

SINUMERIK live: Dynamische 5-Achsbearbeitung direkt programmieren in SINUMERIK Operate

Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen

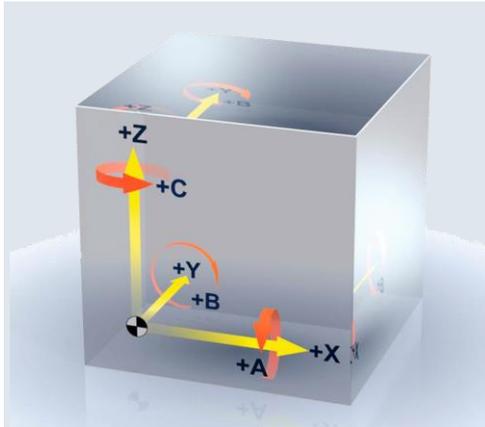
Dynamische 5-Achsbearbeitung direkt programmieren in SINUMERIK Operate – Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen



- 1 Wiederholung Grundlagen
- 2 5-Achstransformation
- 3 Werkzeugorientierung
- 4 3D-Fräserradiuskorrektur
- 5 Beispielwerkstück live an der Maschine
- 6 Zusammenfassung

1 Wiederholung Grundlagen

Vergleich 3+2 und 5-Achs-Fräsbearbeitung



Gemeinsamkeit:

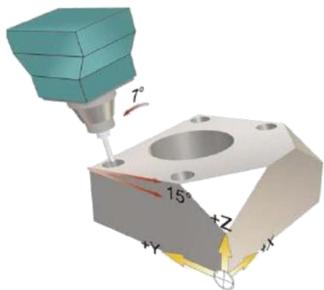
3 Linearachsen (X, Y und Z)
und
2 Rundachsen (A, B oder C)

Unterschied:

3+2-Achs: statische Anstellung des Werkzeugs
5-Achs simultan: dynamische Anstellung des Werkzeugs

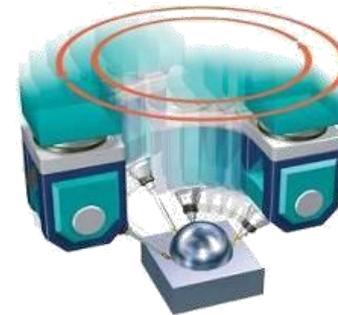
Wann verwendet man was?

3+2-Achs:



Schruppen/Vorschlichten von 3D-Konturen
Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit
(bei Großteil aller Bauteile am Markt
ist die 3+2-Bearbeitung ausreichend)
Werkzeug- und Vorrichtungsbau

5-Achs simultan:



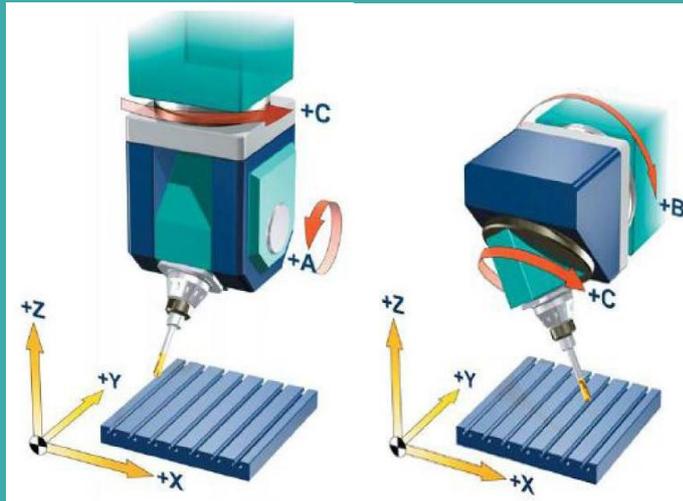
Endbearbeitung und Schlichten
Werkstücke mit tiefen Kavitäten oder
häufigen Krümmungswechseln
Hohe Oberflächengüte
Freiformflächen (Formenbau)
Turbinen- und Triebwerkskomponenten
Strukturteile (Flugzeugindustrie)

1 Wiederholung Grundlagen Mechanischer Aufbau von Fräsmaschinen

Sowohl für die 3+2 Achs als auch für die 5-Achs simultan Bearbeitung benötigt man zur Orientierung des Werkzeuges **zusätzlich zu den drei Linearachsen (X, Y und Z) zwei Drehachsen (A, B oder C)**.

Abhängig von der kinematischen Beschaffenheit der Maschine können diese 2 Achsen durch **einen schwenkbaren Kopf und/oder einen schwenkbaren Tisch** eingestellt werden.

