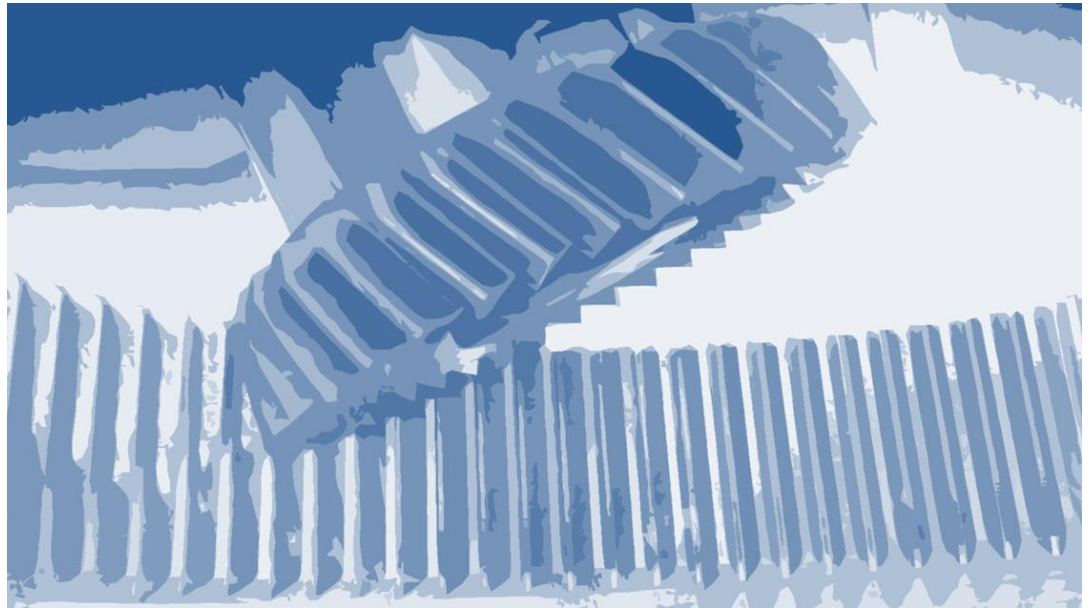

SOFTWAREUNTERSTÜTZTE AUSLEGUNG VON WÄLZSCHÄLPROZESSEN

Siemens- Branchentag, 12. November 2019

Dr.-Ing. Ruben Bauer
Fraunhofer IWU Chemnitz



AGENDA

1. Forschung zur Verzahnungstechnik am IWU
2. Das Verfahren Wälzschälen
3. Steuerungstechnische Herausforderungen
4. Entwicklung eines Prozessmodells
5. Auslegungssoftware SkiveAll

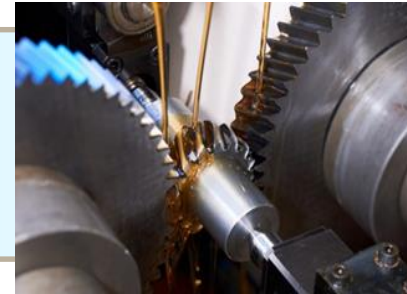
AGENDA

1. Forschung zur Verzahnungstechnik am IWU
2. Das Verfahren Wälzschälen
3. Steuerungstechnische Herausforderungen
4. Entwicklung eines Prozessmodells
5. Auslegungssoftware SkiveAll

Verzahnungstechnik: Forschung am Fraunhofer IWU

Verzahnungswalzen

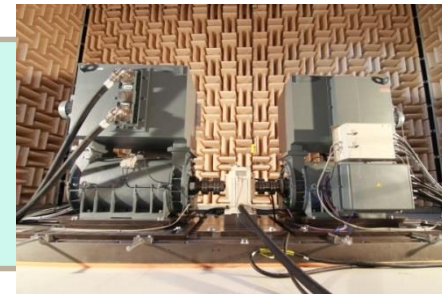
Verfahrensentwicklung, Fertigungssimulation, umformintegrierte Prozesskette,



U

Eigenschaftsbewertung

Tragfähigkeit, Geometrie, Akustik

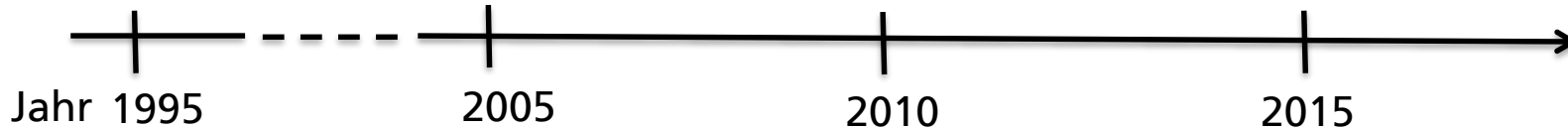


M

Wälzfräsen, Wälzschälen, Verzahnungsschleifen

Verfahrensentwicklung, Komponentenentwicklung, Werkzeugkonzepte, Fertigungssimulation

Z



Ganzheitlicher Ansatz



Veranstaltungsreihe „Fachseminar Wälzschälen“

- Seit 2016 im 2-Jahresrhythmus in Chemnitz
- Gemeinsam organisiert von Fraunhofer IWU und PWS Präzisionswerkzeuge GmbH
- Vorträge und praktische Vorführungen
- 3. Fachseminar April 2019: 180 Teilnehmer
→ zukunftsweisendes Forschungsgebiet



3. Fachseminar Wälzschälen, 3. April 2019

- Diskutierte Themen zum Wälzschälen:

- Getriebeentwicklung
- Werkzeuge
- Technologie
- Maschine
- Prozessumfeld

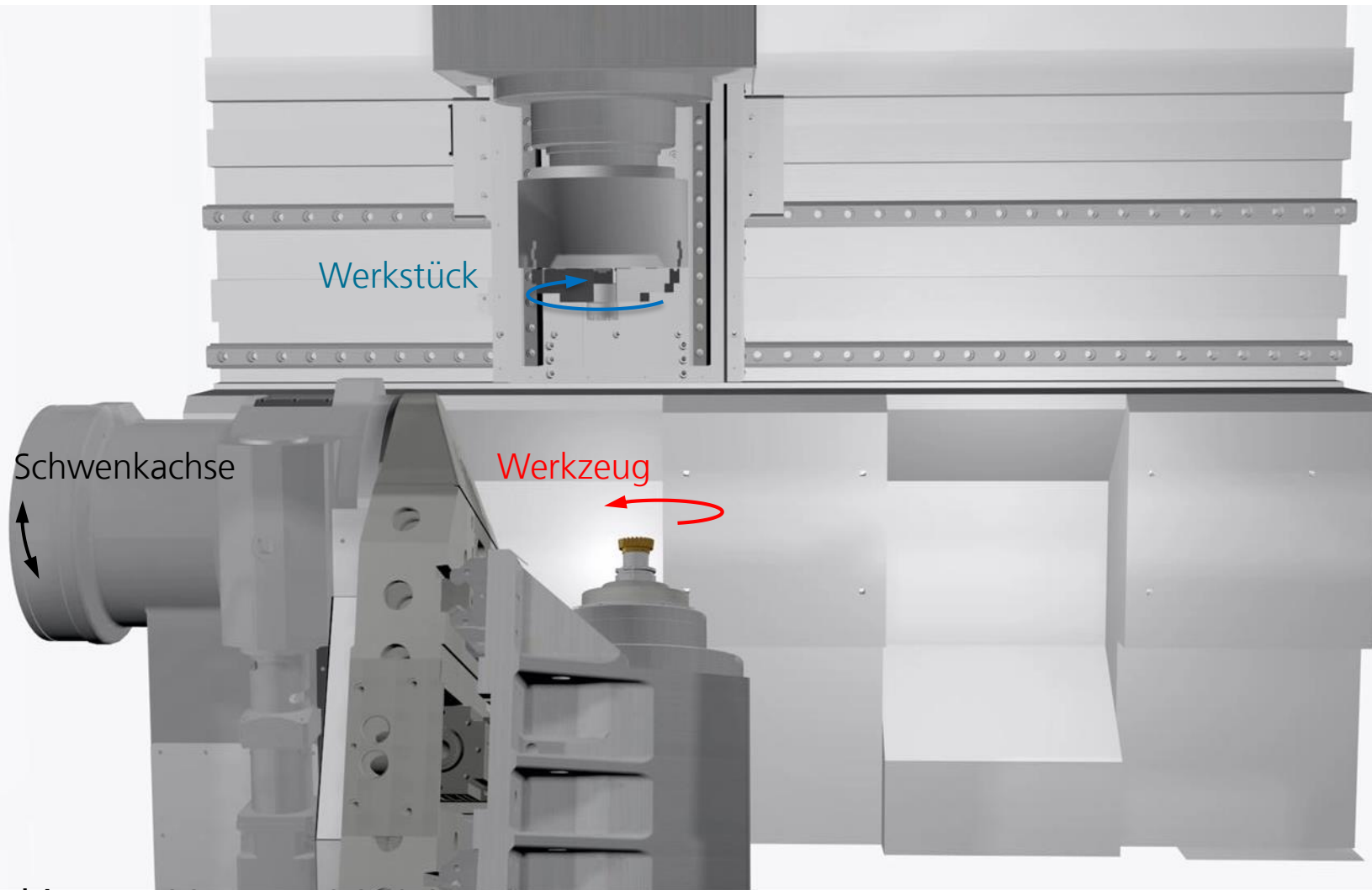


Vortragende Firmen und Tagungsthema

AGENDA

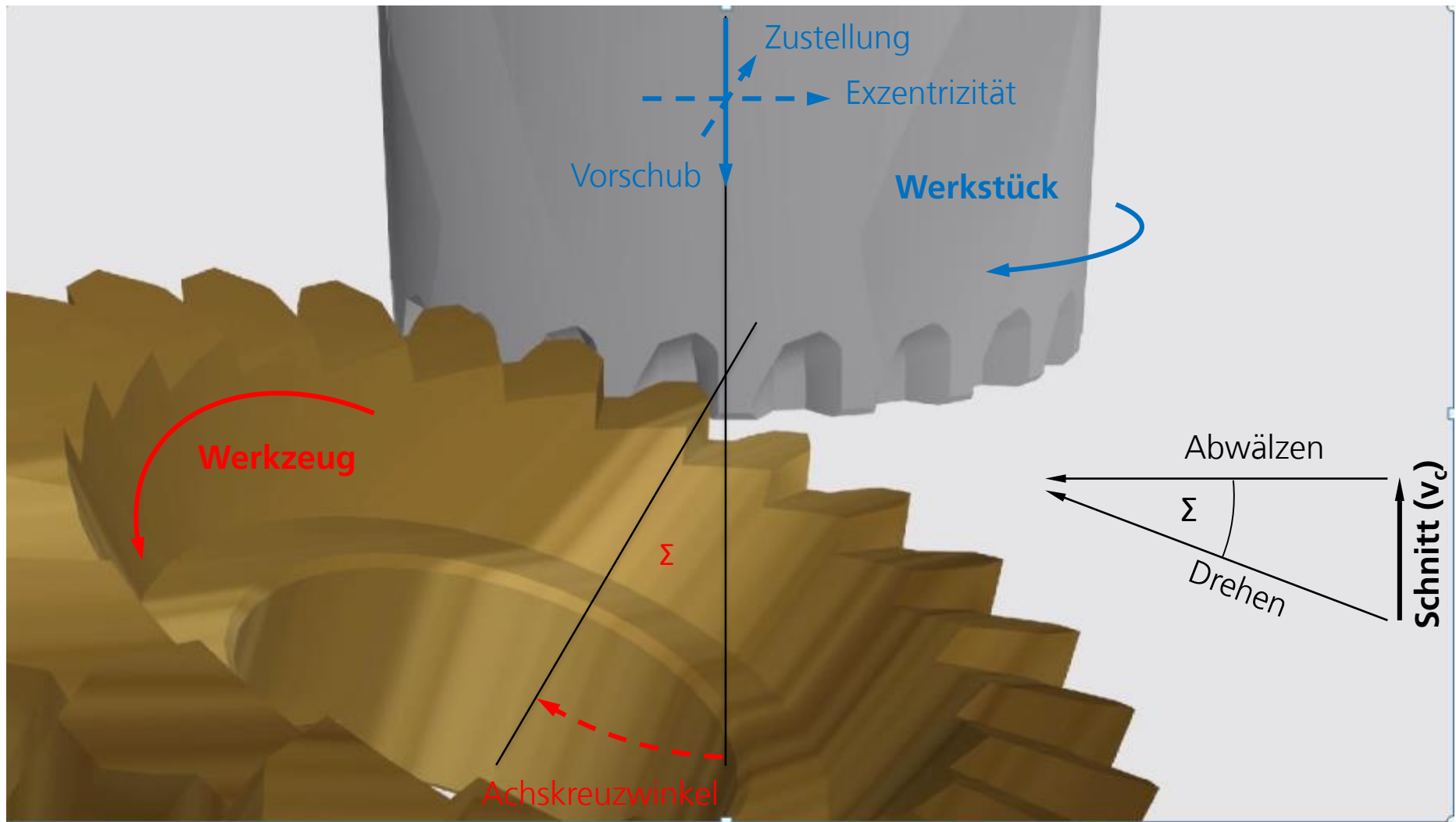
1. Forschung zur Verzahnungstechnik am IWU
2. Das Verfahren Wälzschälen
3. Steuerungstechnische Herausforderungen
4. Entwicklung eines Prozessmodells
5. Auslegungssoftware SkiveAll

