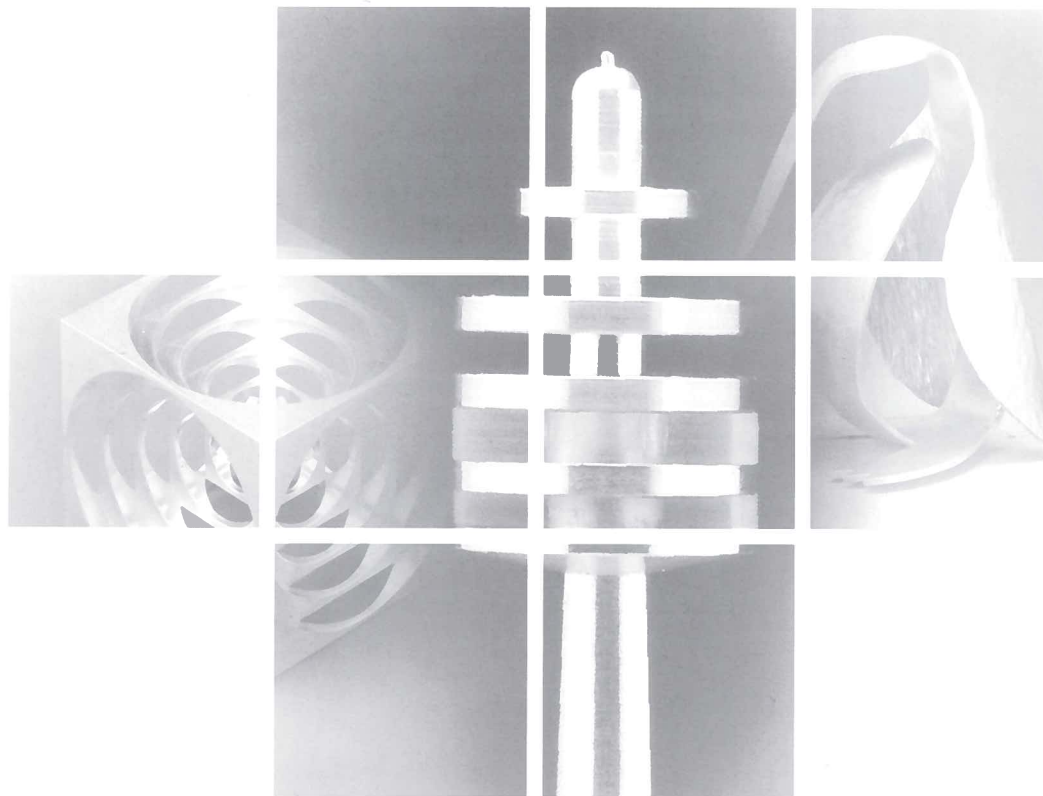


# Bearbeitungslehrgang »Fernsehturm«



## Inhaltsverzeichnis

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Vorwort                                                                  | 03 |
| 1. Geschichtliche Entwicklung des Aluminiums                             | 03 |
| 2. Physikalische Eigenschaften des Aluminiums                            | 03 |
| 3. Aluminiumgewinnung                                                    | 04 |
| 4. Aluminiumlegierungen und ihre Bezeichnungen                           | 06 |
| 5. Werkstoffzustandsbezeichnungen und Methoden der Festigkeitsänderungen | 06 |
| 6. Rohaluminium und seine Verarbeitung zu Halbzeug und Guss              | 10 |
| 7. Aluminiumhalbzeug                                                     | 11 |
| 8. Spanen von Aluminium                                                  | 12 |
| 9. Zeichnung                                                             | 14 |

## Vorwort:

Aluminium ist im täglichen Leben allgegenwärtig. Gerade bei technischen Anwendungen ist der leichte Werkstoff aufgrund seiner physikalischen und chemischen Eigenschaften sehr gefragt: Seine geringe Dichte erlaubt eine leichte Handhabung der Werkstücke, seine natürliche Oxidschicht schützt die Oberfläche und seine gute Verformbarkeit erlaubt die Herstellung von Werkstücken in nahezu allen Formen mit integrierten Funktionen.

Das vorliegende Heft informiert in Kurzform über den Werkstoff und seine Eigenschaften, erläutert die Zusammensetzungen von Aluminiumlegierungen und deren Bezeichnungen und enthält im Anwendungsteil eine Zeichnung für die Erstellung eines Fernsehturns als Übungsbeispiel.

## 1. Geschichtliche Entwicklung des Aluminiums

- **Um 1800**  
vermutete man in der Tonerde Aluminium.
- **1855**  
wurde ein Aluminiumblock auf der Weltausstellung in Paris vorgestellt. Durch die komplizierte elektrochemische Herstellung war Aluminium teurer als Gold (zirka 500 Euro pro Kilogramm).
- **1866**  
Durch Erfindung der Dynamomaschine von Werner von Siemens wurde genügend elektrische Energie zur industriellen Herstellung des Aluminiums verfügbar gemacht.
- **1886**  
Dieses Jahr bezeichnet man als Geburtsjahr des Aluminiums. Der Franzose Paul-Louis Toussaint Héroult und der Amerikaner Charles Martin Hall entwickelten unabhängig voneinander ein Verfahren zur großtechnischen Herstellung von Aluminium. Dieses Verfahren wird heute noch angewandt.

## 2. Physikalische Eigenschaften des Aluminiums

- **Geringe Dichte**  
 $2,7 \text{ kg/dm}^3 = 1/3$  von Stahl
- **Gute elektrische Leitfähigkeit**  
bei gleichem Querschnitt 62 % (verglichen mit Kupfer),  
bei gleichem Gewicht 132 % (verglichen mit Kupfer)
- **Steifigkeit**  
Aluminiumkonstruktionen haben bei gleichen Abmessungen nur zirka 1/3 der Steifigkeit von Stahlkonstruktionen.

- **Gute Wärmeleitfähigkeit**  
zirka dreimal höher als bei Stahl (Verwendung zum Beispiel für Verbrennungsmotoren). Wärmeausdehnung 2,3 mm bei einer Temperaturdifferenz von 100 °C und 1.000 mm Bauteillänge.
- **Schmelzpunkt**  
Reinaluminium 658 °C (Stahl 1.450 °C)  
Aluminiumlegierungen 480 °C bis 655 °C
- **Unmagnetisches Verhalten**  
Beispiel: Kompassgehäuse
- **Hohes Reflektionsvermögen**  
für Licht, Wärme und elektromagnetische Wellen
- **Allgemeines**  
Durch Legierungszusätze verändern sich Dichte, Schmelzpunkt, Wärmeausdehnungszahl und Reflektionsvermögen. Wesentlich beeinflusst wird die Leitfähigkeit für elektrischen Strom, die nicht nur von den Legierungselementen, sondern auch von deren Anordnung im Kristallgefüge abhängt. Die Festigkeitseigenschaften und die Dehnung werden von den Legierungszusätzen und der Wärmebehandlung beeinflusst.

| Aluminium<br>– Eigenschaften –     |
|------------------------------------|
| → leicht und fest                  |
| → korrosionsbeständig              |
| → leitfähig (Wärme, elektr. Strom) |
| → gut verarbeitbar, schweißbar*    |
| → nicht brennbar                   |
| → ungiftig, geschmacksneutral      |
| → wieder verwertbar                |
| * legierungsabhängig               |

### 3. Aluminiumgewinnung

#### ■ Bauxit

Das Aluminiumerz ist nach seinem Fundort in der Nähe von Les Baux in Südfrankreich benannt.

