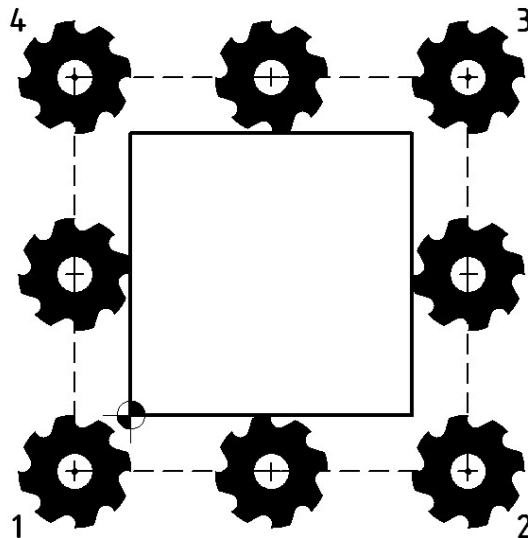


Radiuskorrektur 1

Bei der Programmierung einer Werkstückkontur muss der Radius eines Fräs- oder Drehwerkzeuges mit berücksichtigt werden.

Das bedeutet, dass beim Fräsen die Fräsermittelpunktsbahn zu errechnen ist, weil der Fräser eine Kontur ja mit seinem Außendurchmesser schneidet.

Beim Drehen außerdem beachten, dass ein Drehmeißel einen Radius hat, aber in einem theoretischen Schnittpunkt außerhalb des Radius ausgemessen wird.



In dieser Abbildung soll eine quadratische Außenkontur gefräst werden.

Angenommen, das Quadrat hat die Maße 50 X 50 mm und der Fräser einen Durchmesser von 20 mm. Der Nullpunkt liegt links unten.

Der Mittelpunkt des Fräasers ist dann auf Position 1 = X-10 / Y-10,

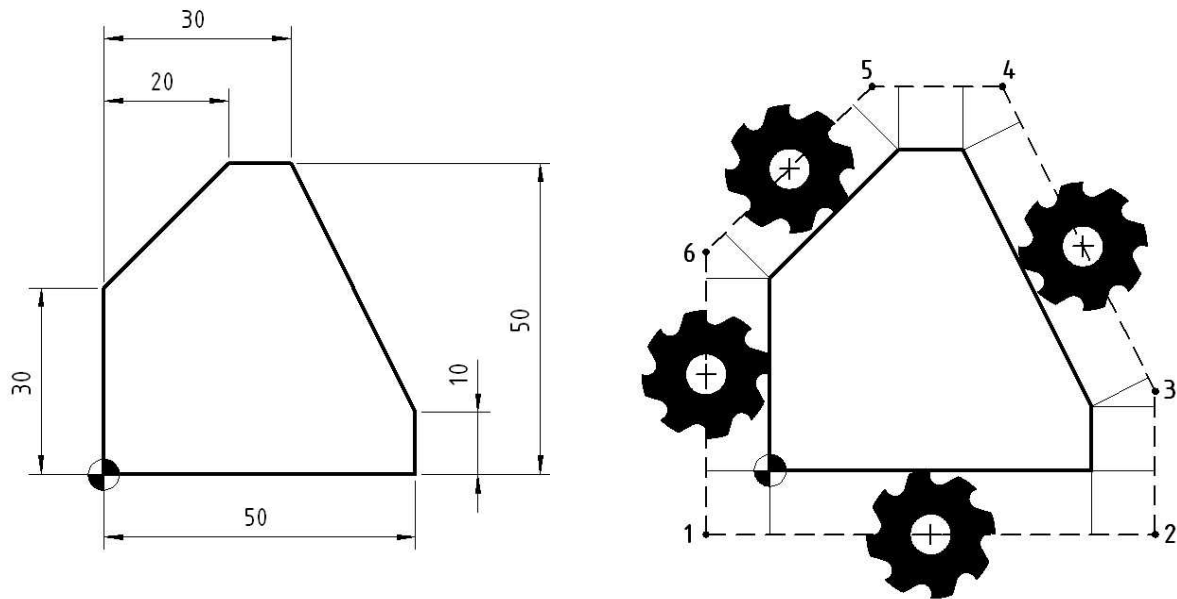
Position 2 = X60 / Y-10, Position 3 = X60 / Y60, Position 4 = X-10 / Y60

und schließlich wieder Position 1 = X-10 / Y-10.

