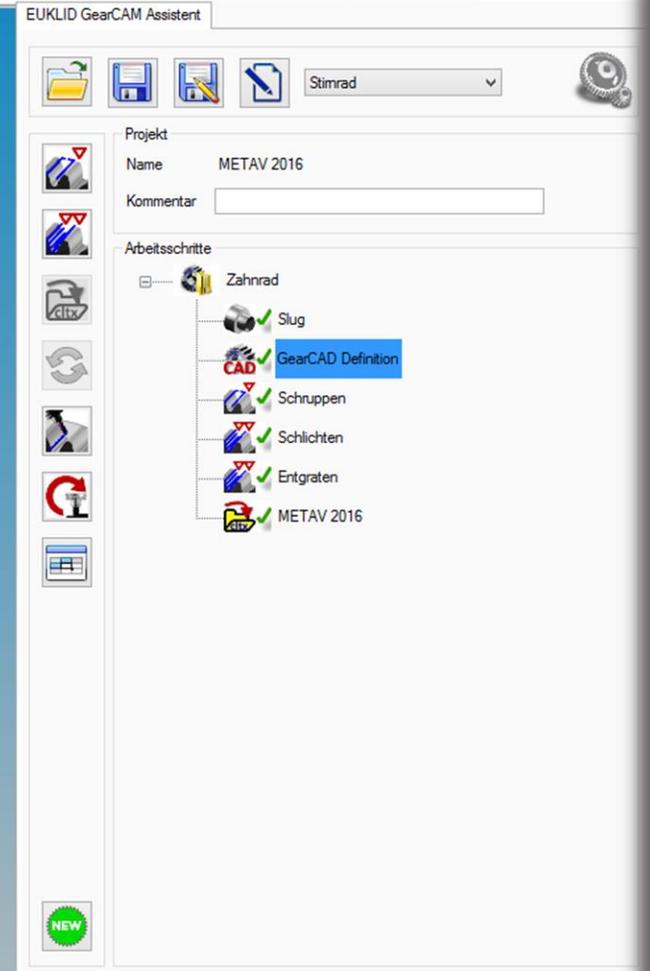


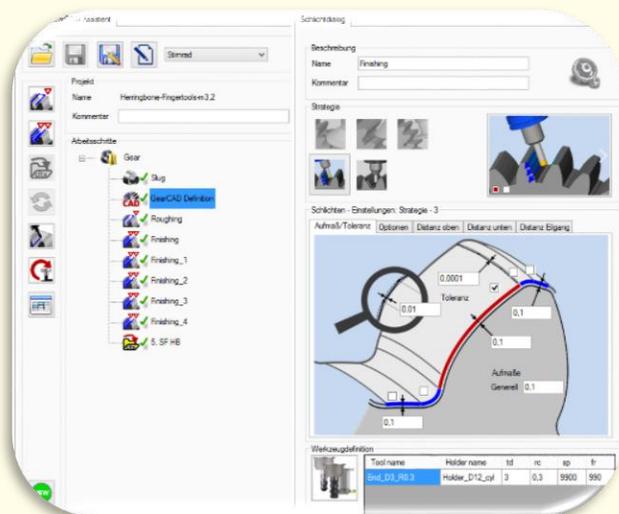
EUKLID
GearCAM

Herausforderung bei der
5-Achsfertigung von
Zahnradern



Anforderungen

Bedienerfreundliche
Oberfläche



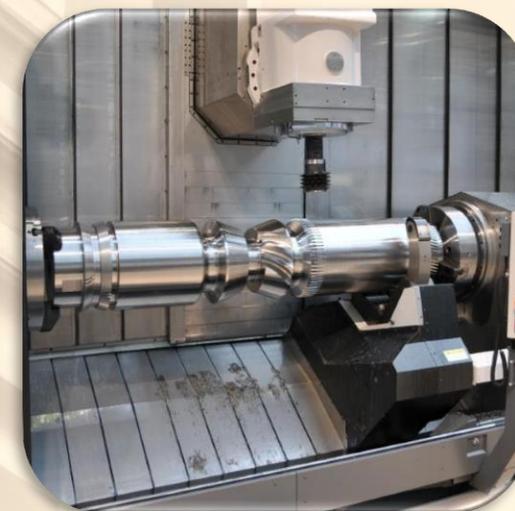
Verschiedene
Zahnradtypen



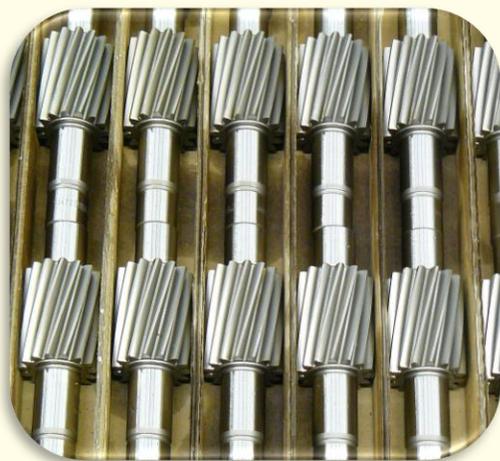
Einsatz von
Standard-Fräsern



Geringe
Maschinenrüstzeiten



Einsatzmöglichkeiten



kleine Losgrößen



Prototypen



Reparatur / Instandsetzung



sehr kleine / große
Zahnräder



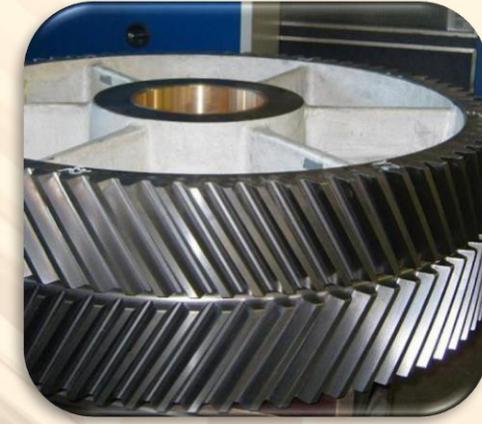
Zahnradtypen



Geradverzahntes Stirnrad



Schrägverzahntes Stirnrad



Pfeilverzahnung mit Nut



Pfeilverzahnung



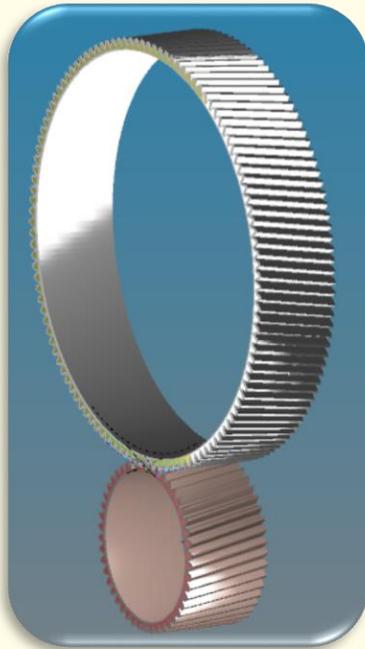
Gerad-Schrägverzahn-
tes Kegelrad



Spiralverzahn-
tes Kegelrad

Auslegung Stirnrad

Festlegung der Zahnradparameter



Dateneingabe

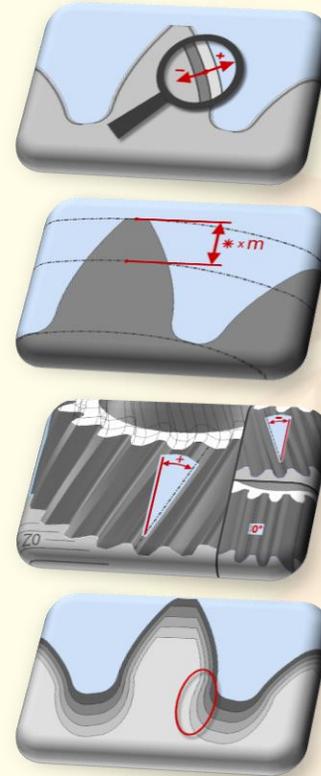
Bezugsprofil - Eigene Eingabe | Ohne Bezugsprofil

Zahnradparameter		Toleranzen / Abmaße / Prüfwerte	
		Bezugsprofil L	Berechnete Werte
46	120		Zähnezahl
6			Normalmodul [mm]
20			Normaleingriffswinkel [°]
-10			Schrägungswinkel [°]
0,7533	0,1364		Profilverschiebungsfaktor
-0,025	0		Zahndickenabmaß [mm]
152	152		Zahnbreite [mm]
1	1		Kopfhöhenfaktor
1,25	1,25		Fusshöhenfaktor
0	0		Verrundung Kopf [mm]
	2		Verrundung Fuß [mm]
