

# Projektvorstellung

# Gate2HPC

## Eine umfassende Plattform für KI und FEA in KMU

### Themenbereich *High-Performance-Computing*

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

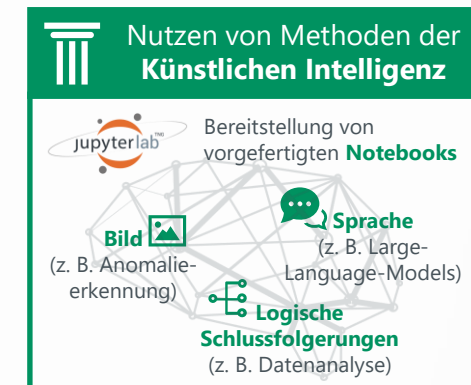
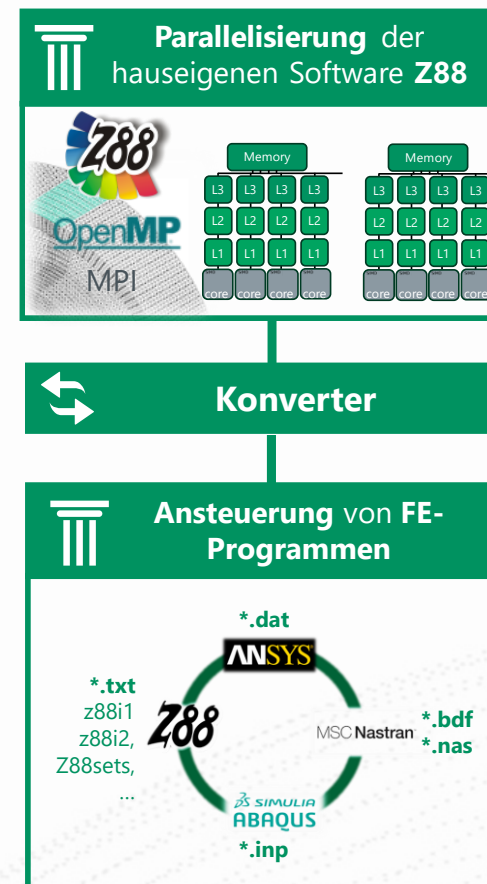


Lehrstuhl für  
Konstruktionslehre und CAD  
Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel

Bayerisches Staatsministerium für  
Wissenschaft und Kunst



Kofinanziert von der  
Europäischen Union





## Johannes Mohr, M.Sc.

- Wirtschaftsingenieur, M.Sc. (Universität Bayreuth)
- Seit 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