Programmierung:

```
G01 X-10 Y-10
      X60
      Y60
      X-10
      Y-10
```

Bei der Bearbeitung von rechtwinkligen Konturen noch kein Problem, auch bei Änderung des Fräserdurchmessers können die neuen Positionen schnell berechnet werden. Aber sobald Schrägen und Radien hinzukommen, müssen umfangreiche zusätzliche Berechnungen gemacht werden, damit die Kontur gefertigt wird, wie auf der Werkstückzeichnung angegeben.



Wieder ein Werkstück 50 X 50 mm, diesmal aber mit zwei Schrägen. Die Punkte 1 und 2 sind noch ohne weiteres zu berechnen, jedoch die Punkte 3 bis 6 müssen langwierig errechnet werden.

Die zu fahrende Mittelpunktsbahn des Werkzeuges muss immer im selben Abstand zur Kontur verlaufen. Das heißt, der Radius steht immer senkrecht zur Kontur. Die dünnen Linien der rechten Abbildung stehen senkrecht zur Kontur und haben die Länge des Werkzeugradius. Das Werkzeug benötigt dazu eine Zwischenposition (Stützpunkt), um die Kontur an den Ecken nicht zu verletzen (Punkte 1 bis 6).

Der spezielle Ausdruck für die vom Werkzeug zu fahrende Bahn ist „Äquidistante“, das ist eine Linie, die im gleichen Abstand zu einer Bezugslinie (Werkstückkontur) verläuft.

Hiermit ist die Mittelpunktsbahn des Fräsers oder des Drehmeißelradius gemeint. Um diese extra Berechnungen zu vermeiden, bieten die Steuerungshersteller die Funktionen G41, G42, teilweise auch G46 beim Drehen an, welche die Äquidistante automatisch berechnen, damit ein Werkstück nach den Maßen der Zeichnung programmiert werden kann.

Dazu benötigt die Steuerung dann lediglich den Radius des Fräsers oder des Drehmeißels, beim Drehen zusätzlich die Lage (Richtung) des Drehmeißels. Die Steuerung liest einige Sätze im voraus, d. h. schon vor dem Erreichen einer Position muss die nächste Position bekannt sein, um das Werkzeug richtig zu platzieren.

Die Werkzeuglänge beim Fräsen und der X- und Z-Versatz eines Drehmeißels werden zwar auch in die Steuerung eingegeben, sind aber für die Äquidistante unerheblich.

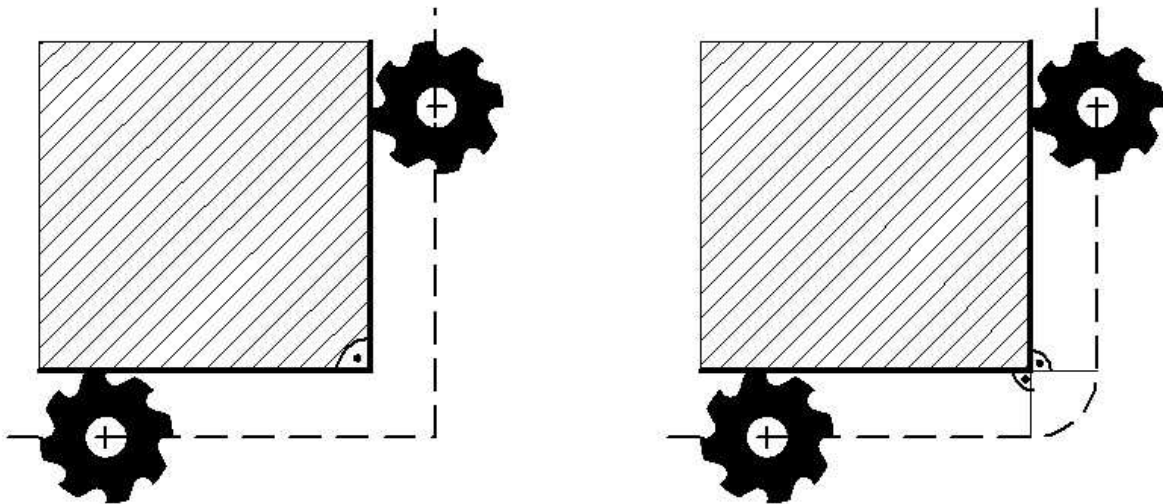
Soll eine Maßabweichung durch Abnutzung oder Nachschleifen eines Werkzeuges korrigiert werden, so wird anstatt einer Neuberechnung vieler Punkte im CNC-Programm, einfach der Radius bzw. der Werkzeugversatz geändert.