	0		Sicherheitsfaktor Flanke
0			Rotationswinkel

Doppel-Schrägverzahnung

Aus Offen Geschlossen

Eingabe des Bezugsprofils, Festlegung einer Protuberanz



Dateneingabe

Bezugsprofil - Eigene Eingabe | Ohne Bezugsprofil

Zahnradparameter		Toleranzen / Abmaße / Prüfwerte	
		Bezugsprofil L	Berechnete Werte

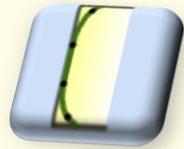
Diagram showing a magnified view of a tooth root with a red circle highlighting a specific feature. Dimensions: 0.3, 60, 10, R 2.4, 3.

Flankenkorrektur

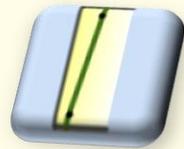
Höhenballigkeit



Kreis

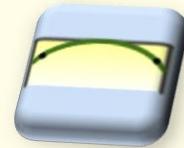


Kreis-Gerade-Kreis

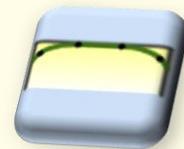


Gerade

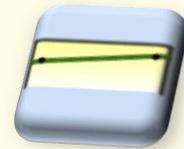
Breitenballigkeit



Kreis



Kreis-Gerade-Kreis

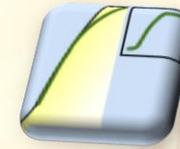


Gerade

Kopfrücknahme



Kreisbogen



Parabel

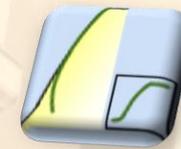


Evolvente

Fußrücknahme



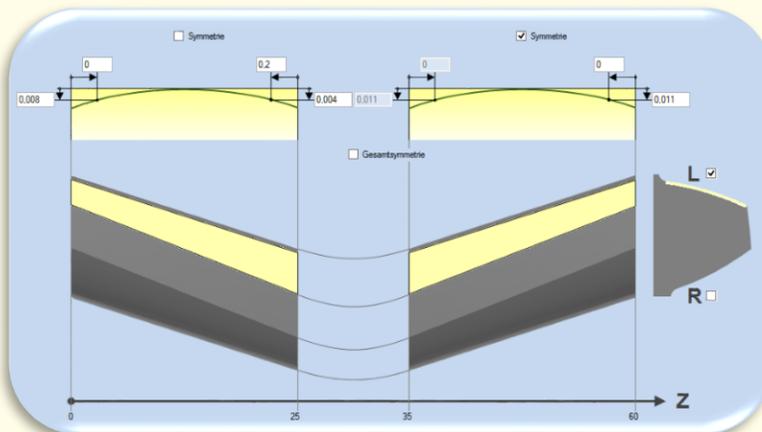
Kreisbogen



Parabel



Evolvente

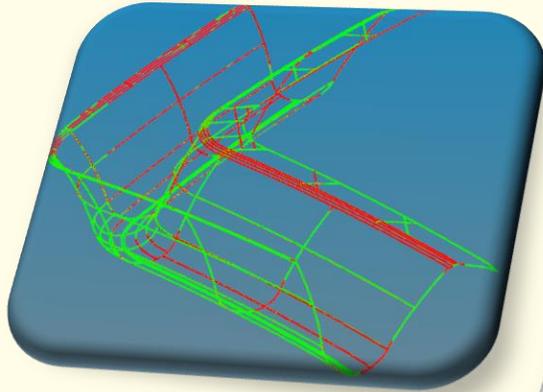


- Beliebige Anzahl Korrekturen
- Jede Kombination frei wählbar
- Korrekturen werden addiert
- Jede Fläche individuell korrigierbar

Typ	Name	Links	Rechts
	Breitenballigkeit	✓	✗
	Höhenballigkeit	✓	✓
	Höhenballigkeit	✗	✓
	Kopfrücknahme	✓	✓

