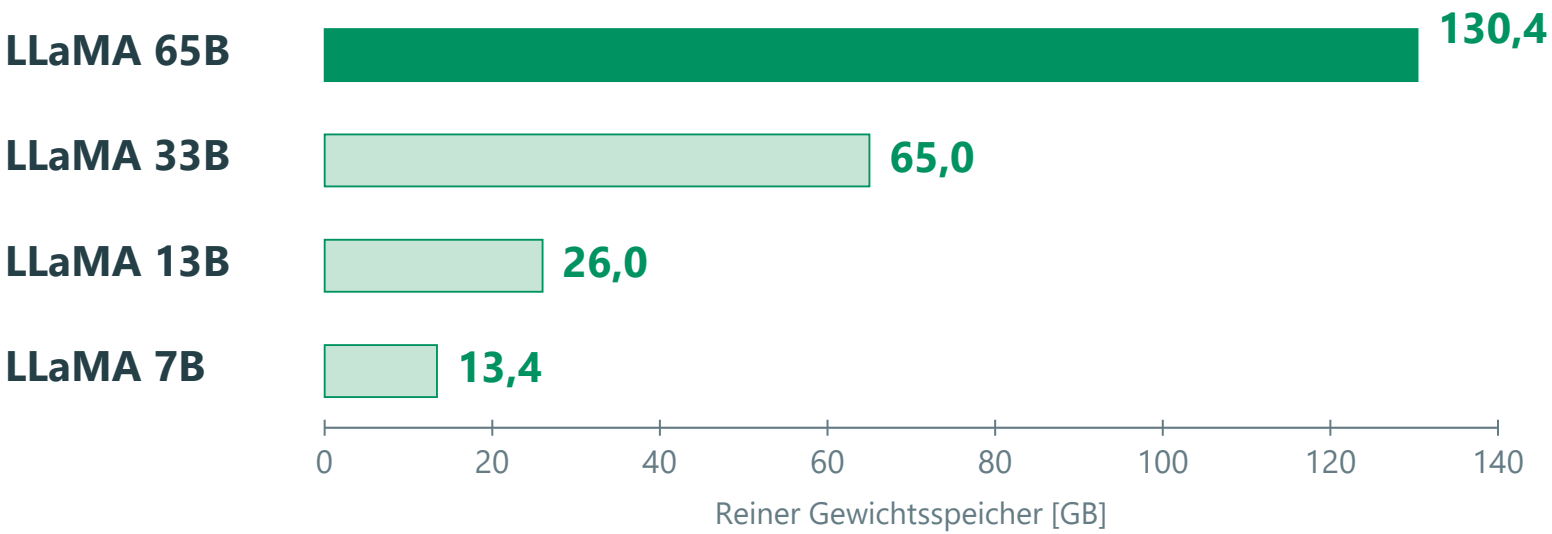
UNIVERSITÄT BAYREUTH

2003–17 | 2018–21 | 2022 | **2023** | 2024 | 2025–26

2023 · Erste LLaMA-Familie: Zugang allein genügt nicht

Gewichtsspeicher bei 16 Bit je Parameter

16 Bit = 2 Byte je Parameter · 1 GB = 10^9 Byte



Nur für die Gewichte · Laufzeitdaten zusätzlich

GeForce RTX 4090

2022/23 · High-End-Grafikkarte



Bild: GIGABYTE · GAMING OC 24G

24 GB Grafikspeicher

Herstellerangabe: NVIDIA (2022)

NVIDIA-Startpreis: ab 1.949 €

Deutschland · 12.10.2022

Parameterzahlen: Touvron et al. (2023), Tab. 2

Speicher: eigene Rechnung bei 16 Bit

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Quantisierung spart Speicherplatz

Gewichte gröber speichern, empfindliche Werte genauer behalten

UNIVERSITÄT BAYREUTH

2003–17 | 2018–21 | 2022 | **2023** | 2024 | 2025–26

SpQR (2023) · eigenes vereinfachtes Lehrbeispiel

Gelerntes Gewicht

w ≈ 0,44

Bisher: 16 Bit je Gewicht

Gewähltes Raster: 16 Stufen

Abstand zwischen den Stufen: 0,1



4 Bit für eine von 16 Stufen

Rasterdaten kommen hinzu.

Eingabewerte

1 x_1 10 x_2 $y = 1 \cdot w_1 + 10 \cdot w_2$

Varianten	w_1	w_2	Ergebnis y	Abweichung zu 4,84
Ausgangswerte	0,44	0,44	4,84	—
Beide gerundet	0,4	0,4	4,40	0,44
w_2 genauer (mehr Speicher)	0,4	0,44	4,80	0,04

Prinzip: Dettmers et al. (2023), SpQR v1, §3.1 / §4.1

Zahlen und Darstellung: eigenes Lehrbeispiel

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

SpQR: geringerer Speicherbedarf durch Quantisierung

Ähnliche Ergebnisse in drei ausgewählten Tests

UNIVERSITÄT BAYREUTH

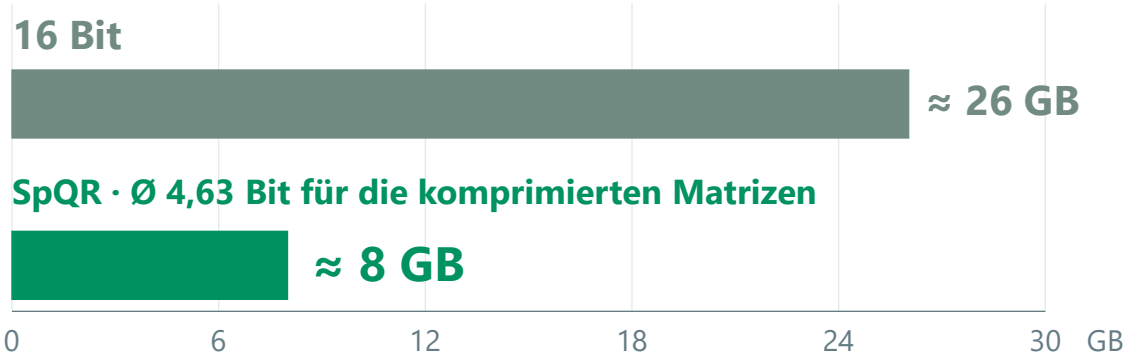
2003–17 | 2018–21 | 2022 | **2023** | 2024 | 2025–26

2023 · Quantisierung am Beispiel von LLaMA-13B

Wie viel Gewichtsspeicher bleibt?

Eigene Näherung · nur Modellparameter

LLaMA-13B · rund 13 Milliarden Parameter
Laufzeitdaten kommen hinzu.



GB dezimal · RTX 4090: nominell 24 GB (NVIDIA, 2022) [5]

Was zeigen diese drei Tests?

Autorenmessung · richtige Auswahlantworten [%]
Ohne gelöste Beispiele im Testprompt

	16 Bit	SpQR
PIQA Physikalisches Alltagswissen	78,89	78,94
HellaSwag Plausible Fortsetzungen	59,11	59,02
ARC-challenge Naturwissenschaftliche Fragen	43,94	43,17

Größter Rückgang hier: 0,77 Prozentpunkte

Ergebnis: Weniger Gewichtsspeicher, ähnliche Werte in diesen Tests.

Lehrstuhl für
Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Aufgabenwerte: SpQR v1, Tab. 7 / S. 21 [1]
Speicher: eigene Näherung [2–4] · Quellenanhang F12

Modelle von 2023 im gemeinsamen Benchmarkindex

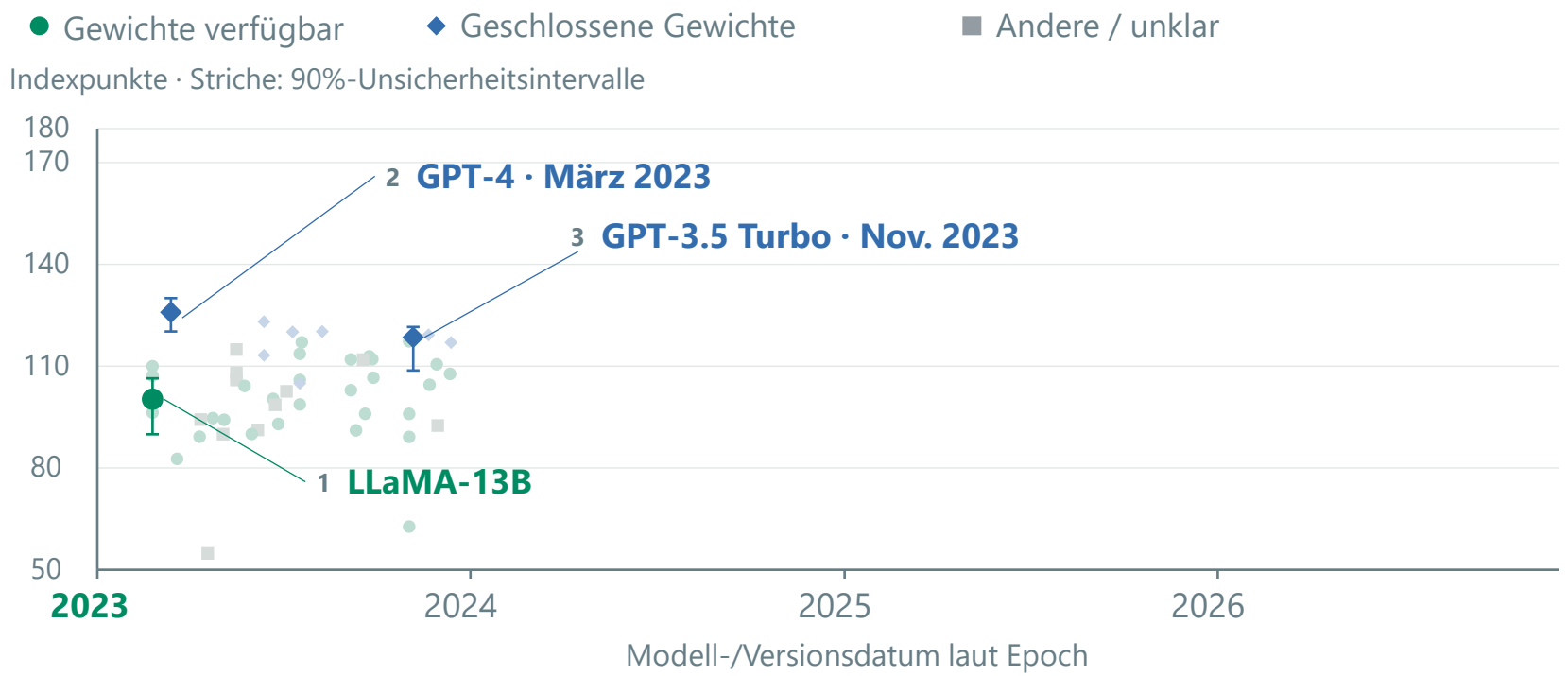
Indexpunkte aus verschiedenen Tests · keine Trefferprozente

UNIVERSITÄT BAYREUTH

2003–17 | 2018–21 | 2022 | **2023** | 2024 | 2025–26

Rückblick · Einheitlicher Datenstand vom 10.09.2026

ECI bündelt Benchmarkwerte · höhere Punkte = stärkere Testergebnisse



Anbieter · belegte Funktionen

1 **LLaMA-13B** dicht
Meta AI · USA
Text

2 **GPT-4 · März-API 2023**
OpenAI · USA
Text

3 **GPT-3.5 Turbo · Nov. 2023**
OpenAI · USA
Text · Funktionsaufrufe

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Epoch AI / AI Benchmarking Hub · Epoch Capabilities Index (ECI) · 10.09.2026 · CC BY 4.0 · eigene Grafik

ECI: Modellgruppen mit unterschiedlichen Auswertungseinstellungen · Profile separat belegt

2023: Mixtral liegt im Index nahe bei GPT-3.5 Turbo

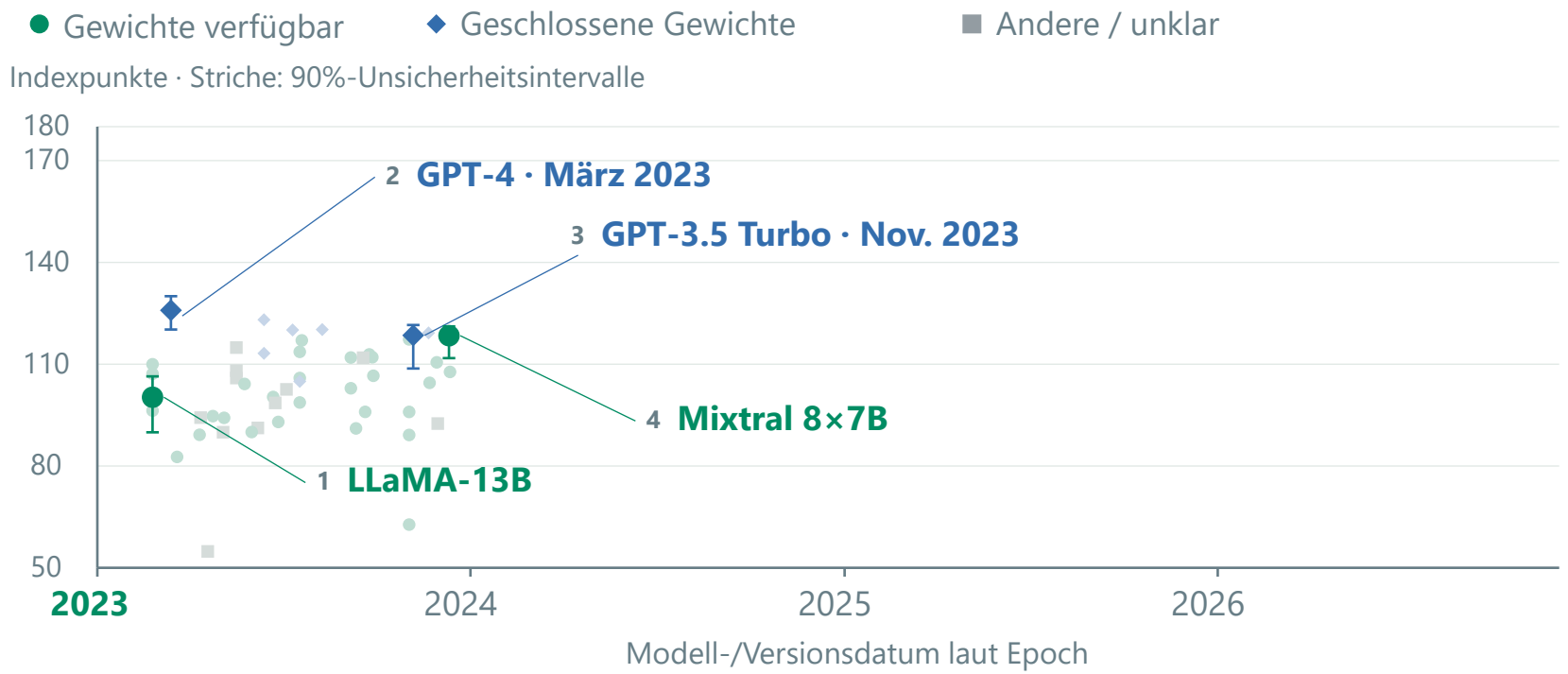
Ähnlicher Indexwert heißt nicht gleiche Leistung je Aufgabe

UNIVERSITÄT BAYREUTH

2003–17 | 2018–21 | 2022 | **2023** | 2024 | 2025–26

Rückblick · Einheitlicher Datenstand vom 10.09.2026

ECI bündelt Benchmarkwerte · höhere Punkte = stärkere Testergebnisse



Anbieter · belegte Funktionen

1 **LLaMA-13B** — dicht
Meta AI · USA
Text

2 **GPT-4 · März-API 2023**
OpenAI · USA
Text

3 **GPT-3.5 Turbo · Nov. 2023**
OpenAI · USA
Text · Funktionsaufrufe

4 **Mixtral 8×7B** — MoE
Mistral AI · Frankreich
Text

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Epoch AI / AI Benchmarking Hub · Epoch Capabilities Index (ECI) · 10.09.2026 · CC BY 4.0 · eigene Grafik

Mixtral-Punkt: Base, Instruct und API zusammengefasst

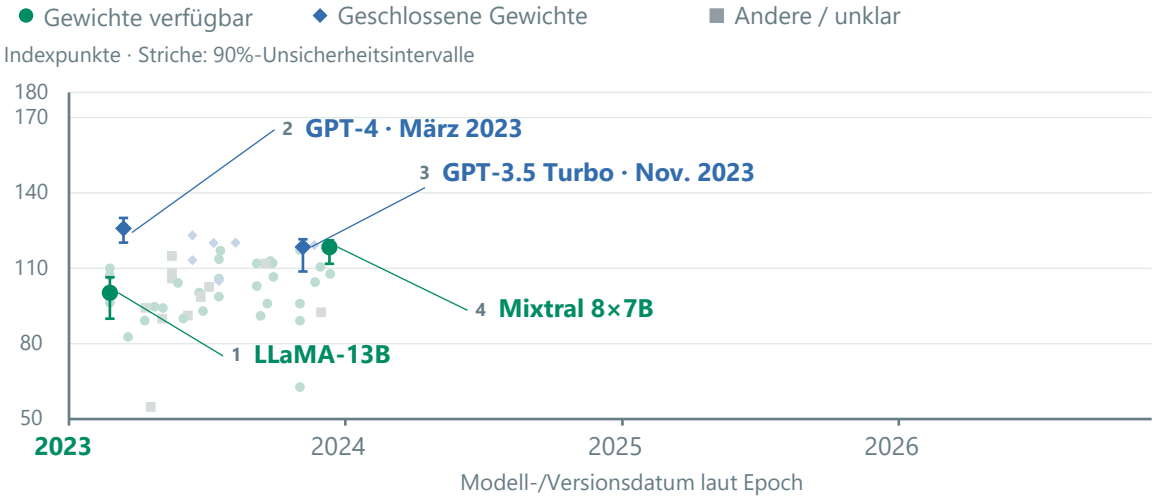
2023: Mixtral rechnet mit ausgewählten Teilnetzen

Mixture of Experts

UNIVERSITÄT BAYREUTH

Mixture of Experts · Auswahl je Token und Schicht

Vorheriger Vergleich · ECI



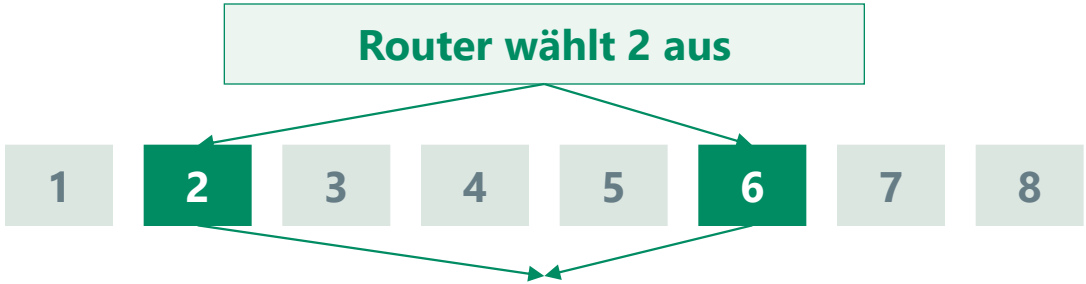
Der Indexvergleich erklärt nicht, welchen Anteil MoE am Ergebnis hat.

Mixtral 8×7B

Mistral AI · Dezember 2023

Eine MoE-Schicht · 8 Expertenteilnetze

Vektor des aktuellen Tokens



Modellparameter

≈ 46,7 Mrd. gesamt · ≈ 12,9 Mrd. aktiv je Token

Gemeinsame Teile rechnen mit. Gesamter Gewichtsbestand bleibt nötig.

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Epoch AI / AI Benchmarking Hub · Epoch Capabilities Index (ECI) · 10.09.2026 · CC BY 4.0 · eigene Grafik
MoE: Jiang et al. (2024), Abb. 1 / §2.1 · Parameter: Mistral AI (11.12.2023) · eigenes Schema

Modelle von 2024 im gemeinsamen Benchmarkindex

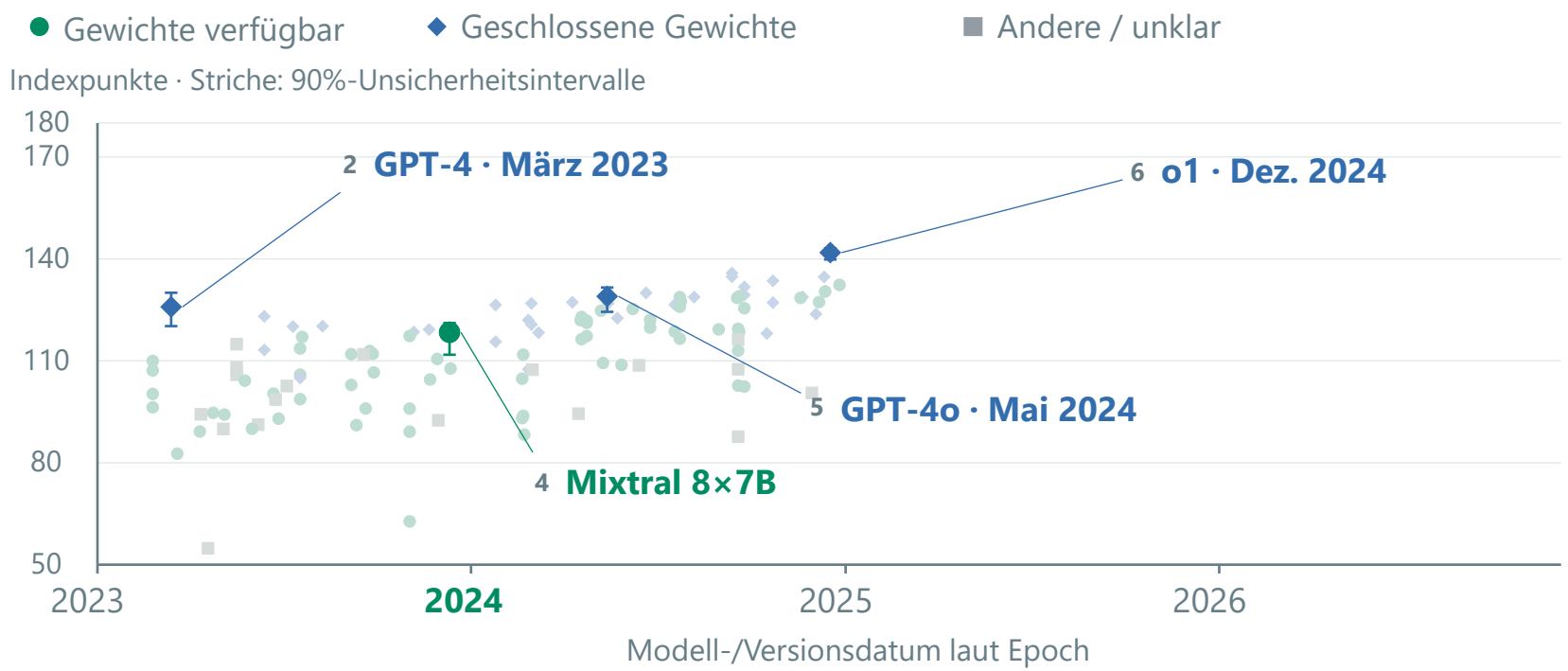
Bildeingaben und zusätzlicher Lösungsaufwand

UNIVERSITÄT BAYREUTH

2003–17 | 2018–21 | 2022 | 2023 | **2024** | 2025–26

Rückblick · Einheitlicher Datenstand vom 10.09.2026

ECI bündelt Benchmarkwerte · höhere Punkte = stärkere Testergebnisse



Eingaben und Funktionen

2 GPT-4 · März-API 2023
OpenAI · USA
Text

4 Mixtral 8×7B MoE
Mistral AI · Frankreich
Text

5 GPT-4o · Mai 2024
OpenAI · API 13.05.2024
Text · Bild · Funktionsaufrufe

6 o1 · Dez. 2024
OpenAI · API 17.12.2024
Text · Bild · Funktionsaufrufe · Reasoning

o1 im ECI: mehrere Aufwandseinstellungen

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Epoch AI / AI Benchmarking Hub · Epoch Capabilities Index (ECI) · 10.09.2026 · CC BY 4.0 · eigene Grafik

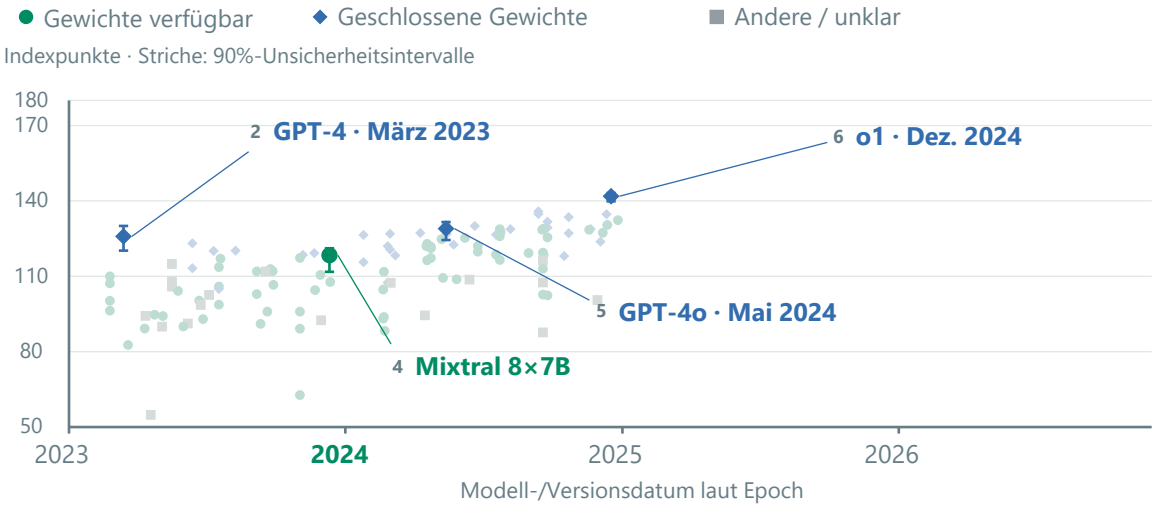
2024: Zusätzlicher Aufwand vor der Antwort

Kann helfen – richtige Antworten sind nicht garantiert

UNIVERSITÄT BAYREUTH

Reasoning · zusätzliche Tokens bei festen Modellparametern

Vorheriger Vergleich · ECI

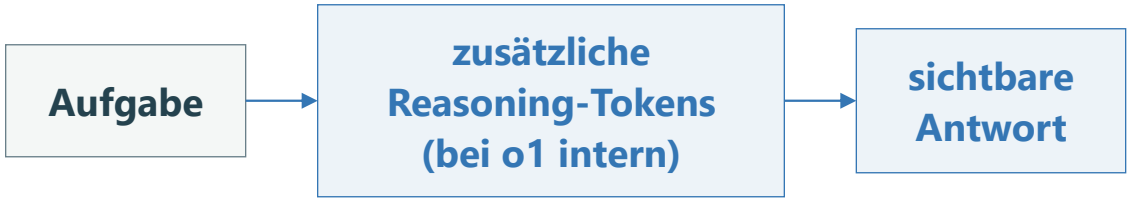


Der Indexvergleich isoliert nicht die Wirkung zusätzlicher Rechenzeit.

o1 · Dez. 2024

OpenAI · API 17.12.2024

Reasoning vor der Antwort



Zusätzliches Reasoning kann bei komplexeren Aufgaben helfen.

Epoch AI / AI Benchmarking Hub · Epoch Capabilities Index (ECI) · 10.09.2026 · CC BY 4.0 · eigene Grafik
Mechanismus: OpenAI, 12.09.2024 · eigenes Schema

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

DeepSeek-R1: Gewichte verfügbar, im Index nahe an o1

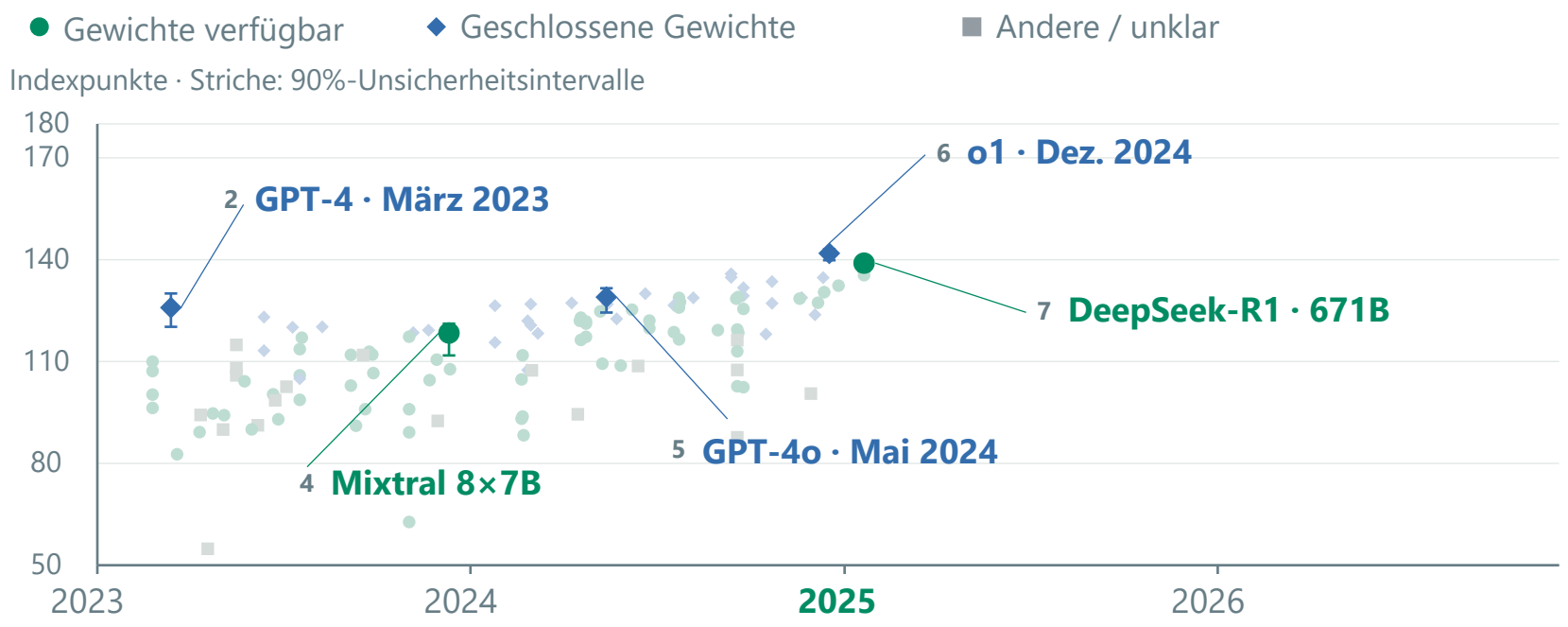
Indexnähe heißt nicht gleiche Leistung oder gleichen Aufwand

UNIVERSITÄT BAYREUTH

2003–17 | 2018–21 | 2022 | 2023 | 2024 | **2025–26**

Rückblick · Einheitlicher Datenstand vom 10.09.2026

ECI bündelt Benchmarkwerte · höhere Punkte = stärkere Testergebnisse



Der gesamte Gewichtsbestand muss verfügbar bleiben.