Das Wälzschälen

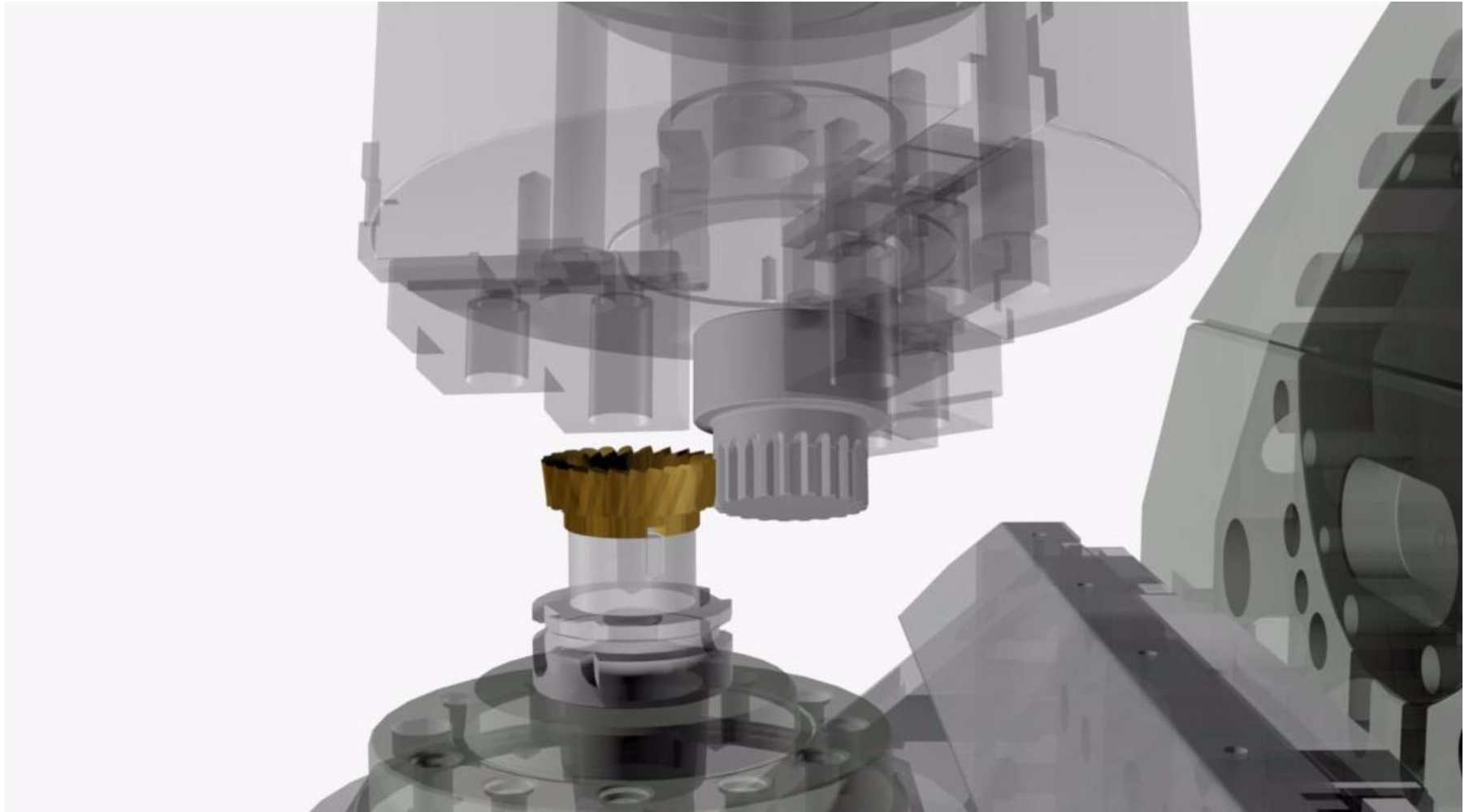


Maschine: RASOMA DZS 250-2

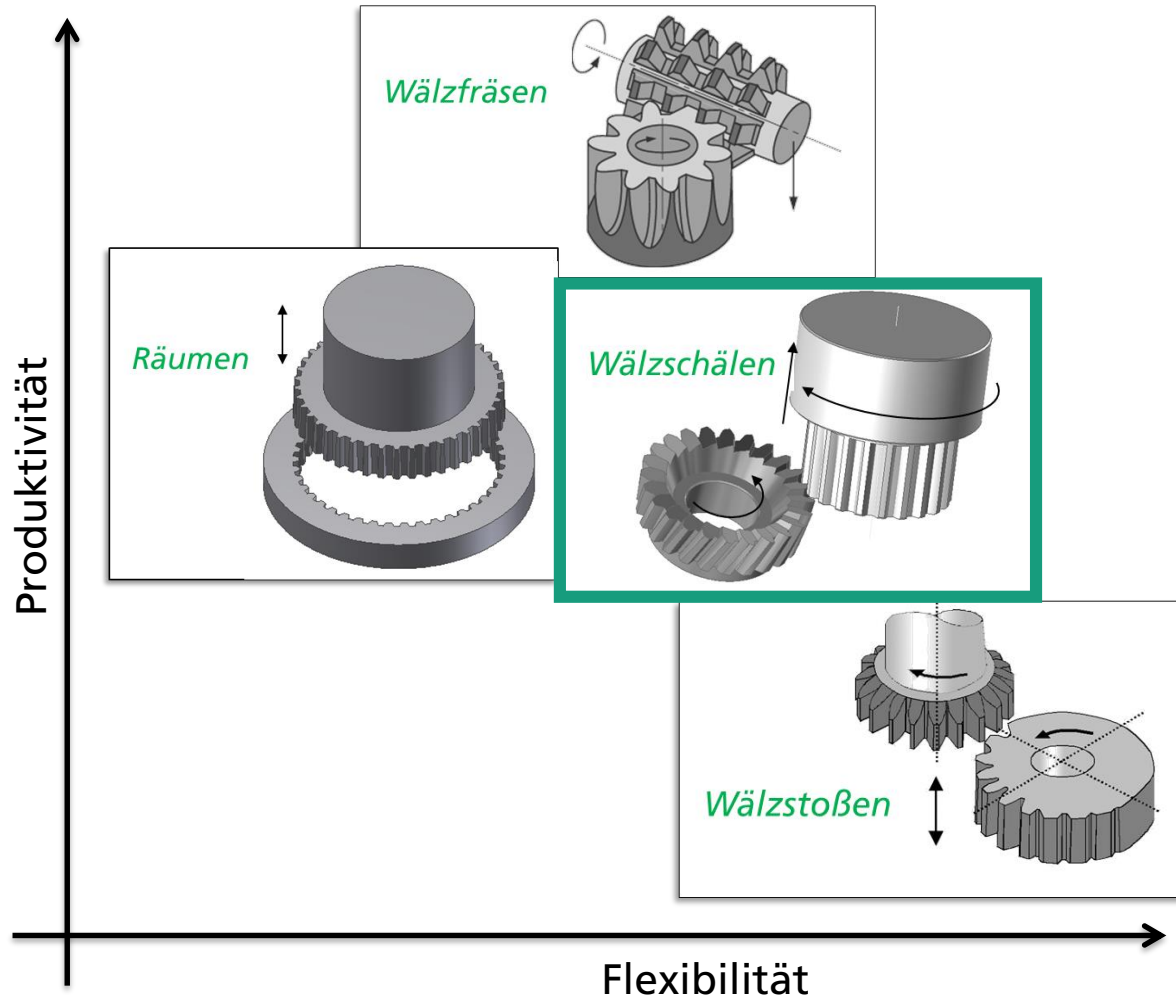
Das Wälzschälen



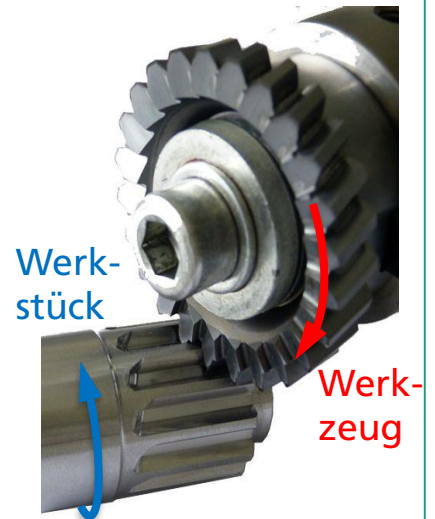
Das Wälzschälen



Einordnung des Verfahrens Wälzschälen



Innenverzahnung



Außenverzahnung

Herausforderungen

1. Maschine

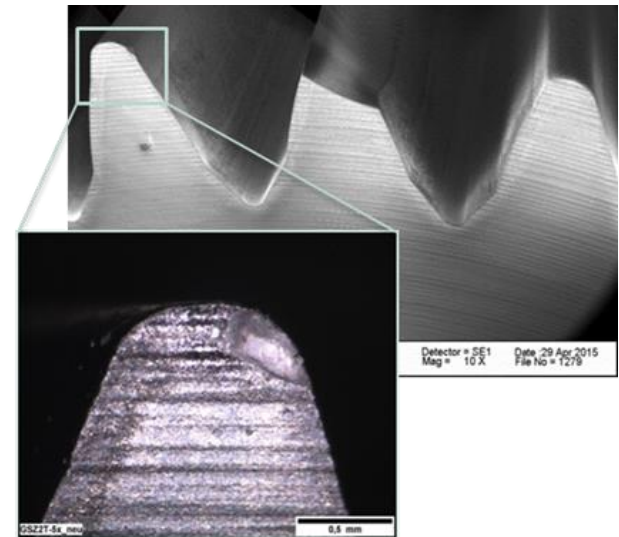
- Sehr hohe **Drehzahlen**: 3 bis 20-fach $n_{\text{Wälzfräsen}}$
- Hohe **Anregungsfrequenz** >1000 Hz
- Dynamische **Steifigkeit**, **Regelgenauigkeit**

2. Werkzeug

- Kein Evolventenprofil, komplexe **Berechnung**
- Schneidstoff **Hartmetall** noch nicht durchgesetzt
- **Standwege** >50% geringer als beim Wälzfräsen

3. Prozess

- **Kinematik**: stark variierende Prozesswinkel
- **Auslegung**: hohe Zahl an Freiheitsgraden
- **Prozesssicherheit**: WZ-Verschleiß, Späne, Grat
- **Produktivität**: Potenzial nicht ausgeschöpft