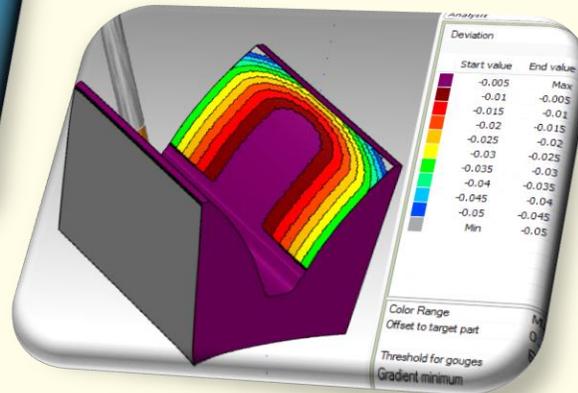
Analyse der Flankenkorrektur

Detailanalyse



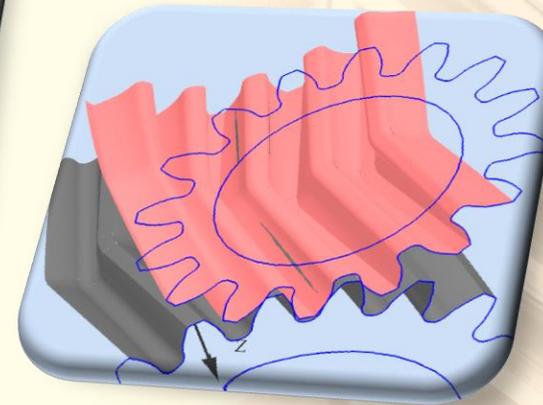
Darstellung im Gittermodell

Simulationsmodell



Kontrolle der Zahnflanken

Kontaktanalyse



Kontrolle der Kontaktflächen

Messdaten



Ausgabe eines Messgitters

Auslegung Kegelrad

Auslegung mit KISSsoft

Rechenmethoden nach:

- DIN/ISO
- Klingelnberg
- Gleason
- ...



- spezialisierte Software zur Zahnrad-/Getriebeauslegung
- EUKLID GearCAM verwendet eine Direkt-Schnittstelle zu der Original-KISSsoft Datei
- Bearbeitungsauslegung erfolgt komplett in EUKLID GearCAM

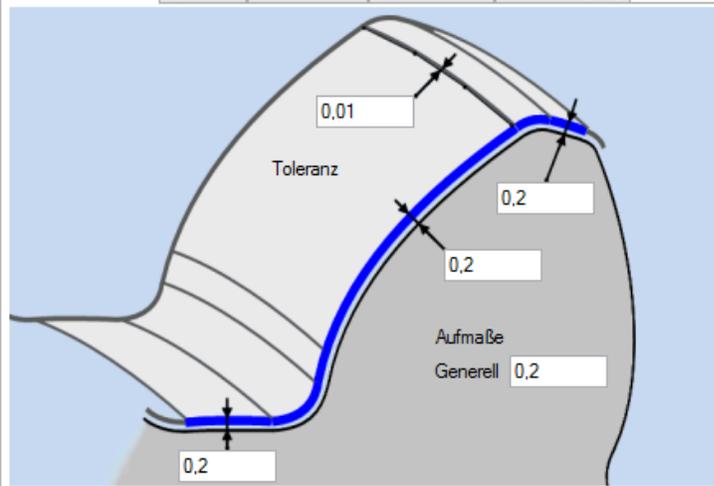
Schrupp - Bearbeitung

Strategie



Schruppen - Einstellungen: Strategie - 1

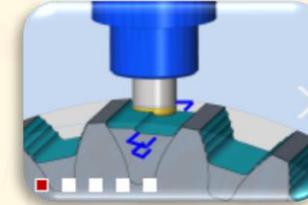
Aufmaß/Toleranz Optionen Distanz oben Distanz unten Distanz Eilgang



Werkzeugdefinition

Werkzeug	Halter	td	rc	sp	fr	ap/ae
Tor_D35_R4	Holder_D6...	35	4	1810	1086	1,5
Tor_D25_R3	Holder_D5...	25	3	2540	1524	1,5
Tor_D15_R3,5	Holder_D3...	15	3,5	4240	1060	0,8

