



## G-Code: Der CNC-Assembler im 21. Jahrhundert

Dr. Benjamin Jurke  
(DMG Electronics GmbH – ein Unternehmen  
des DMG MORI SEIKI-Konzerns)

# Was die Welt im Innersten zusammenhält...

Globaler Ressourcenverbrauch: ca. 60 Mrd. Tonnen



**Eisen und Stahl:**  
ca. 2 Mrd. Tonnen  
500-700 \$/Tonne

**Aluminium**  
ca. 45 Mio. Tonnen  
1.800 \$/Tonne



**Titan**  
ca. 7 Mio. Tonnen  
18-20.000 \$/Tonne



# Was die Welt im Innersten zusammenhält...



Eisen

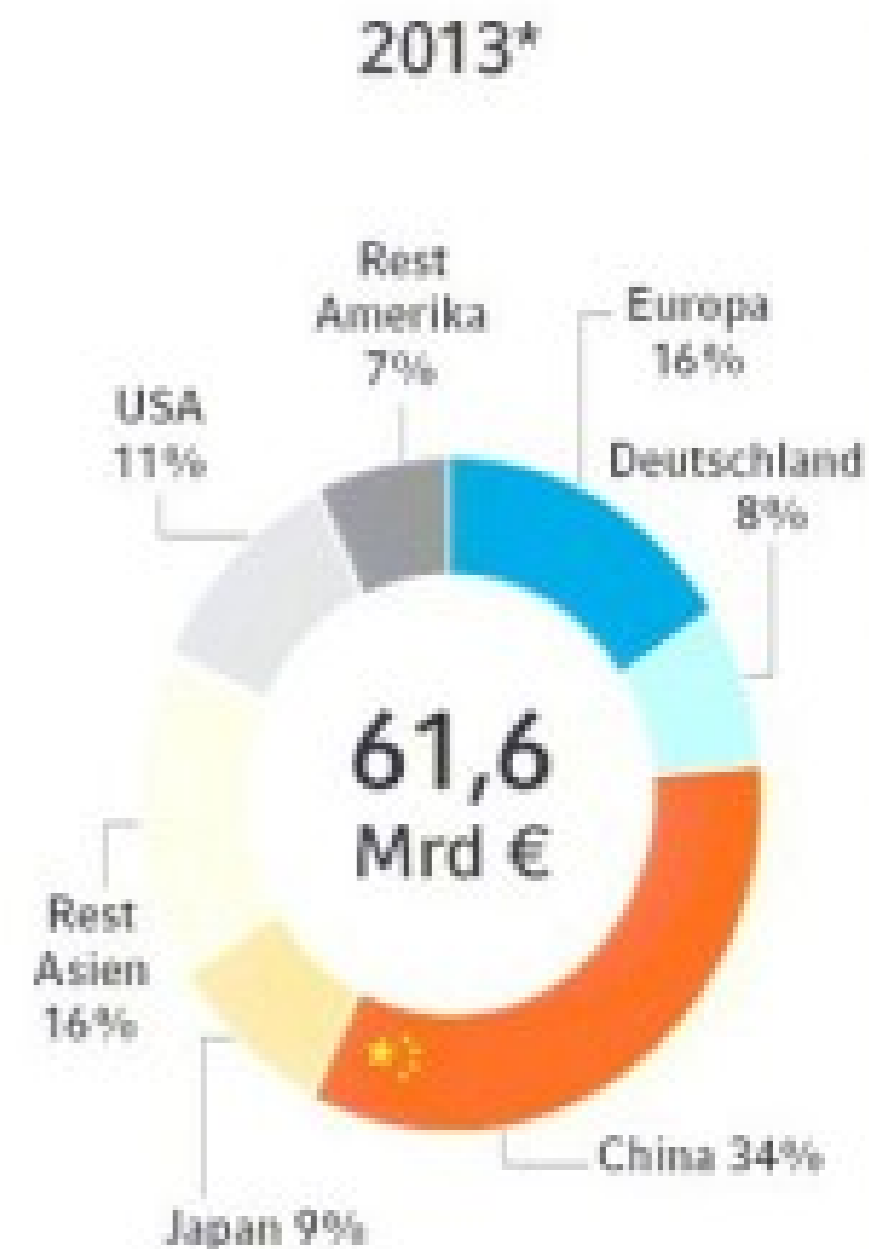
Aluminium



Titan

# CNC-Werkzeugmaschinen...?!

Das Rückgrat der industriellen Produktion stellt die Verarbeitung auf **spanenden Werkzeugmaschinen** (z.B. Fräs- und Drehmaschinen) statt:



### Der DMG MORI-Konzern

- Weltweit größter Hersteller von CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen
- Traditionsunternehmen seit 1870 mit Stammsitz in Bielefeld (vormals: GILDEMEISTER)
- Rund 6.900 Mitarbeiter bei rund 2 Mrd. Umsatz
- Etwa 7.000 Maschinen pro Jahr



# Produktionsstandorte



## Produktionsstandorte

1 Phronzen	2 Idar-Oberstein	3 Seebach	4 Pleszew																
5 Bielefeld	6 Tortona	7 Bergamo	8 Shanghai	9 Plac Ulyanovsk	10 Würzburg	11 Wien													
12 Nara	13 Iga	14 Chiba	15 Nagasaki	16 Le Locle	17 Lourdes	18 Davis	19 Hehara	20 Tianjin											

■ DMG MORI SEIKI AKTIENGESELLSCHAFT  
■ energy solutions  
■ DMG MORI SEIKI COMPANY LIMITED

# Fokusindustrien für Werkzeugmaschinen



# Blick in die Werkzeugmaschine



Spannende Werkzeuge „zerschneiden“ das Material durch extrem präzise angepasste Geometrien.





# NC und PLC

Die Steuerung moderner Werkzeugmaschine besteht aus zwei Teilen:

## NC-Einheit:

Bahnsteuerung der einzelnen Achsen auf NC-Code-Basis („high-level control“)



Embedded Linux  
G-Code



## PLC-Einheit:

Logik-Steuerung von Kühlmittelpumpen, Werkzeugwechsler, Sicherheitsverriegelungen, etc. („low-level control“)

Zyklus-basiert  
KOP, FUP, AWL, ST, AS

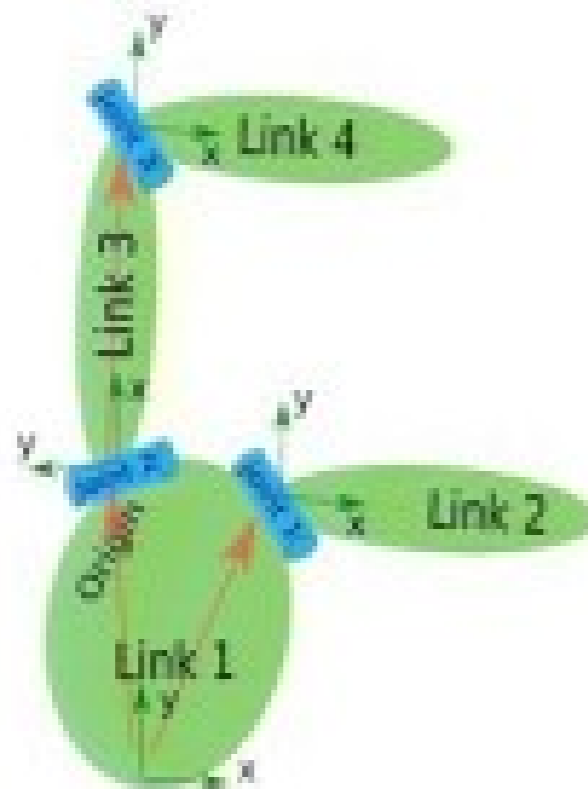


# CNC-Werkzeugmaschinen...?!

Die Positionierung der Spindel relativ zum Werkstück findet über mehrere geregelte Achsen (**Linearachsen + Drehachsen**) statt.



Die Werkzeugmaschine wird durch einen **kinematischen Baum** beschrieben

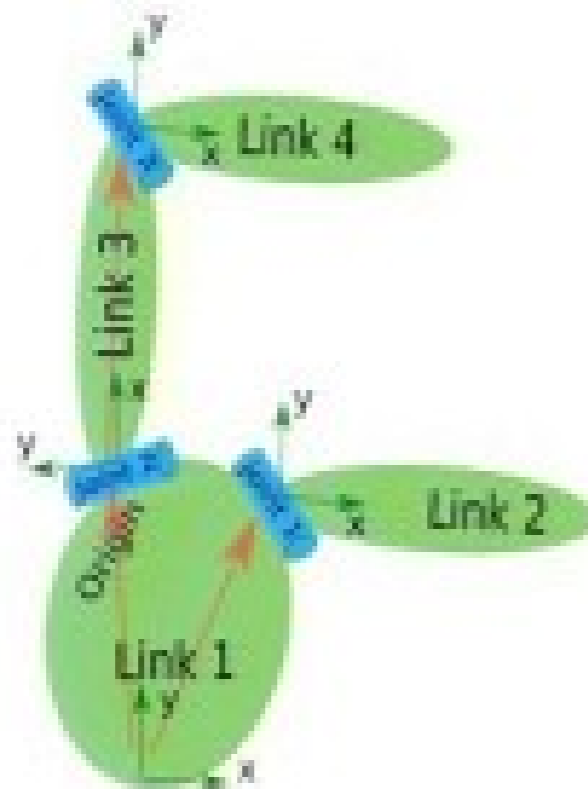


# CNC-Werkzeugmaschinen...?!

Die Positionierung der Spindel relativ zum Werkstück findet über mehrere geregelte Achsen (**Linearachsen + Drehachsen**) statt.



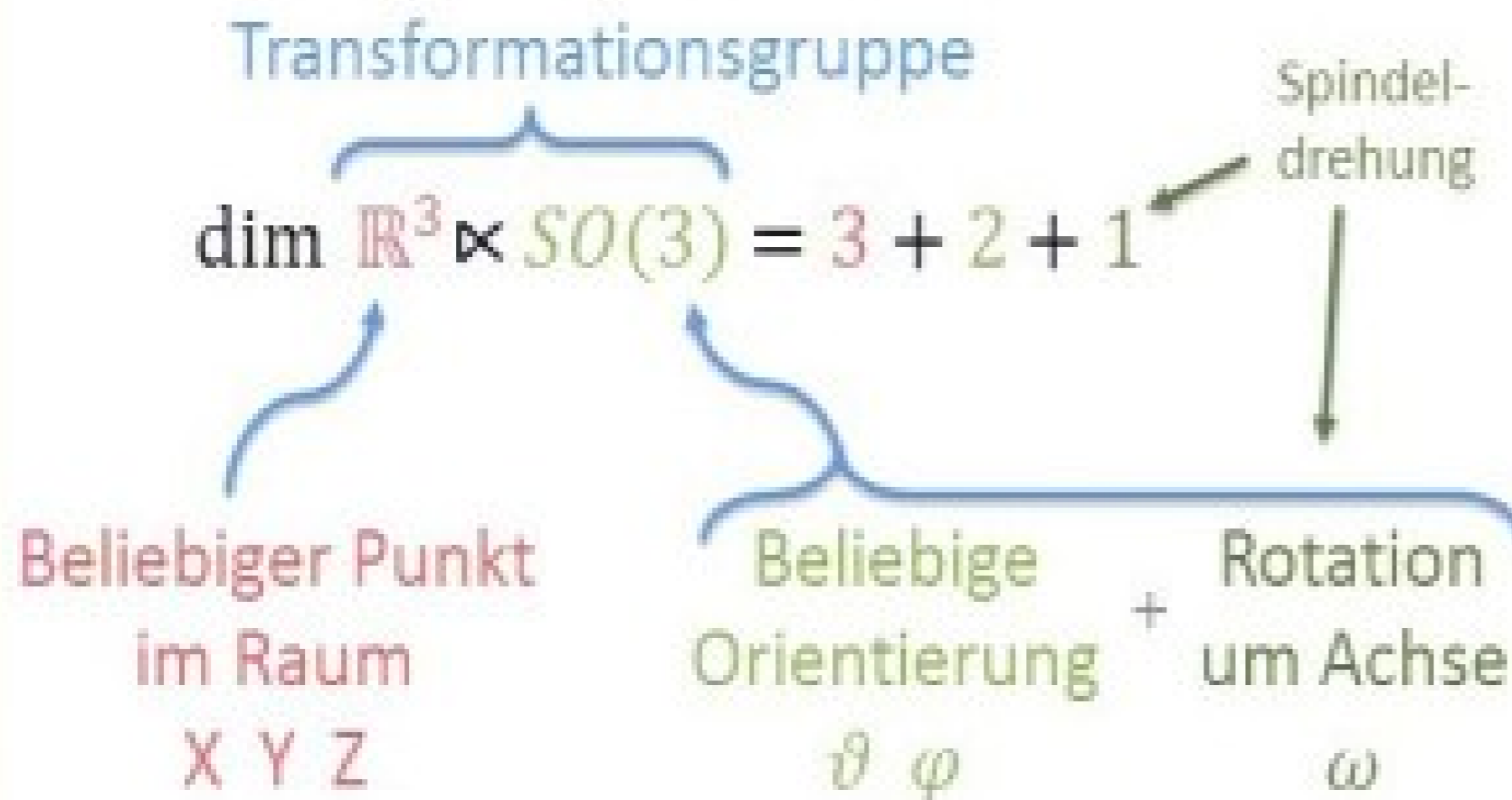
Die Werkzeugmaschine wird durch einen **kinematischen Baum** beschrieben



# Dimensionale Gedanken

5-Achs-Fräsmaschinen mit 3 Linearachsen und 2 Drehachsen zeichnen sich dadurch aus, dass Sie die Punkte im Arbeitsraum aus beliebiger Richtung ansteuern können.

→ Beliebige Orientierung der Spindel



# Robotik 101

In der theoretischen Robotik wird zwischen zwei unterschiedlichen Grundfragen unterschieden:

## Vorwärts-Kinematik:

Bei bekannten Achs-Werten („Position auf Linearachse“ / „Winkel einer Drehachse“) muss vom Ursprungssystem in das Zielkoordinatensystem transformiert werden.