Kopf-Kopf-Kinematik



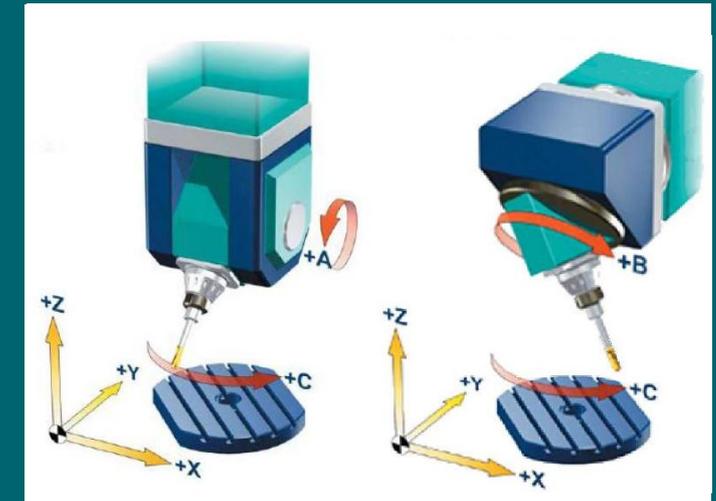
Schwenkbare Kopf

Tisch-Tisch-Kinematik



Schwenkbare Kopf
und schwenkbare Rundtisch

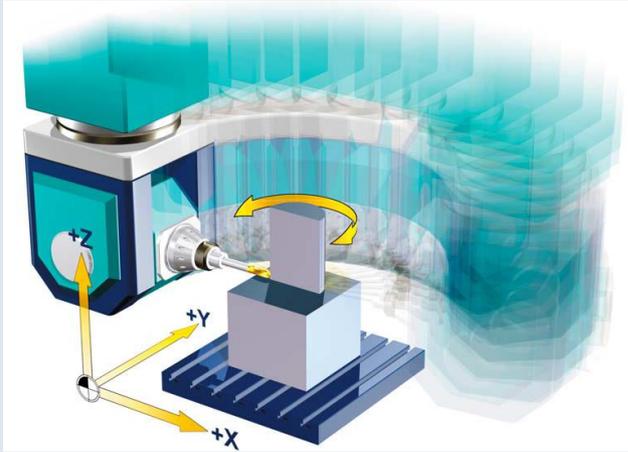
Gemischte Kinematik



Schwenkrundtisch

1 Wiederholung Grundlagen

Mechanischer Aufbau von Fräsmaschinen – Beispiel



Bewegungsablauf Kopf/Kopf Kinematik

- Maschinenkinematik mit den Rundachsen A und C im Kopf
- Halbkreis in X/Y-Ebene durch Linearachsen X und Y
- Werkzeug immer senkrecht auf der Werkstückoberfläche durch Drehung des Werkzeugs um 180° um die Z-Achse \rightarrow C-Achse
- Beschreibung eines Halbkreises (ein Umlauf) durch die Achsen X, Y und C

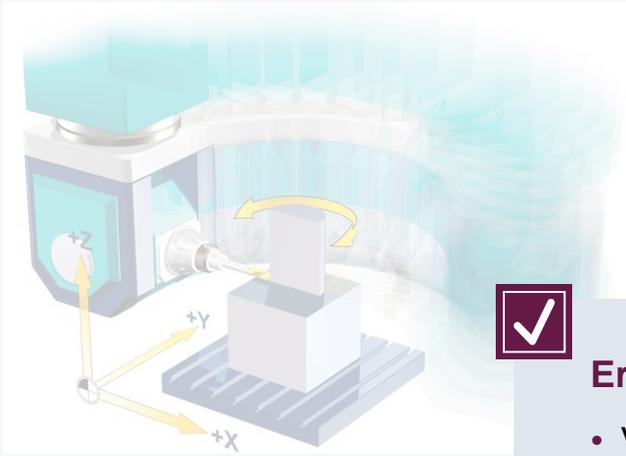
Bewegungsablauf Tisch/Tisch Kinematik

- Maschinenkinematik mit den Rundachsen A und C im Tisch
- Werkzeug senkrecht zu Werkstückoberfläche \rightarrow Drehung der A-Achse um 90°
- Halbkreis durch Drehen der C-Achse jeweils von $+90^\circ$ auf -90°
- Beschreibung eines Halbkreises (ein Umlauf) nur durch die C-Achse



1 Wiederholung Grundlagen

Mechanischer Aufbau von Fräsmaschinen – Beispiel



Bewegungsablauf Kopf/Kopf Kinematik

- Maschinenkinematik mit den Rundachsen A und C im Kopf
- Halbkreis in X/Y-Ebene durch Linearachsen X und Y
- Werkzeug immer senkrecht auf der Werkstückoberfläche durch Drehung des Werkzeugs um 180° um die Z-Achse → C-Achse

