

Kupfer-Zink- Legierungen (Messing und Sondermessing)

Herausgeber:

Deutsches Kupferinstitut
Auskunfts- und Beratungsstelle
für die Verwendung von
Kupfer und Kupferlegierungen.

Am Bonneshof 5
40474 Düsseldorf
Telefon: (0211) 4 79 63 00
Telefax: (0211) 4 79 63 10
info@kupferinstitut.de
www.kupferinstitut.de

Alle Rechte, auch die des
auszugsweisen Nachdrucks und
der photomechanischen oder
elektronischen Wiedergabe,
vorbehalten.

Auflage 03/2007

Kupfer-Zink-Legierungen (Messing und Sondermessing)

Inhalt

1.	Allgemeines zu Kupfer-Zink-Legierungen	2
1.1	Was ist Messing	2
1.2	Geschichtliches	2
1.3	Einteilung der Kupfer-Zink-Legierungen und Einfluss dritter Elemente .	2
1.4	Genormte Kupfer-Zink-Legierungen	4
2.	Eigenschaften der Kupfer-Zink-Legierungen	6
2.1	Knetlegierungen	6
2.1.1	Physikalische Eigenschaften	6
2.1.2	Elektrische Eigenschaften	6
2.1.3	Thermische Eigenschaften	6
2.1.4	Magnetische Eigenschaften	6
2.1.5	Mechanische Eigenschaften	6
2.2	Gusslegierungen	8
2.2.1	Physikalische Eigenschaften	8
2.2.2	Magnetische Eigenschaften	8
2.2.3	Mechanische Eigenschaften	8
2.3	Korrosionsbeständigkeit	9
2.4	Physiologische Eigenschaften	9
3.	Herstellung und Verarbeitung	10
3.1	Knetlegierungen	10
3.1.1	Schmelzen	12
3.1.2	Gießen	12
3.1.3	Spanlose Umformung	12
3.1.4	Wärmebehandlung	13
3.1.5	Spanabhebende Bearbeitung	13
3.1.6	Verbindungsverfahren	13
3.1.7	Oberflächenbehandlung	15
3.2	Gusslegierungen	16
3.2.1	Schmelzen	16
3.2.2	Gießen	17
3.2.3	Wärmebehandlung	17
3.2.4	Spanabhebende Bearbeitung	17
3.2.5	Verbindungsverfahren	17
3.2.6	Oberflächenbehandlung	17
4.	Anwendung – Knet- und Gusslegierungen	18
5.	Literatur / Normen	20
6.	Verlagsprogramm	22

1. Allgemeines zu Kupfer-Zink-Legierungen (Messing und Sondermessing)

1.1 Was ist Messing

Messing ist eine Legierung des Kupfers mit Zink. Fast überall im täglichen Leben begegnen uns Kupfer-Zink-Legierungen. Sie stellen die bedeutendste Legierungsgruppe innerhalb der Kupferwerkstoffe dar.

Die gebräuchlichen Kupfer-Zink-Legierungen enthalten außer Kupfer 5 bis 45 %¹⁾ Zink. Zur Verbesserung der Zerspanbarkeit können **Kupfer-Zink-Legierungen** außer Kupfer und Zink Blei enthalten. Mehrstofflegierungen, im allgemeinen Sprachgebrauch auch „Sondermessing“ genannt, enthalten weitere Legierungselemente wie z.B. Aluminium, Eisen, Mangan, Nickel, Silizium und Zinn, die vorwiegend der Festigkeitssteigerung sowie der Verbesserung der Gleiteigenschaften und Korrosionsbeständigkeit dienen.

1.2 Geschichtliches

Kupfer-Zink-Legierungen sind dem Menschen schon sehr lange bekannt. In Babylon und Assyrien wurde sie schon im 3. Jahrtausend v.Chr. verwendet; in Palästina ist der Gebrauch zwischen 1400 und 1000 v.Chr. nachgewiesen. Kupfer-Zink-Legierungen entstanden, indem man zum Kupfer beim Schmelzen Galmei (Zinkkarbonat) zugab. Nach dem gleichen Verfahren sind um 150 n.Chr. auch auf deutschem Boden Kupfer-Zink-Legierungen hergestellt worden.

Die Anfänge einer eigentlichen Industrie für diese Legierungen sind in Deutschland bis in das 15. und 16. Jahrhundert zurückzufolgen [1].

1884 erkannte A. Dick [2] die verbessernde Wirkung von Eisen und Mangan in Kupfer-Zink-Legierungen und stellte erstmals bewusst eine brauchbare „Mehrstofflegierung“ her.

1906 ermittelte Guillet [3] mit Hilfe von Versuchen, wie viele Teile Zink durch einen Teil des Zusatzmetalls ausgetauscht werden müssen, um Gefügleichheit mit den binären Legierungen zu erzielen.

Diese „Austauschkoeffizienten von Guillet“ sind für die Praktiker eine wertvolle Hilfe zur rohen Abschätzung und Beurteilung des Einflusses dritter Elemente in Kupfer-Zink-Legierungen.

1.3 Einteilung der Kupfer-Zink-Legierungen

Die genormten Kupfer-Zink-Legierungen sind in DIN EN/TS 13388 (Tabellen 7, 8, 9 für Knetlegierungen und 12.2 für Gusslegierungen) zusammengefasst. Sie sind unterteilt in drei Gruppen: Binäre Kupfer-Zink-Legierungen, Kupfer-Zink-Legierungen mit Blei und Kupfer-Zink-Legierungen mit weiteren Legierungselementen wie Aluminium, Zinn, Silizium, Nickel, Mangan und Eisen (Mehrstofflegierungen).

1.3.1 Kupfer-Zink

Bild 1 zeigt das Zustandsschaubild der Kupfer-Zink-Legierungen im technisch wichtigen Konzentrationsgebiet von 0 bis 60 % Zink. Die reinen (binären) Kupfer-Zink-Legierungen können aufgrund ihres Gefügebauaufbaus in drei Hauptgruppen unterteilt werden.

Die erste Gruppe von Legierungen bis ca. 37 % Zink weist ein einheitliches Gefüge auf (α -Phase) und kristallisiert in einem kubisch-flächenzentrierten Gitter.

Die zweite Gruppe, gekennzeichnet durch ca. 37 bis 46 % Zink, enthält mit der β -Phase, die in einem kubisch-raumzentrierten Gitter erstarrt, zusätzlich einen Gefügebestandteil geringerer Plastizität, dessen Anteil am Gesamtgefüge mit dem Zinkgehalt zunimmt ($\alpha+\beta$ -Gefüge).

Die dritte Gruppe von Werkstoffen mit ca. 46 bis 50 % Zink besteht wiederum aus einem einheitlichen Gefüge (β -Phase).

Bei noch höheren Zinkgehalten tritt als weiterer Gefügebestandteil die γ -Phase auf, dessen extreme Sprödigkeit solche Legierungen technisch unbrauchbar werden lässt.

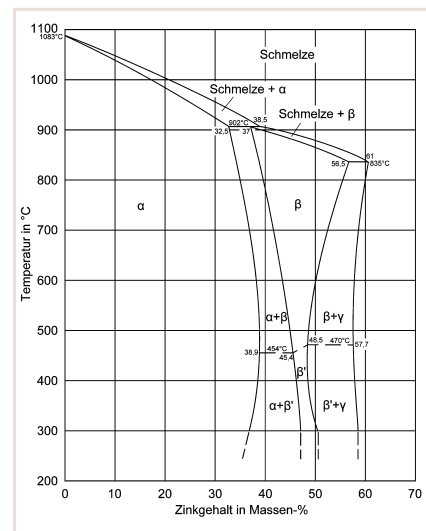


Bild 1: Zustandsschaubild Kupfer-Zink (DKI 4421) [4]

1.3.2 Kupfer-Zink-Blei

Blei ist in Kupfer-Zink-Legierungen unlöslich und lagert sich an den Korngrenzen ab. Durch Bleizusatz werden Kupfer-Zink-Legierungen zu hervorragend zerspanbaren Werkstoffen. Blei, beeinträchtigt jedoch die Schmelzschweißbeignung.

Einphasigen Kupfer-Zink-Legierungen kann Blei bis zu 3,5 % zugegeben werden (Bsp.: CuZn36Pb3) ohne die Warmumformung im ($\alpha+\beta$)-Bereich nachteilig zu beeinflussen. Bei einer Kaltumformung wirkt sich Blei insbesondere dann ungünstig aus, wenn es in grober Form ausgeschieden ist. Zweiphasige ($\alpha+\beta$)-Legierungen enthalten bis 3,5 % Blei (Bsp.: CuZn39Pb3), ebenfalls zur Verbesserung der Spanbarkeit.

Diese Legierungen sind sehr gut warmformbar. Für Kupfer-Zink-Legierungen, die im Trinkwasserbereich eingesetzt werden, gelten hinsichtlich des Bleigehaltes gesetzliche Höchstgrenzen [6, 7].

1.3.3. Mehrstofflegierungen und Einfluss dritter Elemente

1.3.3.1 Kupfer-Zink-Aluminium

Durch Aluminium (Al) wird der α -Bereich im Zustandsschaubild Kupfer-Zink stark eingengt (**Bild 2**). Aluminium erhöht durch Mischkristallhärtung die Festigkeit der α - und β -Phase, ohne wesentlich das Warmformvermögen zu beeinflussen. Ferner verbessert es den Widerstand gegen Erosionskorrosion, die Gleiteigenschaften (Bsp.: CuZn37Mn3Al2PbSi) sowie die Anlauf- und Witterungsbeständigkeit. In einphasigen (α) Kupfer-Zink-Legierungen erhöht Aluminium die Korrosionsbeständigkeit gegen Meerwasser (Bsp.: CuZn20Al2As).

In Gusslegierungen, in denen Gehalte bis 7 % Aluminium üblich sind (Bsp.: CuZn25Al5Mn4Fe3-C), erhöht Aluminium die Festigkeit. Außerdem hilft es, bei Gusserzeugnissen eine hohe Oberflächenqualität zu erreichen.

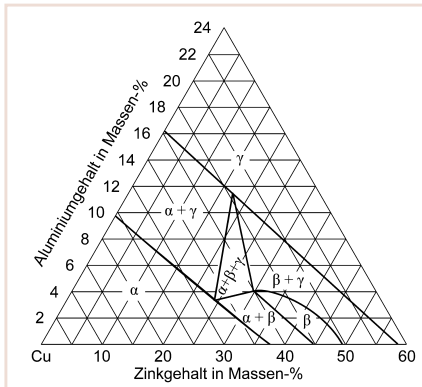


Bild 2: Cu-Zn-Al Isothermer Schnitt bei 500°C (DKI 1912) [5]

1.3.3.2 Kupfer-Zink-Zinn

In Kupfer sind bis 300 °C etwa 8 % Zinn löslich (**Bild 3**). Die Löslichkeit von Zinn fällt durch steigenden Zinkzusatz in einphasigen (α) Kupfer-Zink-Legierungen bis auf etwa 1,5 % Zinn bei 30 % Zink ab. Zinn wird in technisch genutzten Werkstoffen bis zu etwa 1 % zugesetzt. Es erhöht in einphasigen (α) Kupfer-Zink-Legierungen den Korrosionswiderstand durch Deckschichtenbildung (Bsp.: CuZn28Sn1As) und verbessert die Festigkeits- und Gleiteigenschaften.

Auch in zweiphasigen ($\alpha+\beta$)-Legierungen verbessern Zinnzusätze die Korrosionsbeständigkeit (Bsp.: CuZn38Sn1As).

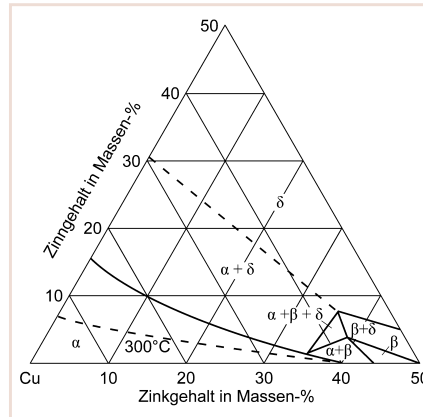


Bild 3: Cu-Zn-Sn Isothermer Schnitt bei 300°C und 500 °C (DKI 1912) [5]

1.3.3.3 Kupfer-Zink-Silizium

Während die Löslichkeit von Silizium im Kupfer bei etwa 4 % liegt, nimmt diese mit zunehmendem Zinkgehalt ab, und zwar bis auf etwa 0,5 % Silizium in einphasigen (α)-Kupfer-Zink-Legierungen mit 68 % Kupfer (**Bild 4**).

Silizium verbessert in zweiphasigen ($\alpha+\beta$) Kupfer-Zink-Legierungen die mechanischen Eigenschaften und Anlaufbeständigkeit. Bei Überschuss bindet es Eisen und Mangan als Silizide, die in Form harter Primärkristalle im Gefüge eingebettet sind. Dadurch und durch Bindung intermetallischer Phasen wird der Verschleißwiderstand wesentlich verbessert. Auch in einphasigen (α) Legierungen zeigt Silizium unter Bedingungen, die zu einer Heterogenisierung des Gefüges führen, eine entsprechende Wirkung (Bsp.: CuZn31Si1). In homogener Lösung vom Mischkristall aufgenommen vermindert Silizium die Empfindlichkeit von Kupfer-Zink-Legierungen gegen Spannungsrisskorrosion und schränkt die Zinkausdampfung bei Wärmebehandlungen ein. In Kupfer-Zink-Gusslegierungen verbessert es die Gießbarkeit (Bsp.: CuZn16Si4-C) und als CuZn21Si3P²⁾ sowohl die Festigkeit als auch die Zerspanbarkeit.

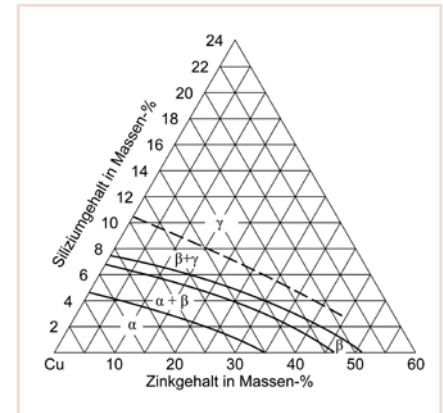


Bild 4: Cu-Zn-Si Isothermer Schnitt bei 500°C (DKI 1915) [5]

1.3.3.4 Kupfer-Zink-Nickel

Nickel (Ni) ist in Kupfer-Zink-Legierungen in verhältnismäßig hohen Gehalten löslich (**Bild 5**). Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen mit etwa 9 bis 26 % Nickel werden Neusilber genannt [8]. In Mehrstofflegierungen sind dagegen nur Gehalte bis max. 3 % Nickel üblich (Bsp.: CuZn35Ni3Mn2AlPb).

Nickel verbessert die mechanischen Eigenschaften – auch bei erhöhten Temperaturen – und das Formänderungsvermögen. Es erhöht ferner die Korrosionsbeständigkeit.

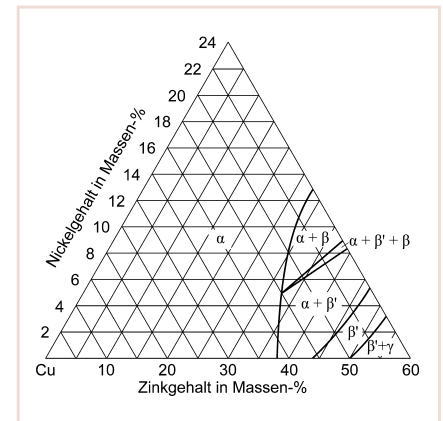


Bild 5: Cu-Zn-Ni Isothermer Schnitt bei 500°C (DKI 1916) [5]

1.3.3.5 Kupfer-Zink-Mangan

Im α -Kupfer-Zink-Mischkristall liegt die Löslichkeit von Mangan unter derjenigen von Nickel

²⁾ C69300: Werkstoffnummer nach UNS

(Bild 6). Im β -Mischkristall ist weniger Mangan löslich als im α -Mischkristall. Mehrstofflegierungen können bis etwa 5 % Mn enthalten (Bsp.: CuZn23Al6Mn4Fe3Pb). Mangan verbessert – ähnlich wie Nickel – die mechanischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit, insbesondere gegen Witterungseinflüsse (Bsp.: CuZn40Mn2Fe1). Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Aluminium und Silizium haben manganhaltige Mehrstofflegierungen einen hohen Verschleißwiderstand (Bsp.: CuZn37Mn3Al2PbSi).