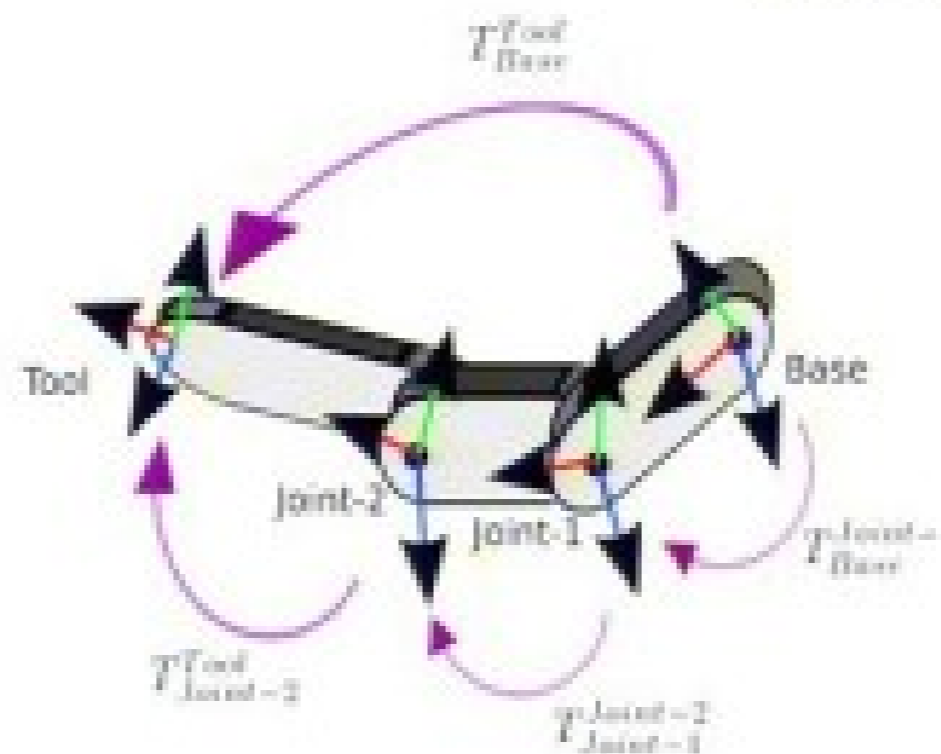
Aneinanderreihung linearer Transformationen

## Inverse Kinematik:

Finde die Achswerte zu einer gegebenen Werkzeugposition und Orientierung.



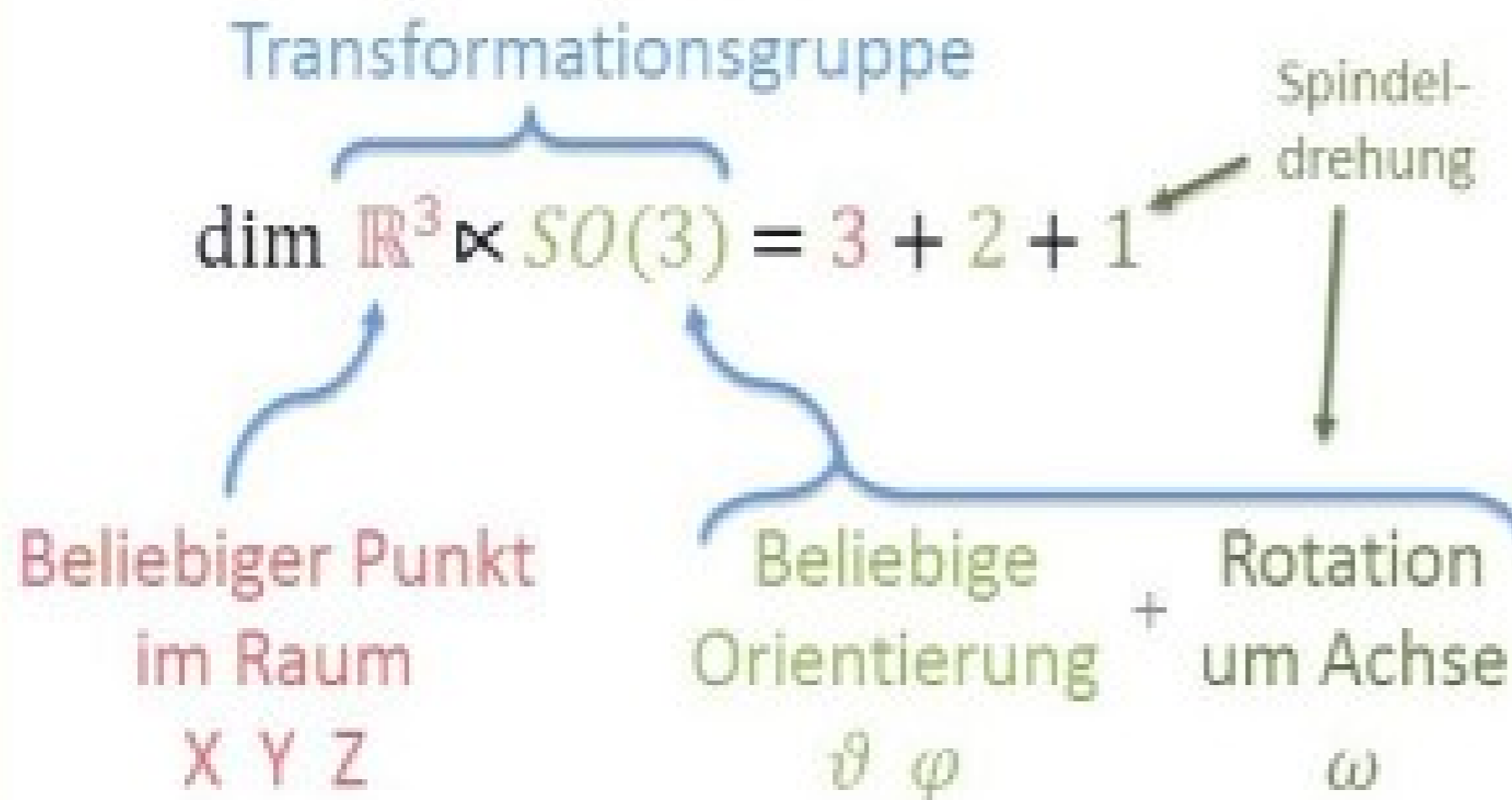
Komplexes Problem, nicht immer und nicht eindeutig lösbar



# Dimensionale Gedanken

5-Achs-Fräsmaschinen mit 3 Linearachsen und 2 Drehachsen zeichnen sich dadurch aus, dass Sie die Punkte im Arbeitsraum aus beliebiger Richtung ansteuern können.

→ Beliebige Orientierung der Spindel



# Robotik 101

In der theoretischen Robotik wird zwischen zwei unterschiedlichen Grundfragen unterschieden:

## Vorwärts-Kinematik:

Bei bekannten Achs-Werten („Position auf Linearachse“ / „Winkel einer Drehachse) muss vom Ursprungssystem in das Zielkoordinatensystem transformiert werden.



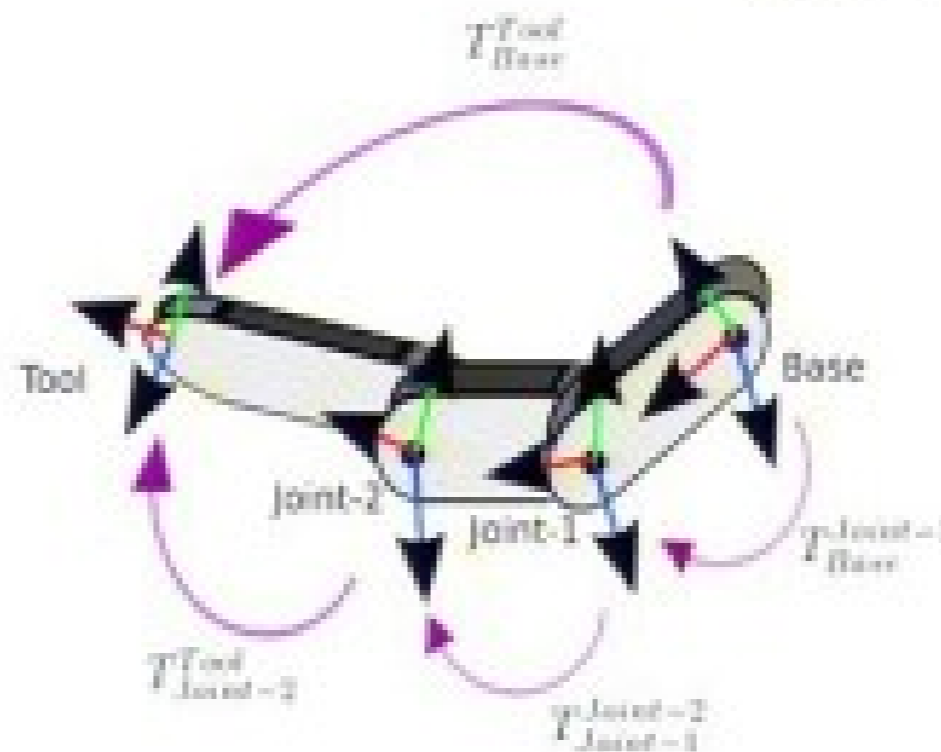
Aneinanderreihung linearer Transformationen

## Inverse Kinematik:

Finde die Achswerte zu einer gegebenen Werkzeugposition und Orientierung.



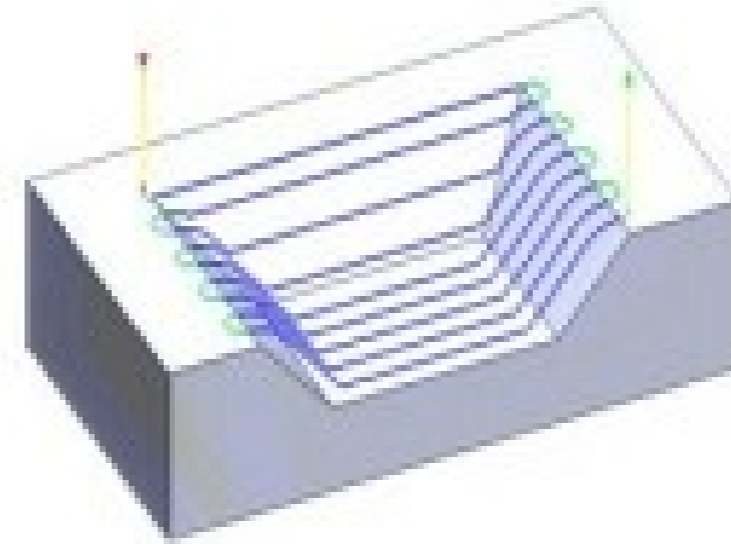
Komplexes Problem, nicht immer und nicht eindeutig lösbar



# CNC-Werkzeugmaschinen...?!

Die Bahnplanung ist auf CNC-Maschinen von entscheidender Bedeutung und somit durch den Programmierer gegeben

→ Vorwärts-Kinematik bei CNC-Maschinen



Fertigungs-KnowHow

=

Auswahl passender Werkzeuge

+

Korrekte Bahn-Planung  
zum Materialabtrag



# Die kleinen Unfälle des Alltags

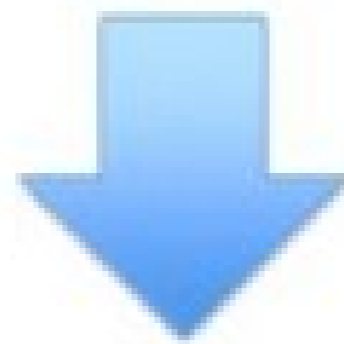
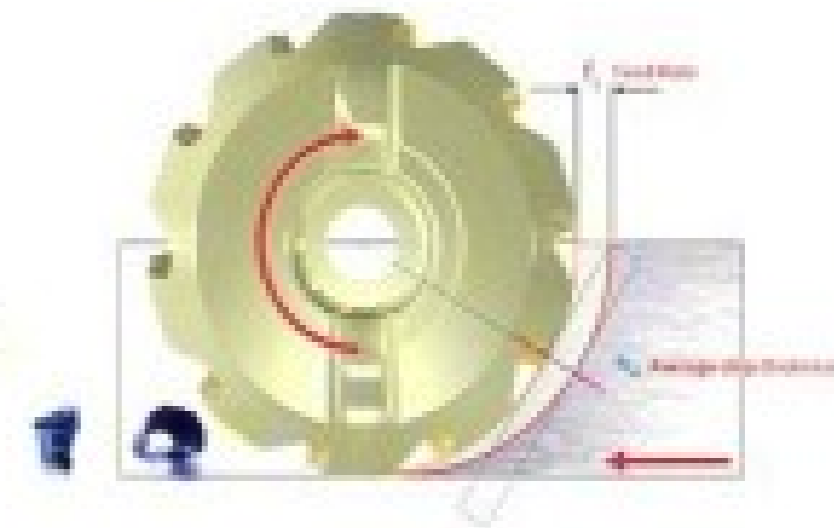
Bei der Bahnplanung sind der Angriffswinkel und Geschwindigkeit des Werkzeugs sowie Spindeldrehzahl entscheidend, sonst...



# Programmierung von CNC- Werkzeugmaschinen

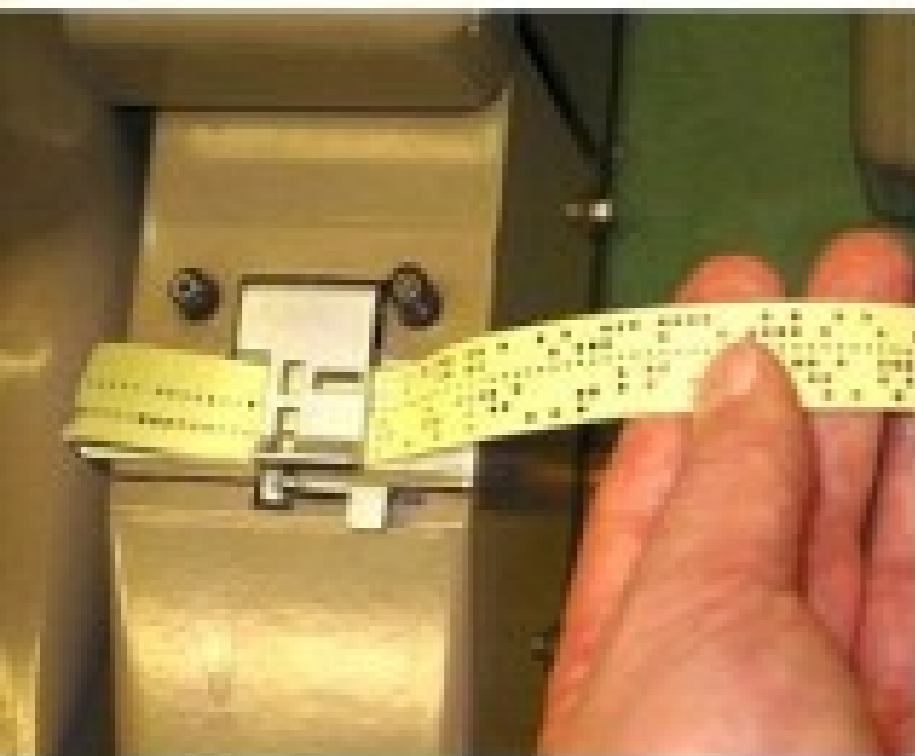
Was benötigt man mindestens zur Programmierung einer Werkzeug-Bahn?