#### ■ Bauxit und seine Zusammensetzung

|                            |                                   |            |
|----------------------------|-----------------------------------|------------|
| Aluminiumoxid              | (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | zirka 60 % |
| Eisenoxid                  | (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | bis 30 %   |
| Siliziumoxid               | (SiO <sub>2</sub> )               | bis 5 %    |
| Titanoxid                  | (TiO <sub>2</sub> )               | bis 3 %    |
| chemisch gebundenes Wasser |                                   | bis 30 %   |

#### ■ Bauxit Lagerstätten

Erschlossen zirka 4 Mrd. t  
Bekannt zirka 14 Mrd. t als Reserven

##### Europa

Südfrankreich, Balkanländer, Griechenland

##### Amerika

Brasilien, Guayana, Antillen, USA (Arkansas), Kanada, Jamaika

##### Westafrika

Guinea bis Kongo

##### Asien

GUS, Indien, China, Sunda-Inseln, Türkei

##### Australien

Nord-Territorium, Queensland, West-Australien, Neu-Süd-Wales

#### ■ Geschätzte Aluminiumvorkommen im Vergleich zu anderen Metallen (Stoffanteile in der Erdkruste)

|                  |         |
|------------------|---------|
| Silizium         | 25,8 %  |
| Aluminium        | 8,0 %   |
| Eisen            | 5,0 %   |
| Magnesium        | 2,0 %   |
| Kupfer           | 0,1 %   |
| Zink und Zinn je | 0,004 % |

#### ■ Aluminiumoxidgewinnung nach dem Bayer-Verfahren

Bauxit wird durch Einwirkung von Natronlauge aufgeschlossen. Es entsteht Aluminiumhydroxid mit chemisch gebundenem Wasser. Durch Glühen (Kalzinieren bei 1.300 °C) wird das Wasser entfernt. Danach hat man das Aluminiumoxid als weißes Pulver zur Weiterverarbeitung im Elektrolyseofen vorliegen.

→ 4 t Bauxit ergeben 2 t Aluminiumoxid

#### ■ Aluminiumgewinnung im Elektrolyseofen Aluminiumelektrolyse

Im Elektrolyseofen wird das Aluminiumoxid in einer Schmelze aus Kryolith (Natrium-Aluminium-Fluorid Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>) gelöst und bei Temperaturen von 950 °C bis 970 °C in Aluminium und Sauerstoff zerlegt.

→ 2 t Aluminiumoxid ergeben 1 t Aluminium

#### ■ Energieaufwand

1 Tonne Aluminium benötigt bei der Herstellung zirka 13.000 bis 15.000 kWh elektrische Energie. Bei der Wiedereinschmelzung (Recycling) werden nur 5 % der oben genannten Energie benötigt (Umschmelzaluminium).

#### Derzeit erschlossene Bauxitvorkommen weltweit

Bauxit-Förderung in Mio.t 1999

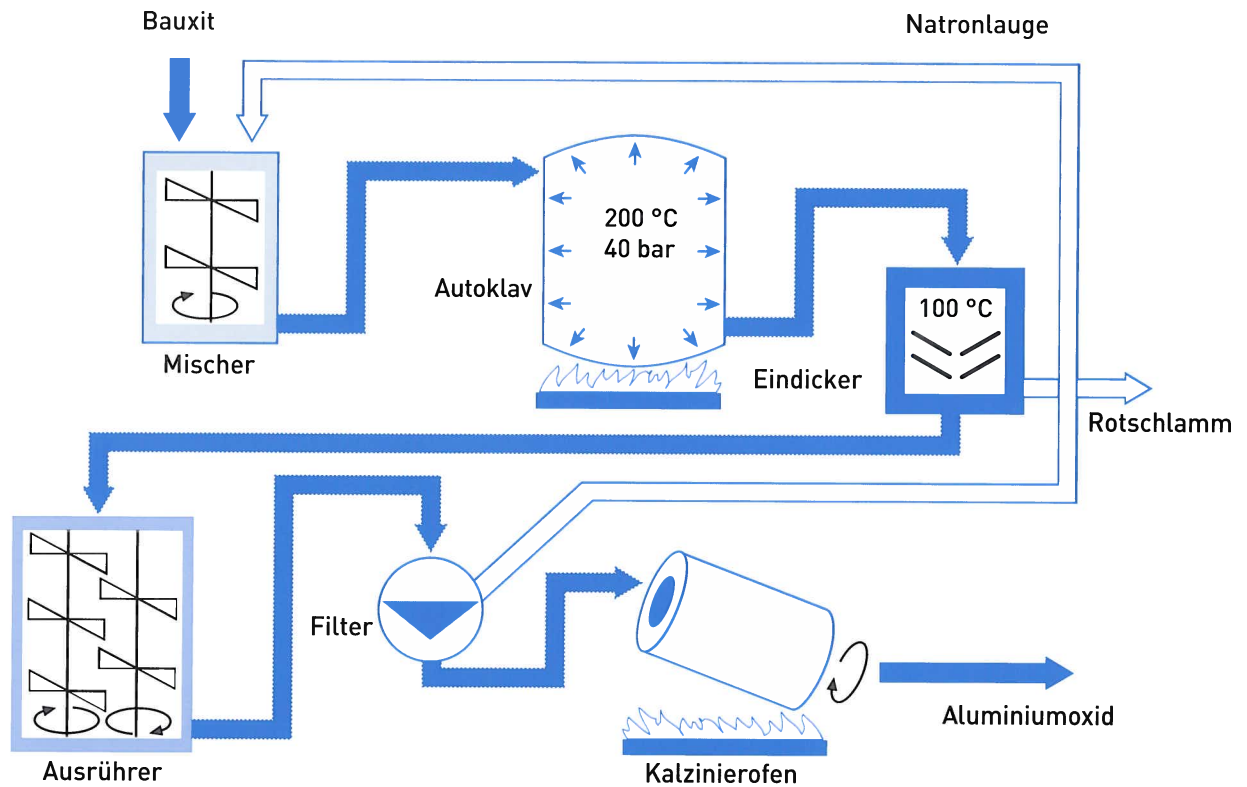
Vorkommen weltweit 1996: zirka 25 Mrd t\*

Gesamtförderung 1999: 116 Mio t



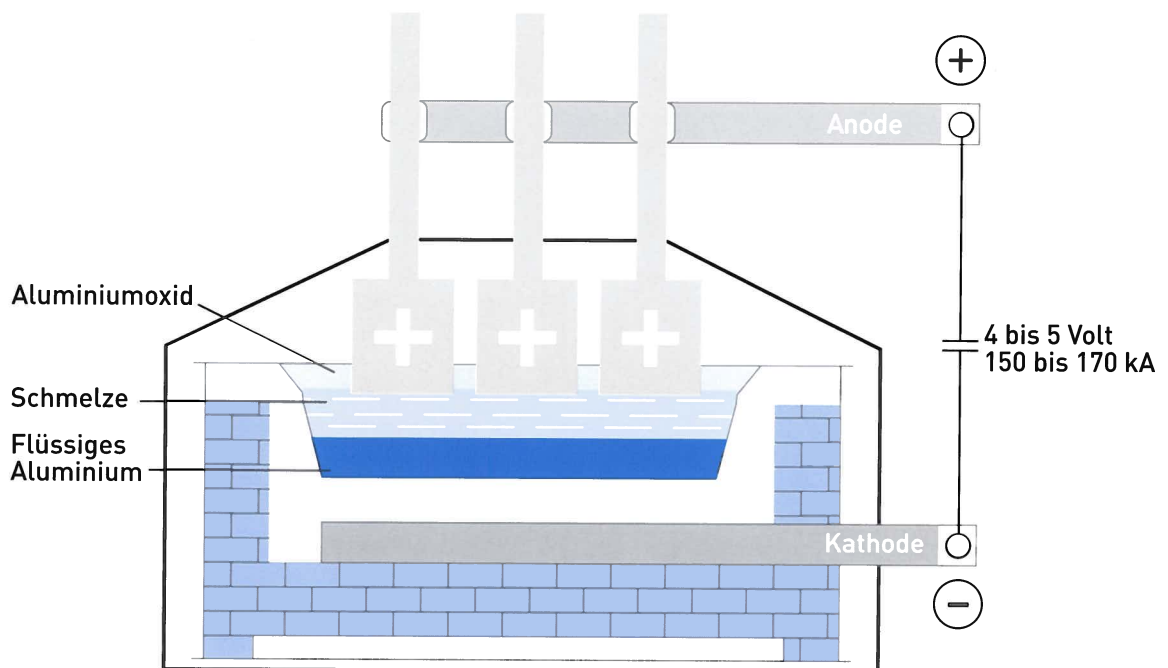
\*Wirtschaftlich abbaubare Vorräte reichen nach heutigen Rahmenbedingungen noch 200 Jahre.

