

---

# Zykluszeitoptimierung ISO-Maschinen

---

**Inhalt**

- 1 Allgemeines ..... 4
  - 1.1 Inhalt des Dokuments..... 4
  - 1.2 Zykluszeit ..... 4
  - 1.3 Jede Sekunde zählt ..... 4
  - 1.4 Ablauf einer Werkstückfertigung ..... 4
  - 1.5 Wo wird die Zykluszeit angezeigt? ..... 5
- 2 Arbeitsabläufe festlegen ..... 6
  - 2.1 Bearbeitungspläne festlegen ..... 6
  - 2.2 Werkzeuge auswählen ..... 7
  - 2.3 Bearbeitungsabläufe auswählen ..... 7
  - 2.4 Anbau der Werkzeuge..... 8
  - 2.5 Werkstückauffänger an der Führungsbüchse..... 10
  - 2.6 Bearbeitung ohne Führungsbüchse ..... 10
  - 2.7 Mehrere Werkstücke pro Aufspannung laden ..... 10
  - 2.8 Stangen ..... 11
  - 2.9 HD-Pumpe ..... 11
  - 2.10 Werkstück in entgegengesetzter Richtung fertigen ..... 11
  - 2.11 Option Maschinenvorwärmen ..... 12
- 3 Werkzeuge indexieren..... 13
  - 3.1 Werkzeuge in maskierter Zeit aufrufen ..... 13
  - 3.2 Werkzeuge anfahren..... 15
  - 3.3 Werkzeug freifahren ..... 16
  - 3.4 Stirnfräser anfahren/freifahren ..... 16
  - 3.5 Schlitzfräser anfahren/freifahren ..... 17
- 4 Simultanbearbeitungen ..... 18
  - 4.1 Simultanes Schruppen und Schlichten..... 18
  - 4.2 Überlappung..... 19
  - 4.3 Drei Werkzeuge simultan im Werkstoff ..... 20
  - 4.4 Simultanes Bohren Hauptbearbeitung & Gegenbearbeitung ..... 21
- 5 Programmierung ..... 22
  - 5.1 Wo lässt sich im Programm Zeit einsparen? ..... 22
  - 5.2 Modellprogramm ..... 22
  - 5.3 Außerhalb der Schleife ..... 22
  - 5.4 Kommentare ..... 22
  - 5.5 Anzahl der Codezeilen..... 23
  - 5.6 Code-Wiederholung ..... 23
  - 5.7 Unterprogrammaufruf..... 24

5.8	Synchronisierung der Kanäle .....	24
5.9	Bahnsteuerbetrieb/Genauhalt .....	24
5.10	Verfahren in Referenzposition vermeiden .....	25
5.11	Verweilzeiten optimieren .....	25
5.12	Positionierung in C-Achse .....	26
5.13	Transmit .....	26
5.14	Abstechen der Werkstücke .....	27
5.15	Bruchkontrolle Abstechwerkzeug .....	29
5.16	Bohren/Späne räumen .....	29
5.17	Arbeit während der Stangenzuführung .....	30
5.18	Werkstückaufnahme durch die Gegenspindel .....	32
5.19	Ausstoßer verwalten .....	32
6	Für Programmierexperten.....	33
6.1	Makros entfernen .....	33
6.2	B-Makro .....	33

## 1 Allgemeines

### 1.1 Inhalt des Dokuments

Dieses Dokument ist die erste Ausgabe von „Tipps & Tricks“ von Tornos. Mit diesem Dokument möchten wir unsere Erfahrungen im Bereich der Präzisionsdrehteile (Décolletage) mit Ihnen teilen. Die erste Ausgabe behandelt ein sehr wichtiges Thema, und zwar: die Zykluszeit.

### 1.2 Zykluszeit

Was ist die Zykluszeit?  
Die Zykluszeit ist die Zeit, die die Maschine für die Fertigung eines Teils benötigt. Die Zykluszeit hat daher eine enorme Bedeutung im Bereich der Präzisionsdrehteile (Décolletage). Jedes gefertigte Teil bedeutet für das Herstellerunternehmen Geld. Je schneller eine Maschine ein Werkstück bearbeitet, umso mehr Werkstücke können in einem bestimmten Zeitraum gefertigt werden. Dies wiederum bedeutet weitere Einnahmen für das Unternehmen.

### 1.3 Jede Sekunde zählt

Nehmen wir ein konkretes Beispiel:  
und zwar:

- eine Werkstückserie, die eine Massenproduktion über ein Jahr erfordert;
- ein Maschinenpark bestehend aus 10 Maschinen für die Bearbeitung dieses Werkstücks;
- eine Vollzeitproduktion 24/24h und 7/7T;
- eine Zykluszeit von 65 Sekunden für die Fertigung des Werkstücks;
- ein Preis von 1.- pro Werkstück.

Die maximale Kapazität Ihrer Werkstatt liegt bei **4'851'692 Werkstücken/Jahr**, was einem Jahresumsatz von **4'851'692.-** entspricht.

Stellen Sie sich nun mal vor, dass es Ihnen gelingt, die Zykluszeit um 2 Sekunden zu verkürzen; die maximale Kapazität Ihrer Werkstatt steigt auf **5'005'714 Werkstücke/Jahr**, was einem **Jahresumsatz von 5'005'714.-** entspricht.

Durch die eingesparten 2 Sekunden kommt es zu einem Umsatzplus von **154'022.-**.

### 1.4 Ablauf einer Werkstückfertigung

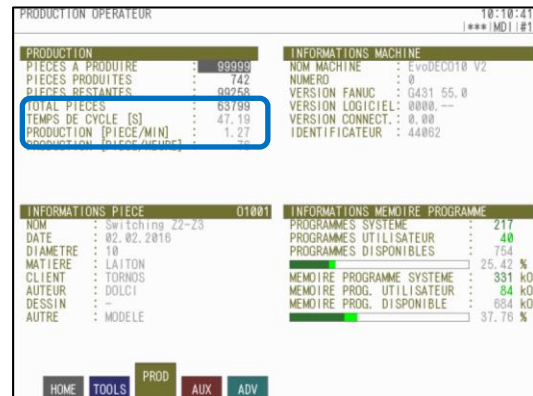
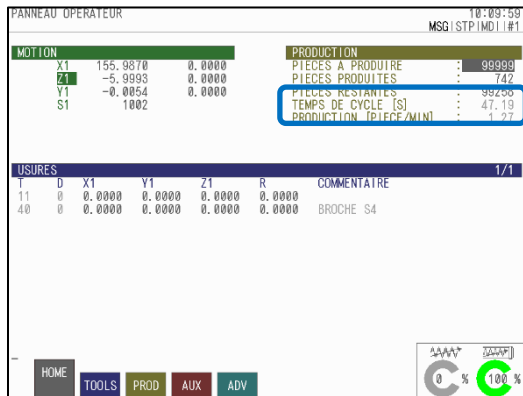
Man muss wissen, dass jede Etappe der Werkstückfertigung wichtig ist, um eine optimale Zykluszeit zu erzielen. Nachstehend sind die unterschiedlichen Etappen aufgeführt:

- 1) Bearbeitungsplan festlegen
- 2) Werkzeugliste festlegen
- 3) Werkstück programmieren
- 4) Einregelung vornehmen
- 5) Programm auf der Maschine entwickeln (richtiges Werkstück herausnehmen)
- 6) Zykluszeit durch Anpassung des Programms optimieren

## 1.5 Wo wird die Zykluszeit angezeigt?

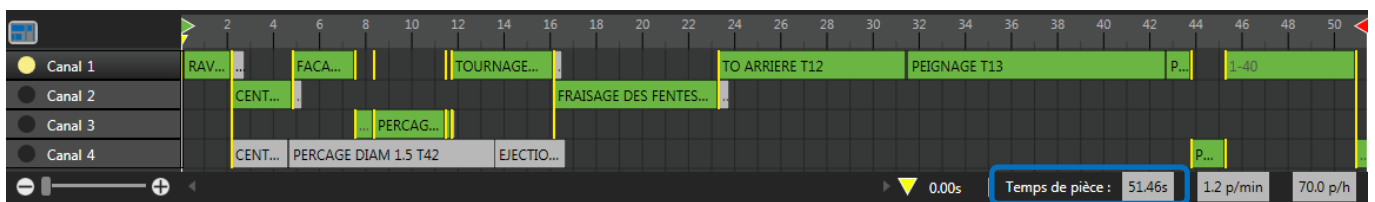
Bei den Tornos ISO-Maschinen der neuesten Generation kann die Zykluszeit in der T-MI-Schnittstelle (Seite der CNC) angezeigt werden.

Gehen Sie hierfür auf die Seite „HOME“ oder „PROD“ in der T-MI.



Berücksichtigen Sie niemals die erste Zykluszeit. Warten Sie den zweiten Programmablauf ab, um eine repräsentative Zykluszeit zu erhalten. Sie müssen zudem berücksichtigen, dass es sich um eine Zeitmessung in Echtzeit handelt und es daher zu geringfügigen Schwankungen bei den Zyklen kommen kann.

Beachten Sie darüber hinaus, dass es die Programmiersoftware TISIS ermöglicht, die Zykluszeit zu schätzen.



## 2 Arbeitsabläufe festlegen

### 2.1 Bearbeitungspläne festlegen

Hinsichtlich der optimalen Zykluszeit ist darauf zu achten, dass möglichst viele Operationen parallel ausgeführt werden. Sie müssen daher Ihren Bearbeitungsplan sinnvoll organisieren, um alle Maschinenkanäle bestmöglich zu nutzen.

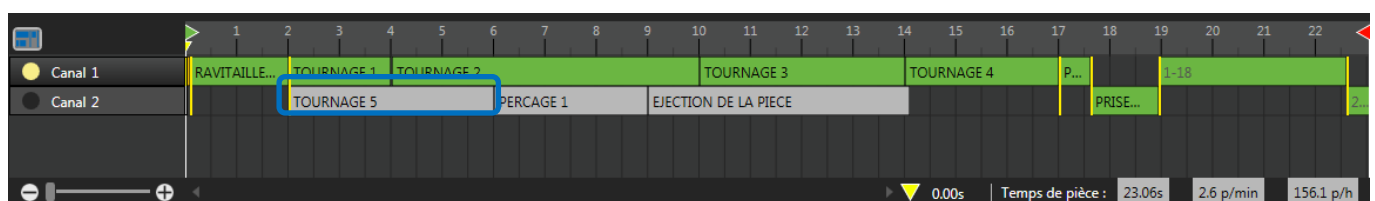
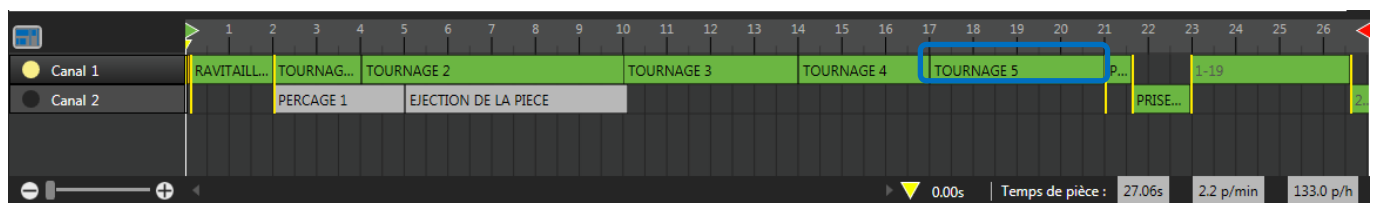
So kann man sich beispielsweise bei einer einfachen Maschine mit 2 Kanälen fragen, ob es nicht sinnvoll sein könnte, Drehbearbeitungen in Gegenbearbeitung auszuführen, um die Bearbeitungszeiten in beiden Kanälen auszugleichen.

Man sollte wissen, dass einige Werkzeughersteller Lösungen für Wendepplattenhalter anbieten, um Drehbearbeitungen an stirnseitigen Positionen auszuführen. Dies hat den Vorteil, dass mehr Drehbearbeitungen in Gegenbearbeitung ausgeführt werden können.



