

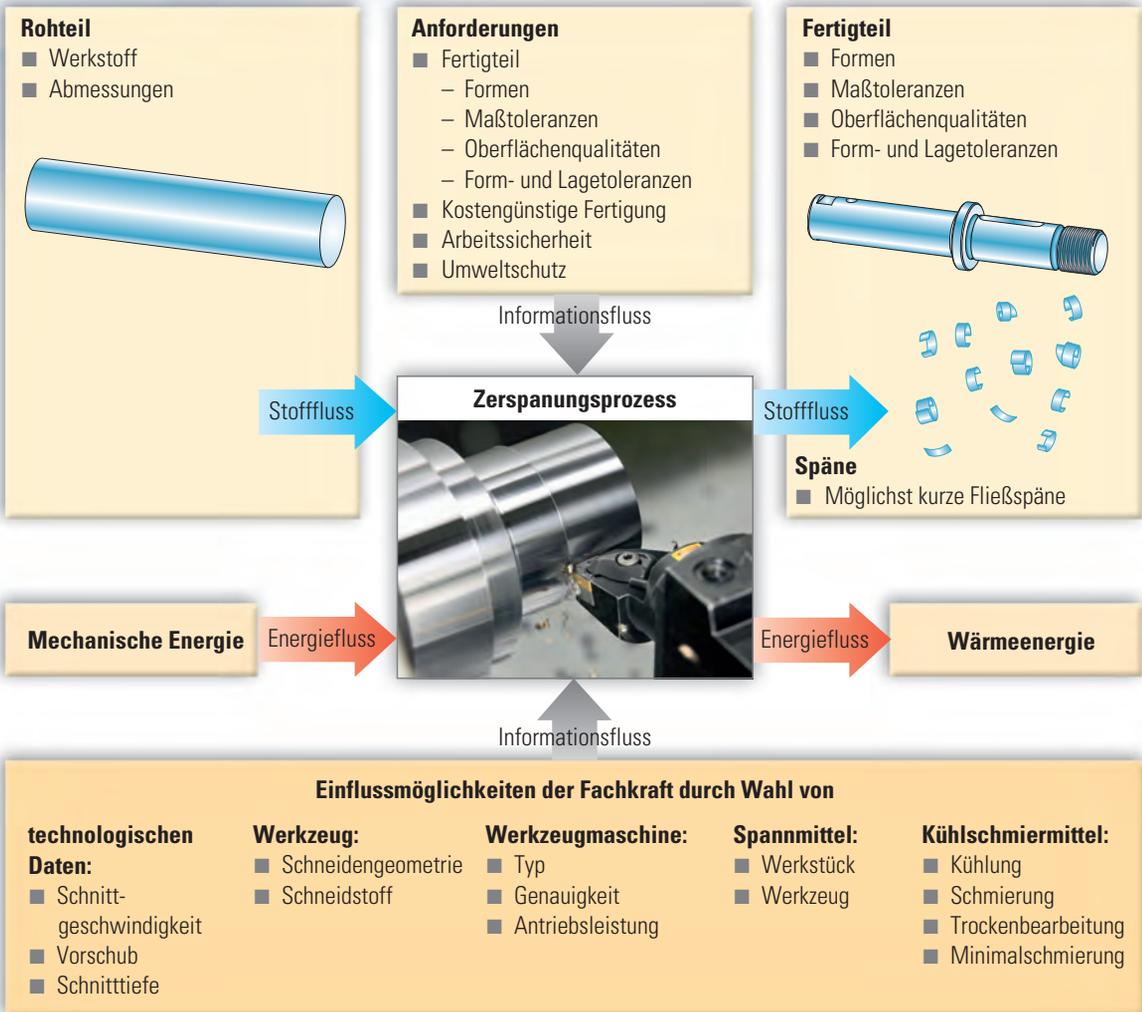
# Lernfeld 5: Formgebung von Bauelementen durch spanende Fertigung



In den Lernfeldern 1 und 2 haben Sie grundlegende Kenntnisse zur Fertigung von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen oder mit Maschinen erworben. Darauf aufbauend befassen Sie sich in diesem Lernfeld damit, unter Berücksichtigung des Arbeits- und Umweltschutzes Bauelemente des Werkzeug-

baus aus verschiedenen Werkstoffen auf Werkzeugmaschinen herzustellen. Zur Feinbearbeitung der Werkstücke lernen Sie dabei als neues Fertigungsverfahren das Schleifen kennen. Grundlage Ihres Arbeitsauftrags wird in den meisten Fällen eine Fertigungszeichnung sein. Dieser entnehmen Sie die Informationen, die Sie benötigen,

um die erforderlichen Fertigungsverfahren und Fertigungsschritte festzulegen. Sie erstellen Arbeitspläne, wählen geeignete Spannmittel aus und richten die Maschine ein. Schließlich entwickeln Sie Prüfpläne und wählen die geeigneten Prüfmittel aus. Bei all diesen Tätigkeiten beachten Sie die Wirtschaftlichkeit Ihrer Entscheidungen.

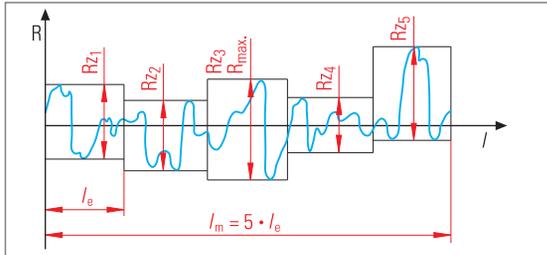


### Gemittelte Rautiefe $R_z$ (average peak-to-valley height)

Zur Bestimmung der gemittelten Rautiefe  $R_z$  wird die Messstrecke in fünf gleiche Teilstücke unterteilt. Für jedes Teilstück wird der Abstand zwischen dem jeweils größten und kleinsten Messwert berechnet (Bild 1).

Anschließend wird der Mittelwert für die Gesamtmessstrecke bestimmt. Die Formel dazu lautet:

$$R_z = \frac{R_{z1} + R_{z2} + R_{z3} + R_{z4} + R_{z5}}{5}$$

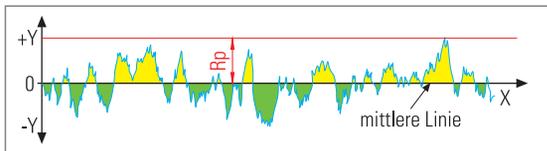


1 Gemittelte Rautiefe  $R_z$

$R_z$  sollte bei Profil-„Ausreißern“ (einzelne Extremwerte) nicht hinzugezogen werden, wenn dies zu Störungen im Betrieb führen kann. Problematisch sind Dichtflächen und Bauteile, die dynamisch belastet werden. Tiefe Riefen schwächen das Bauteil. Hohe Spannungen im Kerbgrund können zur Rissbildung bis hin zur Zerstörung des Bauteils führen. Tiefe Kerben führen auch zu Undichtigkeiten.

### Glättungstiefe $R_p$ (smoothing depth) und gemittelte Glättungstiefe $R_{p_m}$ (average smoothing depth)

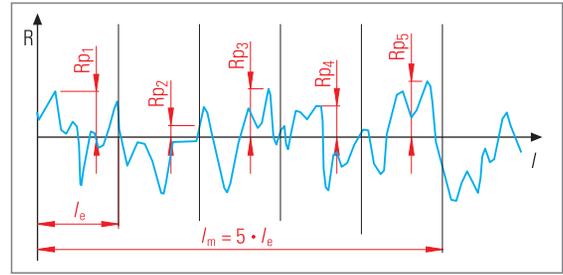
Die Bestimmung der „mittleren Linie“ erfolgt durch die Berechnung der Flächen der Profil-„Berge“ und der Profil-„Täler“ (Bild 2). Die „mittlere Linie“ teilt die Flächenanteile so auf, dass die oberhalb liegenden Anteile – im Bild gelb – gleich den untenliegenden Flächen – im Bild grün – sind. Eine Aussage bezüglich der Profilspitzen und der Profilform lässt sich mithilfe der Glättungstiefe  $R_p$  treffen.  $R_p$  ist der Wert für den Abstand von der größten Spitzenhöhe bis zur „mittleren Linie“.



2 Glättungstiefe  $R_p$

Die Aussagekraft wird verbessert, wenn die Messstrecke in fünf gleiche Abschnitte aufgeteilt wird und für jeden Abschnitt eine Glättungstiefe ( $R_{p1} \dots R_{p5}$ ) ermittelt wird (Bild 3). Der Mittelwert dieser Messwerte ergibt die **gemittelte Glättungstiefe**  $R_{p_m}$ . Sie wird mit der folgenden Formel berechnet:

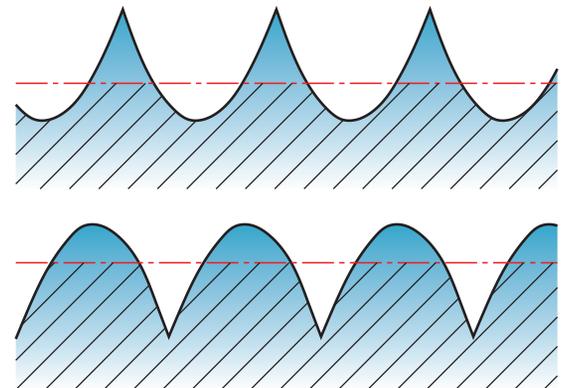
$$R_{p_m} = \frac{R_{p1} + R_{p2} + R_{p3} + R_{p4} + R_{p5}}{5}$$



3 Gemittelte Glättungstiefe  $R_{p_m}$

Häufig wird die Bezeichnung  $R_{p1}, R_{p2}, \dots$  verkürzt zu  $p_1, p_2, \dots$  („p“ steht hier für das englische Wort *peak*: „Bergspitze“). Eine idealisierte Annahme geht davon aus, dass die Profil-„Berge“ durch plastische Umformung im Betriebszustand in die Profil-„Täler“ umgelagert werden. Folglich ist  $R_{p_m}$  bedeutsam für die Beurteilung von Lager- und Gleitflächen.

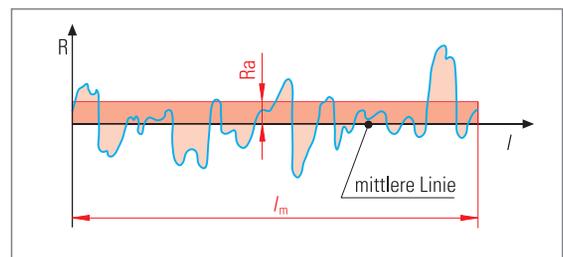
**Anwendung:** Lagerflächen sollten keine Profilspitzen vorweisen, einzelne Riefen sind jedoch erwünscht, Presssitze sollen eine große Berührungsfläche haben, was mit einem rundkämmigen Profil gut gelingt. Eine Aussage über die Profilform macht das Verhältnis  $R_{p_m}/R_z$ . Grob lässt sich sagen, dass für  $R_{p_m}/R_z < 0,5$  ein rundkämmiges Profil (Bild 4 unten) vorliegt. Werte für  $R_{p_m}/R_z > 0,5$  weisen auf spitze Profilformen hin (Bild 4 oben).



4 Profile mit unterschiedlichen Glättungstiefen  $R_p$

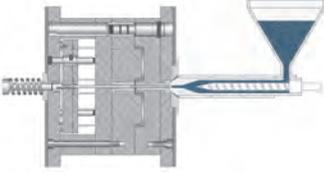
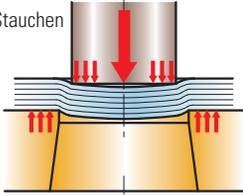
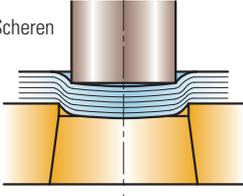
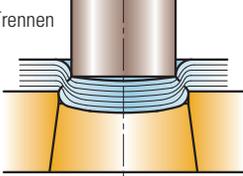
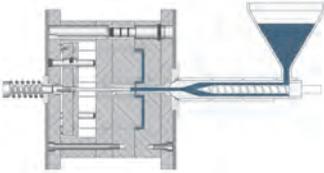
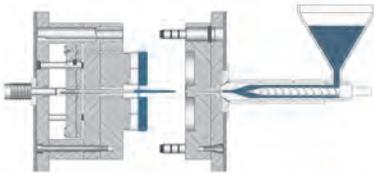
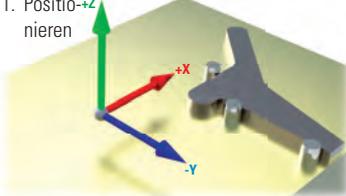
### Arithmetischer Mittenrauwert $R_a$ (average roughness)

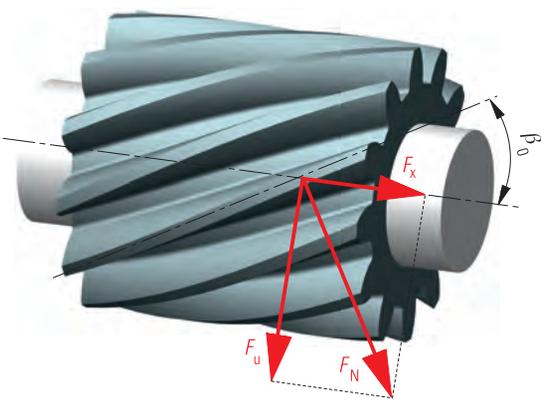
Der Mittenrauwert  $R_a$  stellt die mittlere Abweichung des Profils von der „mittleren Linie“ dar.