## Das Bayer-Verfahren



## Aluminium-Elektrolyse

Der Elektrolyseofen



## 4. Aluminiumlegierungen und ihre Bezeichnungen

Die Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften der Aluminiumwerkstoffe sind in Normen geregelt.

### ■ Oberbegriff Aluminium

Er umfasst Reinaluminium und Aluminiumlegierungen. Durch die Legierungszusätze lassen sich die Werkstoffeigenschaften für die jeweiligen Anwendungsanforderungen herstellen. Zum Beispiel Festigkeit, Dehnung, Beständigkeit, Bearbeitbarkeit usw.

### ■ Kurzzeichen für Legierungsbestandteile bei Aluminiumlegierungen

- Al = Aluminium
- Bi = Wismut (Bismutum)
- Cr = Chrom
- Cu = Kupfer (Cuprum)
- Fe = Eisen (Ferrum)
- Mg = Magnesium
- Mn = Mangan
- Pb = Blei (Plumbum)
- Si = Silizium
- Ti = Titan
- Zn = Zink

### ■ Numerische Bezeichnung nach DIN 573:

| Serie: | Hauptlegierungsbestandteil: |
|--------|-----------------------------|
| 1000   | Aluminium > 99,0 %          |
| 2000   | Kupfer (Cu)                 |
| 3000   | Mangan (Mn)                 |
| 4000   | Silizium (Si)               |
| 5000   | Magnesium (Mg)              |
| 6000   | Si und Mg                   |
| 7000   | Zink (Zn)                   |
| 8000   | sonstige Elemente           |

Das Kurzzeichen beginnt an erster Stelle mit „Al“ als Basismetall, dann folgen die Symbole der wichtigsten Legierungszusätze, durch Zahlen (Gewichtsprozent) ergänzt. Alternativ kann die Bezeichnung mit der 4-stelligen Legierungsnummer verwendet werden. z. B.:

#### Werkstoff nach alter Norm DIN 1725-1

- Al Mn1
- Al Mg3
- Al Mg4,5Mn
- Al ZnMgCu1,5

#### Werkstoff nach neuer Norm DIN EN 573:

|                     |      |            |
|---------------------|------|------------|
| EN AW-Al Mn1        | oder | EN AW-3103 |
| EN AW-Al Mg3        | oder | EN AW-5754 |
| EN AW-Al Mg4,5Mn0,7 | oder | EN AW-5083 |
| EN AW-Al Zn5,5MgCu  | oder | EN AW-7075 |

### ■ Vorsatz- bzw. Anhängelbuchstaben an Werkstoffbezeichnungen für besondere Verwendung

|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| E = Leitwerkstoff für Elektrotechnik | E-Al MgSi   |
| S = Schweißzusatzwerkstoff           | S-Al 99,5Ti |
| L = Lot                              | L-Al Si12   |
| G = Sandguss                         | G-Al Si12   |
| GK = Kokillenguss                    | GK-Al Si9Mg |
| GD = Druckguss                       | GD-Al Mg9   |
| EQ = Eloxalqualität                  | Al Mg3 EQ   |

## 5. Werkstoffzustandsbezeichnungen und Methoden der Festigkeitsänderungen

### ■ Werkstoffzustandsbezeichnungen

**alt:**  
F-Zahlen geben 1/10 der Mindestzugfestigkeit in N/mm<sup>2</sup> an, z. B. Al Mg3 F19 – hat mindestens 190 N/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit.

**neu:**  
DIN EN 515  
O = weich  
H = kaltverfestigt  
T = ausgehärtet  
Festigkeit nur noch aus der Halbzeugnorm ablesbar.

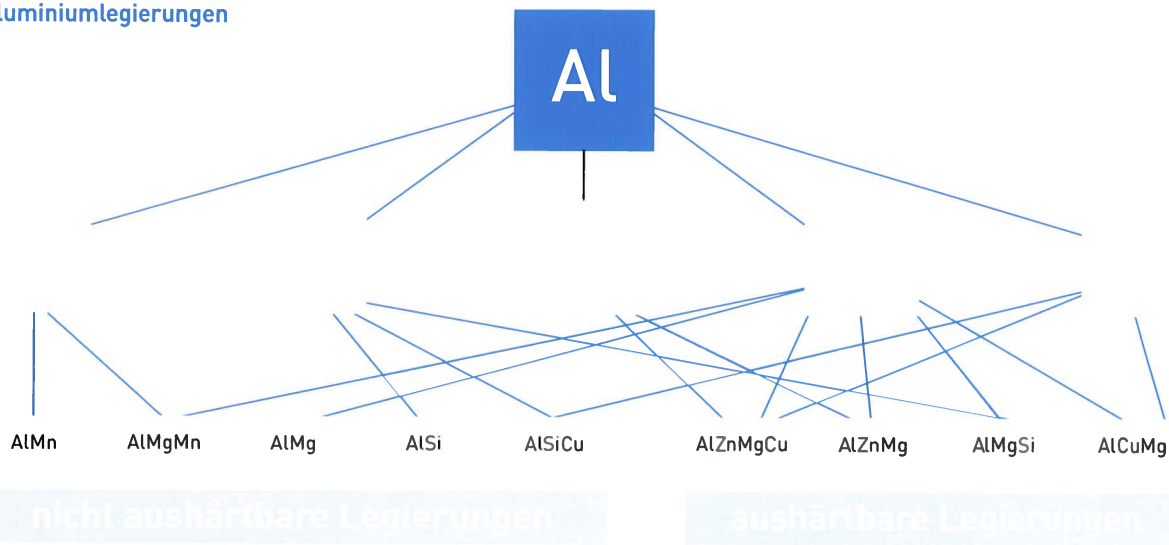
### ■ Festigkeitsänderungen

Reine Metalle haben eine geringe Festigkeit. Die Festigkeit von Aluminium kann erhöht werden durch:

- Legieren mit anderen Metallen
- Kaltverfestigen (Kaltumformen durch: Walzen, Ziehen, Drücken, Hämmern und Biegen)
- Aushärten (Wärmebehandlung)

Man unterscheidet nicht aushärtbare (naturharte) und aushärtbare Aluminiumlegierungen, abhängig von den Legierungszusätzen. Während naturharte Aluminiumlegierungen nur kaltverfestigt werden können, kann man aushärtbare Legierungen durch Wärmebehandlung und zusätzlich auch durch Kaltverfestigung in der Festigkeit steigern.