Beispiel:

Im nachstehenden Beispiel haben wir das „Drehen 5“ in Gegenbearbeitung verschoben und auf diese Weise vier wertvolle Sekunden bei der Zykluszeit eingespart.



## 2.2 Werkzeuge auswählen

Zur Erzielung der optimalen Zykluszeit sollten die Bearbeitungszeiten so kurz wie möglich sein (Durchgangszeit der Werkzeuge im Werkstoff).

Hierbei benötigt man das richtige Werkzeug je nach zu bearbeitendem Werkstück.

Bei der Auswahl der Werkzeuge sind zu berücksichtigen:

- Eigenschaften des Werkzeugs
- Beschichtung des Werkzeugs
- Steifigkeit des Trägers
- Anzahl der Zähne (bei einem Fräser)
- integrierte Kühlung (Innenkühlung)

Die Investition in Formwerkzeuge kann sich ebenfalls als äußerst vorteilhaft erweisen. Dadurch können mehrere Elemente eines Werkstücks in einer einzigen Operation bearbeitet werden.



Die richtige Werkzeugausstattung stellt eine bedeutende Investition dar. Wenn Ihre Werkzeuge Ihnen größere Vorschübe in den Werkstoff oder mehr Schruppdurchgänge ermöglichen, werden die Zykluszeiten geringer und demnach auch die Gestehungskosten (Selbstkosten) der Werkstücke.

## 2.3 Bearbeitungsabläufe auswählen

Es sollte immer hinterfragt werden, ob der ausgewählte Bearbeitungsablauf in Bezug auf die Zykluszeiten optimal ist.

### Schraubengewinde:

Ist die Herstellung eines Schraubengewindes durch Gewindestrehlen (mehrere Durchgänge) sinnvoll?

Haben Sie an ein Gewindewirbeln oder ein Gewinderollen gedacht, was häufig schneller geht (in einem Durchgang)?

### Bearbeiten von Flächen:

Haben Sie zur Fertigung mehrerer Flächen an einem Werkstück an die Mehrkantbearbeitung gedacht, die wesentlich schneller als das Querfräsen geht?

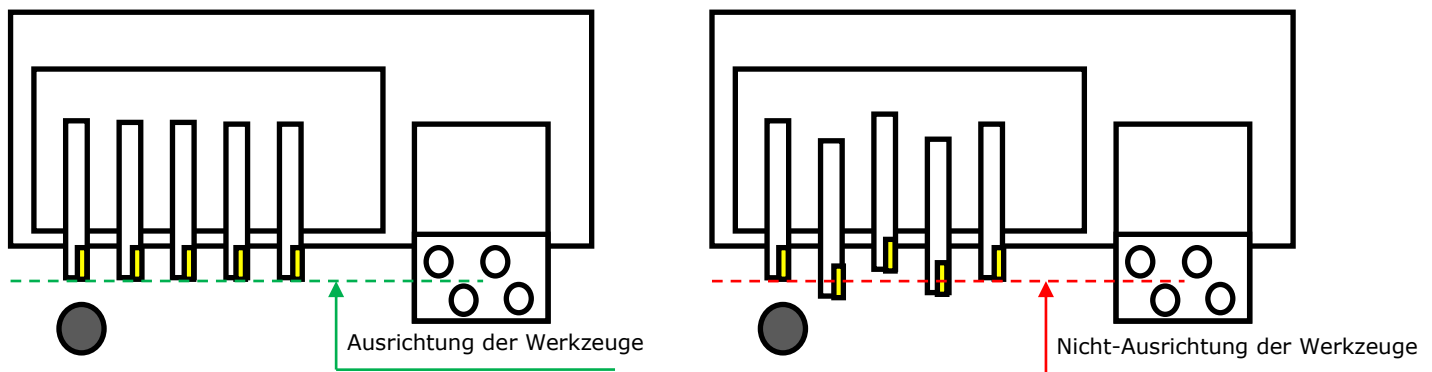
## 2.4 Anbau der Werkzeuge

Der Anbau der Werkzeuge ist in Bezug auf die Zykluszeit von entscheidender Bedeutung. Nachstehende Elemente sind stets zu berücksichtigen:

- Werkzeuggeometrie
- Werkzeugrichtung
- Planung der Werkzeug (je nach Ablauf)
- Annäherung der Werkzeuge

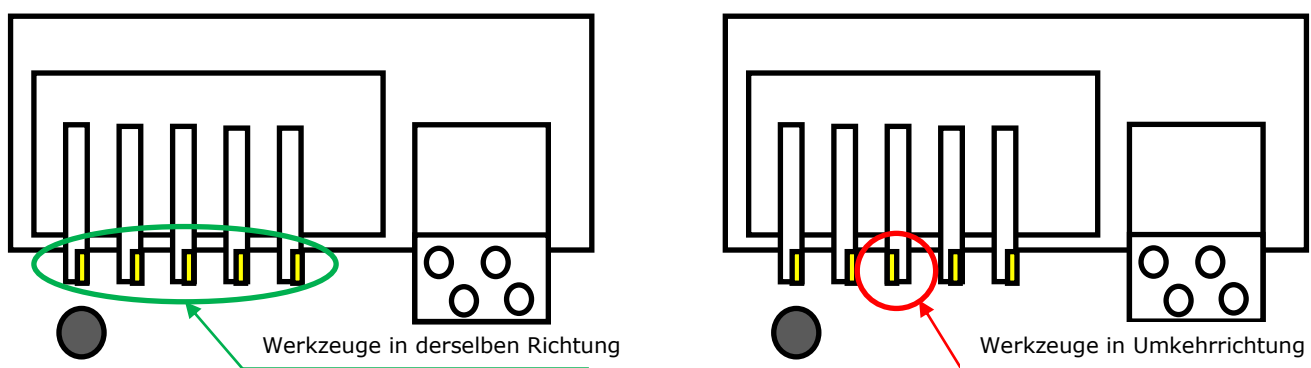
### **Werkzeuggeometrie:**

Man sollte versuchen, dieselben Geometrien (X und Z) bei allen Werkzeugen ein und desselben Systems zu haben. Dadurch können die Verfahrensbewegungen der Achsen bei der Indexierung der Werkzeuge auf ein Minimum reduziert werden.



### **Werkzeugrichtung:**

Die Werkzeuge (Wendeplattenhalter) sollten in derselben Richtung ausgerichtet sein. Dies verhindert die Umkehr der Rotationsrichtung der Werkstoffspindel, was Zykluszeit beansprucht.

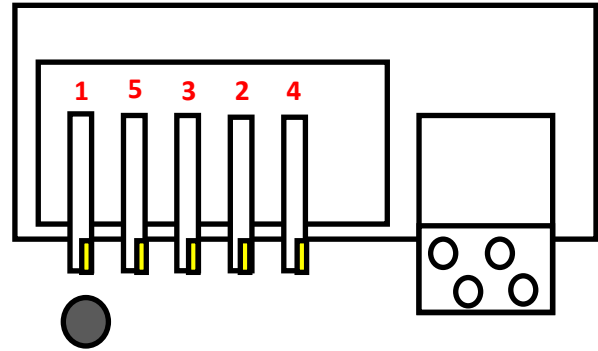
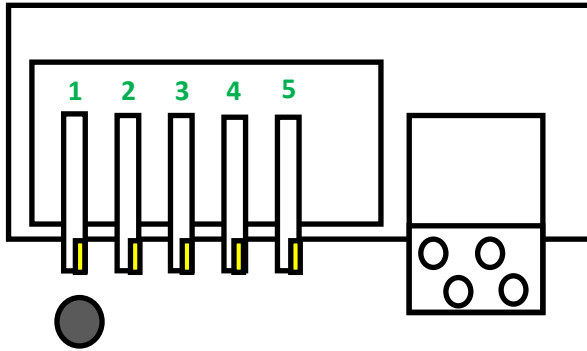


Es ist interessant festzustellen, dass die Gegenspindel bei der Werkstückaufnahme grundsätzlich im Gegenuhzeigersinn [M404] dreht, was durch die Richtung der Meißel bedingt ist. Sehr häufig verwenden wir die Gegenspindel für Arbeiten an Bohrern in Gegenbearbeitung. Daher muss die Gegenspindel grundsätzlich ihre Rotationsrichtung umkehren [M403], was Zykluszeit beansprucht. Es kann daher von Interesse sein, linksdrehende Bohrer zu verwenden, damit die Rotationsrichtung nicht geändert werden muss.



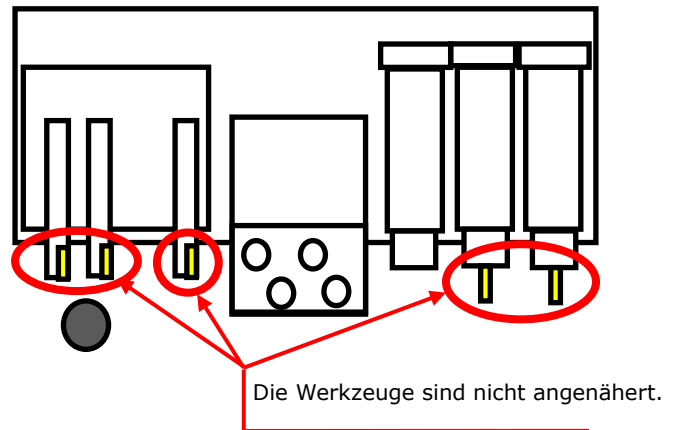
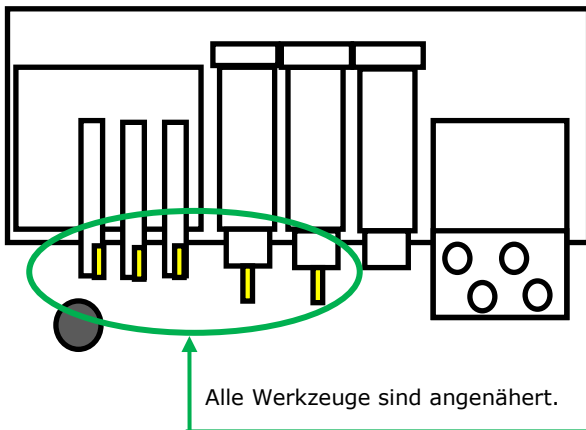
## Reihenfolge der Werkzeuge planen:

Die Reihenfolge der Werkzeuge muss dem Bearbeitungsablauf entsprechen. Dies bedeutet, dass sich das erste verwendete Werkzeug neben dem zweiten, das zweite verwendete Werkzeug neben dem dritten usw. befinden muss. Dies verhindert Hin- und Herbewegungen des Werkzeugsystems bei den Indexierungen.



## Annäherung der Werkzeuge:

Für die zu verwendenden Werkzeuge sollte die größtmögliche Annäherung angestrebt werden. Dadurch können die Verfahrbewegungen der Achsen bei der Indexierung der Werkzeuge auf ein Minimum reduziert werden.



Beachten Sie ebenfalls, dass einige Werkzeughersteller Träger anbieten, die eine maximale Annäherung zwischen den Werkzeugen ermöglichen. Neben dem Vorteil, dass die Anzahl der auf der Maschine verwendbaren Werkzeuge erhöht wird, ist noch der Vorteil der Reduzierung der Indexierungszeiten der Werkzeuge zu nennen.

## 2.5 Werkstückauffänger an der Führungsbüchse

Wenn es das Werkstück ermöglicht, bietet Tornos Lösungen an, um das Werkstück direkt an der Führungsbüchse aufzufangen. Dies verhindert die Aufnahme des Werkstücks an der Gegenspindel und lässt ebenfalls Zeit einsparen.

## 2.6 Bearbeitung ohne Führungsbüchse

Zahlreiche Tornos-Maschinen ermöglichen es, ohne Führungsbüchse zu arbeiten. Einer der Vorteile der Arbeit ohne Führungsbüchse besteht darin, dass die Reststücklänge verringert wird. Durch die Verringerung der Reststücklänge kann natürlich Werkstoff, aber zusätzlich auch die Anzahl der Einlegevorgänge neuer Stangen verringert werden. Wir gewinnen daher Zeit. Das kann bei sehr langen Serien von Interesse sein.

