

## Virtual Machining

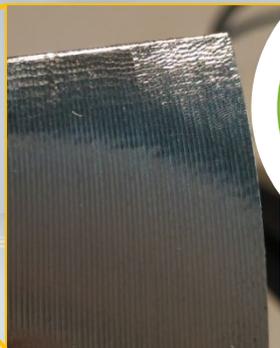
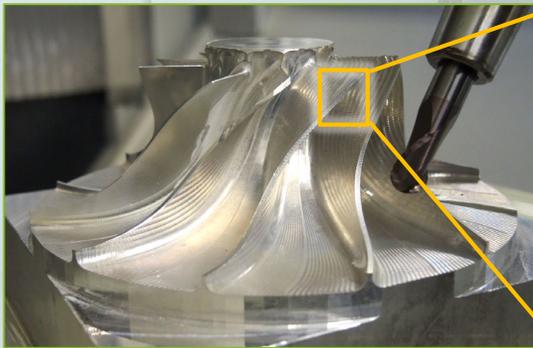
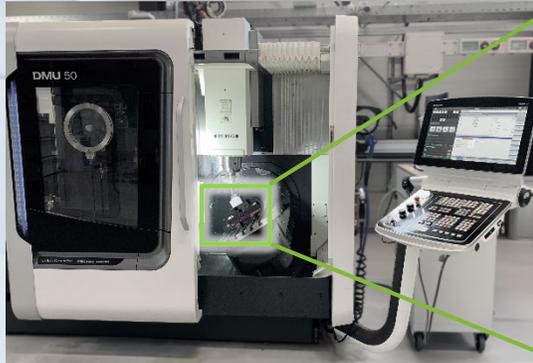
### Potentiale und Herausforderungen der Virtualisierung von Fertigungsprozessen

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Inform. Petra Wiederkehr, Dr.-Ing. Tobias Siebrecht, Felix Finkeldey M.Sc.  
Lehrstuhl XIV – Virtual Machining, Technische Universität Dortmund  
UA Ruhr-Professur *Virtual Machining*

01100101000  
11P011r01o0  
0c1e010s00s  
11001011100  
m1o01d01e1l  
0l11i01n10g  
10010101011  
1a10n01d100  
01101110010  
1o00p01t0i1  
m0i10z11a10  
01t1i01o1n0  
01100101000



