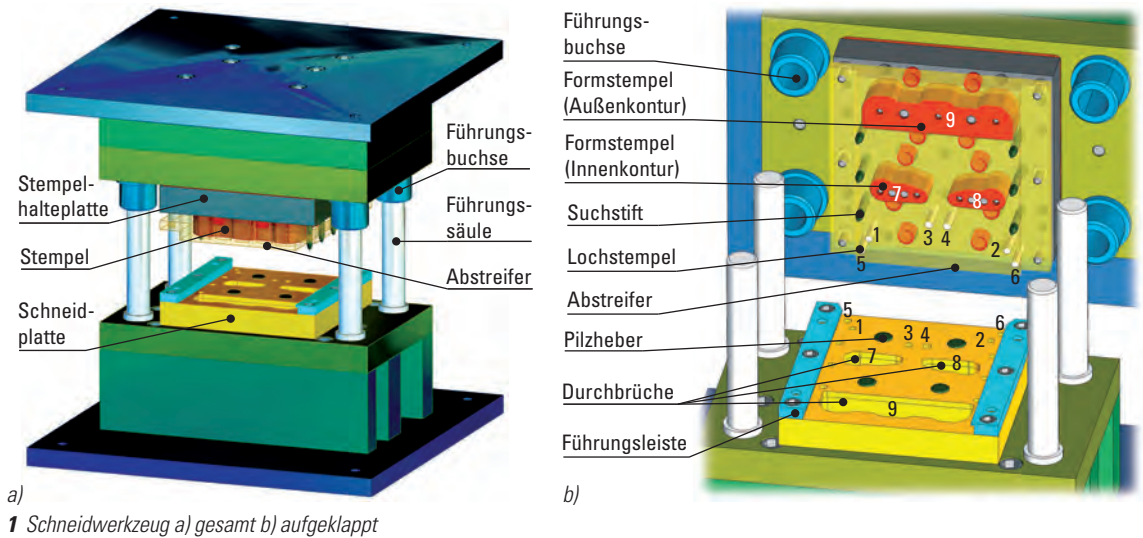


**Fertigung der Getriebedichtung**

Die in der Stempelhalteplatte (Bild 1) montierten Stempel schneiden im Zusammenspiel mit der Schneidplatte die Löcher, Innenkonturen und die fertige Dichtung (Außenkontur) nacheinander aus. Während der Auf- und Abwärtsbewegung führen Säulen das Werkzeugoberteil in Buchsen und die fertige Dichtung fallen durch Bohrungen und Durchbrüche (*openings*) in der Schneidplatte herab. Der Vorschubapparat transportiert das Stanzgitter (*punching scrap*) durch das Schneidwerkzeug. Seitlich wird das Bandmaterial durch Führungsleisten geführt, die so gestaltet sind, dass sie auch als Zwangsabstreifer funktionieren. Würde das Bandmaterial wäh-

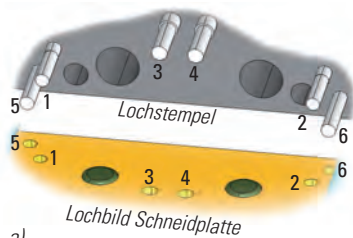
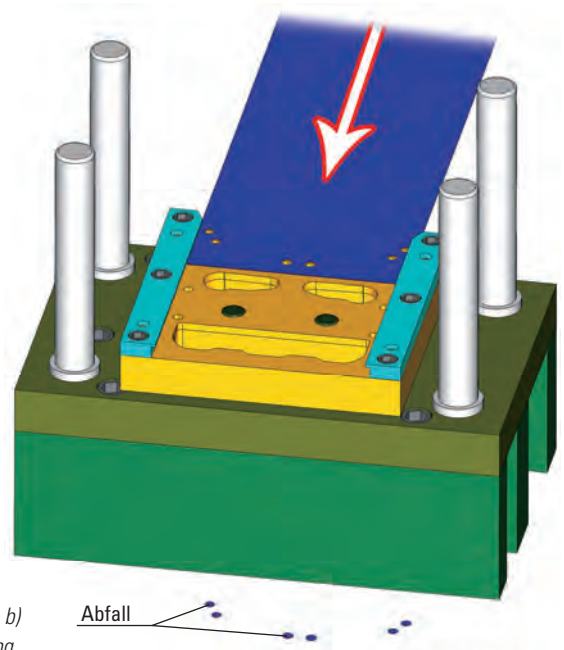
rend der Vorschubbewegung eben auf der Schneidplatte (*cutting tip*) aufliegen, könnte es durch Verunreinigungen, einen Ölfilm o. ä. an der Schneidplatte haften. Deshalb sind in der Schneidplatte federnd gelagerte Pilzheber eingebaut. Diese drücken das Bandmaterial während der Vorschubbewegung nach oben. Durch die **Führungsleisten** und **Pilzheber** ist sichergestellt, dass das Bandmaterial zuverlässig durch das Werkzeug läuft.

Die Fertigung der Dichtung erfolgt in vier Pressenhüben, zwischen denen das Bandmaterial jeweils um den Vorschub *f* weitergeschoben wird (Seite 105 Bild 2).



**1. Pressenhub (Bild 2)**

Das Werkzeugoberteil fährt herab. Die Stempel 1...4 fertigen die zum späteren Auflegen der Dichtung notwendigen Löcher 1...4. Die Stempel 5 und 6 schneiden Löcher aus, die sich außerhalb der Außenkontur der Dichtung befinden. In diese Löcher tauchen später die Suchstifte ein. Sie dienen in den folgenden Pressenhüben zur exakten Positionierung des Bandmaterials. Die ausgeschnittenen Butzen (*slugs*) fallen durch die Bohrungen 1...6 der Schneidplatte nach unten. Anschließend fährt das Werkzeugoberteil nach oben und das Band wird weitergeschoben.

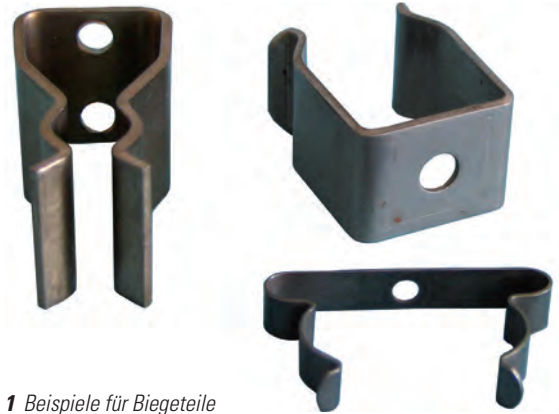


**2** 1. Pressenhub: a) Werkzeug b) Schneidvorgang

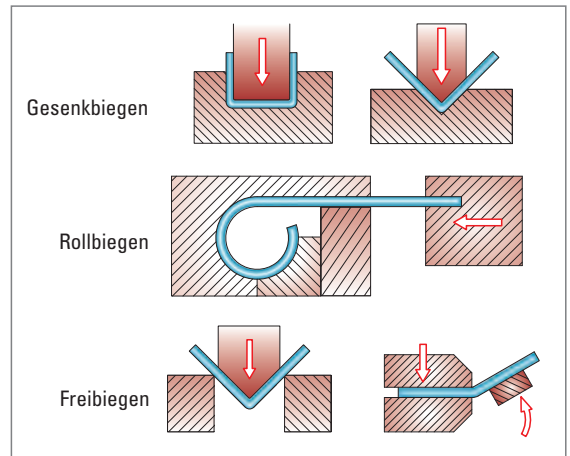
**1.1.2 Biegewerkzeug**

Durch das Biegen mit **geradliniger Werkzeugbewegung** werden einfache und komplizierte Bauteile aus Blech (Bild 1) gefertigt. Hauptsächlich werden die Verfahren des **freien Biegens** (*free bending*), des **Gesenkbiegens** (*die bending*) und des **Rollbiegens** (*curling*) angewandt (Bild 2). Das Biegen geschieht, je nach Größe und Stückzahl der Werkstücke, hauptsächlich mithilfe von **Einverfahrenwerkzeugen** oder **Folgebundwerkzeugen** (*follow-up compound tool*) (siehe Lernfeld 11). Der Biegeprozess und der Werkzeugaufbau werden am Beispiel einer Motoraufhängung (Bild 3) erklärt, die mit einem Einverfahrenwerkzeug hergestellt wird.

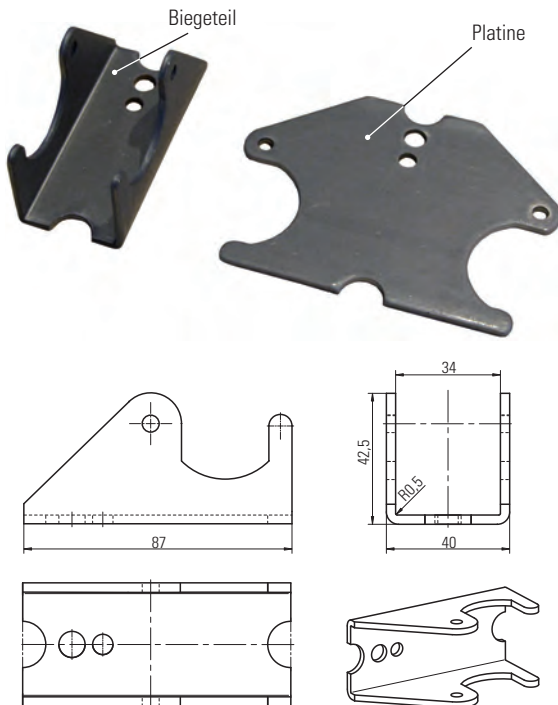
Der grundsätzliche Aufbau eines Biegewerkzeuges (*bending tool*) (Bild 4) entspricht dem eines Schneidwerkzeuges (*cutting tool*) (siehe Seite 102). Auch das Biegewerkzeug besteht aus einem Unterteil (*base part*), das fest auf den Pressentisch montiert ist und einem Oberteil (*upper component*), das mit einem Einspannzapfen (*clamping pivot*) am Stößel (*plunger*) der Presse befestigt ist. Beide Werkzeugarten benötigen eine Führung (*guiding system*). Beim Schneidwerkzeug auf Seite 102 erfolgt dies durch Führungssäulen, bei diesem Biegewerkzeug durch eine einfache Führung im Werkzeug und die Führung der Presse. Ein solches Führungssystem wird häufig bei Einverfahrenwerkzeugen verwendet, mit denen Bauteile in geringer Stückzahl und mit größeren Toleranzen gefertigt werden. Ein weiterer Unterschied besteht in der Befestigung der Stempel (*plunger*). Im Gegensatz zu Schneidstempeln sind Biegestempel meist nicht in eine Halteplatte eingelassen, sondern direkt mit der Spannplatte (*clamping plate*) verschraubt (Bild 4). Die Position der Stempel in der Spannplatte wird durch Stifte gesichert. Um die



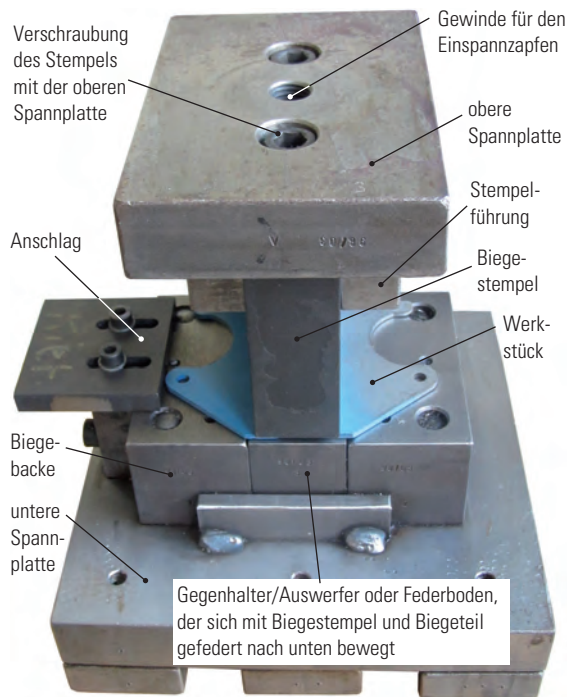
1 Beispiele für Biegeteile



2 Arten der Biegeumformung



3 Platine und Fertigteil des Werkstücks



4 Aufbau des Biegewerkzeugs

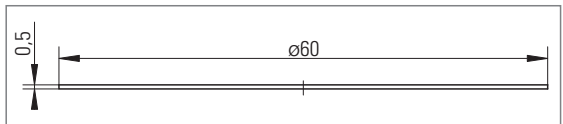
**1.1.3 Tiefziehwerkzeug**

Die Verschlusskappe aus EN-AW-1050A [Al 99,5] (Bild 1) dient zum Verschließen von hochwertigen Shampooflaschen. Die Fertigung des Deckels durch **Tiefziehen** (*deep drawing*) erfolgt in mehreren Schritten, von denen hier vier dargestellt sind (Bilder 2 bis 5):

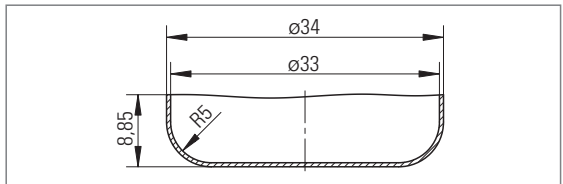
Zuerst wird ein runder **Blechzuschnitt** (*sheet metal blanking*) (Ronde) ausgestanzt (Bild 2). Diese **Ronde** (*blank*) wird durch Tiefziehen im **Erstzug** (*first draw*) (Bild 3) zu einem Napf umgeformt. Anschließend wird dieser Napf im **Weiterzug** stärker



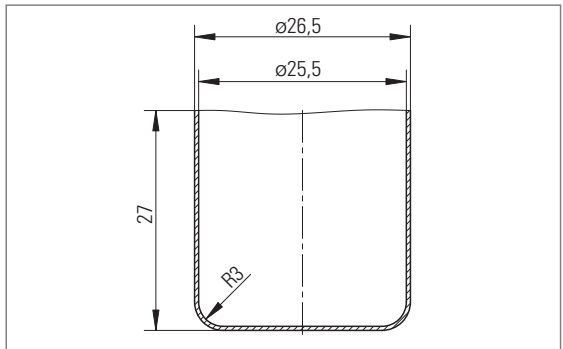
1 Verschlusskappe



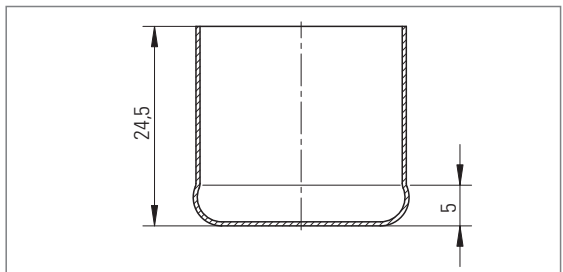
2 Ronde



3 Erstzug



4 Weiterzug

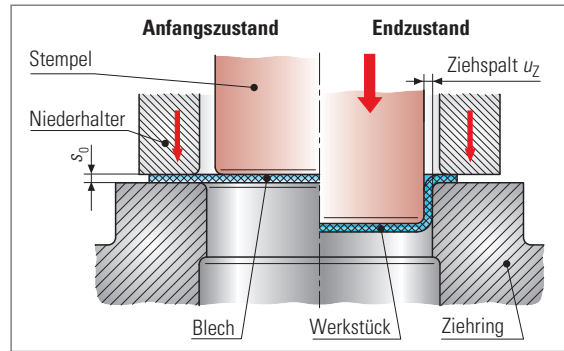


5 Fertigprodukt

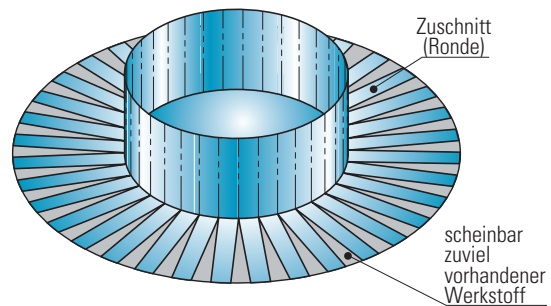
umgeformt (Bild 4). Über weitere Tiefziehschritte, anschließendes **Rollieren** (*rolling*), **Beschneiden** (*trimming*) und **Prägen** (*stamping*) wird das Endprodukt (Bild 5) gefertigt.