Tornos empfiehlt, keine Werkstücke mit einer Länge zu fertigen, die das Dreifache des Werkstückdurchmessers in der Betriebsart ohne Führungsbüchse übersteigen.

## 2.7 Mehrere Werkstücke pro Aufspannung laden

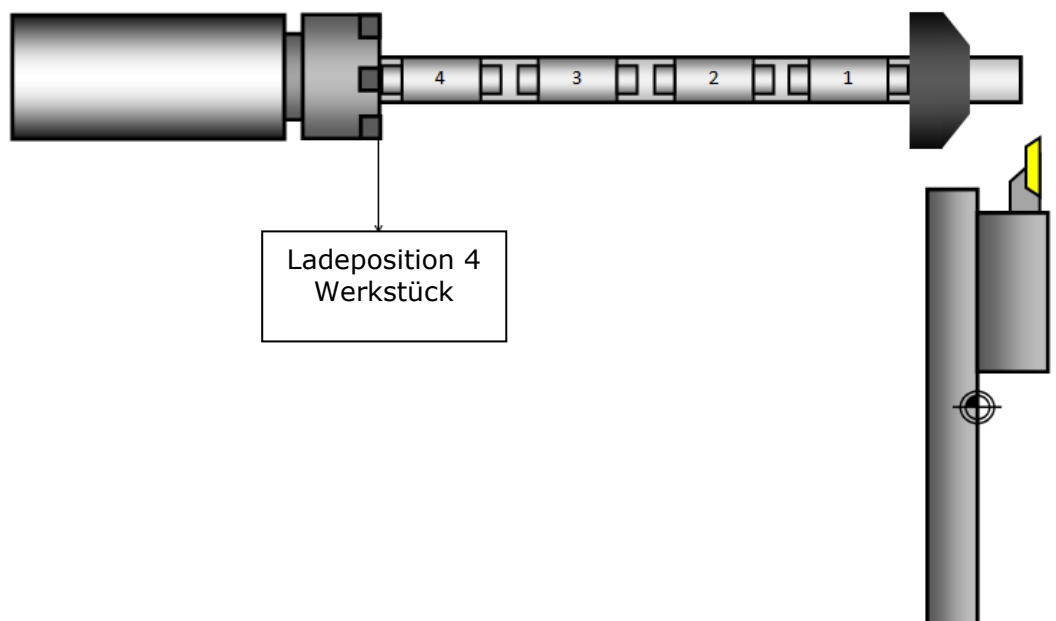
Standardmäßig führt die Maschine ein Werkstück pro Aufspannung aus.

Wenn es der Verfahrenweg der Spindel zulässt, kann es von Interesse sein, mehrere Werkstücke pro Aufspannung zu laden, um die durchschnittliche Zykluszeit für die Bearbeitung eines Werkstücks zu verringern.

Dieser Fall tritt ein, weil die Zeiten für die Öffnung und Schließung der Spindelzange, die jeweiligen Verweilzeiten und die Verweilzeit am Ende der Bewegung in Z bei der Ladung nur ein einziges Mal für die Anzahl an zugeführten Werkstücken berücksichtigt werden.

**NB:** Je mehr Werkstücke pro Aufspannung bearbeitet werden, umso präziser muss der eingegebene Wert für die Breite des Abstechwerkzeugs (G801 B\_) sein.

Richtwerte	
Anzahl Werkstücke pro Aufspannung	Pro Werkstück gewonnene Zykluszeit [s]
1	0
2	0,75
3	1
4	1,125
5	1,2
6	1,25
7	1,285
8	1,312
9	1,333
10	1,35



## 2.8 Stangen

Die verwendeten Stangen können in Bezug auf die Zyklusdauer ebenfalls von Bedeutung sein.

Die Geradheit spielt eine sehr wichtige Rolle. Je gerader und länger die Stange ist, umso weniger häufig muss eine neue Stange eingelegt werden. Dadurch kann die Produktivität erhöht werden.

Die Profilstangen können ebenfalls eine gute Lösung im Hinblick auf die Einsparung von Zykluszeit sein. So können beispielsweise bei einer Sechskantstange zeitintensive Bearbeitungen vermieden werden. Heutzutage sind Profilstangen sowie Formzangen und -führungsbüchsen leicht erhältlich.

Die Bearbeitung von rohrförmigen Stangen kann ebenfalls von Bedeutung sein; dadurch werden Bohrungen vermieden und das Abstechen von Werkstücken verringert sich, da nicht bis zum Mittelpunkt abgestochen wird.

## 2.9 HD-Pumpe

Tornos bietet zahlreiche Lösungen in Bezug auf die Hochdruck-Pumpe (HD) an. Diese HD-Pumpen sind in Bezug auf die Zykluszeit aus zwei Gründen von Bedeutung:

- Sie ermöglichen eine bessere Späneabfuhr, d. h. eine bessere Wärmeabfuhr. Häufig ermöglicht diese eine leichte Erhöhung der Bearbeitungsvorschübe.
- Sie ermöglichen eine bessere Späneabfuhr, wodurch sich ein Maschinenhalt vermeiden lässt, um die Späne von Hand zu entfernen.

## 2.10 Werkstück in entgegengesetzter Richtung fertigen

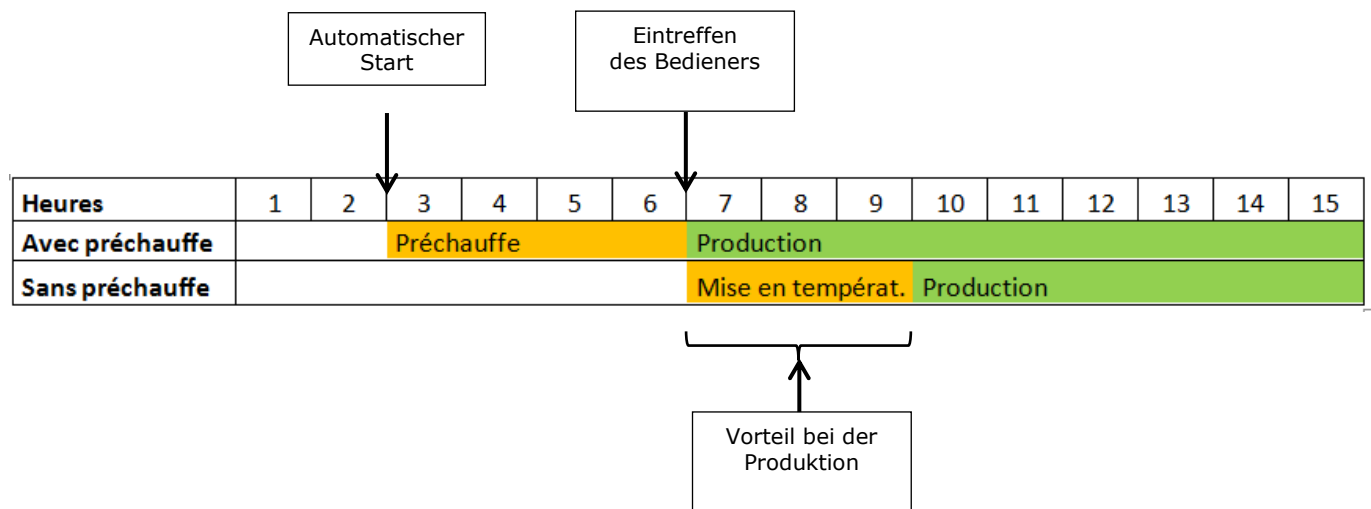
Haben Sie schon mal überlegt, das Werkstück in entgegengesetzter Richtung zu fertigen? D. h. den in Hauptbearbeitung bearbeiteten Teil in Gegenbearbeitung und umgekehrt zu fertigen? Diese Überlegung kann häufig von Bedeutung sein. Manchmal lässt sich Zeit einsparen.

Man sollte wissen, dass einige Werkzeughersteller Lösungen für Wendeplattenhalter anbieten, um Drehbearbeitungen an stirnseitigen Positionen auszuführen. Dies hat den Vorteil, dass mehr Drehbearbeitungen in Gegenbearbeitung ausgeführt werden können.

## 2.11 Option Maschinenvorwärmen

Tornos bietet optional eine Maschinenvorwärm-Funktion für Hochpräzisionsteile. Die Maschine kann daher automatisch im werkstofflosen Betrieb zu einem vorher festgelegten Datum und Uhrzeit starten. Der Vorteil dieser Funktion besteht in kürzeren Aufwärmzeiten der Maschine.

Beispiel:

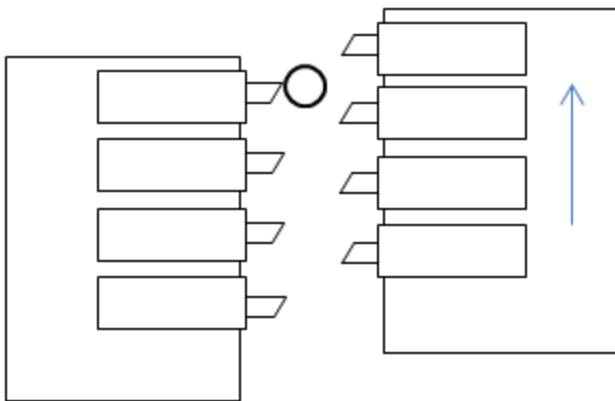


### 3 Werkzeuge indexieren

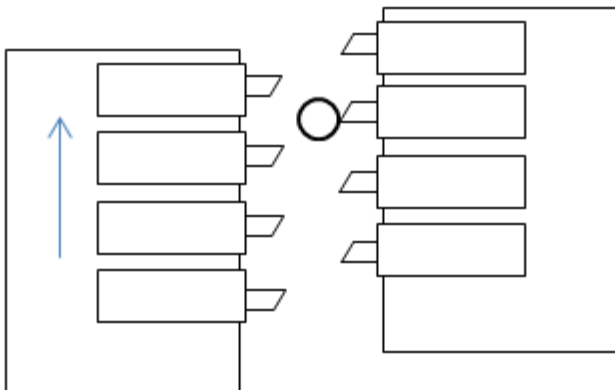
#### 3.1 Werkzeuge in maskierter Zeit aufrufen

Bei Maschinen mit unabhängigen Werkzeugsystemen (EvoDECO, SwissNano) für die Stangenarbeit sollten Sie die Werkzeuge auf sinnvolle Weise anordnen, damit die Werkzeuge indexiert werden können, während das andere System gerade Bearbeitungen ausführt, und umgekehrt.

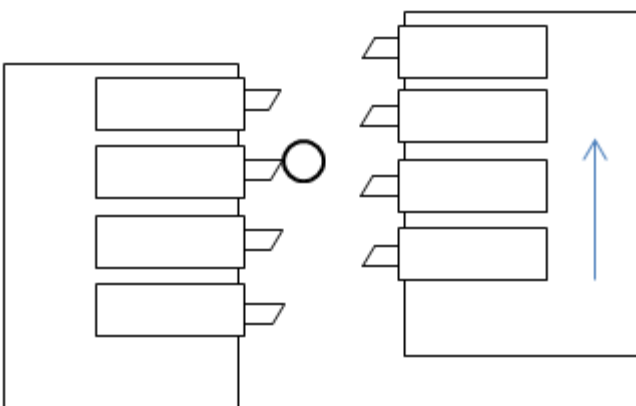
Beispiel:



Bearbeitung mit einem Werkzeug des WZ-Haltersystems 2  
Parallel Vorbereitung des nächsten Werkzeugs von WZ-Haltersystem 1



Bearbeitung mit einem Werkzeug des WZ-Haltersystems 1  
Parallel Vorbereitung des nächsten Werkzeugs von WZ-Haltersystem 2



Bearbeitung mit einem Werkzeug des WZ-Haltersystems 2  
Parallel Vorbereitung des nächsten Werkzeugs von WZ-Haltersystem 1

NB: Es kann ebenfalls von Interesse sein, die Rotation der angetriebenen Werkzeuge vom anderen Kanal in maskierter Zeit einzuschalten.

