



Webinar:

CAM-Generierte Programme für TNC- Steuerungen

am 11.02.2016 10:00 Uhr

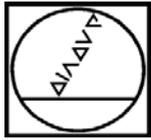
HEIDENHAIN

Dozent: Michael Wiendl



Firma: Dr. Johannes
HEIDENHAIN GmbH

Aufgabe: Kursleiter NC-
Programmierung



CAD – CAM – TNC

CAM-Generierte Programme für TNC- Steuerungen

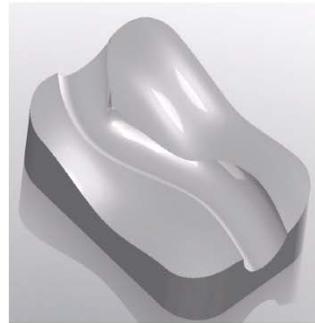
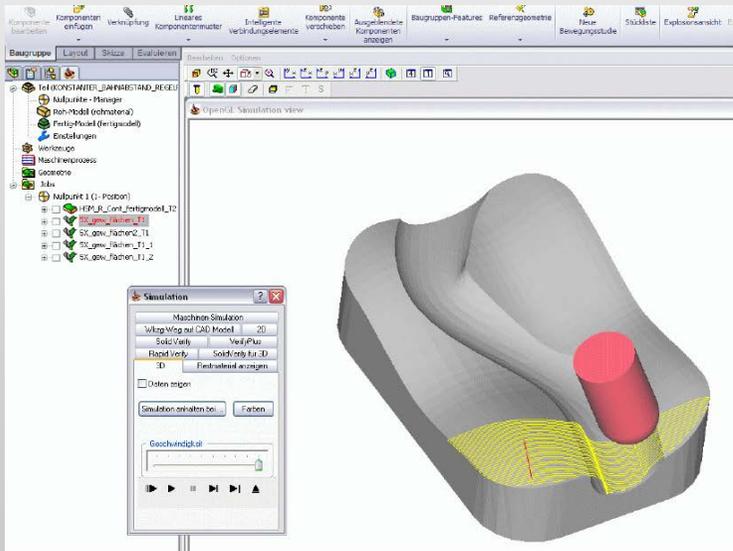
HEIDENHAIN

iTNC 530

TNC 640

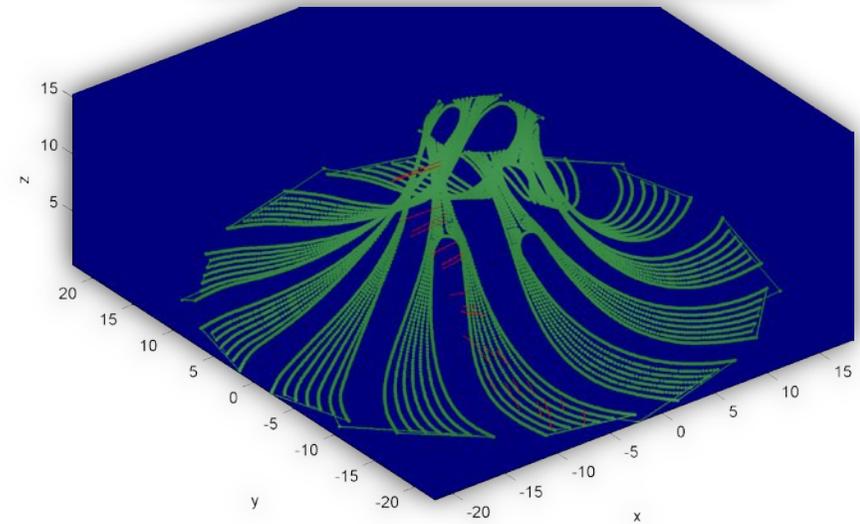
TNC 620

TNC 320



Optimierungspotentiale im Zusammenspiel CAD/CAM und TNC für höchste Oberflächenqualität

- Verbesserung in der NC-Datenausgabe
- Vermeidbare Fehler bei der Generierung von CAD/CAM Programmen
- Einstellmöglichkeiten an der TNC
- Tipps bei der 5-Achsbearbeitung





CAD – CAM – CNC

MW M-TS/ Feb 2016

CAD

Design

CAM

Bahngenerierung

Werkzeugkorrektur

CNC
(TNC)

NC-Programminterpretier

Bewegungsführung

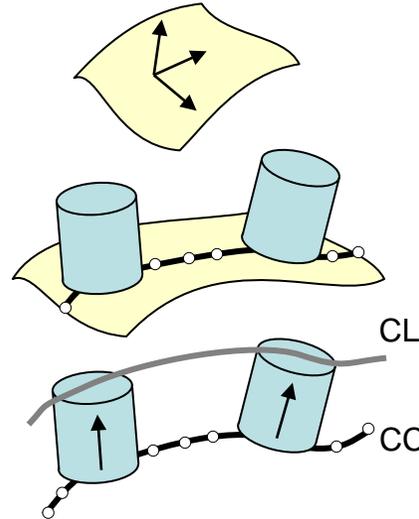
Toleranzüberwachung

Geschwindigkeitsprofile

Mecha-
tronik

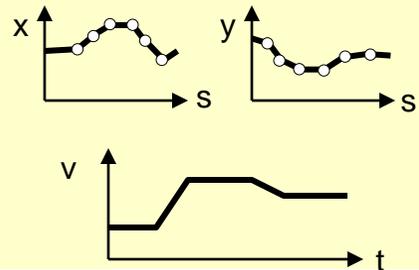
Vorschubregelung

Maschine & Antriebe



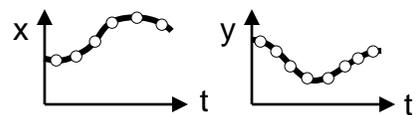
Werkstückkontur wird mit NURBS abgebildet (Non Uniform Rational B-Splines)

Flächen der CAD Kontur werden **punktweise** durch Bahnen nachgebildet



Bahn in Achsbewegung und Geschwindigkeitsprofil umwandeln

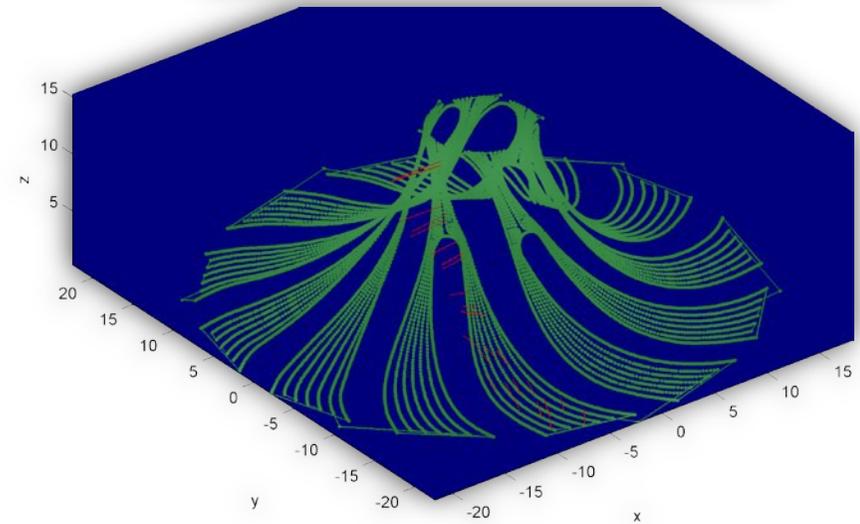
Punktweise Verarbeitung der TNC



Achsbewegungen liegen im festen Zeitraster als Soll- und Istbewegungen vor

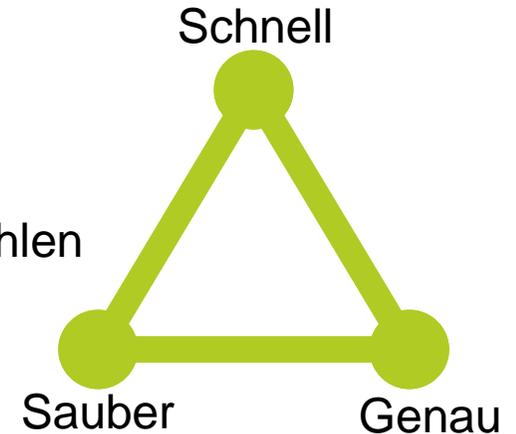
Übersicht

- Was bedeutet Oberflächenqualität?
- Wie wirkt sich der Sehnenfehler aus dem CAM auf das Bearbeitungsergebnis aus?
- Wie kann man Fehler in CAD/CAM generierten Programmen vermeiden?
- Zusammenfassung und allgemeine Tipps



■ Präferenz: **Schnelle Bearbeitung / Schruppbearbeitung**

- Große Zyklus-32-Toleranz
 - MP-Einstellungen mit höheren Rucken/Beschleunigungen wählen
 - NC-Daten mit geringer Datendichte möglich
- Schlechtere Oberfläche/Genauigkeit → **Aufmaß**



■ Präferenz: **Genau Bearbeitung**

- Kleine Zyklus-32-Toleranz
- MP-Einstellungen mit niedrigeren Rucken/Beschleunigungen wählen
- NC-Daten müssen fein genug sein, um Übergänge/Ecken genau anzufahren.