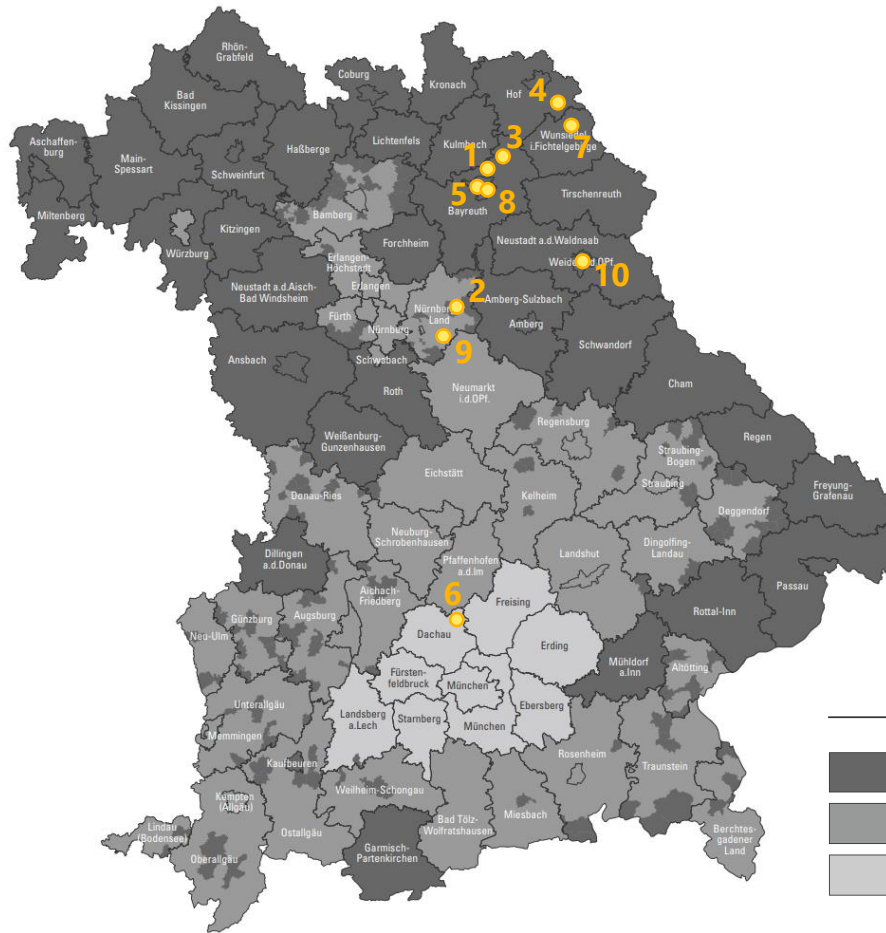
# HPC am LSCAD: Eine Historie



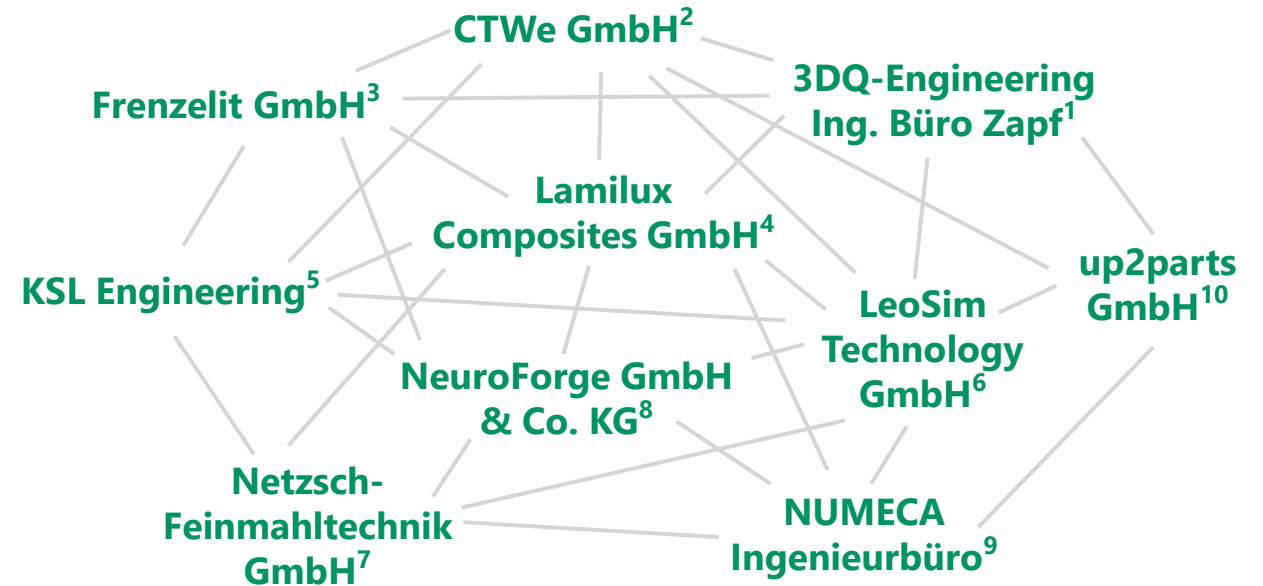
- ✓ Aufbau u. Transfer von Know-How
- ✓ Entwicklung von Methoden und Tools
- ✓ Netzbildung

# 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).

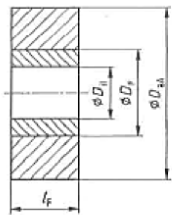


Bild 1 – Berechnungsmodell

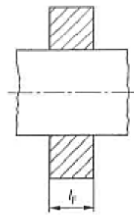
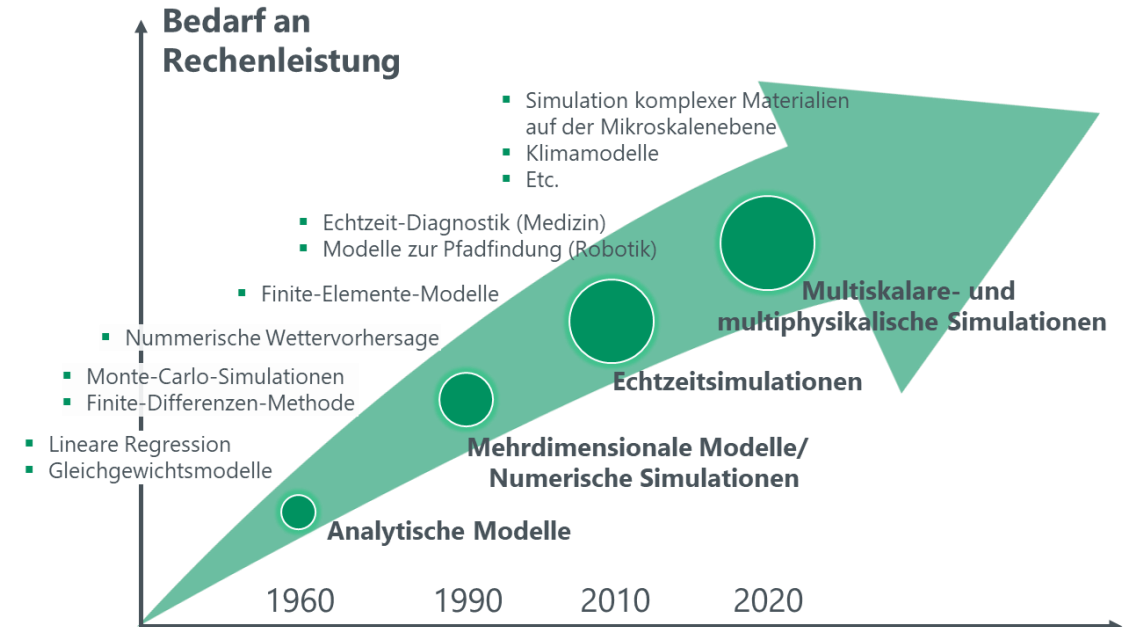
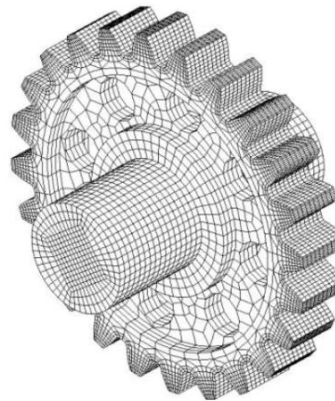