Aluminiumlegierungen



| Al 99,5-Bleche |                   |                 |
|----------------|-------------------|-----------------|
|                | neu<br>DIN EN 485 | alt<br>DIN 1745 |
| weich          | EN AW-Al 99,5 O   | Al 99,5 W7      |
| kaltverfestigt | EN AW-Al 99,5 H12 | Al 99,5 F9      |
| rückgeglüht    | EN AW-Al 99,5 H22 | Al 99,5 G9      |

Die Wärmebehandlung wird in drei Arbeitsstufen durchgeführt:

→ 1. Stufe:  
**Lösungsglühen**  
Lösungsglühtemperatur und -dauer je nach Legierung und Halbzeugart.

→ 2. Stufe:  
**Abschrecken:**  
Nach dem Lösungsglühen wird (meist mit Luft oder Wasser) abgeschreckt.

→ 3. Stufe:  
**Auslagern:**  
Bei Raumtemperatur (Kaltauslagern) oder bei erhöhter Temperatur (Warmauslagern), z. B.:

EN AW-Al MgSi (EN AW-6060):  
Lösungsglühen bei 525 °C bis 540 °C  
Abschrecken in Wasser mit Raumtemperatur  
Warmauslagern bei 155 °C bis 190 °C

- **Kaltverfestigen der legierten Werkstoffe**  
  
alt: Al Mg3 W19 oder F22 oder G22  
neu: EN AW-Al Mg3 O oder H12 oder H22  
EN AW-5754 O oder H12 oder H22
- **Aushärten der aushärtbaren Werkstoffe.**  
Sie beinhalten als Legierungszusätze Si, Cu, Zn oder Cu und Zn.
- **Warmausgehärtete Legierungen**  
  
alt: Al MgSi1 F28  
neu: EN AW-Al Si1MgMn T6 oder EN AW-6082 T6
- **Kaltausgehärtete Legierungen**  
  
alt: Al MgSi1 F21  
neu: EN AW-Al Si1MgMn T4 oder EN AW-6082 T4



Werkstoff-Datenblatt: EN AW-2007 [Al Cu4PbMgMn] / Mechanische Eigenschaften

Zusammensetzung nach DIN EN 573-3 (in % der Masse, Rest Al) <sup>6)</sup>

| Si  | Fe  | Cu        | Mn       | Mg         | Cr   | Zn  | Ti   | Bemerkungen                                | Andere Elemente |      |
|-----|-----|-----------|----------|------------|------|-----|------|--------------------------------------------|-----------------|------|
|     |     |           |          |            |      |     |      |                                            | einzel.         | zus. |
| 0,8 | 0,8 | 3,3 - 4,6 | 0,50 - 1 | 0,40 - 1,8 | 0,10 | 0,8 | 0,20 | 0,20 Ni; 0,20 Bi;<br>0,20 Sn; 0,8 - 1,5 Pb | 0,05            | 0,15 |

6) Maximalwerte, wenn kein Bereich angegeben.

| Typ                                                                                                                                                                                                                                             | Physikalische Eigenschaften                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  | Hauptanwendungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AlCuMgPb-Automatenlegierung, aushärtbar                                                                                                                                                                                                         | [Richtwerte, bei 20°C]<br>Dichte in g/cm³: 2,85<br>Erstarrungsbereich °C: 507-650<br>Elektrische Leitfähigkeit MS/m: 18-22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  | Wärmeleitfähigkeit W/(mk): 130-160<br>Therm. Längenausdehnungs-<br>koeffizient 10 <sup>-6</sup> /K: 23<br>Elastizitätsmodul N/mm²: ~70.000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Bezeichnungen                                                                                                                                                                                                                                   | Allgemeine Eigenschaften <sup>a)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  | Bemerkungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| nach DIN EN 573-3:<br>üblich: EN AW-2007<br>oder EN AW-2007 [Al Cu4PbMgMn]<br>Ausnahme: EN AW-Al Cu4PbMgMn                                                                                                                                      | Beständigkeit gegen:<br>Meerwasser 5<br>Witterung 5<br><br>Warmumformbarkeit: <sup>a)</sup><br>Strangpressen 4<br>Gesektschmieden -<br>Freiformschmieden -<br><br>Kaltumformbarkeit: <sup>a)</sup><br>Stauben, Nieten, Treiben 4<br>Tiefziehen<br>bei Zustand O -<br>Biegen 4<br>Drücken -<br>Fließpressen -<br><br>Schweißbarkeit: <sup>a)</sup><br>Schmelzschweißen<br>Gas- <sup>j)</sup><br>WIG- -<br>MIG- -<br>Widerstands-<br>punktschweißen -<br>Abbreinstumpfschweißen - |  | Schweißzusatzwerkstoffe:<br>AlSi <sup>j)</sup><br><br>Lötbarkeit: <sup>a)</sup><br>Hartlöten mit Flussmittel: -<br>Hartlöten ohne Flussmittel: -<br>Weichlöten, Reiblöten: 4<br>Weichlöten mit Flussmittel: -<br><br>Spanbarkeit (im Zustand): <sup>a)</sup><br>weichgeglüht: -<br>kaltverfestigt: -<br>ausgehärtet: 1<br><br>Oberflächenbehandlung: <sup>a) k)</sup><br>Schutzanodisieren: 5 <sup>k)</sup><br>Anodisieren (dekorativ) -<br>Anstrich/Beschichten 4 <sup>k)</sup><br><br>Einsatz für Anwendungen<br>im Kontakt mit Lebensmitteln:<br>Nach DIN EN 602: nein |
| Andere Bezeichnungen:<br>Int.Reg.Rec.(AA): 2007<br>ISO [Symbole]: -<br>Japan: -<br>Russland: -<br><br>Alte Bezeichnungen:<br>DIN 1725-1 Symbole: AlCuMgPb<br>DIN 1725-1 Nummer: 3.1645<br>Frankreich: -<br>Großbritannien: -<br>Italien: 9002/8 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | a) Relative Bewertung der Aluminiumwerkstoffe mit von 1 (sehr gut) nach 6 (ungeeignet) fallender Tendenz.<br>b) Für untergeordnete Zwecke auch Lichtbogen-Handschiweißen mit Zusatz EL-AlMg1.<br>c) EQ = Eloqualitäts nach DIN 17611<br>j) Elektrisch leitende Anschlüsse durch Schutzgasschiweißen mit AlSi-Zusatz herstellbar.<br>k) Verschleißfeste Oberflächen durch Hartanodisieren (Sonderverfahren). Galvanisieren, chemisches Abscheiden oder Spritzbeschichten möglich.                                                                                          |
| Anwendbar nach                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| DIN 4113: nein<br>AD-Merkbl. W6/1: nein<br>German. Lloyd: nein<br>Werkstoff-Leistungsblatt: nein                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Hinweise

- 2007 ist die am häufigsten verwendete Aluminiumlegierung für Teile, die auf Drehautomaten hergestellt werden.
- Bei Halbzeug größerer Querschnittsabmessungen (über den genormten Durchmesser- bzw. Dickenbereich hinaus) kann durch nicht rotationssymmetrisches oder einseitiges Bearbeiten Verzug infolge Eigenspannungen auftreten. Spannungsabbau ohne deutliche Eigenschaftsänderung ist durch Glühen bei 200 °C/2h möglich (darf aber nur einmal ausgeführt werden).
- Beständigkeit und Schweißbarkeit wie bei den AlCuMg-Typ Legierungen.
- Legierung 2007 ist nur im Zustand kaltausgehärtet lieferbar.
- Dünne transparente Oxidschichten sind möglich, aber die Legierung eignet sich nicht für dekoratives Anodisieren.
- Weist geringe chemische Beständigkeit und Leitfähigkeit auf.
- Diese Legierung ist in großer Auswahl als Stangen und Rohre im Halbzeughandel vorrätig.



