

Projektvorstellung

Gate2HPC

Eine umfassende Plattform für KI und FEA in KMU

Themenbereich *High-Performance-Computing*

Peter Grohmann, M.Sc.
Johannes Mohr, M.Sc.

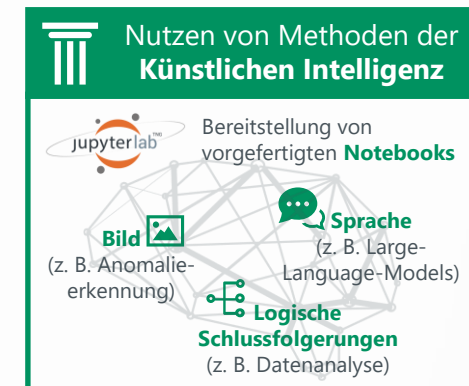
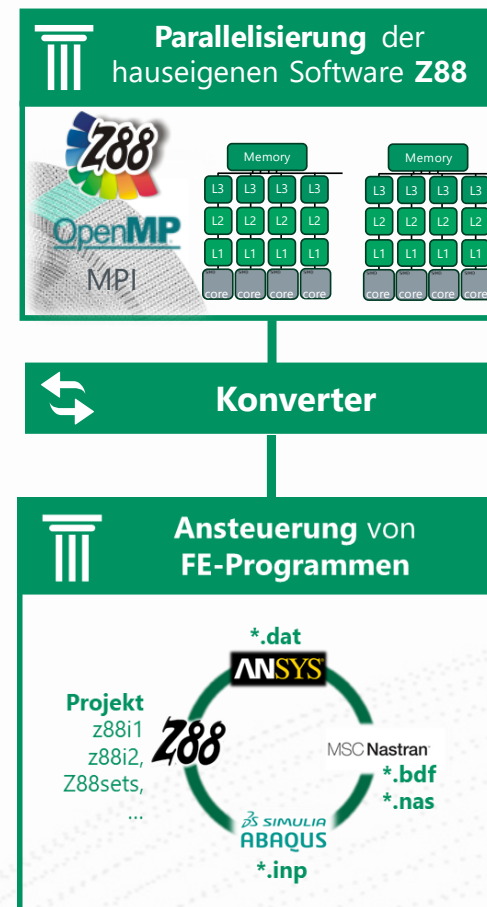


Lehrstuhl für
Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Bayerisches Staatsministerium für
Wissenschaft und Kunst



Kofinanziert von der
Europäischen Union





Johannes Mohr, M.Sc.

- Wirtschaftsingenieur, M.Sc. (Universität Bayreuth)
- Seit ca. 3 Jahren wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD in Bayreuth
- Projektthemen:
 - Werkzeugdatenaustausch/ Kompatibilitätsverbesserung
 - High-Performance-Computing
 - Finite-Elemente-Analyse

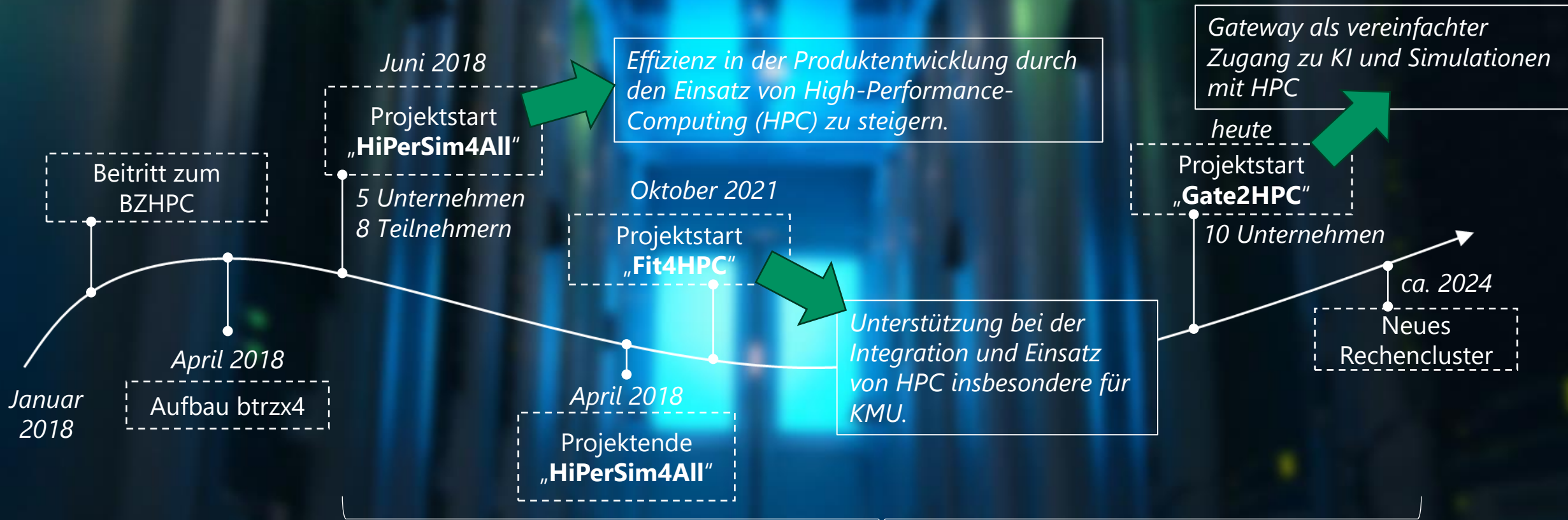


Peter Grohmann, M.Sc.