5 Mittenrauwert  $R_a$

# 1 Systeme und Teilsysteme des Werkzeugbaus

	Schneidwerkzeug	Spritzgießform	Vorrichtung
<b>Produkt</b>			
<b>Werkzeug bzw. Vorrichtung</b>			
<b>Funktionsprinzip</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stauchen </li> <li>2. Scheren </li> <li>3. Trennen </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Füllen der Form </li> <li>2. Entformen des Produkts </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Positionieren </li> <li>2. Spannen </li> </ol>
	<p>Der Schneidstempel setzt auf das Blech auf. Zunächst biegt es sich elastisch und dann plastisch durch. Beim Eindringen des Stempels in das Blech wird dessen Scherfestigkeit überschritten. Es bilden sich zuerst Risse, die von der Schneidplattenkante ausgehen. Dann folgen weitere Anrisse, die von der Stempelkante in den Werkstoff laufen. Das Werkstück wird schließlich getrennt und es kommt zur Zipfelbildung. Nach dem Trennvorgang fährt der Stempel nach oben. Dabei muss die Abstreifkraft zwischen Blech und Stempel überwunden werden. Das ausgestanzte Werkstück muss sicher ausgestoßen werden. Danach wird der Blechstreifen um ein festgelegtes Maß verschoben und ein neuer Schneidvorgang beginnt.</p>	<p>Vom Artikel bzw. Produkt sollen 10000 Stück hergestellt werden. Dazu dient eine Dauerform aus Stahl mit Hohlräumen (Kavitäten), in die der Kunststoff eingespritzt wird. Dieses Herstellungsverfahren heißt Spritzgießen. Am Beispiel des Spritzgießens werden die Grundlagen der Urformverfahren des Formenbaus erläutert, die auch für andere Urformverfahren gelten.</p> <p>Um das Bauteil durch Urformen herzustellen, muss folgender Prozess durchlaufen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bereitstellen und Aufbereiten des Produktwerkstoffs</li> <li>■ Schließen und Zuhalten der Dauerform</li> <li>■ Füllen des Formhohlraums</li> <li>■ Erstarren des Artikels in der Form</li> <li>■ Öffnen der Form</li> <li>■ Entformen des Produkts</li> </ul>	<p>Vorrichtungen dienen in der Serienfertigung zur kostengünstigen Herstellung von Produkten. Sie werden z. B. bei spanender Fertigung und der Montage eingesetzt. In allen Fällen dienen sie zum</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Positionieren und</li> <li>■ Spannen von Werkstücken.</li> </ul> <p>Ergänzende Aufgaben können das</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Stützen und</li> <li>■ Führen von Werkstücken sein.</li> </ul> <p>Nachdem das Werkstück in seiner Lage über Bestimmelemente vollpositioniert und über Spannelemente sicher fixiert ist, erfolgt seine Bearbeitung. Die dabei auftretenden Kräfte sollen möglichst von den formschlüssigen Bestimmelementen aufgenommen werden.</p>



1 Normalkraft, axiale Kraft und Umfangskraft am schrägverzahnten Stirnrad

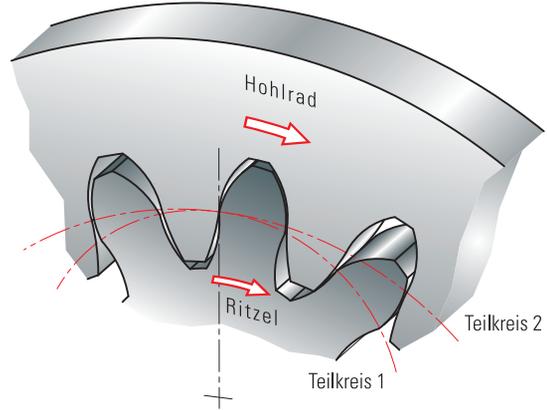
- bessere Laufruhe (*quiet running*) und geringere Geräuschentwicklung, weil mehrere Zähne gleichzeitig im Eingriff sind und jeder Zahn allmählich eingreift
- deshalb sind größere Umfangskräfte und höhere Umdrehungsfrequenzen möglich

**Nachteilig** sind

- die entstehenden Axialkräfte und
- die höheren Fertigungskosten (*high manufacturing costs*)

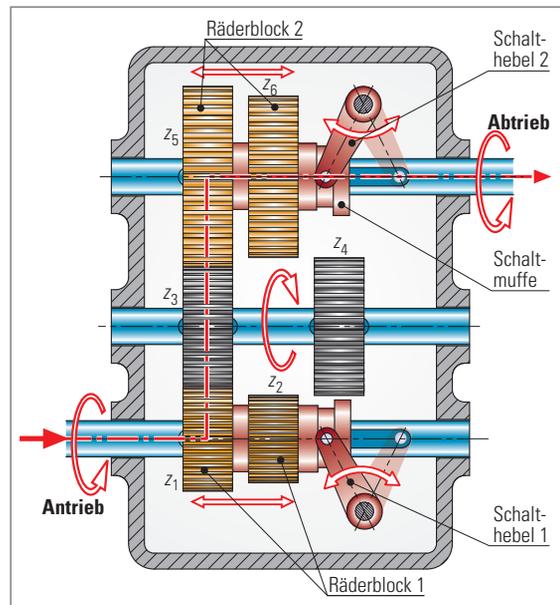
**Außen- und Innenverzahnung** (*external teeth and internal gearing*)

Am **Hohlrad** (*center gear*) (Bild 2) sind die Zähne innen angebracht. Der Achsabstand vom innenverzahnten Hohlrad und außenverzahnten Ritzel (*pinion gear*) ist kleiner als bei vergleichbaren Außenverzahnungen. Es sind mehr Zähne im Eingriff, wodurch größere Drehmomente übertragbar sind. Hohlrad und Ritzel besitzen die gleiche Drehrichtung.



2 Innenverzahnung mit Hohlrad, Außenverzahnung mit Ritzel

**Stirnradgetriebe** (*spur gears*)



4 Schieberadgetriebe

**2.3.3.5 Getriebearten** (*kinds of gears*)

Die Lage der Zahnradachsen und die gewünschten Funktionen bestimmen die jeweilige Getriebeart (Bild 3).

Stirnräder	Zahnrad und Zahnstange	Kegelräder	Schnecke und Schneckenrad
Achsen liegen parallel	Achsen liegen parallel	Achsen schneiden sich	Achsen kreuzen sich
Verschiedene Drehrichtungen von Antriebs- und Abtriebsrad	Wandlung der Drehbewegung in eine geradlinige und umgekehrt	Achsen können sich unter beliebigen Winkeln schneiden	Sehr große Übersetzungen ins Langsame möglich

3 Getriebearten (Überblick)

## 1.2 Bezugspunkte im Arbeitsraum der CNC-Maschine

Um die Lage des Werkstücks und die jeweilige Position des Werkzeugs im Koordinatensystem der CNC-Maschine bestimmen zu können, müssen entsprechend definierte Punkte<sup>1)</sup> an der Maschine bzw. in deren Arbeitsraum vorhanden sein. In Abhängigkeit von diesen Punkten kann dann z. B. die Werkzeugposition bestimmt und kontrolliert werden.

### 1.2.1 Maschinennullpunkt

Der Maschinennullpunkt (*machine zero point*) wird vom Hersteller der Maschine festgelegt. Von ihm aus wird die Maschine vermessen und überprüft. Er ist der Ursprung des Maschinenkoordinatensystems und kann vom Anwender nicht verändert werden. Bei Drehmaschinen liegt er meist auf der Mitte und an der Vorderseite der Arbeitsspindel, wo das Drehbackenfutter befestigt ist (Bild 1).

### 1.2.2 Referenzpunkt

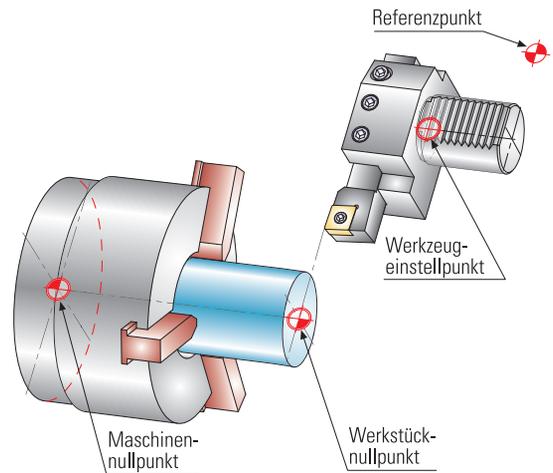
Der Referenzpunkt (*reference point*) dient dazu, die Lage des Werkzeugs im Maschinenkoordinatensystem zu bestimmen. Das kann nach dem Anschalten der Maschine oder nach einer Kollision erforderlich sein. Oft kann der Maschinennullpunkt (*machine zero point*) vom Werkzeug nicht angefahren werden. Daher ist es vorteilhaft, einen anderen Punkt (den Referenzpunkt) festzulegen, der von der Steuerung direkt anzufahren ist. Die Lage des Referenzpunkts ist auf den Wegmesssystemen (vgl. Kap. 1.5.4) fixiert. Da die Steuerung die Entfernung des Referenzpunktes vom Maschinennullpunkt gespeichert hat, kennt sie nach dem Anfahren des Referenzpunktes die Achspositionen im Maschinenkoordinatensystem.

### 1.2.3 Werkstücknullpunkt

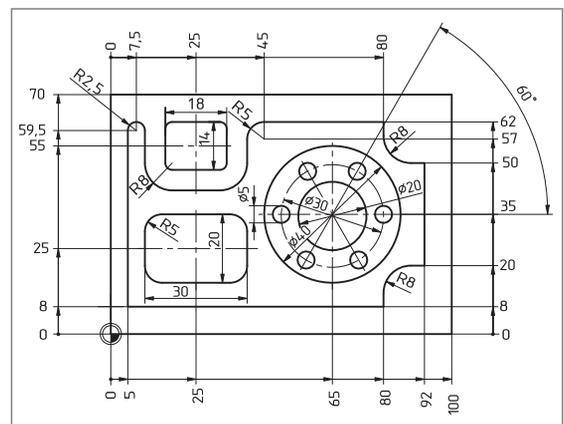
Der Werkstücknullpunkt (*workpiece zero reference point*) ist vom Programmierer frei wählbar und wird an eine sinnvolle Stelle gelegt, von der aus z. B. das gesamte Werkstück bemaßt ist (Bild 2) oder die sich aus fertigungstechnischen Gründen anbietet. Beim Drehen wird er meist an die Stirnfläche gelegt (Bild 3), weil sich die Maße in der Zeichnung auf diese Fläche beziehen. Die Stirnfläche wird beim Drehen meist zuerst geplant, sodass dadurch eine Bezugsfläche entsteht. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass der Programmierer bei negativen Z-Werten erkennt, dass er sich im Werkstückbereich befindet. Dadurch besteht erhöhte Kollisionsgefahr. Wird das Minuszeichen bei der Programmierung versehentlich vergessen, fährt das Werkzeug vom Werkstück weg.

#### **MERKE**

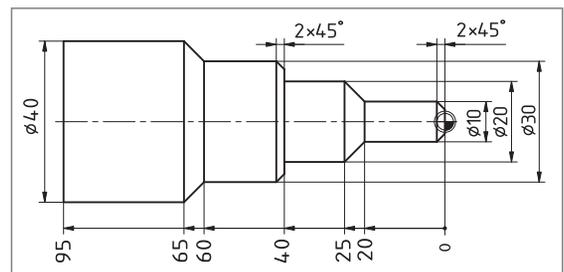
Die Fachkraft legt beim Einrichten der Maschine die Lage des Werkstücknullpunktes fest, der den Ursprung des Koordinatensystems bildet.



1 Nullpunkte an einer CNC-Drehmaschine



2 Frästeil mit Werkstücknullpunkt



3 Drehteil mit Werkstücknullpunkt

### 1.2.4 Werkzeugeinstellpunkt

Bei Drehwerkzeugen (Seite 211 Bild 1) sind die Werkzeuglängen in X- und Z-Achse, ausgehend vom Werkzeugeinstellpunkt (*tool adjusting point*), zu messen. Bei eingesetztem Werkzeug liegt der Werkzeugeinstellpunkt auf der Revolverstirnseite in der Mitte der Werkzeugaufnahme.

Bei Fräsern (Seite 211 Bild 2) werden die Fräserlänge und der Fräseradius, ausgehend vom Werkzeugeinstellpunkt, meist

1) DIN ISO 2806

gen gegenübergestellt. Obwohl unterschiedliche Adressen die Taschenabmessungen definieren, ist das Gemeinsame der Zyklendefinitionen zu erkennen.

**MERKE**

Der grundsätzliche Aufbau von Fräszyklen ist ähnlich. Die Hersteller verwenden für ähnliche Zyklen unterschiedliche Adressbuchstaben.

**Überlegen Sie!**

1. Schreiben Sie für die beiden Rechtecktaschenfräszyklen in Bild 1 einen CNC-Satz für eine Rechtecktasche mit 100 mm Breite, 80 mm Höhe, 20 mm Tiefe und einem Taschenradius von 20 mm, bei dem die einzelne Schnitttiefe 10 mm betragen soll.
2. Welche Informationen benötigt ein Nutenfräszyklus, mit dem waagrechte und senkrechte Nuten gefräst werden können?
3. Entwickeln Sie einen Vorschlag für den Aufbau eines Nutenfräszyklus.