Strangpressprofile (nach DIN EN 755-2)

| Fertigung                                                                   | Zustand                        | Wanddicke<br>mm | Zugfestigkeit<br>R <sub>m</sub><br>MPa |      | Dehngrenze<br>R <sub>p0,2</sub><br>MPa |      | Bruchdehnung<br>A<br>% |      | A <sub>50 mm</sub><br>% |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------------------|------|----------------------------------------|------|------------------------|------|-------------------------|
|                                                                             |                                |                 | min.                                   | max. | min.                                   | max. | min.                   | max. |                         |
| stranggepresst                                                              | T4, T4510, T4511 <sup>7)</sup> | ...30           | 370                                    | –    | 250                                    | –    | 8                      | –    | 6                       |
| 7) Die Eigenschaften dürfen durch Abschrecken an der Presse erzielt werden. |                                |                 |                                        |      |                                        |      |                        |      |                         |

Rohre (stranggepresst nach DIN EN 755-2; gezogen nach DIN EN 754-2)

| Fertigung                                                                   | Zustand                        | Wanddicke<br>mm | Zugfestigkeit<br>R <sub>m</sub><br>MPa |      | Dehngrenze<br>R <sub>p0,2</sub><br>MPa |      | Bruchdehnung<br>A<br>% |      | A <sub>50 mm</sub><br>% |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------------------|------|----------------------------------------|------|------------------------|------|-------------------------|
|                                                                             |                                |                 | min.                                   | max. | min.                                   | max. | min.                   | max. |                         |
| stranggepresst                                                              | T4, T4510, T4511 <sup>7)</sup> | ...25           | 370                                    | –    | 250                                    | –    | 8                      | –    | 6                       |
| gezogen                                                                     | T3 <sup>7)</sup>               | ...20           | 370                                    | –    | 250                                    | –    | 7                      | –    | 5                       |
|                                                                             | T3510, T3511 <sup>7)</sup>     | ...20           | 370                                    | –    | 240                                    | –    | 5                      | –    | 3                       |
| 7) Die Eigenschaften dürfen durch Abschrecken an der Presse erzielt werden. |                                |                 |                                        |      |                                        |      |                        |      |                         |

Stangen (stranggepresst nach DIN EN 755-2; gezogen nach DIN EN 754-2)

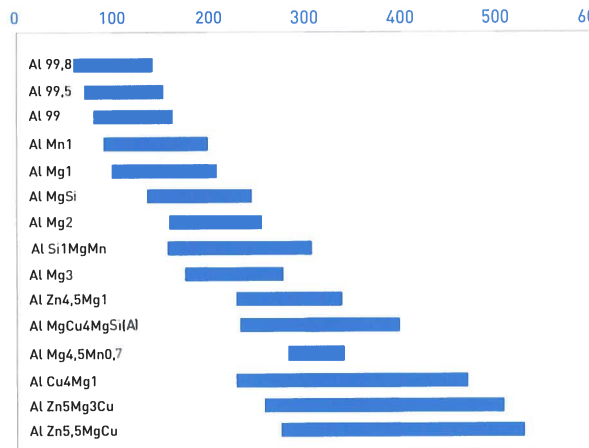
| Fertigung                                                                                                            | Zustand                        | Maße<br>mm      |                 | Zugfestigkeit<br>R <sub>m</sub><br>MPa |      | Dehngrenze<br>R <sub>p0,2</sub><br>MPa |      | Bruchdehnung<br>A<br>% |      | A <sub>50 mm</sub><br>% |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------------|------|----------------------------------------|------|------------------------|------|-------------------------|
|                                                                                                                      |                                | D <sup>2)</sup> | S <sup>2)</sup> | min.                                   | max. | min.                                   | max. | min.                   | max. |                         |
| strang-<br>gepresst                                                                                                  | T4, T4510, T4511 <sup>7)</sup> | ...80           |                 | 370                                    | –    | 250                                    | –    | 8                      | –    | 6                       |
|                                                                                                                      |                                | > 80            | 200             | 340                                    | –    | 220                                    | –    | 8                      | –    | –                       |
|                                                                                                                      |                                | > 200           | ...250          | 330                                    | –    | 210                                    | –    | 7                      | –    | –                       |
| gezogen                                                                                                              | T3 <sup>7)</sup>               | ...30           |                 | 370                                    | –    | 240                                    | –    | 7                      | –    | 5                       |
|                                                                                                                      |                                | > 30            | ...80           | 340                                    | –    | 220                                    | –    | 6                      | –    | –                       |
|                                                                                                                      | T351 <sup>7)</sup>             | ...80           |                 | 370                                    | –    | 240                                    | –    | 5                      | –    | 3                       |
| 2) D = Durchmesser v. Rundstangen. S = Schlüsselweite von Vierkant- und Sechskantstangen, Dicke von Rechteckstangen. |                                |                 |                 |                                        |      |                                        |      |                        |      |                         |
| 7) Die Eigenschaften dürfen durch Abschrecken an der Presse erzielt werden.                                          |                                |                 |                 |                                        |      |                                        |      |                        |      |                         |

- Bleche:** Nicht genormt nach DIN EN 485-2
- Drähte, Vordraht:** Nicht genormt nach DIN EN 1301-2 (gezogen) und DIN EN 1715-3 (Vordraht)
- Folien:** Veredlerfolien (6-200 µm) und Haushaltsfolien (10-24 µm) nicht genormt nach DIN EN 546-2
- Schmiedestücke:** Nicht genormt nach DIN EN 586-2
- Walzprodukte für Dosen, Verschlüsse und Deckel:** Nicht genormt nach DIN EN 541

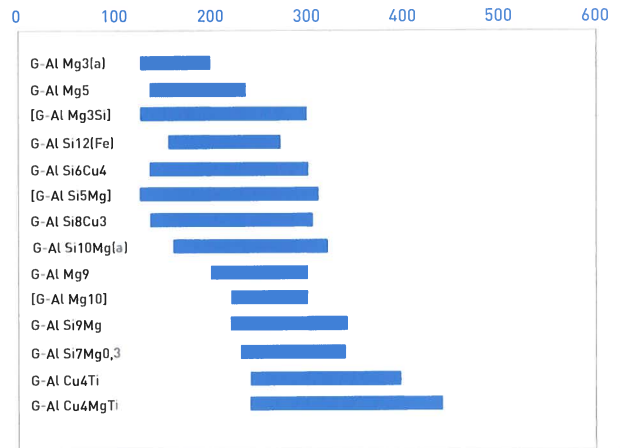
## Überblick der Zugfestigkeit verschiedener Knet- und Gusslegierungen