- **Interpolation zwischen definierten Punkten**
- **Stabile Geschwindigkeit des Werkzeugs durch das Material (Vorschub-Geschwindigkeit)**



In den 50er Jahren wurde erstmals am MIT eine Lochstreifen-„Programmiersprache“ für die Beschreibung von Werkzeug-Bahnen definiert:

**G-Code** bzw. *ISO 6983* oder *DIN 66025*



# Die kleinen Unfälle des Alltags

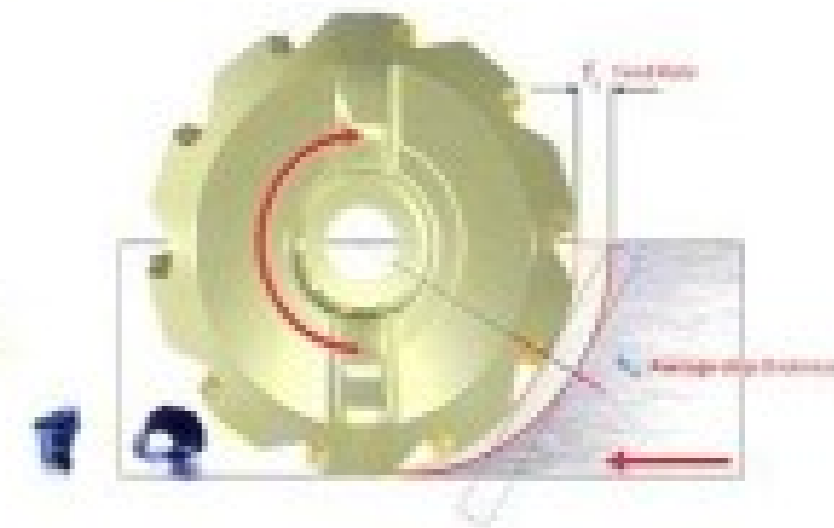
Bei der Bahnplanung sind der Angriffswinkel und Geschwindigkeit des Werkzeugs sowie Spindeldrehzahl entscheidend, sonst...



# Programmierung von CNC- Werkzeugmaschinen

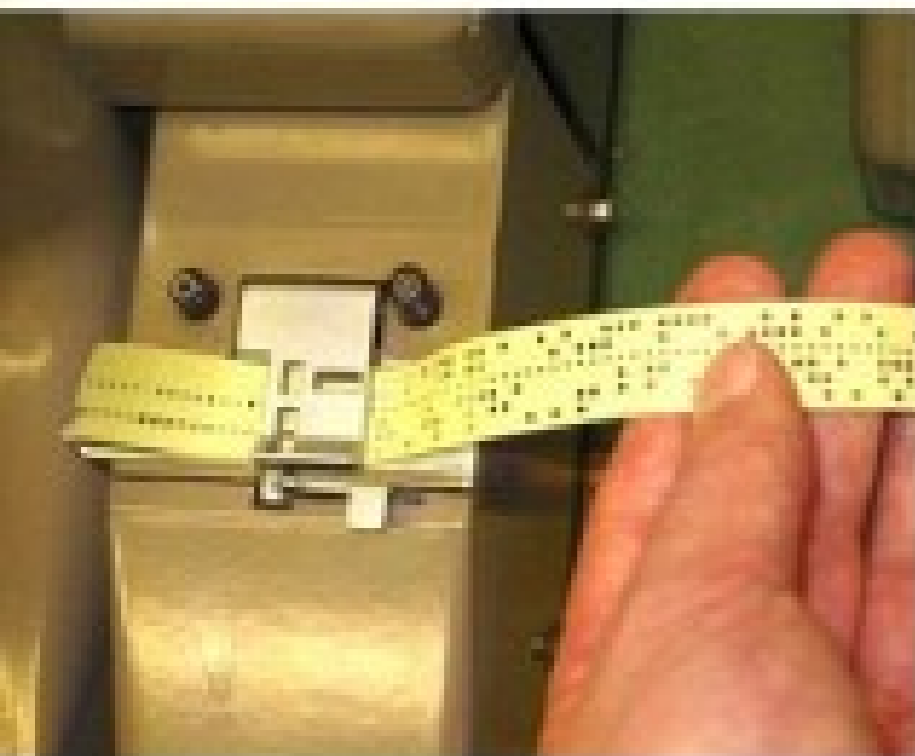
Was benötigt man mindestens zur Programmierung einer Werkzeug-Bahn?

- **Interpolation zwischen definierten Punkten**
- **Stabile Geschwindigkeit des Werkzeugs durch das Material (Vorschub-Geschwindigkeit)**



In den 50er Jahren wurde erstmals am MIT eine Lochstreifen-„Programmiersprache“ für die Beschreibung von Werkzeug-Bahnen definiert:

**G-Code** bzw. *ISO 6983* oder *DIN 66025*

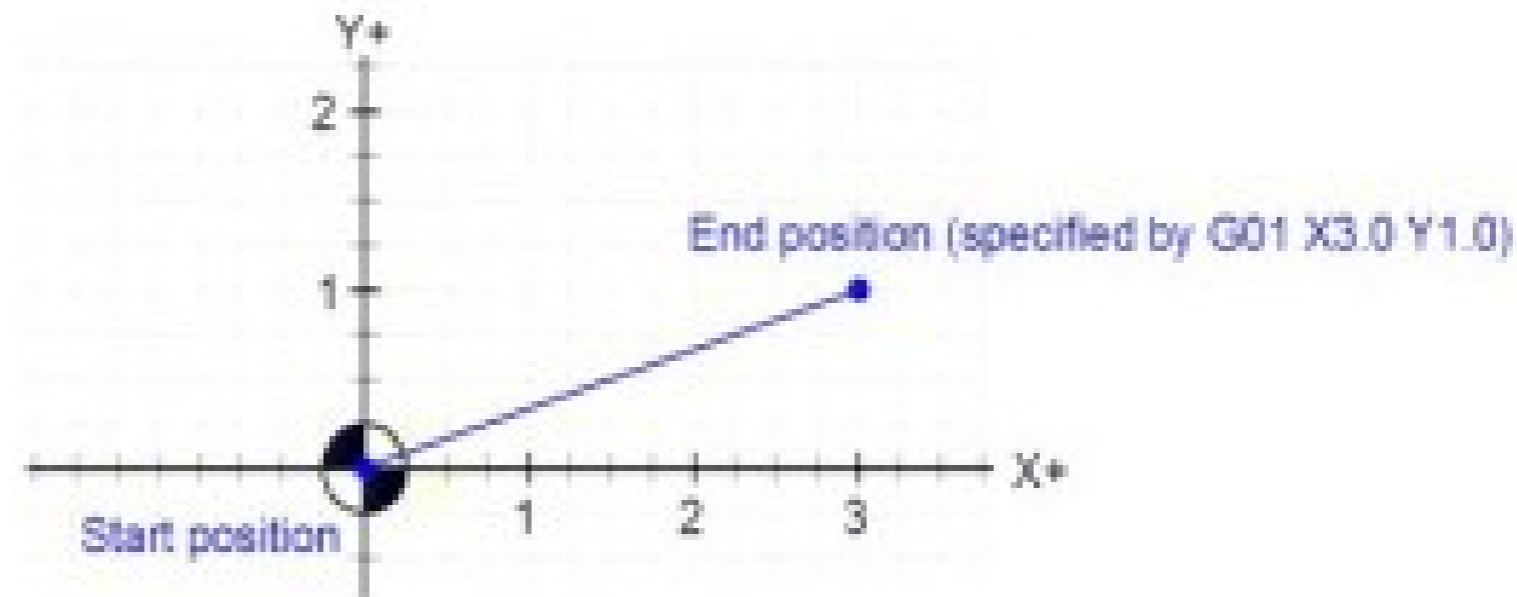


# G-Code Basics

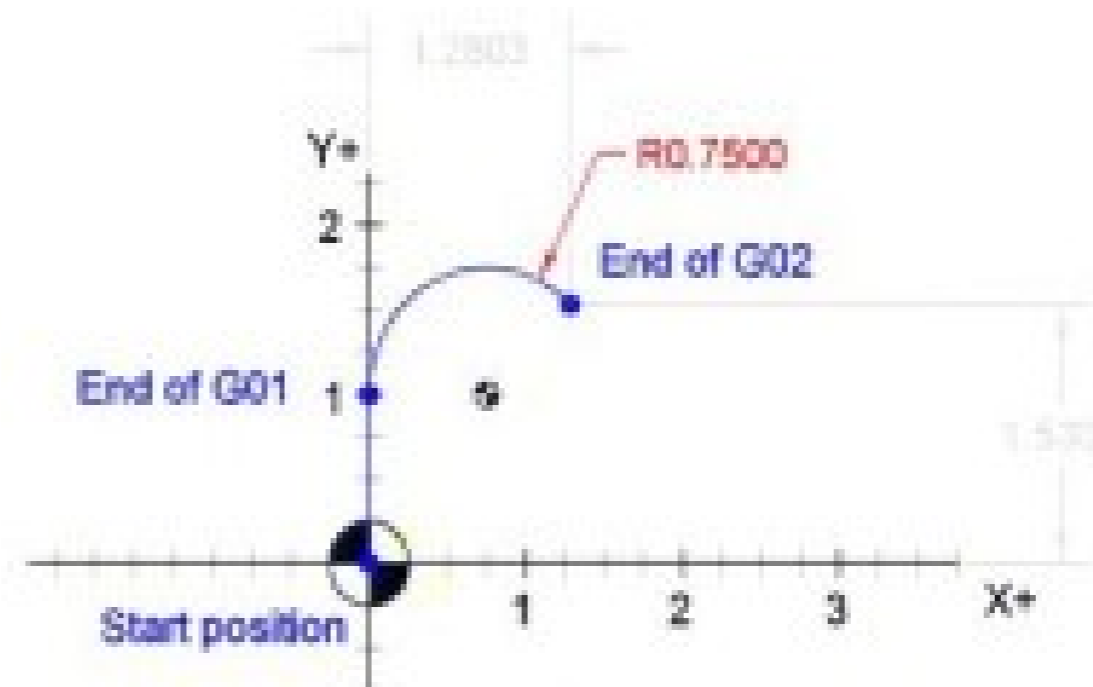
G-Code ist eine modale Programmiersprache („staterhaltend“) mit drei wesentlichen Bearbeitungsmodi (sog. „G-Codes“):

**G00: Eilgang**

**G01: Lineare Interpolation**



**G02 / G03: Zirkuläre Interpolation**



# G-Code Basics

N05 G90

verwenden

N10 S3000 M03

3000 RPM CW einschalten

N15 G00 Z0.25

Im Eilgang auf Höhe auf 0,25

N20 X0.4 Y1.0

Eilgang Punkt 1 anfahren

N25 G01 Z-0.125 F30.0

Vorschub 30 eintauchen

N30 G01 X0.4 Y1.6

Linear von Punkt 1 zu 2

N35 X0.8

Linear von Punkt 2 zu 3

N40 G02 X0.8 Y1.0 I0.0 J-0.3 % CW-Zirkulär von Punkt 3 zu 4

N45 G01 X0.4 Y1.0

Linear von Punkt 4 zu 5

N50 Y0.4 Satz (= Befehlszeile)

