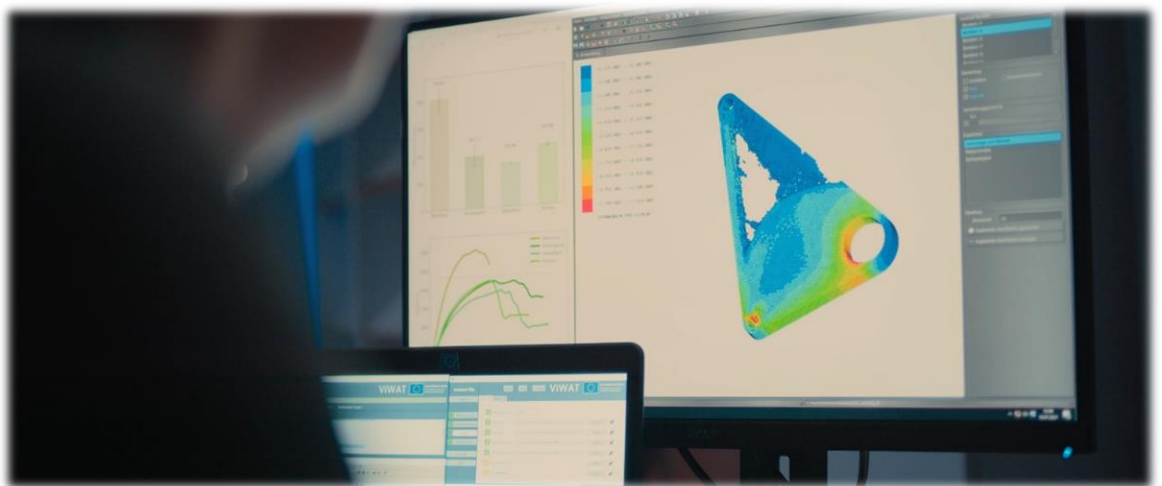




## 25. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag

am 11. September 2024

# 25 JAHRE K-TAG



**Herausgeber:**

Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Dr.-Ing. Bettina Alber-Laukant

Dr.-Ing. Tobias Rosnitschek



## Inhalt:

**C. Von Andrian-Werburg, K. Raab:** *Neuigkeiten / Produktausblick PTC, Live Präsentationen PTC Creo Ansys, PTC Creo 11 & Creo+.*

**S. Nessler:** *MBD & ISO-GPS in Creo Parametric, so funktioniert es.*

**F. Hüter:** *FEA mit Z88 – Einsatz in Wissenschaft und Praxis.*

**T. Pampel:** *Effiziente CAM-Programmierung in Zusammenspiel mit dem digitalen Zwilling.*

**P. Robl:** *3D-modellbasiertes Arbeiten als Voraussetzung für GenAI in CAD.*

**C. Thieme:** *Nexus: Cloud Computing und Datenaustausch leichtgemacht.*

**R. Passmann:** *Detaillierte Betrachtung der Simulation der Additiven Fertigung.*

**M. Feil:** *3D-Web – vielseitige neue Möglichkeiten zur Konfiguration und Visualisierung.*

**P. Straetemans:** *Modellierung und Simulation – Eine Plattform als kollaborativer Ansatz für Design und Simulation.*

**A. Kormann:** *Python in Aktion: Automatisierung in der Produktentwicklung.*

**G. Hannig:** *25 Jahre Simulation im Federumfeld – von der linearen Statik zum KI-basierten digitalen Zwilling.*

**M. Probst:** *Vom Wunschergebnis zur Lösung in Minuten – In Minuten zu funktionalen CAD-Konzeptentscheid mittels Machine Learning.*

**C. Stautner:** *Wie man mit Simulation Zeit und Ressourcen spart.*

**H.-W. Theobald:** *3D-Metalldruck in der Praxis – typische Missverständnisse und wie sie sich vermeiden lassen.*

**S. Nessler:** *Creo Parametric mit Startup TOOLS und Freeware für Anwender, Azubis oder Studenten.*

**R. Passmann:** *Anwendungen zur Demokratisierung der Simulation.*

**R. Steinhart, C. Seifert:** *Methode zur Topologieoptimierung eines Radträgers.*

**K. Raab:** *Creo 11.0 Deep dive – Tipps & Tricks.*

**A. Belyaeva:** *Machine Learning methods for generation of missing life cycle inventory data in prospective LCA.*

**P. Grohmann:** *Parallel Computing für KMU: Die Erweiterung von Z88 im Gate2HPC-Projekt.*

**F. Hüter:** *FE-Modellbildung und Simulation hyperelastischen Materialverhaltens.*

**F. Hüter, J. Wittmann:** *Statische Reduktion von FE-Strukturen nach Guyan – Effizienzsteigerung durch den Schur-Komplement-Ansatz.*

**R. Löffler:** *Flexibel installierte Drähte mit Formgedächtnis – Eine alternative Aktorik für kompakte Bauräume?*

**J. Wittmann:** *Modal- und Frequenzganganalyse interagierender Bauteilkomponenten am Beispiel einer Elastomer-Gelenkwelle und eines Industriegetriebes.*

# ***Neuigkeiten / Produktausblick PTC, Live Präsentationen PTC Creo 11 & Creo+***

Autor: Christoph von Andrian-Werburg, PTC; Klaus Raab, INNEO Solutions

## **Abstract:**

Keynote zu den neuen Produkthighlights.

# ***MBD & ISO-GPS in Creo Parametric, so funktioniert es***

Autor: Steffen Nessler

INNEO Solutions

## **Abstract:**

Es herrscht weitgehende Übereinstimmung, dass Unternehmen durch die Nutzung von Model Based Definition Methodik enorme Potentiale erschließen können. Im Vortrag erfahren Sie wie dies mit Creo Parametric effizient umsetzbar ist.