Zugfestigkeit  $R_m$  in MPa

### Knetlegierungen



### Gusslegierungen



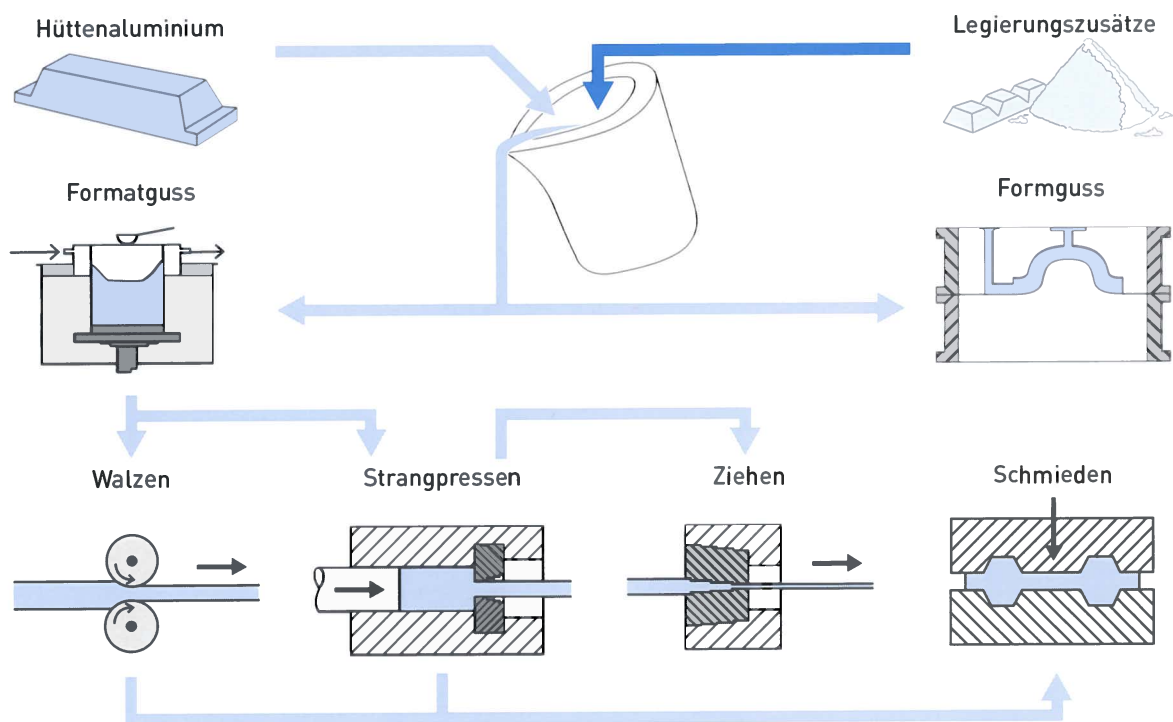
[ ] = Legierungen nach alter Norm (DIN 1725)

## 6. Rohaluminium und seine Verarbeitung zu Halbzeug und Guss

Zur Weiterverarbeitung:

- **Masseln** zur Weiterverarbeitung als Formguss.
- **Formate** oder **Barren** zur Halbzeugfertigung (Walz-, Press- und Drahtbarren bis 30 t Gewicht).

### Herstellung von Aluminiumhalbzeug und -guss



## 7. Aluminiumhalbzeug

Halbzeug ist in seiner Fertigungstiefe ein Bindeglied zwischen Metall und Endprodukt (Fertigteil).

Beispiele: Bleche, Bänder, Folien, Butzen und Ronden, Draht, Stangen, Strangpressprofile, Rohre, Schmiedestücke usw.

### ■ Aluminiumhalbzeug nach der Verarbeitung

#### **Walzerzeugnisse** (Bleche und Bänder)

Dünne Bänder (0,021 - 0,35 mm)

Folien (0,004 - 0,02 mm)

Warm- und kaltgewalzte dicke Bleche

Bleche mit eingewalzten Mustern

Dessinierte (geprägte) Bleche

Gießwalzdraht und Walzdraht

Butzen und Ronden aus Bändern oder Blechen

#### **Strangpresserzeugnisse**

Rund-, Vierkant-, Flach-, Sechskantstangen und Drähte

Strangpressprofile (F-, L-, U-, T- und Z-Profile,

aber auch komplizierteste Querschnitte)

Sonderprofile (kundeneigene Strangpresswerkzeuge)

Rohre bis zirka 600 mm Ø

### ■ Schmiedestücke

#### **Freiformschmiedestücke**

aus Stranggussblöcken

#### **Gesenkschmiedestücke**

aus Draht- oder Strangpressprofilabschnitten

### ■ Durch Umformen aus Walzerzeugnissen (Blechen) hergestellte Profile

#### **Bandprofil**

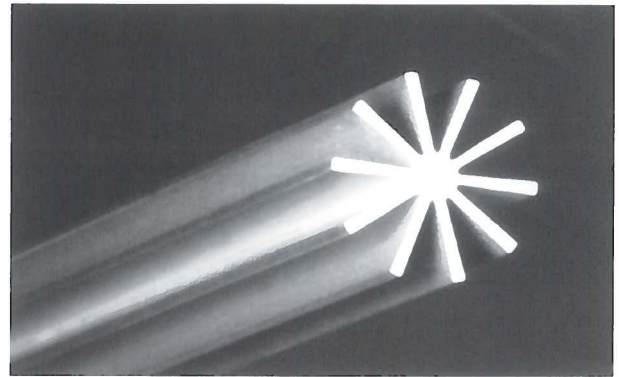
gezogen oder rollgeformt (Zierleisten, Rohre, längs-nahtgeschweißt)

#### **Profilierte Bleche und Bänder**

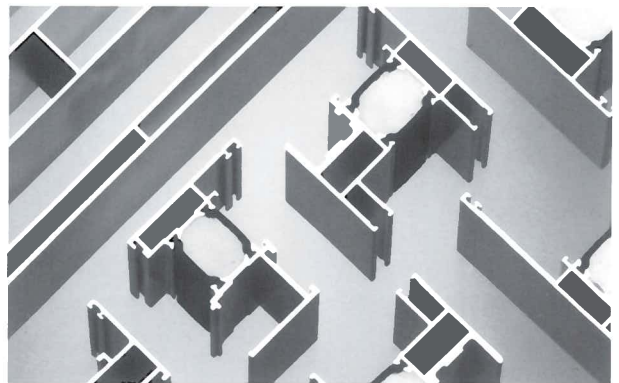
rollgeformt (Dach und Wand)

#### **Abkantprofile**

(Zubehör, Maschinengehäuse)



Beispiel für Profilform



Beispiele für Profilformen in der Anwendung als Fensterprofil

Anhand der Fertigung von Übungsprojekten sollen die Bearbeitungstechniken für Aluminium vermittelt werden. Warum wird Aluminium und warum der Werkstoff EN AW-2007 [Al Cu4PbMgMn] T6 für diesen Zweck verwendet?

→ **Korrosionsbeständigkeit ausreichend**

→ **gute Spanbarkeit**

(Drehen, Fräsen, Bohren mit gutem Oberflächenergebnis möglich)

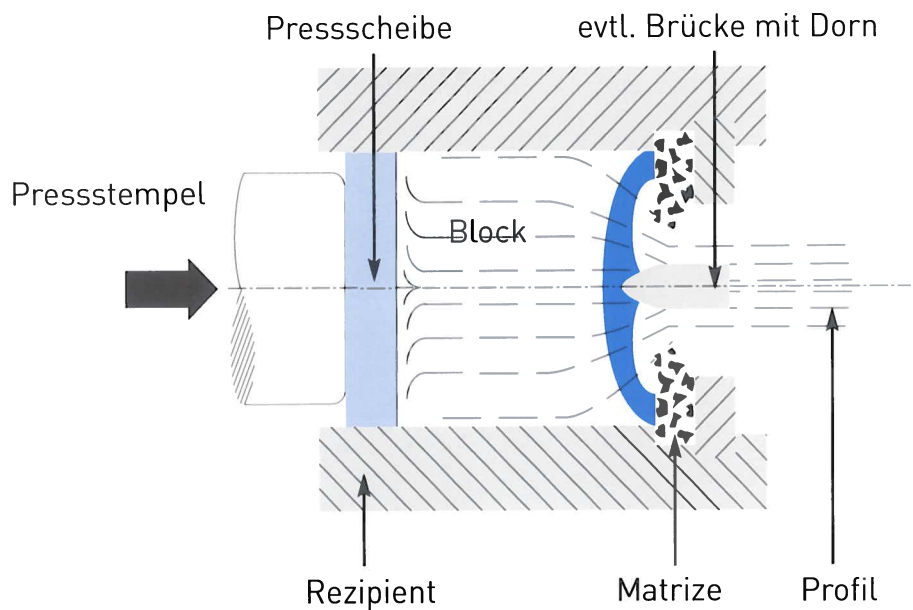
→ **hohe Festigkeit**

keine tragende Konstruktion

→ **unbegrenzte Lebensdauer**

→ **dekoratives Aussehen**

→ **kann 100 %ig mit geringem Energieaufwand wieder verwertet werden (Recycling)**



8. Spanen von Aluminium

Durch den gesteigerten Einsatz von Aluminium im Automobilbau, im Maschinen- und Anlagenbau, in der Elektrotechnik und im allgemeinen Metallbau nehmen die Zerspanungsaufgaben des Werkstoffs Aluminium immer mehr zu. Die angegebenen Zerspanungswerte sind als Information zu verstehen, welche Leistungen mit diesen Verfahren zu erreichen sind. Die genaue Beschreibung der Einflussparameter würde den Rahmen dieses Lehrgangs sprengen. Es ist deshalb sinnvoll, sich mit den Maschinen- und Werkzeugherstellern in Verbindung zu setzen.

