

## 5 Arbeitssicherheit und Unfallschutz

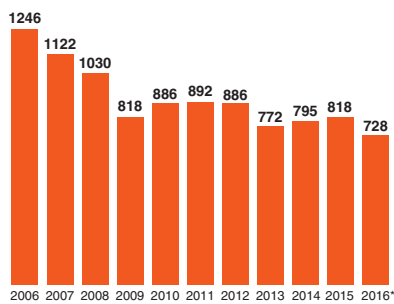
### 5.1 Gefahren im Beruf

In Deutschland ereigneten sich im Jahr 2013 ca. 700 000 meldepflichtige **Arbeitsunfälle** (*industrial accidents*) in der gewerblichen Wirtschaft. Die Zahl der schweren Unfälle mit bleibenden gesundheitlichen Beeinträchtigungen, die zu Unfallrenten führten, betrug ca. 17 500. Fast 600 Arbeitsunfälle endeten in diesem Zeitraum tödlich.

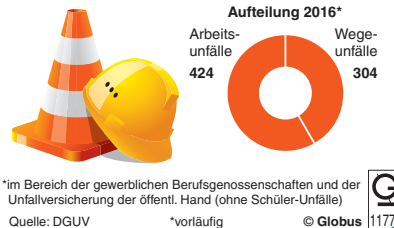
Die Zahl der Arbeitsunfälle ist zwar in den letzten Jahren kontinuierlich gesunken, besonders erfreulich ist dabei der Rückgang der schweren und tödlichen (*fatal*) Arbeitsunfälle (Bild 1). Für die Betroffenen sind die physischen, psychischen und finanziellen Belastungen allerdings dadurch nicht geringer geworden.

#### Risiko am Arbeitsplatz

Tödliche Arbeits- und Wegeunfälle in Deutschland\*



#### Aufteilung 2016\*



\*im Bereich der gewerblichen Berufsgenossenschaften und der Unfallversicherung der öffentl. Hand (ohne Schüler-Unfälle)  
Quelle: DGUV      \*vorläufig      © Globus 11774

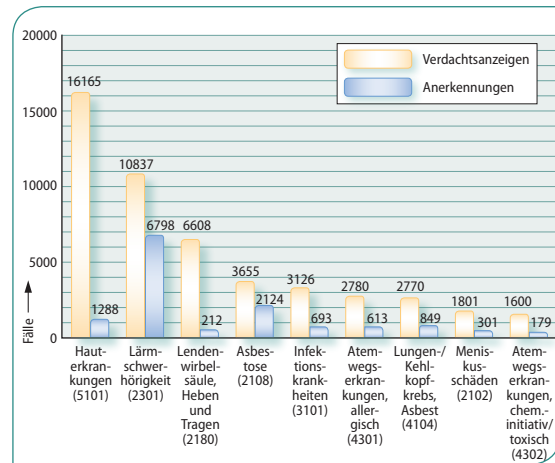
#### 1 Tödliche Arbeits- und Wegeunfälle in der gewerblichen Wirtschaft

Aber nicht nur Arbeitsunfälle verursachen gesundheitliche Schäden (*damages to one's health*). Länger anhaltende Belastungen am Arbeitsplatz z. B. durch Staub, Dämpfe, Lärm, Aufenthalt in unbeheizten Rohbauten während der kalten Jahreszeit sowie Heben und Tragen schwerer Lasten können Erkrankungen auslösen, die als **Berufskrankheiten** (*occupational diseases*) anerkannt werden können (Bild 2).

Nach einer Information des IKK<sup>1)</sup>-Bundesverbandes treten bei Heizungs- und Sanitärinstallateuren (heute Anlagenmechaniker SHK) insbesondere Muskel- und Skeletterkrankungen sowie Verletzungen überdurchschnittlich häufig auf. Im Zeitraum 1997 bis 2004 machten diese Krankheitsarten mehr als die Hälfte aller Krankheitstage der bei der IKK pflichtversicherten Heizungs- und Sanitärinstallateure aus.

<sup>1)</sup> Innungskrankenkasse

Ca. 12% aller Krankheitstage dieser Versicherten (*assured*) im Jahre 2004 wurden durch einen Arbeitsunfall verursacht. Damit sich der rückläufige Trend der Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten weiter fortsetzt, müssen sich alle Beschäftigten der Gefahren ihres Berufes bewusst sein, die entsprechenden Sicherheitsvorschriften (*safety regulations*) beachten und die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen (*safety measures*) ergreifen.



#### 2 Berufskrankheiten

### 5.2 Sicherheitsvorschriften

#### 5.2.1 Gesetze und Verordnungen

Wegen der großen Bedeutung der Arbeitssicherheit sind Maßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungen am Arbeitsplatz (*workplace*) in zahlreichen Gesetzen und Verordnungen festgelegt, von denen hier nur eine kleine Auswahl angesprochen wird.

Das **Arbeitsschutzgesetz** (*ArbSchG*) zum Beispiel verpflichtet den Arbeitgeber, die Gesundheitsgefahren (*health hazards*) am Arbeitsplatz zu beurteilen, erforderliche Maßnahmen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz (*health protection*) der Beschäftigten zu treffen und menschen-gerechte Arbeitsbedingungen zu schaffen. Im **Arbeitszeitgesetz** (*ArbZG*) sind die höchstzulässige tägliche Arbeitszeit sowie die erforderlichen Pausen geregelt. Durch das **Jugendarbeitsschutzgesetz** (*JarbSchG*) sollen Beschäftigte unter 18 Jahren vor Überbeanspruchung, Überforderung und Gefahren am Arbeitsplatz geschützt werden. Die **Baustellenverordnung** dient der Verbesserung von Sicherheit (*safety*) und Gesundheitsschutz der Beschäftigten auf Baustellen (*building sites*). Da Arbeiten auf der Baustelle von Beschäftigten verschiedener Firmen häufig gleichzeitig aus-

# Lernfeld 1: Bauelemente mit handgeführten Werkzeugen fertigen

## 1 Grundlagen und Verfahren des zerteilenden und spanenden Trennens

### 1.1 Der Keil als Grundform der Werkzeugschneide

Schon vor Jahrtausenden haben die Menschen beim Gebrauch von Werkzeugen (tools) erkannt, dass man mit harten, keilförmigen Gegenständen leicht in andere Teile oder Körper eindringen konnte und man benutzte den sogenannten „Faustkeil“, um Holz, Gestein, Tierteile usw. zu spalten bzw. zu zerteilen oder abzuschälen bzw. auszuhöhlen. Bei den im SHK-Bereich üblichen Trennverfahren besitzen die Trennwerkzeuge (separating tools) alle eine keilförmige Werkzeugschneide (Bild 1).