- Aufbau und Anwendung von Arbeitsrichtlinien für ISO-GPS konforme Creo Parametric Modelle
- Farbschemen zur Unterstützung der Funktionserkennung
- GENIUS TOOLS MBD for ISO-GPS zur effizienten Unterstützung des Konstrukteurs

Florian Hüter, Johannes Wittmann

## Titel: **FEA mit Z88 - Einsatz in Wissenschaft und Praxis**

### Abstract:

Im Zuge der Digitalisierung und des anhaltenden Trends zu immer kürzeren Produktentwicklungszeiten hat sich insbesondere die Finite-Elemente-Analyse (FEA) als wertvolles Werkzeug im Konstruktionsprozess etabliert. Der Einstieg in die Simulationswelt ist jedoch nicht immer barrierefrei. Hohe Lizenzkosten und komplexe, unübersichtliche Programmoberflächen erschweren die Integration der FEM in den Konstruktionsprozess, insbesondere auch für KMU. Kostenfreie, spezialisierte und auf den konkreten Anwendungsfall zugeschnittene Softwarelösungen können helfen, diese Einstiegshürde zu überwinden. Aus diesem Grund stellt der Lehrstuhl für Konstruktion und CAD (LSCAD) der Universität Bayreuth mit dem Softwarepaket Z88 eine kostenlose Softwarelösung zur Verfügung.

Die Z88-Softwarefamilie bietet dem Anwender verschiedene Lösungen für die FE-Analyse und die Optimierung von FE-Bauteilen. Dank ihrer intuitiven Benutzeroberfläche ermöglicht die frei verfügbare FE-Software Z88AURORA® (z88.de) einen einfachen Einstieg in die Welt der FEA. Mit den integrierten Modulen zur Durchführung von statischen FE-Simulationen mit und ohne Kontakt, stationären thermomechanischen Analysen sowie freien Schwingungsanalysen stehen dem Anwender einfach zu bedienende Werkzeuge zur Bewältigung komplexer Simulationsaufgaben zur Verfügung. So bietet die aktuelle Version Z88AURORA® V6 ein neues Modul zur nichtlinearen FE-Analyse von Leichtbausanwichbauteilen mit Möglichkeiten zur automatisierten Modellgenerierung, der Berücksichtigung des anisotropen Materialverhaltens von Faserverbundbauteilen sowie des ausgeprägt nichtlinearen Verformungsverhaltens von Hartschäumen.

Neben Z88AURORA® entwickelt der LSCAD spezialisierte Simulationswerkzeuge in verschiedenen Forschungsprojekten auf dem Gebiet der Antriebstechnik. Haupttreiber der Entwicklung ist unser Engagement in der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V. (fva-net.de). Die FVA ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik, um in der Industrie und Forschungsstellen gemeinschaftlich neues Wissen und Effizienz schaffen. Die hierfür entwickelte Z88SOLVERSUITE bietet maßgeschneiderte und leistungsfähige FE-Module für den Einsatz in automatisierten Berechnungsketten, insbesondere im Bereich der Getriebe-simulation. Dazu gehören u. a. Simulationswerkzeuge zur statischen oder dynamischen Reduktion von FE-Bauteilen für die Integration in MKS-Systeme, zur effizienten Zahnkontaktanalyse mittels Einflusszahlen oder zur Simulation des Betriebsverhaltens von Radial-Wellendichtringen.

Mit Z88ENSI entwickelt LSCAD ein recheneffizientes FE-Programm für die thermomechanische Analyse von Transport- und Lagerbehältern für radioaktive Brennstäbe. Dabei wurden für das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) u. a. spezielle thermische Spaltbedingungen implementiert, die eine recheneffiziente Modellierung des Wärmeübergangs zwischen Innen- und Aussenbehälter ermöglichen. Darüber hinaus wird im Rahmen des EFRE-geförderten Projekts Gate2HPC die Parallelisierung von Z88 vorangetrieben, um zukünftig auch HPC-Anwendungen anbieten zu können.

Zur Z88-Familie gehören auch das Topologieoptimierungsprogramm Z88Arion sowie zwei Apps für Smartphones und Tablets, um FE-Analysen bequem unterwegs durchführen zu können.

## **Effiziente CAM Programmierung in Zusammenspiel mit dem digitalen Zwilling**

ESPRIT EDGE ist ein modernes CAM System zur Programmierung von Fräs- und Drehmaschinen. Durch die Integration des digitalen Zwillings programmiert man nicht nur das Bauteil, sondern die komplette Maschine mit allen relevanten Informationen.

Author: Thomas Pampel

Thema: „3D-modellbasiertes Arbeiten als Voraussetzung für GenAI in CAD“

K-Tag: 11. September 2024, Universität Bayreuth

Referent: Dr.-Ing. Peter Robl, Siemens AG, T AMC DMT (München)

Beitragsvorschlag (Abstract):

Seit den 1990er Jahren arbeiten die Firmen daran, die 2D-CAD-Systeme durch 3D-fähige Softwarelösungen zu ersetzen. Damit einher geht der Einsatz bzw. die Einführung von Verwaltungssystemen, die in der Lage sind, die zwei Objekte 3D-CAD-Modell und 2D-Zeichnung assoziativ zueinander zu verwalten – das Produkt-Daten-Management-System (PDM) ist geboren. [vergl. Eigner/Stelzer 2013]

Die Einführung von 3D-CAD-Systemen ist in vielen Industriezweigen für die mechanische Konstruktion längst abgeschlossen. Das Ziel, die 2D-Zeichnung zu ersetzen ist aber keineswegs erreicht, sondern vielmehr werden die Ergebnisse der 3D-Modellierung auf 2D-Zeichnungen übertragen und dort mit weiteren Informationen angereichert. Die 3D-CAD-Modelle werden im Produktentstehungsprozess, wie z. B. in der CAM-Programmierung zusammen mit der 2D-Zeichnung genutzt. Die 2D-Zeichnung ist so in den meisten Unternehmen nach wie vor das verbindliche Dokument zum Austausch der Konstruktionsanforderungen aus der Entwicklung mit der Fertigung bzw. Montage geblieben. Viele Firmen sind also im Umstellungsprozess von 2D nach 3D nicht wesentlich vorangekommen und haben immer noch eine „zeichnungs-basierte“ – das heißt keine „3D-modellbasierte“ – Arbeitsweise etabliert.