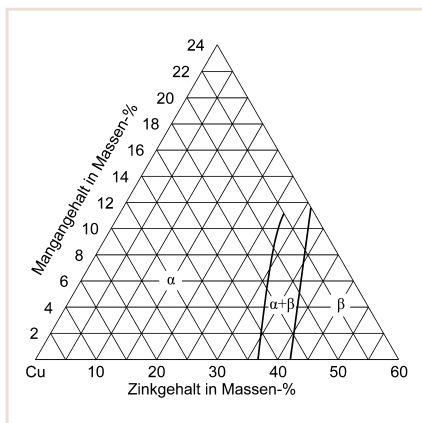


Bild 6: Cu-Zn-Mn Isothermer Schnitt bei 500°C (DKI 1920) [5]

1.3.3.6 Kupfer-Zink-Eisen

Die Löslichkeit von Eisen ist sowohl im α - als auch im β -Mischkristall sehr gering (**Bild 7**). Die Eisenlöslichkeit ist temperaturabhängig, so dass grundsätzlich die Möglichkeit der Aushärtung besteht. Davon wird jedoch in der Praxis kein Gebrauch gemacht.

Aus dem α -Mischkristall scheidet sich Eisen verhältnismäßig träge, aus dem β -Mischkristall dagegen schnell aus. In erster Linie bewirkt Eisen eine Kornfeinerung durch primär ausgeschiedene Eisenkristalle und verbessert damit die mechanischen Eigenschaften.

Die üblichen Eisengehalte liegen zwischen 0,5 bis 1,5 %, in Einzelfällen bis 3,5 % Eisen (Bsp.: CuZn23Al6Mn4Fe3Pb). Ausgeschiedenes Eisen beeinflusst die magnetischen Eigenschaften entscheidend.

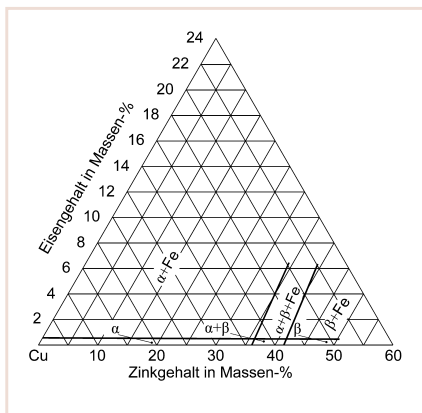


Bild 7: Cu-Zn-Fe Isothermer Schnitt bei 500°C (DKI 1921) [5]

1.3.3.7 Beimengungen und Verunreinigungen

Antimon erschwert die Kaltumformung bei tiefen Temperaturen; in CuZn30 wirken schon Gehalte von $\geq 0,015$ % Sb verspröden. In einphasigen (α) Kupfer-Zink-Legierungen vermindert Antimon die Neigung zur Entzinkung.

Arsen vermindert ebenfalls in geringen Mengen von 0,020 bis 0,15 % die Neigung der α -Phase zur Entzinkung.

Die Höhe des Arsengehaltes ist abhängig von seiner Reaktion mit anderen Elementen.

Phosphor macht bereits in kleinen Gehalten von wenigen Hundertstel Prozent die Kupfer-Zink-Schmelze dünnflüssig und erhöht – besonders zusammen mit Arsen – die Entzinkungsbeständigkeit.

Unerwünschte und z. T. vom Gesetzgeber eingeschränkte Begleitelemente sind **Cadmium, Magnesium, Schwefel, Selen, Tellur** und **Wismut**. Speziell **Wismut** erhöht bei Kupfer-Zink-Legierungen, die warmumgeformt werden, die Warmrissigkeit.

1.4 Genormte Kupfer-Zink-Legierungen

Nach **ISO 1190-1** werden die Legierungen gemäss ihrer chemischen Zusammensetzung mit dem **Kurzzeichen** CuZn und einer nachgestellten Zahl gekennzeichnet, welche den ungefähren Zinkgehalt angibt. CuZn37 enthält demnach etwa 37 % Zn und dementsprechend 63 % Cu. Die bleihaltigen

Legierungen kennzeichnet man zusätzlich mit dem nachgestellten chemischen Symbol für Blei, z.B. CuZn40Pb2 mit etwa 40 % Zn, 2 % Pb und 58 % Cu.

Bei „Mehrstofflegierungen“ folgen dem chemischen Symbol und der Prozentangabe für Zink im Kurzzeichen die Symbole der wichtigsten Legierungszusätze, z.B. CuZn28Sn1 mit 28 % Zn, 1 % Sn und 71 % Cu. Kurzzeichen für Gusslegierungen enden zusätzlich mit einem „C“ (Bsp.: CuZn15Si4-C).

Die Werkstoffbezeichnung erfolgt ebenfalls mit Werkstoffnummern, die nach DIN EN 1412 aus einer Buchstaben-Zahlen-Kombination (alpha-numerisch) bestehen. Es ist zwischen den Knetlegierungen mit „CW“ bezeichnet (Bsp.: CW500L für CuZn5) die zu Halbzeug wie Blechen, Bändern, Stangen, Rohren, Drähten usw. verarbeitet, und den Gusslegierungen mit „CC“ bezeichnet (Bsp.: CC754S für CuZn39Pb1Al1-C), aus denen Gussteile nach den verschiedensten Gießverfahren hergestellt werden, zu unterscheiden.

Für beide Gruppen sind die Zustandsbezeichnungen in DIN EN 1173 festgelegt. Die chemische Zusammensetzung, die Eigenschaften, die Lieferbedingungen und ggf. die Prüfbedingungen der Legierungen sind in den entsprechenden Produktnormen für Halbzeuge und Gusserzeugnisse definiert. Die Bezeichnungen weich, halbhart, hart usw. sowie anwendungsbezogene Bezeichnungen (**Tabelle 1**) sind nicht eindeutig und sollten deshalb nicht verwendet werden.

1.4.1 Knetlegierungen

Die in den Tabellen 7, 8 und 9 der Norm DIN CEN/TS 13388 aufgelisteten Knetlegierungen sind gemäss DIN EN 1412 in drei Gruppen eingeteilt (s. **Ausklapptabelle**):

- A Kupfer-Zink-Knetlegierungen ohne weitere Legierungselemente
- B Kupfer-Zink-Knetlegierungen mit Blei und
- C Kupfer-Zink-Knetlegierungen mit weiteren Legierungselementen (Mehrstofflegierungen).

Anwendungsbezogene- Bezeichnung	Früheres Kurzzeichen	Alte DIN Bezeichnung	DIN EN Bezeichnung
Profilmessing Architektur-Messing	Ms56	CuZn44Pb2	CuZn43Pb2
Hartmessing	Ms58	CuZn39Pb3	CuZn39Pb3
Schrauben-Messing		CuZn39Pb2	CuZn39Pb2
Automaten-Messing		CuZn40Pb2	CuZn40Pb2
Schmiede-Messing	Ms60	CuZn40	CuZn40
Muntzmetall	Ms60Pb	CuZn38Pb1,5	CuZn38Pb2
Druckmessing	Ms63	CuZn37	CuZn37
Weichmessing	Ms63Pb	CuZn37Pb0,5	CuZn37Pb0,5
		CuZn36Pb1,5	CuZn35Pb1
Halbtombak	Ms67	CuZn33	CuZn33
Lötmessing			
-	Ms72	CuZn28	CuZn28
Hellrottombak	Ms80	CuZn20	CuZn20
Mittelrottombak	Ms58	CuZn15	CuZn15
Goldtombak			
Rottombak	Ms90	CuZn10	CuZn10
Dunkelrottombak	Ms95	CuZn5	CuZn5
Baubronze	-	CuZn40Mn2	CuZn40Mn2Fe1

Tabelle 1: Anwendungsbezogene Bezeichnungen und ihre Bedeutung

In der Gruppe A unterscheidet man zweckmäßigerweise Legierungen mit einem Zinkgehalt bis 37 % und Legierungen mit über 37 % Zink. Die Legierungen mit weniger als 37 % Zink haben ein homogenes α -Gefüge. In Legierungen mit über 37 % Zink tritt zusätzlich β als zweite Phase auf, wodurch die Eigenschaften wesentlich verändert werden.

Die gleiche Einteilung ist auch für die Gruppe B üblich. Diesen Legierungen ist bis zu 3,5 % Blei zur Verbesserung der Spanbarkeit zugesetzt. Blei ist in Kupfer-Zink-Legierungen unlöslich. Die Bleieinschlüsse wirken im Gefüge als Spanbrecher.

In Gruppe C enthalten die Legierungen Zusätze von Aluminium, Zinn, Nickel,

Eisen, Silizium, Mangan usw. (s. **Ausklapptabelle**). Diese Zusätze verschieben mehr oder weniger die Phasengrenzen des Systems Kupfer-Zink; sie beeinflussen das Gefüge und die Eigenschaften. Vor allem dienen sie der Verbesserung der Festigkeit sowie der Gleit- und Verschleißigenschaften und der Korrosionsbeständigkeit.

1.4.2 Gusslegierungen

Die Gusslegierungen in der Tabelle 12.2 der Norm DIN CEN/TS 13388 kann man ebenfalls den bereits erwähnten Gruppen A, B, und C wie unter Kapitel 1.4.1 zuordnen, denn für die Herstellung von Formguss werden sowohl Kupfer-Zink-Legierungen mit 33 bis 42 % Zink und gegebenenfalls bis 3 % Blei als auch Mehrstofflegierungen verwendet. Die DIN EN-Normen machen jedoch von dieser Einteilung keinen Gebrauch.

Die Kupfer-Zink-Gusslegierungen werden ihrer Eignung entsprechend in Sand (GS)-, Kokillen (GM)-, Schleuder (GZ)-, Strang (GC)- und Druckguss (GP) eingeteilt. Bei Mehrstofflegierungen für Formguss unterscheidet man in der Praxis die Legierungen außerdem noch nach ihrem Lötverhalten und den mechanischen Eigenschaften; demnach ist zwischen aluminiumfreien, weich- und hartlötgeeigneten und hochfesten, aluminiumhaltigen Legierungen zu unterscheiden.

2. Eigenschaften der Kupfer-Zink-Legierungen

Die Eigenschaften der binären Kupfer-Zink-Legierungen ändern sich in Abhängigkeit vom Zinkgehalt im Gebiet der α -Mischkristalle relativ gleichmäßig. Bei höheren Zinkgehalten beobachtet man dagegen mit dem Auftreten von β -Mischkristallen im Gefüge meist sprunghafte Eigenschaftsänderungen. Außer dem Zinkgehalt werden die Eigenschaften vom Gehalt an weiteren Legierungselementen beeinflusst. Für bestimmte Bedarfsfälle stehen damit jeweils geeignete Legierungsvarianten zur Verfügung.

2.1 Knetlegierungen

2.1.1 Physikalische Eigenschaften

Einige wichtige Kennwerte sind für die Knetlegierungen in der **Ausklapptabelle** zusammengestellt. Die **Dichte** des reinen Kupfers beträgt bei 20 °C 8,93 g/cm³. Dieser Wert wird mit steigendem Zinkgehalt geringer. Der **Elastizitätsmodul** nimmt mit dem Zinkgehalt bis zur Grenze des α -Gebietes leicht, im ($\alpha+\beta$)-Gebiet stark ab (**Ausklapptabelle**). Ein Merkmal der Kupfer-Zink-Legierungen ist ihre ansprechende Farbe. Die Kupferfarbe ändert sich mit zunehmendem Zinkgehalt über Goldrot bei CuZn5, Goldgelb bei CuZn15 und Grünlichgelb bei CuZn28 zu einer sattgelben Tönung bei CuZn37. Mit dem Auftreten der β -Kristalle in den zweiphasigen ($\alpha+\beta$)-Kupfer-Zink-Legierungen ändert sich der Farbton ins Rötliche. Hierzu ist allerdings zu erwähnen, dass bei einer Abschätzung der Zusammensetzung aufgrund der Farbe durch Zusatz kleiner Mengen anderer Legierungselemente stark verändern kann. So ergeben z.B. geringe Zusätze von Aluminium zu CuZn40Pb2 eine grünlich-gelbe und von Mangan eine bräunliche Färbung. Das macht die Kupfer-Zink-Legierungen für Architektur und Kunst interessant.

2.1.2 Elektrische Eigenschaften

Wie **Bild 8** zeigt, fällt die elektrische Leitfähigkeit des α -Messings mit steigendem Zinkgehalt bis auf einen

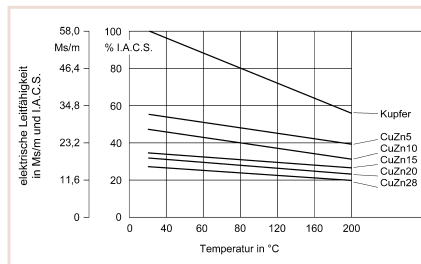


Bild 8: Elektrische Leitfähigkeit einiger Kupfer-Zink-Knetlegierungen im weichgeglühten Zustand bei Temperaturen von 20 bis 200 °C (DKI 1812) [9]

Wert von etwa 15,5 MS/m ab, CuZn5 mit einer Leitfähigkeit von immerhin noch über 33 MS/m ist ein begehrter Werkstoff für spezielle Anwendungen im Bereich des Elektromaschinenbaus.

Das Bild veranschaulicht auch den Einfluss der Temperatur auf die elektrische Leitfähigkeit einiger Legierungen. Mit zunehmendem Kaltumformungsgrad wird die elektrische Leitfähigkeit herabgesetzt (**Bild 9**).

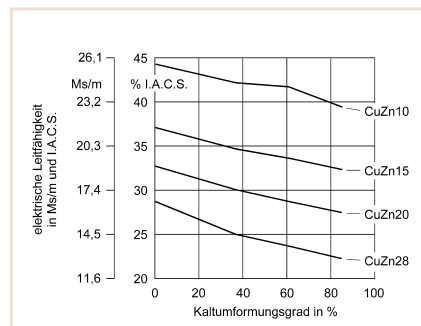


Bild 9: Einfluss des Kaltverformungsgrades auf die elektrische Leitfähigkeit einiger Kupfer-Zink-Knetlegierungen (DKI 1813) [9]

2.1.3 Thermische Eigenschaften

Die **Wärmeleitfähigkeit** nimmt mit dem Zinkgehalt ab und steigt mit der Temperatur an (**Bild 10**). Der lineare **Wärmeausdehnungskoeffizient** vergrößert sich mit dem Zinkgehalt (**Ausklapptabelle**).

Die **spezifische Wärme** ist im α -Gebiet mit 0,377 bis 0,390 J/g · K nahezu unabhängig vom Kupfergehalt. Im ($\alpha+\beta$)-Gebiet steigt sie mit wachsender Zinkkonzentration an [1].

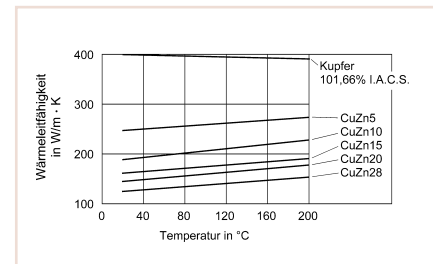


Bild 10: Wärmeleitfähigkeit einiger Kupfer-Zink-Knetlegierungen im weichgeglühten Zustand bei Temperaturen von 20 bis 200 °C (DKI 1814) [9]

2.1.4 Magnetische Eigenschaften

Eisenfreie Kupfer-Zink-Legierungen sind diamagnetisch. Die spezifische Suszeptibilität des reinen Kupfers von $-0,086 \cdot 10^{-6}$ steigt mit dem Zinkgehalt an, und zwar bis auf $-0,19 \cdot 10^{-6}$ bei CuZn43Pb2. Sie ist temperaturabhängig. Kennwerte für die Permeabilität einiger genormten Kupfer-Zink-Knetlegierungen sind in der Ausklapptabelle angegeben.

2.1.5 Mechanische Eigenschaften

Die üblichen Kupfer-Zink-Legierungen sind nicht aushärtbar. Deshalb lassen sich außer durch Legierungsverfestigung hohe Härte- und Festigkeitskennwerte nur durch Kaltumformung erreichen.