- Applied Research in Engineering Sciences, M.Sc.
- Seit ca. 1 Jahr wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD in Bayreuth
- Projektthemen:
 - FE-Solverentwicklung
 - FE-Datenformate & Konvertierung
 - C/C++ & Python Programmierung und Optimierung



HPC am LSCAD: Eine Historie

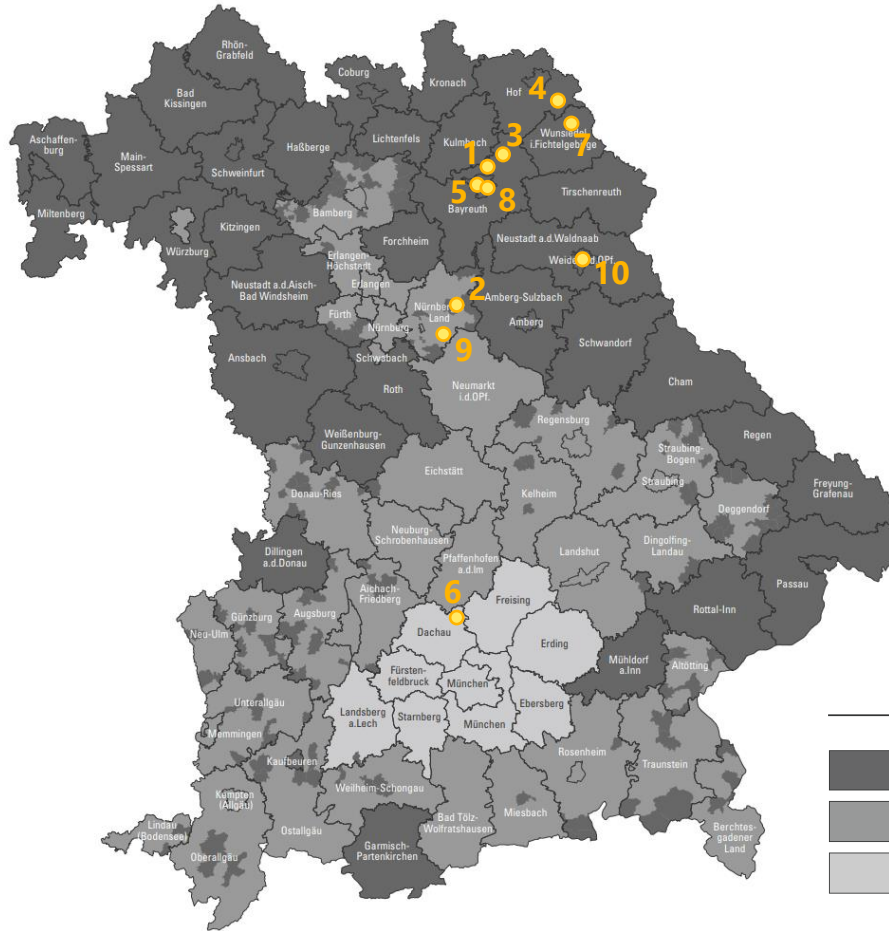


- ✓ Aufbau u. Transfer von Know-How
- ✓ Entwicklung von Methoden und Tools
- ✓ Netzbildung

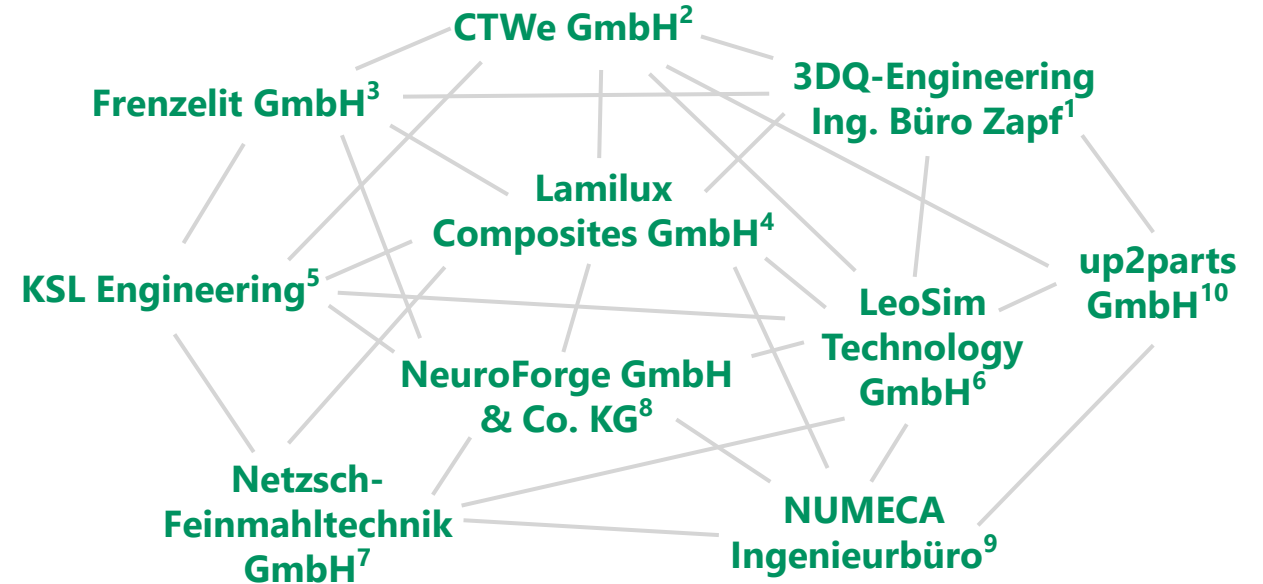
[6]

Übersicht

Fördergebiet



- Landkreis / kreisfreie Stadt
- EFRE-Schwerpunktgebiet (Raum mit besonderem Handlungsbedarf gemäß LEP, Stand: 1. März 2018), mindestens 60 % der EFRE-Mittel
- Sonstiges EFRE-Fördergebiet
- EFRE-Fördergebiet nur für den Förderbereich 2 (Klima- und Umweltschutz)



Vorstellung der Projektinhalte (FEA)

FEA am LSCAD

Pressverbandauslegung nach DIN 7190

Seite 6
DIN 7190:2001-02

4 Berechnung von Pressverbänden

4.1 Grundlagen

Die Berechnungsverfahren dieser Norm gelten für Pressverbände mit gleicher konstanter axialer Länge von Innen- und Außenteil (siehe Bild 1).

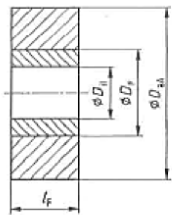


Bild 1 – Berechnungsmodell

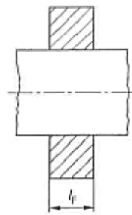
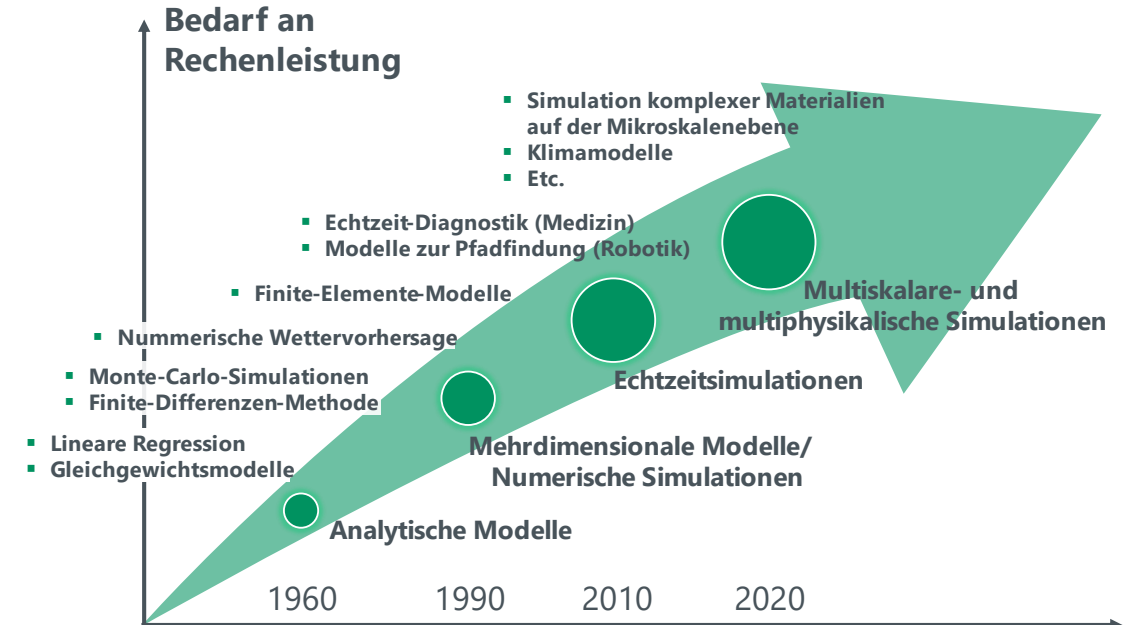
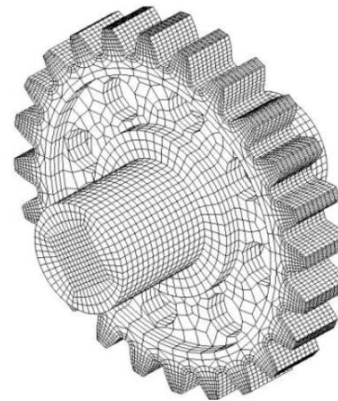


Bild 2 – Realer Pressverband

Näherungsweise können die Berechnungsverfahren auch auf Pressverbände nach Bild 2 angewendet werden, wobei allerdings Spannungsüberhöhungen im Bereich der Nabenkante [1], [15] nicht erfasst werden.

Pressverbandauslegung mithilfe der Finite Elemente Analyse (FEA)

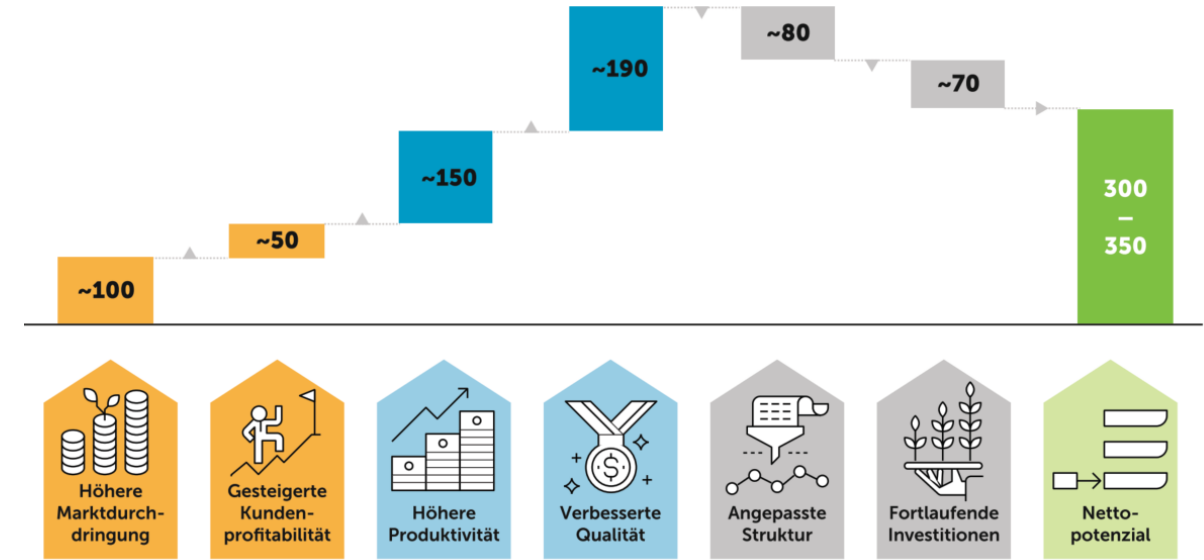
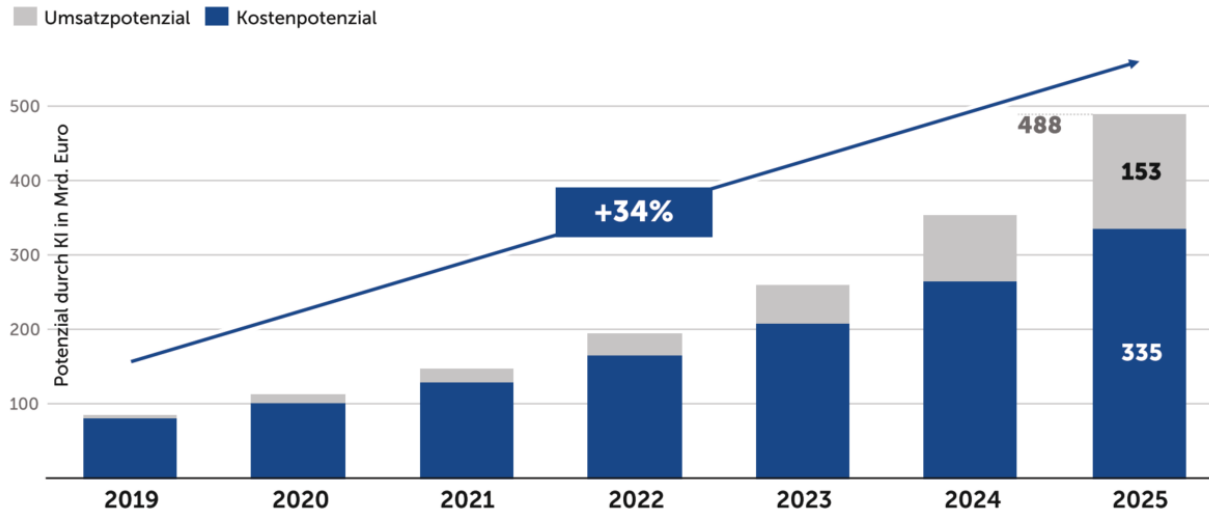


Detailliertere Modelle führen zu
höheren Bedarf an Rechenleistung



Vorstellung der Projektinhalte (KI)

Auswirkungen auf die Wirtschaft/Potentiale



[7] eco - Verband der Internetwirtschaft e.V.: Künstliche Intelligenz - Potenzial und nachhaltige Veränderung der Wirtschaft in Deutschland. 1. Aufl. : eco e.V., 2019

Spannungsfeld

KI-Modelle und Simulationen
bieten viel Potential zur
Effizienzsteigerung!



KI-Modelle und Simulationen
werden **komplexer** und
aufwändiger und benötigen
eine **hohe Rechenleistung**
sowie -kapazität!

Lösung durch...



HPC-Hürden

- Software
 - Lizenzgebühren
- Hardwarekosten
 - Anschaffungskosten
 - Wartung
- Niedrige Usability
- Datenschutz und Sicherheit
- Schwankender Anwendungsbedarf
- Fehlendes Know-How
- Etc.

Gate2HPC

- **Gefördert durch:** Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
- **Schwerpunkt:** Digitalisierung
- **Förderbereich:** 1 – Innovation und Wettbewerbsfähigkeit
- **Fördermaßnahme:** 2 – Technologietransfer von Hochschulen in KMU
- **Projektlaufzeit:** Juni 23 – Mai 27



Nutzen von Methoden der Künstlichen Intelligenz



Bereitstellung von vorgefertigten **Notebooks**



Bild
(z. B. Anomalie-erkennung)



Sprache
(z. B. Large-Language-Models)



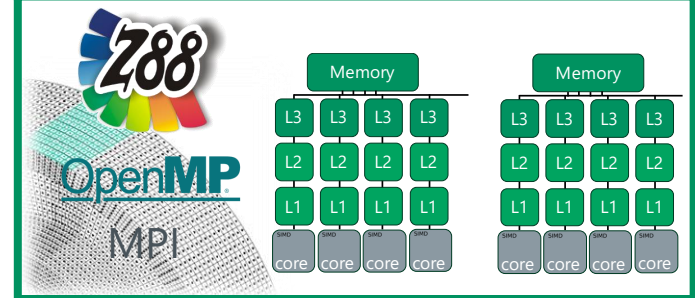
Logische Schlussfolgerungen
(z. B. Datenanalyse)



Ansteuerung von FE-Programmen



Parallelisierung der hauseigenen Software Z88



Konverter



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

Bayerisches Staatsministerium für
Wissenschaft und Kunst



Kofinanziert von der
Europäischen Union



Gate2HPC

- **Gefördert durch:** Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
- **Schwerpunkt:** Digitalisierung
- **Förderbereich:** 1 – Innovation und Wettbewerbsfähigkeit
- **Fördermaßnahme:** 2 – Technologietransfer von Hochschulen in KMU
- **Projektlaufzeit:** Juni 23 – Mai 27



Nutzen von Methoden der Künstlichen Intelligenz



Bereitstellung von vorgefertigten **Notebooks**



Bild
(z. B. Anomalie-erkennung)



Sprache
(z. B. Large-Language-Models)



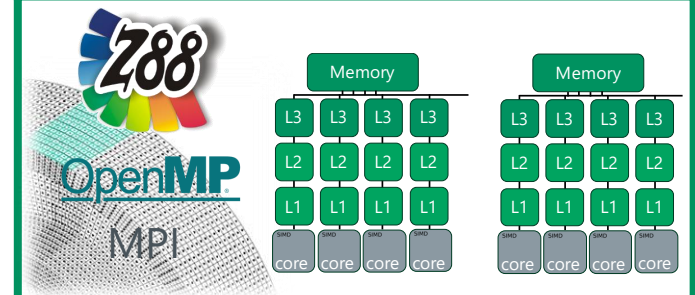
Logische Schlussfolgerungen
(z. B. Datenanalyse)



Ansteuerung von FE-Programmen



Parallelisierung der hauseigenen Software Z88



Konverter



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

Bayerisches Staatsministerium für
Wissenschaft und Kunst



Kofinanziert von der
Europäischen Union



Gate2HPC

- **Gefördert durch:** Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
- **Schwerpunkt:** Digitalisierung
- **Förderbereich:** 1 – Innovation und Wettbewerbsfähigkeit
- **Fördermaßnahme:** 2 – Technologietransfer von Hochschulen in KMU
- **Projektlaufzeit:** Juni 23 – Mai 27



Nutzen von Methoden der Künstlichen Intelligenz



Bereitstellung von vorgefertigten **Notebooks**



Bild
(z. B. Anomalie-erkennung)



Sprache
(z. B. Large-Language-Models)