Eingaben und Funktionen laut Dokumentation

2 GPT-4 · März-API 2023
Text — OpenAI

4 Mixtral 8×7B MoE
Text — Mistral AI

5 GPT-4o · Mai 2024
OpenAI · API 13.05.2024
Text — Bild — Funktionsaufrufe

6 o1 · Dez. 2024
OpenAI · API 17.12.2024
Text — Bild — Funktionsaufrufe — Reasoning

7 DeepSeek-R1 MoE
DeepSeek · 20.01.2025
Text — Reasoning
671 Mrd. Parameter insgesamt
37 Mrd. aktiv je Token

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Epoch AI / AI Benchmarking Hub · Epoch Capabilities Index (ECI) · 10.09.2026 · CC BY 4.0 · eigene Grafik
DeepSeek-R1: Release 20.01.2025 · Bericht v1, Tab. 4 / S. 13

R1-Distill: Kleinere Sprachmodelle lernen von größeren

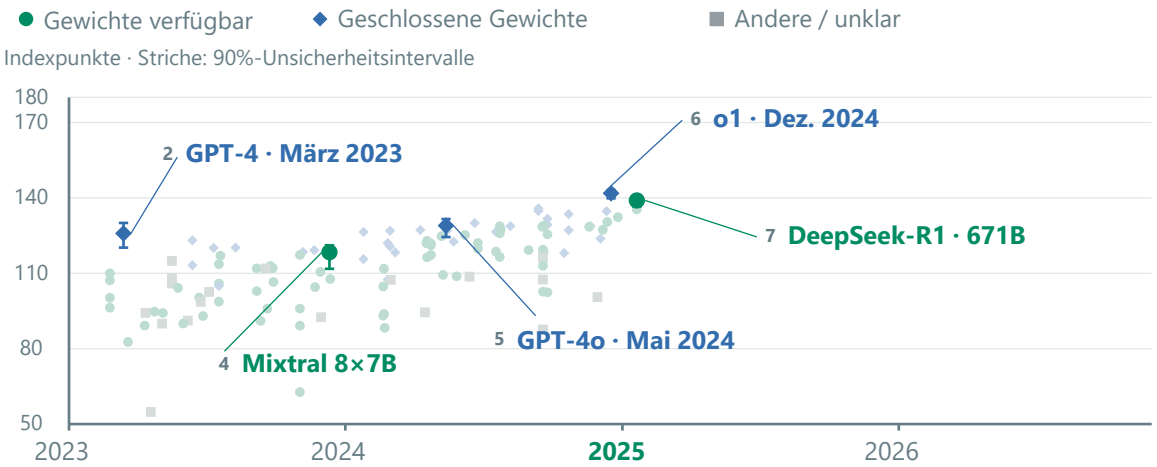
Nachtraining statt Reduktion der R1-Gewichte

UNIVERSITÄT BAYREUTH

2003–17	2018–21	2022	2023	2024	**2025–26**

2025 · Nachtraining vortrainierter Qwen-/Llama-Modelle

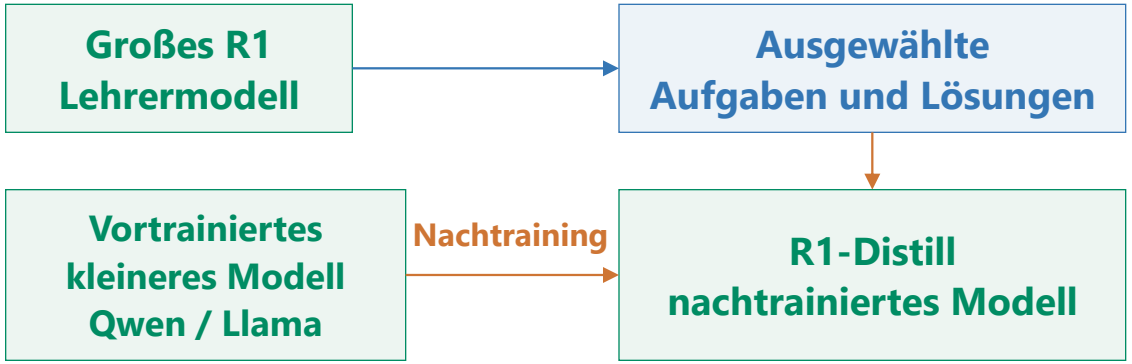
Vorheriger Vergleich · ECI



Im Index: großes R1 mit 671 Mrd. Parametern.
Kein Leistungsnachweis für alle Distill-Modelle.

R1-Distill · Jan. 2025

Modelle von 1,5 bis 70 Mrd. Parametern



Distillation ≠ Quantisierung

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Epoch AI · ECI · Datenstand 10.09.2026 · CC BY 4.0 · eigene Grafik
Distillation: R1-Bericht v1, §2.4 / S. 11 · eigenes Schema

2026: Aktueller Stand

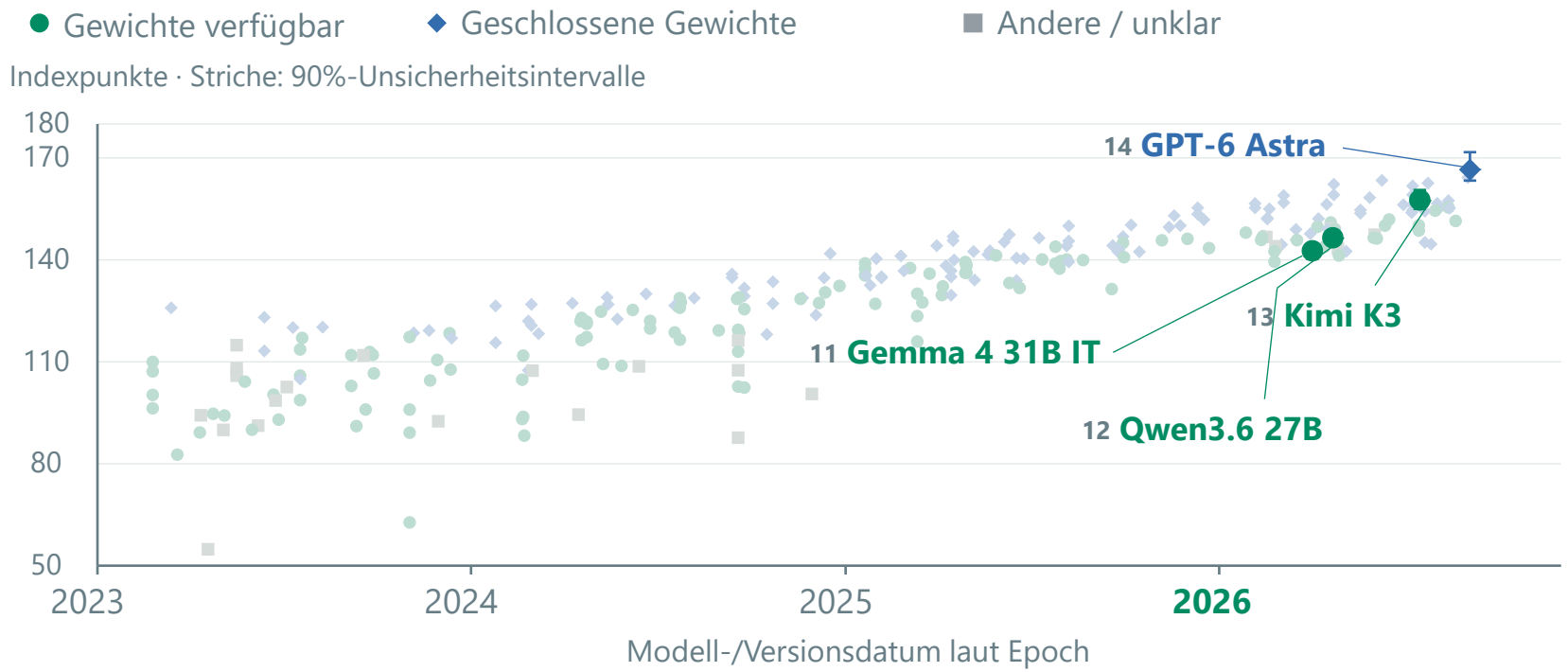
Verfügbare Gewichte

UNIVERSITÄT BAYREUTH

2003–17 | 2018–21 | 2022 | 2023 | 2024 | **2025–26**

Vergleich bis September 2026 · Datenstand 10.09.2026

ECI bündelt Benchmarkwerte · höhere Punkte = stärkere Testergebnisse



Eingaben und Funktionen laut Dokumentation

11 Gemma 4 31B IT — dicht
Text · Bild · Video[1] · Funktionsaufrufe · Reasoning

12 Qwen3.6 27B — dicht
Text · Bild · Video[1] · Funktionsaufrufe · Reasoning

13 Kimi K3* — MoE
Text · Bild · Video[1] · Funktionsaufrufe · Reasoning

14 GPT-6 Astra*
Text · Bild · Funktionsaufrufe · Reasoning

* Profile: Dokumentation 09/2026; nicht allen ECI-Varianten zugeordnet.
[1] Videoeingabe, keine Videoausgabe

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Epoch AI · ECI · Datenstand 10.09.2026 · CC BY 4.0 · eigene Grafik
Modellprofile: verlinkte Originaldokumentation · eigene Auswahl

2026: Aktueller Stand

Lauffähig auf einer RTX 5090

UNIVERSITÄT BAYREUTH

2003–17 | 2018–21 | 2022 | 2023 | 2024 | **2025–26**

September 2026 · Paketgröße ≠ Laufbedarf · passende Quantisierung und Software

ECI-Reihenfolge: ausgewählte 32-GB-Kandidaten

Gruppenwerte · 90%-Intervalle · kein lokaler Q4-Test

	ECI	Δ API
GPT-6 Astra · API	**166,57**	—
Qwen3.6-27B	**146,51**	−20,06
Qwen3.6-35B-A3B	**143,87**	−22,70
Gemma 4 31B IT	**142,68**	−23,89
Gemma 4 26B-A4B	**141,87**	−24,70



Δ API: Abstand in Indexpunkten, keine Prozentleistung.

Index: Epoch AI · Stand 10.09.2026 · CC BY 4.0 · eigene Auswahl

[2] Eigene Nutzlastrechnung · Profile, Pakete und Bild: Quellen F23

Womit ich aktuell starten würde

Bild / Dokumente / Coding · GUI mit Zusatzsoftware

Qwen3.8-27B

Paket: BF16 55,6 → Q4 17,7 GB · kein ECI im Datenstand

Bild & Allround

Gemma 4: 31B oder 26B-A4B

Q4-Pakete: 19,9 / 18,6 GB · Textlaufbelege

Kimi K3: zu groß für diese Einzelkarte

Rechnerisch bei 4 Bit: ≈ 1,4 TB nur Gewichte[2]



Ollama 0.33.3 · RTX 5090 · 32 GB Grafikspeicher

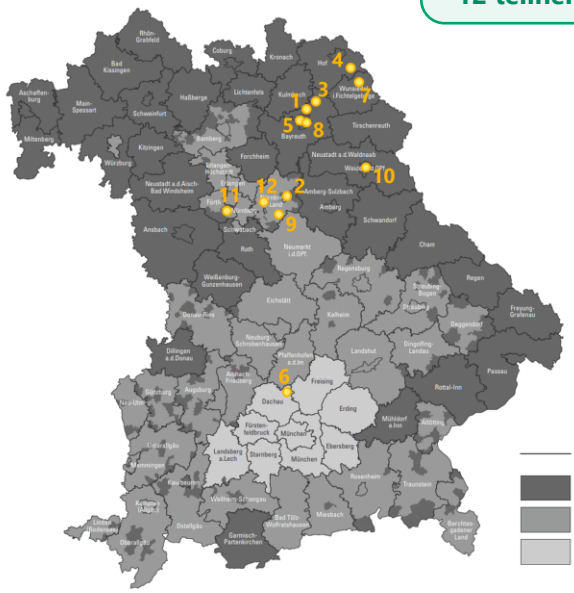
Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

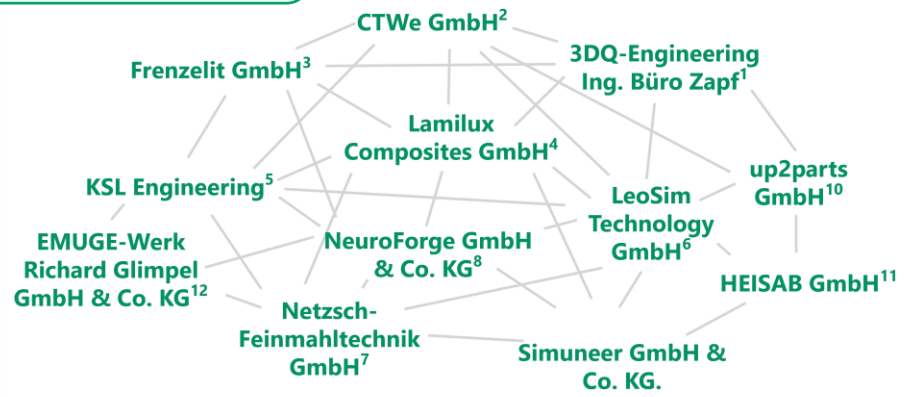
Gate2HPC

UNIVERSITÄT BAYREUTH

Projekt: Gate2HPC ·

12 teilnehmende Unternehmen





Landkreis / kreisfreie Stadt

EFRE-Schwerpunktgebiet (Raum mit besonderem Handlungsbedarf gemäß LEP, Stand: 1. März 2018), mindestens 60 % der EFRE-Mitel

Sonstiges EFRE-Fördergebiet

EFRE-Fördergebiet nur für den Förderbereich 2 (Klima- und Umweltschutz)

Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst

EFRE BAYERN 2021-2027

Kofinanziert von der Europäischen Union

OBERFRANKEN STIFTUNG

Vielen Dank. Ihre Fragen?

Kontakt

Peter Grohmann, M.Sc.

Universität Bayreuth
Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD

peter.grohmann@uni-bayreuth.de

UNIVERSITÄT BAYREUTH

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Diese Präsentation steht, soweit nicht anders gekennzeichnet, unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0). Für gesondert gekennzeichnete Abbildungen und sonstige Inhalte Dritter gelten die jeweils angegebenen oder geltenden Rechte- und Lizenzbedingungen

Quellen und Medienhinweise

UNIVERSITÄT BAYREUTH

VideoMolmo und SAM 2

Ahmad et al. (2025)
VideoMolmo: Spatio-Temporal Grounding Meets Pointing.
arXiv:2506.05336v1

Paper Autorenprojekt und Zellvideo

Ravi et al. (2024) · SAM 2

Segment Anything in Images and Videos.
arXiv:2408.00714v2

SAM-2-Paper

OpenCUA

Wang et al. (2025)
OpenCUA: Open Foundations for Computer-Use Agents.
arXiv:2508.09123v1

Paper Demo: MultiApp / Chrome & Slides

AlphaEvolve · eigene Datenzeichnung

Novikov et al. (2025)
AlphaEvolve: A Coding Agent for Scientific and
Algorithmic Discovery. arXiv:2506.13131v1

Paper Ergebnisnotebook · B.7 / Construction 2

Notebookrevision: 4226acb
Daten: © 2025 Google LLC · CC BY 4.0.
Eigene Nachzeichnung und Flächenrechnung.

CC BY 4.0 Lizenzhinweis im Repository

A C D
Lehrstuhl für
Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Quellen und Medienhinweise

UNIVERSITÄT BAYREUTH

[1] Meta · 24.02.2023

Introducing LLaMA: A foundational,
65-billion-parameter large language model.
ai.meta.com · Offizieller Forschungszugang.

[2] GitHub-DMCA-Archiv · März 2023

OpSec Online LLC im Namen von Meta.
Schreiben vom 20.03.; Archivierung am 21.03.2023.
2023-03-21-meta.md · Commit 528056c.
Beanstandung der Weitergabe; kein Gerichtsurteil.

[3] Meta · 18.07.2023

Meta and Microsoft Introduce
the Next Generation of Llama.
about.fb.com · Veröffentlichung von Llama 2.

[4] Llama 2 · Bedingungen vom 18.07.2023

Llama 2 Community License Agreement.
Meta-Llama-Repository · LICENSE.
Historischer Release-Commit 6d4c0c2.
Bedingungen dieser Generation.

[5] ZEIT ONLINE · Eike Kühl · 06.03.2023

Ein Llama auf Abwegen.
zeit.de/digital/internet/2023-03/
llama-ki-chatbot-meta-leak
Auf F09: historischer Schlagzeilenausschnitt.

[6] Touvron et al. · 2023

LLaMA: Open and Efficient Foundation
Language Models. arXiv:2302.13971v1.
Tabelle 2 / PDF-Seite 3: Parameterzahl.

Quellen und Rechengrundlage

UNIVERSITÄT BAYREUTH

[1] Dettmers et al. · 05.06.2023

SpQR: A Sparse-Quantized Representation for
Near-Lossless LLM Weight Compression.
arXiv:2306.03078v1 · Tab. 7 / PDF S. 21.
LLaMA-13B: FP16 und SpQR mit Ø 4,63 Bit.
Quelle der Aufgabenwerte; keine RTX-4090-Messung.

[2] SpQR · historischer Autorenquellcode

Vahe1994/SpQR · main.py · Commit 7c6a9837.
find_layers / get_average_number_of_bits /
llama_sequential: lineare Matrizen in den Blöcken,
Bitzähler mit Statistik- und Ausreißerangaben.
Die Ø-Bitzahl gilt nicht für sämtliche Parameter.

[3] LLaMA · historische Architektur

meta-llama/llama · llama/model.py · Commit 1076b9c5.
Attention / FeedForward / TransformerBlock / Transformer.
Matrizen, Normen, Embedding und Ausgabekopf.
Architekturbeleg für die eigene Parameterzählung.

[4] LLaMA-13B · fixierte Konfiguration

huggyllama/llama-13b · config.json.
Revision bf570454 · h = 5.120, f = 13.824,
40 Blöcke, V = 32.000; getrennte Embeddings.
Dimensionen der Rechnung, kein Hash-Nachweis
des von den Paperautoren geladenen Checkpoints.

[5] NVIDIA · 20.09.2022

Neu: GPUs der GeForce RTX 40-Serie.
RTX 4090: nominell 24 GB Grafikspeicher.
Herstellerangabe; keine Messung des freien
Speichers und keine lokale Laufbarkeitsprüfung.

Eigene Näherung · GB = 10^9 Byte

12.687.769.600 Matrixparameter mit Ø 4,63 Bit;
328.094.720 übrige Parameter weiterhin mit 16 Bit.
Summe: ca. 7,999 GB; durchgehend 16 Bit: 26,032 GB.
Jeweils Parameter × Bit / 8 / 10^9.
Kein Datei- oder Laufbedarf; Laufzeitdaten zusätzlich.

A C D
Lehrstuhl für
Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Quellen und Einordnung

UNIVERSITÄT BAYREUTH

[1] Epoch AI · Index und eigene Auswahl

Datenstand 10.09.2026; Gruppenwerte / 90%-Intervalle.
Δ = Modell minus Astra (166,57); kein lokaler Q4-Test.
Methodik · enthaltene Tests · CC BY 4.0.
Indexpunkte sind keine Prozentleistung.

[2] Qwen3.6 · zwei eigene Modellvarianten

27B (dicht) · 35B-A3B (MoE): feste Originalkarten.
Paketmetadaten begründen die Vorauswahl.
Kein eigener RTX-5090-Lauf dieser beiden Pakete.
Kein ECI-Nachweis für ihre Q4-Ausführung.

[3] Qwen3.8-27B · aktueller Prüfkandidat

Autorenprofil: Bild/Video, Coding und GUI; Agentensoftware.
Im genutzten ECI-Stand 10.09.2026 noch ohne Wert.
SGLang-Texttest: 5090, anderer NVFP4/FP8-Export.
Keine eigene Ollama-Q4-Messung.

[4] Gemma 4 · Varianten und begrenzte Läufe

31B dicht und 26B-A4B MoE sind verschiedene Varianten.
NVIDIA: Q4_K_M-Textläufe (llama.cpp b7789).
Eigener Bildfall 09.09.2026: 26B, 1 Bild / 3 Wiederholungen.
Kein breiter Qualitäts- oder Peak-VRAM-Nachweis.

[5] Ollama · Paketgrößen aus Manifesten

Stand 13.09.2026 · GB = 10^9 Byte; Paket ≠ Laufbedarf.
Qwen3.8: 55,589 MTP-BF16 → 17,742 Q4_K_M (GB).
Gemma 31/26: 19,869 / 18,604 GB (je Q4_K_M).
Ollama Qwen3.8-Tags · Gemma4-Tags.

[6] [2] Kimi K3 · idealisierte Gewichtsnutzlast

Autorenangabe: 2,8 Billionen Parameter insgesamt.
Eigene ideale Rechnung für einheitlich vier Bit:
$2{,}8 \times 10^{12} \times 4 / 8 = 1{,}4 \times 10^{12}$ Byte = 1,4 TB.
Ohne Zusatz-/Laufdaten; keine gemessene Datei.

[7] NVIDIA · RTX 5090 als Prüfklasse

Herstellerangabe: nominell 32 GB GDDR7.
Runtime, Kontext und Arbeitsdaten benötigen Speicher.
Keine garantierte freie Reserve oder Antwortzeit.
Astra ist API-Referenz, kein lokaler Kandidat.

A C D
Lehrstuhl für
Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Ist Dein CAD-Modell bereit, wenn KI es ist?

Warum sich die Vorbereitung auf morgen schon heute auszahlt.

27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag

Andreas Rind · arinda

arinda

Nichts ist in der Konstruktion
so beständig wie die Änderung.

- Andreas Rind -



arinda

Die entscheidende Frage ist nicht:

„Wann ist KI endlich so weit?“

Sondern: „Ist Dein CAD-Modell bereit, wenn KI es ist?“

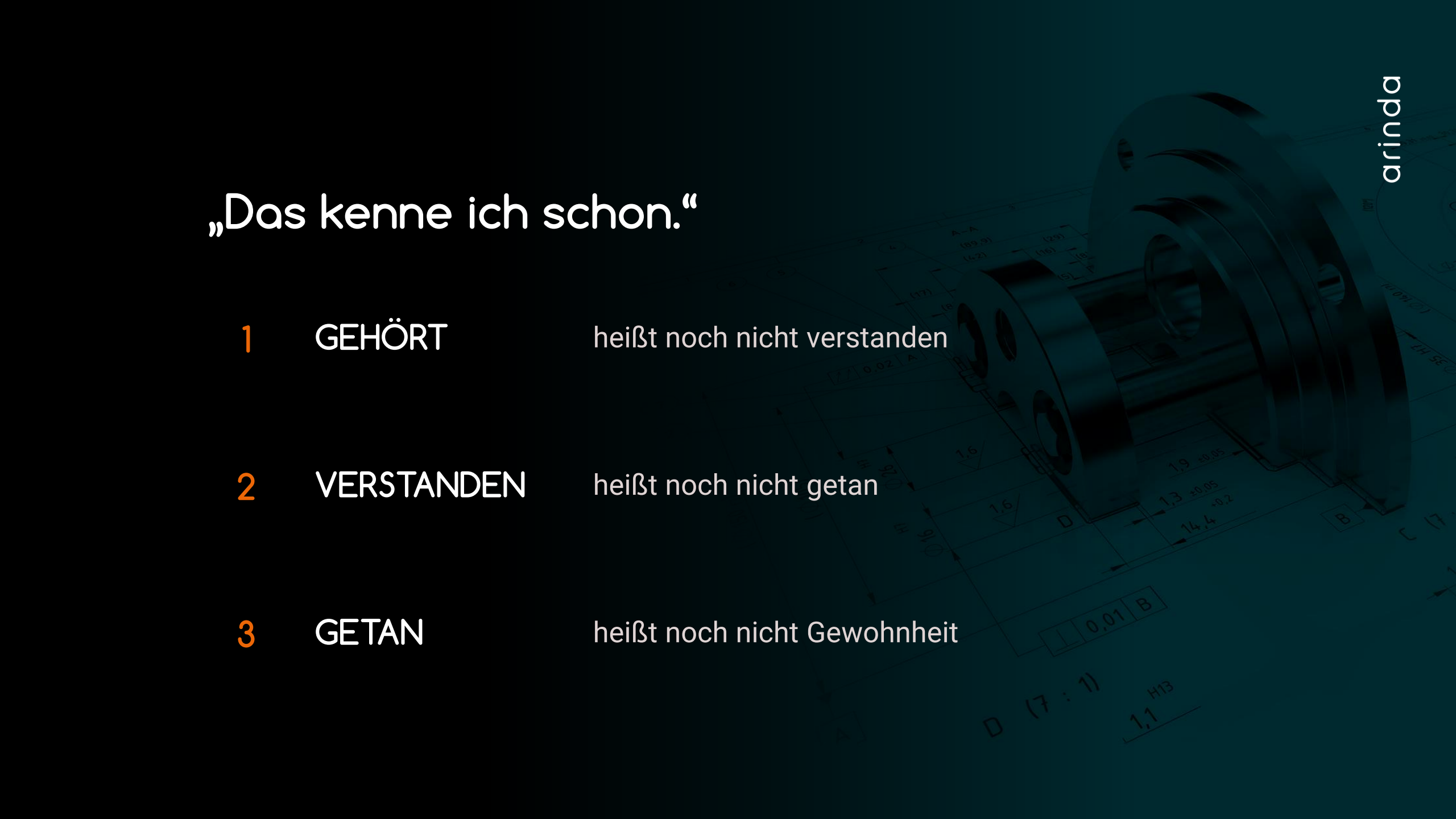
arinda

„Das kenne ich schon.“

1 GEHÖRT heißt noch nicht verstanden

2 VERSTANDEN heißt noch nicht getan

3 GETAN heißt noch nicht Gewohnheit



arinda

Drei Voraussetzungen – Nutzen heute, Basis für morgen

arinda

1

Modellstruktur

Konstruktionsabsicht muss im Modell erkennbar und nachvollziehbar sein.

2

Methode & Wissen

Arbeitsweisen dokumentieren, damit Wissen nicht nur in Köpfen steckt.

3

Änderungsstabilität

Ein gutes Modell beweist seine Qualität nicht beim Erstellen, sondern beim Ändern.

Für CAD gilt genauso:

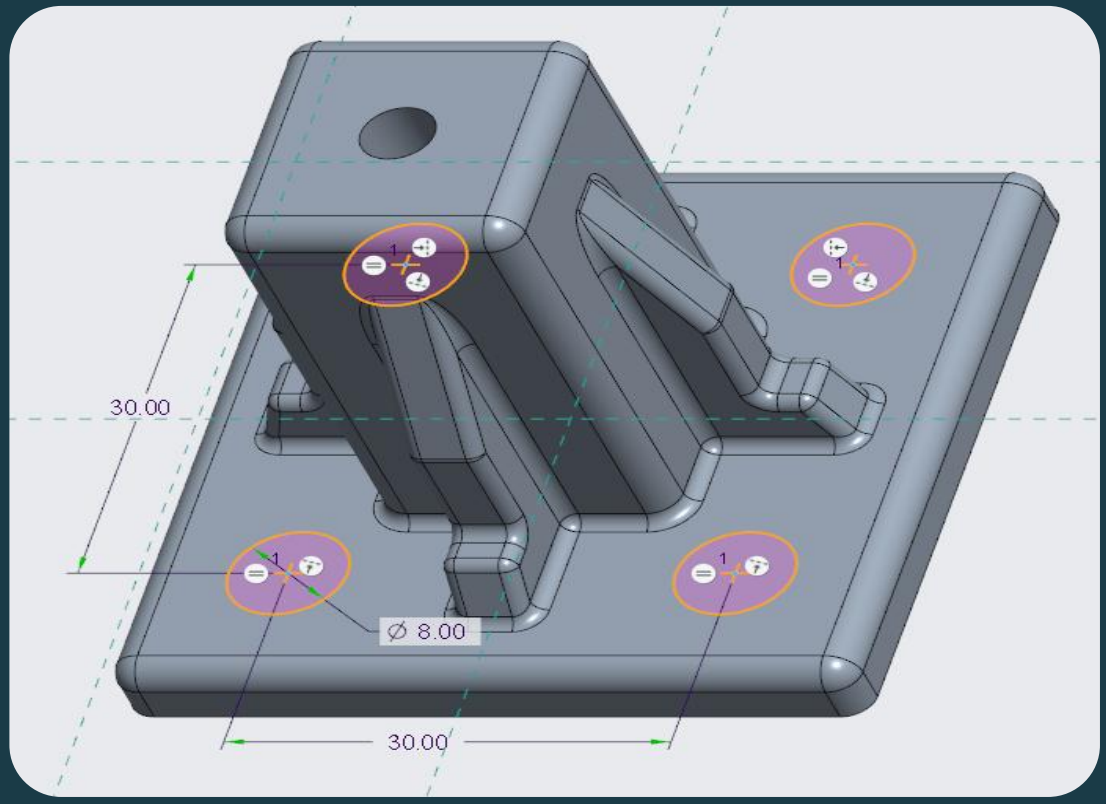
SHIT IN = SHIT OUT

Automation und KI machen aus einem chaotischen Modell nicht automatisch ein gutes Modell.

arinda

Geometrisch gleich. Konstruktiv nicht gleich.

Die Position ist identisch – die hinterlegte Konstruktionsabsicht nicht.

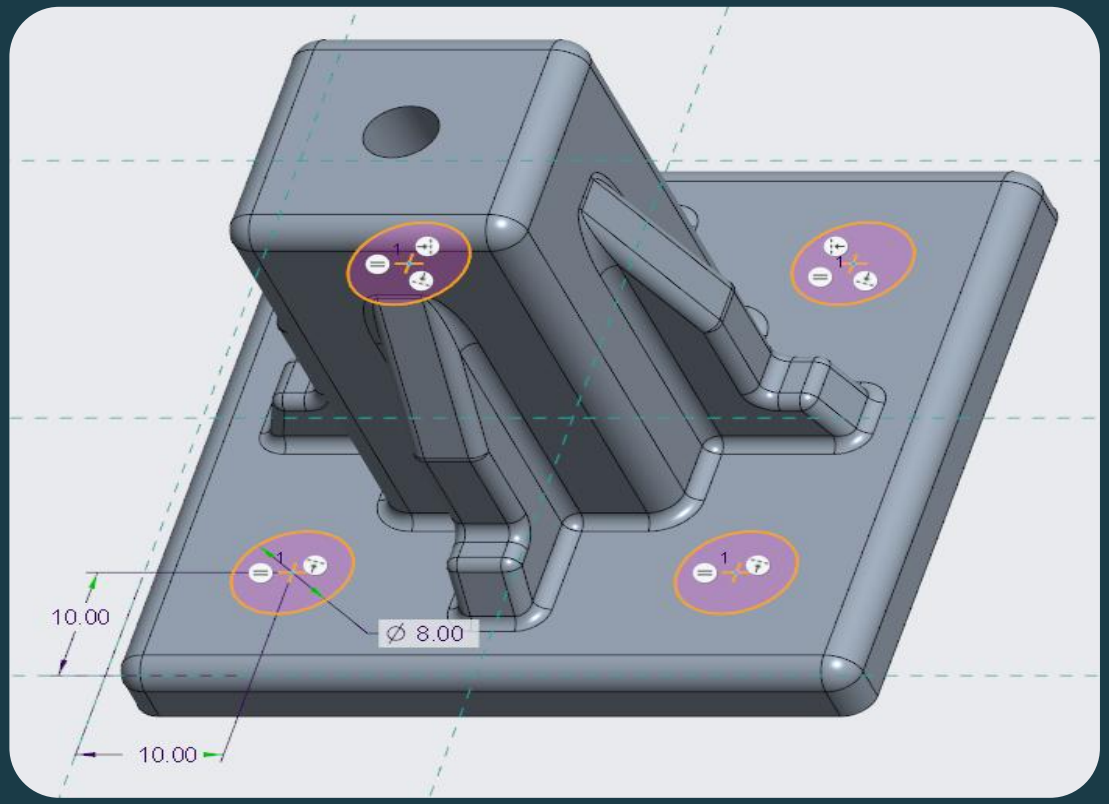


Position über Mitte 30 mm definiert

arinda

Geometrisch gleich. Konstruktiv nicht gleich.