■ Präferenz: **Oberflächenqualität - Schöne Oberfläche**

- Mittlere Zyklus-32-Toleranz
- MP-Einstellungen mit niedrigeren Rucken/Beschleunigungen wählen
- NC-Daten mit kleinem Sehnenfehler aus CAD-Modell generiert



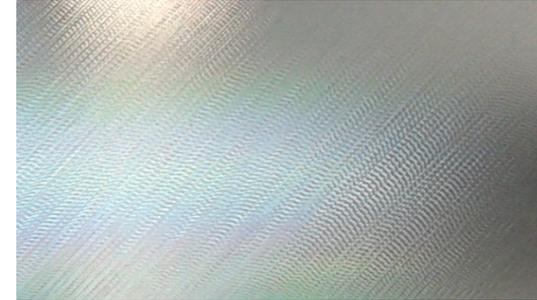
HEIDENHAIN

Oberflächenqualität





- Gleichmäßige Oberfläche



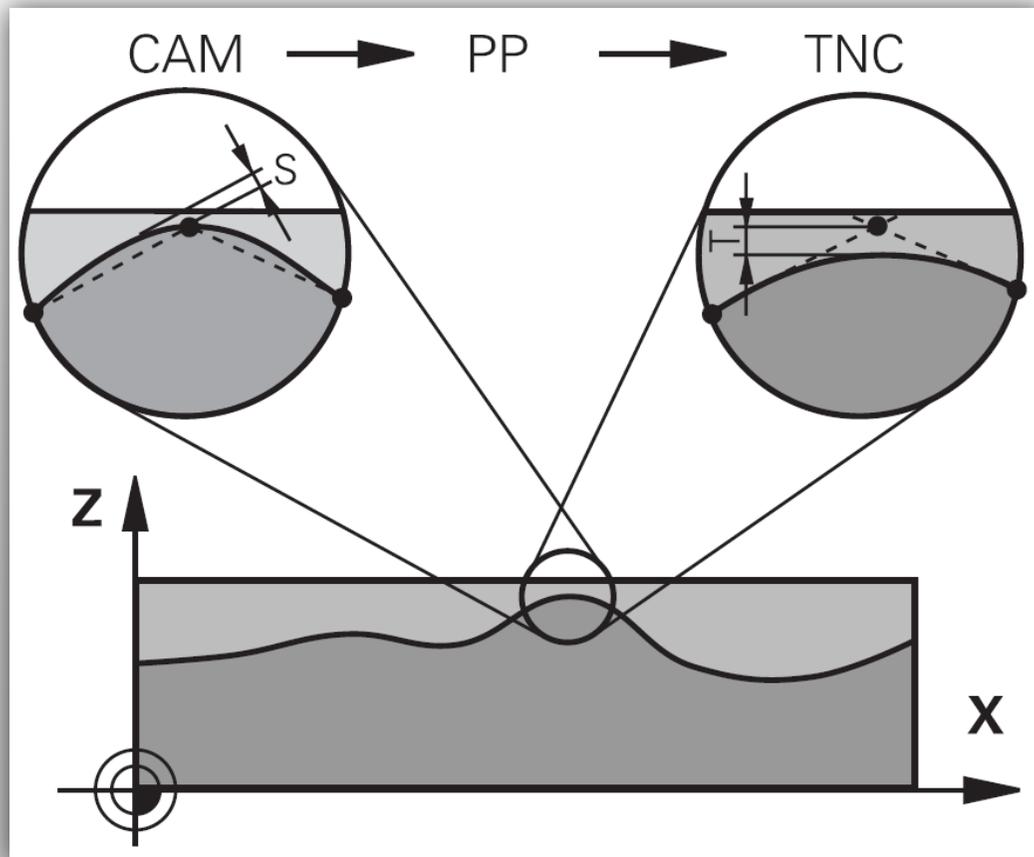
- Glatte Oberfläche

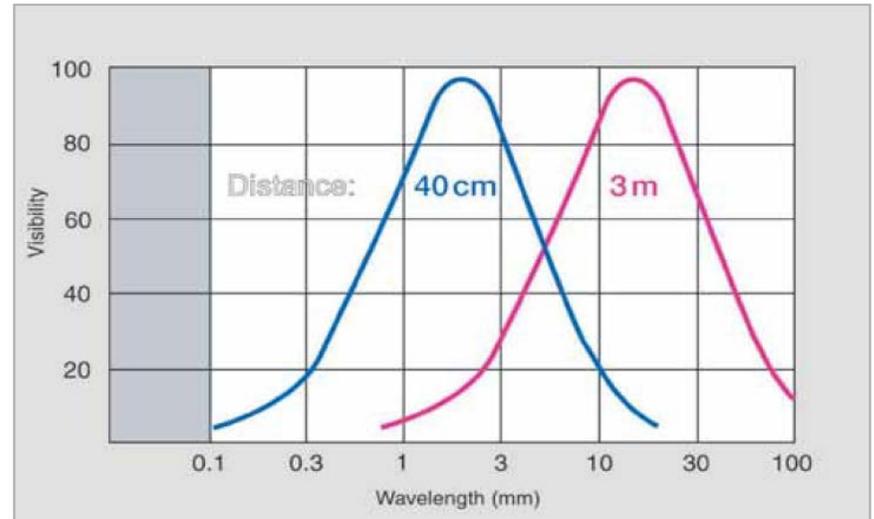
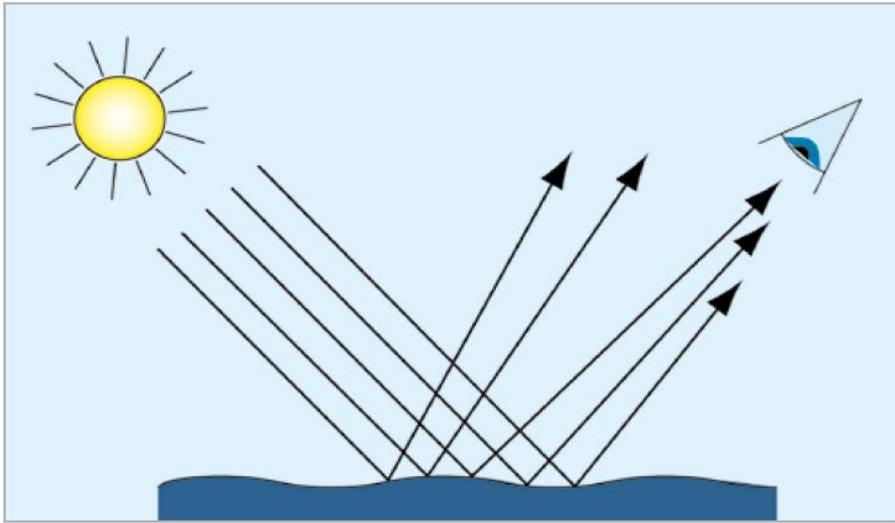


Keine oder geringere Nachbearbeitung am Werkstück nötig



Sehnenfehler



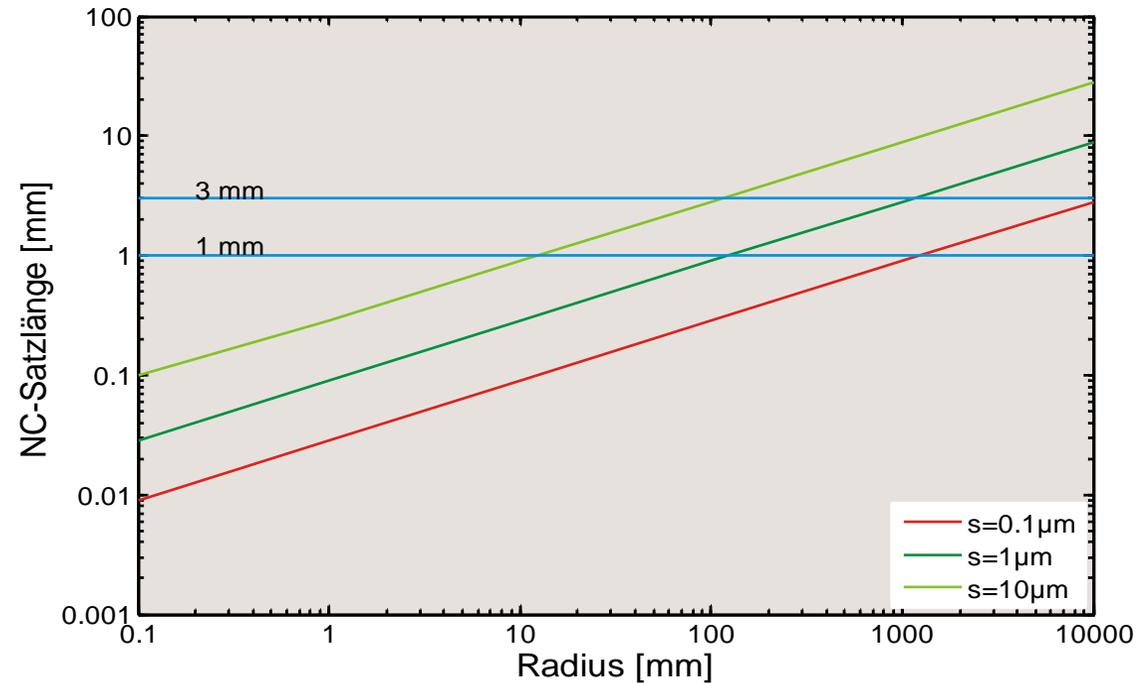


Im Bereich der größten Empfindlichkeit (Abstand Werkstück-Auge von 30-40 cm) können bei einer Wellenlänge von 1-2 mm Welligkeiten im Bereich von 0.1-0.2 μm noch als Hell-Dunkel-Bereiche unterschieden werden!

Fachbegriff: Distinctness of Image (DOI)
z.B. Automobilbranche: Beurteilung Lacke
Physik: Michelson Kontrast



- Die NC-Satzlänge hängt vom eingestellten Sehnenfehler und der Krümmung der Freiformfläche ab.
- Die Sichtbarkeit von Welligkeiten oder Facettierungen auf dem Werkstück ist abhängig von der Ortsperiodizität. Im Bereich von ca. 1-3 mm zeigt sich die größte visuelle Empfindlichkeit.