Das **Tiefziehwerkzeug** (*deep drawing tool*) (Bild 6) besteht aus **Stempel** (*punch*), **Ziehring** (*die*) und **Niederhalter** (*blank holder*).

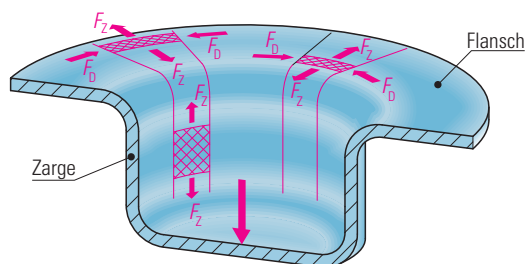
Während der Stempel nach unten fährt, drückt er auf die Bodenfläche des entstehenden Napfes. Das Blech wird dadurch in den Ziehspalt (*drawing clearance*) zwischen Stempel und Ziehring gezogen. Ohne einen Niederhalter würde der Napf unerwünschte Falten (*wrinkles*) bekommen. Die Ursache für diese Faltenbildung sind die Dreiecksflächen, die übrig bleiben, wenn man sich den Mantel des Napfes aus hochgebogenen Rechtecken vorstellt (Bild 7). Um einen **faltfreien** (*wrinkle-free*) Napf zu erhalten, muss der scheinbar zu viel vorhandene Werkstoff (graue Dreiecksflächen) umgeformt werden. Der Werkstoff muss deshalb im Flansch (Umformzone) in **radialer Richtung** (*radial direction*) verlängert werden. Dieses geschieht durch die **Zugkräfte** (*tensile forces*)  $F_z$ . Gleichzeitig muss der Werkstoff in



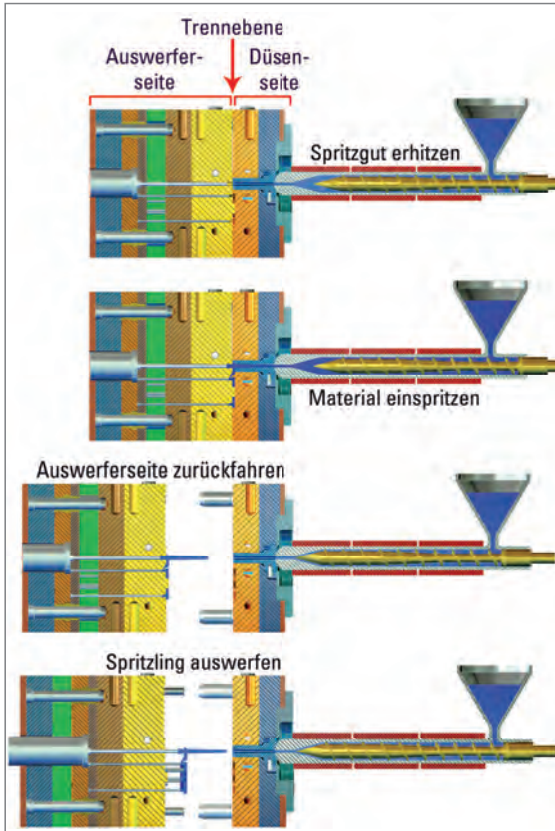
6 Tiefziehschema



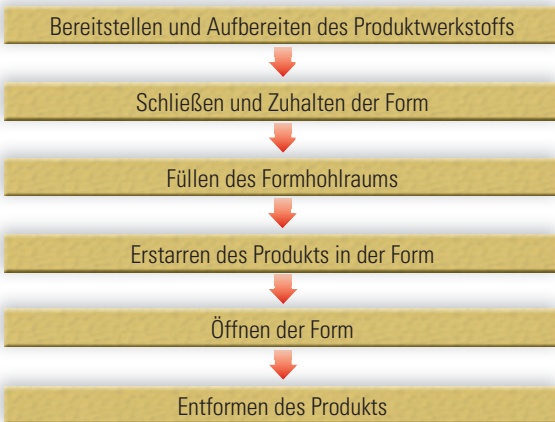
7 Flansch mit Dreiecksflächen



8 Druck- und Zugkräfte

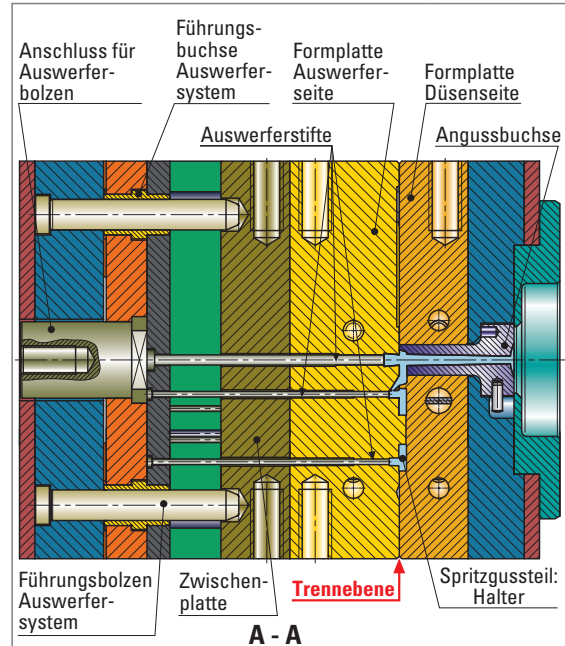


1 Spritzgießprozess

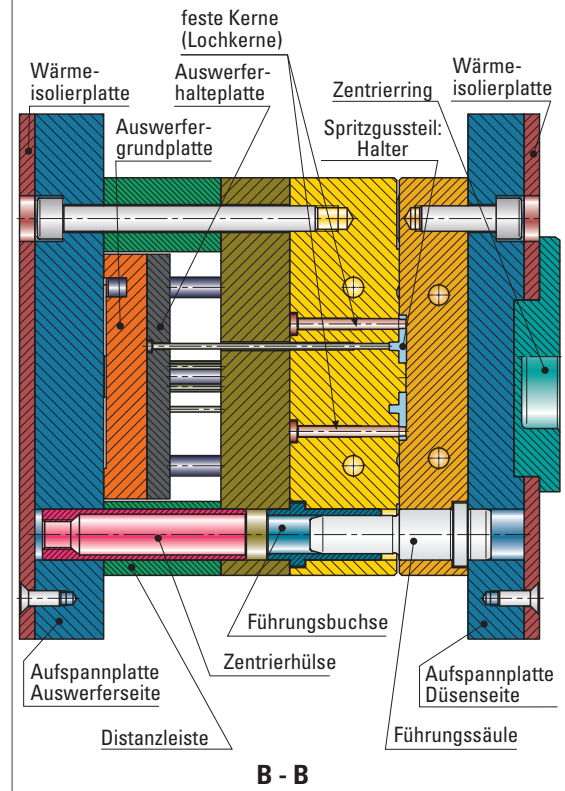


2 Phasen des Spritzgießprozesses

Beim Spritzgießen nimmt die Spritzgießmaschine die geteilte Spritzgießform auf. Vor dem Befestigen positioniert der Zentrierling die gesamte Spritzgießform in der Zentrierung der feststehenden Aufspannplatte (*mounting platen*). Bei geschlossenem Werkzeug werden die beiden Formhälften auf den Aufspannplatten der Spritzgießmaschine befestigt.



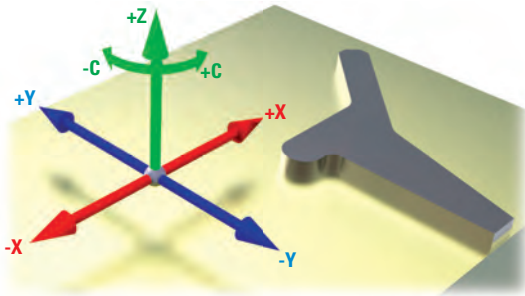
A - A



B - B

3 Zwei Schnitte durch die Spritzgießform für den Halter

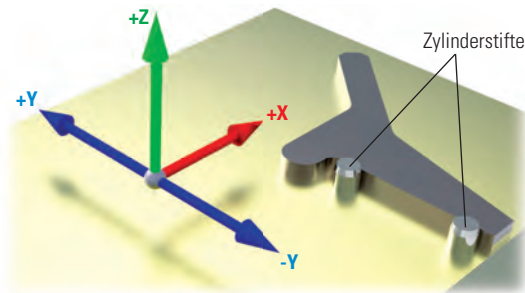
ung oder **Halbbestimmung** des Werkstücks genannt. Würde der Winkelhebel mit seiner Bezugsfläche auf drei Auflagepunkten (*points of support*) liegen, wäre die X-Y-Ebene eindeutig bestimmt.



1 Halbpositionierung des Werkstücks auf Grundplatte (X-Y-Ebene)

### 1.3.1.1.2 Positionierung (*positioning*)

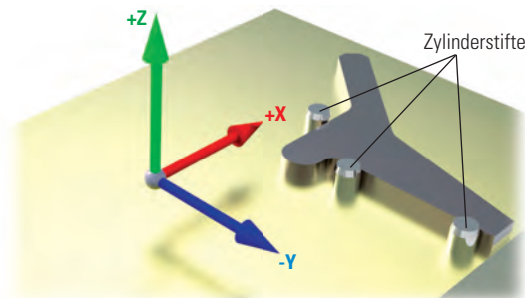
Um weitere Freiheitsgrade einzuschränken bzw. eine weitere Ebene festzulegen, schlägt der Winkelhebel (Bild 2) mit seiner senkrechten, linken Bezugsfläche gegen zwei gehärtete Zylinderstifte (*cylindrical pins*) an. Damit ist das Werkstück in einer zusätzlichen Ebene (Y-Z-Ebene) festgelegt. Die Positionierung ist umso genauer, je größer der Abstand der Zylinderstifte ist. Die Zylinderstifte (**Bestimmelemente**) sind so anzuordnen, dass die geplante Konturbearbeitung möglich ist. Im Vorrichtungsbau wird die Lagebestimmung des Werkstücks in zwei Ebenen als **Positionierung** oder **Bestimmung** bezeichnet.



2 Positionierung des Werkstücks in der X-Y- und der Y-Z-Ebene

### 1.3.1.1.3 Vollpositionierung (*complete positioning*)

Durch **einen** dritten, gehärteten Zylinderstift (Bild 3), an den die obere, waagrechte Bezugsfläche des Winkelhebels anschlägt,

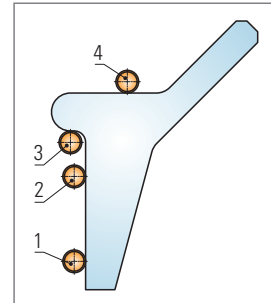


3 Positionierung des Werkstücks in der X-Y- und der Y-Z-Ebene

wird die dritte Ebene (Z-X-Ebene) festgelegt. Er ist so anzubringen, dass der Winkelhebel nicht über die Grundplatte hinausragt und gleichzeitig die Gewindebohrung M2,5 noch problemlos herzustellen ist. Durch die Lagebestimmung des Werkstücks in drei Ebenen wurde eine **Vollpositionierung** oder eine **Vollbestimmung** erreicht. Das Werkstück kann sich lediglich noch in den drei Linearachsen (+X, -Y und +Z) verschieben, was jedoch durch entsprechendes Festspannen des Werkstücks zu verhindern ist.

### 1.3.1.1.4 Überpositionierung (*over positioning*)

Zur Lagebestimmung der Z-X-Ebene des Winkelhebels (Bild 4) könnten sowohl der Zylinderstift 3 als auch der Zylinderstift 4 genutzt werden. Das Maß des Werkstücks zwischen den beiden Zylinderstiften wird nie genau dem Abstand der Bestimmelemente entsprechen. Deshalb kann die Z-X-Ebene entweder an der Berührungsfläche des Winkelhebels mit dem Zylinderstift 3 oder mit dem Zylinderstift 4 liegen. Sind in einer Achsrichtung zwei Lagen einer Ebene möglich, ist das eine **Überpositionierung** oder **Überbestimmung** (*over determination*).



4 Überpositionierung des Werkstücks in der Z-X-Ebene

### MERKE

Ein Werkstück ist in seiner Lage **vollpositioniert**, wenn seine drei Ebenen eindeutig festliegen. Die formschlüssigen Bestimmelemente sollen möglichst die bei der Bearbeitung auftretenden Kräfte aufnehmen<sup>1)</sup>.

Die **3:2:1-Regel** besagt, dass die erste Ebene durch drei Bestimmelemente festgelegt ist. Für die zweite Ebene werden noch zwei Bestimmelemente und für die dritte Ebene wird noch ein Bestimmelement benötigt.

### 1.3.1.1.5 Bestimmelemente

Auflageflächen, Stifte, Anschläge, Bolzen und Prismen gehören u. a. zu den Bestimmelementen des Vorrichtungsbau. Sie sind fast alle gehärtet bzw. oberflächengehärtet, damit sie möglichst wenig verschleifen.

