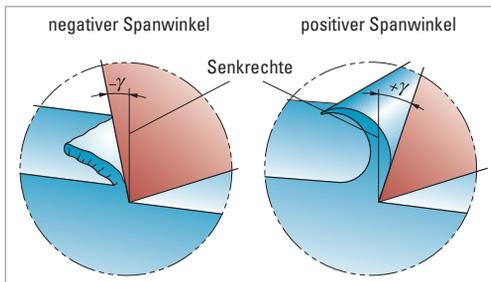


**Die Schnitt- und Freifläche begrenzen den Freiwinkel  $\alpha$**

- Gegenüber der Schnittfläche am Werkstück befindet sich die Freifläche am Schneidkeil.
- Die Frei- und Spanfläche begrenzen den Keilwinkel  $\beta$ .
- Als Spanfläche bezeichnet man die Fläche am Schneidkeil, auf welcher der Span bei der Bearbeitung abgeführt wird.
- Die Spanfläche und eine gedachte Senkrechte zur Schnittfläche begrenzen den Spanwinkel
- Als Schnittfläche bezeichnet man die durch die Bearbeitung entstandene Werkstückoberfläche, die der Freifläche gegenüber liegt.



**Bild 1**  
Spanabnahme bei unterschiedlichen Spanwinkeln

Der dritte Winkel an der Werkzeugschneide wird als Span- bzw.  $\gamma$ -Winkel bezeichnet. Der Spanwinkel beeinflusst maßgeblich die Spanbildung und somit die Schnittkraft. Er befindet sich zwischen dem Keilwinkel und einer gedachten senkrechten Ebene zur Werkstückoberfläche. Ob der Spanwinkel positiv oder negativ ausgeführt wird, hängt in erster Linie von der Werkstoffbeschaffenheit ab: Weiche Werkstoffe erfordern einen großen, positiven, harte Werkstoffe eher einen kleinen bis negativen  $\gamma$ -Winkel (Bild 1).

**Großer Spanwinkel: leichte Spanabnahme und geringe Schnittkräfte**

- positiver Spanwinkel: eine schneidende Werkzeuggeometrie, die es ermöglicht, größere Mengen an weichen Werkstoffen abzutragen, z. B. Bohrer
- negativer Spanwinkel: Eine schabende Werkzeuggeometrie entsteht, die eine Bearbeitung von harten Werkstoffen unter geringem Werkstoffabtrag zulässt, z. B. Reibahle.

Die drei Werkzeugschneidenwinkel beeinflussen sich gegenseitig. Es stehen insgesamt  $90^\circ$  Werkzeugschneidenwinkel, verteilt auf die drei Einzelwinkel zur Verfügung. Führt man den Spanwinkel negativ aus, erhöht sich der Gesamtbetrag auf etwas über  $90^\circ$ .

Jedes Trennen von Material bzw. Werkstücken erzeugt einen Span. Abhängig von den zuvor beschriebenen Schneidenwinkeln entstehen Späne unterschiedlichster Art, d. h., die Werkzeug-schneidenwinkel beeinflussen die Spanbildung sowie die Spanart.

**Wie wird ein Span vom Werkstück abgetragen?**

Die Spanbildung erfolgt in drei Schritte:

1. Das Werkstoffgefüge/-material wird gestaucht. → **Stauchen**
2. Nach dem Stauchen wird der Trennvorgang eingeleitet. → **Trennen**
3. Abschließend wird der Span abgeführt. → **Spanen**

**Was genau passiert bei diesen drei Schritten der Spanbildung?**

Sobald die Werkzeugschneide in den Werkstoff eindringt, ist ein **Stauchen** des Werkstoffs zu beobachten. Der Werkstoff verformt sich bis zur Streckgrenze elastisch. Hat die Schnittkraft die Streckgrenze überschritten, geht der Verformungsprozess in eine plastische Verformung über. Kurze Zeit später entsteht durch die extreme Verformung des Werkstoffs ein Riss im Gefüge, weil durch das Eindringen des Schneidkeils in das Material die Kohäsionskräfte des Werkstoffgefüges überschritten werden. Dieser gewollte Werkstoffriss ist ein kontinuierlich fortlaufender Riss, der je nach Material beim **Trennen** einen Fließspan erzeugen kann.

Ist der Riss beim Trennen entstanden und das abzunehmende Material vom Werkstück abgetrennt, tritt das **Spanen** ein. Hier kommt die Spanfläche zum Einsatz. Sie ermöglicht es dem Span, über sich abzugleiten und nach „oben“ abgeführt zu werden.

Wird Stahl bearbeitet, können abhängig von der zu bearbeitenden Stahlsorte unterschiedliche Spanarten entstehen: Fließspäne, Scherspäne oder Reißspäne (Bild 1 nächste Seite).

Die Art der Spanbildung wird beeinflusst durch

- die Werkstoffbeschaffenheit (Härtegrad)
- die ausgeführten Winkel an der Werkzeugschneide
- die gewählte Schnittgeschwindigkeit

**Zusammenhang zwischen Werkstoff und Spanwinkel**

- **Reißspan** Ein Reißspan entsteht bei einem kleinen Spanwinkel (härtere oder sprödere Werkstoffe) und bei einer geringen Schnittgeschwindigkeit ( $V_c$ ). Das hat zur Folge, dass der

Werkstoff stark umgeformt wird, wobei der Span abreißt.