Strategie 1



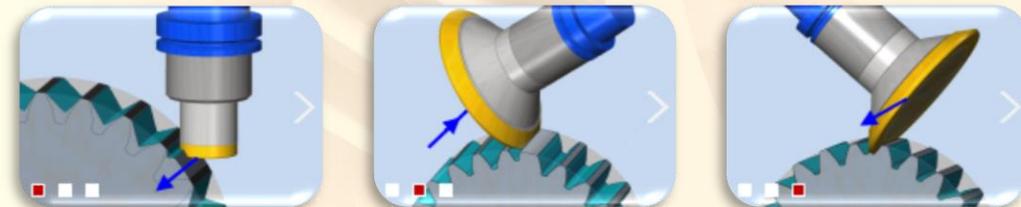
Strategie 2



Strategie 3

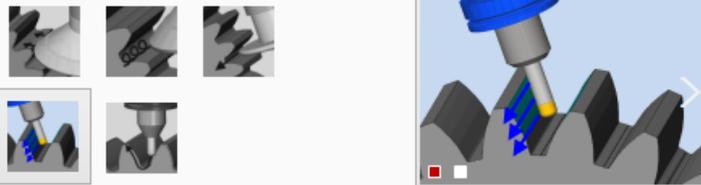


Strategie 4



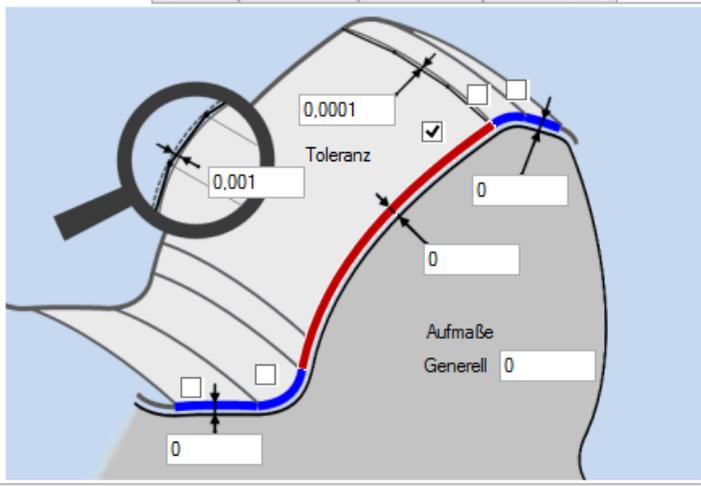
Schlicht - Bearbeitung

Strategie



Schichten - Einstellungen: Strategie - 3

Aufmaß/Toleranz Optionen Distanz oben Distanz unten Distanz Eilgang



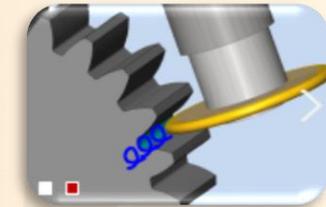
Werkzeugdefinition

Tool name	Holder name	td	rc	sp	fr
Tor_D16_R2,5	Holder_D32_con	16	2,5	3970	1389,5

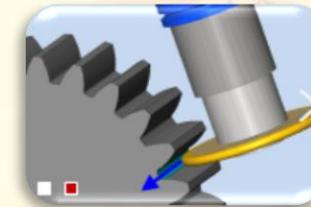
Strategie 1



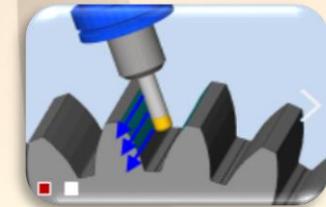
Strategie 2



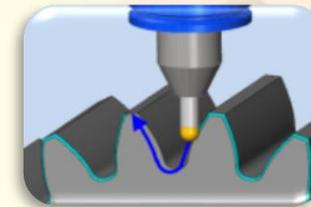
Strategie 3



Strategie 4

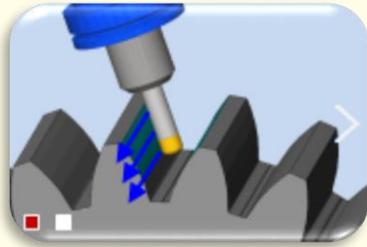


Strategie 5



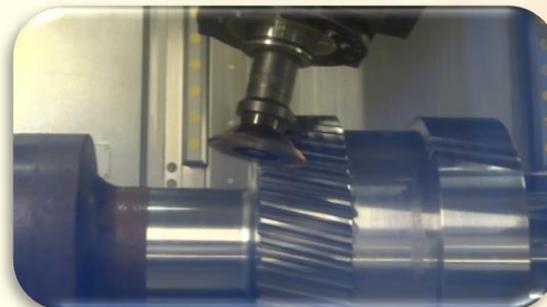
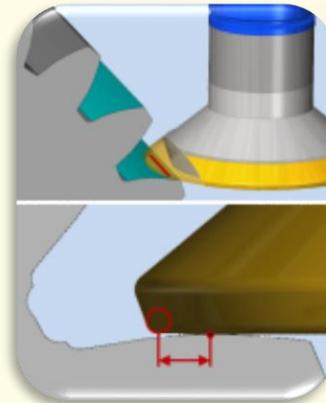
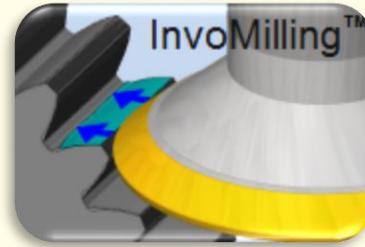
Bearbeitungsvergleich Schichten

Schaftbearbeitung



- Einsatz von zylindrischen und konischen Schaftfräsern
- Evolvente wird durch Abwälzen erzeugt
- Einsatz von Schwesterwerkzeugen
- Bearbeitung sehr kleiner / großer Zahnräder
- Auf allen 4- / 5- und 6-Achs-Maschinen einsetzbar

InvoMilling™ - Methode



Quelle : YouTube EUKLIDCADCAM

- Einsatz von Scheibenfräsern
- Evolvente wird durch Einrollen erzeugt
- kurze Bearbeitungszeit
- hohe Standzeit des Fräsers
- Bearbeitung ab Modul 1
- Nicht auf allen Maschinenkonzepten realisierbar

Geschwindigkeitssteigerung 200%

(je nach Zähnezahl und Geometrie)

Werkzeugdatenbank

Werkzeugmanager

Werkzeug

ID	tool name	td	rc	tlen	ap/ae	sp	fr	ID	holder name	d1	d2	d3	I1	I2	I3	I4
20032	mm End_D3_R0.3	3	0.3	12	0.15	11140	1114	1018	mm Holder_D18_cyl	18	0	0	56	0	0	0
20020	mm End_D2_R0.5	2	0.5	8	0.1	13520	811.2	1012	mm Holder_D12_cyl	12	0	0	56	0	0	0
30010	mm Ball_D1	1	0.5	8	0.05	19090	763.6	1012	mm Holder_D12_cyl	12	0	0	56	0	0	0

Torusfräser Kugelfräser Scheibenfräser InvoMill

Werkzeugname: End_D3_R0.3 Werkzeug ID: 20032

Beschreibung: Endmill with diameter 3 and corner radius of 0.3

Geometrie Technologie

Durchmesser [mm]: 3

Eckradius [mm]: 0.3

Anzahl Schneiden: 2

Schneidenlänge [mm]: 6

Kon. Winkel [°]: 0

Schaftdurchmesser [mm]: 3

Einspannlänge [mm]: 12

Zylindrisch Konisch Abgestuft

Holder Name: Holder_D18_cyl Holder ID: 1018

Interface: HSK-A63

Durchmesser1: 18

Länge1: 56

Fasenbreite: 2

Fasenlänge: 2

Werkzeugdatenbank

ID	tool name	td	rc	tlen	ap/ae	sp	fr
20020	mm End_D2_R0.5	2	0.5	14	0.1	9900	594
20021	mm End_D2_R0.2	2	0.2	8	0.1	9890	593.4
20022	mm End_D2_R0	2	0.01	8	0.1	9890	593.4
20030	mm End_D3_R1	3	1	12	0.15	9900	990
20031	mm End_D3_R0.5	3	0.5	12	0.15	9900	990
20032	mm End_D3_R0.3	3	0.3	12	0.15	9900	990
20033	mm End_D3_R0	3	0.01	12	0.15	9900	990
20040	mm End_D4_R1	4	1	20	0.25	9900	990

