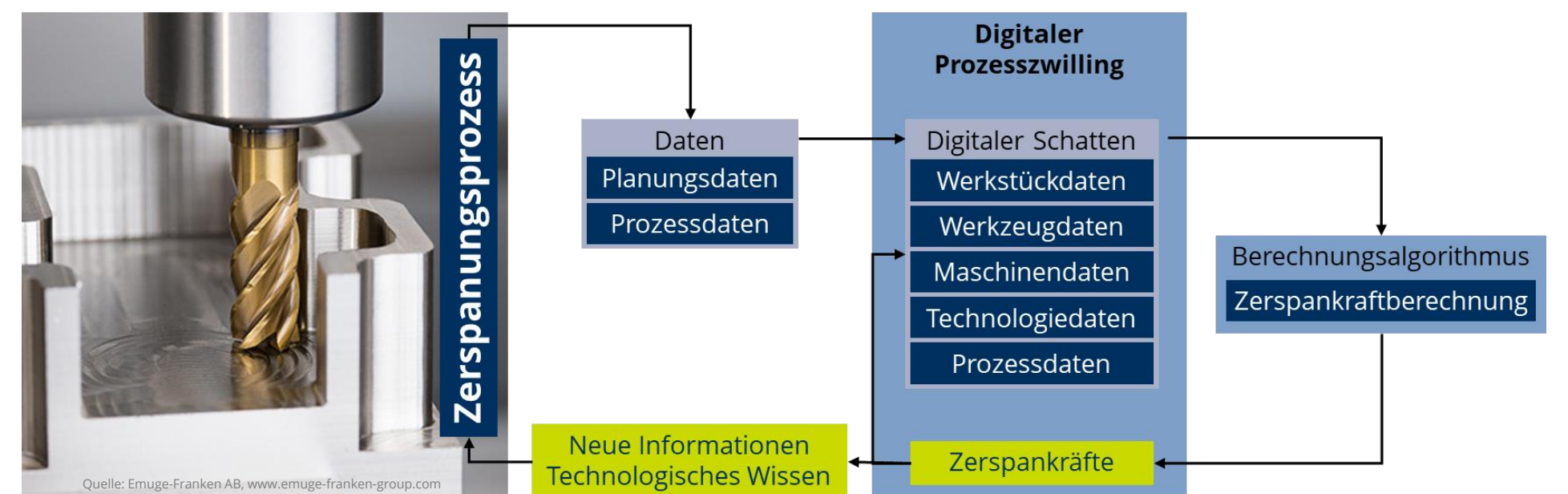


## Entwicklung eines Schnittkraftmodells für 5-Achs Fräsapplikation Auf Basis von Prozess- und Planungsdaten als Bestandteil eines Digitalen Zwillings für komplexe Fräsbearbeitung

Mit Hilfe der Zerspandaten einer Fräsbearbeitung ist es möglich, neues technologisches Wissen zu erlangen und somit den Zerspanprozess zu optimieren. Im Prozess lassen sich die Zerspankräfte nur aufwendig mit teurer Messtechnik bestimmen. Daher ist es das Ziel dieser Arbeit, ein Berechnungsalgorithmus als Teil eines Digitalen Zwillings zu entwickeln, welcher Planungs- und Prozessdaten nutzt, um daraus die Zerspankraft beim 5-Achs-Fräsen zu berechnen.



Vorgehen Zielstellung



### Entwicklung des Berechnungsalgorithmus

Nutzung empirischer Zerspandatenmodelle zur Berechnung der mittleren Zerspandaten

- Altintas**  

$$\bar{F}_i = \frac{z}{2\pi} \int_{\varphi_{in}}^{\varphi_{out}} k_{ic} * b * (fz * \sin(\varphi) * \sin(\kappa)) + k_{ie} * b * d\varphi \quad \text{mit } i = c, n, p$$
- Kienzle**  

$$\bar{F}_i = \frac{z}{2\pi} \int_{\varphi_{in}}^{\varphi_{out}} k_{i1,1} * b * (fz * \sin(\varphi) * \sin(\kappa))^{1-m_i} d\varphi \quad \text{mit } i = c, n, p$$

### Grundlage

- Planungsdaten:
  - Technologie-, Maschinen-, Werkstück- und Werkzeugdaten
- Prozessdaten:
  - hochfrequente Akquise der CNC-Steuerung durch lokal installierten Edge Rechner von Siemens (Sinumerik Edge)

### Experimentelle Bestimmung der Zerspandatenkonstanten

#### Maschinen und Werkzeuge

- Konstanten 3-Achs Validierung
  - MAHO MH800
  - Werkstoff: 42CrMo4
  - Werkzeug: Vollhartmetallschaftfräser
- Konstanten 5-Achs Bearbeitung
  - Droop+Rein FOGS HD 50
  - Werkstoff: AlMg1SiCu
  - Werkzeug: Schaftfräser mit PKD-Schneide