Linear von Punkt 5 zu 6

N55 X0.8

Linear von Punkt 6 zu 7

N60 G03 X0.8 Y1.6 I0.0 J0.3 % CCW-Zirkulär von Punkt 7 zu 8

N65 G00 Z0.05

% Absolute Koordinaten

% Spindel mit

%

%

% Linear mit

%

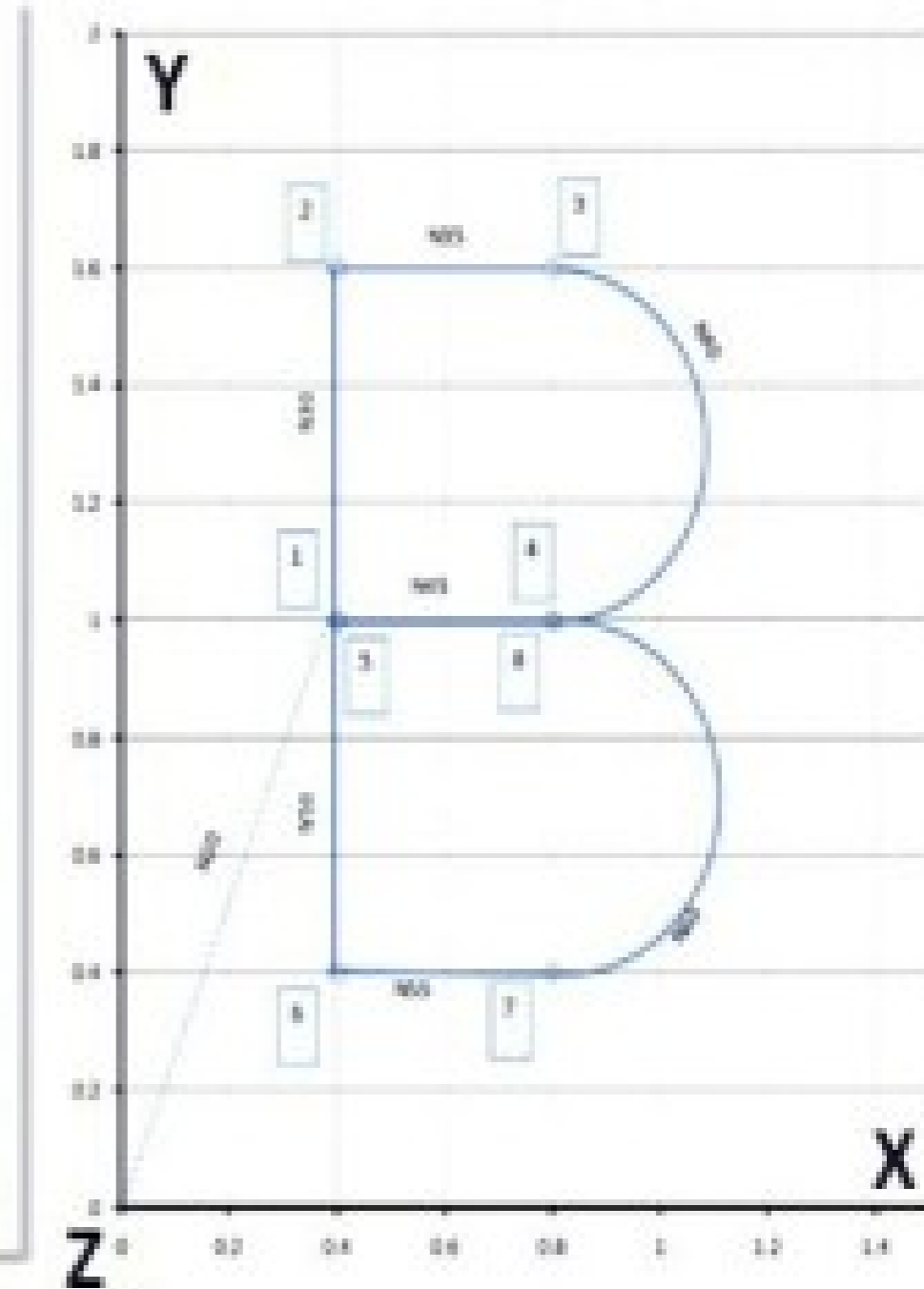
%

%

%

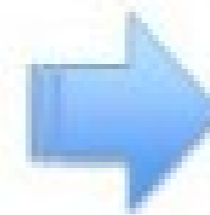
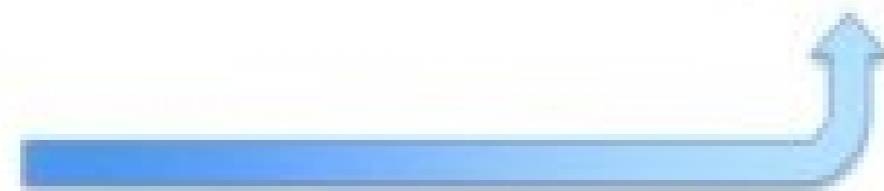
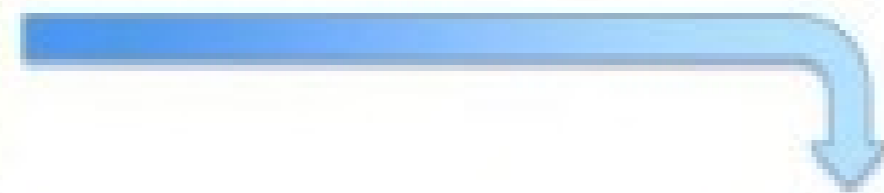
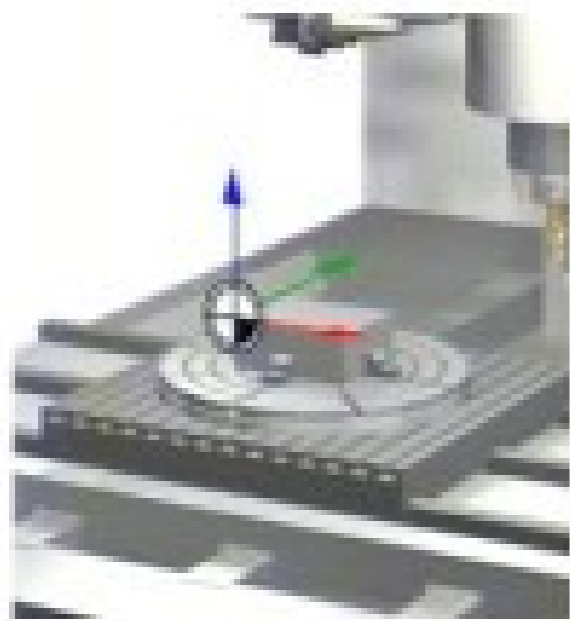
Kommentar

%



# G-Code Basics

Das NC-Programm bezieht sich dabei auf einen virtuellen **Nullpunkt**, der auf Basis der Aufspannsituation des Werkstücks auf dem Maschinentisch eingestellt werden muss.



Nun könnte man  
im Prinzip losfräsen...

# G-Code Basics

N05 G90

verwenden

N10 S3000 M03

3000 RPM CW einschalten

N15 G00 Z0.25

Im Eilgang auf Höhe auf 0,25

N20 X0.4 Y1.0

Eilgang Punkt 1 anfahren

N25 G01 Z-0.125 F30.0

Vorschub 30 eintauchen

N30 G01 X0.4 Y1.6

Linear von Punkt 1 zu 2

N35 X0.8

Linear von Punkt 2 zu 3

N40 G02 X0.8 Y1.0 I0.0 J-0.3 % CW-Zirkulär von Punkt 3 zu 4

N45 G01 X0.4 Y1.0

Linear von Punkt 4 zu 5

N50 Y0.4 Satz (= Befehlzeile)

Linear von Punkt 5 zu 6

N55 X0.8

Linear von Punkt 6 zu 7

N60 G03 X0.8 Y1.6 I0.0 J0.3 % CCW-Zirkulär von Punkt 7 zu 8

N65 G00 Z0.05

% Absolute Koordinaten

% Spindel mit

%

%

% Linear mit

%

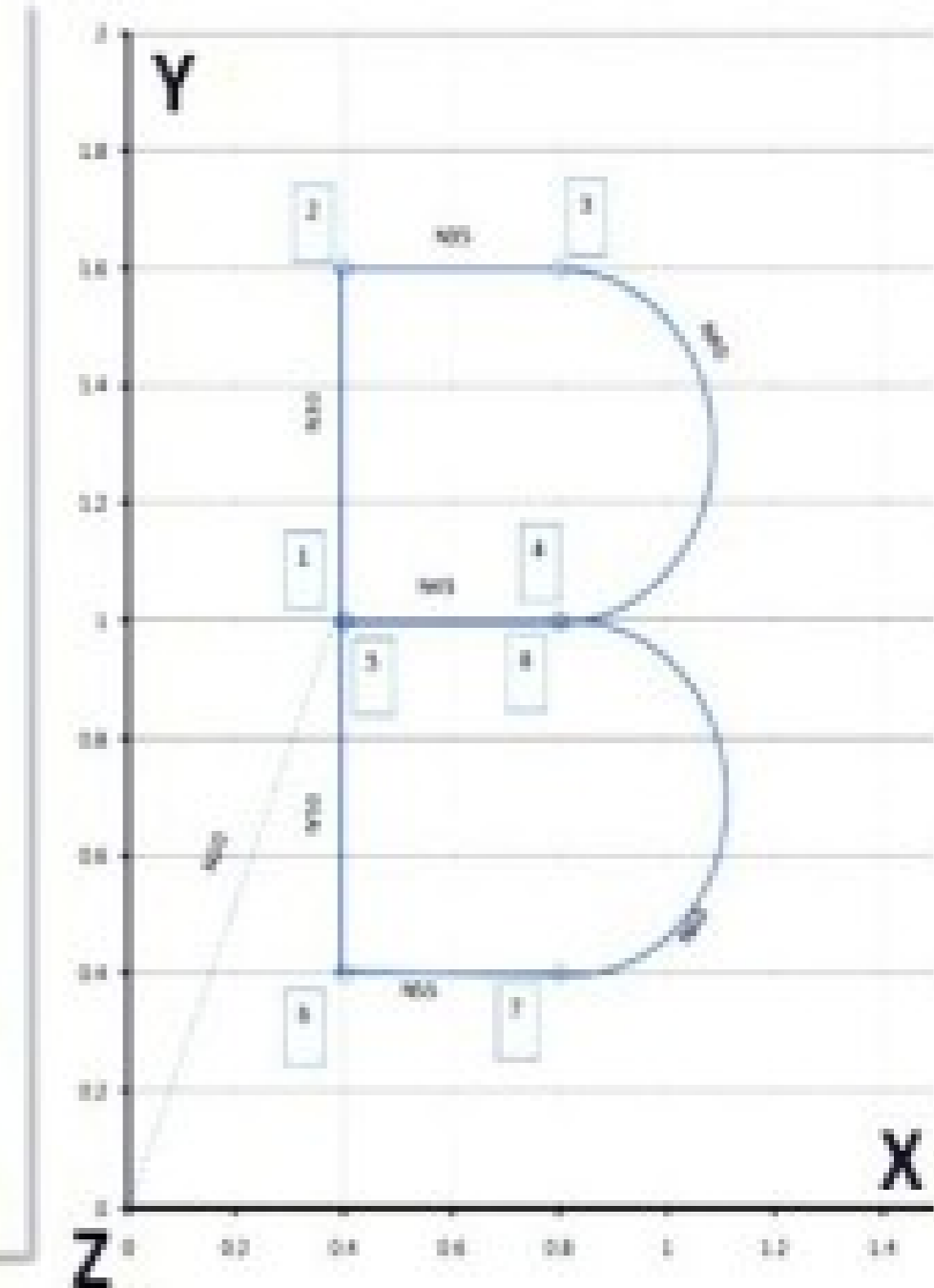
%

%

%

Kommentar

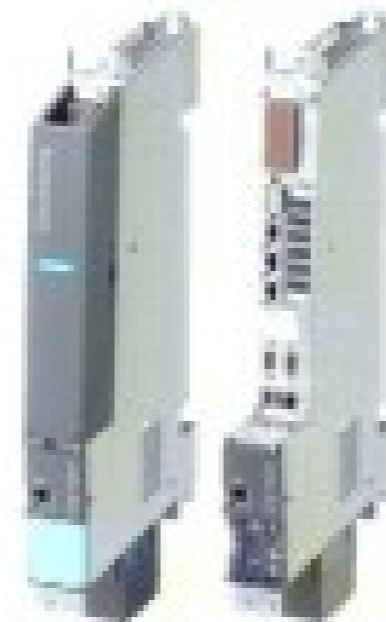
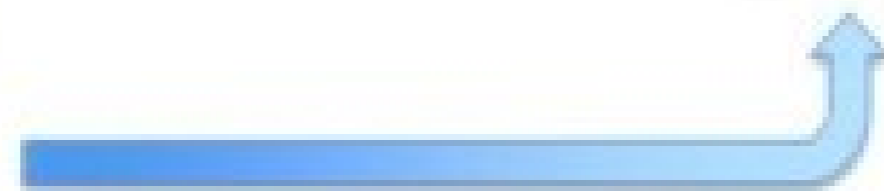
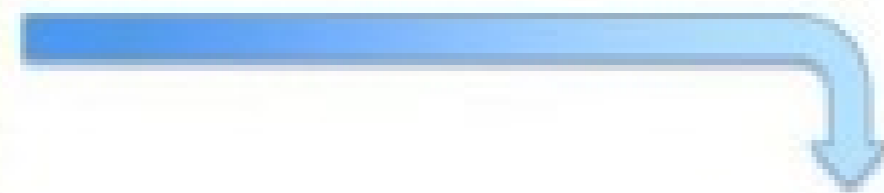
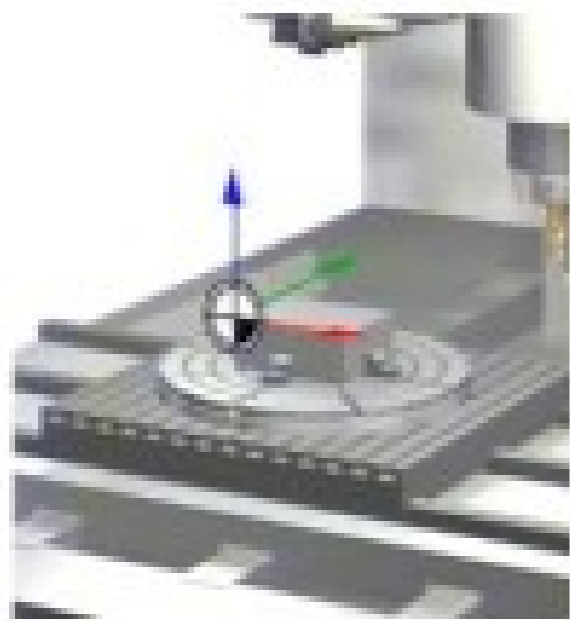
%





# G-Code Basics

Das NC-Programm bezieht sich dabei auf einen virtuellen **Nullpunkt**, der auf Basis der Aufspannsituation des Werkstücks auf dem Maschinentisch eingestellt werden muss.



Nun könnte man  
im Prinzip losfräsen...

# G-Code Basics

Ohne adäquate Berücksichtigung der Werkzeuge könnte man niemals die heutigen Fertigungstoleranzen erreichen.



# G-Code Basics



N05 G90

verwenden

N07 T9101

9101

N08 M6

Spindel

N09 T9102

9102

N10 S3000 M03

3000 RPM CW einschalten

N15 G00 Z0.25

Im Eilgang auf Höhe auf 0,25

N20 X0.4 Y1.0

Eilgang Punkt 1 anfahren

N25 G01 Z-0.125 F30.0

Vorschub 30 eintauchen

N30 G01 X0.4 Y1.6

Linear von Punkt 1 zu 2

N35 X0.8

Linear von Punkt 2 zu 3

N40 G02 X0.8 Y1.0 I0.0 J-0.3

N45 G01 X0.4 Y1.0

% Absolute Koordinaten

% Vorauswahl von Werkzeug Nr.

% Einwechseln des Werkzeug in

% Vorauswahl von Werkzeug Nr.

% Spindel mit

%

%

% Linear mit

%

%

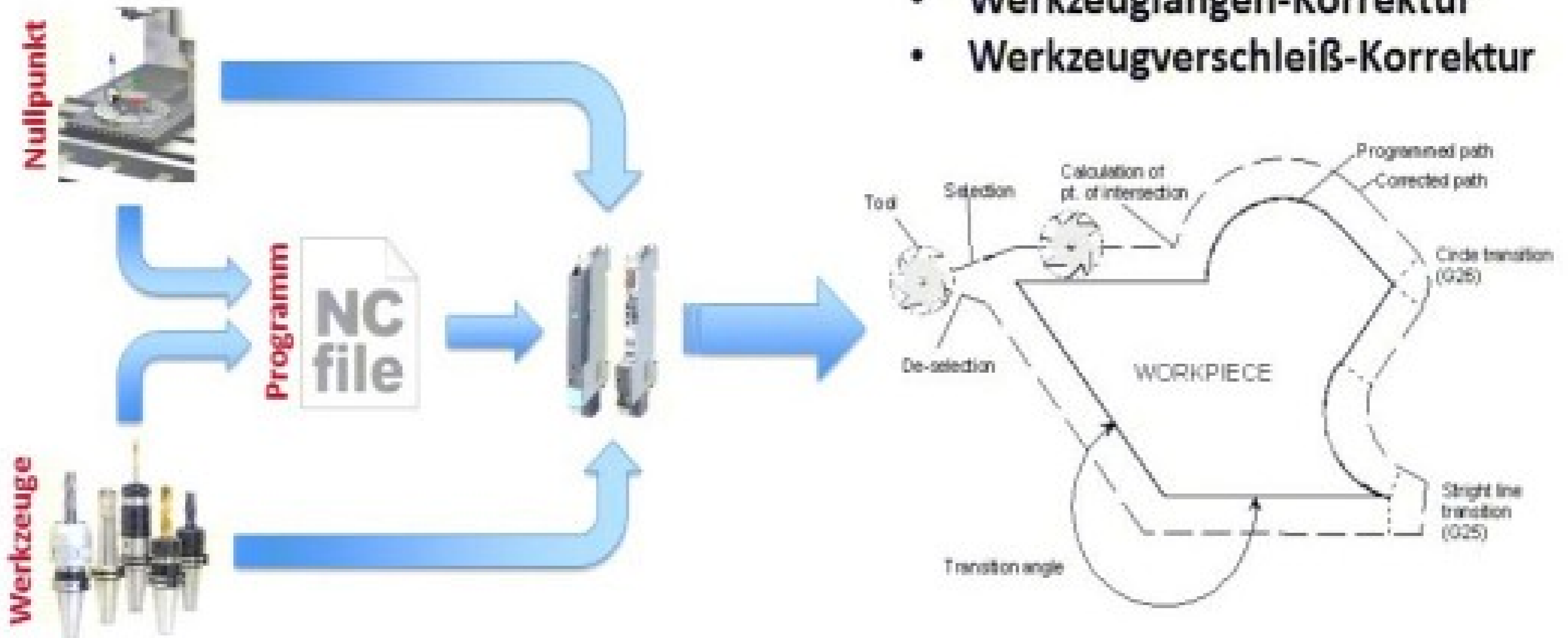
% CW-Zirkel von Punkt 3 zu 4

%

# G-Code Basics

Durch die Werkzeugdaten werden viele Zusatzfunktionen der NC verfügbar:

- Werkzeugradius-Korrektur
- Werkzeuglängen-Korrektur
- Werkzeugverschleiß-Korrektur



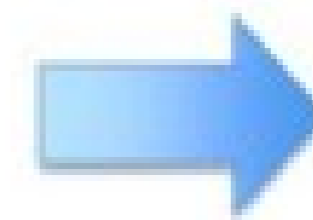
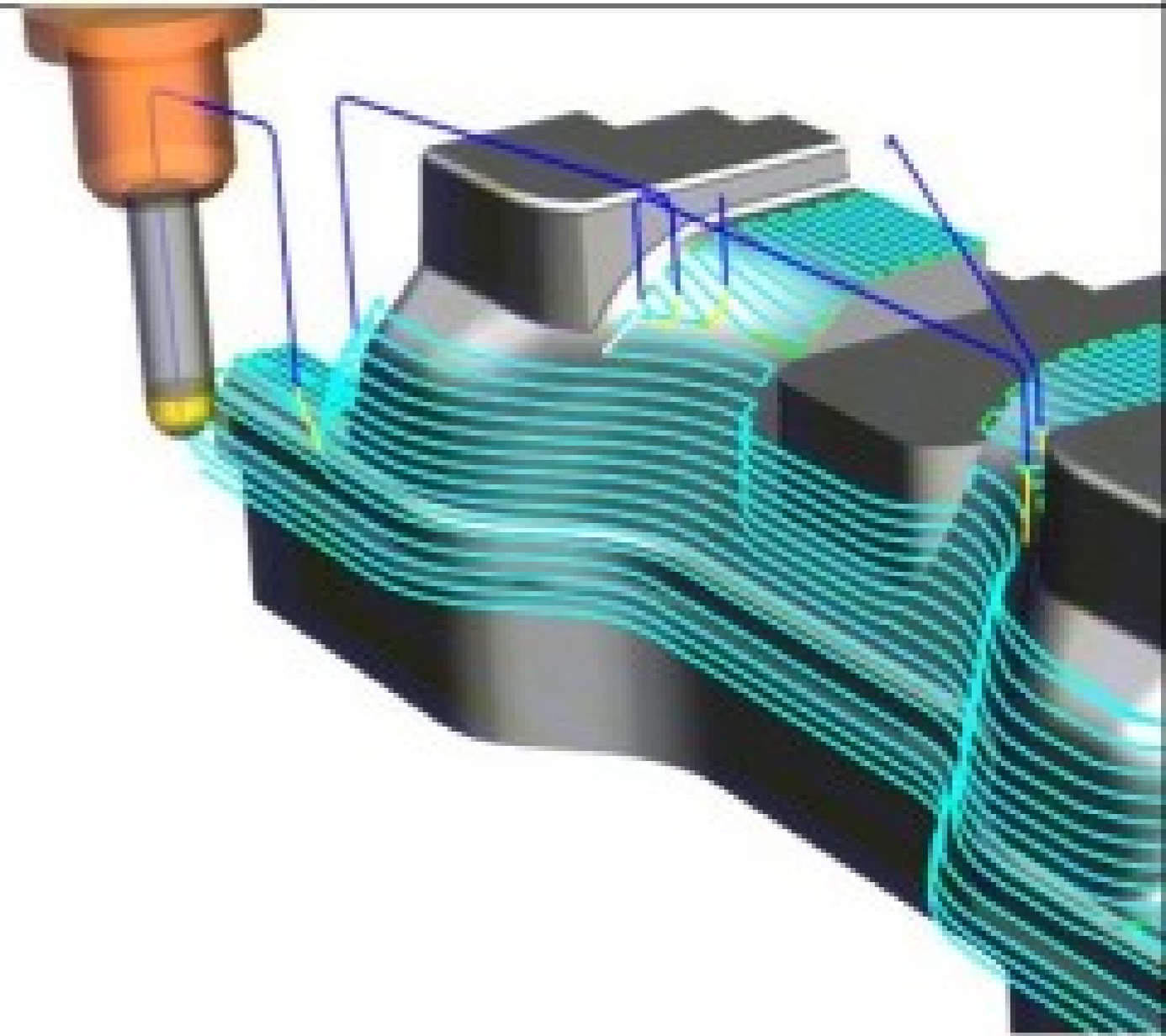
# Allgemeine Werkstück-Programmierung

Einfache Teile lassen sich direkt an der Maschine bzw. im G-Code programmieren.



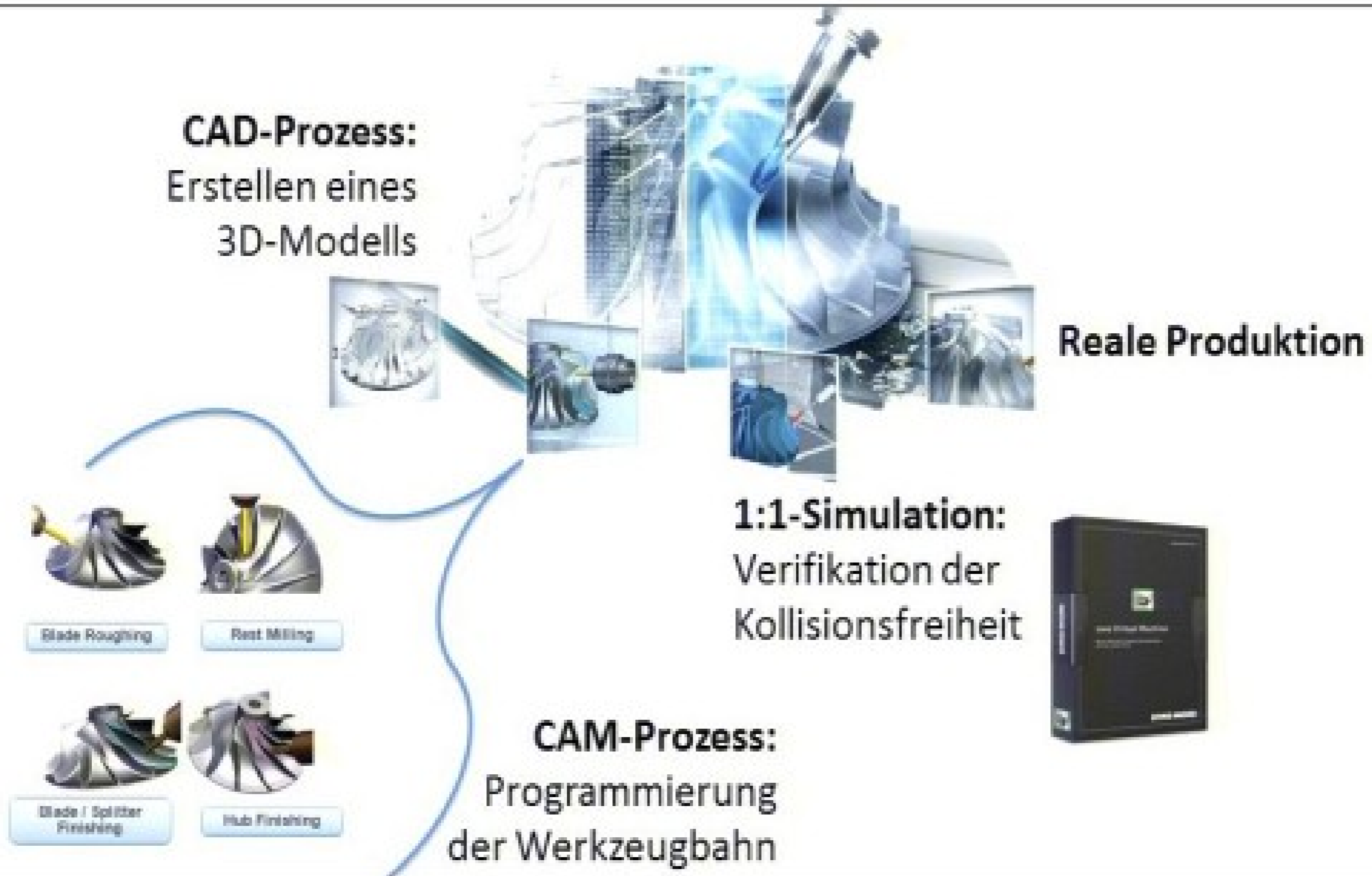
„Shop Floor  
Manufacturing“

Für die Programmierung komplexer Teile (insbesondere 5-Achs-Bearbeitung) sind weitere Tools in Form von **CAD/CAM-Programmen** und **Kollisions-Simulationen** notwendig, um brauchbaren NC-Code zu erzeugen.



Prozesskette

# Prozesskette



# Was macht die NC-Steuerung?

Die NC-Steuerung liefert nun für eine fixe Auflösung (z.B. 2-50 ms) neue Soll-Werte für die einzelnen Regelkreise der Maschinenachsen.



Im Grunde eine „einfache“ Aufgabe:

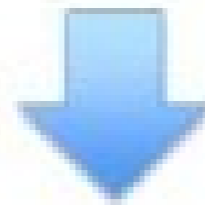
- **Interpolation** der Bahn für beliebige Linear- und Drehachsen bei **konstanter Geschwindigkeit** des Endpunkts (d.h. der Werkzeugschneide)
- Diverse **Werkzeug-Korrekturen** (Länge, Durchmesser, Verschleiß)
- Berücksichtigung der **Maschinen-Dynamik**  
(Geschwindigkeit, Beschleunigung, Ruck, Massenträgheit)
- **NC-Programm-Look-Ahead** und **Stützpunkt-Interpolation durch B-Splines** um kontinuierliches Beschleunigen und Abbremsen der Achsen zwischen einzelnen Sätzen zu vermeiden



Numerisch erst durch die Leistung moderne Computer möglich

# G-Code: The Good

Schleifen, Variablen, bedingte Sprünge, Unterroutinen und zahlreiche Erweiterungen sind im Laufe der Zeit zum G-Code hinzugekommen.



G-Code = „Assembler der Werkzeugmaschine“



...aber leider auch mit allen Problemen von „Assembler“



# G-Code: The Ugly

Der Steuerungskern („NC-Kern“) ist typischerweise die komplexeste Komponente einer modernen Industriemaschine – Softwarekomplexität in Mannjahrhunderten.

Am Weltmarkt sind **einige wenige große Hersteller** verblieben:

**SIEMENS**

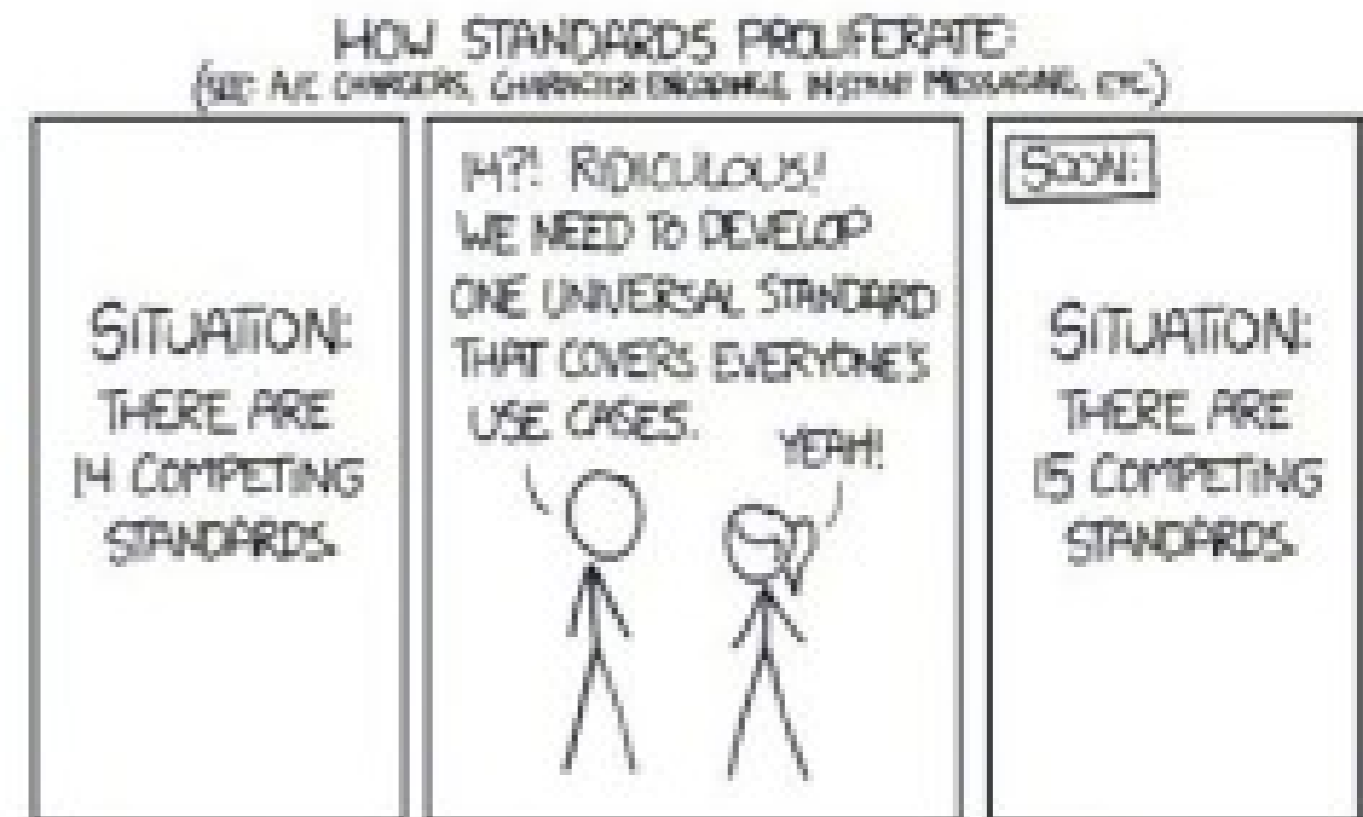
**HEIDENHAIN**

**FANUC**

**Rexroth**  
Bosch Group

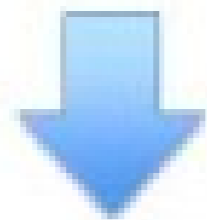
**BECKHOFF**

...



# NC-Postprozessoren

Jeder NC-Hersteller hat *natürlich* seine eigene, leicht erweiterte, leicht veränderte und somit **zueinander inkompatible Dialekte** des G-Code-Standards implementiert.