2.1.5.1 Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur

In **Bild 11** sind die Eigenschaften der Kupfer-Zink-Legierungen in Abhängigkeit vom Zinkgehalt dargestellt. Mit steigendem Zinkgehalt – bis etwa 45 % Zn – nehmen Zugfestigkeit und Brinellhärte zu. Die **Bruchdehnung** erreicht bei etwa 30 % Zn einen Höchstwert. CuZn30 ist am besten kaltumformbar. CuZn37, in Deutschland aus wirtschaftlichen Gründen die Hauptlegierung für Kaltumformung, steht jedoch CuZn30 im Kaltumformungsvermögen nur wenig nach. Bestimmte Legierungszusätze verbessern die mechanischen Eigenschaften der Kupfer-Zink-Legierungen, bei einigen Legierungen auch die Verschleiß- und

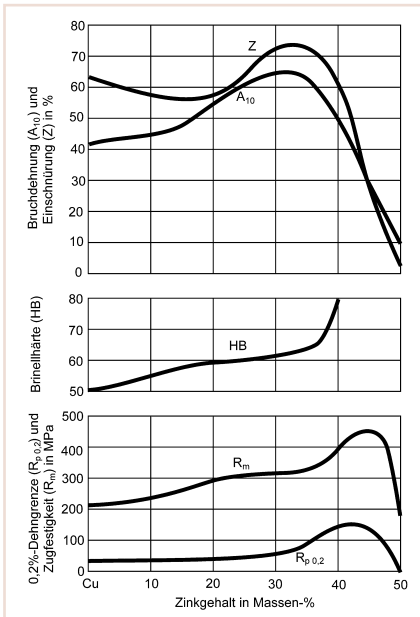


Bild 11: Mechanische Kennwerte von Kupfer-Zink-Knetlegierungen bei 20 °C im weichgeglühten Zustand in Abhängigkeit vom Zinkgehalt (DKI 3952) [5]

Gleiteigenschaften. Mit dem Kaltumformungsgrad nehmen Zugfestigkeit und Härte zu (**Bild 12**), die Bruchdehnung nimmt ab. Mechanische Eigenschaften der Kupfer-Zink-Knetlegierungen in Abhängigkeit vom Werkstoffzustand enthält die **Ausklapptabelle**. Die Zugfestigkeit der binären Kupfer-Zink-Knetlegierungen als Band oder Blech liegt je nach Zusammensetzung und Kaltumformungsgrad, welcher den Werkstoffzustand festlegt, zwischen 230 und über 610 N/mm², die Brinellhärte HB zwischen 45 bis über 180; die Vickershärte HV liegt messverfahrensbedingt geringfügig höher als die Brinellhärte.

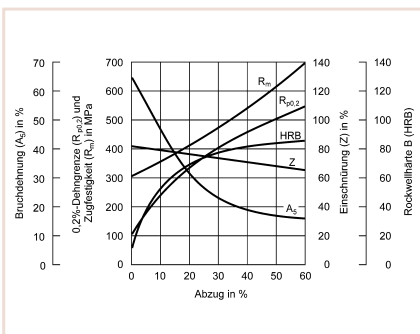


Bild 12: Mechanische Kennwerte von CuZn37 in Abhängigkeit vom Kaltziehgrad (DKI 3953) [5]

CuZn37 ist ein guter Federwerkstoff (Federeigenschaften) für Bänder und für Drähte. Einphasige α -Kupfer-Zink-Legierungen lassen sich gut tiefziehen. Die Tiefungswerte für CuZn36, R300 und CuZn37, R300 liegen je nach Blechdicke (0,3 – 2 mm) zwischen 11 – 14,3 mm. Die Dauerschwingfestigkeit wird meist als Wechselfestigkeit bestimmt.

Mit abnehmendem Kupfergehalt steigt die Wechselfestigkeit an (**Bild 13**).

Bei „Mehrstofflegierungen“ liegt die Wechselfestigkeit z.B. von CuZn37Mn3Al2PbSi zwischen 170 N/mm² im gepressten und 190 N/mm² im gezogenen Zustand [1].

Das Verhältnis von Wechselfestigkeit zur Zugfestigkeit liegt zwischen 0,26 und 0,33 in dem bei Kupferwerkstoffen üblichen Rahmen.

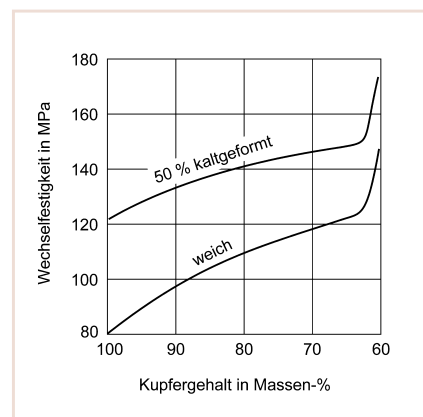


Bild 13: Wechselfestigkeit weicher und um 50% kaltgeformter Kupfer-Zink-Knetlegierungen in Abhängigkeit vom Kupfergehalt (DKI 1815) [1]

2.1.5.2 Mechanische Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen

Warmfestigkeits- und Warmdehnungskennwerte in Abhängigkeit vom Zinkgehalt für 20, 200, 300 und 400°C können **Bild 14** entnommen werden. Die Werte wurden im Kurzzeitversuch bestimmt.

Insbesondere „Mehrstofflegierungen“ haben bei erhöhten Temperaturen noch gute Eigenschaften. Das zeigt **Bild 15** am Beispiel der Knetlegierung CuZn31Si1.

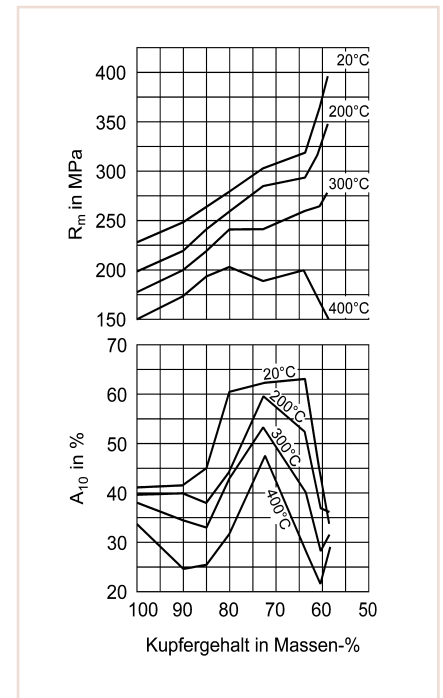


Bild 14: Warmfestigkeit und Warmdehnung der Kupfer-Zink-Legierungen in Abhängigkeit vom Zinkgehalt bis 400°C (DKI 1816) [10]

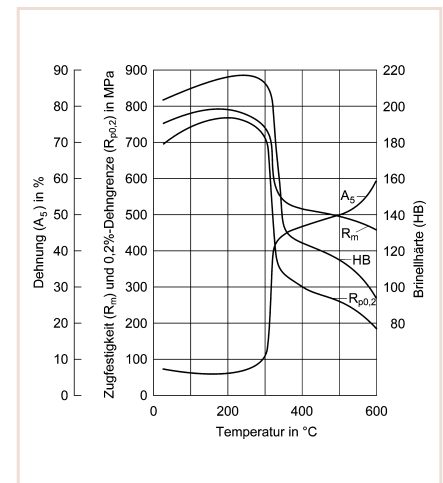


Bild 15: Warmfestigkeit von CuZn31Si1 (DKI 4425 A) [1]

Die Zeitstandfestigkeit der Kupfer-Zink-Legierungen steigt – zumindest bei niedrigen Temperaturen – mit fallendem Kupfergehalt an [11].

Aus den **Bildern 16a-d** sind die Zeitstandeigenschaften von CuZn39Pb0,5, CuZn20Al2As, CuZn28Sn1As und CuZn38AlFeNiPbSn in Abhängigkeit von der Temperatur zu ersehen.

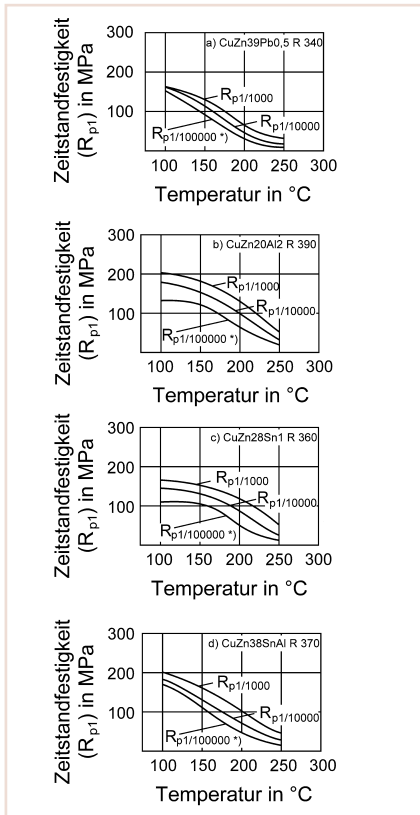


Bild 16a-d: Zeitdehnungseigenschaften einiger Kupfer-Zink-Legierungen im Temperaturbereich zwischen 100 und 250 °C (DKI 1818) [12]

2.1.5.3 Mechanische Eigenschaften bei tiefen Temperaturen

Die Eigenschaften der Kupfer-Zink-Legierungen bei tiefen Temperaturen sind am Beispiel der Knetlegierung CuZn40Mn2Fe1 aus **Bild 17** zu ersehen. Kupfer-Zink-Legierungen versprechen bei tiefen Temperaturen nicht. Dies ermöglicht ihren Einsatz als Konstruktionswerkstoffe im Tieftemperaturbereich.

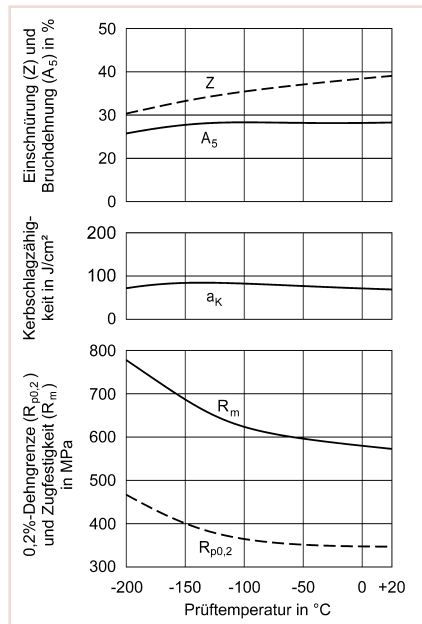


Bild 17: Mechanische Kennwerte von CuZn40Mn2Fe1 bei tiefen Temperaturen (DKI 4426) [5]

2.2 Gusslegierungen

2.2.1 Physikalische Eigenschaften

Die meisten physikalischen Eigenschaften wie Dichte, Leitfähigkeit und Ausdehnung von Kupfer-Zink-Gusslegierungen sind mit denen der Knetlegierungen im weichgeglühten und rekristallisierten Zustand vergleichbar.

2.2.2 Magnetische Eigenschaften

Eisenfreie Kupfer-Zink-Gusslegierungen sind diamagnetisch. Die spezifische Suszeptibilität des reinen Kupfers von

$-0,086 \cdot 10^{-6}$ steigt mit dem Zinkgehalt an. Sie ist temperaturabhängig. Kennwerte für die Permeabilität einiger genormten Kupfer-Zink-Gusslegierungen sind in der **Ausklapptabelle** angegeben.

2.2.3 Mechanische Eigenschaften

Die Festigkeitswerte der Kupfer-Zink-Gusslegierungen sind aus der **Ausklapptabelle** zu ersehen. Die Skala der Zugfestigkeitswerte reicht hier bis 750 N/mm². Einen erheblichen Einfluss hat das Gießverfahren, wie ein Vergleich mit den Kennwerten für Sandguss in der **Ausklapptabelle** zeigt.

2.2.3.1 Mechanische Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen

Warmfestigkeits- und Warmdehnungskennwerte in Abhängigkeit vom Zinkgehalt können wie im Kapitel 2.1.5.2 Bild 14 entnommen werden. Insbesondere „Mehrstofflegierungen“ haben bei erhöhten Temperaturen noch gute Eigenschaften. Das zeigt das **Bild 18** am Beispiel der Legierung CuZn35Al1-C.

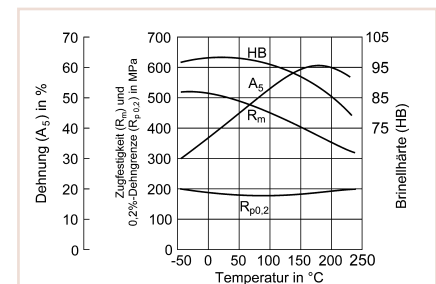


Bild 18: Warmfestigkeit von CuZn35Al1-C (DKI 1817) [5]

Werkstoffeigenschaften im Probestab (Mittelwerte)

Werkstoff-Kurzzeichen	Zugfestigkeit R _m [N/mm ²]					0,2-Grenze R _{p0,2} [N/mm ²]					Dehnung A ₅ [%]					Kerbschlagzähigkeit a _k [J/cm ²]					
	Temp. [°C]	-196	-100	-70	-40	+20	-196	-100	-70	-40	+20	-196	-100	-70	-40	+20	-196	-100	-70	-40	+20
CuZn39Pb1Al-C - GM		473	418	403	385	360	253	221	212	200	192	16,2	18,6	18,2	16,9	16,3	45	42	46	47	41
CuZn39Pb1Al-C - GP		490	435	419	411	371	324	264	275	280	241	8,0	8,7	8,8	8,6	7,2	-	-	-	-	-
CuZn40Fe1-C*)		-	-	359	341	330	-	-	-	-	-	-	-	70,6	65,4	62,0	-	-	63	61	60
CuZn34Mn3Al2Fe1-C - GS		570	-	-	-	470	280	-	-	-	220	26,0	-	-	-	39,0	-	-	-	-	-
CuZn25Al5Mn4Fe3-C - GS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-	43	47	49

Tabelle 2 Tieftemperaturverhalten verschiedener Kupfer-Zink-Gußlegierungen [13]

*Nicht genormte Legierung

2.2.3.2 Mechanische Eigenschaften bei tiefen Temperaturen

Die Festigkeitswerte der Kupfer-Zink-Legierungen bei tiefen Temperaturen sind am Beispiel einiger Gusslegierungen aus **Tabelle 2** zu ersehen. Kupfer-Zink-Legierungen verspröden bei tiefen Temperaturen nicht. Dies ermöglicht ihren Einsatz als Konstruktionswerkstoffe im Tieftemperaturbereich.

2.3 Korrosionsbeständigkeit

Die Korrosionsbeständigkeit der Kupfer-Zink-Knet- und Gusslegierungen wird in hohem Maße vom Zinkanteil bestimmt.

Die einphasige α -Legierung ähnelt im Korrosionsverhalten dem reinen Kupfer. Sie besitzt eine gute Beständigkeit gegenüber Wasser, Dampf, verschiedenen Salzlösungen und vielen organischen Flüssigkeiten.

Die β -Phase erreicht nicht die hohe Korrosionsbeständigkeit der α -Phase. Deshalb wird die zinkreichere β -Phase im heterogenen Gefüge bevorzugt angegriffen.

Die Korrosionsbeständigkeit der Kupfer-Zink-Legierungen kann durch Zusatz weiterer Legierungselemente in Mehrstofflegierungen noch verbessert werden. Z.B. wirken sich Zusätze von Nickel und Mangan vorteilhaft auf die Korrosionsbeständigkeit gegenüber der Atmosphäre und in Wässern aus. Durch Zulegieren von Elementen wie Aluminium und Zinn wird die Beständigkeit insbesondere in strömendem Meerwasser verbessert. DIN EN 12451: 1999-10 enthält mit CuZn20Al2As eine aluminiumhaltige und mit CuZn28Sn1 eine zinnhaltige Legierung zur Verwendung als Kondensator- und Wärmetauscherrohre.

CuZn20Al2 hat sich bei Kühlwässern mit Salzgehalten über 0,2 %, z.B. Meerwasser, bewährt und ist beständig gegen Erosionskorrosion bis zu Wassergeschwindigkeiten von ~ 2,5 m/s. Die Schutzschichten sind selbstheilend bei Verletzungen.

CuZn28Sn1 ist verwendbar, wenn der Gehalt des Kühlwassers an gelösten Stoffen 0,1 % nicht übersteigt und der pH-Wert des Wassers nicht unter 7 absinkt. CuZn28Sn1 ist auch beständig gegen den Angriff durch Ablagerungen und kann insbesondere bei Brackwässern als Kühlwasser bis zu Wassergeschwindigkeiten von ~ 2 m/s eingesetzt werden.

Unter bestimmten Bedingungen kann bei Kupfer-Zink-Legierungen eine spezielle Korrosionserscheinung, die sogenannte „Entzinkung“, auftreten. Diese kann flächenhaft in Form der Lagenentzinkung oder bei einem eher lokalen Angriff als sogenannte Pfropfenentzinkung auftreten.

Die Pfropfenentzinkung kann bis zum Durchbruch führen und wird deshalb als gefährlicher bewertet als die Lagenentzinkung. Unter dem Angriff des Korrosionsmittels gehen – entsprechend der Modellvorstellung des Wiederabscheidungsmechanismus – zunächst Kupfer und Zink gemeinsam in Lösung, worauf das Kupfer unmittelbar auf dem Werkstoff wieder metallisch abgeschieden wird (sog. „Zementation“). Hervorgerufen wird die Entzinkung durch Medien mit niedriger Karbonathärte und relativ hohem Chloridgehalt [13]. Während die einphasigen α -Legierungen (Zn < 37 %) erst oberhalb eines Zn-Gehaltes von 15 % mit zunehmender Zn-Konzentration zur Entzinkung neigen, sind ($\alpha+\beta$)-Legierungen in verstärktem Maße anfällig für diese Korrosionserscheinung.