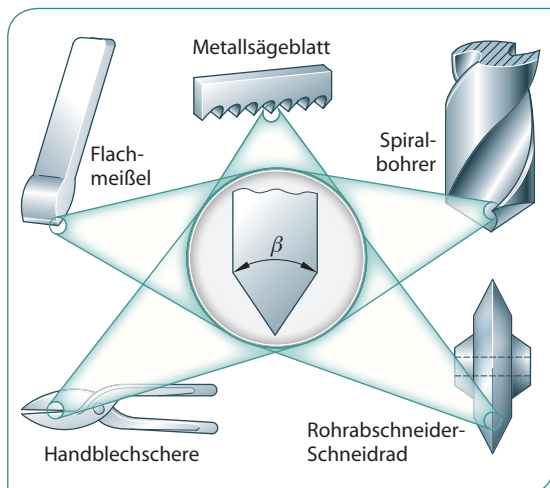
Es besteht bei diesen zerteilenden und spanenden Trennverfahren (dividing and cutting methods) ein Zusammenhang zwischen folgenden Größen:

- Keilwinkel  $\beta$ ,
- Kraftaufwand,
- Stabilität des Keils und seiner Schneide,
- Werkstoff des Werkstücks,
- Werkstoff des Werkzeuges.

Dieser Zusammenhang wird mit Hilfe eines zerteilenden Flachmeißels (flat chisel) in Bild 2 dargestellt.

#### 1.1.1 Keilwinkel und Kraftaufwand

Mit dem Hammer wird in den beiden Flachmeißeln eine gleich große, senkrecht nach unten wirkende Zerteilkraft  $F$  erzeugt. In der Darstellung wird diese auf der Wirkungslinie



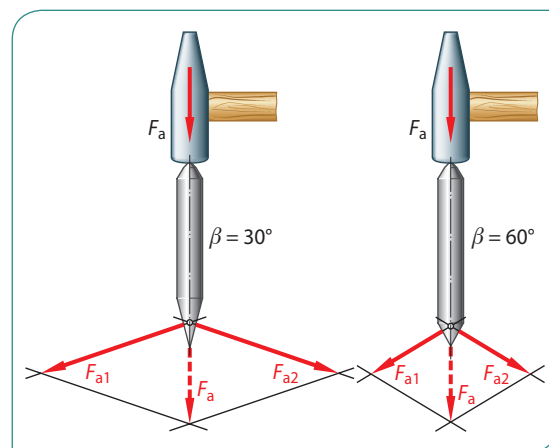
1 Die Keilform als Werkzeugschneide

zur Meißelspitze hin verschoben und in zwei rechtwinklig zu den Keilflächen verlaufende Druck- bzw. Trennkräfte zerlegt (Bild 2).

Mit einem Kräftemaßstab (z. B. 1 cm = 10 N) kann man die Größe dieser Trennkräfte (separating forces) leicht ermitteln. Wie man aus Bild 2 erkennen kann, erhält man mit einem kleinen Keilwinkel (wedge angle) große Trennkräfte, mit einem großen Keilwinkel kleinere Trennkräfte. Dies bedeutet aber auch, dass man bei gleichem Werkstoff mit einem kleinen Keilwinkel einen geringeren Kraftaufwand (expenditure of forces) für den Trennvorgang benötigt.

#### MERKE

Je kleiner der Keilwinkel, desto geringer ist der Kraftaufwand beim Trennen.



2 Kräftezerlegung an keilförmigen Werkzeugschneiden und Kräfteverhältnis (Trennkräfte) bei unterschiedlichen Keilwinkeln

#### 1.1.2 Keilwinkel und Schneidestabilität

Die an der Meißelschneide wirkenden Trennkräfte erzeugen im Werkstück gleich große Gegenkräfte.

Diese Gegenkräfte beanspruchen den Schneidkeil, der hierdurch abgenutzt bzw. stumpf wird oder bei großem Kraftaufwand sogar brechen kann.

Aus der praktischen Erfahrung – beispielsweise beim Herstellen eines Innenwanddurchbruchs mit dem Flachmeißel – lässt sich leicht erkennen, dass Schneiden (cutting edges) mit einem großen Keilwinkel eine höhere Stabilität (stability) besitzen als Werkzeugschneiden mit einem kleinen Keilwinkel.

## 1.2.4 Das Gewindeschneiden

Gewinde (*threads*) werden in der Serien- und Massenfertigung maschinell bzw. vollautomatisch hergestellt. In der Einzelfertigung und auf der Baustelle werden Gewinde mit handgeführten Maschinen oder von Hand geschnitten. Stationäre Gewindeschneidmaschinen werden meist in der Werkstatt zur Vorfertigung von Rohrleitungsteilen verwendet.

### 1.2.4.1 Gewindearten

Die Gewindearten können eingeteilt werden nach:

- der Lage (Bild 1),
- der Verwendung (Bild 2),
- der Gangrichtung (Bild 3),
- dem Gewindeprofil (Bild 4).

**Lage**

Innengewinde  
(internal thread)

Innengewinde

Außengewinde  
(external thread)

Außengewinde

Innen- oder Muttergewinde nennt man ein Gewinde, das sich an der Innenwand einer Bohrung befindet. Als Außen- oder Bolzengewinde bezeichnet man das Gewinde, das in die Mantelfläche eines Zylinders geschnitten wird.

**Verwendung**

Bewegungsgewinde  
(motion thread)

Befestigungsgewinde  
(fastening thread)

Mit Hilfe eines Bewegungsgewindes wird eine drehende Bewegung in eine geradlinige Bewegung umgewandelt, z. B. Schraubstock oder Ventilspindel. Das Befestigungsgewinde z. B. an der Schraube und in der Mutter hat die Aufgabe, die beiden Bauteile fest miteinander zu spannen.

1 Innen- und Außengewinde

2 Bewegungs- und Befestigungsgewinde

**Gangrichtung**

Rechtsgewinde  
(right hand thread)

Linksgewinde  
(left hand thread)

alternativ:  
Pfeil

Rechtsgängige Gewinde werden wesentlich häufiger verwendet als linksgängige. Beim Einschrauben werden sie im Uhrzeigersinn – also rechtsherum gedreht. Linksgängige Gewinde werden durch Linksdrehung eingeschraubt. Eine linksgängige Mutter hat entweder eine Einkerbung am Umfang oder ein großes L auf einer Auflagenseite. Normgerecht bezeichnet wird dieses Gewinde durch Anhängen der Buchstaben LH (Left Hand).