Zum weiteren Ausbau der Nutzung der 3D-CAD-Modelle ist nicht nur eine maßstabsgetreue Repräsentanz der Geometrie im 3D-CAD-Modell erforderlich, sondern auch die Spezifikation der weiteren Anforderungen in Form von Informationsfeatures oder Product- and Manufacturing-Information (PMI). Die Geometrie- und Designfeatures werden mit Maß-, Form- und Lagetoleranzen sowie Oberflächenanforderungen und z. B. Härteanforderungen ergänzt bzw. weiter spezifiziert. [vergl. Robl 2013] Diese parametrischen Informationen sind im weiteren Prozess digital nutzbar. Geometrieinformationen, die z. B. mittels „Aufklebern“ auf den 2D-Zeichnungen festgelegt werden (wie z. B. Freistichen oder Zentrierbohrungen) müssen als Designfeatures im 3D-CAD-Modell dargestellt sein. Das heißt, dass das 3D-CAD-Modell ein virtuelles Abbild [vergl. Leidich et. al. 2023] des physikalischen Objektes sein muss – erst dann ist es digital effektiv verarbeitbar. So werden im CAM- oder CMM-Prozess nicht nur die Designfeatures (wie z. B. Bohrungen) erkannt, sondern auch Oberflächenanforderungen oder Passungen werden interpretierbar und können direkt zur Auswahl der passenden Werkzeuge genutzt werden. Neben dem Bohrprozess wird so auch ein Reibprozess mit dem entsprechenden Werkzeug als CAM-Operation geplant (ohne eine 2D-Zeichnung zu nutzen).

Im nächsten Schritt können nach der Feature-Identifikation automatisiert auch die Arbeitsprozesse zur Herstellung geplant werden (siehe Abb. 1). Dies ermöglicht auch den Einsatz anderer Methoden wie der Graph-Technologie oder von KI-Methoden. Mittels Graphen können z. B. die Zusammenhänge der betroffenen Flächen bei Maß- bzw. Form- und Lagetoleranzangaben identifiziert werden. KI-Methoden können aus bestehenden 3D-CAD-Modellen und deren Arbeitsplänen „lernen“ und mit diesem Wissen automatisiert sowohl die Fertigungsoperationen wie auch die notwendigeren Fertigungshilfsmittel (wie z. B. Werkzeuge) planen. Aber auch andere GenAI-Methoden und Anwendungen sind realisierbar – CAD-Feature-Vorschläge im Konstruktionsprozess oder Vorschläge zur Tolerierung der Bauteile selbst.

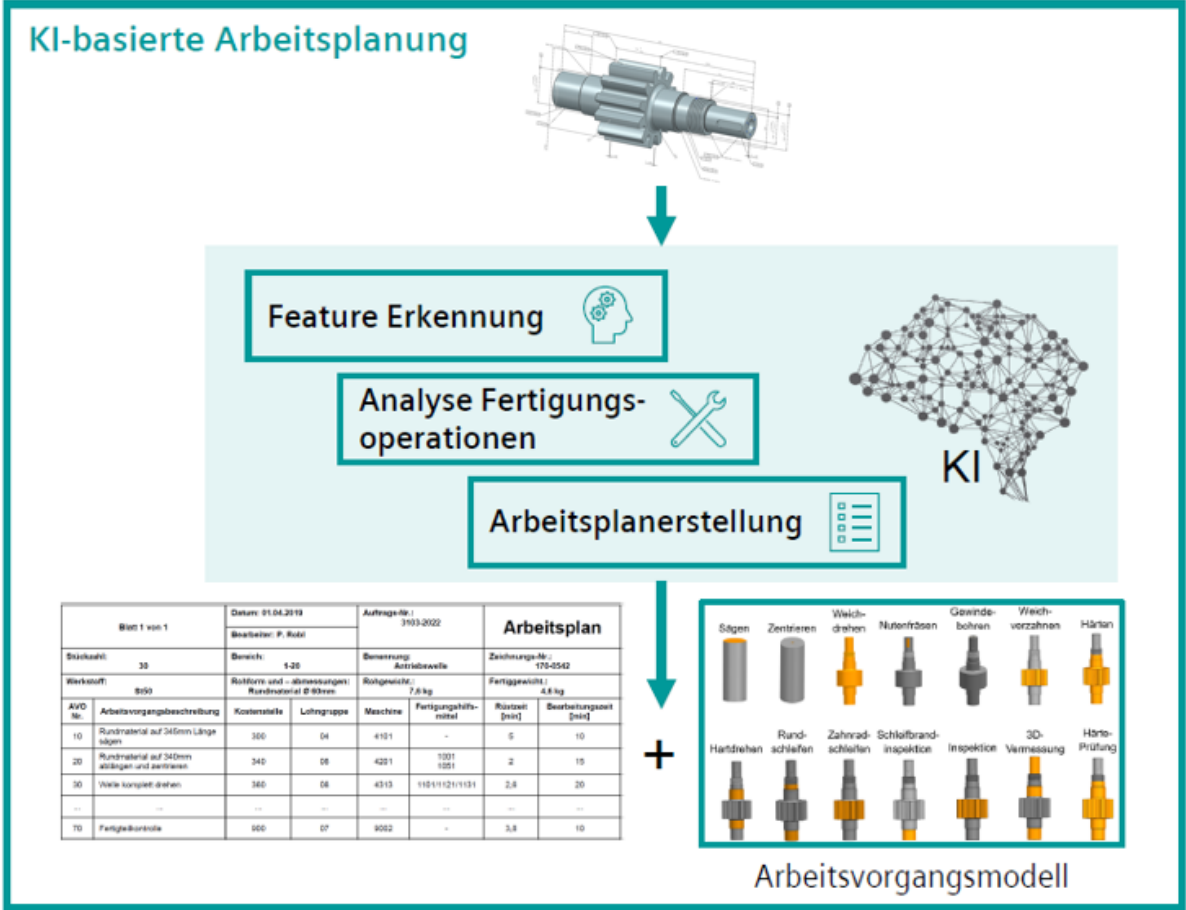


Abb. 1: Prozessdarstellung zur Anwendung von KI-Methoden für die Arbeitsplanerstellung



## **Nexus: Cloud Computing und Datenaustausch leichtgemacht**

Cloud Computing bietet viele Vorteile: es müssen keine eigenen Softwarelizenzen vorab erworben werden, sondern man kann Software und Hardware nach Bedarf nutzen. Man zahlt nur, was man verbraucht. Wenn sie in einem Projekt benötigt werden, stehen beliebig viele Ressourcen zur Verfügung. Die Wartung der Software und Hardware erledigt der Provider, so dass die aktuellen Versionen, Technologien und Sicherheitsupdates automatisch vorhanden sind.

Es sprechen auch Gründe gegen das Cloud Computing: Sicherheitsbedenken, unübersichtliche Preisstrukturen, und dass man ggf. doch selbst Aufwand in die Installation investieren muss.

