

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5	Umformen	
Übersicht		Grundlagen der Umformtechnik	74
Stoffe	6	Walzen	77
Fertigungsverfahren	8	Ziehen	80
Prüfen		Biegen	83
Grundlagen des Prüfens	10	Herstellung und Umformung von Scharnieren	86
Messschieber	12	Umformen mit Hammer und Punzen	89
Bügelmessschraube	14	Vollprägen	96
Sonstige Prüfmittel für Längen und Winkel	16	Hohlprägen / Formstanzen	100
Waagen	20	Tiefziehen	102
Übertragen von Zeichnungen – Anreißen	22	Drücken	103
Trennen		Strangpressen	104
Grundlagen des Trennens	26	Sonstige maschinelle Umformtechniken	104
Einführung in das Zerteilen	27	Urformen	
Scherschneiden	28	Urformen – Grundlagen	106
Keilschneiden	31	Schmelzen	107
Schneidwerkzeuge für Pressen	32	Grundlagen des Gießens	112
Spanende Trennverfahren – Grundlagen	35	Kokillenguss in Blech- oder Drahteingüsse	116
Meißeln	40	Strangguss	117
Gravieren	42	Sepiaguss	118
Sägen	48	Sandguss	119
Feilen	52	Wachsausschmelzverfahren	120
Schaben	56	Galvanoplastik	127
Bohren	58	Sintern	129
Reiben	64	Rapid Manufacturing	131
Fräsen	65	Fügen	
Gewindeherstellung	68	Fügen – Grundlagen	132
Drehen	71	Löten	133
Sonstige Trennverfahren	73	Schweißen	148
		Kleben	153
		Kitten	157
		Nieten	159
		Verstiften	161
		Schraubenverbindungen	162
		Falzen und Bördeln	163
		Sonstige Fügeverfahren	164
		Bildquellen und Fachliteratur	166

■ Kapitelübersicht Teil 2

Werkstoffkunde der Edelmetallverarbeitung

- Naturwissenschaftliche Grundlagen
- Hilfsstoffe
- Metallurgische Grundlagen
- Reine Metalle
- Legierungen

■ Kapitelübersicht Teil 3

Spezielle Techniken zur Herstellung von Schmuck und Gerät

- Oberflächenfeinbearbeitung
- Beschichten und Färben
- Bewegungen, Verschlüsse und Furnituren
- Ketten
- Fassen
- Sondertechniken
- Scheiden und Probieren

Grundlagen der Umformtechnik

info WICHTIGSTE QUERVERWEISE

- Abschnitte im Kapitel Umformen:**
- Walzen
 - Ziehen
 - Biegen
 - Herstellung und Umformung von Scharnieren
 - Umformen mit Hammer und Punzen
 - Vollprägen
 - Hohlprägen/Formstanzen
 - Tiefziehen
 - Drücken
 - Strangpressen
 - Sonstige maschinelle Umformtechniken
- Andere Kapitel:**
- Metallurgische Grundlagen
 - Legierungen

1) Zugegebenermaßen ist diese Gliederung bei den Arbeiten, die im Zusammenhang mit der Herstellung von Schmuck und Gerät auftreten, weder sehr hilfreich noch besonders verständlich. Viele altgewohnte Bezeichnungen finden sich nicht oder verstecken sich hinter einem anderen Namen. Bei der Normenerstellung ist dies eben nur ein unscheinbares Randgebiet in einem Meer der vom Maschinenbau geprägten Fertigungstechnik. In den Abschnitten dieses Kapitels werden wir daher nicht dieser strengen Systematik folgen, sondern uns hauptsächlich in die für das Gold- und Silberschmieden in Frage kommenden Techniken vertiefen.

Umformen ist Fertigen durch plastisches (dauerhaftes, bildsames) Ändern der Form eines festen Körpers unter Einwirkung äußerer Kräfte. Der Zusammenhalt des Werkstoffs und die Masse verändern sich dadurch nicht.