Verhalten der Radiuskorrektur bei Außenkonturen

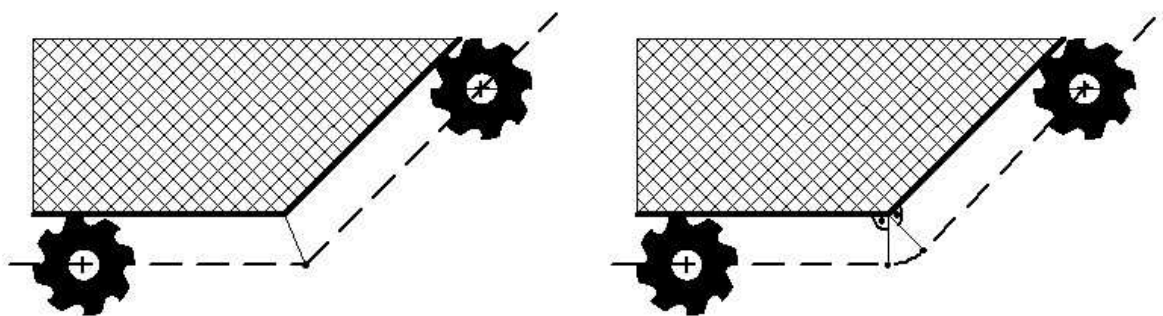
Nachfolgend eine Übersicht von Abbildungen, wie sich eine CNC-Steuerung beim Abfahren von Ecken an einer Kontur verhalten kann.

Dies kann je nach Steuerung verschieden sein. Entweder geradlinig mit Hilfe eines oder mehrerer Stützpunkte oder in einem Radius um die Ecke herum, was den kürzesten Verfahrensweg bedeutet.

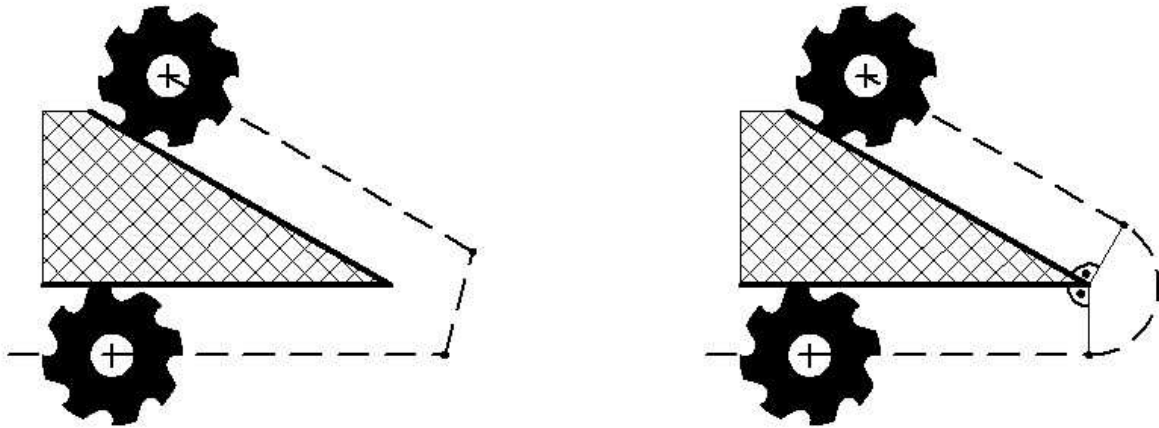
Einige Steuerungen bieten die Möglichkeit zur Vorauswahl, ob Ecken geradlinig oder mit Radius abgefahren werden sollen.