**SIEMENS**  
**HEIDENHAIN**  
**FANUC**  
Rexroth  
Bosch Group  
**BECKHOFF**  
...

Analog zur bekannten Software-Entwicklung wurde ein „**Compiler-Ansatz**“ entwickelt:



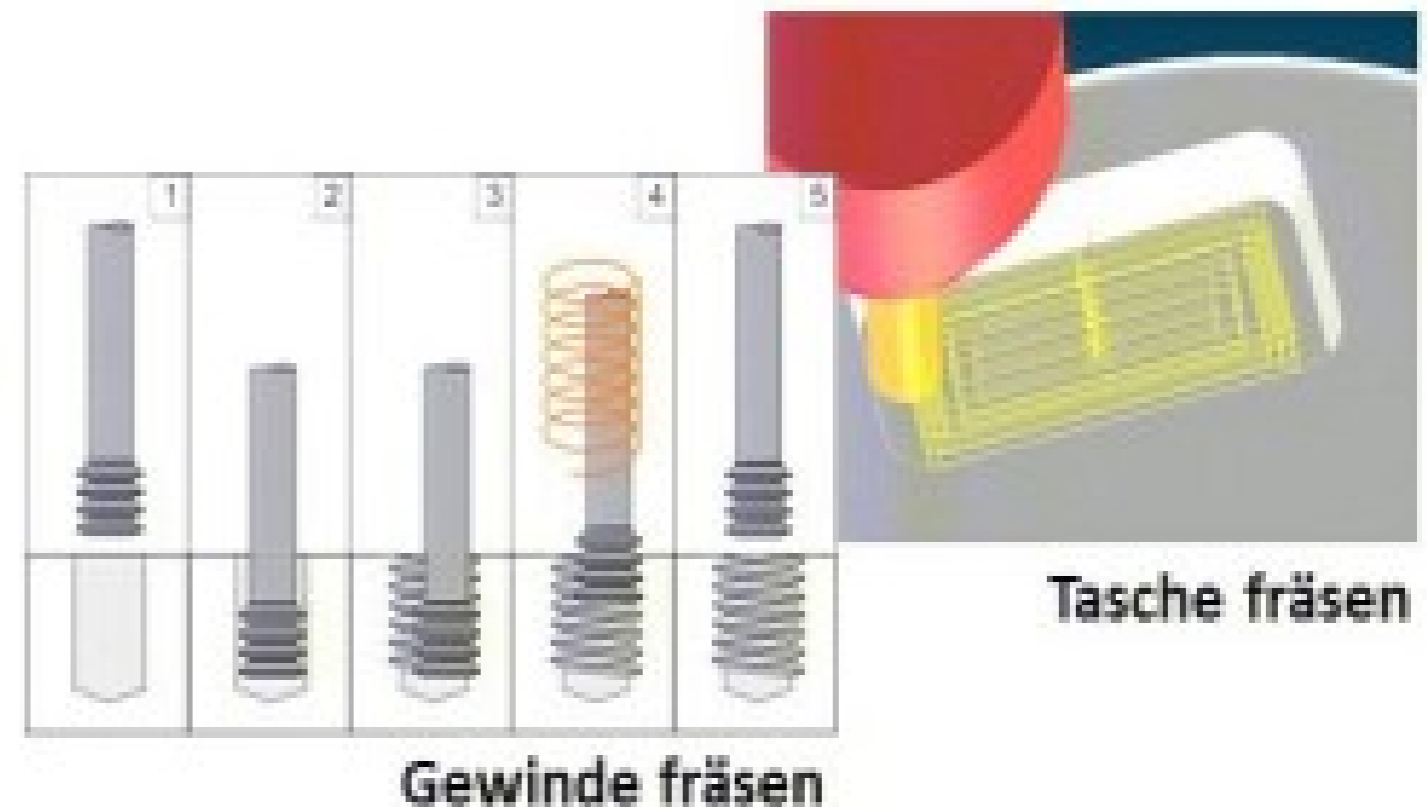
# Zyklen & PP-Probleme

## Großes Problem dieser Kette:

Genauso wie in ein Compiler nur schwer automatisch CPU-Befehlssatz-Erweiterungen wie z.B. SSE oder AVX verwenden kann, ist auch ein Postprozessor kaum in der Lage spezielle Steuerungs-Features (z.B. sog. „Zyklen“) zu nutzen.

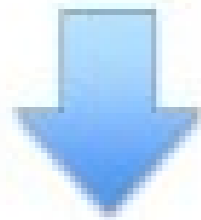


**Ineffiziente, lange NC-Programme  
mit erhöhten Toleranzen**

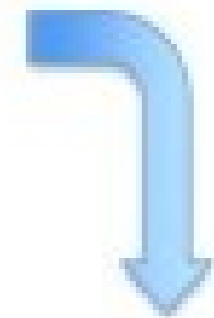


# Automatischer CAM-Prozess

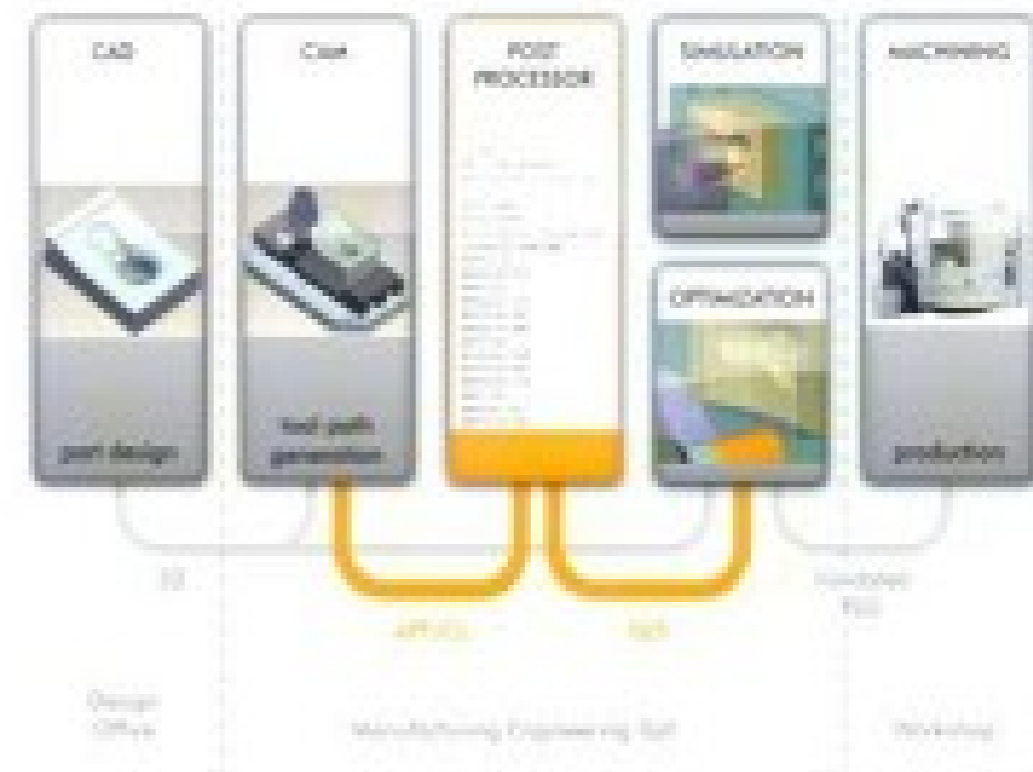
Das Optimizer-Problem eines Postprozessors ist ähnlich anspruchsvoll wie bei einem Compiler: **Eine automatische 3D-Mustererkennung zur Nutzung maschinen-spezifischer Zyklen wäre notwendig...**



Tendenziell wird in absehbarer Zeit eher die **Integration** von Maschinen-Spezifika, Postprozessor und CAM-Programmiersplatz verbessert



**Interessante R&D-Baustelle**, aber noch weit von der Marktreife entfernt.

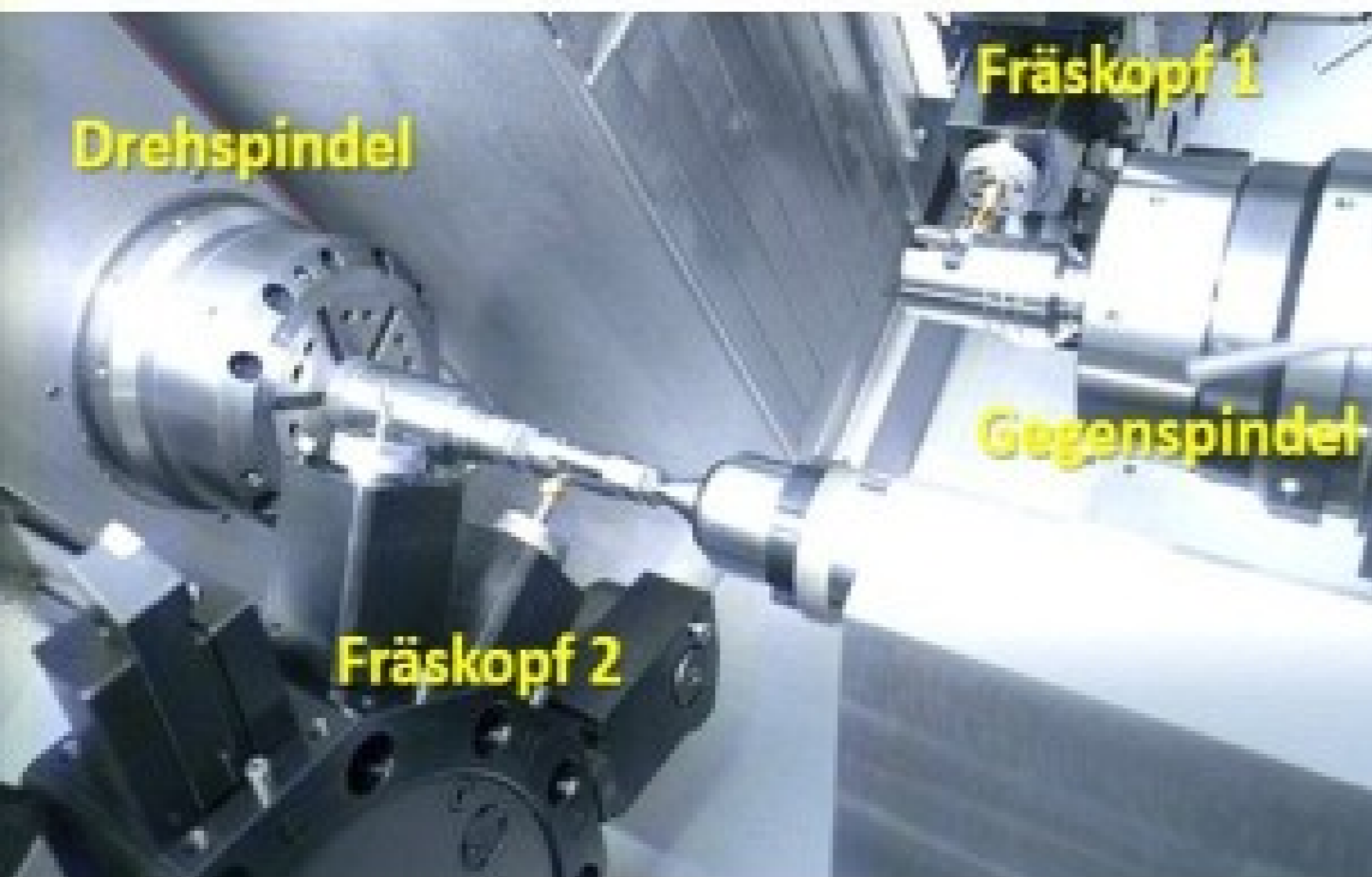


# Mehrspindler und Multifräser

Weitere Parallele zu klassischer Software-Entwicklung: **Mehr-Kanal-Programmierung**, d.h. die gleichzeitige Abarbeitung mehrerer NC-Programme



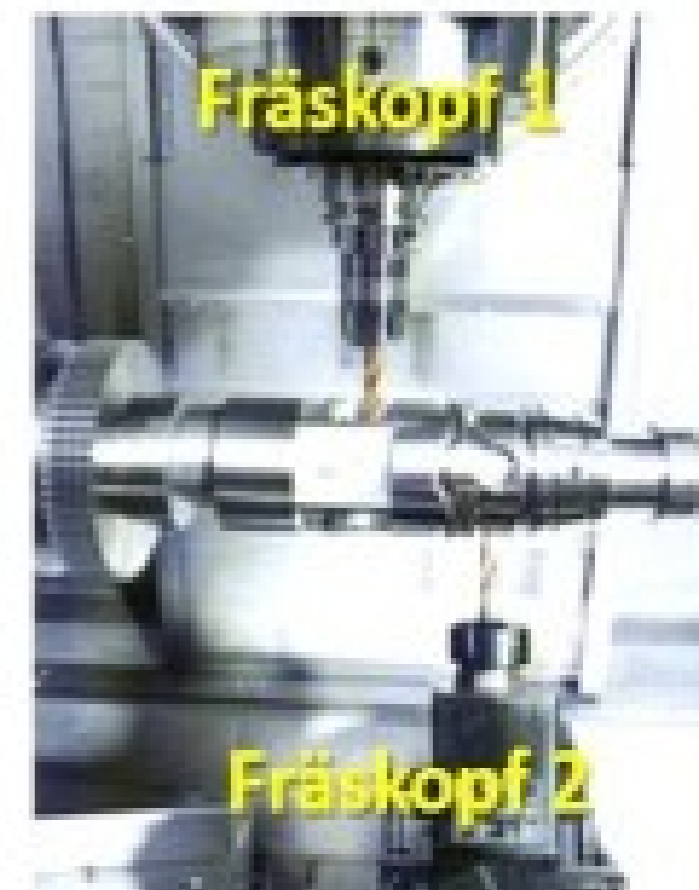
**Multi-Threading**



Synchronisationsmarker  
im NC-Code



Semaphore



# Zwischenstand

---

**Fazit:** Das etablierte System der Maschinenprogrammierung zeigt direkte Parallelen zur klassischen Software-Entwicklung.



**Kontinuierlich steigender Bedarf an Software-Methodik und High-Level-Struktur auch in der Industrie.**

**Problem:** Viele CAD/CAM-Werkzeuge und Teile der Prozesskette sind kaum auf diese wachsenden Anforderungen vorbereitet...

# Eine neue Ära

Ein Beispiel: Additive Herstellungsverfahren erfahren zur Zeit eine große Aufmerksamkeit

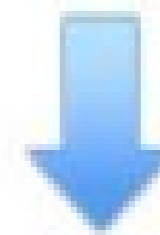
3D-Drucker

Rapid Prototyping

Lasersinter



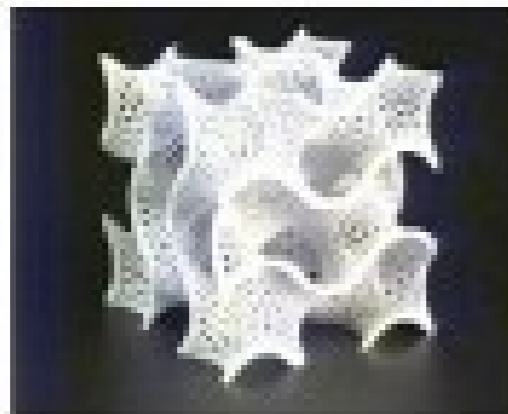
Scheinbar auf Knopfdruck entstehen vollautomatisch die komplexesten Geometrien...



Ende der klassischen Produktion?

# Werkstückgröße und Wirtschaftlichkeit

**Skalen-Argument:** Ein signifikanter Unterschied zwischen subtraktiver und additiver Fertigung ist das unterschiedliche Zeitverhalten, welches beim **additiven** 3D-Drucker kubisch mit der Werkstückgröße skaliert.



Doppelte Größe  
→



etwa  $2^3=8$ -facher  
Zeit- und Materialbedarf



Prinzipielle Eigenschaft additiver Verfahren, die ein Volumen aufbauen



# Werkstückgröße und Wirtschaftlichkeit



Bei **subtraktiver** Herstellung ist dagegen der Zeitbedarf primär von der auszuarbeitenden **Oberfläche** abhängig. Durch optimale Werkzeugwahl ist zwischen großen und kleinen Werkstücken kein signifikanter Zeitunterschied. Viel Zeit benötigt dagegen das Fräsen vieler kleiner Details.



Doppelte Größe  
↑



Linearer bis quadratischer Zeitaufwand.

# 3D-Drucker

Die Steuerung des Druckkopfes findet bei einem typischen 3D-Drucker über eine zu Werkzeugmaschine analog interpolierende 3-Achsen-Steuerung statt, die den Druckkopf positioniert.

3D-Drucker

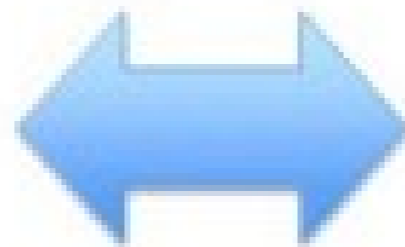
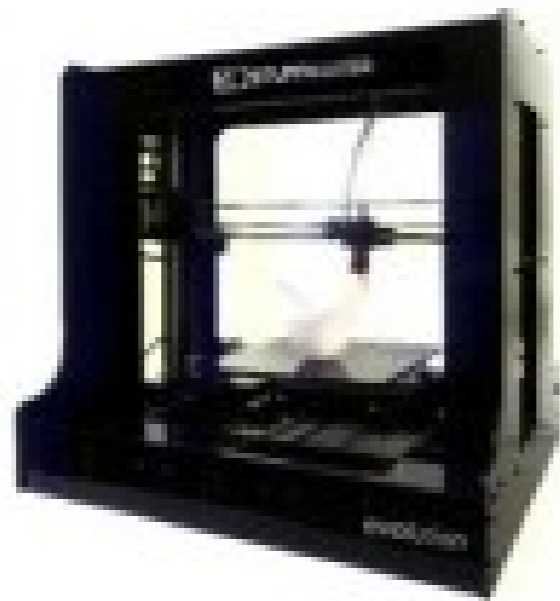


„3-Achs-Werkzeugmaschine“  
mit einem einzelnen Werkzeug



# Komplementäre Produktion

Additiver 3D-Druck und subtraktive spanende Herstellungsverfahren sind also keine direkten Konkurrenten, sondern komplementär zu sehen:



- **Komplexität** kostet keine Zeit, dafür **Bauteilgröße** kubisch
- Sehr flexibel in den **Formen**
- Kaum **Rüstaufwendungen**

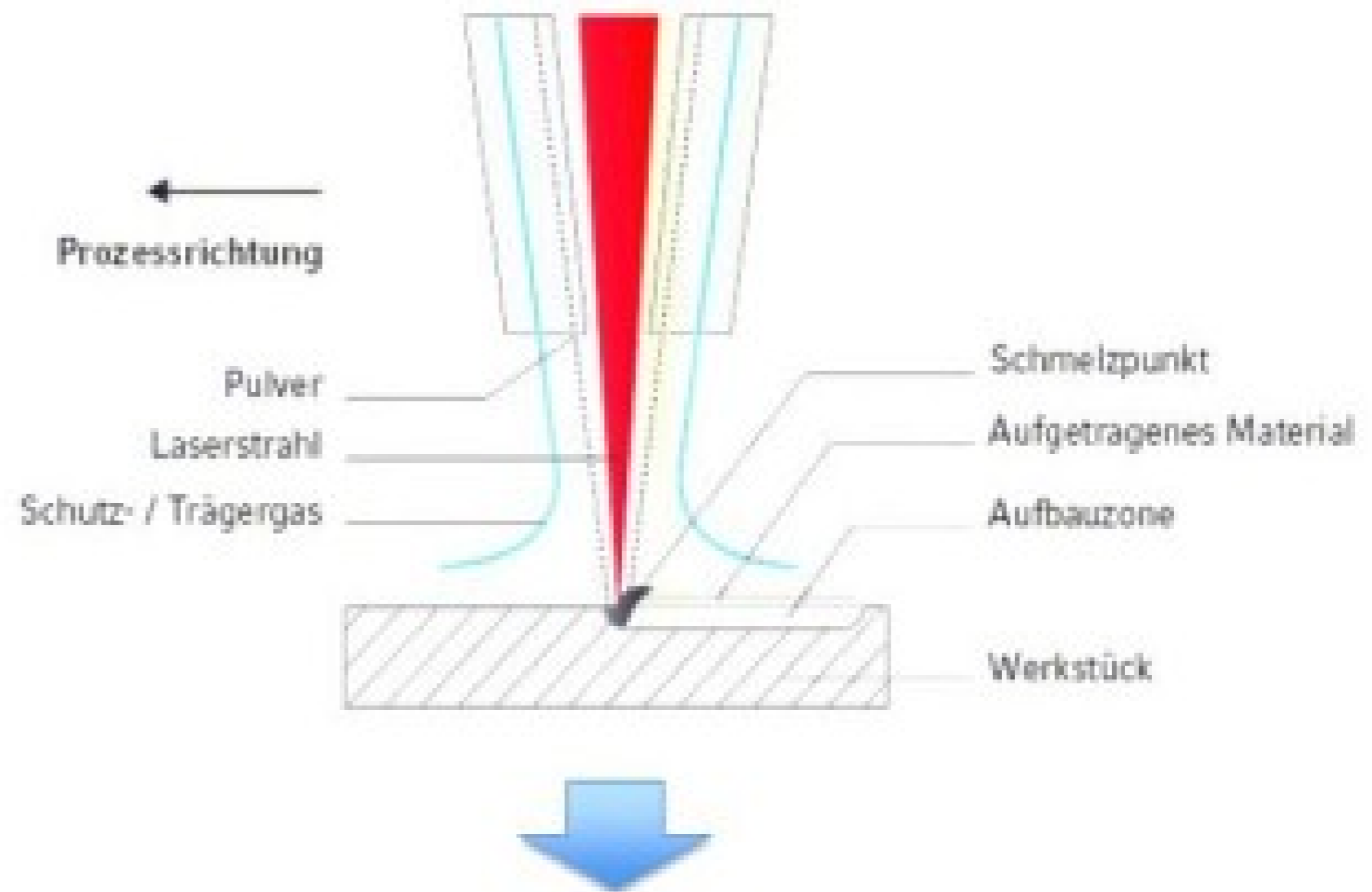
- **Komplexität** sehr zeitaufwendig, **Bauteilgröße** relativ unwichtig
- **Formen** eingeschränkt durch Werkzeugzugänglichkeit
- Hoher **Rüstaufwand**

# Fräsen und Drucken

**Zusammenwachsende Technologien:** Additive Fertigung in Form von Laserauftragsschweißen gibt es inzwischen auch bei Fräsmaschinen:



Konzeptstudie  
(Hausausstellung Pfronten 02/2014)



**Verbindung von 3D-Druck mit Präzisionsfräsen**

# Fräsen und Drucken



**LASERAUFTRAGSSCHWEISSEN**  
1: Grundaufbau des Gehäuseringes



**LASERAUFTRAGSSCHWEISSEN**  
2: Generieren des Bundes ohne Stützgeometrie



**FRÄSBEARBEITUNG**  
3: Einbringen der Flanschbohrungen



**LASERAUFTRAGSSCHWEISSEN**  
4: Aufbau des Trichters



**LASERAUFTRAGSSCHWEISSEN**  
5: Aufbau der 12 Anschlussstutzen



**FRÄSBEARBEITUNG**  
6: Fräsen der kompletten Innenkontur

Siehe <http://www.youtube.com/watch?v=9Hdz2p15dA>

# Fräsen und Drucken



LASERAUFTRAGSCHWEISSEN  
1. Grundaufbau des Gehäusemages



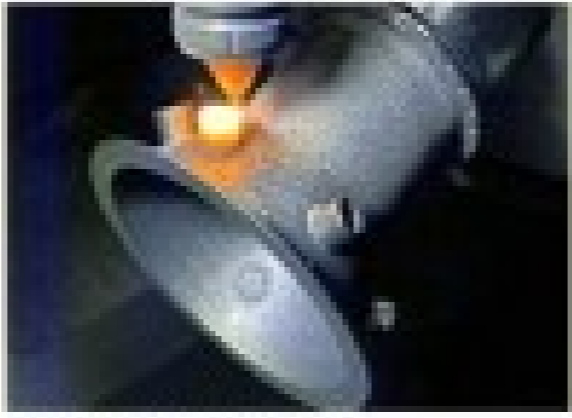
LASERAUFTRAGSCHWEISSEN  
2. Generieren des Bundes ohne Stützgeometrie



FRÄSARBEITUNG  
3. Erörtern der Flanschrundungen



LASERAUFTRAGSCHWEISSEN  
4. Aufbau des Trichters



LASERAUFTRAGSCHWEISSEN  
5. Aufbau der 12 Anschlusslöcher



FRÄSARBEITUNG  
6. Fräsen der kompletten Innenkontur

Stichwörter: [https://www.youtube.com/watch?v=s9ldZ2pl5dA](#)

©-Code der CNC-Assembler im 21. Jahrhundert  
01. Beginn Juni - 23. Juli 2014 - TNG Big Tech Day 7



Cookies helfen uns bei der Bereitstellung unserer Dienste. Durch die Nutzung unserer Dienste erklärst du dich mit dem Einsatz von Cookies einverstanden.



OK



Hochladen

Anmelden



0:54 / 5:24

### Hybrid ( Additive and Subtractive manufacturing) machine by D...

dmgmoriseklusa 81 Videos

130.473 Aufrufe

Abonnieren 1.430

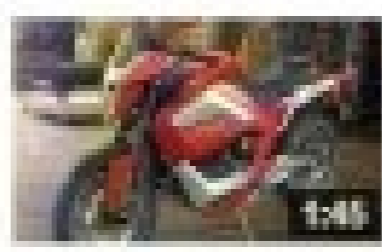
650 5

Mag ich

Info

Teilen

Hinzufügen



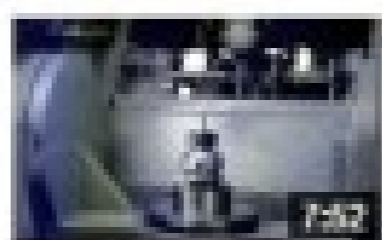
Überzeugende Fotos von ANZE... von INED Solutions 13.725 Aufrufe



WFL M60 MillTurn Complete Crankshaft Machining - von MARTECHono 275.255 Aufrufe



Weird and crazy machines von FunnyWebPlace 1.429.721 Aufrufe



ULTRASONIC von DMG MORI SEKI Media 9.733 Aufrufe



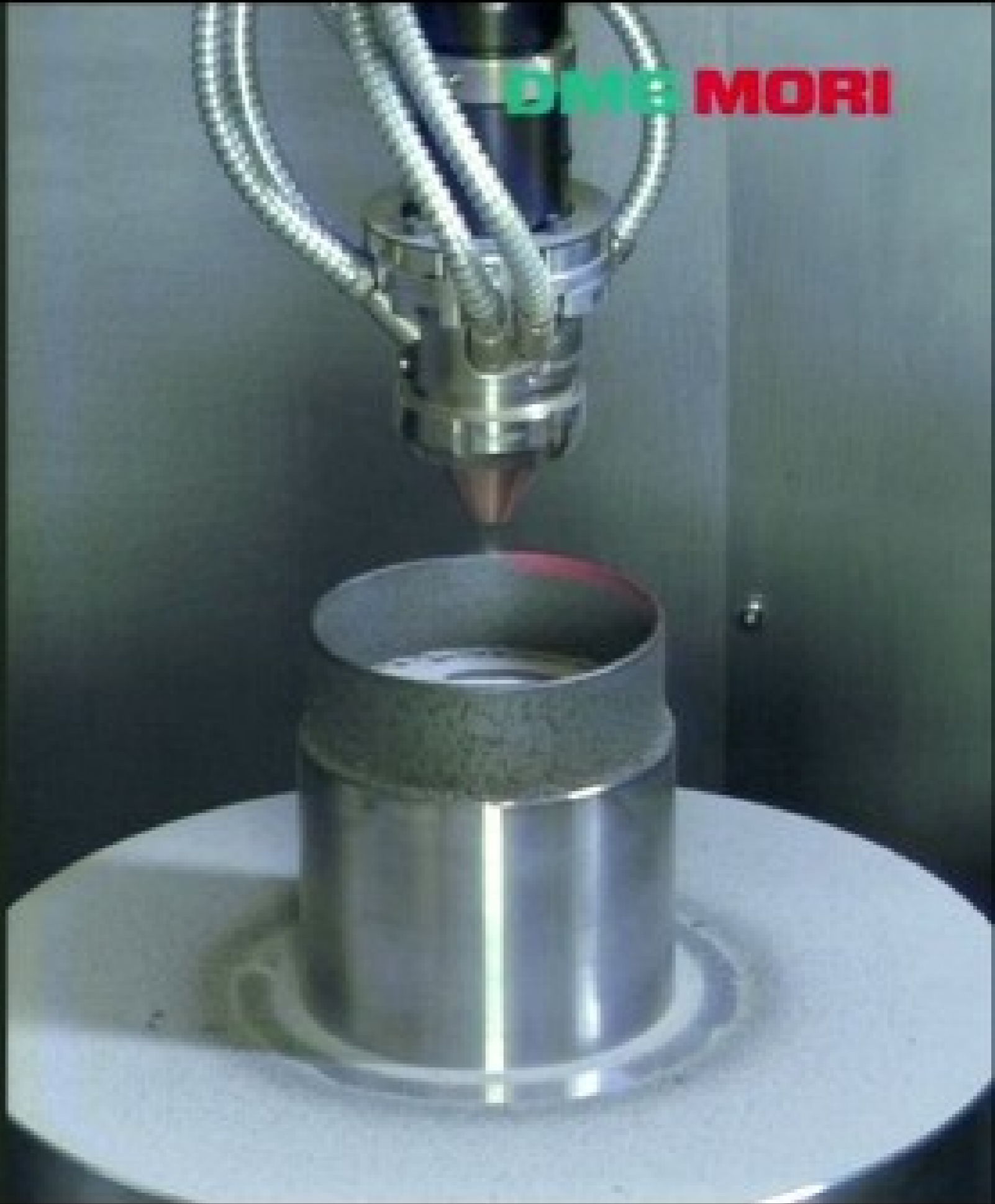
DMG MORI XXL: Installation DMU 600 P von DMG MORI SEKI Media 9.759 Aufrufe



