

Kupfer im Automobilbau – Anwendungen und Randbedingungen

Hoock, R. (1)

Nach Stahl und Aluminium ist Kupfer das dritthäufigste Metall im aktuellen PKW-Bau, gefolgt von Blei (z. B. Batterie), Zink, Magnesium, Chrom und Nickel. Kupfer ist ein für den Automobilbau unverzichtbarer Werkstoff, der vor allem für elektrische Leitzwecke, zu Wärmeleit-zwecken aber auch in einer Vielzahl von Teilen in Form von Kupferlegierungen und als Legierungselement z.B. für die Aluminiumlegierung G-AlSi9Cu3 eingesetzt wird.

Der durchschnittliche Kupferanteil in einem Fahrzeug ist von 1975 [16] bis heute um rund 50% gestiegen.

Laut ACEA [17] erfolgte im Jahr 2006 mit einer Menge von 15,36 Millionen PKW in der EU ein Drittel aller globalen Neuzulassungen. In Bezug auf den Werkstoff Kupfer ergibt sich bei einem durchschnittlichen Kupferanteil von 20 kg pro Fahrzeug hieraus ein Kupferbedarf von rund 300.000 t. Dies

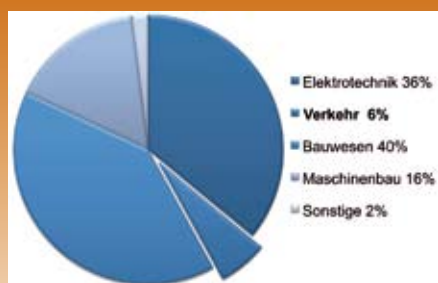


Bild 1: Kupferbedarf Verkehrssektor 2006 (alle Branchen) Quelle DKI / IWCC; Angaben in Prozent

entspricht einem Anteil von rund 2 % der jährlichen globalen Kupferminenproduktion von 2006 mit rund 15 Mio. t [18]. Insgesamt entfallen auf den gesamten Verkehrssektor lt. IWCC rund 6 % des globalen Kupferbedarfs (Bild 1). Nach Schätzungen aus den USA (USGS geological survey) liegt die statische Reichweite der bekannten Kupfervorräte bei rund 50 Jahren. Bei

ausreichender Primärproduktion ist somit innerhalb der nächsten Jahre keine Kupferverknappung zu erwarten [8, 9].

In der aktuellen BMW 3er Limousine (318i Modelljahr 2007) sind beispielsweise einschließlich von Kupfer als Legierungs- und

Begleitelement rund 29 kg Kupfer verbaut. Das entspricht etwa einem Gewichtsanteil von 2,0 %. Die größte kupferhaltige Komponente ist hierbei der Hauptkabelbaum, der mit 19,5 kg Kupfer allein schon 70 % des Kupferanteils ausmacht (Bild 2 zeigt schematisiert, wie sich ein Kabelbaum über ein gesamtes Fahrzeug hin ausdehnt). Weitere rund 5,5 kg bzw. rund 20 % Kupferanteil bei diesem Modell entfallen auf den Motor.

Hierbei werden wiederum 3,2 kg unlegiertes Kupfer z.B. in Generator, Starter (s. Bild 3), Kühlmodul (Lüfter) und motorspezifischen Kabeln, ca. 1,1 kg als Legierungselement in Aluminium, 0,35 kg als Legierungselement für die Legierung CuZn40 sowie 0,85 kg Kupfer in verschiedenen anderen Legierungen wie z.B. CuSn4,

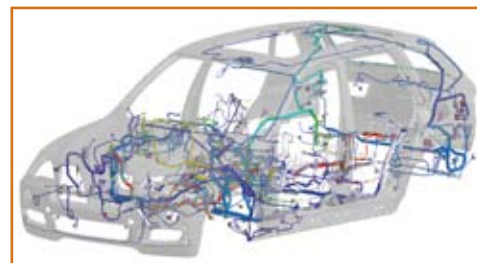


Bild 2: Anwendungsbeispiel Kabelbaum

CuSn6Ni6, CuZn37, CuNiSi, CuZn40Al2 und CuZn38Pb2 verwendet.