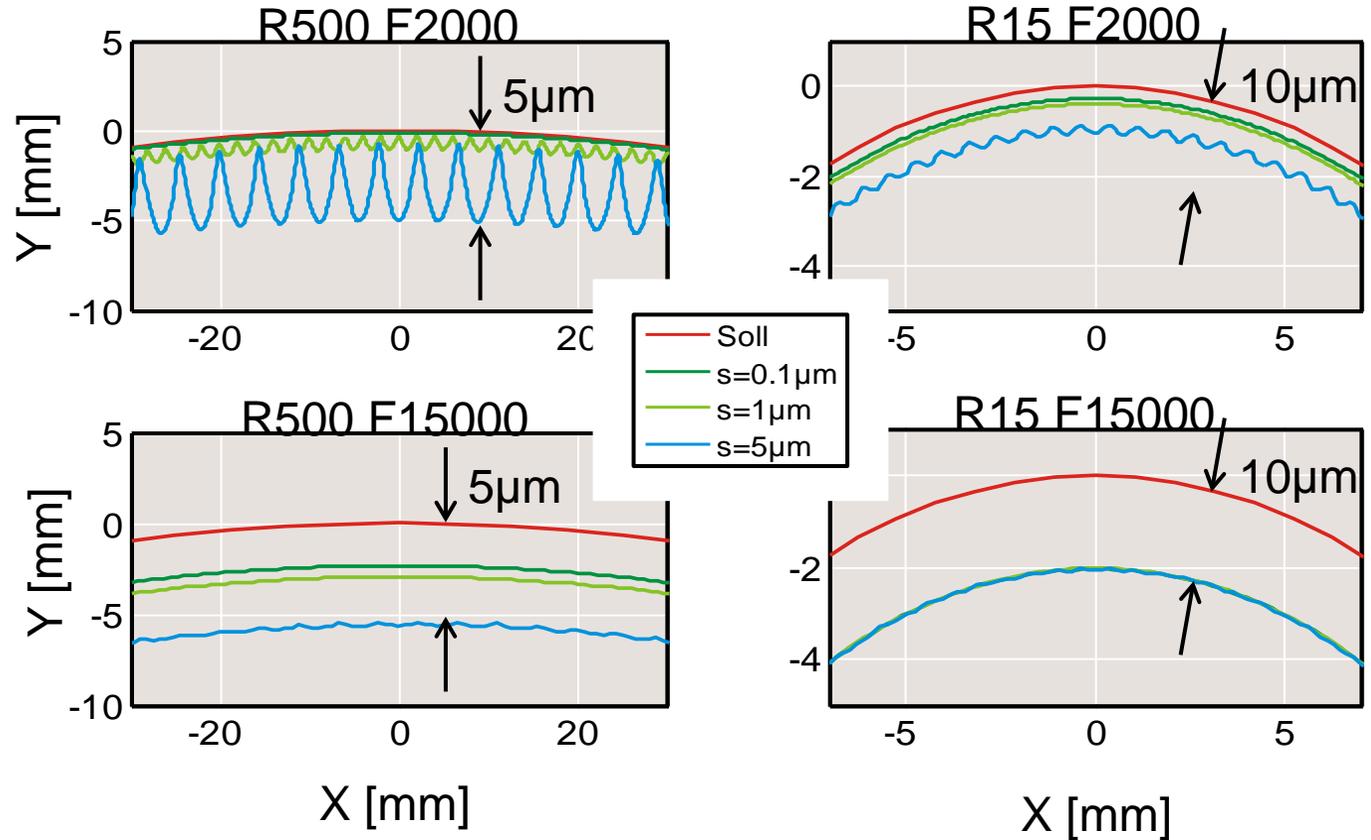




Zusammenhang zwischen Sehnenfehler, Radius und Vorschub

MW M-TS/ Feb 2016

- NC-Programme
 - Kreis mit R500/R15
 - F2000/F15000
 - Zyklus 32 T=0.01
 - Lagesollwertfilter Einfachfilter
- Auswertung
 - Vergrößerte Abweichung zur Sollbahn

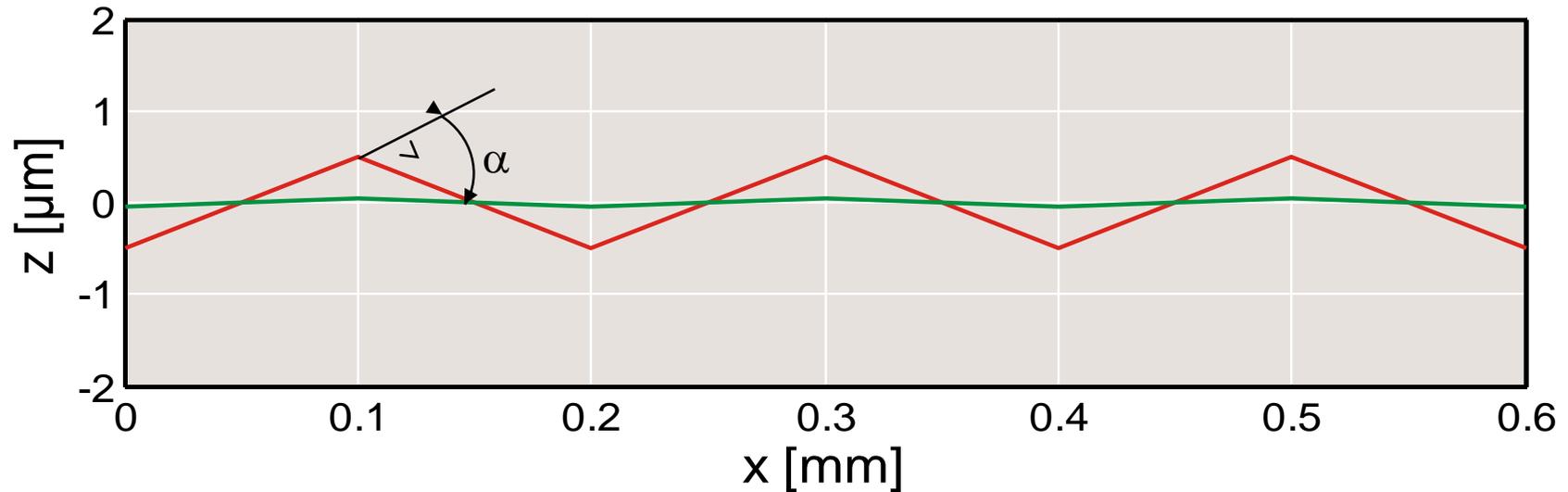


Sehnenfehler [μm]	Satzlänge [mm] – R500	Satzlänge [mm] – R15
0,1	0,633	0,110
1,0	2,001	0,347
5,0	4,475	0,785

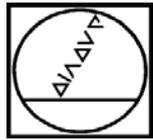


Eingabeformat von NC-Koordinaten

MW M-TS/ Feb 2016



Format [mm]	Max. Richtungsänderung bei kurzen NC-Sätzen (0.1mm)	Winkelauflösung
0,001	1,15°	17,5 μrad
0,0001	0,12°	1,75 μrad
0,00001 (TNC 640)	0,01°	0,18 μrad



HEIDENHAIN

Wie kann man Fehler in CAD/CAM generierten Programmen vermeiden?

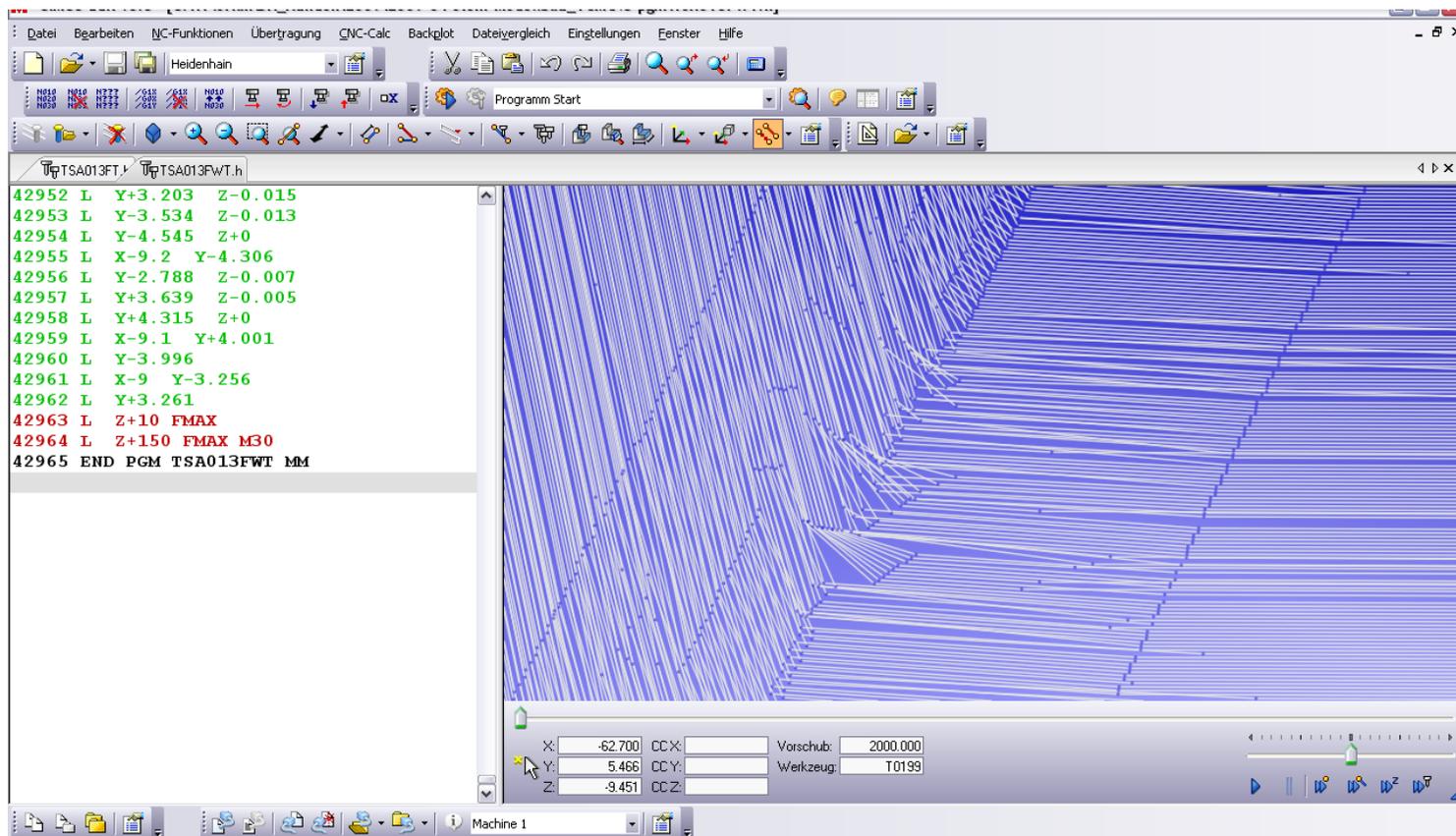




Sehnenfehler

Problem:

- Wird der Sehnenfehler im CAM-Programm zu groß gewählt, weichen benachbarte Bahnen stark voneinander ab.