## Motivation – Zerspanung



**Modellierung**  
Geometrisch – empirisch – analytisch – numerisch –  
datengetrieben

Werkzeugmaschine

Prozess

Werkzeug

Werkstück

Spann-  
vorrichtung

NC-  
Steuerung

**Digitaler Zwilling**

Beschreibung

Diagnose

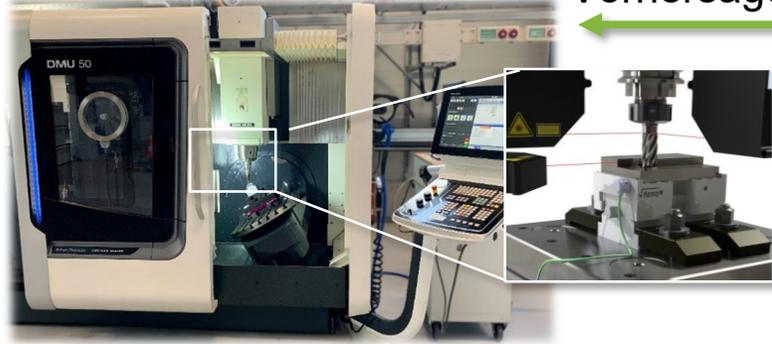
Vorhersage

Optimierung

# Datengetriebene Modellierung

## Herausforderungen bei der Datengenerierung und -analyse

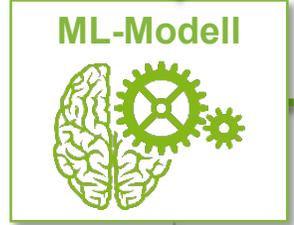
### Fertigungsprozess



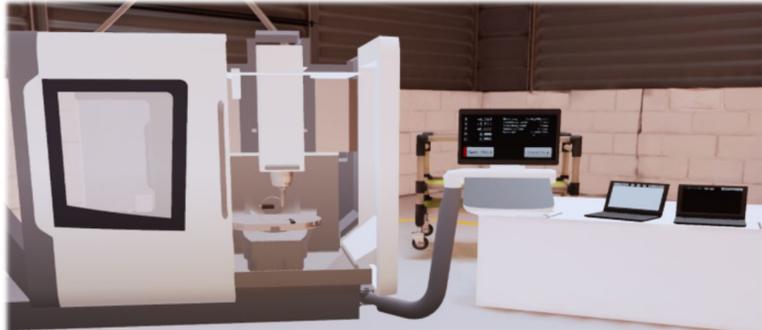
Vorhersage Prozesskräfte / Verschleiß

Messdaten

$$F_x, F_y, F_z, VB_B$$



### Prozesssimulation



$$F_x, F_y, F_z, VB_B, V_{chip}, t_{eng}, d_{f,x}, d_{f,y}, d_{f,z}, \bar{v}_c, \tilde{p}$$

Simulationsdaten

### Verwendung der Prozesssimulation zur

- Erweiterung der Datenbasis,
- Analyse von Prozessgrenzen,
- Bestimmung von nicht/nur schwer messbaren Daten,
- Integration von Prozesswissen,
- Bereitstellung von Trainingsdaten ohne Messrauschen, ...

### Datenerfassung

Sensordaten	Simulationsdaten		
Gemessene Beobachtungen	Zusätzliche Merkmale	Zusätzliche Beobachtungen	Daten-Annotation

### Bewertung der Datenqualität

- 1 Vollständigkeit
- 2 Prägnanz
- 3 Korrektheit

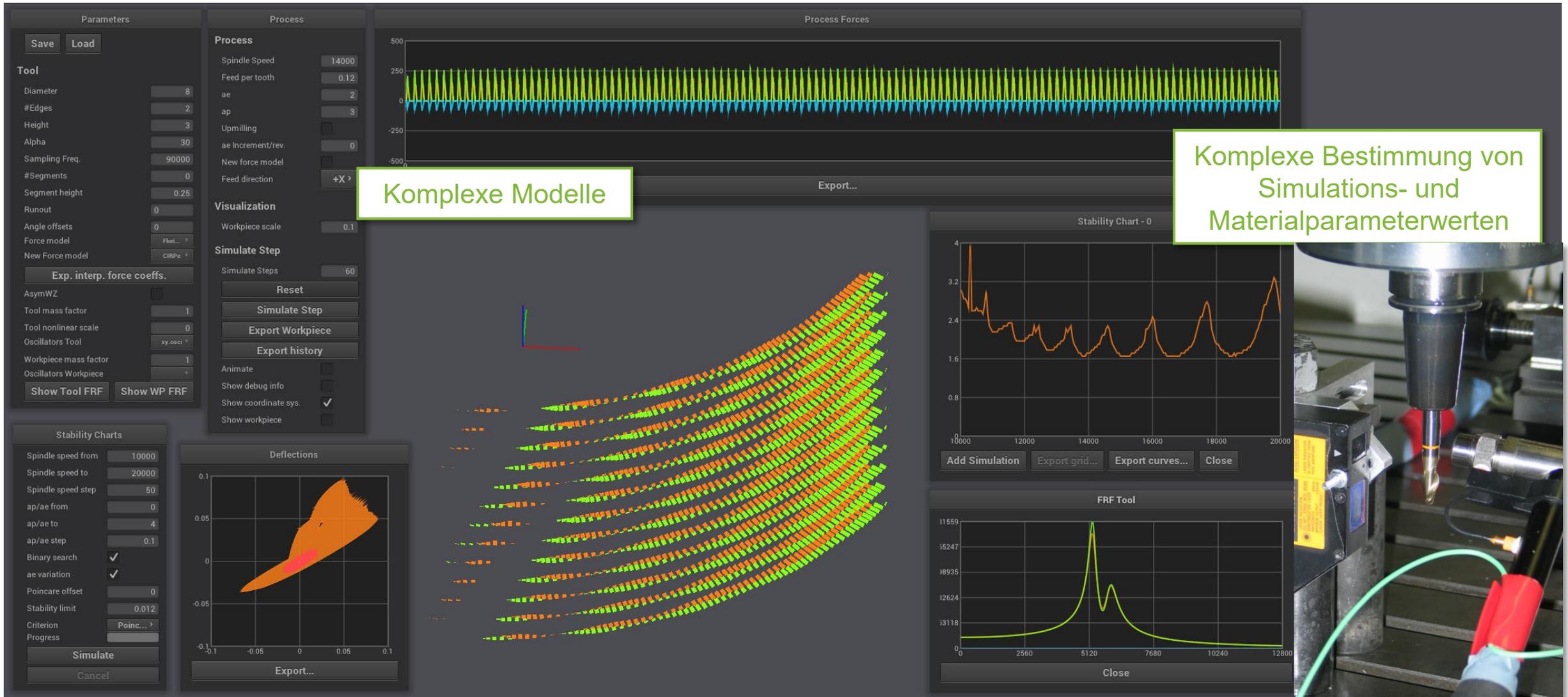
### Fusion-Framework

Fusion auf Datenebene	Fusion auf Modellebene
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synchronisation</li> <li>• Fusion in eine Datenrepräsentation</li> </ul>	Trainieren eines Modells für jede Datenquelle
Auswahl der Methode	