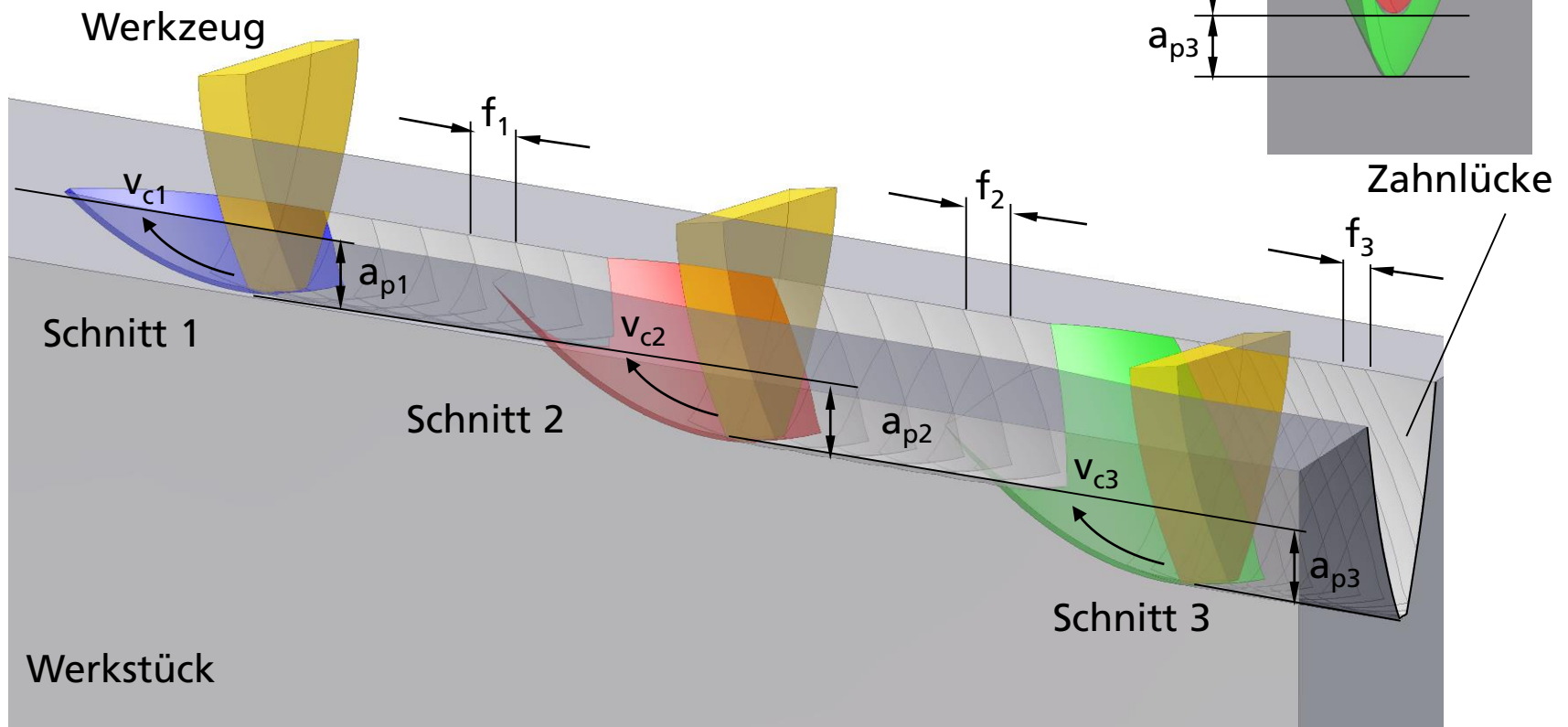


Schneidkantenbruch am Werkzeug



Spanverschweißung am Werkstück

Schlüsselproblem Mehrschnittstrategien



Hauptzeit:
$$t_H = \sum_{i=1}^n \frac{l}{f_{z,i} \cdot n_{2,i}}$$

Gesucht:

Kriterien zur produktiven und prozesssicheren Auslegung von Mehrschnittstrategien

AGENDA

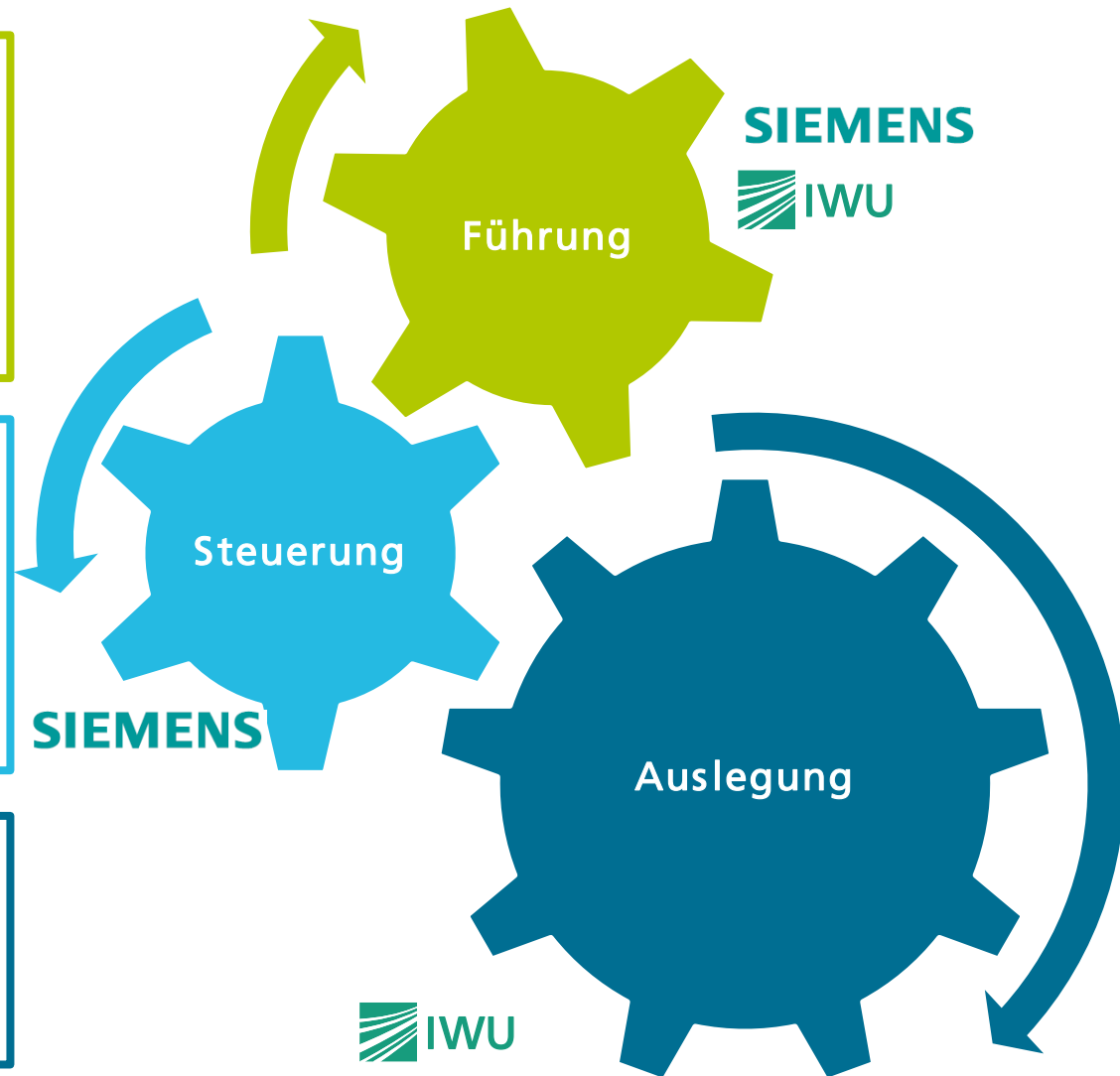
1. Forschung zur Verzahnungstechnik am IWU
2. Das Verfahren Wälzschälen
3. Steuerungstechnische Herausforderungen
4. Entwicklung eines Prozessmodells
5. Auslegungssoftware SkiveAll

Schritte zur Beherrschung des Prozesses

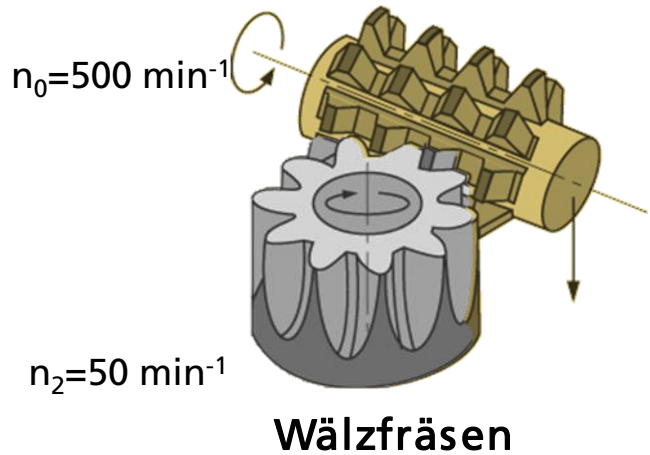
- Kinematische Kompensation von Werkzeugverschleiß
- (Daten-)Handling von wiederaufbereiteten Werkzeugen
- Prozessüberwachung (adaptiver Werkzeugwechsel)