Die Position ist identisch – die hinterlegte Konstruktionsabsicht nicht.



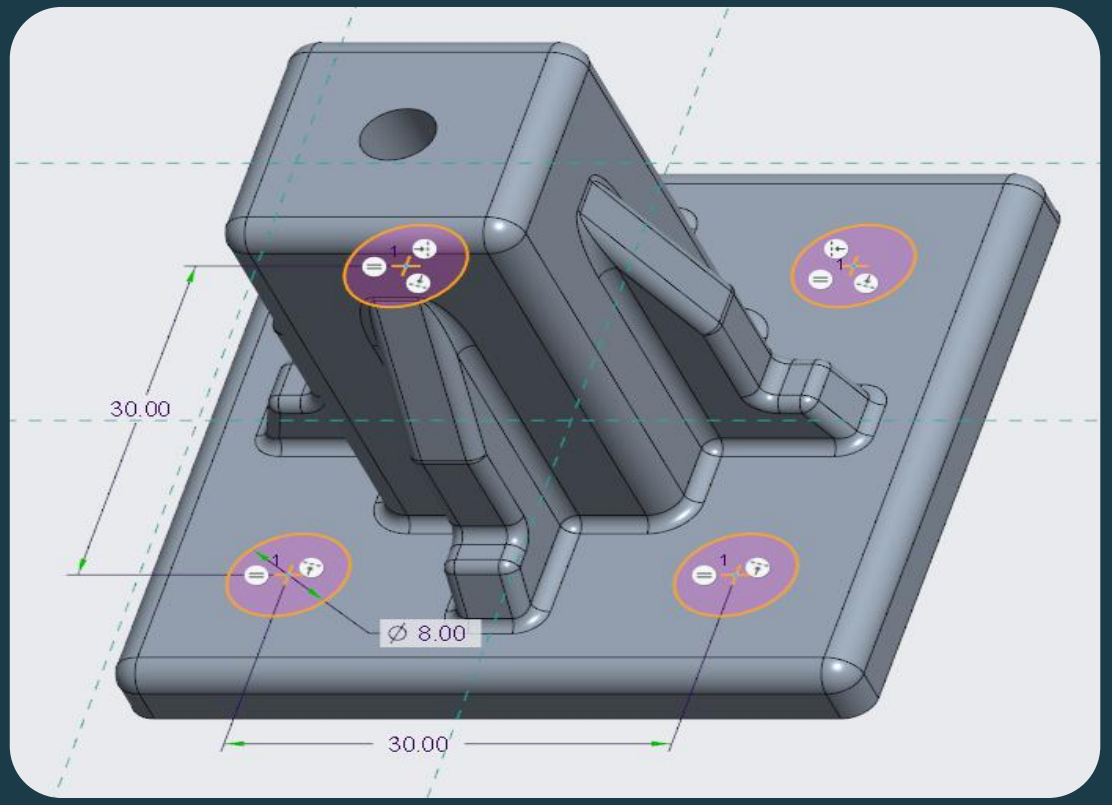
Abstand zum Rand über 10 mm definiert

arinda

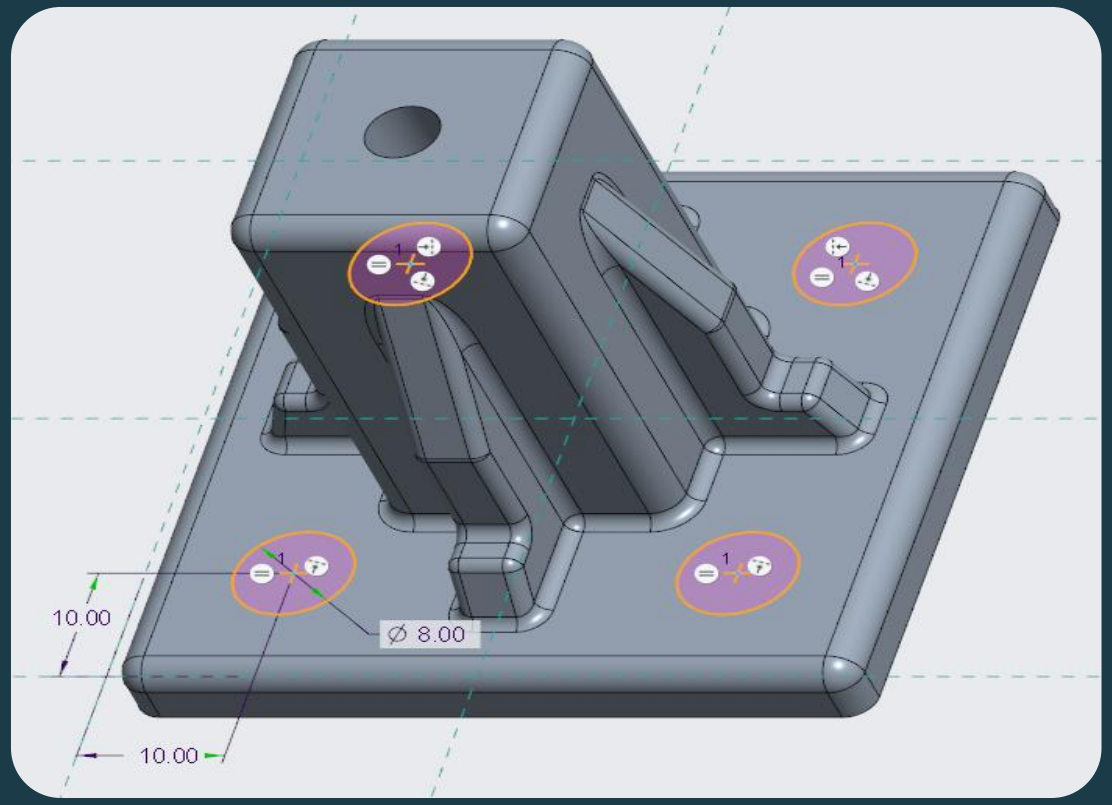
Geometrisch gleich. Konstruktiv nicht gleich.

Die Position ist identisch – die hinterlegte Konstruktionsabsicht nicht.

arinda



Position über Mitte 30 mm definiert



Abstand zum Rand über 10 mm definiert

Nicht nur fragen:

„Ist die Geometrie richtig?“

Sondern: „Ist die Konstruktionsabsicht im Modell erkennbar?“



arinda

Wo steht das Wissen Deiner besten Konstrukteure?

IM KOPF

Erfahrung
Ausnahmen
bewährte Lösungen
„Das mache ich besser
nicht so.“

→

UNTERNEHMENSWISSEN

für Kollegen
für neue Mitarbeiter
für externe Konstrukteure
für Automation und KI

arinda



Erfahrung ist eine hervorragende Methode zu lernen.

Aber eine verdammt teure.

Häufig bedeutet Erfahrung: Wir haben einen Fehler schon einmal selbst bezahlt.

arinda

Dokumentierte Methode macht Wissen nutzbar

- konkret
- nachvollziehbar
- mit Beispielen
- möglichst eindeutig

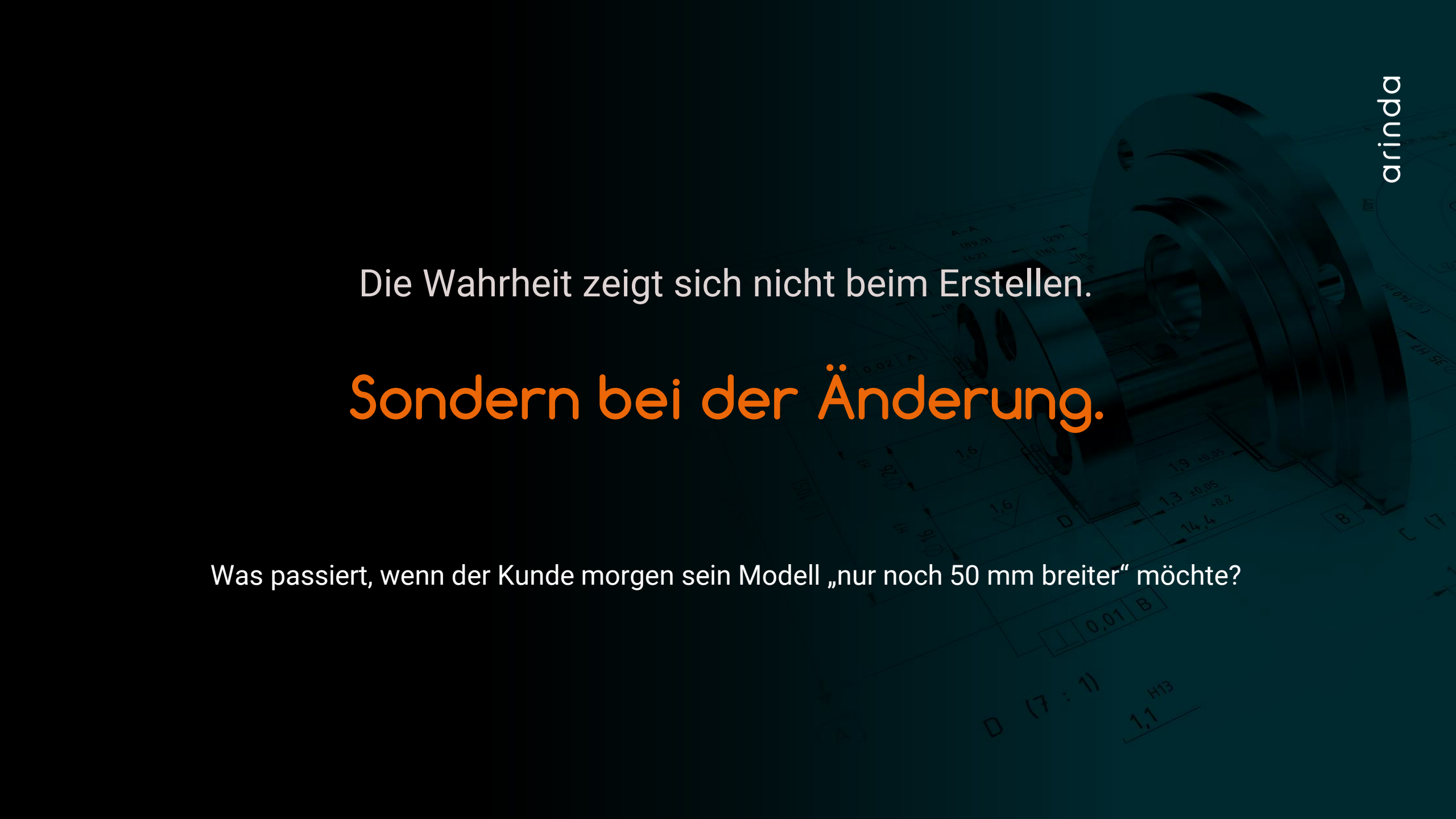
Kein 300-Seiten-Leitfaden, den niemand liest.

arinda

Die Wahrheit zeigt sich nicht beim Erstellen.

Sondern bei der Änderung.

Was passiert, wenn der Kunde morgen sein Modell „nur noch 50 mm breiter“ möchte?



arinda

15 Minuten täglich klingen nach fast nichts.

20	×	15	×	200	=	1.000
Konstrukteure		Minuten / Tag		Arbeitstage / Jahr		**Stunden / Jahr**

1.000 Stunden / Jahr ≈ ½ Mitarbeiter / Jahr

Aus Modellqualität wird Wirtschaftlichkeit.

arinda

Wann ist KI im CAD so weit?

Die wichtigere Frage: Sind wir so weit?

Modelle stabilisieren · Methoden dokumentieren · Änderungen beherrschbar machen



arinda

Stell Dir vor: Morgen fällt die Entscheidung.

„Wir automatisieren.“

„Wir setzen KI in der Konstruktion ein.“

Und dann beginnt erst die Aufräumarbeit.

Während der Wettbewerber seine Hausaufgaben längst gemacht hat.

arinda

Die gute Nachricht ist:

Diesen Vorsprung kannst Du Dir heute selbst erarbeiten.

Ohne auf die nächste KI-Funktion warten zu müssen.



arinda

Mit drei Fragen anfangen

arinda

1

Modellstruktur

Ist die Konstruktionsabsicht für andere nachvollziehbar?

2

Methode

Ist klar dokumentiert, wie bei Ihnen konstruiert werden soll?

3

Änderung

Sind Ihre Modelle für Anpassungen gebaut – oder nur für den heutigen Zustand?

Nicht alles auf einmal verändern.
Mit einem Punkt anfangen.

arinda

ERSTER SCHRITT

Buch

Leitfaden für Skizzen

Am Stand mit persönlicher Widmung.

BESTANDSAUFNAHME

CAD-QuickCheck

Wo steht Ihre Konstruktion heute?

Beides draußen am arinda-Stand.

Weitere Informationen zum Vortrag

Andreas Rind | www.arinda.de | +49 (0) 261 / 201 68-54

CAD-Modelle wirtschaftlich, stabil und zukunftsfähig aufbauen.

CAD-QuickCheck	Potenziale, Zeitfresser und Ansatzpunkte in der Konstruktion sichtbar machen.
Creo Parametric	Individuelle Trainings und methodische Weiterentwicklung der CAD-Konstruktion.
Leitfaden für Skizzen	Methodischer Einstieg in stabilere und änderungsfreundlichere CAD-Modelle.

arinda

Buch: Leitfaden für Skizzen

www.arinda.de/lfs

arinda

über 25 Jahre Creo Parametric | über 6.000 geschulte Teilnehmer | 170 Unternehmen in DACH

Denn wer heute anfängt,

muss morgen nicht hinterherlaufen.



arinda

Autor:
Dr. Ing. Johannes Ackva, Ingenieurbüro für Mechanik

Titel:
Working with Code_Aster

Untertitel:
Code_Aster live erleben – vom Modell zur Simulation

Abstract:
Keine PowerPoint-Präsentation, sondern eine Live-Demonstration eines kompletten Finite-Elemente-Workflows mit Code_Aster.

Den Teilnehmenden wird ein vollständiger und vollständig kostenfreier Workflow präsentiert. Anschließend diskutieren wir die spannende Frage: Kann ein vollständig kostenfreier Open-Source-Workflow mit kommerziellen FE-Systemen mithalten?

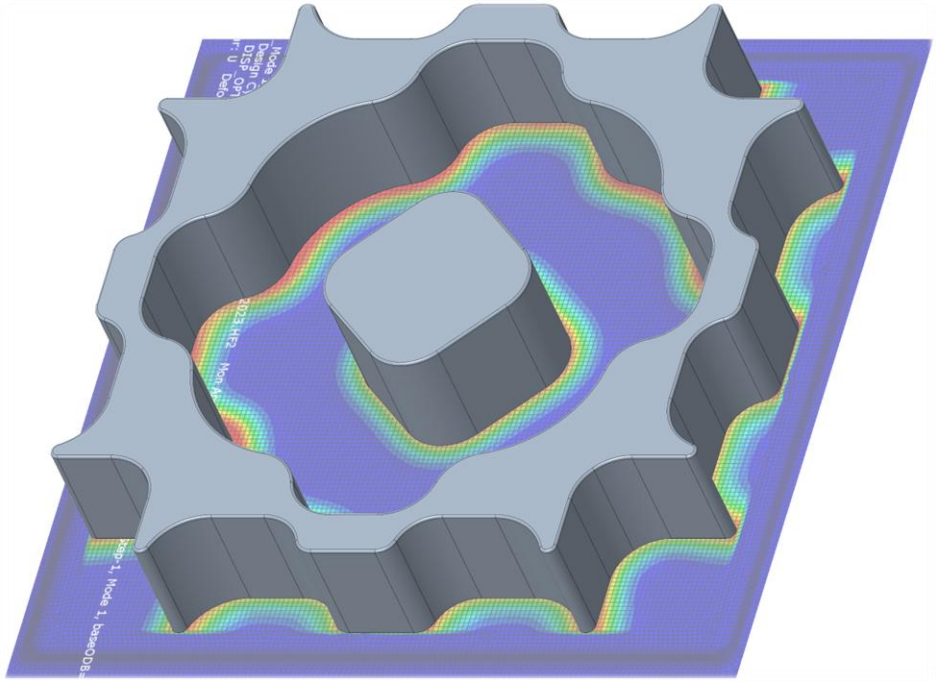
UNIVERSITÄT BAYREUTH

Automatisierte Bild-zu-CAD-Rekonstruktion sickenartiger Verstärkungskonturen in Blechstrukturen

Rick Hentschel

27. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag

Bayreuth, 16.09.2026



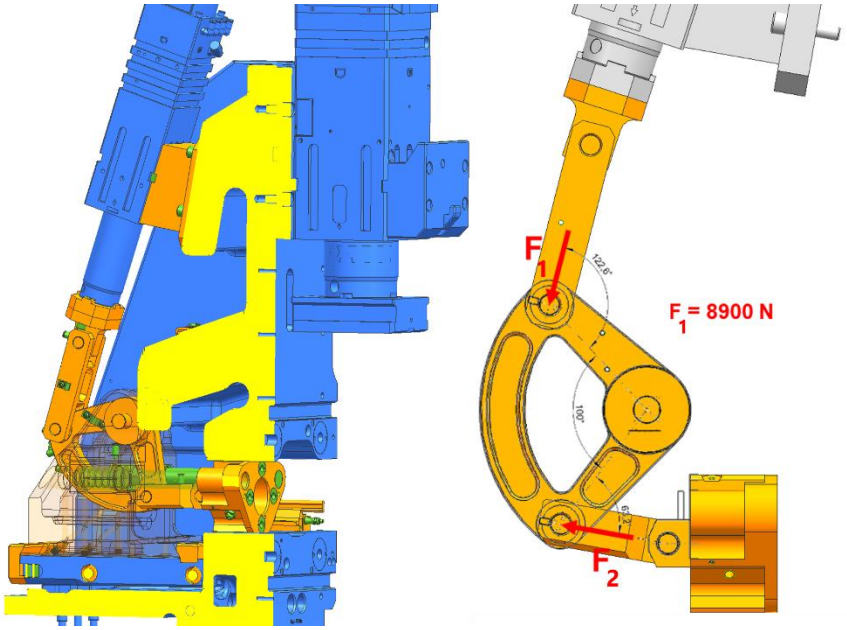
Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Bayerische Transformations- und Forschungsstiftung

FOR AnGen

Motivation

Volumenbauteile lassen sich bereits heute generativ entwickeln



- Stanzmaschine der Firma Bihler
  - 250 Hub/Minute
  - Möglichst steife Konstruktion
- Umlenkhebel
  - 16MnCr5
  - Herstellungsverfahren: Fräsen
- Ziele:
  - Reduktion der Massenträgheit
  - „klassisches“ Fertigungsverfahren
  - Ca. 20 Bauteile/Jahr

Motivation

Volumenbauteile lassen sich bereits heute generativ entwickeln



- Fertigungsverfahren
  - Eisenguss
  - Integrierte Schmierkänale
  - 3D-gedruckte Formen
  - Fertigung auch mit „klassischen“ Sandformen möglich
- Reduktion
  - Masse: von 1,78 kg auf 1,27 kg (-29%)
  - Massenträgheit: von 0,010594 kgm^2 auf 0,005635 kgm^2 (-47%)

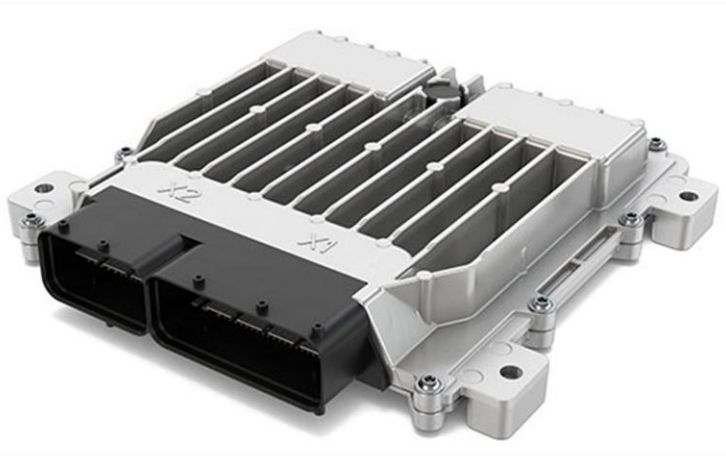
Motivation

Volumenbauteile lassen sich bereits heute generativ entwickeln

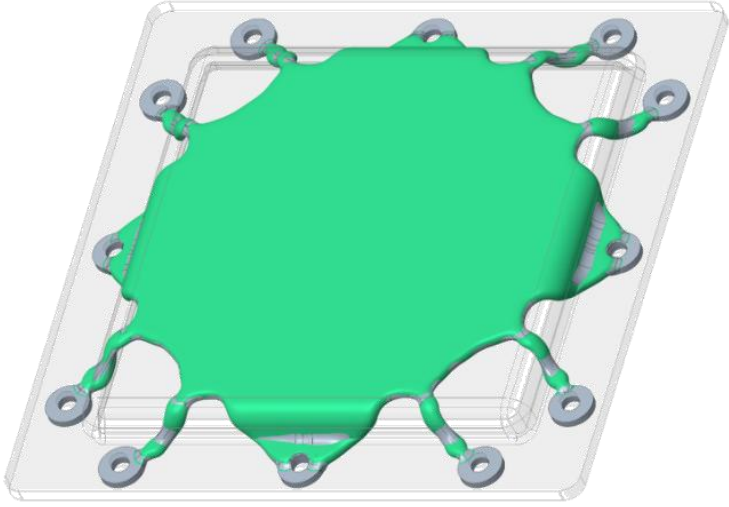


Motivation

Ergebnisse des GD für Blechbauteile sind meist unzureichend



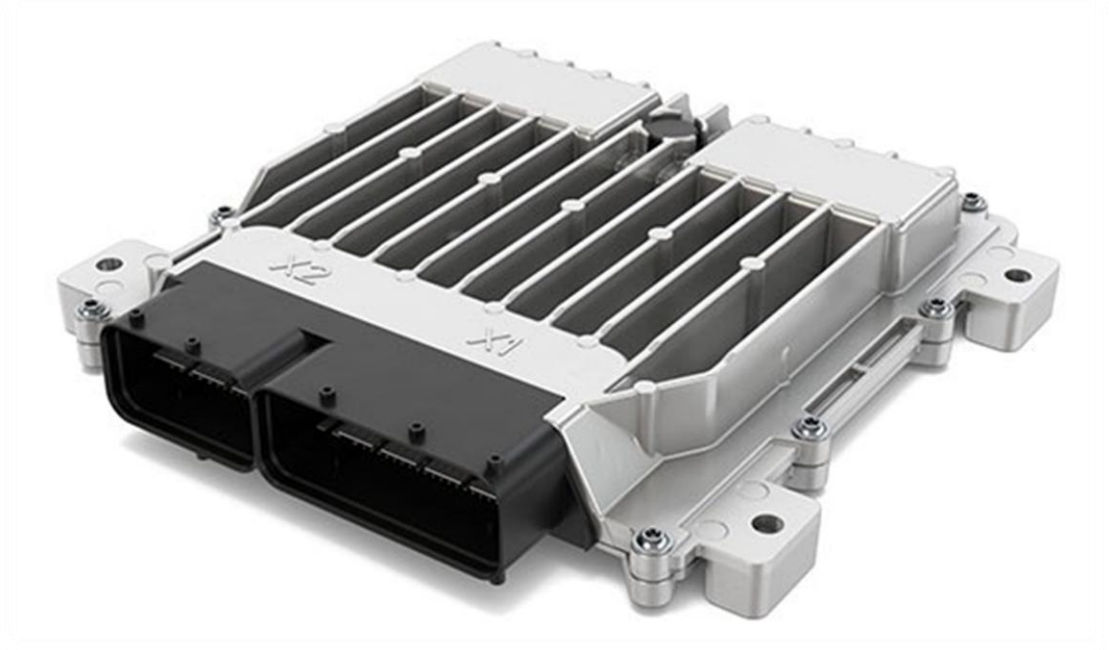
- Löcher in der Struktur
  - Ein- und Austritt von Medien
  - Aufwendige Fertigung
- Simulationszeit
  - Mehrer Stunden
  - Oder wenige Minuten ohne Ergebnis
- Für Blechverfahren kaum geeignet



<u>Fazit</u>: “Klassisches” GD mit 3D Strukturen ist wenig bis schlecht geeignet, um Blechbauteile auszulegen.

Anwendungsbeispiel

Deckel eines Motorsteuergerätes



Fertigungsverfahren
Aluminiumdruckguss, Stückzahl: mehrere Hundert/Jahr, mehrere Tausend /Jahr

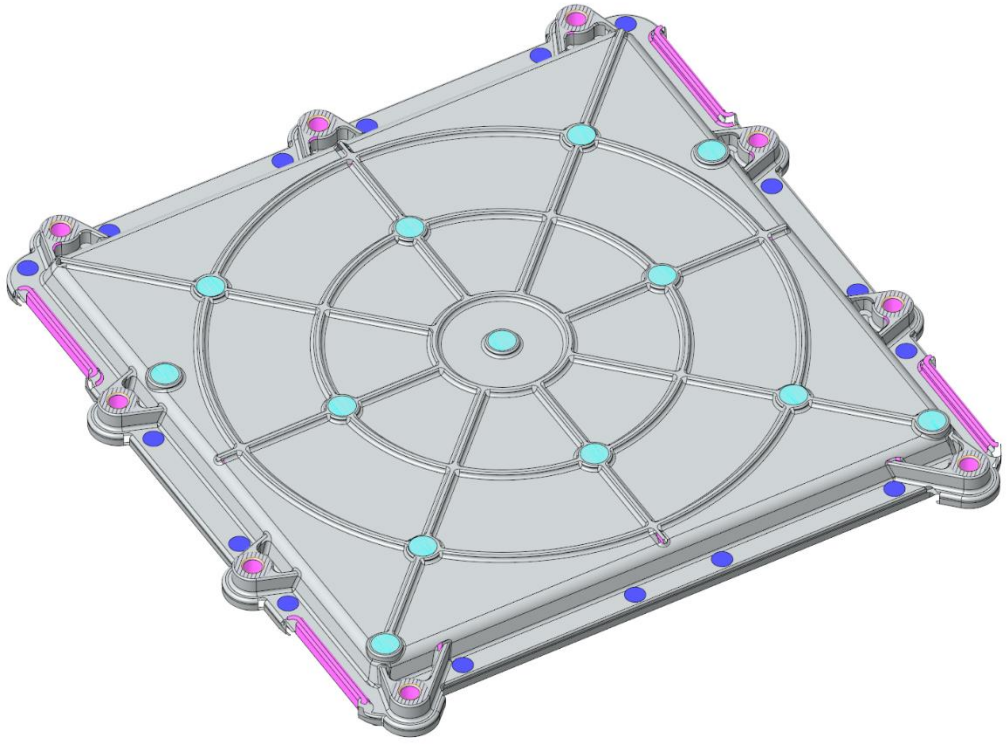
Alternative Fertigungsverfahren
Eigentlich alle Verfahren denkbar, Blechumformung, Kunststoffspritzguss

Forderungen
- Einfache Montage (wenige Schrauben)
- Wasserdicht
- EMV-Beständigkeit (12 V, nicht zu kritisch), bei geschlossenem Metalldeckel „automatisch“ erfüllt
- 50 g Schocklasten nach FKM in alle Richtungen
- Thermoregulation (beim Deckel weniger wichtig als beim Gehäuse)

BILDQUELLEN: SCHAEFFLER

Anwendungsbeispiel

Deckel eines Motorsteuergerätes



Versteifung(srippen)
Auch im alternativen Design sinnvoll bzw. ein Muss, ansonsten zu dickes Blech notwendig

Dom an den Verschraubungen
Bei Verwendung eines dünnen Blechs evtl. ebenfalls notwendig

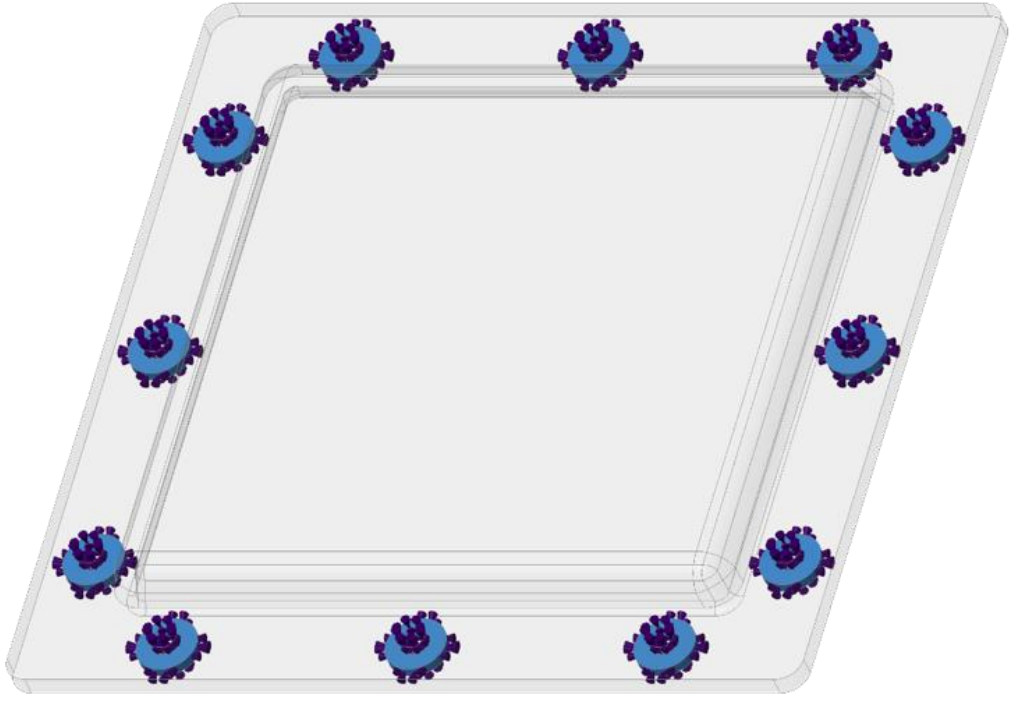
Material & Dimensionen
Aktuell:
- Ca. 225 mm x 225 mm x 12,7 mm
- AlSi10Mg(Fe)
- Dicke: 2,5 mm
- Rippenhöhe: 1,5 mm
- Höhe innen: mind. 7 mm

Alternativ:
- Kunststoff (beschichtet für EMV)
- Stahlblech (bei vergleichbarer Masse ca. 1 mm)

BILDQUELLEN: SCHAEFFLER

Übertragbarkeit von Volumenbauteilen?