Werkstoffe verhalten sich beim Einwirken äußerer Kräfte sehr unterschiedlich. Man vergleiche dazu nur einmal das spröde Glas, elastisches Gummi und die meist sehr bildsamen Metalle. Ob sich ein Werkstoff für das Umformen eignet, hängt davon ab, wie groß sein Formänderungsvermögen ist. Man versteht darunter Größe und Art der Formänderung, die ein Werkstoff erfahren kann, ohne dass er Schaden nimmt, d.h. ohne die Bruchbelastung zu erreichen. Von den allermeisten anderen Stoffen heben sich die Metalle durch ihr besonders ausgeprägtes plastisches Verhalten beim Umformen ab. Man kann daher ohne Übertreibung sagen, dass das Umformen die artgerechte Formgebung für den metallischen Werkstoff ist, weil er sich für diese Art der Bearbeitung eignet wie kaum ein anderer. Aufgrund dessen konnten sich die Metalle am Ende der Jungsteinzeit gegenüber den sonst vorhandenen Werkstoffen (Stein, Holz, Knochen, Keramik) durchsetzen und zu der Bedeutung gelangen, die sie bis heute besitzen. Erst in den jüngsten Jahrzehnten ist hier durch die Konkurrenz der zahlreichen Kunststoffe eine abnehmende Tendenz zu beobachten.

Die Einteilung der Umformverfahren erfolgt nach DIN

8582 unter dem Gesichtspunkt der wirksamen Spannungen in der Umformzone¹⁾, vgl. nebenstehende Graphik.

Der Umformungsprozess beim metallischen Werkstoff

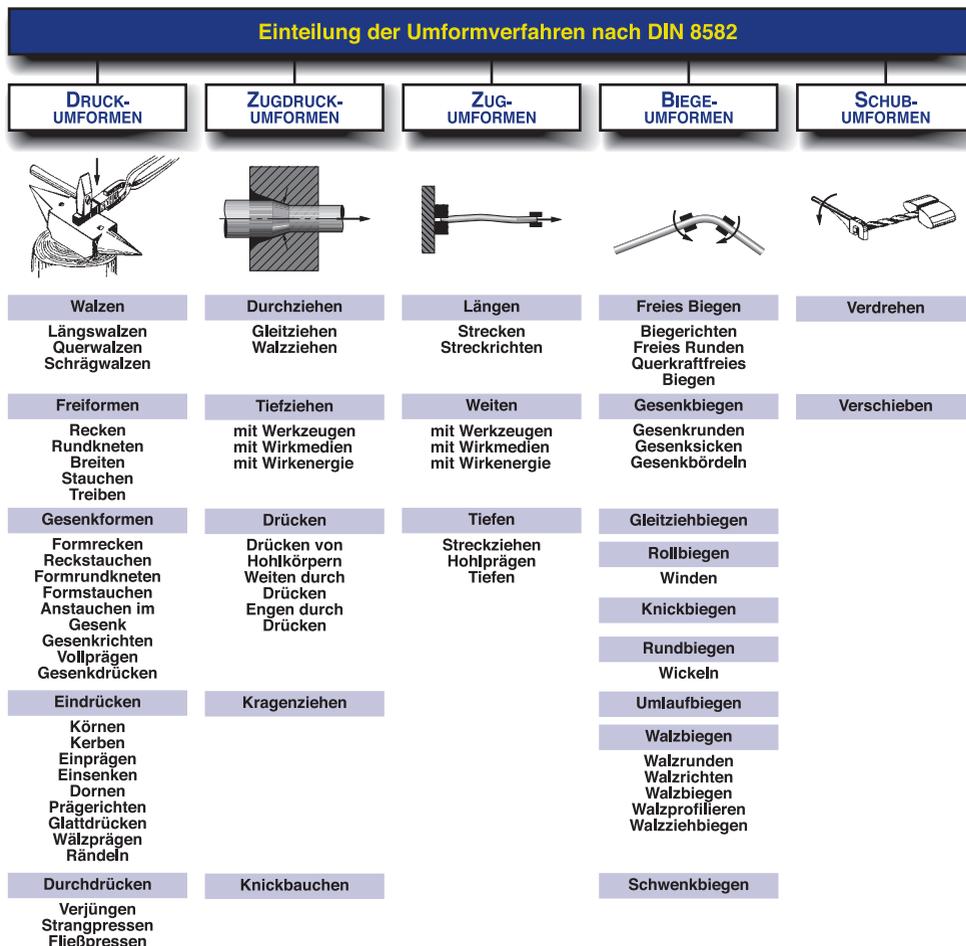
Um sich ständig wiederholende Querverweise zu vermeiden, muss an dieser Stelle zu allererst darauf hingewiesen werden, dass der Aufbau der Metalle und Legierungen, die inneren Vorgänge bei der Umformung, beim Glühen u.v.m. in einem eigenen Kapitel »Metallurgische Grundlagen« behandelt werden. Die Fachbegriffe und Zusammenhänge, die in den folgenden Texten dieses Abschnitts bei der ersten Erwähnung *kursiv* abgedruckt sind, sollten zum besseren Verständnis dort nachgelesen werden. Trotzdem ist es wohl notwendig, eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Sachverhalte zu geben.