Bild 2 – Realer Pressverband

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)

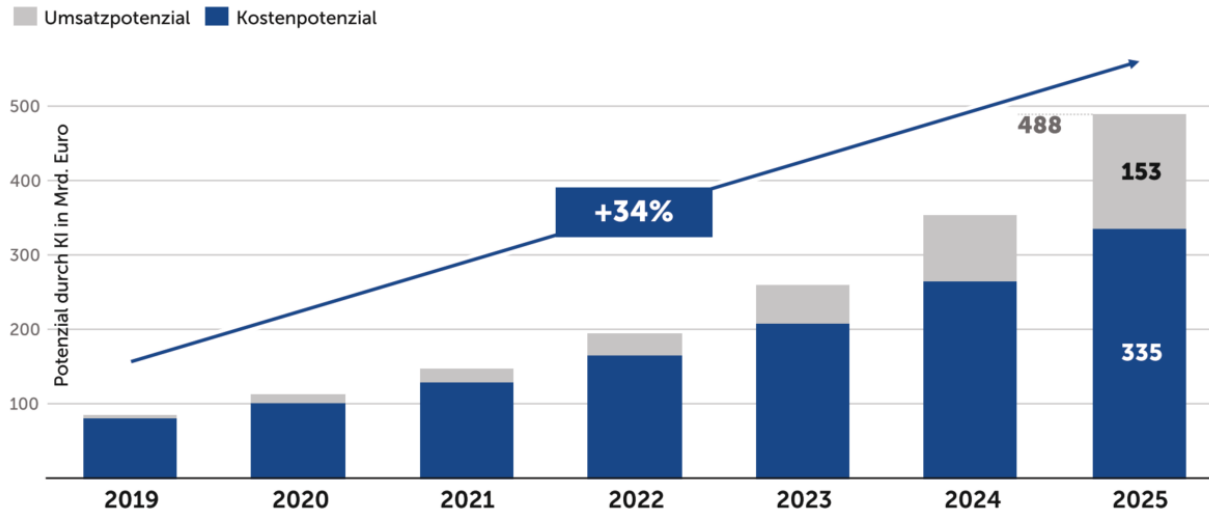


Detailliertere Modelle führen zu  
größerer Komplexität

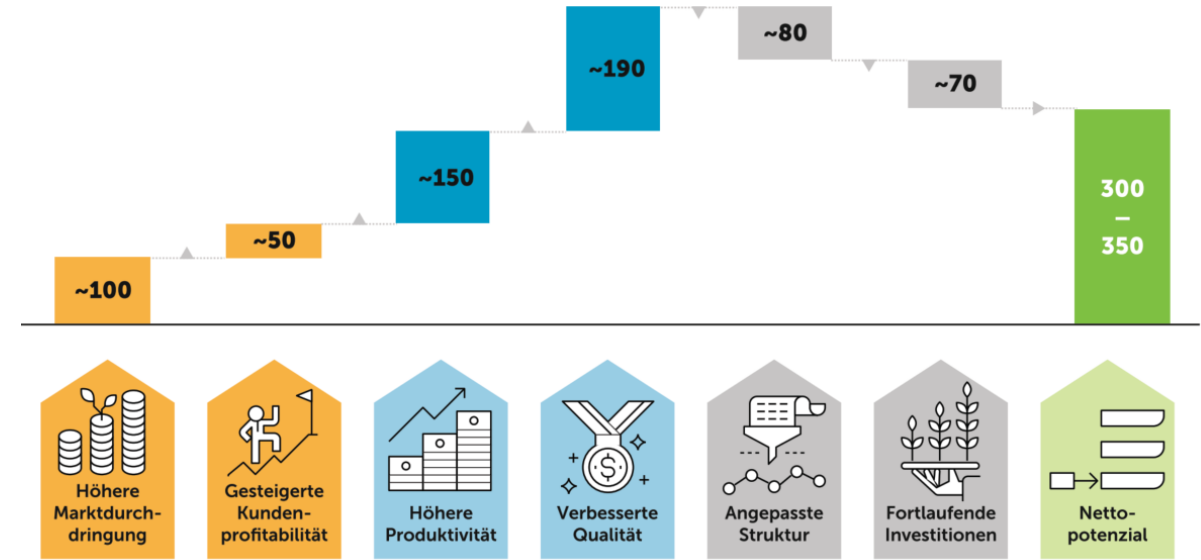


# Vorstellung der Projektinhalte (KI)

## Auswirkungen auf die Wirtschaft/Potentiale



**Entwicklung des Potenzials künstlicher Intelligenz für deutsche Unternehmen 2019-2025, in Milliarden Euro**



**Auswirkung von künstlicher Intelligenz auf die deutsche Wirtschaft 2025, in Milliarden Euro**

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)