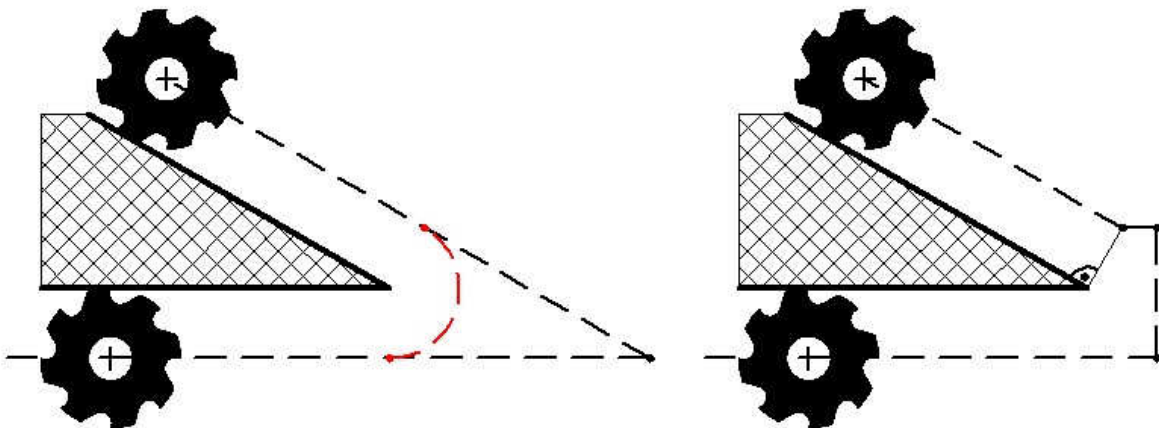
Rechtwinkliger Übergang mit Stützpunkt oder Bogen (kürzester Weg)



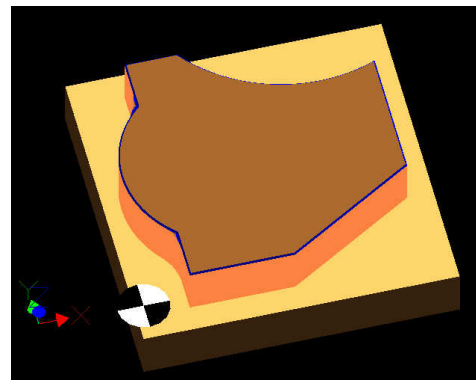
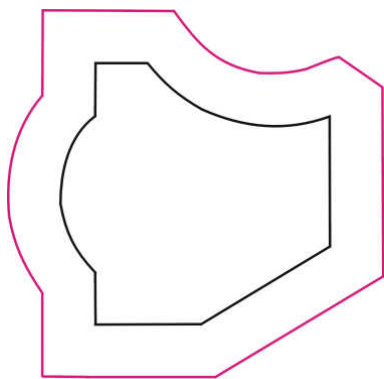
Stumpfwinkliger Übergang mit Stützpunkt oder Bogen



Spitzwinkliger Übergang mit zwei Stützpunkten oder Bogen

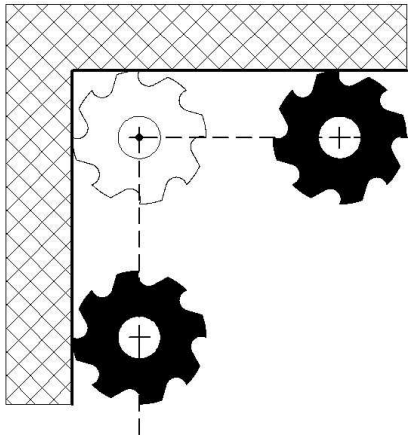


Spitzwinkliger Übergang mit einem oder drei Stützpunkten. Im ersten Fall wird ein unnötig langer Weg zurückgelegt. Zum Vergleich der rot eingezeichnete Bogen.

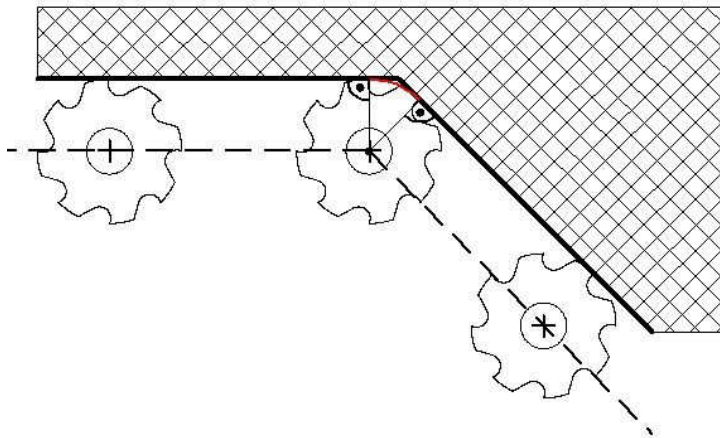


Beispiel-Werkstück, schwarz = programmierte Kontur, rot = Äquidistante und als 3D-Bild in der CNC-Simulation CNCezPRO.