- **Scherspan** Der Scherspan bildet sich beim Einsatz von mittelgroßen Spanwinkeln und niedrigeren Schnittgeschwindigkeiten ( $V_c$ ). Während des Trennvorgangs werden die Späne miteinander „verschweißt“ und bilden so einen Scherspan, der eine glatte Werkstückoberfläche hinterlässt.
- **Fließspan** Ein Fließspan benötigt einen großen Spanwinkel und eine hohe Schnittgeschwindigkeit. Beim Abtrennen des Werkstoffs kann der Span ohne größere Verformung über die Spanfläche abgleiten, wodurch ein zusammenhängender Fließspan entsteht. Er hinterlässt eine glatte, saubere Werkstückoberfläche (Bild 1, Tab. 1).

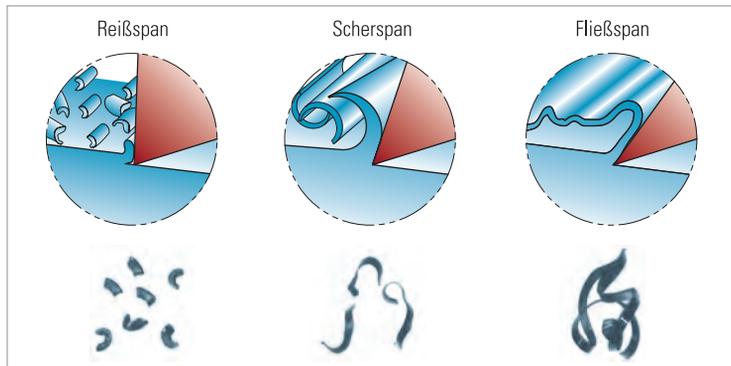


Bild 1 Spanarten

**MERKE**

Spröde und harte Werkstücke verursachen viele kleine Späne (Reißspäne). Zäh und weiche Werkstoffe bilden zusammenhängende Späne (Scher- und Fließspan).

Gefahrenvermeidung- und Unfallverhütung: Fließspäne können sich an Maschinenteilen, bei Drehmaschinen z.B. im Drehfutter, verfangen, durch die Luft geschleudert werden und den Arbeiter verletzen. Außerdem können sich die langen, teilweise extrem scharfkantigen Fließspäne an der Kleidung des Arbeiters verhaken und Schnittverletzungen hervorrufen. Wegen der scharfen Schnittkanten des Fließspanes dürfen diese Späne nur mit Spänehaken (Bild 2) entfernt werden. Andernfalls besteht Verletzungsgefahr!

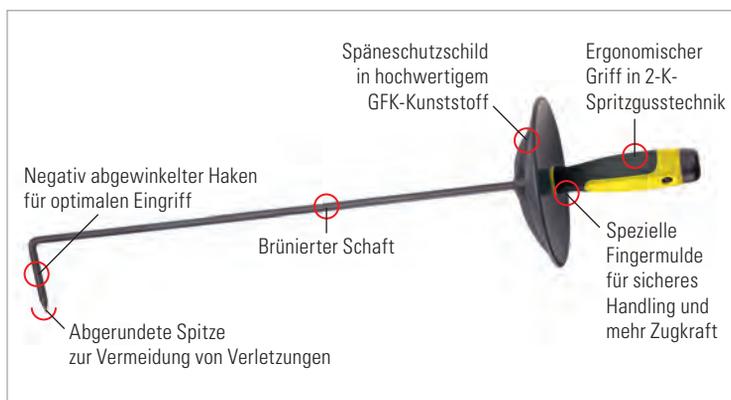


Bild 2 Spänehaken

Tabelle 1 Schneidenwinkel an Werkzeugen bei unterschiedlichen Werkstoffen

Freiwinkel $\alpha$	Keilwinkel $\beta$	Spanwinkel $\gamma$	für
12°	53°	25°	weiche Werkstoffe wie z. B. Al-Legierungen
10°	70°	10°	feste Werkstoffe wie z. B. Stahl
8°	97°	-15°	harte und spröde Werkstoffe wie z. B. Hartguss

**Der Meißel als einfaches handgeführtes Werkzeug**

Ein handgeführtes Werkzeug wie der Meißel zeigt in einfachster Weise die auf den vorherigen Seiten erläuterten Werkzeugschneidenwinkel. Als Handwerkzeug wird er zur Spanabnahme und zum Trennen eingesetzt. Er besteht hauptsächlich aus Schneide, Schaft und Kopf (Bild 3).

Wird ein handgeführter Meißel eingesetzt, kommt auch immer ein Hammer mit gehärtetem Hammerkopf zum Einsatz. Das Auftreffen des gehärteten Hammerkopfes auf dem Meißelkopf erfordert einen balligen, „weichen“ Meißelkopf. Damit verhindert man die Splitterung am Meißelkopf und senkt die Verletzungsgefahr. Ist der Handmeißel länger in Gebrauch, bildet sich an dem ballig ausgeführten Kopf ein Bart, der aus Sicherheitsgründen von Zeit zu Zeit abgeschliffen werden muss.