Wird ein Metall von einer relativ kleinen äußeren Kraft belastet, verformt es sich zunächst nur *elastisch*. Bei Entlastung nimmt es wieder seine ursprüngliche Form an. Erst wenn ein bestimmtes Maß überschritten wird – die *Proportionalitätsgrenze* – tritt zusätzlich eine *plastische*, also bleibende Verformung auf. Diese ist das Ziel der Umformtechnik, während sie später beim Gebrauch der Werkstücke möglichst nicht auftreten soll. Da stets ein elastischer Verformungsanteil mit auftritt, müssen die Werkstücke beim Umformen etwas überdehnt werden, sie federn in die gewünschte Form zurück. Mit zunehmender plastischer Verformung (vgl. »Verformungsgrad«) tritt eine *Verfestigung* des Materials auf, d.h. sein Widerstand gegen die Verformung wird größer. Weitere plastische Verformung führt schließlich zum Überschreiten seiner *Festigkeit* (vgl. »Verformungsgrad«) und es kommt zum Bruch. Um dieses zu vermeiden bzw. um den Kraftaufwand in Grenzen zu halten, muss man das Metall von Zeit zu Zeit glühen (*Rekristallisation*). Man befreit es damit aus dem inneren Zwangszustand, in den es durch die Umformung geraten ist und gibt ihm seine ursprüngliche *Härte* und *Verformbarkeit* zurück. Somit können Metalle praktisch beliebig oft verformt werden, vorausgesetzt dass weder beim Umformen noch beim Glühen Fehler gemacht werden.

Kaltumformung – Warmumformung

Jeder Werkstoff hat einen bestimmten Temperaturbereich, in dem er unter geringstem Arbeitsaufwand am besten verformbar ist. Je nachdem wie hoch die Temperatur des Werkstücks bei der Umformung ist, unterscheidet man Kalt- und Warmumformen. Die Umformung unterhalb der Rekristallisationstemperatur bezeichnet man als Kaltumformung. Sie findet meistens bei Raumtemperatur statt. Die Umformung oberhalb der *Rekristallisationstemperatur* nennt man Warmumformung. Sie wird meist weit oberhalb der Raumtemperatur durchgeführt.

Beim Kaltumformen ist der Formänderungswider-



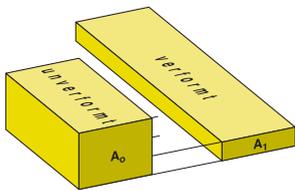
stand größer als beim Warmumformen. Er nimmt in dem Maße zu, in dem die *Gleitmöglichkeiten* für die Atome des *Metallgefüges* abnehmen (*Kaltverfestigung*). Bei der Warmumformung findet keine Verfestigung statt wie bei der Kaltumformung, weil sich das Gefüge während der Umformung ständig neu bildet (Rekristallisation).

Welches der beiden Verfahren vorliegt, hängt letztlich nicht nur von der Temperatur ab, sondern auch vom Material. Beispielsweise ist die Umformung von Blei oder Zinn auch ohne Erhitzung stets eine Warmumformung, da die Rekristallisationstemperatur dieser Metalle bei 20°C liegt.