3 Rechts- und Linksgewinde

**Gewindeprofil**

Metrisches ISO-Gewinde  
(metric ISO thread)

Whitworth-Gewinde  
(whitworth thread)

Das metrische ISO-Gewinde hat einen Flankenwinkel von 60°. Bezeichnet wird dieses Gewinde mit dem Kurzzeichen M und dem Nenndurchmesser in mm, z. B. Gewindestab M8. Das Whitworth-Gewinde hat einen Flankenwinkel von 55° und die Gewindemaße werden in Inch (Zoll) angegeben.

4 Metrisches- und Whitworthgewinde

	Verformungswiderstand groß	Verformungswiderstand klein
Werkstoff	Werkstoffe mit hoher Zugfestigkeit z. B. Stahl E 380 mit 690 ... 830 N/mm <sup>2</sup>	Werkstoffe mit geringer Zugfestigkeit z. B. Kupfer (weich) R 220 mit 220 ... 270 N/mm <sup>2</sup>
Verformungsquerschnitt	großer Werkstücksquerschnitt bei gleichem Werkstoff, z. B. Flachstahl 80 mm x 20 mm. A = 1 600 mm <sup>2</sup> 	kleiner Werkstücksquerschnitt bei gleichem Werkstoff, z. B. Flachstahl 40 mm x 10 mm. A = 400 mm <sup>2</sup> 
Temperatur des Werkstückes	z. B. Stahlwerkstoff bei Raumtemperatur 20 °C	z. B. Stahlwerkstoff bei 1000 °C, hell gelbrot glühend
Lage des Querschnitts	waagerechte Biegeachse 	senkrechte Biegeachse 
Biegeradius	kleiner Biegeradius 	großer Biegeradius 

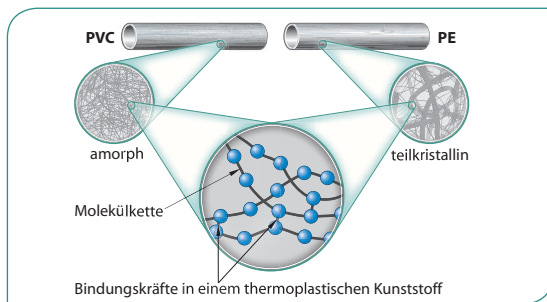
1 Einfluss verschiedener Faktoren auf den Verformungswiderstand

### 2.1.2 Werkstoffveränderungen bei Thermoplasten

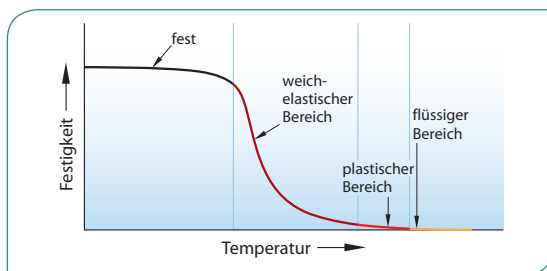
Bei jeder Biegearbeit verändert sich das Werkstoffgefüge des Werkstückes durch die plastische Verformung. Da jedoch Metalle und thermoplastische Kunststoffe einen völlig unterschiedlichen Werkstoffaufbau (material structure) haben, sind auch die Werkstoffveränderungen (material changings) beim Umformen nicht vergleichbar.

Die in der Sanitär- oder Heizungstechnik verwendeten Rohre aus Kunststoff wie z. B. PVC oder PE gehören alle zur Gruppe der Thermoplaste. Ihre fadenförmigen Makromoleküle (Molekülketten) werden durch Bindekräfte (bonding forces) zusammengehalten, die sich bei Erwärmung (heating) stark verringern (Bild 2). Dadurch werden die Thermoplaste „weich-

elastisch“, d. h., ihre Molekülketten lassen sich mit geringen Kräften gegeneinander verschieben und die Kunststoffrohre somit leicht verformen. Jeder thermoplastische Kunststoff hat einen bestimmten Temperaturbereich (Erweichungstemperaturbereich), bei dem er weichelastisch wird (Bild 3). Die in diesem Temperaturbereich erwärmten und verformten Kunststoffrohre müssen in ihrem neuen Zustand abgekühlt (cooled-down) werden, damit die Verformung bestehen bleibt. Hierbei werden die umgebildeten Molekülketten in ihren neuen Positionen sozusagen „eingefroren“. Erwärmt man verformte thermoplastische Rohre jedoch wieder auf den Erweichungstemperaturbereich, nehmen sie wieder ihre alte Form an. Diesen Rückbildungsvorgang (setback process) bezeichnet man als **Memory-** bzw. **Formgedächtniseffekt**. Werden Thermoplaste bei höheren Temperaturen im plastischen Bereich verformt, findet diese Rückbildung nicht statt.



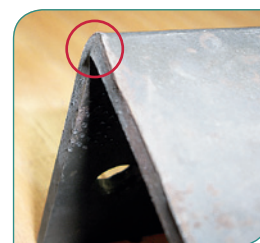
2 Schematische Struktur der Molekülketten bei PVC und PE



3 Zustandsänderungen am Beispiel PVC

### 2.1.3 Werkstoffveränderungen bei Metallen

Bei den Metallen finden im Grundsatz bei allen Umformverfahren ähnliche Werkstoffveränderungen statt. Durch Umformkräfte (forming forces) verursachte äußerliche Veränderungen sind am Werkstück zu erkennen (siehe Bilder 4 und 5). Beim Biegen von Blechen, Profilen oder Rohren wird der Werkstoff in der äußeren Biegezone gestreckt (stretched) und in der inneren Biegezone gestaucht (upsetted).



4 Ausbauchung bei einem gebogenen Winkelstahl



5 Faltenbildung bei einem gebogenen Cu-Rohr

# Lernfeld 2:

## Bauelemente mit Maschinen fertigen

### 1 Fertigen von Bauelementen mit Werkzeugmaschinen

#### 1.1 Grundlagen

Die zur Herstellung und Bearbeitung von Halbzeugen, Bauelementen oder Fertigteilen verwendeten Maschinen werden nach den Fertigungsverfahren eingeteilt in Maschinen zum:

- Urformen (**primary forming**),
- Umformen,
- Trennen (**separation**),
- Fügen (**joining**),
- Beschichten (**coating**),
- Ändern der Stoffeigenschaften.