Die Cloud ist nicht nur für das Computing, sondern auch für den Datenaustausch innerhalb einer Firma geeignet.

In diesem Vortrag wird die Plattform Nexus von der Firma Hexagon vorgestellt, bei deren Entwicklung der Fokus auf die Anwenderfreundlichkeit gelegt wurde. Mit den Lösungen von Hexagon kommen verschiedene Technologien in der Produktentwicklung zusammen: Mess- und Scandaten, Fertigungssimulation und CAE-Simulation. Nexus ermöglicht einen einfachen Austausch zwischen all diesen Bereichen.

Z.B. kann Nexus Zugriff auf Messdaten aus der Fertigung in einer übersichtlichen Darstellung geben, wo die kritischen Bereiche mit großen Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Geometrie am 3D-Modell grafisch markiert werden. Materialwerte können in einer Datenbank geteilt und mit künstlicher Intelligenz ergänzt werden. Datensätze aus der Fertigung und/oder Simulation lassen sich mit Korrelationsplots, Heatmaps und ähnlichen Methoden bewerten. Kollegen können interaktiv online zusammen ein 3D-Modell visualisieren und diskutieren.

Auch Rechnungen in der Nexus Compute Cloud können mit Kollegen geteilt und zusammen bearbeitet werden. Modelldaten hochladen, die Rechnung starten und die Ergebnisse wieder herunterladen funktioniert ebenso wie bei einem Rechner im eigenen Büro, und die Kosten sind transparent.

In dem Vortrag wird anschaulich gezeigt, wie Cloud Computing und Datenaustausch im Entwicklungsprozess aussehen.

Author: Cornelia Thieme

## **Detailliertere Betrachtung der Simulation der Additiven Fertigung**

Die additive Fertigung oder der 3D-Druck von Bauteilen hat durch die Entwicklung der Drucker in den letzten zehn Jahren einen erheblichen Aufschwung erlebt und gehört nun zu den Standard-Fertigungsverfahren. Seitens der Softwarehersteller von Finite Element Systemen wurde viel investiert, um eine Simulation der additiven Fertigung mit geringem Benutzer-Aufwand zu ermöglichen. Ein Vortrag im letzten Jahr beschrieb die digitale Prozessplanung und die Durchführung der Simulation auf der 3DEXPERIENCE Plattform von Dassault Systèmes.

Der Fokus dieses Beitrages liegt auf der Simulation. Das Ziel der Simulation ist insbesondere die Bestimmung des Verzuges des Bauteils während und nach der Fertigung. Verzug entsteht durch die ungleichmäßige Abkühlung sowie bei der Entfernung von Stützstrukturen. Numerische Methoden zur Bestimmung des Verzuges sollen verglichen werden. Auch soll ein Verfahren vorgestellt werden, wie der simulierte Verzug bei der Optimierung der Konstruktion berücksichtigt werden kann.

Author: Ralf Paßmann

# ***3D-Web - vielseitige neue Möglichkeiten zur Konfiguration und Visualisierung***

Autor: Marius Feil

INNEO Solutions

## **Abstract:**

CAD-Baugruppen und Meta-Daten in Kombination ins Web bringen: für 3D Ersatzteilkataloge, Shopsysteme und Konfiguratoren. Durch moderne Technik sind alte Hindernisse längst Geschichte. Wir zeigen Ihnen anhand verschiedener Anwendungsbeispiele die vielfältigen Möglichkeiten auf.

# 1 Modellierung und Simulation – Eine Plattform als kollaborativer Ansatz für Design und Simulation

Zeit ist Geld, besonders in der Produktentwicklung. Ein integrierter Ansatz, der Modellierung und Simulation auf einer einzigen Plattform vereint und von virtuellen Zwillingen profitiert, bietet hier die Lösung. Mit MODSIM (MODellierung & SIMulation) lassen sich potenzielle Fehler in Produkten und Prozessen leichter erkennen und schneller beheben. Zudem ermöglicht MODSIM, Entscheidungen nicht nur schneller, sondern auch fundierter zu treffen, was Risiken minimiert und die Qualität steigert.

Die frühe Einbindung von Simulationen in den Produktentstehungsprozess ermöglicht es, Konstruktionen durch zahlreiche „Was-wäre-wenn“-Szenarien zu vergleichen und Änderungen parallel zur Modellierung vorzunehmen. Optimierte Workflows beschleunigen die Markteinführung und schaffen Raum für mehr Innovation, da die richtigen Entscheidungen hinsichtlich Anforderungen und Nachhaltigkeit schneller getroffen werden können.

In diesem Vortrag werden verschiedene Ansätze zur Integration der numerischen Simulation in den Entwicklungsprozess vorgestellt und die notwendigen Grundlagen der Simulation erläutert. Es wird gezeigt, wie eine effektive Einführung und der Einsatz der Simulation sowie die Betreuung durch den Softwarepartner gestaltet werden können.

## 2 Modelling and simulation - One platform as a collaborative approach for design and simulation

Time is money, especially in product development. An integrated approach that unites modeling and simulation on a single platform while leveraging digital twins offers a solution. With MODSIM (MODe-ling & SIMulation), potential errors in products and processes can be identified more easily and corrected more quickly. Moreover, MODSIM enables faster and more informed decision-making, which reduces risks and improves quality.

Early integration of simulations into the product development process allows designs to be compared through numerous "what-if" scenarios, with changes being made in parallel to the modeling. Optimized workflows speed up time-to-market and create room for greater innovation, as the right decisions regarding requirements and sustainability can be made more quickly.

This presentation will explore various approaches to integrating numerical simulation into the development process and explain the essential fundamentals of simulation. It will demonstrate how to effectively implement and utilize simulation, as well as how to ensure proper support from the software partner.

# Python in Aktion: Automatisierung in der Produktentwicklung

*Andreas Kormann M.Sc., Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD*

Die Effizienzsteigerung spielt in der modernen Produktentwicklung eine entscheidende Rolle, um die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen zu gewährleisten. Mit zunehmender Komplexität und steigenden Anforderungen sind innovative Lösungen gefragt, um den Entwicklungsaufwand zu bewältigen. Eine wirkungsvolle Maßnahme ist die Automatisierung wiederkehrender Aufgaben, was den Entwicklungsprozess erheblich optimieren kann.