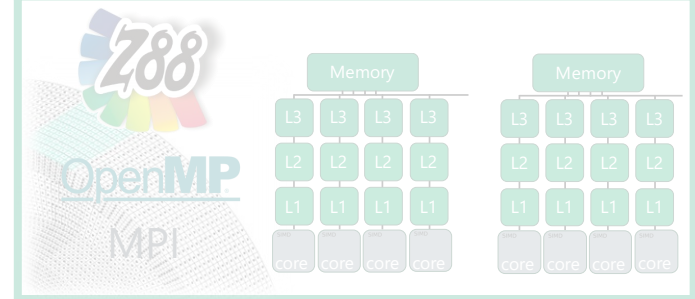
Logische Schlussfolgerungen
(z. B. Datenanalyse)



Ansteuerung von FE-Programmen



Parallelisierung der hauseigenen Software Z88



Konverter



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

Bayerisches Staatsministerium für
Wissenschaft und Kunst



Kofinanziert von der
Europäischen Union





Ansteuerung von FE-Programmen



Problemstellung

- Heterogene FE-Programmlandschaft führt zu einer Vielzahl unterschiedlicher Datenformate, die nicht ohne weiteres in andere FE-Programmsysteme überführt werden können.
 - Hemmnis für Wissenstransfer und Zusammenarbeit.
 - Wirtschaftliche Einbußen durch Lizenzkosten für FE-Programmsysteme





Ansteuerung von FE-Programmen



Problemstellung

- Heterogene FE-Programmlandschaft führt zu einer Vielzahl unterschiedlicher Datenformate, die nicht ohne weiteres in andere FE-Programmsysteme überführt werden können.

- Hemmnis für Wissenstransfer und Zusammenarbeit.
- Wirtschaftliche Einbußen durch Lizenzkosten für FE-Programmsysteme

Lösung durch...

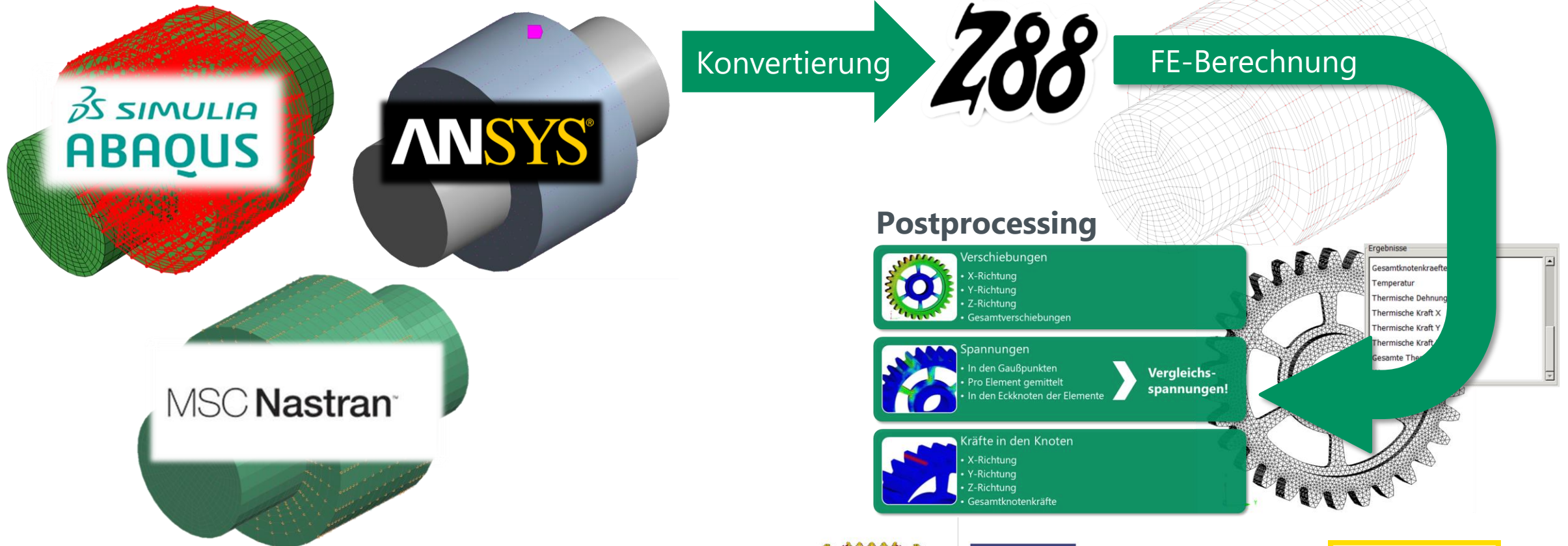
**Schaffung von
Interoperabilität durch
Konvertierungsmöglichkeit**



