

# Anforderungen an Werkstoffe für Steckverbinder und Kontaktfedern

Tietz, V. (1)

*An die in der Elektrotechnik und in der Elektronik eingesetzten Werkstoffe werden extreme, sich teilweise widersprechende Anforderungen gestellt: hohe Festigkeit, gute Leitfähigkeit und niedriger Spannungsabfall unter erhöhten Temperaturen. Kupferlegierungen erfüllen diese Forderungen in hervorragender Weise und sind daher bestens geeignet für die Verwendung als Basismaterial in Steckverbindern und Systemträgern.*

Wo Ströme übertragen werden müssen, bieten sich Kupferlegierungen als Basismaterialien für

- Steckverbinder,
- Relaisfedern und -anschlüsse,
- Kontakt- und Schaltelemente,
- Stanzgitter sowie
- Systemträger (Leadframes) für Transistoren und integrierte Schaltkreise

an. Kupferwerkstoffe zeichnen sich durch hohe Korrosionsbeständigkeit und gute Lötbarkeit aus. Ihre Bedeutung steigt. So werden zum Beispiel in Kraftfahrzeugen bis zu 20 kg Kupfer verwendet [1].

Durch die Zunahme von elektrischen Funktionen im Kraftfahrzeug (Fensterheber, Klimaanlage, Infotainment, elektrische Bremskraft- und Lenkun-

terstützung) wird eine hohe Anzahl von Anschlüssen benötigt. Der begrenzte Einbauraum und das Bestreben, Gewicht einzusparen, zwingen zu stetiger Miniaturisierung bei den Steckern.

Das 42 Volt-Bordnetz im Kfz bietet die Voraussetzung für weitere Systeme, bei denen hohe Leistungen aufzubringen sind, zum Beispiel elektronische Bremse ("Brake-by-Wire") oder Lenkung ("Steer-by-Wire") [2].

## Anforderungen an Kupferlegierungen

An Bauteile in der Elektrotechnik/Elektronik werden besondere Anforderungen hinsichtlich der Federkraft, der Federkennlinie, der Stromübertragung, einer geringen Erwärmung und des Langzeitverhaltens gestellt. Selbstverständlich sollen die Teile auch problemlos zu fertigen sein.

Den genannten Anforderungen lassen sich die Werkstoffeigenschaften

Zugfestigkeit/Streckgrenze, E-Modul, elektrische/thermische Leitfähigkeit, Relaxationsbeständigkeit und Biegsbarkeit zuordnen (siehe Tabelle 1).

Während in früheren Jahren bei den Steckverbindern noch Messing dominierte, geht der Trend heutzutage immer mehr zu höherwertigen Werkstoffen. Zunächst wurde Bronze wegen der höheren Festigkeit favorisiert. Die zunehmende Miniaturisierung im Steckverbinderbereich und neue Anwendungen in der Mikroelektronik führen jedoch auch zu gestiegenen Anforderungen an die elektrische Leitfähigkeit.

## Eigenschaften

Auf die für die Werkstoffauswahl wichtigen Parameter (siehe Abschnitt 2) soll nachfolgend näher eingegangen werden:

Für die Auslegung federnder Bauteile hat sich in den letzten Jahren die Streckgrenze als Berechnungskriterium durchgesetzt. Sie ist ein Maß für die maximale Belastung, bei der eine bleibende plastische Verformung noch vermieden wird. Bild 1 zeigt übliche Streckgrenzen von in der Elektrotechnik eingesetzten Legierungen.

## Streckgrenze

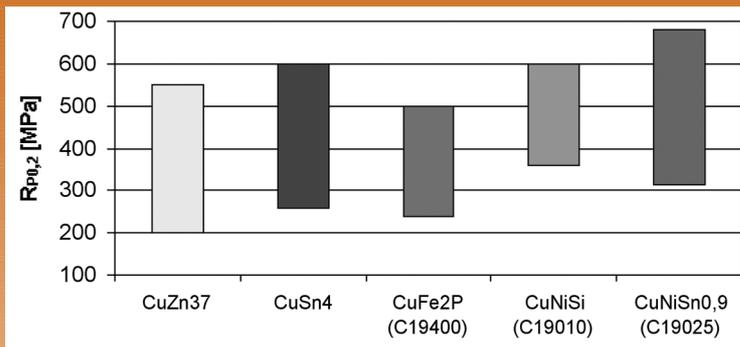
Das Legierungssystem CuNiSi zeichnet sich dadurch aus, dass es warm aushärtbar ist, während es sich bei Messing, Bronze, CuFe2P und CuNiSn0,9 um kaltverfestigende Legierungen handelt.