Erkenntnis:

- Völlig unterschiedliche Maschinenbewegungen führen zum selben Ergebnis
- Bewegung der Werkzeugspitze und Werkzeugorientierung relativ zur Oberfläche sind identisch

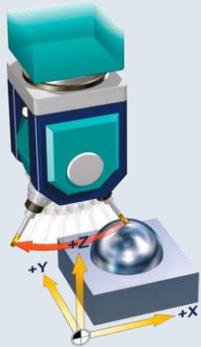
Bewegungsablauf Tisch/Tisch Kinematik

- Maschinenkinematik mit den
- Werkzeug senkrecht zu Werkstückoberfläche → Drehung der A-Achse um 90°
- Halbkreis durch Drehen der C-Achse jeweils von +90° auf -90°
- Beschreibung eines Halbkreises (ein Umlauf) nur durch die C-Achse



2 5-Achstransformation Gleichzeitige Bewegung der Linear- und Rundachsen

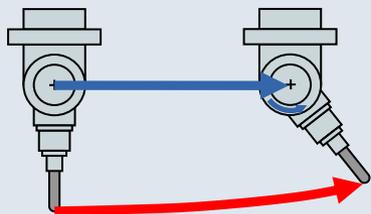
Werkzeugorientierung:



Bewegung der Rundachse zur Orientierung des Werkzeugs

→ Werkzeugspitze beschreibt Kreisbahn

Synchrone Bewegung:



Lineare Interpolation der Rund- und Linearachse

→ Gekrümmte Linie

Wie lässt sich dieser Effekt bei der simultanen 5-Achsbearbeitung vermeiden?

→ Komplizierte Verrechnung der Achsbewegung wäre nötig, um diese unerwünschte Bewegung zu vermeiden.

2 5-Achstransformation Lösung: TRAORI

Werkzeugorientierung:



Bewegung der Rundachse zur Orientierung des Werkzeugs

→ Werkzeugspitze beschreibt Kreisbahn

TRAORI



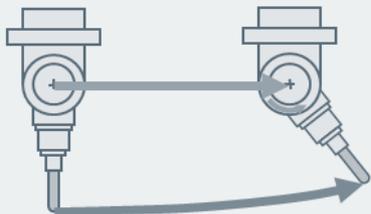
Werkzeugorientierung:



Bewegung der Rundachse und Ausgleichsbewegungen der Linearachsen zur Orientierung des Werkzeugs

TRAORI ermöglicht eine **komfortable Programmierung der Werkzeugspitze unabhängig vom mechanischen Aufbau der Maschine.**

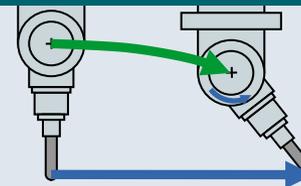
Synchrone Bewegung:



Lineare Interpolation der Rund- und Linearachse

→ Gekrümmte Linie

TRAORI



→ Gerade Linie

2 5-Achstransformation

Aufgaben der 5-Achstransformation

```
SIEMENS
NC/
N10 G17 G71 G90 G54 G64
N20 T="SF_D16_3SN_VHM_SL"
N30 M6
N40 S12000 M3
G0 Z55
N50 TRAORI
N60
```

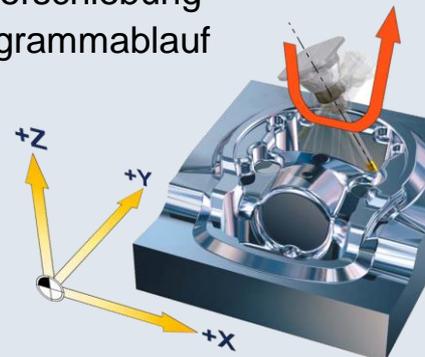
Mit dem Befehl TRAORI wird die 5-Achstransformation eingeschaltet.

Positionsangaben beziehen sich ab jetzt immer auf die Spitze des Werkzeugs.

→ NC Programme beschreiben nur die relative Bewegung zwischen Werkzeug und Werkstück.

Was macht TRAORI?

- Transformation der relativen Bewegung zwischen Werkzeug und Werkstück in Maschinenachsbewegung.
- Automatische Berechnung der Ausgleichsbewegungen in X, Y und Z bei Änderung der WZ-Orientierung
- Alle Achsen werden gleichzeitig interpoliert
- Veränderungen der Werkzeuglänge und Nullpunktverschiebung werden im Programmablauf berücksichtigt.