#### Zerspandatenmessung: Kistler Dynamometer Typ 9257

### Ziel

- Berechnung genauer Zerspandatenkonstanten unter Bearbeitungsbedingungen

### Versuchsdurchführung

- Zerspandaten mit bekannten Prozessparametern und Messung der Zerspandaten → Berechnung der Konstanten

### Validierung anhand eines 3-Achs Zerspanversuches

#### Maschine und Werkzeug

- Werkzeugmaschine MAHO MH800:
  - Achsen (X, Y, Z): 803 x 431 x 581 mm
  - 3 Bewegungsachsen
  - Standort: Dresden (Fraunhofer IWU)
- Werkstoff: 42CrMo4
- Werkzeug
  - Vollhartmetallschaftfräser
- Zerspandatenmessung
  - Kistler Dynamometer Typ 9257

### Ziel

- Bewertung der Genauigkeit des Algorithmus durch Vergleich der Modelldaten mit Messdaten

### Versuchsdurchführung

- Komplexe 3-Achs Bearbeitung mit statischem und dynamischen Bereich

### Anwendung auf 5-Achs Bearbeitung aus der Praxis

#### Maschine und Werkzeug

- Bearbeitungszentrum Droop+Rein FOGS HD 50:
  - Achsen (X, Y, Z): 15 x 5 x 2 m
  - 5 Bewegungsachsen
  - Standort: Waldürn (Concad)
- Werkstoff: AlMg1SiCu
- Werkzeug
  - Kugelpkopfräser mit PKD-Schneide

