

## Luxusgut SAC305

Udo Grimmer-Herklotz, FELDER GMBH - Oberhausen

### Einleitung

Der Silberpreis verzeichnete Anfang 2026 einen massiven Anstieg zu einem historischen Höchststand und knüpft damit an die Rallye des Vorjahres an. Nach einem Jahresschluss 2025 von ca. 71–72 USD pro Unze stieg der Preis allein in den ersten zwei Wochen des Jahres 2026 bereits um über 25 %. Aktuell werden Kurse zwischen **110 USD** und **über 120 USD** gehandelt (Bild 1). Analysten (u. a. Citi) halten einen weiteren Anstieg durchaus für möglich. Konservativere Schätzungen wie die der Commerzbank oder HSBC rechnen mit einem Jahresdurchschnitt um 68 USD, was dennoch ein historisch hohes Niveau darstellt.

Bei gängigen silberhaltigen Loten (z. B. **SAC305** mit 3 % Silber oder **SAC387** mit 3,8 % Silber) macht der Silberanteil den Löwenanteil der Metallkosten aus. Die Verdreifachung des Silberpreises innerhalb eines Jahres führt zu einer drastischen Verteuerung der Legierungen. Um Kosten zu sparen, forcieren Hersteller den Umstieg auf **silberarme Lote** oder komplett **silberfreie Weichlote**.

Jedes Prozent Silberanteil weniger im Lot bewirkt aktuell eine Kostenreduzierung von ca. **35 EUR pro kg Lot**. Silberfreie SnCu-Lotlegierungen wie z.B. „Sn100Ni+®“, oder „Sn100-<sup>403</sup>C“ stehen zur Verfügung. Zugaben von Nickel und Germanium beeinflussen Fließverhalten, Oxidbildung und Viskosität des schmelzflüssigen Lotes. Dies erfordert oft Anpassungen im Lötprofil, da silberfreie Lote meist einen höheren Schmelzpunkt aufweisen. Dieser Umstand rückt niedrig silberhaltige Weichlote erneut in unseren Fokus.



Bild 1: Preischart für Silber in Euro je Feinunze (1 Jahr)

### Wie viel Silber braucht das Lot?

Die Eigenschaften silberfreier SnCu- sowie hoch silberhaltiger SAC305- bzw. SAC387-Lote sind seit dem Beginn des neuen Jahrtausends in zahlreichen Veröffentlichungen ausgiebig beschrieben worden. Anfang 2005 wurde das niedrig silberhaltige bleifreie Lot „SACX0307“ (SnAg0,3Cu0,7BiX - 217-227°C) vorgestellt. Bereits im November 2005 berichtete „Intel“ in seinem „Technology Journal“, Volume 09, Issue 04, CASE STUDY 3: „SAC OPTIMIZATION“ [1] von Vergleichstests zwischen SAC305 (217-220°C) und SAC105 bzw. SAC105Ni (217-226°C). Hieraus ergab sich u.a., dass SAC105 mit nur 1 % Silberanteil den niedrigsten E-Modul-Wert aller getesteten SAC-Lote aufwies (Tabelle 1).

Lotlegierung	SAC405	SAC305	SAC105	Sn63Pb37
E [GPa]	53.3	51.0	47.0	40.2

Tabelle 1: Elastizitätsmodule von SnPb und diversen SAC-Loten (dynamische E-Modul-Messung)

Zusätzlich konnte durch die Zugabe von Nickel die Ausprägung der intermetallischen Phase positiv beeinflusst, sowie das Wachstum einer spröden Phase unterdrückt werden (Bild 2). Diese Cu<sub>3</sub>Sn-Phase bildet sich bei Alterung bzw. nach Mehrfachlötungen auf der kupfernahen Seite der Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>-Phase und ist sehr schockempfindlich. Daraus lässt sich folgern, dass eine gleichmäßige Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>-Phase zwar für die Grenzflächenanbindung unumgänglich ist, die Bildung einer Cu<sub>3</sub>Sn-Phase möglichst vermieden werden sollte, um die Zuverlässigkeit der Lötstelle zu optimieren.

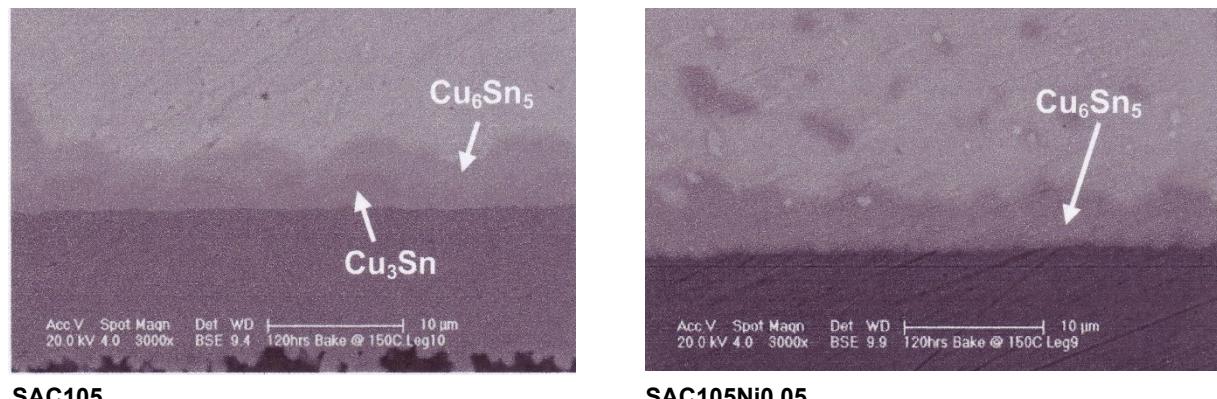


Bild 2: Intermet. Phasen in SAC105 mit und ohne Nickel nach einer Auslagerung von 120 h bei 150°C.

### JEITA-Report: "The 2<sup>nd</sup> generation lead free wave alloy "

Der "Lead-free activity report" [2] der JEITA (Japan Electronics and Information Technology Industries Association) vom 28.Februar 2007 beschreibt ein Forschungsprojekt, das diverse niedrig silberhaltige, bleifreie Lote (diese werden als bleifreie Lote der „2. Generation“ bezeichnet) auf folgende Eigenschaften untersucht hat. **Benetzung, Durchstieg, Kupferablegierung, Temperaturwechselbeständigkeit (Tabelle 2), Oberflächen-spannung, Kriechfestigkeit, Ausbreitung.** Hier sollen ausschließlich die Ergebnisse der Temperatur-wechseltests genauer betrachtet werden, da sie das abschließende Ranking in besonderem Maße beeinflussen.

Nr.	Legierungsbestandteile					Thermo-Zyklen bis zum Erreichen einer Fehlerrate von 1%
	Sn	Cu	Ag	Bi	Ni	
1	Rest	0,5	3			450
2	Rest	0,7				280
3	Rest	0,7	0,3			320
4	Rest	0,7	0,5			290
5	Rest	0,7	1			400
6	Rest	0,7	1	1		320
7	Rest	0,7	0,3	0,1		250
8	Rest	0,7	0,3	1		320
9	Rest	0,7			0,03	270
10	Rest	0,7			0,05	320

Tabelle 2: Temperaturwechseltest, Thermozyklus -40°C - +90°C; Zykluszeit 1h, Verweilzeit je Kammer 30min; max. Anzahl Wechsel: 1000.

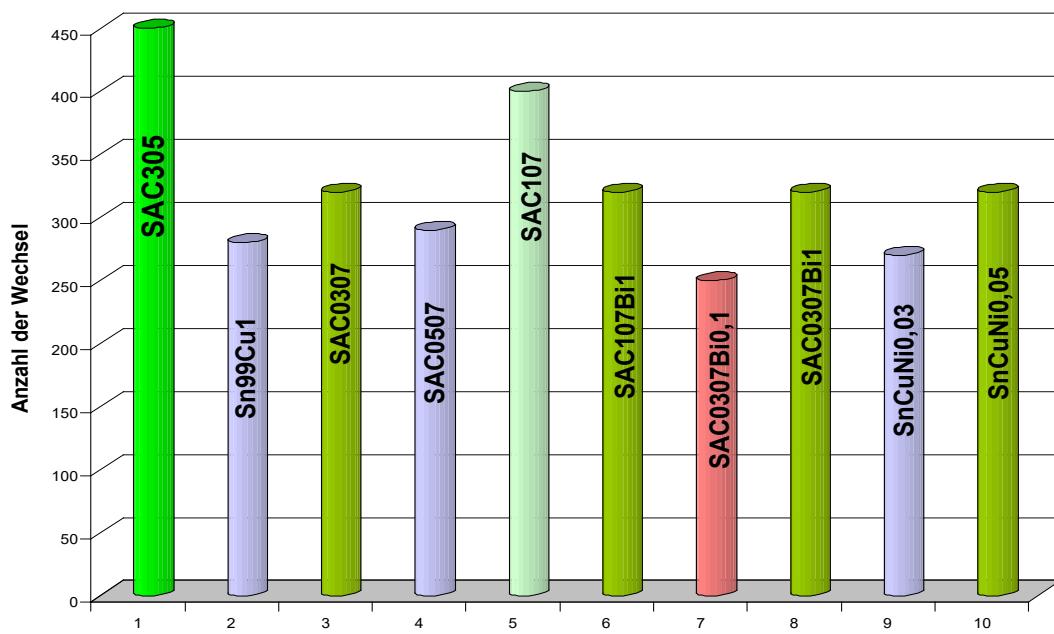


Bild 3: Graphische Darstellung der Ergebnisse aus dem Temperaturwechseltest.

**SAC0307:** Der positive Einfluss von Silber auf die Benetzungseigenschaft wurde bestätigt. Die offensichtlich reduzierte Benetzungsleistung von **SAC0307** (im Vergleich zu SAC305) erfordert eine erhöhte Lotbadtemperatur. Die reduzierte Temperaturwechselbeständigkeit ist individuell zu beurteilen. Die Benetzung ist zwar messbar besser als bei SnCu, ein 100%iger Durchstieg ist allerdings nur begrenzt erreichbar.

**SAC107** ist aufgrund seiner Ausgewogenheit in der Benetzbarkeit und der Temperaturwechselbeständigkeit nahezu auf SAC305-Niveau. Geringfügige Änderungen der Lötparameter (Wellenhöhe, Lötwinkel) erforderlich.

## Dotierungen

Neben der Beurteilung des Silbergehaltes wurden auch Einflüsse von Dotierungen überprüft.

Hierbei wurde **Nickel** (0,05%) zur Reduzierung der Kupferablegierung **empfohlen**. Kobalt reduzierte zwar ebenfalls die Ablegierung von Kupfer, wirkte sich aber negativ auf die Benetzung und den Durchstieg aus. Bild 4 zeigt den Einfluss von Silber auf die Benetzungszeit. Bei diesen Benetzungsstests konnte die Benetzungszeit zwischen 0% Ag-Anteil und 1,2% Ag-Anteil um 50% reduziert werden. Zwischen 1,2% Ag-Anteil und 3 % Ag-Anteil lag der Reduzierungsfaktor noch bei ca. 7%!

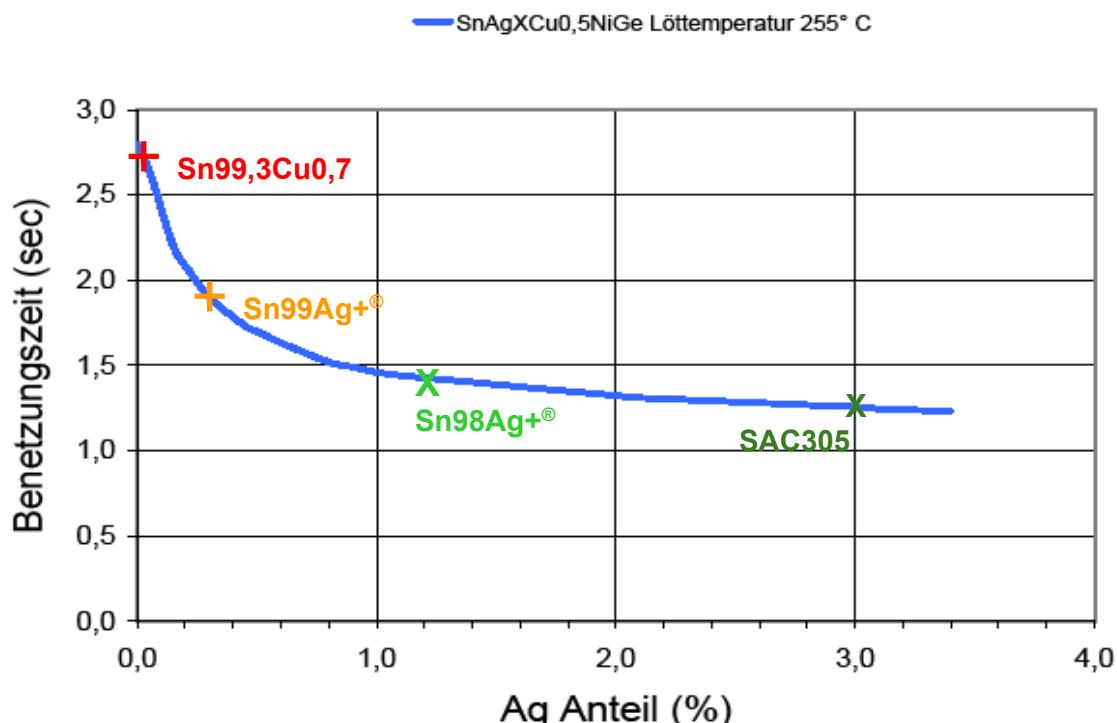


Bild 4: Einfluss von Silber in bleifreien SACNiGe-Loten auf die Benetzungszeit

### Benetzungszeit

In einer weiteren Versuchsreihe wurden die Benetzungszeiten diverser bleifreier Lotlegierungen untersucht. Auch hier konnten sich die besonders positiven Effekte von „Sn98Ag+®“ hervorheben. Im direkten Vergleich von „Sn98Ag+®“ und SAC305 zeigte sich der positive Einfluss der Germaniumdotierung auf die Benetzung. Die Benetzungskurven (Bild 5/6) beider Lote sind trotz des deutlich reduzierten Silbergehaltes nahezu identisch

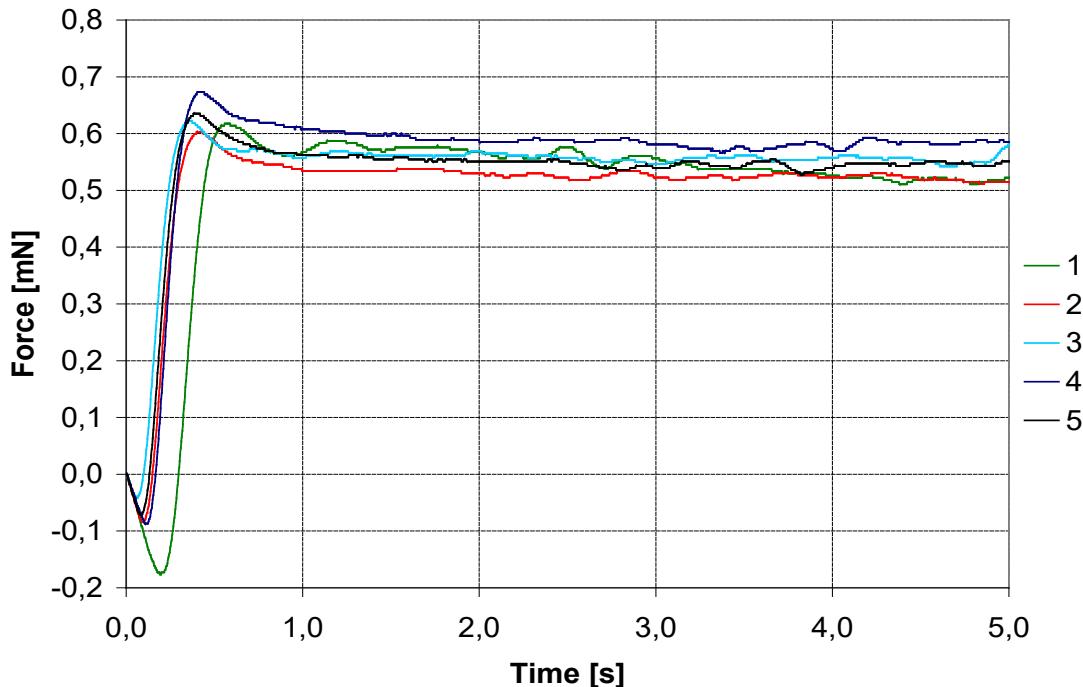


Bild 5: Benetzungskurve von SAC305

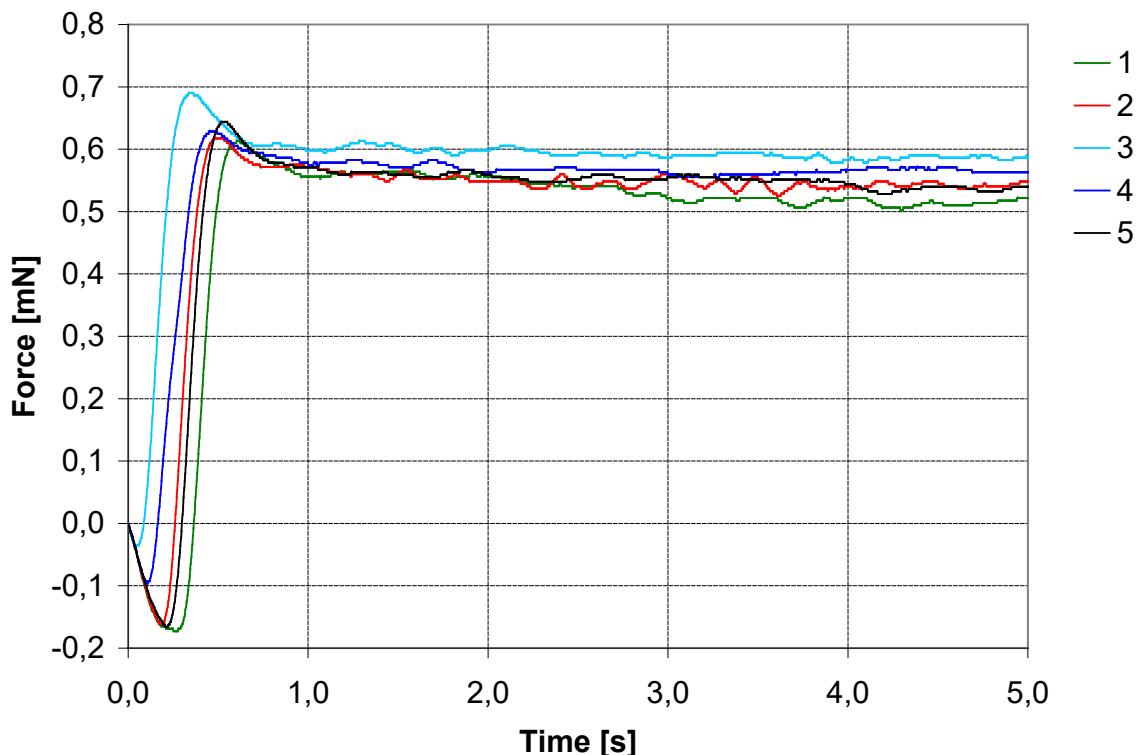


Bild 6: Benetzungskurve von Sn98Ag+®

## Pro und Kontra

Auf Basis dieser Informationen, sowie der in den letzten Jahren erworbenen Erfahrungen im Umgang mit diversen bleifreien Lotlegierungen haben wir die Vor- und Nachteile einzelner bleifreier Lote wie folgt aufgeführt:

### **Sn99,25Cu0,7Ni0,05(Ge) z.B. Sn100Ni+®, SN100-<sup>403</sup>C**

Zinn-Kupfer-Lote mit NiGe-Dotierung

#### **Pro**

- preisgünstig
- hohes Erfahrungspotential
- geringe Kräzebildung
- reduzierte Kupferablegierung

#### **Kontra**

- relativ hohe Löttemperatur (bis zu 275 °C!)
- begrenzte Ausbreitung
- begrenzter Durchstieg

#### **Fazit**

Wellenlöttemperaturen über 270 °C stehen im Widerspruch zu den maximalen thermischen Belastbarkeiten diverser elektronischer Bauteile. Zwar werden Durchstiege ab 75 % Füllgrad laut IPC-A-610 für die Klassen 1-3 als zulässig klassifiziert, in der Praxis ist die genaue Bestimmung eines Füllgrades < 75 % schwierig!

### **SAC305 / SAC387**

Nicht dotierte Zinn-Silber-Kupfer-Lote

#### **Pro**

- niedrige Löttemperatur (ab 255 °C)
- gute Benetzung
- guter Durchstieg

#### **Kontra**

- hohe Lotkosten (+ca. 40,00 EUR/kg Lot je % Ag-Anteil)
- Schutzgas erforderlich
- hoher Kupferabtrag

#### **Fazit**

Hohe Lot- und Fertigungskosten stehen im Widerspruch zum vorherrschenden Preisdumping in der Elektronikfertigung. Insbesondere beim Schwalllötprozessen bei Löttemperaturen ab 350 °C werden Metallisierungen wie Kupfer und Nickel) stärker abgetragen, die sich dann im Lötbad als Verunreinigungen ablagern. Dies ist nur mit regelmäßigem, kostenintensivem Lotaustausch korrigierbar!

### **SAC0307NiGe (Sn99Ag+®) SnAg0,3CuNiGe**

Dotierte „Low-SAC“-Legierung mit 0,3 %igem Silberanteil

#### **Pro**

- moderate Löttemperatur (260-265°C)
- Durchstieg besser als SnCu
- meist kein Schutzgas erforderlich
- deutliche Lotkostenreduzierung

#### **Kontra**

- Schmelzbereich (10K) 217°C - 227°C
- Matte Lötstellen

#### **Fazit**

Ein preisgünstiges, bleifreies Lot mit guten Benetzungseigenschaften. Der Durchstieg kann mit diesem Lot deutlich verbessert werden (im Vergleich zu Sn99,3Cu0,7).

### **SAC1207NiGe (Sn98Ag+®) SnAg1,2CuNiGe**

Dotierte „Low-SAC-Legierung“ mit 1,2%igem Silberanteil

#### **Pro**

- Löttemperatur analog SAC305
- Benetzung analog SAC305
- Durchstieg bis 100% erreichbar
- kein Schutzgas erforderlich
- deutliche Lotkostenreduzierung

#### **Kontra**

- Lötstellen leicht matt

#### **Fazit**

Bleifreies Lot mit hervorragendem Preis-Leistungs-Verhältnis! Dieses Lot steht dem wesentlich teureren SAC305/SAC387 in nichts nach. Im Gegenteil: die Werte von Benetzung, Löttemperatur, Durchstieg und Zuverlässigkeit sind gleichwertig und besser!

## **Umstellung von bestehenden Lötbädern**

Der Umstieg auf ein „neues“ Lot ist natürlich mit praktischem Aufwand verbunden. Es ist allerdings in der Regel nicht erforderlich den Lotbadinhalt vollständig auszutauschen. Eine Umstellung von SAC305 auf z.B. „SnAg98+® (SnAg1,2CuNiGe)“ macht eine Reduzierung des Silbergehaltes erforderlich. In diesem Fall wird nur ein Teil des vorhandenen Lotbades entnommen und durch spezielle Upgrade-Legierungen ersetzt (Aufwand max. 1/2 Arbeitstag). Eine Umstellung von silberfreien Legierungen (z.B. Sn99Cu1 oder Sn100C) auf „Sn98Ag+®“ oder auch „Sn99Ag+®“ erfolgt nur durch Zugabe von Konzentraten und ist in nur wenigen Minuten durchführbar! Eine, im Vorfeld der Umstellung, genommene Lotbadprobe informiert über den Ist-Zustand der Legierung. Bezogen auf das Badvolumen werden dann Ag-, Ni- und Ge-Konzentrate dem Bad zugegeben. Nach wenigen Minuten haben sich die neuen Bestandteile bei laufenden Pumpen gleichmäßig im Lotbad verteilt und wirksam. Sicherheitshalber wird empfohlen umgehend eine weitere Lotbadprobe durchzuführen, um die Lot-Umstellung zu überprüfen.

Entsprechend der neuen Legierung können nun auch die neuen Parameter wie Tiegeltemperatur, Transportgeschwindigkeit, Pumpenleistung angepasst werden, sowie die Schutzgaszufuhr reduziert oder vollständig eingestellt werden. Gerne unterstützen wir Sie bei diesem Prozess auch persönlich vor Ort.

## **Zusammenfassung**

Der Silbermarkt 2026 ist von extremer Knappheit geprägt. Für die Elektronikindustrie bedeutet dies, dass silberhaltige Weichlote zu einem Luxusgut werden, was den Trend zur Substitution durch silberarme und silberfreie Legierungen massiv beschleunigt.

## **Literatur**

- [1] „Technology Journal“, Volume 09, Issue 04, CASE STUDY 3: „SAC OPTIMIZATION“, 09.11.2005, INTEL Corporation.
- [2] “Lead-free activity report“, 28.02.2007, JEITA (Japan Electronics and Information Technology Industries Association)