

Virtuelle Optimierung von Zerspanprozessen – Simulation statt Versuch und Irrtum

16. Swisssmem Zerspanungsseminar

Daniel Brügger, Brügger Technologies Sàrl

Dr.-Ing. Arne Mücke, Tetralytix GmbH

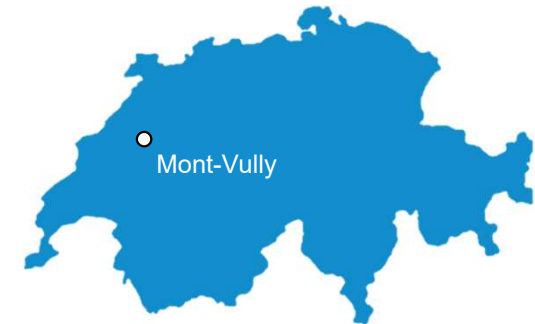
Brügger Technologies Sarl und Tetralytix GmbH

Brügger Technologies Sarl

Technologie- und Managementberatung,

Handelsvertreter von Tetralytix für Schweiz, Frankreich, Italien

Mitglied im Swissmem



Tetralytix GmbH

Entwicklung von Softwarelösungen für bessere
Zerspanungstechnologie

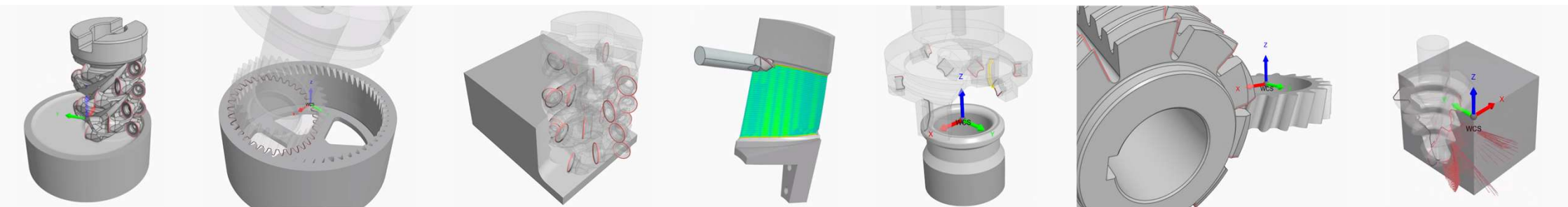
Produkt: Simulation Toolzyzer



Toolzyzer – die Simulation für maximale Produktivität

Maximale Produktivität für Ihre Zerspanungsprozesse

- Produktivitätssteigerungen bis zu 50 %
- Kosteneinsparungen bis zu 70%
- Schnelleres Einfahren neuer Prozesse
- Richtige Werkzeug- und Maschinenwahl



Fakten

Produzierende Betriebe aus z.B. Automobil- und Luftfahrtindustrie optimieren Prozesse mit Toolzyzer

Europa, Japan, USA

Führende Werkzeughersteller und Maschinenhersteller verwenden Toolzyzer

Weltweit, u.a. in Europa, USA, Japan. Sowohl Großunternehmen als auch KMU

Technische Universitäten erforschen mit Toolzyzer neue Technologien

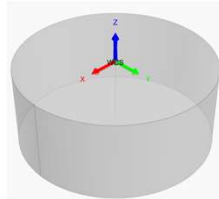
Neue Werkzeugkonzepte, Modellierungen, Effizienzbetrachtungen uvm.

Arbeitslauf einer Simulation mit Toolyzer

Werkzeugmodell
einladen (STEP)



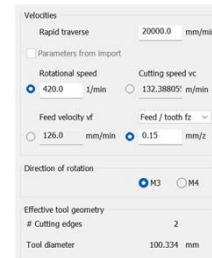
Werkstück
definieren
(STEP/STL)



Werkzeugweg:
G-Code, CL-
Data, Preset

- Vollnut/Teilnut
- Zirkularfräsen
- Tauchfräsen
- Trochoidalfräsen
- Gewindebohren
- Bohren
- Wälzschälen
- Wälzfräsen
- Wirbeln
- G-Code inkl. 5-Achs-simultan
- Sonderkinematiken über API

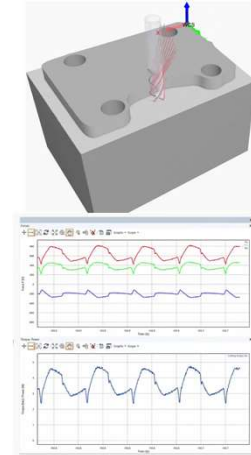
Prozess-
parameter
definieren



Werkstoff
festlegen



Simulieren und
Optimieren



Anwendungsbeispiele

Schruppen von GG-25 mit maximalem Zeitspanvolumen
(Zusammenarbeit mit Alesa)



Optimierung der Produktivität der Herstellung eines Zahnimplantats
(Zusammenarbeit mit Diametal)



Erhöhung der Prozesssicherheit beim Wälzschälen einer Innenverzahnung

Schruppen mit maximalem Zeitspanvolumen (Fa. Alesa)

Motivation

Hohes Zeitspanvolumen Q beim Schrappen von GG-25
mit Soll-Schnitttiefe $a_p = 75$ mm

Herausforderungen

Langauskragende Werkzeuge,
Ist-Schnitttiefe $a_p = 72$ mm, Soll-Schnitttiefe $a_p = 75$ mm

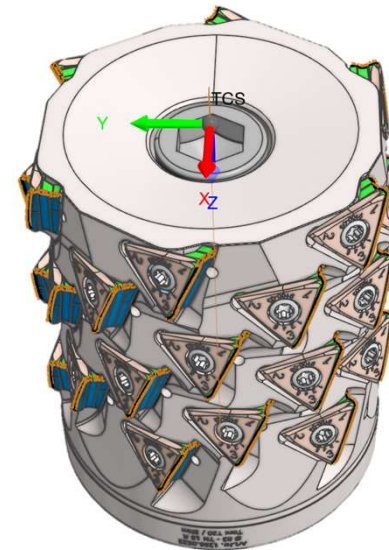
Zielsetzung und Vorgehensweise

Bestmögliche Werkzeuggeometrie verwenden

Prozess optimal auslegen

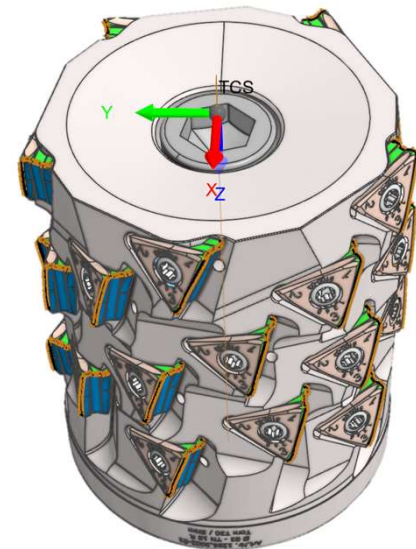
Simulationen zur gezielten Optimierung

Bisheriges Werkzeug



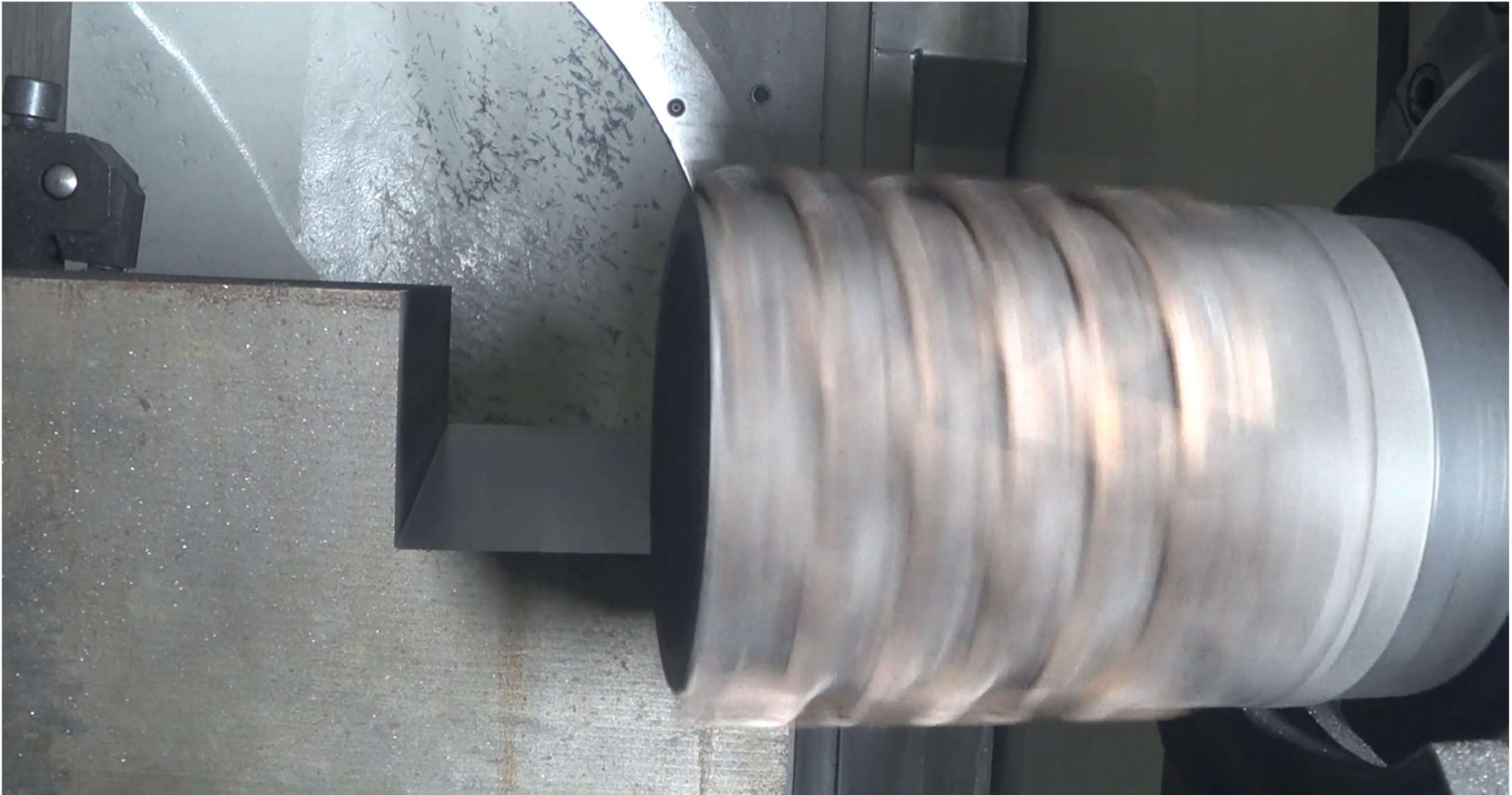
$D = 83$ mm
 $Z = 6$ / Umfang
Max. $a_p = 72$ mm