- Bereitstellung eines präzisen elektronischen Getriebes
- Involvierte Achsen:
 n_{Werkzeug} , $n_{\text{Werkstück}}$, f_{axial}
- Hohe Drehzahlen
- Geringe Abweichungen

- Kollision, Achskreuzwinkel
- Werkzeuggeometrie
- Schnittstrategie
- Technologische Parameter



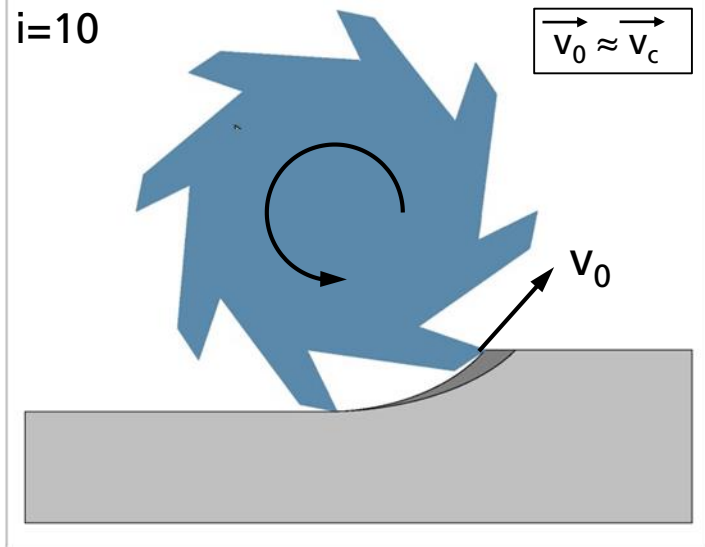
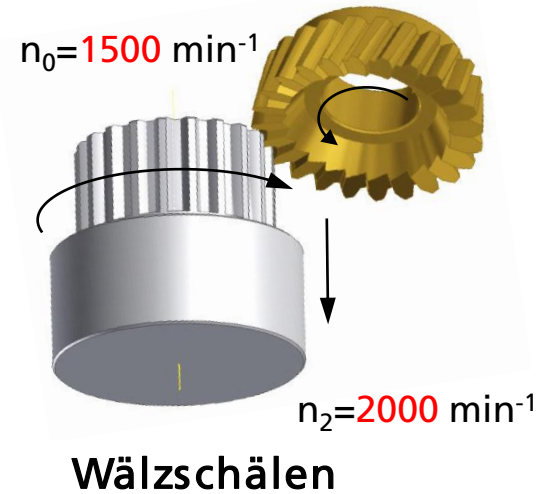
Kinematik: Drehzahlen der Wälzpartner



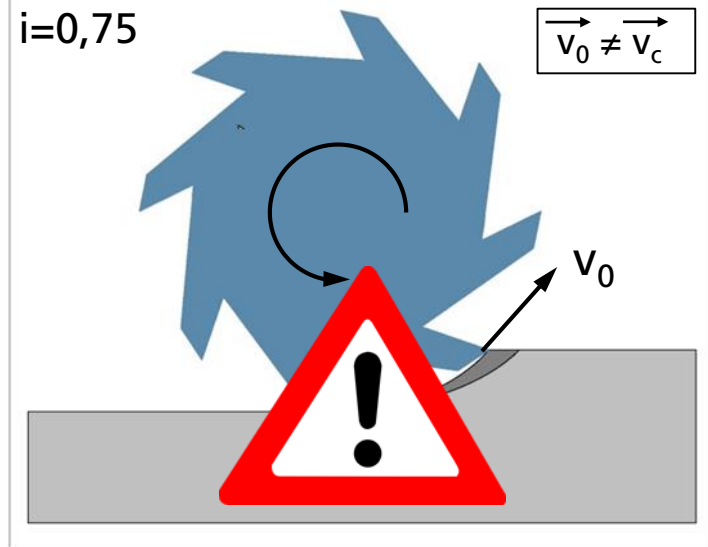
Werkstück:
 $m_n = 1,7 \text{ mm}$
 $z_2 = 30$

Werkzeug:
 $d_{a,0} = 50 \text{ mm}$
 $z_0 = 3 \text{ (WäFrä)}$
 40 (WäSchä)

Technologie:
 $v_c = 80 \text{ m/min}$
 $\Sigma = 20^\circ$

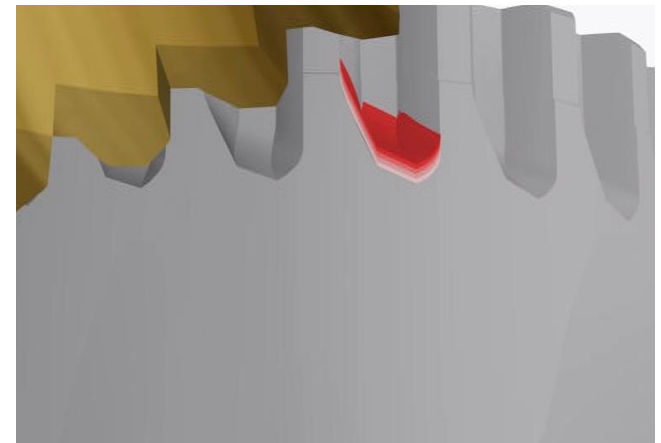
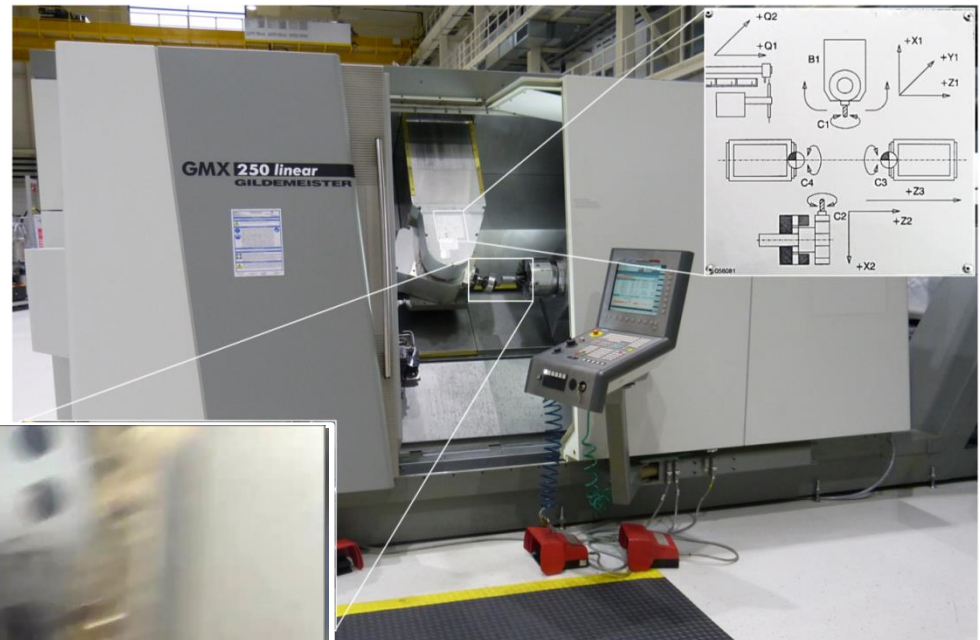


Quasistationär → Werkstück „ruhend“



Quasistationäre Betrachtung fehlerhaft!