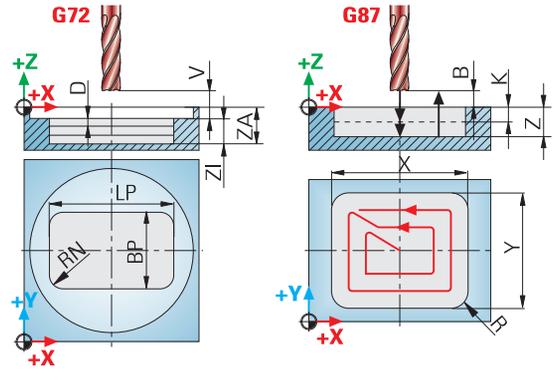
**4.2.5 Programmteilwiederholung**

Mithilfe der **Programmteilwiederholung G23 (partial repeat of programme)** ist es möglich, bestimmte schon vorhandene Programmteile zu wiederholen. Bei der Vorrichtung befinden sich z. B. die fünf Positionen für die Bohrungen  $\varnothing 13,5H13$  und die Senkungen  $\varnothing 20H13$  genau an den gleichen Stellen. Es müssen daher für die Kreistaschenfräszyklen die gleichen Zyklusaufrufe wie für die Bohrzyklen erfolgen. Im Satz N300 ist die erste und letzte Programmzeilennummer der Programmteilwiederholung angegeben. Es besteht meist auch die Möglichkeit, die Anzahl der Wiederholungen zu definieren. Nach der Programmteilwiederholung wird der Satz nach dem Aufruf mit G23 (N310) abgearbeitet.

```
(Bohren der Durchgangsbohrungen  $d = 13,5$  mm)
N180 T3 M6
N190 G0 Z50 S950 F110 M3 M8
N200 G83 ZA-56 D8 V2 W15 DA15
N210 G79 X-30 Y52.5 Z0
N220 G79 X-75 Y35
N230 G79 X-105 Y52.5
N240 G79 X-165
N250 G79 X-220 Y35
N260 G0 Z50 M9
(Fräsen der Senkungen, VHM-Fräser  $d = 16$  mm,  $z = 4$ )
N270 T4 M6
N280 G0 Z50 F800 S2000 M3
N290 G73 ZA-13 R10 D0.7 V2 DH0.7 H14
N300 G23 N210 N250
N310...
```

**MERKE**

Mithilfe der Programmteilwiederholung werden Bereiche des Hauptprogramms wiederholt.



1 Rechtecktaschenfräszyklen von zwei verschiedenen Steuerungen

Mit den folgenden Programmsätzen werden die Zentrierungen 25H7, 5,5 mm tief geschruppt und geschlichtet.

```
(Schruppen der Taschen  $\varnothing 25H7$ , VHM-Fräser  $d = 16$  mm,  $z = 4$ )
N310 G73 ZA-5.5 R12.5 D0.7 V2 AK0.1 AL0.1 O2
N320 G23 N150 N160
N330 G0 Z50
(Schlichten der Taschen  $\varnothing 25H7$ , VHM-Fräser  $d = 16$  mm,  $z = 4$ )
N340 T5 M6
N350 G0 Z50 F640 S1600 M3
N360 G73 ZA-5.5 R12.505 D5.5 V2 O2
N370 G23 N150 N160
N380 G0 Z50
```

**Überlegen Sie!**

1. Was bewirkt der Satz N320?
2. Begründen Sie, warum im Satz N360 die Adresse R12.505 programmiert wurde.

In der **zweiten Aufspannung** der Vorrichtung sind deren Höhe und Kontur sowie die beiden Kreistaschen zu fräsen. In der Zeichnung (Seite 259 Bild 1) sind lediglich die Maße enthalten, die für die Bearbeitung in der zweiten Aufspannung erforderlich sind.

Der Arbeitsplan ist auf Seite 259 im Bild 2 dargestellt. Im ersten Arbeitsschritt wird die Vorrichtung auf die Höhe von 50 mm gefräst. Dazu werden folgende Programmsätze benötigt:

```
N10 G90
N20 G54
N30 G17
(Hauptprogramm: Schlichten der Oberfläche Z0;
Messerkopf  $d = 63$  mm,  $R6$ ,  $z = 4$ )
N40 T1 M6
N50 G0 Z50 F700 S910 M3
N60 X-25 Y17
N70 Z0
N80 G1 X265
N90 G0 Y53
N100 G1 X-25
N110 G0 Z50
```



**1.2.1 Zeitgeführte Ablaufsteuerung**

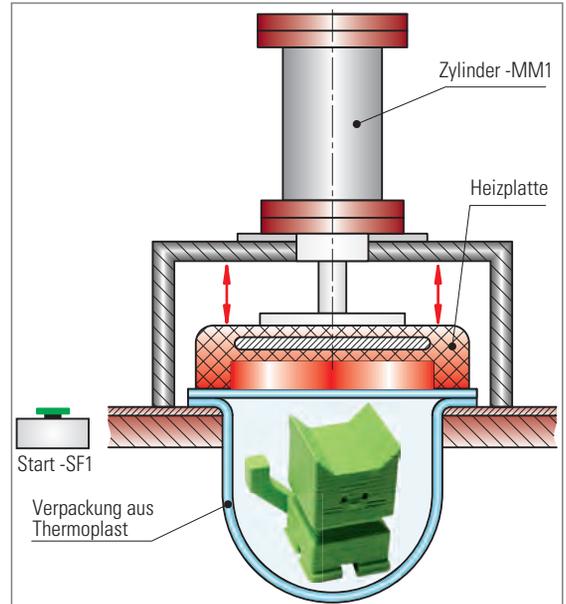
An die Kolbenstange eines doppelt wirkenden pneumatischen Zylinders einer Verpackungsmaschine (*packaging machine*) für Spielzeugfiguren ist eine Heizplatte (*heating plate*) montiert. Diese soll Kunststoffverpackungen aus Thermoplast verschweißen (Bild 1). Betätigt der Maschinenbediener einen Tastschalter -SF1 (*switch*), soll die Kolbenstange mit der Heizplatte ausfahren. Der Schweißvorgang soll je nach Art der Verpackung eine einstellbare (*adjustable*) Zeit von 2...6 Sekunden dauern. Anschließend soll die Kolbenstange des Zylinders wieder selbstständig in die Grundstellung fahren.

Die Verwendung einer Führungs- oder Haltegliedsteuerung scheidet aus zweierlei Gründen aus:

- Der Bediener müsste bei einer solchen Steuerung den Taster (*push button*) während des Schweißvorgangs permanent halten. Dies ist ergonomisch (*ergonomic*) ungünstig und führt zu einer unnötigen Belastung und frühzeitigen Ermüdung des Bedieners.
- Der Bediener muss den Zeitraum von beispielsweise 5 Sekunden messen, um die Qualität der Verschweißung zu gewährleisten.

Der pneumatische Leistungsteil der Anlage entspricht der Grundschialtung (*basic circuit*) eines doppelt wirkenden Zylinders (Bild 2).

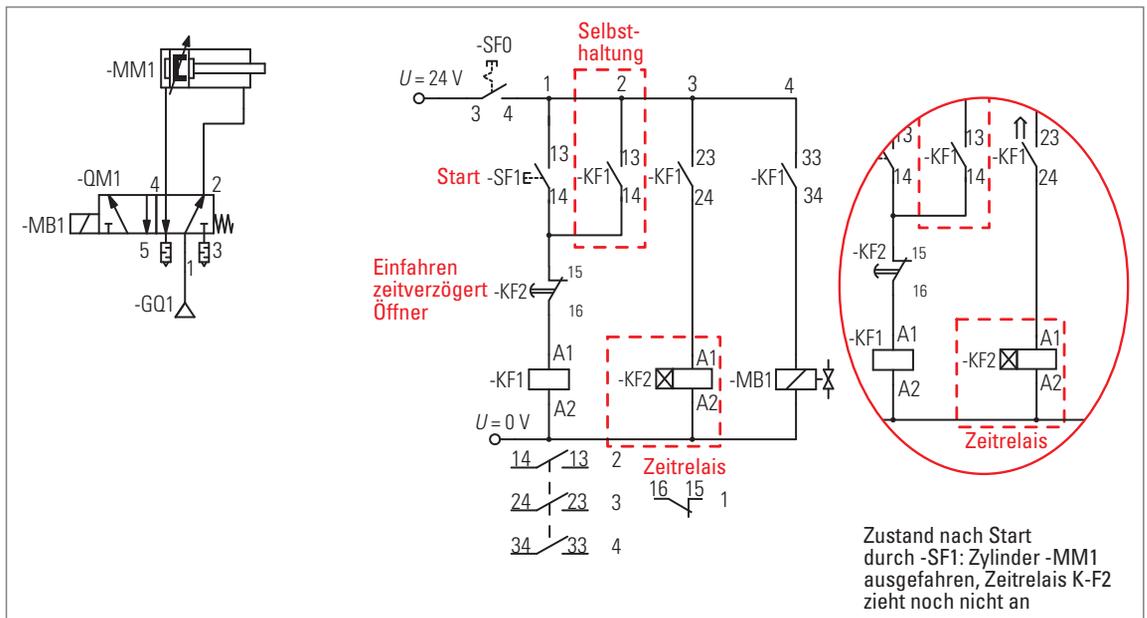
Die Steuerungsaufgabe lässt sich durch eine **zeitgeführte Ablaufsteuerung mit Selbsthaltung** lösen. Dabei speichert die Selbsthaltung im Steuerteil (Bild 2) das Startsignal von -SF1 auch, wenn der Bediener den Starttaster loslässt (vgl. Kapitel 1.1.6 Speichern von Signalen – Selbsthaltung). So wird gewährleistet, dass der Zylinder mit der Heizplatte die vordere Endlage (*advanced end position*) zuverlässig erreicht. Die Steuerung



Gerät	Signal	Beschreibung
-SF1: Hand-Tastschalter, Schließer	E1	E1 = 1: -SF1 wird von Hand betätigt
Zylinder -MM1 mit Heizplatte	A1	A1 = 1: Zylinder -MM1 fährt aus Heizplatte

1 Technologieschema und Zuordnungsliste der Verpackungsmaschine

schaltet nach einer vorgegebenen Zeit (hier 5 Sekunden) das Stellglied -QM1 wieder in Grundstellung. Eine vollständige Verschweißung der Thermoplastverpackung ist nach dieser Zeit gewährleistet.



2 Pneumatikplan (Grundschialtung), Stromlaufplan und Schaltgliedertabelle Verpackungsmaschine – zeitgeführte Ablaufsteuerung mit Selbsthaltung in Grundstellung und nach Startsignal (Lupe)

**M E R K E**

Bei Geschwindigkeitssteuerungen unter Verwendung von Drosselrückschlagventilen muss immer eine Aufteilung des Volumenstroms erfolgen. Diese Aufteilung kann auch durch das Druckbegrenzungsventil erfolgen, das bei Erreichen von  $p_{e\max}$  öffnet. Dabei wird jedoch die Lastabhängigkeit beider Steuerungen deutlich. Bei zunehmender Last an der Kolbenstange öffnet das Druckbegrenzungsventil weiter. Der Volumenstrom in Richtung Zylinder nimmt weiter ab. Die Verfahrensgeschwindigkeit der Kolbenstange sinkt.

## 2.6 Leitungen und Verbindungen

Genormte<sup>1)</sup> **Rohrleitungen (tubings)** aus nahtlos-kaltgezogenen Präzisionsstahlrohren (*precision steel tubings*) und **Hydraulikschläuche (hydraulic hoses)** verbinden die einzelnen Bestandteile eines hydraulischen Systems zu einem geschlossenen System. Sie müssen möglichst gerade bzw. mit großen Biegeradien verlegt werden, um Druckverluste (*pressure losses*) gering zu halten. Der mit einem Bauteil verbundene Druckabfall wird meist grafisch dargestellt (Bild 1).

Die Durchmesser der Leitungen sollen so groß gewählt werden, dass die folgenden Grenzen für die Strömungsgeschwindigkeiten (*flow velocities*) in Leitungen nicht überschritten werden:

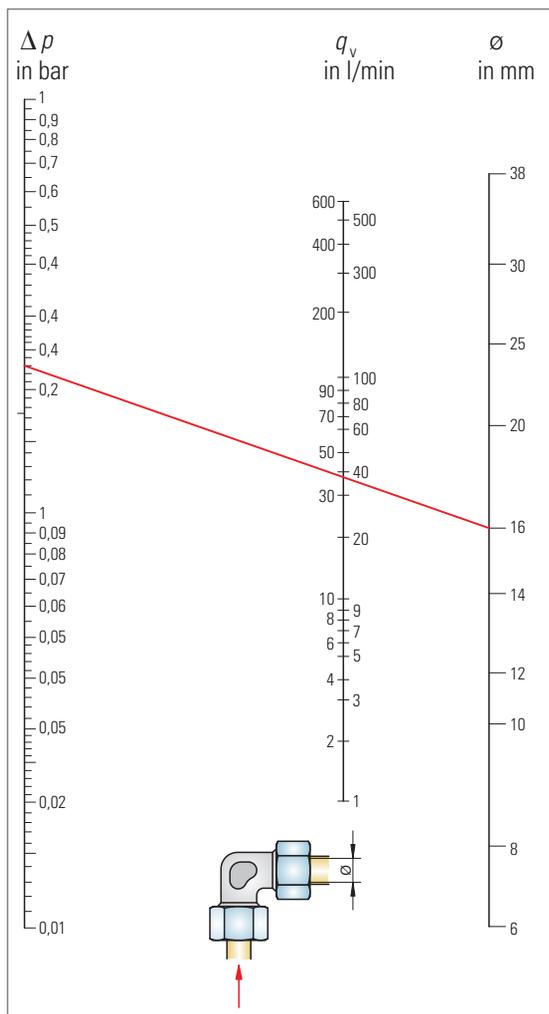
- Saugleitungen 0,5 ... 1,5 m/s
- Druckleitungen 1,5 ... 7 m/s
- Rücklaufleitungen 2 ... 4 m/s.