Bei ($\alpha+\beta$)-Legierungen tritt ein bevorzugter Angriff mit teilweise lokaler Auflösung der Zn-reichen unedlen β -Phase auf. Ein Zusatz von 0,02 bis 0,15 % As als Inhibitor bei Knetlegierungen und bis zu 0,15 % As bei Gusslegierungen kann die Neigung der α -Legierung zur Entzinkung erheblich vermindern. Durch entsprechende Wärmebehandlung kann der β -Phasenanteil gezielt reduziert werden. Der Nachweis der Beständigkeit gegen Entzinkung wird durch Prüfung nach ISO 6509 erbracht. Die zulässigen Entzinkungstiefen sind in den entsprechenden Produktnormen festgelegt.

Ferner neigen Kupfer-Zink-Legierungen mit über 15 % Zn – wenn sie unter äußeren und/oder inneren Zugspannungen stehen – bei gleichzeitiger Einwirkung gewisser spezifischer Angriffsmittel (Ammoniak, Amine, Ammoniumsalze, Nitrit, Schwefeloxid) zur

Spannungsrissskorrosion [1].

Neben den bevorzugt entstehenden interkristallinen Rissen wurde auch transkristalline Rissausbreitung festgestellt. Durch eine sachgemäße Wärmebehandlung (Entspannungsglühen) lassen sich jedoch die inneren Spannungen ohne wesentliche Beeinträchtigung der mechanischen Eigenschaften beseitigen.

Ist nach einer Kaltumformung eine Wärmebehandlung nicht möglich, müssen spannungsrissskorrosionsunempfindliche Kupferwerkstoffe verwendet werden. Galvanische Schichten verbessern die Beständigkeit gegen Spannungsrissskorrosion, garantieren aber – besonders bei dünnen Schichten – keinen absoluten Schutz. Die Empfindlichkeit gegen Spannungsrissskorrosion wird nach DIN 50916-1/2 sowie nach ISO 6957 überprüft.

2.4 Physiologische Eigenschaften

Kupfer-Zink-Legierungen sind nicht gesundheitsschädlich. Ihre Oberflächen wirken antimikrobiell, und es können sich keine Bakterien ansiedeln. Deshalb werden aus hygienischen Gründen in Einrichtungen mit starkem Publikumsverkehr – z.B. in öffentlichen Gebäuden und Verkehrsmitteln – Türklinken, Tür- und Haltegriffe aus Kupfer-Zink-Legierung verwendet.

3. Herstellung und Verarbeitung

3.1 Knetlegierungen

Wie bei anderen Werkstoffen interessiert insbesondere die **Verarbeitbarkeit** der Kupfer-Zink-Legierungen. Die frühe Verwendung von Kupfer-Zink-Legierung lässt schon erkennen, dass bei seiner Erschmelzung und Formgebung keine besonderen Schwierigkeiten auftreten.

Die Formgebung der Halbzeuge erfolgt in der Regel durch das Gießen von Vorformaten und anschließende spanlose Umformung im festen Zustand. Bei Bedarf kann spanabhebende Bearbeitung folgen.

Für alle drei Möglichkeiten bringen Kupfer-Zink-Legierungen günstige Voraussetzungen mit (**Tabelle 3**).

In der **Tabelle 4** als Auszug der Tabelle 10 der Technischen Spezifikation DIN CEN/TS 13388 ist zu entnehmen, welche Halbzeugformen als Ausgangsmaterial für Gebrauchsgegenstände aus den genormten Kupfer-Zink-Knetlegierungen hergestellt werden können. Kupfer-Zink-Legierungen eignen sich hervorragend für Gießen, Umformen und mechanisches Bearbeiten.

Kurzzeichen	Warmumformung	Kaltumformung (weichgeglüht)	Spanbarkeit	Verbindungsarbeiten						Oberflächenbehandlung					
				Weichlöten	Hartlöten	Gas-schweißen	Lichtbogen-hand-schweißen	WIG-schweißen	Mig-schweißen	Wiederstands-schweißen	Mechanisches Polieren	Elektrochemisches Polieren	Galvanisierbarkeit	Eignung für Tauchverzinnung	
Kupfer-Zink-Legierungen ohne weitere Legierungselemente															
CuZn5	mittel	gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	gut	schlecht	gut	mittel	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	
CuZn10	mittel	gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	gut	schlecht	gut	mittel	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	
CuZn15	mittel	gut	mittel	sehr gut	sehr gut	gut	schlecht	gut	mittel	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	
CuZn20	mittel	gut	mittel	sehr gut	sehr gut	gut	schlecht	gut	mittel	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	
CuZn28	gut	sehr gut	mittel	sehr gut	sehr gut	gut	schlecht	gut	mittel	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	
CuZn30	gut	sehr gut	mittel	sehr gut	sehr gut	gut	schlecht	gut	mittel	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	
CuZn33	gut	sehr gut	mittel	sehr gut	sehr gut	gut	schlecht	gut	mittel	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	
CuZn36	gut	sehr gut	mittel	sehr gut	gut	gut	schlecht	mittel	mittel	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	
CuZn37	gut	sehr gut	mittel	sehr gut	gut	gut	schlecht	mittel	mittel	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	
CuZn40	sehr gut	mittel	mittel	sehr gut	gut	gut	schlecht	mittel	mittel	gut	sehr gut	mittel	sehr gut	sehr gut	
Kupfer-Zink-Legierungen mit Blei															
CuZn35Pb1	gut	gut	sehr gut	sehr gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	mittel	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	
CuZn37Pb0,5	gut	gut	gut	sehr gut	mittel	mittel	schlecht	mittel	mittel	mittel	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	
CuZn36Pb3	gut	gut	sehr gut	sehr gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	mittel	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	
CuZn38Pb2	sehr gut	mittel	sehr gut	sehr gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	mittel	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	
CuZn39Pb0,5	sehr gut	mittel	gut	sehr gut	mittel	mittel	schlecht	mittel	mittel	mittel	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	
CuZn39Pb2	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	mittel	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	
CuZn39Pb3	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	mittel	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	
CuZn40Pb2	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	mittel	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	
CuZn43Pb2	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	mittel	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	
Kupfer-Zink-Legierungen mit weiteren Legierungselementen															
CuZn20Al2As	mittel	mittel	mittel	schlecht	mittel	schlecht	schlecht	gut	mittel	mittel	sehr gut	schlecht	sehr gut	mittel	
CuZn23Al6Mn4Fe3Pb	gut	schlecht	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	mittel	mittel	mittel	sehr gut	schlecht	schlecht	sehr gut	
CuZn28Sn1As	gut	mittel	mittel	sehr gut	mittel	schlecht	schlecht	gut	mittel	gut	sehr gut	schlecht	sehr gut	sehr gut	
CuZn31Si1	mittel	gut	mittel	mittel	mittel	mittel	schlecht	gut	mittel	gut	sehr gut	schlecht	mittel	schlecht	
CuZn35Ni3Mn2AlPb	gut	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	schlecht	gut	mittel	gut	sehr gut	schlecht	mittel	schlecht	
CuZn38AlFeNiPbSn	gut	mittel	mittel	schlecht	mittel	schlecht	schlecht	mittel	mittel	mittel	sehr gut	schlecht	mittel	schlecht	
CuZn39Sn1	gut	mittel	mittel	mittel	gut	mittel	schlecht	gut	mittel	gut	sehr gut	schlecht	mittel	mittel	
CuZn38Mn1Al	gut	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	gut	mittel	mittel	sehr gut	schlecht	mittel	schlecht	
CuZn39Mn1AlPbSi	sehr gut	schlecht	mittel	schlecht	mittel	schlecht	mittel	mittel	schlecht	mittel	sehr gut	schlecht	mittel	schlecht	
CuZn37Mn3Al2PbSi	sehr gut	schlecht	mittel	schlecht	mittel	schlecht	mittel	mittel	schlecht	mittel	sehr gut	schlecht	mittel	schlecht	
CuZn40Mn2Fe1	gut	mittel	mittel	sehr gut	gut	mittel	mittel	mittel	schlecht	mittel	sehr gut	schlecht	gut	mittel	
CuZn40Mn1Pb1	gut	schlecht	gut	sehr gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	mittel	sehr gut	schlecht	mittel	mittel	
CuZn23Al3Co (neu!)	-	sehr gut	mittel	schlecht	-	-	-	-	mittel	gut	-	-	sehr gut	schlecht	

Tabelle 3: Hinweise für die Verarbeitung von Kupfer-Zink Knetlegierungen.

3.1.1 Schmelzen

Das Schmelzen der Kupfer-Zink-Legierungen wird vorzugsweise in induktiv beheizten Netz- oder Mittelfrequenzöfen durchgeführt. Aluminium, Blei, Kupfer, Zink und Zinn werden beim Gattieren direkt, Eisen, Mangan und Silizium in Form von 10 bis 25 %igen Vorlegierungen zugegeben. Infolge der Desoxidationswirkung des Zinks sind die Gussformate dicht und gasfrei. Dies wirkt sich auf die Halbzeugfertigung günstig aus. Zinkabbrand wird durch Abdecken der Schmelze mit trockener Holzkohle oder mit einem neutralen Schmelzmittel unterbunden.

3.1.2 Gießen

Für Halbzeuge werden entsprechende Gussrohlinge im Stranggussverfahren hergestellt. Dabei ist ein Schwundmaß von 1,5 bis 2,3% zu berücksichtigen.

3.1.3 Spanlose Umformung

Die Möglichkeit zur spanlosen Umformung von Halbzeug aus Kupfer-Zink-Legierungen ist für den Weiterverarbeiter eine der wichtigsten Eigenschaften (s. Tabelle 3). Die beste Kaltumformbarkeit besitzen Werkstoffe die etwa der Zusammensetzung von CuZn30 entsprechen. Jedoch befriedigen auch Kupferlegierungen mit niedrigeren und höheren Zinkgehalten im Bereich der einphasigen α -Legierung diesbezügliche Ansprüche der Weiterverarbeiter vollauf. Über 37 % Zn, d.h. bei den $(\alpha + \beta)$ -Legierungen, nimmt die Kaltumformbarkeit aber rasch ab. Kupfer-Zink-Legierungen mit 44 % Zink sind bei Raumtemperatur nur sehr schlecht spanlos umformbar. Oberhalb 600 °C jedoch ist ihre Umformbarkeit ausgezeichnet (Bild 19). Kupfer-Zink-Werkstoffe im Legierungsbereich des $(\alpha + \beta)$ - und β -Phase lassen sich daher besonders gut Warm Schmieden und -pressen.

Durch Warmumformung wie Strangpressen oder Warmwalzen erzeugt man aus einem Gussblock

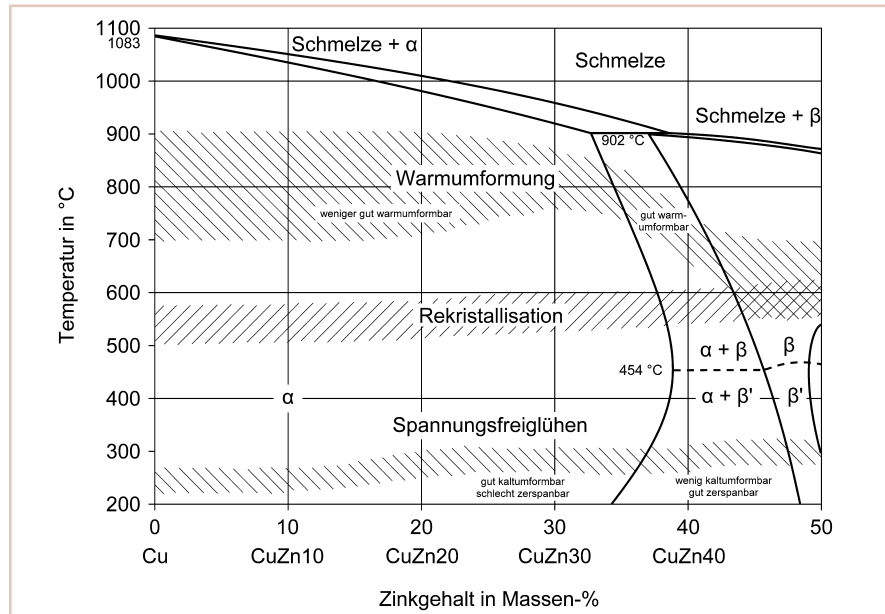


Bild 19: Bereiche für Warmumformung, Rekristallisation und Entspannungsglühen von Kupfer-Zink-Legierungen (DKI 1824)

Halbzeug in Form von Stangen, Drähten, Rohren, Blechen, Bändern und Profilen (Bild 20 und 21).

Aus Abschnitten stranggepresster Stangen sowie Profil- oder Rohrabschnitten werden Schmiedestücke durch Schmieden hergestellt (Bild 22), in meist den Werkstoff allseitig umschließenden Werkzeugen. Eine Kaltumformung des z.B. stranggepressten und warmgewalzten Vormaterials führt beim Halbzeug zu verbesserten Oberflächengüten und damit zu genaueren Abmessungen und vor allem zu höheren Festigkeitskennwerten. Durch Ziehen und Walzen im kalten Zustand steigt nämlich die Zugfestigkeit des Metalls stark an (s. Bild 12).



Bild 20: Stangen für Kugelschreiberspitzen gefertigt aus Draht CuZn39Pb3



Bild 21: Bänder aus Kupfer-Zink



Bild 22: Schmiedeteile aus CuZn40Pb2

Je nach Umformungsgrad lassen sich so verschiedene Festigkeitsstufen erreichen.

Der Werkstoffzustand wird – wie unter 1.4 ausgeführt – gemäß DIN EN 1173 durch die Angabe Festigkeitswerten, Härte, etc. gekennzeichnet. Es ist nicht jede Halbzeugabmessung in allen Festigkeitsstufen herstellbar. In den Normen sind die möglichen Festigkeitsstufen im einzelnen angegeben. Zu beachten ist, dass die durch Kaltumformung erzielte Festigkeit beim Weichglühen, bei der Warmumformung oder beim Schweißen wieder auf niedrigere Werte absinkt.

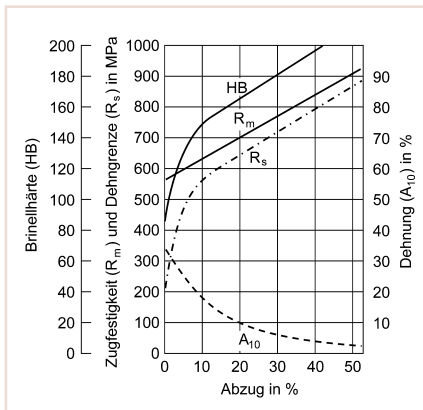


Bild 23: Kaltformbarkeit von CuZn31Si1 (68,01 % Cu, 1,09 % Si, 0,2 % Mn, Rest Zn) durch Walzen (Band von 2 mm Dicke (DKI 1832) [5])

Mit der Steigerung der Festigkeit ist stets eine Abnahme der weiteren Umformbarkeit verbunden. Hat der Verarbeiter die Absicht, das Material kalt umzuformen, muss er das Halbzeug in möglichst weichem Zustand wählen, damit die Umformbarkeit des Werkstoffs bei der weiteren Verformung nicht zu schnell erschöpft ist.

Kupfer-Zink-Legierungen können auf vielerlei Weise kalt umgeformt werden (Streck- und Tiefziehen, Fließpressen, Drücken, Stauchen, Biegen, Bördeln, Falzen, Sicken, Stanzen, Prägen, Nieten, Hämmern, Rollen und Walzen). Die in Deutschland gebräuchliche Legierung für Kaltumformungsarbeit ist CuZn37. Wird zur Umformung zu weiches, grobkörniges Blech verwendet, kann eine orangehautartige Oberfläche entstehen.

Bei geringer Umformung weicher Bleche zeigen sich bisweilen sogenannte „Fließlinien“; diese können durch Einsatz von leicht vorgeformtem Material unterdrückt werden. „Kupfer-Zink Mehrstofflegierungen“ mit überwiegendem α -Gefüge lässt sich nur schwer bzw. mäßig warmumformen. Die Kaltformbarkeit ist dagegen ausgezeichnet (**Bild 23**). „Mehrstofflegierung“ mit $(\alpha+\beta)$ -Gefüge mit hohem β -Anteil ist schlecht kalt-, jedoch gut warmformbar.

3.1.4 Wärmebehandlung

Die durch Kaltumformung erzielte Verfestigung kann durch Wärmebehandlungen (Glühungen) teilweise oder ganz aufgehoben werden. Die Weichglühtemperatur liegt je nach Legierungszusammensetzung und Kaltverformung zwischen 400 und 600°C (s. Bild 19). Zwischen 300 und 450°C kann auf verschiedene Härtegrade gegläht werden.