Konverter

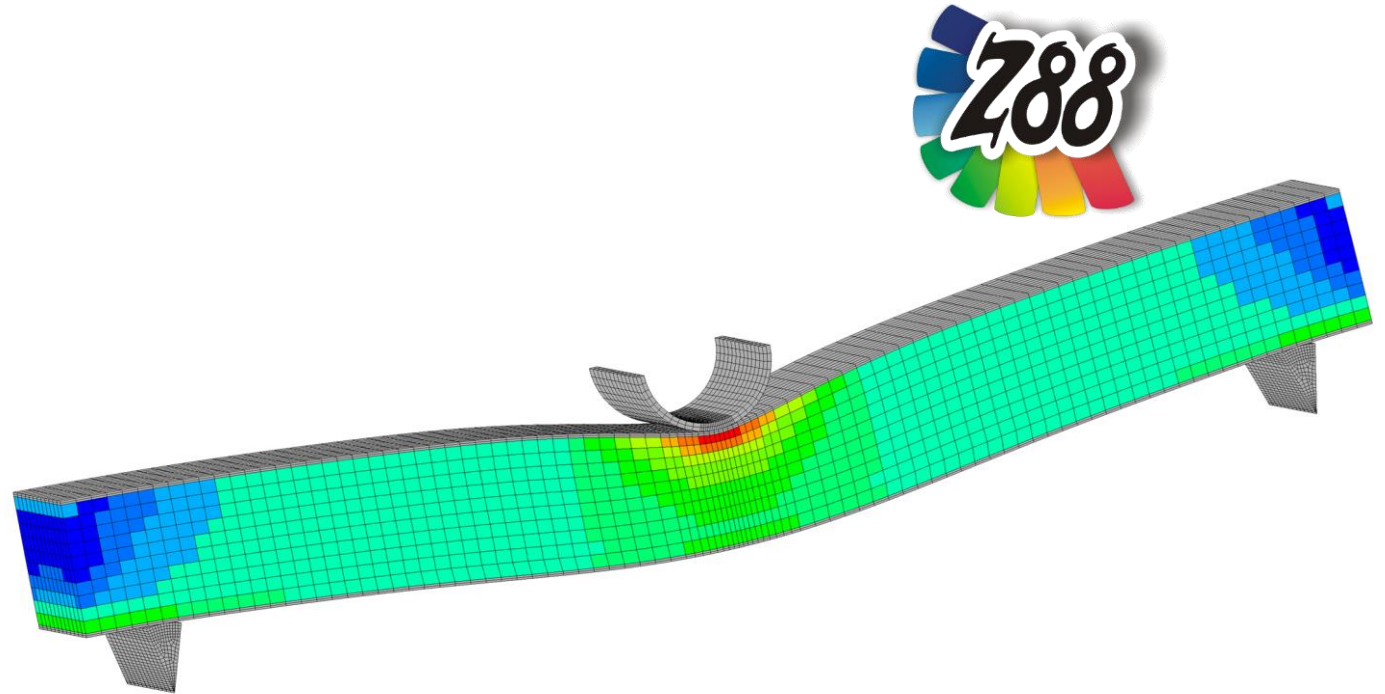


Initiierung von Z88-FE-Berechnungen mit FE-Modellen der verschiedenen kommerziellen FE-Programmiersysteme



Problemstellung

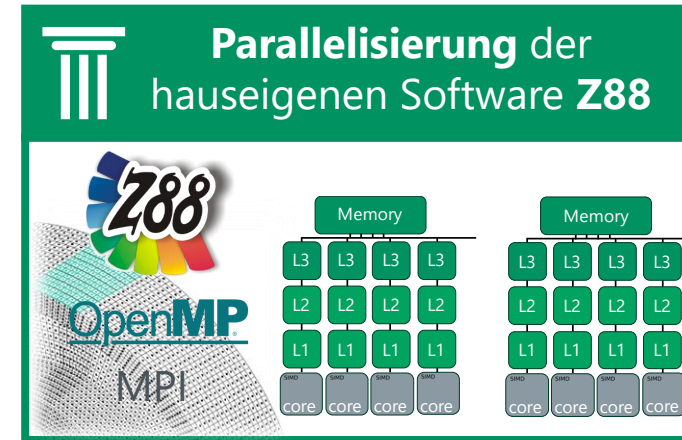
- Lehrstuhleigenes lizenzkostenfreies Programmsystem Z88 ist nicht HPC-fähig.
 - Perspektivisches Hindernis für die effektive Nutzung von Z88 für komplexe Simulationen.
 - Wettbewerbsnachteil gegenüber kommerziellen FE-Programmiersystemen



Problemstellung

- Lehrstuhleigenes lizenzkostenfreies Programmsystem Z88 ist nicht HPC-fähig.
 - Perspektivisches Hindernis für die effektive Nutzung von Z88 für komplexe Simulationen.
 - Wettbewerbsnachteil gegenüber kommerziellen FE-Programmiersystemen

Lösung durch...



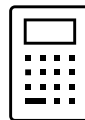
Bereitstellung eines lizenzkostenfreien HPC-fähigen FE-Programmiersystems

High Performance Computing

Ziel: Maximierung der Leistung einer einzelnen Anwendung oder Simulation. Häufig bestehen starke Abhängigkeiten zwischen den durchzuführenden Berechnungen.

Probleme mit mehr oder weniger vielen Abhängigkeiten.

Beispiel: Lösung von Differentialgleichungen (Strömungsmechanik, Finite-Elemente-Methode, meteorologische Modelle, ...).



High-Throughput Computing

Ziel: Maximierung des Durchsatzes mehrerer unabhängig voneinander ablaufender Aufgaben oder Prozesse innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens.

Probleme die „peinlich bzw. inhärent“ parallel sind

Beispiel: Datenanalyse, Textverarbeitung, Bildanalyse, Brute-Force Password knacken



Problemklasse

High-Throughput Computing

Ziel: Maximierung des Durchsatzes mehrerer unabhängig voneinander ablaufender Aufgaben oder Prozesse innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens.

Probleme die „peinlich bzw. inhärent“ parallel sind

Beispiel: Datenanalyse, Textverarbeitung, Bildanalyse, Brute-Force Password knacken



High Performance Computing

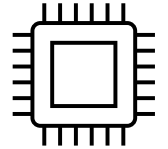
Ziel: Maximierung der Leistung einer einzelnen Anwendung oder Simulation. Häufig bestehen starke Abhängigkeiten zwischen den durchzuführenden Berechnungen.

Probleme mit mehr oder weniger vielen Abhängigkeiten.

Beispiel: Lösung von Differentialgleichungen (Strömungsmechanik, Finite -Elemente-Methode, meteorologische Modelle, ...).



Geeignete Hardwarearchitekturen



Systeme bestehend aus weiteren feinkörnigeren anwendungsspezifischen Prozessorkernen

Systeme bestehend aus feinkörnigeren Prozessorkernen

Systeme bestehend aus komplexeren, grobkörnigeren Prozessorkernen



Parallelität innerhalb eines Knotens/Prozessorkerns

ILP

SIMD

...