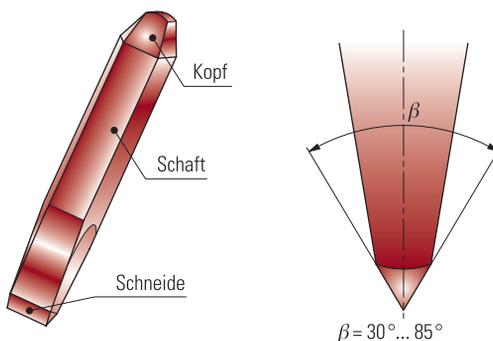


Bild 3 Aufbau eines Meißels

Um kreisförmige Maße anzureißen, wird der sogenannte Anreiß- oder Stangenzirkel verwendet. Beide Spitzen des Zirkels bestehen aus geschliffenem und gehärtetem Metall (Bild 1).

Ein vorheriges Körnen des Kreismittelpunktes gibt der Zirkelspitze beim Anreißen Halt und die notwendige Führung.



**Bild 1**  
Anreiß- oder  
Stangenzirkel

Im weiteren Fertigungsablauf sind exaktere Messmittel nötig. Ideal ist eine Überprüfung der Zeichnungs-Soll-Maße nach jedem Arbeitsschritt mittels dafür geeigneter Messwerkzeuge. Der Durchmesser einer Welle mit dem Soll-Maß von 25,98 mm muss mit einer Bügelmessschraube gemessen werden. Ein Messschieber kann die geforderte Messgenauigkeit von 0,01 mm nicht erfüllen. Nur so ist eine gleichbleibende Qualität der Werkstücke sicherzustellen. Außerdem lässt sich sofort erkennen, ob die Werkzeuge noch genau arbeiten oder ob sie bereits ihre Verschleißgrenze erreicht haben. Häufiges Messen verhindert unnötigen Ausschuss bzw. kosten- und zeitaufwendige Nacharbeit.

Messwerkzeuge sind sorgsam zu behandeln und zu lagern. Es kommt zudem darauf an, das für die Messung geeignete Messmittel auszuwählen. Und eine Messung ist nur dann gut und sinnvoll, wenn sie sorgfältig durchgeführt wird. Neben intakten Messwerkzeugen ist also die korrekte und fehlerfreie Verwendung wichtig. Nur so können Messwerte exakt, schnell und präzise erfasst werden. Anschließend werden die Messwerte dokumentiert, um den Fertigungsprozess auch zu einem späteren Zeitpunkt genau nachvollziehen zu können.

### 1.1.6 Messen

Das Fertigen von Bauteilen verlangt eine regelmäßige Überprüfung der physikalischen Größen des Werkstücks. Dabei ist die Wahl des Messgeräts abhängig von den zu messenden Größen, von der Form des Werkstücks und von der ermittelten Maßtoleranz.

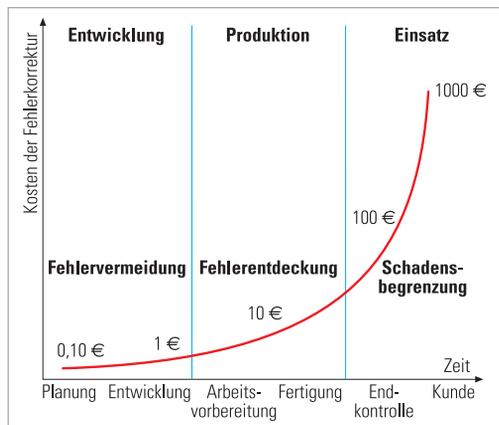
Ausgehend von dem ersten Arbeitsschritt einer Werkstückbearbeitung muss das Rohmaterial aus dem Materiallager meistens abgelängt (= gekürzt) werden. Hierzu werden oft „grobe“ Messwerkzeuge (**Strichmaßstäbe**) wie ein Stahlbandmaß, ein Gliedermaßstab oder ein Rollbandmaß verwendet. Die meisten Strichmaßstäbe weisen eine Millimereinteilung auf. Höherwertige Ausführungen verfügen zudem über eine Skalenteilung in Zoll (1"  $\approx$  25,4 mm), so dass das Messwerkzeug auch international einsetzbar ist (Bild 2).

Jeder Fehler, der während der Herstellung von Produkten behoben werden muss, kostet Zeit und Geld. Je früher ein Fehler behoben wird, desto kostengünstiger ist seine Beseitigung. Die Kosten für eine Fehlerbehebung im Entwicklungsstadium eines Produkts betragen nur etwa 1/10.000 dessen, was während der Serienfertigung anfallen würde: z. B. 0,10 € statt 1000 € (Bild 1, nächste Seite)!

Das erklärt auch, weshalb der Zeitpunkt für Prüfungen und Messungen nicht früh genug festgelegt werden kann. Dennoch kommt man nie

**Bild 2**  
Stahlbandmaß (a),  
Messen mit dem  
Stahlbandmaß (d),  
Gliedermaßstab (b)  
und Rollbandmaß (c)





**Bild 1** Entwicklung der Kosten für die Fehlerkorrektur in Anlehnung an die „Zehnerregel“ nach Daimler AG

- gemessenes Ist-Maß beträgt XY mm
- gemessenes Ist-Maß befindet sich laut Zeichnungsangabe innerhalb der Maßtoleranz, Werkstück ist in Ordnung.
- gemessenes Ist-Maß befindet sich laut Zeichnungsangabe außerhalb der Maßtoleranz, Werkstück ist nicht in Ordnung, evtl. kann nachgearbeitet werden, andernfalls Ausschuss!

**10. Oktober 2012**

Weltweit ruft Toyota fast 7,5 Millionen Auto in die Werkstätten. Grund sind Probleme mit einem Schalter für den elektrischen Fensterheber. In Deutschland sind nach Firmenangaben 136.375 Wagen der Modelle Yaris, Auris und RAV4 betroffen.