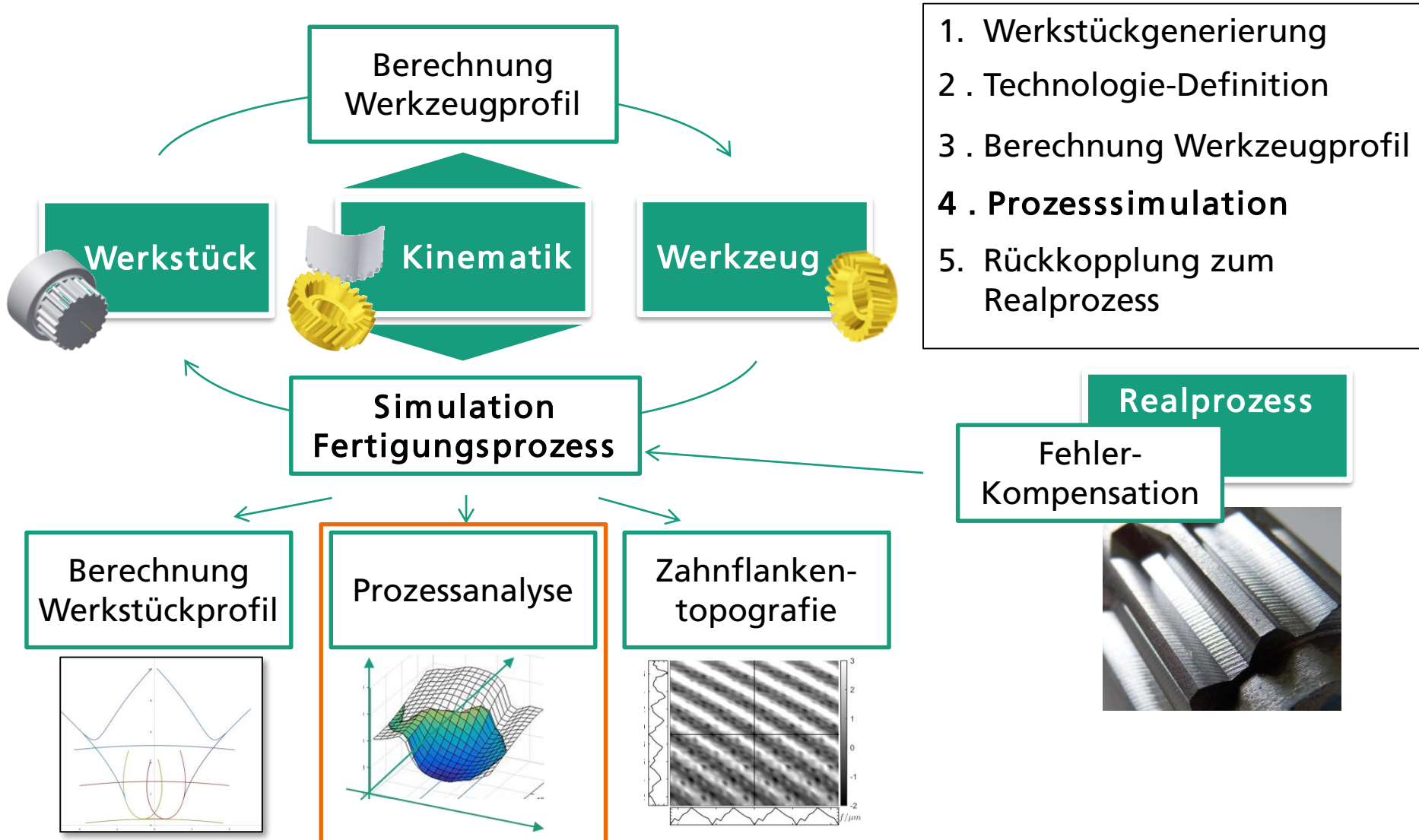
Das mitbewegte Bezugssystem



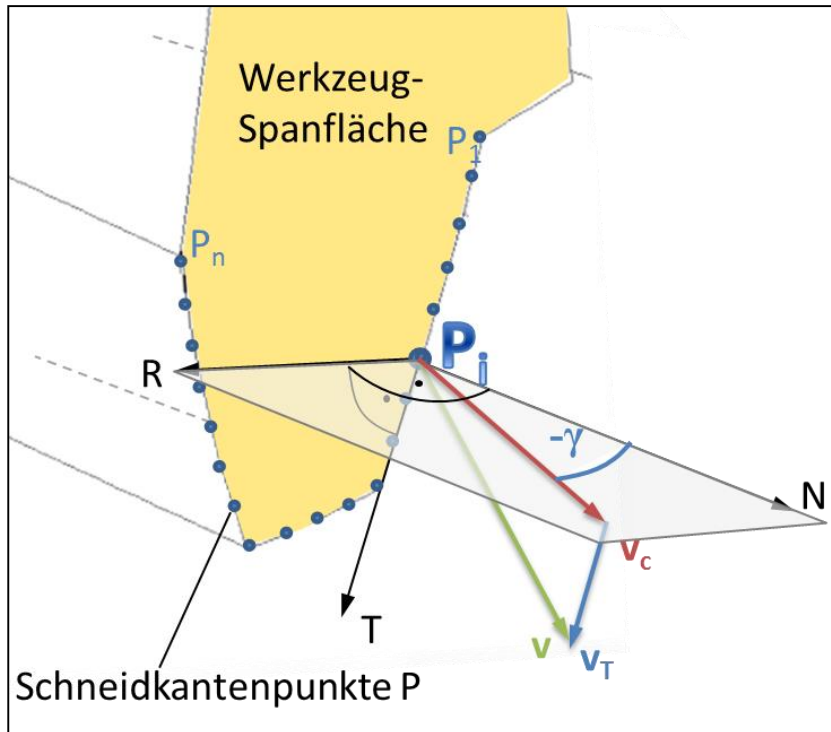
AGENDA

1. Forschung zur Verzahnungstechnik am IWU
2. Das Verfahren Wälzschälen
3. Steuerungstechnische Herausforderungen
4. Entwicklung eines Prozessmodells
5. Auslegungssoftware SkiveAll