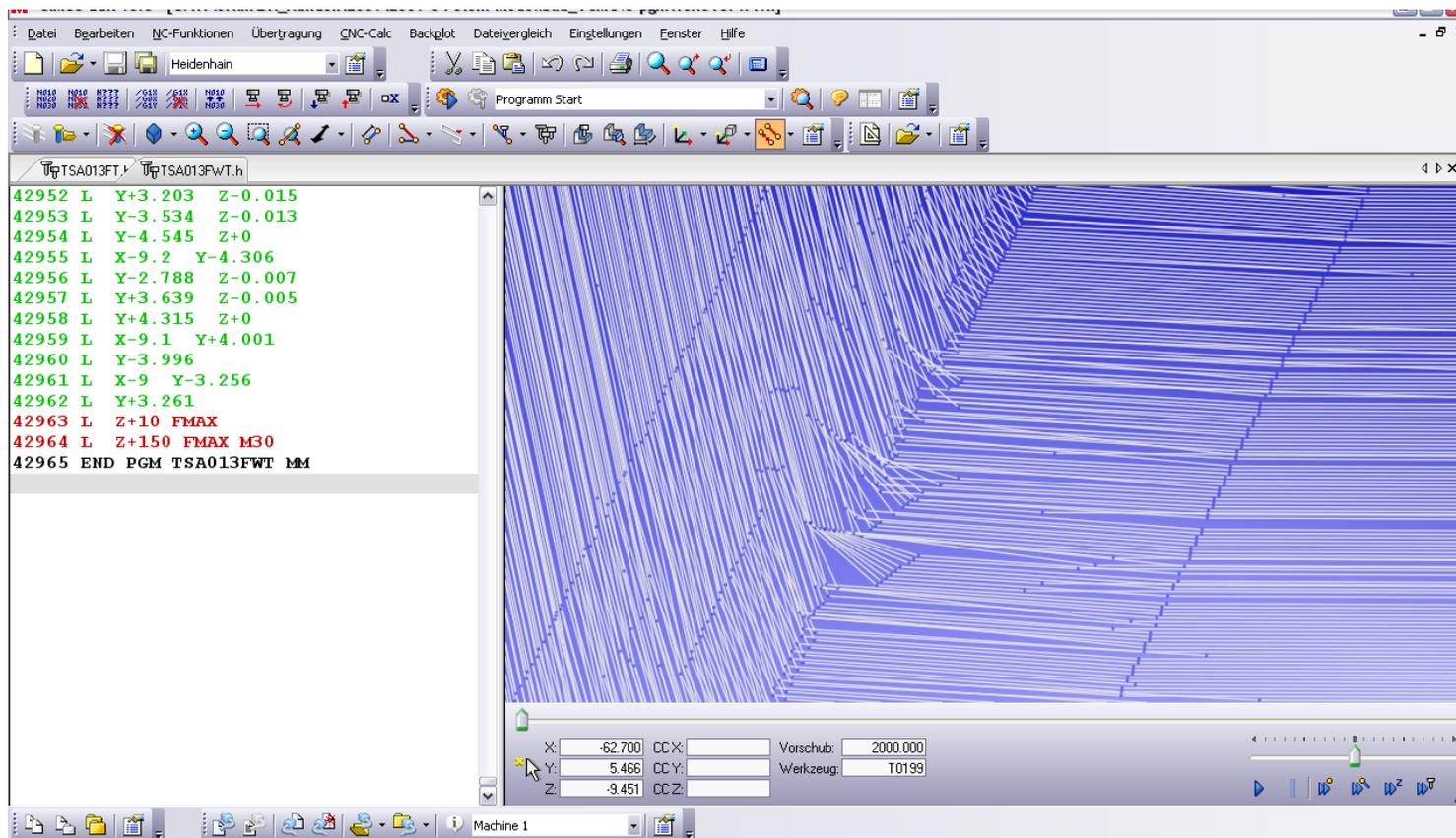




Sehnenfehler

Lösung:

- Sehnenfehler an die Kontur anpassen. Bei Bedarf die Fräsbahnen des NC-Programmes vor dem Fräsen analysieren (Liniengrafik auf der Steuerung oder externes Tool, z. B. Cimco Edit)





NC-Programm:

- Regelmäßige Punkte auf schräger Fläche
- NC-Datenausgabe auf 3 Nachkommastellen
- Progr. Vorschub F2000

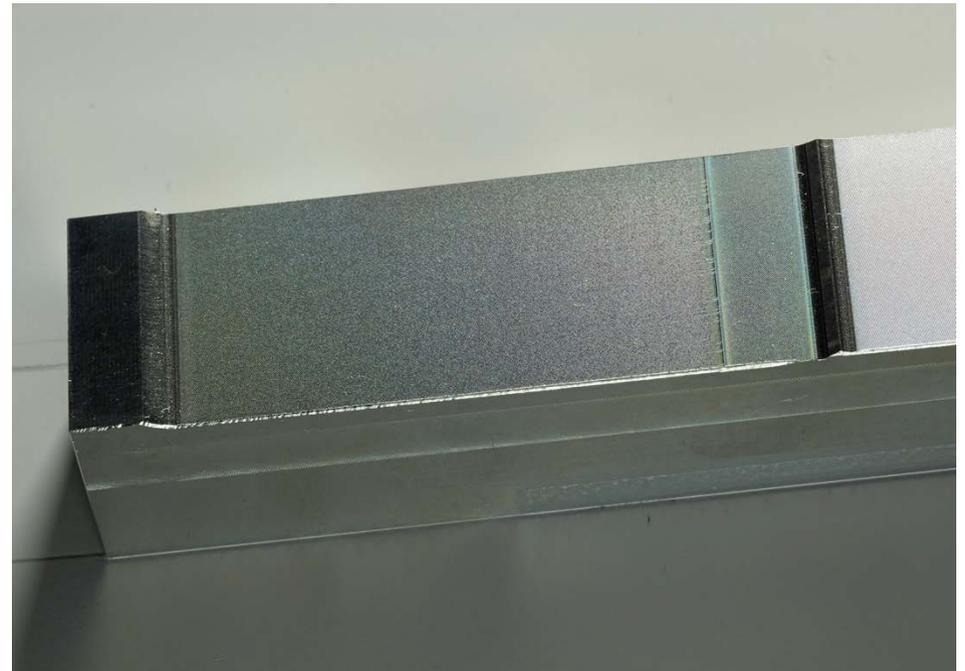
Problem:

- Die NC-Punkte werden so genau wie möglich angefahren, dadurch wird die Oberflächenqualität beeinflusst.

Lösung:

Abhilfe für eine glatte schräge Fläche:

- CAM-Einstellung ändern – keine regelmäßigen NC-Datenpunkte vorgeben.
- PP-Änderung auf 4(5) -Nachkommastellen