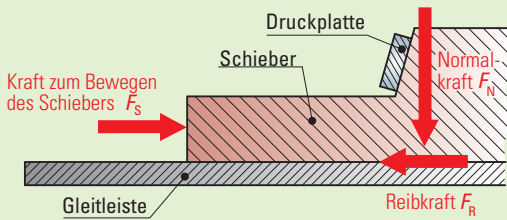
### Auflagen (*rests*)

Bei dem Winkelhebel, dessen Auflagefläche klein ist, kann die Grundplatte der Vorrichtung eine ebene Fläche sein. Größere Werkstücke liegen meist auf zwei Leisten auf, damit bei eventuellen geringen Unebenheiten des Werkstücks keine Überbestimmung vorliegt. Größere Auflageflächen sind oft mit Rillen (*grooves*) versehen (Seite 148 Bild 1), in die sich Schmutz einlagern kann, damit eine möglichst ebene Auflage gewährleistet wird. Unebene Flächen, wie sie z. B. bei nicht bearbeiteten Gussteilen vorliegen, werden durch drei punktuelle Auflagen bestimmt. Eine Ebene, die durch drei Punkte verläuft, ist eindeu-

<sup>1)</sup> siehe auch Seite 55 Bild 2

### Beispielaufgabe

Welche Kraft  $F_S$  wird zum gleichförmigen Bewegen des Schiebers benötigt, der eine Masse von 650 kg hat, wenn die Reibzahl 0,06 beträgt?



$$F_S = F_R$$

$$F_N = 6376,5 \text{ N}$$

$$F_R = F_N \cdot \mu$$

$$F_R = 6376,5 \text{ N} \cdot 0,06$$

$$F_R = 382,6 \text{ N}$$

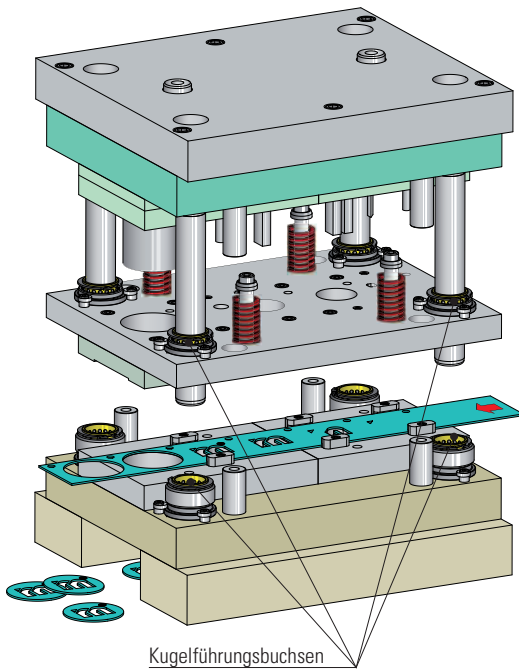
$$F_S = 382,6 \text{ N}$$

$$F_N = m \cdot g$$

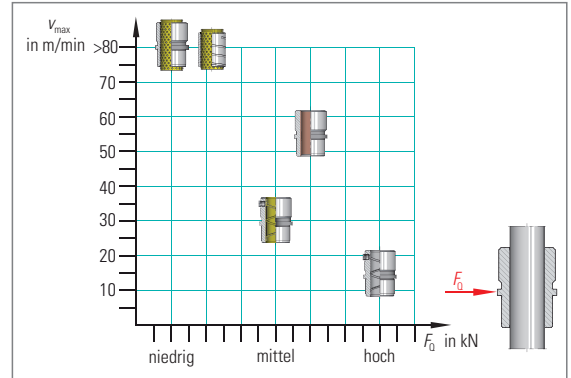
$$F_N = \frac{650 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}{1 \text{ s}^2 \cdot 1 \text{ kg} \cdot \text{m}}$$

### 2.1.2 Wälzlagerführungen

In der Schneid- und Umformtechnik (*cutting and forming technology*) (Bild 1) aber auch bei Auswerferplattenführungen in der Formtechnik kommen Wälzführungen zum Einsatz. Die Normalienhersteller (*standards manufacturer*) bieten die Führungen so an, dass die verschiedenen Führungssäulen mit unterschiedlichen Buchsen zu kombinieren sind (Bild 3). Vor allem bei größeren Gleitgeschwindigkeiten  $v$  und geringeren Querkräften  $F_Q$  eignen sich die Wälzführungen besonders (Bild 2).



1 Schneidwerkzeug mit Wälzführungen



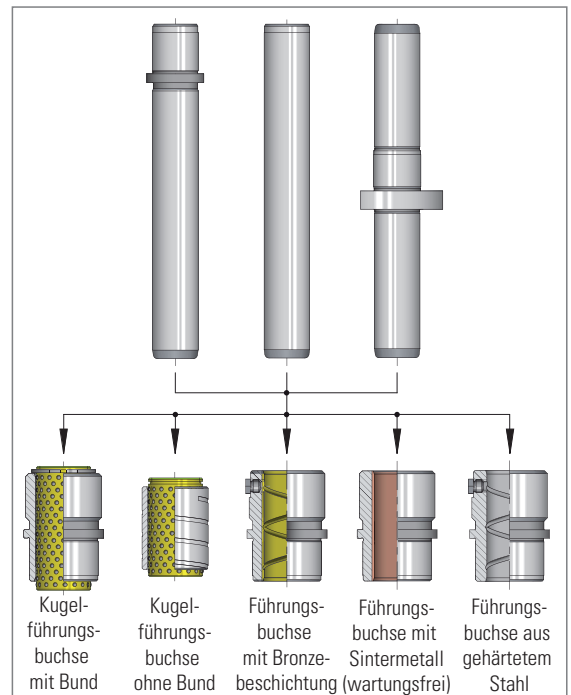
2 Auswahl der Rundführung

Die **Vorteile** von Wälzführungen sind:

- niedriger Reibbeiwert bzw. -faktor bei rollender Reibung, sodass nur geringe Verschiebekräfte erforderlich sind
- kein Ruckgleiten (stick-slip-Effekt)
- Spielfreiheit durch Vorspannung der Wälzführungen
- wenig Verschleiß
- geringer Schmiermittelaufwand
- **Nachteilig** sind die geringen Querkräfte (*shear forces*), die die Wälzführungen übertragen können und der höhere Preis.

### MERKE

Die Genauigkeit der Werkzeugführungen ist ausschlaggebend für die Qualität der herzustellenden Bauteile.



3 Wälz- und Gleitführungskombinationen

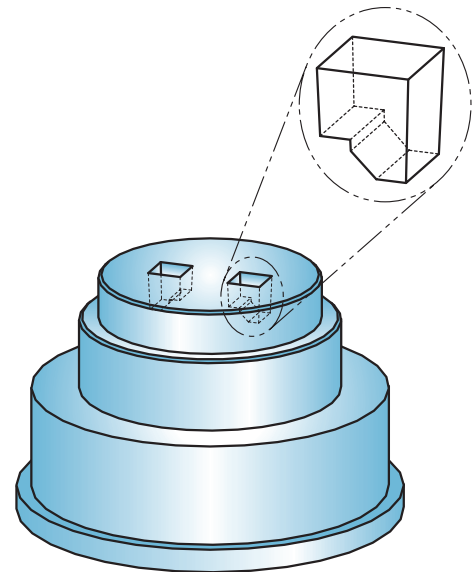
## 3 Funkenerodieren

Die stufenförmigen und konischen Senkungen in dem Formeinsatz (Bild 1) lassen sich durch Fräsen schlecht herstellen, weil die relativ scharfen Kanten manuell nachgearbeitet werden müssten. Mithilfe der Funkenerosion (*Electrical Discharge Machining: EDM*) ist es möglich, die konischen Senkungen (*conical countersinks*) scharfkantig abzutragen.

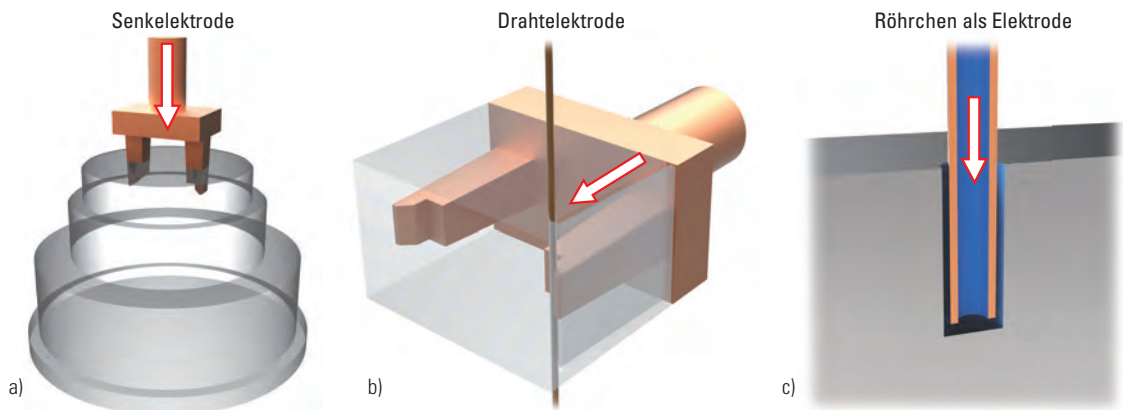
### MERKE

Durch Funkenerodieren werden komplizierte Senkungen und Durchbrüche in elektrisch leitende Werkstoffe wirtschaftlich hergestellt, wobei die Härte und die Zerspanbarkeit (*machinability*) des Materials unbedeutend sind.

- Beim **Senk- und Planetärerodieren** (*die-sink/planetary electrical discharge machining*) (Bild 2a) ist eine Elektrode erforderlich, die das Gegenstück zur Senkung darstellt.
- Beim **Drahterodieren** (*wire-cut electrical discharge machining*) der Senkelektrode (Bild 2b) wird ein endloser Draht als Elektrode genutzt.



1 Scharfkantige Senkungen in Formeinsatz



2 Erodierverfahren: a) Senkerodieren, b) Drahterodieren, c) Bohrerodieren

- Beim **Bohrerodieren** (*drilling electrical discharge machining*) (Bild 2c) dient ein Röhren als Elektrode.

## 3.1 Grundlagen

### 3.1.1 Physikalisches Prinzip

Funkenerodieren nutzt elektrische Energie zum Abtragen des Werkstoffs. Der Generator der Funkenerosionsmaschine (Seite 337 Bild 1) stellt eine **pulsierende Gleichspannung** (Seite 337 Bild 2) zur Verfügung. Bei dem ebenfalls **pulsierenden Gleichstrom** entstehen **Funken** (*sparks*) im Spalt zwischen Elektrode und Werkstück. Während des Stromflusses entstehen Temperaturen bis 10000°C. Material wird vorrangig vom Werkstück aber auch von der Elektrode abgetragen, es verdampft. Es bildet sich aufgrund der Materialverdampfung im Dielektrikum (*dielectric*) eine Gasblase, deren Druck sehr stark ansteigt. Nach dem Unterbrechen der Spannung führt das plötzliche Absinken

der Gasblasentemperatur zu deren Zusammenbruch. Dadurch wird das geschmolzene Material aus den Oberflächen herausgeschleudert. Es entstehen Krater (*craters*) an den Oberflächen. Die Zeit der Spannungsunterbrechung wird zum Abtransport der kleinen festen Partikel genutzt. Die folgenden elektrischen Kenngrößen beeinflussen den Erodierprozess:

- Die **Zündspannung** (*sparkling voltage*) ist die höchste auftretende Spannung. Sie tritt auf, bevor der Strom fließt.
- Die **Entladespannung** (*discharge voltage*) tritt nach dem Zünden während der Entladung auf, d. h., wenn der Strom fließt.
- Der **Entladestrom** (*discharge current*) fließt während der Entladung.
- Die **Impulsdauer** (*pulse duration*) legt die Zeit fest, in der der Spannungsimpuls wirkt.
- Die **Zündverzögerungszeit** (*ignition delay time*) ist die Zeit vom Beginn des Spannungsimpulses bis zum Zünden, d. h. bis zum Stromanstieg.



1 Schieber drückt in vorderer Endlage gegen die beteiligten Trennflächen



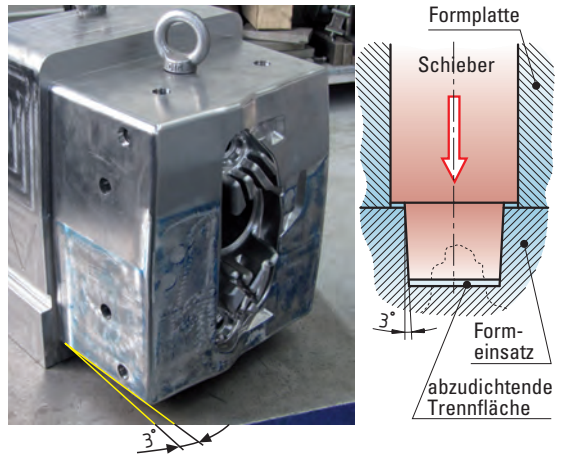
2 Abtragen der Druckstellen mit dem Handschleifgerät

sung (oft H7/g6) zwischen Schiebernut und Führungsleiste vor. Zum Tuschieren des Schiebers trägt die Fachkraft mit dem Pinsel die **Tuschierpaste** (*spotting paste*) dünn auf die **fertig bearbeiteten Trennflächen** des Formeinsatzes und der beteiligten Schieber auf. Anschließend wird der Schieber auf den Gleit- und Führungsleisten gegen die mit Tuschierpaste versehenen Trennflächen geschoben bzw. gedrückt (Bild 1). Auf den Stellen des Schiebers, die die Trennflächen berühren, haftet die Tuschierpaste.

Mit elektrisch oder pneumatisch angetriebenen Handschleifgeräten (*grinding pencils*) werden die Druckstellen abgetragen (Bild 2). Das Tuschieren und Abtragen der Druckstellen wird so lange wiederholt, bis die Trennflächen dicht aufeinanderliegen und ein einheitliches Tragbild (*contact pattern*) auf allen Trennflächen des Schiebers vorliegt. Der Prozess benötigt oft mehrere Stunden. Er wird dadurch erschwert, dass sich der Schieber in der Formplatte über Flächen mit z. B. 3° zentriert (Bild 3), die dann am Schieber auch noch nachzuarbeiten sind.

**MERKE**

Trennflächen beweglicher Schieber müssen bei Urformwerkzeugen dicht sein. Deshalb werden sie mithilfe von Tuschieren angepasst.



3 Schieber und Schieberzentrierung mit auf dem Schieber haftender Tuschierpaste

**4.1.2 Tuschieren der Formhälften auf der Tuschierpresse**

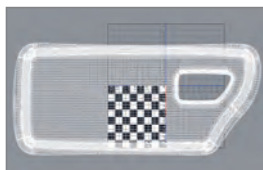
Während das Anpassen der Schieber noch ohne größere Hilfsmittel erfolgen kann, geschieht das Tuschieren der beiden Formhälften auf der **Tuschierpresse** (*die spotting press*) (Bild 4). Damit die Fachkraft die manuelle Bearbeitung der tuschierten Oberflächen in möglichst angenehmer Haltung durchführen kann, verfügen die Tuschierpressen über ausfahrbare und schwenkbare Tuschierplatten. Spannpratzen befestigen die Kernseite auf der unteren und die Düsenseite auf der oberen Tuschierplatte (Seite 368 Bild 1). Die tiefer liegenden Trennflächen der Düsenseite werden mit Tuschierpaste versehen, um die er-



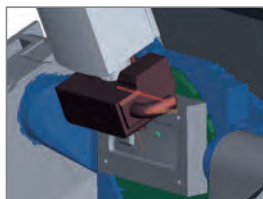
4 Tuschierpresse



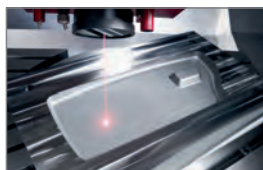
- Mithilfe einer speziellen Software wird die ausgewählte Textur auf das dreidimensionale Modell der zu strukturierenden Oberfläche übertragen.



- Aufgrund der definierten Struktur der formgebenden Werkzeugoberfläche wird ein CNC-Programm für das Laserstrukturieren generiert und durch eine Simulation überprüft.



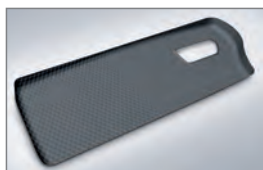
- Auf der 5-Achs-Maschine erfolgt das Strukturieren der Oberfläche mit dem Laser.



- Der fertig bearbeitete Formeinsatz nach dem Laserstrukturieren.



- Der Handschuhfachdeckel als Kunststoffteil.