Die Maschinen zum Umformen, Trennen und Fügen bezeichnet man als **Werkzeugmaschinen (machine tool)**. Sie werden stationär (**fixed**) oder teilstationär aufgestellt. Üblicherweise werden stationäre Werkzeugmaschinen in Werkstätten oder Fertigungshallen dauerhaft am Standort fest mit dem Boden verbunden. Teilstationäre können an verschiedenen Standorten, also auch auf Baustellen, vorübergehend aber auch für längere Zeiträume (z. B. 1–2 Jahre), aufgestellt werden. Einige Werkzeugmaschinen werden hierfür mit einem fahrbaren Unterbau oder Gestell ausgestattet und müssen am Aufstellort standsicher (**stable**) positioniert werden (vgl. Bild 2, S. 100). In der SHK-Branche werden neben den Handwerkzeugen und handgeführten Elektrowerkzeugen auch Werkzeugmaschinen zur Abwicklung von Kundenaufträgen eingesetzt (Bild 1). So können z. B. bei Arbeitsaufträgen für Ein- und Zweifamilienhaussiedlungen, Reihenhaussiedlungen, Mehrfamilienhäusern, Bü-

rogebäuden, Hotels und Hochhäusern viele Bauelemente mithilfe der Werkzeugmaschinen in der benötigten Stückzahl wirtschaftlich vorgefertigt werden.

#### 1.2 Arbeitsweise von Werkzeugmaschinen

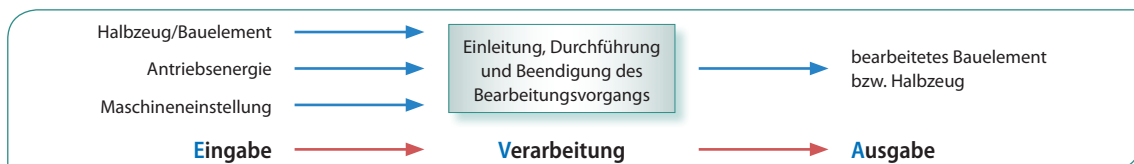
Die Arbeitsweise bei den Werkzeugmaschinen lässt sich vereinfacht in drei Phasen aufteilen (Bild 2):

- **Inbetriebnahme (putting into operation)**: Hauptschalter einschalten, Funktionsfähigkeit und Sicherheit der Maschine überprüfen, Halbzeug bzw. Werkstück sicher einspannen, Arbeitsdaten an der Maschine einstellen.
- **Bearbeitung (treatment; processing)**: Werkzeugantrieb und zusätzliche Nebenantriebe einschalten, Fertigungsarbeit ausführen, Werkzeugantrieb und zusätzliche Nebenantriebe abschalten.
- **Beendigung (termination)**: Halbzeug bzw. Werkstück ausspannen, bei Bedarf reinigen und kontrollieren, Hauptschalter abschalten.

Jede Werkzeugmaschine hat zur Vorbereitung, Durchführung und Beendigung des Bearbeitungsvorgangs eine besondere Anordnung von Einrichtungen und Baugruppen, die in ihrer Funktion miteinander in Beziehung stehen. Durch ihre Formen, Abmessungen und Bewegungsachsen bzw. -ebenen bestimmen sie den Aufbau, den Raumbedarf und die Masse der Maschine.



1 Unterschiedliche Sägewerkzeuge



2 Arbeitsphasen bei einer Werkzeugmaschine

## 3 Umformende Werkzeugmaschinen

### 3.1 Stationäre Rohrbiegemaschinen

#### 3.1.1 Einteilung nach den Biegeverfahren

Mit stationären oder teilstationären Rohrbiegemaschinen können Rohre im kalten Zustand nach dem:

- Pressbiegeverfahren (**press bending**),
- 3-Rollenbiegeverfahren,
- Rotationszugbiegeverfahren (**rotary draw bending**) ohne Dorn (**mandrel**),
- Rotationszugbiegeverfahren mit Dorn gebogen werden.

Je nach Größe und Ausstattung der Biegemaschinen können unterschiedliche Rohrdurchmesser, Wanddicken und Rohrwerkstoffe maß- und formgenau gebogen werden. Durch einfache Voreinstellungen lassen sich serienmäßige Rohrbiegearbeiten wirtschaftlich fertigen. Bei komplexeren Rohrbiegearbeiten können durch menügeführte Biegeprogramme mehrere Bögen mit unterschiedlichen Biegewinkeln in der erwünschten Reihenfolge gebogen werden.

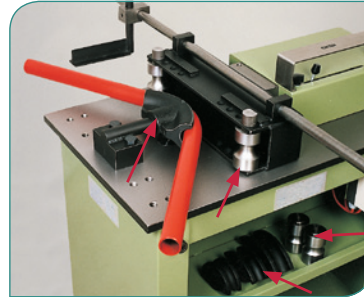
Das **Pressbiegeverfahren** wird im SHK Bereich bei den mobilen Hydraulik-Rohrbiegern angewendet (vgl. S. 74). Auch bei stationären elektrohydraulischen Biegemaschinen wird das meist dickwandige Rohr mit einem Biegesegment bzw. einer Biegematrix als Presswerkzeug gegen zwei zylinderförmige Gegenhalter gedrückt. Für die verschiedenen Rohrdurchmesser und Biegewinkel müssen jeweils die entsprechenden Biegesegmente und Gegenhalter eingesetzt werden (Bild 1).

Das **3-Rollenbiegeverfahren** beruht auf dem Pressbiegen. Anstelle der Biegesegmente und zylindrischen Gegenhalter, werden hier als Presswerkzeug und Gegenhalter Werkzeugrollen mit unterschiedlichen Durchmessern verwendet. Auch hier müssen für die verschiedenen Rohrdurchmesser die passenden Werkzeugrollen verwendet werden. Zusätzlich zum Pressbiegen, kann das Rohr durch die Drehbewegung der drei Rollen zu einem Ringrohr und darüber hinaus mit einer Hubrolle (**lifting roll**) zu einer Wendel (**helix**) gewalzt werden (Bild 2).