Optimiertes Werkzeug

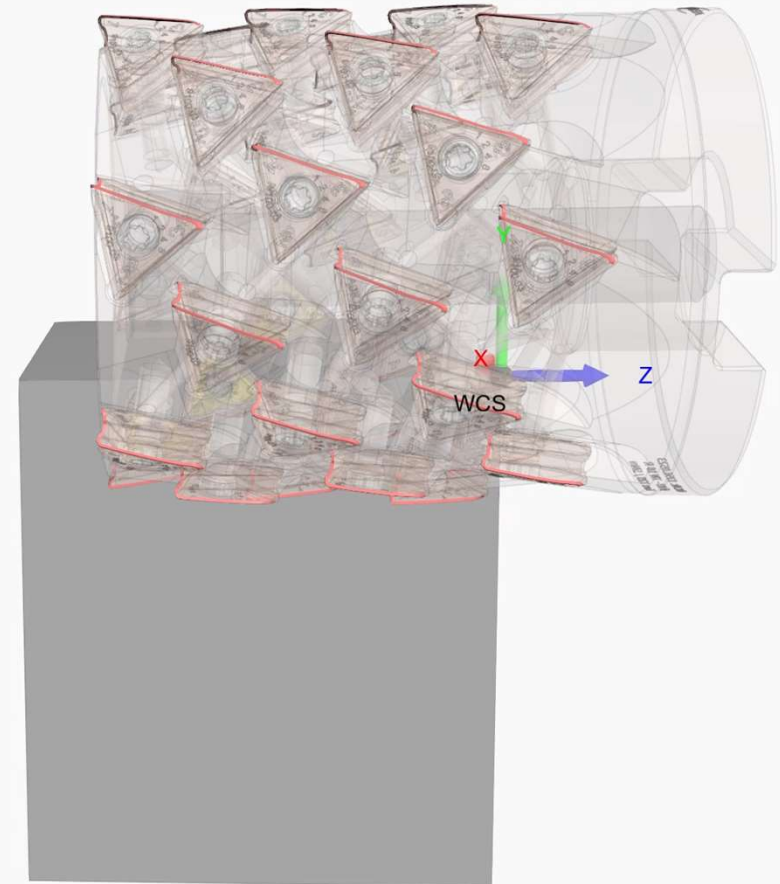
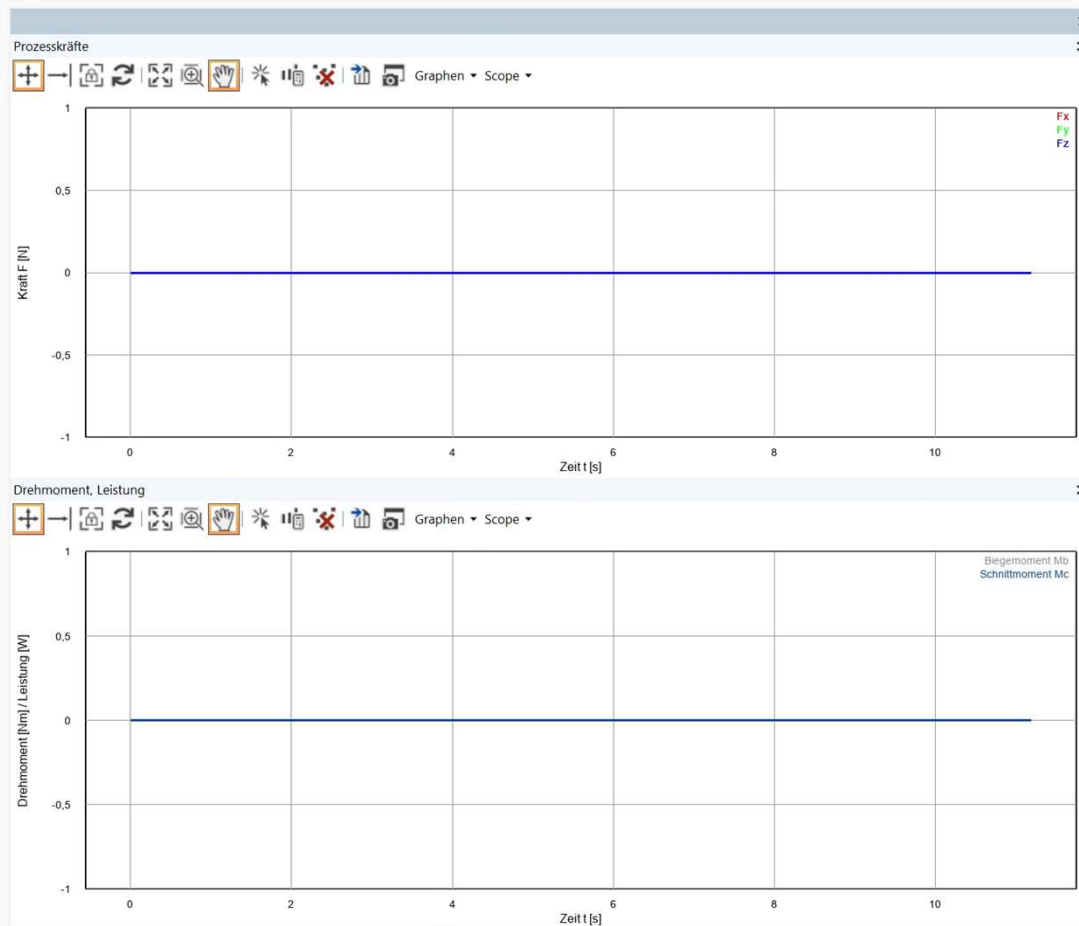


$D = 83$ mm
 $Z = 5$ / Umfang
Max. $a_p = 75$ mm

Bisheriger Prozess: Schnitttiefe $a_p = 72$ mm



Bisheriger Prozess: Schnitttiefe $a_p = 72$ mm



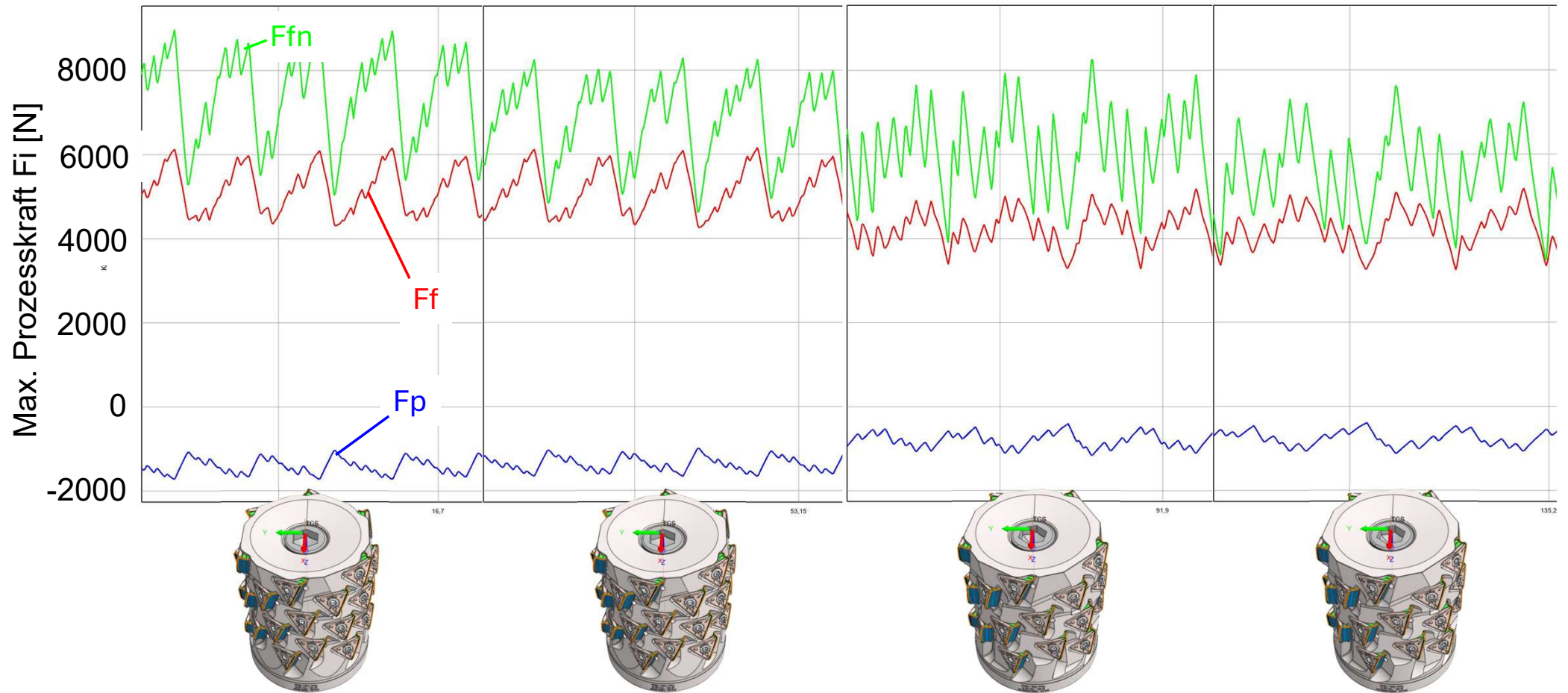
Simulierte Prozesskräfte für verschiedene Werkzeugkonfigurationen