Bisweilen ist es erforderlich, den Werkstoff zur Vermeidung von Spannungsrissskorrosion zu entspannen. Dies wird bei Temperaturen zwischen 250 und 300°C durchgeführt. Bei schnelllaufenden Durchlauföfen kommen zum Abbau von Spannungen auch höhere Temperaturen bei entsprechend verringerten Wärmebehandlungszeiten infrage.

3.1.5 Spanabhebende Bearbeitung

Kupfer-Zink-Knetlegierungen werden häufig spanabhebend bearbeitet [14]. In solchen Fällen wird vorteilhaft die ausgezeichnete Spanbarkeit der bleihaltigen Kupfer-Zink-Legierungen, insbesondere der folgenden $(\alpha+\beta)$ -Legierungen, genutzt: **CuZn39Pb2** ist bei begrenzter Kaltumformbarkeit durch Biegen, Nieten sowie Bördeln sehr gut spanbar und für alle spanabhebenden Bearbeitungsverfahren geeignet. **CuZn39Pb3** ist am besten spanbar und die Hauptlegierung für die Bearbeitung auf Automaten.

Auch **CuZn40Pb2** ist begrenzt kaltumformbar und für alle spanabhebenden Bearbeitungsverfahren geeignet.

Die Mehrstofflegierung **CuZn40Mn1Pb1** ist eine Automatenlegierung mit guter Spanbarkeit und mittlerer Festigkeit.

3.1.6 Verbindungsverfahren

Kupfer-Zink-Legierungen lassen sich hervorragend fügen (s. Tabelle 3).

3.1.6.1 Schweißen

Beim **Schmelzschweißen** von Kupfer-Zink-Legierungen ist vor allem die Zinkausdampfung zu beachten. Bei unsachgemäßer Schweißdurchführung kann die Ausdampfung wegen des niedrigen Siedepunkts des Zinks (906°C) sehr hoch sein. Sie behindert die Sicht des Schweißens, verursacht Porosität und beeinträchtigt die Nahtformung.

Zusätzliche Schwierigkeiten bereiten die Kupfer-Zink-Legierungen mit Blei, wenn die Bleigehalte über 1 % liegen. Für solche Kupfer-Zink-Legierungen ist die Schmelzschweißbeignung wegen Schrumpfspannungen nicht mehr gewährleistet. Durch geeignete Wärmeleitung und Techniken kann dieser Einfluss gemindert werden [15].

Zum **Schmelzschweißen** sind das Gas- und WIG-Schweißen gut geeignet. Das MIG-Schweißen erfordert den Einsatz zinkfreier Schweißzusätze. Das Metall-Lichtbogenschweißen wird auch mit zinkfreien Zusätzen als nur bedingt anwendbar angesehen.

Der Zinkausdampfung begegnen alle Schmelzschweißverfahren durch Einschränkungen des Einbrandes und Vermeidung einer Überhitzung der Schweißschmelze. Es wird mit relativ milder Flamme bzw. weichem Lichtbogen geschweißt.

Beim Gasschweißen wird die Zinkausdampfung durch Oxidbildung der Schweißschmelze eingedämmt.

Zu diesem Zweck enthalten die artgleichen Schweißzusätze Silizium und Zinn (**Tabelle 5**).

Es wird mit oxidierender Flammeneinstellung geschweißt (bei Kupfer-Zink-Legierungen bis 30 %, bei Mehrstofflegierungen bis 50 % Sauerstoffüberschuss).

Zum Gasschweißen sind immer geeignete Flussmittel anzuwenden. Bei aluminiumhaltigem Mehrstofflegierungen ist ein Sauerstoffüberschuss wegen Aluminiumoxidbildung nicht zulässig.

Das *WIG-Verfahren* liefert mit artgleichen Zusätzen auch ohne abdeckende Oxidhaut eher porenarme Nähte als das Gasschweißen. Der Einsatz zinkfreier Zusätze (z.B. CuSi3Mn1, CuSn6P oder CuAl8 nach DIN EN 14640) schränkt die Zinkausdampfung weiter ein und verbessert die Festigkeitseigenschaften der Schweißverbindungen. Die Anwendung von Flussmitteln bleibt beim WIG-Schweißen auf besondere Fälle beschränkt, z.B. den Schutz der Nahtwurzel bei einseitigem Durchschweißen.

Aluminiumhaltige Mehrstofflegierungen (z.B. CuZn20Al2As) werden vorzugsweise mit hochfrequenzüberlagertem Wechselstrom ohne Flussmittel und CuAl8 als Zusatzwerkstoff WIG-geschweißt [15].

Beim Aufbringen der ersten Schweißlage aus zinkfreiem Zusatz werden tiefere Einbrände in den Grundwerkstoff am besten mit Hilfe

der Schweißblöttechnik vermieden. Dabei wird die Schweißschmelze mit dem Lichtbogen so vorwärts getrieben, dass die direkte Berührung des Lichtbogens mit dem ausdampfgefährdeten Untergrund auf den Anfang des Aufbaus der Schweißschmelze beschränkt bleibt. Das *MIG-Schweißen* erfordert zinkfreie Zusätze z.B. CuSn6P oder CuAl8 nach DIN EN 14640. Geschweißt wird am besten mit relativ dünnen Drahtelektroden, weil sich damit das Verhältnis des Einbrandes zur Abschmelzleistung zugunsten der Abschmelzleistung verschiebt.

Für das MIG-Schweißen hat die oben beschriebene Schweißblöttechnik beim Aufbringen der ersten Schweißlage erhöhte Bedeutung. Flussmittel kommen beim MIG-Schweißen von Kupfer-Zink-Legierungen nur selten zur Anwendung. Von den Strahlschweißverfahren eignet sich das Laserstrahlschweißen für Kupfer-Zink-Legierungen, wenn mit Schutzgasvorrichtungen wie einem Crossjet die Fokuseroptik vor dem ausdampfenden Zink geschützt wird. Gute Ergebnisse liegen mit Anwendungen von Festkörperlasern (Nd: YAG-Laser, Faserlaser) und Diodenlasern vor.

Das **Elektronenstrahlschweißen** kann nur an Atmosphäre (NV-EBW = Non Vacuum Electron Beam Welding) bei einem kurzen Arbeitsabstand bis max. 25 mm erfolgen, wobei ein in die Strahldüse integrierter Crossjet diese vor den Zinkausdampfungen schützt.

Das ebenfalls neue Schmelzschweißverfahren „Unterpulverschweißen“ ist für Kupfer-Zink-Legierungen nicht geeignet. Von den **Widerstandsschweißverfahren** sind das Stumpf-, Punkt- und Nahtschweißen sowie das Impuls- und Hochfrequenzschweißen gut durchführbar.

Das gleiche gilt für das Spreng-, Reib- und Diffusionsschweißen. Für geringere Wanddicken finden auch das Ultraschall- und das Kaltfließpressschweißen Anwendung.

3.1.6.2 Löten

Zum **Weichlöten** von Kupfer-Zink-Legierungen werden antimonarme Blei-Zinn- und Zinn-Blei-Weichlote mit max. etwa 0,5 % Sb eingesetzt. Zu hohe Antimongehalte im Weichlot führen zu Lötbrüchigkeit. Weichgelötet wird mit Flussmitteln des Typs 3.1.1 und 3.1.2 nach DIN EN 29454 Teil 1.

In der *Elektrotechnik* und *Elektronik* werden dünne Drähte und Lötflächen aus Messing vielfach weichgelötet. Hierfür kommen die Weichlote S-Pb50Sn50 und S-Sn60Pn40 unter Verwendung von Flussmitteln der Typen 1.1.2, 1.1.1 und 1.1.3 nach DIN EN 29454 Teil 1 bevorzugt zum Einsatz. Im *Kraftfahrzeugbau* sind zum Weichlöten von Kühlern aus Kupfer-Zink-Legierung in wassergekühlten Kraftfahrzeugen bis zu Betriebstemperaturen von 150°C die zinnarmen Weichlote S-Pb92Sn8 bis S-Pb78Sn20Sb2 nach DIN EN 29453 geeignet. Für höhere Betriebstemperaturen sind die Weichlote S-Sn95Sb5 oder S-Sn96Ag4 nach DIN EN 29453 mit Flussmitteln 3.1.1 nach DIN EN 29454 Teil 1 erforderlich.

Im Lebensmittelbereich werden anstelle von blei-, antimon- und cadmiumhaltigen Weichloten die Sonderweichlote S-Sn96Ag4 oder S-Sn97Cu3 nach DIN EN 29453 mit Flussmittel 3.1.1 nach EN 29454 Teil 1 verwendet. Zum **Hartlöten** sind Kupfer-Zink-Lote nach DIN EN 1044 nur bei kupferreichen Legierungen bedingt anwendbar [16]. Besonders geeignet sind niedrigschmelzende Silberhartlote mit Silbergehalten zwischen etwa

Schweißzusatz		Schweißverfahren		
Kurzzeichen	Nummer	Gas	WIG	MIG
Zinkhaltig				
CuZn40SnSi	Cu 6810	empfohlen	geeignet	nicht geeignet
CuZn40SnSiMn	Cu 4701	empfohlen	geeignet	nicht geeignet
Zinkfrei				
CuSn1	Cu 1898	geeignet	empfohlen	empfohlen
CuSi3Mn1	Cu 6560	nicht geeignet	empfohlen	empfohlen
CuSn6P	Cu 5180	geeignet	empfohlen	empfohlen
CuAl8	Cu 6100	nicht geeignet	empfohlen	empfohlen

Tabelle 5: Schweißzusätze nach DIN EN 14640

20 % und 40 % Ag (z.B. AG 301 nach DIN EN 1044) unter Verwendung von Flussmittel des Typs FH 10 nach DIN EN 1045. Auch beim Einsatz phosphorhaltiger Silberhartlote wird Flussmittel des Typs FH10 benötigt, weil diese Lote auf Kupfer-Zink-Legierungen nicht mehr selbstfließend sind. *Kupfer-Zink-Legierungen mit Blei* lassen sich mit niedrigfließenden Hartloten auf Ag-Cu-Zn- bzw. Ag-Cd-Cu-Zn-Basis und Flussmittel des Typs FH10 hartlöten. Durch Bleigehalte über 3 % wird die Hartlöteignung etwas beeinträchtigt.

Zum Hartlöten von *aluminiumhaltigen* Mehrstofflegierungen sind allerdings Sonderflussmittel vom Typ FL10 erforderlich. Bei Korrosionsbeanspruchung werden Silberhartlote mit höheren Silbergehalten eingesetzt.

So wird bei Meerwasserbeanspruchung von CuZn20Al2As das Silberhartlot AG 304 nach DIN EN 1044 empfohlen [17]. Auch das Silberhartlot AG 103 ist gut geeignet.

Im Lebensmittelbereich treten an die Stelle von cadmiumhaltigen Hartloten zinnhaltige Silberhartlote, z.B. AG 106 oder AG 104 nach DIN EN 1044 mit Flussmitteln des Typs FH 10 nach DIN EN 1045.

3.1.6.3 Kleben

Für das Kleben von Kupfer-Zink-Legierungen steht je nach Anwendungsfall eine Reihe von Klebstoffen zur Verfügung.

So können Kupfer-Zink-Legierungen nicht nur untereinander, sondern auch mit anderen Metallen oder nichtmetallischen Werkstoffen verbunden werden. Die Richtlinien DIN 53281, VDI/VDE 2251, Blatt 5, VDI 3821, VDI 2229 sowie der Informationsdruck „Kleben von Kupfer und Kupferlegierungen“ [18] enthalten hierzu weiterführende Angaben. Wegen ihrer guten Eignung zum Verkleben können Kupfer-Zink-Schichten auch als Haftvermittler für Gummi-Metall-Schwingelemente, für Stahldrähte in der Reifenindustrie und für kupferkaschierte Leiterplatten verwendet werden [19].

3.1.6.4 Mechanische Verbindungen

Das **Nieten** ist ein zuverlässiges mechanisches Verbindungsverfahren. Niete aus Kupfer-Zink-Legierungen – meist aus CuZn37 – werden in der Regel kalt geschlagen (Hammernietung) oder gequetscht (Quetsch- oder Pressnietung). Bei Gefahr von Spannungsrissskorrosion sollten als Nietwerkstoffe Kupfer-Zink-Legierungen mit weniger als 20 % Zn oder spannungsrissskorrosionsunempfindliche Kupferwerkstoffe verwendet werden.

Das **Schrauben** wird bei wieder lösbaren Verbindungen angewendet [20]. In DIN EN 28839 sind mit CU2 und CU3 zwei CuZn-Schraubenwerkstoffe genormt, die CuZn37 bzw. CuZn39Pb3 nach DIN CEN/TS 13388 entsprechen. Auch CuZn36 und CuZn40Pb2 werden als Schraubenwerkstoffe eingesetzt. Bei Bedarf können Bleche und Bänder aus Kupfer-Zink-Legierungen auch durch andere mechanische Verfahren, z.B. durch **Falzen** oder **Verlappen**, verbunden werden.

3.1.7 Oberflächenbehandlung

Fertigteile aus Kupfer-Zink-Legierungen werden wegen ihrer ansprechenden Eigenfarbe oft nur noch mechanisch, chemisch oder elektrochemisch behandelt. Fast alle Kupfer-Zink-Werkstoffsorten lassen sich gut mechanisch **polieren** sowie chemisch und elektrochemisch **glänzen** (Tabelle 3).

Die mit zunehmendem Zinkgehalt verbundene Legierungsverfestigung hat vor allem eine ausgezeichnete mechanische Polierfähigkeit zur Folge. Bei α/β -Legierungen kann gegebenenfalls die β -Phase das Polierbild beeinflussen.

Gereinigt und entfettet wird in organischen Lösemitteln (Vorreinigen), in alkalischen und sauren Reinigern. Mit Hilfe elektrochemischer Verfahren und durch Anwenden von Ultraschall wird der Reinigungsvorgang intensiviert und beschleunigt. **Gebeizt** wird in Salz- oder Schwefelsäurelösung, gebrannt und glanzgebrannt in Lösungen

auf Salpetersäurebasis. Diese und weitere Verfahren bietet der Markt auch in Form von Fertiglösungen und Konzentraten sowie als Salze an. Die natürliche Eigenfarbe von Kupfer-Zink-Werkstoffen bleibt lange Zeit erhalten, wenn die Oberfläche farblos **lackiert** ist. Während für Innenanwendungen (in geschlossenen Räumen) farblose Zaponlacke ausreichenden Schutz gewähren, wendet man für außen (der Atmosphäre ausgesetzte Oberflächen) hochwertige Lacke auf Kunstharzbasis (z.B. Acryl-, Polyester-, Epoxid- und Polyurethanlacke) an.

Eingefärbte Lacke führen zu besonderen Oberflächeneffekten.

Sie werden z.B. zum Abtönen von Oberflächen in Richtung Bronze- und Goldfarben aufgebracht. Insbesondere das Kunsthandwerk bedient sich gern der Oberflächenveredlung durch **chemisches Färben** oder **Emaillieren**. Chemische und elektrochemische Färbeverfahren bieten eine vielseitige Palette von Grün-, Braun-, Grau- und Schwarzttönungen [21]. Kupfer-Zink-Legierungen mit max. 10 % Zink ist emaillierbar.

Bevorzugte **Ätzqualität**, z.B. für Zifferblätter, ist CuZn36.

Überzüge aus anderen Metallen und zahlreichen Legierungen, die dekorative und funktionelle Aufgaben übernehmen sollen, werden auf Kupfer-Zink-Oberflächen stromlos (Ni) galvanisch abgeschieden. Das stromlose Verfahren gewinnt beim Vernickeln an Bedeutung. Bei sachgemäßer Vorbehandlung [22] ist einphasige α - bzw. β -Kupfer-Zink-Legierung einwandfrei galvanisierbar. Dies muss im Bereich um 37 % Zink berücksichtigt werden, denn je nach Wärmebehandlung kann dort heterogenes Gefüge vorliegen.

Zur Vorbehandlung darf bleihaltige Kupfer-Zink-Legierung nicht in Schwefelsäure gebeizt werden, denn das dabei entstehende Bleisulfat kann zu Bläschenbildung oder sogar zum Abblättern der Überzüge führen. Hier ist mit verdünnter Salpetersäure oder besser mit 10 – 20 % iger Fluoroborsäure zu beizen.

Fluoroborsäure ätzt allerdings die Oberfläche schwach an, so dass möglicherweise mechanisch nachpoliert werden muss. Schwieriger ist oft die Vorbehandlung von CuZn20Al2As, CuZn28Sn1As usw., zum Galvanisieren, die nach dem Beizen zusätzlich gebürstet werden müssen. Bei der Vorbehandlung muss – um einer Gefährdung durch Entzinkung oder Spannungsrisskorrosion zu begegnen – bei bestimmten Legierungen (z.B. CuZn39Pb3) auf die Gefahr des Überbeizens geachtet werden.