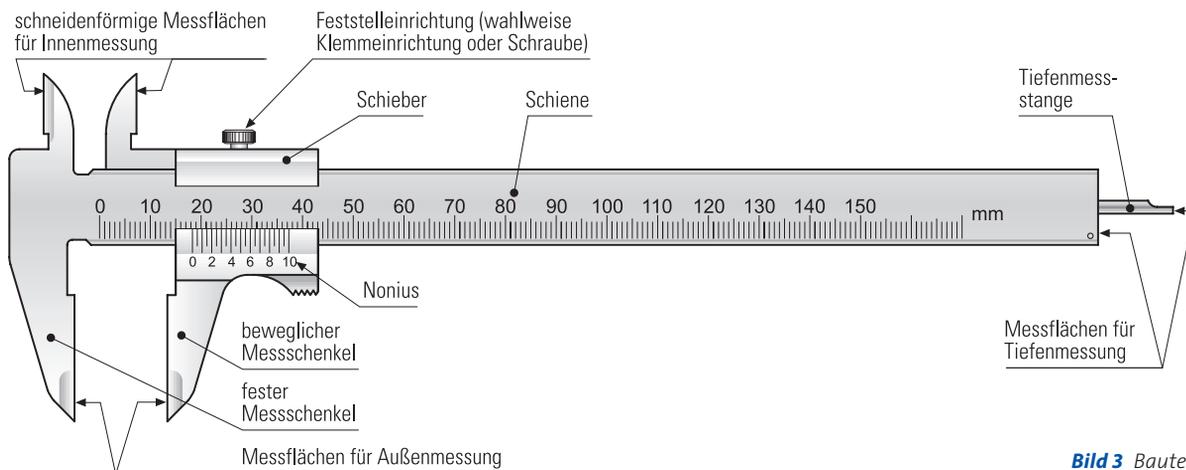
**Bild 2** Zeitungsausschnitt (www.welt.de)

ohne Zwischenmessungen und Endkontrollen aus. Der Aufwand mag einer fachfremden Person unnötig hoch erscheinen, doch die Praxis beweist, dass dieser Aufwand kostengünstiger ist als spätere Korrekturen oder gar Rückrufaktionen. Man bedenke allein den Imageschaden, wenn Produktionsfehler öffentlich bekannt werden. Ein Beispiel für einen Image-Schaden war die Rückrufaktion von Toyota wegen schadhafter Schalter für die elektrischen Fensterheber im Jahre 2012 (Bild 2).

Um die Maße während des Fertigungsprozesses zu überprüfen, werden oft **Messschieber** verwendet. Mit diesem Messwerkzeug sind die im Metallbereich häufig vorkommenden Messungen von Durchmesser und Länge – bei Genauigkeitsforderungen von 1/10 oder 1/20 mm – hinreichend genau ermittelbar.

Messungen an Werkstücken ergeben eine relativ genaue Aussage zu den vorhandenen Ist-Maßen im Vergleich zu den Soll-Maßen der Zeichnung. Abhängig von den geforderten Toleranzen kann eine Messung folgende Informationen liefern:

Dank seiner Messschenkel können die zu messenden Werkstücke so sicher gefasst werden, dass besonders genaue Messwerte dabei herauskommen. Der 19 mm lange Nonius auf dem beweglichen Schenkel z.B. ist in zehn gleiche Einheiten aufgeteilt; somit ergibt sich ein Abstand zwischen den Noniusstrichen von 1,9 mm. Damit eignet er sich zum Messen mit 1/20 mm Genauigkeit (Bild 3).



**Bild 3** Bauteile am mechanischen Messschieber

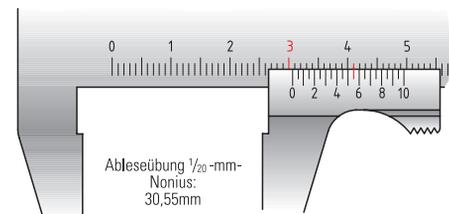
Ein gemessenes Maß muss vom Facharbeiter auch korrekt abgelesen werden – sonst nutzt das exakteste Messverfahren nichts. Moderne Messschieber erleichtern das Ablesen durch eine digitale Anzeige oder eine Rundskala mit Zeige (Bild 2 und 3). Die fachgerechte Anwendung von *mechanischen* Messschiebern hingegen setzt die Kenntnis der Funktionsweise und des Ablesens voraus. Das Fluchten des ersten Noniusstrichs (Strich über der Null) mit einem Millimeterstrich der Hauptskala auf der Schiene ergeben die ganzen Millimeter des Messergebnisses, z. B. 5,00 mm (Bild 5).

biger Strich der Hauptskala direkt gegenüber, so beträgt das Messergebnis ..., 4 mm (Bild 4).

Wie liest man diesen Wert ab?

- **Ganze Millimeter** (Wert vor dem Komma). Vorgehen: Welcher volle Millimeterwert liegt vor der Null des Nonius', also links von der Nonius-Null? In Bild 4 ist das der 5-mm-Strich der Hauptskala des 1/10 mm Nonius, das entspricht 5 mm
- **Millimeterbruchteile** (Wert nach dem Komma). Vorgehen: Welcher Nonius-Teilstrich fluchtet exakt mit einem Skalenstrich der Hauptskala? In Bild 4 ist es Strich 4 des Nonius' → 0,4 mm
- **Gesamtmessergebnis:** 5,4 mm

Das Ablesen eines Messschiebers mit einem Nonius von 20 Teilstrichen (Genauigkeit 1/20 mm) erfolgt analog zum 1/10-mm-Nonius (Bild 5).