Es ist möglich, ein Werkzeug in Kreisinterpolation zu indexieren und die Indexierungsgeschwindigkeit zu parametrieren, damit das Werkzeug genau in dem Moment die Position erreicht, in dem das Werkzeug des anderen Systems seine Bearbeitung beendet hat. Dadurch können plötzliche Bewegungen in der Maschine durch die Werkzeugindexierung vermieden werden (während das andere System im Werkstoff arbeitet).

Beispiel:

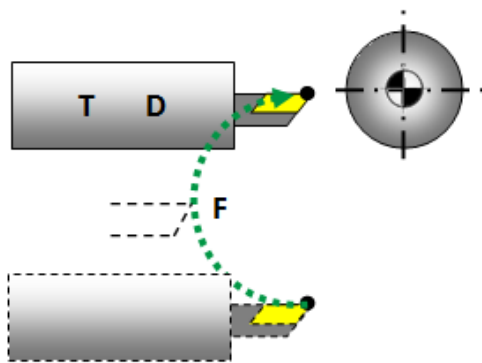
### G903 T\_ D\_ F\_

G903: Werkzeugaufruf durch Kreisinterpolation

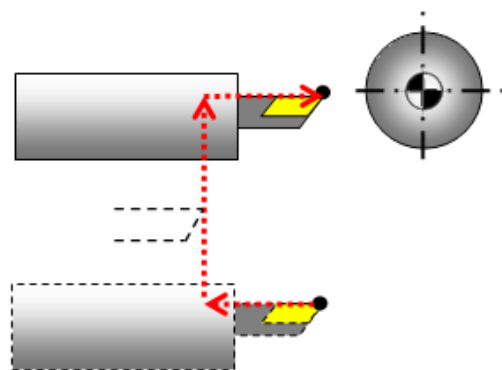
T\_ D\_: Nummer des Werkzeugs und des gewünschten Korrektors

F\_: Vorschub bei der Indexierung [mm/min]

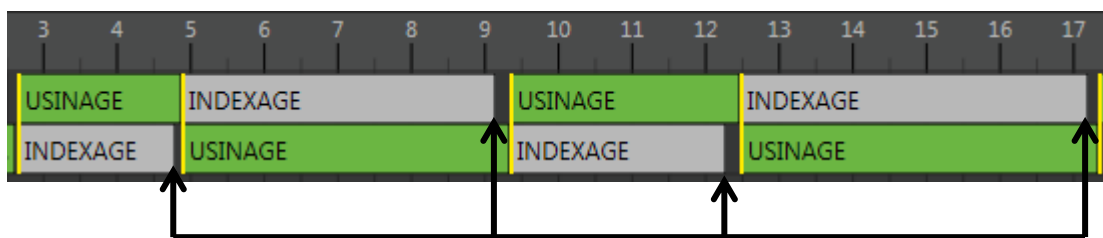
Indexierung durch Kreisinterpolation



Klassische Indexierung



Wir weisen darauf hin, dass es das Gantt-Diagramm der TISIS-Software ermöglicht, den Vorschub der Indexierung sehr leicht zu bestimmen, um die Position im richtigen Moment zu erreichen.

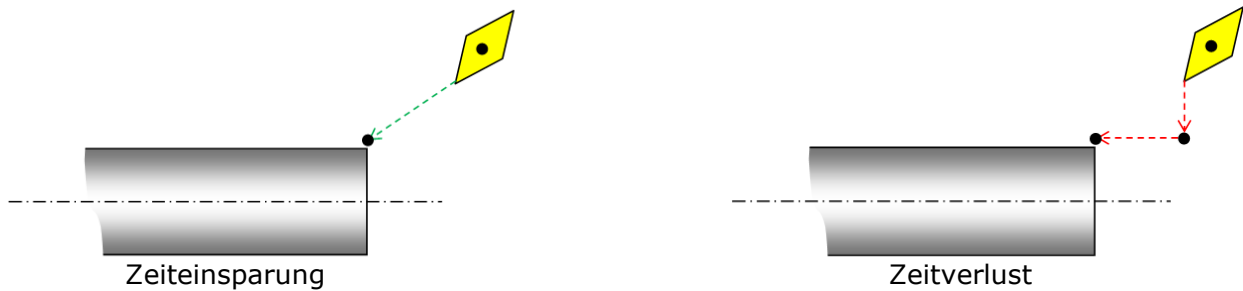


Experimentieren Sie mit dem Argument F von G903, damit die Indexierung so lang wie möglich ist, ohne jedoch länger als die Bearbeitung zu sein, die parallel im anderen Kanal stattfindet.

### 3.2 Werkzeuge anfahren

Versuchen Sie nach Möglichkeit, Werkzeuge im Eilgang [G0] auf mehreren Achsen simultan anzufahren.

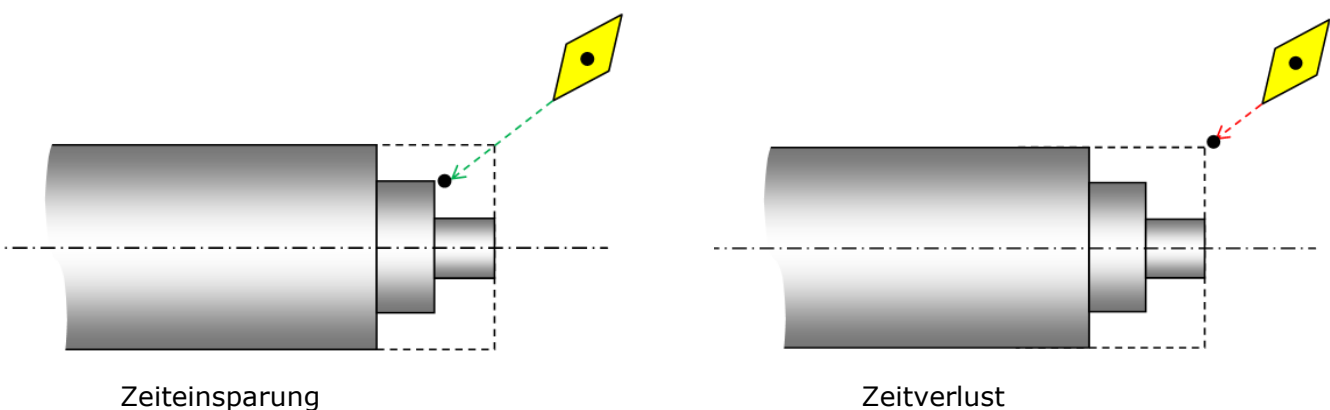
Beispiel:



Denken Sie auch daran, dass Sie Werkzeuge auf Linear- und Drehachsen gleichzeitig anfahren können (beispielsweise Y Z + C).

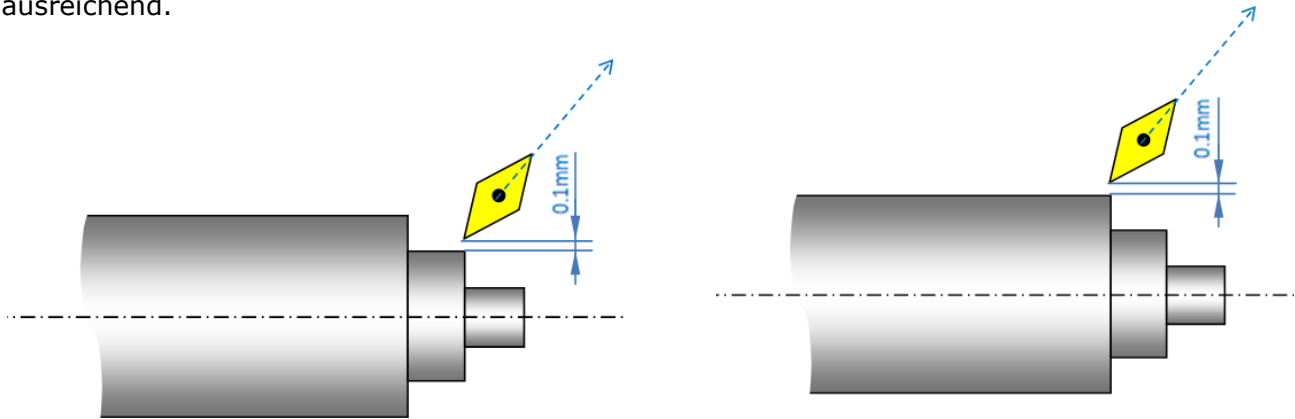
Beim Anfahren eines Werkzeugs ist zu bedenken, dass man es, wenn das Werkstück bereits teilweise bearbeitet ist, näher als bei einem unbearbeiteten Werkstück heranfahren kann.

Beispiel:



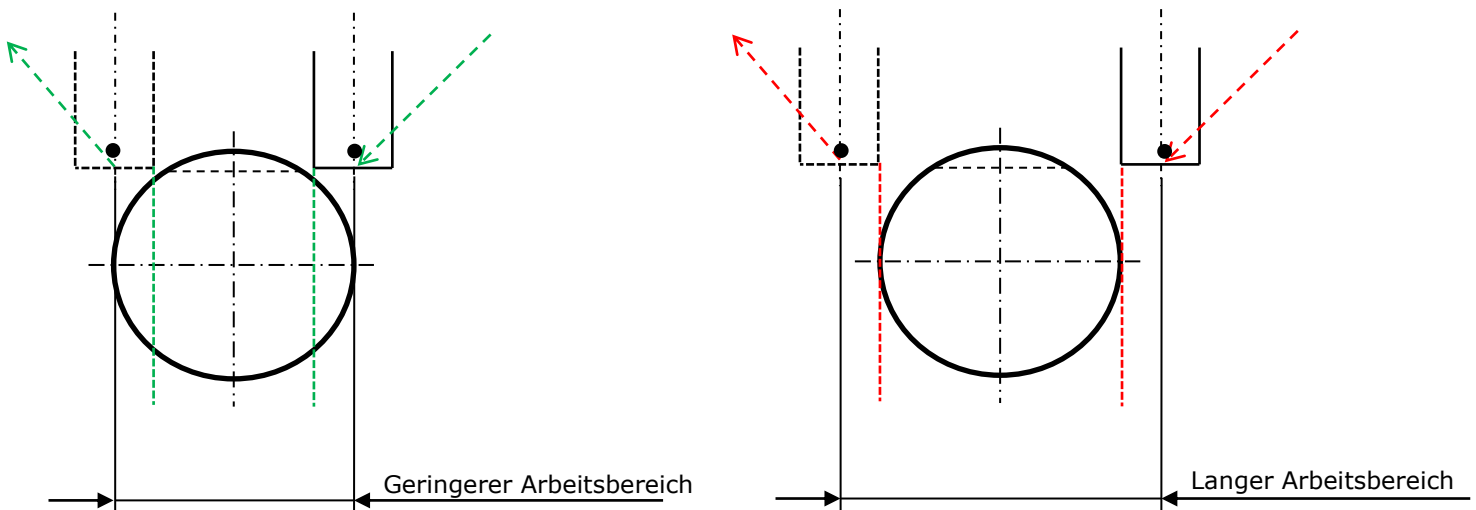
### 3.3 Werkzeug freifahren

Fährt man ein Werkzeug vom Werkstoff frei [G1] und sind die Werkzeuge ganz präzise voreingestellt, ist ein Sicherheitsabstand von 0,1 mm vor dem Freifahren im Eilgang [G0] mehr als ausreichend.



### 3.4 Stirnfräser anfahren/freifahren

Beim Querfräsen muss berücksichtigt werden, dass man im Eilgang näher als der Werkstoffdurchmesser + Sicherheit anfahren kann. Dies gilt auch für das Freifahren. Je geringer der Arbeitsbereich [G1] ist, umso mehr Zykluszeit wird eingespart.