Bei der Verarbeitung von Edelmetalllegierungen bevorzugt man (bis auf wenige Ausnahmen z.B. Ausschmieden von Silberbarren als Vorbereitung zur Blech- und Drahtherstellung) die Kaltumformung, da sie im glühenden Zustand zu *Sprödigkeit* neigen. Dagegen ist beim Stahl die Warmumformung das üblichere Verfahren.

Verformungsgrad und maximaler Verformungsgrad

Der Verformungsgrad, den ein Werkstück augenblicklich besitzt, berechnet sich als Unterschied zwischen verformter und unverformter Querschnittsfläche in Prozent. Die Querschnittsfläche vor der Umformung gilt dabei als 100%.



Beispiel: Ein Draht mit rechteckigem Querschnitt von 3 mm Dicke und 5 mm Breite wird (bei gleichbleibender Breite) auf 1 mm gewalzt. Sein Verformungsgrad berechnet sich dann wie folgt:

ursprüngliche Querschnittsfläche:
 $A_0 = 3 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm} = 15 \text{ mm}^2 \rightarrow 100\%$
 Querschnittsfläche nach der Umformung
 $A_1 = 1 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm} = 5 \text{ mm}^2 \rightarrow 33,3\%$
 Unterschied = momentaner Verformungsgrad
 $A_0 - A_1 = 10 \text{ mm}^2 \rightarrow 66,7\%$

Nach einer gewissen Verformung muss das Metall gegläht werden, damit es nicht reißt. Damit ist dann sein maximaler Verformungsgrad erreicht, ein Prozentsatz der – wie z.B. auch die Härte – von Metall zu Metall verschieden ist. Bei allen Edelmetalllegierungen sowie den meisten Kupferlegierungen liegt er bei mindestens 50%, viele erreichen sogar 75% und mehr. Unter dem maximalen Verformungsgrad ist demnach diejenige Verringerung der Querschnittsfläche eines Werkstoffes in Prozent gemeint, die er ohne Glühen und ohne zu Reißen erträgt (*Rekristallisationsglühen*, oft auch als »*Weichglühen*« oder »*Zwischenglühen*« bezeichnet). Der maximale Verformungsgrad sollte eigentlich immer angestrebt werden, damit sich beim Glühen erneut *feinkörniges*, wieder gut dehnbares Gefüge bildet. Ferner auch, um die Anzahl der zeitaufwändigen Glühungen auf ein Minimum zu reduzieren.

Beispiel: Ein quadratischer Vierkantdraht weist an seiner Querschnittsfläche eine Kantenlänge von 4mm auf. Er besteht aus 925‰ Silberlegierung, die einen maximalen Verformungsgrad von 75% besitzt. Bis zu welcher Kantenlänge kann er ohne Glühen gezogen werden?

ursprüngliche Querschnittsfläche
 100% $\rightarrow A_0 = 4 \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm} = 16 \text{ mm}^2$
 max. Verformungsgrad = größte Querschnittsflächenabnahme
 75% $\rightarrow A_0 - A_1 = 12 \text{ mm}^2$
 Querschnittsfläche nach der größtmöglichen Verformung
 25% $\rightarrow A_1 = 4 \text{ mm}^2 = l^2$
 Kantenlänge, bei der spätestens gegläht werden muss
 $\rightarrow l = \sqrt{A_1} = \sqrt{4 \text{ mm}^2} = 2 \text{ mm}$

Knetlegierungen – Gusslegierungen

Nicht alle Metalle sind für eine Verformung in gleicher Weise geeignet. Ein Werkstoff ist umso besser umformbar, je kleiner seine Härte und *Elastizität* und je größer seine Festigkeit, *Dehnbarkeit* und sein maximaler Verformungsgrad sind. Gut umformbare Legierungen nennt man Knetlegierungen. Im Gegensatz zu diesen spricht man von Gusslegierungen, wenn die Umformbarkeit gering ist, weil die Verarbeitung dann hauptsächlich durch Gießen erfolgt (z.B. Gusseisen, Bronze). Lediglich eine spanende Nachbearbeitung schließt sich bei den Gusslegierungen häufig noch an. Zu den Knetlegierungen zählen praktisch alle Edelmetalllegierungen, besonders die Gold-, Silber- und Platinlegierungen mit hohem Feingehalt, ferner die im Bereich von Schmuck und Gerät eingesetzten Kupfer-, Titan- und Aluminiumlegierungen sowie auch die meisten Stahlsorten (Eisen-Kohlenstoff-Legierungen).