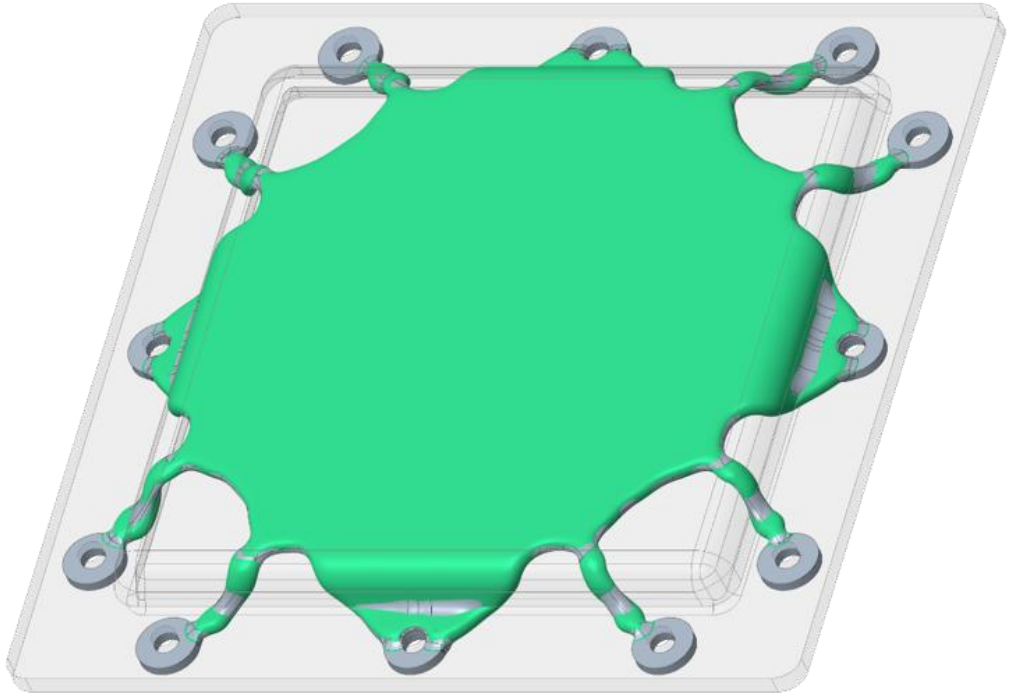
„2D“ = 3D Optimierung



- Definition der Beibehaltenen Geometrie (blau)
- Ausgangsgeometrie in grau
- Fixierung der Bohrungen
- Massenreduktion bei gleichzeitiger Maximierung der Eigenfrequenzen

Übertragbarkeit von Volumenbauteilen?

„2D“ = 3D Optimierung

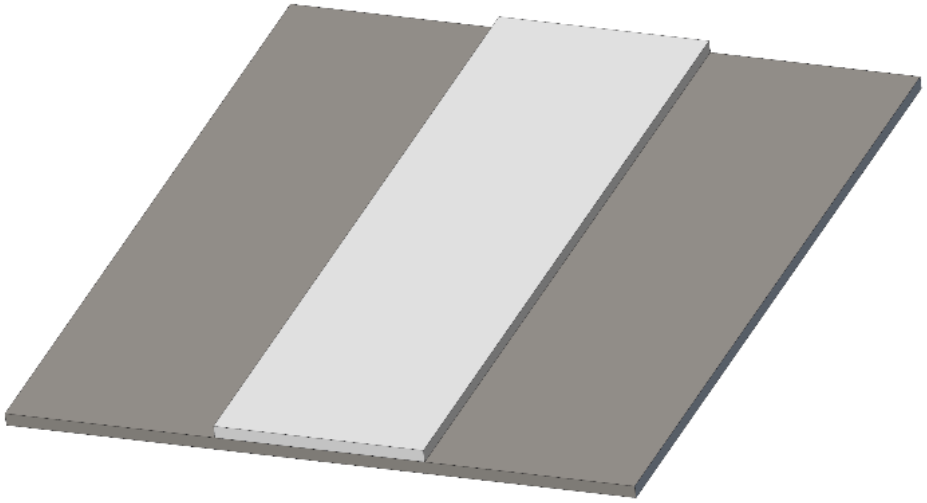


- Löcher in der Struktur
  - Ein- und Austritt von Medien
  - Aufwendige Fertigung
- Simulationszeit
  - Mehrer Stunden
  - Oder wenige Minuten ohne Ergebnis
- Für Blechverfahren kaum geeignet

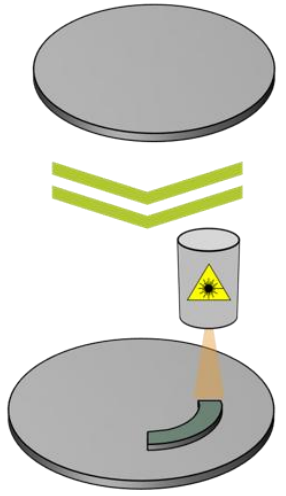
Übertragbarkeit von Volumenbauteilen?

Verwendung von Tailor Blanks

Patchwork Blanks



Tailored Additive Blank



<u>Lösung</u>: Materialauftrag auf ein dünnes Blech zur lokalen Verstärkung oder Versteifung.

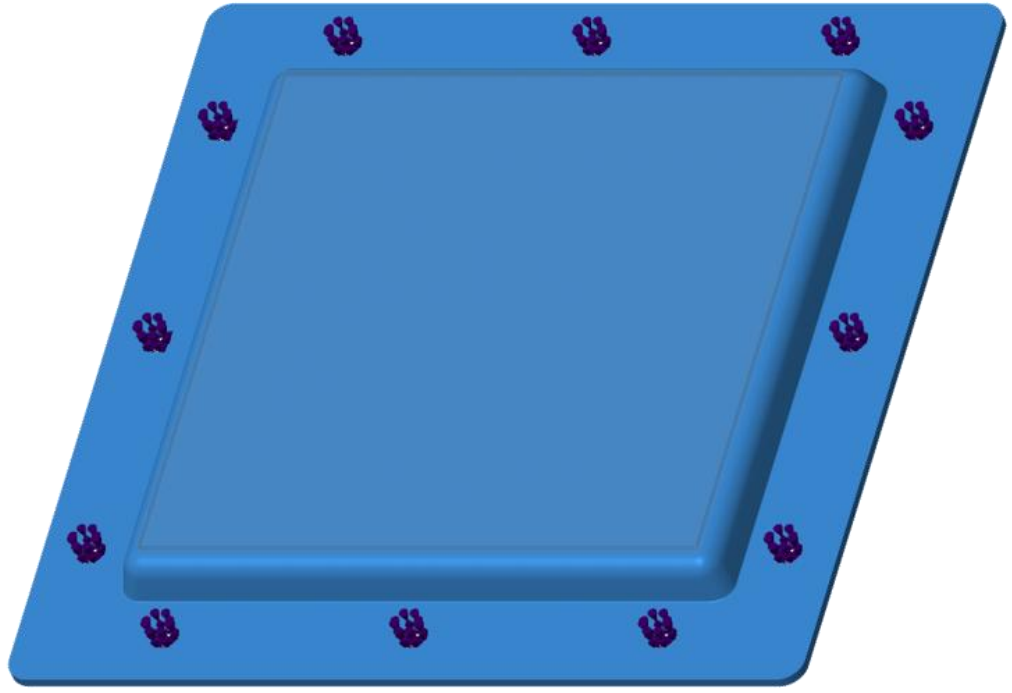
LITERATURQUELLE: MERKLEIN, BAMBACH

BILDQUELLE: MÄRZ

Übertragbarkeit von Volumenbauteilen?

„2D“ = 3D Optimierung

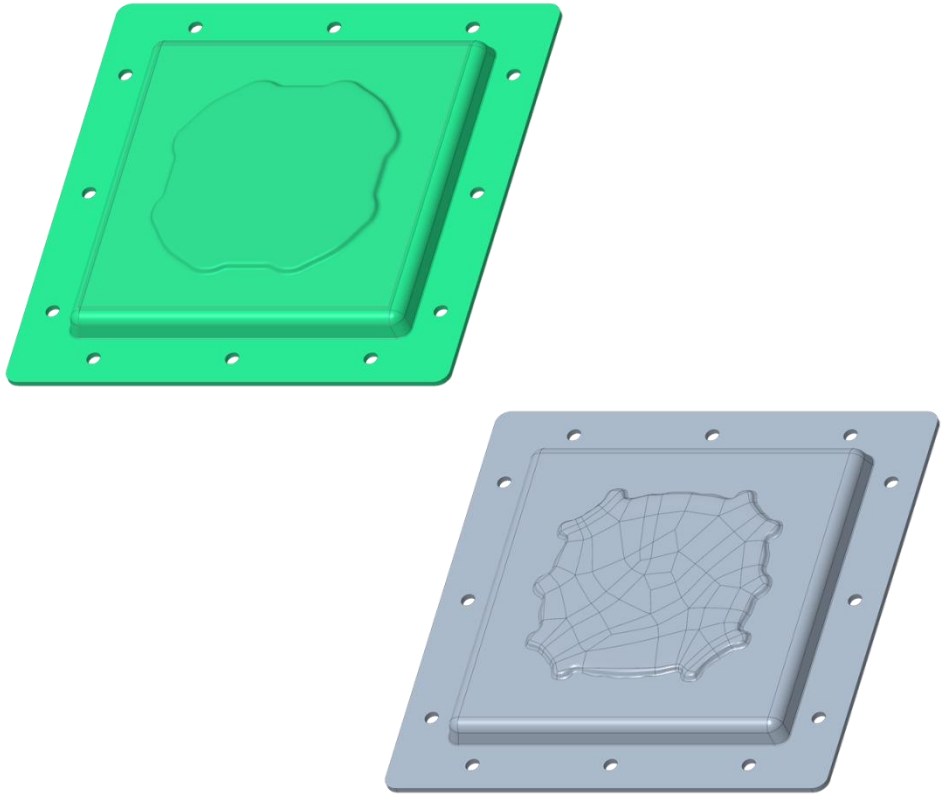
- Dünnes „Tragblech“ als Beibehalten Geometrie
- Dünner Optimierungsbereich auf oberer Ebene
- Materialauftrag auf bestehende Geometrie



Übertragbarkeit von Volumenbauteilen?

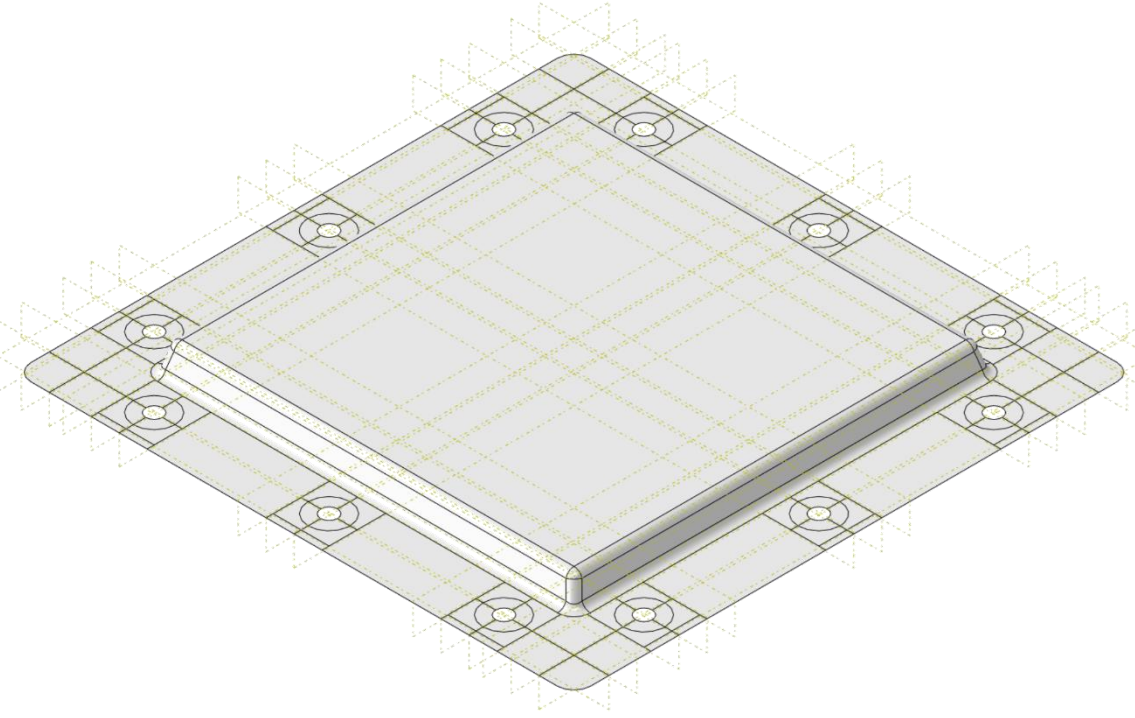
„2D“ = 3D Optimierung

- Erstellte Geometrie besteht nicht aus Primitives (Linien, Bögen, Kreisen etc.)
- Nachträgliche Veränderung nur schwierig möglich
- Nachkonstruktion per Hand notwendig
- Fertigung nur durch Tailor Blanks möglich



2D Simulation mit Schalenelementen

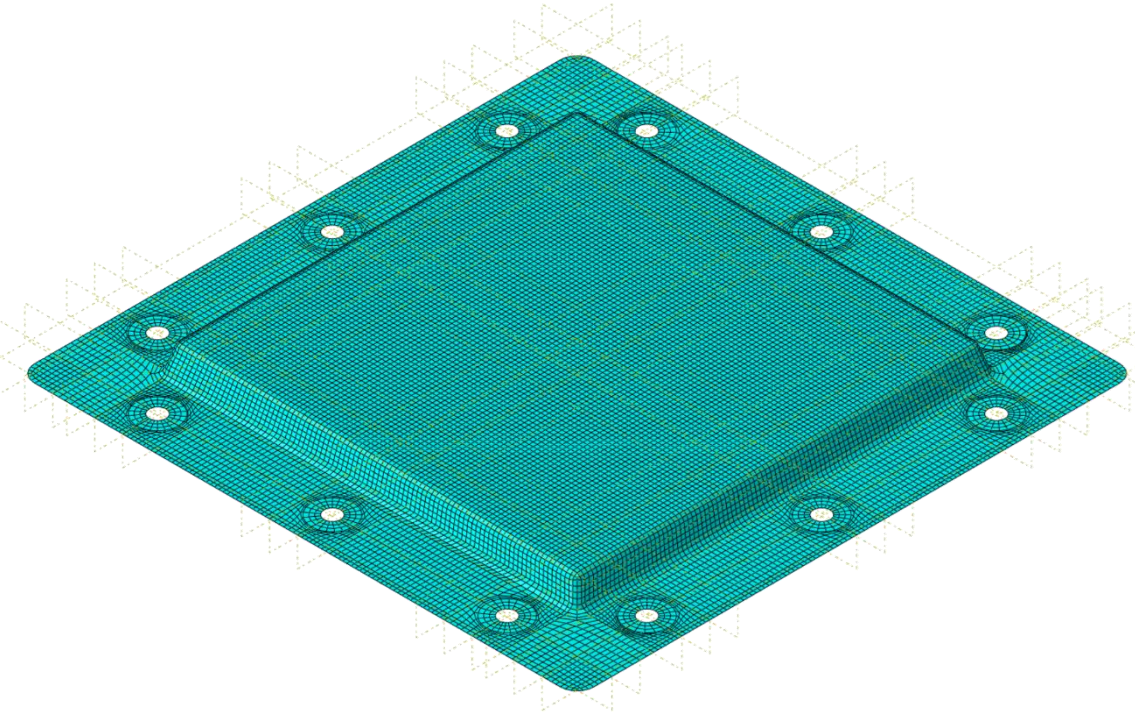
Sickenoptimierung



- Spezielle Tools zur Auslegung von Sicken
- Beispielsweise in Abaqus, oder Altair Inspire
- Topography Optimization oder Bead Optimization
- Topografieoptimierung bzw. Sickenoptimierung

2D Simulation mit Schalenelementen

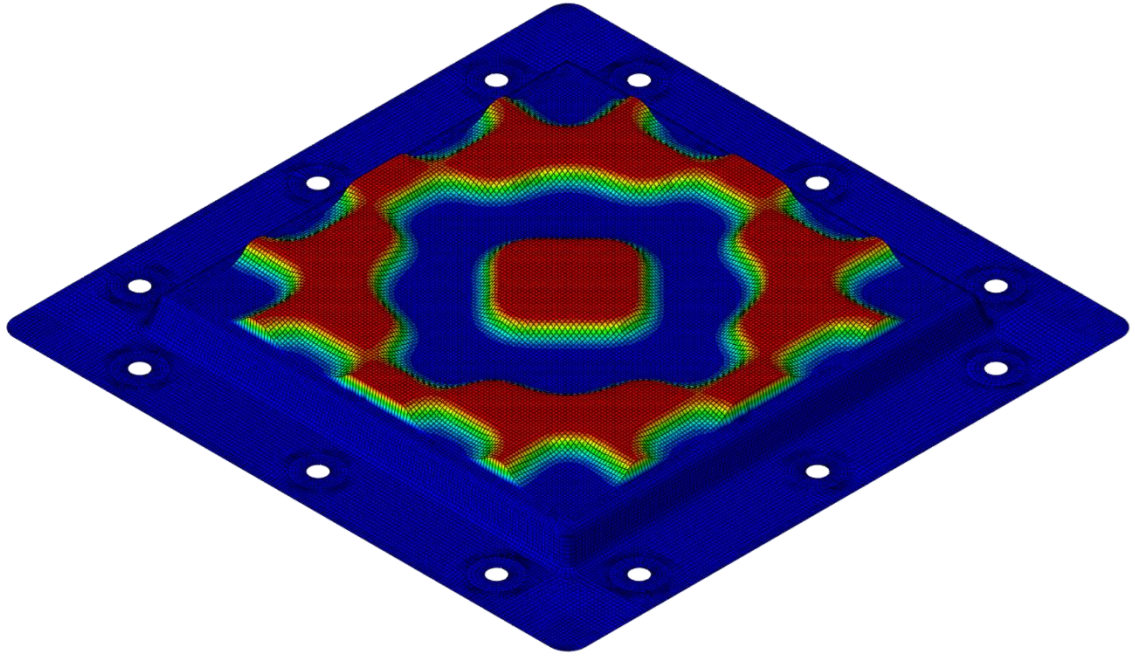
Sickenoptimierung



- Sehr einfacher Aufbau der Optimierung
- Herausforderung kann die Vernetzung darstellen
- Hier am Beispiel von Abaqus gezeigt

2D Simulation mit Schalenelementen

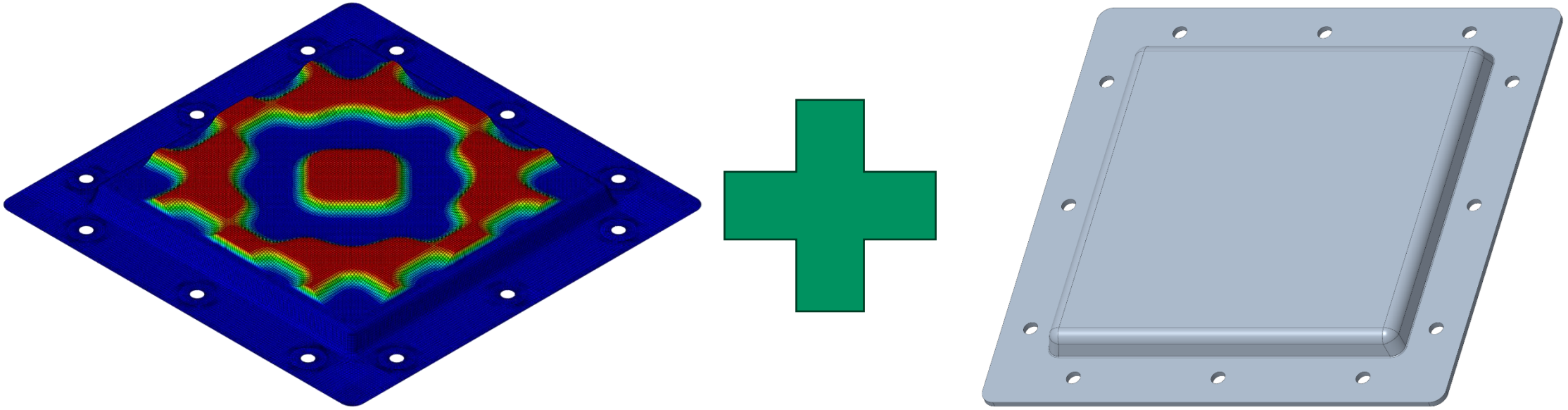
Sickenoptimierung



- Deutliche Reduktion der Simulationszeit trotz feiner Vernetzung
- Simulationsdauer ca. 2 Minuten
- Zum Vergleich: Simulationsdauer in Creo mindestens 20 Minuten
- Aber: Aufbau der Simulation durch aufwendiges Mesh deutlich länger

Rückführung der simulierten Sicken in Creo

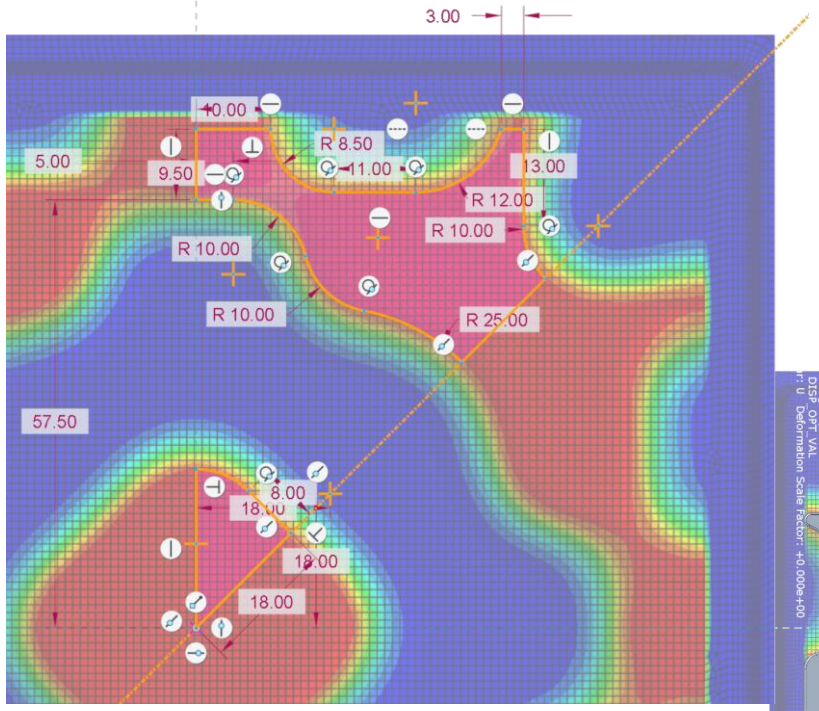
Von 2D zu 3D – ein langer Weg

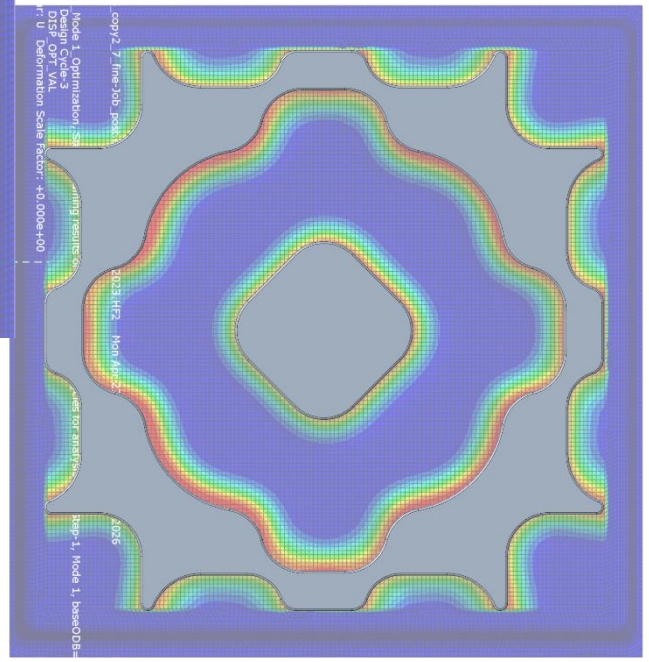


Rückführung der simulierten Sicken in Creo

Von 2D zu 3D – ein langer Weg

- Rekonstruktion anhand der Konturen der optimierten Sicken
- Bild in Skizze einfügen und richtig skalieren
- Vorteil: parametrisierte Skizze
- Später Anpassung z.B. von Abständen und Radien einfach möglich





Rückführung der simulierten Sicken in Creo

Von 2D zu 3D – ein langer Weg

- Rekonstruktion anhand der Konturen der optimierten Sicken
- Bild in Skizze einfügen und richtig skalieren
- Vorteil: parametrisierte Skizze
- Später Anpassung z.B. von Abständen und Radien einfach möglich

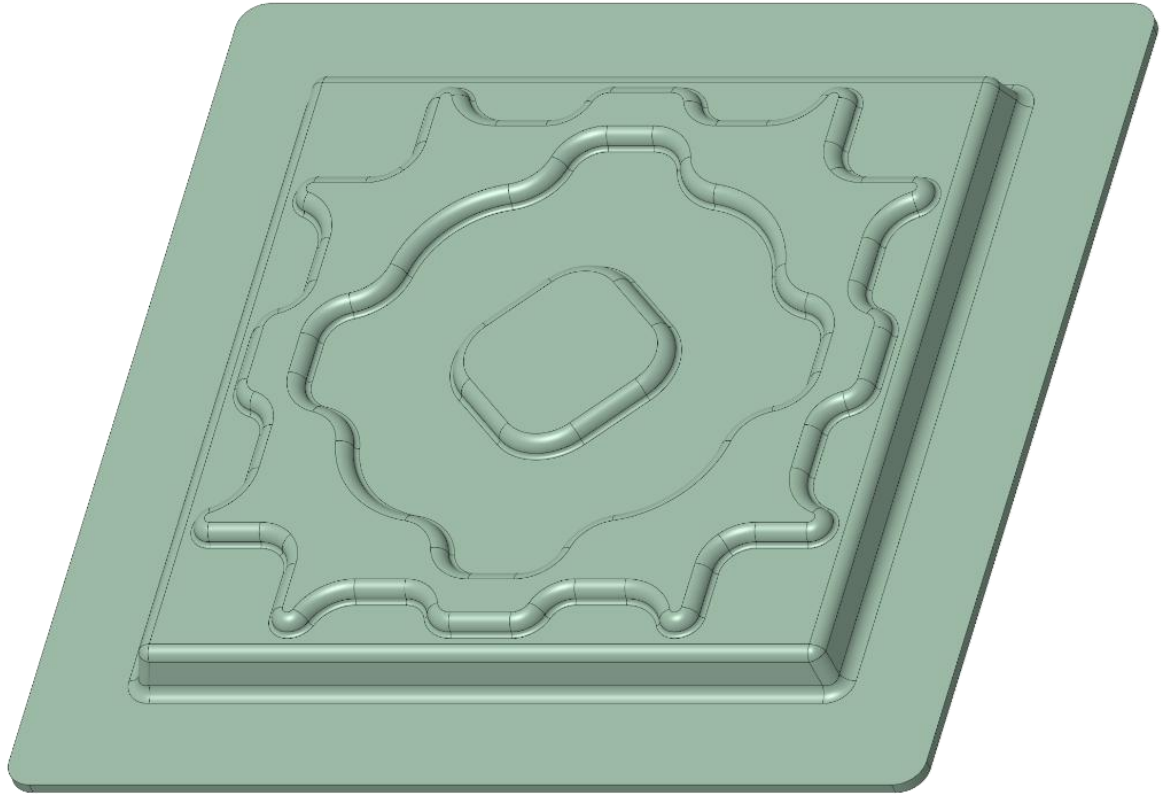
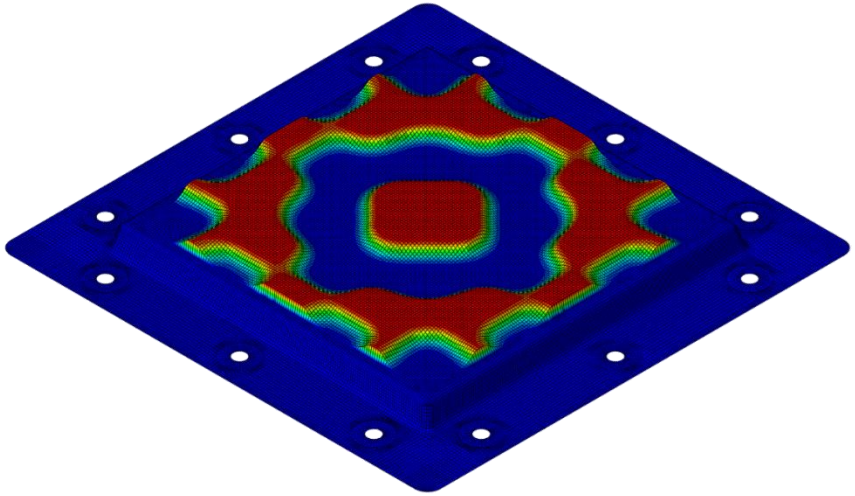
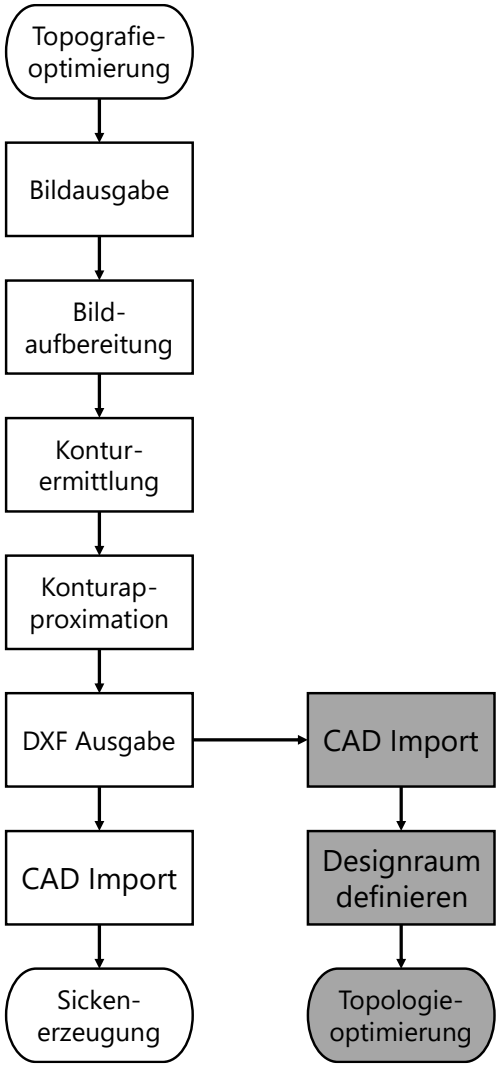