Aufbau des mathematischen Prozessmodells

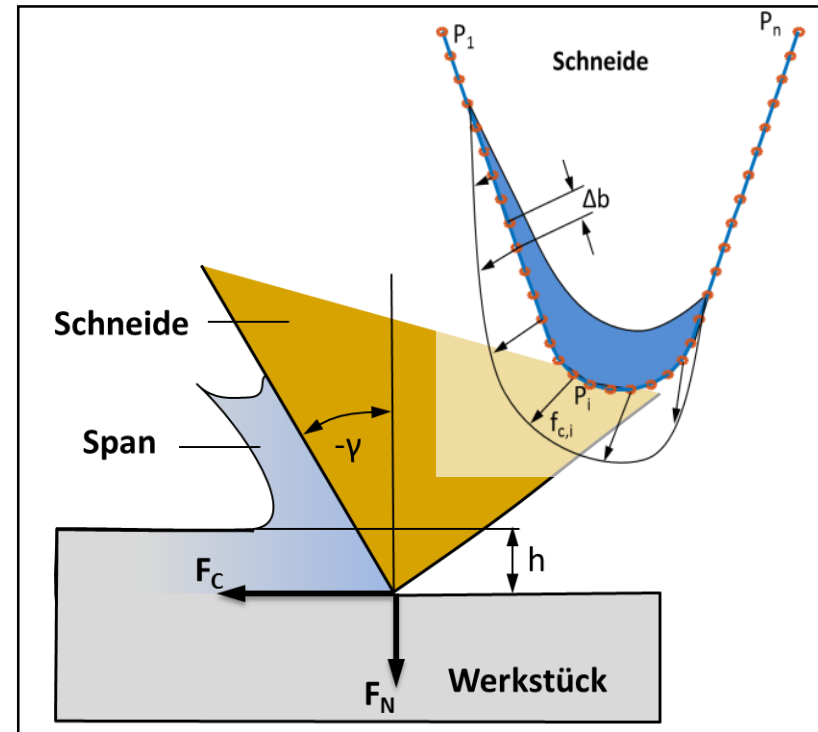


Ergebnisgrößen der Prozessanalyse



Berechnung der Bewegungsvektoren

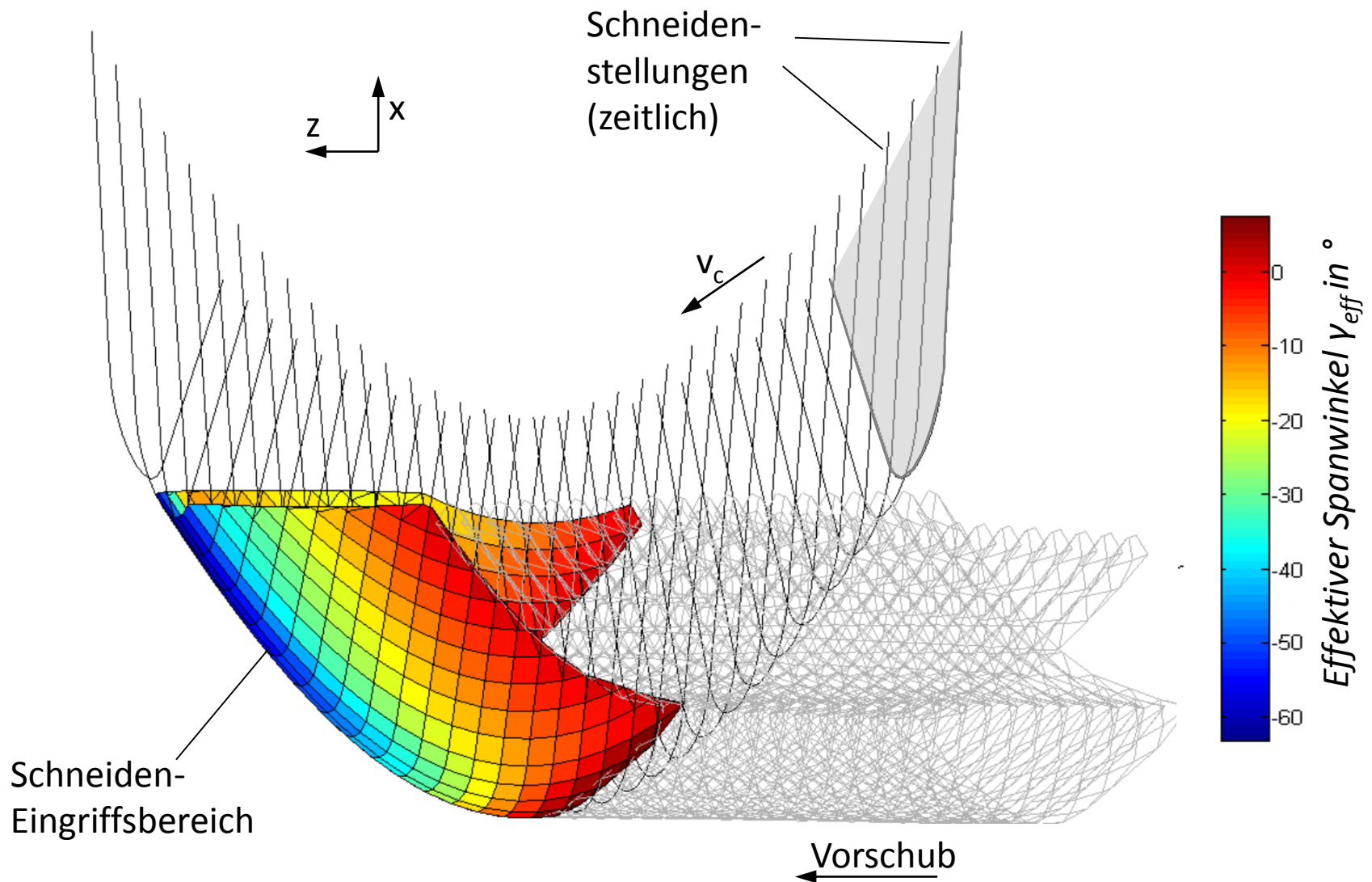
- Effektive lokale Spanwinkel
- Effektive lokale Freiwinkel
- Effektive lokale Geschwindigkeiten



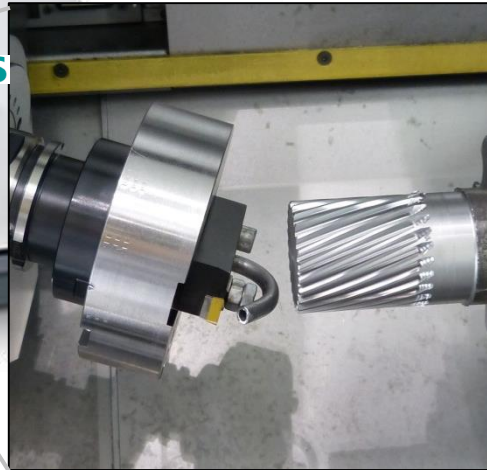
Berechnung von Geometrie und Kraft

- Lokale Spanungsdicken
- Lokale und kumulierte Schnittkraft
- resultierende Zahnflankentopologie

Ergebnisse: effektiver Spanwinkel

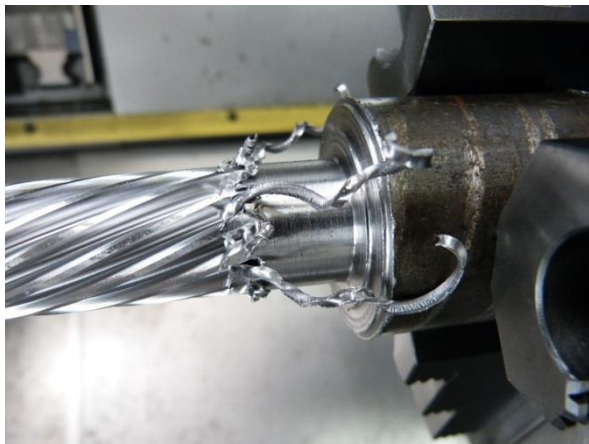


Praktische Untersuchungen



*Gildemeister GMX250 linear,
Forschungsfabrik IWU*

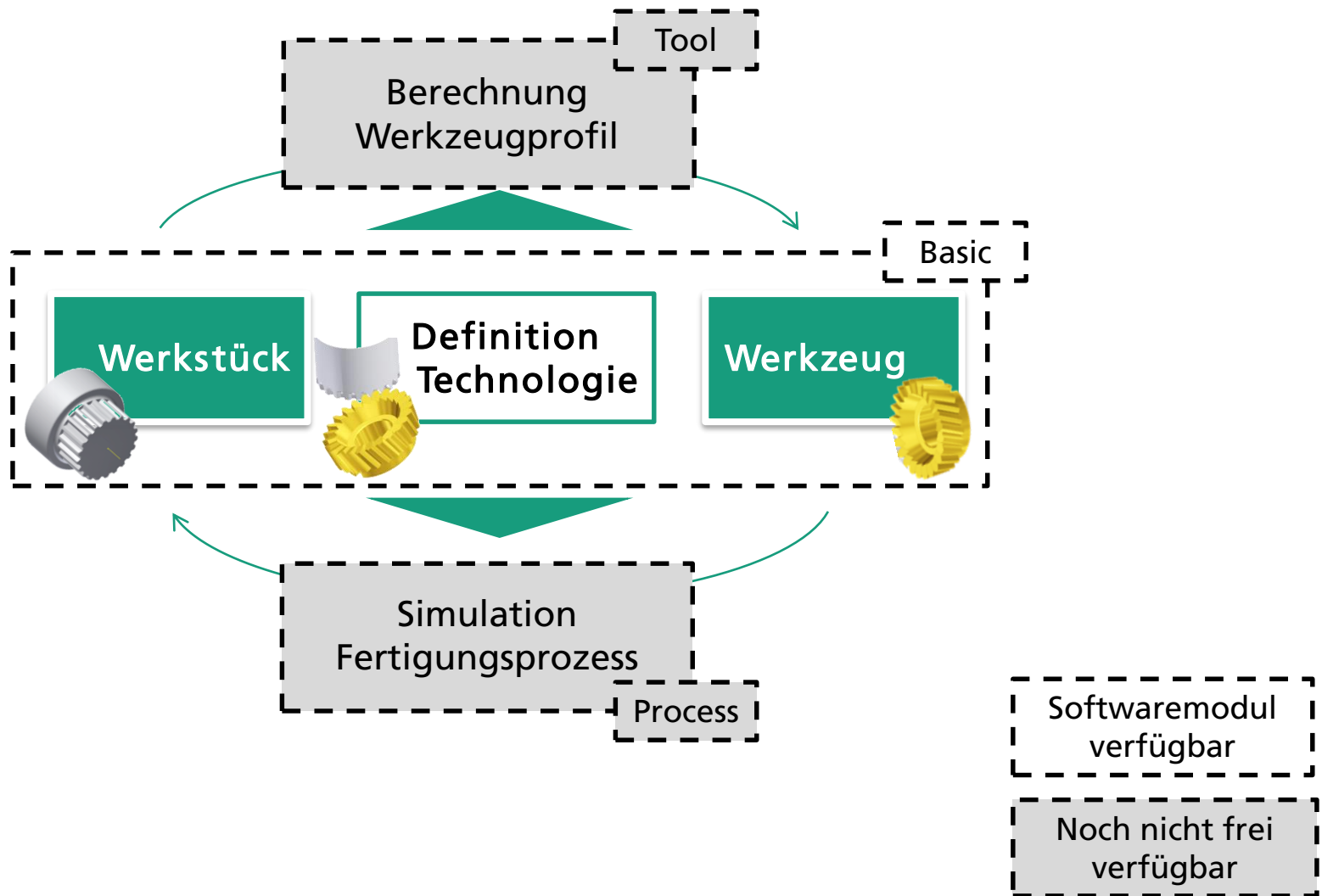
Live-Vorführung um 12:30
im Versuchsfeld des IWU