Eigenschaften von umgeformten Werkstücken

Im Vergleich zu gegossenen und anschließend mittels Trennverfahren bearbeiteten Teilen ergeben sich aus dem Umformen zahlreiche Vorteile:

- bessere Werkstoffausnutzung, geringer Verschnitt, dadurch geringere Materialkosten;
- Einsparung von Fertigungszeit durch Einsatz von Umformmaschinen;
- gute Oberflächengüte und hohe Maßgenauigkeit, dadurch entfällt oft die spanende Oberflächenfeinbearbeitung von geschmiedeten oder anderweitig verformten Werkstücken;
- der Werkstoff erhält ein gleichmäßiges, feinkörniges Gefüge und dadurch höhere Festigkeit;
- der Faserverlauf des Werkstücks (mikroskopische Struktur, die durch die Form und Anordnung der *Metallkörner* entsteht) bleibt erhalten, dadurch höhere Gestaltfestigkeit und verringerte Kerbwirkung, also eine geringere *Bruchgefahr*.

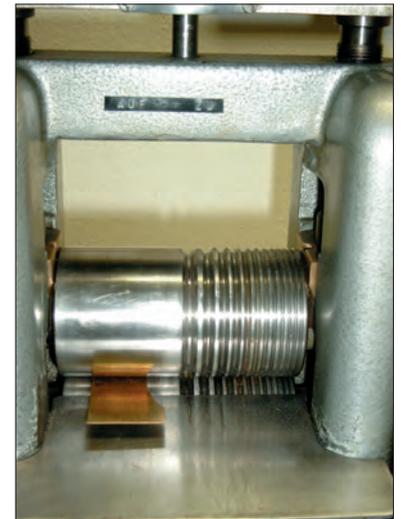
Nachteilig sind dagegen ein großer Technologieeinsatz und die Lärmbelästigung sowie höhere Maschinen- und Werkzeugkosten.

Umgang mit den Umformwerkzeugen

Umformwerkzeuge wie Walzen, Zieheisen usw. werden



»Man soll das Eisen schmieden solange es heiß ist«. Im Gegensatz zu den Edelmetallen und ihren Legierungen wird Stahl in aller Regel im glühenden Zustand umgeformt. Bei Warmumformung, hier Walzen eines frisch gegossenen Stahlblocks, sind viele Metalle leichter verformbar.



Walzen gehört zu den alltäglichen, grundlegenden Umformtätigkeiten bei der Herstellung von Schmuck in Gerät. Im Bild das Walzen von Blech in einer Kombiwalze, deren rechte Seite mit Rillen zum Drahtwalzen versehen ist.



Schmiedearbeiten werden hauptsächlich an Gerät aus Silber, Messing oder Neusilber ausgeführt. Hier das Treiben eines Bechers. Gold wird nur noch selten auf diese Weise bearbeitet, sodass die Berufsbezeichnung Goldschmied kaum mehr zu trifft.

rials auf Rollen werden in diesem Fall gerne angewendet, ferner ist hier meist eine Umkehrung der Rollen-Drehrichtung möglich, sodass vor- und zurückgewalzt werden kann, wodurch die Walzzeiten stark verringert werden können. Bei sehr stark automatisierten Walzstraßen sind sogar die Glühöfen eingebunden (mit Ablöschen etc.).