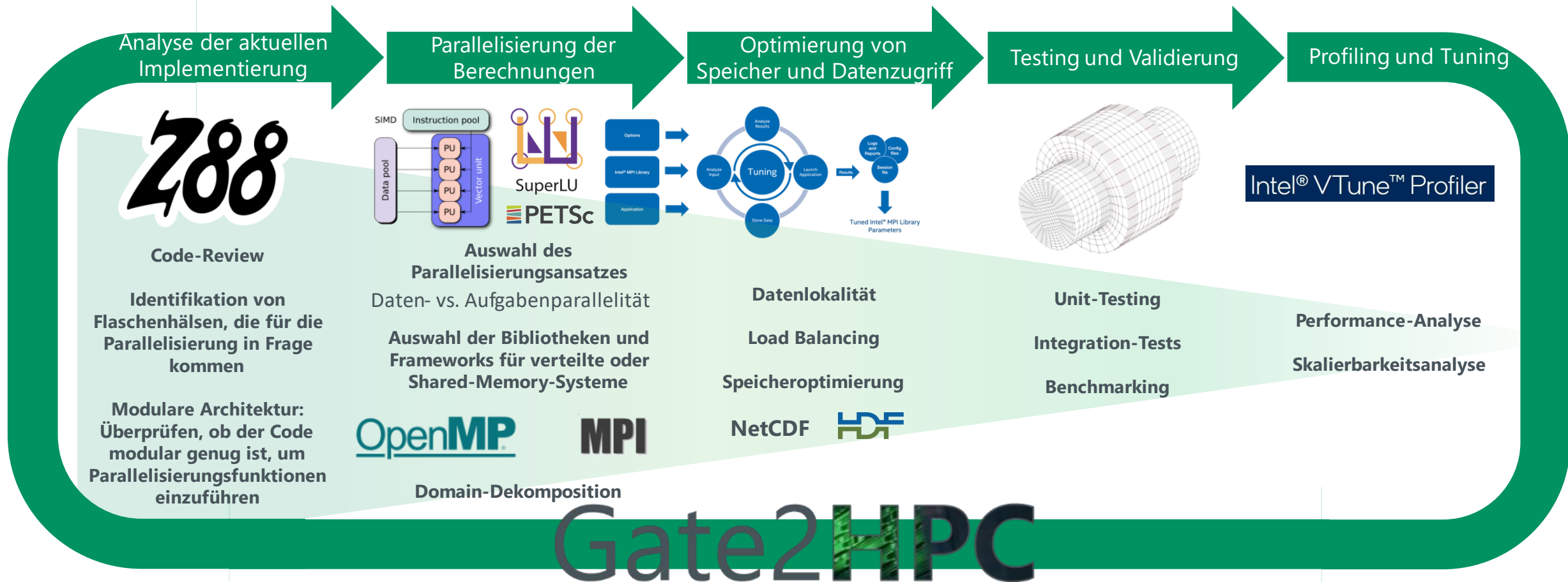
Parallelität durch Ausnutzung mehrerer Knoten/CPU-Kerne

Verwendung von **Thread-Bibliotheken** oder OpenMP [3], um parallele Programme zu schreiben, die ein **Shared-Memory-Modell** erfordern.

OpenMP Pthreads

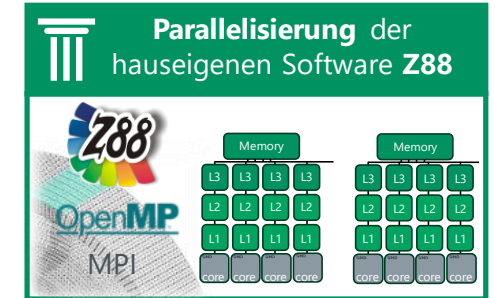
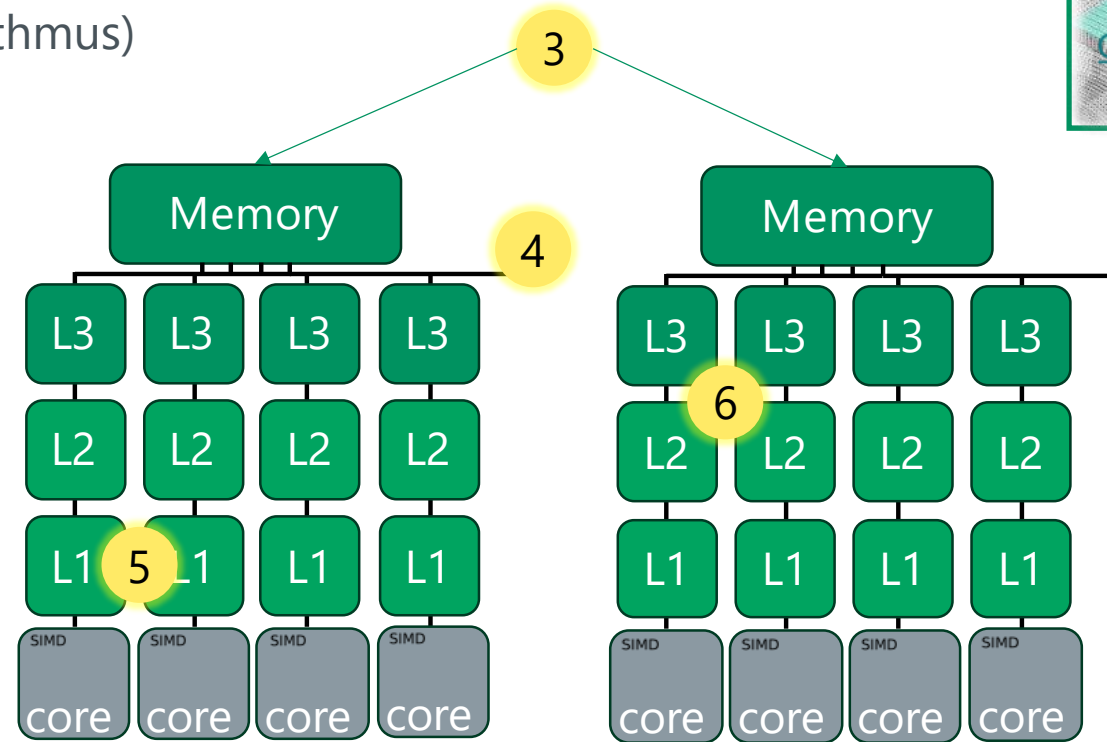
Schreiben von SPMD-Programmen (Single Program Multiple Data) und die Verwendung von **MPI-Bibliotheksroutinen** (Message-Passing Interface) [6] für Kommunikation und Synchronisation.