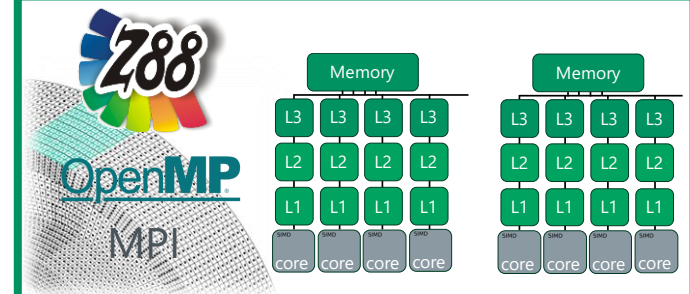
**Logische Schlussfolgerungen**  
(z. B. Datenanalyse)



#### 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



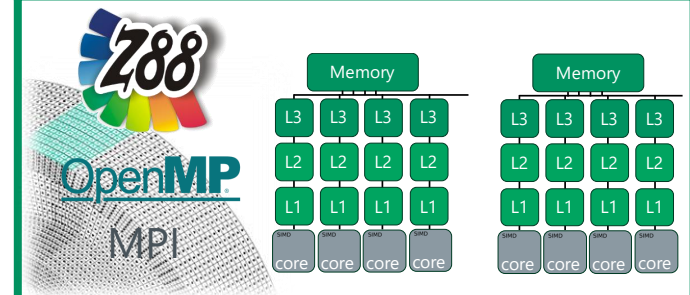
Bereitstellung von vorgefertigten **Notebooks**



#### Ansteuerung von FE-Programmen



#### Parallelisierung der hauseigenen Software Z88



#### Konverter



### 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)



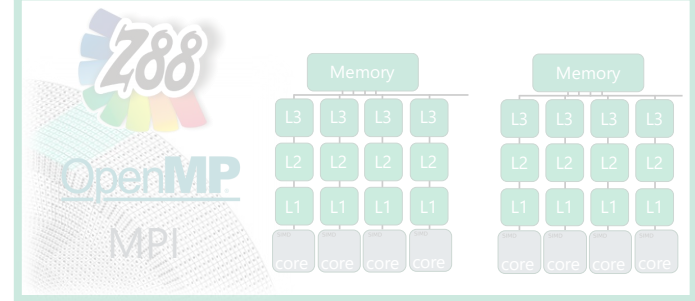
**Logische Schlussfolgerungen**  
(z. B. Datenanalyse)



#### 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

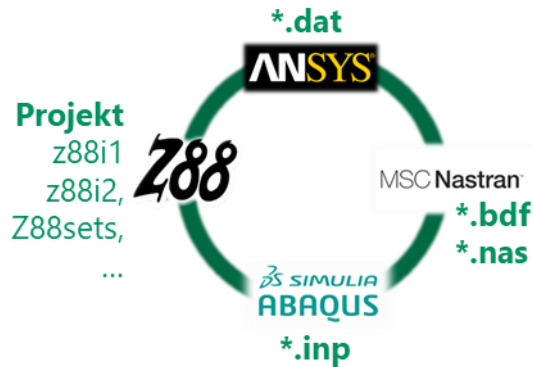


Kofinanziert von der  
Europäischen Union





### Ansteuerung von FE-Programmen



### Problemstellung

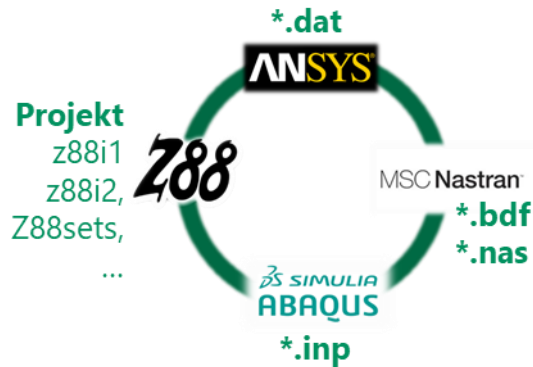
- Heterogene FE-Programmlandschaft führt zu einer Vielzahl unterschiedlicher Datenformate, die nicht ohne weiteres in andere FE-Programmsysteme überführt werden können.
  - Hemmnis für Wissenstransfer und Zusammenarbeit.
  - Wirtschaftliche Einbußen durch Lizenzkosten für FE-Programmsysteme