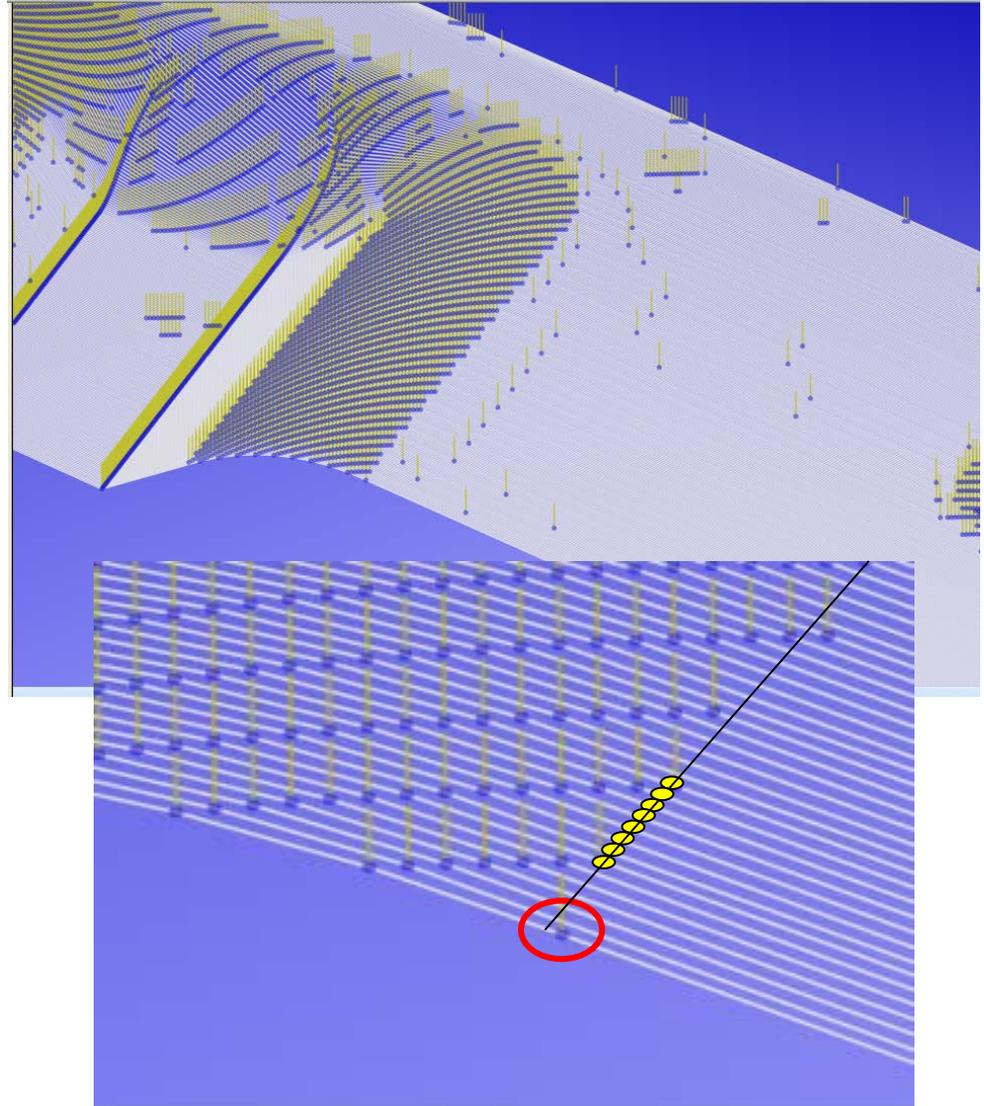


NC-Programm:

- NC Daten mit großem Sehnenfehler (30 μm) an einem Krümmungsübergang

Ergebnis:

- Durch das Fehlen von NC-Daten am Übergang ergeben sich Stufen in benachbarten Bahnen.



NC-Programm:

- NC Daten mit großem Sehnenfehler (30 μm) an einem Krümmungsübergang

Ergebnis:

- Durch das Fehlen von NC-Daten am Übergang ergeben sich Stufen in benachbarten Bahnen.

Lösung:

Abhilfe für einen saubereren Übergang und Fläche:

- CAM-Strategie ändern, im Idealfall liegt genau ein NC-Datenpunkt am Krümmungsübergang
- Kleineren Sehnenfehler verwenden





NC-Programm:

- Verwendung von sehr kleinem Sehnenfehler im CAM System (z.B. $1\mu\text{m}$ oder kleiner)
- Das Modell hat eine Innenkante, welche schräg zur Werkzeugbahn liegt.
- Je nach CAM System werden um diese Innenkante sehr kurze NC Sätze berechnet (Satzlängen $0.1 - 20\mu\text{m}$).

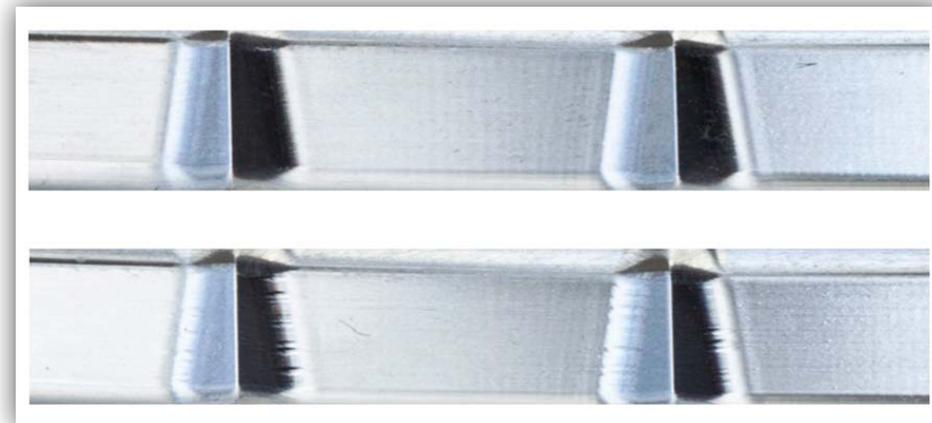
Problem:

- Diese sehr kurzen Sätze können zu Vorschubeinbrüchen und Marken führen.

Lösung:

Vermeidung der Vorschubeinbrüche:

- CAD-CAM Strategie ändern
- M124 kann nützlich sein
- TNC 6xx mit ADP



TNC 6xx mit ADP

NC-Programm:

- Programm mit L-Sätzen und 5-Achs-Eingabe, z. B. XYZ+AC

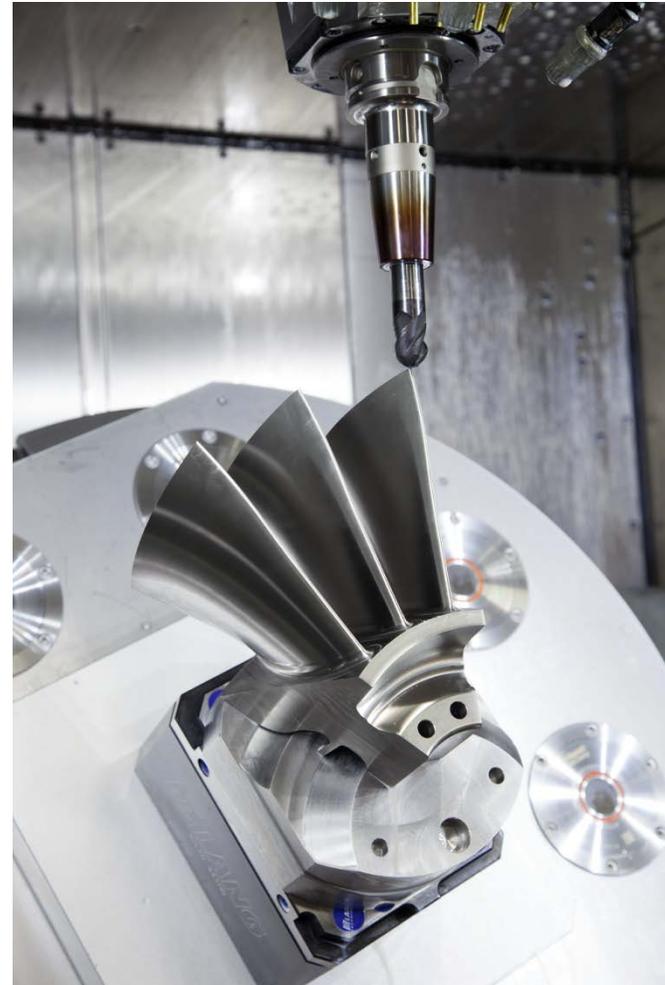
Problem:

- Ungleichmäßige Strecken für XYZ+AC, dadurch entstehen Vorschubeinbrüche und Marken auf der Oberfläche.

Lösung:

- CAM-Strategie ändern, um gleichmäßige Streckenanteile zu erhalten.

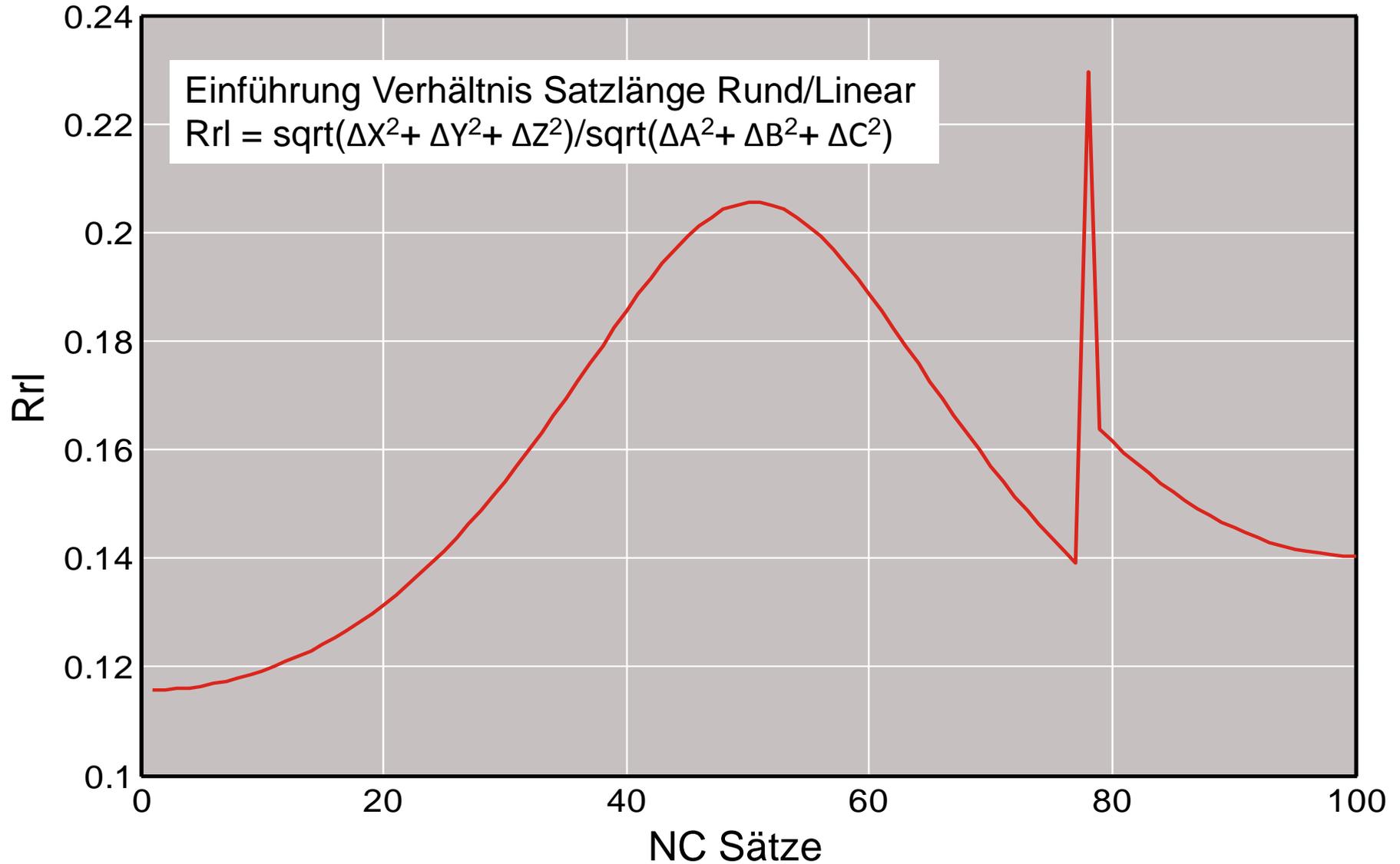
→ Bei Bedarf bietet HEIDENHAIN eine Programmanalyse bei betroffenen NC-Programmen an. Bitte kontaktieren Sie hierzu den Service.