Werkzeug 1

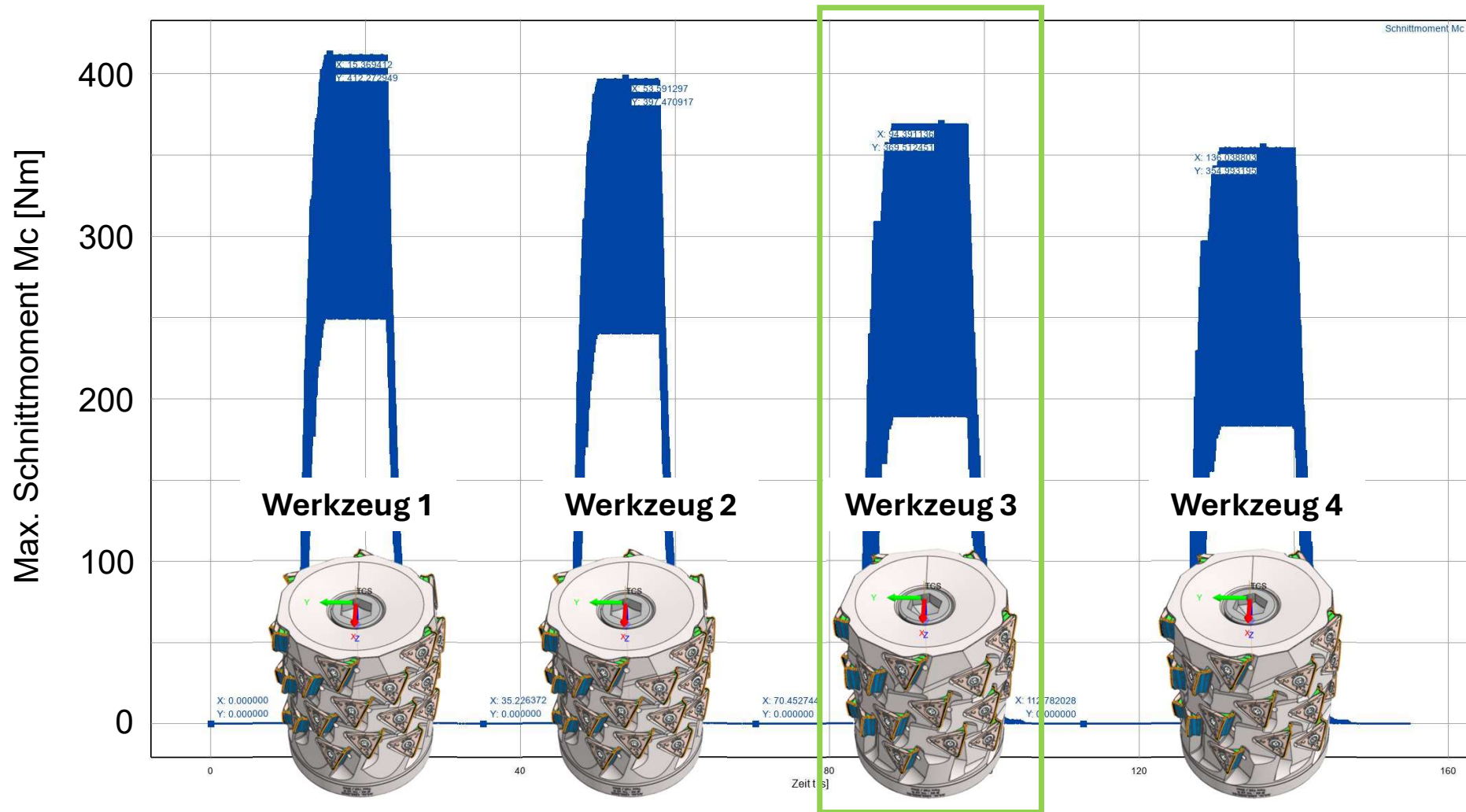
Werkzeug 2

Werkzeug 3

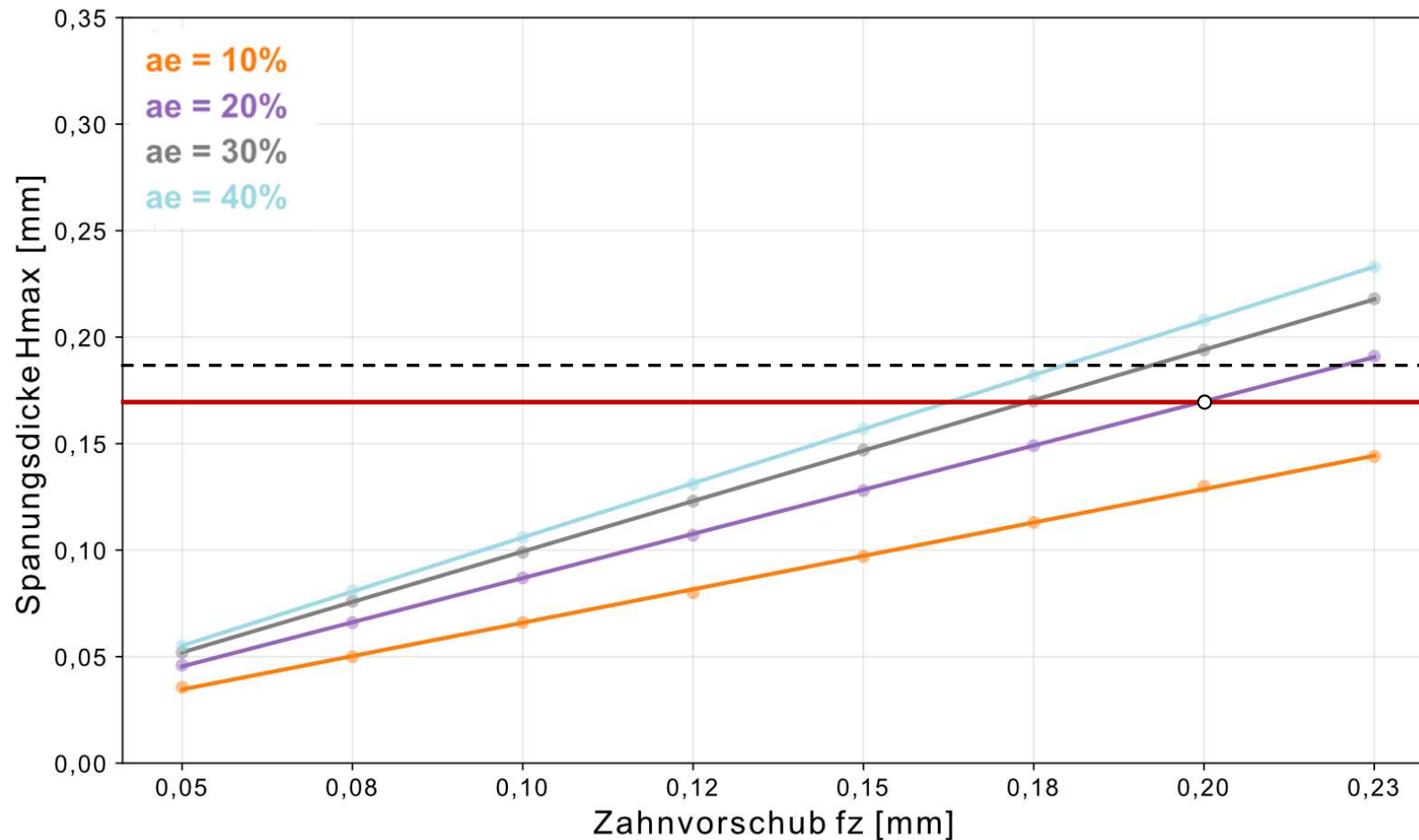
Werkzeug 4



Simuliertes Schnittmoment für verschiedene Werkzeugkonfigurationen

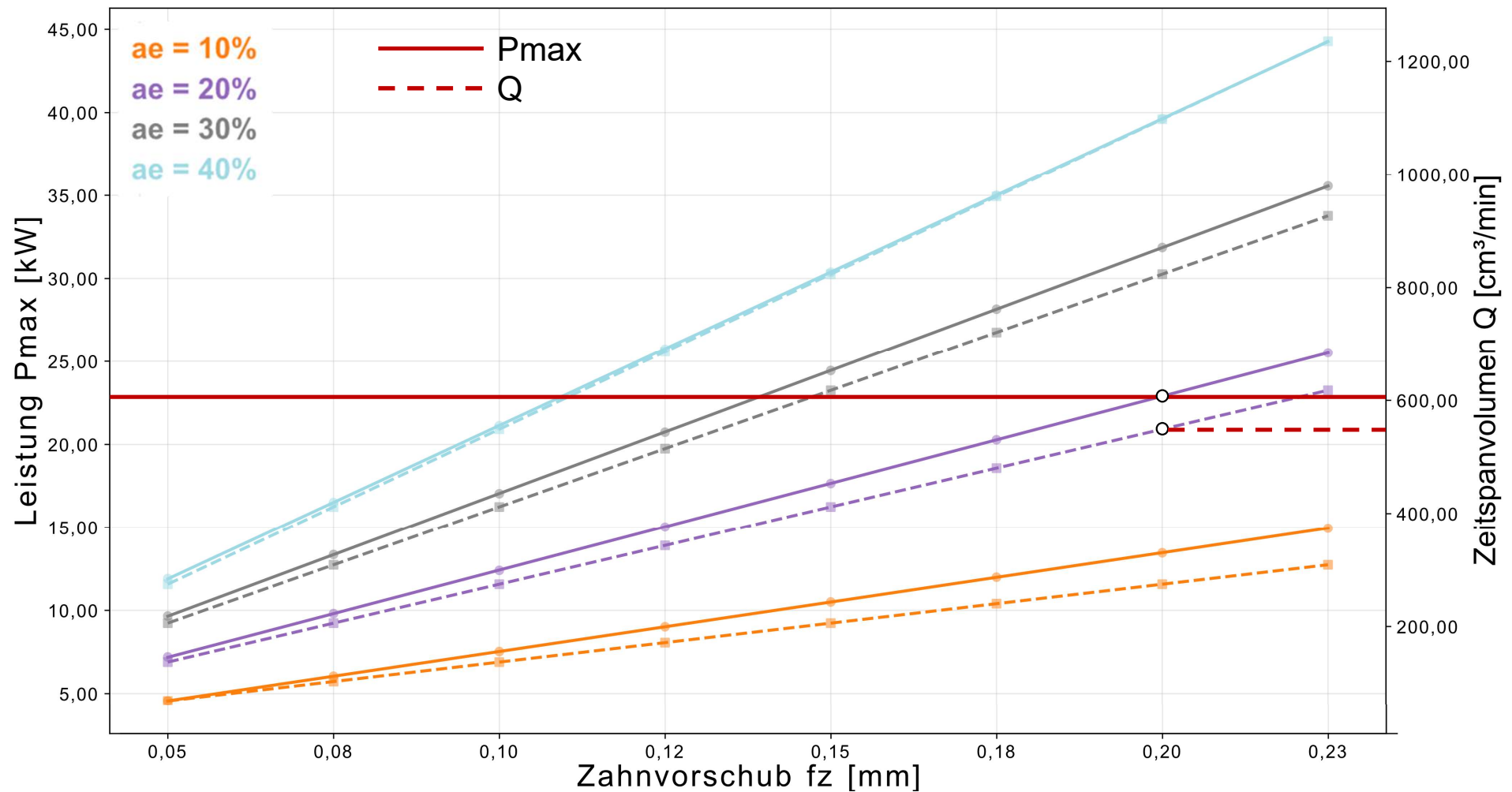


Prozessauslegung: Spanungsdicke in Abhängigkeit von Zahnvorschub f_z und Schnittbreite a_e

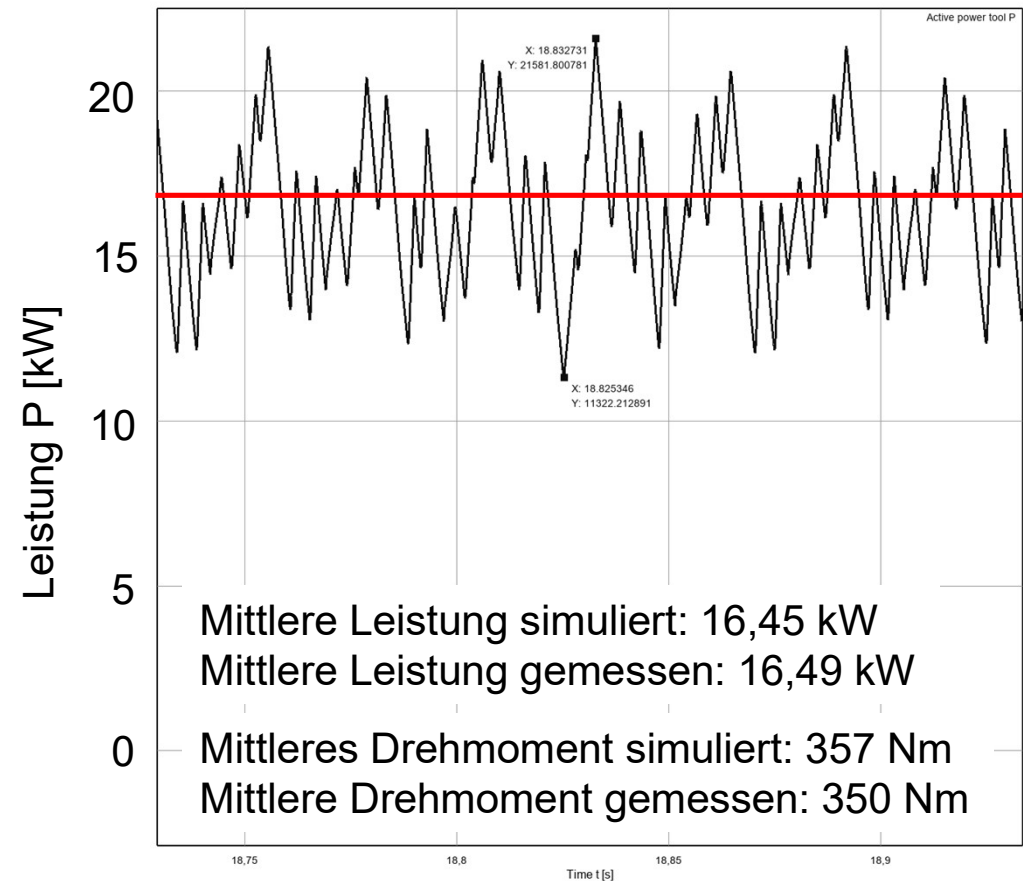


Exemplarisches Limit
für die verwendete
Wendeplatte

Prozessauslegung: Simulierte max. Spindelleistung und Zeitspanvolumen (WZ 3, $a_p = 75$ mm)



Validierung: Werkzeug 3, $a_p = 75 \text{ mm}$, $a_e = 20\%$, $f_z = 0,196 \text{ mm / z}$



Fazit

✓ **Neue Werkzeuggeometrie ermöglicht Zielschnitttiefe von $a_p = 75$ mm**

✓ **Optimale Prozessauslegung mit Hilfe von Toolyzer möglich:**

Maximales Zeitspanvolumen Q durch gezielte Wahl von Schnittbreite a_e und Zahnvorschub f_z

Einfache Berücksichtigung von maximaler Spanungsdicke h_{max} und Spindelleistung P

✓ **Bedarfsweise auch weitere Zielkriterien möglich, z.B. Berechnung max. Biegemoment**

Vorab Wahl der richtigen Maschine, des richtigen Werkzeughalter usw.

Verbesserung der Produktivität bei Herstellung eines Zahnimplantats

Motivation

Höhere Produktivität, schnelleres Einfahren

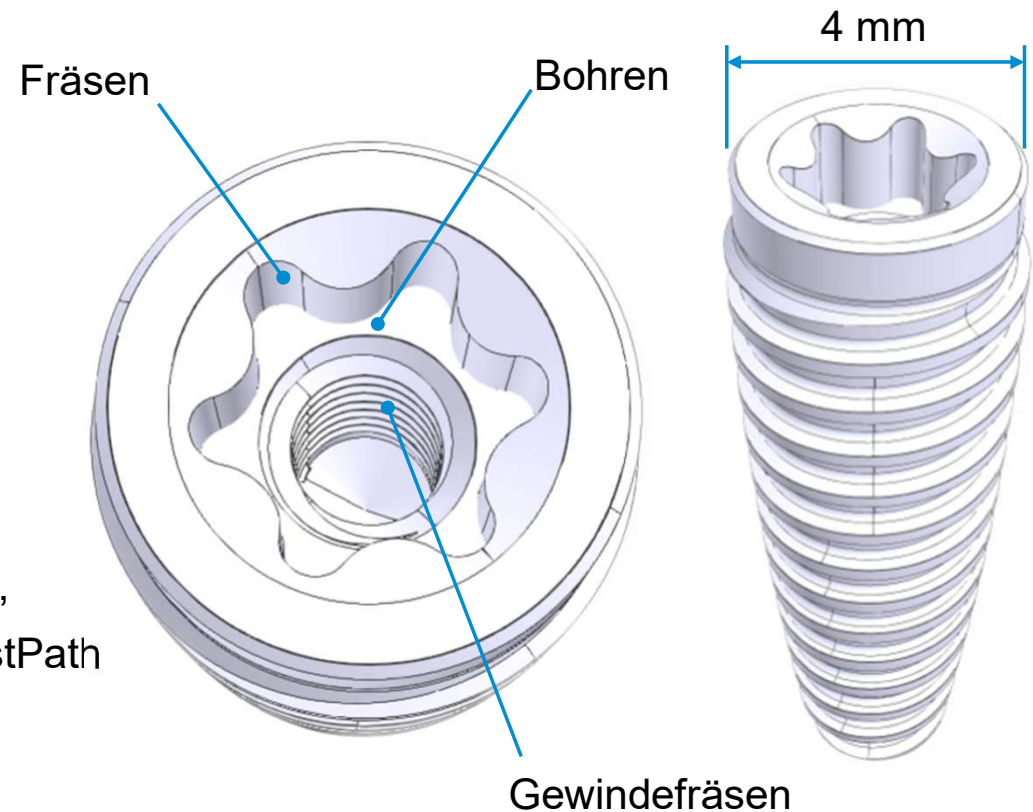
Herausforderungen

Kleine Werkzeuge, Werkstoff Ti-6Al-4V

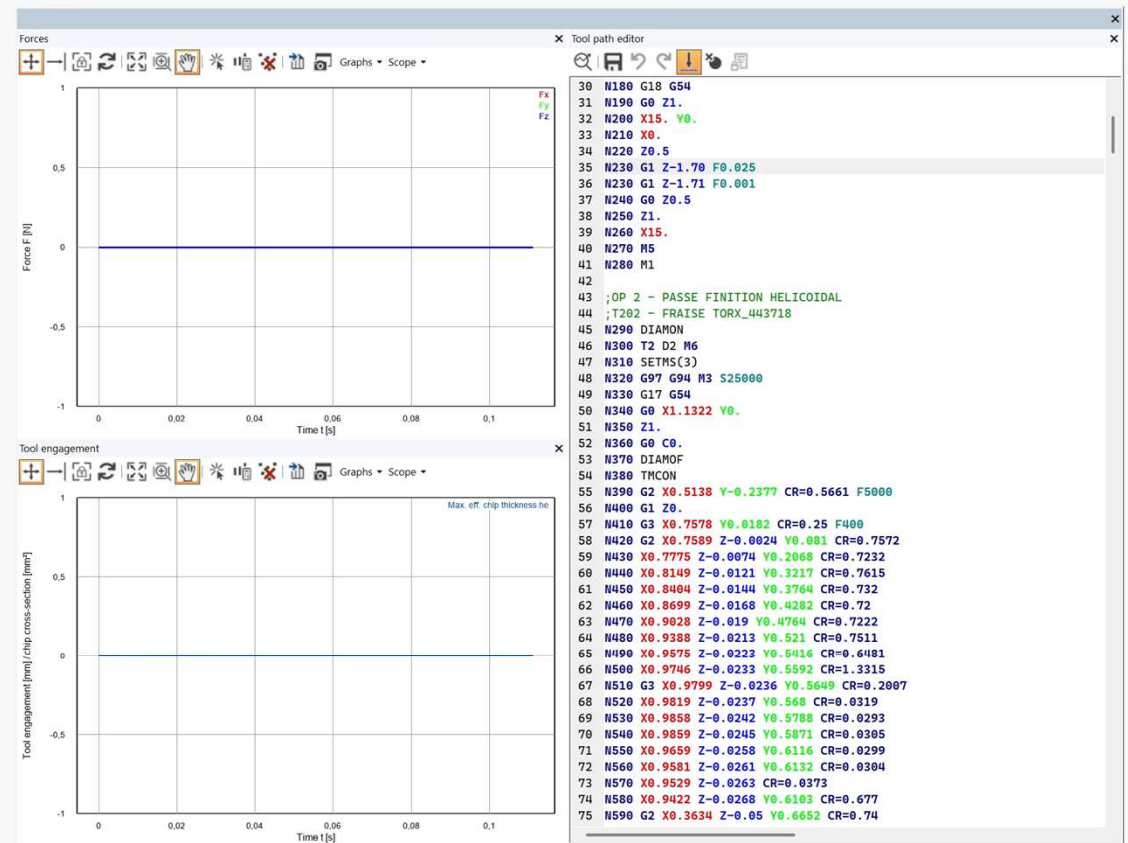
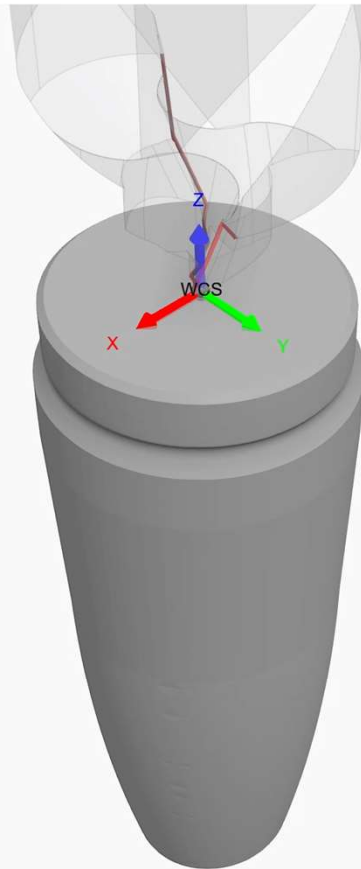
Enge Toleranzen

Zielsetzung und Vorgehensweise

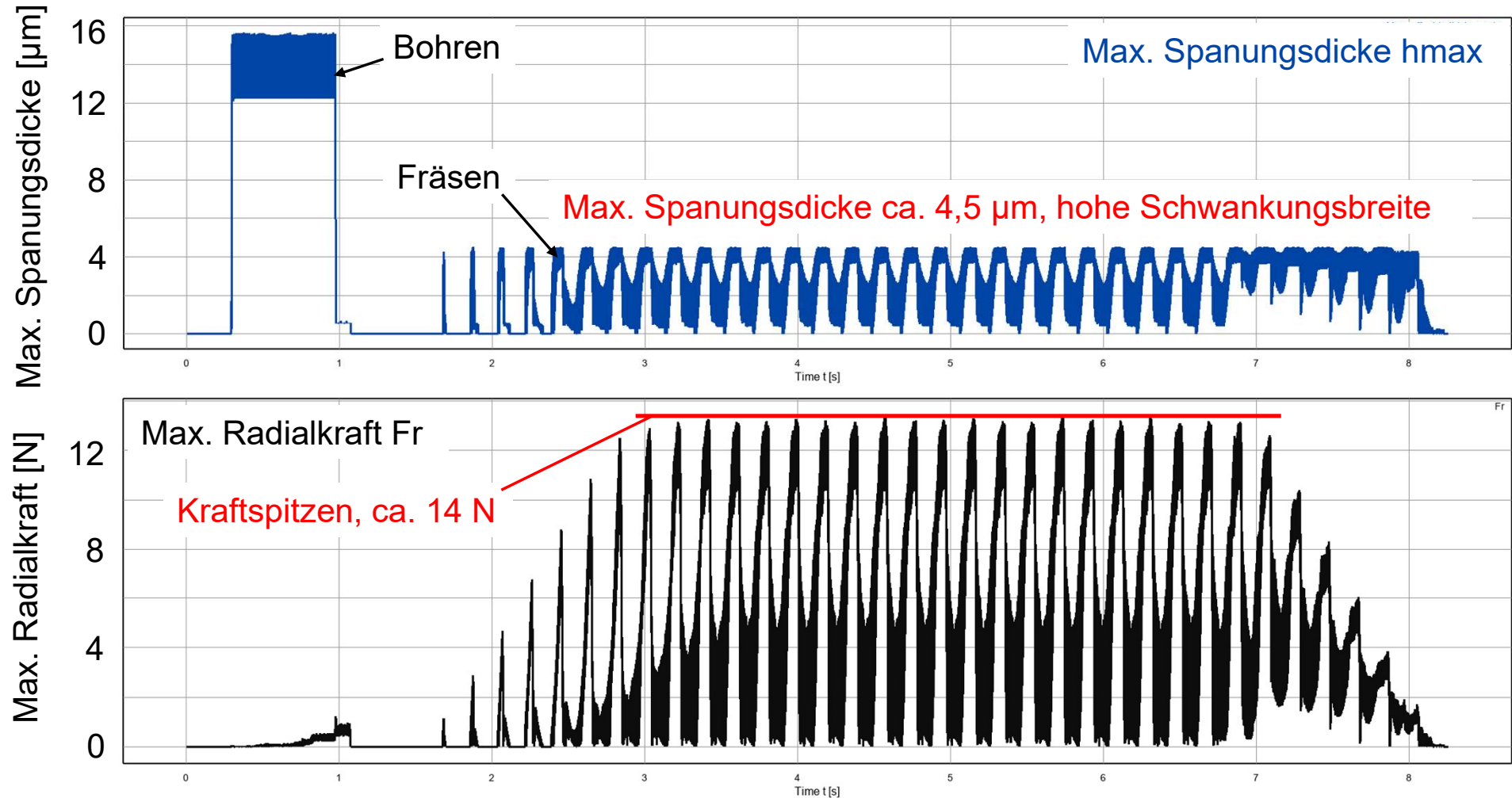
Analyse des Prozesses und der Werkstückgeometrie,
Automatisierte Vorschuboptimierung mit Toolyzer FastPath



Video – Referenzprozess



Referenzprozess: Maximale Spanungsdicke und Radialkraft



Toolzyer FastPath – die moderne Vorschuboptimierung

Anwendung

Schnellere Prozesse durch Vorschuboptimierung

Reduktion von Kraft- und Drehmomentspitzen

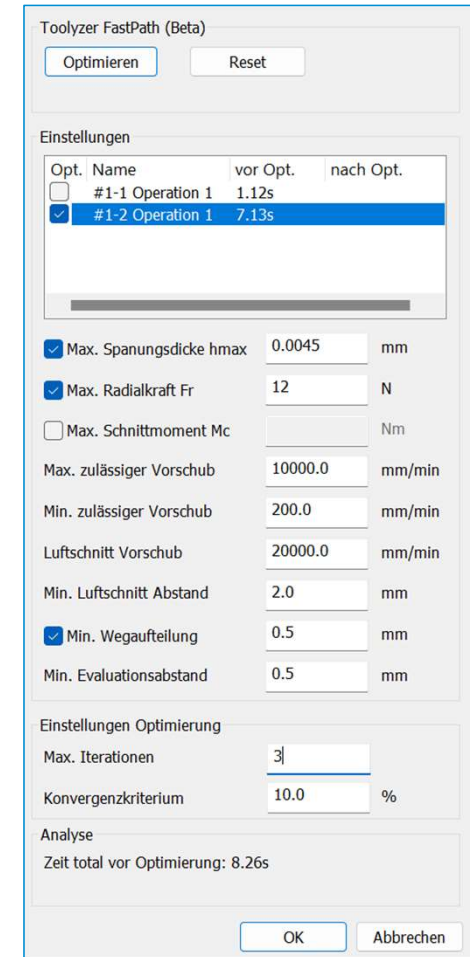
Homogenisierung des Werkzeugeingriffs

Alleinstellungsmerkmale Toolzyer FastPath

Berechnung der tatsächlichen Spanungsdicke

Beliebige Prozesse inkl. 5-Achs-Simultan und Wälzschälen

Schrupp- und Schlichtprozesse



Toolzyer FastPath (Beta)

Optimieren Reset

Einstellungen

Opt.	Name	vor Opt.	nach Opt.
<input type="checkbox"/>	#1-1 Operation 1	1.12s	
<input checked="" type="checkbox"/>	#1-2 Operation 1	7.13s	

Max. Spanungsdicke hmax 0.0045 mm

Max. Radialkraft Fr 12 N

Max. Schnittmoment Mc Nm

Max. zulässiger Vorschub 10000.0 mm/min

Min. zulässiger Vorschub 200.0 mm/min

Luftschnitt Vorschub 20000.0 mm/min

Min. Luftschnitt Abstand 2.0 mm

Min. Wegaufteilung 0.5 mm

Min. Evaluationsabstand 0.5 mm

Einstellungen Optimierung

Max. Iterationen 3

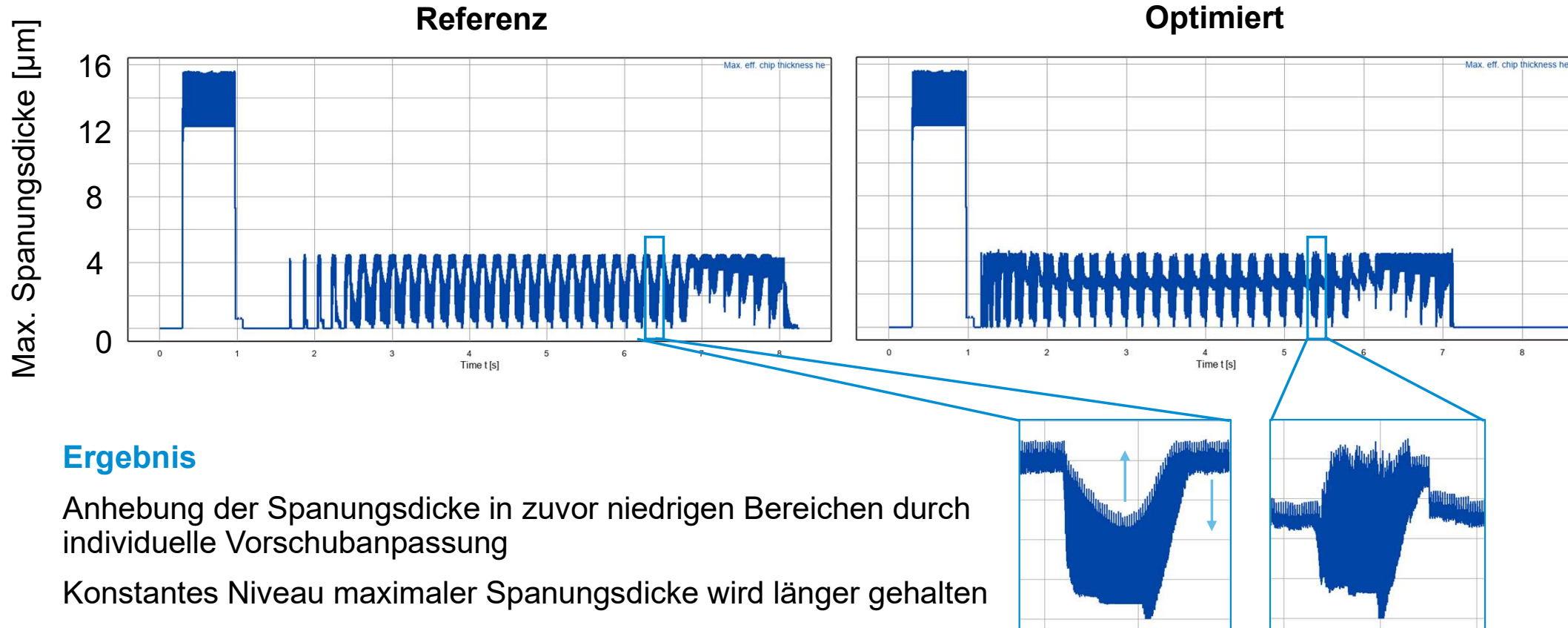
Konvergenzkriterium 10.0 %

Analyse

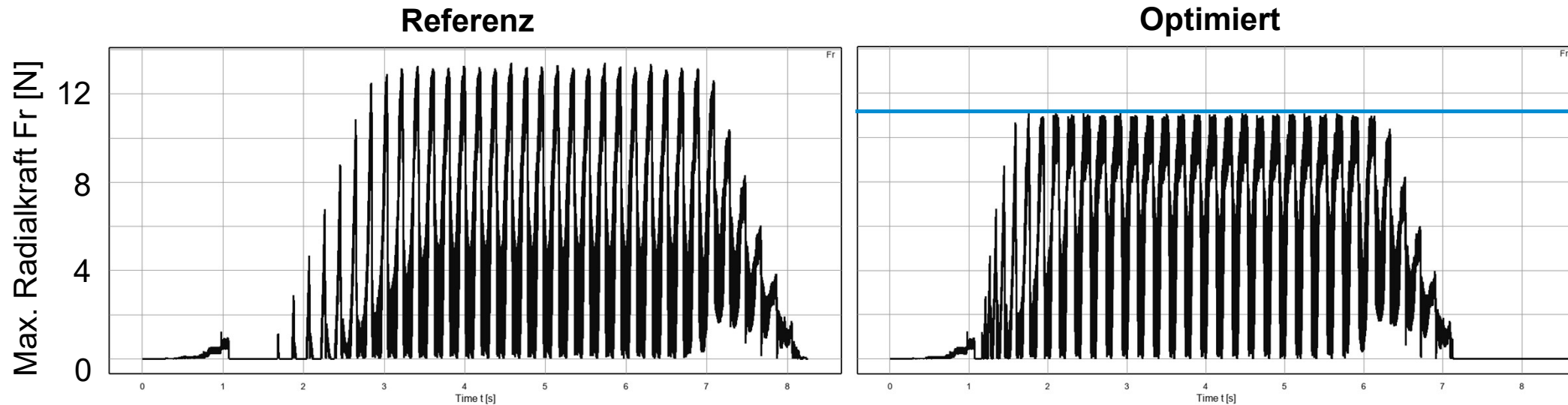
Zeit total vor Optimierung: 8.26s

OK Abbrechen

Maximale Spanungsdicke im Vergleich



Maximale Radialkraft F_r im Vergleich



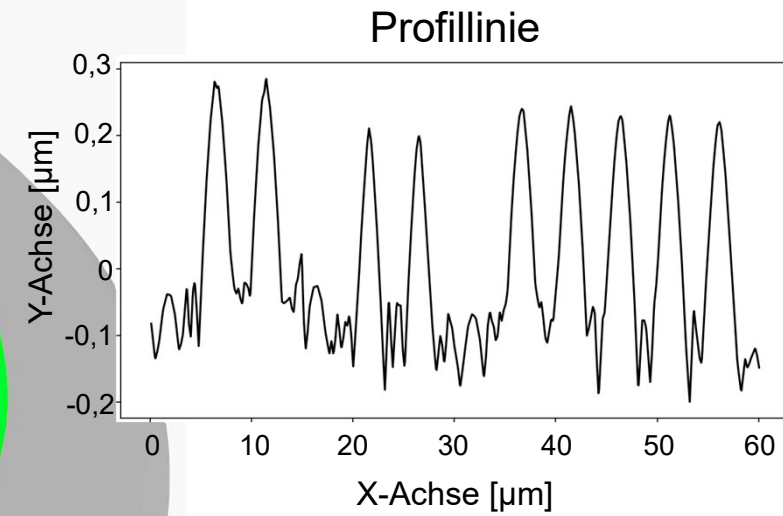
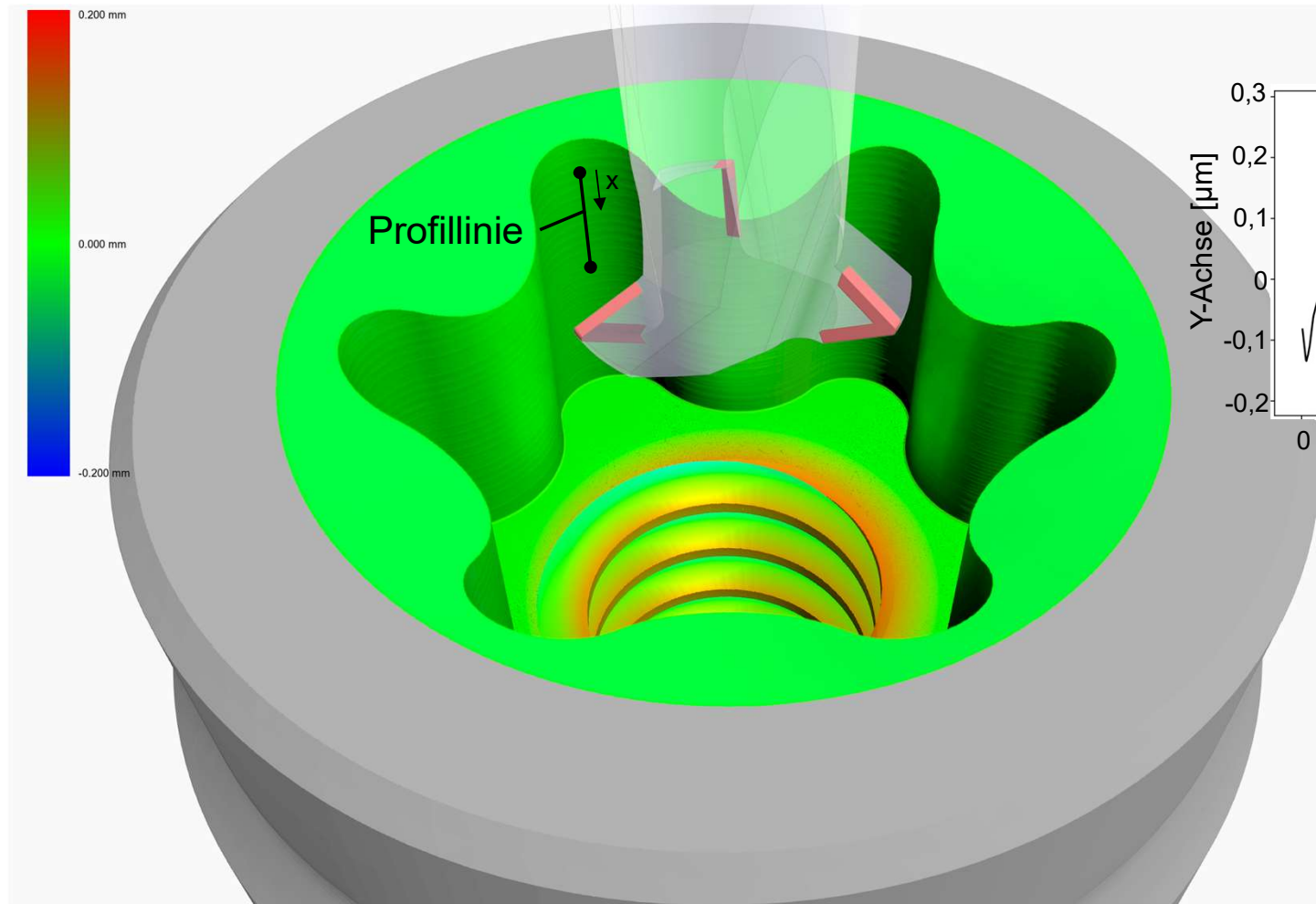
Ergebnis