Arbeitsregeln für das Walzen von Blech und Draht

Neben den allgemeinen Regeln, die bereits im vorhergehenden Abschnitt »Grundlagen des Umformens« aufgeführt wurden, sind beim Walzen folgende Punkte zu beachten:

- Unfallgefahr bei kleinen Werkstücken; trotzdem niemals mit Zange, Schmirgellatte oder Feile, sondern mit einem dicken Holzstück nachschieben, sonst besteht die Gefahr der Beschädigung der Walzenrollen;
- nicht ruckartig, sondern gleichmäßig walzen: ergibt eine glattere Oberfläche;
- maximalen Verformungsgrad des Werkstoffes ausnutzen und die Dickenabnahme bis zum nächsten Glühen kontrollieren;
- Walzrichtung nach bereits starker Dickenabnahme nicht mehr ohne Zwischenglühen ändern (Vor- und Zurückwalzen ist aber möglich);
- nicht zu starke Dickenabnahme bei einem Walzgang anstreben;
- Walze gleichmäßig abnutzen, d.h. die ganze Breite der Rollen zum Arbeiten benutzen;
- nur Werkstücke walzen, die trocken und frei von Oxid- oder Flussmittelresten sind.

Arbeitsregeln für das Walzen von Draht

- Soweit als möglich walzen, so wenig wie nötig ziehen, aber das Walzprofil muss auf jeden Fall so groß genug sein, dass es noch das angestrebte Ziehprofil voll umfasst.
- Gratbildung vermeiden durch Drehen des Drahtes um 90° nach jedem Walzgang und geringe Zustellung von Riefe zu Riefe. Entsteht trotzdem ein Grat, muss er vor dem nächsten Walzgang abgefeilt werden, weil er sich sonst zwar zunächst einwalzt, dabei aber nicht verschleißt und deshalb später abplatzt (Verletzungsgefahr, Ausschuss).



Fortschreitende Gratbildung an einem falsch gewalzten Kupferdraht.

Walzfehler

Immer wieder treten beim Walzen Fehler auf, die teils auf die Nichteinhaltung der Arbeitsregeln zurückzuführen sind, oftmals aber auch anderen Ursprungs sind. Schwerwiegend sind sie vor allem dann, wenn sie nicht sofort zum Vorschein kommen, sondern erst beim weiteren Fortschritt der Arbeit. Dann sind viel Arbeitszeit und Mühe vergeblich aufgewendet. Frühzeitiges Erkennen (möglichst schon vor der Fehlerentstehung) sowie rasche Beseitigung des Fehlers und seiner Ursachen tragen also wesentlich zu einer kostengünstigen Produktion bei.

FEHLERQUELLE MENSCH:

- Walzrichtung ohne Zwischenglühen geändert,
- zu starke Dickenabnahme in einem Walzgang,
- zu selten geglüht,
- zu häufig oder zu lange geglüht → Grobkornbildung,
- Walzenrollen einseitig zugestellt,
- Blech auf einer Längsseite abgeschert, auf der anderen abgesägt o.ä.,
- schräg eingeschobenes Blech.

FEHLERQUELLE MASCHINE:

- Oberfläche der Walzenrollen beschädigt (Kratzer, Abdrücke, Korrosion,...),
- Walzenrollen ungleichmäßig (meist in der Mitte) abgenutzt,
- einseitig wirkende Zustellung.

FEHLERQUELLE MATERIAL:

- Material ungenügend vorbereitet, zu wenig geschmiedet → Grobkornbildung, ungleichmäßiges Gefüge;
- Gießfehler → Poren, Lunker;
- Material verunreinigt durch Tiegelmateriale, Oxide, Flussmittelreste usw.
- eingewalzte Fremdstoffe z.B. Weichlot (bleihaltig).

BESEITIGUNG ODER KÜNFTIGE VERMEIDUNG DER FEHLER:

- strikte Einhaltung aller Arbeitsregeln,
- verzogene Bleche nachschmieden,
- brüchiges Material einschmelzen (scheiden),
- Walze abdrehen lassen,
- Zustellmechanik der Walzenrollen in Ordnung bringen,
- verunreinigte Legierungen scheiden lassen. ●



Modernes Hochleistungs-Blechwalzwerk.



Dessingewalztes Uhrenarmband.



Herstellung einer Musterwalze (»Molettengravur«).



Glanzwalzen in einem Halbzeugwerk.



Beispiele für Walzfehler an Messingblech und -draht: Verzogen durch einseitig

eingestellte Walzenrollen (ganz oben), an den Längskanten stark eingerissen (mitte) und völlig zersprungen (unten) durch Überlastung, d.h. Werkstoff zu selten geglüht.