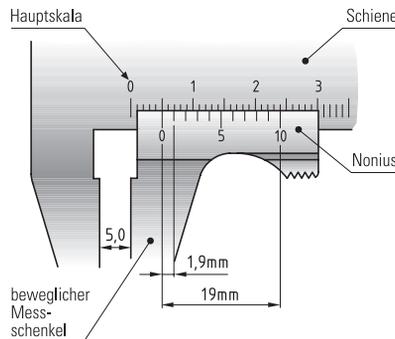
**Bild 5** Ablesen von Nachkommawerten bei einem 1/20-mm-Nonius

Mit einem Messschieber können verschiedene Messungen durchgeführt werden. Längenmessungen, z. B. Außendurchmesser, erfolgen mit Hilfe der beiden Messschenkel. Mit den beiden schneidenförmigen Messflächen werden Innenmaße, z. B. Innendurchmesser, gemessen. Tiefenmessungen, z. B. die Tiefe eines Bohrlochs, erfolgen mit Hilfe der Tiefenmessstange und der Messfläche für Tiefenmessungen (vgl. Bild 3, vorherige Seite).

Die häufigsten Gründe für Fehlmessungen:

- Die Messstelle wurde noch nicht für die Messung vorbereitet, d. h., es befinden sich noch **Verunreinigungen** auf dem Werkstück, z. B. Grate an den Werkstückkanten. Oder die Messflächen des Messgeräts sind nicht sauber.
- Werden die Messschenkel mit zu großer Kraft zusammengeschoben (**Messkraft**), wird das Messergebnis kleiner als der Ist-Wert (Bild 1 nächste Seite).
- Der bewegliche Messschenkel kippt umso stärker, je weiter von der Messschiene entfernt das Werkstück gemessen wird.
- Beim Ablesen von rein optischen (mechanischen) Maßverkörperungen (Messskalen) ist

**Bild 1** Messergebnis: ganze Millimeter beim 1/10-mm-Nonius

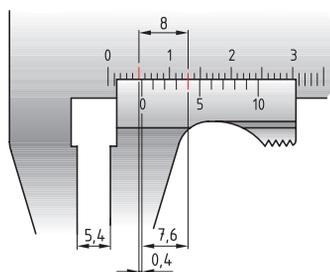


**Bild 2** Messschieber mit Digitalanzeige



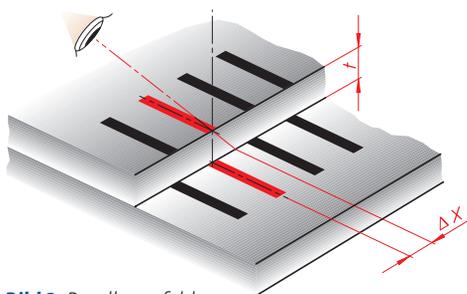
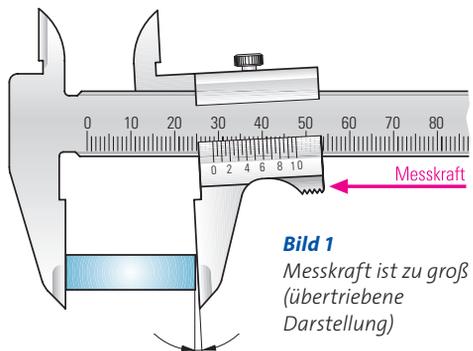
**Bild 3** Messschieber mit Rundskala und Zeiger

**Bild 4** Der Wert, den der Messschieber anzeigt, beträgt 5,4 mm.



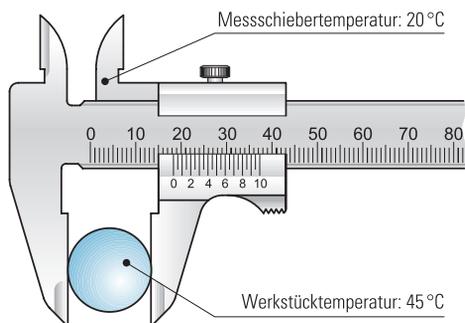
Fluchtet die Null des Nonius' nicht mit einem Millimeterstrich der Hauptskala, muss man schauen, welcher nächste Noniusstrich mit einem Skalenstrich der Hauptskala fluchtet. Liegen sich z. B. der Noniusstrich 4 und ein belie-

darauf zu achten, dass der Blick tatsächlich rechtwinklig zur Skala gerichtet ist. Denn je schräger der Blick auf die Messskala fällt, desto größer ist die Gefahr von falsch abgelesenen Messwerten (**Parallaxenfehler**) (Bild 2).



**Bild 2** Parallaxenfehler

- Die Umgebungstemperatur hat einen entscheidenden Einfluss auf das Messergebnis. Wenn sich Materialien aufgrund **zu hoher Temperatur** ausdehnen, verändert sich das Ist-Maß. Das gilt nicht nur für das Werkstück, sondern auch für das Messwerkzeug: Ein Messschieber, der längere Zeit in der Sonne lag, wird andere Messergebnisse liefern als ein Messschieber, der bei einer Raumtemperatur von 20 °C gelagert wurde. Das trifft auch für Messungen an Werkstücken zu, die noch vom Zerspanungsprozess erwärmt sind (Bild 3).