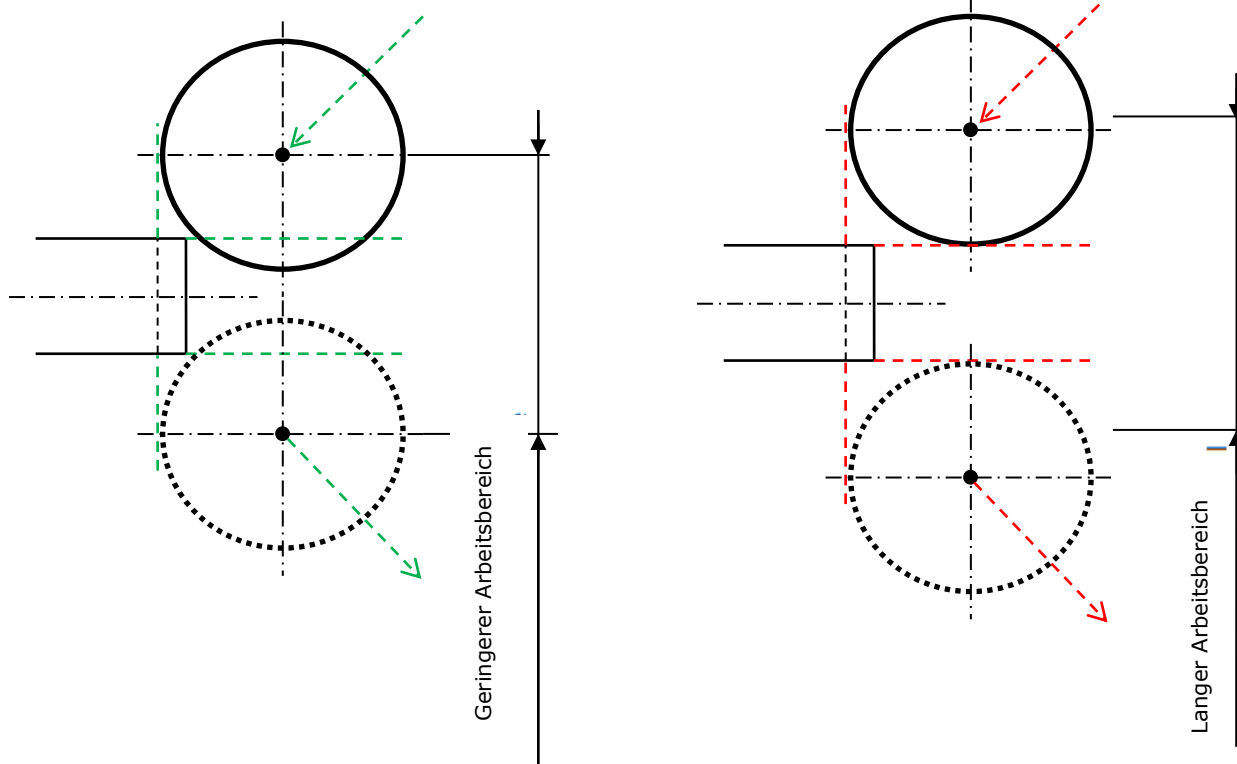


### 3.5 Schlitzfräser anfahren/freifahren

Beim Schlitzfräsen sollte immer darauf geachtet werden, dass das Anfahren und Freifahren des Fräasers unter Berücksichtigung des Fräserradius stets optimiert wird.

Hierfür bieten sich zwei Lösungen:

- Programmierung unter Verwendung von Anfahren mit Bahnkorrektur [G41/G42]
- Anfahren optimieren, indem das Anfahren in Maschinenpositionen programmiert wird

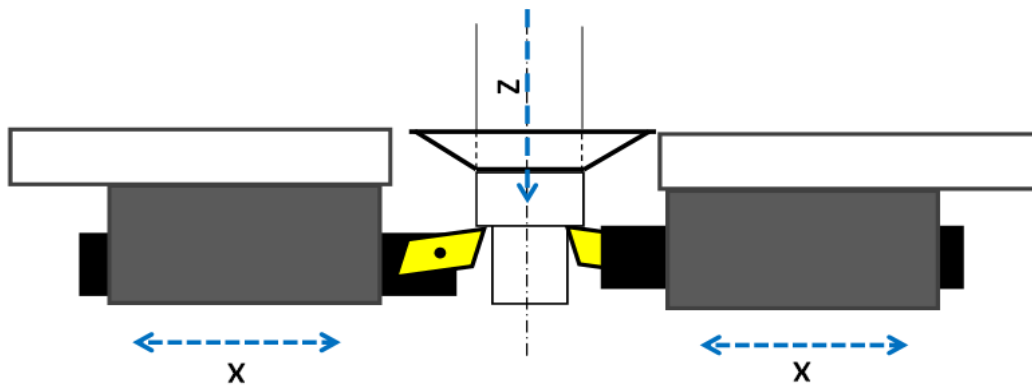


## 4 Simultanbearbeitungen

### 4.1 Simultanes Schrappen und Schlichten

Auf Maschinen mit zwei unabhängigen Werkzeugsystemen für die Arbeit an der Werkstoffspindel besteht die Möglichkeit von simultanem Schrappen und Schlichten. Hierfür werden ein Schrappmeißel am ersten Werkzeugsystem und ein Schlichtmeißel am zweiten Werkzeugsystem benötigt. Anschließend muss der Schrappmeißel in Z nur leicht (in der Regel 0,1 mm) gegenüber dem Schlichtmeißel zurückgefahren werden. Für die Programmierung steht eine Synchronisierungsfunktion der X-Achsen [M142/M144] zur Verfügung.

Beispiel:



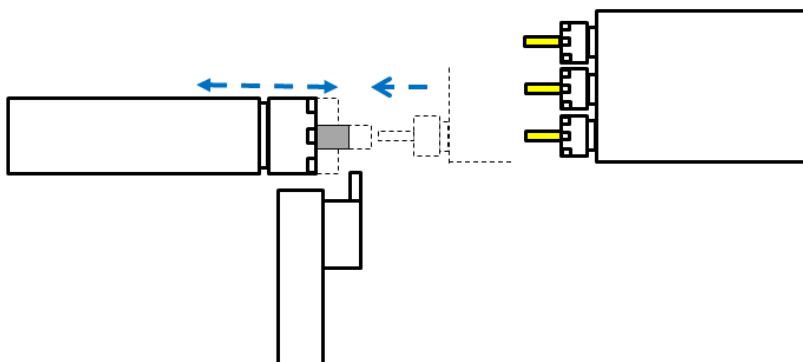
Programmierbeispiel	
Kanal 1	Kanal 2
G54 G0 X5.3 Y0 Z1 T11 D0 M103 S4000 P1	G95 G0 X5 Y0 T21 D0
<b>M9005</b>	<b>M9005</b>
M142 G1 Z-12 F0.05 G1 X5.4 G0 X10 Z2 M143	
<b>M9006</b>	<b>M9006</b>

## 4.2 Überlappung

Mehrere Tornos-Kinematiken eignen sich für die Funktion „Überlappung“ [M152]. Diese Funktion ermöglicht es, zwei Simultanbearbeitungen auszuführen und daher Zeit einzusparen. Hierfür muss sich eines der beiden Werkzeuge auf einer von der Z-Achse der Werkstoffspindel unabhängigen Z-Achse befinden.

Beispiel:

Wir sehen eine klassische Drehbearbeitung mit dem WZ-Haltersystem an der Spindel und gleichzeitig eine Bohrbearbeitung mit der Stirneinheit. Die Z-Achse der Stirneinheit kompensiert automatisch und umgekehrt die Verfahrbewegung der Werkstoffspindel.

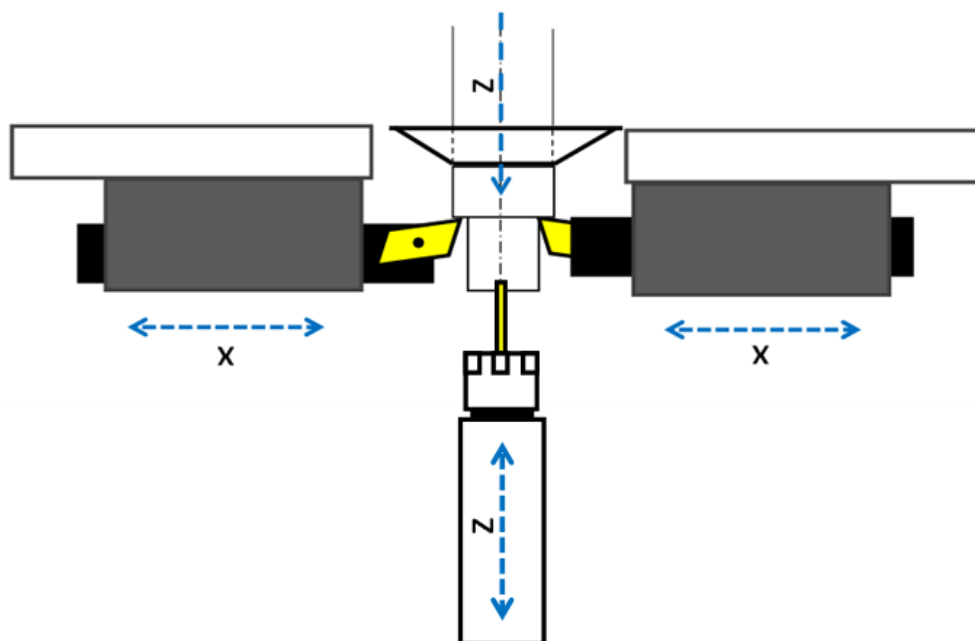


Programmierbeispiel	
Kanal 1	Kanal 2
G54 G95 G0 X3 Y0 Z1 T1 D0 M103 S4000 P1 <b>M9005</b>	G95 <b>M9005</b>
<b>M9006</b>	G915 G0 X0 Y0 Z1 T31 D0 <b>M9006</b>
<b>M9007</b> G1 Z-4 F0.04 X3.5 Z4.5 F0.03 X5 G0 X10	M152 <b>M9007</b> G1 Z-7 F0.06 G0 Z2
<b>M9008</b>	<b>M9008</b> M153

### 4.3 Drei Werkzeuge simultan im Werkstoff

Es ist bei der EvoDECO sogar möglich, ein drittes Werkzeug an der Stange einzusetzen. Hierfür muss „Simultanes Schruppen/Schlichten“ + „Überlappung“ verwendet werden.

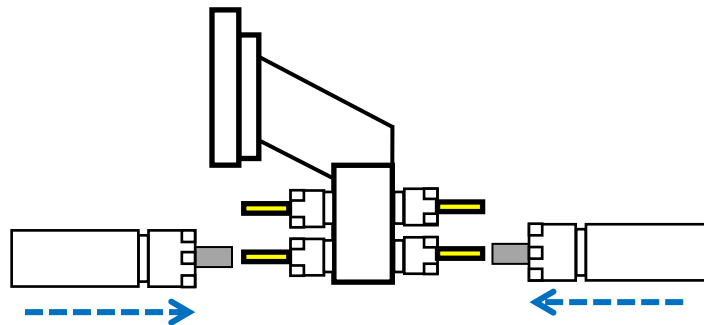
Beispiel:



Programmierbeispiel		
Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3
G54 G95 G0 X5.3 Y0 Z1 T11 D0 M103 S4000 P1 <b>M9005 P13</b>	G95 G0 X5 Y0 T21 D0	G95
<b>M9006 P13</b>		<b>M9005 P13</b> G915 G0 X0 Z1 T31 D0
<b>M9007 P123</b> M142 G1 Z-12 F0.05 G1 X5.4 G0 X10 Z2 M143	<b>M9007 P123</b>	<b>M9006 P13</b> M152 <b>M9007 P123</b> G1 Z-7 F0.06 G0 Z2
<b>M9007 P123</b>	<b>M9007 P123</b>	<b>M9007 P123</b> M153

### 4.4 Simultanes Bohren Hauptbearbeitung & Gegenbearbeitung

Zahlreiche Tornos-Maschinen können von einer bidirektionalen Flanschmontage für Stirnwerkzeuge profitieren. Um Zykluszeit einzusparen, kann es von Interesse sein, simultan eine Bohrbearbeitung in Haupt- und in Gegenbearbeitung auszuführen.



Programmierbeispiel	
Kanal 1	Kanal 2
<b>M9005</b>	<b>M9005</b>
G54	G55
G0 G95 Y0 Z1 T354 G97 M103	G0 G95 Z1 T454 G97 M403 S4000 P4
S4000 P1	
G0 X0	
<b>M9006</b>	<b>M9006</b>
G1 Z-10 F0.04	G1 Z-12 F0.04
G0 Z2	G0 Z2
<b>M9007</b>	<b>M9007</b>
...	...