### 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...

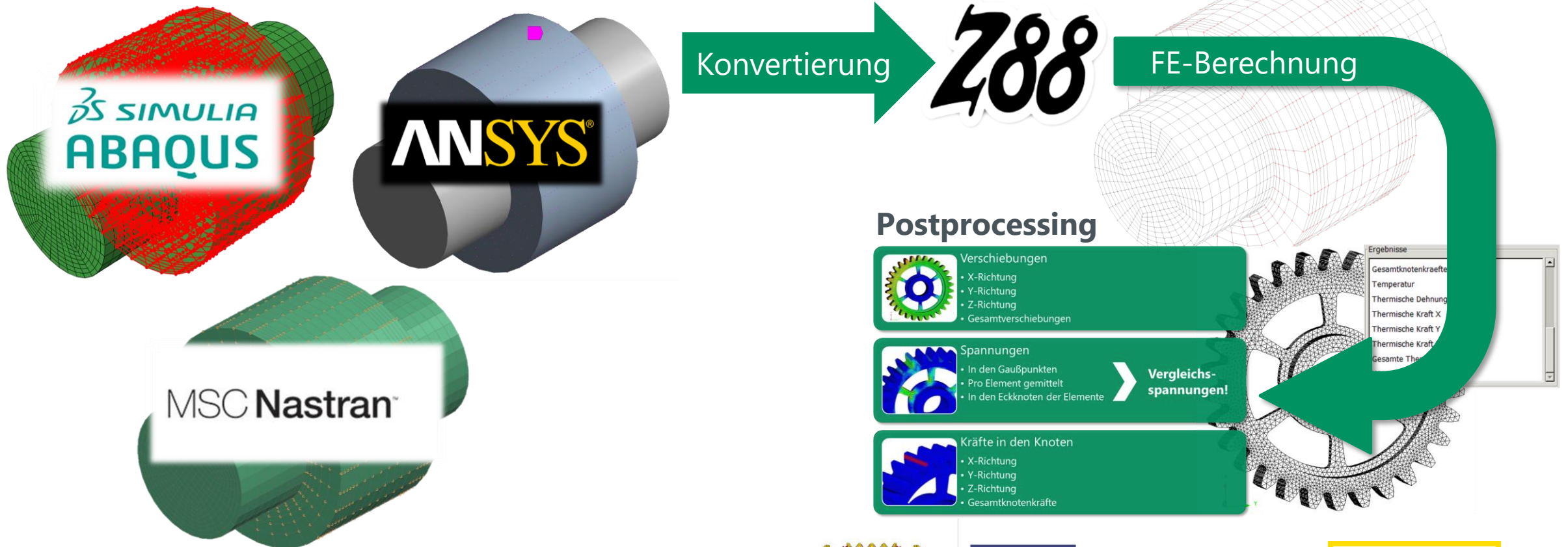
**Schaffung von  
Interoperabilität durch  
Konvertierungsmöglichkeit**