Die Programmiersprache Python bietet sich hierbei als vielseitiges und leistungsstarkes Werkzeug an. Durch ihre einfache Erlernbarkeit sowie die breite Verfügbarkeit von Bibliotheken und Schnittstellen ermöglicht Python die Automatisierung zahlreicher Prozesse in der Produktentwicklung. Typische Anwendungsbereiche sind das automatisierte Pflegen von Datensammlungen, die Anpassung und Erstellung von Modellen sowie die Durchführung und Auswertung von Simulationen.

Zudem gewinnen fortschrittliche Technologien wie Sprachmodelle (z.B. ChatGPT) zunehmend an Bedeutung, da sie Automatisierungsprozesse flexibler und dynamischer gestalten können. Dieser Vortrag gibt einen umfassenden Überblick über die Potenziale von Python in der Automatisierung der Produktentwicklung und beleuchtet die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten.

## **25 Jahre Simulation im Federumfeld - von der linearen Statik bis zum KI-basierten digitalen Zwilling**

Die SCHERDEL Gruppe ist einer der führenden Hersteller hochbelasteter technischer Federn und hat bereits vor 15 Jahren damit begonnen sich auf die Transformation in der Automobilindustrie vom Verbrenner hin zur E-Mobility einzustellen. Die SCHERDEL siment GmbH bündelt seit 1995 das numerische KnowHow der Gruppe, tritt aber von Anfang an auch als Dienstleister für Kunden aus Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau auf. In diesem Vortrag möchten wir einen Blick auf die vergangenen 25 Jahre wagen. Von den ersten 3D Federberechnungen, die Vorhersage der Federdynamik im Ventiltrieb, über den virtuellen Prototypen in unserer SpringDesigner Software, bis hin zur Betriebsfestigkeitsvorhersage mittels FKM-Richtlinie Federn, in der Eigenspannungen aus KI-gestützten Fertigungssimulationen berücksichtigt werden.

Alles mit dem Ziel: Der erste Prototyp muss passen - weniger als 10% Fehler!

Author: Georg Hannig

## In Minuten zum funktionalen CAD-Konzeptentscheid mittels Machine Learning

Das klassische „Ping-Pong“ zwischen Konstruktion und Simulation ist insbesondere für die Frühe Phase des Entwicklungsprozesses nicht mehr zeitgemäß. Der altbekannte Zeit- und Kostendruck erfordert in weiter zunehmendem Maße den Einsatz von Datentechnologien und sehr schnellen Antworten auf prinzipielle Designfragen. Reine Simulations-basierte Verfahren bieten hierbei schon einige Optionen, allerdings ist die Auswahl an möglichen Designparametern noch stark eingeschränkt und die Modellparametrisierung mitunter sehr komplex.

Wie bekommt man es also hin, in der frühen Phase möglichst viele und auch valide Designmöglichkeiten sehr schnell zu evaluieren und auf dieser Basis den optimalen Parametersatz bzgl. der Anforderungen zu finden? Für frühzeitige, schnelle und valide Designentscheidungen ist es wichtig, das bestehende Knowhow der Konstruktion bereits in die Datenentstehung einfließen zu lassen.

Unser Ansatz verbindet das Knowhow eines erfahrenen Konstrukteurs (CATIA) mit hocheffizienten Prozessschritten in der Evaluierung (Simulation) sowie die Technologie für daten-getriebene Prognosemodelle (ML).

Der Beitrag zeigt unser Vorgehen auf, wie ausgehend von einem parametrisierten CAD-Modell die Bewertung der Struktureigenschaften automatisiert erfolgen kann und daraus mittels einer DoE eine valide Datengrundlage für ein Machine Learning-basiertes Prognosemodell entsteht.

Anhand eines konkreten Beispiels wird darauf eingegangen, welche CAD-seitigen Voraussetzungen zu erfüllen sind, um den Prozess vollständig automatisieren zu können. Der Brückenschlag von der CAD zur Simulation von in unserem Falle einer Karosseriesubstruktur wird ebenfalls vollständig automatisiert. Somit wird eine CAD-basierte DoE mit umfangreicher Geometrieparametrik aufgesetzt und mit den Modellbildungen und Solvern nach Wahl simuliert (eine Eingrenzung auf systeminterne Solver besteht also nicht). Es wird aufgezeigt, wie auf Basis dieser DoE eine Applikation (Entwurf) für Designentscheidungen aussehen kann, die in nahezu Echtzeit Antworten auf diskutierte Parameteränderungen liefert. Als Highlight können schließlich in einem rekursiven Vorgehen passende Parametervektoren herausgearbeitet werden, die einen vorher definierten Ergebnisvektor erfüllen. Im Ausblick wird aufgezeigt, wie solch eine Anwendung auf Plattformbasis einer breiteren Anwenderschaft (Konstrukteure) zur Verfügung gestellt werden könnte.

### Vortragender:

Michael Probst,  
Leiter Business Development  
CAIQ GmbH  
München



## ***Wie man mit Simulation Zeit und Ressourcen spart***

Autor: Christian Stautner, INNEO Solutions

### **Abstract:**

Erfahren Sie, wie mit Creo und konstruktionsbegleitender Simulation im gesamten Entwicklungsprozess Zeit und Ressourcen gespart werden können, einfach und integriert. Außerdem zeigen wir Ihnen, welche Anforderungen nicht mit der integrierten Simulation von Creo gelöst werden können und wie man in diesen Anforderungsfeldern von Creo Ansys zur klassischen Ansys Simulationssoftware wechselt.

## **3D-Metalldruck in der Praxis – typische Missverständnisse und wie sie sich vermeiden lassen**

### Einführung

Die additive Fertigungstechnik kann in der Regel in wenigen Sätzen grob erklärt werden. Die Einführung ist trotzdem oft ein steiniger Weg, da sich dahinter ein Paradigmenwechsel verbirgt.

- Kurzer Verfahrensüberblick Metall und Fokussierung auf Pbf-lb, da es das am weitest verbreitete Verfahren ist
- Verfahrens-Vorstellung pbf-lb
- Bandbreite der verfügbaren Maschinentypen hinsichtlich Auflösung und Produktivität

### Änderungen im betrieblichen Ablauf:

Häufig wird der Begriff Rapid Prototyping / Manufacturing in Zusammenhang mit der additiven Fertigung genannt. Warum ist das so und was sind die grundlegenden Alleinstellungsmerkmale?