## 5 Programmierung

### 5.1 Wo lässt sich im Programm Zeit einsparen?

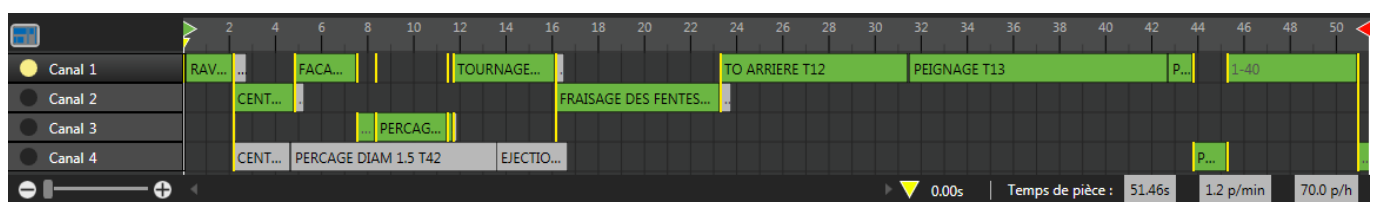
Die Zykluszeit ist die Zeit, die zwischen dem Schleifenanfang und dem Schleifenende verstreicht. Das Programm muss daher ausschließlich zwischen dem Schleifenanfang [Code M120] und dem Schleifenende [Code M121] optimiert werden.

Ein Werkstückprogramm ist auf seine unterschiedlichen Kanäle aufgeteilt. Man muss wissen, dass es nichts bringt, das Programm in Bezug auf Bearbeitungen, die sich nicht auf dem kritischen Pfad befinden, zu optimieren.

Die von Tornos bereit gestellte Programmiersoftware TISIS ermöglicht es, den kritischen Pfad hervorzuheben.

Beispiel:

Im nachstehenden Gantt-Diagramm sehen wir die Bearbeitungen in Grün, die den kritischen Pfad definieren; es ergibt daher keinen Sinn, Zeit bei den Bearbeitungen einsparen zu wollen, die nicht in Grün hervorgehoben sind.



### 5.2 Modellprogramm

Tornos liefert üblicherweise mit seinen Maschinen Werkstück-Modellprogramme aus, die die Bearbeitung eines Rohlings auf vollkommen gesicherte Weise ermöglichen. Selbstverständlich kann dieses Modell individuell angepasst werden, um Zykluszeit einzusparen.

### 5.3 Außerhalb der Schleife

Man muss immer eine maximale Anzahl an Bearbeitungen außerhalb der Bearbeitungsschleife, d. h. vor dem Code M120, ausführen.

Beispiel für Codes:

- KSS-Sprühanlage aktivieren [M8]
- Rotation der Werkzeuge einschalten [Mxx03]
- Werte initialisieren
- Vorberechnungen
- Nullpunktverschiebung
- ...

### 5.4 Kommentare

Durch die Entfernung der Kommentare im Programm können Sie Zeit einsparen.

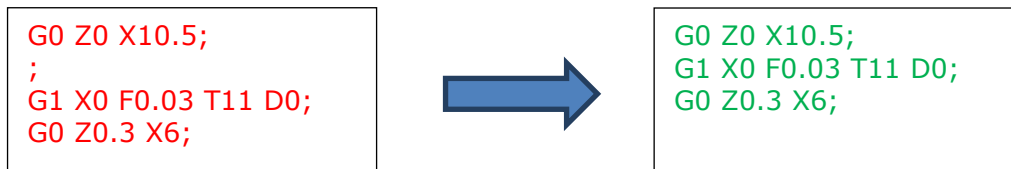
Beispiel:



## 5.5 Anzahl der Codezeilen

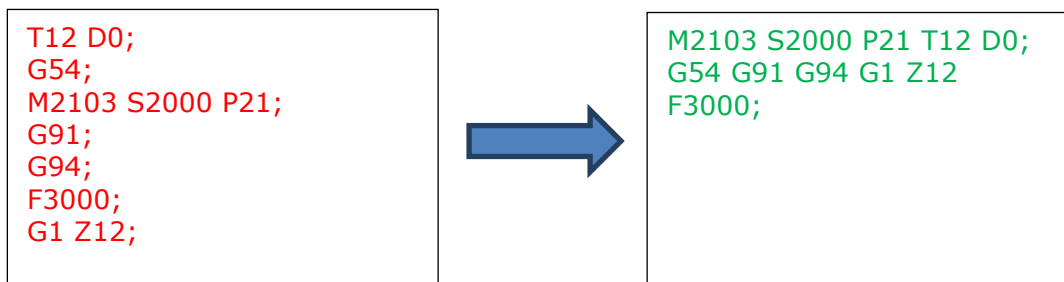
Hinsichtlich der optimalen Zykluszeit ist darauf zu achten, dass die Codezeilen auf ein Minimum begrenzt werden.  
Unnötige Zeilenwechsel sind daher zu löschen.

Beispiel:



Zudem gilt ein Maximum an Codes für dieselbe Zeile.

Beispiel:



Bei der SwissNano ist die Einschaltung der Spindelrotation in derselben Zeile wie der Werkzeugaufruf nicht möglich.

## 5.6 Code-Wiederholung

Bestimmte Codes sind modal, was bedeutet, dass sie bis zu ihrer Aufhebung aktiv bleiben.  
Wiederholungen von Codes sind daher zu vermeiden.

Nachstehend einige Beispiele für modale Codes:

- G0/G1
- G40/G41/G42
- G54/G55/G56/G57/G58/G59
- G61/G64
- G90/G91
- G94/G95
- G96/G97
- ...

Zudem sollten Sie vermeiden, dasselbe Werkzeug T\_ D\_ mehrmals nacheinander aufzurufen.

### 5.7 Unterprogrammaufruf

Das Aufrufen von Unterprogrammen [G65] beansprucht Zykluszeit. Es ist daher sinnvoll, sie möglichst zu vermeiden, wenn sie nicht unbedingt notwendig sind.

### 5.8 Synchronisierung der Kanäle

Die Synchronisierung der Kanäle [M9xxx] erfordert ebenfalls Zeit; es sollten daher ausschließlich diejenigen verwendet werden, die erforderlich sind.

Bei Maschinen mit mehr als 2 Kanälen ist es selbstverständlich nicht notwendig, die 4 Kanäle zu synchronisieren; es lassen sich nur 2 oder 3 Kanäle gleichzeitig synchronisieren.

Programmierbeispiel			
Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4
M9000 P1234	M9000 P1234	M9000 P1234	M9000 P1234
...	...	...	...
M9001 P12	M9001 P12	...	...
...	...	...	...
...	M9002 P24	...	M9002 P24
...	...	...	...
M9003 P134	...	M9003 P134	M9003 P134
...	...	...	...
...	...	...	...

### 5.9 Bahnsteuerbetrieb/Genauhalt

Auf unseren Maschinen kann im Bahnsteuerbetrieb [G64] oder in Betriebsart Genauhalt [G61] gearbeitet werden.

Der Genauhalt bietet sich für bestimmte Schlichtbearbeitungen an; man muss jedoch wissen, dass er nach seiner Aktivierung solange aktiv bleibt, bis er aufgehoben wird [G64]. Durch den Genauhalt kommt es zu einem Zeitverlust, da es zu einer kurzen Totzeit zwischen den Segmenten kommt. Standard-Betriebsart ist der Bahnsteuerbetrieb [G64].



Wir weisen darauf hin, dass die Funktion G9 verwendet werden kann, die einen Genauhalt aktiviert, jedoch ausschließlich am laufenden Satz.



## 5.10 Verfahren in Referenzposition vermeiden

Sehr häufig stellen wir in den Programmen ein Verfahren der Achsen in Referenzposition [G28] fest. Dies ist unbedingt zu vermeiden, wenn es nicht unbedingt erforderlich ist, da die langen Verfahrbewegungen natürlich Zeit erfordern.

Wenn es nur um eine einfache Programmierung geht, wählen Sie eher die Funktion [G53 G0 X\_Y\_Z\_].

Mit [G53] können Sie eine Maschinenposition programmieren. Zudem hat dies den Vorteil, dass man nur an einem einzigen Satz aktiv ist; man muss daher keine Nullpunktverschiebung reaktivieren.

Beispiel:

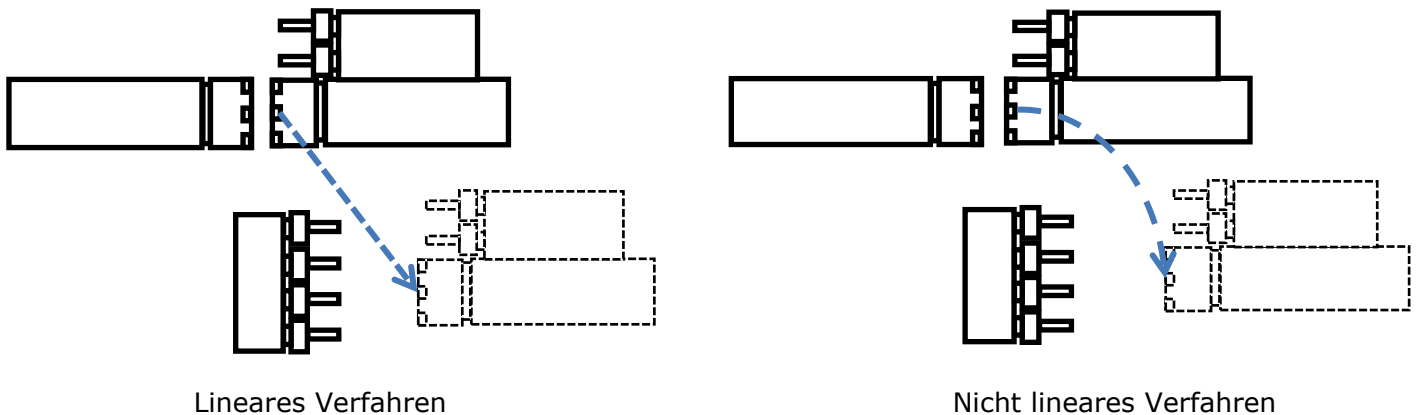
G53 G0 X212 → Die X-Achse verfährt daher im Eilgang zu einer Maschinenposition von 212.

Gleichzeitige Maschinenpositionierungen bei 2 Achsen sind möglich.

Beispiel:

G53 G0 X212 Z243 → Die X-Achse verfährt daher im Eilgang zu einer Maschinenposition von 212 und gleichzeitig verfährt die Z-Achse zur Position von 243.

Wenn man 2 Achsen gleichzeitig in Maschinenposition programmiert, erfolgt keine lineare Verfahrbewegung.



## 5.11 Verweilzeiten optimieren

Es ist hervorzuheben, dass die Dauer der Verweilzeiten so gut wie möglich abzustimmen ist. Führen Sie daher reale Versuche aus.

Denken Sie außerdem daran, dass einige Ihrer pneumatischen Elemente mit einstellbaren Drosselrückschlagventilen ausgestattet sind.

In den von Tornos gelieferten Modellprogrammen gibt es immer eine Funktion G802 im Initialisierungsteil. Diese Funktion G802 ermöglicht die Parametrierung der für den Benutzer nicht zugänglichen Verweilzeiten, die sich innerhalb der Tornos-Makros befinden (G9xx). Standardmäßig werden sie von Tornos so konfiguriert, dass der einwandfreie Maschinenbetrieb gewährleistet ist. Sie können manchmal verfeinert (gekürzt) werden.

Beispiel:

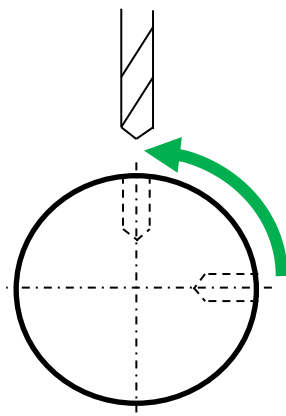
So soll sie beispielsweise bei einer Verweilzeit beim Schließen der Spindelzange sicherstellen, dass die Zange geschlossen ist, bevor die Maschine mit einer neuen Aktion beginnt.