**Konverter**

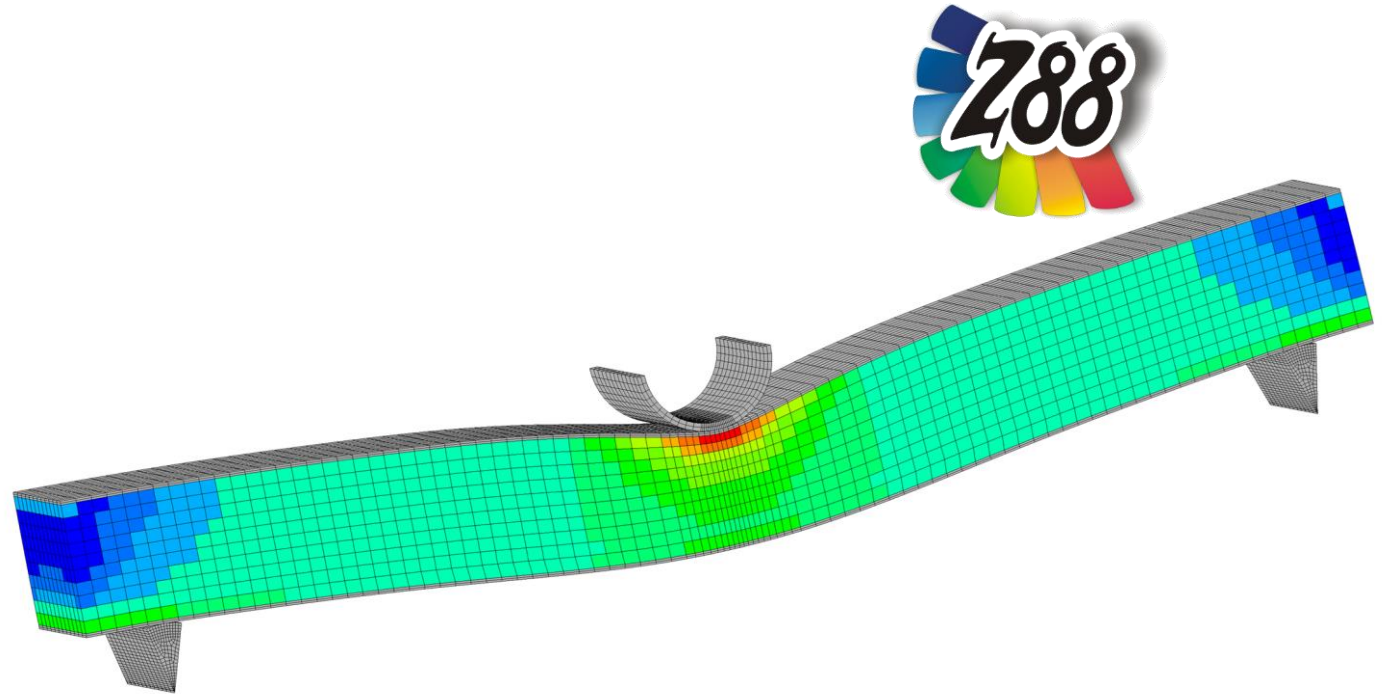


### Initiierung von Z88-FE-Berechnungen mit FE-Modellen der verschiedenen kommerziellen FE-Programmiersysteme



### 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

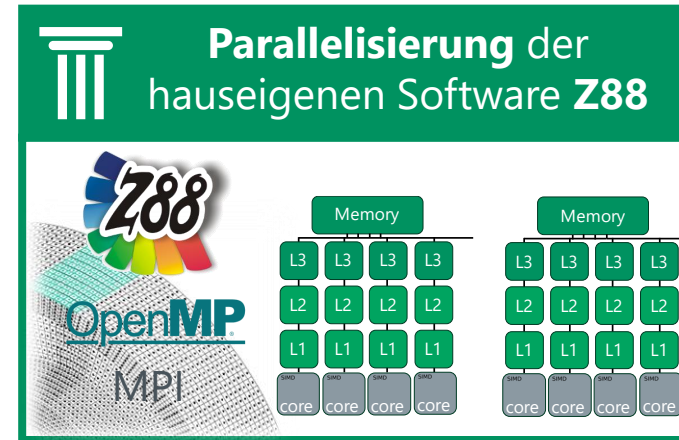




### Problemstellung

- 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...



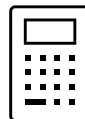
**Bereitstellung eines lizenzkostenfreien HPC-fähigen FE-Programmiersystems**

### 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

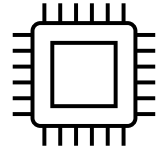
**Ziel:** Maximierung der Leistung einer einzelnen Anwendung oder Simulation. Häufig bestehen starke Abhängigkeiten zwischen den durchzuführenden Berechnungen.

**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





### 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

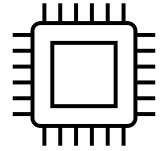
**Ziel:** Maximierung der Leistung einer einzelnen Anwendung oder Simulation. Häufig bestehen starke Abhängigkeiten zwischen den durchzuführenden Berechnungen.

**Probleme mit mehr oder weniger vielen Abhängigkeiten.**

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



### Geeignete Programmiermodelle



#### Datenparallele Modelle

MapReduce



#### Aufgabenparallele Modelle

MPI

Intel® oneAPI  
Threading Building Blocks

#### Pipeline-Modelle



OpenMP

MPI



OpenCL™

Pthreads



### 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

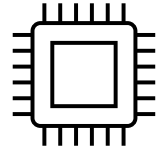
**Ziel:** Maximierung der Leistung einer einzelnen Anwendung oder Simulation. Häufig bestehen starke Abhängigkeiten zwischen den durchzuführenden Berechnungen.

**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



### 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

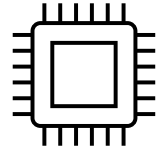
**Ziel:** Maximierung der Leistung einer einzelnen Anwendung oder Simulation. Häufig bestehen starke Abhängigkeiten zwischen den durchzuführenden Berechnungen.

**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

MapReduce

MPI



Intel® oneAPI  
Threading Building Blocks



Flink

Systeme bestehend aus feinkörnigeren Prozessorkernen



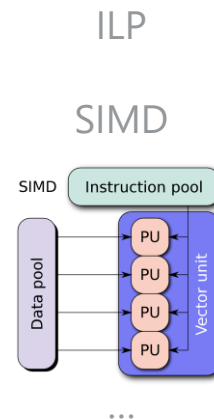
Systeme bestehend aus komplexeren, grobkörnigeren Prozessorkernen