MPI



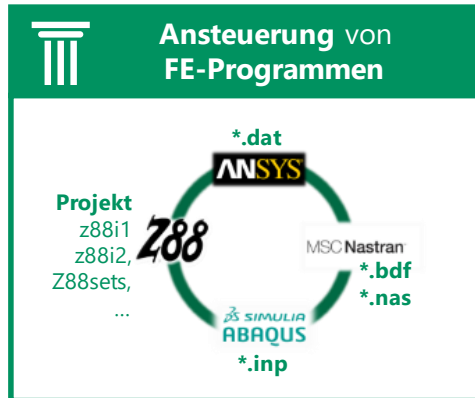


- 1 Reduktion der Rechenarbeit (Algorithmus)
- 2 Minimierung der Prozessorarbeit
- 3 Aufteilen der Arbeit und Daten für eine optimale Nutzung der Ressourcen
- 4 Langsame Datenwege vermeiden
- 5 Verwenden der effektivsten Ausführungseinheiten der Ressourcen
- 6 Vermeiden von Flaschenhälsen



Gate2HPC

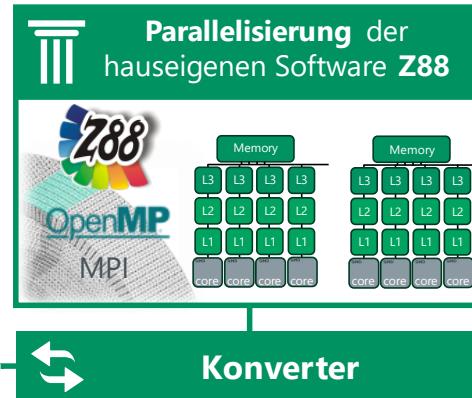
- **Gefördert durch:** Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
- **Schwerpunkt:** Digitalisierung
- **Förderbereich:** 1 – Innovation und Wettbewerbsfähigkeit
- **Fördermaßnahme:** 2 – Technologietransfer von Hochschulen in KMU
- **Projektlaufzeit:** Juni 23 – Mai 27



**Schaffung von
Interoperabilität**



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

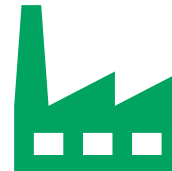


**Leistungsfähiges
Lizenzkostenfreies
FE-Programmsystem**

Bayerisches Staatsministerium für
Wissenschaft und Kunst



**Förderung der Zusammenarbeit und des
Wissensaustausches**



**Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der
teilnehmenden Unternehmen
insbesondere von KMU.**

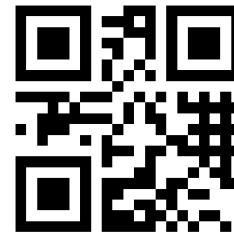
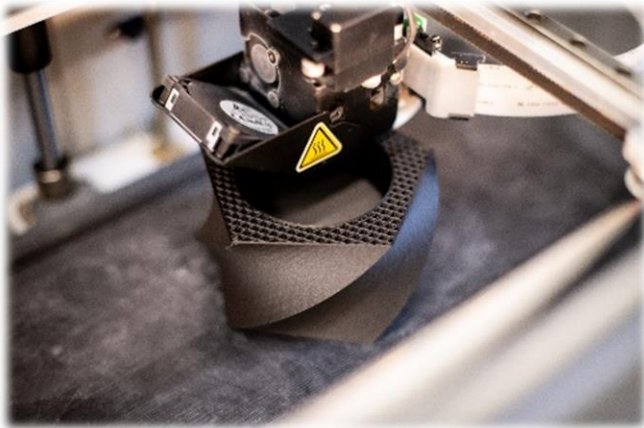


Kofinanziert von der
Europäischen Union



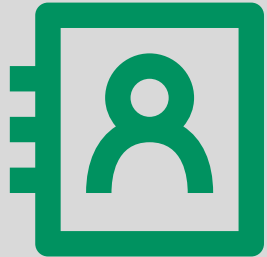


Weiterführende Informationen etwa zu
Lehrveranstaltungen, aktuellen
**Projekten, Studien- und
Abschlussarbeiten** oder
Industrieraufträgen:
www.lscad.de
konstruktionslehre.cad@uni-bayreuth.de



Wir freuen uns über Ihr Interesse!





Johannes Mohr, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Tel.: +49 (0) 921 55 7224

Fax: +49 (0) 921 55 7195

E-Mail: johannes.mohr@uni-bayreuth.de

Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel
Universität Bayreuth

Universitätsstr. 30, 95447 Bayreuth

www.lscad.de

www.z88.de

Peter Grohmann, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Tel.: +49 (0) 921 55 7144

Fax: +49 (0) 921 55 7195

E-Mail: peter.grohmann@uni-bayreuth.de

Konstruktionslehre und CAD
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel
Universität Bayreuth

Universitätsstr. 30, 95447 Bayreuth

www.lscad.de

www.z88.de



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!



- [1] Bader, R., Hager, G., Weinberg, V., & Wittmann, M. (2023). Advanced OpenMP Programming. LRZ; RRZE; NHR@FAU.
- [2] Lago, R. (2022). Intel® oneAPI Base and HPC Toolkits: Diagnostics & Profiling Tools.
- [3] Shadrina, A. (2023, June). Parallelizing heterogenous applications with Intel® OpenMP and OpenMP offloading: Advanced Topics. Workshop presented at LRZ. Email: alina.shadrina@intel.com
- [4] Coles, J. (2021, November 3). The Roofline Model. Presented at the HPC Code Optimisation Workshop.
- [5] Grohmann, P. et. Al. (2023). Forschungsvorhaben FVA 972 I – FE-Konverter. Abschlussbericht. Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V., Frankfurt am Main, 2023
- [6] Lange, C. (2021). Projektkickoff - Wissenstransferprojekt Fit4HPC.
- [7] eco - Verband der Internetwirtschaft e.V. (2019). Künstliche Intelligenz - Potenzial und nachhaltige Veränderung der Wirtschaft in Deutschland (1. Aufl.). eco e.V.