Bei der Betrachtung der **Rotationszugbiegemaschine ohne Dorn** in Bild 3 und des Biegewerkzeugs in Bild 4a ist die Ähnlichkeit mit der elektrischen Handbiegemaschine (Elektro-Rohrbieger) zu erkennen (siehe S. 74). Bei beiden Rohrbiegemaschinen wird das Rohr nach dem gleichen Biegeverfahren gebogen:

- Das Rohr ist am vorderen Ende am Mitnehmer bzw. an einer Spannbacke befestigt. Dadurch wird es zwischen dem passenden Biegesegment (**bending former**) und dem Gegenhalter (bzw. Gleitschuh (**guide shoe**) oder Gleitschiene) am Umfang geführt (Bild 4a).
- Beim Start des Biegevorgangs dreht sich das Biegesegment mit einstellbarer Geschwindigkeit und zieht das am

Mitnehmer bzw. an der Spannbacke befestigte Rohrende in den Bogen (Bild 4b).



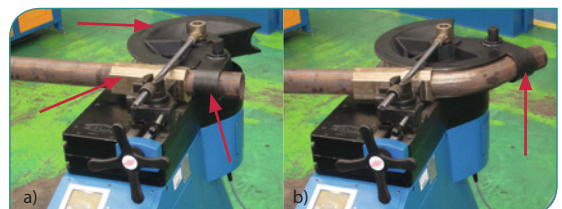
1 Pressbiegemaschine mit Biegesegment und Gegenhalter



2 Dreirollenbiegemaschine

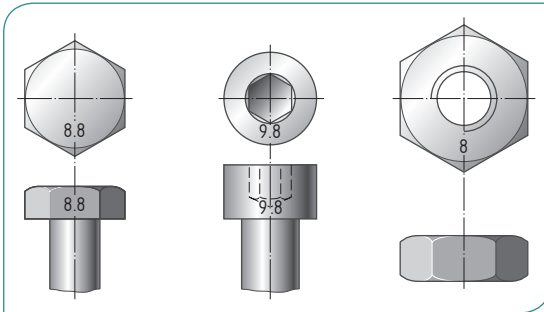


3 Rotationsbiegemaschine ohne Dorn



4 a) Rohr zwischen Biegesegment und Gleitstück  
b) Rohrende wird vom Mitnehmer in den Bogen gezogen

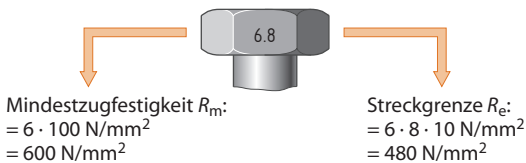
Die Kennzahl der Festigkeitsklasse wird bei Schrauben am Schraubenkopf, an der Schlüssel- oder Zylinderfläche angegeben; bei Muttern erfolgt die Kennzeichnung auf der Auflagefläche (Bild 1).



1 Festigkeitskennzahlen auf Schrauben und Muttern

Die Festigkeitsklasse der Schrauben wird durch zwei Ziffern angegeben, die durch einen Punkt getrennt sind. Mit der ersten Ziffer wird die Mindestzugfestigkeit  $R_m$  (Zugbeanspruchung, ab der das Material reißt) ermittelt. Sie ergibt sich durch Multiplikation dieser Ziffer mit dem Faktor 100.

Mit der zweiten Ziffer wird die Streckgrenze  $R_e$  (Zugbeanspruchung, ab der eine bleibende Verformung eintritt) ermittelt. Sie wird bestimmt, indem man die erste und zweite Ziffer und den Faktor 10 miteinander multipliziert. Beispiel:



Die Festigkeitsklasse der Mutter besteht aus einer Ziffer. Sie entspricht der 1. Ziffer der Festigkeitsklasse der dazu passenden Schraube.

Bei Schraubenverbindungen müssen Muttern die gleiche oder eine größere Festigkeitsklasse besitzen als die Schrauben.

**Beispiel:**

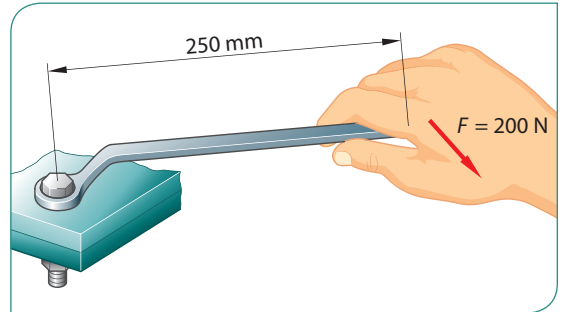
Bei einer Schraube der Festigkeitsklasse 6.8 ist deshalb eine Mutter mit einer Festigkeitsklasse von 6 oder höher zu wählen.

### 3.3.4 Kräfte- und Drehmomentberechnungen

Zum Anziehen einer Schraube oder Mutter mit einem geeigneten Werkzeug (tool) wie z.B. einem Ringschlüssel (ring spanner), ist ein Drehmoment (torque, turning moment) notwendig. Die Größe dieses Drehmoments hängt von der Muskelkraft  $F$  und von der Hebellänge  $l$  ab. (Bild 2)

$$M_A = F \cdot l$$

$M_A$ : Anziehdrehmoment in Nm  
 $F$ : Muskelkraft in N  
 $l$ : Hebellänge in m



2 Drehmoment beim Festziehen einer Schraube

### BEISPIELRECHNUNGEN

Ein Anlagenmechaniker SHK zieht mit einem Ringschlüssel eine Sechskantschraube fest. Bestimmen Sie das Anziehdrehmoment, mit welchem die Schraube angezogen wird, wenn sein Kraftaufwand dabei  $F = 200 \text{ N}$  und die Hebellänge  $l = 250 \text{ mm}$  betragen

geg.:  $F = 200 \text{ N}; l = 250 \text{ mm}$   
 ges.:  $M_A$

Lösung:  $M_A = F \cdot l$   
 $M_A = 200 \text{ N} \cdot 0,250 \text{ m}$   
 $M_A = 50 \text{ Nm}$

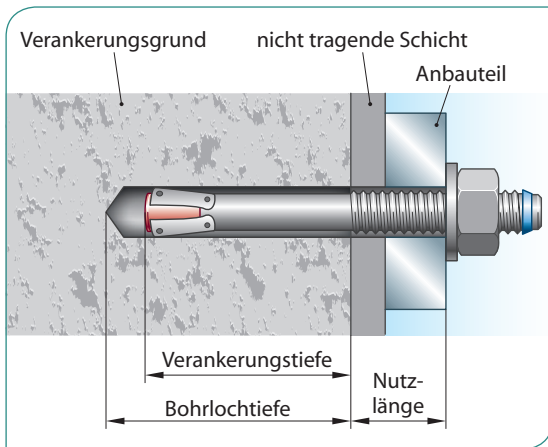
### 3.4 Montagewerkzeuge

Die Werkzeuge für die Montage der Schraubenverbindungen (Bild 3) bilden mit dem Schraubenkopf oder der Mutter eine formschlüssige Verbindung. Das Werkzeug muss deshalb die passende Form und Größe haben. Nur so können