MPI

Pthreads

### Parallelität innerhalb eines Knotens/Prozessorkerns



### Parallelität durch Ausnutzung mehrerer Knoten/CPU-Kerne

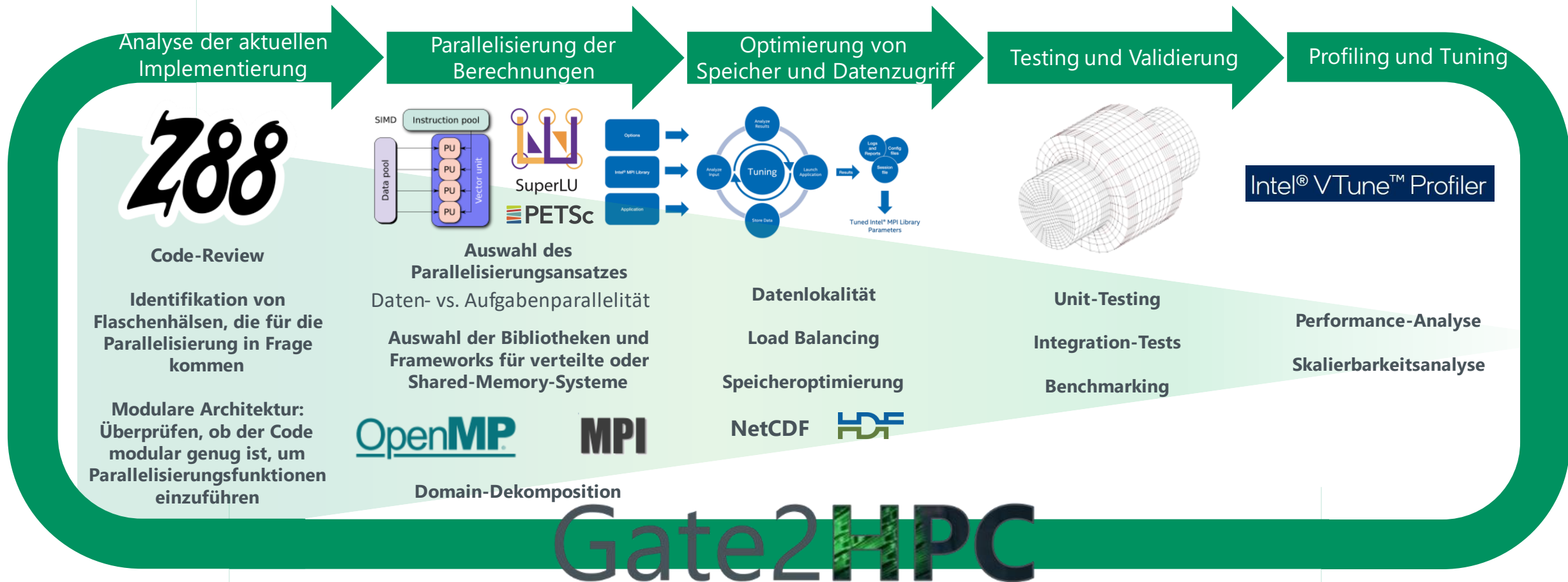
Verwendung von **Thread-Bibliotheken** oder OpenMP [3], um parallele Programme zu schreiben, die ein **Shared-Memory-Modell** erfordern.

**OpenMP** Pthreads

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

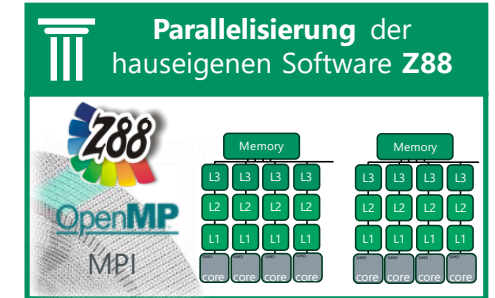
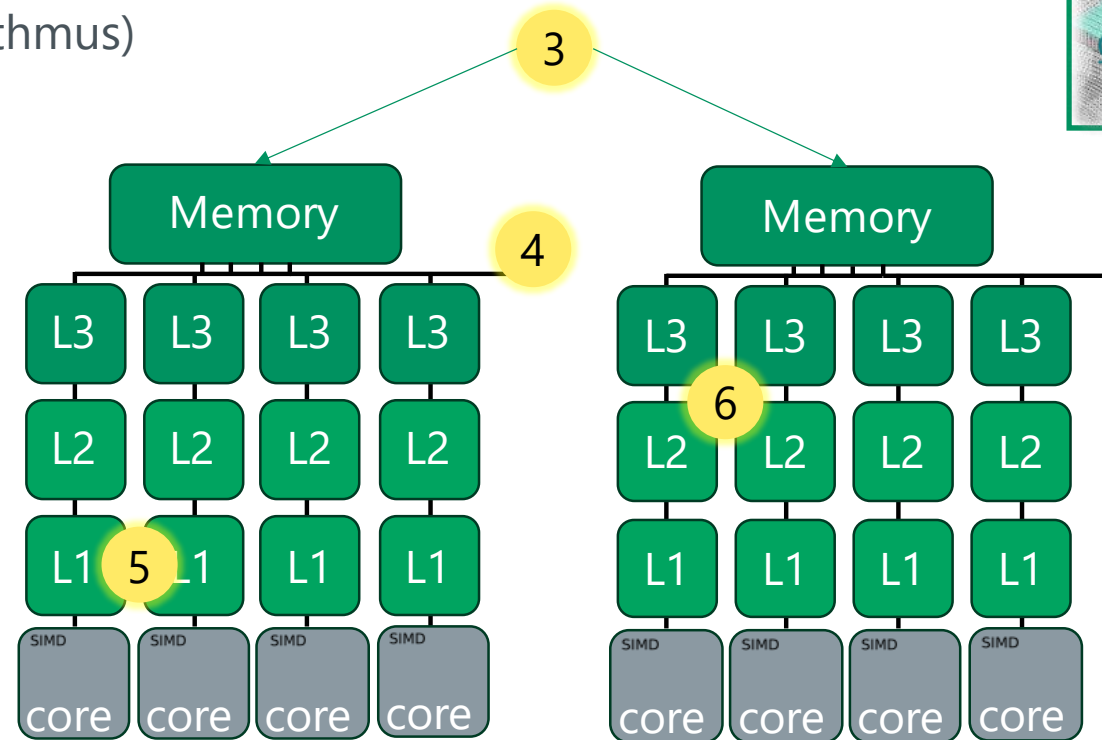
**MPI**