Zinnüberzüge dienen der Verbesserung der Lötbarkeit oder werden aufgetragen, wenn Oberflächen mit Nahrungs- und Genussmitteln in Berührung kommen. Neben reinen Zinnüberzügen werden auch Überzüge aus Zinn-Kupfer- und Zinn-Nickel-Legierungen eingesetzt.

Nickel und Chrom sind für Kupfer-Zink-Werkstoffen die wichtigsten Überzugmetalle. Armaturen, und Sanitärzubehör aus Kupfer-Zink-Legierungen werden hartverchromt. Edelmetalle und Edelmetall-Legierungen werden überwiegend galvanisch aufgetragen.

Sie dienen dazu, gezielt funktionelle Aufgaben zu übernehmen oder die

Korrosionsbeständigkeit zu verbessern. In der Schmuck- und Uhrenindustrie kommen Überzüge aus Silber, Gold und Platinmetallen zur Anwendung.

Bauteile aus platinierter Kupfer-Zink-Werkstoff werden in der chemischen und verfahrenstechnischen Industrie eingesetzt.

3.2 Gusslegierungen

Die frühe Verwendung von Kupfer-Zink-Legierungen lässt schon erkennen, dass bei seiner Erschmelzung und Formgebung keine besonderen Schwierigkeiten auftreten.

Die Formgebung der Gusserzeugnisse erfolgt in der Regel durch Formgießen und bei Bedarf mit zusätzlicher spanabhebender Bearbeitung. In DIN EN 1982 sind Kupfer-Zink-Gusswerkstoffe sowie deren Erzeugnisart festgelegt. **Tabelle 6** gibt einen Überblick über die Verarbeitungseigenschaften der Kupfer-Zink-Gusslegierungen.

3.2.1 Schmelzen

Das Schmelzen der Kupfer-Zink-Legierungen erfolgt mit Brennstoff oder elektrisch-widerstandsbeheizten Öfen. Induktiv beheizte Netz- oder



Bild 24: Kokillengussteile aus Kupfer-Zink-Legierung (links CuZn37Al1-C-GM, rechts CuZn38Al-C-GM)

Kurzeichen	Gießbarkeit	Spanbarkeit	Verbindungsarbeiten							Oberflächenbehandlung			
			Löten		Schweißen					Polieren		Galvanisierbarkeit	Eignung für Tauchverzinnung
			Weich	Hart	Gas	Lichtbogenhand	WIG	MIG	Widerstand	Mechanische	Elektrochemische		
CuZn15As-C	sehr gut	mittel	gut	gut	gut	mittel	gut	schlecht	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut
CuZn33Pb2-C	sehr gut	sehr gut	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut
CuZn39Pb1Al-C	sehr gut	sehr gut	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut
CuZn38Al-C	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	gut	mittel	mittel	sehr gut	gut	mittel	schlecht
CuZn37Al1-C	gut	mittel	schlecht	schlecht	mittel	schlecht	gut	mittel	mittel	sehr gut	schlecht	mittel	schlecht
CuZn35Mn2Al1Fe1-C	gut	mittel	schlecht	schlecht	mittel	schlecht	mittel	mittel	mittel	sehr gut	schlecht	mittel	schlecht
CuZn34Mn3Al2Fe1-C	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht	mittel	mittel	mittel	sehr gut	schlecht	mittel	schlecht
CuZn25Al5Mn4Fe3-C	gut	gut	schlecht	schlecht	schlecht	mittel	schlecht	mittel	sehr gut	schlecht	mittel	mittel	schlecht
CuZn16Si4-C	sehr gut	mittel	schlecht	schlecht	gut	schlecht	gut	mittel	mittel	sehr gut	mittel	mittel	schlecht

Tabelle 6: Hinweise für die Verarbeitung von Kupfer-Zink Gusslegierungen

Mittelfrequenzöfen sind ebenfalls geeignet. Aluminium, Blei, Kupfer, Zink und Zinn werden beim Gattieren direkt, Eisen, Mangan und Silizium in Form von 10 bis 25 %-igen Vorlegierungen zugegeben.

Infolge der Desoxidationswirkung des Zinks ist eine Entgasungsbehandlung nicht erforderlich. Zinkabbrand wird durch Abdecken der Schmelze unterbunden.

3.2.2 Gießen

Das Formgießen von Kupfer-Zink-Legierungen kann nach allen bekannten Formgießverfahren wie Sandguss, Kokillenguss (**Bild 24**), Druckguss, Strangguss, Schleuderguss und Formmaskenguss durchgeführt werden. Das hohe Schwindmaß der Kupfer-Zink-Legierungen ist konstruktiv insbesondere beim Formenbau zu berücksichtigen [13]. Zur Herstellung qualitativ hochwertiger Gussteile ist es wichtig, dass die Erstarrung gelenkt erfolgt und Schwindungsbehinderungen durch die starre Form auf ein Minimum reduziert werden. Auch Verbundguss (z.B. mit eingelegten Stahlteilen) lässt sich leicht herstellen.

3.2.3 Wärmebehandlung

Gussstücke werden in der Regel nur spannungsfrei gegläht. Die Glüh­temperatur beträgt ca. 350°C mit einer Zeit von ca. 2 Stunden.

Sonstige Wärmebehandlungen können analog der Wärmebehandlung beim Halbzeug (3.1.4) erfolgen.

3.2.4 Spanabhebende Bearbeitung

Von den **Gusswerkstoffen** lassen sich die bleihaltigen Legierungen am besten mechanisch bearbeiten [14].

3.2.5 Verbindungsverfahren

3.2.5.1 Schweißen

Die Kupfer-Zink-Gusslegierungen werden beim Schmelzschweißen wie die entsprechenden Knet-Legierungen behandelt.

Allerdings sind Kupfer-Zink-Gusslegierungen, insbesondere solche mit höherer Festigkeit, wärmeschock- und spannungsrissempfindlich.

Ein Vorwärmen ist nicht nur mit Rücksicht auf die Zinkausdampfung sondern auch zur Verminderung des Wärmeschocks und der Schrumpfspannungen zu empfehlen.

3.2.5.2 Löten

Kupfer-Zink-Gusslegierungen verhalten sich löftechnisch weitgehend wie die entsprechenden Knetlegierungen.

3.2.5.3 Kleben

Kupfer-Zink-Gusslegierungen verhalten sich klebtechnisch weitgehend wie die entsprechenden Knetlegierungen.

3.2.5.4 Mechanische Verbindungen

Kupfer-Zink-Gusslegierungen verhalten sich bei der mechanischen Verbindung weitgehend wie die entsprechenden Knetlegierungen.

3.2.6 Oberflächenbehandlung

Die Oberflächenbehandlung von Kupfer-Zink-Gusslegierungen erfolgt weitgehend wie bei den entsprechenden Knetlegierungen.

4. Anwendung

Die **Ausklapptabelle** gibt einen Überblick über die Verwendung der genormten Kupfer-Zink-Knetlegierungen aufgrund ihrer typischen Eigenschaften. Im **Maschinen-, Apparate-, Kraftwerks- und Fahrzeugbau (Bild 25)**



Bild 25: Teile für den Maschinenbau aus Kupfer-Zink Mehrstofflegierungen durch Schmieden und Zerspanen hergestellt

finden Kupfer-Zink-Legierungen Verwendung für Lager (**Bild 26**) und Lagergehäuse, Schaltgabeln, Synchronringe, Ventile, Drahtgewebe, Rohre, Turbinen, Schaufeln und Schaufelräder, Ölbehälter, Öl- und Schmierstoffleitungen, Rippenrohre für Wärmeübertragung, Kondensatorrohre und Kondensatorböden, als Teile von Wärmeaustauschern, Autokühler usw.



Bild 26: Kolbenaugenbuchsen gefertigt aus Rohren, CuZn31Si7

Die **Elektrotechnik** verwendet Anschlussklemmen, Armaturen für Freileitungen, Federn, Gehäuseteile, Glühlampenfassungen (**Bild 27**), Installationsmaterial, Kontakteile und -federn, Sicherungsfedern, Lötösen,



Bild 27: Lampensockel gefertigt aus Band CuZn37, vernickelt

Schalterteile, Steckverbindungen (**Bild 28**) usw. aus Kupfer-Zink-Legierungen. In der **Feinmechanik**, im **Geräte-** und im **Instrumentenbau** haben Kupfer-Zink-Legierungen für Armaturen, Brillenfassungen, chirurgische Instrumente, Steuer- und Regelgeräte, Faltenbälge, Schlauchrohre, Feldstechergehäuse, Harmonikabeschlüge, Uhrengehäuse,



Bild 28: PC-Stecker: Gehäuse gefertigt aus Band CuZn37 verzinkt, Stifte gefertigt aus Draht, CuZn38Pb2

Kameraverschlüsse, Manometerrohre, Musikinstrumente, nautische und optische Instrumente, Waagschalen, Geräteabdeckungen, Schilder, Schlagzeuge, Tachometer, Zahnräder für Uhren, Mess- und Zählwerke sowie Zifferblätter Eingang gefunden. Unentbehrlich sind Kupfer-Zink-Legierungen im **Bauwesen** für Armaturen aller Art, Beleuchtungskörper, Fassadenprofile und -verkleidungen, Zierbleche, Fensterbeschläge, -gitter und -griffe, Firmenschilder, **Fittings** für die Wasser- und Heizungsinstallation (**Bild 29 und 30**), Fußbodenleisten, Handläufe für Geländer, Türbeschläge und -griffe.



Bild 29: Wasserventil aus CuZn40Pb2, Schmiedeteile

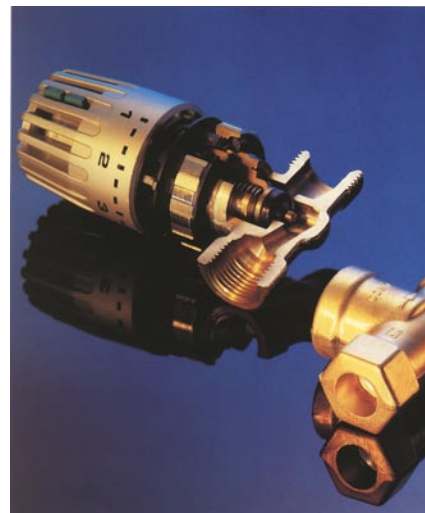


Bild 30: Heizungsregler aus CuZn40Pb2, Schmiedeteile

Der **Schiffbau** benötigt Kupfer-Zink-Legierungen für Beschläge, Bootsnägel, Flansche, Gussteile aller Art, Kompassarmaturen, Rohre für Meerwasserleitungen, meerwasserbeständige Kondensatorrohre und -platten, Meerwasserverdampfer, Schiffspropeller, Schiffskühler, Stopfbuchsen, Pumpen, Pumpenteile u.a.

Die dekorativ sehr wirksamen, goldgetönten Kupfer-Zink-Legierungen im Bereich von 5 bis 20 % haben ein vielseitiges Anwendungsgebiet in der **Schmuckwarenindustrie** gefunden (Doublé- und Modeschmuck).

Kupfer-Zink-Legierungen begegnen uns im täglichen Leben als **Haushalts-, Schmuck- und Bedarfsartikel** wie Aschenbecher, Blumentöpfe, Etais, Gongs, Kannen und andere Tafelgeräte, kunstgewerbliche Gegenstände, Lampen, Samoware, Schreibtischgarnituren, Teeglashalter, Wandteller und Zigarettenetuis. Auch Abzeichen, Armbänder, Anstecknadeln, Christbaumschmuck, Feuerzeuge, Glocken, Kugelschreiberminen, Lippenstiftgehülsen, Reißverschlüsse usw. werden aus Kupfer-Zink-Legierungen hergestellt.

Als Werkstoff für **Münzen** sind Kupfer-Zink-Legierungen in vielen Ländern in Gebrauch.

CuZn-Lote werden zum Hartlöten von Kupfer und Kupferlegierungen sowie von anderen metallischen Werkstoffen, z.B. Gusseisen und Stahl (Stahlmöbel, Automobilfertigung und -reparaturen usw.) sowie für Nickel und Nickellegierungen verwendet.

Kupfer-Zink-Pulver wird zu Formteilen gesintert und zur Herstellung von gesinterten Filtern für Gase und Flüssigkeiten eingesetzt.

Kupfer-Zink-Legierungen dienen auch als **Überzug** auf Eisen und Nichteisenmetallen. Sie werden galvanisch oder nach dem Metallspritzverfahren aufgebracht oder auch mittels Plattierverfahren aufgewalzt.

5. Literatur / Normen

Literatur

- [1] Kupfer-Zink-Legierungen (Messing und Sondermessing). Fachbuch Deutsches Kupferinstitut, Berlin 1966
- [2] A. Dick: Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen 14 (1984), S. 179; 20 (1990), S. 245
- [3] L. Guillet: Etude generale des laitons speciaux. Rev. de Met (1905), S. 97, (1906), S. 243, (1913), S. 1130, (1920) S. 484
- [4] M. Hansen: Constitution of binary alloys, S. 650. McGraw-Hill Book Co., New York 1958
- [5] H.J. Wallbaum: Kupfer. In Landolt Börnstein „Zahlenwerte und Funktionen, IV. Bd. 2. Tl., Bandtl. b, S. 639–890 Springer-Verlag, Berlin 1964
- [6] DIN 50930
- [7] Kupferwerkstoffe in der Trinkwasseranwendung – den Anforderungen an die Zukunft angepasst (Informationsdruck s196). Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf 2006
- [8] Kupfer-Nickel-Zinklegierungen (Neusilber) (Informationsdruck i014). Deutsches Kupferinstitut, Berlin
- [9] Metals Handbook. American Society for Metals, Ohio 1960
- [10] Werkstoff-Handbuch Nichteisenmetalle, Teil III Cu. VDI-Verlag, Düsseldorf 1960
- [11] H. Vosskühler: Das Zeitstandverhalten des gekneteten Messings. Metall 11 (1957), S. 381–383. Das Zeitstandverhalten der gekneteten Sondermessinge. Metall 11 (1957), S. 944–945
- [12] K. Drefahl, M. Kleinau, W. Steinkamp: Zeitstandeigenschaften und Bemessungskennwerte von Kupfer und Kupferlegierungen für den Apparatebau. Metall 36 (1982), S. 504–517
- [13] K.-H. Tastmann: Korrosion, Wiley-VCH Verlag, 2001
- [14] Richtwerte für die spanende Bearbeitung von Kupfer und Kupferlegierungen. (Informationsdruck i018). Deutsches Kupferinstitut, Berlin

- [15] Schweißen von Kupfer und Kupferlegierungen. Fachbuch. Deutsches Kupferinstitut, Berlin 1978
 - [16] W. Mahler, K.F. Zimmermann: Hartlöten von Kupfer und seinen Legierungen, Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf 1966
 - [17] Normenstelle Marine – VG 81245 T 3 (9.1978) Schweißzusatzwerkstoffe und Hartlote für die Marine
 - [18] Kleben von Kupfer und Kupferlegierungen. (Informationsdruck i007). Deutsches Kupferinstitut, Berlin
 - [19] Ch. J. Raub: Die Zukunft der galvanischen Metallabscheidung. Galvanotechnik 70 (1979), S. 295
 - [20] Schrauben und Muttern aus Kupfer-Zink-Legierungen. Informationsdruck. Deutsches Kupferinstitut, Berlin
 - [21] Chemische Färbungen von Kupfer und Kupferlegierungen. Fachbuch. Deutsches Kupferinstitut, Berlin 1974
 - [22] H. Benninghoff: Mechanische, chemische und elektrolytische Oberflächenvorbehandlung von Kupfer und Kupferlegierungen. Finish Digest (1974) H. 10
- Weitere Literatur*
- K. Dies: Kupfer und Kupferlegierungen in der Technik. Springer-Verlag, Berlin 1965
 - H. Dietrich: Eigenschaften der nichtmagnetisierbaren NE-Metalle und ihre metallkundliche Deutung. Metall 20 (1966), S. 957–974
 - Guss aus Kupfer und Kupferlegierungen – Technische Richtlinien. GDM, VDG und DKI, Düsseldorf 1997
 - Löten von Kupfer und Kupferlegierungen. (Informationsdruck i003), Deutsches Kupferinstitut, Berlin
 - Turner, M.E.D. (1966): Turnerdiagramm, zitiert in DIN 50930, Teil 5. Proc. Soc. Water Treatment and Examination 14, 1–87 ...