Reduktion der Kraftspitzen um 17 %

Geringere Schwankungen, konstanteres Kraftniveau, dadurch Prozess laufruhiger

Verbesserung der Produktivität beim Fräsen ca. 16%

Kontrolle der Werkstückgeometrie des optimierten Prozesses



Fazit

- ✓ **Prozesssicherheit und Charakteristik verbessert**

Homogenere Eingriffsbedingungen

Reduzierte Kraftspitzen und geringeres Kraftniveau

- ✓ **Produktivität erhöht um 16 %**

Schnellerer Fräsprozess trotz geringerer maximaler Kräfte

- ✓ **Werkstückgeometrie i.O.**

Werkzeuge und G-Code sind geeignet, um geforderte Geometrie zu erzielen

Höhere Prozesssicherheit beim Wälzschälen einer Innenverzahnung

Motivation

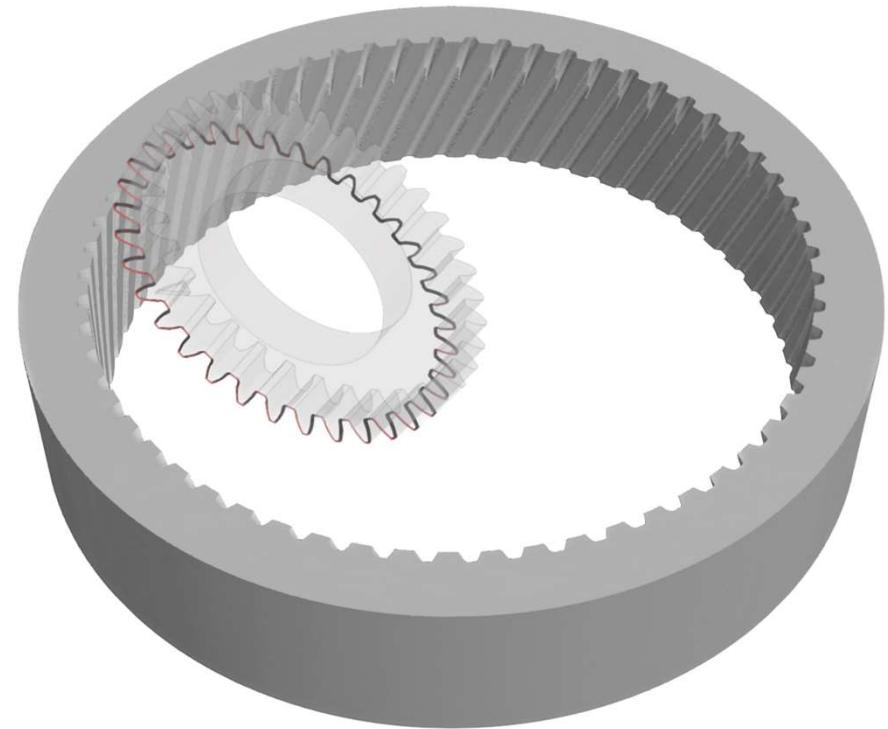
Zeitspanvolumen und Prozesssicherheit erhöhen

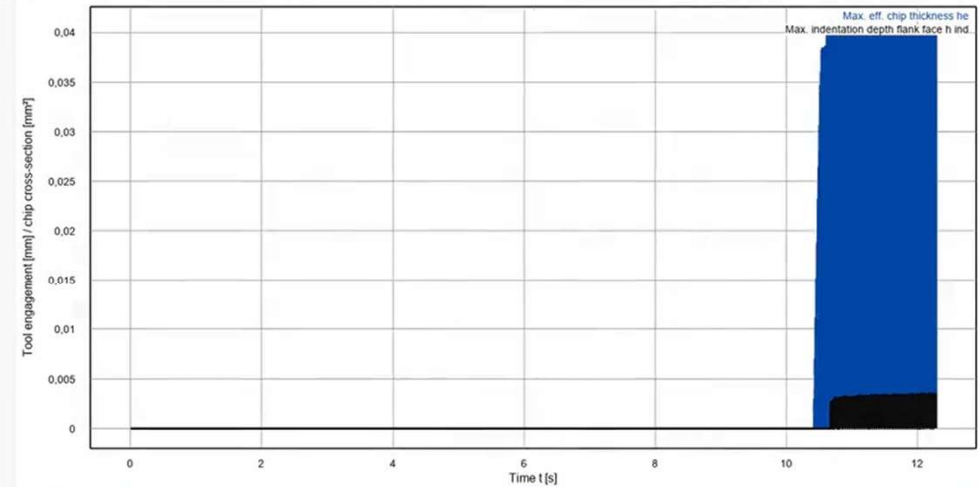
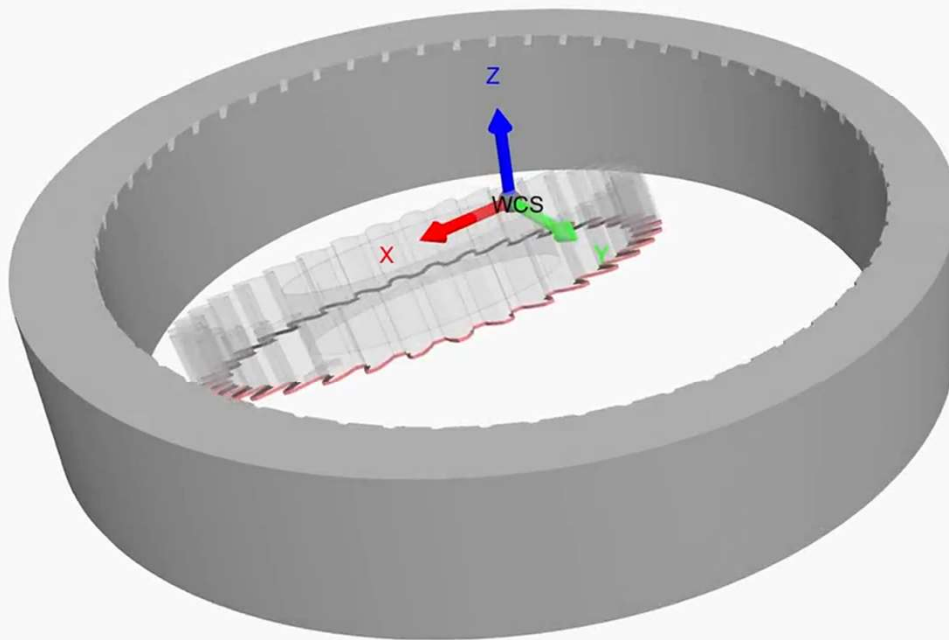
Herausforderung

Komplizierte Kinematik, Analyse des Werkzeugeingriffs erschwert, Wechselwirkungen zwischen den Schnitten