Um diesen Wert zu verfeinern, ist eine gute Kenntnis der Maschine nötig. Die Zeiten für die Zangenschließung sind abhängig von:

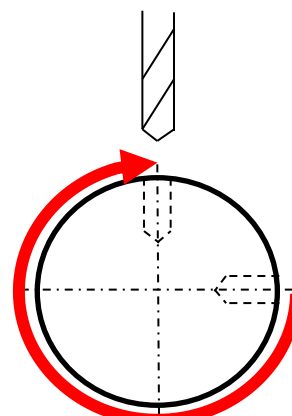
- dem Stangendurchmesser
- dem Zustand der Zange
- der Qualität (Leistung) des Druckluftkreislaufs

### 5.12 Positionierung in C-Achse

Wenn Sie mehrere aufeinander folgende Ausrichtungen Ihrer C-Achse vornehmen, müssen Sie darauf achten, dass Sie immer den kürzesten Weg nehmen.



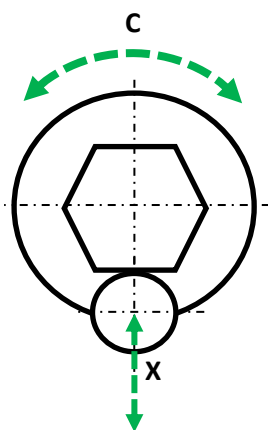
Kürzester Weg



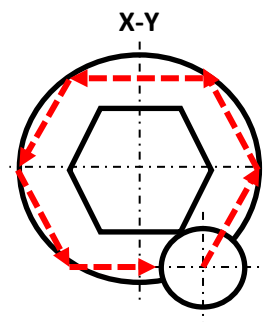
Längster Weg

### 5.13 Transmit

Bei einer Fräsbearbeitung an einer Fläche entscheiden Sie sich für Fräsen in Betriebsart Transmit [G12.1] (Bewegung in X und C) anstelle herkömmlichem Fräsen (Bewegung in X und Y). In zahlreichen Fällen können Sie damit Zykluszeit einsparen.



Fräsen in Betriebsart Transmit



Herkömmliches Fräsen

## 5.14 Abstechen der Werkstücke

Im Allgemeinen erfolgt das Abstechen des Werkstücks auf dem kritischen Pfad. Es ist daher wichtig, dass die Bearbeitung so schnell wie möglich erfolgt.

### Abstechen in zwei Schritten

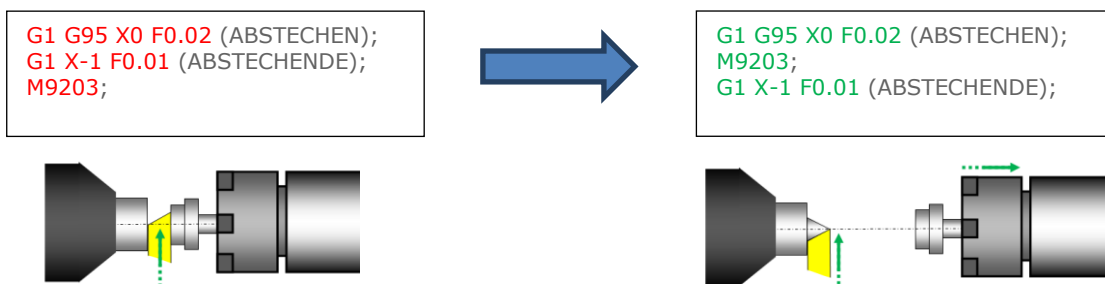
Bei den Tornos-Modellen erfolgt das Abstechen in zwei Schritten. Im zweiten Schritt ist der Vorschub beim Abstechen verringert, da die Schnittleistung größer ist, wenn das Abstechwerkzeug den Mittelpunkt erreicht. Sollten Sie der Ansicht sein, dass dies nicht notwendig ist, können Sie in einem Mal abstechen, wodurch Sie Zeit einsparen.

Beispiel:



Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass das Abstechende gleichzeitig mit dem Freifahren der Gegenspindel erfolgt.

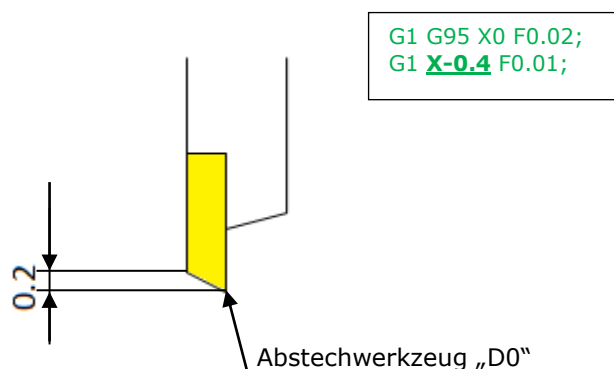
Beispiel:



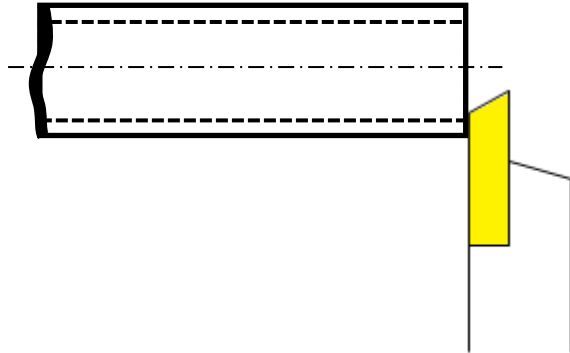
### Position Abstechende:

Bei den Tornos-Modellen liegt die Position für Abstechende bei X-1mm. Dieser Abstand kann je nach Art des verwendeten Abstechwerkzeugs verfeinert werden. Für ein gerades Abstechwerkzeug kann X0 als Position für das Abstechende gesetzt werden.

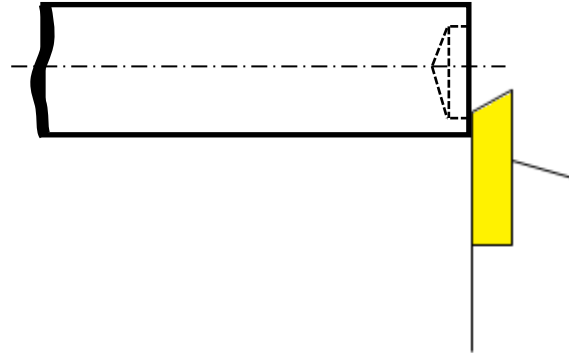
Für ein Abstechwerkzeug mit Winkel gilt das nachstehende Beispiel:



Bei der Bearbeitung von Rohren oder Teilen, die außerdem in Hauptbearbeitung bearbeitet (gebohrt) werden, muss nicht bis zum Mittelpunkt abgestochen werden. Durch ein Abstechen bis zum Innendurchmesser des Werkstücks können Sie Zeit einsparen.



Position Abstechende für Bearbeitung von Rohren



Position Abstechende für Werkstück, das außerdem in Hauptbearbeitung gebohrt wurde

**NB:** Für die Bearbeitung von Rohren empfehlen wir den Einsatz eines Stopfens an der Stirnseite der Stange, damit kein Schneidöl in den Stangenlager gelangt.

## **Abstechen mit konstanter Geschwindigkeit:**

Bei den Tornos-Modellen erfolgt das Abstechen mit einem Vorschub in mm/U [G95] und einer konstanten Rotationsfrequenz [G97].

Je mehr ein Werkzeug (Wendeplattenhalter) an den Stangenmittelpunkt heran fährt, umso weniger Werkstoff wird entfernt.

Es besteht daher die Möglichkeit des Abstechens mit konstanter Geschwindigkeit (m/min) [G96] und eines Vorschubs in mm/U [G95].

Bei Verwendung von [G95] + [G96] besteht der Vorteil darin, dass die Spindel schneller dreht und der Vorschub sich erhöht, je mehr man sich dem Stangenmittelpunkt nähert.

Dies ist insbesondere für das Abstechen großer Durchmesser äußerst wertvoll. Dadurch können Sie Zykluszeit einsparen.

### Beispiel:

```
G1 G95 X0 F0.02 (ABSTECHEEN);
G1 X-1 F0.01 (ABSTECHEENDE);
```

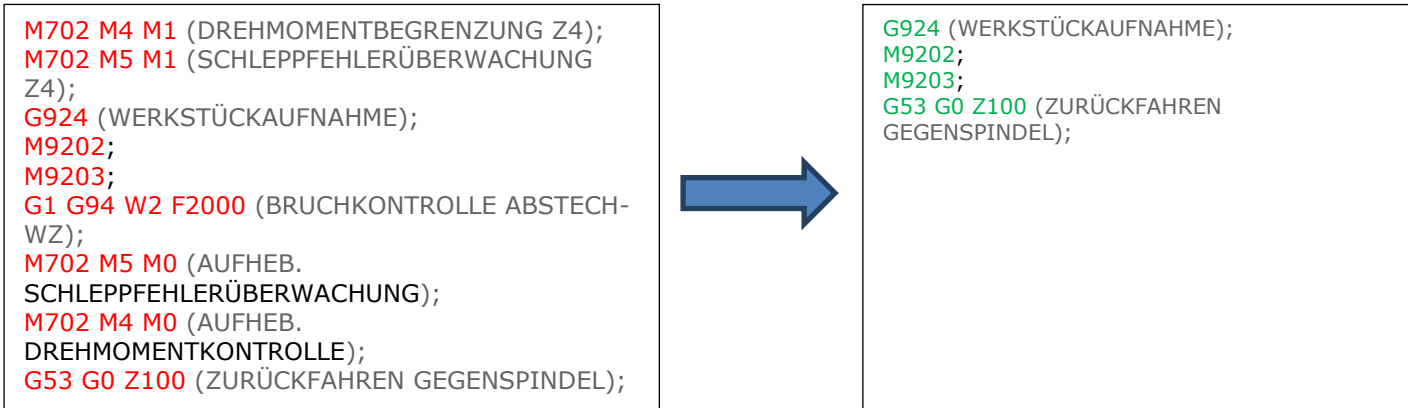


```
G92 S_ (MAX. DREHZAHL U/MIN);
G95 G96;
M103 S_ P1 (GESCHWINDIGKIT
M/MIN);
G1 X-1 F0.02 (ABSTECHEEN);
```

### 5.15 Bruchkontrolle Abstechwerkzeug

Bei den von Tornos gelieferten Modellen ist immer eine Bruchkontrolle des Abstechwerkzeugs integriert. Diese Bruchkontrolle des Abstechwerkzeugs funktioniert, indem das Zurückfahren der Z4-Gegenspindel nach der Werkstückaufnahme kontrolliert wird (mit Drehmomentbegrenzung + Schleppfehlerüberwachung). Dieses System ist praktisch, beansprucht allerdings etwas Zykluszeit. Es kann selbstverständlich aufgehoben werden.