- Serielle vs. Parallele Produktion
- Geschwindigkeit des Herstellungsprozesse vs. Gesamtdurchlaufzeit
- Produktivität vs. Qualität
- Zusammenspiel mit dem Post-Processing

### Werkstoffe in der Additiven Fertigung

Viele Maschinenbau-Kollegen gehen immer noch davon aus, dass additiv gefertigte Bauteile eine geringere Widerstandsfähigkeit haben als konventionell hergestellte. Die wesentlichen Unterschiede können anhand der folgenden Punkte erläutert werden:

- Materialauswahl
- Anisotropie
- Fügen vs. an einem Stück additiv fertigen
- Kennwerte: Zugfestigkeit / Härte etc.

### Perspektivwechsel bei der Kostenbetrachtung notwendig

Häufig scheitert die Nutzung der Additiven Fertigung aufgrund von hohen Kosten. Dies muss nicht so sein, wenn man die richtigen Werkstücke für das Verfahren auswählt und diese evtl. daraufhin optimiert. Darstellung der grundlegenden Zusammenhänge zu den Kosten:

- Baukosten: Volumen/Bauhöhe
- Nachbearbeitung: Stützstrukturen und darüber hinaus
- Kosten vs. Bauteilqualität
- Stückzahlen (Verhältnis Bauplatzform/ Bauteilgröße)
- Set-Preis vs. Stückkosten

### Baufehler vermeiden

Darstellung typischer Qualitätsmängel und ihrer Quellen sowie der Möglichkeiten diese in der Konstruktion / Produktion zu vermeiden.

- Rauheit unterschiedlicher Flächen
- Risse / Absätze
- Lunker
- Verzug / Stützen abgerissen
- Parameterfehler

# ***Creo Parametric mit Startup TOOLS und Freeware für Anwender, Azubis oder Studenten***

Autor: Steffen Nessler, INNEO Solutions

## **Abstract:**

In dem Vortrag erfahren Sie, welche INNEO Produkte rund um Creo Parametric Sie unter welchen Bedingungen kostenlos nutzen können. Anwender von Creo Parametric HomeUse und Studentenlizenzen erhalten unbürokratisch Zugriff auf den nahezu gesamten Funktionsumfang, aber auch für kommerzielle Creo Parametric Anwender stehen enorm nützliche Funktionen kostenlos bereit.

- Funktionsumfang und Anwendungsbeispiele der einzelnen Applikationen
- Voraussetzungen und Bezug der Software
- Infos zur Installation & Nutzung von Creo Parametric

## **Anwendungen zur Demokratisierung der Simulation**

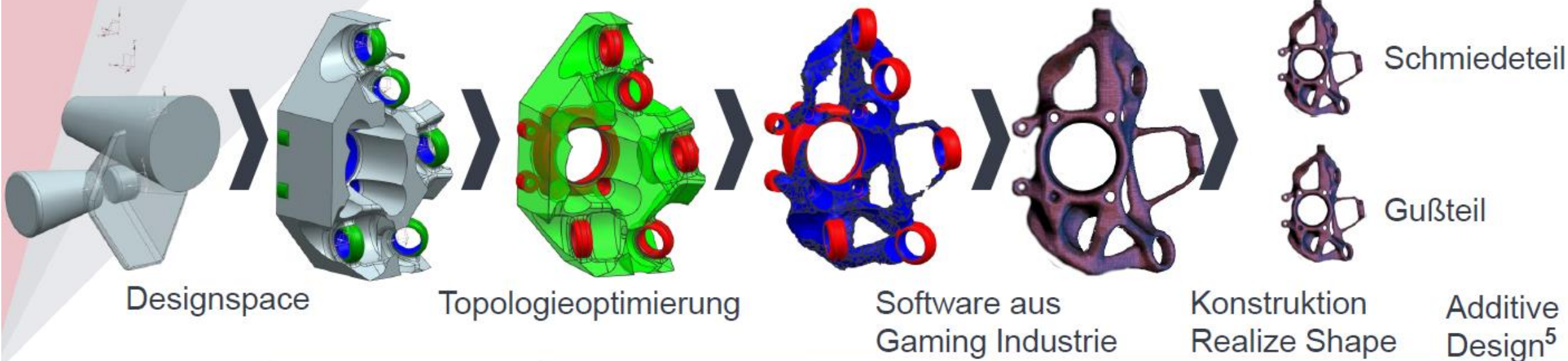
Die Simulation - d.h. die digitale Darstellung der Herstellung, des Gebrauchs und des Betriebs von Produkten in der Struktur-, der Fluidmechanik oder des Elektro-Magnetismus - hat eine hohe Bedeutung in der Produktentwicklung. Der Einsatz der Simulation wächst besonders in den letzten Jahren rasant. Ein wesentlicher Teil dieser Simulationen wird durch speziell geschulte Berechnungs-Ingenieure erbracht. In den letzten Jahren wächst die Kritik an dem bestehenden System der Trennung von Konstruktion und Simulation. Bereits im letzten Jahr hat der Autor verschiedene Ansätze zur Demokratisierung der Simulation vorgestellt.

Der Fokus dieses Beitrages liegt in der Darstellung von Beispielen einer Demokratisierung auf der 3DEXPERIENCE Plattform von Dassault Systèmes. So wird eine einfache Berechnungsdurchführung thermischer oder struktur-mechanischer Anwendungen auf der Basis vorhandener CAD-Daten vorgestellt. Hierbei unterstützen Assistenten die Arbeit des Konstrukteurs. Geführte Prozesse erlauben die komplett automatisierte Durchführung und Auswertung von Simulationen von Bauteilen unter verschiedenen Lasten im Web-Browser. Die Erstellung der geführten Prozesse erfolgt dabei durch einen Berechnungs-Ingenieur. Solche geführten Prozesse werden individuell an die Bedürfnisse des Kunden angepasst. Geführte Prozesse stellen eine ideale Realisierung der Demokratisierung der Simulation dar. Insbesondere auch dann, wenn der Anwender über keine eigene Berechnungsabteilung verfügt.