Lösung

Vollständige, dreidimensionale Simulation des gesamten Prozesses





3D-Analysis tool

Tool view Tools

Analysis

Target: Eff. orthogonal clearan

Value: Minimum

Interval

Min.: -0.57

Max.: 27.89

Custom

Local

Minimum: 0

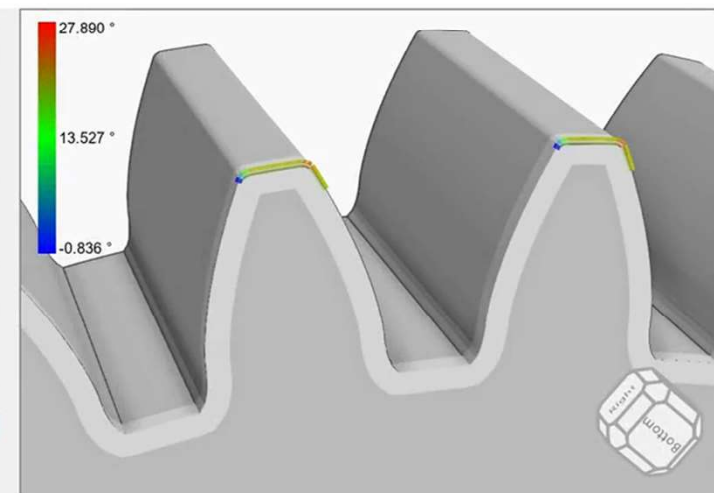
Average: 0

Maximum: 0

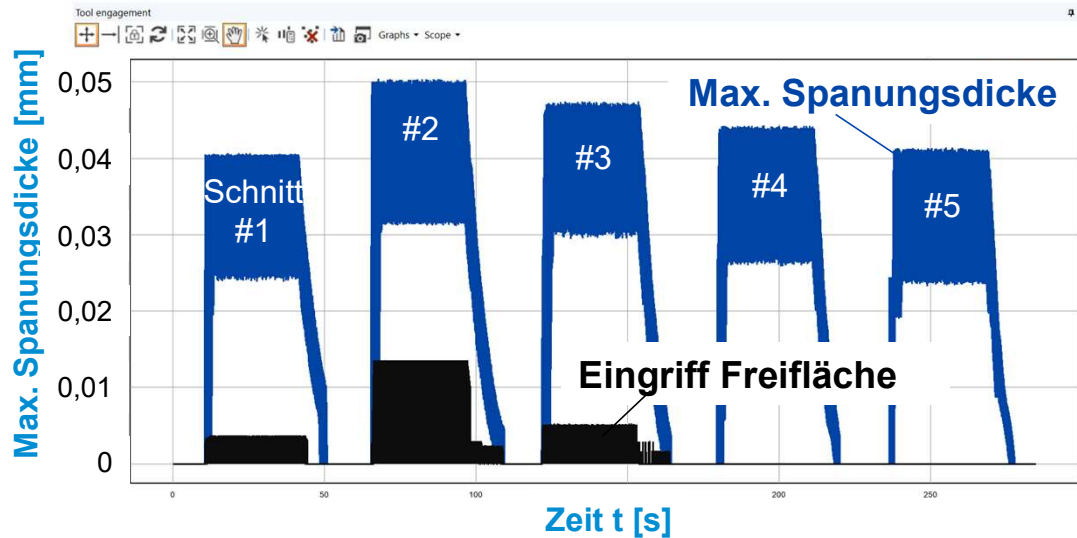
Current: 0

Clear data

Close



Höhere Prozesssicherheit beim Wälzschälen einer Innenverzahnung



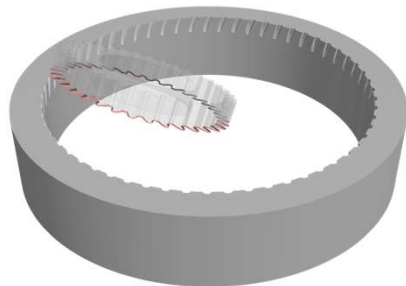
Prozess

Innenverzahnung, 5 Schnitte

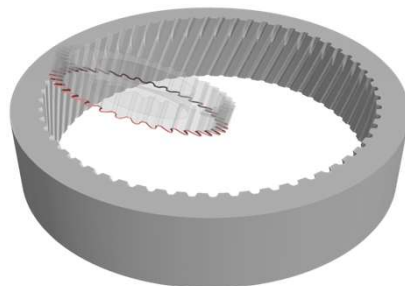
Ziel

Zeitspanvolumen und Prozesssicherheit erhöhen:

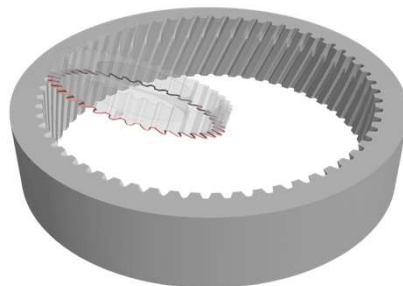
- Spanungsdicke harmonisieren
- Freiflächeneingriff vermeiden



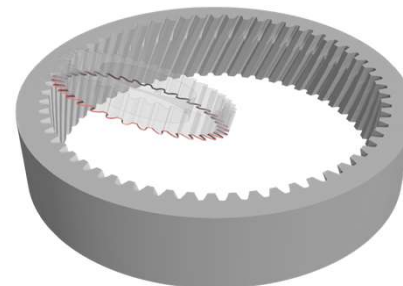
Schnitt #1



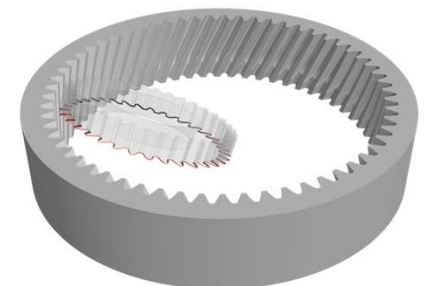
Schnitt #2



Schnitt #3

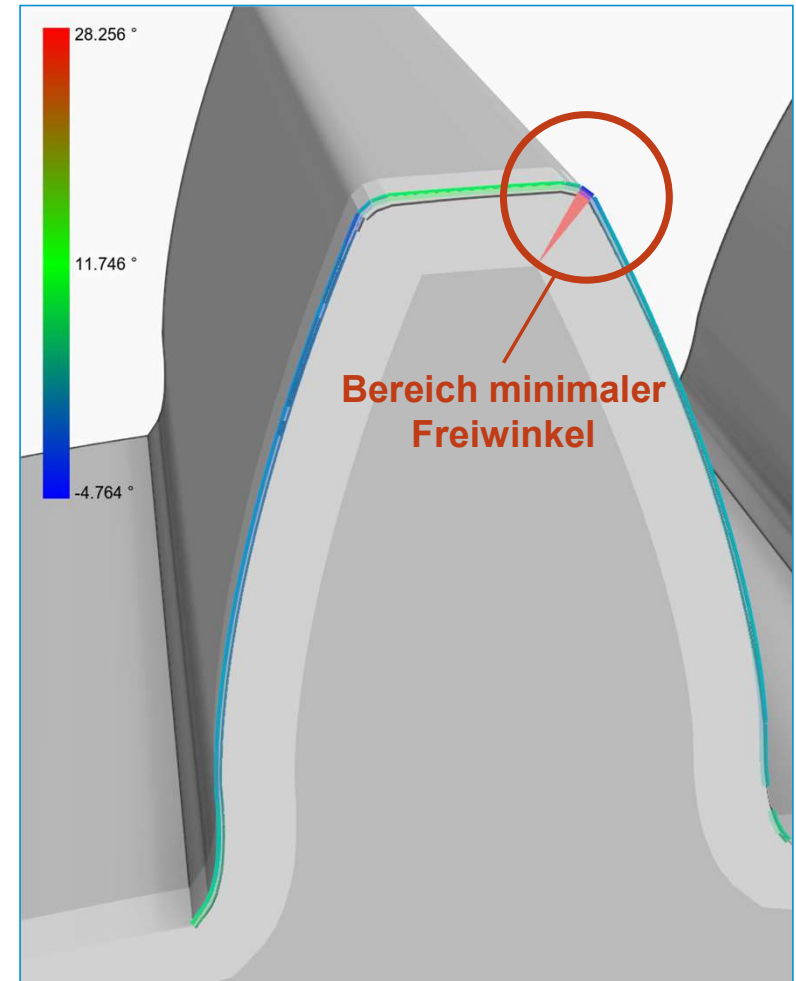
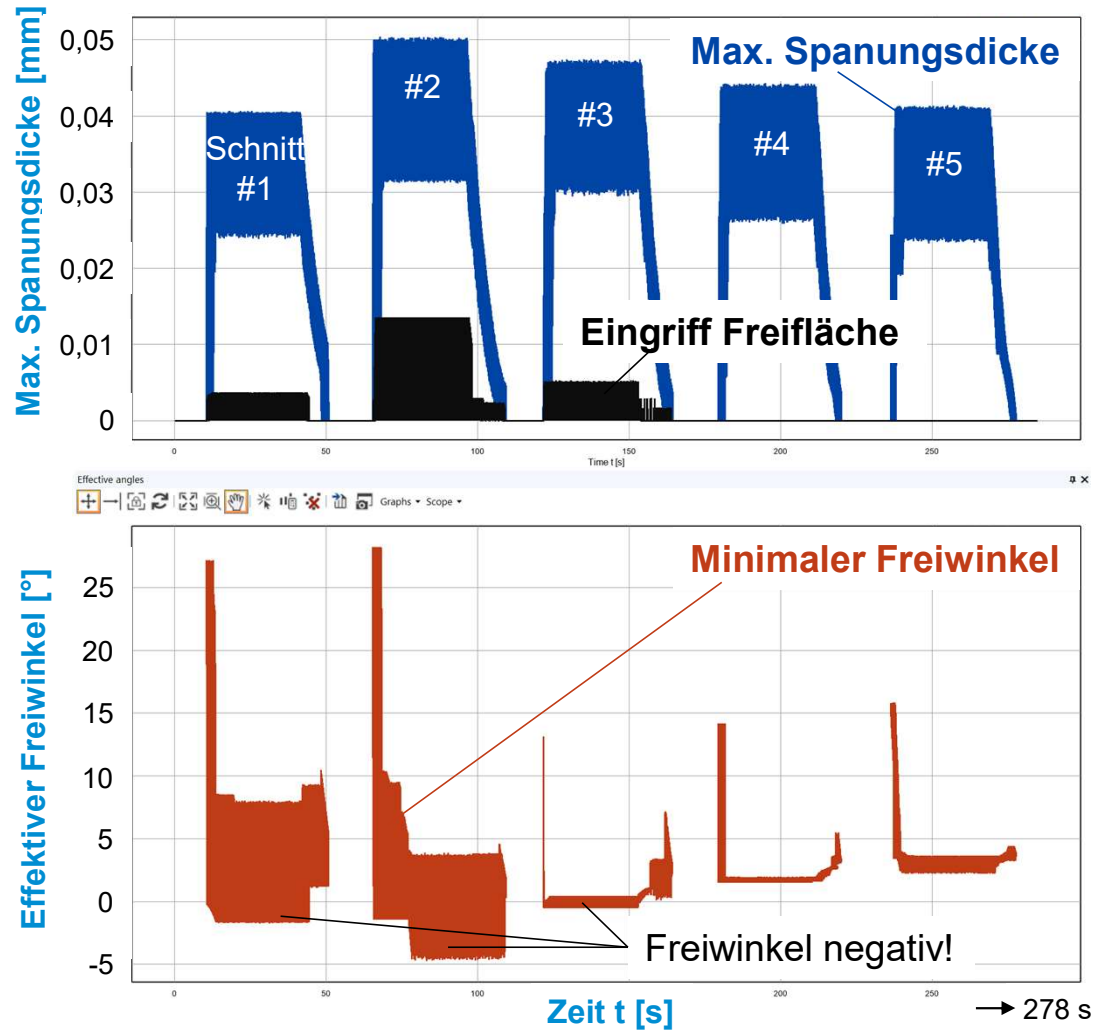