### Vorhersage

Saadallah et al. (2022)  
 "Simulation and sensor data fusion for ML application"

## Herausforderungen und Anwendbarkeit von Modellen zur Prozessoptimierung

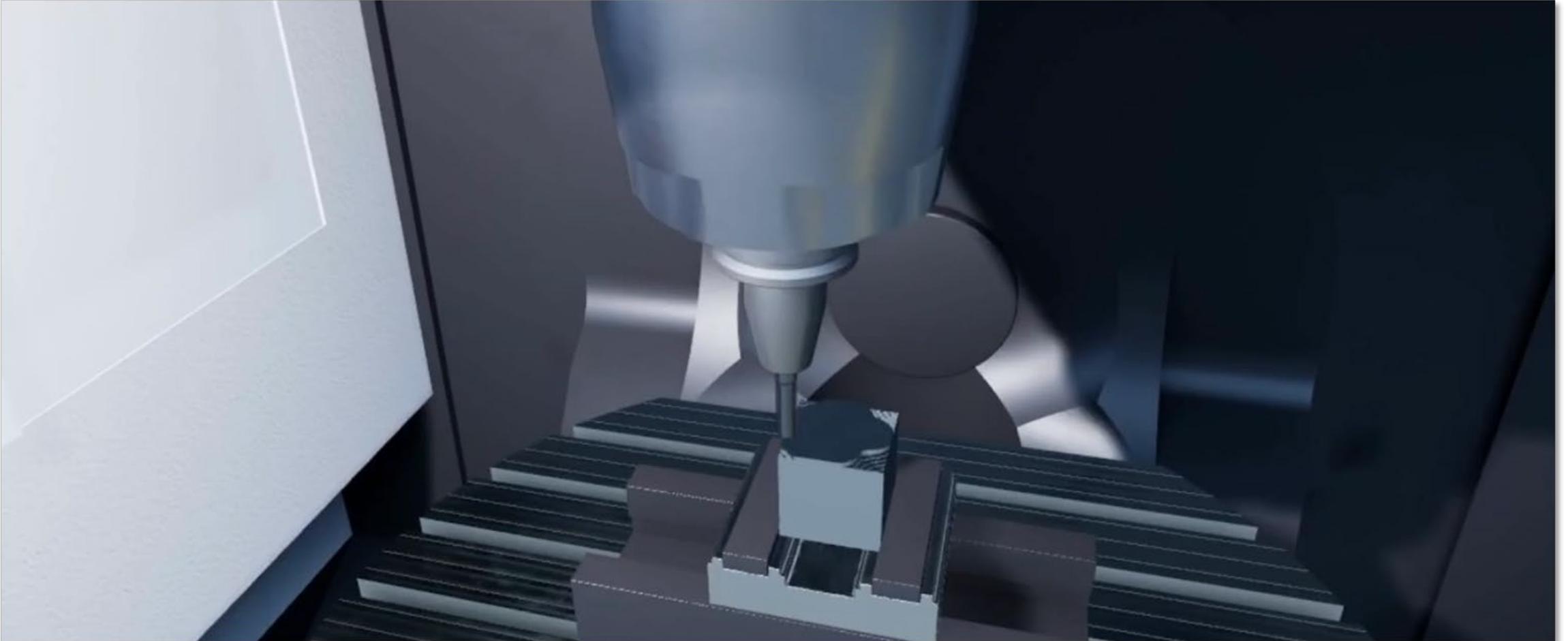


The screenshot displays a comprehensive simulation interface for virtual machining. On the left, there are control panels for 'Parameters' (Save, Load), 'Tool' (Diameter, #Edges, Height, Alpha, Sampling Freq, #Segments, Segment height, Runout, Angle offsets, Force model, New Force model), 'Process' (Spindle Speed, Feed per tooth, ae, ap, Upmilling, ae Increment/rev, New force model, Feed direction), 'Visualization' (Workpiece scale), and 'Simulate Step' (Simulate Steps, Reset, Simulate Step, Export Workpiece, Export history). Below these are 'Stability Charts' (Spindle speed from/to, ap/ae from/to, Binary search, ae variation, Poincare offset, Stability limit, Criterion, Progress) and 'Deflections' (Plot area, Export...). The main area shows 'Process Forces' (a time-series plot of force components), 'Export...' (a 3D visualization of the workpiece with force vectors), 'Stability Chart - 0' (a plot of stability over time), and 'FRF Tool' (a plot of the tool's frequency response function). A photograph of a real-world machining process is overlaid on the right side of the interface.