Author: Ralf Paßmann

## WORKFLOW

- » Bauraumdefinition im Gesamtfahrzeug
- » Topologieoptimierung
- » Aufbereitung (3D-Software aus Gaming Industrie)
- » Konstruktion (Siemens NX – Realize Shape)
- » Analyse
- » Fertigungsgerechte Detailkonstruktion



## ***Creo 11.0 News - Deep dive - Tipps & Tricks***

Autor: Klaus Raab, INNEO Solutions

### **Abstract:**

Creo 11.0 überzeugt durch überwältigende neue Funktionalitäten. Der Anwender profitiert von der Fülle der Optimierungen bei bestehenden Funktionen und den Vereinfachungen bei der Benutzerführung. Die an konkreten Praxisanforderungen gezeigten Funktionserweiterungen, kombiniert mit Tipps und Tricks, sind der perfekte Einstieg für die Nutzung von Creo 11.0. Lassen Sie sich das nicht entgehen.

# ***Machine learning methods for generation of missing life cycle inventory data in prospective LCA***

Autor: Alexandra Belyaeva, Robert Bosch GmbH

## **Abstract:**

LCA is a highly data-intensive method, making it particularly suitable for assessing existing products for which abundant data are available. Estimating products at an early stage of development allows for easy design changes and the selection of more suitable alternatives, thereby reducing their expected burden. An accurate estimate of that plays a crucial role in making the right decisions. However, applying conventional LCA methods to emerging products is challenging due to lack of comprehensive data. This study focuses on foreground LCI data gaps in mechanical-engineered products. To gain clearer insights into the problem, the limitations of a decision tree approach in an existing case are examined. In comparison, machine learning methods that could enhance the performance to accurately estimate the environmental impact are explored, showcasing that beneficial application of machine learning methods provides potential for achieving more accurate prospective LCA results.

# ***Parallel Computing für KMU: Die Erweiterung von Z88 im Gate2HPC-Projekt***

Autor: Peter Grohmann, Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD

## **Abstract:**

Die fortschreitende Digitalisierung in der Produktentwicklung erfordert zunehmend den Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) und Simulationsmethoden. Diese Technologien benötigen jedoch erhebliche Rechenleistung, die durch High Performance Computing (HPC) bereitgestellt werden kann. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) stellt die Integration von HPC-Systemen in bestehende Geschäftsprozesse eine Herausforderung dar. Das Projekt Gate2HPC adressiert dieses Problem, indem es KMU den Zugang zu HPC-Technologien und Methoden der Künstlichen Intelligenz über ein benutzerfreundliches Gateway erleichtert.

Im Mittelpunkt des Vortrags steht die Erweiterung der lizenzkostenfreien Finite-Elemente-Software Z88 im Rahmen des Gate2HPC-Projekts für den Einsatz auf HPC-Systemen. Der Vortrag gibt einen Einblick in die Inhalte des Gate2HPC-Projekts und geht auf die Grundlagen und Grenzen der Parallelisierung ein.



Florian Hüter

**Titel: FE-Modellbildung und Simulation hyperelastischen Materialverhaltens**

**Abstract:**

Technische Elastomerbauteile haben sowohl im Maschinen- und Anlagenbau als auch in der Fahrzeugtechnik und der Konsumgüterindustrie eine große Bedeutung. Die Anforderungen an die Auslegung von Elastomerbauteilen steigen zunehmend, um Optimierungspotenziale konsequent ausschöpfen zu können. Eine zentrale Herausforderung liegt dabei in der Berücksichtigung des komplexen, nichtlinear-elastischen Materialverhaltens von Elastomeren, für dessen Beschreibung sich insbesondere hyperelastische Materialmodelle eignen. Durch die Wahl geeigneter Modellierungsstrategien können das Bauteilverhalten detailliert untersucht und Ansatzpunkte zur Erschließung von Optimierungspotenzialen identifiziert werden. Für den erfolgreichen Einsatz hyperelastischer Materialmodelle in der FEM sind fundierte Kenntnisse über die Modellvorhersagbarkeit und Kalibrierbarkeit der verschiedenen Materialmodelle, der FEM und deren Interaktion mit den Materialmodellen unerlässlich.

Die meisten in kommerziellen FE-Programmen verfügbaren Materialmodelle wie MOONEY-RIVLIN, YEOH, OGDEN und ARRUDA-BOYCE sind nicht in der Lage, die zur Kalibrierung verwendeten Messdaten exakt zu reproduzieren, sondern approximieren diese aufgrund ihrer mäßigen Modellflexibilität mehr oder weniger genau. Der Wunsch, die daraus resultierenden Modellierungsfehler zu eliminieren, führte Anfang der 2000er Jahre zur Entwicklung neuartiger Materialmodelle wie dem MARLOW- oder dem SUSSMAN-BATHE-Modell. Diese basieren im Gegensatz zu den klassischen Materialmodellen nicht auf einem Approximationsansatz, sondern auf einem Interpolationsansatz zur Beschreibung der vorgegebenen Spannungs-Dehnungs-Kurven des Elastomers. Durch ihren speziellen Ansatz sind sie in der Lage, die vorgegebenen Messdatensätze exakt zu reproduzieren und gleichzeitig physikalisch sinnvolle Vorhersagen für beliebige andere Verformungen zu treffen.

Aufbauend auf dem aktuellen Stand der Forschung wird ein interpolationsansatzbasiertes hyperelastisches Materialmodell vorgestellt, das die Kompressibilität von Elastomeren sowie den Einfluss der Mehrachsigkeit auf das elastische Verhalten berücksichtigt.

Darüber hinaus werden die Herausforderungen bei der FEA von Elastomerbauteilen, die im Zusammenhang mit dem meist quasi-inkompressiblen Materialverhalten von Elastomeren auftreten, adressiert und geeignete Modifikationen der klassischen Elementformulierung aufgezeigt. Dazu gehören die reduzierte Integration mit Hourglass-Stabilisierung, die J-Bar-Methode sowie die Hybridelementformulierung.

Ein Anwendungsbeispiel demonstriert die Eignung des neuen Materialmodells für den praktischen Einsatz in der FEA von Elastomerbauteilen.

Florian Hüter, Johannes Wittmann

## **Titel: Statische Reduktion von FE-Strukturen nach Guyan – Effizienzsteigerung durch den Schur-Komplement-Ansatz**

Abstract:

Der effiziente Einsatz von Simulationswerkzeugen im Produktentwicklungsprozess und damit die Einsparung von Werkstoffen, Fertigungs- und Entwicklungszeit gewinnen zunehmend an Bedeutung. Mehrkörpersimulationen (MKS) ermöglichen die Vorhersage des Verformungsverhaltens komplexer Baugruppen. Dabei werden die einzelnen FE-Komponenten der Baugruppe auf die Anschlussstellen (Master-Freiheitsgrade) zu den angrenzenden Komponenten reduziert, indem die übrigen Freiheitsgrade (Slave-Freiheitsgrade) aus dem FE-Gleichungssystem eliminiert werden, um so den Berechnungsaufwand für das Lösen des Gesamtsystems möglichst gering zu halten. Insbesondere bei der Betrachtung mehrerer Betriebspunkte kann so eine recheneffiziente Mehrfachlösung des Gesamtsystems erreicht werden.