Eine sehr häufig verwendete Form der Verbindung von Rohrleitungen und Verschraubung von Rohrleitungen mit feststehenden Gerätekomponenten ist die **Schneidringverbindung (cutting ring connector)** (Bild 2). Sie ist genormt<sup>2)</sup> und auch bei den in hydraulischen Anlagen vorherrschenden hohen Drücken absolut flüssigkeitsdicht (*liquid-tight*) und mehrmals lösbar. Die Verschraubungen werden in drei Baureihen angeboten:

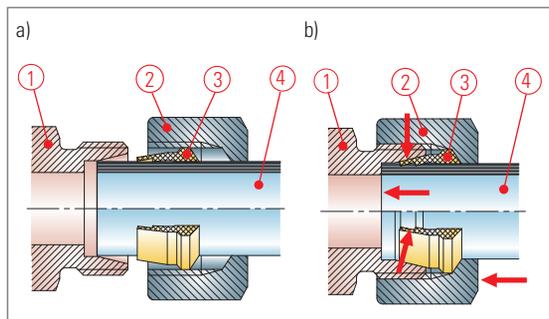
- sehr leicht (Abkürzung: LL; bis ca. 100 bar; für Rohrdurchmesser 8 ... 16 mm; mit einkantigem Schneidring),
- leicht (L; bis ca. 350 bar; für Rohrdurchmesser 12 ... 52 mm; mit zweikantigem Schneidring) und
- schwer (S; bis ca. 600 bar; für Rohrdurchmesser 14 ... 52 mm; mit zweikantigem Schneidring)

Mit den verschiedenen Ausführungsvarianten, wie z. B. der Winkel- (*elbow*), T- (*tee*), Kreuz- (*cross*), Schwenk- (*swivel*), Einschraubverschraubung (*socket fitting*) etc. lassen sich die gängigen Verbindungen ausführen. Einschraubverschraubungen werden mit verschiedenen Gewinden<sup>3)</sup> angeboten. So ist sichergestellt, dass die Leitungsverbindungen an eine Vielzahl von Maschinenkomponenten angeschlossen werden können. Herrschen im Betrieb der Anlage starke Druckstöße, Schwingungen oder Vibrationen, kommen Einsätze mit Schweißkegel zum Einsatz.

Die Bestandteile einer Schneidringverschraubung sind: Gehäuse mit Klemmkonus ① (*body*), Überwurfmutter (*cap nut*) mit metrischem Gewinde ②, Schneidring (*cutting ring*) (ein- oder zweischneidig) ③ und Rohrleitung ④. Durch das Anziehen der



1 Druckverluste durch Anschlussverschraubung 90° in Abhängigkeit des Volumenstroms und des Leitungsdurchmessers



2 Schneidringverbindung  
a) lose b) fest

Überwurfmutter, die innen konisch zuläuft, wird der Schneidring zusammengedrückt. Die keilförmige Schneidringinnenseite schneidet sich in die Wandung des Stahlrohrs und bildet einen dichten Formschluss.

1) DIN EN 10305-1 Präzisionsstahlrohre, DIN EN 853 und 854 Gummischlauch und Schlauchleitungen

2) DIN EN ISO 8434 bzw. DIN 2353; weitere Verbindungstypen sind die O-Ring-, Bördel- und Dichtkegelverschraubung

3) Neben metrischen Gewinden sind für Einschraubverschraubungen auch British standard pipe-Gewinde, Unified thread standard-Gewinde und National pipe thread-Gewinde üblich. Die verschiedenen Ausführungen sind mit und ohne O-Ring, Elastomer Dichtung, Dichtkante, kegeligem Einschraubgewinde oder 24°-Dichtkegel erhältlich.

# 1 Hochleistungs- und Hochgeschwindigkeitsfräsen

Die Werkzeuge in der Schneid- und Umformtechnik sowie in der Formentechnik bestehen meist aus Kalt- bzw. Warmarbeitsstählen (*cold/hot working steels*). Ausgangsprodukte für die Werkzeuge sind meist Platten oder Blöcke, in denen die formgebenden Werkzeugoberflächen einzuarbeiten sind. Das wichtigste Verfahren zum Erzeugen dieser Werkzeugoberflächen ist das Fräsen. Die Bearbeitung der oft hochfesten Stähle stellt erhöhte Anforderungen an

- Werkzeuge,
- Werkzeugmaschine und
- Erstellung der CNC-Programme.

Beim Fräsen der hochfesten Stähle geht es zunächst darum, möglichst schnell viel Material zu entfernen, bevor dann die formgebende Oberfläche in der geforderten Qualität und Maßhaltigkeit gefertigt wird. Sowohl beim Schruppen (*roughing*) als auch beim Schlichten (*finishing*) werden angepasste Werkzeuge, leistungsfähige Werkzeugmaschinen und entsprechende Prozessparameter eingesetzt. Die folgenden beiden Frässtrategien ermöglichen das Erreichen der angestrebten Ziele:

- Hochleistungsfräsen (*high-performance milling*) für das Schruppen
- Hochgeschwindigkeitsfräsen (*high-speed milling*) für das Schlichten

## 1.1 Hochleistungsfräsen (HPC<sup>1)</sup>)

Die Kernseite einer Druckgussform (Bild 1) wurde durch Hochleistungsfräsen geschruppt. Dabei konnte die Bearbeitungszeit (*machining time*) gegenüber dem konventionellen Fräsen um 50 % reduziert und die Werkzeugstandzeit (*tool cutting life*) um 60 % verlängert werden. Im Folgenden werden die Strategien und Ursachen für diese Verbesserungen durch Hochleistungsfräsen dargestellt.

Mit dem Hochleistungsfräsen wird ein sehr viel größeres Zerspanungsvolumen pro Minute (**Zeitspanungsvolumen  $Q$** ) (*material removal rate (MRR)*) als beim herkömmlichen Fräsen erzielt.

$$Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f$$

$Q$ : Zeitspanungsvolumen

$a_p$ : Schnitttiefe

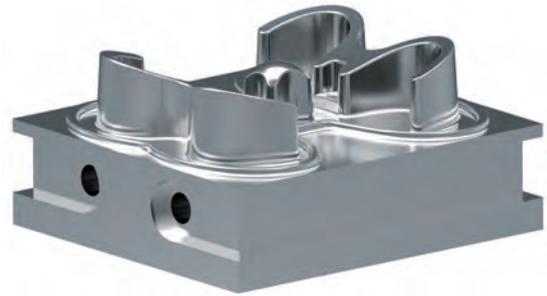
$a_e$ : Arbeitseingriff

$v_f$ : Vorschubgeschwindigkeit

Um das zu erreichen, wird mit höheren Schnittgeschwindigkeiten (*cutting speeds*), größeren Vorschüben pro Zahn (*feed per tooth*) und größeren Schnitttiefen (*cutting depths*) gearbeitet.

Die hohen Schnittgeschwindigkeiten sind mithilfe von hohen Umdrehungsfrequenzen (*rotational frequencies*) zu realisieren, sofern es die Fräsmaschine ermöglicht. Auch die Schnitttiefe ist durch die Zustellung (*infeeding rate*) einfach zu erhöhen.

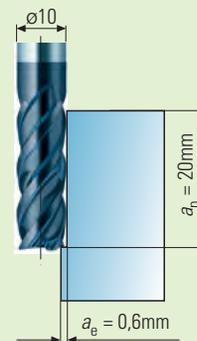
Durch die **großen Schnitttiefen**  $a_p$  schneiden die Fräser nicht nur im unteren Bereich, sondern fast auf ihrer gesamten Länge. Dadurch werden die Fräferschneiden



1 Kernseite einer Druckgussform

### Beispielaufgabe

Wie groß ist das Zeitspanungsvolumen bei dem folgenden Zerspanungsbeispiel aus dem Formenbau?



Werkstoff: 1.2344 mit 52HRC

Vollhartmetallfräser mit 6 Zähnen

$v_c = 120$  m/min

$f_z = 0,086$  mm

$v_f = 1970$  mm/min

$$Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f$$

$$Q = \frac{20 \text{ mm} \cdot 0,6 \text{ mm} \cdot 1970 \text{ mm} \cdot 1 \text{ cm}^3}{\text{min} \cdot 1000 \text{ mm}^3}$$

$$Q = 23,7 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

am Umfang wesentlich gleichmäßiger belastet. Bei gleichem Zeitspanungsvolumen entstehen gleichzeitig kürzere Fräswege. Deshalb verringert sich der **Verschleiß** (*tool wear*), wodurch sich die Standzeit des Werkzeugs verlängert.

Der Vorschub pro Zahn (*feed per tooth*) beeinflusst die **Spannungsdicke** (*chip thickness*), die maßgebliche Bedeutung für den Zerspanungsprozess und dessen Wirtschaftlichkeit hat. Beim Stirnfräsen (*face milling*) verringert sich die Spannungsdicke  $h$  mit abnehmendem Einstellwinkel  $\kappa$  (*angle of incidence*) (Seite 325 Bild 1). Dabei gilt folgender Zusammenhang:

$$h = \sin \kappa \cdot f_z$$

$h$ : Spannungsdicke

$\kappa$ : Einstellwinkel

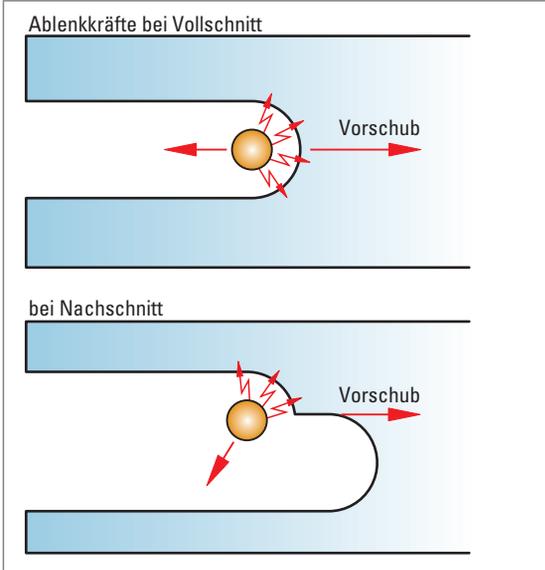
$f_z$ : Vorschub je Zahn

$$f_z = \frac{h}{\sin \kappa}$$

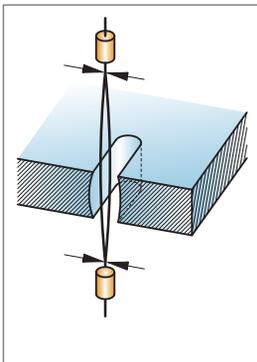
<sup>1)</sup> engl: High Performance Cutting

**3.3.9 Konturfehler – Ursachen und Vermeidung**

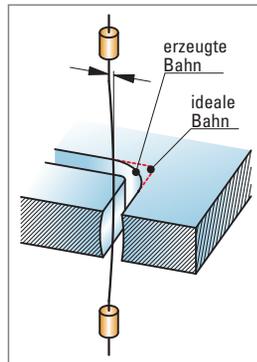
- Vibrationen des Drahts können z. B. durch Stöße im Drahtantrieb, unsymmetrische Spülung oder durch elektromagnetische Entladungskräfte (Bild 1) während des Erodierprozesses entstehen. Diese beeinflussen das Arbeitsergebnis (Bild 2). Die Erhöhung der Drahtvorspannkraft reduziert oft diesen Effekt. Zusätzlich verfügen leistungsfähige Drahtschneidmaschinen über entsprechende Regelungsmechanismen, die beispielsweise den Einfluss der Entladungskräfte kompensieren.



1 Elektromagnetische Entladungskräfte beim Voll- und Nachschnitt



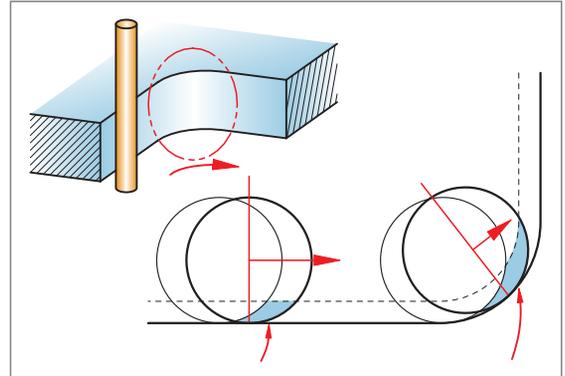
2 Drahtvibrationen und -schwingungen beeinflussen das Arbeitsergebnis



3 Bahnfehler bei Richtungsänderungen

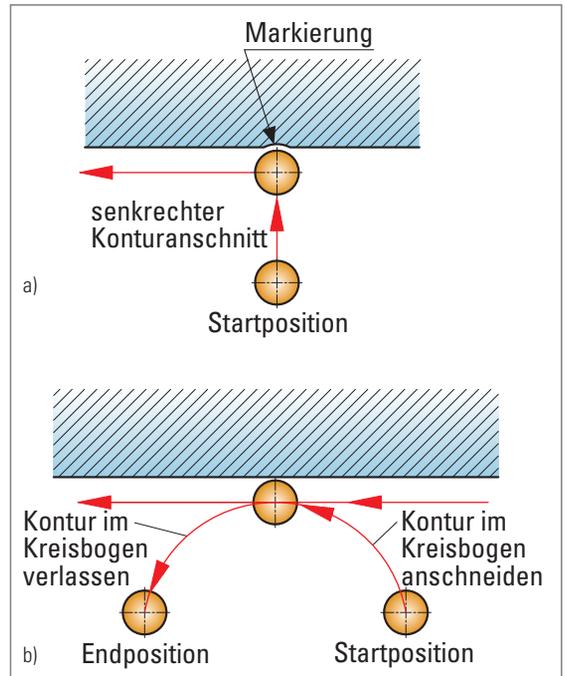
- Bei Richtungsänderungen können die Abstoßkräfte zu Abweichungen von der programmierten Bahn führen (Bild 3). Die Bahnabweichungen (*path deviations*) lassen sich reduzieren, wenn der Abstand der beiden Drahtführungen möglichst gering und die Drahtspannkraft möglichst hoch gewählt werden. Die Steuerungen verfügen über Abstoß- und Geschwindigkeits-Regleinrichtungen, die durch Analyse

der abzutragenden Volumina (Bild 4) in den Nachschnitten sehr hohe Bahngenaugigkeiten erzielen.



4 Abtragsvolumina an unterschiedlichen Stellen beim Nachschneiden

- Beim senkrechten Anschneiden einer zu schichtenden Kontur im Nachschnitt kann eine Markierung (*mark*) entstehen, weil der Drahtvorschub beim Erreichen der Endkontur einen Moment stillsteht und dadurch zu viel Material von der Kontur abgenommen wird (Bild 5a). Durch das An- und Abfahren im Kreisbogen können solche Markierungen verhindert werden (Bild 5b).



5 a) falsches und b) richtiges Anschneiden beim Nachschneiden sehr präziser Konturen

- Sollen scharfe Ecken entstehen und der Drahtvorschub bei der Richtungsänderung auch nicht auf Null sinken, kann die Ecke mit einer Schleife (*loop*) (Seite 359 Bild 1) geschnitten werden. Dabei wird der Schleifendurchmesser nicht größer

### 1.2.2 CAE

**Computer Aided Engineering** ermöglicht eine rechnergestützte Produktentwicklung (*product designing*). Mit entsprechender Software lassen sich die im CAD entwickelten Produkte auf zahlreiche Eigenschaften untersuchen. Die Finite-Element-Methode (FEM) erlaubt es beispielsweise, Blechdicken, die beim Tiefziehen entstehen, vorzubestimmen (Bild 1). Aufgrund dieser Daten wird der Fertigungsprozess oder – sofern möglich – das Produkt verändert und angepasst.

Weitere rechnergestützte Anwendungen im CAE-Bereich sind z. B.:

- Füllsimulationen von Spritz- und Druckgießwerkzeugen (Bild 2)
- Simulation von Fertigungsprozessen
- Ein- und Ausbauuntersuchungen
- Kollisionsprüfungen (*collision checks*)
- Strömungssimulationen (*flow simulations*)
- Akustikuntersuchungen (*acoustic tests*)
- Schwingungssimulationen (*vibration simulations*)

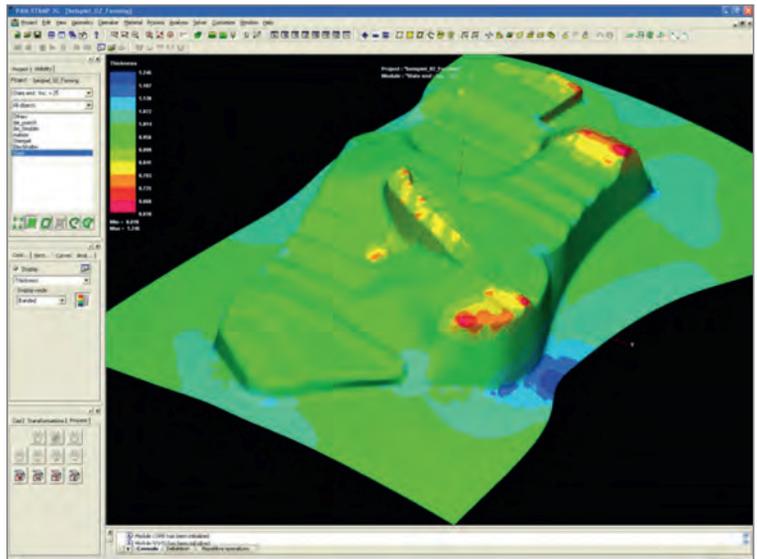
Alle diese Untersuchungen liefern bei fachgerechter Anwendung brauchbare Ergebnisse, obwohl das Produkt bis zu diesem Zeitpunkt nur digital existiert. Auf dieser Grundlage ist es möglich, die Produkte schon in der Planungsphase zu optimieren.

Später werden die Eigenschaften der realen Produkte geprüft. Weichen sie beachtlich von den vorausgerechneten ab, fließt das in die Weiterentwicklung der rechnergestützten Anwendungen ein. Dadurch erfolgt eine ständige Optimierung der Software, wodurch sich deren Vorausberechnungen zunehmend der Realität annähern.

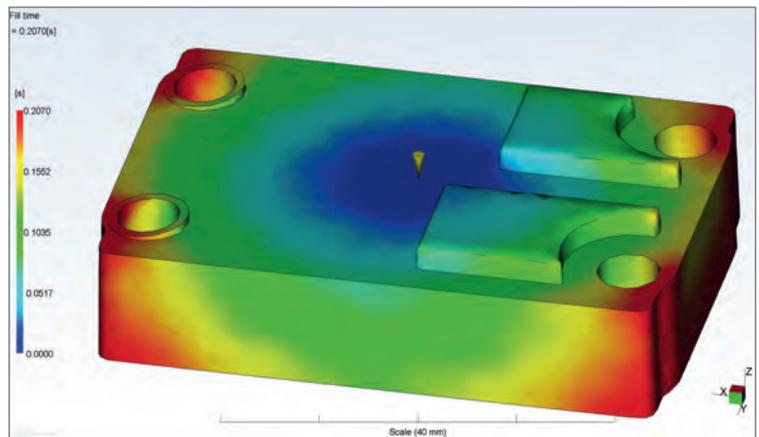
### 1.2.3 CAP

Mithilfe von **Computer Aided Process Planning** erfolgt eine rechnergestützte Fertigungsprozess-Planung (*computer-based manufacturing process planning*). Die eingesetzten Programme nutzen die vorhandenen CAD-Daten zur

- Terminplanung (*scheduling*)
- Personalplanung (*human resources planning*) für die Fertigung (z. B. Überstunden)



1 Berechnete Blechdicke, die durch Tiefziehen entstehen würde

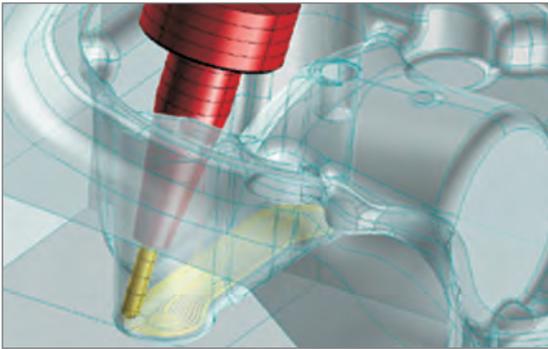


2 Füllanalyse einer Spritzgießform mit einem Anguss

- Planung der Maschinenbelegung (*machine scheduling*) und deren Optimierung unter verschiedenen Bedingungen (z. B. Durchführung eines Eilauftrags)
- Planung von erforderlichen Fertigungsvorrichtungen und deren Bereitstellung
- Planung des Materialbedarfs (*material requirement*), der Materialbereitstellung (*material provision*) und des Materialflusses
- Bereitstellung von Norm- und Zukaufteilen

#### MERKE

Das Ziel von CAP besteht darin, Produktdurchlaufzeiten (*cycle times*) zu minimieren sowie Planungszeiten und -kosten durch die Rechnerunterstützung zu reduzieren.



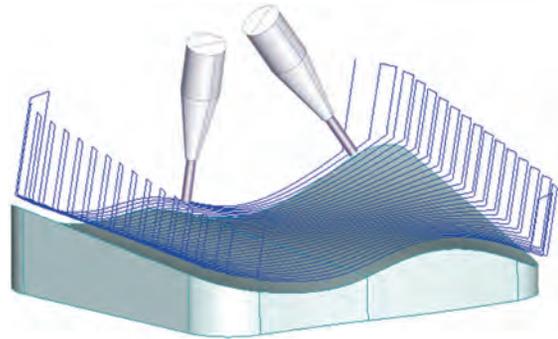
1 Äquidistantes Schichten von ebenen oder leicht gekrümmten Flächen

### Stirnen

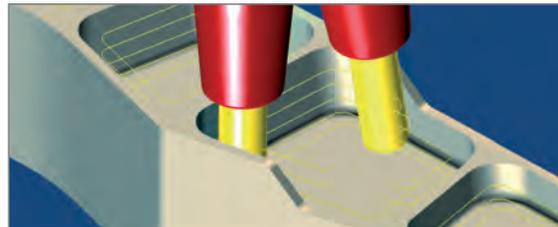
Bei der stirnenden Bearbeitung (Bild 2) wird während des FräSENS die Werkzeugachse senkrecht zum aktuellen Berührungspunkt ausgerichtet. Beim Stirnen mit einem Torusfräser können relativ große Bahnabstände gewählt werden, wodurch sich die Bearbeitungszeit reduziert. Durch die automatische Anpassung des Werkzeug-Anstellwinkels bei konkaven Oberflächen werden hohe Oberflächenqualitäten erzielt. Dabei ist eine Bearbeitung über mehrere Flächen hinweg möglich.

### Wälzfräsen

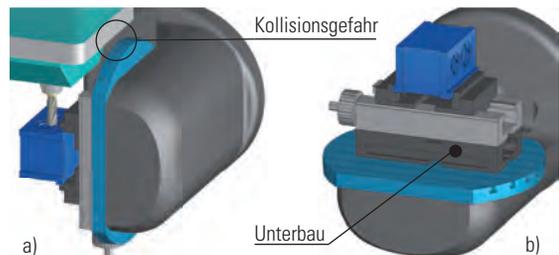
Beim Wälzfräsen (*hobbing*) (Bild 3) wird die Werkstückoberfläche mit dem Werkzeugumfang bearbeitet. Große Bahnabstände reduzieren die Bearbeitungszeit und verbessern die Werkstückoberfläche. Dabei wird das Werkzeug mit dem Umfang entlang einer Referenzkurve geführt. Durch mehrfache axiale und seitliche Zustellungen ist das Wälzfräsen auch zum Schruppen geeignet.



2 Stirnende Bearbeitung



3 Wälzfräsen



4 Unterbauen des Schraubstocks zur Kollisionsvermeidung

## 3.2 Spannsysteme für das 5-Achs-Fräsen

Durch das 5-Achs-Fräsen ist es möglich, fünf Seiten eines Werkstücks in nur einer Aufspannung zu bearbeiten. Für das Spannen des Werkstücks stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, die in Abhängigkeit von der Bearbeitungsaufgabe sowie der Werkstückgröße und -form auszuwählen sind.

### 3.2.1 Schraubstock

Im Schraubstock (*vice*) ist das Werkstück so zu spannen, dass beim Bearbeiten der Werkstückseitenflächen (Bild 4a) der Fräskopf nicht mit dem Frästisch kollidiert. Deshalb muss der Schraubstock oft entsprechend unterbaut werden (Bild 4b).

### 3.2.2 5-Achs-Spanner

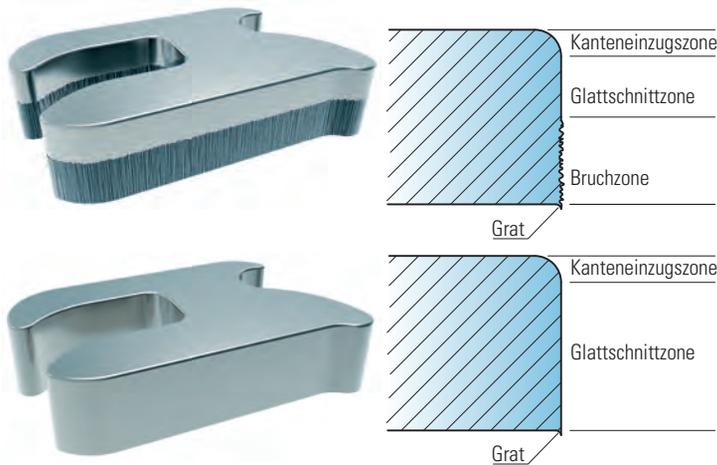
5-Achs-Spanner (*5-axis-clamping fixtures*) (Bild 5) fixieren das Werkstück ebenfalls in dem benötigten Abstand vom Maschinentisch. Damit ist einerseits eine gute Zugänglichkeit gewähr-



5 5-Achs-Spanner



LF10\_05



1 Vergleich der Schnittflächen von Normalschneiden (oben) und Feinschneiden (unten)

1.9.3 Biegen

1.9.3.1 Biegestempel und Gesenk

Bei der Konstruktion von Biegestempeln (*bending dies*) und Gesenken kommt es darauf an, das Werkzeug so zu planen, dass kein Nachbiegen der Werkstücke nötig ist und der Verschleiß am Werkzeug so gering wie möglich ist. Da die Blechdicke und die Materialkennwerte wie z. B. die Streckgrenze bzw. Zugfestigkeit und die Bruchdehnung toleranzbehaftet sind und somit Schwankungen von Coil zu Coil unterliegen, ist das maßhaltige Biegen in der Produktion ein schwieriges Verfahren. Um die Maßhaltigkeit zu gewährleisten, kommen daher komplexe Werkzeuge mit **beweglichen Biegebacken** oder **Keilschiebersystemen** zum Einsatz.