Bild-zu-CAD-Rekonstruktion

Acht Schritte zur fertigen Sicke





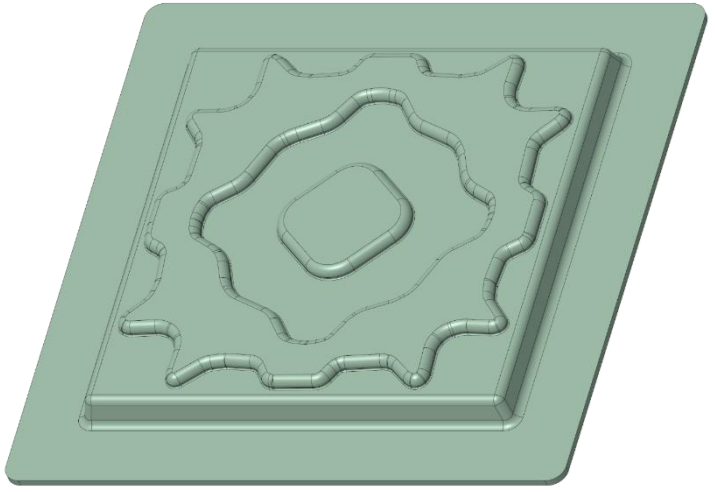
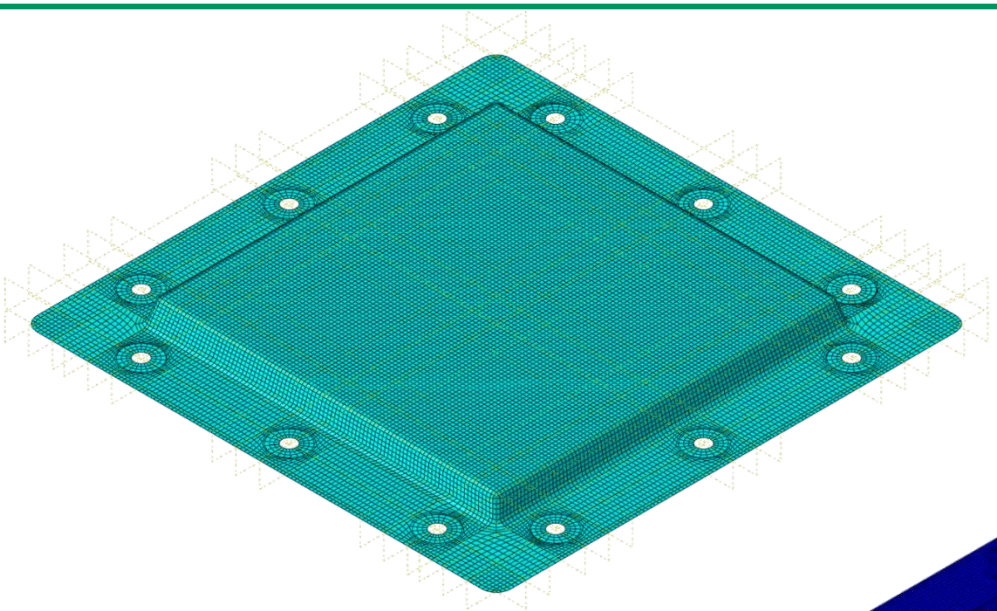
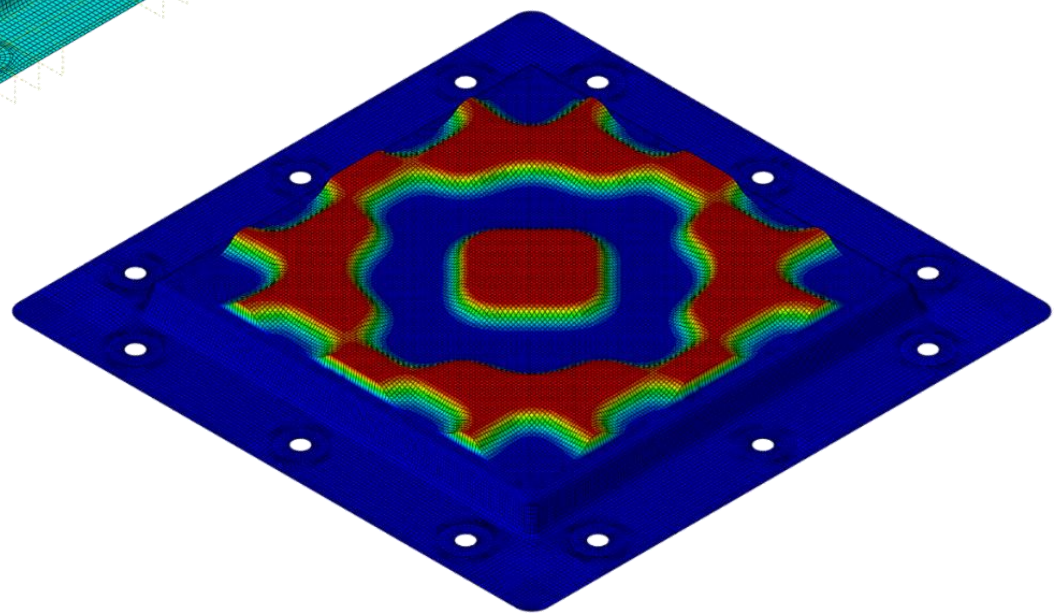


Bild-zu-CAD-Rekonstruktion

Topografieoptimierung





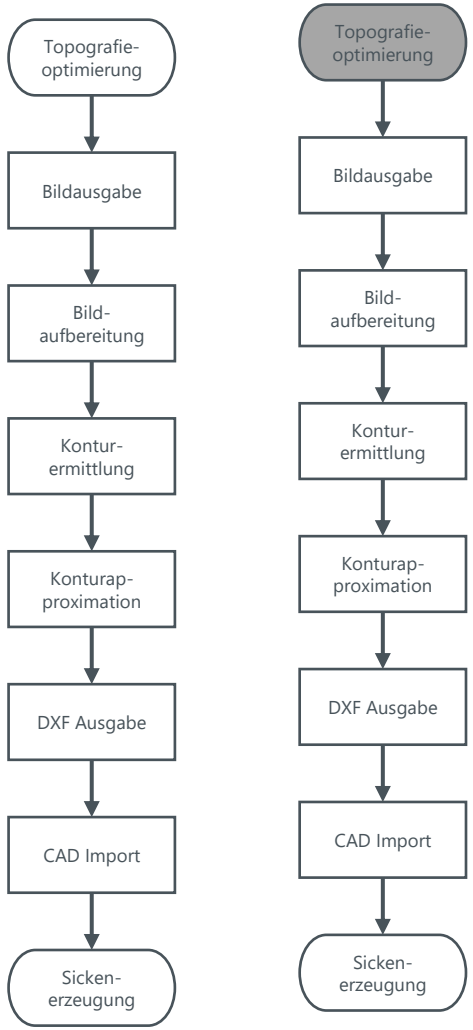
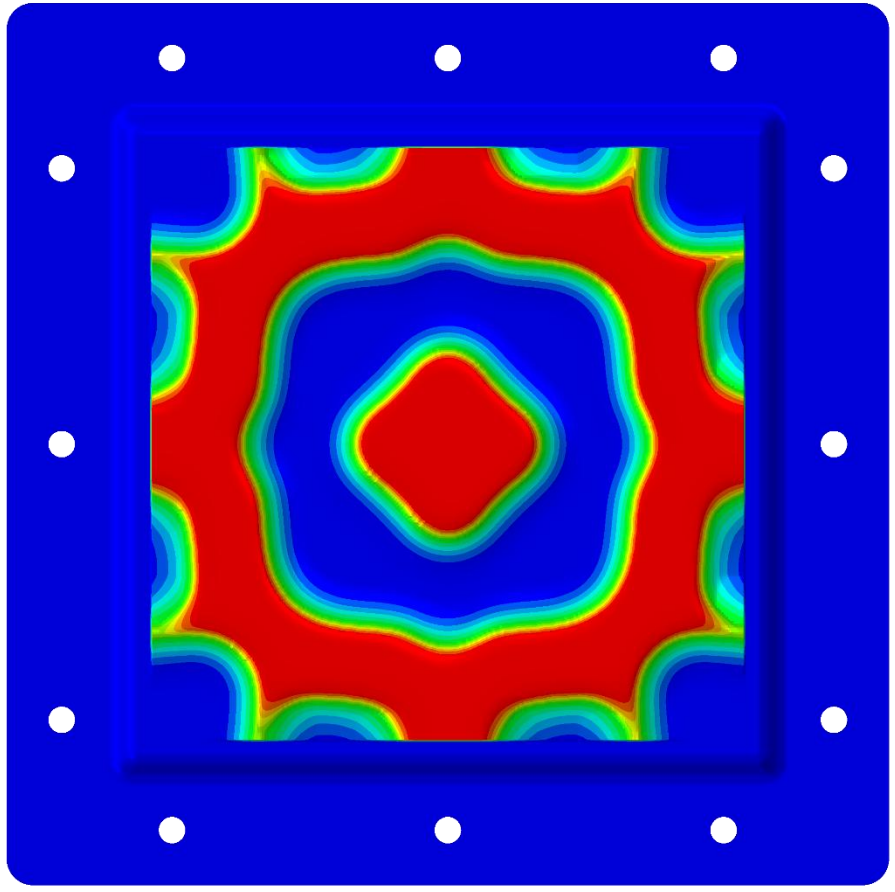


Bild-zu-CAD-Rekonstruktion

Bildausgabe

- Screenshot der Sickentopografie
- Speichern z.B. als *.png oder *.jepg
- Einlesen



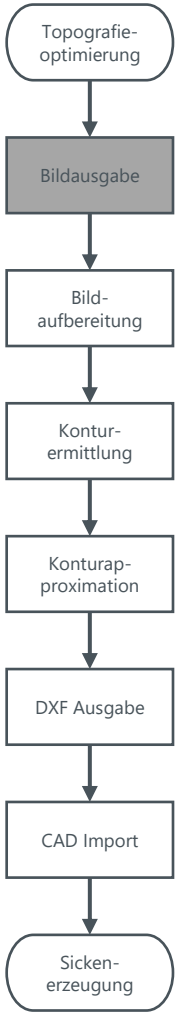
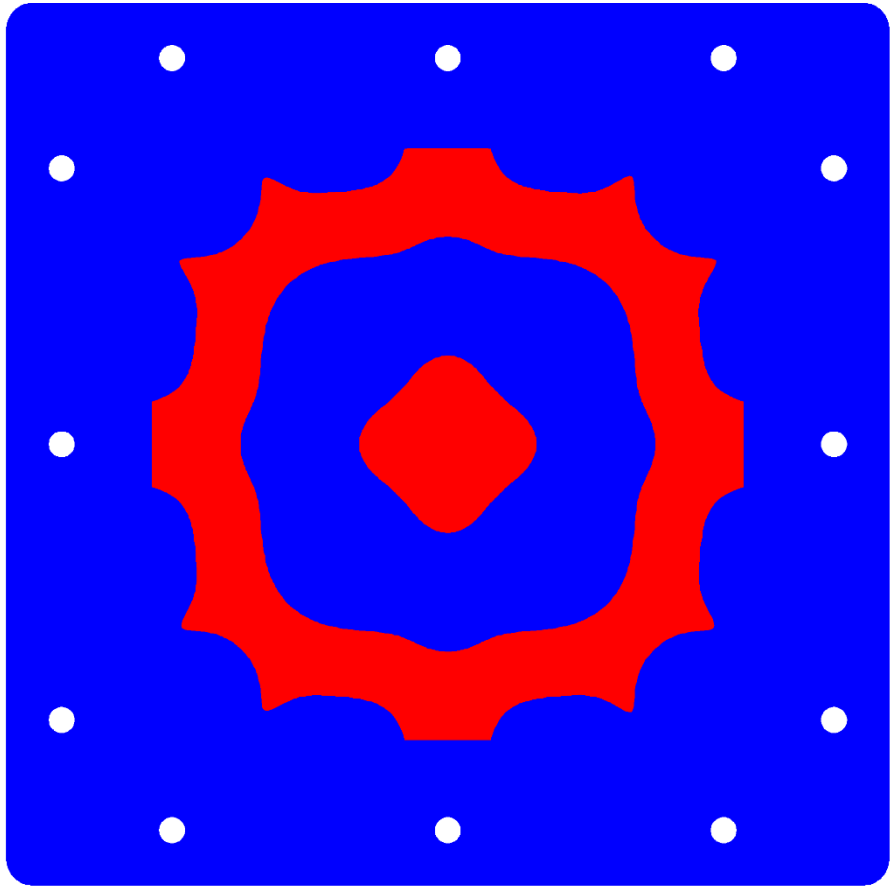


Bild-zu-CAD-Rekonstruktion

Bildaufbereitung

- Erstellung eines Zweifarbenbildes
- Erleichtert die Konturerkennung
- Übergangspunkt frei wählbar



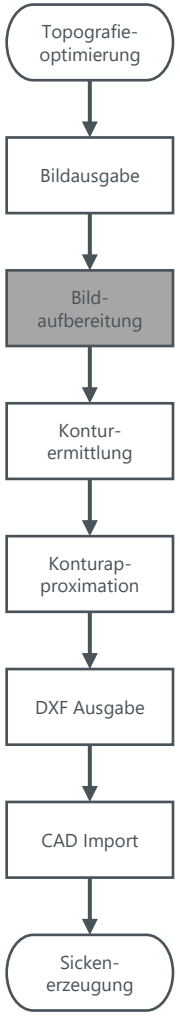
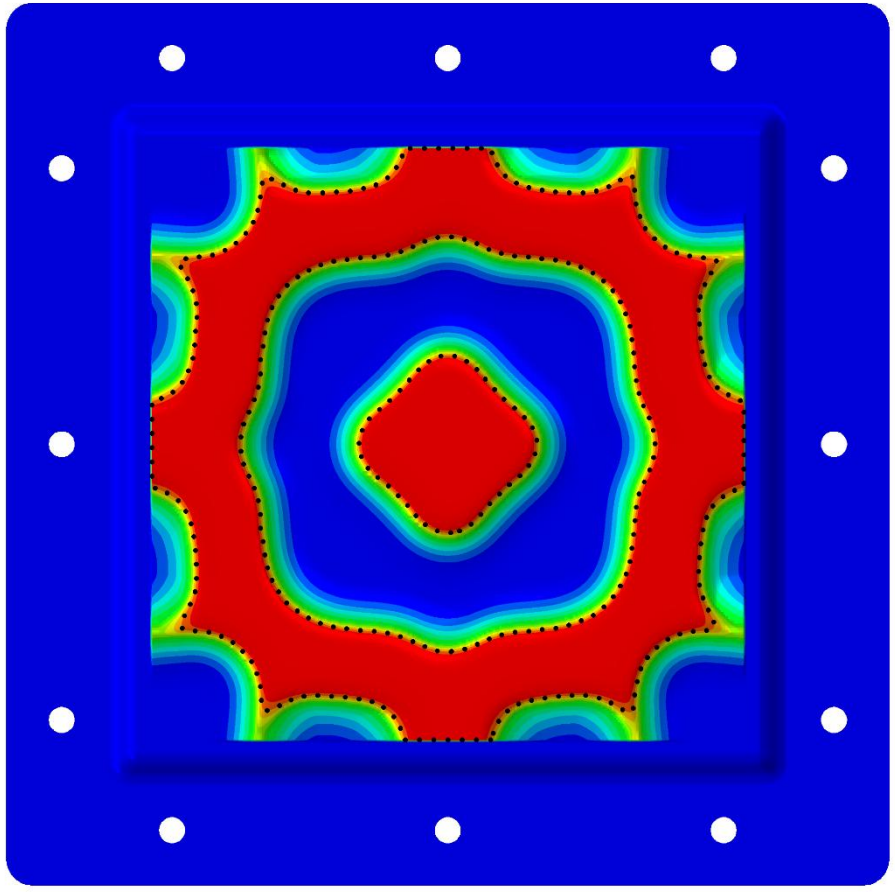


Bild-zu-CAD-Rekonstruktion

Konturermittlung

- Konturermittlung z.B. mit Marching Squares
- Erzeugung einer zusammenhängenden Polygonkontur
- Hier sind die Eckpunkte (reduziert) dargestellt



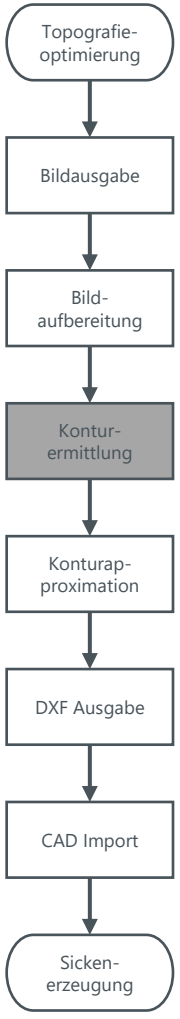
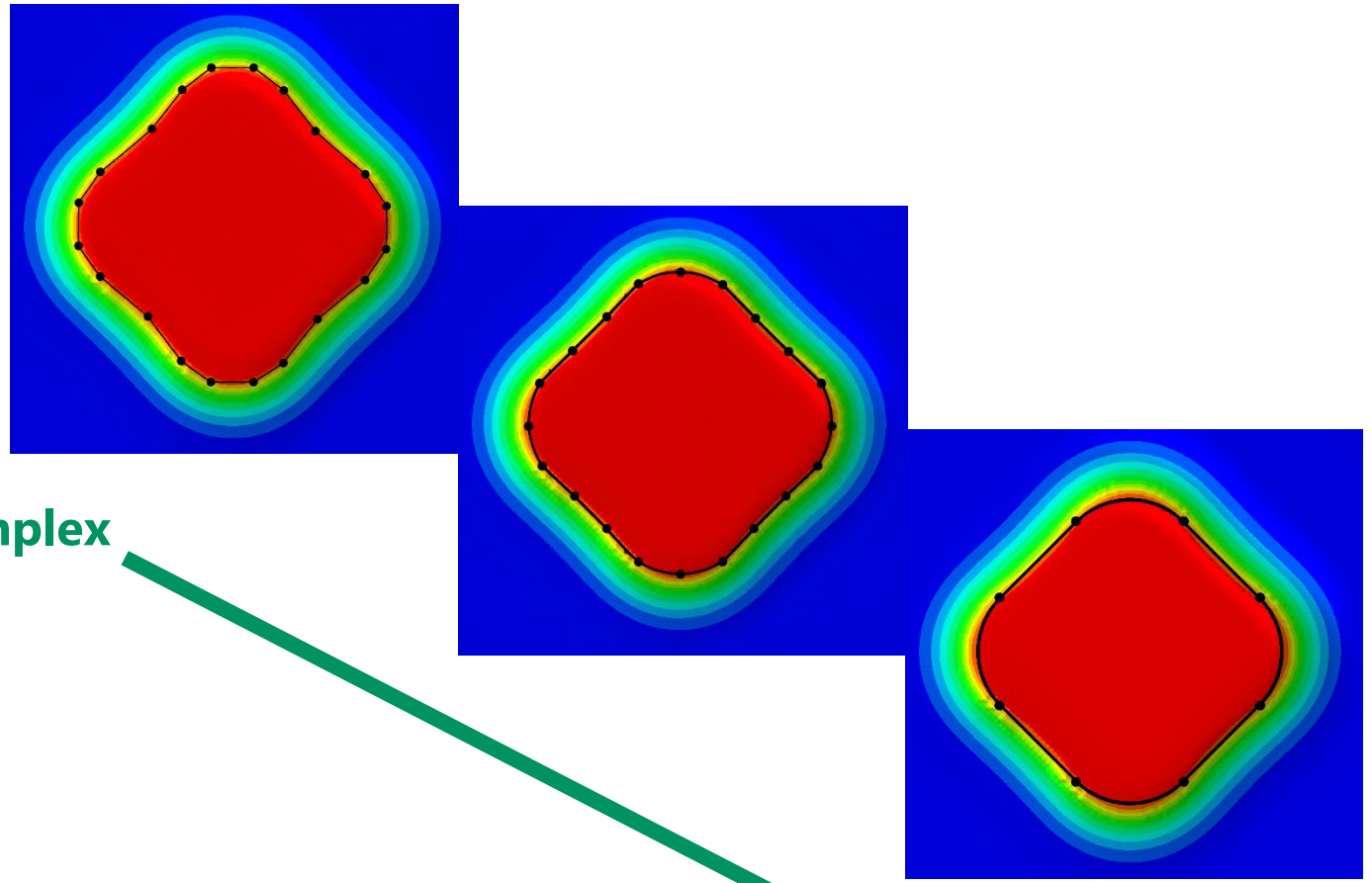


Bild-zu-CAD-Rekonstruktion

Konturapproximation

- Reduktion und Gleichverteilung der Punkte/Polygonlinien
- Umsetzung mit Basiselementen
  - Linien
  - Bögen
  - Kreise
  - parametrisierbar



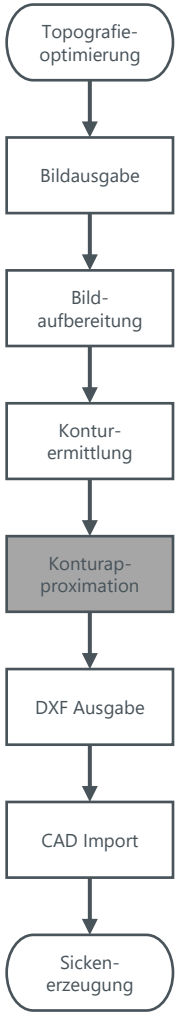
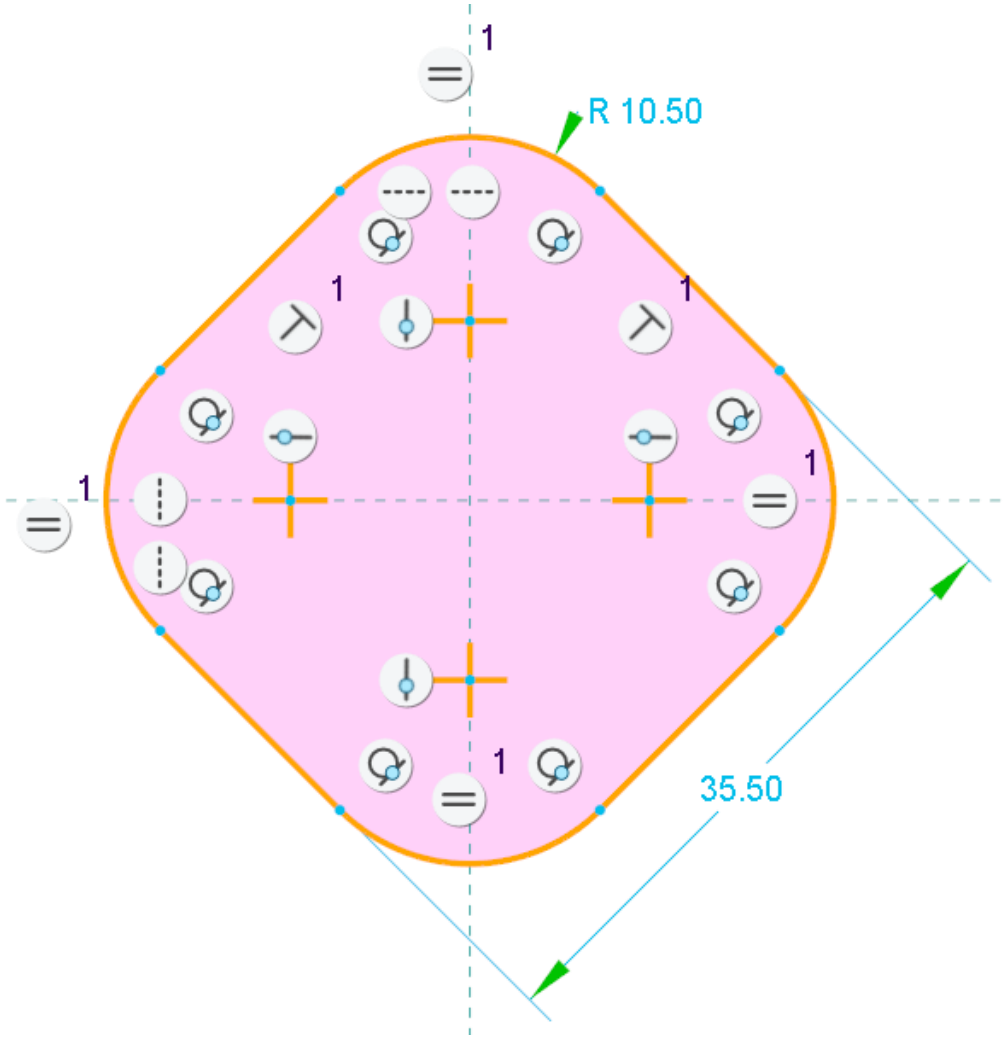
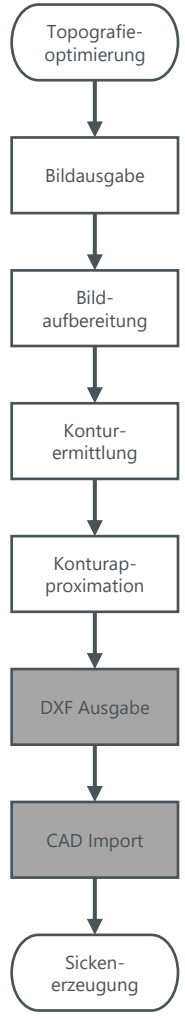


Bild-zu-CAD-Rekonstruktion

DXF-Ausgabe und CAD-Import

- Export als DXF
- Import in (hier) Creo
- Umsetzung mit Basiselementen
  - Linien
  - Bögen
  - Bemaßt
  - Ausgerichtet
  - Im Mittelpunkt zentriert



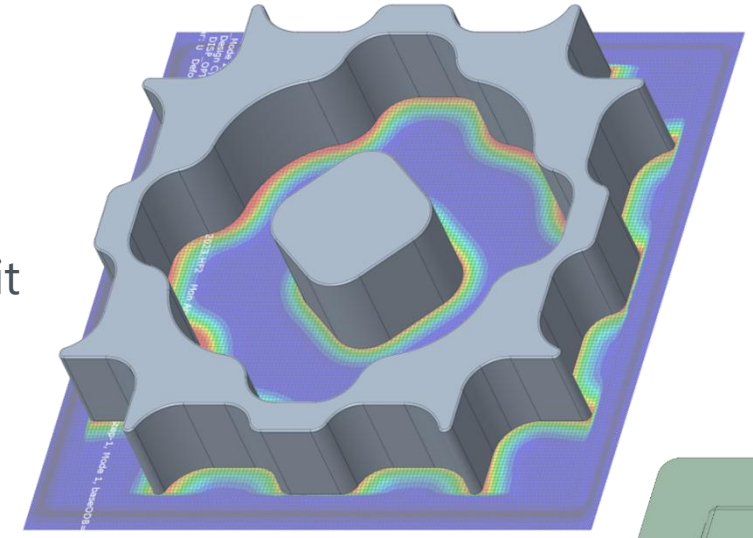


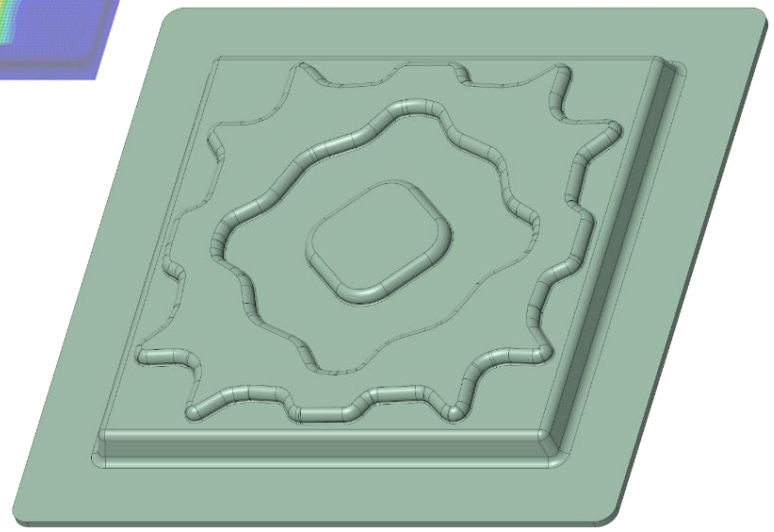
Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

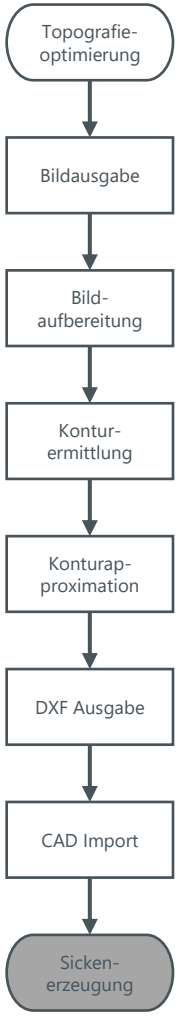
Bild-zu-CAD-Rekonstruktion

Sickenerzeugung

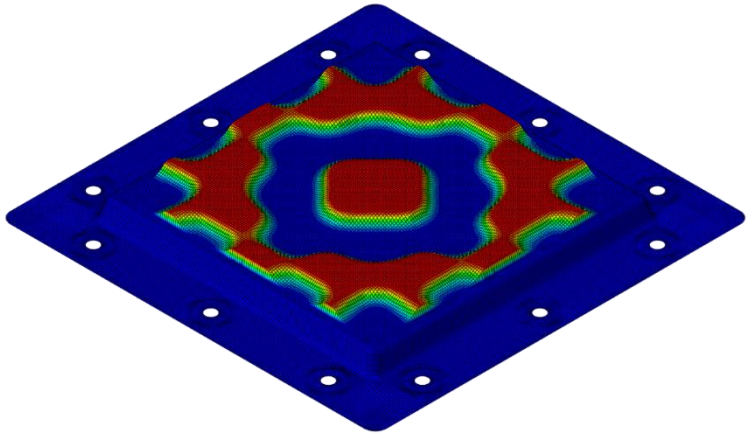
- Erzeugung der Sicke z.B. mit Stanzstempel
- Aber auch als skizzierte Sicke
- Import und Verarbeitung der DXF auch in anderen CAD-Programmen problemlos

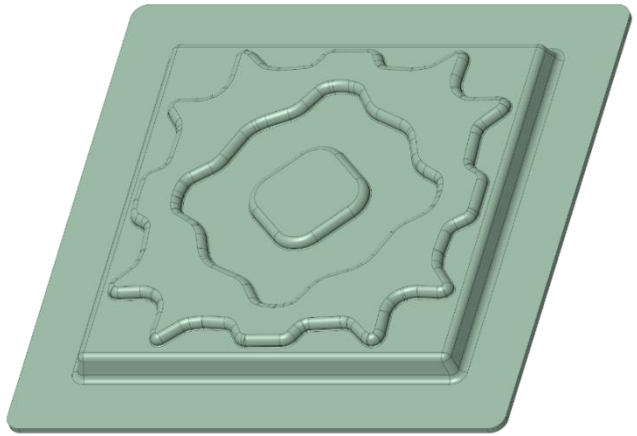




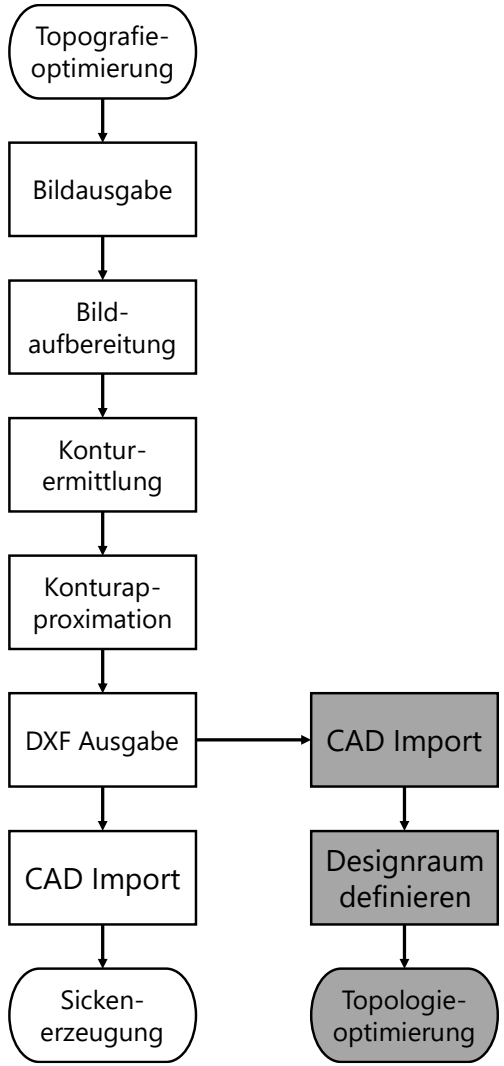


Zusammenfassung und Ausblick





- Automatisierte Erstellung von Sicken aus Simulationsergebnissen
- Datenweitergabe in „neutralen“ Formaten und unabhängig von Simulations- und Konstruktionssoftware
- Funktion anhand komplexerer Geometrien validieren und anpassen
- Perspektivisch:
  - Nutzung der Sickenoptimierung zur Eingrenzung einer Topologieoptimierung
  - Beschleunigung und Verbesserung der Auslegung von Tailor Additive Blanks



Lehrstuhl für
Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

SCHERDEL
s:ment



IRGENDWAS MIT KI ...