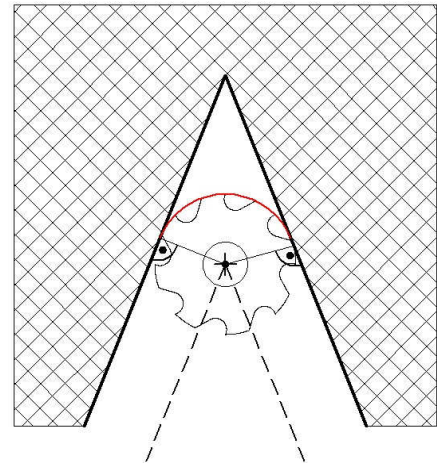
Verhalten der Radiuskorrektur bei Innenkonturen



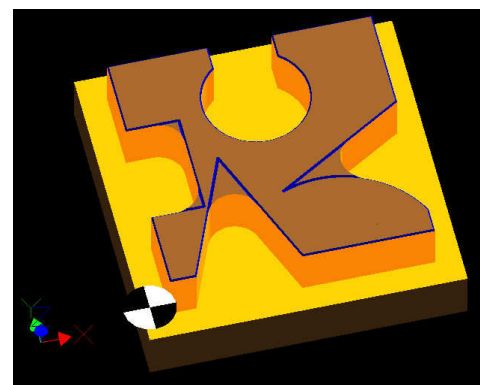
Die Radiuskorrektur bewirkt, dass der Fräser keine Konturverletzung verursacht. Durch das „Vorausschauen“ der Steuerung wird vermieden, dass der Fräser zu weit in das Werkstück eindringt, obwohl nur der Eckpunkt programmiert wurde. Dafür bleibt folglich an den inneren Ecken Material stehen (abhängig vom Werkzeugradius), was sich besonders bei spitzwinkligen Ecken auswirkt.



Stumpfer Winkel innen



Spitzer Winkel innen

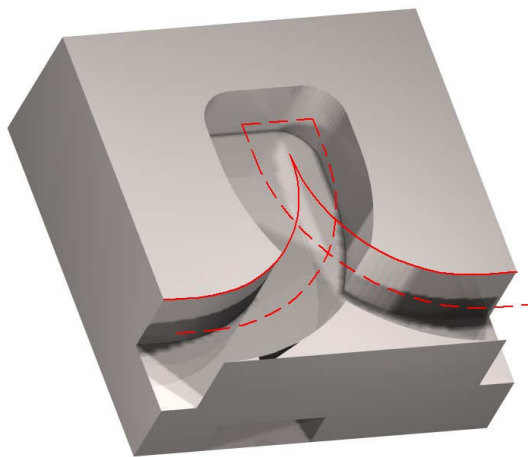


Ein Werkstück, schwarz = programmierte Kontur, rot = Äquidistante. Im 3D-Bild von CNCezPRO wurde die programmierte Kontur blau eingezeichnet, um darzustellen, wo noch Restmaterial stehen bleibt.

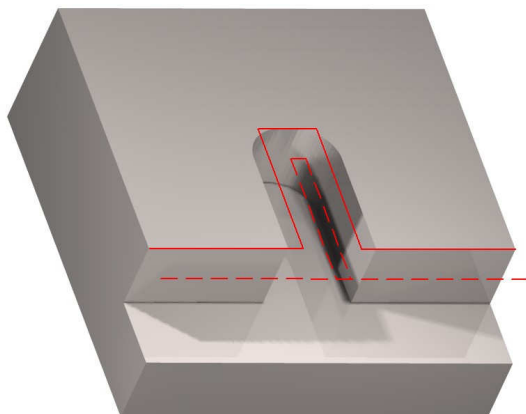
Fehlermöglichkeiten in Sonderfällen

Nachfolgend zwei Beispiele, wo sich eine Steuerung verzetteln kann und entweder eine Alarmmeldung ausgibt, oder eine nicht gewünschte Kontur erzeugt. Ob dies passiert, ist davon abhängig, wie viele Sätze die Steuerung im Voraus „liest“. Dies kann normalerweise aus dem betreffenden Teil der Bedienungsanleitung entnommen werden.