## E-Modul

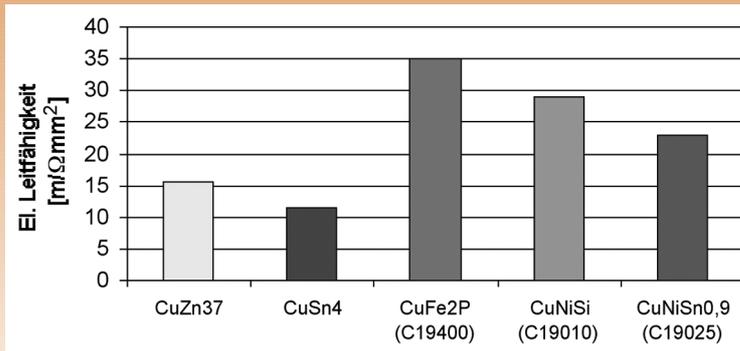
Durch den Elastizitätsmodul eines Werkstoffs wird die Federcharakteristik bestimmt. Nachfolgend die

Bauteil	Werkstoff
Federkraft	Zugfestigkeit $R_M$ / Streckgrenze $R_{p0,2}$
Federkennlinie	E-Modul
gute Stromübertragung	elektrische Leitfähigkeit
geringe Erwärmung	thermische Leitfähigkeit
geringer Abfall der Federkraft bei hohen Temperaturen und langer Einsatzdauer	niedrige Relaxation
Herstellbarkeit/Umformvermögen	Biegsbarkeit

Tabelle 1: Anforderungen – Materialeigenschaften



**Bild 1: Streckgrenzenbereiche von Cu-Legierungen**



**Bild 2: Elektrische Leitfähigkeit von Cu-Legierungen**

Werte für einige ausgewählte Werkstoffe:

-  Messing 110-115 kN/mm<sup>2</sup>
-  Bronze 115-118 kN/mm<sup>2</sup>
-  CuFe2P 123 kN/mm<sup>2</sup>
-  CuNiSi 127 kN/mm<sup>2</sup>
-  CuNiSn 130 kN/mm<sup>2</sup>.

Hier zeigt sich ein Trend von Messing hin zu CuNiSi und CuNiSn. Der höhere E-Modul begünstigt die Miniaturisierung von Bauteilen.

### Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit wird bei der Auswahl eines Werkstoffs von immer größerer Bedeutung – durch höhere zu übertragenden Leistungen und den zunehmenden Miniaturisierungsgrad.

Durch eine hohe elektrische Leitfähigkeit soll vermieden werden, dass sich das Bauteil übermäßig erwärmt. Die entstandene Wärme ist gleichzeitig schnell abzuführen. Dies wird durch eine entsprechend hohe thermische Leitfähigkeit sichergestellt. Zwischen elektrischer und

thermischer Leitfähigkeit besteht eine lineare Beziehung.

C19400 ist ein Standardwerkstoff für Halbleiterträger. Bei federnden Bauteilen hat er sich wegen der geringen Festigkeit nicht durchsetzen können. Er wurde wegen der Leitfähigkeit vorübergehend eingesetzt, wird aber zunehmend durch CuNiSi und – seit kurzem – auch durch CuNiSn abgelöst.