## ÜBUNGEN

1. Nennen Sie Gründe für das Narben bzw. Strukturieren von Kunststoffteilen.
2. Welche Aufgaben hat der Schutzlack beim foto-chemischen Ätzen?
3. Begründen Sie, warum das Bauteil zwischen der ersten und zweiten Ätzung gereinigt werden muss.
4. Welche Auswirkungen hat die vorhandene Formschräge auf die mögliche Ätztiefe?
5. Legen Sie die maximale Ätztiefe für eine Formschräge von 2,5° fest.
6. Beschreiben Sie die CAD-CAM-Prozesskette beim Laserstrukturieren.
7. Welche Vorteile hat das Laserstrukturieren gegenüber dem Ätzen?

## 5 Beschichten

Bei den Schneid- und Umformwerkzeugen als auch bei den Urformwerkzeugen besteht ein Fertigungsziel darin, mit den vorhandenen Werkzeugen möglichst viele Bauteile zu produzieren. Damit dies gelingt, werden für das Werkzeug die geeigneten Werkstoffe ausgewählt, meist wärmebehandelt (*heat-treated*) bzw. nitriert (*nitrogenized*) und mit der gewünschten Oberflächenqualität versehen. Durch das Beschichten (*coating*) der formgebenden Werkzeugoberflächen mit einer auf das Verfahren abgestimmten Hartstoffschicht (*layer of hard material*) können sich folgende Vorteile ergeben:

- Erhöhung der Verschleißbeständigkeit (*resistance to wear and tear*)
- Steigerung der Korrosionsbeständigkeit
- Verbesserung der Gleiteigenschaften
- Verbesserung der Entformbarkeit
- Reduzierung von Formbelägen und Aufschweißungen
- Schutz von polierten und strukturierten Werkzeugoberflächen

### 5.1 Hartverchromen

Die Kavität des gebrauchten Formeinsatzes (Bild 1) wurde hartverchromt. Das Hartverchromen (*hard chrome plating*) ist ein galvanischer (*galvanic*), d. h. elektrochemischer (*electrochemical*) Prozess, bei dem Chrom direkt ohne Zwischenschichten auf den Grundwerkstoff aufgebracht wird.



1 Hartverchromte Kavität eines gebrauchten Formeinsatzes

Die Hartchromschicht besitzt folgende Eigenschaften:

- hohe Verschleißfestigkeit durch seine Härte von 68 ... 72 HRC
- hohe Temperaturbeständigkeit (Schmelzpunkt 1850 ... 1900°C)
- gute Korrosionsbeständigkeit
- sehr niedrige Reibungskoeffizienten und dadurch sehr gute Gleiteigenschaften
- große Schichtdicken meist von 20 ... 200 µm (in Sonderfällen bis etwa 1 mm) möglich

## 2.1 CAD-Modelle im Werkzeugbau

Der Werkzeugbau setzt fast ausschließlich dreidimensionale (3D) CAD-Modelle zur Konstruktion der Bauteile und Werkzeuge ein. Das sind:

- Volumenmodell,
- Flächenmodell und
- Hybridmodell

### 2.1.1 Volumenmodell










Das Volumenmodell (*solid*) beschreibt das Bauteil mithilfe einzelner Volumina (Bild 1), die addiert, subtrahiert oder von denen die Schnittmenge gebildet wird (Boolesche Operationen). Ein Schnitt durch das Volumenmodell des Sockels (Bild 2) zeigt die Schnittflächen und die Durchbrüche.

### 2.1.2 Flächenmodell

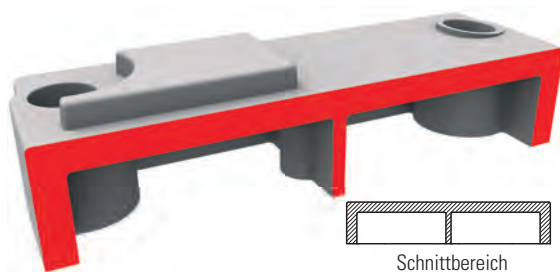
Das Flächenmodell (*surface model*) beschreibt das Bauteil mithilfe einzelner Flächen, die in ihrer Summe seine gesamte Oberfläche darstellen. Ein Schnitt durch das Flächenmodell des Sockels (Bild 3) zeigt lediglich die geschnittenen Flächen, zwischen denen nichts, d. h., kein Volumen bzw. „Material“ vorhanden ist.

### 2.1.3 Hybridmodell

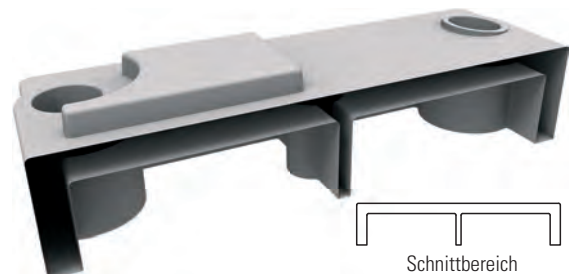
Die meisten im Werkzeugbau eingesetzten CAD-Systeme können sowohl Volumina als auch Flächen modellieren. Sie ermöglichen es einerseits, aus Flächen Volumina zu konstruieren, als auch andererseits, aus Volumina Flächen abzuleiten. Das im Weiteren genutzte CAD-System verfügt über diese Möglichkeiten.

Ausgangssituation	Boolesche Operation	Ergebnis
Addition von Rechthecksäule und Zylinder		
		
Subtraktion von Rechthecksäule und Zylinder		
		
Schnittmenge von Rechthecksäule und Zylinder		
		

1 Boolesche Operationen: Addition, Subtraktion und Schnittmengenbildung



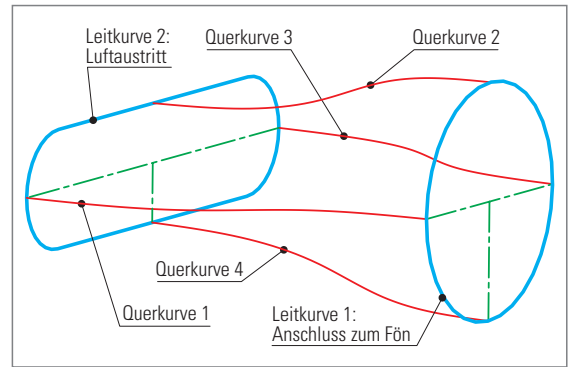
2 Schnitt durch das Volumenmodell des Sockels



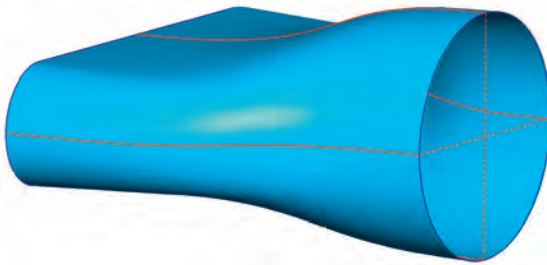
3 Schnitt durch das Flächenmodell des Sockels

### 2.5.2 Kurvennetz konstruieren und Freiformfläche modellieren

Bevor das Modellieren der Freiformfläche für die Ondulierdüse erfolgen kann, ist ein Netz aus Leit- und Querkurven zu konstruieren (Bild 1). Dabei bestehen in unserem Fall die beiden **Leitkurven** (*basic curves*) aus Regelgeometrien (Gerade, Kreis, Kreisbogen). Die vier **Querkurven** sind Splines, wobei zwei unterschiedliche (Querkurve 1 und 2) konstruiert und die jeweils gegenüber liegenden (Querkurve 3 und 4) gespiegelt wurden. Um mithilfe des konstruierten Netzes eine Freiformfläche zu modellieren, sind zunächst die beiden Leitkurven zu identifizieren, bevor die Querkurven 1 bis 4 identifiziert werden. Das Er-



1 Netz aus Leit- und Querkurven



2 Freiformfläche für Ondulierdüse

gebnis der Konstruktion ist in Bild 2 dargestellt. Da der Luftaustritt der Ondulierdüse nicht eben sondern radienförmig ist (Seite 397 Bild 3), wird über einen Kreisbogen eine Regelfläche erzeugt, gegen die die Freiformfläche zu trimmen ist (Bild 3).

#### MERKE

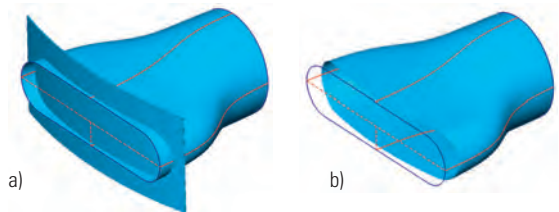
Freiformflächen entstehen meist auf der Grundlage von Splines.

### 2.5.3 Körper aus Flächen ableiten

Bei einem Hybridmodell ist es nicht nur möglich, Flächen von Körpern abzuleiten, sondern auch Körper aufgrund von Flächen zu erstellen. Dazu wird die Freiformfläche angeklickt und die Dicke der Wandstärke eingegeben. Bild 4 zeigt den entstandenen Körper, dessen Austrittsöffnung verrundet und der Schnappverschluss (*snap fit*) konstruiert wurde.

### 2.5.4 Freiformflächen prüfen

Mit der Reflexionsanalyse (*reflection analysis*) (Bild 5) können Freiformflächen optisch beurteilt werden. Dabei sollen die Konturlinien möglichst „sanft“, „eleganter“ und „flüssiger“ sein. An der Ondulierdüse sollen sie keine scharfen Ecken aufweisen. An den Flächenübergängen sollen die Konturlinien ohne Versatz (*misalignment*) weiterlaufen. Auf diese Weise ist es schon bei der Konstruktion des Bauteils möglich, am Bildschirm die Qualität und das Erscheinende der Fläche am später entstehenden Produkt zu beurteilen.



3 a) Freiform- und Regelfläche für Ondulierdüse vor dem Trimmen  
b) Freiformfläche nach dem Trimmen



4 Ondulierdüse mit gerundeter Austrittsöffnung und Schnappverschluss



5 Reflexionsanalyse der Oberfläche der Ondulierdüse



1 Glasklarer Prototyp, hergestellt mithilfe der Stereolithographie

Aushärtung (lediglich ca. 95%) bewirkt hat, erfolgt abschließend die vollständige Aushärtung im UV-Schrank.

Sehr präzise Prototypen wie sie z. B. die Elektrotechnik, der Maschinenbau oder die Medizintechnik benötigt (Bild 1), werden durch Stereolithographie hergestellt. Ebenso Designmodelle von Konsum- und Luxusgütern oder Architekturmodelle.

#### MERKE

Bei der Stereolithographie härtet ein Laserstrahl schichtweise flüssigen Kunststoff zu einem Bauteil aus.

**Vorteile** des Verfahrens sind:

- genauestes aller generativen Fertigungsverfahren
- sehr gute Oberflächenqualitäten

**Nachteilig** sind:

- relativ geringe mechanische Belastbarkeit
- nur lichtaushärtende Harze verwendbar
- nicht bürotauglich, Schutzmaßnahmen bei der Harzverarbeitung sind zu beachten

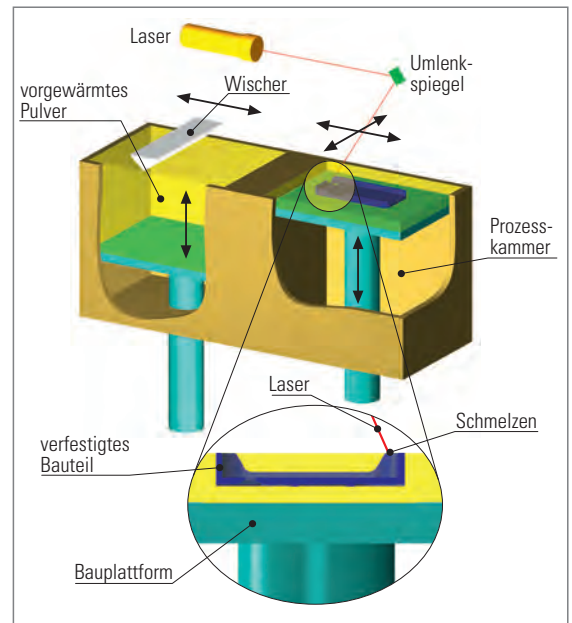
### 5.2.4 Selektives Lasersintern von Kunststoffteilen

**LF10\_13** Selektives Lasersintern (*selective laser sintering*) (SLS) ist ein wirtschaftliches generatives Fertigungsverfahren z. B. zum Herstellen unterschiedlicher Handschalen (Bild 2). Ein Laserstrahl

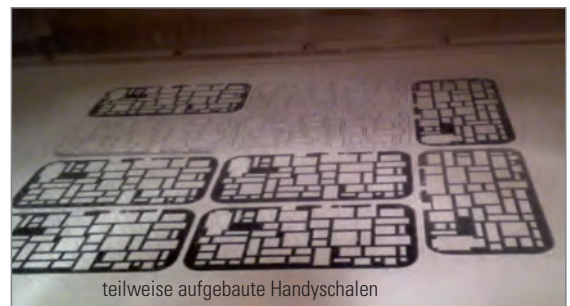
verschmilzt dabei schichtweise pulverförmige Partikel aus Kunststoff miteinander, um das gewünschte Produkt herzustellen (Bild 3). Die Korngrößen (*grain sizes*) der Pulver liegen meist zwischen  $40\ \mu\text{m}$  und  $80\ \mu\text{m}$ . Das Pulver ist im Vorratsbehälter dicht unterhalb seiner Schmelztemperatur vorgewärmt, was den Verschmelzungsprozess begünstigt. In dem mit Schutzgas – meist Stickstoff – versehenen Bauraum schmilzt der Laserstrahl aufgrund der 2D-Schichtinformation die für das Bauteil benötigte Pulverschicht lokal auf (Bild 4). Wegen der Vorwärmung des Pulvers muss der Laser nur noch die restliche Energie zum Schmelzen aufbringen. Durch die geringe Temperaturdifferenz zwischen Pulver und Bauteil bleiben die oberen Bauteilschichten flüssig, während das begrenzendes Pulver im festen Aggregatzustand bleibt. Anschließend senkt sich die Bauplattform um eine Schichtdicke nach unten, bevor ein Wischer oder eine Rolle aus dem Vorratsbehälter eine neue Pulverschicht gleich-