Die unten dargestellten roten Bahnen bedeuten:
durchgezogene Linie = programmierte Bahn,
gestrichelte Linie = Bewegung der Fräsermittelpunktsbahn.

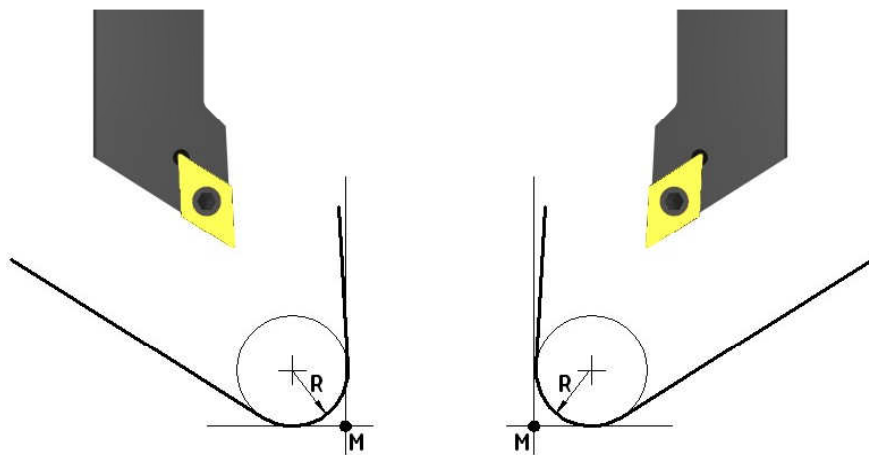


Fehlermöglichkeit:
Bei diesen beiden spitz ineinander übergehenden Kreisbögen erkennt die Steuerung nicht, dass der Fräser außerhalb der gewünschten Kontur bleiben soll. Das Werkzeug fährt hier um die Spitze herum, um an den zweiten Radius zu positionieren und beschädigt somit das Werkstück.

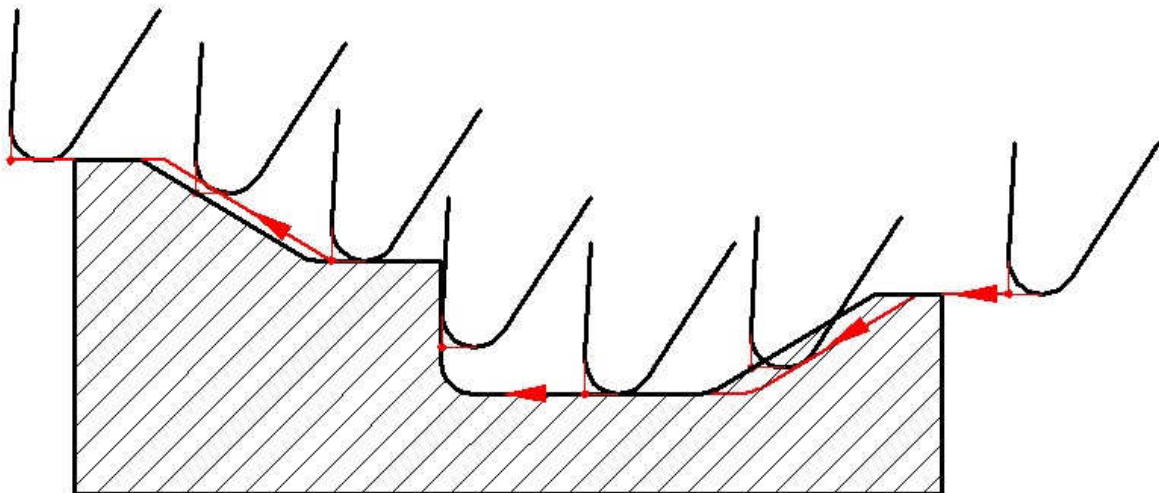


Fehlermöglichkeit:
Der Durchmesser des Werkzeuges ist hier größer als die Breite der Nut. Die Steuerung erkennt nicht, dass das Werkzeug eigentlich nicht in die zu kleine Nut hineinfahren darf. Um den Werkzeugradius-Abstand einzuhalten, verletzt der Fräser jeweils die Kontur der gegenüberliegenden Seite