### Relaxation

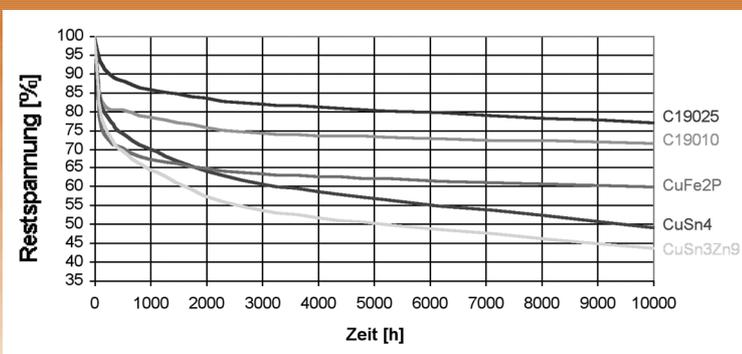
Unter Relaxation versteht man den Abfall der Federkraft eines Bauteils bei Belastung und in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit. Die Relaxation beschleunigt sich bei erhöhter Temperatur. Im Automobilbereich werden, zum Beispiel im Motorraum, bereits Temperaturen von 150 °C und darüber erreicht [3].

Bei Zink-haltigen Werkstoffen fällt die Federspannung stärker ab als bei Sn-haltigen Legierungen. Ni-haltige Werkstoffe verhalten sich am besten.

### Biegebarkeit

Ein wichtiges Kriterium für die Auswahl eines Werkstoffes ist die Verformbarkeit. In der Regel werden hierunter die Biegeeigenschaften verstanden. Während bei einer Streckgrenze um 550 N/mm<sup>2</sup> und Biegung um 90°, Biegekante rechtwinklig zur Walzrichtung – also in der günstigen Richtung ("good way") – der Biegeradius sowohl bei CuZn30 [4] als auch bei CuSn4 [5] und CuNiSi gleich der Banddicke ist, lassen sich bei Biegungen in der ungünstigen Richtung ("bad way") – parallel zur Walzrichtung deutliche Unterschiede feststellen (siehe Tabelle 2).

CuFe2P fällt hier ab, weil eine Streckgrenze von 550 N/mm<sup>2</sup> nicht erreichbar ist. Hier muss ein deutlich niedriger Festigkeitszustand gewählt werden. In der Regel wird die Federkraft bei Steckverbindern aus die-



**Bild 3: Spannungsrelaxation**

Werkstoff	Biegebarkeit 90°	
	r = 1 x s	zur Walzrichtung
CuZn30	r = 1 x s	r = 3 x s
CuSn4	r = 1 x s	r = 2 x s
CuNiSi (C19010)	r = 1 x s	r = 2 x s
CuNiSn (C19025)	r = 0,8 x s	r = 2 x s

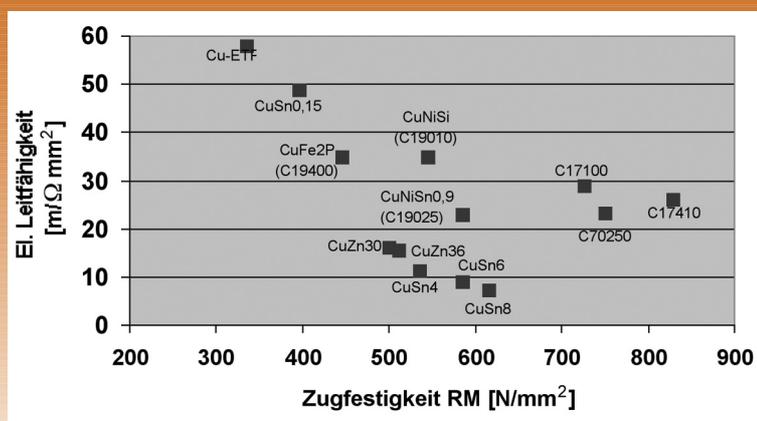
**Tabelle 2: Biegebarkeit von Cu-Legierungen,  $R_{p0,2}$  ca. 550 MPa, r = Biegeradius, s = Banddicke**

sem Werkstoff durch eine zusätzliche Stahlüberfeder aufgebracht.