■ Drehen

Die Zerspanbarkeit von Aluminiumwerkstoffen durch Drehen ist in den Tabellen 1 und 2 ausführlich dargestellt. Richtwerte für die Drehbearbeitung haben sich daran zu orientieren, auf welche Zerspanbarkeitskriterien es im Einzelfall besonders ankommt und ob Vorgaben (zum Beispiel durch die Maschinenleistung) berücksichtigt werden müssen. Bei den Angaben in Tabelle 3 handelt es sich um (am Verschleiß orientierte) Anhaltswerte, die den Bereich aufzeigen, aus dem vor der Bearbeitung größerer Serien die günstigsten Werte durch Arbeitsstudien zu ermitteln sind.

Tabelle 1: Zerspanbarkeit von Aluminiumknetlegierungen höherer Festigkeit

| Werkstoff                                                        | Spanform                                         | Oberfläche                                               | Verschleiß <sup>1)</sup>                 | Schnittkraft <sup>2)</sup>                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| z.B.<br>7022, 7075, 2017A                                        | Günstig<br>(besser mit ansteigender Festigkeit)  | Gut bis sehr gut<br>(besser mit ansteigender Festigkeit) | Gering<br>(v <sub>max</sub> ≈ 2500m/min) | k <sub>s1,1</sub> Mit der Festigkeit ansteigend von etwa 400 N/mm <sup>2</sup> bis 550 N/mm <sup>2</sup> [bei 7075] |
| z.B.<br>2007, 2011, 6012                                         | sehr günstig<br>(infolge spanbrechender Zusätze) | gut                                                      | Gering<br>(v <sub>max</sub> ≈ 2500m/min) | k <sub>s1,1</sub> ≈ 450 N/mm <sup>2</sup> - 500 N/mm <sup>2</sup>                                                   |
| 1) Schneidstoff: Hartmetall K10 (Standzeit zirka 60 min)         |                                                  |                                                          |                                          |                                                                                                                     |
| 2) Angaben für k <sub>s1,1</sub> beziehen sich auf v = 600 m/min |                                                  |                                                          |                                          |                                                                                                                     |

Tabelle 2: Einflüsse von Schnittbedingungen und Werkzeuggeometrie beim Drehen von Aluminiumwerkstoffen

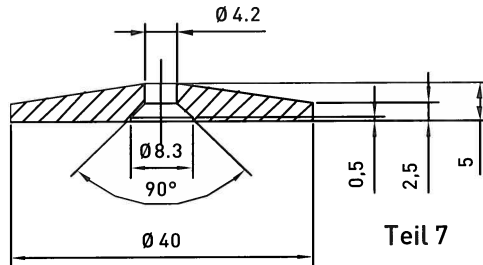
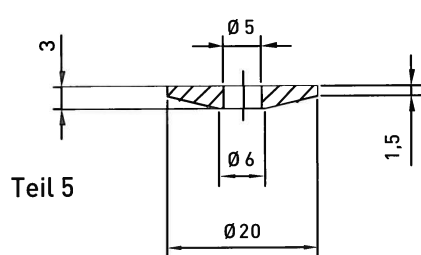
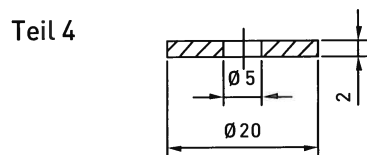
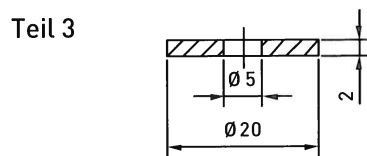
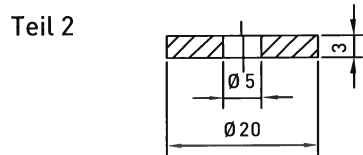
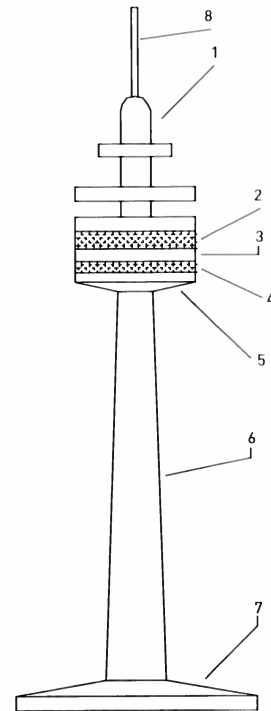
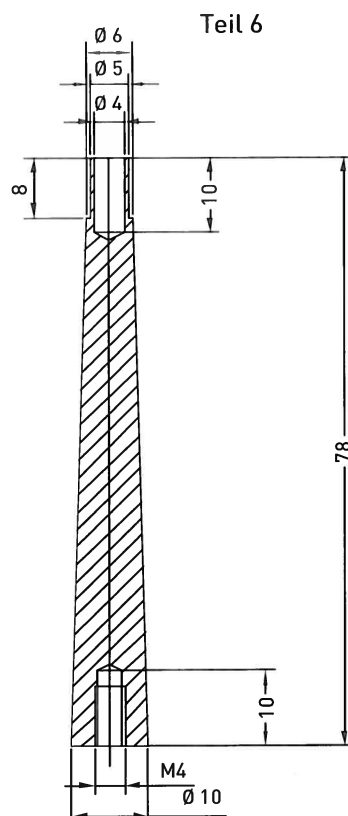
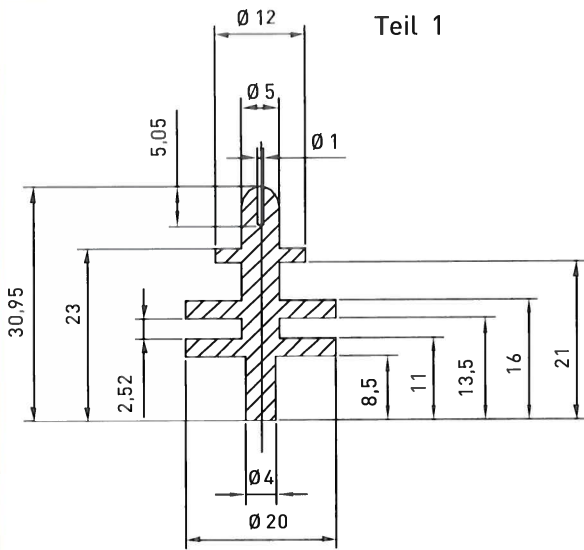
| Einflussgröße                          | Zerspanungskenngröße                                                    |                                                                            |                                                                             |                                                                    |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                        | Spanform                                                                | Oberfläche                                                                 | Verschleiß                                                                  | Schnittkraft                                                       |
| Schnittgeschwindigkeit<br>$v$          | ○                                                                       | ●<br>Etwas geringere<br>Rauhtiefe bei steigender<br>Schnittgeschwindigkeit | ●<br>Deutlich höher<br>bei steigender<br>Schnittgeschwindigkeit             | ●<br>Geringer<br>bei steigender<br>Schnittgeschwindigkeit          |
| Vorschub<br>$s$                        | ●<br>Bei größerem Vorschub<br>enger gewendelte bzw.<br>gebrochene Späne | ●<br>Kinematischer<br>Zusammenhang:<br>$R_t \sim s$                        | ●<br>Etwas höher<br>bei steigendem<br>Vorschub                              | ●<br>Degressiver<br>Schnittkraftanstieg<br>mit dem Vorschub        |
| Schnitttiefe<br>$a$                    | ●<br>Längere Späne bei<br>größerer Schnitttiefe                         | ●<br>Schlichten mit geringer<br>Schnitttiefe                               | ●<br>Etwas höher mit<br>wachsender Schnitttiefe                             | ●<br>Schnittkraft ist der<br>Schnitttiefe proportional             |
| Spanwinkel<br>$\gamma$                 | ●<br>Längere Späne bei<br>größerem Spanwinkel                           | ●<br>Etwas geringere Rauhtiefe<br>bei größerem Spanwinkel                  | ○                                                                           | ●<br>Geringere Schnittkraft<br>bei großem Spanwinkel               |
| Zustand von<br>Spanfläche und Schneide | ○                                                                       | ●<br>Schnittkantenrauheit<br>formt sich ab                                 | ●<br>Beschleunigter Ver-<br>schleißfortschritt ange-<br>griffener Schneiden | ●<br>Schnittkraft<br>wächst stark mit dem<br>Verschleißfortschritt |
| Kühlung<br>bzw. Schmierung             | ●<br>Kühlung<br>fördert den Spanbruch                                   | ●<br>Schmierstoffe<br>verringern die Rauhtiefe                             | ●<br>Kühlschmierstoffe<br>senken den Verschleiß                             | ○                                                                  |