2 Unterschiedliche Handschalen

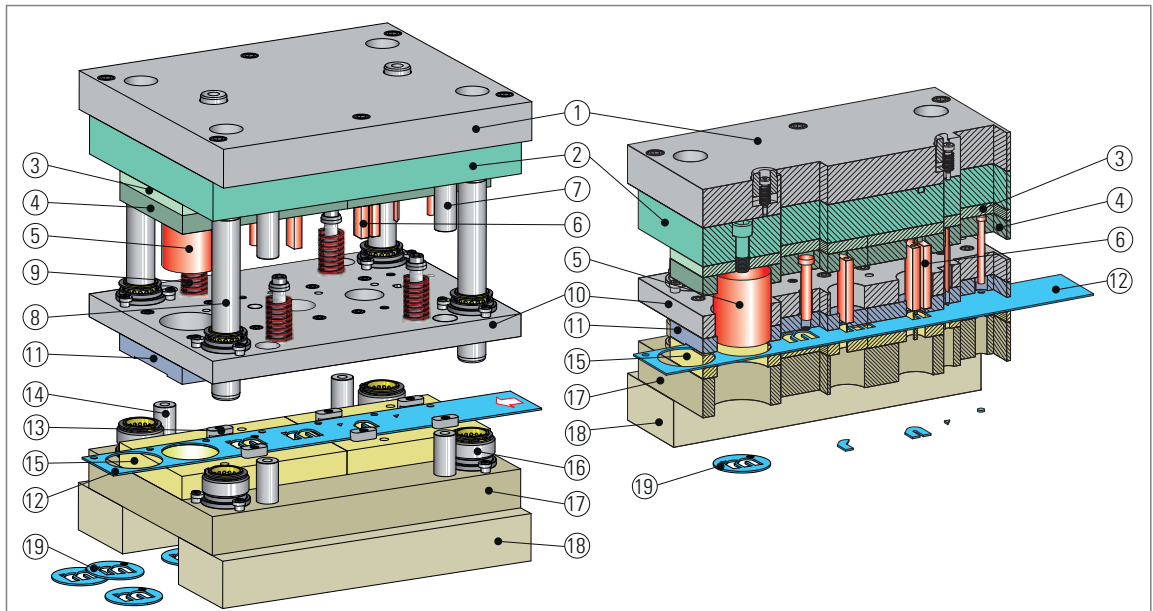


3 Prinzip des Selektiven Lasersinterns



4 Blick in den Bauraum der SLS-Anlage

mäßig aufträgt und der Prozess von neuem beginnt. Mit zunehmender Bauhöhe geben die unteren Bauteilschichten Wärme an das umgebende Pulver ab und verfestigen sich langsam. Im Gegensatz zu den bislang beschriebenen generativen Verfahren können beim Lasersintern auch Bauteile übereinander im Bauraum, getrennt durch entsprechende Pulverschichten, her-



Pos.	Bezeichnung	Pos.	Bezeichnung	Pos.	Bezeichnung	Pos.	Bezeichnung
1	Aufspannplatte	6	Lochstempel	11	Streifendruckplatte	16	Führungshülsen
2	Kopfplatte	7	oberes Anschlagstück	12	Blechstreifen	17	Grundplatte
3	Druckplatte	8	Führungssäule	13	Streifenführung	18	Spannleisten
4	Stempelhalteplatte	9	Federn für Führungsplatte	14	unteres Anschlagstück	19	Werkstück
5	Ausschneidestempel	10	Stempelführungsplatte	15	Schneidplatte		

### 1 Stanzwerkzeug

#### 1.1.2 Spannplatten/-leisten oder Kopfplatte/Grundplatte

Bild 1 zeigt ein Folgeverbundwerkzeug, das die Fertigungsschritte des Lochens (*punch*), Prägens (*emboss*) und Ausschneidens (*cut out*) miteinander verbindet. Folgende Arten von Platten werden bei dem diesem Werkzeug verwendet:

- Obere Aufspannplatte (*backing plate*) (Pos. 1)
- Kopfplatte (*top plate*) (Pos. 2)
- Grundplatte (*base plate*) (Pos. 17)
- Untere Spannplatte/Spannleisten (Pos. 18)

Nicht jedes Werkzeug besteht aus den vier genannten Platten. Welche Platten verwendet werden, hängt vom Spannsystem, der Verwendung von Säulengestellen (*column mounts*) und innerbetrieblichen Vorgaben ab.

Die oben genannten Platten erfüllen folgende Aufgaben:

- Verbindung des Spannsystems mit dem Werkzeug, Pos. 1 und 18
- Abstützung der Stempel beim Schneidvorgang (Aufgabe der Kopfplatte)
- Befestigungselement für die Druckplatte (*pressure plate*) (Pos. 2)
- Befestigungselement für die Stempelhalteplatte (Pos. 3)
- Befestigungselement für die Schneidplatte (Aufgabe der Grundplatte)

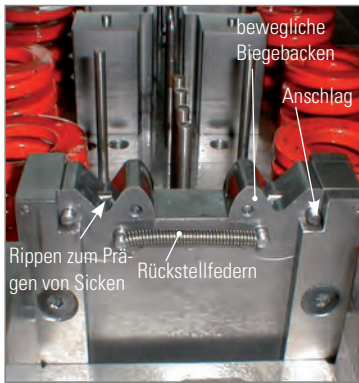
- Aufnahme der Durchbrüche (*openings*) zum Abtransport der Werkstücke und des Abfalles (Pos. 15 und 17)

Zur Fertigung der Platten werden Baustähle (z. B. S355) oder unlegierte Werkzeugstähle (z. B. C45U) verwendet. In seltenen Fällen kommen hochfeste Aluminiumlegierungen zum Einsatz. Besitzt das Werkzeug eine eigene Führung wie z. B. ein **Säulengestell**, übernehmen die dort vorhandenen Platten auch die Funktionen der oben genannten Platten des Werkzeugs in Bild 1. Die Gestelle sind entweder aus Gusseisenwerkstoffen (Guss-eisen mit Lamellengraphit), Stahl oder in seltenen Fällen aus hochfesten Aluminiumlegierungen.

## 1.2 Systeme zum Halten und Stützen

### 1.2.1 Druckplatte

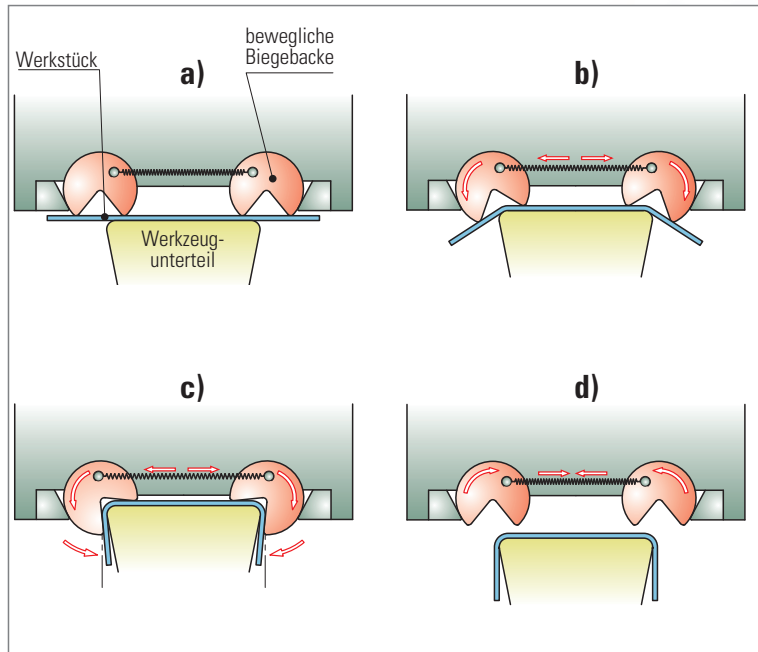
Beim Schneidvorgang stützen sich die Stempel an der Kopfplatte ab. Die Schneidkraft (*cutting force*), die die Stempel auf die Kopfplatte übertragen, verursacht eine **Flächenpressung** (*contact pressure*) (Seite 433 Bild 1). Ist diese zu hoch, kommt es zu plastischen Verformungen in der Kopfplatte. Die maximale Größe der Flächenpressung, die eine Kopfplatte ohne plastische Verformung erträgt, hängt von der Festigkeit des verwendeten Werkstoffs ab. Um nicht die ganze Kopfplatte aus hochfestem



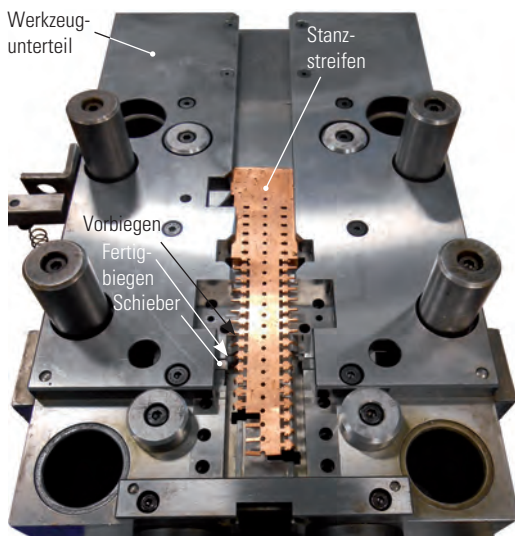
1 Werkzeugoberteil mit beweglichen Biegebacken



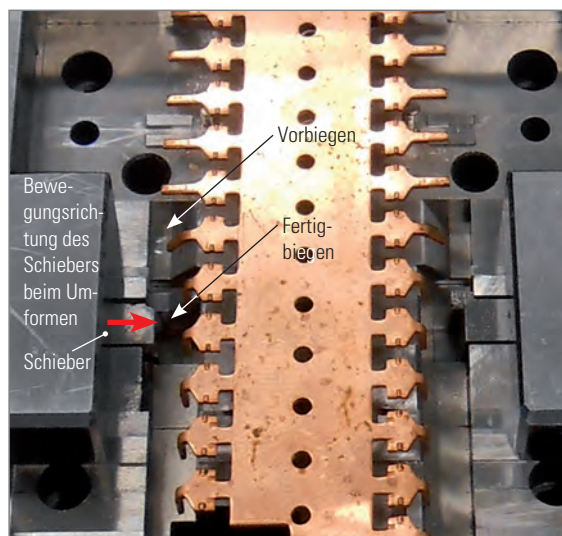
3 Elektrischer Kontakt als Biegeteil



2 Schema des Biegens mit beweglichen Biegebacken



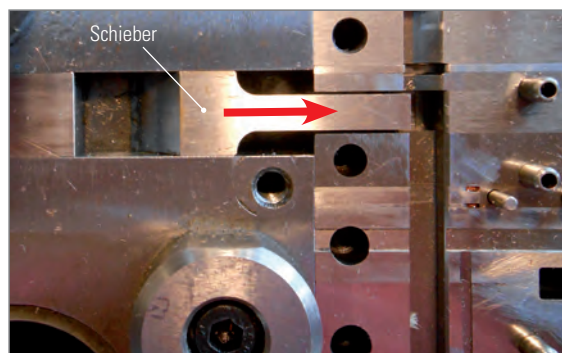
4 Folgeverbundwerkzeug mit Schiebern



5 Ausschnitt aus Bild 4 (Keilschieber linke Seite)

soll in einem Folgeverbundwerkzeug gefertigt werden (Bild 4). Dabei muss er quer zur Bewegungsrichtung der Presse gebogen werden. Dies geschieht in zwei Schritten. Zuerst wird er mit einem Biegestempel vorgebogen und dann mit einem Schieber fertiggebogen (Bild 5). Der Schieber ist in der Schneidplatte gelagert und wird über ein 45° Fasse vom Keiltreiber im Oberteil angetrieben (Bild 6 und Seite 456 Bild 1).

Sollen komplexe Biegeteile mehrfach gebogen werden, ist mit mehreren Schiebern vorzugehen (Seite 456 Bild 2). Dabei muss das Werkstück nicht nur gebogen, sondern auch nach dem Biegen entformt werden. Zum Entformen bewegen sich nach dem Biegen der Form- und der Füllschieber wieder zurück. Dadurch wird das Werkstück freigegeben.



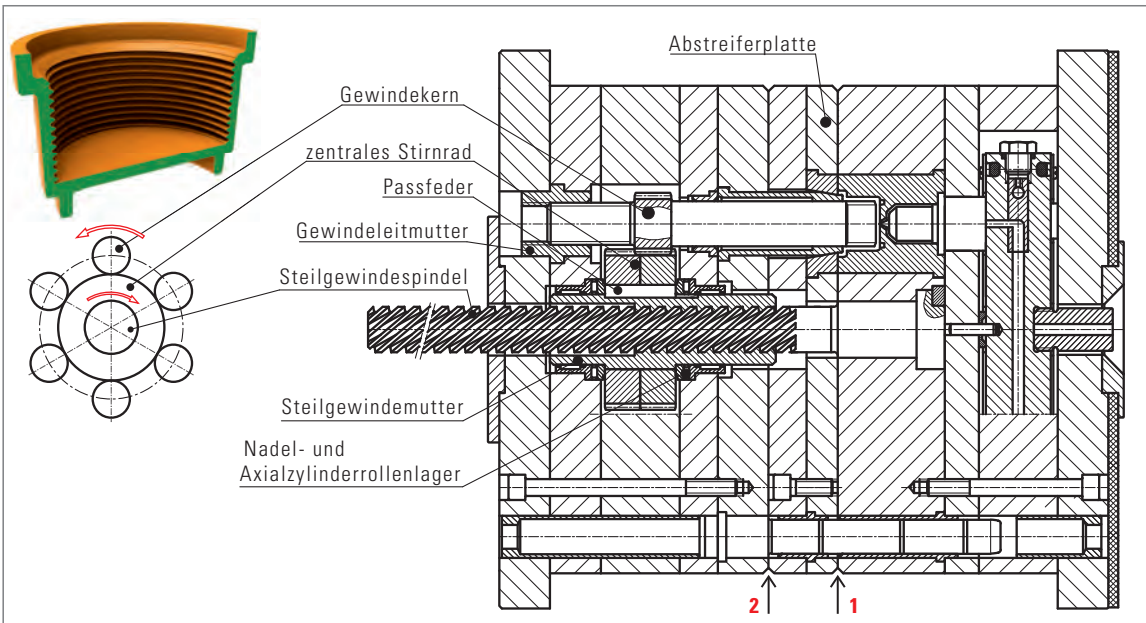
6 Freigelegter Schieber aus dem Werkzeug Bild 4

**2.1.5.5 Schraubelemente und Getriebe**  
*(threaded elements and gearing mechanisms)*

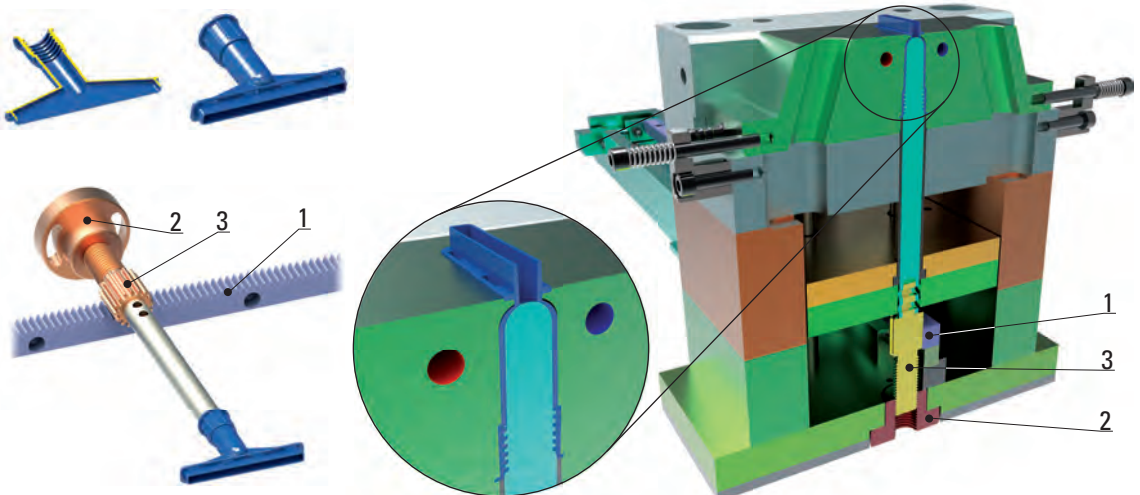
Das 6-fach-Schraubwerkzeug (Bild 1) dient zum Spritzgießen von Gewindekappen. Die äußere Kontur der Kappe lässt sich problemlos entformen, während im Inneren der Kappe ein durchgehender **Gewindegang** eine Hinterschneidung darstellt. Das Gewinde wird dadurch entformt, dass sich während des Öffnens der Form ein **Gewindekern** (*thread core*) aus dem Artikel herausdreht.

Zum Antrieb des Gewindekerns muss zunächst die geradlinige Öffnungsbewegung der Form in eine Drehbewegung umgewandelt werden. Diese Funktion übernimmt die mehrgängige **Steilgewindespindel** mit der dazugehörigen **Steilgewinde-**

**mutter**. Die Steilgewindespindel ist fest mit der düsenseitigen Formplatte verbunden. Beim Öffnen der Trennebene 1 wird die Steilgewindemutter von der Steilgewindespindel angetrieben. Nadel- und Axialzylinderrollenlager nehmen die Steilgewindemutter in den Zwischenplatten auf und ermöglichen deren Drehbewegung. Die Steilgewindemutter überträgt das Drehmoment und die Drehbewegung über die **Passfeder** (*key*) auf das zentrale **Stirnrad** (*spur gear*). Dieses treibt die sechs **Gewindekerne** an, die jeweils über eine Stirnverzahnung verfügen<sup>1)</sup>. Damit sich die Gewindekerne aus den Artikeln drehen, müssen sie neben der Drehbewegung eine axiale Bewegung durchführen. Dabei muss der pro Umdrehung zurückgelegte axiale Weg der Gewindesteigung im Artikel entsprechen. Die Gewin-

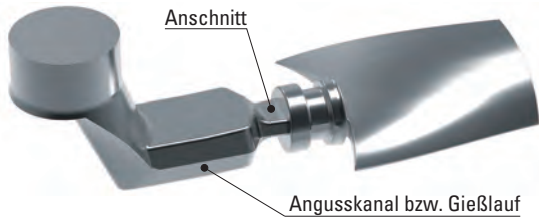


1 Schraubwerkzeug für Gewindekappe



2 Auswerferseitige Formhälfte des Schraub- und Backenwerkzeugs für Flächendüsen

1) Normalienhersteller bieten Berechnungsprogramme für die Übersetzungen der Schraubwerkzeuge an.

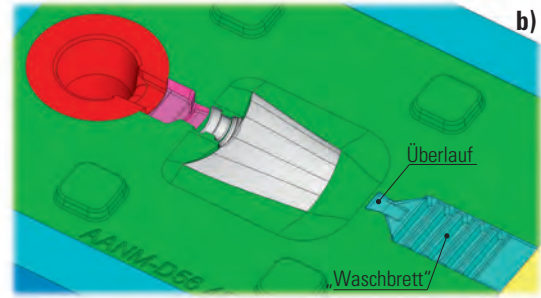
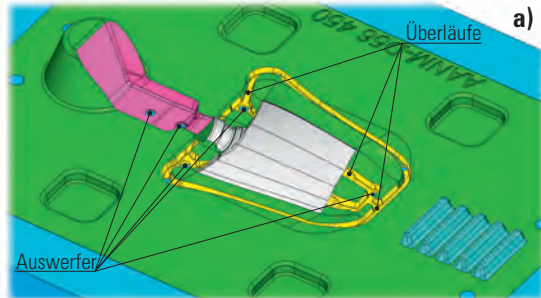


1 Laufschaufel mit Angussystem

**Füllsimulationen** (*filling simulations*) stellen aufgrund der CAD-Daten dar, wie die Kavität mit dem gewählten Angussystem gefüllt wird (Bild 2). Für die Laufschaufel tritt die Schmelze im freien Strahl beim Laufschaufelfuß in die Kavität (Bild 2a) und prallt an der gegenüberliegenden Seite an die Formwand (Bilder 1b und c). Sie strömt an beiden Seiten entgegengesetzt zum Hauptstrahl wieder in Richtung Laufschaufelfuß, der erst zum Schluss (Bild 1e) vollständig gefüllt ist.

**M E R K E**

Der Querschnitt des Angussystems nimmt von der Angießbuchse (*sprue bushing*) bis zum Anschnitt ab. Der Anschnitt erfolgt meist an der dicksten Stelle des Druckgussteils.



3 Überläufe für Formentlüftung und Trennmittelabtransport

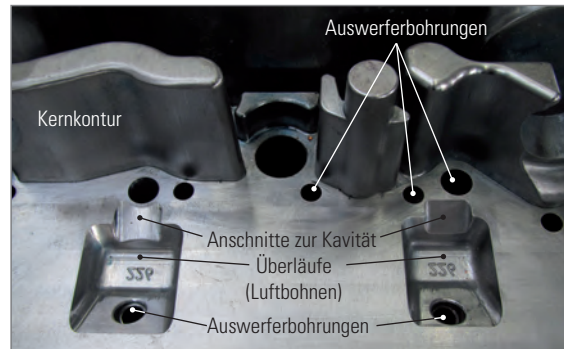
**2.2.3.4 Entlüftungs- und Überlaufsystem**

(*spillway and venting system*)

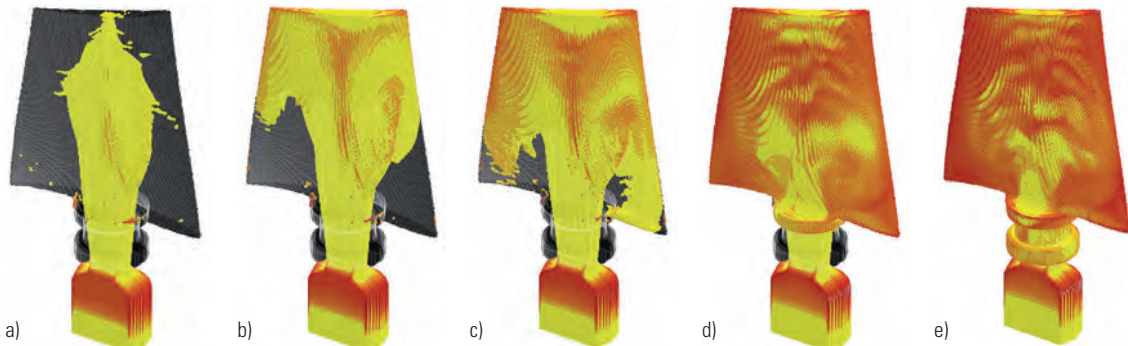
Die in der Form befindliche Luft muss abgeführt werden, um ein vollständiges Füllen der Kavität zu ermöglichen. Die Füllsimulation verdeutlicht, dass die Luft dort abzuführen ist, wo der freie Strahl auftrifft, die Rückflüsse auf die Formwand treffen sowie am Schaufelfuß, der zuletzt gefüllt wird. An diesen Stellen sind in der beweglichen Formplatte Kanäle angebracht (Bild 3a), die über einen Überlauf und ein „Waschbrett“ (Bild 3b) aus der Form führen. Neben der Luftabfuhr übernehmen die Kanäle flüssiges Gießmaterial und von der Schmelzfront weggespültes Trennmittel auf, das nicht im Gussteil eingeschlossen sein darf. Denn vor dem Füllen der Form wird diese mit Trennmittel bzw. Schlichte (*black wash*) besprüht. Dadurch sollen

- die thermische Belastung der formgebenden Werkzeugflächen gemindert,
- das Trennen des Gussteils von der Formwandung erleichtert,
- der Strömungswiderstand verringert und

- die Gussteiloberfläche verbessert werden.
- Überläufe (Bild 4) nehmen sowohl Luft als auch durch Trennmittel verunreinigte Schmelze außerhalb des Gussteils auf. Sie sind in die auswerferseitige Trennebene nahe der Kontur gefräst und über einen dünnen Anschnitt mit der Kavität verbunden sind.



4 Überläufe (Luftbohlen) mit Anschnitten zur Kavität



2 Füllsimulation für Laufschaufel



möglichst gering bleibt, muss die konturgebende Oberfläche einerseits poliert und gleichzeitig hart sein. Aus diesem Grund wird sie oft beschichtet<sup>1)</sup>. Alternativ kommen auch nicht rostende, martensitische Werkzeugstähle wie z. B. 1.2316 (X38Cr-Mo16) zum Einsatz, die sich gut polieren lassen.

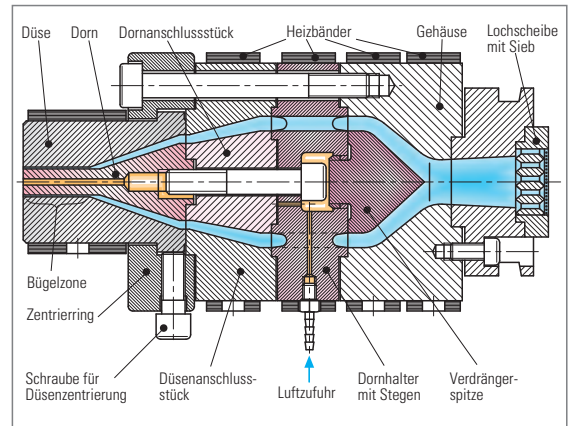
### MERKE

Beim Extrudieren fördert der Extruder (*extruder*) kontinuierlich plastifiziertes Thermoplast durch das Extrusionswerkzeug. Die anschließende Kalibrierung sorgt für die Maß- und Formgenauigkeit des Extrudats.

## 2.4.3 Rohre und Hohlprofile

### 2.4.3.1 Extrusionswerkzeuge für Rohre (*pipes*) und Hohlprofile (*hollow profiles*)

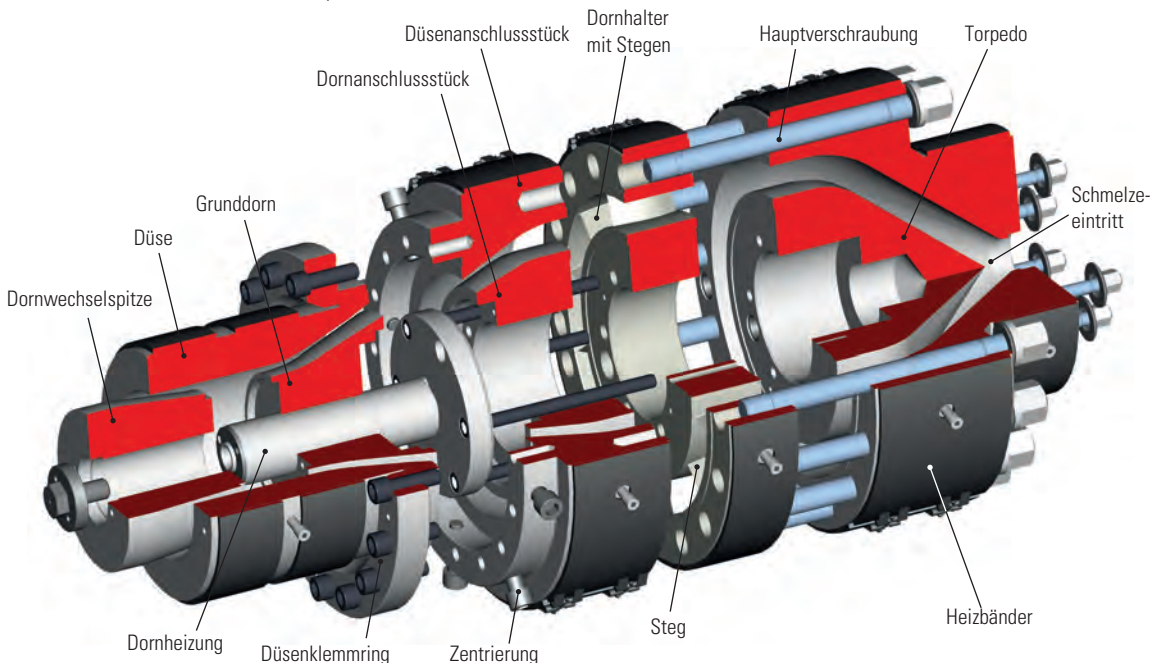
Für Rohre und Hohlprofile müssen die Extrusionswerkzeuge die Außen- und die Innenkontur des Profils formen. Bei Hohlprofilen ist zum Formen der Innenkontur ein **Verdrängungskörper** (*displacer*) erforderlich, der beim Rohr einen kreisförmigen Querschnitt besitzt (Bilder 1 und 2). Der Verdrängungskörper bzw. **Dorn** (*mandrel*) ist über Stege am Umfang mit dem Dornhalter verbunden. Der plastifizierte Kunststoffstrom umfließt den Verdrängungskörper und wird durch die Stege des Dornhalters in mehrere Teilströme (*partial currents*) zerteilt. Anschließend verschweißen die Teilströme wieder, wodurch Bindenähte entstehen. Bei Materialien, bei denen Bindenähte die Druckfestigkeit der Rohre besonders schwächen, werden besondere Rohrwerkzeuge, wie z. B. **Wendelverteiler** (*spiral mandrel distributor*) (Seite 517 Bild 1) eingesetzt, die es ermöglichen, die Bindenähte schichtweise im Rohr zu versetzen. Der **Bügelzone** (*die land*) (Bereich am Düsenaustritt) wird der plastische Kunststoff unter



1 Rohrwerkzeug im Schnitt

dem erforderlichen Druck zugeführt, damit das Extrudat eine möglichst glatte und gleichmäßige Oberfläche erhält. Die Düse kann über Schrauben zum Dorn so zentriert werden, dass das Rohr überall die gleiche Wandstärke erhält.

Zur Herstellung des in Bild 2 auf Seite 517 dargestellten Hohlprofils ist ein entsprechendes Extrusionswerkzeug, das **Hohlprofilwerkzeug**, erforderlich. Es ist im Prinzip ähnlich wie die Rohrwerkzeuge aufgebaut. Auch hier ist ein Verdrängungskörper erforderlich, der jedoch meist komplizierter als beim Rohrwerkzeug aufgebaut ist (Seite 517 Bild 1). Über Stege ist der Verdrängungskörper (Dorn) mit der Dornhalterplatte fest verbunden. Durch die Stege und die Verdrängungskörper kann Umgebungsluft in das Innere des Hohlprofils dringen. Das ist erforderlich, damit sich nicht durch Unterdruck im Inneren das noch weiche Hohlprofil zusammenzieht.

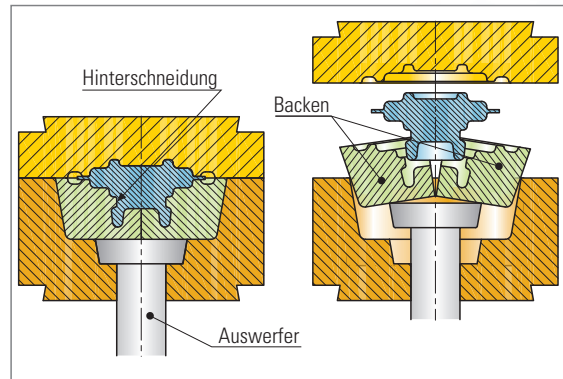


2 Demontiertes Rohrwerkzeug

<sup>1)</sup> siehe Lernfeld 9 Kap. 5

## Hinterschnidungen

Schmiedeteile mit Hinterschnidungen (*undercuts*) lassen sich in **Backengesenen** (Bild 1) formen. Meist sind zwei oder mehrere Backen in einer kegeligen Zentrierung des Untergesenks geführt. Auf diese Weise entstehen eine oder mehrere Teilungsebenen in Schmiederichtung. Beim Entformen des Schmiedeteils hebt ein Auswerfer die Backen mit dem Schmiedestück aus der Zentrierung. Die Backen klappen dabei auseinander und legen die Hinterschneidung frei, sodass das Schmiedestück entnommen werden kann. Danach fährt der Auswerfer zurück und die Backen zentrieren sich wieder im Passkegel. Das Gesenk ist für das nächste Schmieden bereit.



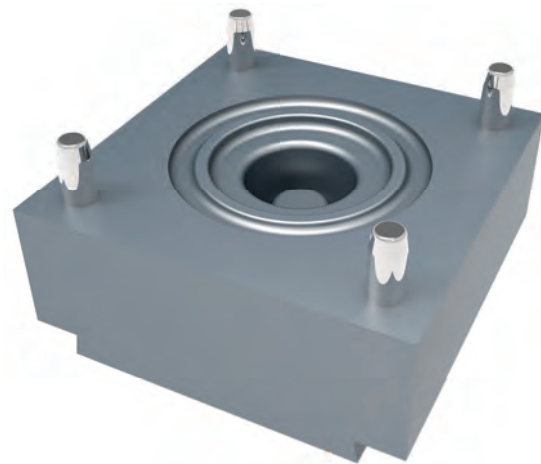
1 Backengesenk für Schmiedeteil mit Hinterschnidungen

### 2.7.1.7 Führungssystem

Die Gesenke verfügen meist über eigene Führungssysteme (*guiding systems*), die dafür sorgen, dass möglichst geringer Versatz von Ober- und Untergesenk vorliegt. Besitzen die Gesenke keine Führungssysteme, dann wird die Positionierung von Ober- zu Untergesenk vom Schmiedehammer oder der Schmiedepresse übernommen. Ungenauigkeiten in der Führung der Maschinen führen dann direkt zum Versatz am Schmiedeteil.

### Bolzenführung

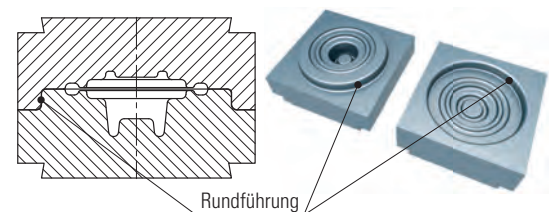
Drei bis vier Bolzen (*bolts*) im Untergesenk zentrieren sich in Bohrungen des Obergesenks (Bild 2). Die Bolzendurchmesser richten sich nach der Größe des Gesenks und den beim Gesenkformen auftretenden Querkräften. Ihre Länge soll so bemessen sein, dass die Bolzen in die Bohrungen gleiten, bevor das Schmiedeteil vom Obergesenk berührt wird. Das Spiel zwischen Bolzen und Bohrung beträgt wenige Zehntelmillimeter.



2 Bolzenführung

### Konturführung (*contour guide*)

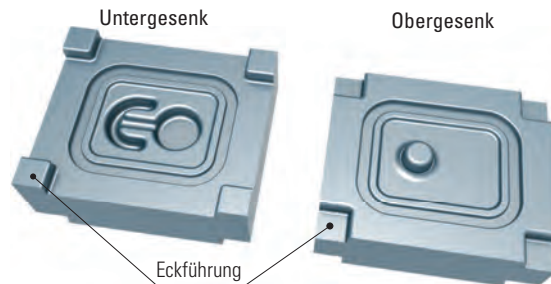
Ein zylindrischer Ansatz im Untergesenk zentriert sich in einer zylindrischen Tasche des Obergesenks (Bild 3). Zwischen Ansatz und Tasche ist umlaufend ein Spiel von 0,2 mm bis 0,4 mm vorhanden. Diese Art der Zentrierung muss nicht kreisförmig sein, sondern kann beliebige Konturen annehmen (Seite 536 Bild 2). Diese Führungen positionieren die Gesenkhälften sicher und genau, können große Querkräfte aufnehmen, sind jedoch aufwändig in der Herstellung und im Werkstoffbedarf.



3 Zylindrische Konturführung

### Flachführungen (*flat guides*)

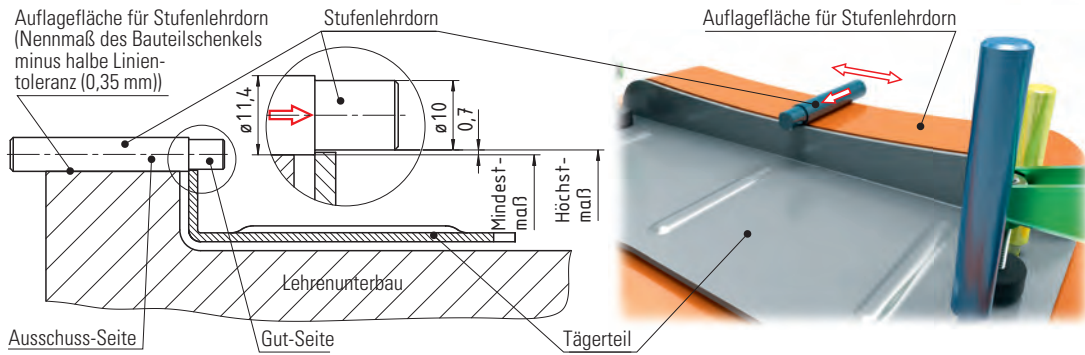
Flachführungen werden beispielsweise als **Eckführung** (Bild 4 und Seite 610, Bild 3 in Lernfeld 12) oder als **Leistenführung** (*band guide*) (Seite 538 Bild 1) ausgeführt. Die dargestellten Führungen positionieren die beiden Gesenkhälften so zueinander, dass auch größere Querkräfte zu übertragen sind. Zwischen den Führungsflächen ist auch ein Spiel von 0,2 mm bis 0,4 mm vorhanden, um den Verschleiß an den Führungsflächen gering zu halten und um unterschiedliche Wärmeausdehnungen von Ober- und Untergesenk auszugleichen.



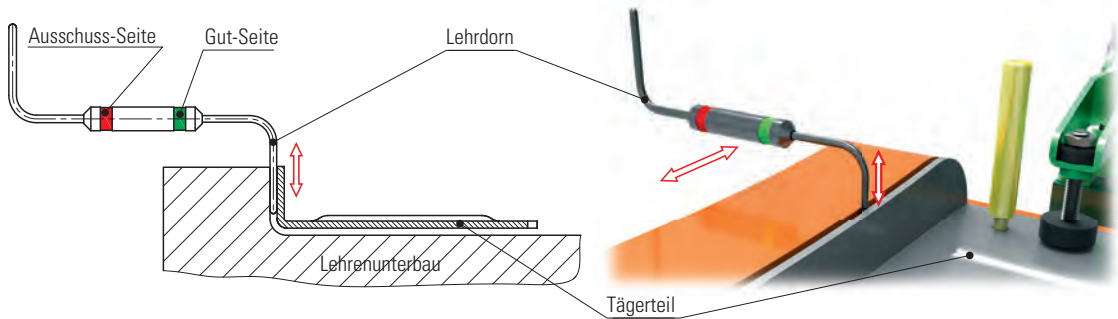
4 Eckführung

### MERKE

Die Gesenkführung kann z. B. durch Bolzen, beliebige Konturen, Ecken oder Leisten erfolgen.

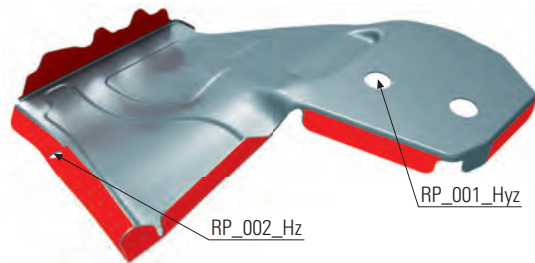
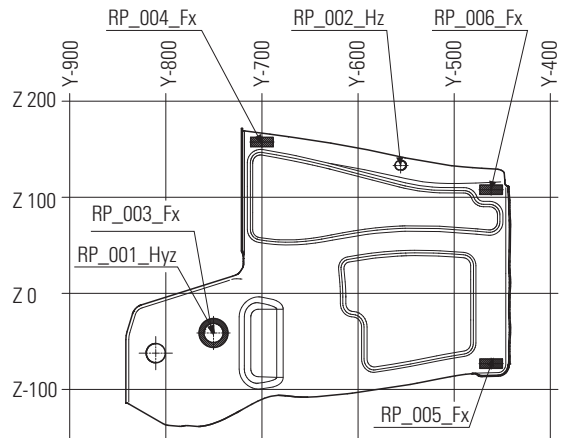


**1 Überprüfung der Linienform mithilfe eines Lehdorns**



**2 Überprüfung der Flächenform mithilfe eines Lehdorns**

gekröpften Lehdorn (Bild 2) lässt sich die Flächenform überprüfen. Dabei muss die Gut-Seite des Lehdorns mit 2,8 mm Durchmesser in den Spalt zwischen Lehrenunterbau und tolerierter Fläche passen. Die Ausschuss-Seite (*scrap side of gauge*) des Lehdorns mit 3,2 mm Durchmesser darf nicht in den Spalt passen, damit die geforderte Flächenform gewährleistet ist. Damit die Konturen, Referenzpunkte und Aufnahmen der Lehre im Fahrzeugkoordinatensystem zu überprüfen sind, sind in der Grundplatte drei Bundbohrbuchsen montiert. Die **Fahrzeugkoordinaten** für die Mitte jeder Bohrbuchse sowie deren obere Bundfläche sind auf der Grundplatte der Lehre angegeben. Damit ist es mit der Messmaschine durch Antasten der Bohrbuchsen möglich, die Lehre in das **Fahrzeugkoordinatensystem** einzupassen. Die Einzelteile der Lehre wie z. B. der Lehdorn oder der Absteckstift (*rig pin*) sollen mit der Lehre über Seile oder Ketten fest verbunden sein, damit sie nicht verloren gehen. Die Lehre ist zu **beschriften**, wobei die Bezeichnung des Bauteils, der Kunde, der Lieferant und der aktuelle Datenstand des zu prüfenden Bauteils anzugeben ist.

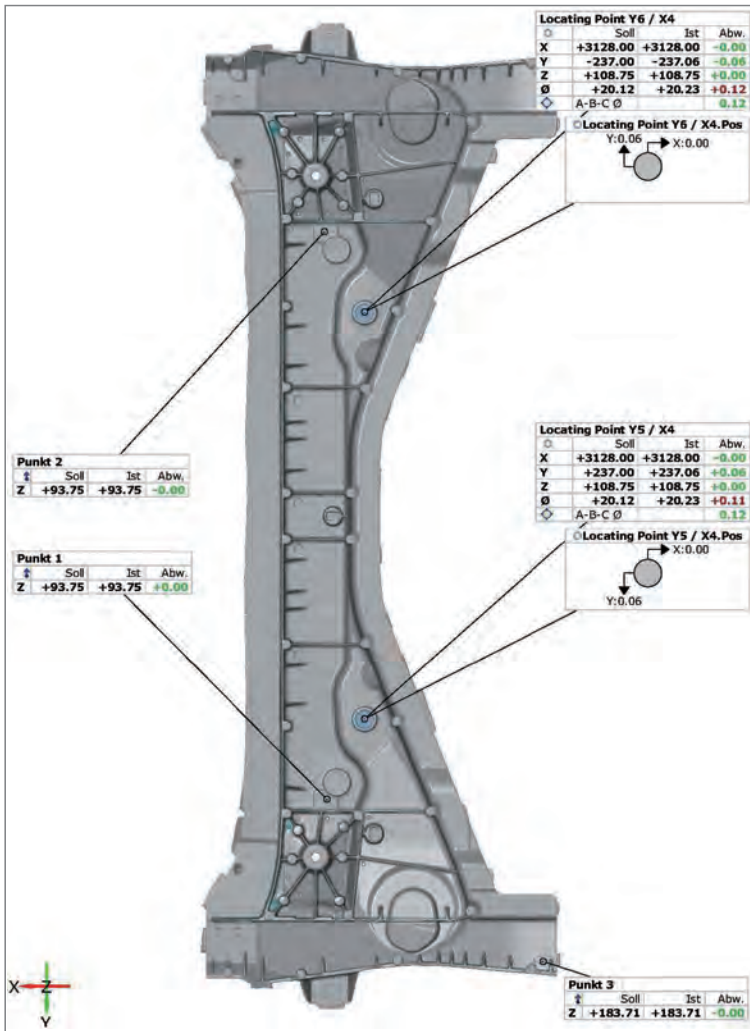


**3 Radhausverlängerung**

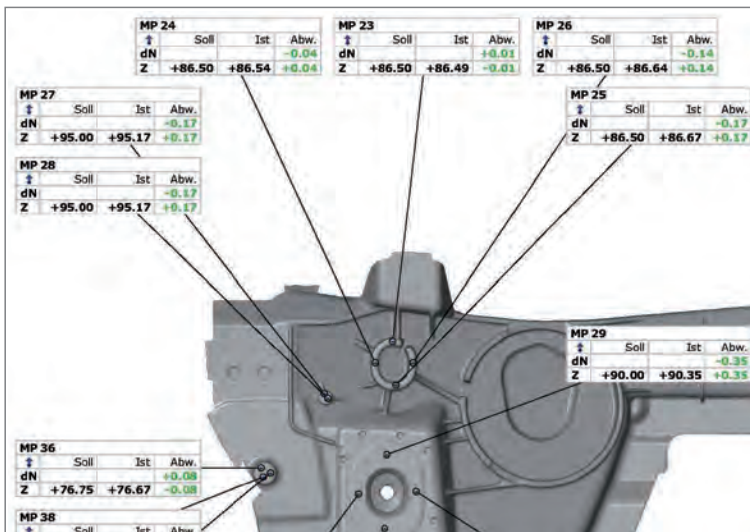
Positionierung in RP\_001\_Hyz, der mittlere konische Schwertbolzen die in RP\_002\_Hz. Damit der Schwertbolzen verdrehsicher sitzt, ist sein Führungszylinder abgeflacht, den die entspre-

**Überprüfen der Flächenform mit der Messuhr**

Beim Blechteil „Radhausverlängerung“ (Bild 3) sind Referenzpunkte 1 bis 6 definiert. Die Position des verbleibenden Loches und die rot markierten Flächen sind mithilfe einer **Messvorrichtung** zu überprüfen. Um die Durchmesser-toleranzen der beiden Referenzlöcher bei der Positionierung des Blechteils auszuschalten, werden die **Positionsstifte konisch** ausgeführt (Seite 570 Bild 1). Der linke konische Vollbolzen übernimmt die



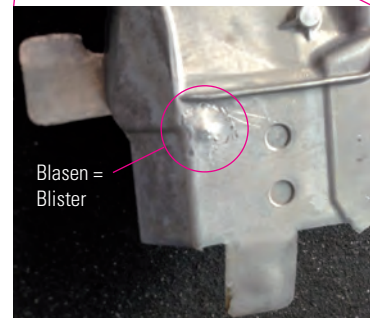
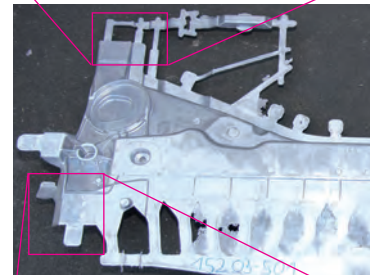
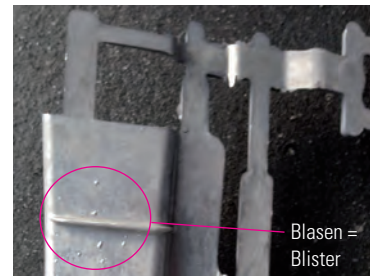
1 Aufnahmepunkte für Querträger



2 Auszug aus dem Prüfbericht zu den Bearbeitungszugaben

Druckgussteile Lufteinschlüsse besitzen, lässt sich relativ einfach mit dem Blasen-test feststellen. Dazu wird der Querträger eine Stunde lang im Ofen bei 530 °C gegläht. Aufgrund der Erwärmung würden sich die im Gussstück eingeschlossenen Gase ausdehnen. Sie würden Blasen (*blister*) auf der Gussteiloberfläche bilden. Deshalb wird diese Prüfung als **Blisertest** bezeichnet.

Im Bild 3 ist in der Mitte der nicht geglähten halbe Querträger dargestellt. Oben bzw. unten sind die Bereiche vergrößert dargestellt, die nach dem Blisertest Blasen gebildet haben. Da der Kunde diese Blasenbildung nicht akzeptiert, muss die Form – da sie symmetrisch ist – an vier Stellen geändert werden.



3 Mitte: Querträgerhälfte vor Blisertest oben und unten: Blasenbildung am Querträger nach Blisertest

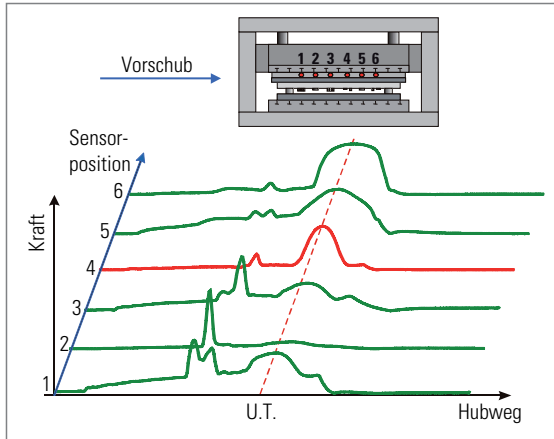
**Überlegen Sie!**

Schlagen Sie Änderungen vor, durch die die Blasenbildung verhindert bzw. vermindert wird.

**2.2.5 Anwendungsbeispiele**

**Folgeverbundwerkzeug**

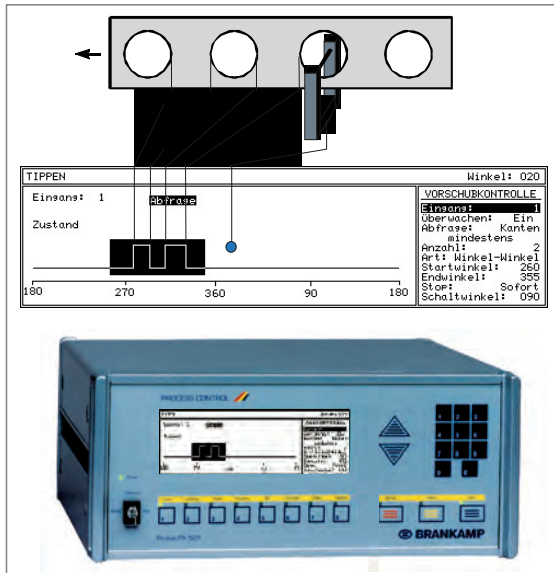
Werden die Sensoren in einem Folgeverbundwerkzeug an den Orten eingebaut, an denen die jeweiligen Fertigungsprozesse stattfinden, kann der gesamte Fertigungsablauf dargestellt werden. Bild 1 zeigt den Kraftverlauf in einem Folgeverbundwerkzeug mit sechs Operationen.



1 Überwachung eines Folgeverbundwerkzeugs

**Vorschubüberwachung (feed monitoring)**

Mithilfe einer Gabellichtschranke, die ein binäres Signal liefert, kann der Vorschub des Stanzstreifens überwacht werden (Bild 2). Mit solchen Sensoren können z. B. auch Auswurf Fehler oder ein Butzenstau erkannt werden.

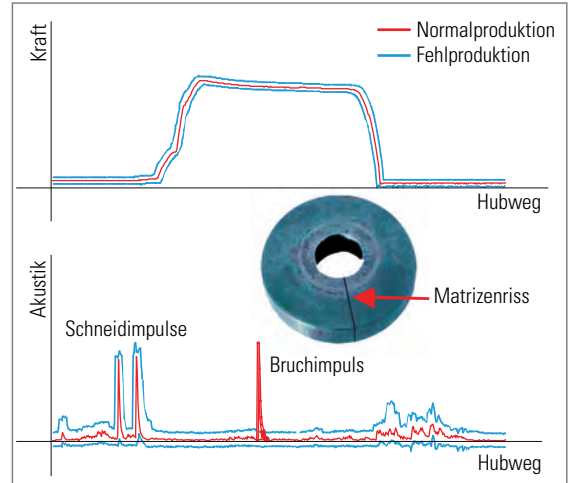


2 Vorschubüberwachung durch Lichtschranke

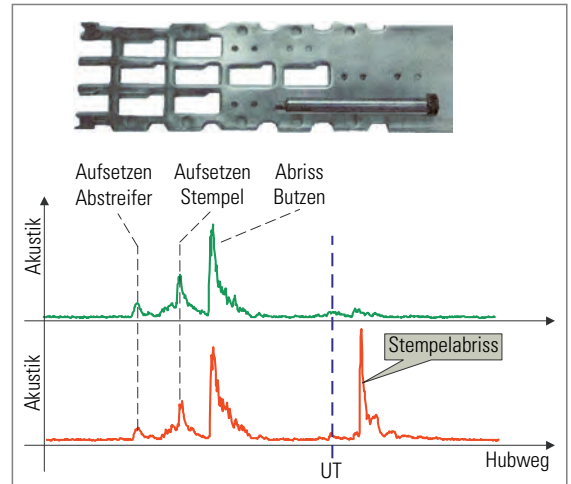
**Akustisch erkennbare Fehler**

Während der Fertigung können Fehler auftreten, die sich durch eine Kraftmessung nicht erkennen lassen. Diese Fehler haben aber einen Einfluss auf die **Geräuschentwicklung (noise**

*emission*) während der Fertigung und können durch Schallsensoren erkannt werden. (Bilder 3 und Bild 4).



3 Matrizenriss



4 Stempelabriss

Mit solchen **Schallsensoren (accustic sensors)** können auch mitwandernde Butzen erkannt werden, da sie sich in den Werkstoff einprägen und dadurch die Geräuschentwicklung verändern (Bild 5).



5 Fertigungsfehler durch mitgewanderten Butzen

nach dem Schweißen und der mechanischen Bearbeitung dargestellt. In diesem Zustand werden sie in das Schneidwerkzeug eingebaut.

#### MERKE

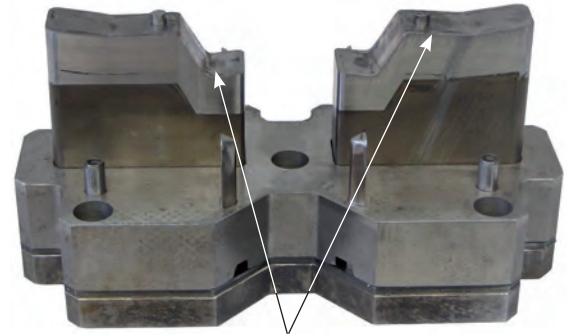
Während ebene Schneidstempel und Matrizen meist einfach nachzuschleifen sind, werden die Schneidkanten von unebenen meist durch Auftragschweißen und anschließende mechanische Bearbeitung instandgesetzt.

### 3.3.2 Verschlissene Tiefziehstempel

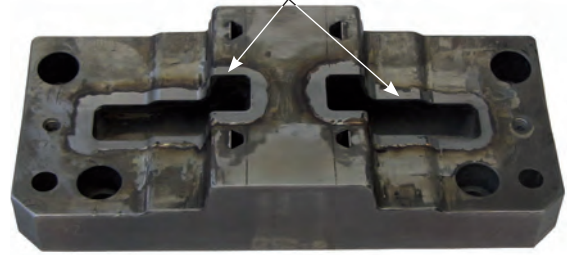
Vor dem Tiefziehen werden die Tiefziehbleche von beiden Seiten mit Tiefziehöhl (*deep-draw oil*) eingesprüht. Dadurch reduziert sich der Verschleiß an Blech und Werkzeug, lässt sich jedoch nicht gänzlich verhindern. Hinterlässt der Verschleiß an den harten, polierten Oberflächen Riefen (*scores*) (Bild 2), erhöhen sich die Zieh- und Reibungskräfte. Das kann zu unzulässigen Oberflächenqualitäten und letztlich zu Rissen am Ziehteil führen. Sobald am Ziehstempel Beschädigungen oder Riefen entstanden sind, muss ihre Instandsetzung eingeleitet werden. Sind die Toleranzen der Ziehteile groß genug, lassen sich die Riefen durch eine **erneute Politur** beseitigen.

### 3.3.3 Gebrochene Schneidstempel und -matrizen

Durch einen Crash ist am Teilsegment eines Schneidstempels (Bild 3) für einen Platinschnitt die gesamte Schneidkante weggebrochen. Sie soll durch **Auftragschweißen**<sup>1)</sup> wieder hergestellt werden. Vor dem Schweißen wird die Schweißstelle gesäubert und blank gefräst (Bild 4). Das Teilsegment aus **Kaltarbeitsstahl** (*cold-work steel*) (1.2379) wird im Glühofen auf 300°C erwärmt, bevor nach dem WIG-Schweißverfahren auftragsgeschweißt wird (Bild 5). Nach dem Schweißen wird das Teil wieder im Glühofen wärmebehandelt, bevor die Schneidkante auf der Flachsleifmaschine (*surface grinding machine*) wieder scharf geschliffen wird (Bilder 6 bis 8).



geschweißte und fertig bearbeitete Schneidkanten



1 Nach dem Schweißen und Schleifen instandgesetzter Schneidstempel (oben) und instandgesetzte Matrize (unten)



2 Verschleiß an Tiefziehwerkzeugbauteil



gebrochene Schneidkante

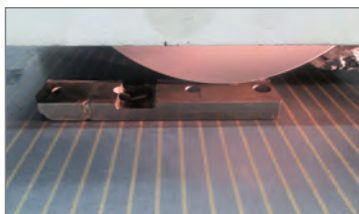
3 Abgebrochene Schneidkante am Teilsegment eines Schneidstempels



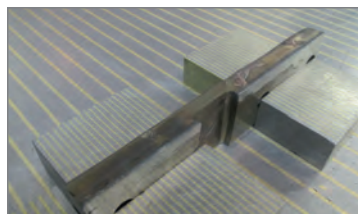
4 Blankfräsen der Schneidkante



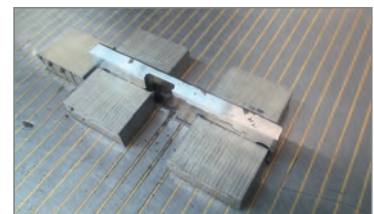
5 WIG-Auftragschweißen am Teilsegment des Schneidstempels



6 Schleifen der ersten Seite des Teilsegments



7 Aufspannen zum Schleifen der zweiten Seite des Teilsegments



8 Nach dem Schleifen der zweiten Seite des Teilsegments

1) Siehe Kap. 3.3.3.1

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 587 Bild 1 Pos. 6.12.1).

### 1.3.5 Änderungsentwurf

Aufgrund der oben gezeigten Ausführungen, Berechnungen und den aus dem Werkzeug-Pflichten-Heft (Seite 587 Bild 1) stammenden Anforderungen kann nun ein Änderungsentwurf des Stanzwerkzeuges erstellt werden. Bild 1 auf Seite 591 zeigt tabellarisch die bisher gewonnenen Daten und Vorgaben, die bei der Änderung des Werkzeugs berücksichtigt werden müssen.

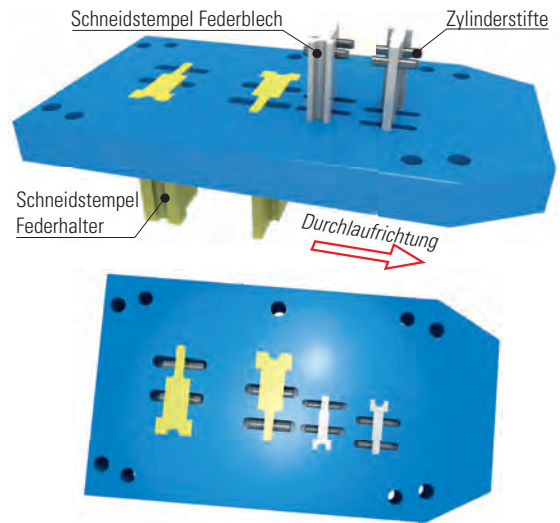
### 1.3.6 Erstellung des Datensatzes

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

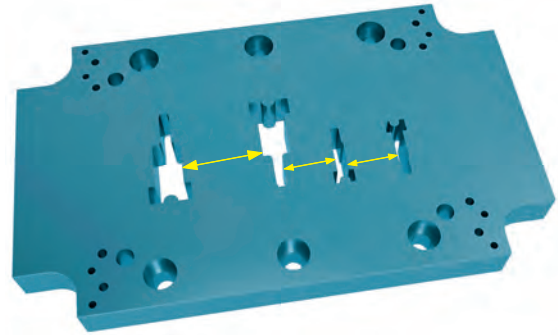
- die Stückliste (*parts list*)
- die Einzelteilzeichnungen (*single part drawing*) (Seite 592 Bild 1)
- die Gesamtdarstellung (*overall drawing*) (Bild 4)

### 1.3.7 Kostenaufstellung

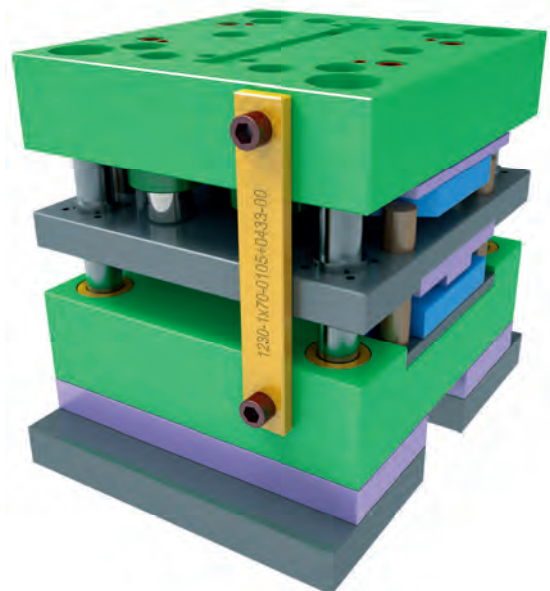
Die **Gesamtkosten** (*overall costs*) für die Änderung des Schneidwerkzeugs zur Herstellung der Federhalter und Federbleche setzen sich aus verschiedenen **Einzelkosten** (*direct costs*) zusammen. Zum einen müssen die **Materialkosten** für die abgeänderten Bauteile des Werkzeugs berücksichtigt werden. 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



2 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