Normen*)

Grundnormen

- DIN CEN/TS 13388 Kupfer und Kupferlegierungen – Übersicht über Zusammensetzungen und Produkte
- DIN EN 1173 Kupfer und Kupferlegierungen – Zustandsbezeichnungen
- DIN EN 1412 Kupfer und Kupferlegierungen – Europäisches Werkstoffnummernsystem
- DIN EN 1655 Kupfer und Kupferlegierungen – Konformitätserklärungen
- DIN EN 12861 Kupfer und Kupferlegierungen – Schrotte

Gussstücke

- DIN EN 1982 Kupfer und Kupferlegierungen – Blockmetalle und Gussstücke
- DIN EN 1981 Kupfer und Kupferlegierungen – Vorlegierungen
- DIN ISO 4382-1 Gleitlager; Kupferlegierungen; Kupfer-Gusslegierungen für Massiv und Verbundlager
- DIN ISO 4383 Gleitlager; Metallische Verbundwerkstoffe für dünnwandige Gleitlager

Halbzeug

- Bleche, Bänder, etc.*
- DIN EN 1652 Kupfer und Kupferlegierungen – Platten, Bleche, Bänder, Streifen und Ronden zur allgemeinen Verwendung
- DIN EN 1654 Kupfer und Kupferlegierungen – Bänder für Feder und Steckverbinder

Rohre

- DIN EN 12449 Kupfer und Kupferlegierungen – Nahtlose Rundrohre zur allgemeinen Verwendung

Stangen, Profil, Drähte

DIN EN 12163

Kupfer und Kupferlegierungen
– Stangen zur allgemeinen
Verwendung

DIN EN 12164

Kupfer und Kupferlegierungen
– Stangen für die spanende
Bearbeitung

DIN EN 12166

Kupfer und Kupferlegierungen
– Drähte zur allgemeinen Verwendung

DIN EN 12167

Kupfer und Kupferlegierungen
– Profile und Rechteckstangen zur
allgemeinen Verwendung

DIN EN 12168

Kupfer- und Kupferlegierungen
– Hohlstangen für die spanende
Bearbeitung

Schmiedeteile

DIN EN 12165

Kupfer und Kupferlegierungen
– Vormaterial für Schmiedestücke

DIN EN 12420

Kupfer und Kupferlegierungen
– Schmiedestücke

Allgemeintoleranzen

DIN 1687-1

Gussrohnteile aus Schwermetall-
legierungen – Sandguss
– Allgemeintoleranzen,
Bearbeitungszugaben;
Nicht für Neukonstruktionen

DIN 1687-3

Gussrohnteile aus Schwermetall-
legierungen; Kokillenguss,
Allgemeintoleranzen,
Bearbeitungszugaben

DIN 1687-4

Gussrohnteile aus Schwermetall-
legierungen; Druckguss,
Allgemeintoleranzen,
Bearbeitungszugaben

Verbindungsverfahren

DIN EN 29453

Weichlote; Chemische
Zusammensetzung und Lieferformen

DIN 1707-100

Weichlote; Chemische
Zusammensetzung und Lieferformen

DIN EN 29454-1

Flussmittel zum Weichlöten,
Einteilung und Anforderungen;
Teil 1: Einteilung, Kennzeichnung
und Verpackung

DIN EN 1044

Hartlöten; Lötzusätze

DIN EN 1045

Hartlöten – Flussmittel zum Hartlöten
– Einteilung und technische
Lieferbedingungen

DIN EN 923

Klebstoffe – Benennungen und
Definitionen

DIN EN 53281-1

Prüfung von Metallklebstoffen
und Metallklebungen; Proben,
Kleblächenvorbehandlung

DIN EN 53281-2

Prüfung von Metallklebstoffen und
Metallklebungen; Proben, Herstellung

DIN EN 53281-3

Prüfung von Metallklebstoffen und
Metallklebungen; Proben, Kenndaten
des Klebvorgangs

DIN 13347

Kupfer und Kupferlegierungen
– Stangen und Drähte für Schweiß-
zusatzwerkstoffe und Fugenlote

DIN EN 14640

Schweißzusätze – Massivdrähte und
-stäbe zum Schmelzschweißen von
Kupfer und Kupferlegierungen –
Einteilung

DIN EN 28839

Mechanische Eigenschaften von
Verbindungselementen; Schrauben
und Mutter aus Nichteisenmetallen

VDI 2229

Metallkleben; Hinweise für
Konstruktion und Fertigung

VDI/VDE 2251

Feinwerkelemente; Verbindungen;
Übersicht

Weitere Normen

DIN 51215

Wickelversuch an Drähten

VDI 2229

Metallkleben

VDI/VDE 2251

Feinwerkelemente; Verbindungen

VDI 3821

Kunststoffkleben

DIN 50131

Prüfung metallischer Werkstoffe;
Schwindmaßbestimmung

VDG P 378

Gießen von Probestäben aus Kupfer-
Gusslegierungen für den Zugversuch
(Sandguss und Kokillenguss)

*) Diese Liste erhebt keinen Anspruch
auf Vollständigkeit. Gültig sind jeweils
die neuesten Ausgaben der Normen.

6. Verlagsprogramm

Dach und Wand

Verhalten von Kupferoberflächen an der Atmosphäre;
Bestell-Nr. s. 131

.....

Dachdeckung und Außenwandbekleidung mit Kupfer;
Bestell-Nr. i. 30

.....

Ausschreibungsunterlagen für Klempnerarbeiten an Dach und Fassade

.....

Blau-Lila-Färbungen an Kupferbauteilen

Sanitärinstallation

Kupfer in Regenwassernutzungsanlagen;
Bestell-Nr. s. 174

.....

Metallene Werkstoffe in der Trinkwasser-Installation;
Bestell-Nr. i. 156

.....

Die fachgerechte Kupferrohrinstallation;
Bestell-Nr. i. 158

Werkstoffe

Schwermetall-Schleuder- und Strangguss – technische und wirtschaftliche Möglichkeiten;
Bestell-Nr. s. 165

.....

Zeitstandeigenschaften und Bemessungskennwerte von Kupfer und Kupferlegierungen für den Apparatebau;
Bestell-Nr. s. 178

.....

Ergänzende Zeitstandversuche an den beiden Apparatewerkstoffen SF-Cu und CuZn20Al2;
Bestell-Nr. s. 191

.....

Einsatz CuNi10Fe1Mn plattierter Bleche für Schiffs- und Bootskörper Use of Copper-Nickel Cladding on Ship and Boat Hulls;
Bestell-Nr. s. 201

.....

Kupfer-Nickel-Bekleidung für Offshore-Plattformen Copper-Nickel Cladding for Offshore Structures;
Bestell-Nr. s. 202

Werkstoffe für Seewasser-Rohrleitungssysteme Materials for Seawater Pipeline Systems;
Bestell-Nr. s. 203

.....

Kupfer-Zink-Legierungen (Messing und Sondermessing)
Bestell-Nr. i. 5

.....

Kupfer-Aluminium-Legierungen
Bestell-Nr. i. 6

.....

Niedriglegierte Kupferwerkstoffe
Bestell-Nr. i. 8

.....

Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen (Neusilber)
Bestell-Nr. i. 13

.....

Kupfer-Nickel-Legierungen
Bestell-Nr. i. 14

.....

Kupfer-Zinn-Knetlegierungen (Zinnbronzen)
Bestell-Nr. i. 15

.....

Rohre aus Kupfer-Zink-Legierungen
Bestell-Nr. i. 21

.....

Bänder, Bleche, Streifen aus Kupfer-Zink-Legierungen
Bestell-Nr. i. 22

.....

Kupfer-Zinn- und Kupfer-Zinn-Zink-Gusslegierungen (Zinnbronzen)
Bestell-Nr. i. 25

.....

Kupfer – Das rote Metall

.....

Kupfer – Werkstoff der Menschheit

.....

Messing – Ein moderner Werkstoff mit langer Tradition

.....

Von Messing profitieren – Drehteile im Kostenvergleich

.....

Messing ja – Entzinkung muss nicht sein!

.....

Bronze – unverzichtbarer Werkstoff der Moderne

Verarbeitung

Konstruktive Gestaltung von Formgussstücken aus Kupferwerkstoffen;
Bestell-Nr. s. 133

.....

Kupfer-Zink-Legierungen für die Herstellung von Gesenkschmiedestücken;
Bestell-Nr. s. 194

.....

Kleben von Kupfer und Kupferlegierungen;
Bestell-Nr. i. 7

.....

Trennen und Verbinden von Kupfer und Kupferlegierungen;
Bestell-Nr. i. 16

.....

Richtwerte für die spanende Bearbeitung von Kupfer und Kupferlegierungen;
Bestell-Nr. i. 18

Elektrotechnik

Optimale Auswahl und Betriebsweise von Vorschaltgeräten für Leuchtstofflampen;
Bestell-Nr. s. 180

.....

Brandsichere Kabel und Leitungen;
Bestell-Nr. s. 181

.....

Verteiltransformatoren;
Bestell-Nr. s. 182

.....

Energiesparen mit Spartransformatoren;
Bestell-Nr. s. 183

.....

Wechselwirkungen von Blindstrom-Kompensationsanlagen mit Oberschwingungen;
Bestell-Nr. s. 185

.....

Sparen mit dem Sparmotor;
Bestell-Nr. s. 192

.....

Bedarfsgerechte Auswahl von Kleintransformatoren;
Bestell-Nr. s. 193

.....

Kupferwerkstoffe in der Elektrotechnik und Elektronik;
Bestell-Nr. i. 10

.....

Kupfer in der Elektrotechnik – Kabel und Leitungen

.....

Kupfer spart Energie

Umwelt / Gesundheit

Versickerung von Dachablaufwasser;
Bestell-Nr. s. 195

.....

Kupfer in kommunalen Abwässern und Klärschlämmen;
Bestell-Nr. s. 197

.....

Sachbilanz einer Ökobilanz der Kupfererzeugung und -verarbeitung;
Bestell-Nr. s. 198

.....

Sachbilanz zur Kupfererzeugung unter Berücksichtigung der Endenergien;
Bestell-Nr. s. 199

.....

Untersuchung zur Bleiabgabe der Messinglegierung CuZn39PB3 an Trinkwasser – Testverfahren nach British Standards BS 7766 and NSF Standard 61;
Bestell-Nr. s. 200

.....

Recycling von Kupferwerkstoffen;
Bestell-Nr. i. 27

.....

Kupfer und Kupferwerkstoffe ein Beitrag zur öffentlichen Gesundheitsvorsorge;
Bestell-Nr. i. 28

.....

Kupfer – der Nachhaltigkeit verpflichtet

.....

Kupfer in unserer Umwelt

.....

Natürlich Kupfer – Kupfer ökologisch gesehen

.....

Doorknobs: a source of nosocomial infection?

.....

Kupfer – Hygienischer Werkstoff

.....

Kupfer – Lebenswichtiges Spurenelement

Spezielle Themen

Kupferwerkstoffe im Kraftfahrzeugbau;
Bestell-Nr. s. 160

.....

Die Korrosionsbeständigkeit metallischer Automobilbremsleitungen – Mängelhäufigkeit in Deutschland und Schweden;
Bestell-Nr. s. 161

.....

Kupfer – Naturwissenschaften im Unterricht Chemie;
Bestell-Nr. s. 166

.....

Ammoniakanlagen und Kupferwerkstoffe?;
Bestell-Nr. s. 210

.....

Kupferwerkstoffe in Ammoniakkälteanlagen;
Bestell-Nr. s. 211

.....

Kupferrohre in der Kälte-Klimatechnik, für technische und medizinische Gase
Bestell-Nr. i. 164

DKI-Fachbücher

Kupfer

.....

Schweißen von Kupfer und Kupferlegierungen

.....

Chemische Färbungen von Kupfer und Kupferlegierungen

.....

Kupfer als Werkstoff für Wasserleitungen

.....

Kupfer in der Landwirtschaft

.....

Kupfer im Hochbau
EUR 10,00

.....

Planungsleitfaden Kupfer – Messing – Bronze
EUR 10,00

.....

Architektur und Solarthermie Dokumentation zum Architekturpreis
EUR 10,00

CD-ROM des Deutschen Kupferinstituts

Werkstoffdatenblätter
EUR 10,00

.....

Solares Heizen
EUR 10,00

.....

Faltmuster für Falzarbeiten mit Kupfer
Muster für Ausbildungsvorlagen in der Klempnertechnik
EUR 10,00

.....

Werkstofftechnik – Herstellungsverfahren
EUR 10,00

Lernprogramm

Die fachgerechte Kupferrohr-Installation
EUR 10,00

Filmdienst des DKI

Das Deutsche Kupferinstitut verleiht kostenlos die nachstehend aufgeführten Filme und Videos:

„Kupfer in unserem Leben“
Videokassette oder DVD, 20 Min.
Schutzgebühr EUR 10,00
Verleih kostenlos

.....

„Fachgerechtes Verbinden von Kupferrohren“
Lehrfilm, DVD, 15 Min.
Schutzgebühr EUR 10,00
Verleih kostenlos

.....

„Kupfer in der Klempnertechnik“
Lehrfilm, Videokassette, 15 Min.
Schutzgebühr EUR 10,00
Verleih kostenlos

.....

Sonderkonditionen für Dozenten, Studenten und Berufsschulen

Ausklapptabelle: Genormte Kupfer-Zink Knet- und Gusslegierungen (Auszug aus DIN EN 1652, DIN EN 12163, DIN EN 12164, DIN EN 12168 und DIN EN 1982)