○ Sehr geringer oder kein Einfluss   ● Mäßiger Einfluss   ● Großer Einfluss

Tabelle 3: Richtwerte für das Drehen von Aluminium

| Schnittgröße                                | Schneidstoff | Knetwerkstoffe         |                                           | AlSi-Gusswerkstoffe |          |
|---------------------------------------------|--------------|------------------------|-------------------------------------------|---------------------|----------|
|                                             |              | geringer<br>Festigkeit | höherer Festigkeit<br>Automatenwerkstoffe | bis zirka 12% Si    | >12% Si  |
| Spanwinkel<br>$\gamma$ in°                  | HSS          | 25 bis 35              | 20 bis 30                                 | 12 bis 16           | 1)       |
|                                             | HM           | max. 30                | 20 bis 30                                 | 12 bis 16           | 8 bis 12 |
|                                             | Diamant      | 1)                     | 6                                         | 6                   | 6        |
| Freiwinkel<br>$\alpha$ in°                  | HSS          | 7 bis 12               | 7 bis 10                                  | 5                   | 1)       |
|                                             | HM           | 7 bis 12               | 5 bis 8                                   | 5                   | 5        |
|                                             | Diamant      | 1)                     | 12                                        | 12                  | 12       |
| Schnittgeschwin-<br>digkeit<br>$v$ in m/min | HSS          | bis 800                | bis 400                                   | bis 200             | 1)       |
|                                             | HM           | bis 4000               | bis 1500                                  | bis 1000            | bis 250  |
|                                             | Diamant      | 1)                     | bis 1500                                  | bis 1400            | bis 800  |
| Vorschub $s$<br>im mm/U <sup>2)</sup>       | HSS          | bis 0,8                | bis 0,5                                   | bis 0,5             | 1)       |
|                                             | HM           | bis 0,8                | bis 0,6                                   | bis 0,6             | bis 0,6  |
|                                             | Diamant      | 1)                     | bis 0,3                                   | bis 0,3             | bis 0,2  |
| Spantiefe<br>$a$ in mm                      | HSS          | bis 6                  | bis 6                                     | bis 6               | 1)       |
|                                             | HM           | bis 6                  | bis 6                                     | bis 6               | bis 4    |
|                                             | Diamant      | 1)                     | bis 1                                     | bis 1               | bis 0,8  |
| Kühlschmierstoff                            | HSS          | Schneidöl              | Emulsion                                  | Emulsion            | 1)       |
|                                             | HM           | evtl. Schneidöl        | evtl. Emulsion                            | Emulsion            | Emulsion |
|                                             | Diamant      | 1)                     | Emulsion                                  | Emulsion            | Emulsion |

1) Nicht geeignet bzw. nicht üblich  
2) zum Schlichten geringere Werte



|      |             |                 |
|------|-------------|-----------------|
| 8    | Spitze      | Federdraht 1x20 |
| 7    | Fuß         | Al Cu4PbMgMn    |
| 6    | Körper      | Al Cu4PbMgMn    |
| 5    | Scheibe     | Al Cu4PbMgMn    |
| 4    | Scheibe     | Acryl           |
| 3    | Scheibe     | Al Cu4PbMgMn    |
| 2    | Scheibe     | Acryl           |
| 1    | Oberteil    | Al Cu4PbMgMn    |
| Teil | Bezeichnung | Werkstoff       |

|                    |          |       |      |                   |          |              |                                                                    |  |           |               |  |  |
|--------------------|----------|-------|------|-------------------|----------|--------------|--------------------------------------------------------------------|--|-----------|---------------|--|--|
| (Verwendungszweck) |          |       |      | (Zul. Abweichung) |          | (Oberfläche) | (Maßstab) 1:1                                                      |  | (Gewicht) |               |  |  |
|                    |          |       |      |                   |          |              | (Werkstoff) Al Cu4PbMgMn<br>(Rohteile)<br>(Modell- oder Gesenk-Nr) |  |           |               |  |  |
|                    |          |       |      |                   | Datum    | Name         | Fernsehturm                                                        |  |           |               |  |  |
|                    |          |       |      | Bearb.            | 30.03.04 | W. Schrimpf  |                                                                    |  |           |               |  |  |
|                    |          |       |      | Gepr.             |          |              |                                                                    |  |           |               |  |  |
|                    |          |       |      | Norm              |          |              |                                                                    |  |           |               |  |  |
|                    |          |       |      |                   |          |              | Blatt                                                              |  |           |               |  |  |
|                    |          |       |      |                   |          |              | von                                                                |  |           |               |  |  |
|                    |          |       |      |                   |          |              |                                                                    |  |           |               |  |  |
| Zust.              | Änderung | Datum | Name | Ursprung          |          |              | Ersatz für:                                                        |  |           | Ersatz durch: |  |  |

## Impressum

### Herausgeber

GDA - Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V.  
Am Bonneshof 5  
40474 Düsseldorf

### Gestaltung

Sektor GmbH, Düsseldorf

### Bildnachweis

Erbslöh AG, Velbert (11)  
Eduard Hueck GmbH & Co. KG, Lüdenscheid (11)



Aluminium  
für die Welt  
von morgen



GESAMTVERBAND DER  
ALUMINIUMINDUSTRIE e.V.

Am Bonreshof 5  
40474 Düsseldorf  
Postfach 10 54 63  
40045 Düsseldorf

Tel.: 0211 - 47 96 - 279/285  
Fax: 0211 - 47 96 - 410

information @ aluinfo.de  
[www.aluinfo.de](http://www.aluinfo.de)