Schneidenradiuskompensation beim Drehen



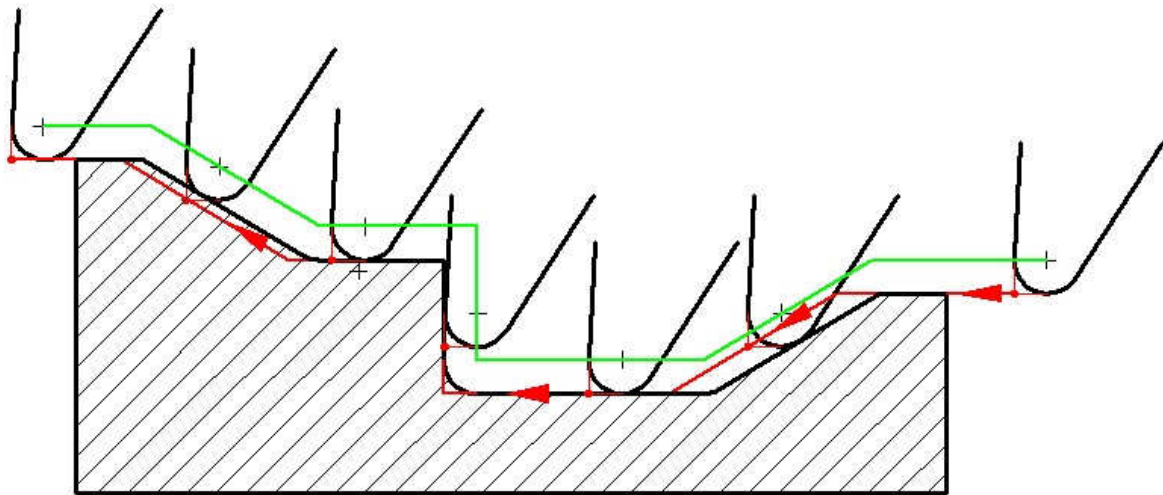
Beim Einrichten von Drehmeißeln wird nicht der Mittelpunkt des Schneidenradius ausgemessen, sondern ein theoretischer Messpunkt außerhalb des Radius, hier mit M bezeichnet. Dies sind die Außenkanten des Werkzeuges in X- und Z-Richtung.



Bei diesem Werkstück würde ohne Schneidenradiuskorrektur eine Konturverzerrung auftreten. Die schwarze Linie ist die gewünschte Werkstückkontur, die rote zeigt den tatsächlichen Schnitt des Werkzeuges, wenn er ohne Korrektur ausgeführt wird, da hier der Messpunkt der Kontur folgt.

Auf der fallenden Schräge rechts wird zu viel Werkstoff abgenommen, auf der ansteigenden Schräge links bleibt Material stehen. Auch bei Radien würde eine entsprechende Konturverzerrung entstehen.