Ein etablierter Ansatz zur Modellreduktion ist das statische Reduktionsverfahren nach Guyan. Auch wenn das Verfahren mathematisch eindeutig ist, so lassen sich für seine programmiertechnische Umsetzung verschiedene Algorithmen definieren, die sich im Hinblick auf die Zwischenschritte und ihre Effizienz (Rechenzeit, Arbeitsspeicher) unterscheiden. Im Rahmen dieses Beitrags werden zwei unterschiedliche Algorithmen vorgestellt und miteinander verglichen.

Algorithmus 1 basiert im ersten Schritt auf der Bildung einer Transformationsmatrix, durch deren Multiplikation mit dem FE-Gleichungssystem im zweiten Schritt die statische Reduktion auf die Master-Freiheitsgrade erfolgt. Die Transformationsmatrix entspricht dabei der Recovery-Matrix, die zur Berechnung der Verschiebungen an den Slave-Freiheitsgraden benötigt wird. Nachteilig ist jedoch, dass die Recovery-Matrix im Gegensatz zur Steifigkeitsmatrix nicht dünn, sondern voll besetzt ist, so dass der Rechen- und Speicheraufwand mit steigender Anzahl der Master-Freiheitsgrade deutlich zunimmt und der Algorithmus bei FE-Strukturen mit vielen Freiheitsgraden häufig nicht mehr anwendbar ist.

Dagegen basiert Algorithmus 2 auf der Bildung des Schur-Komplements der Steifigkeitsmatrix durch LU-Zerlegung, wobei das Schur-Komplement genau der reduzierten Steifigkeitsmatrix entspricht. Auf diese Weise wird der explizite Aufbau der Recovery-Matrix umgangen und somit Rechenzeit und Arbeitsspeicher eingespart, weshalb sich Algorithmus 2 insbesondere für die Reduktion großer FE-Strukturen eignet. Durch die fehlende Recovery-Matrix ist jedoch die Berechnung der Verschiebung an den Slave-Freiheitsgraden nur durch Lösung des FE-Gleichungssystems möglich, was jedoch nur einen geringen Mehraufwand bedeutet, wenn die Dreiecksmatrizen aus der LU-Zerlegung zwischengespeichert werden.

Anhand eines Berechnungsbeispiels mit Z88 zeigt dieser Beitrag die höhere Rechen- und Speichereffizienz von Algorithmus 2.

**Titel:**

Flexibel installierte Drähte mit Formgedächtnis – Eine alternative Aktorik für kompakte Bauräume?

**Autoren:**

Robin Löffler, M.Sc.; Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Hornfeck

**Abstract:**

Drähte aus Formgedächtnislegierungen zählen aufgrund ihrer Self-Sensing Eigenschaften zu den intelligenten Materialien und weisen als Aktoren außerdem die höchste Energiedichte unter den bekannten Aktortechnologien auf. Der thermische Formgedächtniseffekt in Aktorikanwendungen beschreibt eine reversible Phasenumwandlung und die damit zusammenhängende, gezielte geometrische Verformung eines Bauteils. Bei Aktoren in Drahtform hat sich eine muskelähnliche Kontraktion des Drahts als primäre geometrische Formänderung durchgesetzt. Trotz der hohen Energiedichte der Drahtaktoren werden vergleichsweise geringe Hübe, im einstelligen Prozentbereich der gesamten Aktordrahtlänge, erreicht. Zur Realisierung großer absoluter Hubbewegungen werden folglich große Drahtlängen benötigt. Insbesondere zur Substitution von bestehenden Aktorbaugruppen ist es notwendig diese Drahtaktoren in bestehende, zumeist kompakte Bauräume zu installieren. Die Installation der Drähte erfolgt über verschiedene Umlenkstellen, welche zusammen ein Trägerbauteil ergeben. Durch diese Umlenkstellen entstehen aufgrund von Reibung und Wärmeaustausch wiederum Kraft- und Hubverluste. Aus diesem Grund werden in diesem Beitrag die Einflussgrößen von Trägerbauteilen mit verschiedenen Umlenkgeometrien auf die Formgedächtnis-Drahtaktoren beschrieben und durch Beispiele veranschaulicht.

Johannes Wittmann

**Titel: Modal- und Frequenzganganalyse interagierender Bauteilkomponenten am Beispiel einer Elastomer-Gelenkwelle und eines Industriegetriebes**

Abstract:

Die strukturdynamische Finite-Elemente-Analyse ermöglicht die frühzeitige Bereitstellung relevanter Informationen über kritische Schwingungsphänomene in Form von Schwingungsformen und Resonanzfrequenzen. Bauteilschwingungen sind eine komplexe Zusammensetzung der einzelnen Schwingungseigenschaften der Systemkomponenten. In den verschiedenen Entwicklungsbereichen rücken leistungsfähige strukturdynamische Simulationsstrategien zunehmend in den Fokus, da ganzheitliche Systemmodellierungen an die Grenzen moderner Rechenkapazitäten stoßen. Zur weiteren Effizienzsteigerung in Z88 bieten die entwickelten Modellierungswerkzeuge neue Möglichkeiten zur Erfassung dynamischer Effekte in der umgebungsbasierten Modal- und Frequenzganganalyse. So können Strukturantworten infolge harmonischer Schwingungsanregungen in Baugruppen durch die Bereitstellung von Eigenschwingungsformen vereinfacht ermittelt werden. Der Zugang zu Ansätzen der dynamischen FE-Modellreduktion ist damit sowohl für einzelne Teilstrukturen als auch für Gesamtmodelle gewährleistet. Alle Erkenntnisse aus der experimentellen und analytischen Validierung sowie aus den Untersuchungen der Eigenentwicklung sind in die Berechnungen der praxisnahen Anwendungsfälle eines Getriebegehäuses und einer Elastomer-Gelenkwelle eingeflossen.