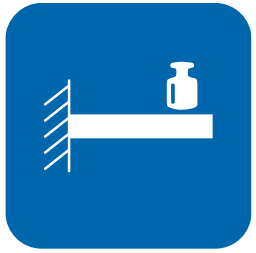
BERECHNUNGSDIENSTLEISTUNG IM WANDEL

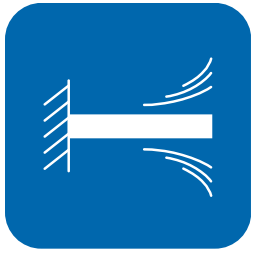


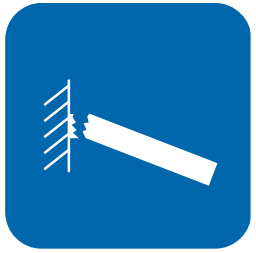
AGENDA

- *SCHERDEL siment – ein ganz kurzer Überblick*
- *AI @ siment – seit 2020*
- *CALCULIX – OpenSource FEM für Standard Lastfälle*
- *DBFS - Eigenspannungen auf Knopfdruck*
- *Ein virtueller Sensor – Mehrwert aus der Prozesssimulation*
- *Pre- und Postprocessing – Beschleunigung mit Vibe Coding*
- *Zusammenfassung & Ausblick*

SCHERDEL SIMENT
LEISTUNGSUMFANG

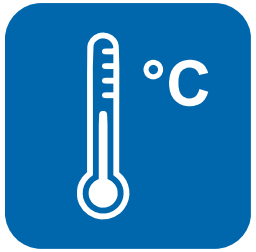

Statik


Dynamik

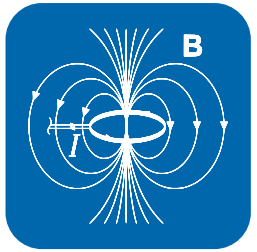

Betriebsfestigkeit


Umformen

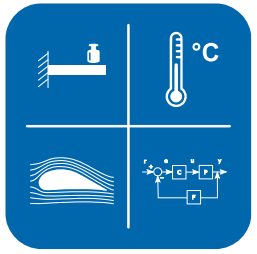

Strömungsmechanik



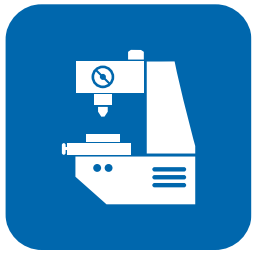
Temperaturfelder

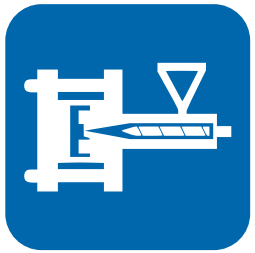


Elektro-Magnetik



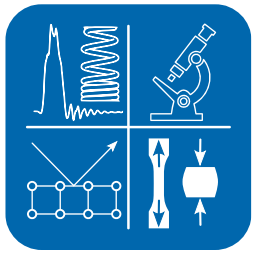
Multi-Physik


Maschinenbau


Spritzguss



Software & KI


Versuche

SCHERDEL SIMENT
MITARBEITER - SOFTWARE

10 Berechnungsingenieure

- 2 Werkstoffwissenschaftler
- 6 Maschinenbauer
- 2 Physiker

3 studentische Arbeitsplätze

- Mathematiker
- Werkstoffwissenschaftler
- Maschinenbauer

> 65 studentische Arbeiten seit 1998

Software

ABAQUS · Ansys · RECURDYN · MeshParts · TOSCA STRUCTURE · fe-safe · FKM · CENOS PLATFORM · AUTODESK MOLDFLOW · Moldex3D · MathWorks · OpenFOAM · python · CalculiX · OpenModelica

SCHERDEL BSC-Clinch

VERBINDUNG VON DÜNNBLECH

WIE SCHWEISSEN
NUR SCHNELLER, SAUBERER UND GÜNSTIGER

- Mechanische Verbindung
- Hohe Verbindungsfestigkeit
- Lastorientierte, flexible Gestaltungsmöglichkeiten
- Keine thermische Belastung
- Niedrige Maschineninvestitionen
- kurze Taktzeiten in Serienprozessen
- Konstante Blechdicke kein Überlappung
- Unterschiedliche Materialien, z.B. Alu - Kupfer







AGENDA

- *SCHERDEL siment – ein ganz kurzer Überblick*
- *AI @ siment – seit 2020*
- *CALCULIX – OpenSource FEM für Standard Lastfälle*
- *DBFS - Eigenspannungen auf Knopfdruck*
- *Ein virtueller Sensor – Mehrwert aus der Prozesssimulation*
- *Pre- und Postprocessing – Beschleunigung mit Vibe Coding*
- *Zusammenfassung & Ausblick*

AI @ SIMENT
A SHORT HISTORY

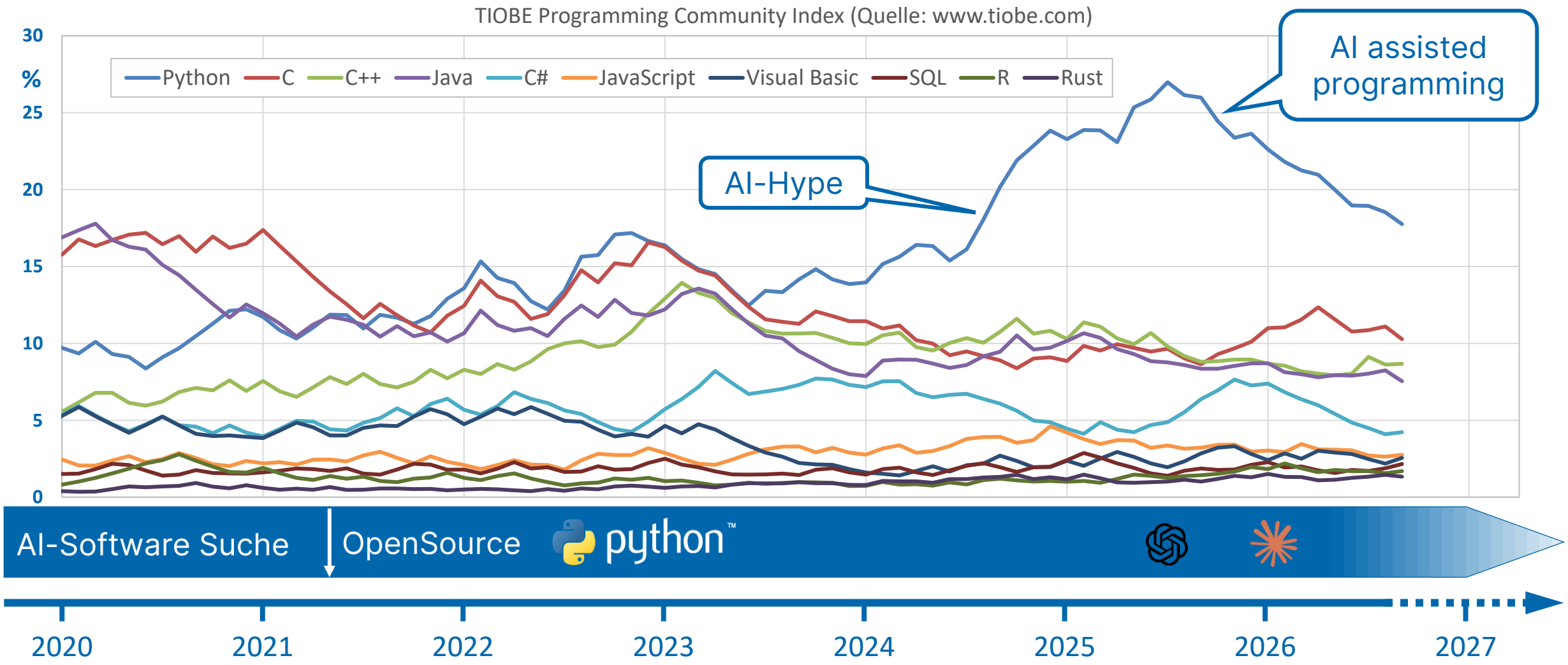
AI Add-Ons für FEM Software wie ABAQUS oder ANSYS

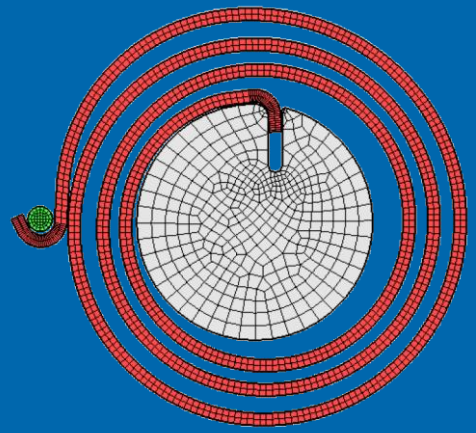
- Sehr teuer (~ 10.000 € Miete)
- Damit entwickelte KI-Werkzeuge benötigen Lizenz während der Laufzeit

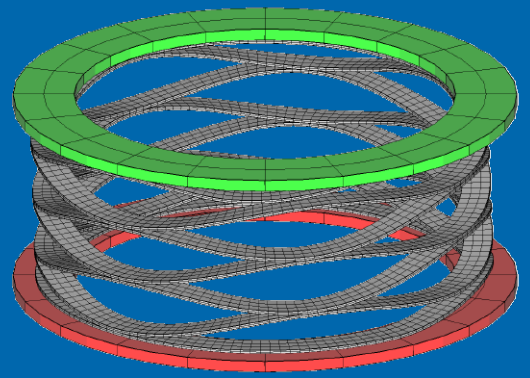


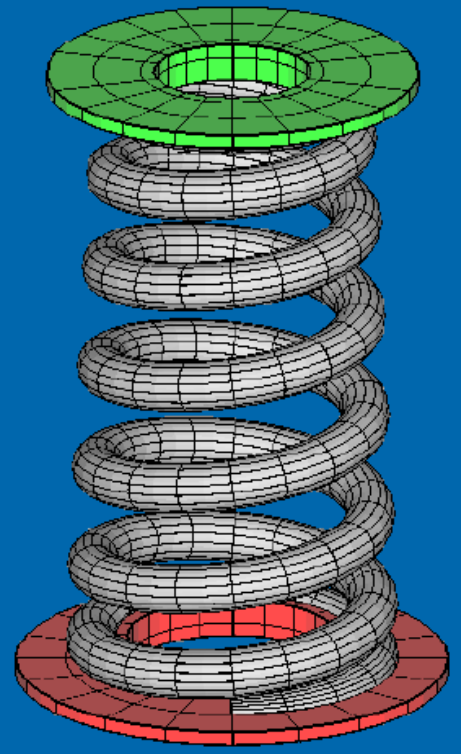
AI @ SIMENT
A SHORT HISTORY

SCHERDEL siment









AGENDA

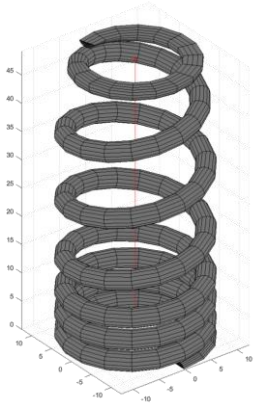
- *SCHERDEL siment – ein ganz kurzer Überblick*
- *AI @ siment – seit 2020*
- *CALCULIX – OpenSource FEM für Standard Lastfälle*
- *DBFS - Eigenspannungen auf Knopfdruck*
- *Ein virtueller Sensor – Mehrwert aus der Prozesssimulation*
- *Pre- und Postprocessing – Beschleunigung mit Vibe Coding*
- *Zusammenfassung & Ausblick*

CALCULIX
OPENSOURCE FEM FÜR STANDARD LASTFÄLLE

SCHERDEL siment

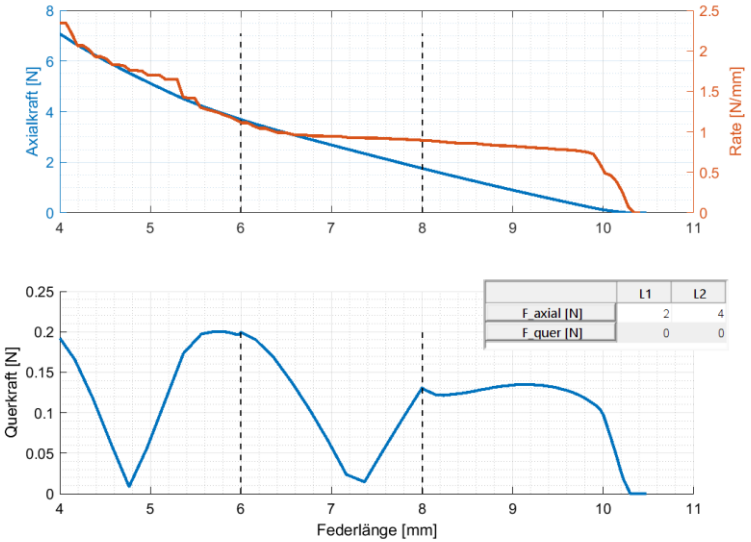
SpringDesigner

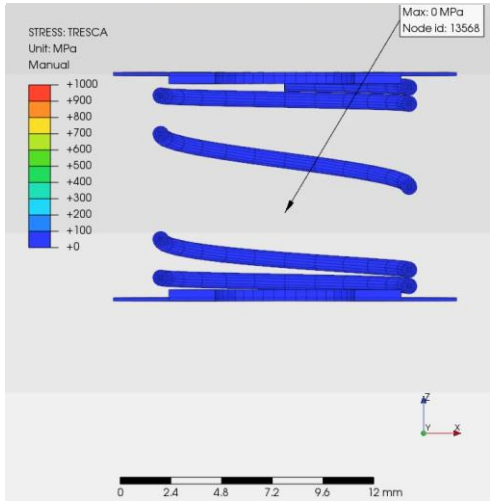
Geometriebasierte analytische
1D Berechnung ⇒ keine Querkräfte



Ordner auf
HPC Compute Node

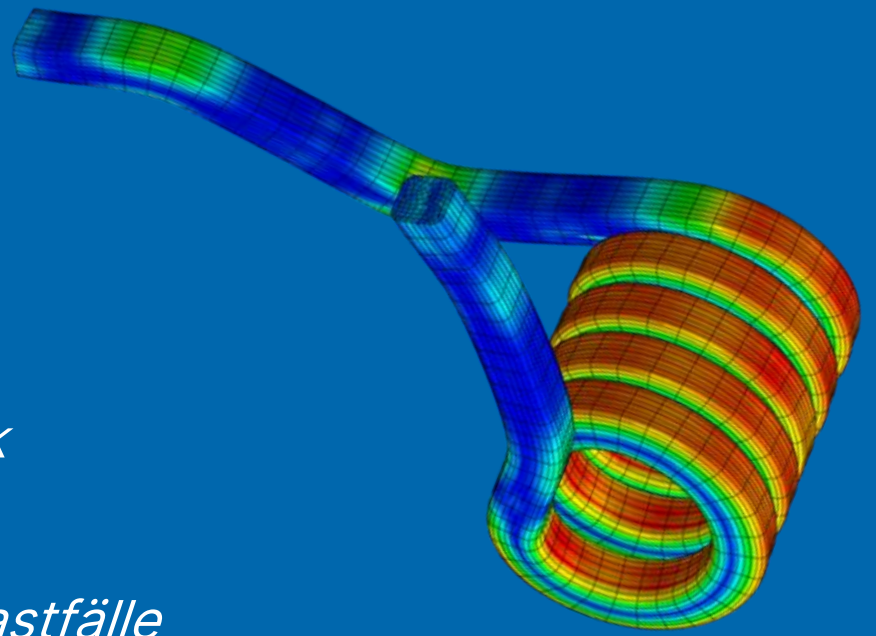
Watchdog / Monitor
PowerShell-Skript





Nachteile:
- Längere Rechenzeiten
- Konvergenzschwierigkeiten

Vorteile:
- Keine Lizenzen notwendig
- Anzahl paralleler Berechnungen nur Hardware begrenzt



AGENDA

- *SCHERDEL siment – ein ganz kurzer Überblick*
- *AI @ siment – seit 2020*
- *CALCULIX – OpenSource FEM für Standard Lastfälle*
- *DBFS - Eigenspannungen auf Knopfdruck*
- *Ein virtueller Sensor – Mehrwert aus der Prozesssimulation*
- *Pre- und Postprocessing – Beschleunigung mit Vibe Coding*
- *Zusammenfassung & Ausblick*

DBFS – DATENBASIERTE FERTIGUNGSSIMULATION
MOTIVATION

SCHERDEL s:ment

Eigenspannungen haben erhebliche Auswirkungen auf:

- Betriebsfestigkeit von Hochleistungsfedern (Antriebsstrang)
- Relaxationseffekte (Medizintechnik)
- die Streckgrenze ⇒ das Einstellverhalten (Ventilfedern, lange Druckfedern, Torsionsfedern, …)

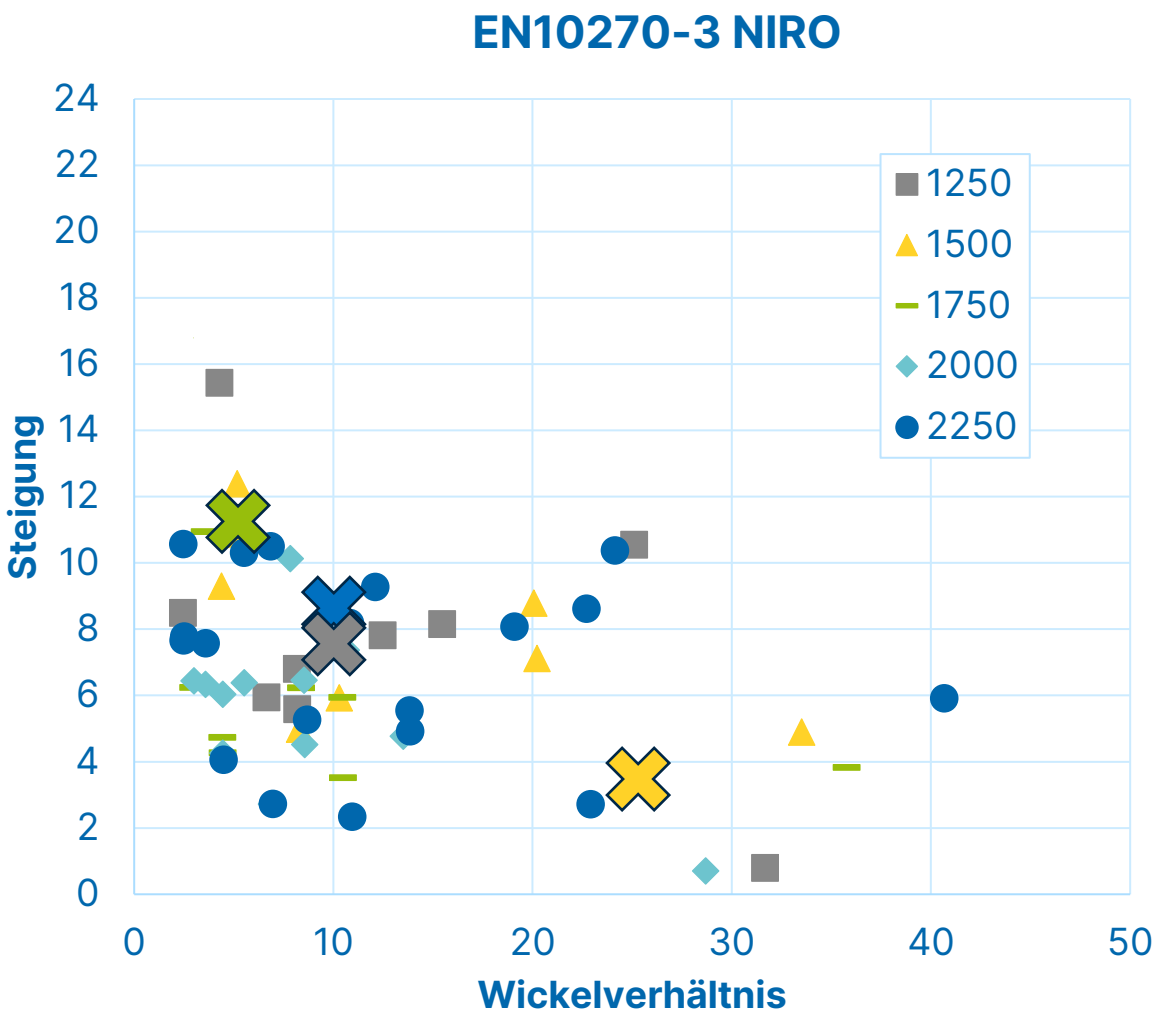
Um die fertigungsbedingten Eigenspannungen zu ermitteln, muss eine Fertigungssimulation durchgeführt werden

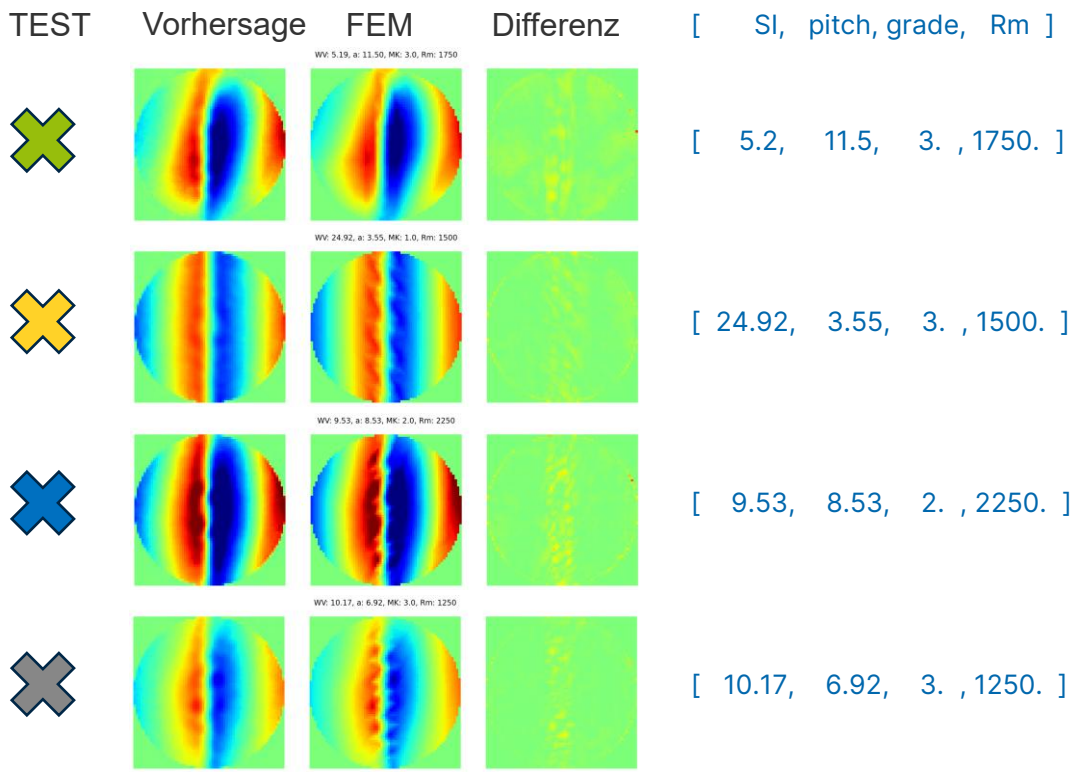
- Zeitaufwendig (in der Regel über Nacht oder sogar länger)
- Sehr komplex bei einer kompletten Feder (z. B. Zug- oder Torsionsfedern mit individuellen Enden)
- Unmöglich bei Federn mit vielen Windungen (lange Druckfedern)

⇒ **Wird nur durchgeführt, wenn es wirklich notwendig ist, und mit reduzierten Modellen!**

Training einer KI, um eine Korrelation zwischen Material, Querschnitt und Krümmung mit den Eigenspannungen herzustellen

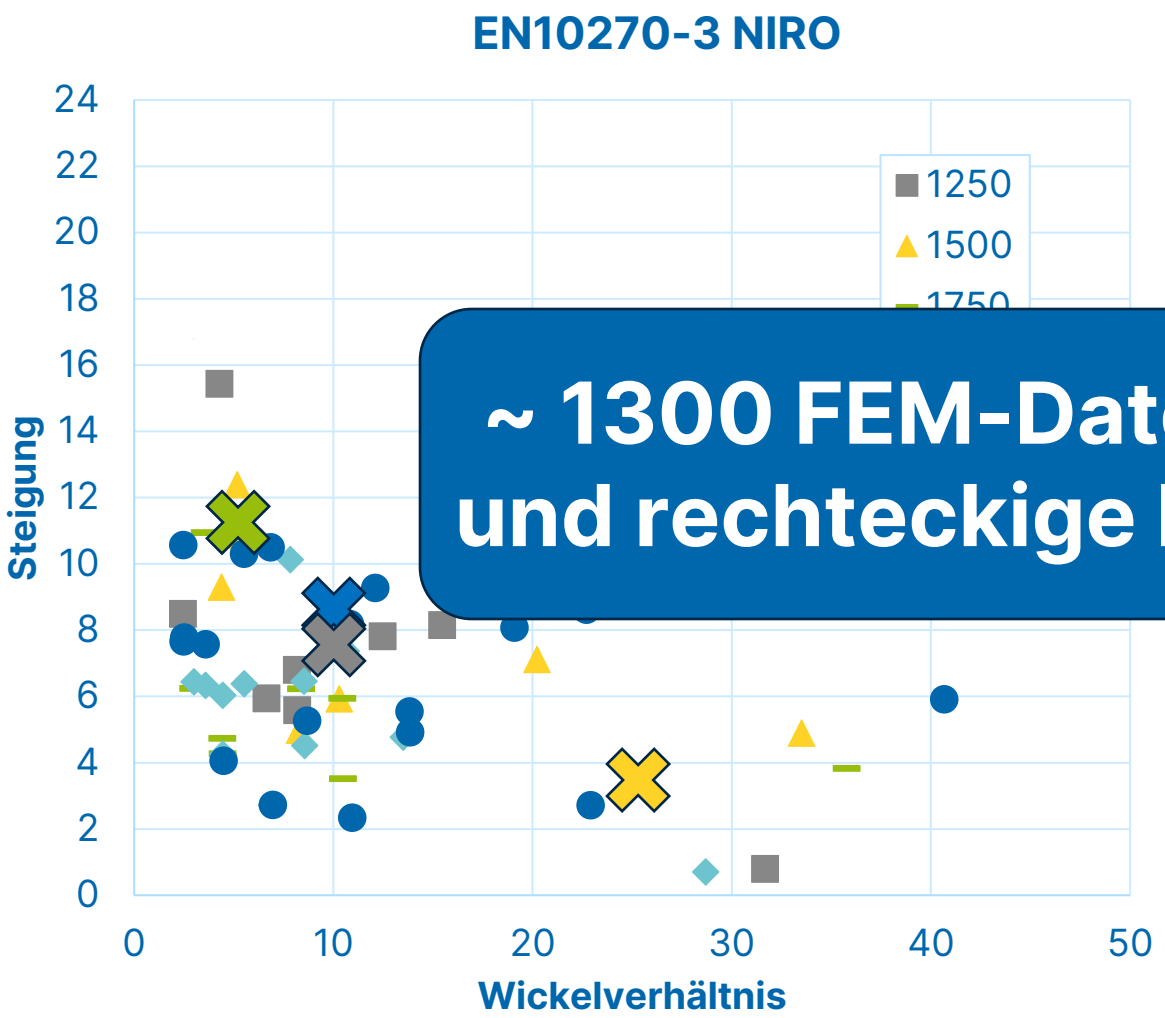
DBFS – DATENBASIERTE FERTIGUNGSSIMULATION
DATENBASIS UND FEHLER





Weniger als 2% Fehler zwischen FEM und KI

DBFS – DATENBASIERTE FERTIGUNGSSIMULATION
DATENBASIS UND FEHLER

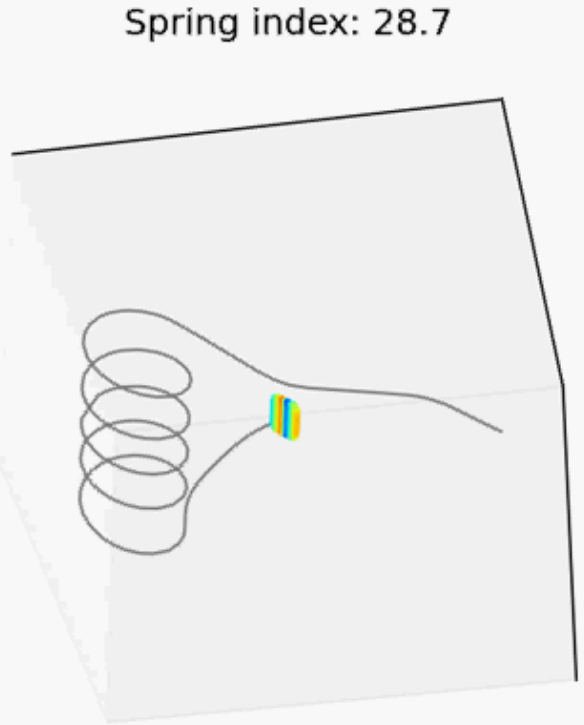


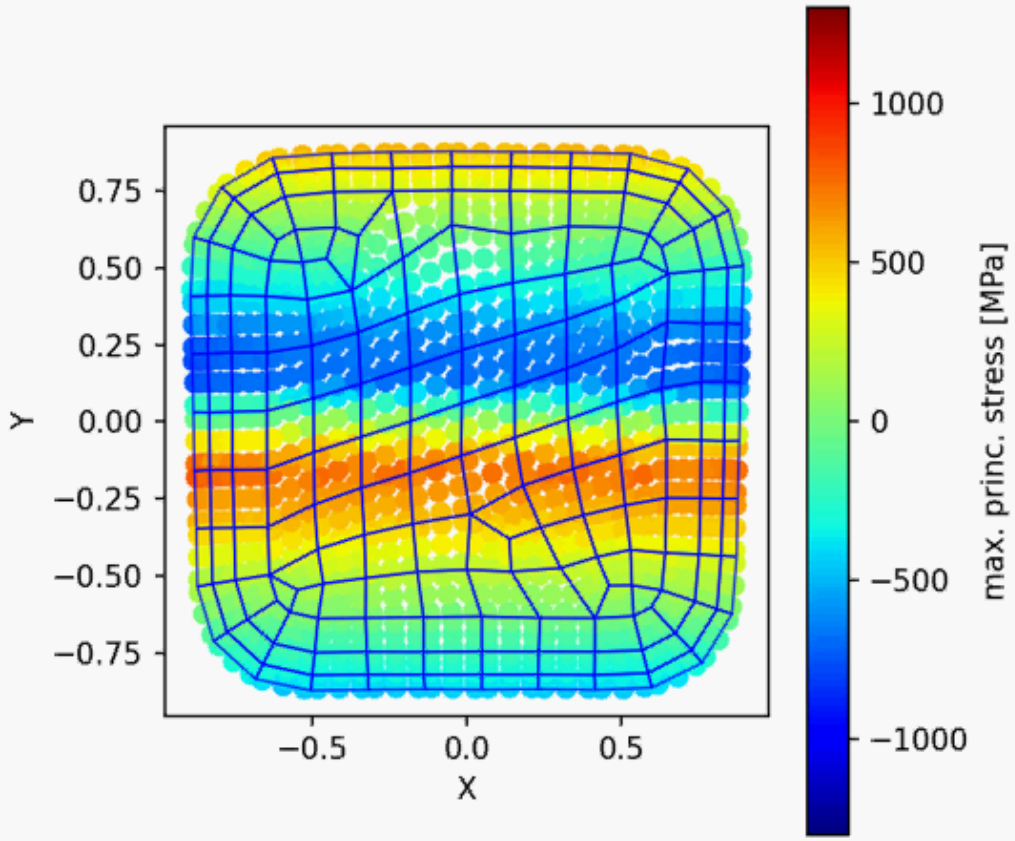
~ 1300 FEM-Datensätze für runde und rechteckige Drahtquerschnitte