Der Einsatz dieser Systeme hat folgende Gründe:

- Das Einbringen von Zug- oder Druckspannung reicht nicht aus, um die Rückfederung zu kompensieren.
- Bei der Herstellung komplexer Werkstücke mit Mehrfachbiegungen ist das Einbringen von Zug- oder Druckspannung nicht möglich, weil z. B. Biegungen größer als 90° vorgenommen werden müssen.
- Durch das Einbringen von Zug- oder Druckspannungen wäre der im Werkzeug auftretende Verschleiß zu groß.

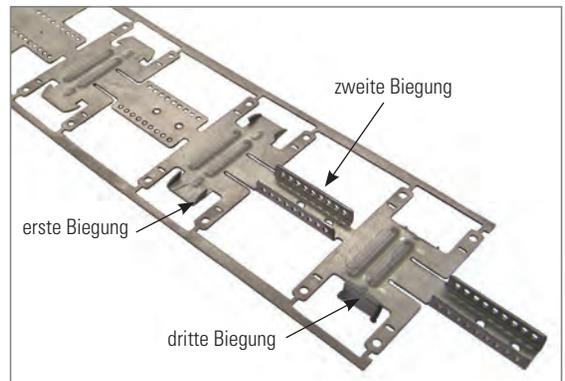
Das im Bild 2 gezeigte Bauteil wird viermal gebogen. Die vierte Biegeoperation ist im Streifen (Bild 3) und im Werkzeug (Bild 4) nicht mehr zu sehen. Sie findet gemeinsam mit dem Abtrennen statt. Durch **bewegliche Biegebacken** (*bending jaws*) (Seite 455 Bild 1) kann das Werkstück überbogen werden. So können die Rück-



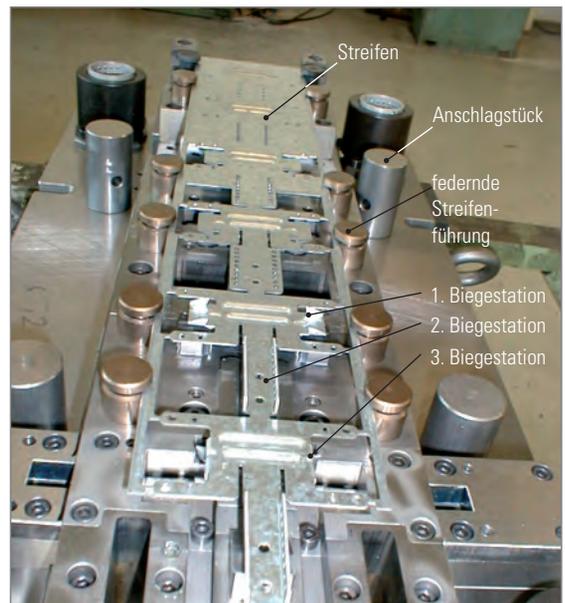
2 Stanzteil mit Mehrfachbiegung

federung kompensiert und eine Biegung größer 90° erreicht werden. Beim Schließen des Werkzeuges setzt zuerst eine Kante der Biegebacke auf das Werkstück auf (Seite 455 Bild 2a). Während der weiteren Bewegung schwenkt die Backe und formt das Werkstück um (b). Am unteren Totpunkt (*slack point*) der Presse hat die Biegebacke ihre maximale Drehung zurückgelegt (c). Beim Rückhub der Presse zieht die Rückhubfeder die Biegebacke wieder in die Ausgangslage zurück (Seite 455 Bild 1d).

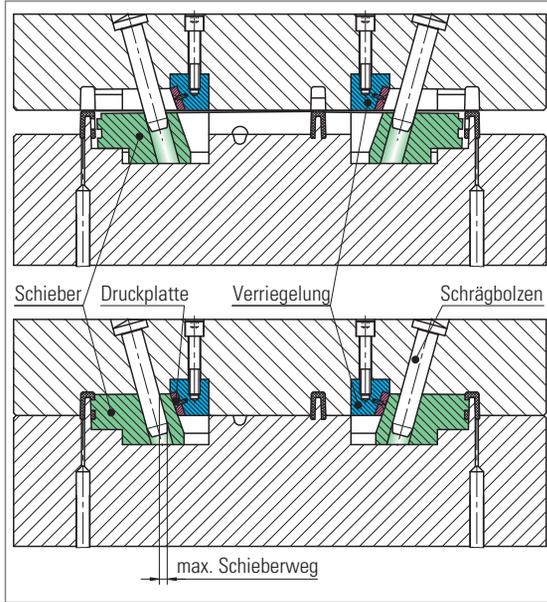
Ähnlich wie bei Schneidoperationen quer zur Bewegungsrichtung der Presse werden auch beim Biegen **Schieber** verwendet. Der Kontakt (Seite 455 Bild 3)



3 Streifenbild zum Stanzteil Bild 2



4 Werkzeugunterteil mit Streifen



1 Funktionsweise von Schiebern, die über Schrägbolzen gezogen werden. (Es fehlen die Verschraubungen und Auswerfer)

Bild 1 oben) ziehen die Schrägbolzen die Schieber zurück und legen die Hinterschneidung frei. Nachdem der Bolzen komplett aus dem Schieber zurückgezogen ist und sich der Schieber in der hinteren Endlage befindet, wird er in dieser Position durch eine **Schiebersicherung** (Schieberraste oder -klammer) fixiert (Bild 2). Dadurch ist gewährleistet, dass die Schrägbolzen beim Zusammenfahren der Form die schrägen Bohrungen im Schieber sicher treffen. Die Neigung der Schrägbolzens beträgt meist 15° ... 20°. Weiterhin liegt meist ein Spiel von etwa 1 mm zwischen Schrägbolzen und Schieberbohrung vor. Die Normalienhersteller bieten Schiebereinheiten in unterschiedlichen Größen und Funktionen an, deren formgebende Konturen den jeweiligen Artikeln anzupassen sind.

Bild 3 zeigt die wesentlichen Elemente der düsenseitigen Formplatte. Der Forminnendruck erzeugt auf den Schieber eine Kraft  $F_S$  (Bild 4), die von der Verriegelung als Normalkraft  $F_N$  aufgenommen wird. Die Normalkraft  $F_N$  lässt sich in die Komponenten  $F_S$  und  $F_{AS}$  zerlegen. Während  $F_S$  direkt von der Formplatte aufgenommen wird, muss  $F_{AS}$  zu der Werkzeugauftriebkraft  $F_A$  addiert werden.

**Überlegen Sie!**

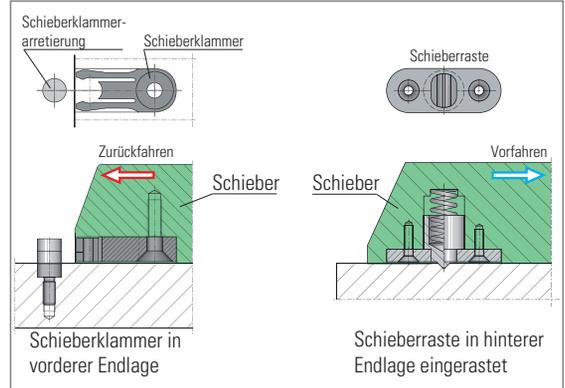
1. Welchen Einfluss hat die die Neigung  $\alpha$  des Schrägbolzens auf den möglichen Schieberweg?
2. Wie wirkt sich der Winkel  $\beta$  an der Verriegelung auf die Werkzeugauftriebkraft aus?

**MERKE**

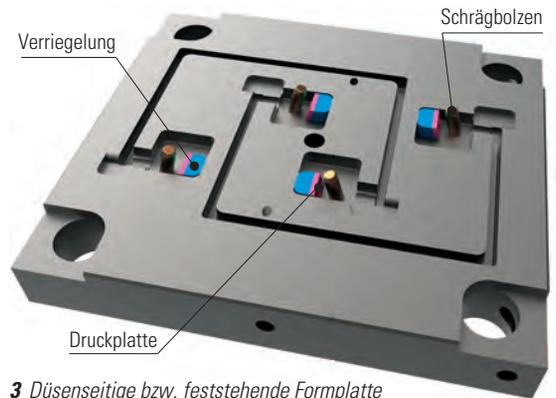
Das Entformen der Hinterschneidungen beginnt bei Schrägbolzenschiebern mit dem Öffnen der Form.

**Hydraulisch betätigter Schieber**

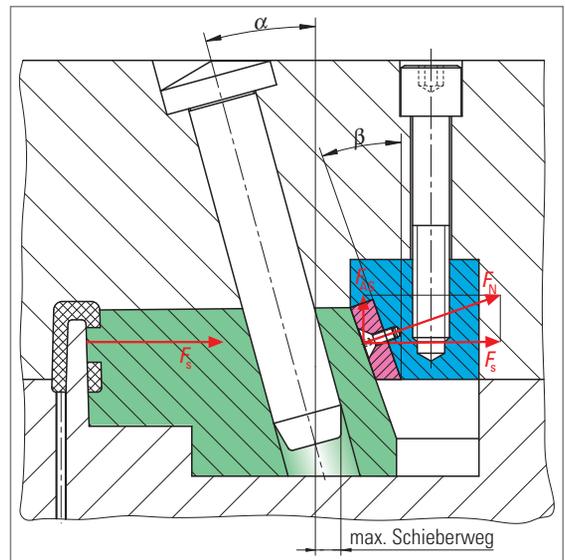
Die Innenkonturen des Wandarms für eine Leuchte (Seite 493 Bild 1) lassen sich nur mithilfe von **Schiebern** bzw. **beweg-**



2 Schiebersicherungen



3 Düsenseitige bzw. feststehende Formplatte



4 Kraftaufnahme durch die Verriegelung

**lichen Kernen** entformen. Da die Schieberwege sehr lang sind, ist deren Entformung über Schrägbolzen nicht möglich. **Hydraulizylinder** bewegen die beiden beweglichen Kerne. Sie ermöglichen lange Schieberwege und bringen die Kräfte auf, die erforderlich sind, die kegigen, langen Schieber von dem aufgeschrumpften Artikel zu trennen.

1) siehe Lernfeld 6 Kap. 1.2.2



1 Instandhaltungsstrategien

**M E R K E**

Instandhaltung sollte möglichst nicht ungeplant bei Bedarf bzw. Störung erfolgen, sondern sollte systematisch aufgrund von erfassten Daten geschehen.



**3.1.2 Intervallabhängige Instandhaltung**

Bei der intervallabhängigen Instandhaltung (Bild 2 unten) entscheidet der Werkzeuganwender vor allem aufgrund von Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen<sup>1)</sup> über die Instandhaltungsmaßnahme. Der Zeitpunkt der Inspektion ist oft von der Stückzahl der Teile abhängig, die mit dem Werkzeug gefertigt wurden. Die Intervallgröße ergibt sich oft aus den Erfahrungen des Werkzeugherstellers oder -anwenders. Das Werkzeug wird aus der Anlage (z. B. Spritzgießmaschine) entnommen und instandgesetzt, bevor eine unvorhergesehene Störung auftritt. Damit entsteht ein Gewinn an Produktionszeit (*time of production*), verbunden mit einer Produktivitätssteigerung.



2 Vergleich von störungsbedingter und vorbeugender Instandhaltung

**3.1.3 Zustandsorientierte Instandhaltung (Condition Monitoring)**

Um den gestiegenen Anforderungen an Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Werkzeuge zu entsprechen, wurden Datenerfassungssysteme (*data acquisition systems*) entwickelt, die Rückschlüsse auf den Istzustand (*actual condition*) des Werkzeugs bzw. seiner Systeme zulassen<sup>2)</sup>. So lassen sich z. B. beim Stanzen von Blechteilen mithilfe von Sensoren die Schneidkräfte (*cutting forces*) ermitteln. Übersteigen die gemessenen Werte (Istwerte) die vorgegebenen Sollwerte (*nominal values*), ist der Schneidprozess nicht mehr optimal und das Werkzeug muss zeitnah (*promptly*) instandgesetzt werden.

**M E R K E**

Bei der **intervallabhängigen Instandsetzung** werden Bauteile oder Baugruppen von Werkzeugen meist in Abhängigkeit von der gefertigten Bauteilanzahl inspiziert, instandgesetzt oder ausgetauscht.

1) Siehe Grundkenntnisse Industrielle Metallberufe, Lernfeld 4, Kapitel 1.2

2) Siehe Kap. 2.2

Gebrochene Matrizen werden durch **Verbindungsschweißen** (*joint welding*) wieder gefügt (Bild 1). Vor dem Verbindungsschweißen sind die Nähte entsprechend vorzubereiten<sup>1)</sup>. Ansonsten sind die gleichen Schritte wie beim Auftragsschweißen zu erledigen.

### 3.3.3 Urformwerkzeuge instandsetzen

#### 3.3.3.1 Brandrisse an Druckgießformen

Die Druckgießwerkzeuge sind in ihrem täglichen Betrieb großen thermischen und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Die Kombination von hohem Druck, stark wechselnden Temperaturen und langen Produktionsphasen kann selbst bei den besten Warmarbeitsstählen zu **Brandrissen** (*fire cracks*) (Bild 2) führen. Diese entstehen oft nach 120000 bis 200000 Schuss aufgrund von **thermischer Ermüdung** (*fatigue*), **Korrosion** und **Erosion**. Hat das Druckgießwerkzeug seine Standzeit erreicht, gibt es zwei Möglichkeiten, um weitere Gussteile zu produzieren:

- Herstellung eines neuen Druckgießwerkzeugs oder
- Instandsetzung des vorhandenen Druckgießwerkzeugs.

Aus wirtschaftlichen Überlegungen wird das vorhandene Werkzeug (Bild 3) instandgesetzt. Nach der Demontage des Druckgießwerkzeugs werden alle Bauteile gereinigt. Die Formeinsätze und Schieber mit formgebenden Konturen sind auf die Ausprägung ihrer Brandrisse zu analysieren. Die Bereiche mit Brandrissen sollen durch **Auftragsschweißen** wieder instandgesetzt werden. Da die Brandrisse eine gewisse Tiefe besitzen und sich auf den Oberflächen trotz Reinigung immer noch Partikel von Schlichte, Gusswerkstoff, Fett und Feuchtigkeit befinden können, werden sie, meist durch Fräsen, z. B. mindestens 3 mm tief, abgetragen. Die Brand- und Warmrisse (*heat cracks*) sind dabei vollständig zu entfernen. Die Fachkraft kennzeichnet die Bereiche an den Formeinsätzen und Schiebern, die abgefräst werden müssen (Bild 4). Nach dem Fräsen werden die metallisch reinen Flächen (Seite 608 Bild 1) durch **WIG-Schweißen**<sup>2)</sup> auftragsgeschweißt. Anschließend werden die formgebenden



1 Durch Verbindungsschweißen instandgesetztes Matrizenstück  
links: Vorderseite; rechts: Rückseite

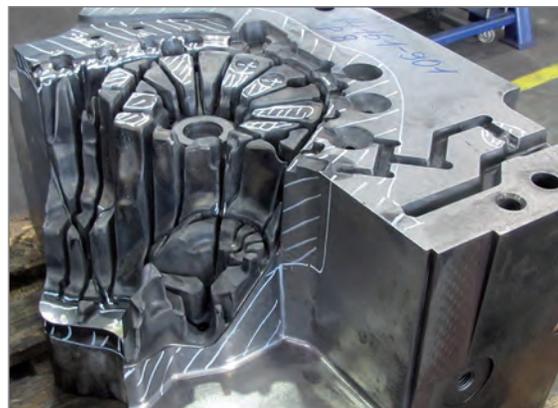


2 Brandrisse auf der auswerferseitigen Formhälfte

Konturen – deren CAD-Daten noch vom ursprünglichen Werkzeug vorliegen – mithilfe von CAD-CAM-Systemen gefräst. Je nach Anforderung sind die gefrästen Flächen zu tuschieren oder zu polieren. Abschließend erfolgt die Montage des Werkzeugs mit den instandgesetzten Bauteilen.



3 Instandzusetzende Druckgießform  
oben: Kernseite; unten: Düsen­seite



4 Formeinsatz mit markierten Bereichen, die abgefräst werden müssen

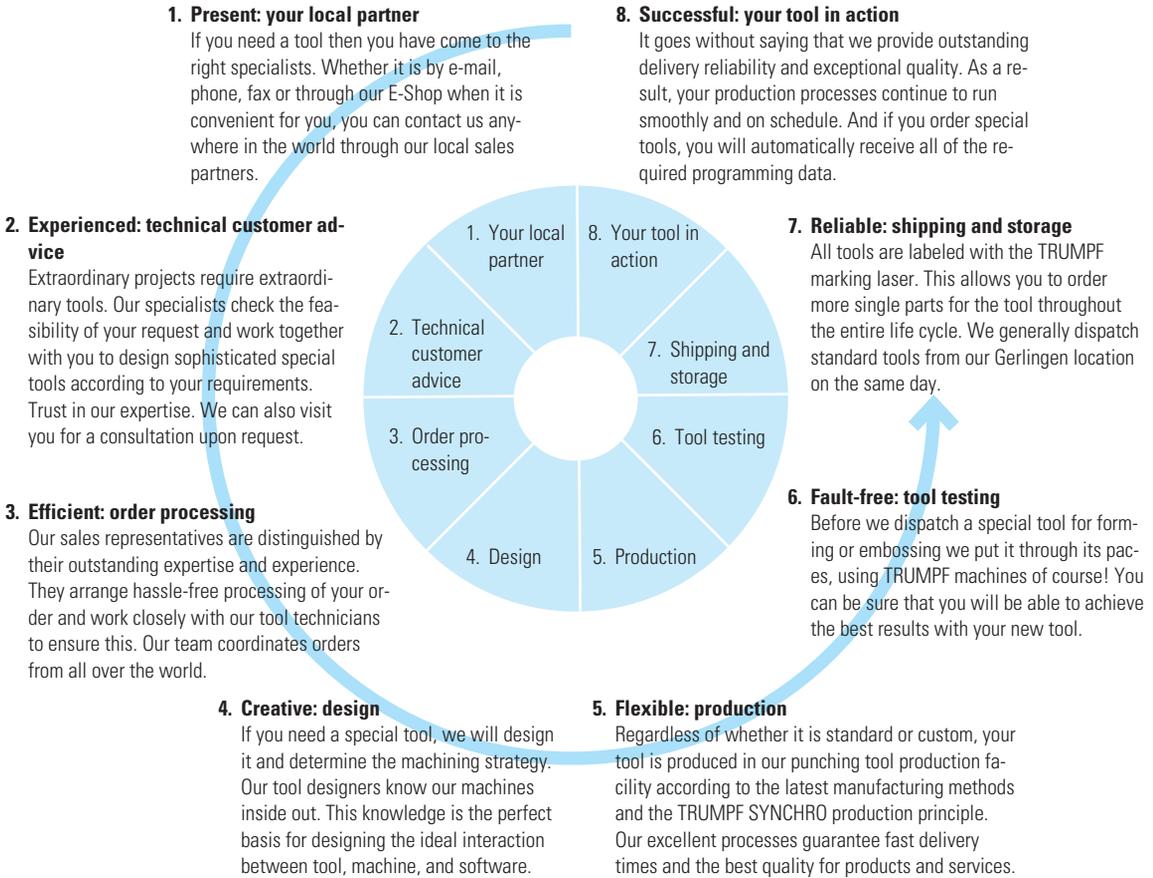
1) Siehe Tabellenbuch

2) Siehe Kapitel 3.3.5.1

# 4 Starting-up and maintaining a technical system in tool manufacturing

## 4.1 Quality assurance

A world market leader for punching and bending tools and machines pays a lot attention to customer relationship. The company thinks that producing high quality tools and machines is not enough to satisfy the customers' and purchaser's needs. The picture below shows in 8 steps how an order of a tool made by a customer is handled by the company.



**Assignment:**

Answer the following questions. Keep in mind that the numbers given with the question refer to the numbers in the picture. Answer in complete sentences, please.

**Example:**

- a) step 1 – Which possibilities has a customer when he wants to contact the company to order a tool?  
Answer: The customer can contact the company by email, phone, fax, E-shop or the local sales partners to order a tool or machine.
- b) step 2 – One possibility for the customer who wants to order a tool is to contact a local sales partner. If the customer contacts the local sales partner what will the specialist do next?

- c) step 3 – What is the job of the company's sales representatives?
- d) step 4 – A good design of a tool in tool manufacturing always tries to optimize the interaction between three components. Which are these three components?
- e) step 5 – The organization of the flexible production of the tool manufacturer guarantees two aspects. Name these two aspects.
- f) step 6 – Find out the meaning of the expression "put something through its paces".
- g) step 7 – What is the usual handling time for orders of standard tools?
- h) step 8 – What is the effect of the step 1 to step 7 on the production process of the customer?

## 1.2 Projektstart beim Auftragnehmer

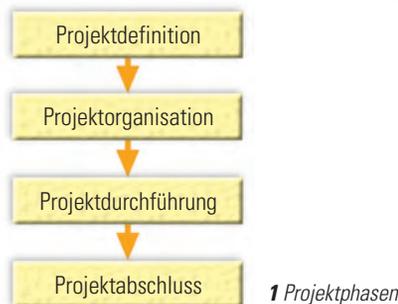
Die Firma rh-tooling GmbH erhält auch eine Anfrage der Firma Krug über ein Spritzgießwerkzeug, dessen Anforderungen im Lastenheft beschrieben sind. Damit wird bei rh-tooling ein mögliches Projekt angestoßen.

Projekte laufen in Phasen ab, die meist nach dem gleichen Muster strukturiert sind (Bild 1). Das Projekt „Spritzgießwerkzeug für Grillbesteck“ befindet sich derzeit in der Anfangsphase der **Projektdefinition**.

Da im Lastenheft noch nicht alle Anforderungen und Bedingungen für die weitere Planung erfasst sind, ist es dringend erforderlich, das Projekt genauer zu definieren. Der Bereich der Projektdefinition gliedert sich wiederum in einzelne Phasen (Bild 2). Wenn das Ende der Projektdefinition mit dem Kundenauftrag (*customer order*) abschließt, wird das Projekt durchgeführt, ansonsten wird es jetzt schon beendet.

Nach dem Eingang des Lastenheftes benennt rh-tooling einen **Projektleiter** (*project manager*), der mit seinem Team die Verantwortung für das Projekt übernimmt. Bei der Projektrealisierung (*realisation of project*) kann auf Erfahrungen zurückgegriffen werden, die bei der Herstellung anderer Spritzgießwerkzeuge gesammelt wurden.

Ein Vorhaben ist dann ein Projekt<sup>1)</sup>, wenn



- Phasen der Projektdefinition**
- ■ Analyse des Problems
  - ■ Klärung des Ziels
  - ■ Durchführung von Kundengesprächen
  - ■ Analyse der eigenen Möglichkeiten
  - ■ Prüfung auf Durchführbarkeit
  - ■ Betrachten der Wirtschaftlichkeit
  - ■ Durchführen der Grobplanung
  - ■ Erstellen des Pflichtenhefts
  - ■ Projektauftrag

2 Phasen während der Projektfindung

eine klare, ergebnisorientierte und messbare Zielvorgabe ( <i>target</i> ) vorliegt	Herstellung, Lieferung und Bemusterung des Spritzgießwerkzeuges für Grillbestecke (siehe Pflichtenheft ( <i>target specification sheet</i> ) und Vertrag ( <i>contract</i> ))
es durch definierte Anfangs- und Endtermine ( <i>starting and closing date</i> ) begrenzt ist	Start: Empfang des Lastenheftes; Ende: Bemusterung ( <i>sampling</i> ) beim Kunden
es in genau dieser Konstellation nur einmal auftritt	Anforderungen aus dem Lastenheft (Spritzgießwerkzeug für Grillbesteck)
komplexe Handlungsabläufe vorliegen, die den Einsatz besonderer Methoden und Techniken erfordern	Planung, Fertigung, Montage, Lieferung und Bemusterung führen verschiedene Mitarbeiter von rh-tooling an unterschiedlichen Stellen durch
es fach- und abteilungsübergreifend ist	Viele Abteilungen der Firma rh-tooling sind beteiligt
finanzielle und personelle Begrenzungen ( <i>budget and staff limitations</i> ) vorliegen	Der Kaufpreis ( <i>purchasing price</i> ) für das Spritzgießwerkzeug ist vertraglich vereinbart. Die Mitarbeiter stehen zeitlich begrenzt zur Verfügung
es gegenüber anderen Vorhaben abgegrenzt ist	Parallel zu diesem Projekt werden in der Firma rh-tooling weitere abgewickelt
eine projektspezifische Organisation ( <i>project-specific organisation</i> ) erfordert	Der Projektleiter mit seinem Team führt das Projekt nach den Strukturen des Projektmanagements ( <i>project management</i> ) durch

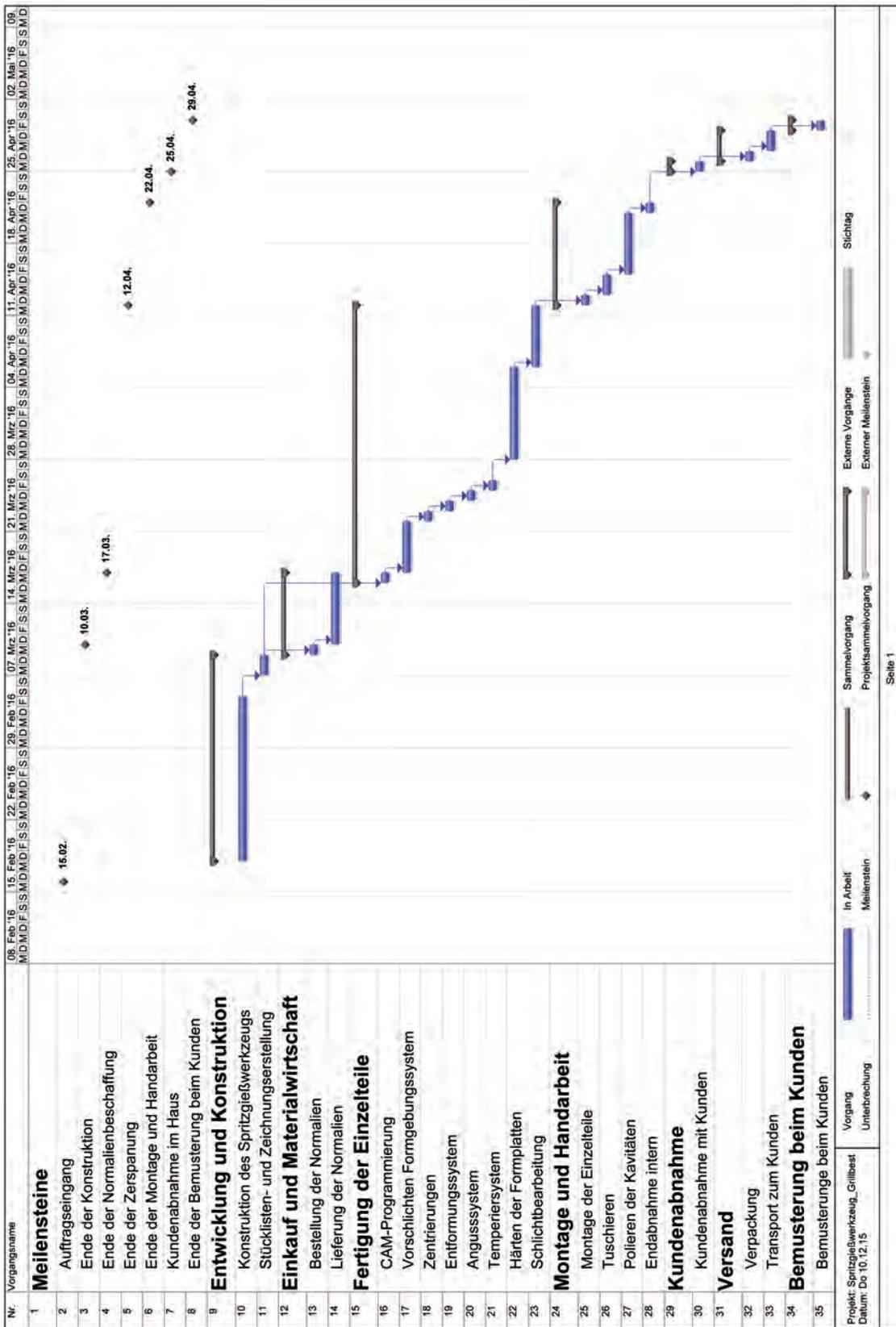
## 1.3 Kundengespräch

Nachdem das Lastenheft bei rh-tooling gesichtet wurde, wird ein Gespräch mit dem potenziellen Kunden (*customer*) vereinbart. In diesem Fall dient das Kundengespräch (*customer pitch*) dazu, die einzelnen Projektziele (*project aims*) genau zu beschreiben.

Ein **Projektziel** ist dann exakt beschrieben, wenn es drei Fragen beantwortet:

Was soll erreicht werden?	z. B. Grillbestecke aus PC oder ABS
In welchem Ausmaß soll es erreicht werden?	180 Bestecke pro Stunde
Bis wann muss das Ziel erreicht sein?	Inbetriebnahme beim Kunden am 31.03.2016

1) DIN 69901-5



1 Projektablaufplan mit Terminen und Meilensteinen (Gantt-Diagramm)

# 1 Ändern und Anpassen eines technischen Systems

## 1.1 Änderungen

Die Änderung oder Anpassung eines technischen Systems (*technical system*) des Werkzeugbaus kann beispielsweise nötig werden, wenn

- sich das Produkt ändert, das mit dem technischen System hergestellt wird (z. B. Formänderung am Produkt),
- sich die Anforderungen an das Werkzeug oder die Vorrichtung ändern (z. B. Stückzahl steigt, Wartungs- bzw. Instandsetzungskosten minimieren).

Mit einer Änderung bzw. Anpassung wird meist eine **Verbesserung** (*improvement*) eines Vorgangs, eines Zustands oder die „beste Lösung“ unter gegebenen Rahmenbedingungen angestrebt. Die Verbesserung kann sich z. B. auf folgende Aspekte beziehen:

**Verbesserung der Wirtschaftlichkeit** (*economy*) (Kostensparnis) durch:

- Produktivitätssteigerung
- Verringerung der Anzahl der Mitarbeiter
- Einsatz neuer Technologien, Werkstoffe und Maschinen
- Senkung der Ausfallzeiten von Mitarbeitern und Maschinen
- Fehlervermeidung (*error prevention*)

**Qualitätsverbesserung** (*quality improvement*) des Produkts durch:

- den Einsatz neuer Werkstoffe und Hilfsstoffe
- konstruktive Änderungen

**Verbesserung der Arbeitsbedingungen** (*working conditions*) und -abläufe durch:

- ergonomische Gestaltung (*ergonomic design*)
- umweltspezifische Untersuchungen
- Verwendung von Hilfsmitteln und Vorrichtungen
- Schulung, Fortbildung und Qualifizierung der Mitarbeiter
- übersichtliche, gut lesbare Arbeitsanweisungen

**Stärkung der Identifikation** (*strengthening of identification*) der Mitarbeiter mit dem Produkt oder mit dem Betrieb, z. B. durch:

- Weiterbildungsangebote
- ein betriebseigenes Vorschlagswesen mit Prämien (*employee suggestion system with awards*)
- flexible Arbeitszeitgestaltung (*flexible organisation of working time*)
- Angebote im sozialen Bereich
- Prämien, Gewinnbeteiligung (*profit sharing*)

Eine Änderung oder Anpassung gilt dann als gelungen, wenn nicht nur ein Aspekt, sondern mehrere Aspekte verbessert werden. Gleichzeitig können durch Änderungen jedoch auch andere Aspekte negativ beeinflusst werden. Beispielsweise kann eine Produktivitätssteigerung (*increase in productivity*) zu zusätzlichen Belastungen der Mitarbeiter führen. Eine Kostenersparnis (*saving of costs*) kann die Entlassung von Mitarbeitern (*suspension of staff*) zur Folge haben.

### M E R K E

Die Änderung oder Anpassung eines technischen Systems im Werkzeugbau verfolgt meist eine Verbesserung und wird als die beste Lösung unter den gegebenen Umständen (Rahmenbedingungen) verstanden. Sie gilt als gelungen, wenn mehrere Aspekte verbessert werden.

Wichtig ist, dass alle Überlegungen, die zur endgültigen Entscheidung und damit zur Änderung des Systems führen, dokumentiert werden. Die Aufgabe des **Wissensmanagements**<sup>1)</sup> (*enterprise knowledge management*) eines Betriebs ist es, solche Dokumentationen (*documentations*) zu verwalten und für den Betrieb nutzbar zu machen.

### 1.1.1 Wissensmanagement

Die an einem Werkzeug oder einer Vorrichtung gemachten Änderungen müssen neben weiteren Informationen in einer **Datenbank** (*data base*) gespeichert werden. Diese Speicherung gilt allgemein für alle innerbetrieblichen wie außerbetrieblichen Informationen, die für den Betrieb von Bedeutung sein könnten. Dazu gehören z. B.:

- die Bereitstellung von Fachartikeln, Normen und Katalogen
- die Beobachtung des Marktes, der die Produkte einsetzt
- die Aufarbeitung der Kundeninformationen
- die Häufigkeit von Reparaturen
- die im Zuge eines betrieblichen Vorschlagswesens (*employee suggestion system*) gemachten Änderungen etc.

Jede Firma ist bemüht, das für ihre Produkte erforderliche Wissen immer auf dem bestmöglichen Stand zu halten. Auch Wissen kann und muss organisiert und verwaltet werden. Es müssen Informationen aufgearbeitet und den entsprechenden Mitarbeitern zur Verfügung gestellt werden. Dafür werden Zugriffsberechtigungen erteilt. Nicht jeder darf alle Informationen einsehen und verwenden. Es müssen Abläufe und Prozesse organisiert werden. Diese Aufgabe wird vom Wissensmanagement (*enterprise knowledge management*) wahrgenommen. Ziel ist es, die Produktivität der Firma zu erhöhen. Das Wissensmanagement erstellt, strukturiert und pflegt eine Datenbank. In ihr werden neben den schon genannten Inhalten diejenigen Daten gespeichert, die im Betrieb zur Lösung von Aufgaben benötigt werden könnten:

- Daten (z. B. Konstruktionsdaten, Produktionsdaten, Maschinendaten, Arbeitsorganisationen, Zulieferer, Eigenleistungen, ...),

1) Siehe Lernfeld 10 Kapitel 1.3

Nun können die jeweiligen Stempelpaare ausgewechselt werden. Jeder Stempel wird mit zwei parallel zur Einlaufrichtung des Blechstreifens liegenden Zylinderstiften gehalten (Bild 1). Die Stege zwischen den Durchbrüchen in der Schneidplatte für die Federhalter und Federbleche und die Randabstände müssen groß genug sein, um einen Bruch der Schneidplatte zu verhindern<sup>1)</sup> (Bild 2). Bei der Festlegung der Stegbreite zwischen den Durchbrüchen müssen das Layout des Stanzstreifens und der daraus resultierende Vorschub  $f^2)$  berücksichtigt werden.

Der **Schneidspalt  $u$**  (*cutting clearance*) hat entscheidenden Einfluss auf die Rissbildung, die Schneidarbeit und die Standzeit bzw. Standmenge des Werkzeugs. Er wird mit  $u = 0,06$  mm festgelegt<sup>3)</sup>. Um den Verschleiß der Schneidkanten zu verringern und den Forderungen des Werkzeug-Pflichten-Hefts der Firma gerecht zu werden, werden die Schneidelemente mit einer AlCrN-Schicht beschichtet (Seite 653 Bild 1 Pos. 6.12.1).

### 1.3.5 Änderungsentwurf

Aufgrund der oben gezeigten Ausführungen, Berechnungen und den aus dem Werkzeug-Pflichten-Heft (Seite 653 Bild 1) stammenden Anforderungen kann nun ein Änderungsentwurf des Stanzwerkzeuges erstellt werden. Bild 1 auf Seite 657 zeigt tabellarisch die bisher gewonnenen Daten und Vorgaben, die bei der Änderung des Werkzeugs berücksichtigt werden müssen.

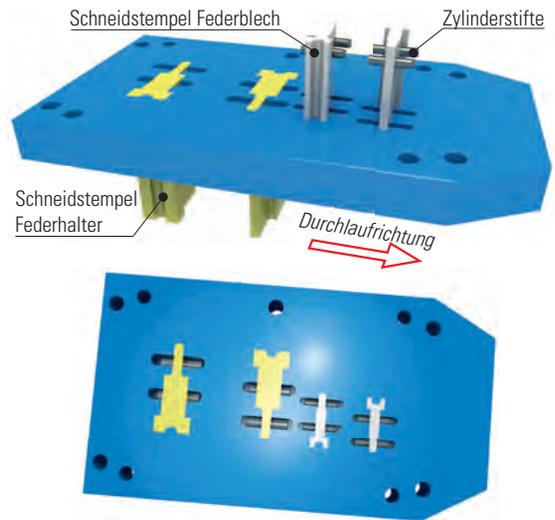
### 1.3.6 Erstellung des Datensatzes

Die für die Fremdleistungen, die Fertigung der Einzelteile im Werkzeugbau der Firma E-TEC GmbH und zum Zwecke der Dokumentation nötigen Unterlagen umfassen mindestens:

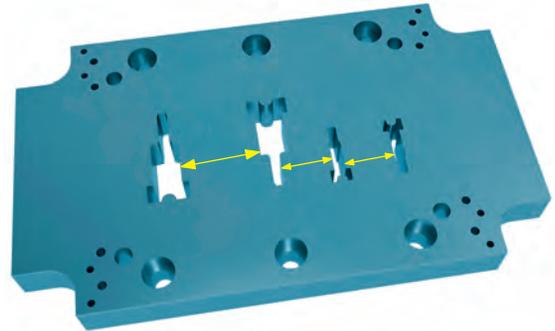
- die Stückliste (*parts list*),
- die Einzelteilzeichnungen (*single part drawing*) (Seite 658 Bild 1),
- die Gesamtdarstellung (*overall drawing*) (Bild 3).

### 1.3.7 Kostenaufstellung

Die **Gesamtkosten** (*overall costs*) für die Änderung des Schneidwerkzeugs zur Herstellung der Federhalter und Federbleche setzen sich aus verschiedenen **Einzelkosten** (*direct costs*) zusammen. Zum einen müssen die **Materialkosten** für die abgeänderten Bauteile des Werkzeugs berücksichtigt werden. Dabei sind meist einschlägige Kataloge der Stahlhersteller mit meist bindenden Preisen zu berücksichtigen. Zum anderen tragen die **Fertigungskosten** für die Herstellung der Einzelteile einen erheblichen Teil zu den Gesamtkosten für die Änderung des Schneidwerkzeugs bei. Um einen ersten Überblick über die **Fertigungszeiten** der verschiedenen Einzelteile zu bekommen, erfolgt oftmals eine kurze Abstimmung. Dabei wird jedes benötigte Fertigungsverfahren (Fräsen, Drahterodieren, Senkerodieren, Schleifen und Drehen etc.) mit der jeweils benötigten Fertigungszeit berücksichtigt. Mithilfe des Gesamt-



1 Stempelhalterplatte mit je zwei Schneidstempeln für Federblech und Federhalter sowie zugehörigen Zylinderstiften



2 Nicht gehärtete Schneidplatte mit ausreichend bemessenen Stegbreiten zwischen den Durchbrüchen



3 Gesamtdarstellung des geänderten Werkzeugs

1) Siehe Lernfeld 11 Kap. 1.9.1.1 Schneidstempel und Schneidplatte

2) Siehe Abschnitt Berechnung der Prozessparameter

3) Siehe Lernfeld 6 Kap. 1