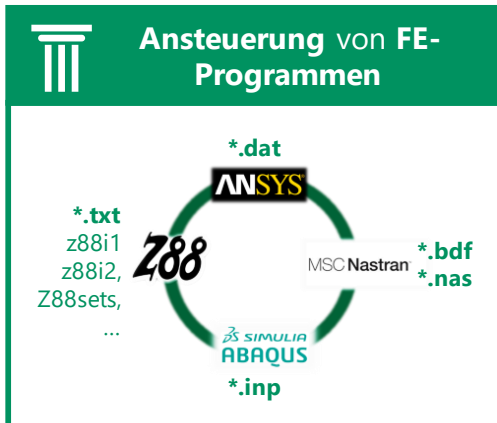


- 1 Reduktion der Rechenarbeit (Algorithmus)
- 2 Minimierung der Prozessorarbeit
- 3 Aufteilen der Arbeit und Daten für eine optimale Nutzung der Ressourcen
- 4 Langsame Datenwege vermeiden
- 5 Verwenden der effektivsten Ausführungseinheiten der Ressourcen
- 6 Vermeiden von Flaschenhälsen



### Gate2HPC

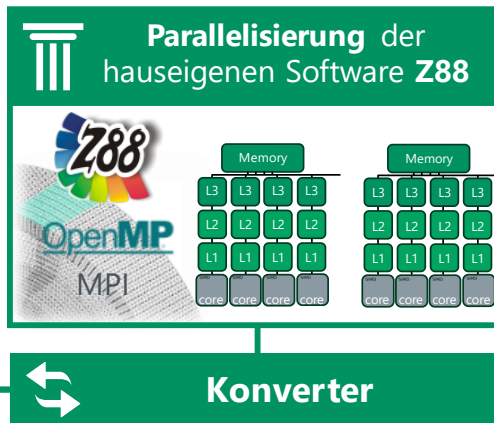
- **Gefördert durch:** Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
- **Schwerpunkt:** Digitalisierung
- **Förderbereich:** 1 – Innovation und Wettbewerbsfähigkeit
- **Fördermaßnahme:** 2 – Technologietransfer von Hochschulen in KMU
- **Projektlaufzeit:** Juni 23 – Mai 27



**Schaffung von  
Interoperabilität**



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

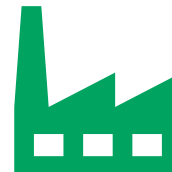


**Leistungsfähiges  
Lizenzkostenfreies  
FE-Programmsystem**

Bayerisches Staatsministerium für  
Wissenschaft und Kunst



**Förderung der Zusammenarbeit und des  
Wissensaustausches**



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

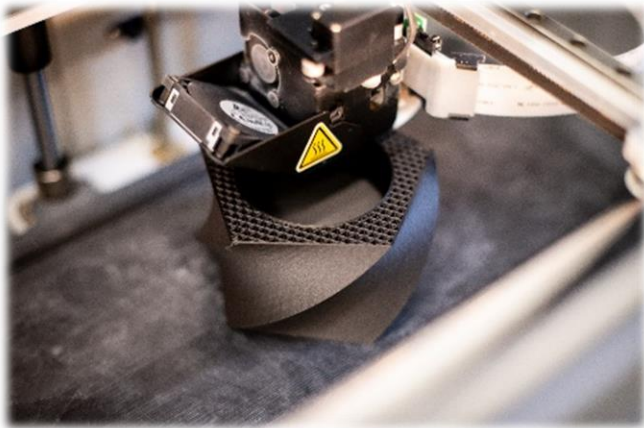


Kofinanziert von der  
Europäischen Union





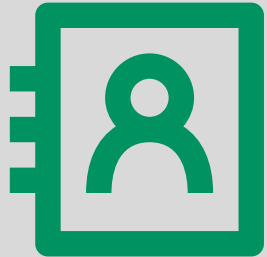
Weiterführende Informationen etwa zu  
**Lehrveranstaltungen**, aktuellen  
**Projekten, Studien- und  
Abschlussarbeiten** oder  
**Industrieraufträgen**:  
[www.lscad.de](http://www.lscad.de)  
[konstruktionslehre.cad@uni-bayreuth.de](mailto:konstruktionslehre.cad@uni-bayreuth.de)



**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](mailto:johannes.mohr@uni-bayreuth.de)

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

Universitätsstr. 30, 95447 Bayreuth

[www.lscad.de](http://www.lscad.de)

[www.z88.de](http://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](mailto:peter.grohmann@uni-bayreuth.de)

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

Universitätsstr. 30, 95447 Bayreuth

[www.lscad.de](http://www.lscad.de)

[www.z88.de](http://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](mailto: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