Verhältnis Satzlänge Rund/Linear Rrl

MW M-TS/ Feb 2016

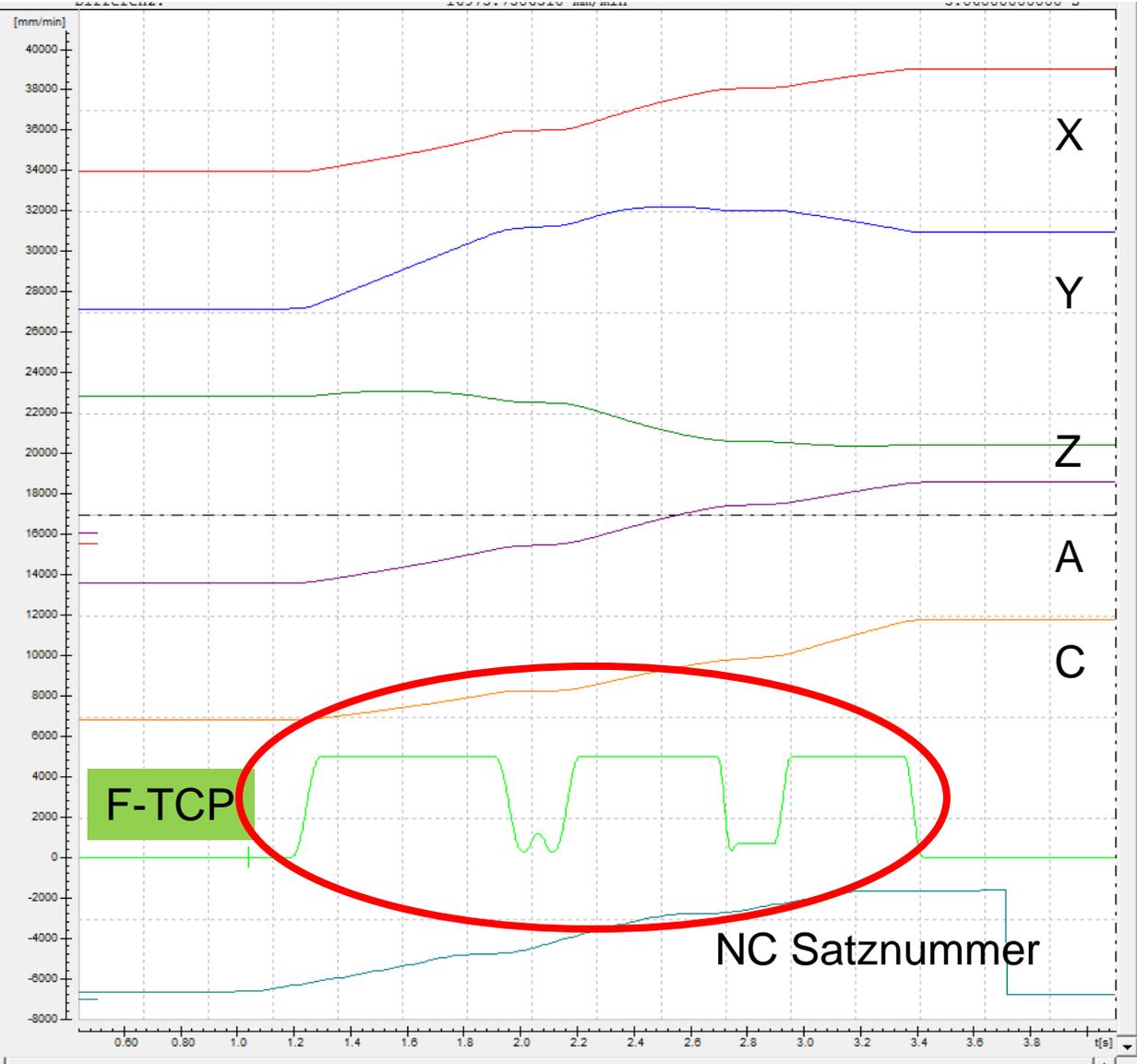




TA0.01 F5000 - FTCP [mm/min]

MW M-TS/ Feb 2016

L X0 Y20 Z100 A-10 C0 F5000
CYCL DEF 32.0 TOLERANZ
CYCL DEF 32.1 T0.05
CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:0
TA+0.01
M128

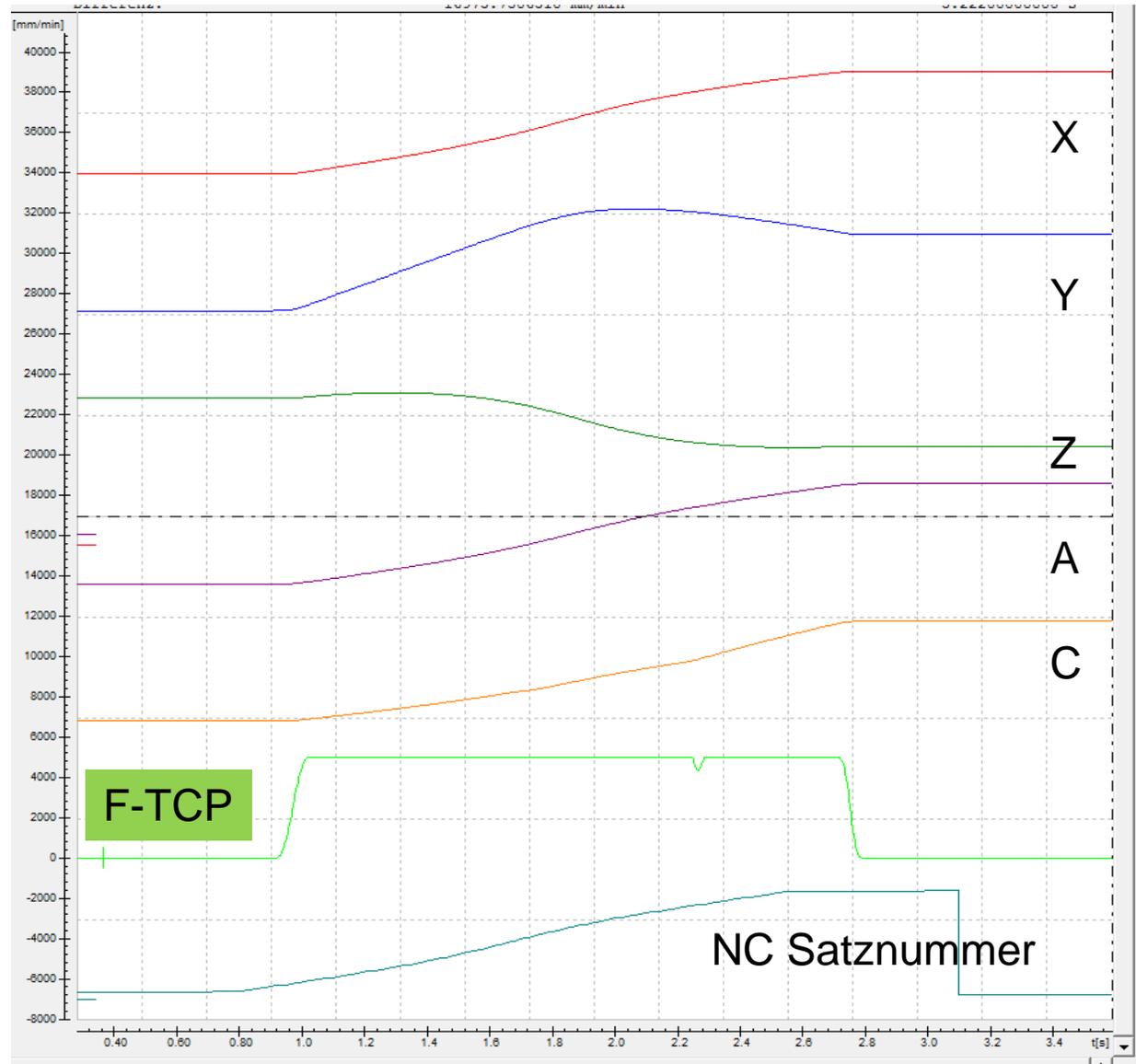




TA0.1 F5000 - FTCP [mm/min]

MW M-TS/ Feb 2016

L X0 Y20 Z100 A-10 C0 F5000
CYCL DEF 32.0 TOLERANZ
CYCL DEF 32.1 T0.05
CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:0
TA+0.1
M128