### Ausblick

Es ist damit zu rechnen, dass die Anforderungen an die Bauteile und damit an das Material weiter steigen. Die Einsatztemperaturen werden zunehmen (im Automobilsektor diskutiert man bereits Temperaturen von 200 °C) und durch die Miniaturisierung wird eine erhöhte mechanische Belastung hervorgerufen. Der Bedarf an CuNiSi wird steigen. Zudem stehen Umweltaspekte und damit die Recyclingfähigkeit von Materialien immer mehr im Focus. Hier sind Sn-haltige Werkstoffe wie das neu auf den Markt gekommene CuNiSn von Vorteil. Des-

halb messen wir diesem Werkstoff eine steigende Bedeutung bei.



**Bild 3: Kupferwerkstoffe für die Elektrotechnik/Elektronik**

### Literatur

- [1] N.N., Rückführung und Substitution von Kupfer im Kraftfahrzeugbereich, FAT-Schriftenreihe Nr. 11, Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT), Frankfurt, 1979
- [2] A.-M. Schäfer, M. Pohl, Chancen durch neue Technologien, Automobil-Entwicklung, Januar 2001
- [3] A. Bögel, Neuere Bandwerkstoffe aus Kupferlegierungen für Steckverbinder und Halbleiterträger, Blech Rohre Profile 39 (1992)
- [4] DIN EN 1654 Bänder für Federn und Steckverbinder, Tab. 2, 27
- [5] DIN EN 1654 Bänder für Federn und Steckverbinder, Tab. 2, 22

(1) V. Tietz, Gebr. Kemper GmbH + Co. KG, Olpe

### Historische Metallverarbeitung: Schlosserarbeiten in Kupfer

Das Bauen mit Kupfer betrifft in der Regel zwei Bereiche: Moderne Repräsentations- und Wohnbauten sowie die Restaurierung historischer Bausubstanz, die Kupferteile beinhaltet. Nicht immer sind dies nur Dächer, sondern auch Arbeiten, die einst von Kunstschlossern gefertigt wurden, wie beispielsweise Geländer, Leuchter, Wetterfahnen oder Verzierungen. Oft ist das Wissen über damaligen Handwerkstechniken heute nicht mehr vorhanden. Abhilfe schaffen hervorragend gedruckte Reprints historischer Handwerkerschriften, die der Verlag Th. Schäfer, Hannover, seit einiger Zeit veröffentlicht. Erhältlich sind hier auch drei Bücher zu Schlosserarbeiten, die sich durch umfassende Beschreibungen und zahlreiche Grafiken aus-

zeichnen. Max Metzger, seinerzeit Prof. in Lübeck, gibt in dem 1924 erstmals erschienenen Lehrbuch „Die Kunstschlosserei“ eine umfassende Darstellung des Kunstschlosserbetriebes. Neben Ausführungen zur Verarbeitung von Eisen finden sich Aufzeichnungen zur Materialkunde von Kupfer, Messing, Aluminium, Aluminiumbronze, Duran- und Deltametall, aber auch von Blei, Zink und Zinn. Ein spezielles Kapitel befasst sich mit der Bearbeitung von Messing, Kupfer und Bronze. Vom selben Autor erschien im Jahr 1924 die „Stilkunde für Kunstschlosser“, die ebenfalls wieder aufgelegt wurde. Hier befasst sich der Autor eingehend mit der Gestaltung von Ornamenten und Stilarten. Bereits im 1897 erschien „Das Schlos-

serbuch“ von Theodor Krauth und Franz Sales Meyer. Es beinhaltet die Verarbeitung von Schmiedeeisen, Kupfer, Messing und Deltametall. Der Leser findet hier umfassende Beschreibungen zu Bearbeitung und Behandlung der Metalle, zu Zierformen und Stilen aber auch zu Schlossarten, Beschlügen, Toren und Türen sowie Wetterfahnen und auch Blitzableitern.

Alle drei Bücher: Verlag Th. Schäfer, Hannover  
 Das Schlosser-Buch: ISBN: 3-88746-005-7, Bestellnr.: 2211, 30.00 EUR, 432 S.  
 Stilkunde für Kunstschlosser: ISBN: 3-88746-381-1 Bestellnr.: 2223, 154 S.  
 Die Kunstschlosserei: ISBN: 3-88746-135-5, Bestellnr.: 2214, 543 S.