Für die Anwendung maßgebend ist die Norm in der jeweils gültigen Fassung													
1. Normbezeichnung					2. Chemische Zusammensetzung in Gew. %								
Kurzzeichen	Werkstoff-Nummer nach DIN EN 1412	Altes Kennzeichen nach n. DIN	Alte Werkstoffnr. nach DIN	Werkstoff-Nummer nach UNS	Kupfer Cu Gew. %	Aluminium Al Gew. %	Cobalt Co Gew. %	Arsen As Gew. %	Eisen Fe Gew. %	Mangan Mn Gew. %	Nickel Ni Gew. %	Phosphor P	Blei Pb Gew. %
Knetlegierungen													
Kupfer-Zink Legierungen, Zweistofflegierungen													
CuZn5	CW500L	CuZn5	2.0220	C21000	94,0 – 96,0	< 0,02	-	-	< 0,05	-	< 0,3	-	< 0,05
CuZn10	CW501L	CuZn10	2.0230	C22000	89,0 – 91,0	< 0,02	-	-	< 0,05	-	< 0,3	-	< 0,05
CuZn15	CW502L	CuZn15	2.0240	C23000	84,0 – 86,0	< 0,02	-	-	< 0,05	-	< 0,3	-	< 0,05
CuZn20	CW503L	CuZn20	2.0250	C24000	79,0 – 81,0	< 0,02	-	-	< 0,05	-	< 0,3	-	< 0,05
CuZn28	CW504L	CuZn28	2.0261	-	71,0 – 73,0	< 0,02	-	-	< 0,05	-	< 0,3	-	< 0,05
CuZn30	CW505L	CuZn30	2.0265	C26000	69,0 – 71,0	< 0,02	-	-	< 0,05	-	< 0,3	-	< 0,05
CuZn33	CW506L	CuZn33	2.0280	C26800	66,0 – 68,0	< 0,02	-	-	< 0,05	-	< 0,3	-	< 0,05
CuZn36	CW507L	CuZn36	2.0335	C27200	63,5 – 65,5	< 0,02	-	-	< 0,05	-	< 0,3	-	< 0,05
CuZn37	CW508L	CuZn37	2.0321	C27400	62,0 – 64,0	< 0,05	-	-	< 0,1	-	< 0,3	-	< 0,1
CuZn40	CW509L	CuZn40	2.0360	C28000	59,5 – 61,5	< 0,05	-	-	< 0,2	-	< 0,3	-	< 0,3
Kupfer-Zink-Blei Legierungen													
CuZn35Pb1	CW600N	CuZn36Pb1,5	2.0331	C34000	62,5 – 64,0	< 0,05	-	-	< 0,1	-	< 0,3	-	0,8 – 1,6
CuZn36Pb2As	CW602N	CuZn36Pb1,5	2.0331	C35330	61,0 – 63,0	< 0,05	-	-	< 0,1	< 0,1	< 0,3	-	1,7 – 2,8
CuZn36Pb3	CW603N	CuZn36Pb3	2.0375	C36000	60,0 – 62,0	< 0,05	-	-	< 0,3	-	< 0,3	-	2,5 – 3,5
CuZn37Pb0,5	CW604N	CuZn37Pb0,5	2.0332	C33500	62,0 – 64,0	< 0,05	-	-	< 0,1	-	< 0,3	-	0,1 – 0,8
CuZn38Pb2	CW608N	CuZn38Pb1,5	2.0371	C35300	60,0 – 61,0	< 0,05	-	-	< 0,2	-	< 0,3	-	1,6 – 2,5
CuZn39Pb0,5	CW610N	CuZn39Pb0,5	2.0372	C36500	59,0 – 60,5	< 0,05	-	-	< 0,2	-	< 0,3	-	0,2 – 0,8
CuZn39Pb2	CW612N	CuZn39Pb2	2.0380	C37700	59,0 – 60,0	< 0,05	-	-	< 0,3	-	< 0,3	-	1,6 – 2,5
CuZn39Pb3	CW614N	CuZn39Pb3	2.0401	C38500	57,0 – 59,0	< 0,05	-	-	< 0,3	-	< 0,3	-	2,5 – 3,5
CuZn40Pb2	CW617N	CuZn40Pb2	2.0402	C37700	57,0 – 59,0	< 0,05	-	-	< 0,3	-	< 0,3	-	1,6 – 2,5
CuZn43Pb2	CW623N	CuZn44Pb2	2.0410	-	55,0 – 57,0	< 0,05	-	-	< 0,3	-	< 0,3	-	1,6 – 3,0
Kupfer-Zink Legierungen, Mehrstofflegierungen													
CuZn20Al2As	CW702R	CuZn20Al2	2.0460	C68700	76,0 – 79,0	1,8 – 2,3	-	0,02 – 0,06	< 0,07	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,05
CuZn23Al3Co	CW703R	-	-	C68800	72,0 – 75,0	3,0 – 3,8	0,25 – 0,55	-	< 0,05	-	< 0,3	-	< 0,05
CuZn23Al6Mn4Fe3Pb	CW704R	CuZn23Al6Mn4Fe3	2.0500	C67000	63,0 – 65,0	5,0 – 6,0	-	-	2 – 3,5	3,5 – 5	< 0,5	-	0,2 – 0,8
CuZn28Sn1As	CW706R	CuZn28Sn1	2.0470	C44300	70,0 – 72,5	-	-	0,02 – 0,06	< 0,07	< 0,1	< 0,1	< 0,01	< 0,05
CuZn31Si1	CW708R	CuZn31Si1	2.0490	C69800	66,0 – 70,0	-	-	-	< 0,4	-	< 0,5	-	< 0,8
CuZn35Ni3Mn2AlPb	CW710R	CuZn35Ni2	2.0540	-	58,0 – 60,0	0,3 – 1,3	-	-	< 0,5	1,5 – 2,5	2 – 3	-	0,2 – 0,8
CuZn37Mn3Al2PbSi	CW713R	CuZn40Al2	2.0550	-	57,0 – 59,0	1,3 – 2,3	-	-	< 1	1,5 – 3,0	< 1	-	0,2 – 0,8
CuZn38AlFeNiPbSn	CW715R	CuZn38SnAl	2.0525	-	59,0 – 60,7	0,1 – 0,5	-	< 0,05	0,1 – 0,4	-	0,2 – 0,5	-	0,3 – 0,7
CuZn38Mn1Al	CW716R	CuZn37Al1	2.0510	-	59,0 – 61,5	0,3 – 1,3	-	-	< 1	0,6 – 1,8	< 0,6	-	< 1,0
CuZn39Mn1AlPbSi	CW718R	CuZn40Al1	2.0561	-	57,0 – 59,0	0,3 – 1,3	-	-	< 0,5	0,8 – 1,8	< 0,5	-	0,2 – 0,8
CuZn39Sn1	CW719R	CuZn38Sn1	2.0530	C46400	59,0 – 61,0	-	-	-	< 0,1	-	< 0,2	-	< 0,2
CuZn40Mn1Pb1	CW720R	CuZn40Mn1Pb	2.0580	-	57,0 – 59,0	< 0,2	-	-	< 0,3	0,5 – 1,5	< 0,6	-	1,0 – 2,0
CuZn40Mn2Fe1	CW723R	CuZn40Mn2	2.0572	-	56,5 – 58,5	< 0,1	-	-	0,5 – 1,5	1,0 – 2,0	< 0,6	-	< 0,5
Gusslegierungen nach DIN EN 1982													
CuZn33Pb2-C-GS	CC750S	G-CuZn33Pb	2.0290.01	-	63,0 – 67,0	< 0,1	-	-	< 0,8	< 0,2	< 1,0	< 0,05	1,0 – 3,0
CuZn33Pb2-C-GZ		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CuZn39Pb1Al-C-GS	CC754S	-	-	-	58,0 – 63,0	< 0,8	-	-	< 0,7	< 0,5	< 1,0	< 0,02	0,5 – 2,5
CuZn39Pb1Al-C-GM		GK-CuZn37Pb	2.0340.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CuZn39Pb1Al-C-GZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CuZn39Pb1Al-C-GP	-	GD-CuZn37Pb	2.0340.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CuZn15As-C-GS	CC760S	G-CuZn15	2.0241.01	-	83,0 – 88,0	< 0,01	-	0,05 – 0,15	< 0,15	< 0,1	< 0,1	-	< 0,5
CuZn16Si4-C-GS	CC761S	G-CuZn15Si4	2.0492.01	C87800	78,0 – 83,0	< 0,1	-	-	< 0,6	< 0,2	< 1,0	< 0,03	< 0,8
CuZn16Si4-C-GM		GK-CuZn15Si4	2.0492.02										
CuZn16Si4-C-GZ		-	-										
CuZn16Si4-C-GP		GD-CuZn15Si4	2.0492.05										
CuZn25Al5Mn4Fe3-C-GS	CC762S	G-CuZn25Al5	2.0598.01	C86300	60,0 – 67,0	3,0 – 7,0	-	-	1,5 – 4,0	2,5 – 5,0	< 3,0	< 0,03	< 0,2
CuZn25Al5Mn4Fe3-C-GM		GK-CuZn25Al5	2.0598.02										
CuZn25Al5Mn4Fe3-C-GZ		GZ-CuZn25Al5	2.0598.03										
CuZn25Al5Mn4Fe3-C-GC		-	-										
CuZn34Mn3Al2Fe1-C-GS	CC764S	G-CuZn34Al2	2.0596.01	-	55,0 – 66,0	1,0 – 3,0	-	-	0,5 – 2,5	1,0 – 4,0	< 3,0	< 0,03	< 0,3
CuZn34Mn3Al2Fe1-C-GM		GK-CuZn34Al2	2.0596.02										
CuZn34Mn3Al2Fe1-C-GZ		GZ-CuZn34Al2	2.0596.03										
CuZn35Mn2Al1Fe1-C-GS	CC765S	G-CuZn35Al1	2.0592.01	-	57,0 – 65,0	0,5 – 2,5	-	-	0,5 – 2,0	0,5 – 3,0	< 6,0	< 0,03	< 0,5
CuZn35Mn2Al1Fe1-C-GM		GK-CuZn35Al1	2.0592.02										
CuZn35Mn2Al1Fe1-C-GZ		GZ-CuZn35Al1	2.0592.03										
CuZn35Mn2Al1Fe1-C-GC		-	-										
CuZn37Al1-C-GM	CC766S	GK-CuZn37Al1	2.0595.02	-	60,0 – 64,0	0,3 – 1,8	-	-	< 0,5	< 0,5	< 2,0	-	< 0,5
CuZn38Al1-C-GM	CC767S	GK-CuZn38Al1	2.0591.02	-	59,0 – 64,0	0,1 – 0,8	-	-	< 0,5	< 0,5	< 1,0	-	< 0,1
Hinweis: GS=Sandguss, GM=Kokillenguss, GZ=Schleuderguss, GC=Strangguss, GP=Druckguss													
Sonderlegierungen (nicht genormt)													
CuZn21Si3P	-	-	-	-	76,0	-	-	-	-	-	0,05	-	-
CuZn14Mn8Al5Si2Fe1	-	-	-	-	70,0	5,0	-	-	1,0	8,0	-	-	-
CuZn31Ni7Al4Si2Fe1	-	-	-	-	55,0	4,0	-	-	1,0	-	7,0	-	-
CuZn35Ni14Si4Pb	-	-	-	-	46,0	-	-	-	-	-	14,0	-	0,4

5. Mechanische Eigenschaften				Hinweise für die Anwendung
Zugfestigkeit R _m N/mm ²	0,2%Dehn- grenze R _{p0,2} N/mm ²	Bruchdehnung A %	Brinallhärte HB	

230 – 350	130 – 280	4 – 45	45 – 110	Installationsteile für die Elektrotechnik, für Dämpferstäbe, Metallwaren, Schmuck- und Uhrenindustrie
240 – 350	60 – 310	15 – 30	55 – 115	
240 – 360	140 – 290	4 – 45	50 – 110	Elektrotechnik, Metallwaren, Schmuck- und Uhrenindustrie, Geschosshülsen, Plattier- und Emailierwerkstoff
270 – 380	80 – 350	14 – 28	60 – 125	
260 – 420	110 – 360	4 – 36	85 – 135	Elektrotechnik, Metallwaren, Schmuckindustrie, Metallschläuche, Druckmessgeräte, Schilder, Hülsen, Federungskörper
290 – 430	100 – 390	12 – 27	75 – 135	
270 – 480	110 – 440	5 – 50	55 – 155	
300 – 450	110 – 410	10 – 27	80 – 140	Metallwaren, Schmiuckindustrie, Kraftfahrzeugelektrik, Metallschläuche, Manometer
-	-	-	-	Tiefziehteile und Hülsen aller Art, Autokühler, Musikinstrumente, Federelemente, Zifferblätter, Plattierwerkstoff für Flusstahl
310 – 460	120 – 420	10 – 27	85 – 145	Tiefziehteile, Musikinstrumente, Schlauchrohre, Federelemente, Zifferblätter, Plattierwerkstoff
270 – 490	90 – 430	9 – 50	55 – 155	
310 – 460	120 – 420	10 – 27	85 – 145	
280 – 500	110 – 450	6 – 50	55 – 155	Ätzmessing; Tiefziehteile, Metallwaren, Uhrenteile, Polierbleche, Drahtgeflecht, Kühlerbänder, Rohrniete
310 – 460	120 – 420	10 – 27	85 – 145	
300 – 560	110 – 500	3 – 48	55 – 180	Tiefziehteile, Drück- und Prägeteile, Zifferblätter
310 – 440	120 – 400	12 – 30	70 – 135	Glühlampensockel, Abspannklemmen für Freileitungen, Kontaktfedern, Metall- und Holzschrauben, Druckwalzen, Reißverschlüsse
300 – 560	110 – 500	3 – 48	55 – 180	
310 – 440	120 – 400	12 – 30	70 – 135	
340 – 480	240 – 390	6 – 43	85 – 140	Warmpressteile, Beschlag- und Schlossteile, Nippeldraht, Kondensatorböden, Uhrengehäuse
340	260	25	80	

290 – 540	200 – 490	12 – 50	60 – 170	Räder und Platinen für die Uhrenindustrie, Matrizen für die Druckindustrie, Klemmen für die Elektrotechnik, Nippel, Schrauben
280 – 370	120 – 250	12 – 30	80 – 110	Sanitärfittings
340 – 460	250 – 350	12 – 35	85 – 140	dünnwandige Strangpressprofile, z. B. Bauprofile, Handläufe, Treppenschienen, Automatendrehteile für Uhren- und Elektroindustrie, Feinmechanik und Optik
290 – 540	200 – 490	5 – 50	60 – 170	
340 – 550	240 – 490	5 – 43	75 – 170	Teile für Optik und Feinmechanik, Uhrenteile, Steckerstifte, Linienstreifen und Profile für die graphische Industrie; Armaturenteile
340 – 550	240 – 490	5 – 43	75 – 170	Steckerstifte, Armaturenteile, Niete, Kondensatorplatten, Schiffsbodenbeläge, Reißzeuge
360 – 570	270 – 510	9 – 40	90 – 180	Teile für die Feinmechanik, den Maschinen- und Apparatebau, Platinen- und Räderwerke für die Uhrenindustrie
360 – 550	150 – 420	11 – 32	8 – 20	Formdrehteile aller Art für Feinmechanik, Uhren- und Elektroindustrie
360 – 550	150 – 420	11 – 32	8 – 20	Warmpressteile, Drehteile für Feinmechanik und Optrik, Platinen und Räderwerke für Uhren, Klemmen für die Elektrotechnik
-	-	-	-	dünnwandige Strangpressprofile, z. B. Bauprofile, Handläufe, Treppenschienen, Scharnierprofile

330 – 390	90 – 240	25 – 30	70 – 105	Rohre und Rohrböden für Kondensatoren und Wärmeaustauscher; Seewasserleitungen; Rippenrohre
660 – 830	580 – 780	2 – 10	190 – 240	-
> 780	> 540	> 8	190	Konstruktionswerkstoff für hohe statische und dynamische Belastung; Konstruktionsteile aus gepressten Stangen, Profilen und Formteilen
> 360	> 140	> 45	-	Rohre, Böden und Platten für Kondensatoren und sonstige Wärmeaustauscher; Rippenrohre; Kühler in Landlagen
460 – 530	250 – 330	12 – 22	120 – 150	Lagerbuchsen, gerollte Buchsen, Führungen und sonstige Gleitelemente; dünnwandige Rohre
490 – 550	300 – 400	10 – 20	125 – 160	Apparatebau, Schiffbau, Bootswellenschrauben
540 – 640	280 – 400	5 – 15	150 – 180	Konstruktionsteile im Maschinenbau; Gleitlager, Ventillager, Ventilführungen; Getriebeteile, Kolbenringe
390 – 430	140 – 200	20 – 25	110 – 120	Apparatebau, insbesondere für Rohrböden in Kondensatoren und Wärmeaustauschern
490 – 550	210 – 280	10 – 18	125 – 155	Gleitlager, Gleitelemente
> 440	> 200	> 12	> 105	Achsschenkelbuchsen; Gleitlager, Gleitelemente; Schneckenradkränze, Zahnritzel
340 – 460	170 – 340	12 – 30	85 – 150	Rohrböden für Kondensatoren und Wärmeaustauscher, Bootsschraubenwellen, Bootsbeschläge
390 – 560	200 – 500	10 – 20	110 – 160	Wälzlagerkäfige, Automatenteile
460 – 540	270 – 320	8 – 20	115 – 155	Apparatebau, allgemeiner Maschinenbau, Armaturen, Kälteapparate, Bauwesen, Dämpferstäbe

180	70	12	45	Teile für Maschinenbau, Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik, Gehäuse für Gas- und Wasserarmaturen.
180	70	12	50	
220	80	15	65	Druck- und Kkillengussteile für Maschinenbau, Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik; Armaturen für Gas-, Wasser- und Sanitärinstallation
280	120	10	70	
280	120	10	70	
350	250	4	110	Flansche und andere Bauteile im Schiffbau, Maschinenbau, in der Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik
160	70	20	45	
400	230	10	100	Hochbeanspruchte (auch dünnwandige) Teile für Maschinen- und Schiffbau, Elektrotechnik, Feinmechanik usw.
500	300	8	130	
500	300	8	130	
530	370	5	150	für statisch sehr hoch belastete Konstruktionsteile, z. B. Gleitlager hoher Last bei niedriger Gleitgeschwindigkeit, hochbeanspruchte, langsam laufende Schneckenradkränze, Innenteile von Hochdruckarmaturen
750	450	8	180	
750	480	8	180	
750	480	5	190	
750	480	5	190	
600	250	15	140	
600	260	10	140	für statisch belastete Konstruktionsteile, Ventil- und Steuerungsteile, Sitze, Kegel
620	260	14	150	
450	170	20	110	Druckmuttern für Walzwerke und Spindelpresen, Gleitsteine, Ventil- und Steuerungsteile, Grund- und Stopfbuchsen, Schiffspropeller
475	200	18	110	
500	200	18	120	
500	200	18	120	
450	170	25	105	
380	130	30	75	Kokillengussteile für Maschinenbau, Elektrotechnik, Feinmechanik, usw. Kokillengussteile für die Elektrotechnik und den Maschinenbau

500 – 800	300 – 600	10 – 35	120 – 220	Bleifreie Zerspanungslegierung mit hoher Festigkeit und ausgezeichneter Korrosionsbeständigkeit (Entzinkung und SpRK) für Armaturen, Bauteile für Sanitärinstallation, Maschinenbau und Elektrotechnik
-	-	-	-	Bleifreie Legierung mit ausgezeichneter Verschleißbeständigkeit und Erweichungsbeständigkeit, sowie guten Notlauf Eigenschaften für Ventilführungen, Synchronringe, Getriebeteile
-	-	-	-	Sehr gute Gleitverschleiß Eigenschaften, hohe Festigkeit für Getriebeteile, Synchronringe
-	-	-	-	Sehr gute Gleitverschleiß Eigenschaften, hohe Festigkeit für Getriebeteile, Synchronringe

**Auskunfts- und Beratungsstelle
für die Verwendung von
Kupfer und Kupferlegierungen**

Am Bonnhof 5
40474 Düsseldorf
Telefon: (0211) 4 79 63 00
Telefax: (0211) 4 79 63 10
info@kupferinstitut.de

www.kupferinstitut.de

┌

┐

└

┘