TA1 F5000 - FTCP [mm/min]

MW M-TS/ Feb 2016

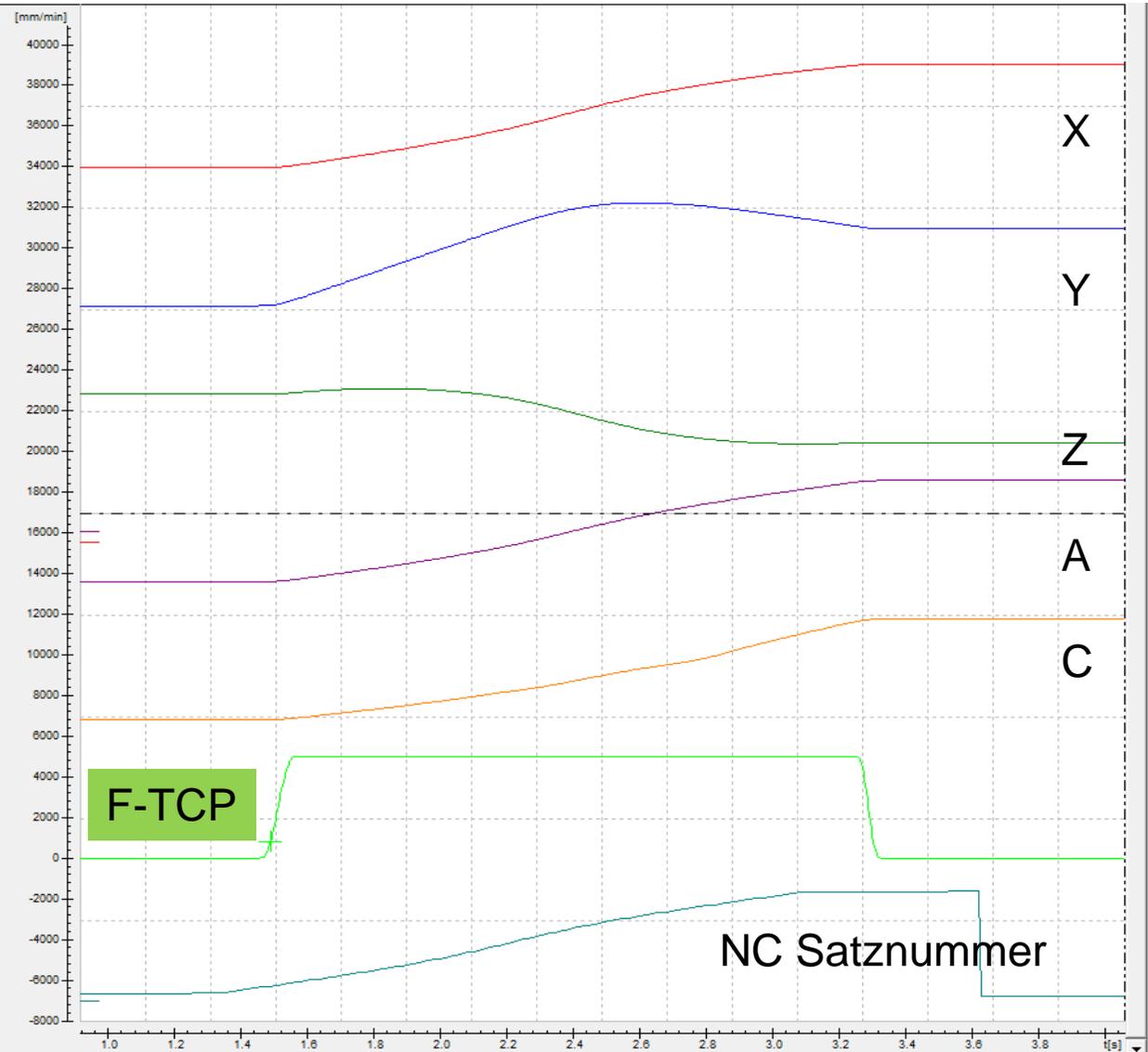
L X0 Y20 Z100 A-10 C0 F5000
CYCL DEF 32.0 TOLERANZ
CYCL DEF 32.1 T0.05
CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:0
TA+1
M128

Verbesserung an TNC

- Größerer TA

Verbesserung im CAM System

- Berechnung des Rrl gleichmäßiger





NC-Programm:

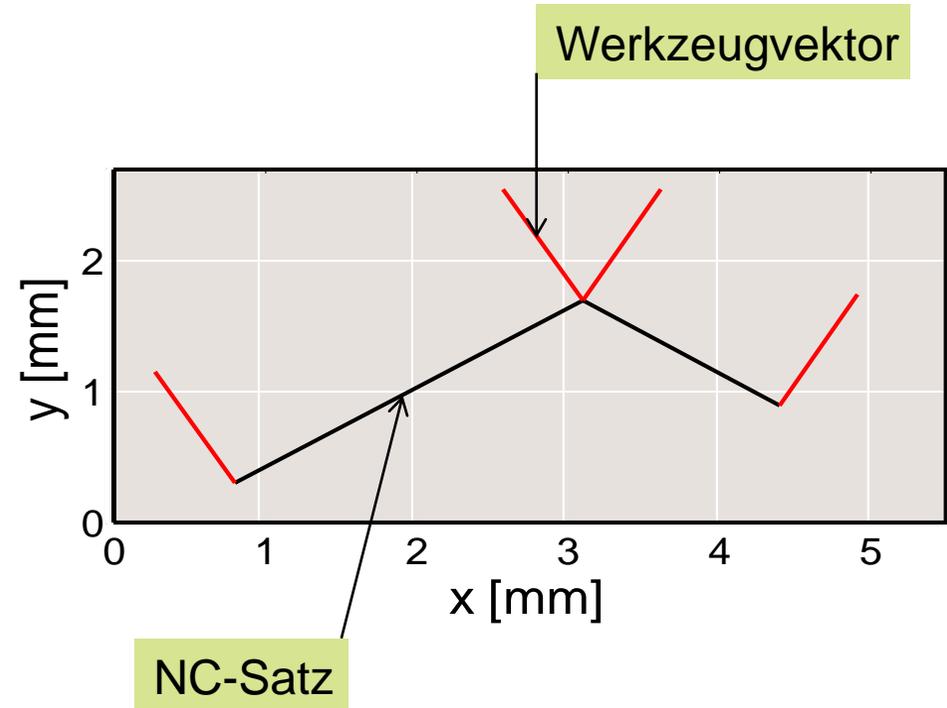
```
...  
50 M128  
...  
10039 L X-71.1837 Y-41.0219 A+7.7249 C+207.0548  
10040 L X-70.9688 Y-40.7962 A+7.7061 C+206.0033  
10041 L A+7.7055 C+205.969  
10042 L X-70.7444 Y-40.5802 A+7.687 C+204.8898  
10043 L X-70.5111 Y-40.3745 A+7.6685 C+203.8102  
...
```

Problem:

- Vorschubeinbruch

Lösung:

- „Doppelpunkte“ mit unterschiedlicher Werkzeuganstellung bei der NC-Datenausgabe vermeiden.
- Maßnahmen zur Vermeidung von Vorschubeinbrüchen:
- Änderungen der CAD-CAM-Strategie
- Erhöhung der Rundachstoleranz TA im Zyklus





NC-Programm:

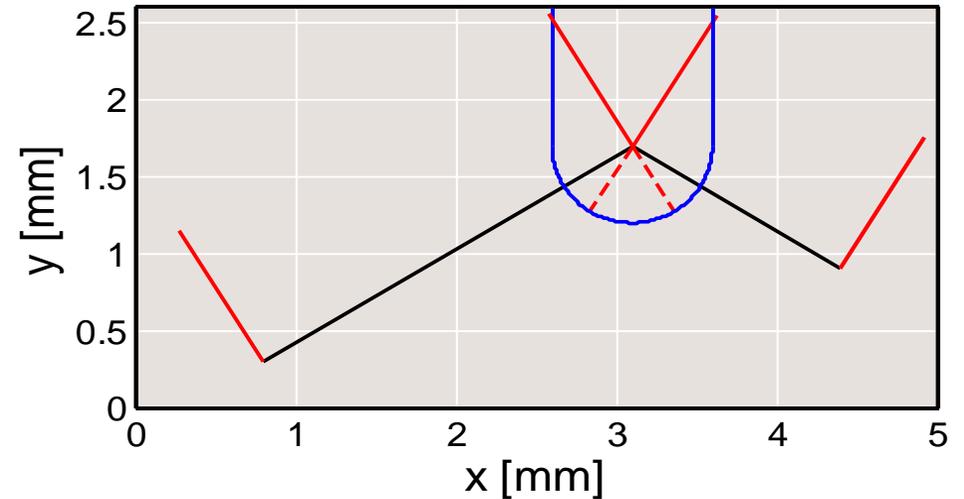
- 3-Achsbearbeitung
- LN-Programm (Normalenvektoren)
- 3D-Werkzeugradiuskorrektur aktiv

Problem:

- Doppelte NC-Datenpunkte mit unterschiedlichem Normalenvektor können kurze zusätzliche Bewegungen verursachen.