Eine weitere Komponente mit größerem Kupferanteil stellt das Heizklimagerät dar, das rund 0,5 kg Kupfer enthält. Die verbleibenden rund 3,5 kg Kupfer verteilen sich auf eine größere Anzahl von Bauteilen, wobei wiederum gut eine Hälfte auf Nicht Kupfer-Legierungen und die andere Hälfte auf zahlreiche spezielle Kupferlegierungen entfallen, die z.B. für Sinterwerkstoffe, Bronzen, Messing oder spezielle Lagermaterialien eingesetzt werden. Vielfach sind diese speziellen High Tech Legierungen unverzichtbare Problemlöser, ohne deren Einsatz ein Fahrzeug rasch zum „Stehezeug“ werden könnte.

Der Kupferanteil in Automobilelektronik wird oft überschätzt. Er liegt

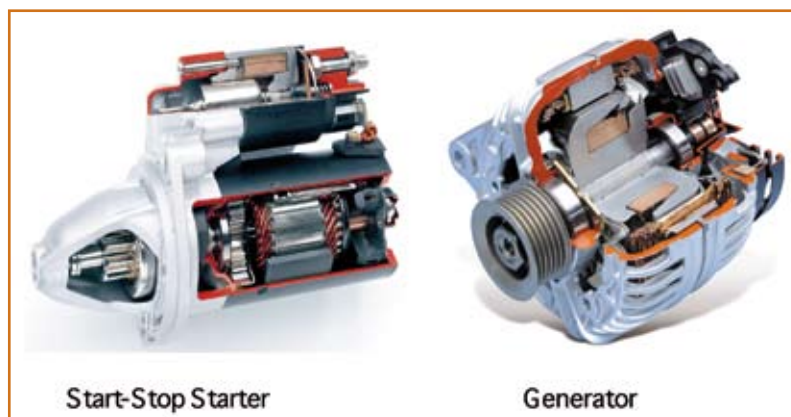


Bild 3: Beispiele für Kupferanwendungen im Antriebsbereich (Bilder Robert BOSCH)

Werkstoff	Anwendungsbeispiele KFZ Elektrik u. Elektronik	Halbzeugform
Cu-ETP, Cu-FRHC	El. Leitungen wie z.B. Kabelbaum, diverse Elektromotoren z.B. für Pumpen, Fensterheber, Lüfter, Klimatisierung; Generator, Starter, (Zünd)-Spulen, Relais	Lackdraht
Cu-PHC/Cu-HCP, Cu-Ni44, CuNi30Fe2Mn2, CuNi9Sn2	Elektrische Kontakte	Mikroprofile, plattiert
CuSn, CuSn6, CuZn, CuNiZn-, CuBe-Leg., CuNi1Si, CuCrTiSi, CuMg, CuZn38Pb1, CuNi18Zn20	Kontaktfedern, Steckverbinder	Bleche, Profile
CuZn15	Trägerwerkstoff für KFZ-Elektrik z.B. Schalter	Bleche, Rohre, Profile
CuZn37, CuSn0,15, CuMg, CuSn4, CuSn4, CuSn0,15, CuZn 0,5, CuZn30	Zentralelektrik, Halbleitermontagerahmen (Leadframe); Steckverbinder, Stanzbiegeteile	Bleche, Band
CuFe2P	Leiterbahn für Kfz-Zentralelektrik, Kontakt- und Schaltelemente für Elektronik und Elektrotechnik, Systemträger für elektronische Bauteile	Bleche, Band

Tabelle 1: Kupfer Anwendungsbeispiele KFZ-Elektrik und -Elektronik
Quellen: [25], [26]; ergänzt um eigene Daten

bei lediglich 6 Gew.% [19]. Unter Automobilelektronik ist hierbei die reine bestückte Platine ohne Stecker und Gehäuse zu verstehen. Die Tabellen 1 und 2 geben Beispiele für im Automobilbau verwendete Kupferlegierungen.

Leitfähigkeit und Randbedingungen

Für den Automobilbau sind zuverlässige, leichte und wirtschaftliche Werkstoffe erforderlich, die möglichst wenig Bauraum bei den daraus hergestellten Komponenten erfordern. In Bezug auf die elektrische Leitfähigkeit sind deshalb Werkstoffe im Fokus, die bei möglichst geringem Gewicht eine hohe Stromtragfähigkeit aufweisen.

Die Diagramme 1 bis 3 geben einen Überblick über die Beziehungen zwischen den verschiedenen, für die Spannungs- und Stromversorgung als Leiterwerkstoffe infrage kommenden Elemente [20].

Silber und Kupfer sind die besten elektrischen Leiter bei Raumtemperatur und bei gegebener Form.

Aus Kostengründen kommen Silber und Gold als Materialien für massive Leiter in der Regel nicht in Frage. Bei Magnesium und Natrium ist es bislang nicht gelungen, technisch brauchbare Kabel herzustellen. Somit stehen Kupfer und Aluminium allein im Wettbewerb für leitfähige Werkstoffe.

Innerhalb der letzten fünf Jahre hat sich der Kupferpreis mehr als verdreifacht und der Aluminiumpreis nahezu verdoppelt [22]. Betrachtet man Leiter gegebener Länge und gegebenen Gewichts, dann schneidet Aluminium rein aus Kostensicht (vgl. Tabelle 3) deutlich besser als Kupfer ab. Dies hat intensive Bemühungen ausgelöst, Kupfer unter Abwägung technischer Randbedingungen durch andere Materialien zu ersetzen [23]. So hat Aluminium z.B. Kupfer in Batterieleitungen weitgehend substituiert [24] und ist dabei, sich weitere Kabelquerschnitte zu erobern. Für die reine Signalübertragung werden im Automobilbau seit mehreren Jahren optische Lichtwellenleiter zunehmend erfolgreich eingesetzt. Ein weiterer Ansatz ist eine Erhöhung der Bordnetzspannung von 12 V z.B. auf 42 V, die in Verbindung mit der Entwicklung von Hybrid-Fahrzeugen erneut diskutiert wird [25, 26].

Kupferrecycling

Aufgrund seines edlen Charakters lässt sich Kupfer hervorragend wiederverwerten. Unedlere Metalle wie Stahl oder Aluminium können über Oxidation entfernt werden. Bereits heute werden rund 43 % des Kupferbedarfs durch die Verwertung von Industriegütern gedeckt [26]. Zudem verringert die Sekundärgewinnung

Werkstoff	Weitere Anwendungsbeispiele	Halbzeugform
CuSn6, CuSn10	Gleitelemente, Scharniere	Rohre, Profile
CuZn36Pb3	div. Feinmechanische Teile, Führungselemente	Stangen
CuZn39Sn	Hartlot Karosseriebau	Draht
SG - Cu Si 3	Schutzgaslot Karosseriebau	Draht
CuZn37Mn3Al-2PbSi	Ventilführungen; (neue Bez. CuZn37Mn3Al2PbSi)	Stange, Schmiedestück
CuSn7Pb15-C-GC-/GZ	Gleitlager mit Notlaufeigenschaften	Guss
SINT B50, C51	Gleitlager	Pulver (Sinterwerkstoff ca. 88 % Cu)
Legierungen mit Cu		
(CN10CU-311, MS 25 Cu)	Ventilsitze (8-25 %Cu)	Sinterpulver
(EN AC-AISI9Cu3(Fe))	Aluminiumgusslegierung	Massel

Tabelle 2: Kupfer Anwendungsbeispiele für Legierungen im PKW-Bau;
[26, 27]; ergänzt um eigene Daten

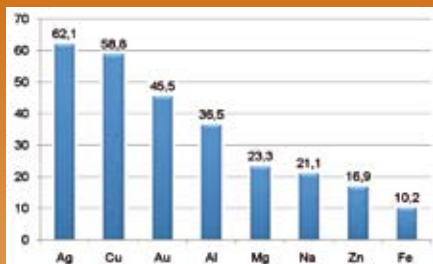


Bild 4: Elektrische Leitfähigkeit verschiedener Leiter in S/m



Bild 5: Dichte verschiedener Leiter in g/cm³

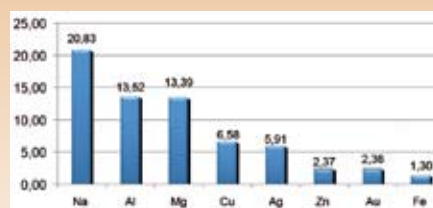


Bild 6: Auf Dichte normierte Leitfähigkeit verschiedener Werkstoffe, Angaben in kSm²/kg

von Kupfer den kumulierten Herstellungsenergieaufwand gegenüber der Primärgewinnung (rund 60 MJ/kg [7, 26]) aus Kupfererzen um 60 bis 65 %. Nahezu alle aktuellen Betrachtungen zu Energieaufwendungen bei der Kupferherstellung stützen sich hierbei auf Daten einer Sachbilanz, die Anfang der 90iger an der RWTH Aachen erhoben wurden [6, 12, 13].

Das im Jahr 2006 abgebaute Kupfererz enthielt durchschnittliche Kupfergehalte zwischen 0,3 % und 1 % Kupfer [8, 9]. Ein modernes Automobil mit seinem durchschnittlichen Kupfergehalt von 2 % stellt damit aus Rohstoffsicht eine attraktive „Kupfermine“ dar. Deren Bedeutung könnte noch weiter wachsen, da durch die zu erwartende zunehmende Hybridi-

sierung und den Trend zur Verwendung effizienter, bedarfsgesteuerter, elektrischer Antrieben - wie z.B. für die Wasserpumpe oder die Lenkung - ein wachsender Bedarf an leitfähigen Materialien im Automobilbau zu erwarten ist.

Das in Automobilen verbaute Kupfer gelangt durch die in den letzten Jahren immer weiter verfeinerten Aufbereitungstechniken für Altfahrzeuge zu einem sehr hohen Anteil wieder zurück in die Rohstoffkette der Metalle bzw. in Kupferkreisläufe. Dabei sollte das Kupfer möglichst in reiner Form zurückgewonnen werden und nicht als Begleitelement in anderen Schrotten landen.

Kupfer in Stoffkreisläufen für Stahl

Im Stahlschrott gilt Kupfer als unerwünschtes Element, da es sich aufgrund seines edlen Charakters kaum wirtschaftlich sinnvoll metallurgisch aus Stahl- oder Eisenschmelzen entfernen lässt. Ab 0,1 Gewichtsprozent nehmen bei Stahlwerkstoffen mit steigendem Kupfergehalt die Warmverformbarkeit und die Bruchdehnung ab. Dieser Effekt wird durch Zinn erheblich verstärkt.

Elektrochemisch unedlere Elemente wie Al, Mg, Ti, Cr und Si lassen sich bei der Verarbeitung von Stahlschrotten über Schlacken bzw. Oxidation entfernen. Bei edleren Elementen wie Wo, Mo, Co, Ni oder Cu ist dies nicht möglich. Der BDSV fordert daher in seiner Schrottsortenliste [2], dass alle

Sorten frei von sichtbarem metallischem Kupfer, d. h. frei von Kupfer, von gewickelten Elektromotoren, Blechen und mit Kupfer beschichtetem Metall, Lagerbuchsen, Wicklungen und Kühlerblöcken sein müssen. Ausgenommen sind unbedeutende Mengen - von Draht, isoliertem Draht und Kabelhüllen, sowie anderem Kupfer, von Messingteilen, die mit eisenhaltigem Schrott vermischt und verbunden sind oder ihn beschichten. Ebenso gelten u.a. Zinn und Bronzen als unerwünschte Begleitmaterialien. Je nach Schrottsorte sind maximale Kupfergehalte von 2500 bis 5000 ppm und Zinngehalte von 100 bis 300 ppm zulässig. Das European Scrap Grading System (ESGS) lässt für die häufigen Stahlschrottsorten E1 und E3 einen maximalen Cu-Gehalt von 0.25 bzw. 0,4 % zu. Die zu erzielenden Stahlschrotterlöse sinken mit steigendem Kupfergehalt bzw. Fremdmetallanteilen.

Durch den von 1990 bis 2005 gestiegenen Kupferanteil in Automobilshredderschrott kann es erforderlich werden, die Stahlschrottfractionen gezielt zur Kupferanreicherung zusätzlichen Aufbereitungsschritten zu unterziehen [1, 10]. Der Aufwand hierfür (Stand 2001) wird auf ca. 6 EUR /t für eine Reduzierung des Cu-Gehalts um 1000 ppm beziffert [11]. Die Cu-Abtrennung während der Fahrzeugverwertung wird durch eine verwertungsorientierte Produktgestaltung erleichtert. So lassen sich verklebte oder vernietete Strukturen nur schwer zu sortenreinen Materi-

	Kosten USD / Tonne	Kosten EURO /t
Stahl	895	613
Aluminium	2635	1884
Kupfer	7360	5384
Blei	1879	1287
Nickel	20950	14350
Zinn	21700	14863
Zink	1805	1236
Gold	25 994 (pro kg)	17 860 (pro kg)
Silber	411 (pro kg)	284 (pro kg)
Magnesium	5500	3800
Natrium	k.A.	k.A.

Tabelle 3: Rohstoffkosten in USD und EURO, Stand 25.8.2008 [21]

alien aufbereiten, ohne dass Fremdmaterialien in den Stoffkreislauf verschleppt werden oder durch Dissipation verloren gehen [7]. Für die Produktgestaltung heißt dies, Bauteile so zu konstruieren, dass das verwendete Kupfer in den einschlägigen Fahrzeugverwertungsprozessen gut aufgeschlossen und somit in den Kupferkreislauf zurückgeführt werden kann, so dass möglichst wenig Kupfer als Verunreinigung in andere Materialkreisläufe übergeht.

Kupfer in Stoffkreisläufen für Aluminium

Auch wenn Kupfer und Bronzen in Schrottspezifikationen für Aluminium als unerwünscht genannt werden, gibt es in der betrachteten Literatur keine Hinweise darauf, dass Kupfer in Aluminiumschrotten derzeit als reales Problem zu betrachten wäre [3-5]. Nur für Knetlegierungen aus Sekundärquellen sind Grenzwerte zu finden. Da Automobilaluminiumschrott aktuell primär zu Gusslegierungen verarbeitet wird, ist dies derzeit nicht relevant.

Umweltgesetzliche Anforderungen an Kupfer im Automobilbau

Die EU Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53 ist der Ausgangspunkt für ähnliche gesetzliche Regelwerke, die in anderen Nationen entwickelt werden. Durch die Altfahrzeug-Richtlinie sind in Europa Blei, sechswertiges Chrom, Cadmium und Quecksilber seit dem 1. Juli 2003 im PKW-Bau verboten. Ausnahmen hiervon z.B. für die Fahrzeugbatterie sind im Annex II dieser Richtlinie aufgelistet. Dieser Annex II wird von der EU-Kommission periodisch einer Revision unterzogen mit dem Ziel, den Umfang der Ausnahmen weiter zu reduzieren. Im aktuellen Annex II vom 23.8.2008 [28] gilt für Blei in Kupferlegierungen ein maximal zulässiger Grenzwert von 4 Gewichtsprozent. Dieses ist für bestimmte Bauteile aus verschiedenen Kupferlegierungen aus technischen Gründen notwendig. Zum

Kategorie	Spezifikation	Angestrebte Analysenwerte (Reststoffe) in %				
		Cu	Sn	Cr, Ni, Mo	S	P
Altschrott	E 3	≤ 0,250	≤ 0,010	Σ ≤ 0,250		
	E 1	≤ 0,400	≤ 0,020	Σ ≤ 0,300		
Neuschrott mit niedrigem Gehalt an Begleitelementen (Reststoffe), frei von Beschichtungen ⁽²⁾	E 2	Σ ≤ 0,300				
	E 8	Σ ≤ 0,300				
	E 6	Σ ≤ 0,300				
Shredderschrott	E 40	≤ 0,250	≤ 0,020			
Stahlspäne ⁽³⁾	E 5H	Eine vorherige chemische Analyse kann gefordert werden.				
	E 5M	≤ 0,400	≤ 0,030	Σ ≤ 1,0	≤ 0,100	
Schrott mit hohem Gehalt an Begleitelementen (Reststoffen)	EHRB	< 0,450	≤ 0,030	Σ ≤ 0,350		
	EHRM	≤ 0,400	≤ 0,030	Σ ≤ 1,0		
Geshredderter Schrott aus der Müllverbrennung	E 46	≤ 0,500	≤ 0,070			

(2) Beschichtetes Material muss angegeben werden.
(3) Frei von jeglichen Verunreinigungen (NE-Metalle, Zunder, Schleifstaub, chem. Material, zu hohe Ölgehalte).

Tabelle 4: Tabelle 4: Zulässige Verunreinigungen in Stahlschrotten; Quelle: BDSV 2008 [2]

einen ermöglicht Blei die effiziente spanende Bearbeitung bestimmter Legierungen, und zum anderen wirkt der Bleizusatz als Notlaufschmierung im Falle eines Schmierstoffmangels und verhindert so ein Fressen von Gleitelementen wie z.B. von Lagern oder Buchsen. Auch wenn der Anteil dieser speziellen Kupferlegierungen gegenüber den Mengen an für Leitzwecken eingesetzten Kupfers gering ist, so ist deren Verwendung zwingend notwendig, um bestimmte funktionale Eigenschaften von Bauteilen zu ermöglichen. Bei der Nutzung der Fahrzeuge ist eine relevante Freisetzung des zulegierten Bleis auszuschließen. Bei der Verwertung von Altfahrzeugen werden diese Legierungen ohne Probleme in geschlossenen Stoffkreisläufen für metallische Werkstoffe bzw. Messing und Bronzen verwertet.

Eine weitere Forderung der Altfahrzeugrichtlinie ist die Erfüllung von Recyclingquoten bei der Fahrzeugverwertung. Dieses ist ab Ende 2008 im Rahmen der EU-Typzulassung für neue Fahrzeuge nachzuweisen (RRR Richtlinie 2005/64). Da sich Kupfer- und Kupferlegierungen hervorragend wiederverwerten lassen, trägt Kupfer in idealer Weise zur Erfüllung der Recyclingziele bei.

Inwieweit sich die neue EU-Chemikaliengesetzgebung „REACH“ auf Kupferwerkstoffe im Automobilbau überhaupt auswirkt, wird sich in den nächsten Jahren erweisen.

Zusammenfassung

Kupfer ist ein unverzichtbarer und vielseitiger Werkstoff im Automobilbau. Im Wettbewerb der Werkstoffe haben Kupferwerkstoffe eine hervorragende Ausgangsbasis. Eine Zu- oder Abnahme des Kupferanteils in zukünftigen Fahrzeugen hängt von ökonomischen Randbedingungen und der Verfügbarkeit substituierender Technologien für elektrisch leitfähige Werkstoffe ab.

Literatur

- [1] Birat, J-P. Le Coq X, Russo, P. et al.: Scrap quality monitoring on the European steel scrap market; proceedings of the 4th International Conference on The Recycling of Metals p154 - 165
- [2] BDSV Schrottsortenliste <http://www.bdsv.org> aufgerufen am 27.07.2008
- [3] ISRI, Institute of Scrap Recycling Industries; Scrap Specifications Circular 2008; 7. April 2008, ISRI, Washington DC 2008 <http://www.isri.org/specs> CONTENTID=17443 aufgerufen am 23.8.2008
- [4] Aluminium Recycling Brochure Online Version http://www.oea-alurecycling.org/de/verband/oea_eaa_aluminium_re

- cycling.pdf aufgerufen am 23.8.2008
- [5] Subodh K.: Designing Aluminum Alloys for a Recycle-Friendly World; Light Metal Age Secat Inc. June 2006; published under <http://www.sustainablealuminum.org/pdf/publications/Recycle-Friendly-L-MA06-06.pdf> aufgerufen am 23.8.2008
- [6] Krüger, J., Rombach G.: Sachbilanz zur Kupfererzeugung unter Berücksichtigung der Endenergien METALL Hefte 10 und 11 (1998) unter Verwendung von Daten aus Bruch, K.H., Golke, D., Kögler C. Krüger J. et al.: Sachbilanz einer Ökobilanz der Kupfererzeugung u. -verarbeitung METALL Hefte 4,5 u. 6 (1995)
- [7] Ayres R.U., Ayres, L.W., Råde, Ingrid: The Life Cycle of Copper, its Co-Products and By-Products IIED WBCSD 2002; Mining, Minerals and Sustainable Development No 24 Jan 2004, London, UK
- [8] <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/copper/> U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2008
- [9] <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/copper/myb1-2006-coppe.pdf>
- [10] Reynolds, P.E. Abernethy, K. and Gilroy S.P. (British Steel): The Effect of Copper on Tin on the Properties of Structural, Wire Rod and Free Cutting Steels; proceedings of the 4th International Conference on The Recycling of Metals p. 231 – 235.
- [11] Russo, P., Birat, J.-P., Aboussouan, L. et al.: Upgrading scrap quality by improving shredder operation; proceedings of the 4th International Conference on The Recycling of Metals p. 341 – 351
- [12] Brahmer-Lohss, M., Dräger H.-J., von Gleich, A., Gottschick, M., Horn, H., Jepsen, D., Kracht, S., Lohse, J., Lorenzen, S., Sander, K.: Nachhaltige Metallwirtschaft Hamburg, Zwischenergebnisse und Perspektiven; Zwischenbericht des BMBF-Projektes Effizienzgewinne durch Kooperation bei der Optimierung von Stoffströmen in der Region Hamburg Regionale Ansätze nachhaltigen Wirtschaftens am Beispiel der Metall- und Metallnebenstoffströme, Hamburg, im Mai 2001; www.nachhaltige-metallwirtschaft.de/ekos_2001_150 aufgerufen am 21.8.2008.
- [13] Gößling-Reisemann, S., von Gleich, A., Ruth, M., Fischer, R., Stockmar, D.: Kupferzyklen Deutschland; Projektbericht im Rahmen des Forschungsvorhabens FKZ 01 RN 0401 im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung; Universität Bremen, Forschungszentrum Karlsruhe; Bremen Karlsruhe - Hrsg.: Forschungszentrum Karlsruhe Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse – Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme Oktober 2007; <http://www.netzwerklebenszyklusdaten.de/>
- [14] <http://mine-engineer.com/mining/copper.htm>; aufgerufen am 23.8.2008
- [15] Wieland Werke: Fachbuch "Kupferwerkstoffe - Herstellung, Eigenschaften und Verarbeitung"; 6. Auflage; Wieland Werke Ulm 1999
- [16] Wegge, R.-D.: Recyclinggerechtes Konstruieren; VDI Verlag Düsseldorf 1981, S 66ff
- [17] ACEA Statistik registrations 2006 <http://acea.be>; aufgerufen am 11.1.2008
- [18] DKI Kupfermarktstatistik 2006 <http://www.kupfer-institut.de> aufgerufen am 05.09.2008
- [19] Tartler, D. „Werkstoffe und Wertstoffe“ BAYFORREST /FORMAT, Fachseminar Altelektronik und Produktverantwortung München 1999 Tagungsband S.59 ff
- [20] Kittel, Ch.: Einführung in die Festkörperphysik 6. Auflage Oldenbourg Verlag München 1983, Leitfähigkeit S.192 ff (Restwiderstände subtrahiert) und Dichtewerte Tabelle S. 48
- [21] Stand 25.8.2008 Quelle VDI-nachrichten 25.8.2008 S.17 und BGR Rohstoff Commodities 7/2008 sowie Handelsblatt online 4.9.2008 (LME-Daten), Wechselkurs USD zu Euro lt Deutsche Bundesbank am 25.8.2008 1 EURO = 1,46 USD;
- [22] Quelle: Bloomberg /FAZ 15.08.2008 Basis USD
- [23] Wagner, El Dwaik: Bordnetzgestaltung im Kontext zur CO₂ Diskussion; Vortrag zur BAIKA Tagung 2007; 27.11.2007 München; <http://www.bayern-innovativ.de/ib> aufgerufen am 4.9.2008
- [24] Beuscher, F., Alternative Leiterwerkstoffe und Querschnittsoptimierung im Bordnetz; Vortrag BAIKA Tagung 2007; 27.11.2007 München <http://www.bayern-innovativ.de/ib/site/documents/media/adbf3d2d-1caa-a5bd-9fd9-c5d8269ad4e6.pdf/04-Beuscher.pdf> aufgerufen am 04.09.2008
- [25] Lucas, R. Kupfereffizienz- unerschlossene Potentiale, neue Perspektiven; Broschüre des Wuppertal Instituts Juni 2008 S.10 ff und www.ressourcenproduktivitaet.de aufgerufen am 8.9.2008
- [26] Lipowski, H. Arpacı, E: Copper in the Automotive Industry; Wiley-VCH Verlag Weinheim 2007 S. 5 ff
- [27] Bögel, A., Stock, D. „Kupferwerkstoffe im Kraftfahrzeugbau“ DKI Sonderdruck aus METALL Hefte 1 und 2, S.51ff (2000)
- [28] Decision 2008/689/EC on amending Annex II to Directive 2000/53/EC; Official Journal L225//10 2008

(1) Reinhard Hoock,
BMW Group München

Kupferwerkstoffe und ihre Anwendungen

Volkmer, C. (1)

Das seit 1913 bestehende Traditionsunternehmen BÖGRA mit Sitz in Solingen ist Lieferant für Präzisionsteile aus kupferbasierenden Werkstoffen, sowohl aus Kokillen-, als auch aus Strangguss.

Es wird vom Erschmelzen der Legierung, bis hin zum einbaufertigen Produkt gefertigt. Das weltweit operierende Unternehmen ist Entwicklungspartner und Serienlieferant für den Automobil- und Maschinenbau, sowie die Elektroindustrie. Teile aus Leit- und Chromkupfer werden für die führenden Elektrounternehmen wie Siemens

und Areva im Kokillenguss hergestellt und zum größten Teil nach mechanischer Bearbeitung einbaufertig geliefert.

Der eigene Werkzeugbau sichert hier eine schnelle und kompetente Fertigung der erforderlichen Werkzeuge. Auf vertikalen Stranggießanlagen werden Rohre, Stangen und Profile für die Weiterverarbeitung zu hochpräzisen Gleitlagern hergestellt. Gleitlagerungen für Druck-, Verpackungs- und Baumaschinen, sowie Pumpen sind heute das tägliche Geschäft.

Besonders stolz ist das Unternehmen auf eigenentwickelte, bleifreie Hochleistungswerkstoffe, die, bedingt durch die Gesetzgebung, für die Automobilindustrie vorgeschrieben sind. Bereits seit Anfang der neunziger Jahre sind diese Werkstoffe in der Automobilindustrie als Gleitlager im motorischen Bereich im Einsatz und werden konsequent weiterentwickelt. Hier verzeichnet BÖGRA weltweit kontinuierliche Zuwächse.

(1) Christoph Volkmer,
Bögra Technologie GmbH