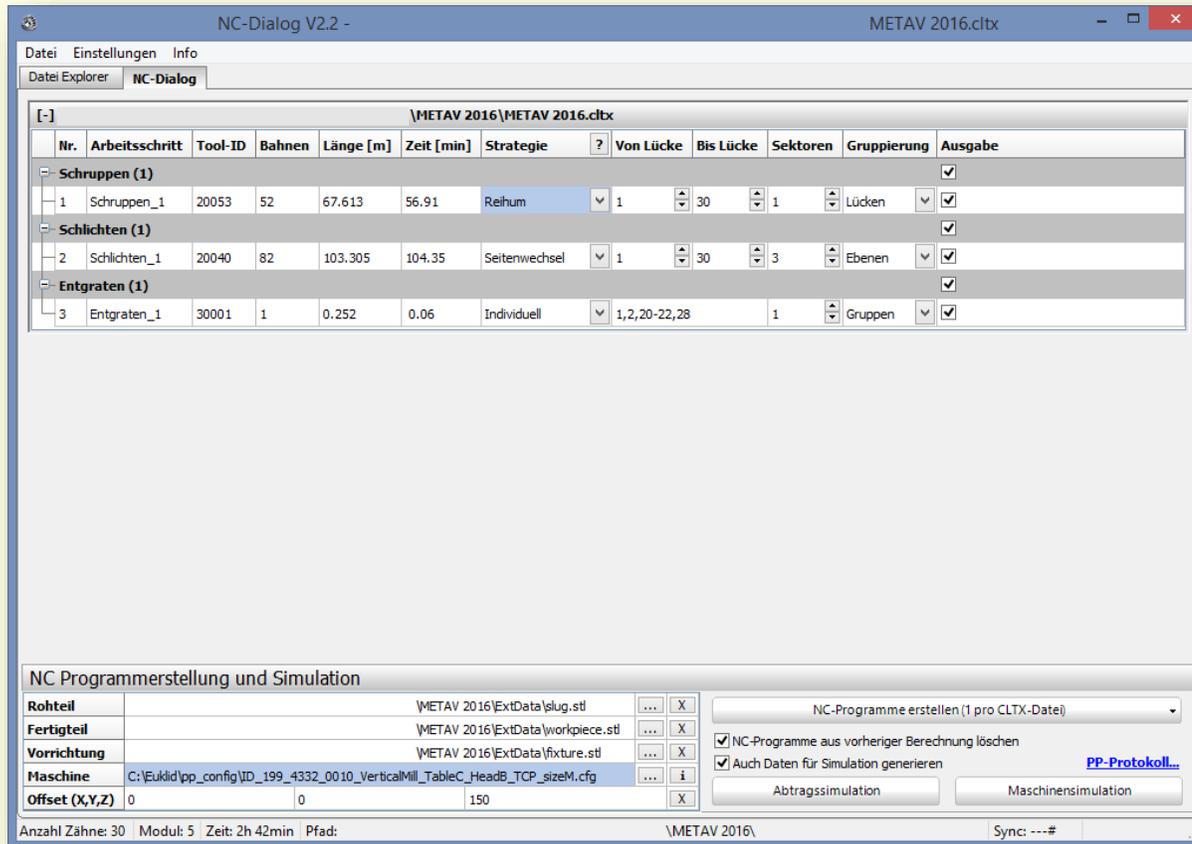
Holderdatenbank

ID	holder name	d1	d2	d3	I1	I2	I3	I4
1012	mm Holder_D12_cyl	12	0	0	56	0	0	0
1018	mm Holder_D18_cyl	18	0	0	56	0	0	0
1022	mm Holder_D22_cyl	22	32	32	61	0	0	0
1028	mm Holder_D28_cyl	28	32	32	66	0	0	0
1032	mm Holder_D32_cyl	32	32	32	76	0	0	0
1040	mm Holder_D40_cyl	40	32	32	76	0	0	0
1041	mm Holder_D40	40	32	32	66	0	0	0
1048	mm Holder_D48	48	32	32	66	0	0	0

- Auswahl zwischen Kugelfräser, Schaftfräser und Scheibenfräser
- jedes Werkzeug wird individuell angelegt
- inklusive frei erstellbaren Haltern
- merkt sich die letzte Kombination von Werkzeug + Halter
- Sandvik Coromant CoroMill-Scheibenfräser sind fest vorgegeben



Bearbeitungs-Strategien

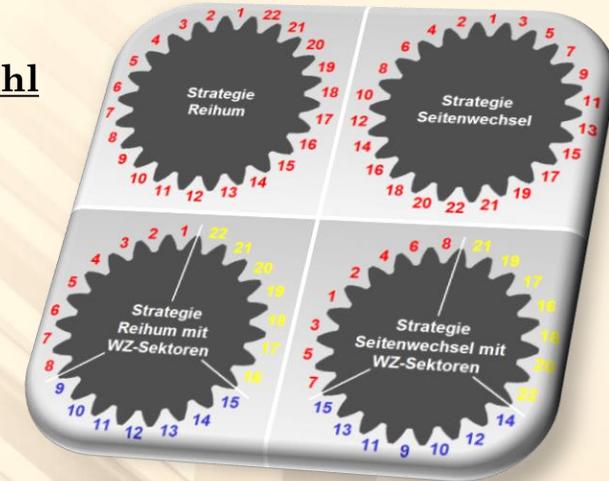


Strategieauswahl

Reihum

Seitenwechsel

Individuell



Sektorenauswahl

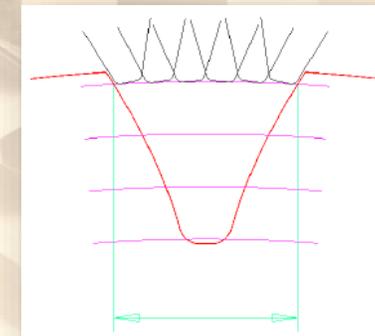
Anzahl von Bearbeitungsbereichen festlegen