**Bild 3** Temperaturfehler

Die Messung von Längen, Durchmessern etc. ist relativ kosten- und zeitaufwendig. Sie verlangt geschultes Personal, ist aber zur Erhaltung gleichbleibender Qualität im Fertigungsprozess unerlässlich.

### 1.1.7 Werkstückmarkierungen

#### Schlagzahlen

Das einfachste und schnellste Verfahren zur Kennzeichnung von Werkstücken ist das Einschlagen von Markierungen mittels **Handschlagstempel**. Das ist ein hochwertiges Werkzeug aus Werkzeugstahl. An einem Ende des Stempels wird die entsprechende Kennzeichnung mittels CNC-Fräse in Spiegelschrift eingefräst und die Oberfläche anschließend gehärtet (Bild 4).



**Bild 4**  
Handschlagstempel

Der Handschlagstempel wird an der zu kennzeichnenden Stelle des Werkstücks angesetzt und mit einem Hammer in die Werkstückoberfläche eingeschlagen, so dass sich das Material an der Oberfläche verdichtet und umformt, bis die Negativform des Schlagstempels die Kennzeichnung auf das Werkstück überträgt. Dabei kommt es nicht zu Materialschwund, es wird also kein Material abgetragen. Zur Ermittlung der korrekten Hammerkraft empfiehlt es sich, eine Probekennzeichnung an einem Teststück durchzuführen (Bild 5).



**Bild 5**  
Einschlagen des  
Handschlagstempels

#### Gravuren

Beim Gravieren wird mechanisch Material entfernt, so dass eine Markierung auf der Werkstückoberfläche entsteht. Dabei fallen Späne an. Die neu entstandene Oberflächenstruktur hebt sich vom Untergrund ab. Um die Gravur noch deutlicher hervorzuheben, können die mechanisch eingearbeiteten Vertiefungen eingefärbt werden. Gravuren lassen sich mit Hilfe eines elektrischen Stickels frei Hand einbringen; wirklich akkurates Gravieren aber ist nur mit Graviermaschinen oder Kopierfräsen möglich (Bild 6 und 7).



**Bild 6**  
Gravur an Metallschild



**Bild 7**  
Graviermaschine

### 1.3.1 Werkstoffe

#### Stähle

Die im Maschinenbau verwendeten Stahlsorten unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung:

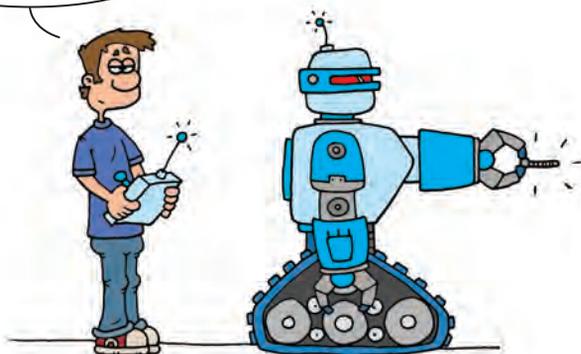
- **unlegierte Stähle**, deren Beimengungen festgelegte Grenzen nach DIN-Norm *nicht* überschreiten (s. Tabellenbuch HT 3291).
- **legierte Stähle**, die die festgelegten Grenzen an Beimengungen der unlegierten Stähle überschreiten.
- **Nichtrostende Stähle** (Nirosta®-Stähle) enthalten weniger als 1,2 % Kohlenstoff und – zur Reduzierung der Korrosionsneigung – mehr als 10,5 % Chrom; umgangssprachlich *irrtümlich* oft als Edelstahl bezeichnet.
- **Edelstähle** zeichnen sich durch einen sehr geringen Gehalt an Phosphor und Schwefel (kleiner 0,02 %) aus. Um die sehr engen Grenzen an Legierungsbestandteilen bei der Er-schmelzung einhalten zu können, wird Edelstahl im Elektro-Lichtbogen-Verfahren hergestellt. (vgl. Abschnitt 1.1.4)

### 1.3.2 Spannmittel

Hilfsmittel zur Fixierung von Werkstück und Werkzeug werden als Spannmittel bezeichnet. Je nach Bearbeitungsweise, Größe und Form des Werkstückes kommen unterschiedliche Spannmittel zum Einsatz, die das Arbeiten erleichtern, z. B.:

- Zange
- Schraubstock
- Spannmittel an der Drehmaschine (vgl. Abschnitt 2.1.2)
  - Dreibackenfutter
  - Zentrierspitze
  - Werkzeughalter

Nächstes Mal benutze ich wieder die Zange.



#### Zangen

Zangen werden für Montage-, Demontage- und Einstellarbeiten, zum Kürzen (Seitenschneider, Kantenzange) oder Biegen von Drähten sowie zum Einsetzen und Entnehmen von Teilen verwendet. Da es diverse Zangenarten gibt, entscheidet die Fachkraft jeweils aufgrund ihrer Arbeitserfahrung, welche Zange für den Anwendungsfall am besten geeignet ist (Bild 1).



Bild 1 Zangen

Wer ein Bauteil mit Druckkraft fixieren möchte, greift zur **Spannzange**. Da die Druckkraft eingestellt werden kann, lässt sich ein Verrutschen des Bauteils vermeiden.

Zwei fest mit einer Grundplatte verbundene Spannzangen fixieren Einzelteile in einer Schweißvorrichtung für den Schweißprozess (Bild 1 nächste Seite).