Weniger als 2% Fehler zwischen FEM und KI

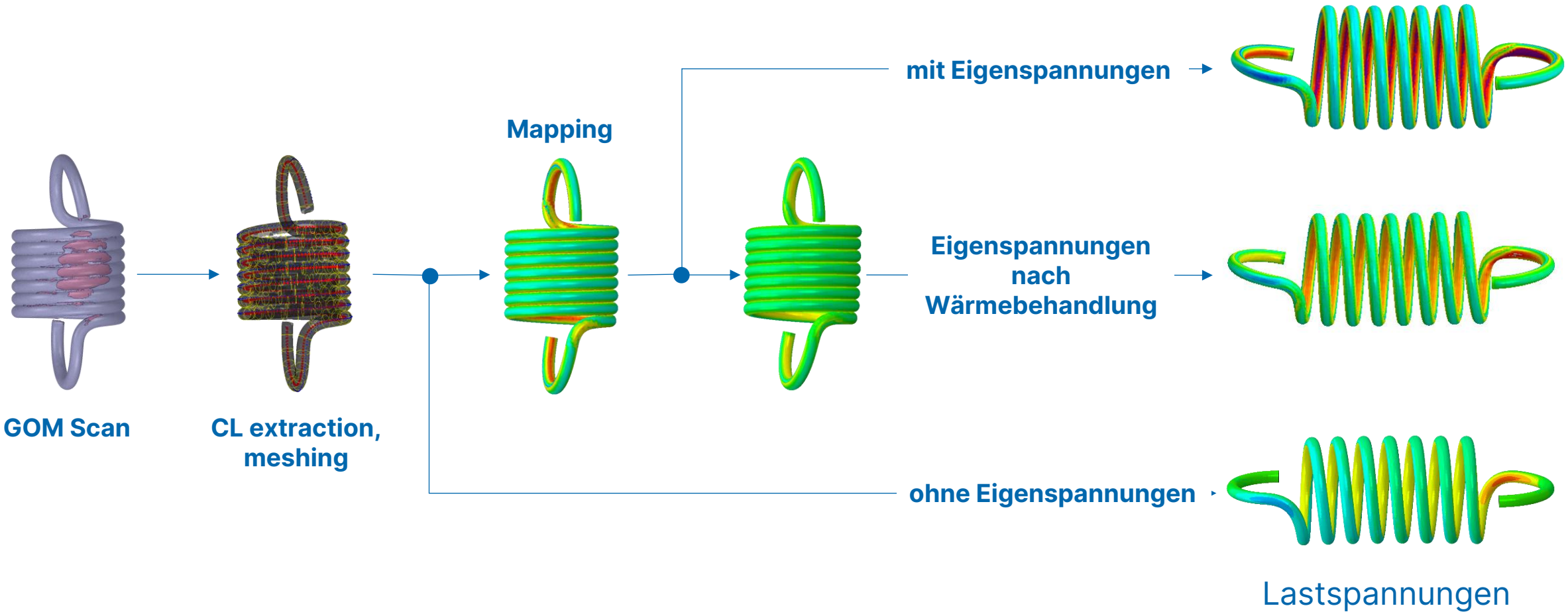
DBFS – DATENBASIERTE FERTIGUNGSSIMULATION
BEISPIEL - DREHFEDER



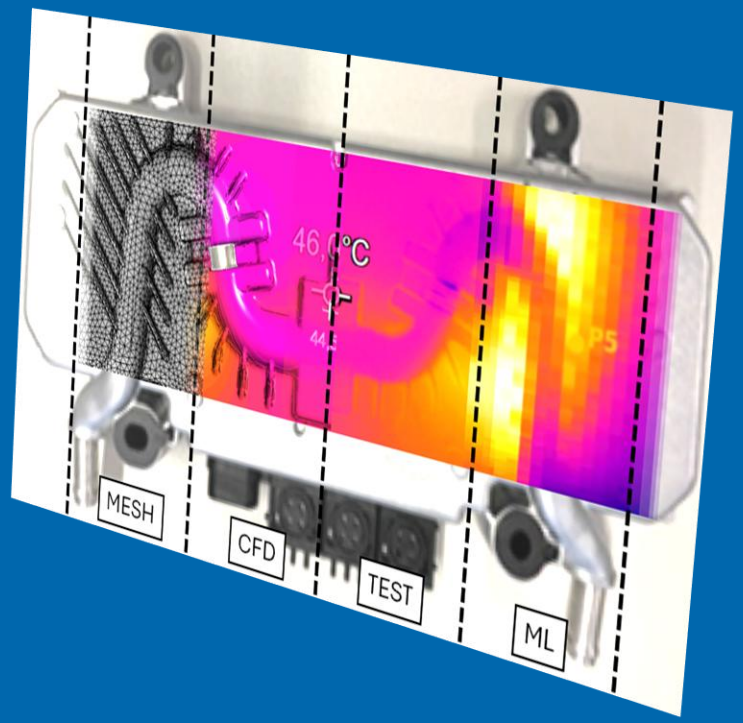


DBFS – DATENBASIERTE FERTIGUNGSSIMULATION

BEISPIEL - ZUGFEDER



SCHERDEL siment



AGENDA

- *SCHERDEL siment – ein ganz kurzer Überblick*
- *AI @ siment – seit 2020*
- *CALCULIX – OpenSource FEM für Standard Lastfälle*
- *DBFS - Eigenspannungen auf Knopfdruck*
- *Ein virtueller Sensor – Mehrwert aus der Prozesssimulation*
- *Pre- und Postprocessing – Beschleunigung mit Vibe Coding*
- *Zusammenfassung & Ausblick*

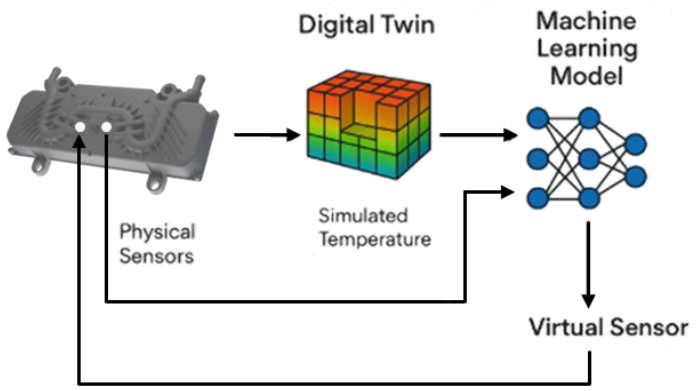
EIN VIRTUELLER TEMPERATURSENSOR
MOTIVATION

Spritzgusswerkzeug:

- Für eine optimale Steuerung der Werkzeugtemperierung ist es erforderlich, zu jedem Zeitpunkt des Spritzgussprozesses die WZ-Temperatur zu kennen.
- Von besonderem Interesse können dabei bspw. Bereiche von möglichen Bindenähten des Werkstückes sein.
- Aufgrund der Komplexität der Werkzeuge ist es oftmals nicht möglich, Temperatursensoren an passenden Stellen der Kavität zu integrieren.

Idee:

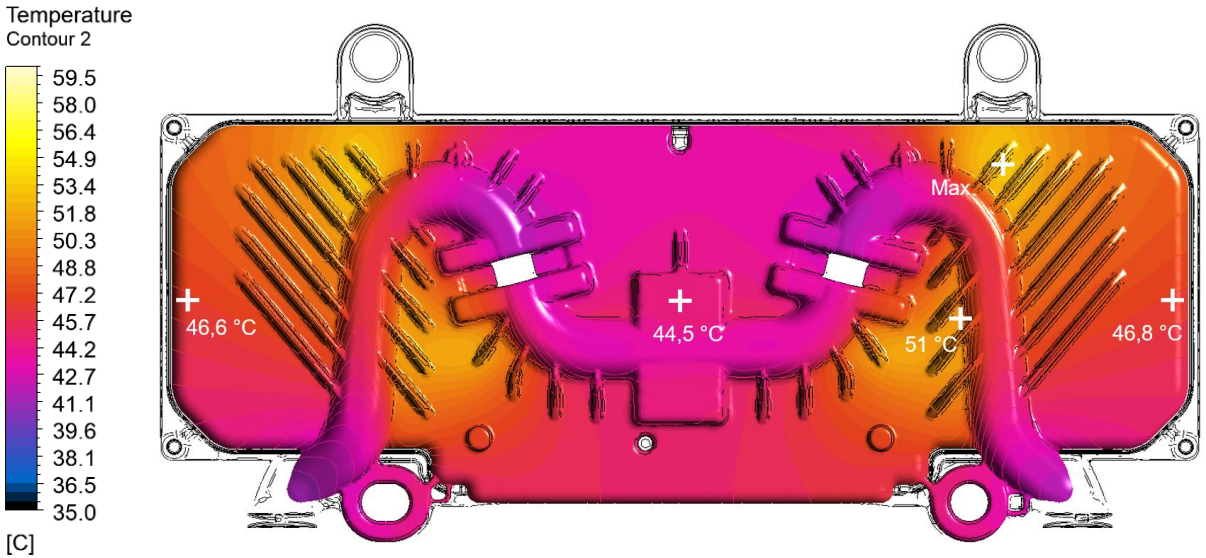
Aufbau eines digitalen Zwillings des Werkzeuges mit virtuellem Sensor

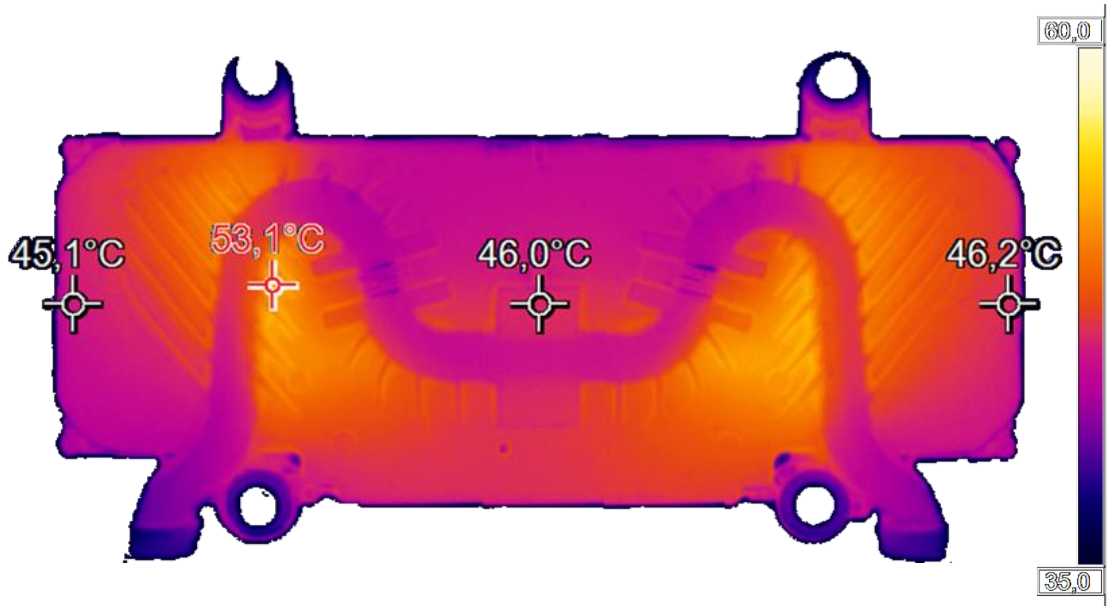


Vorgehensweise:

1. Datenerfassung und -verarbeitung
2. Physikalische Simulation als Datenquelle
3. Machine Learning Modelltraining
4. Modellintegration und virtuelles Sensordesign
5. Validierung

EIN VIRTUELLER TEMPERATURSENSOR
PROOF OF CONCEPT – VALIDIERUNG CHT MODELLE





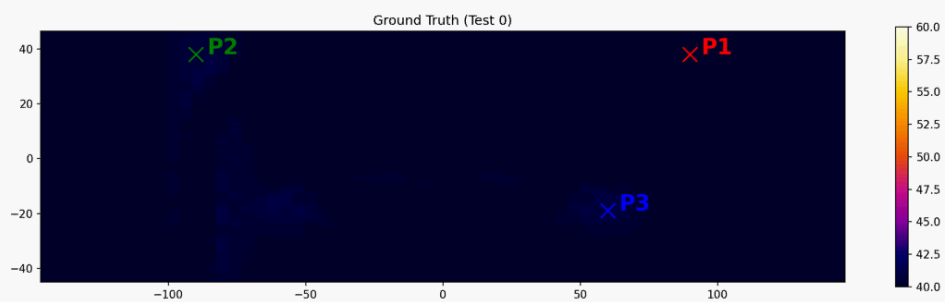
Max			Links			Mitte			Rechts		
Simulation	Messung	Differenz	Simulation	Messung	Differenz	Simulation	Messung	Differenz	Simulation	Messung	Differenz
53,1 °C	53,1 °C	-	46,6 °C	45,1 °C	3 %	44,5 °C	46 °C	3 %	46,8 °C	46,2 °C	1 %

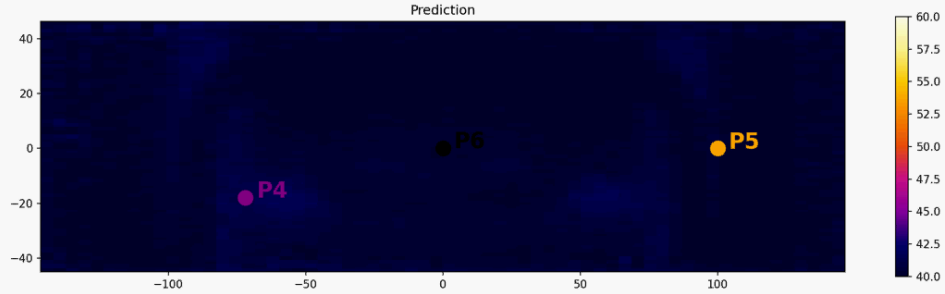
EIN VIRTUELLER TEMPERATURSENSOR
PROOF OF CONCEPT – TRAINING DER ML-MODELLE

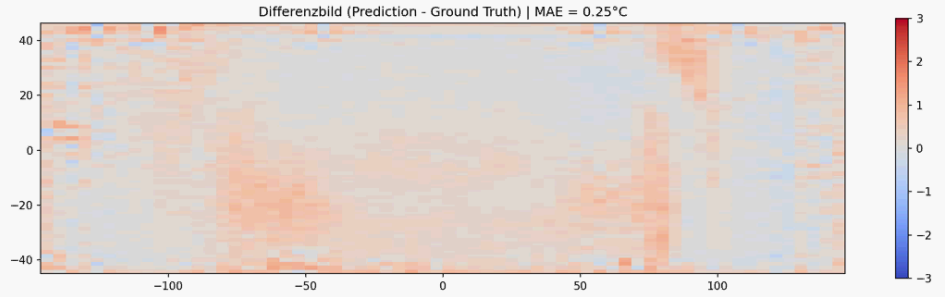
Ground truth (FEM)

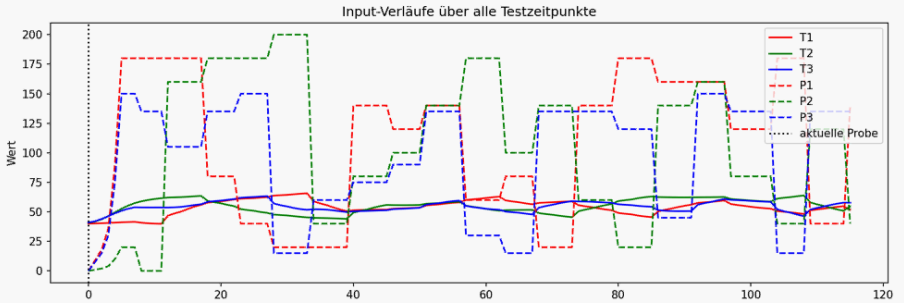
Prediction (ML)

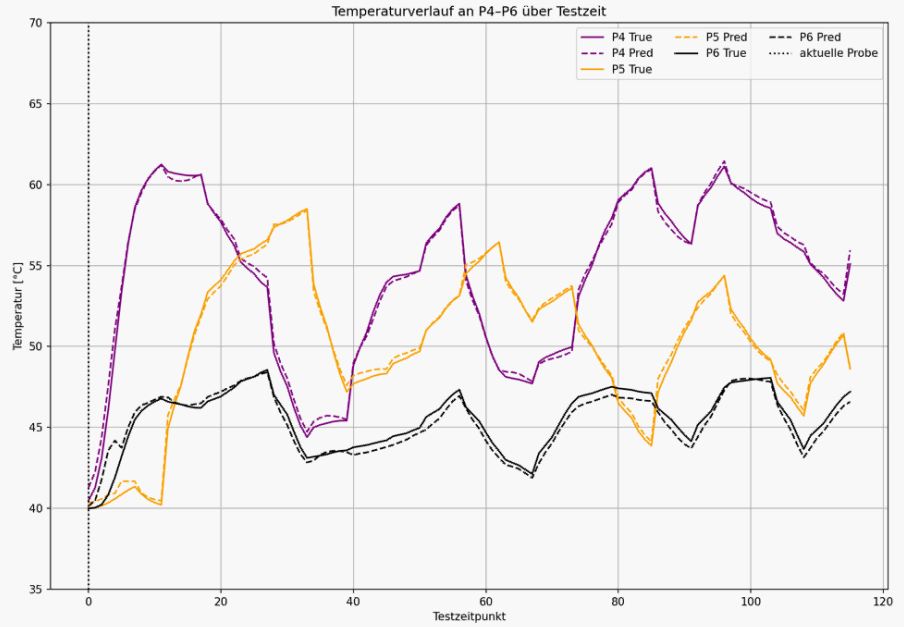
Error









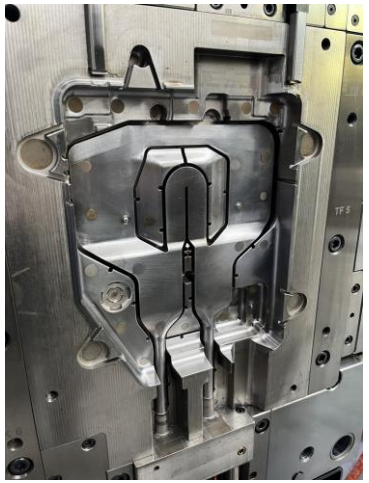


EIN VIRTUELLER TEMPERATURSENSOR

HYCOOL / CONPLASIM – WÄRMELEITENDE KUNSTSTOFFE

Hycool:

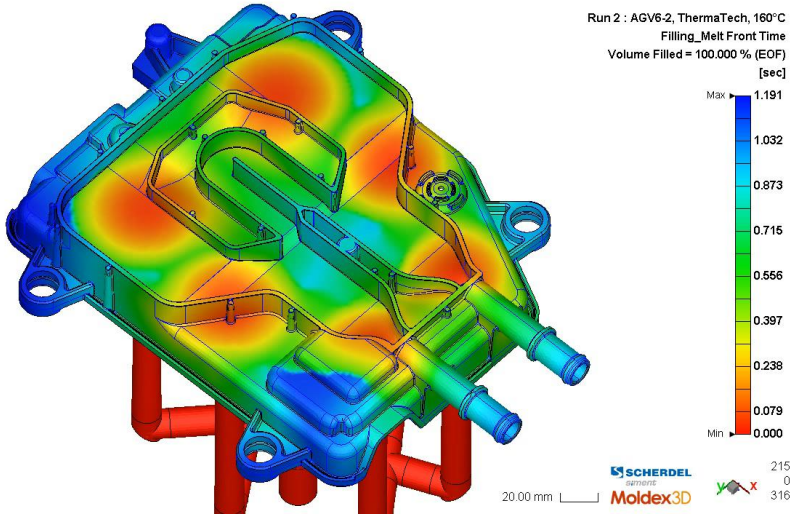
Erforschung, Entwicklung und Umsetzung eines **Material-, Fertigungs- und Produktkonzepts** zur energieeffizienten Herstellung **wärmeabfuhrmaximierter Kühlkörper für Leistungselektronikkomponenten**





Conplasim:

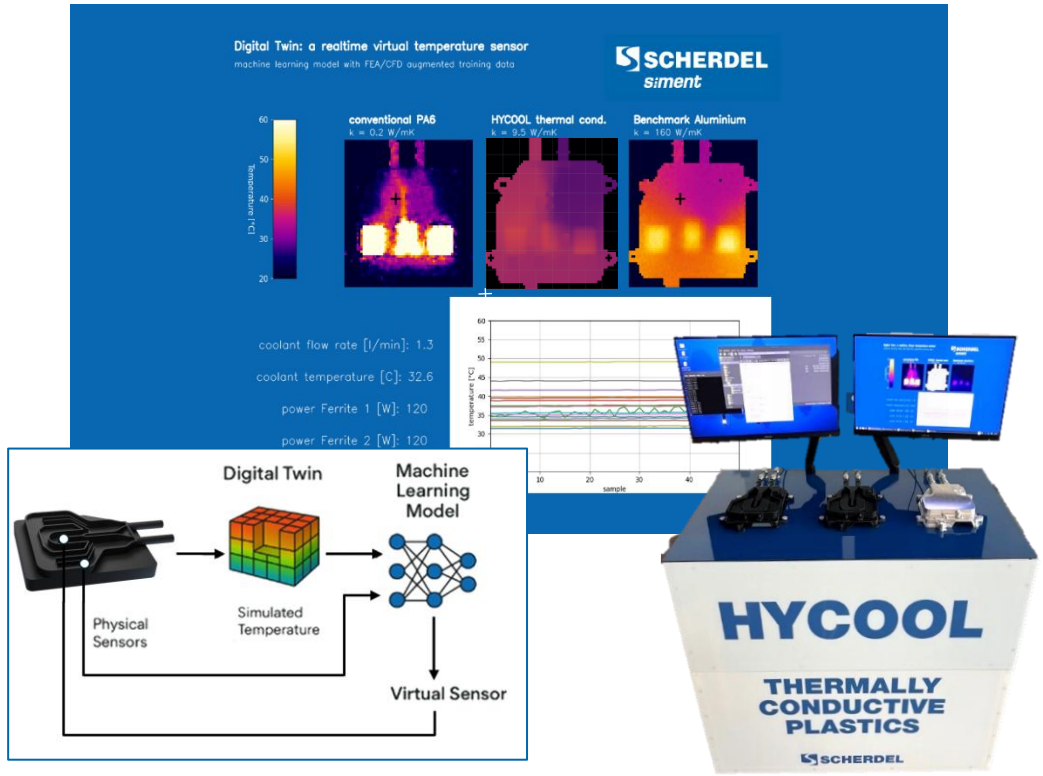
Simulative Entwicklung eines Material- u. Fertigungskonzepts für wärmeleitende Compounds



Gefördert vom Bayrischen Wirtschaftsministerium

EIN VIRTUELLER TEMPERATURSENSOR
HYCOOL DEMONSTRATOR

KI-Technologie:	Predictive Analytics
Trainingsdaten:	ca. 180 statische und transiente á 20s CHT-Simulationsdaten für PA6, Konduit, Alu
Input:	12 Parameter (8x Temp. Probe, 3x Leistung, 1x Durchflussrate)
Output:	vollflächige Temperaturverteilung „virtuelle Thermographie Kamera“
Ziel / Nutzen:	Darstellung der Eigenschaften wärmeleitfähiger Kunststoffe und der Kompetenzen aus Produkt- und Technologieentwicklung. PoC für einen virtuellen Temperatursensor.

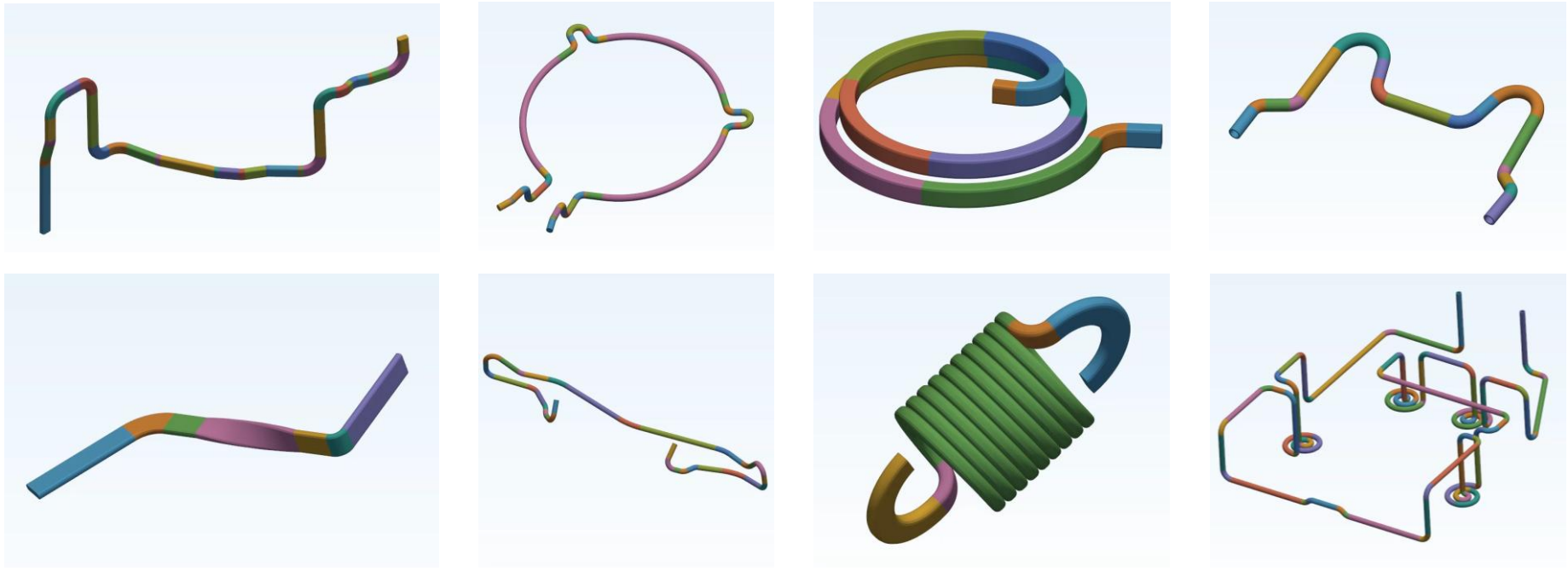


AGENDA

- *SCHERDEL siment – ein ganz kurzer Überblick*
- *AI @ siment – seit 2020*
- *CALCULIX – OpenSource FEM für Standard Lastfälle*
- *DBFS - Eigenspannungen auf Knopfdruck*
- *Ein virtueller Sensor – Mehrwert aus der Prozesssimulation*
- *Pre- und Postprocessing – Beschleunigung mit Vibe Coding*
- *Zusammenfassung & Ausblick*

BESCHLEUNIGUNG DURCH VIBE CODING
PREPROCESSING - GEOMETRIEGENERIERUNG

Stromschienen | Drahtformteile | Federn | Rohre



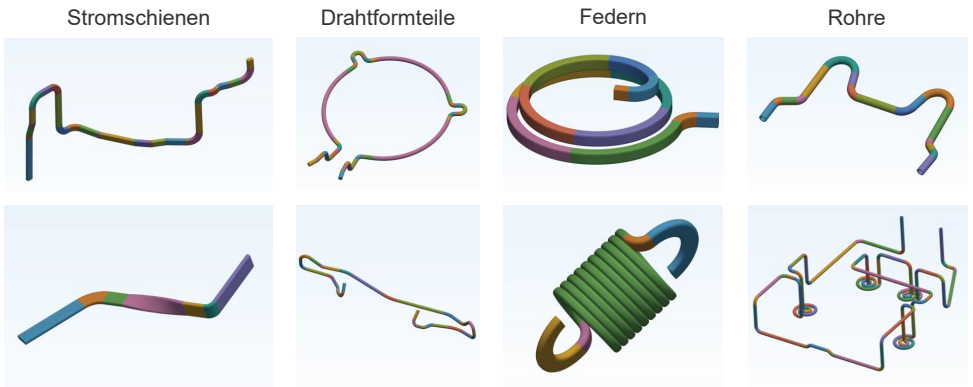
Herausforderung:

Drahtformteile in CAD-Systemen sind anspruchsvoll !

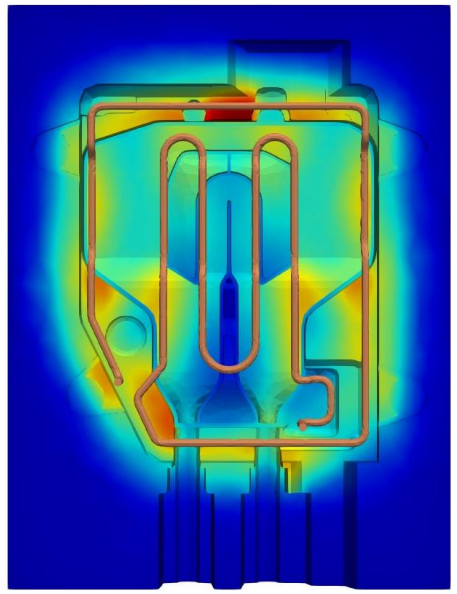
FEM-Parameterstudien benötigen robuste CAD-Modelle.