Gruppierung

Lücken

Ebenen

Gruppen

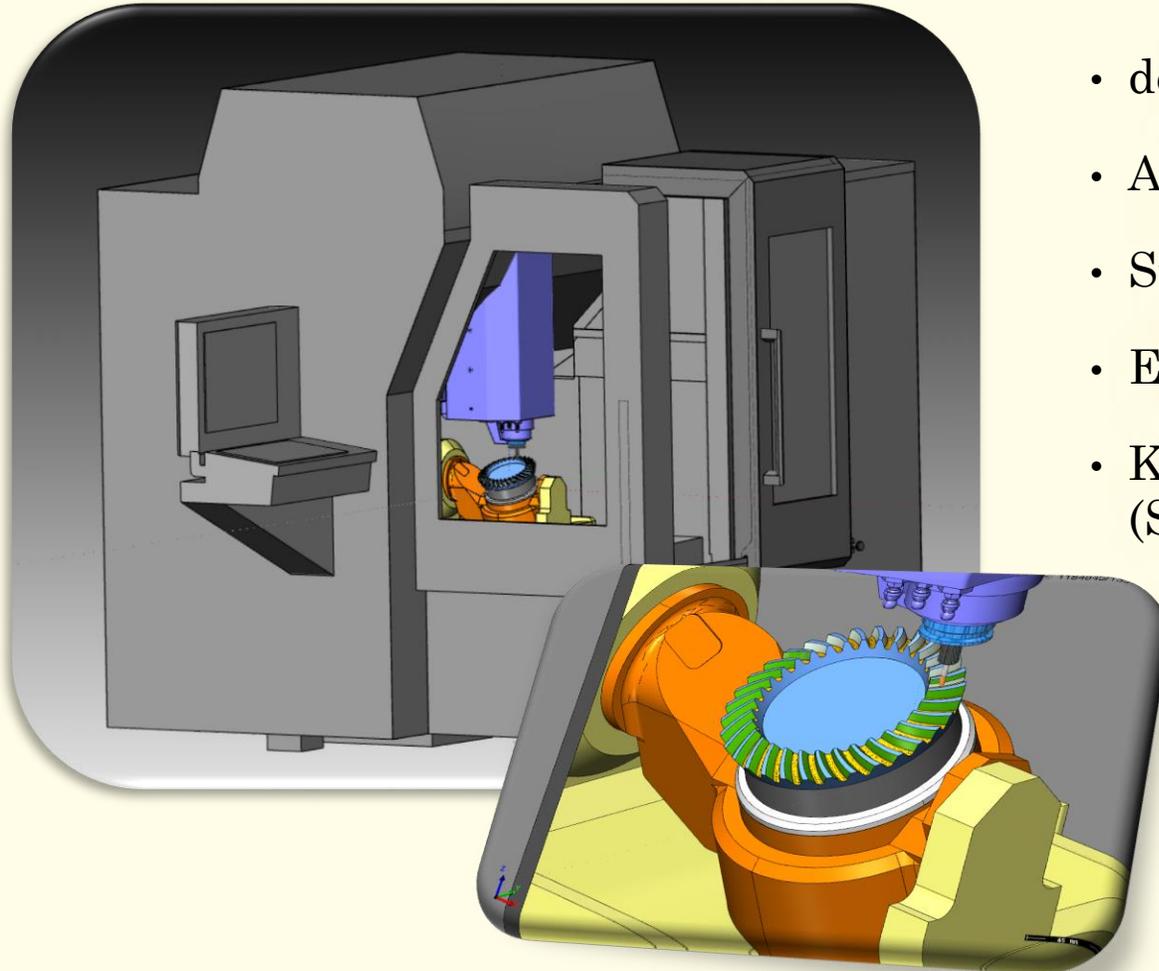


Postprozessor

- individuell anpassbarer Postprozessor
- für alle Maschinentypen
- kundenspezifische Optimierung
- für 3- / 4- / 5- und 6-Achs-Maschinen
- Kunden Makros durch Bediener anpassbar
- Generierung von NC-Simulationsdaten



Maschinensimulation



- Kollisionsüberprüfung der Bearbeitung
- detailliertes Maschinenmodell oder
- Abtragsimulation ohne Maschinenmodell
- Simulation der NC-Maschinendaten
- Endschalterkontrolle aller Achsen
- Kontrolle aller Störkonturen (Spannvorrichtung,...)

Anwendungsbeispiele aus der Praxis

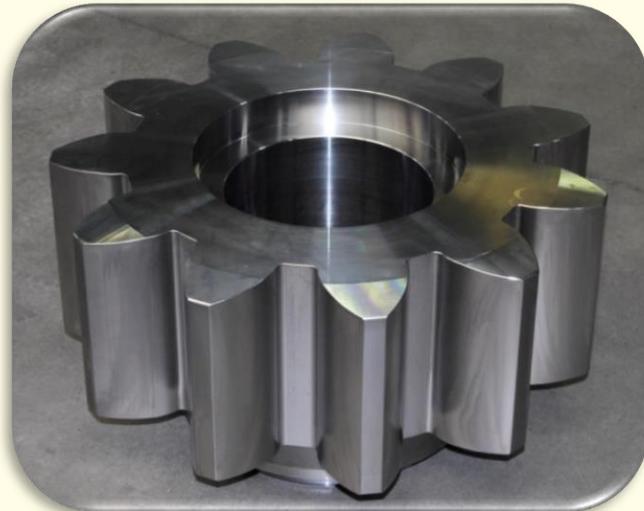


Kronrad:

$m = 16$ $z = 36$
 $da = 780$ mm
 einstückgehärtet
 60 HRC

Instandsetzung:

Pressenantrieb
 - pfeilverzahnt
 Rad: $m = 18$ $z = 120$
 $dk = 2450$ mm $b = 400$ mm
 30CrNiMo8



Ritzel mit Triebstockverzahnung:

$m = 48$ $z = 11$
 $dk = 655$ mm $b = 250$ mm
 30CrNiMo8

Verdichterwellen:

doppelschrägverzahnt
 $m = 9$
 $da = 120$ mm



Ersatzteilerfertigung
Leistungssteigerung bei Großgetrieben:

- Doppelschrägverzahnung an einsetzgehärteten Ritzelwellen 18CrNiMo7-6
- Steigerung der Verzahnungsbreite um 40 % bei gleichem Bauraum !

Es tut uns leid aber die Bilder des Großgetriebes sind leider nicht öffentlich und können daher nicht gezeigt werden !!!



hochproduktive
Stirnradbearbeitung mit
InvoMilling™ - Technologie



InvoMilling™ mit Scheibenfräsern

Stirnrad:

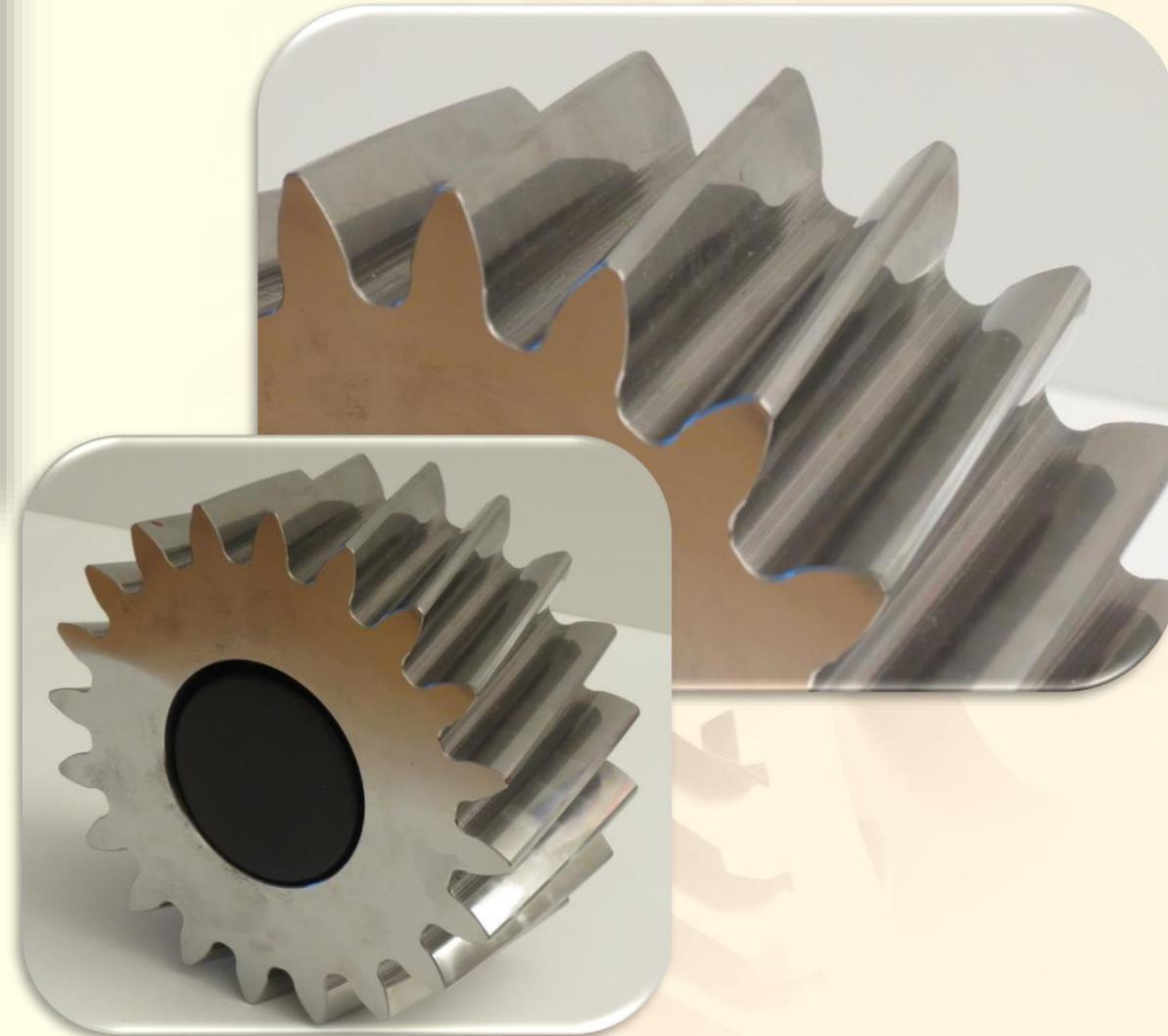
$m_n = 8 \text{ mm}$

$z = 20$ $\beta = 16^\circ$

$d_k = 185 \text{ mm}$

$b = 80 \text{ mm}$

42 CrMo4



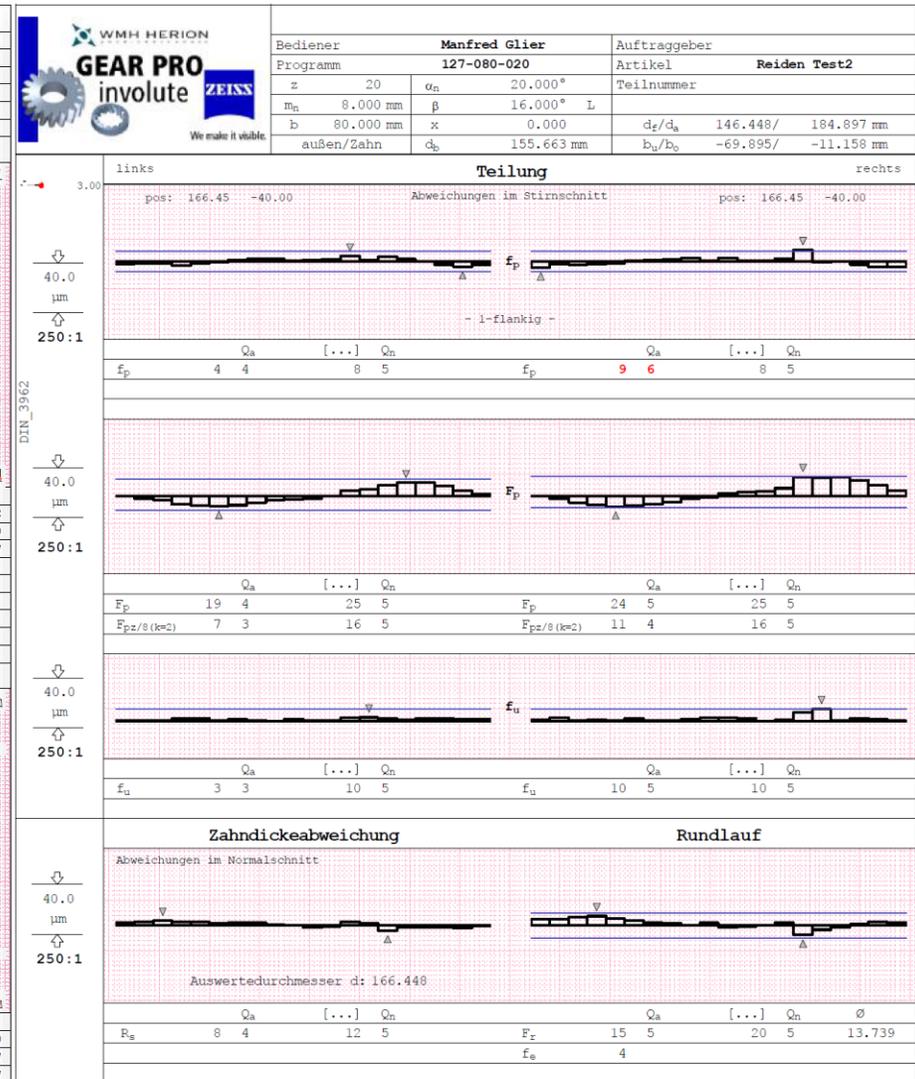
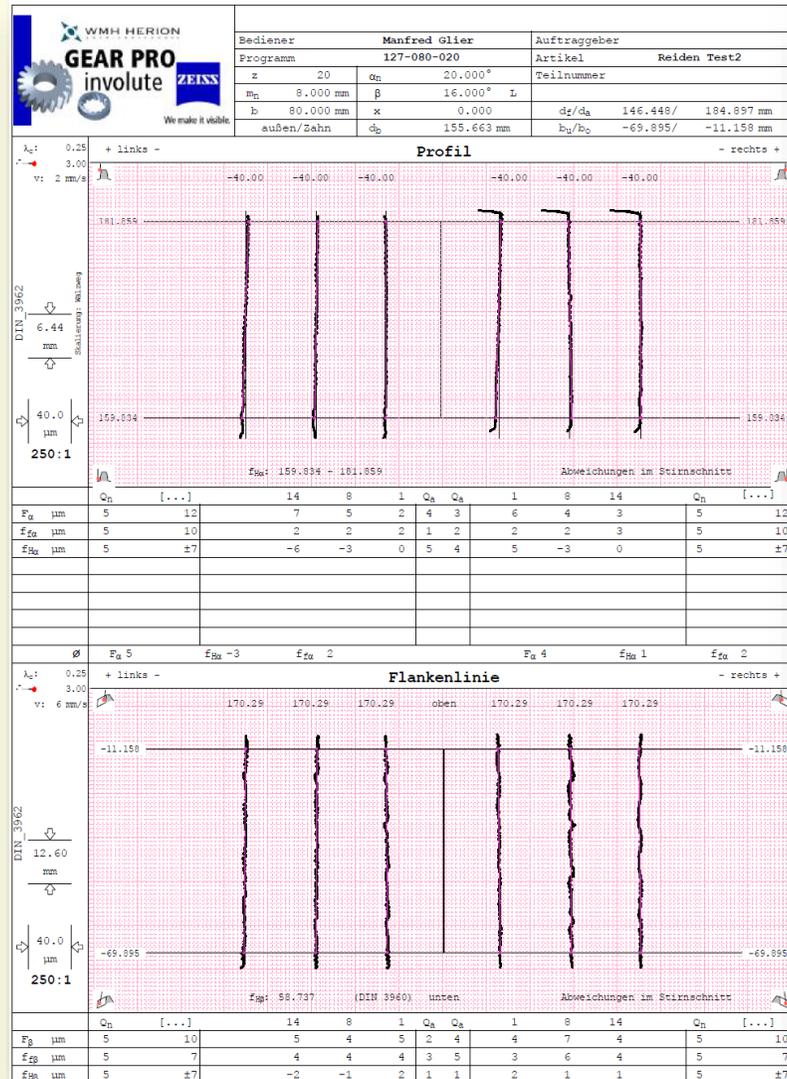
Beispiel:

Stirnradbearbeitung
mit InvoMilling™
Technologie



Qualität:

IT 6

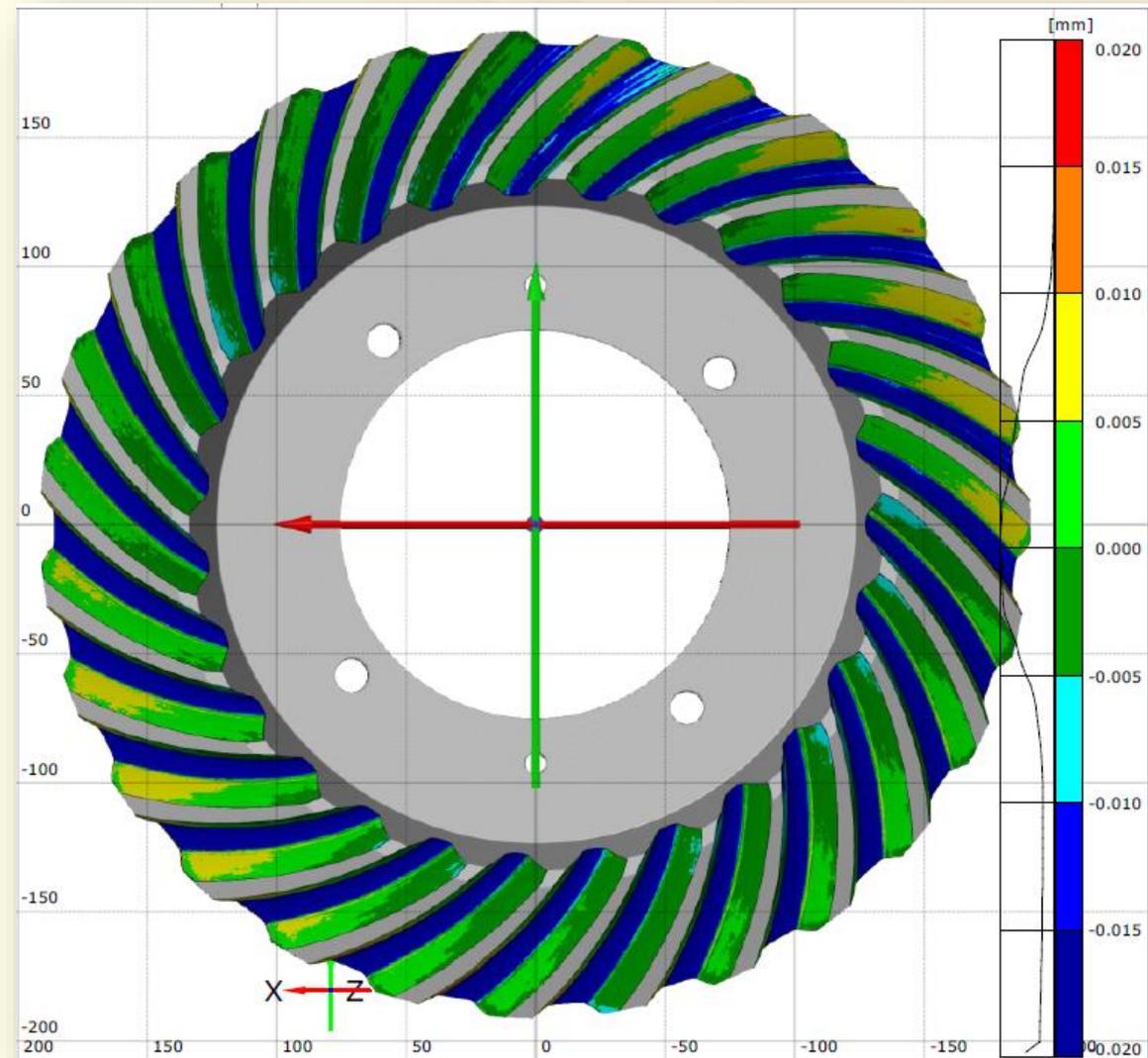




Beispiel Tellerrad:

- 18 CrNiMo7-6, einsatzgehärtet, 60 HRC
- Klingenbergverzahnung
- Normalmodul Mitte $m_n = 9 \text{ mm}$
- Zähnezahl $z = 27$
- Zahnbreite $b = 63 \text{ mm}$
- Kopfkreisdurchmesser $d_k = 387 \text{ mm}$

optische Vermessung
und Auswertung mit



Fazit / Ausblick

- immer größer werdende Beliebtheit
- 5-Achsfräsen wird immer verbreiteter
- schneller werdende Bearbeitungsstrategien und -methoden
- profitablere Losgrößen
- Schleifbearbeitung auf der Fräsmaschine
- Bearbeitung von Wellen in einer Aufspannung

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!



EUKLID 
Solutions for CAD/CAM