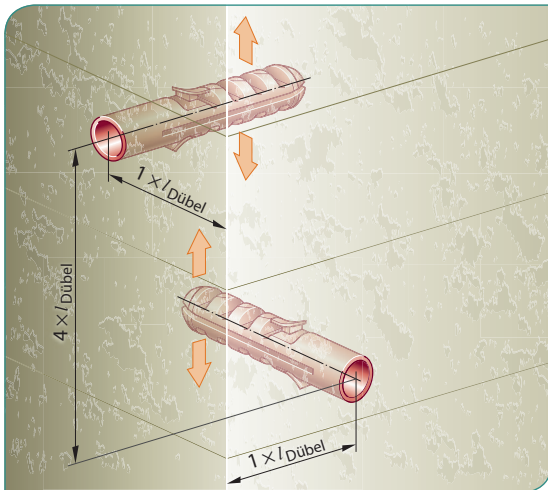
3 Werkzeugkoffer mit Montagewerkzeugen

- Bei Fehlbohrungen (Bohrungen, die an der falschen Stelle positioniert wurden oder wegen vorhandener Bewehrungsstäbe nicht die notwendige Tiefe aufweisen) sind in einem angemessenen bzw. in der Zulassung angegebenen Abstand neue Bohrungen anzubringen.
- Die Bohrlochtiefe (**drill hole depth**) muss mindestens gleich der Verankerungstiefe bzw. Dübellänge sein (Bild 1). Zum Beispiel soll bei den meisten Spreizdübeln die Schraube aus der Dübelspitze austreten, um den Dübel maximal zu spreizen.



1 Montierter Ankerbolzen

- Der Bohrlochdurchmesser muss auf den Dübel bzw. Anker abgestimmt sein.
- Rand- und Achsabstand müssen eingehalten werden, um Rissbildung oder ein Herausbrechen des Baustoffs zu vermeiden. Bei Kunststoffdübeln sollen ein Randabstand (**edge spacing**) von 2x Verankerungstiefe (Dübellänge) und ein Achsabstand (**centre distance**) von 4x Verankerungstiefe eingehalten werden. Der Randabstand kann auf 1x Verankerungstiefe verringert werden, wenn die Spreizrichtung des Dübels parallel zur Wandkante verläuft (Bild 2). Verankerungssysteme mit geringen Spreizkräften



2 Spreizdübel an Wandkanten

erfordern geringere Rand- und Achsabstände (vgl. Auswahl der Dübel und Anker).

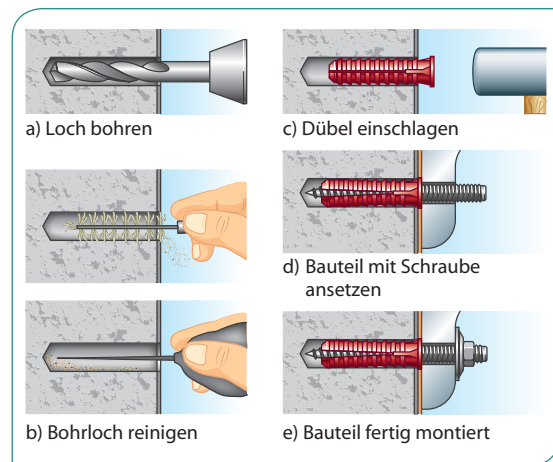
### 3.6.3 Setzen der Dübel und Anker

Ein Dübel bzw. Anker kann nur dann seine Aufgabe erfüllen, wenn er fachgerecht montiert (**mounted**) ist. Bei der Montage von Dübeln und Ankern sind grundsätzlich die Vorschriften des Zulassungsbescheids zu beachten. Diese Vorschriften sind den Herstellerangaben auf der Verpackung oder den Unterlagen zu entnehmen. Liegt für einen Dübel bzw. Anker keine Zulassung vor, ist die Montageanleitung oder die Produktinformation des Herstellers zu befolgen.

Falsch gesetzte sowie ausgebaute Dübel und Anker dürfen nicht wieder verwendet werden. Eben so wenig dürfen einzelne Teile ausgetauscht werden, da die Funktionstauglichkeit (**functionality**) dadurch verloren geht.

Das Setzen gewöhnlicher Dübel wie z. B. **Kunststoffspreizdübel**, **Universaldübel**, **Metallspreizdübel** erfordert meist folgende Arbeitsschritte (Bild 3):

- Dübelloch (**dowel hole**) bohren,
- Bohrloch reinigen (z. B. mit Bürste oder Blasebalg),
- Dübel bündig einschlagen,
- Bauteil ansetzen und Schraube eindrehen bzw. Stockschraube eindrehen und Bauteil ansetzen,
- Mutter aufschrauben und anziehen.



3 Erstellung einer Dübelbefestigung

**Porenbetondübel** (**aerated-concrete dowels**) aus Metall und Kunststoff dürfen nicht in den Befestigungsuntergrund geschlagen, sondern müssen eingedreht werden. Dazu können spezielle Setzwerkzeuge verwendet werden. Zur Befestigung von Bauteilen können bei Porenbetondübeln aus Kunststoff, Holzschrauben oder Schrauben mit metrischem Gewinde eingesetzt werden. Bei Porenbetondübeln aus Metall müssen metrische Schrauben verwendet werden.

Bei **Metalldübeln für Gipsplatten** (**gypsum plaster-board dowels**) ist kein Vorbohren erforderlich. (Bild 1, linke Reihe, nächste Seite). Die Dübelspitze wird zunächst in den Befestigungsuntergrund gedrückt und der Dübel anschließend



## 3.2 Grundgrößen und abgeleitete Größen

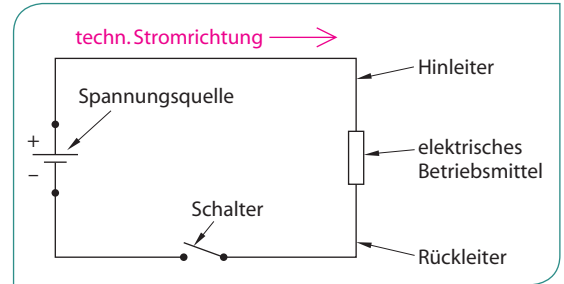
### 3.2.1 Spannung

Die Fachkraft prüft zunächst an der geöffneten Verteilerdose, ob Spannung an den Klemmen (**binding posts, binders**) anliegt oder, wie es im Baujargon häufig heißt, ob „Saft“ vorliegt. Das macht der Geselle meist entweder mit dem einpoligen (**single-pole**) Spannungsprüfer (**voltmeter**) oder aus Sicherheitsgründen besser mit dem zweipoligen (**two-pole**) Spannungsprüfer (siehe Kap. 3.9.2).

Für den Transport von Ladungen (**electric charges**) sind im elektrischen Leiter (**conductor**) vorhandene freie Elektronen (**free electrons**) zuständig, die zum Fließen gebracht werden müssen. Dieses geschieht dadurch, dass man die positiven und negativen Ladungsträger künstlich voneinander trennt und so einen „Ladungsunterschied“ oder eine „Potentialdifferenz“ (**potential difference**) produziert. Diese auch „elektrische Spannung  $U$ “ genannte Größe kann auf verschiedenen Wegen erzeugt werden (**Bild 1**).

Ein einfacher Stromkreislauf (**electric circuit**) kann folgendermaßen dargestellt werden:

Ein Stromkreis (**Bild 2**) besteht mindestens aus einer Spannungsquelle (**power supply unit, power source**), dem Hin- und Rückleiter sowie aus dem Betriebsmittel (**electrical equipment**) und zweckmäßigerweise aus einem Schalter (**switch**). Die technische Stromrichtung (**technical sense of current**) wurde vom Plus- zum Minuspol festgelegt.



2 Der elektrische Stromkreis

Ladungstrennung	Aktive Zweipole	
durch chemische Reaktion	<p>galvanisches Element</p>	
durch Wärmewirkung	<p>Wärmequelle Kupfer Konstantan Thermoelement</p>	
durch Lichteinwirkung	<p>Lichtwellen metallische Grundplatte Silicium Kontaktring Fotoelement</p>	
durch Kristallverformung	<p>Al Druckkraft Al Zerokristall Piezoelement</p>	
durch Induktion	<p>drehbare Leiterschleife Elektromotor</p>	
durch Reibung	<p>Elektrostatische Aufladung durch Reiben: z. B. Gewitter, Stromschläge an der Kfz-Karosserie</p>	

#### 1 Spannungserzeugung

## 4 Grundlagen der Steuerungstechnik

### 4.1 Einleitung

Steuerungs- und Regelungsabläufe in ver- und entsorgungstechnischen Anlagen von Wohnhäusern werden zunehmend komplexer. So können heute auch in Einfamilienhäusern auf Wunsch des Kunden vielfältige Funktionen gebäudetechnischer Anlagen wie z.B. Beleuchtung (lighting), Alarmanlage (alarm system), Jalousien (blinds), Heizungs- und Sanitäranlage usw. zentral geschaltet werden. Marktstudien belegen, dass der Anteil dieser Anlagenkomponenten im Verhältnis zu den übrigen haustechnischen Anlagen wie z.B. Rohrleitungssysteme, Warmwasser- und Wärmeerzeuger usw. stetig zugenommen hat. Kenntnisse über deren Aufgaben und Funktionsabläufe werden daher für den Anlagenmechaniker SHK zunehmend wichtiger.

### 4.2 Unterschied zwischen Steuern und Regeln

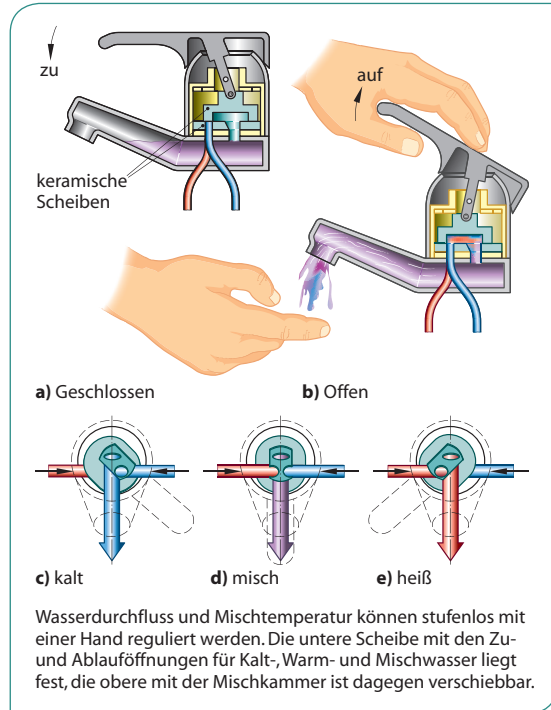
Am Beispiel eines von Hand zu bedienenden Einhebelmischers und einer Thermostat-Mischbatterie für eine Dusche sollen die Begriffe „Steuern“ (open loop control) und „Regeln“ (closed loop control) voneinander abgegrenzt und mit den Definitionen aus DIN IEC 60050-351 erläutert werden. Einhebelmischer (single-lever mixer) werden häufig als Auslaufarmaturen für Waschtische oder für Duschen verwendet. Sie haben im Vergleich zu Thermostatbatterien (thermostatic mixer) einen entscheidenden Nachteil:

Einhebelmischer müssen mit der Hand durch Betätigen des Hebels auf eine gewünschte Warmwassertemperatur eingestellt werden. Jede Veränderung im Wassernetz wie z.B. Öffnen weiterer Zapfstellen (tapping points) oder das allmähliche Abkühlen des Speicherwassers bewirkt auch eine Veränderung der Wassertemperatur am Auslauf des Mischers (mixer). In diesem Fall kann nur der Mensch über den Sensor<sup>1)</sup> (sensor) „Hautoberfläche“ die Veränderung wahrnehmen und durch Nachjustieren mit dem Hebel die Temperatur des auslaufenden Wassers korrigieren (Bild 1).