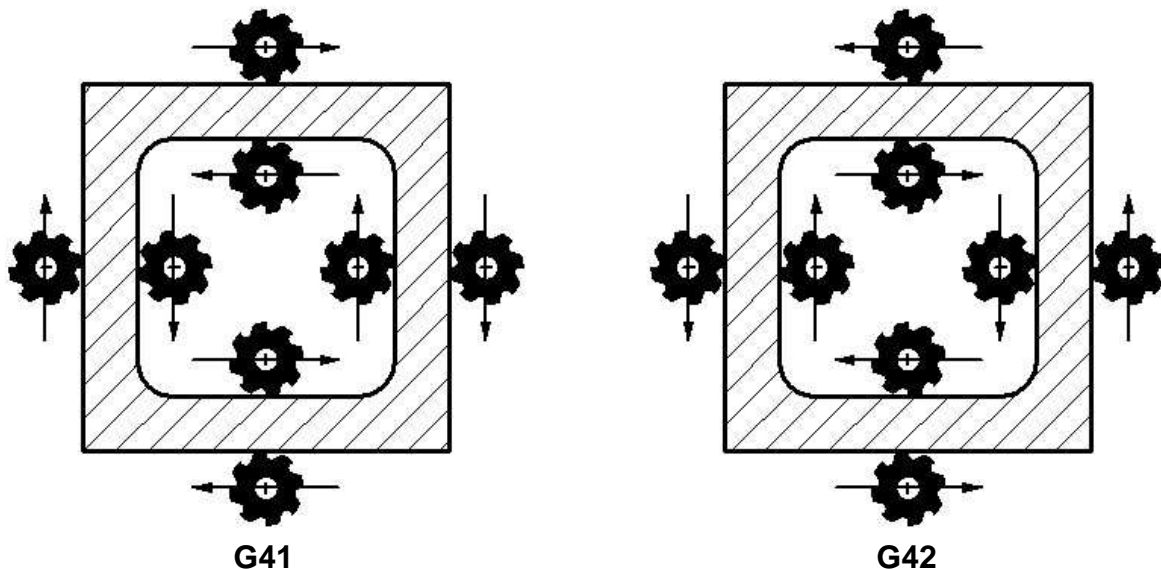
Wie auf der Abbildung ersichtlich, arbeitet das Werkzeug nur bei achsparallelen Wegen korrekt.



Das selbe Werkstück mit Schneidenradiuskorrektur, jetzt richtig ausgeführt. Das korrigierte Werkzeug folgt mit dem Radiusmittelpunkt der grün dargestellten Äquidistante und schneidet wie gewünscht auf der schwarzen Konturlinie. Die rote Linie zeigt den Weg des theoretisch vorhandenen Messpunktes an.

Radiuskorrekturen G41 und G42 und Abwahl G40

Um eine Radiuskorrektur auszuführen, muss die Fahrtrichtung entlang der Kontur mit G41 (links) oder G42 (rechts) bestimmt werden. Bei rechtsdrehenden Werkzeugen ist dann G41 Gleichlaufräsen und G42 bedeutet Gegenlaufräsen.



Zusätzlich benötigt das Programm noch die Korrekturnummer des betreffenden Werkzeuges aus dem Werkzeugkorrekturspeicher (Offset). Dort sind die Längen, Radien und für Drehwerkzeuge die Quadranten abgelegt.

Beim Fräsen wird im Allgemeinen zuerst das Werkzeug mit T.. M6 eingewechselt, dann wird vor oder bei der ersten Zustellbewegung in Z die Werkzeuglängenkorrektur G43 mit H.. eingerechnet und vor dem Einsatz der Radiuskorrektur G41 / G42 wird der Fräserradius mit D.. aufgerufen.

G40 wählt die Radiuskorrektur wieder ab, so dass dann wieder die Mittelpunktsbahn gefahren wird. G40 ist auch beim Einschalten der Maschine automatisch aktiv (Einschaltstellung).

Beispiel: D32 bedeutet, dass der Radius vom Speicherplatz Nr. 32 eingerechnet werden soll.

Beim Drehen wird normalerweise mit einer 4-dekadigen Nummer das Werkzeug angewählt und gleichzeitig alle Korrekturwerte übernommen. Die ersten zwei Dekaden sind für die Werkzeugnummer reserviert, die letzten zwei Dekaden für die Korrekturwerte im Werkzeugkorrektur-Speicher.

Beispiel: T0707 bedeutet, dass der Werkzeugrevolver auf Werkzeug 7 schwenkt und dass die Korrekturen vom Speicherplatz Nr.7 zur Verfügung gestellt werden.

T0700 wählt die Korrekturwerte von Werkzeug 7 wieder ab.

Hinweis: Trotz aller Bemühungen für eine einheitliche DIN- / ISO-Norm kann die Programmierung des Werkzeugwechsels und der Aufruf der Korrekturwerte bei verschiedenen Steuerungen sehr unterschiedlich ausfallen.

Unbedingt die Bedienungsanleitung beachten.

Das umfangreiche Thema Radiuskorrektur wurde in vier Teile aufgeteilt.

1. Radiuskorrektur 1, Radiuskorrektur während der Bearbeitung (dieser Teil)
2. Radiuskorrektur 2, An- und abfahren bei der Radiuskorrektur
3. Radiuskorrektur 3, Programmierbeispiele
4. Radiuskorrektur 4, An- und abfahren für spezielle Steuerung