**Komplexe Modelle**

**Komplexe Bestimmung von Simulations- und Materialparameterwerten**

## Echtzeitfähige Prozesssimulation in der Virtual Reality

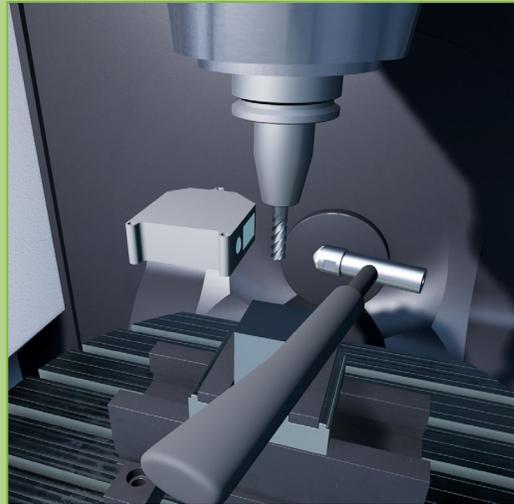


# Virtualisierung von Fertigungsprozessen

## Virtual Reality



Simulative Prozessanalyse



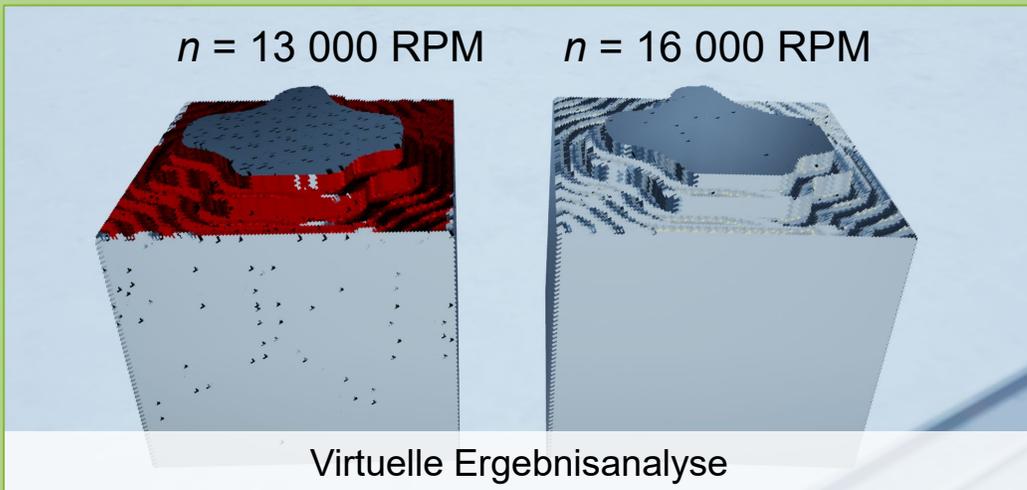
Virtuelle Sensorik



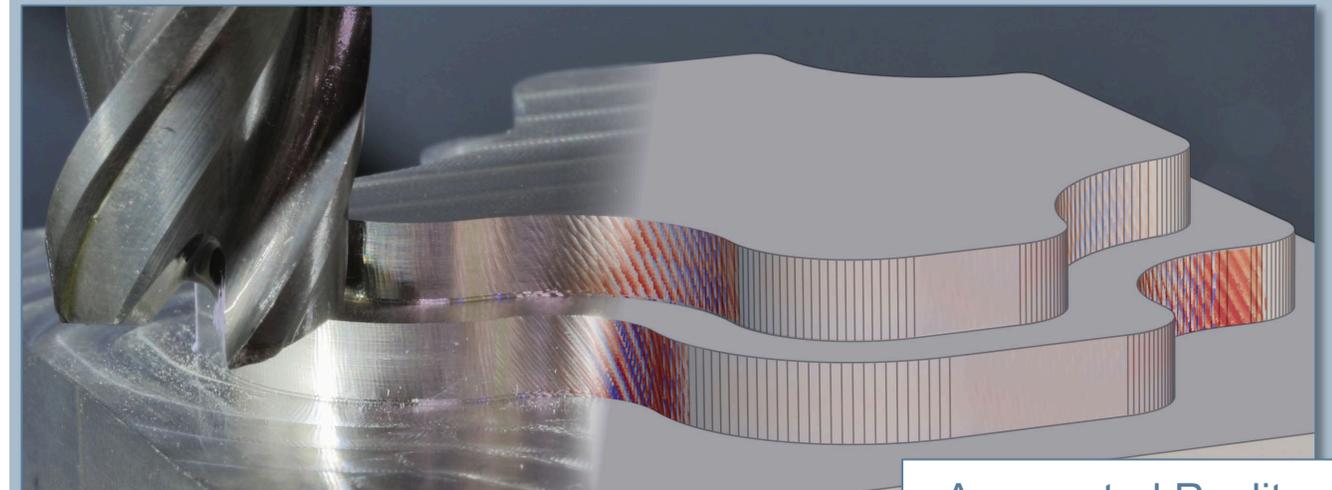
Modellgestützte Analyse u. Vorhersage



Virtuelle Parameteroptimierung



Virtuelle Ergebnisanalyse

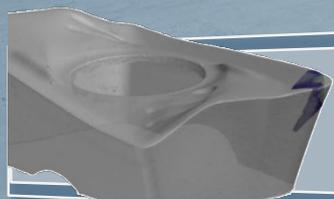
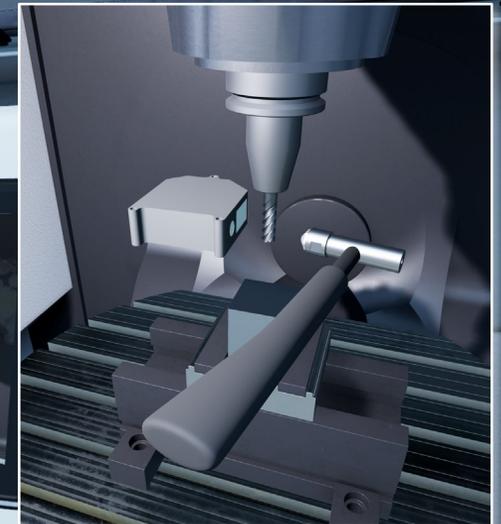
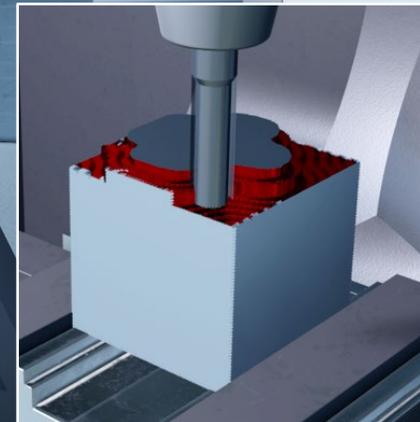


Augmented Reality

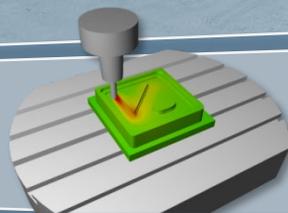
# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Die präsentierten Ergebnisse basieren auf Entwicklungen aus verschiedenen Grundlagenforschungsprojekten, für die wir uns bei den Förderern herzlich bedanken. Dazu gehören:

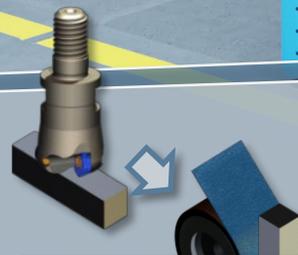
- Deutsche Forschungsgemeinschaft SFB 876, GRK 2193
- Stiftung Mercator und Mercator Research Center Ruhr, Projektnummer PE-216-0024



Eingriffsbedingung



Prozessdesign



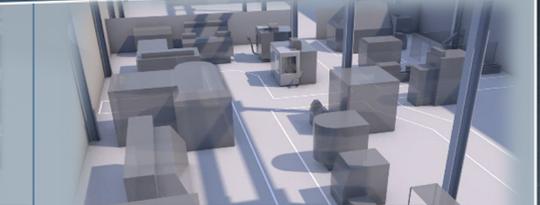
Prozessketten



Design



Smarte Maschinen



Smarte Fabriken