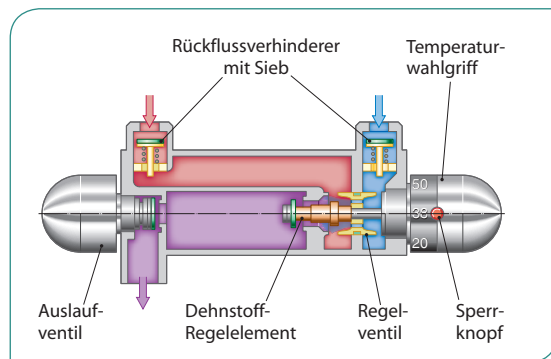
Im Gegensatz dazu kann der Nutzer den Temperaturwahlgriff (Bild 2) an der Thermostatbatterie auf seine gewünschte Duschwassertemperatur einstellen. Diese von ihm eingestellte Temperatur (temperature) wird nun unabhängig von der anschließend am Auslaufventil (tap) einzustellenden Wassermenge von der internen Regeleinrichtung (control system) (Dehnstoff-Regелеlement o. ä.) eingehalten.

Druck- oder/und Temperaturunterschiede (mehrere Entnahmestellen usw.) in der Warm- und Kaltwasserleitung

können anders als bei einem Einhebelmischer keine bleibende Temperaturänderung des Mischwassers (mixed water) bei der Thermostatbatterie bewirken.



1 Einhebelmischer



2 Aufputz-Thermostat mit Dehnstoffregelelement

Die Zuordnung der Begriffe „Steuern“ und „Regeln“ ergeben sich aus den Definitionen nach DIN IEC 60050-351:

#### MERKE

**Steuern** ist ein Vorgang in einem System, bei dem Eingangsgrößen aufgrund der Gesetzmäßigkeiten des Systems die Ausgangsgrößen beeinflussen.

<sup>1)</sup> Sensor: Messgrößenaufnehmer, der z.B. eine physikalische Größe in ein elektrisches Signal umwandelt

### 2.5.4 Normschrift

Die Beschriftung auf einer Zeichnung muss in Normschrift<sup>1)</sup> (standard lettering) (Bild 1) so ausgeführt werden, dass sie einwandfrei zu lesen ist. Dies gilt für Zahlen und Buchstaben. Fehler oder Verzögerungen in der Fertigung aufgrund unleserlicher (illegible) Angaben dürfen nicht vorkommen. Auch müssen alle Schriftzeichen (letters) bei einer Vervielfältigung einwandfrei abgebildet werden. Von Hand wird mit einer Mine des Härtegrads (degree of hardness) F oder HB beschriftet. Zahlen und Wortangaben werden z. B. bei der Linienbreite 0,5 mm in einer Höhe von 3,5 mm geschrieben.

Verkleinerungsmaßstäbe	Natürlicher Maßstab	Vergrößerungsmaßstäbe
1:2	1:1	2:1
1:5		5:1
1:10		10:1
1:20		20:1
1:50		50:1 usw.
1:100		
1:200 usw.		

5 Maßstäbe

### 2.5.5 Maßstäbe

Werkstücke in Zeichnungen sollten immer so dargestellt werden, dass alle Einzelheiten gut zu erkennen sind. Jede Zeichnung ist in einem bestimmten Maßstab<sup>2)</sup> (scale) erstellt. Wenn möglich, sind Darstellungen in Zeichnungen im Maßstab 1:1 (die Darstellung entspricht der natürlichen Größe) anzufertigen. Die Maßstabsangabe wird entweder über das Schriftfeld (Bild 1, vorherige Seite) oder unter die Positionsnummer (piece number) geschrieben. Folgende Maßstäbe sind anzuwenden, wenn eine Zeichnung zeichnerisch vergrößert oder verkleinert werden muss (Bild 5):

**MERKE**

Die Maße 225 mm und 155 mm werden in der Zeichnung (Bild 2) auf  $225 \text{ mm} : 5 = 45 \text{ mm}$  und  $155 \text{ mm} : 5 = 31 \text{ mm}$  gekürzt dargestellt (M 1:5). In der Zeichnung (Bild 4) wird das Maß 0,5 mm auf  $0,5 \text{ mm} \cdot 5 = 2,5 \text{ mm}$  verlängert dargestellt (M 5:1). Die Maße der Zeichnung (Bild 3) entsprechen dem natürlichen Maßstab (M 1:1).

<sup>1)</sup> Die Form und Größe der Schriftzeichen sind in DIN EN ISO 3098 genormt.  
<sup>2)</sup> Zeichnungsmaßstäbe sind in DIN ISO 5455 genormt.

**Größenverhältnisse Schriftform B**

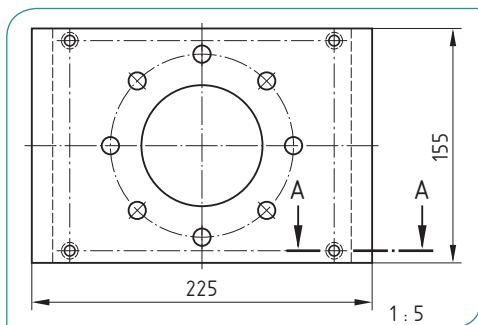
Große Buchstaben	$\frac{10}{10} h$
Kleine Buchstaben	$\frac{7}{10} h$
Buchstabenabstand	$\frac{2}{10} h$
Linienbreite	$\frac{1}{10} h$
Wortabstand	$\frac{6}{10} h$
Grundlinienabstand	$\frac{13}{10} h \dots \frac{19}{10} h$

**Schrifthöhen und Strichbreiten**

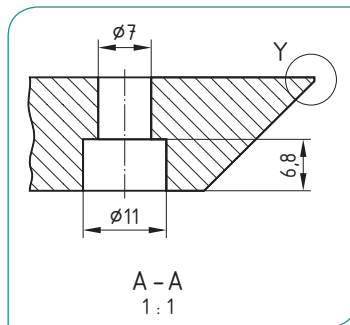
Schrifthöhe <i>h</i>	2,5	3,5	5	7
Strichbreite	0,25	0,35	0,5	0,7
Breite Volllinie	0,35	0,5	0,7	1

Indizes und Hochzahlen werden eine Liniengruppe kleiner geschrieben

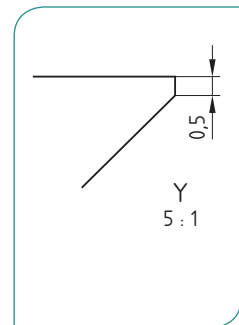
1 Normschrift



2 Zeichnung im Maßstab 1:5



3 Zeichnung im Maßstab 1:1



4 Zeichnung im Maßstab 5:1