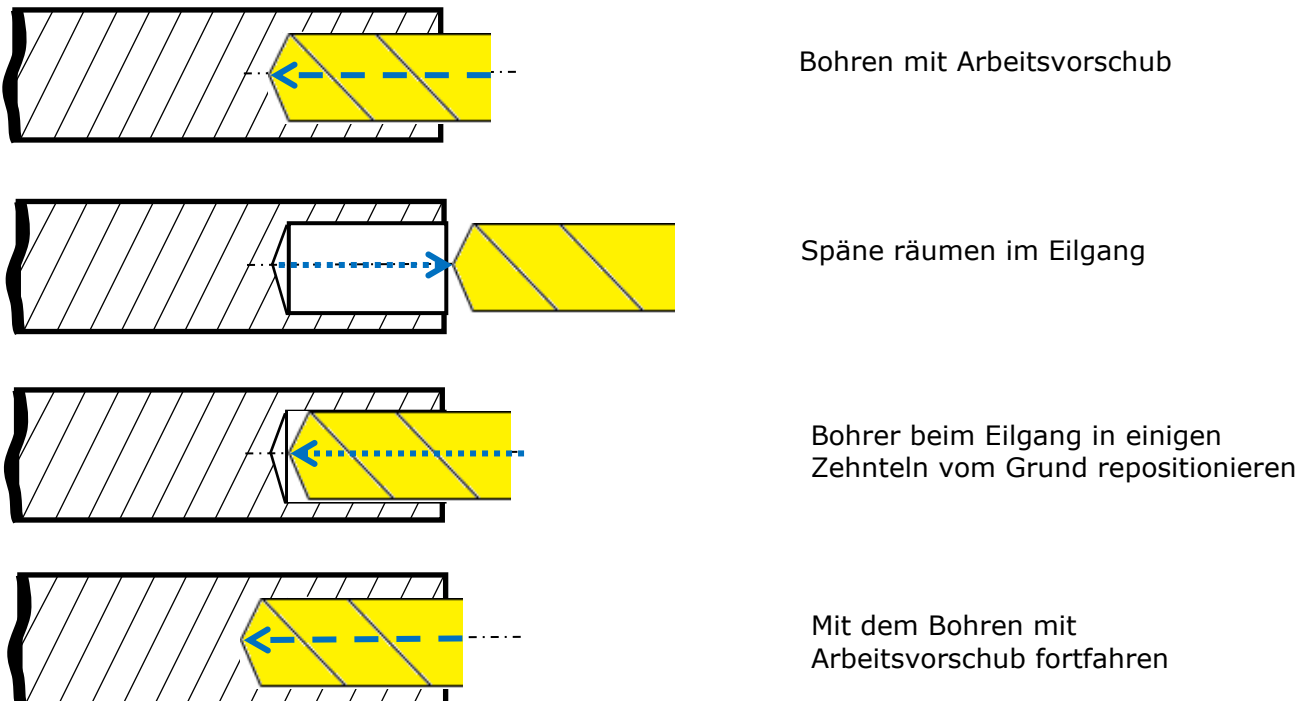
Beispiel:



### 5.16 Bohren/Späne räumen

Denken Sie beim Programmieren von Bohren/Späne räumen immer daran, die Bewegungen, bei denen keine Späne entfernt werden, mit einem schnelleren Vorschub als der Arbeitsvorschub vorzunehmen.

Beispiel:



### 5.17 Arbeit während der Stangenzuführung

Bei den von Tornos gelieferten Modellen kann mit der Funktion G912 eine bestimmte Menge Werkstoff zugeführt werden, damit ein Werkstück bearbeitet werden kann. Im Allgemeinen befindet sich die Stangenzuführung auf dem kritischen Pfad. Es ist sinnvoll, etwas parallel in den anderen Kanälen auszuführen.

Beispiel 1:

Im nachstehenden Beispiel haben wir das Zurückfahren der Gegenspindel nach der Werkstückaufnahme verschoben. Dadurch fahren wir die Gegenspindel während der Stangenzuführung zurück und gewinnen Zykluszeit. Es kann auch von Interesse sein, dieses Zurückfahren nach M121 hinzuzufügen, damit die Gegenspindel bei Anhalten des Zyklus hinten steht.

Canal 1	Canal 2
Variables pièce (G800) Variables de coupe (G801) Variables de temporisation (G802) Variables éléments machine (G803)	
M9000	M9000
G900 (Initialisation)	G900 (Initialisation)
M9001	M9001
	Référence des axes Z4, X4 et Y4
M9002	M9002
Référence des axes X1, Y1 G910 (Coupe initiale)	
M9003	M9003
N1 M120 (Début de boucle)	N1 M120 (Début de boucle)
G913 (Test du fin de barre) G930 (Gestion du sans matière) G912 (Ravitaillement matière)	
M9004	M9004
Usinage	Usinage Ejection de la pièce
M9005	M9005
Appel du coupeur	
M9006	M9006
	Prise de pièce
M9007	M9007
Coupe	
M9008	M9008
	Recul de la contre broche
M121 (Fin de boucle)	M121 (Fin de boucle)
Arrêt des broches Arrêt de l'arrosage	Arrêt des broches
M9009	M9009
Arrêt en fin de cycle	Arrêt en fin de cycle
M9010	M9010
M99 P1	M99 P1
M2	M2

Canal 1	Canal 2
Variables pièce (G800) Variables de coupe (G801) Variables de temporisation (G802) Variables éléments machine (G803)	
M9000	M9000
G900 (Initialisation)	G900 (Initialisation)
M9001	M9001
	Référence des axes Z4, X4 et Y4
M9002	M9002
Référence des axes X1, Y1 G910 (Coupe initiale)	
M9003	M9003
N1 M120 (Début de boucle)	N1 M120 (Début de boucle)
G913 (Test du fin de barre) G930 (Gestion du sans matière) G912 (Ravitaillement matière)	<b>Recul de la contre broche</b>
M9004	M9004
Usinage	Usinage Ejection de la pièce
M9005	M9005
Appel du coupeur	
M9006	M9006
	Prise de pièce
M9007	M9007
Coupe	
M121 (Fin de boucle)	M121 (Fin de boucle)
Arrêt des broches Arrêt de l'arrosage	<b>Recul de la contre broche</b> Arrêt des broches
M9009	M9009
Arrêt en fin de cycle	Arrêt en fin de cycle
M9010	M9010
M99 P1	M99 P1
M2	M2

## Beispiel 2:

Im nachstehenden Beispiel haben wir die Kanalsynchronisierung [M9004] aufgehoben, um mit der Bearbeitung in Gegenbearbeitung gleichzeitig mit der Stangenzuführung zu beginnen. Bitte beachten Sie, dass die Aufhebung dieser Synchronisierung nur möglich ist, wenn die Z4-Achse in Gegenbearbeitung und nicht an der Stange arbeitet.

Canal 1	Canal 2
Variables pièce (G800) Variables de coupe (G801) Variables de temporisation (G802) Variables éléments machine (G803)	
M9000	M9000
G900 (Initialisation)	G900 (Initialisation)
M9001	M9001
	Référence des axes Z4, X4 et Y4
M9002	M9002
Référence des axes X1, Y1 G910 (Coupe initiale)	
M9003	M9003
N1 M120 (Début de boucle)	N1 M120 (Début de boucle)
G913 (Test du fin de barre) G930 (Gestion du sans matière) G912 (Ravitaillement matière)	
M9004	M9004
Usinage	Usinage Ejection de la pièce
M9005	M9005
Appel du coupeur	
M9006	M9006
	Prise de pièce
M9007	M9007
Coupe	
M9008	M9008
	Recul de la contre broche
M121 (Fin de boucle)	M121 (Fin de boucle)
Arrêt des broches Arrêt de l'arrosage	Arrêt des broches
M9009	M9009
Arrêt en fin de cycle	Arrêt en fin de cycle
M9010	M9010
M99 P1	M99 P1
M2	M2

Canal 1	Canal 2
Variables pièce (G800) Variables de coupe (G801) Variables de temporisation (G802) Variables éléments machine (G803)	
M9000	M9000
G900 (Initialisation)	G900 (Initialisation)
M9001	M9001
	Référence des axes Z4, X4 et Y4
M9002	M9002
Référence des axes X1, Y1 G910 (Coupe initiale)	
M9003	M9003
N1 M120 (Début de boucle)	N1 M120 (Début de boucle)
G913 (Test du fin de barre) G930 (Gestion du sans matière) G912 (Ravitaillement matière)	<b>Usinage en contre-opération</b>
Usinage	Ejection de la pièce
M9005	M9005
Appel du coupeur	
M9006	M9006
	Prise de pièce
M9007	M9007
Coupe	
M9008	M9008
	Recul de la contre broche
M121 (Fin de boucle)	M121 (Fin de boucle)
Arrêt des broches Arrêt de l'arrosage	Arrêt des broches
M9009	M9009
Arrêt en fin de cycle	Arrêt en fin de cycle
M9010	M9010
M99 P1	M99 P1
M2	M2

## 5.18 Werkstückaufnahme durch die Gegenspindel

Bei den von Tornos gelieferten Modellen gibt es immer ein Anfahren der Gegenspindel bis auf 2 mm vom Werkstück, bevor die Werkstückaufnahme erfolgt. Wenn Sie Zykluszeit einsparen möchten, kann die Werkstückaufnahme direkt erfolgen. Es ist ebenfalls möglich, den Vorschub zu erhöhen (standardmäßig 4000 mm/min).

Wenn G924 A0 (Anfahren erfolgt im Eilgang)  
 Wenn G924 A1000 (Anfahren erfolgt mit 1000 mm/min).  
 Wenn G924 (Anfahren erfolgt mit 4000 mm/min).

Beispiel:

```
G0 X0 T40;  
G0 Z2 (ANFAHREN DER  
GEGENSPINDEL);  
G924 (WERKSTÜCKAUFNAHME);
```



```
G0 X0 T40;  
G924 A0 (WERKSTÜCKAUFNAHME);
```

Bei den von Tornos gelieferten Modellen erfolgt immer eine Synchronisierung zwischen den Phasen der Spindel und den Phasen der Gegenspindel [M418]. Die Tatsache, dass die Rotation der Gegenspindel bei M418 bereits mit der richtigen Geschwindigkeit erfolgt (Geschwindigkeit wie die Spindel, nur in entgegengesetzter Richtung), führt auch zu einer Einsparung von Zykluszeit.

Die Synchronisierung der Phasen ist nicht erforderlich. Sollten Sie der Ansicht sein, dass Sie in Ihrem Fall nicht notwendig ist, können Sie sie durch M417 ersetzen, womit einfach nur die Geschwindigkeiten der Haupt- und Gegenspindel synchronisiert werden, wodurch Sie auch Zeit einsparen.

## 5.19 Ausstoßer verwalten

Es kann manchmal von Interesse sein, den Ausgang des Ausstoßers in Bezug auf die Öffnung der Gegenspindelzange zu antizipieren. Dadurch wird das Werkstück ausgestoßen, sobald die Zange physisch geöffnet ist.

Beispiel:

```
M11 (ZANGE ÖFFNEN);  
G4 X0.5;  
M84 (AUSGANG DES AUSSTOSSERS);  
G4 X2;  
M85;
```



```
M84 (AUSGANG DES AUSSTOSSERS);  
M11 (ZANGE ÖFFNEN);  
G4 X_;  
M85;
```

Außerdem kann es von Interesse sein, den Rückzug des Ausstoßers [M85] gleichzeitig mit einem anderen Vorgang (beispielsweise während des Verfahrens einer Achse) vorzunehmen.



## 6 Für Programmierexperten

### 6.1 Makros entfernen

Die Makros von Tornos [G9xx] weisen den großen Vorteil auf, zahlreiche Parameter zu verwalten, um den Anforderungen jedes Werkstücks und jedes Bearbeitungsprozesses bestmöglich gerecht zu werden. Man muss jedoch wissen, dass bei jedem Zyklus während der Interpretation des Programms auf der Maschine zahlreiche Tests und Berechnungen in Echtzeit ausgeführt werden. Erfahrene Programmierer können ohne bestimmte Makros auskommen und direkt programmieren. Dadurch müssen nicht mehr die unterschiedlichen Tests und Berechnungen innerhalb der Makros gemacht werden, was wiederum zu einer Zeiteinsparung von einigen Zehntelsekunden führt.

Makros, deren Löschung zu einer Einsparung von Zykluszeit führt:

- G911
- G912
- G915
- G924
- G930
- M120/M121

Bei Löschung haben Sie nicht mehr die Vorteile bezüglich der Ereignisse. (Werkstoffloser Betrieb, Halt am Zyklusende, Zeitmessung in Echtzeit,

Es empfiehlt sich, die Funktion G913 niemals aufzuheben, da sie das Einlegen einer neuen Stange verwaltet.

### 6.2 B-Makro

Den Anhängern der Programmierung in B-Makros empfehlen wir, niemals ein „GOTO\_“ im oberen Programmbereich zu programmieren. Dadurch verlieren Sie Zeit und es führt zu starken Unregelmäßigkeiten bei den Zykluszeiten.

Wir empfehlen Ihnen die Verwendung von „M99 P\_“ oder von „WHILE“.

Beispiel:

