

# Rohstoffprotektionismus im internationalen Kupfermarkt

Stürmer, M. (1)

*Der rasant steigende Kupferbedarf Chinas und anderer Schwellenländer hat zu Angebotsknappheiten und hohen Preisen geführt. Rohstoffprotektionismus verstärkt diese Knappheiten und löst Marktverzerrungen aus. Es besteht die Gefahr einer rohstoffprotektionistischen Spirale und einer Fragmentierung des Kupfermarktes. Dies macht eine Überarbeitung der Regeln der Welthandelsorganisation (WTO) nötig.*

Der wachsende Rohstoffbedarf der Schwellenländer hat die internationalen Rohstoffmärkte in den vergangenen Jahren tief greifend verändert. Die alte Wahrheit, dass 20 Prozent der Weltbevölkerung 80 Prozent der Rohstoffe konsumieren, stimmt nicht mehr. Durch die schnelle Industrialisierung erreichen Hunderte von Millionen Menschen einen Lebensstandard, wie er bisher nur Menschen in den Industrieländern offen stand. Die kurzfristigen Konsequenzen sind Angebotsknappheiten und hohe Preise.

Vor diesem Hintergrund besteht die Furcht vor einem „Neuen Kalten Krieg“ [1] um Rohstoffe und vor zunehmendem Rohstoffprotektionismus [2]. Die Deutsche Bundesregierung sieht eine „gewachsene globale Ressourcenkonkurrenz“ und Wettbewerbsverzerrungen durch handelspolitische Maßnahmen [3]. Die US-amerikanische Regierung sowie das britischen Verteidigungsministeriums betrachten die chinesische Konkurrenz um Rohstoffe als eine der Schlüsselgefahren für Frieden und Wohlstand im 21. Jahrhundert [4].

Doch was ist mit Rohstoffprotektionismus genau gemeint und welche Auswirkungen hat er auf den internationalen Kupfermarkt? Dieser Artikel möchte das Phänomen Rohstoffprotektionismus einordnen und Lösungsmöglichkeiten im Rahmen der internationalen Handelspolitik aufzeigen.

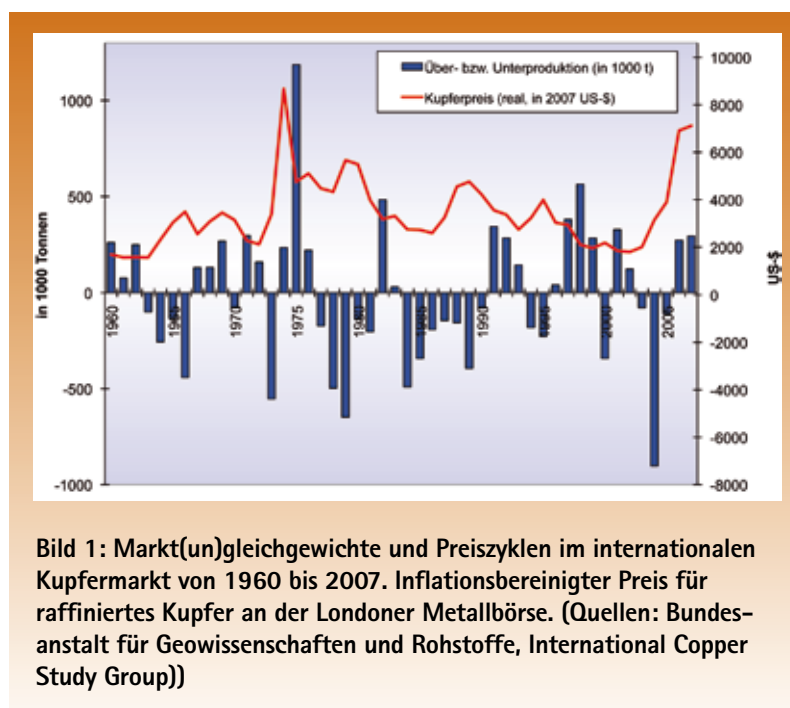
## Die besondere Dynamik von Rohstoffmärkten

Im Unterschied zu den meisten anderen Handelsgütern entstehen in Rohstoffmärkten immer wieder Perioden mit Angebotsüberschüssen und -knappheiten. Der Grund hierfür ist die hohe Preisinelastizität von Nachfrage und Angebot. Kupfer ist aufgrund seiner elektrischen Leitfähigkeit ein essentieller Werkstoff. Seine Substitution ist für viele Anwendungen nur schwer möglich sowie zeit- und kapitalintensiv. Ökonomisch betrachtet ist seine Nachfrage preisinelastisch. Trotz steigender Preise, bleibt die Nachfrage weiterhin hoch.

Das gleiche gilt für die Angebotsseite. Zwar ist Kupfer mit 0,058 % Anteil an der Erdkruste in ausreichendem Maße vorhanden. Die derzeitige jährliche

Bergwerksproduktion könnte 120 Millionen Jahre fortgesetzt werden [5]. Jedoch dauert es 6-10 Jahre, um neue Bergwerke zu eröffnen. Auch Recycling kann an die Grenzen des verfügbaren Kupferschrottes stoßen. Somit können kurzfristig Knappheiten auf den Weltmärkten entstehen, wenn das Angebot an Kupfer nicht die steigende Nachfrage ausgleichen kann. Mittel- bis langfristig sorgen hingegen Investitionen in neue Bergwerksproduktion und Technologien dafür, dass ein zusätzliches Angebot an Kupfer entsteht.

Angebot und Nachfrage finden wegen der hohen Preisinelastizität nur schwerlich eine Balance. Hierdurch verläuft der Kupferpreis in den typischen Zyklen von Hoch- und Niedrigpreisphasen, wie Abbildung 1 verdeutlicht. Seit 2004 besteht aufgrund der hohen Nachfrage aus China und der guten Weltkonjunktur eine außergewöhnlich lange Hochpreisphase. Wenn jedoch neue Bergwerke zusätzliches Angebot produzieren



**Bild 1: Markt(un)gleichgewichte und Preiszyklen im internationalen Kupfermarkt von 1960 bis 2007. Inflationsbereinigter Preis für raffiniertes Kupfer an der Londoner Metallbörse. (Quellen: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, International Copper Study Group))**

oder die Nachfrage wegen eine weltweiten Rezession zurückgeht, werden die Preise - wie bereits in der Vergangenheit - wieder sinken.

### Was ist Rohstoffprotektionismus?

Rohstoffprotektionismus ist das Gegenteil des „klassischen“ Protektionismus. Beim „klassischen“ Protektionismus versuchen Staaten heimische Unternehmen vor Importen zu schützen. Gleichzeitig werden die eigenen Exporte durch Subventionen gesteigert und Investitionen im Inland gefördert. In den 1980er und 1990er Jahren, als eine Überproduktion im Kupfermarkt bestand, ging es handelspolitisch, um den Abbau dieses „klassischen“ Protektionismus. Hingegen dreht sich in Phasen von Angebotsknappheit die Logik des „klassischen“ Protektionismus um und es kann Rohstoffprotektionismus entstehen. Hierbei versuchen die Staaten Rohstoffimporte zu begünstigen und gleichzeitig Exporte zu erschweren. Die Hauptinstrumente sind Exportzölle und -restriktionen, Importsüventionen, Investitionszulagen und „Rohstoffdiplomatie“. Produzentenländer vergeben Explorationslizenzen und Importe aufgrund von politischen „Geschenken“ und politisieren somit den Wettbewerb.

### Warum ist Rohstoffprotektionismus schädlich?

Rohstoffprotektionismus ist – wie klassischer Protektionismus – ökonomisch ineffizient. Nach der Theorie der komparativen Kosten von Ricardo ist ein offener und diskriminierungsfreier Handel für alle Marktteilnehmer von wirtschaftlichem Vorteil. Wenn Güter gehandelt werden, spezialisiert sich jedes Land auf die Güter, welche es relativ am günstigsten herstellen kann. Somit sind alle absolut besser gestellt als ohne Handel [6]. Durch den Weltmarkt kann Kupfererz dort gewonnen werden, wo es am günstigsten ist. Bei Angebotsüberhängen entspricht der Preis für Kupfer und dessen Vorprodukte den weltweit marginalen Produktionskosten. Bei

Marktstruktur	Wettbewerb	Charakter Rohstoff	Staatliches Handeln
Offen/ diskriminierungsfrei	Marktwettbewerb	Marktgut	Schaffung eines internationalen Wettbewerbsrahmens
Fragmentiert/ diskriminierend	Politischer Wettbewerb	Politisches Gut	Rohstoffprotektionismus
Geschlossen	Militärischer Wettbewerb	Militärisches Gut	Staatlich durchgeführte oder unterstützte Rohstoffkriege

**Tabelle 1: Die Politische Ökonomie der Rohstoffversorgung. (Erstellt in Anlehnung an Krasner, 1976)**

Angebotsknappheit gilt die Theorie ebenfalls: Kupfer kann dort zuerst eingespart oder substituiert werden, wo die marginalen Verminderungskosten weltweit am niedrigsten sind. Der Anreiz für Rohstoffprotektionismus ist umso größer, je stärker ein Land auf einen Rohstoff angewiesen ist und je mehr es befürchtet, zukünftig in seinen Rohstoffimporten eingeschränkt zu werden [7]. Bereits geringe Subventionen und Zölle können in der rohstoffverarbeitenden Industrie zu massiven Wettbewerbsverzerrungen führen [8]. Wenn bei Angebotsknappheit ein Staat rohstoffprotektionistische Maßnahmen vollzieht, können die anderen Staaten gezwungen sein, ebenfalls solche durchzuführen, um ihrer Industrie eine sichere Versorgung mit Rohstoffen zu gewährleisten und deren Bestand zu sichern. Eine weitere Gefahr ist, dass durch politische Einflussnahme die nötigen Investitionen in neue Bergbauproduktion unterbunden werden und somit auch mittelfristig nicht genügend Angebot generiert werden kann.

Darüber hinaus können fragmentierte Märkte und Einflusszonen wie in den 20er und 30er Jahren entstehen. Damals hatte sich der zwischenstaatliche Handel in einer wachsenden Spirale des Protektionismus zurückgebildet [9]. Die Angst von Rohstoffimporten abgeschnitten zu werden, war einer der Hauptfaktoren für die Strategien Japans, Deutschlands und der USA [10]. Der Zweite Weltkrieg wurde schlussendlich auch zwischen „habenden“ und „nicht-habenden“ Nationen über Rohstoffe und „Lebensraum“ geführt [11]. Wie

Tabelle 1 zeigt, ist es letztlich eine Frage der internationalen Politik, wie die Staaten ihre Rohstoffversorgung gewährleisten.

### Rohstoffprotektionismus im internationalen Kupfermarkt

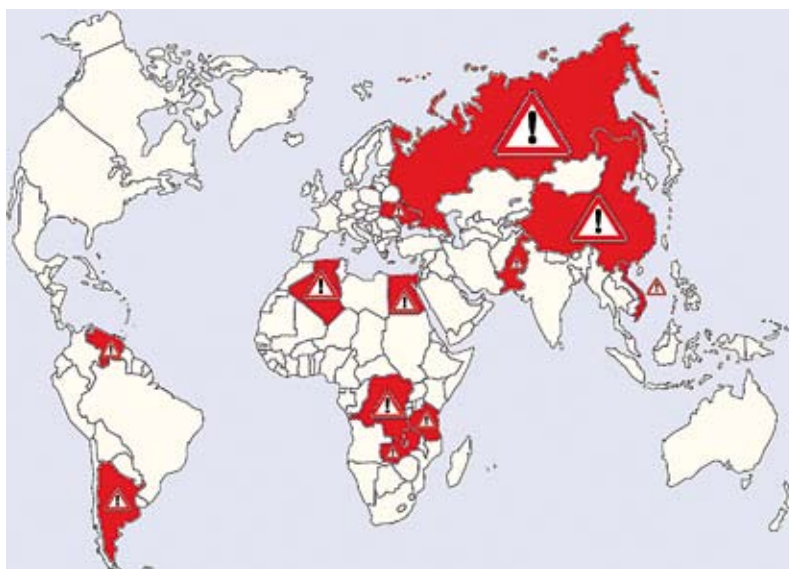
Eine Reihe von Staaten hat in den vergangenen Jahren rohstoffprotektionistische Maßnahmen im Kupferhandel erlassen. Die Ukraine und Russland haben seit 1999 ihre Exporte an Kupferschrotten eingeschränkt. Beide Länder hatten nach dem Zusammenbruch des Ostblocks große Mengen an Schrotten exportiert und somit die steigende Nachfrage aus China abgedeckt. Russland hat 1999 Exportzölle von 50 % auf Kupferschrotte und 10 % auf Kupferlegierungen eingeführt. Dies kam einem Exportverbot nahe. So sind z.B. die russischen Schrottexporte von 357.000 t in 1998 auf 19.000 t in 2000 gesunken [12]. Darüber hinaus erhalten ausländische Investoren seit 2007 keinen Zugang zu Rohstoffen innerhalb der Rodina, dem russischen Kernland [13]. Die Ukraine hat im Jahr 1999 ebenfalls Exportverbote auf Kupferschrotte, -konzentrate und -kathoden verhängt. In den Beitrittsverhandlungen zur Welthandelsorganisation konnten diese in Exportzölle umgewandelt werden, die schrittweise von 30 auf 15 % sinken. Im Rahmen eines bilateralen Handelsabkommens zwischen der Ukraine und der EU könnten die Exportzölle völlig wegfallen [14]. Die VR China ist innerhalb der letzten Jahre zum Land mit dem größten Kupferbedarf weltweit aufgestiegen.

Die chinesische Regierung betrachtet die Kupferindustrie als "vital arteries" für die Wirtschaft und als "essential to national security" [15]. Entsprechend soll der staatliche Einfluss über Staatsunternehmen stark bleiben. Insbesondere die Versorgung mit Konzentraten und Schrotten wird als kritisches Nadelöhr der chinesischen Wertschöpfungskette betrachtet [16]. Die chinesische Regierung hat eine ganze Reihe von handelspolitischen Maßnahmen bezüglich Kupfer ergriffen. Im Jahr 2000 hat sie eine Einfuhrumsatzsteuererrückstellung eingeführt. Diese hat in Kombination mit betrügerischen Einfuhrpraktiken zu massiven Wettbewerbsverzerrungen im internationalen Markt geführt. Chinesische Händler konnten subventioniert vom Staat immer um ca. ein Sechstel höhere Beträge für Kupferschrotte zahlen als andere Marktteilnehmer [16]. Somit wurde sichergestellt, dass selbst bei angebotsknappen internationalen Märkten der gesamte Kupferbedarf Chinas mit Angebot gedeckt ist. In anderen Teilen der Welt sind hingegen massive Marktverzerrungen und teilweise leer geräumte Schrottmärkte entstanden. Nach jahrelangem Druck der Europäischen Union bei der Welthandelsorganisation hat die chinesische Regierung diese Maßnahmen in 2006 zurückgenommen. Gleichzeitig hat sie seit 2005 schrittweise Exportzölle auf Kupferprodukte eingeführt. So bestehen Exportzölle von auf 15 % auf Kupferschrotte und Kupferblisten. Seit 2007 gibt es einen zehnpromtigen Exportzoll auf Kupferkathoden und einen fünfprozentigen Exportzoll auf Kupferlegierungen. Rabatte auf Exportzölle für Halbzeugprodukte wurden schrittweise abgeschafft. Darüber hinaus wurde ein System der Exportlizenzen eingeführt. Aufgrund der geringen Margen in der Wertschöpfungskette führen bereits Preisunterschiede von zehn Prozent zu großen Marktverzerrungen. Als Folge sind die Exporte an chinesischen Kupferprodukten rapide gesunken. Des Weiteren ermöglichen die Exportzölle in Kombination mit Verkäufen und Zukäufen in die staatliche Kupferreserve die indirekte Steuerung und Subventionierung der Kupferimporte

über die Shanghaier Metallbörse. Die Exportzölle verhindern, dass in Phasen mit einem niedrigeren Kupferpreis in Shanghai als an den Weltmärkten, die vorher in die nationale Kupferreserve eingekauft und gelagerten Kupferprodukte in den Weltmarkt zurück verkauft werden [16]. Weiterhin bestehen eine Vielzahl von Subventionen wie Steuerbefreiungen für schrottverarbeitende Betriebe und Zugang zu günstigen Krediten. Chinesische Staatsunternehmen verfolgen einen expansiven Auslandsbergbau unterstützt durch bilaterale Handelsabkommen. China hat z.B. ein weit reichendes Abkommen mit Chile abgeschlossen. Chile ist der größte Produzent von Kupfer weltweit und hat 50 % seiner Produktion chinesischen Unternehmen zugesichert. Insgesamt hat China im Bereich Kupfer innerhalb einiger Jahre über ein Dutzend verschiedener Minenprojekte im Ausland akquiriert. Im Gegensatz zu multinationalen Unternehmen verkaufen die staatlichen Unternehmen die gewonnenen Rohstoffe teilweise nur an chinesische Unternehmen und oft nicht meistbietend auf dem Weltmarkt [16]. Weitere Staaten haben Exportzölle und Exportverbote insbesondere für Kupferschrotte eingeführt. Diese umfassen Pakistan, Ägypten, Venezuela, Algerien, Sambia, Tansania

und Vietnam. Ziel ist es hierbei, den Abfluss an Recyclingmaterialien, die teilweise auch aus gestohlenen Kabeln etc. bestehen, Einhalt zu gebieten und die Rohstoffe für den Eigenbedarf zu sichern. Auch in den westlichen Industriestaaten nimmt die Sorge um die Rohstoffversorgung zu. So fordert die Bundesregierung die Metallindustrie in ihrer Rohstoffstrategie zu einer verstärkten Rückwärtsintegration und Auslandsbergbau auf [3]. Auch die Europäische Kommission arbeitet an einer Strategie, um die Versorgung der europäischen Wirtschaft mit Rohstoffen abzusichern.

Aufgrund der massiven Wettbewerbsverzerrung in den Lieferströmen standen kupferverarbeitenden Unternehmen nicht genügend Rohstoffe zur Verfügung. Somit kam ihnen die sichere Versorgungsbasis abhanden [16]. Als Konsequenz ist die Recyclingquote für Kupferschrotte in der EU von 49 % Mitte der 90er Jahre auf 41 % in 2006 gesunken [20]. Des Weiteren führen Exportzölle zu einem höheren Weltmarktpreisniveau. Hier fehlen Schätzungen zur genauen Höhe. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Exportbeschränkungen im Getreidemarkt zu ungefähr 30 % der Preissteigerungen beigetragen haben [17]. Im Kupfermarkt könnten diese sich in einer ähnlichen Größenordnung bewegen.



**Bild 2: Staaten mit Exportrestriktionen und -zöllen auf Kupferprodukte und -schrotte. (Quellen: Wirtschaftsvereinigung Metalle und eigene Recherchen)**

## Ansätze für eine Reform des multilateralen Handelssystems

Insgesamt besteht die Gefahr einer rohstoffprotektionistischen Spirale und einer Fragmentierung des Kupfermarktes. Diese neue Herausforderung aus dem steigenden Rohstoffbedarf der Schwellenländer macht eine Überarbeitung und Erweiterung der Regeln der Welthandelsorganisation (WTO) nötig [18].

So sollten Regeln gegen Rohstoffprotektionismus entwickelt werden. Dies bedeutet vor allem den Abbau von Exportzöllen, klare Regelungen von Importsübvventionen sowie ein Verbot von bilateralen Handelsverträgen im Bereich Rohstoffe. Exportzölle sollten ähnlich wie bereits Importzölle schrittweise in Verhandlungen reduziert und letztlich ganz unterbunden werden. Die Europäische Kommission hat hierzu einen richtungsweisenden Vorschlag in die Verhandlungen der Welthandelsrunde eingebracht [19]. Gleichzeitig könnte es eine Reihe von Ausnahmen Mitgliedsstaaten erlauben, Exportzölle für andere Zwecke, z.B. zur Prävention von Währungskrisen, flexibel zu gebrauchen. Bezüglich Importsübvventionen müssten das "General Agreement on Tariffs and Trade" (GATT) sowie das "Agreement on Subsidies and Countervailing Measures" ergänzt werden. Um Nicht-Diskriminierung im Rohstoffmarkt zu erreichen, sollten Rohstoffe von präferenzialen Handelsabkommen grundsätzlich ausgenommen werden. Hierzu würde eine entsprechende Ergänzung des Artikels XXIV des GATT ausreichen. Des Weiteren wäre ein Abkommen zu Investitionen im Bergbau- und Rohstoffsektor unter dem Schirm der WTO nötig. Dieses sollte eine transparente und diskriminierungsfreie Vergabe von Förderlizenzen garantieren. Gleichzeitig könnte es Regeln für ökologische sowie soziale Mindeststandards im Bergbau beinhalten. Insgesamt ist es wichtig, dass diese Regelungen nicht das Recht eines Staates beschneiden, über die Förderung seiner Bodenschätze frei selbst zu bestimmen. Vielmehr geht es darum, Diskriminierungen im Handel und bei

Investitionen multilateral abzubauen. Dies bedeutet, dass sobald ein Staat eine Förderlizenz oder einen Rohstoff verkauft, jedes Unternehmen das gleiche Recht haben sollte, diese zu kaufen.

Regeln im Rahmen der WTO hätten darüber hinaus den Vorteil, den Streitbeilegungsmechanismus der WTO nutzen zu können. Somit gäbe es einen effektiven Hebel, um Rohstoffprotektionismus zu erschweren, indem Strafzölle auf Exportprodukte des jeweiligen Landes erhoben würden. Dadurch könnten die Regeln für Export- und Rohstoffimportmärkte miteinander verbunden und die politischen und wirtschaftlichen Kosten für Rohstoffprotektionismus erhöht werden.

## Schlussfolgerungen

Der steigende Kupferbedarf Chinas und anderer Schwellenländern hat in den vergangenen Jahren zu massiven Angebotsknappheiten und hohen Preisen geführt. Rohstoffprotektionismus hat diese Knappheiten nochmals verstärkt und Marktverzerrungen ausgelöst.

Einerseits könnten die Finanzkrise und das Abflauen der Weltkonjunktur zu einer Entspannung auf dem Kupfermarkt führen. Hierdurch könnte das Phänomen des Rohstoffprotektionismus wieder abnehmen. Andererseits entsteht eine neue, „multipolare“ Weltwirtschaft aus den alten westlichen Industriestaaten sowie Russland, China, Indien, Brasilien und anderen Schwellenländern. Das Scheitern der Welthandelsrunde und die vielen neuen bilateralen Handelsverträge lassen stärker fragmentierte Handelsstrukturen und zunehmenden Protektionismus befürchten. Dieses unsichere und politisierte Umfeld könnte dringende Investitionen in Bergbaukapazitäten bremsen und somit auch mittelfristig zu Angebotsknappheiten führen. Aus Befürchtungen um die nationale Rohstoffversorgung könnte in diesem Szenario der Rohstoffprotektionismus weltweit zunehmen.

Es ist Aufgabe der multilateralen Handelspolitik, Rohstoffprotektionismus durch Regeln für offene und diskrimi-

nierungsfreie Märkte zu unterbinden und Investitionen ein sicheres Marktumfeld zu gegeben. Dies würde allen Marktteilnehmern eine ökonomisch effiziente und sichere Rohstoffversorgung ermöglichen. Der europäische Vorschlag zu Exportzöllen könnte ein Startpunkt für Verhandlungen sein. Die Weltgemeinschaft sollte die Lehre aus den großen Konflikten des 19. und 20. Jahrhunderts ziehen und sich globale und faire Regeln für den Rohstoffhandel des 21. Jahrhunderts geben.

## Literatur

- [1] Follath, E./ Jung, A. (Hg.), 2006, Der neue Kalte Krieg. Kampf um die Rohstoffe. München, Deutsche Verlags-Anstalt.
- [2] Bund der Deutschen Industrie, 2007, Rohstoffsicherheit. Anforderungen an Industrie und Politik. Ergebnisbericht der BDI-Präsidialgruppe »Internationale Rohstofffragen«. Download von [http://www.bdi-online.de/BDIONLINE\\_IN-EAASP/iFILE.dll/XE616E19AFE7C4685BAD3EC61207BD3A4/2F252102116711D5A9C0009027D62C80/PDF/Rohstoffbericht.PDF](http://www.bdi-online.de/BDIONLINE_IN-EAASP/iFILE.dll/XE616E19AFE7C4685BAD3EC61207BD3A4/2F252102116711D5A9C0009027D62C80/PDF/Rohstoffbericht.PDF) am 16.09.2008.
- [3] Deutsche Bundesregierung, 2007, Elemente einer Rohstoffstrategie der Bundesregierung. Download von <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/elemente-rohstoffstrategie,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> am 16.09.2008.
- [4] National Intelligence Council of the United States, 2004, Mapping the global future. Download von <http://www.foia.cia.gov/2020/2020.pdf> am 15.03.2007. Ministry of Defence of the United Kingdom, 2007, Global Strategic Trends 2007-2036. Download von [http://www.mod.uk/NR/rdonlyres/5CB29DC4-9B4A-4DFD-B363-3282BE255CE7/0/strat\\_trends\\_23jan07.pdf](http://www.mod.uk/NR/rdonlyres/5CB29DC4-9B4A-4DFD-B363-3282BE255CE7/0/strat_trends_23jan07.pdf) am 01.05.2007.
- [5] Tilton, J.E., 2002, On borrowed time? Assessing the threat of mineral depletion. Download von [http://www.mines.edu/Fac\\_staff/senate/dist\\_lecture/tilton\\_text.pdf](http://www.mines.edu/Fac_staff/senate/dist_lecture/tilton_text.pdf) am 16.09.2008.
- [6] Gilpin, R., 1987, The political economy of international relations. Princeton, Princeton University Press.
- [7] Stürmer, M., 2008a, China und die internationalen Rohstoffmärkte. Herausforderungen an die multilaterale Handelspolitik am Beispiel Kupfer. Saarbrücken, VDM.
- [8] Krasner, S.D., 1976, State power and the structure of international trade. In: World Politics, Vol. 28, Nr. 3, S. 317-347.
- [9] Findlay, R./ O'Rourke, K.H., 2007, Power and plenty. Trade, war, and the world economy in the second millennium. Princeton/ Oxford, Princeton University Press.
- [10] Marschall, J., 1995, To Have and Have Not. Southeast Asian Raw Materials and the Origins of the Pacific War. Berkeley/ Los Angeles/ Oxford, University of California Press. Download von <http://content.cdlib.org/xtf/view?docId=ft4489n8wm&brand=ucpress> am 20.03.2007.
- [11] Muste, A.J. (1967): "Where are we going", in: Hentoff, Nat (Hg.): The Es-

- says of A. J. Muste. New York, Simon and Schuster.
- [12] Institute for Scrap Recycling Inc., 2004, Free and fair trade for copper scrap. Download von [http://efoia.bis.doc.gov/shortsupply/copperbrief1-042204\\_1.pdf](http://efoia.bis.doc.gov/shortsupply/copperbrief1-042204_1.pdf) am 16.09.2008.
- [13] Lifton, J., 2007, Extreme nationalism and resources. In: Resource Investor Update, 08.03.2007. Download von <http://www.resourceinvestor.com/pebble.asp?relid=29665> am 10.04.2007
- [14] Deutsche Bundesregierung, 2008, Zwischenbilanz der Rohstoffaktivitäten der Bundesregierung. Schwerpunkt nicht-energetische Rohstoffe. Download von <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/XYZ/zwischenbilanz-der-rohstoffaktivitaeten-der-bundesregierung,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> am 16.09.2008.
- [15] Bartimoro, M., 2007, Beijing sees no bar to growth – yet. In: Financial Times China, 16.01.07. Download von [http://www4.ftchinese.com/sc/story\\_english.jsp?id=001008942](http://www4.ftchinese.com/sc/story_english.jsp?id=001008942) am 11.02.08.
- [16] Stürmer, M., 2008a, China und die internationalen Rohstoffmärkte. Herausforderungen an die multilaterale Handelspolitik am Beispiel Kupfer. Saarbrücken, VDM.
- [17] International Food Policy Research Institute, 2008, Hohe Nahrungsmittelpreise. Konzept für Wege aus der Krise. Policy Paper. Download von <http://www.ifpri.org/german/PUBS/ib/FoodPricesPolicyActiongr.pdf> am 20.08.2008.
- [18] Stürmer, M., 2008b, The international raw materials boom. A challenge for multilateral trade policy. In: Internationale Politik und Gesellschaft, Nr. 2. Download von [http://library.fes.de/pdf-files/igp/igp-2008-2/09\\_a\\_stuermer\\_gb.pdf](http://library.fes.de/pdf-files/igp/igp-2008-2/09_a_stuermer_gb.pdf) am 16.09.2008.
- [19] World Trade Organisation, 2006, Negotiating proposal on export taxes. Communication from the European Communities. Download von [http://www.meti.go.jp/policy/trade\\_policy/wto/pdf/negotiation/rta/ntb/2.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/trade_policy/wto/pdf/negotiation/rta/ntb/2.pdf) am 10.04.2007.
- [20] International Copper Study Group, 2007, International Copper Study Group, 2007, The world copper fact book 2007. Download von [http://www.icsg.org/News/Press\\_Release/2007WorldCopperFactbook.pdf](http://www.icsg.org/News/Press_Release/2007WorldCopperFactbook.pdf) am 25.09.2008.
- (1) Martin Stürmer, Institut für Internationale Wirtschaftspolitik, Universität Bonn

## Anwendbarkeit von Benetzungsversuchen für verschiedene Metalle

Zähr, J. (1); Füßel, U. (1); Ullrich, H.-J. (1); Türpe, M. (2); Ebert, M. (3); Weinbruch, S. (3)

*Eine Themenstellung in der Löttechnik ist die Einschätzung der Löteignung von Grund- und Zusatzwerkstoffen. In der Praxis wird häufig der konventionelle Benetzungstest entsprechend DIN 32506-1:1981-07 angewendet, bei dem Lot auf einer Grundwerkstoffprobe aufgeschmolzen wird und durch Ausmessen des Benetzungswinkels Aussagen zum Fließverhalten getroffen werden.*

Problematisch ist jedoch, dass mit dem Test oftmals nicht die realen Bedingungen hinsichtlich Lotapplikation, Oberflächenaktivierung und Aufwärmverhalten wiedergegeben werden. Somit sind die Ergebnisse nicht allgemeingültig in die Praxis übertragbar. Gerade bei technischen Werkstoffen beeinflussen die natürlichen Deckschichten die Vorgänge beim Löten stark. Im

Rahmen dieser Arbeit wurde die Anwendbarkeit des konventionell verwendeten Benetzungstests beim Löten eines leicht und eines schwer benetzbaren Werkstoffs (Kupfer bzw. Aluminium) im Schutzgas sowie im Vakuum ohne zusätzliche mechanische oder chemische Oberflächenaktivierung untersucht und verglichen.

Die Tests zeigten erwartungsgemäß, dass Kupfer sowohl im Vakuum als auch im Schutzgas problemlos ohne Oberflächenaktivierungsmaßnahme gelötet werden kann, d. h. der Benetzungstest bei diesem Werkstoff zu umsetzbaren Aussagen führt, siehe

Abbildung links. Bei Aluminium traten jedoch aufgrund der Aluminiumoxidschicht vorrangig beim Schutzgaslöten Probleme auf. Das Lot war zwar schmelzflüssig, die feste, dichte und hochschmelzende Oxidschicht verhinderte jedoch das Fließen und das flüssige Lot verformte sich zu einer Kugel (Entnetzung), siehe Abbildung rechts. Der Benetzungstest ist folglich für Aluminium und Aluminiumlegierungen nicht allgemeingültig anwendbar. Zur Untersuchung der Löteignung von Aluminium wurden deswegen modifizierte Bauteillötungen im Labormaßstab durchgeführt, die die realen Bedingungen besser abbildeten.

Zur Beobachtung der Benetzungsvorgänge wurden weiterhin Heitzschlichtmikroskop- sowie Umweltraster-elektronenmikroskopuntersuchungen (ESEM) durchgeführt. Mit Hilfe dieser Techniken wurde das Aufschmelzen, Fließen und Benetzen des Lotes in-situ beobachtet und korrelierbare Aussagen ermittelt.



Benetzungsversuche ESEM; links: Grundwerkstoff (GW): Cu-DHP; Lot: Cu77NiSnP-600/630, ohne Flussmittel, Vakuum; rechts: Grundwerkstoff (GW): EN AW-ALMn1Cu, Lot: AlSi10 (Draht), ohne Flussmittel, N<sub>2</sub>

- (1) J. Zähr, U. Füßel, Ullrich, H.-J., TU Dresden  
 (2) M. Türpe, Stuttgart  
 (3) M. Ebert, S. Weinbruch, Darmstadt