Combo 5-axis CNC Cylinder Head & Block Machining center: von CentroidCNC 159.908 Aufrufe

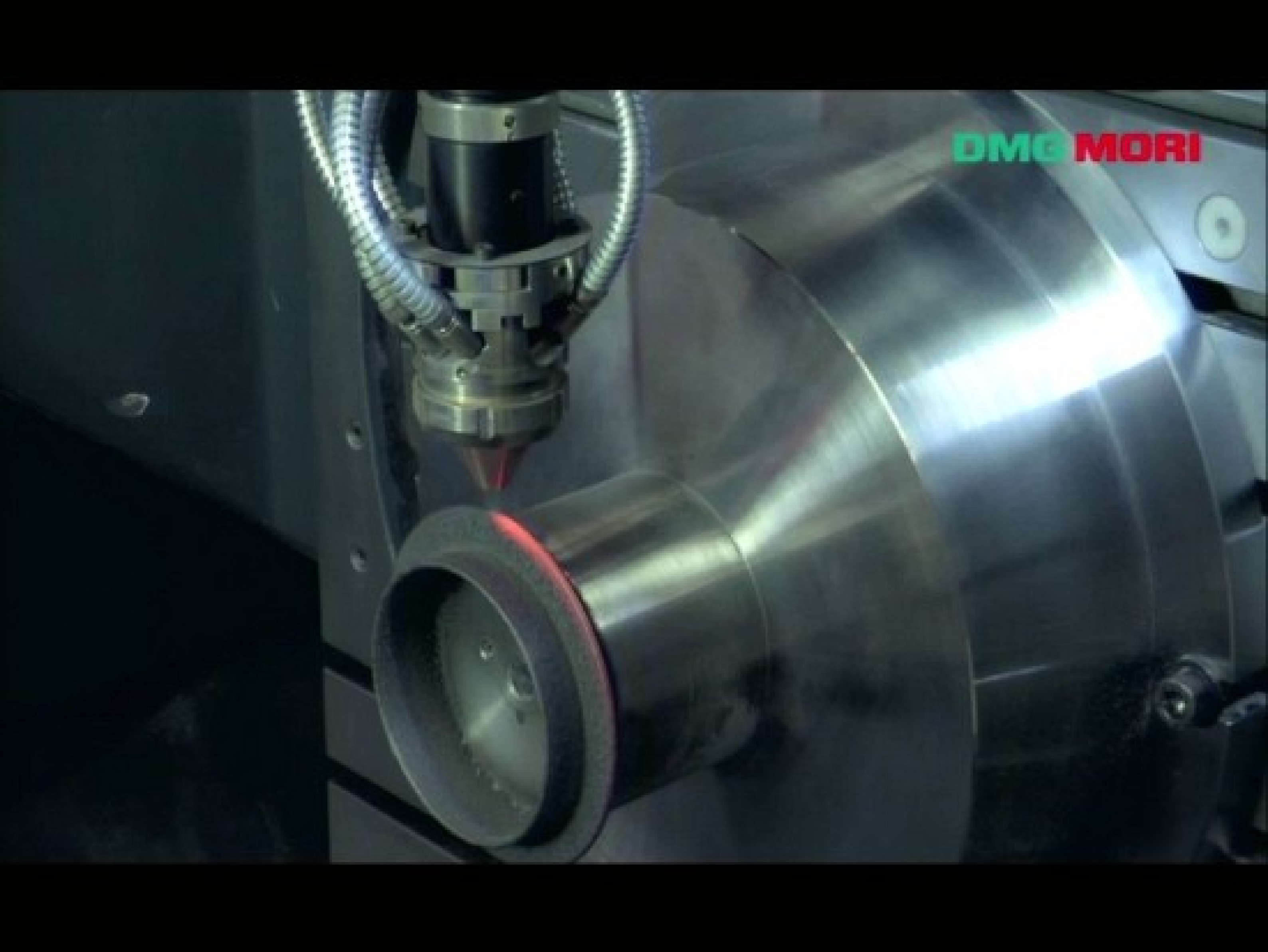


Hebo Machines - 'The Money Machine 2' von HEBO Machines 9.977.884 Aufrufe

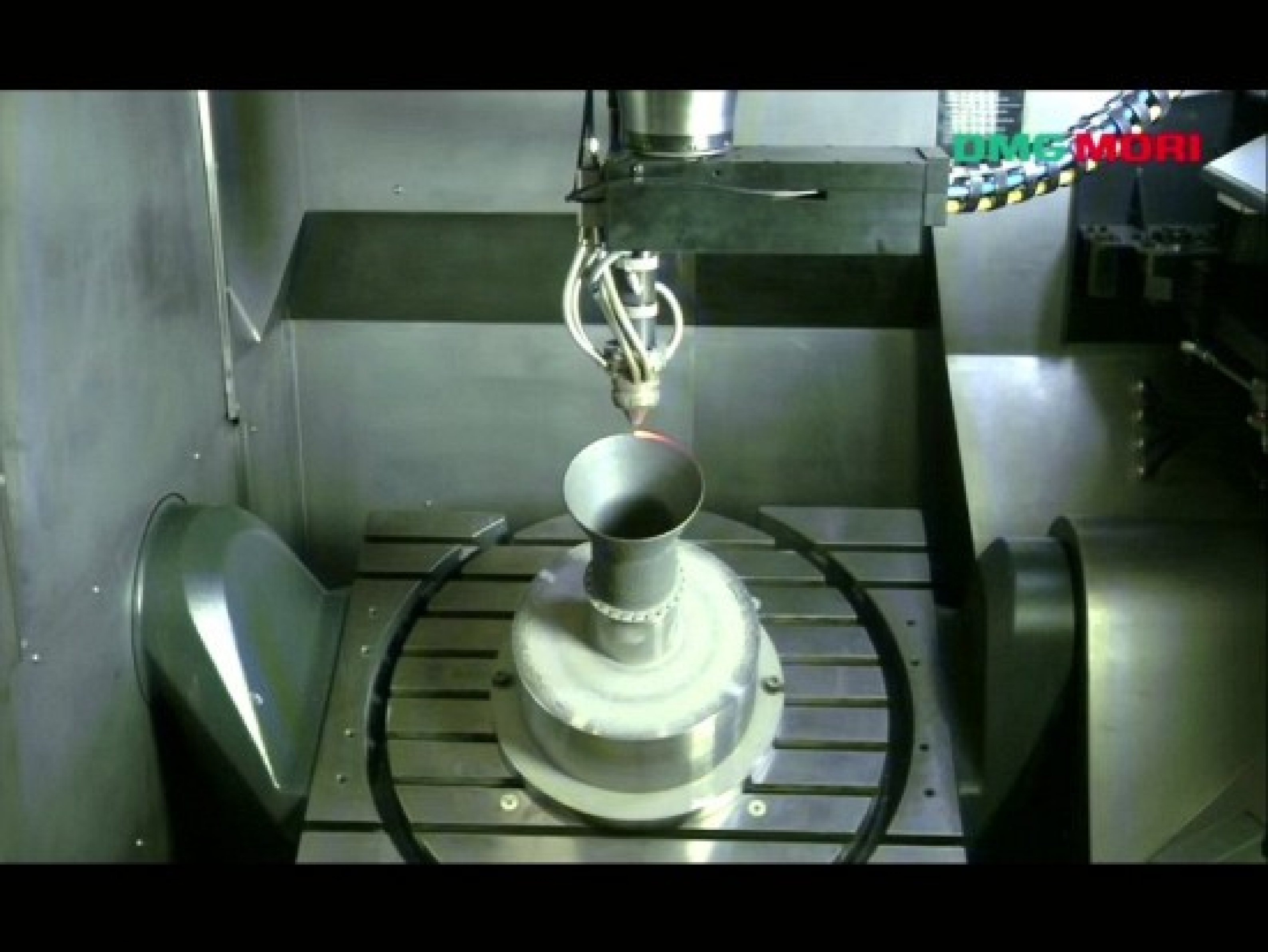




**DMG MORI**



DING MORI





**Generative Fertigung eines kompletten Turbinengehäuses  
aus Edelstahl in Fertigteilqualität**



**Laserauftragen mit integrierter Fräsbearbeitung**

Fertigung komplexer Bauteile auch mit Hinterschnitt



## Laserauftragen mit integrierter Fräsbearbeitung

Fertigung komplexer Bauteile auch mit Hinterschnitt

# Fräsen und Drucken



LASERAUFTRAGSCHWEISSEN  
1 Grundaufbau des Gehäusemages



LASERAUFTRAGSCHWEISSEN  
2 Komplettieren des Bundes ohne Stützgeometrie



FRÄSARBEITFUND  
3 Einbringen der Flanschröhlingen



LASERAUFTRAGSCHWEISSEN  
4 Aufbau des Trichters



LASERAUFTRAGSCHWEISSEN  
5 Aufbau der 12 Anschlussstellen



FRÄSARBEITFUND  
6 Fräsen der kompletten Innenkontur

Siehe <https://www.youtube.com/watch?v=s9ldZ2pl5dA>

©-GDKK der CNC-Assembler im 21. Jahrhundert  
©1 Beginn Juni - 23. Juli 2014 - TNG Big Tech Day 7



# Fräsen und Drucken



**LASERAUFTRAGSSCHWEISSEN**  
1: Grundaufbau des Gehäuseringes



**LASERAUFTRAGSSCHWEISSEN**  
2: Generieren des Bundes ohne Stützgeometrie



**FRÄSBEARBEITUNG**  
3: Einbringen der Flanschbohrungen



**LASERAUFTRAGSSCHWEISSEN**  
4: Aufbau des Trichters



**LASERAUFTRAGSSCHWEISSEN**  
5: Aufbau der 12 Anschlussstutzen



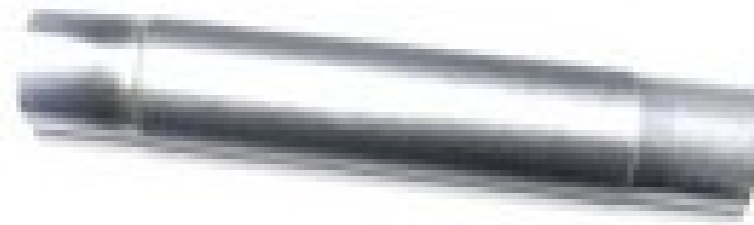
**FRÄSBEARBEITUNG**  
6: Fräsen der kompletten Innenkontur

Siehe <http://www.youtube.com/watch?v=9Hdz2p15dA>

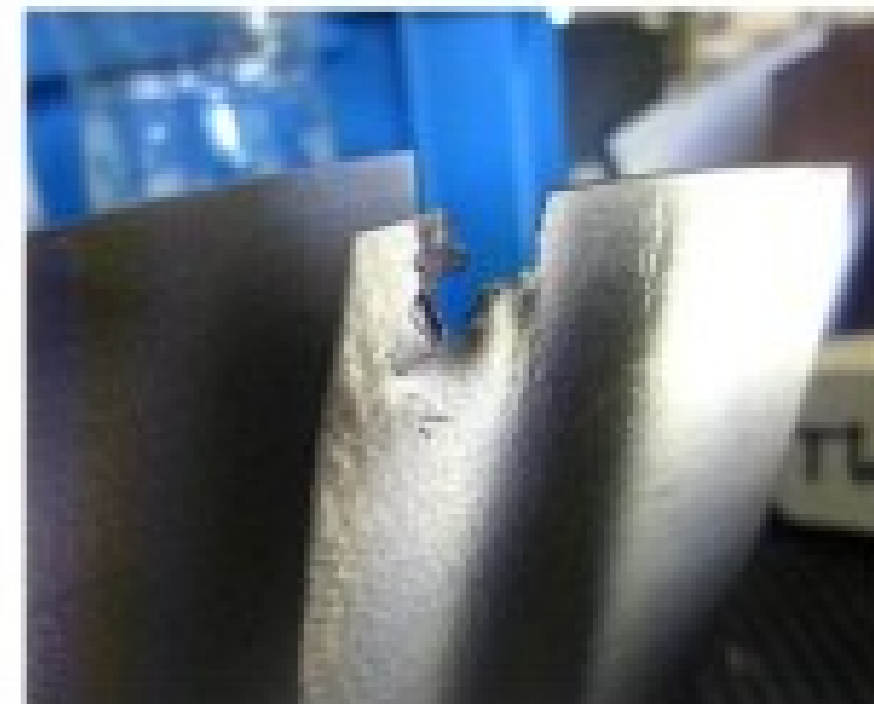
# Neue Möglichkeiten

Derartige Hybrid-Verfahren eröffnen ganz neue Möglichkeiten:

- **Unterschiedliche Materialien im gleichen Werkstück**



- **Hochpräzise Fräsbearbeitungen an später unzugänglichen Positionen**
- **Wiederinstandsetzung / Reparatur von Verschleißteilen**



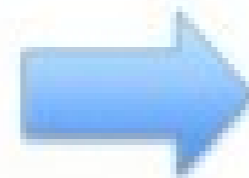


# G-Code Basics

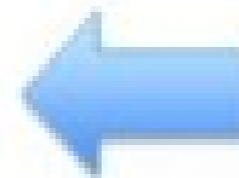
**Aber:** Bislang sind in der Produktion übliche CAD/CAM-Tools etc. noch überhaupt nicht auf eine Fusion von additiven und subtraktiven Fertigungsprozessen ausgelegt.



Triviale  
Bahnerzeugung  
da keine  
Randbedingungen

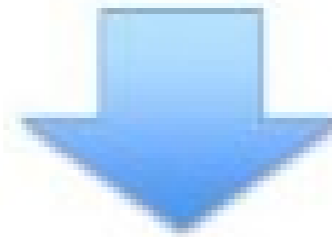


G-Code++

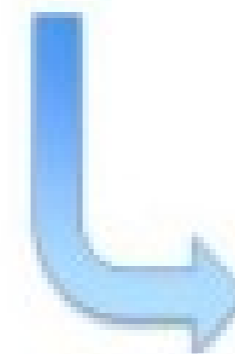


Aufwendige  
Bahnerzeugung  
mit etablierter  
Prozesskette

# G-Code Basics



In der Produktion von morgen werden **Hersteller-übergreifende Software-Schnittstellen** der Schlüssel zum Erfolg, denn nur so wird eine immer weiter fortschreitende Integration überhaupt möglich.



## Interesse geweckt?