Zur Erstellung von Kleb-, Löt- oder Schweißverbindungen werden häufig Gripzangen verwendet. Diese haben dank der begrenzten Spannweite den Vorteil, mit einer Hand bedient werden zu können (Bild 2 nächste Seite).

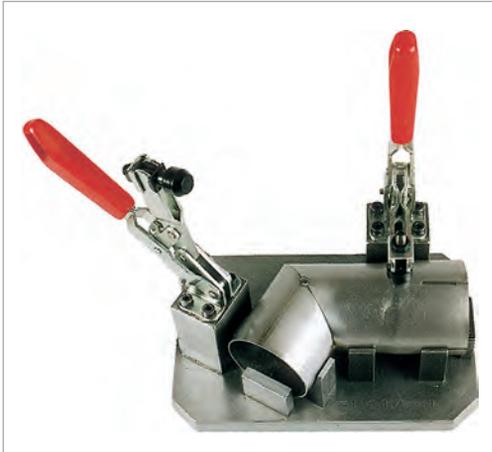


Bild 1 Schweißvorrichtung mit Spannzangen



Bild 2 Gripzange

### 1.3.3 Scherschneiden/Scheren

Das spanlose Fertigungsverfahren zum Zerteilen eines Werkstoffes durch zwei sich aneinander vorbeibewegende Schneiden wird Scherschneiden bzw. Scheren genannt. Mit dieser Methode lassen sich dünne Bleche präziser, leichter und schneller trennen als dies mit spanabhebenden Verfahren möglich ist. Die Bleche werden dabei durch Scherkräfte *abgeschert*. Geeignete Werkzeuge: Schere (z. B. Haushalts-, Blech- oder Kabelschere) und Stanzpresse.

Beim Scherschneiden wird der Werkstoff zwischen zwei Schneidkeilen, die in ihrer Form spannenden Werkzeugen ähneln, zerteilt:

- Die nötige Stabilität zur Durchführung des Schneidvorgangs erhält die Schneide durch die Größe des **Keilwinkels  $\beta$** .
- Unnötige Reibung an der Freifläche verhindert der **Freiwinkel  $\alpha$** .
- Der **Kerbwinkel  $\gamma$**  verringert den Kraftaufwand ( $F$ ) des Arbeiters oder der Maschine beim Eindringen der Schneiden in den Werkstoff. Ein großer Kerbwinkel reduziert die benötigte Scherkraft (Bild 3).

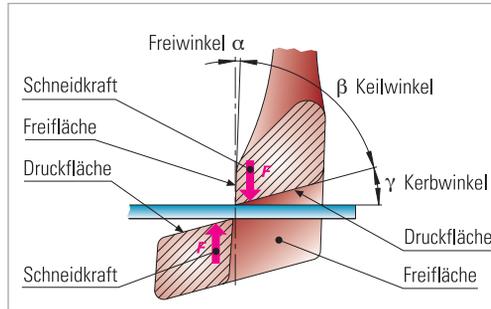


Bild 3 Winkel und Kräfte am Schneidkeil

Die erforderliche Handkraft kann dank langer Handgriffe und kurzer Schneidenlängen minimiert werden (**Hebelgesetz**, vgl. Abschnitt 1.3.5).

Beim Schneidvorgang bewegen sich die Schneidkeile aneinander vorbei. Das Zerteilen des Werkstoffes bzw. das Eindringen der Schneiden erfolgt grundsätzlich in drei Phasen:

- **Stauhen:** Das Zusammendrücken sowie Einkerbten des Werkstoffes an seiner Ober- und Unterseite wird als Stauhen bezeichnet. Der Werkstoff wird dabei elastisch und plastisch verformt.
- **Scheren:** Die Rissbildung in der Scherzone, ausgehend von den weiter eindringenden Schneiden, wird als Scheren bezeichnet.
- **Trennen:** Die beim Scheren entstandenen Risse führen zum Trennen des Werkstoffes. Er reißt an dieser Stelle durch oder bricht auseinander und wird somit abgetrennt (Bild 4).