→ Kinematik- und werkzeugunabhängige NC-Programme.

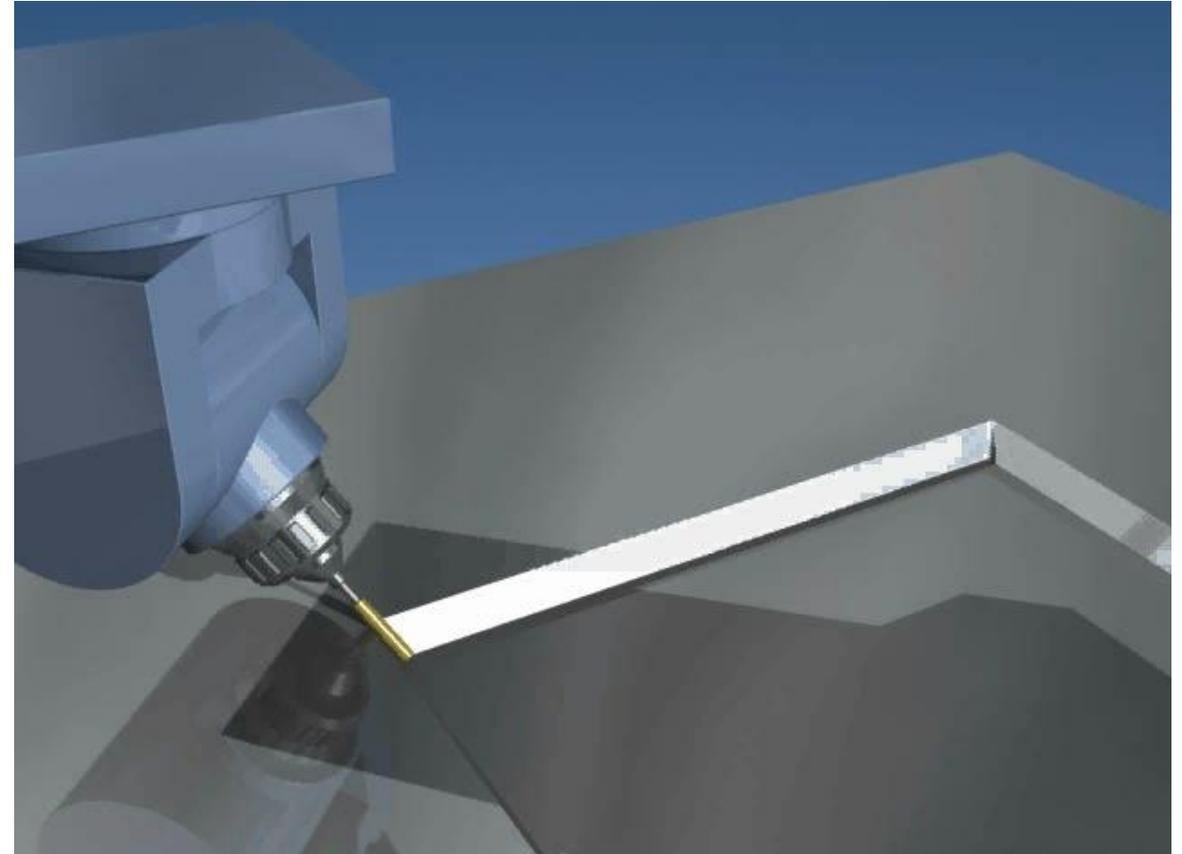
```
SIEMENS
NC/
N200 X20 Y20 A3=0.35 B3=-0.35 C3=1
N210 G40 X0 Y0 Z2 A3=0 B3=0 C3=1
N220 TRAFOOF
N230 M30
```

Mit dem Befehl TRAFOOF wird die 5-Achstransformation ausgeschaltet.

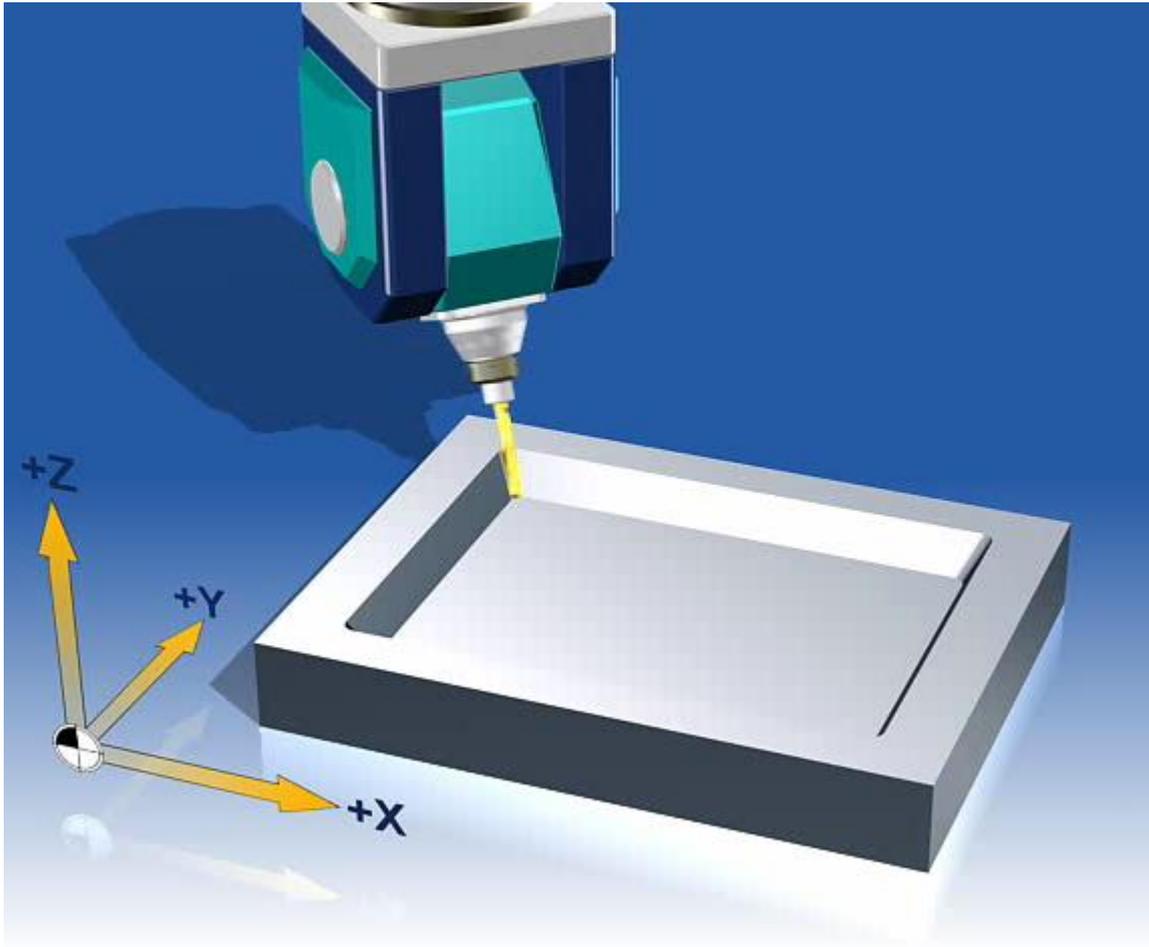
3 Werkzeugorientierung Linearinterpolation ORIAxes

ORIAxes

- Befehl für Linearinterpolation = Standardinterpolationsart
- Lineare Interpolation der Rundachsen synchron zur Bewegung der Werkzeugspitze
- Verlauf der Orientierung abhängig von Maschinenkinematik
- Verwendbar, wenn nicht erforderlich, dass sich Werkzeug in einer genau definierten Fläche im WKS bewegt (Bsp.: Stirnfräsen mit Kugelfräser)

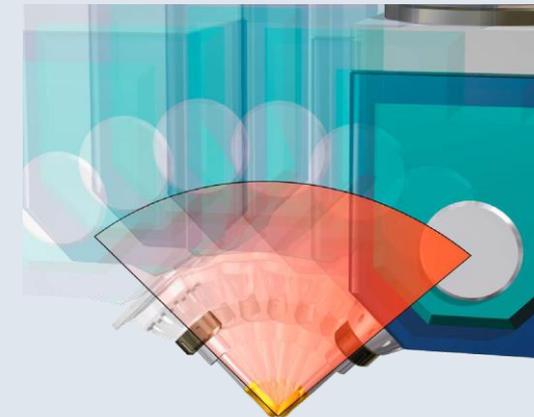


3 Werkzeugorientierung Vektorinterpolation ORIVECT



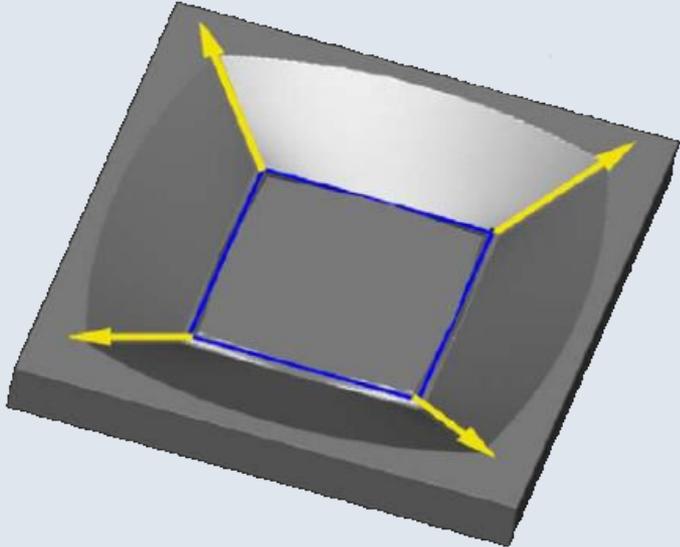
ORIVECT

- Befehl für Vektorinterpolation
- Interpolation des Vektors auf Ebene durch Start- und Endvektor aufgespannt
- Orientierungsänderungen durch Verfahren der Rundachsen auf dem kürzesten Weg
- Häufig beim Fräsen von Taschen mit meist ebenen und geneigten Wänden



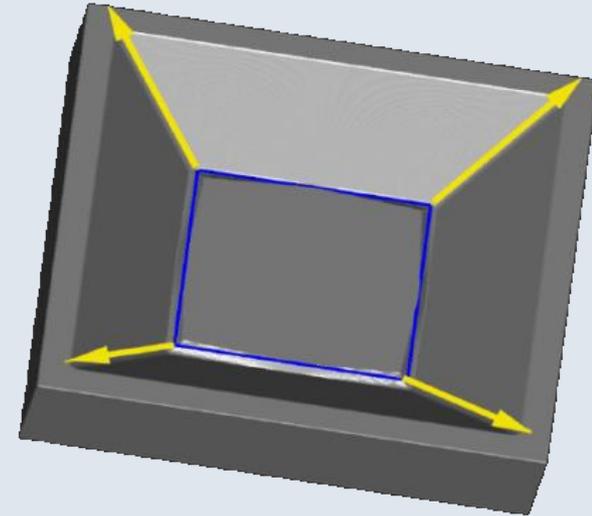
3 Werkzeugorientierung Vergleich ORIAXES und ORIVECT

ORIAXES



- Start- und Endpunkt der Bewegung sind als Vektoren angegeben (gelb).
- Durch die lineare Interpolation der Linear- und Rundachsen entsteht eine bauchige Kontur an der oberen Fläche.
- Trotz der bauchigen Kontur an der oberen Fläche, hat der Taschenboden gerade Kanten (blau).

ORIVECT



- Start- und Endpunkt der Bewegung sind als Vektoren angegeben (gelb).
- Durch die Vektorinterpolation wird mit den Vektoren eine Ebene aufgespannt, auf der der Fräser verfährt.
- Sowohl die Kante an der Oberseite als auch die Kante am Taschenboden (blau) sind gerade.

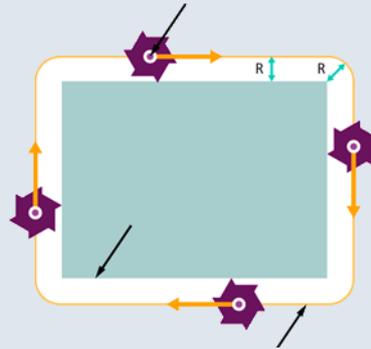
4 3D-Fräserradiuskorrektur 2D-Fräserradiuskorrektur zu 3D-Fräserradiuskorrektur

2 ½ D-Fräserradiuskorrektur = konventionell

Kontur, Mittelpunktsbahn Fräser

→ 2 ½ D (G41/42)

→ WZ-Orientierung immer gleich



3D-Fräserradiuskorrektur = Erweiterung

Kontinuierliche Änderung der WZ-Orientierung

→ Kontinuierliche Änderung der Korrekturrichtung

→ Definition Korrekturrichtung als Vektor im Raum

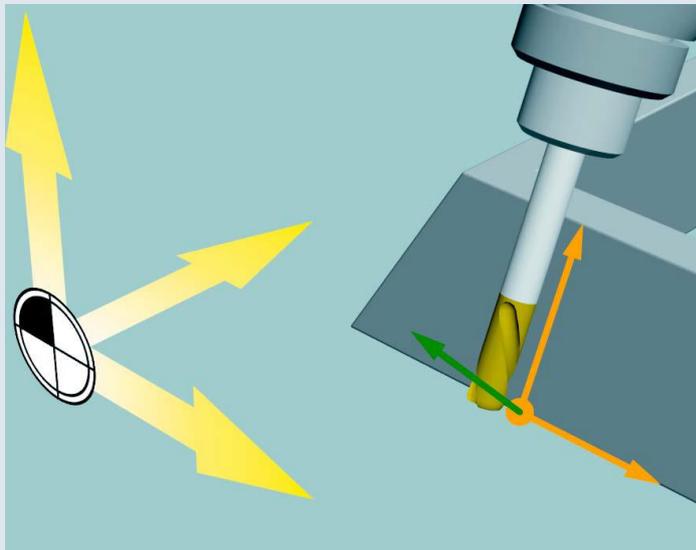
3D-Fräserradiuskorrektur

- Aktivierung der 5-Achstransformation → TRAORI
- Aktivierung der 3D-Fräserradiuskorrektur → CUT3DC/DF
- Korrektur von zylindrischen Werkzeuggeometrien:
 - Schafffräser mit und ohne Eckenverrundung
 - Vollradiusfräser
 - zylindr. Gesenkfräser
 - Kegeliges Gesenkfräser
 - Kegelstumpfräser mit und ohne Eckenverrundung

4 3D-Fräserradiuskorrektur Unterscheidung beim Umfangs- und Stirnfräsen

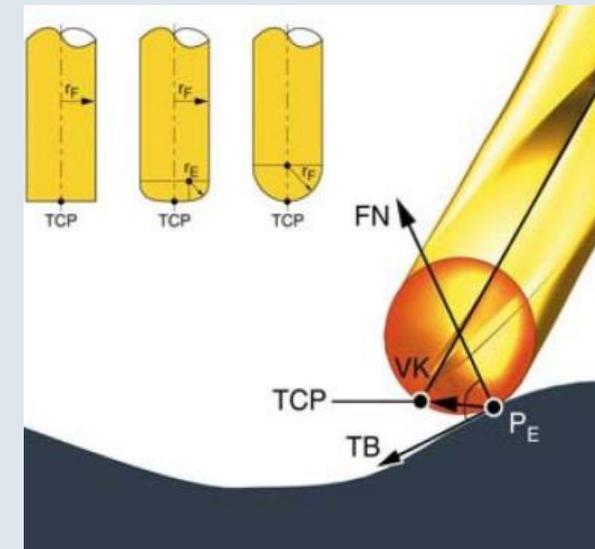
Umfangsfräsen CUT3DC

- Korrekturrichtung immer senkrecht zur Ebene auf der sich der Fräser bewegt



Stirnfräsen CUT3DF

- komplexer → Kein konstanter Versatz
- Korrekturwert und -richtung abhängig vom Werkzeugradius und Verrundungsradius
- Werkzeugorientierung relativ zur WS-Oberfläche



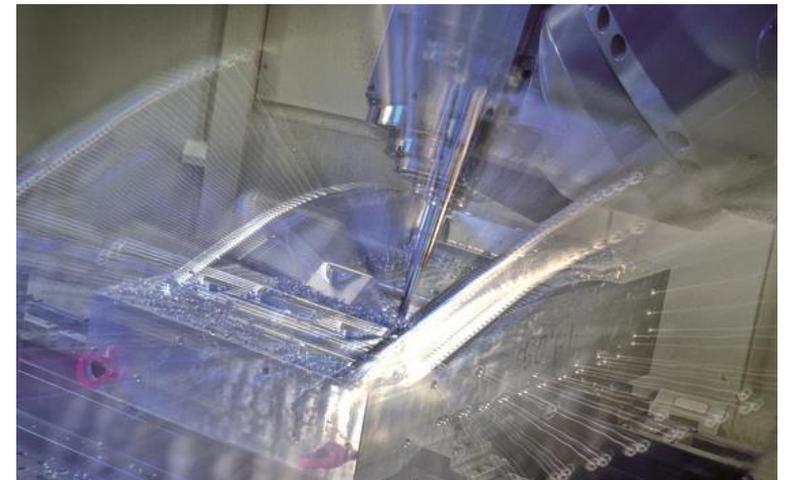
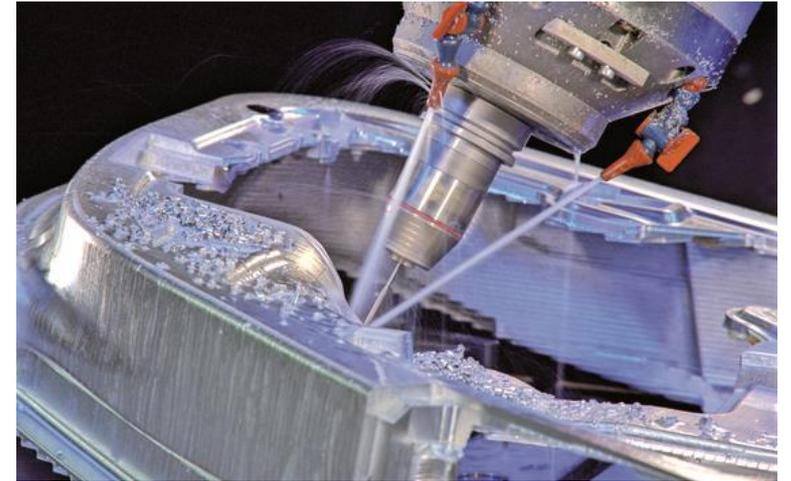
6 Zusammenfassung

SIEMENS
Ingenuity for Life

✓ **Befehl für 5-Achstransformation (TRAORI / TRAFOOF):**
TRAORI ermöglicht eine komfortable Programmierung der Werkzeugspitze, unabhängig von der Kinematik der Maschine.

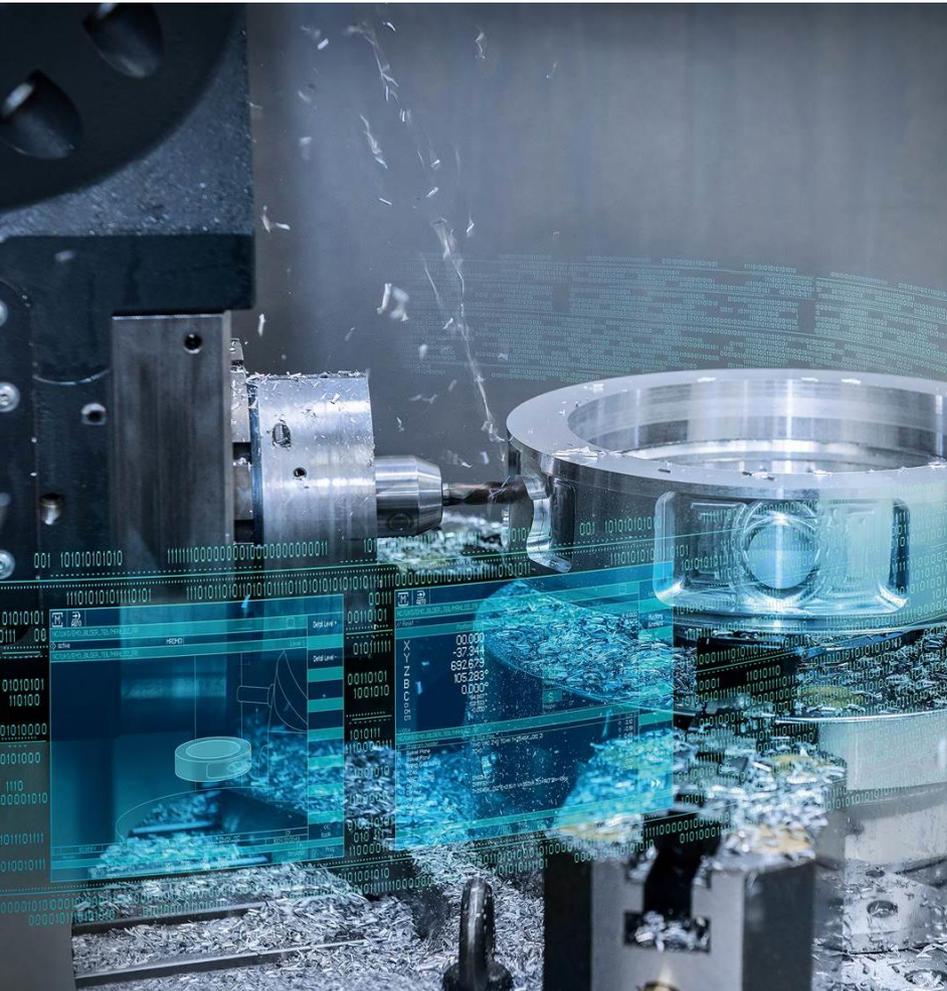
✓ **Orientierungsinterpolationen (ORIXES / ORIVECT):**
ORIXES ist der Befehl für die Linearinterpolation, ORIVECT der Befehl für die Vektorinterpolation der Werkzeugorientierung.

✓ **3D-Fräserradiuskorrektur (CUT3DC / CUT3DF):**
Die 3D-Fräserradiuskorrektur berücksichtigt die sich ändernde Bewegung der Werkzeugorientierung.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

SIEMENS
Ingenuity for life



Technologie- und Applikationscenter Erlangen

Link zum Video:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PL39653BA860E6182B>

siemens.de/cnc4you