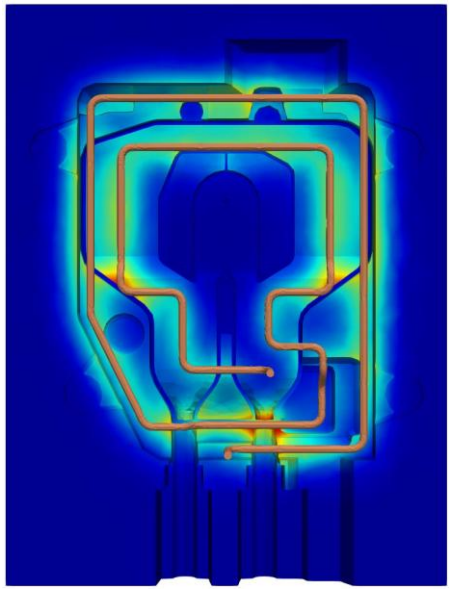
Die Erstellung der parametrischen Modelle über die CAD-Abteilung ist eine zusätzliche organisatorische Schnittstelle ⇒ **Kostet Zeit!**

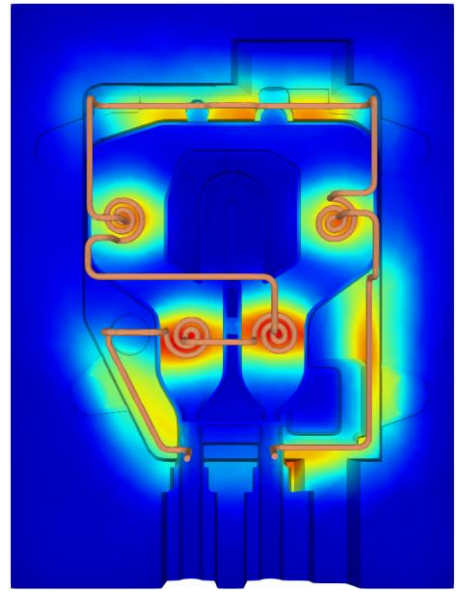
BESCHLEUNIGUNG DURCH VIBE CODING
PREPROCESSING - GEOMETRIEGENERIERUNG



Temperaturverteilung durch induktive Erwärmung

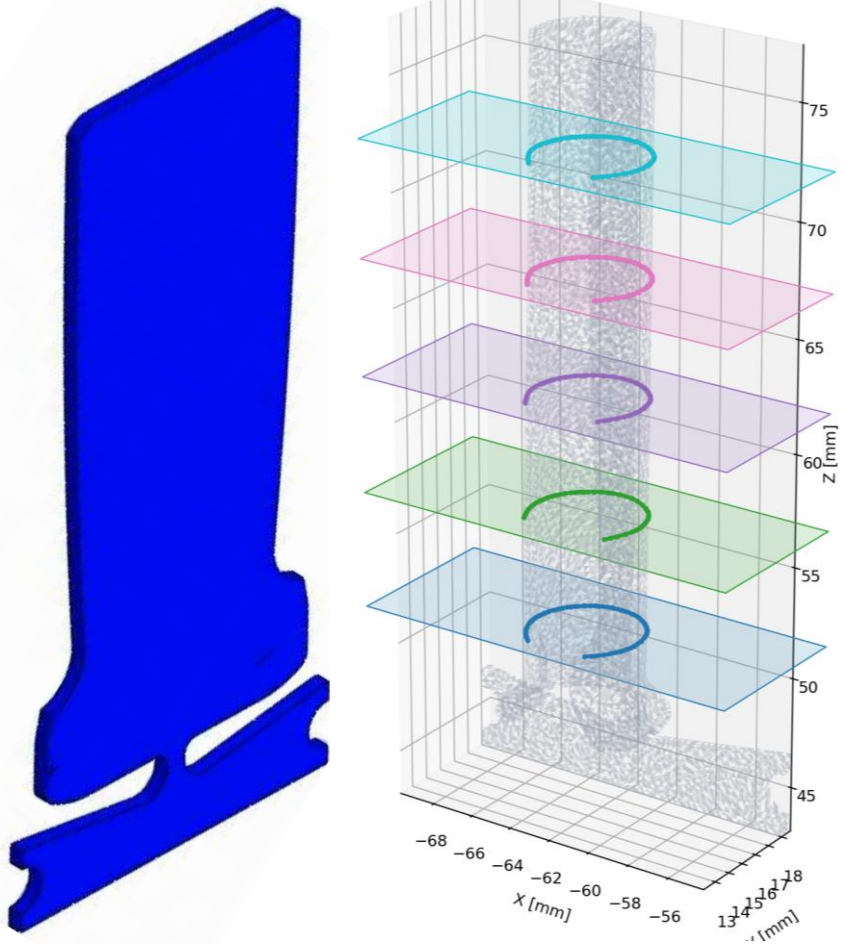


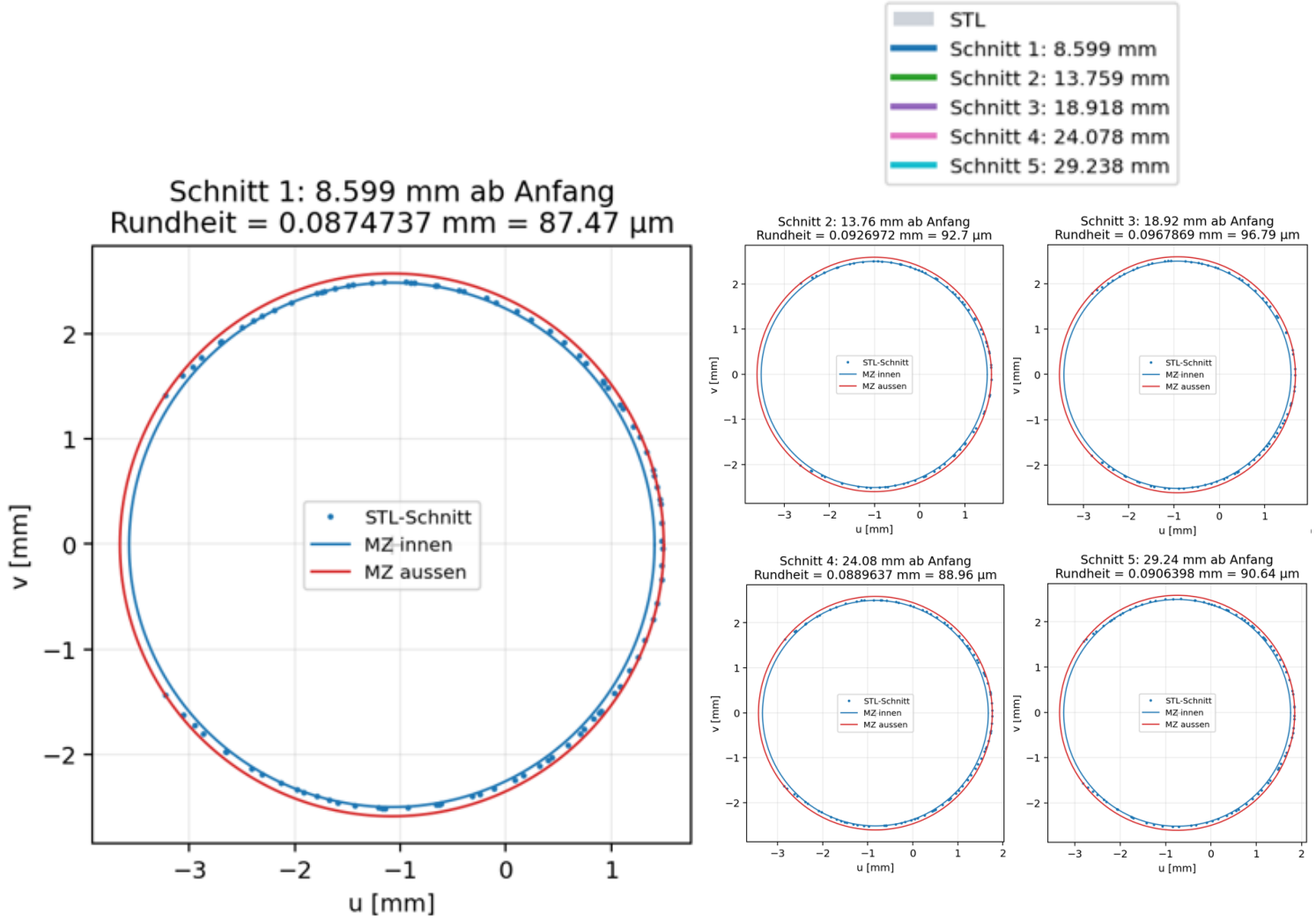




BESCHLEUNIGUNG DURCH VIBE CODING

POSTPROCESSING - AUSWERTUNG RUNDHEIT UND ZYLINDRIZITÄT





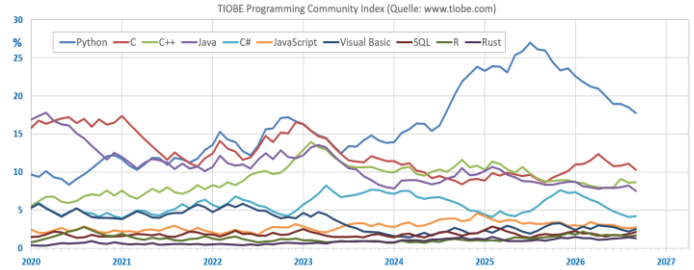
AGENDA

- *SCHERDEL siment – ein ganz kurzer Überblick*
- *AI @ siment – seit 2020*
- *CALCULIX – OpenSource FEM für Standard Lastfälle*
- *DBFS - Eigenspannungen auf Knopfdruck*
- *Ein virtueller Sensor – Mehrwert aus der Prozesssimulation*
- *Pre- und Postprocessing – Beschleunigung mit Vibe Coding*
- *Zusammenfassung & Ausblick*

ZUSAMMENFASSUNG & AUSBLICK

Was ist passiert ?

1. 2020 ⇒ Datenbasierte Modellierung wird populär ⇒ Python Bibliotheken ermöglichen freien Zugang zu Machine Learning und Neuronalen Netzen ohne Lizenzeinschränkungen
2. 2024 ⇒ KI-Hype ⇒ Umsetzung datenbasierter Modellierung beschleunigt sich
3. Mitte 2025 ⇒ Agentisches Programmieren (Codex, Code) wird immer Leistungsfähiger



Was sind die Konsequenzen ?

1. Datenbasierte Modelle ermöglichen eine enorme Beschleunigung wiederkehrender Berechnungsaufgaben.
2. Für individuelle Fragestellungen (Bauteile oder Prozesse) eröffnen datenbasierte Modelle die Möglichkeit Mehrwert aus den Berechnungen zu generieren.
3. Agentisches Programmieren führt zu einer Demokratisierung der Software Entwicklung
   - Detaillierte Kenntnisse von Programmiersprachen treten in den Hintergrund
   - Technologieexperten werden in die Lage versetzt spezialisierte Werkzeuge schnell produktiv umzusetzen
   - Die Beschleunigung von Pre- und Postprocessing ermöglicht die Umsetzung bislang zeitintensiver Fragestellungen

Wo geht die Reise hin ????

Die Entwicklung ist extrem dynamisch. Vorhersagen zu nichtlinearen Systemen sind in diesem Fall sehr gewagt !

THANK YOU VERY MUCH FOR YOUR ATTENTION



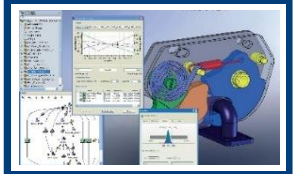
PMI von Design zur Qualität

QIF als Backbone für MBD-gesteuerte Prozesse

Die EnginSoft Gruppe – Unsere Kompetenzen

- Seit 30 Jahren High-End CAE Engineering und Support
- Methoden, Simulations-Werkzeuge und Engineering-Dienstleistungen zur Optimierung von Produkt, Geometrie, Montageprozessen und Betriebszuständen

3D-TA Services



Dienstleistungen statistische 3D-Toleranzsimulation

Methoden



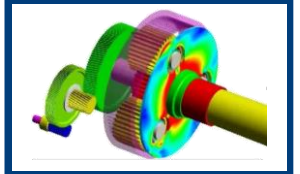
Toleranzmanagement ISO GPS (GD&T) Computer Based Training

Particleworks®



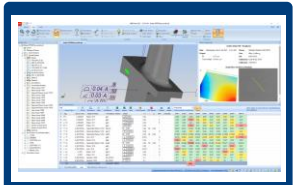
Netzfreie partikelbasierte CFD Simulation

RecurDyn®



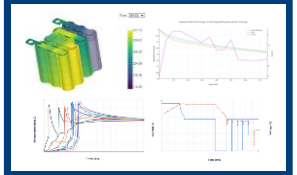
Nicht-lineare Multi-Flexible-Body-Dynamics Simulation

QIF based MBD



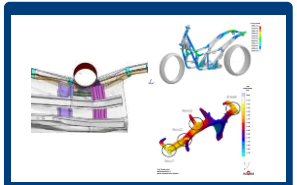
QIF Based ISO GPS CAD to QIF Auto-generate BoC, FAI

Oorja®



Simulation des Batterieverhaltens (Alterung, Temperatur,..)

FEM Services



FEM Dienstleistungen (ANSYS, FEMFAT, LSDYNA, etc)

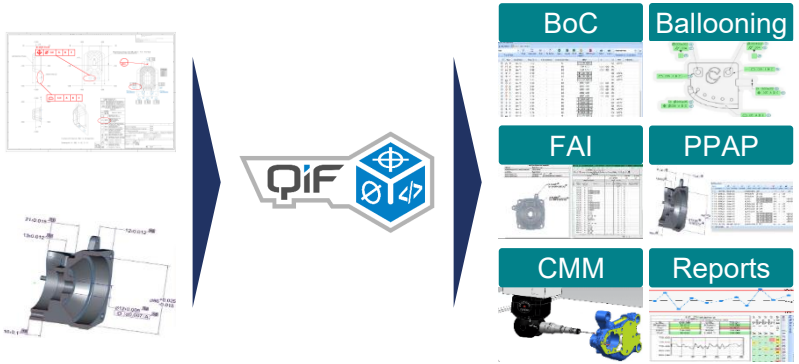
TotalMateria®



Internetbasierte Werkstoff-Datenbanken

Inhalt

- Toleranzmanagement und Model-Based Definition
- Verarbeitung von MBD Informationen in der Produktentstehung
- QIF als neutrales Format für MBD Informationen
  - Definition und Vorteile
- Tools zur Verarbeitung von MBD Informationen und QIF Daten



Toleranzmanagement und MBD

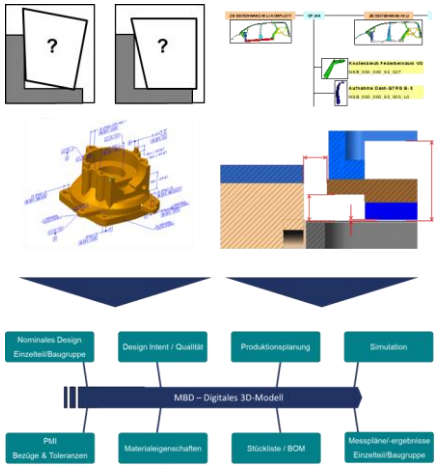
Beschreibung "Model-Based Definition" - MBD

Bei MBD werden 3D-Modelle (z. B. Volumenmodelle, 3D-PMI und zugehörige Metadaten) in 3D-CAD-Software verwendet, um einzelne Komponenten und Produktbaugruppen zu definieren (d.h. mit Spezifikationen zu versehen). Zu den enthaltenen Informationen gehören geometrische Bemaßung und Tolerierung (GD&T), Materialien auf Komponentenebene, Stücklisten auf Baugruppenebene, technische Konfigurationen, Konstruktionsabsicht usw.

Source: Wikipedia

Vorteile von MBD

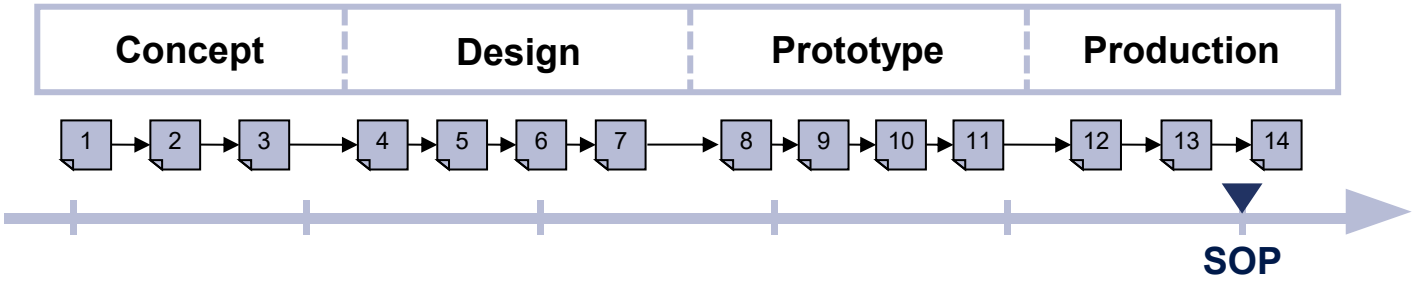
- Optimierte Kommunikation
- Verbesserte Genauigkeit und Konsistenz
- Verbesserte Zusammenarbeit
- Erhöhte Produktivität
- Reduzierte Engineering-Zeiten für Erstellung & Aktualisierung technischer Zeichnungen



Ziel: Qualität verbessern, Kosten senken und Effizienz steigern

Toleranzmanagement und MBD

Definition Toleranzmanagement

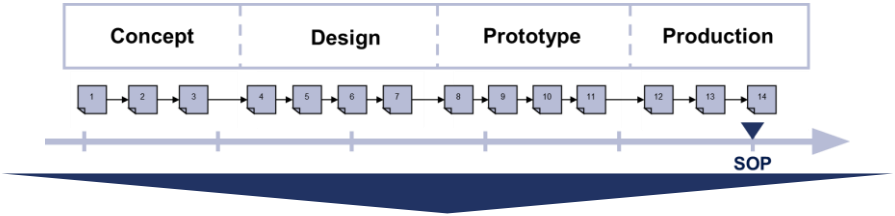


- Einbindung aller am Produktentwicklungsprozess beteiligten Fakultäten
- Definition, Bewertung und Verwaltung prozessrelevanter Informationen bzgl. Montage und Qualität:
  - Qualitätsmerkmale und zulässige Abweichung
  - Fügefolge
  - Festlegung der 6 Freiheitsgrade von Einzelteilen und Baugruppen
  - Bezüge und funktionale Toleranzen von Einzelteilen
  - Messprotokolle von Einzelteilen und Baugruppen

Toleranzmanagement und MBD

Ableitung grundlegender MBD Informationen aus dem Toleranzmanagement

Mit Toleranzmanagement werden relevante Informationen für angereicherte MBD-Modelle definiert und können direkt im CAD oder PDM-System gespeichert werden.



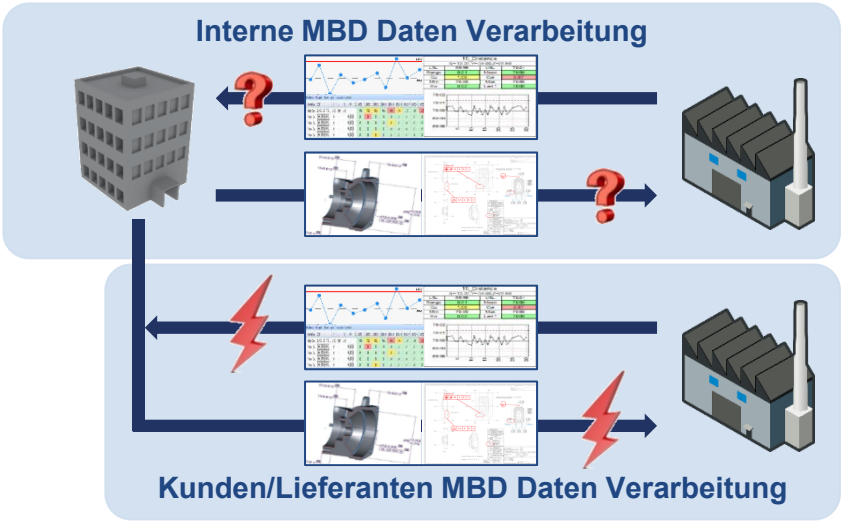
Nominal design | Design Intent / Quality | PMI: Datums, Tolerances | Simulation FEM, CFD, MBD, 3DTA, .. | Material Properties | BOM | Production Planning | Measurement Plan | Measurement Results

MBD – Digital 3D Model

Toleranzmanagement als primäre Informationsquelle für angereicherte MBD-Modelle

Verarbeitung von MBD Daten

Informationsfluss von PMI-Daten aus Design (CAD/PDM) zur Qualität und Rückführung von Qualität zum Design

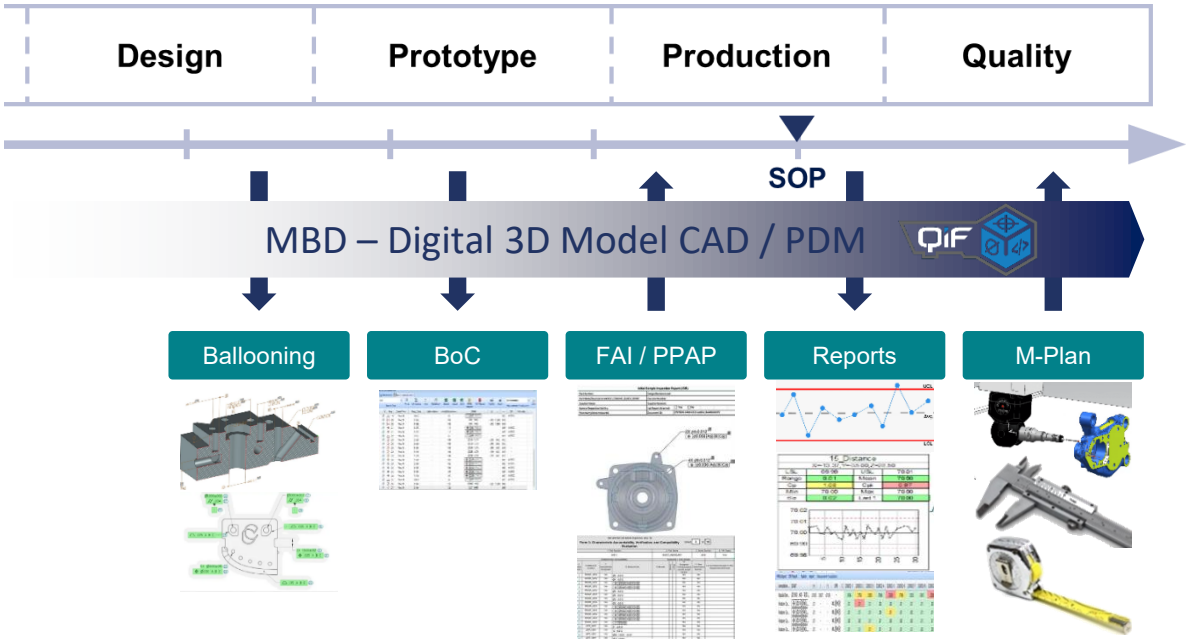


- Die Verarbeitung von PMI-Daten vom CAD bis zur QS erfordert kompatible Systeme (HW/SW).
- Herausforderung: standardisiertes und neutrales digitales Format für die Verarbeitung von MBD-Daten.

Verarbeitung von MBD Daten

CAD/PDM neutrales Format zur Verarbeitung von MBD Daten

PMI-Datenübertragung aus CAD/PDM mit neutralem QIF-Format (Quality Information Framework) – intern und extern

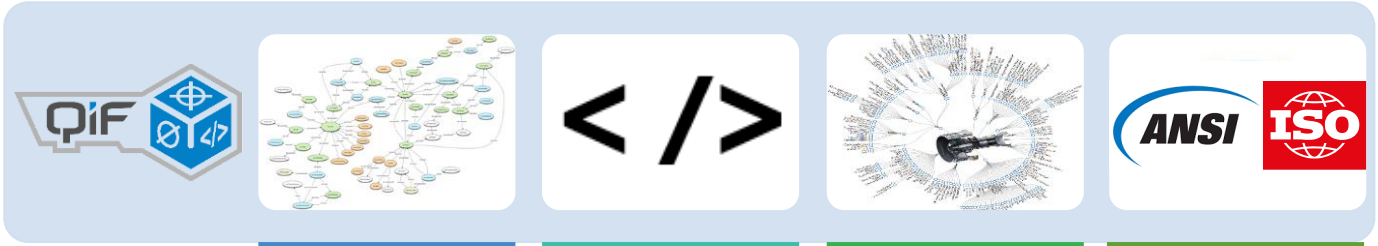


- Durchgängig, systembruchfrei
- Standardisierte Kommunikation
- Automatisierte Prüfplanung und CMM-Programmierung
- Klar definierte, maschinen-lesbare Anforderungen

QIF Definition

Beschreibung Quality Information Framework

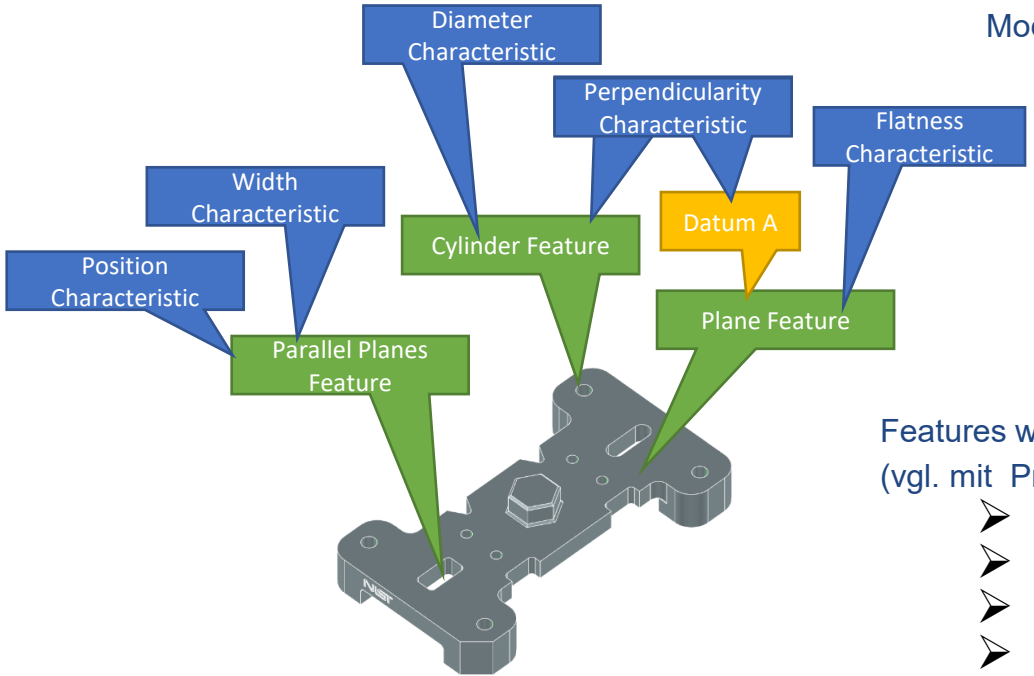
- Entwickelt und gepflegt von DMSC – Digital Metrology Standards Consortium
- Beschrieben in ISO 23952:2020
  Automation systems and integration — Quality information framework (QIF) — An integrated model for manufacturing quality information (Source https://www.iso.org/standard/77461.html)



Source DMSC's QIF Tutorial Suite April 23, 2020

QIF Definition

Das QIF Format wird definiert durch Features (funktionale Modell Geometrie) und Characteristics (Produkt Eigenschaften)



Modell Geometrie wird umhüllt von Features **Features**

- Funktionales Geometrieelement mit qualitäts-relevanter Bedeutung:
  - Funktionales Feature
  - Toleranz Feature
  - Metrologie Feature
  - Mess Feature
- Unterschied zu CAD-Feature (konstruktive Feature)

Features werden referenziert von Characteristics **Characteristics**
(vgl. mit Product Characteristics, Prüfanforderungen)

- Geometrische Toleranzen
- Maßtoleranzen
- Spezifikationen
- Notizen

Source DMSC's QIF Tutorial Suite April 23, 2020

ENGINSOFT

Vorteile von QIF

QIF wird für die Kommunikation und Verarbeitung von Informationen aus Model-Based Definition (MBD) Prozessen verwendet, insbesondere für PMI (Product Manufacturing Information) wie Toleranzen und Bezüge.

- Standardisierte und durchgängige Darstellung von Qualitätsdaten



- Vollständige Integration von PMI-Daten in maschinenlesbarer Form



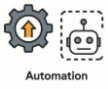
- Rückverfolgbarkeit und Überprüfbarkeit



- Modularität und Erweiterbarkeit



- Förderung von Interoperabilität und Automatisierung

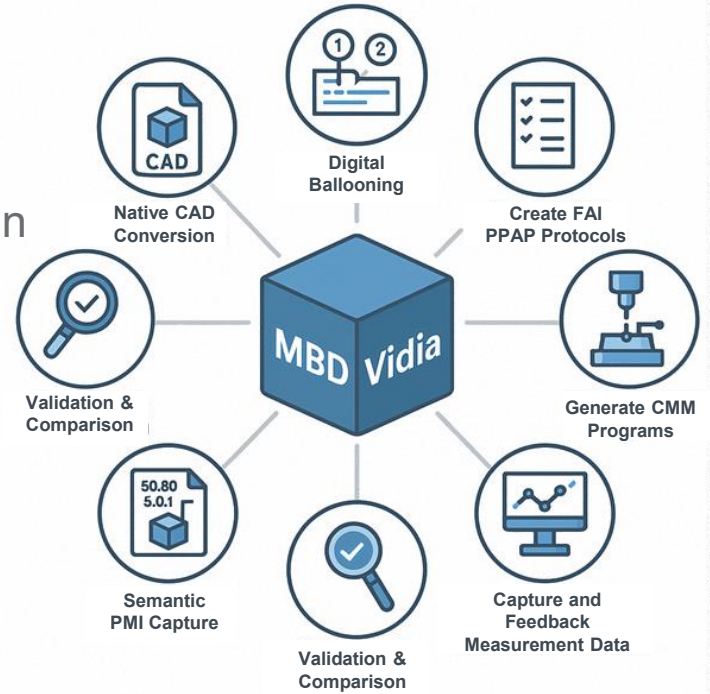


MBD-Tools für QIF

CAPVIDIA Informationen hier

MBDVidia – Verarbeitung von QIF-Dateien in Qualität und Produktion

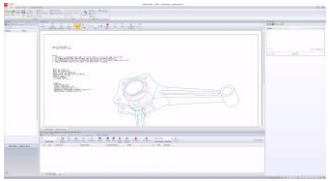
- QIF erstellen
- BoC, Ballooning digital aus technischen Zeichnungen (2D) oder CAD PMI (3D) ableiten
- Berichte erstellen, z. B. FAI, PPAP
- Überprüfung PMI Semantik (MBDConnect)
- Verknüpfung mit Webanwendungen wie Netinspect
- CAD-Versionen und/oder Teilversionen vergleichen



MBD-Tools für QIF

MBDVidia & CompareVidia von CAPVIDIA

– Auto Ballooning, Boc, Reporting – MBDVidia für 2D PDF



MBDVidia 2D PDF Animation hier

– Auto Ballooning, Boc, Reporting – MBDVidia für 3D CAD



MBDVidia 3D CAD Animation hier

– Vergleich Geometry / PMI / CAD-Version – CompareVidia

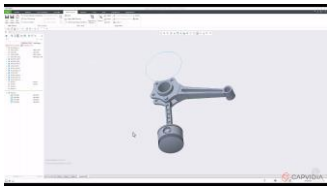


ComparVidia Animation hier

MBD-Tools für QIF

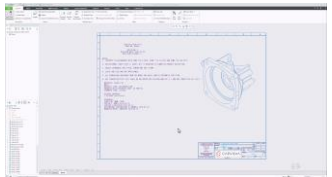
MBDConnect von CAPVIDIA

- Überprüfung Modell-Semantik – MBDReadyCheck



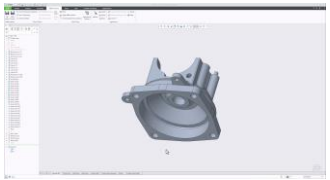
MBDReadyCheck Animation hier

- Toleranz-Synchronisation 2D->3D Sync to 3D-Modell (Creo)



Creo TolSyn 2D -> 3D Animation hier

- Toleranz-Synchronisation 3D->2D Sync to Drawing (Creo)



Creo TolSyn 3D -> 2D Animation hier

Kontakt

Dipl.-Ing. Florian Weidenhiller

Telefon: +49-2234-60 386-15
Mobile: +49-172-20 64 570
E-Mail: f.weidenhiller@enginsoft.com

Adresse
EnginSoft GmbH
Niederlassung München

www.enginsoft.com/de



ENGINSOFT

EnginSoft GmbH
Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Michael Kellers
Dipl.-Ing. Florian Weidenhiller
Ing. Meccanico Marco Perillo

Augustinusstrasse 11c
50226 Frechen-Königsdorf
Telefon: +49-2234-60386-10
Telefax: +49-2234-60386-20