Lösung:

- Auf der TNC: M124 T
- Doppelte NC-Datenpunkte vermeiden (CAM-Strategie ändern)





NC-Programm:

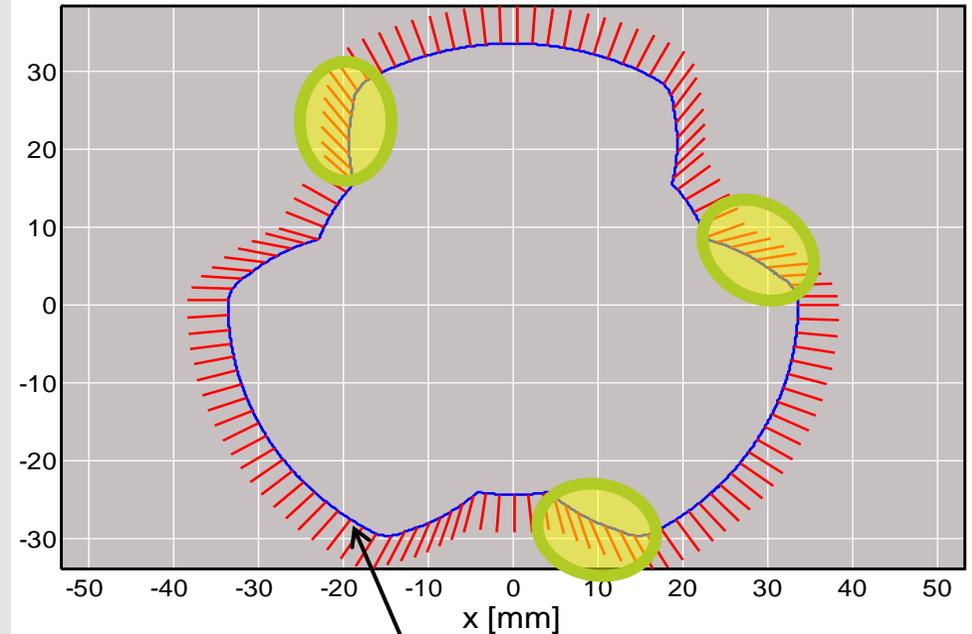
- 5-Achsbearbeitung
- LN-Programm (Normalenvektoren)
- 3D-Werkzeugradiuskorrektur aktiv

Problem:

- Die programmierte Radiuskorrektur kommt nicht am Werkstück an

Lösung:

- Radiuskorrektur deaktivieren
- CAM-Ausgabe ändern (hier: Toolvektor = Normalenvektor)
- Normalvektor muss senkrecht zur Werkstückoberfläche stehen



Normalenvektoren

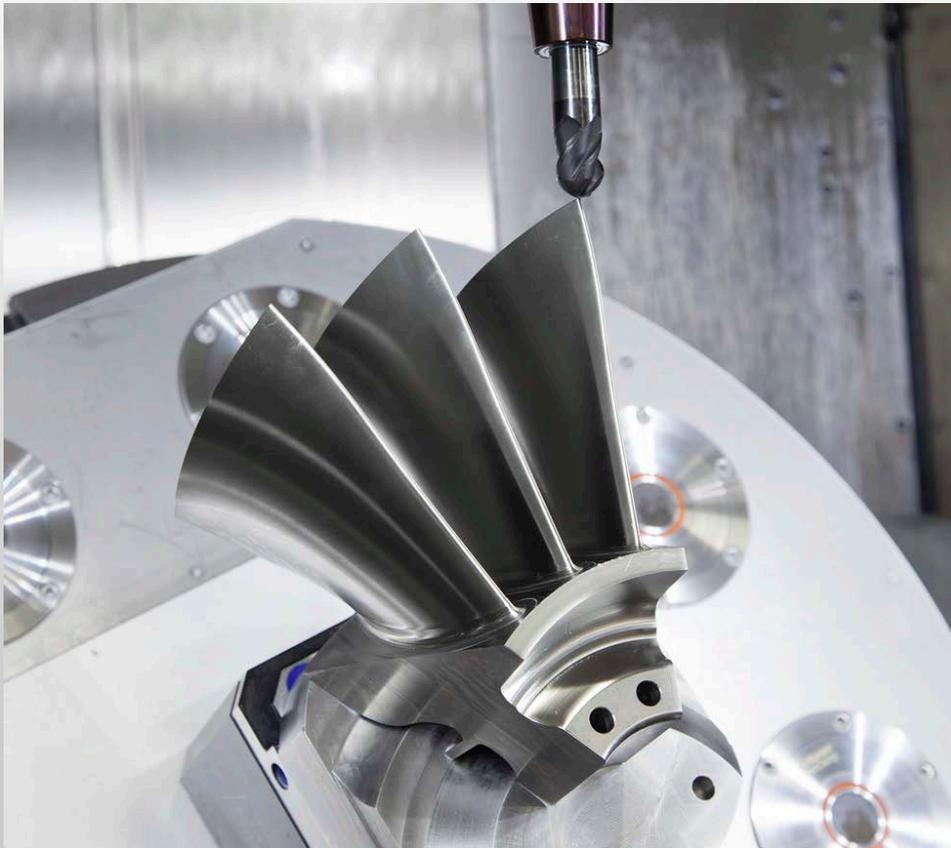
Ausschnitt NC-Programm

```
248 LN X27.8464 Y-18.6951 Z185.9980 NX0.801955 NY-0.538405 NZ0.258819 TX0.801955 TY-0.538405 TZ0.258819
249 LN X27.7959 Y-18.7701 Z185.9980 NX0.800501 NY-0.540565 NZ0.258819 TX0.800501 TY-0.540565 TZ0.258819
250 LN X27.7513 Y-18.8360 Z185.9980 NX0.799216 NY-0.542463 NZ0.258819 TX0.799216 TY-0.542463 TZ0.258819
251 LN X27.6950 Y-18.9188 Z185.9980 NX0.797594 NY-0.544846 NZ0.258819 TX0.797594 TY-0.544846 TZ0.258819
```



HEIDENHAIN

Zusammenfassung und allgemeine Tipps





- Falls notwendig: Überprüfe NC Daten
- NC-Datenausgabe im Postprozessor immer auf 4(5) Nachkommastellen
- NC-Datenausgabe für Vektoren der LN-Sätze immer auf 7 Nachkommastellen
- **Sehnenfehler/Zyklus32 Toleranz**
 - Sehnenfehler soll kleiner als Zyklus 32 Toleranz sein (typisch 1.5-3)
 - Je nach Kontur und programmiertem Vorschub (langsamer Vorschub) und Radien (große Radien) muss der Sehnenfehler deutlich kleiner gewählt werden.
 - Sehnenfehler über 5µm beim Schlichten vermeiden.
- iTNC 530: Sehr kurze NC-Sätze vermeiden (TNC 6xx -> ADP)
- Regelmäßige Punkte auf ebenen Flächen können (vor allem bei 3 Nachkommastellen) das Fräsbild stören.



- **Am Krümmungsübergang sollte genau 1 NC-Datenpunkt liegen.**
 - Dieses Verhalten kann in CAD/CAM Systemen nicht direkt beeinflusst werden. In diesem Fall sollte der Sehnenfehler kleiner gewählt werden.

- **Doppelpunkte mit unterschiedlicher Werkzeuganstellung vermeiden. (CAM Fehler aus Zwischenmodell)**

- **iTNC 530: Ausgabe von Kreisen vorteilhaft, da genauer als Eingabeformat zwischen Kreisanfang und –endpunkt gerechnet wird.**

- **Ein F-Kommando in jedem Satz kann sich kontraproduktiv auf die Vorschubplanung auswirken. Die Vorschubplanung wird von der TNC gerechnet.**

- **Jeder Satz mit einem Zyklus 32 oder M128/M129 Aufruf erfordert einen Genauhalt (~0.1-0.2 s).**



- **Für eine bessere Oberflächenqualität sollten immer so wenig Achsen wie möglich verwendet werden (3+2, 4+1)**

- **Tischachsen:**
 - Das Werkstück sollte in der Nähe der Drehzentren der Achsen aufgespannt werden.
 - Der Schleppfehler der Rundachsen führt zu einem kleineren Fehler auf dem Werkstück.
 - Die Ausgleichsbewegungen der Linearachsen sind kleiner, die Vorschübe niedriger.

- **CAM Ausgabe für einen Kugelfräser (vor allem beim Schlichten)**
 - CAM/PP Ausgabe auf Fräsermittelpunkt (nicht auf Südpol)
 - Generiert oft ein gleichmäßigeres NC-Programm
 - Gleichmäßigerer Vorschub am TCP
 - Große Toleranzen für die Rundachsen können benutzt werden (z.B. TA3)
 - Gleichmäßigerer Vorschub am TCP

- **Die Begrenzung der Ausgleichsbewegung sollte nur in Ausnahmefällen verwendet werden.**
 - Durch die Begrenzung wird der Vorschub am TCP reduziert und zu einem ungleichmäßigen Vorschub am TCP führen.



- **CAM Ausgabe für andere Werkzeuge (Schafffräser, Torusfräser ...)**
 - Prüfe CAM/PP Ausgaben auf gleichmäßige Ausgabe der Rundachsdaten für gleichmäßigeren Vorschub
 - Verwende einen kleinen Wert für die Rundachstoleranz TA (z.B. 0.05 – 0.2). Der Wert hängt von der effektiven Eingriffslänge des Fräsers beim Wälzfräsen oder vom Berührungspunkt des Torusfräsers ab.

- **Nutze KinematicsOpt für die Kalibrierung der Rundachslageoffsets vor einem Schlichtprozess.**

- **Starke Veränderungen im Verhältnis der Linearsatzlänge zur Rundachssatzlänge kann den Vorschub am TCP erheblich reduzieren.**

- **Spezielle Filtereinstellungen für die Rundachsen können z.B. für kleine Impeller oder 4-Achsbearbeitungen mit hochdynamischen Rundachsen verwendet werden.**

**Effektiver Fräsen mit Steuerungs- und
Messtechnik von HEIDENHAIN**

Fragen??

Tel. 08669 31 3103

Mail 3103@heidenhain.de



**Effektiver Fräsen mit Steuerungs- und
Messtechnik von HEIDENHAIN**

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit.**

Ihr Michael Wiendl

Fragen??

Tel. 08669 31 3103

Mail 3103@heidenhain.de