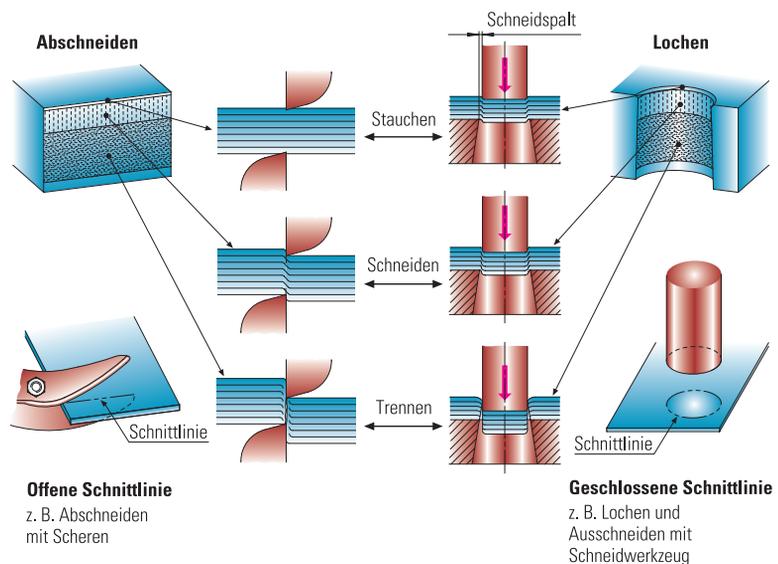


Bild 4 Schneidvorgang

## Maschinelles Herstellen von einfachen Baugruppen am Beispiel einer Ordnungshilfe

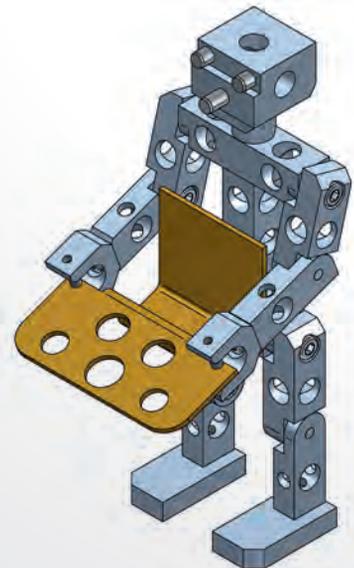
# „Der Iron-Man“



**Bild 1** Katrin bei der Arbeit

Philip möchte seiner Schwester Katrin, die den Beruf der Produktdesignerin (ehem. Technischen Zeichnerin) erlernt, etwas ganz Besonderes zum Geburtstag schenken. Etwas Individuelles, bei dessen Anblick sie an Philip denkt. Aber es soll auch nützlich sein ... Beim Nachdenken erinnert Philip sich plötzlich, dass Katrin immer wieder ihre Arbeitsutensilien Bleistift und Radiergummi verlegt.

„Also was soll er schenken?“, grübelt Philip, bis er plötzlich in der Zeitung etwas über *Iron-Man* liest. Eigentlich ist so ein Marathon auf Hawaii und in Frankfurt am Main benannt. Iron-Man – ein super Name für mein Geschenk! Ich baue Katrin ein Stahlmännlein, das ihr immer das passende Werkzeug für ihre Arbeit bereithält. „Das ist die Idee!“, sprudelt es aus Philip heraus, wobei er vom Sessel aufspringt und in die Kellerwerkstatt läuft, um sofort mit dem Bau des Iron-Mans zu starten.



# Lernjobs

**1.** Nach einiger Recherche im Internet findet Philip einen passenden Zeichnungs-/Bausatz zum kostenfreien Download. Erstellen Sie eine Liste mit allem, was für die Herstellung von Katrins Iron-Man nötig ist.

**3.** Vergleichen Sie Ihre Skizze der benötigten Werkzeuge mit den anderen Vorschlägen/Entwürfen im „Markt der Möglichkeiten“. Wählen Sie aus allen Skizzen die Werkzeuge aus, die bei der Herstellung des Iron-Mans verwendet werden soll. Stellen Sie diese in einer Liste zusammen.

**5.** Philips Idee ist, dass der Iron-Man Katrins neuer Helfer auf dem Schreibtisch wird. Er soll Bleistift und Radiergummi jederzeit für sie bereithalten. Es fehlen dem neuen Helfer aber noch die erforderlichen Halter zum Fixieren der Utensilien. Wie könnten diese Halter aussehen? Skizzieren Sie für B Halter-Varianten.

**7.** Die Augen und die Nase des Iron-Mans wurden in unserem Beispiel mit Zylinderstiften ausgeführt. Begründen Sie, wie es fertigungstechnisch möglich ist, die Zylinderstifte spielfrei in den Kopf einzusetzen. Welche fertigungstechnischen Bearbeitungsschritte müssen dem Fügeprozess von Augen und Nase in den Kopf vorausgegangen sein? Begründen Sie Ihre Aussagen und ergänzen Sie diese mit einer technischen Beschreibung, unterstützt von Skizzen.

**2.** Visualisieren Sie die für die Herstellung des Iron-Man benötigten Werkzeuge anhand einer Skizze und vermerken Sie, mit welchen Werkzeugen welche Arbeitsschritte ausgeführt werden könnten. Das Ergebnis sollte den Mitschülern auf einem großen Plakat (siehe Methodenseite) vorgestellt werden.

**4.** Sie haben zielorientiert die Werkzeuge für den Iron-Man ausgewählt. Teilen Sie die benötigten Werkzeuge auf und untersuchen Sie, wie die Werkzeuge aufgebaut sind, nach welchem Funktionsprinzip diese arbeiten und welche Besonderheiten sie aufweisen. Visualisieren und präsentieren Sie Philip Ihre Ergebnisse.

**6.** Eine Fertigung des Iron-Mans mit handgeführten Werkzeugen ist die eine Möglichkeit. Die andere, schnellere und wesentlich genauere, ist die maschinelle Fertigung der Einzelteile. Welche Hilfsmittel/Maschinen können zur Herstellung des Iron-Mans herangezogen werden? Zeigen Sie auf, wie Sie bei der Fertigung der einzelnen Bauteile vorgehen würden, welche Besonderheiten vorliegen, wie ein Arbeitsplan aussieht usw. Bereiten Sie exemplarisch einen Arbeitsplan zur maschinellen Fertigung für ein Bauteil vor.

**8.** Auf Katrins Schreibtisch ist auch schon mal eine Tasse Tee umgefallen. Welche Auswirkungen hätte ein solches Malheur auf den Zustand des Iron-Mans, wenn er direkt betroffen wäre? Bieten Sie Ideen an, die es dem Iron-Man ermöglichen, den Angriff einer Teewelle unbeschadet zu überstehen.