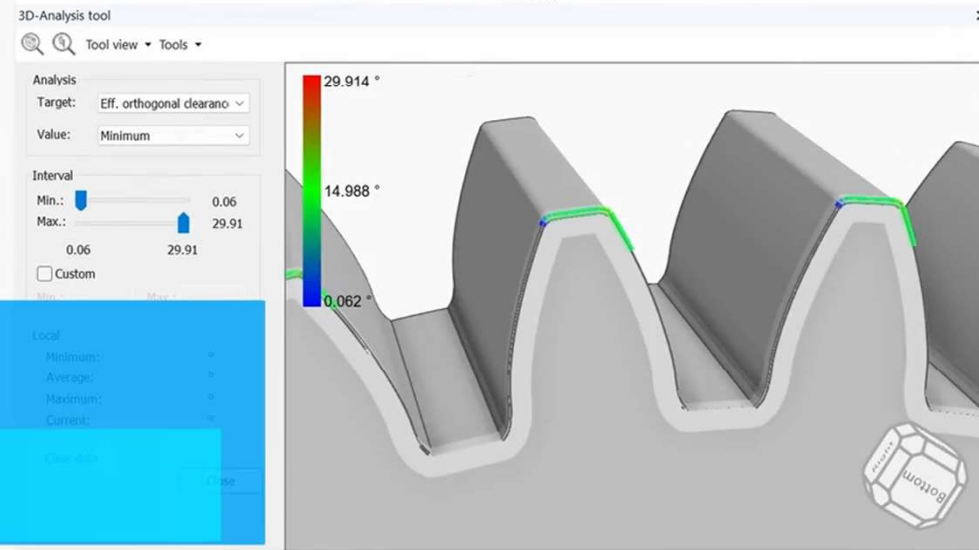
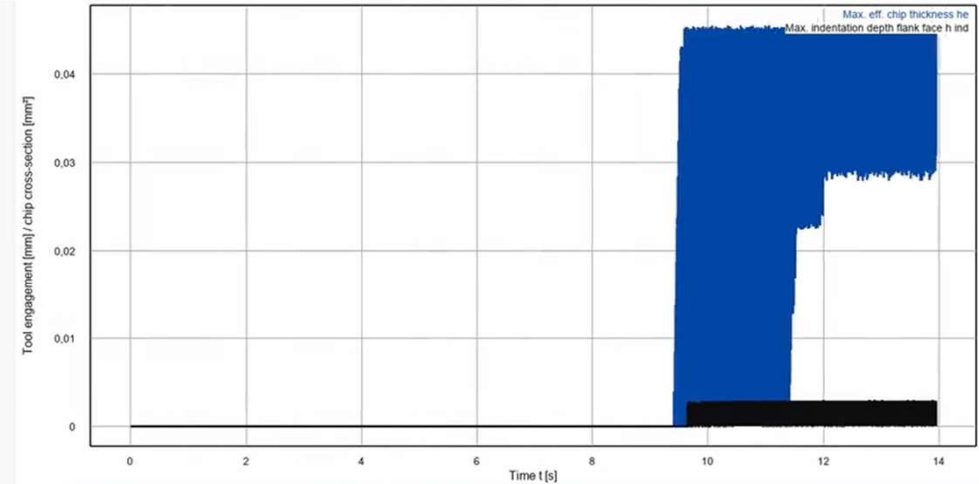
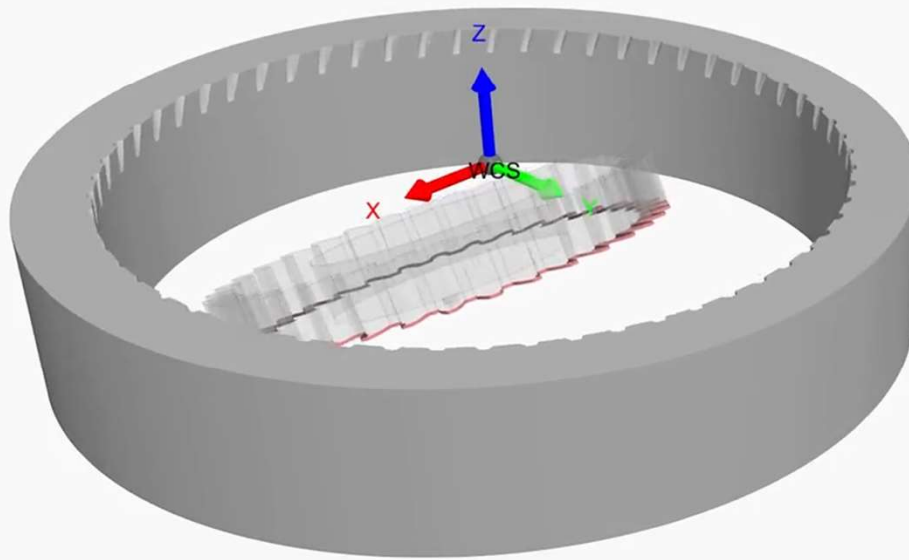
Schnitt #4



Schnitt #5

Höhere Prozesssicherheit beim Wälzschälen einer Innenverzahnung

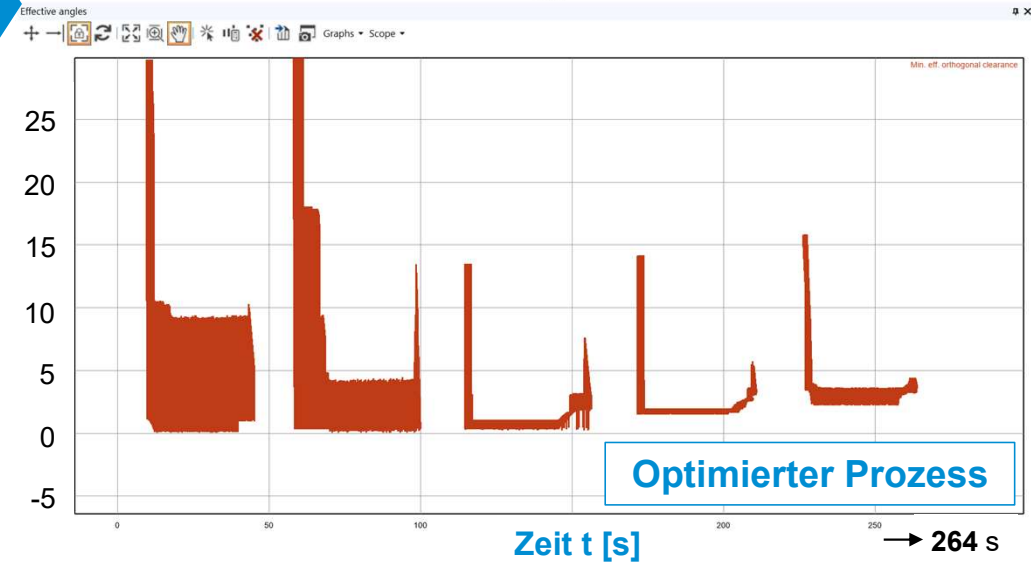
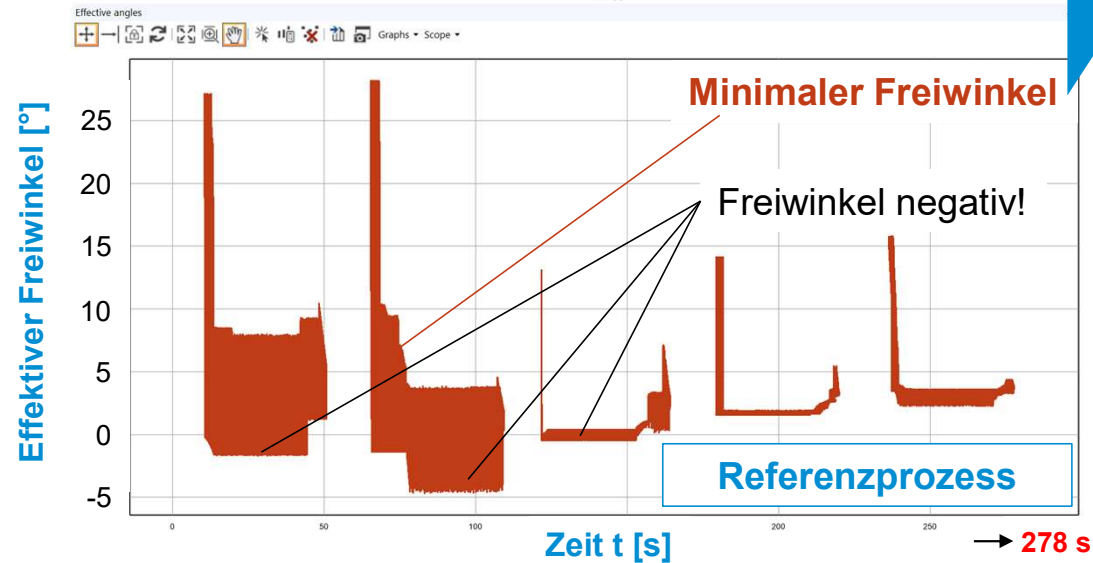
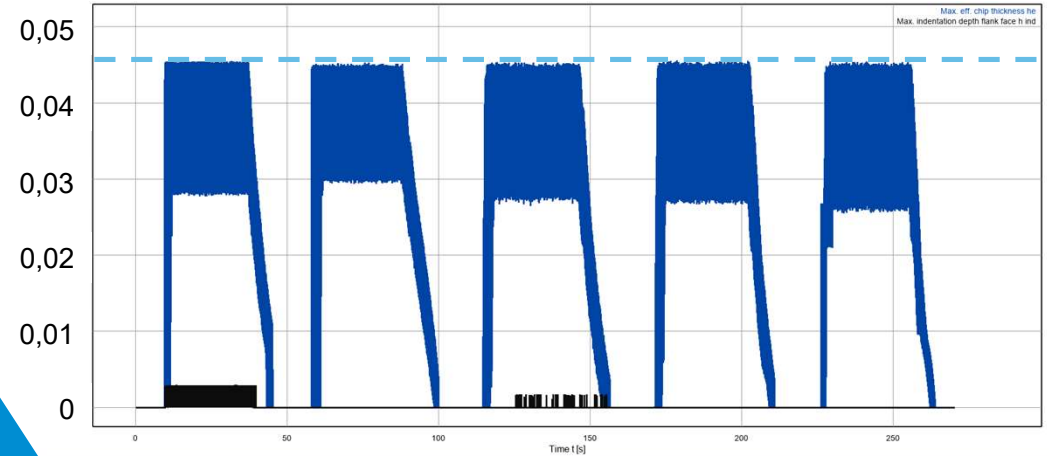
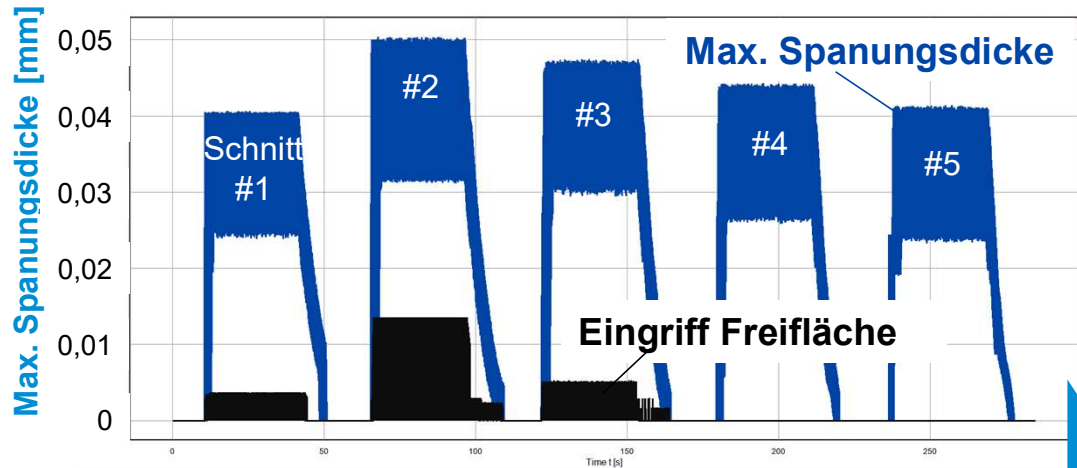




Optimized process

Enhanced clearance and productivity!

Höhere Prozesssicherheit beim Wälzschälen einer Innenverzahnung



Nächste Termine

SIAMS: 21.04.2026 – 24.04.2026, Moutier, Schweiz

GrindingHub: 05.05.2026 – 08.05.2026, Stuttgart, Deutschland

Elmia Machine Tools: 19.05.2026 – 22.05.2026, Jönköping, Schweden

JIMTOF: 26.10.2026 – 31.10.2026, Tokio, Japan

Ihre Möglichkeiten – Sprechen Sie uns an!

Persönliche Online-Vorführung

Analyse Ihrer individuellen Problemstellung

Kostenlose Testphase



Brügger Technologies Sàrl

Chemin aux maisonnettes 16

CH 1788 Praz(Vully)

Schweiz

info@dbrtech.ch

Tel. +41 79 5071716

www.dbrtech.ch



Tetralytix GmbH

Hollerithallee 17

30419 Hannover

Deutschland

info@tetralytix.de

Tel. +49 151 42019457

www.tetralytix.de

HRB 222795

Amtsgericht Hannover