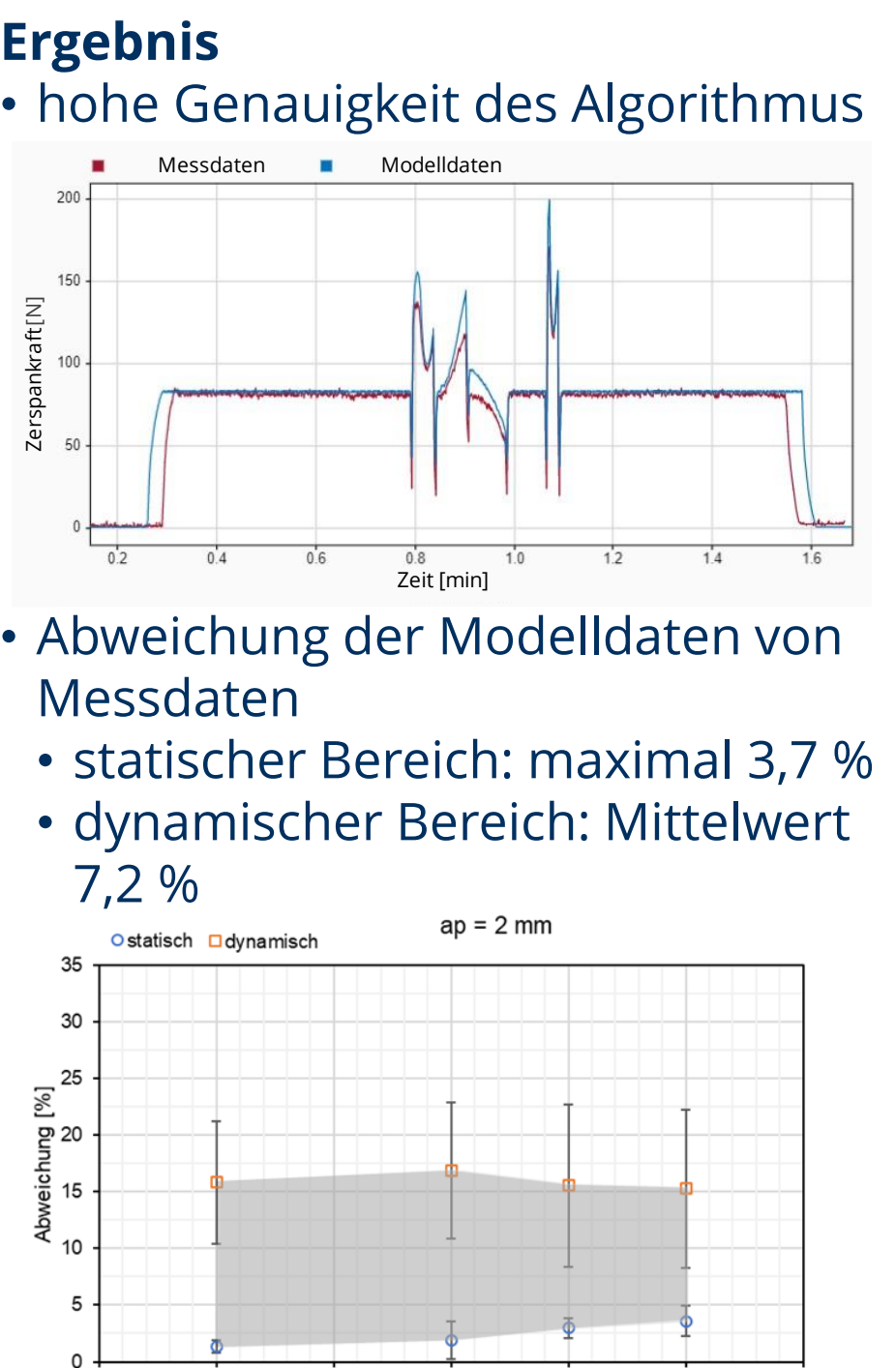
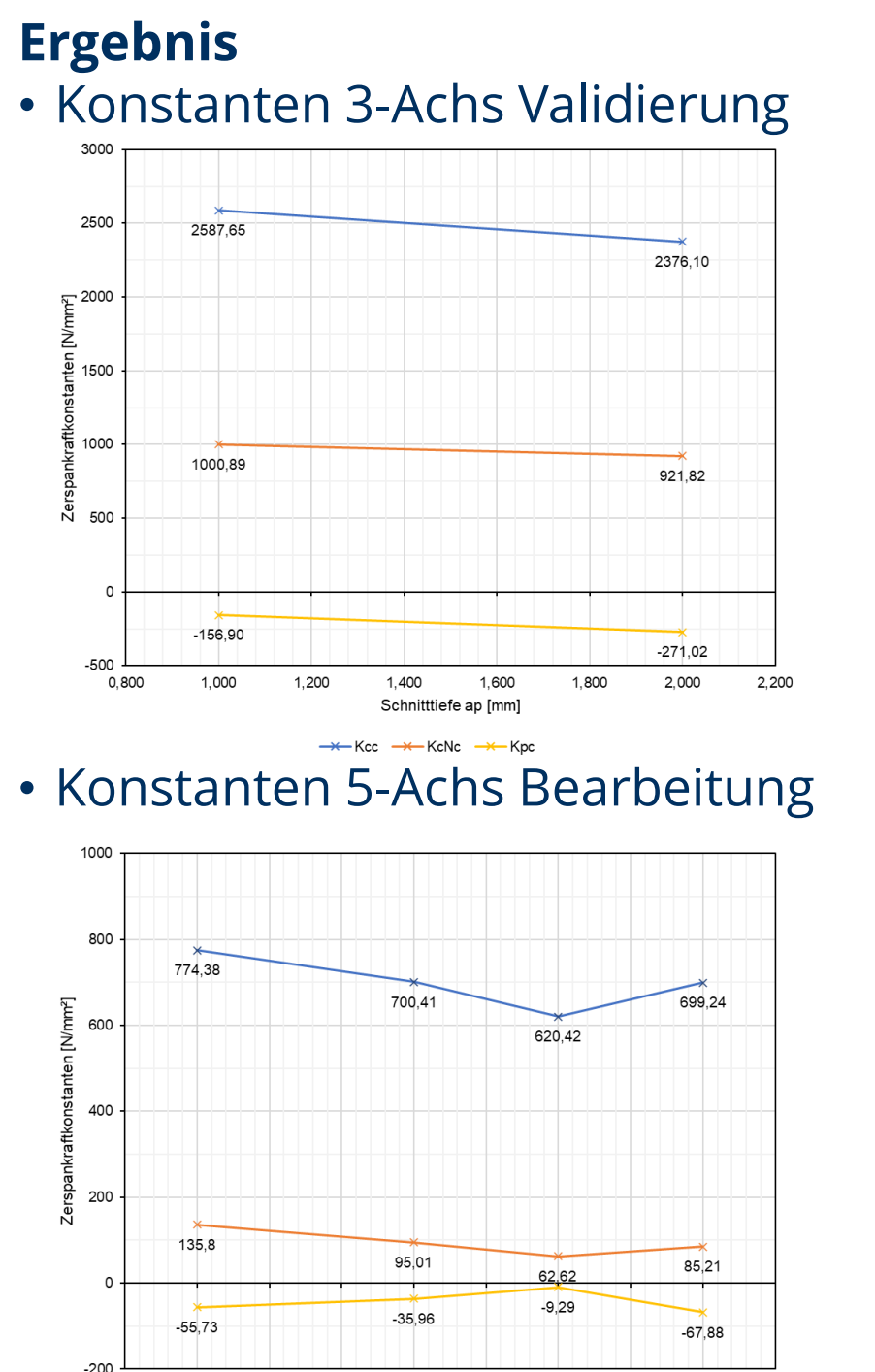
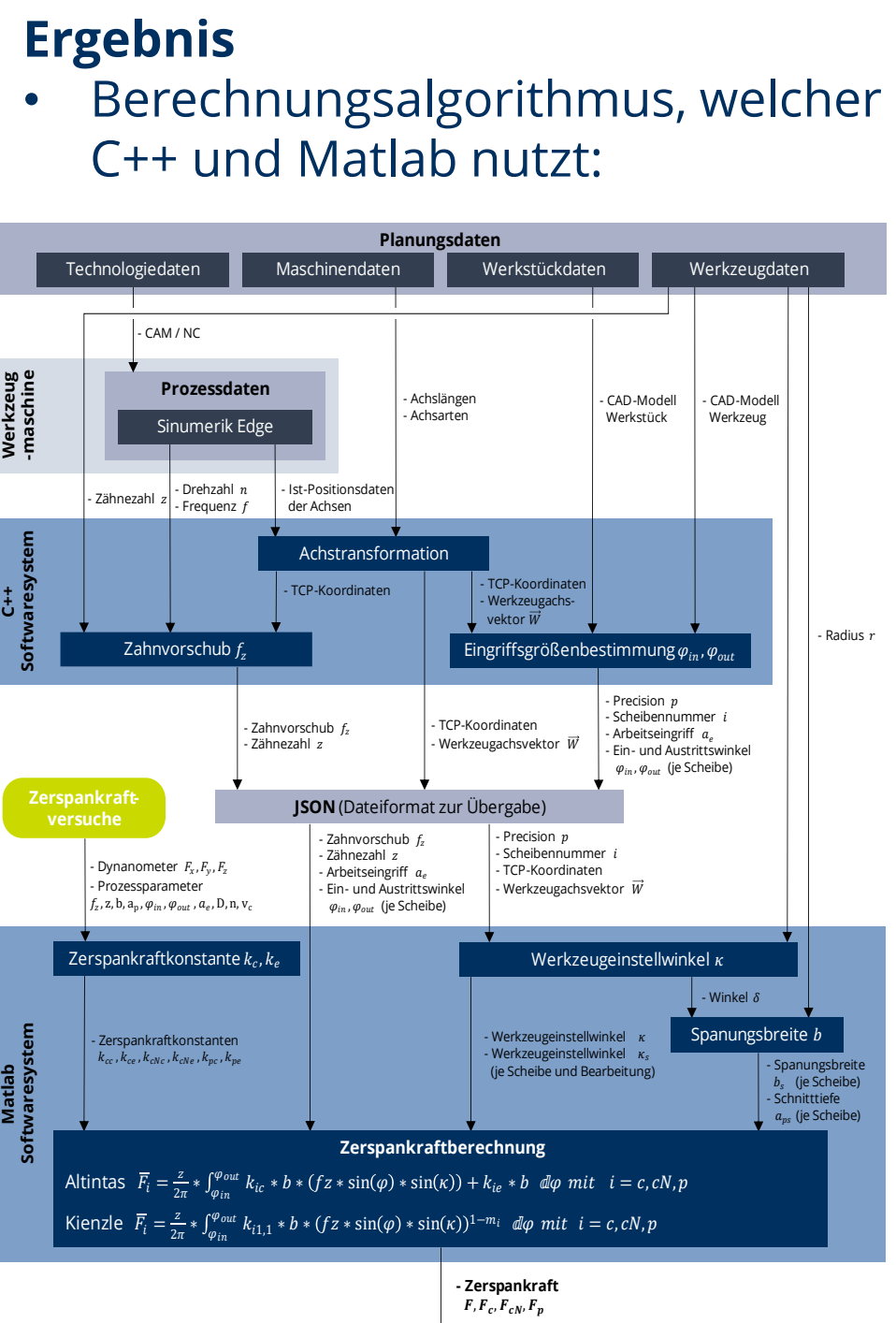
### Ziel

- Test des Algorithmus an 5-Achs Bearbeitung aus der Praxis

### Versuchsdurchführung

- Zerspandaten mit Anstellung beider Rotationsachsen und Kugelpkopfräser

Ergebnisse



### Ergebnis

- Alle Funktionen des Berechnungsalgorithmus wurden erfolgreich getestet

Funktion	Untersuchungsgegenstand	
	3-Achs	5-Achs
Datenakquise & -transfer	●	●
Zerspandatenkonstanten	●	●
Eingriffsgrößenbestimmung	●	●
Achstransformation	●	●
Zahnvorschub	●	●
Werkzeugeinstellwinkel	○	●
Spannungsbreite	●	●
Zerspandatenberechnung	●	●

Untersuchung: ● vollständig ○ unvollständig ○ nicht möglich

- Der Algorithmus ist in der Lage, Zerspandaten einer 5-Achs Bearbeitung mittels Kugelpkopfräser auf der Grundlage von Prozess- und Planungsdaten zu berechnen