AGENDA

1. Forschung zur Verzahnungstechnik am IWU
2. Das Verfahren Wälzschälen
3. Steuerungstechnische Herausforderungen
4. Entwicklung eines Prozessmodells
5. Auslegungssoftware SkiveAll

SkiveAll – Softwaremodule



SkiveAll – Benutzeroberfläche

Projektbaum

Menüs und Funktionen

Ausgabebereich

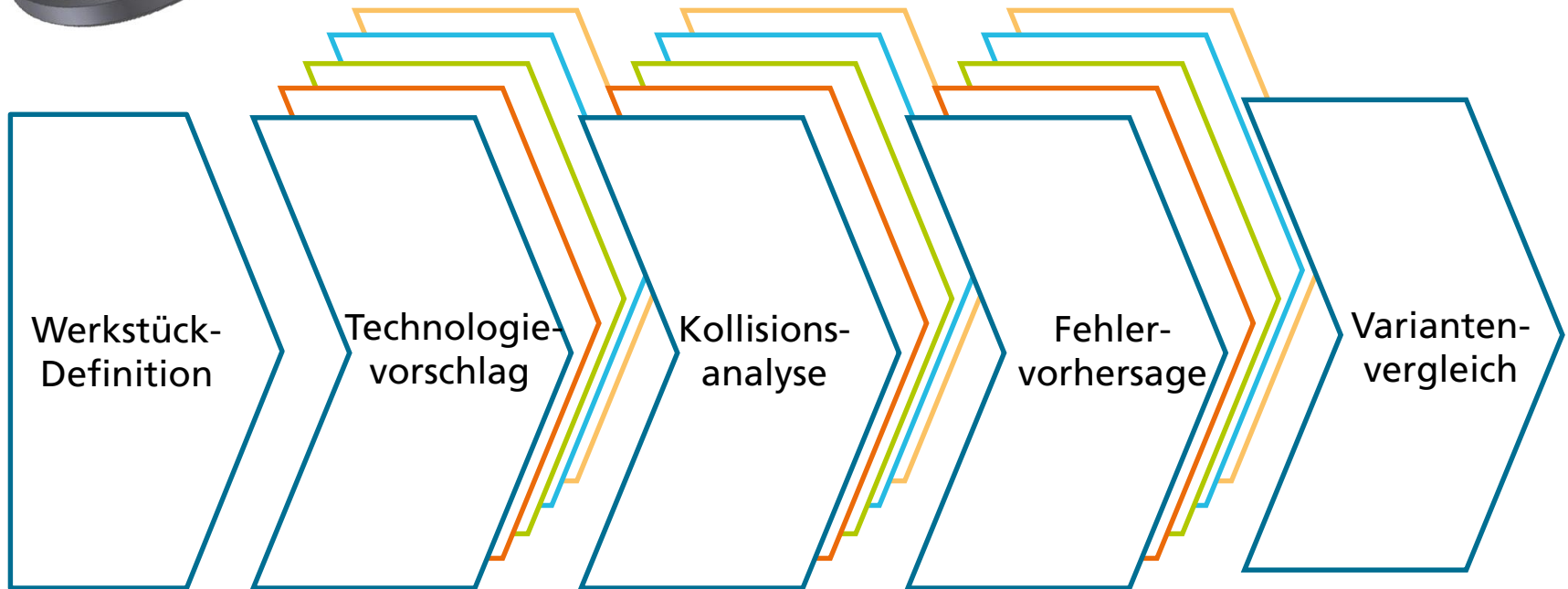
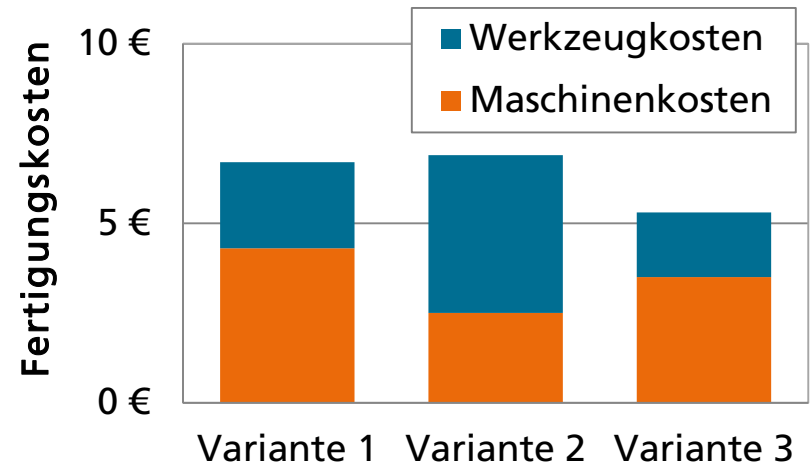
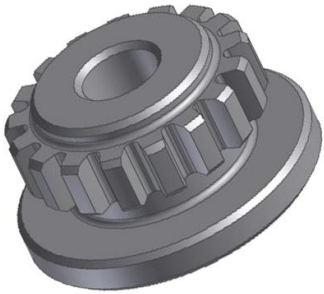
The screenshot displays the SkiveAll software interface with several key components highlighted by orange boxes and labels:

- Projektbaum (Project Tree):** Located on the left, it shows a hierarchical structure of the project, including 'Werkzeug_1', 'Grundtechnologie_1', 'Werkzeug_1_1', 'Technologie_1_1', 'Grundtechnologie_2', 'Werkzeug_2_1', and 'Technologie_2_1'.
- Menüs und Funktionen (Menus and Functions):** The top menu bar includes 'Datei', 'Hilfe', '3D-Ansicht', 'Kostenübersicht', 'Ansicht Werkstück', 'Ansicht Werkzeug', 'Ansicht Grundtechnologie', 'Ansicht Schnittstrategie', and 'Ansicht Kinematik'.
- Ausgabebereich (Output Area):** The central area displays a 'Schnitttabelle berechnen' (Calculate Cutting Table) window. It shows a table of cutting parameters for 10 steps, with a 'Zustellstrategie linear' (Linear Feeding Strategy) selected.
- Eingabebereich (Input Area):** The bottom-left section contains input fields for various parameters such as 'Schnittgeschwindigkeit' (Cutting Speed), 'min. Spanwinkel' (Minimum Chip Angle), 'min. Freiwinkel' (Minimum Clearance Angle), 'max. Zahnfußwelligkeit' (Maximum Root Fillet), 'Sicherheitsabstand' (Safety Distance), 'Dauer Rückhub' (Permanent Retraction), 'Ersatzradius' (Replacement Radius), 'Zustellung max' (Maximum Feeding), 'Schnittzahl' (Cutting Number), 'Profilbildungszone' (Profile Formation Zone), 'Zahnvorschub Schlichten' (Feed for Finishing), and 'Zahnvorschub Schruppen' (Feed for Chipping).
- Abbildungen (Images/Diagrams):** The bottom-right section shows three diagrams: a 3D model of a gear-like workpiece, a 'Kinematik' (Kinematics) diagram showing the tool and workpiece geometry, and a 'Schnitt C' (Cut C) diagram showing the tool path and cutting parameters.

Eingabebereich

Abbildungen

SkiveAll – Workflow



Danke für die Aufmerksamkeit

Kontakt:

Dr.-Ing. Ruben Bauer
Fraunhofer IWU Chemnitz
ruben.bauer@iwu.fraunhofer.de

Software SkiveAll:

