



16. Weltmesse  
12. – 17. September 2005

INNOVATIONSFORUM  
der  
Forschungsvereinigung Schweißen und  
verwandte Verfahren e.V. des DVS  
Halle 9.1, Stand 139

## „ZUVERLÄSSIGKEIT VON LÖTVERBINDUNGEN FÜR DIE HOCHTEMPERATUR-ELEKTRONIK“

Uwe Pape, Mathias Nowotnick

Fraunhofer Institut für  
Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM)  
Gustav-Meyer-Allee 25  
13355 Berlin

Tel: 030 / 46403-282

Fax: 030 / 46403-271

Mail: [uwe.pape@izm.fraunhofer.de](mailto:uwe.pape@izm.fraunhofer.de)

## Einsatzmöglichkeiten elektronischer Baugruppen im Hochtemperatur-Bereich



Konsumelektronik	0°C bis 70 °C
Industrie	-25°C bis +85°C
<b>Industrie / erhöht</b>	<b>-40°C bis +125°C</b>
<b>Militärtechnik</b>	<b>-55°C bis +125°C</b>
<b>Automobilbau</b>	<b>-55°C bis +250°C</b>

**Hochtemperaturelektronik ( $\geq 125^{\circ}\text{C}$ )**

Quelle: HITEN Report / AEA 1997

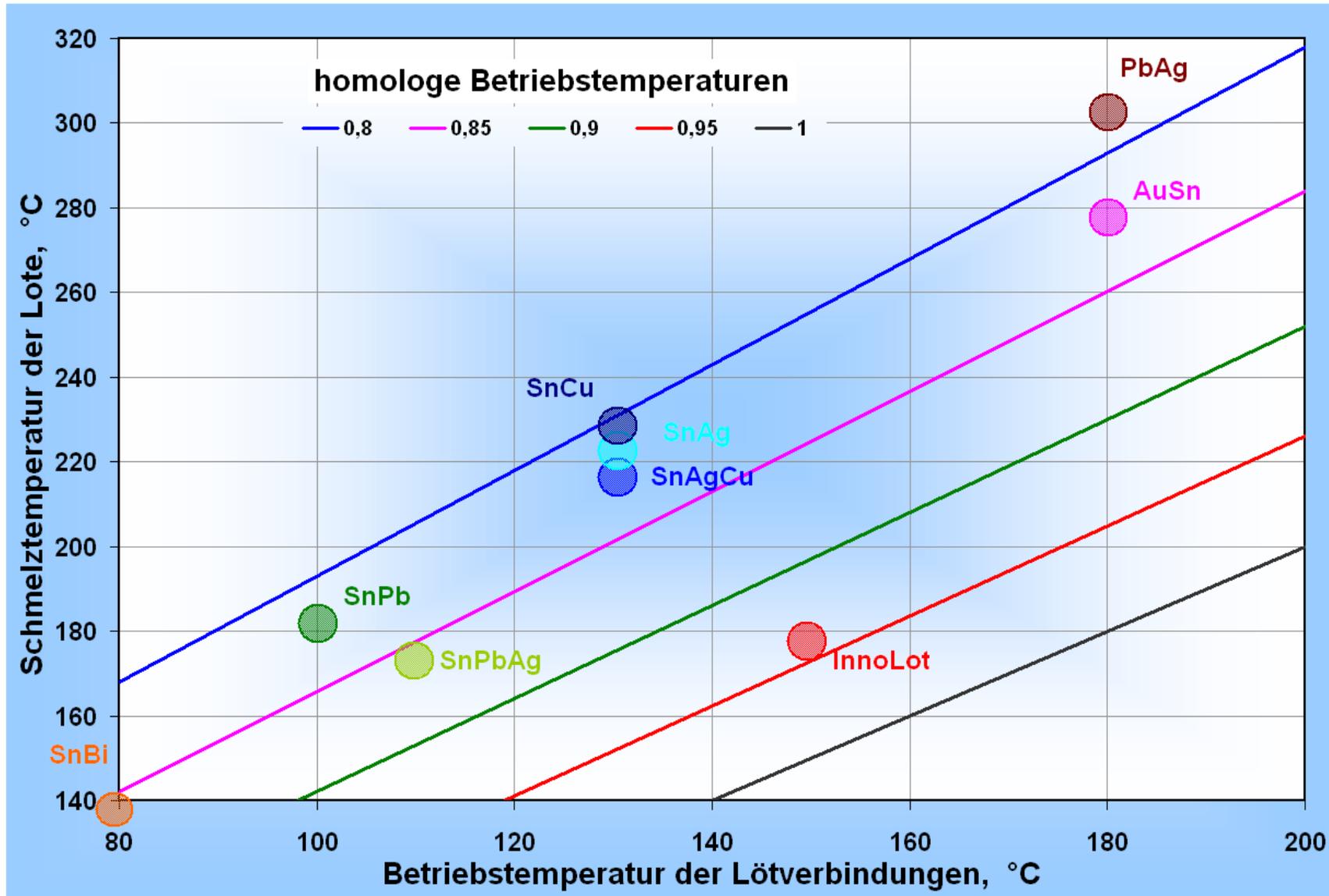


potentielle Lösungen:  
höherschmelzende Lotwerkstoffe  
verfestigte Lötverbindungen  
neue Verbindungstechnologien

## Zulässige Betriebstemperaturen von Weichloten

Weichlot	Schmelztemperatur, °C (Sol./Liq.)	homologe Temperatur bei Einsatztemperatur von			max. Betriebstemperatur, °C	
		85°C	125°C	150°C	geschätzt (80% T <sub>sol</sub> )	in Untersuchungen belegt
SnPb37	183	0,79	0,88	0,94	92	100
SnAg3,8Cu0,7	217	0,73	0,81	0,86	119	~ 130
SnAg3,5	221	0,72	0,81	0,86	122	~ 130
SnCu1	227	0,72	0,8	0,85	127	~ 130
SnSb5	235	0,7	0,78	0,83	133	
Landal-Seal	214	0,74	0,82	0,87	117	< 150
SACX0307	217 / 228	0,73	0,81	0,86	119	
MLL-Ecoloy	224	0,72	0,8	0,85	125	
SN100C	227	0,72	0,8	0,85	127	
Fremat RKL	221 / 227	0,72	0,81	0,86	122	160
InnoLot RKL	178 / 217	0,79	0,88	0,94	88	≥ 150
AuSn20	278	0,65	0,72	0,77	168	

## Zulässige Betriebstemperaturen von Weichloten



## Beeinflussende Faktoren für die Zuverlässigkeit von Lötverbindungen

### Komponenten einer Baugruppe

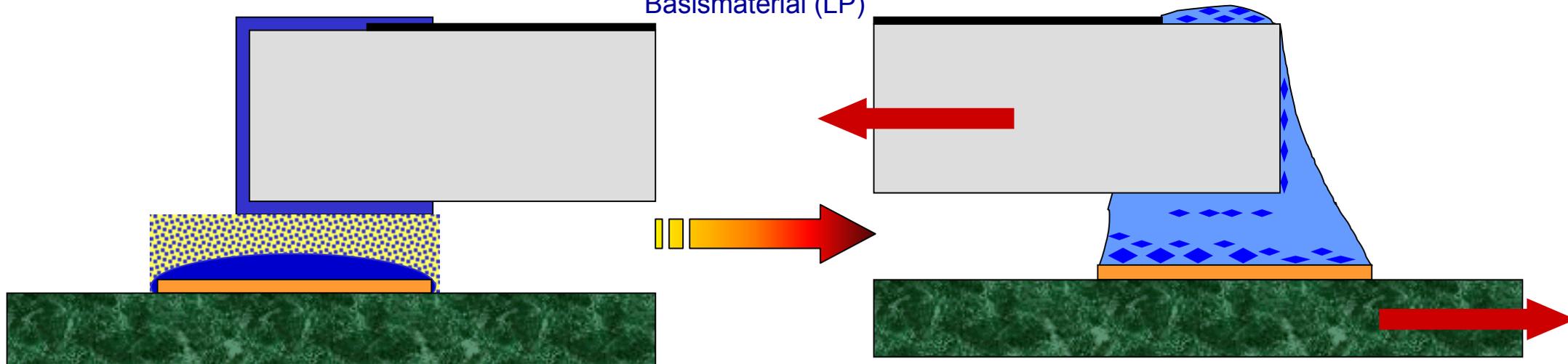
Bauelement

Metallisierung Bauelement

Lötgut mit IMP

Metallisierung Leiterplatte

Basismaterial (LP)



### Faktoren bei der Herstellung

Benetzungseigenschaften der Oberflächen

Flussmittelauswahl (Entstehung von Poren)

Prozessparameter (Lötverfahren, -zeit, -temperatur)

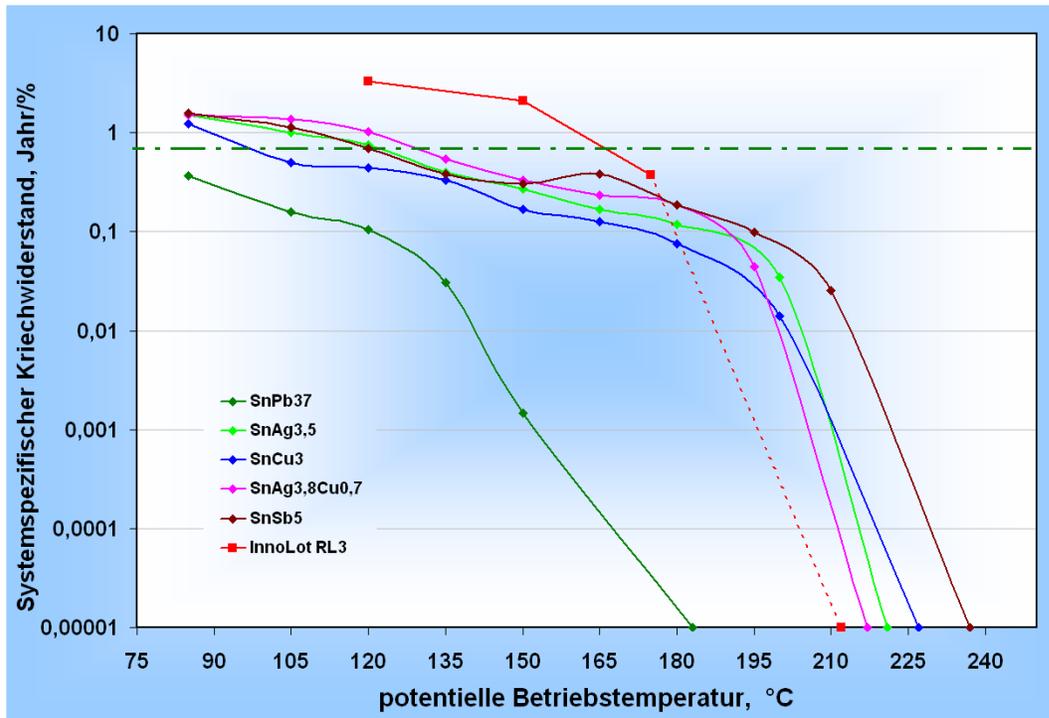
### Faktoren im Betriebszustand

Einsatzbereich (Temperatur, Feuchte, Schadstoffe)

Mechanische Beanspruchungen

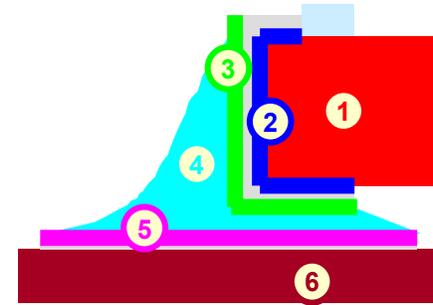
Zugscherbelastung, Kriechen,  
Rissbildung, Phasenwachstum

## Beeinflussende Faktoren für die Zuverlässigkeit von Lötverbindungen



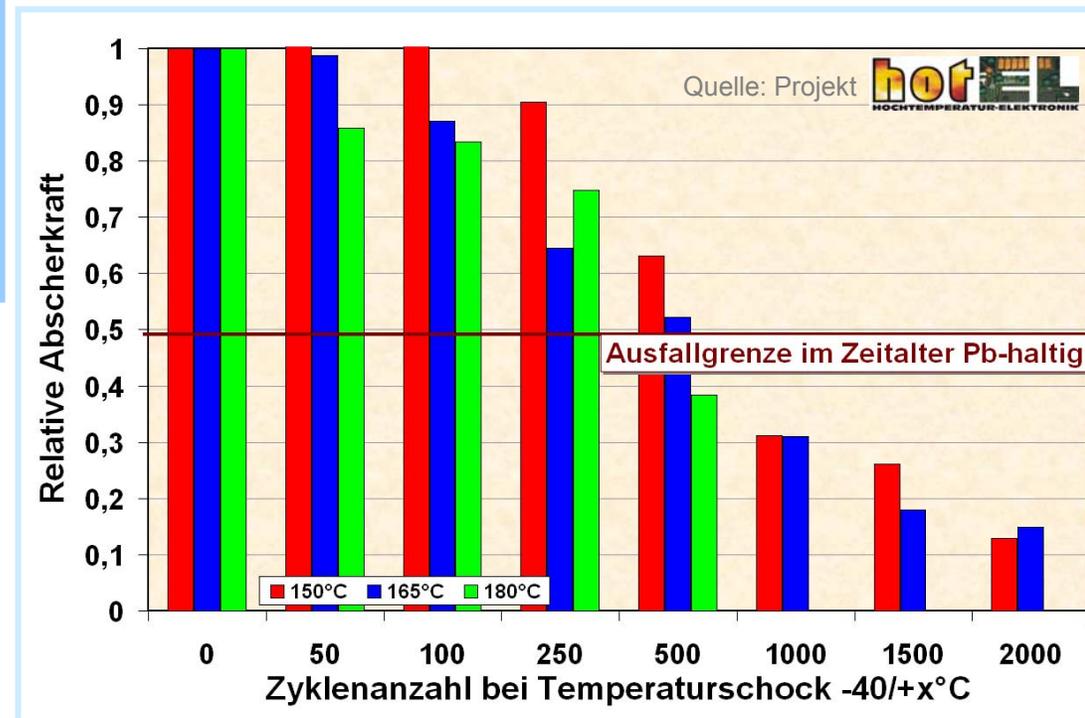
Kriechverhalten von Lötverbindungen

deutliche Reduzierung der Kriechfestigkeit bei etwa 0,8 homologer Temperatur



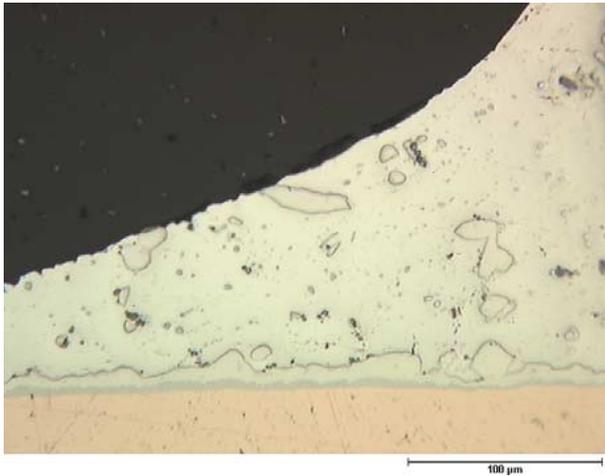
Beachte!  
grundsätzlich verändertes  
Bruchverhalten  
bleifreier Lötverbindungen

Mechanische Festigkeit von Lötverbindungen

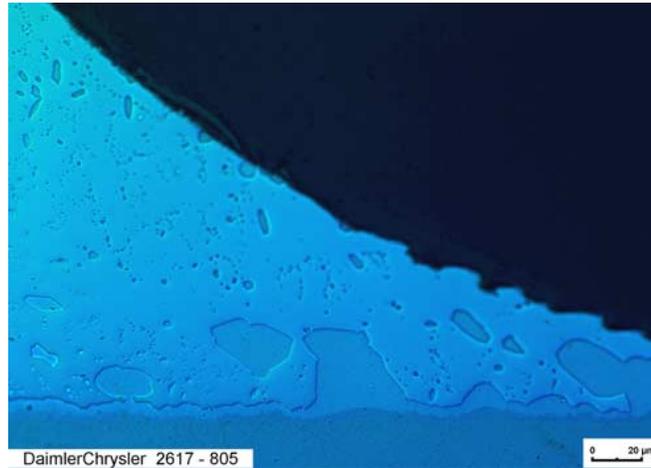


Ausfallgrenze im Zeitalter Pb-haltig

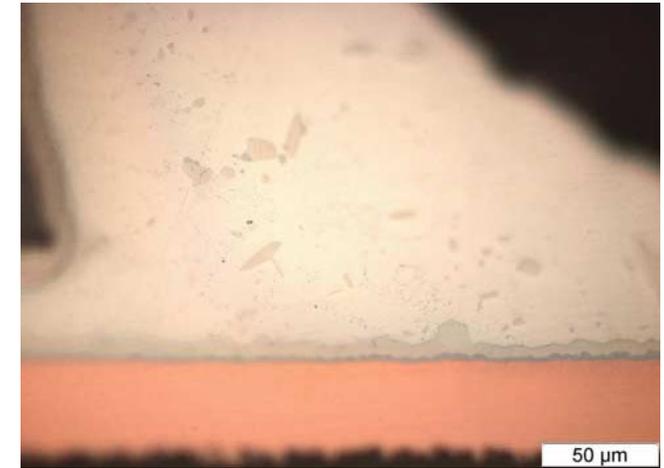
## Beeinflussende Faktoren für die Zuverlässigkeit von Lötverbindungen



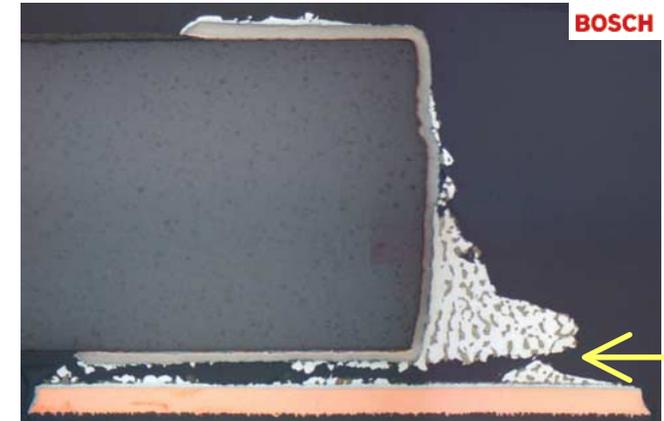
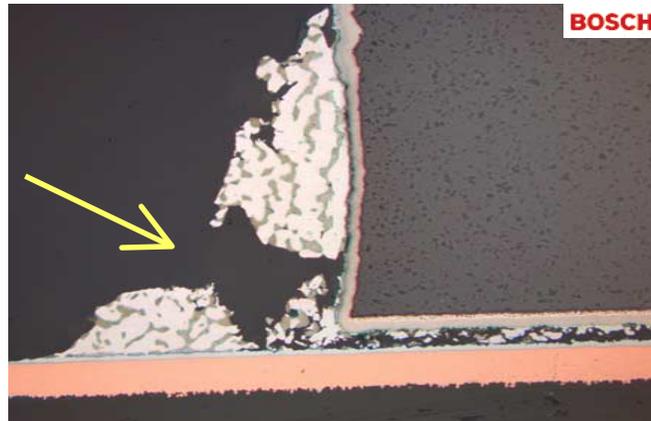
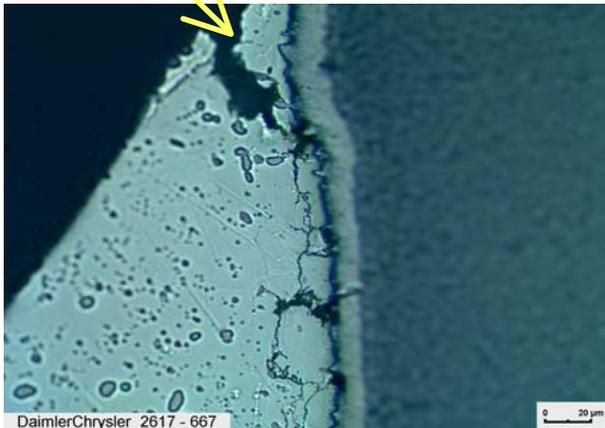
150°C nach 3000h ~ 8 µm



Phasenwachstum von bleifreien Loten auf chem. Sn-Oberfläche  
165°C nach 1000h ~ 12 µm  
(bleihaltiges Lot 150°C nach 3000h < 5 µm)



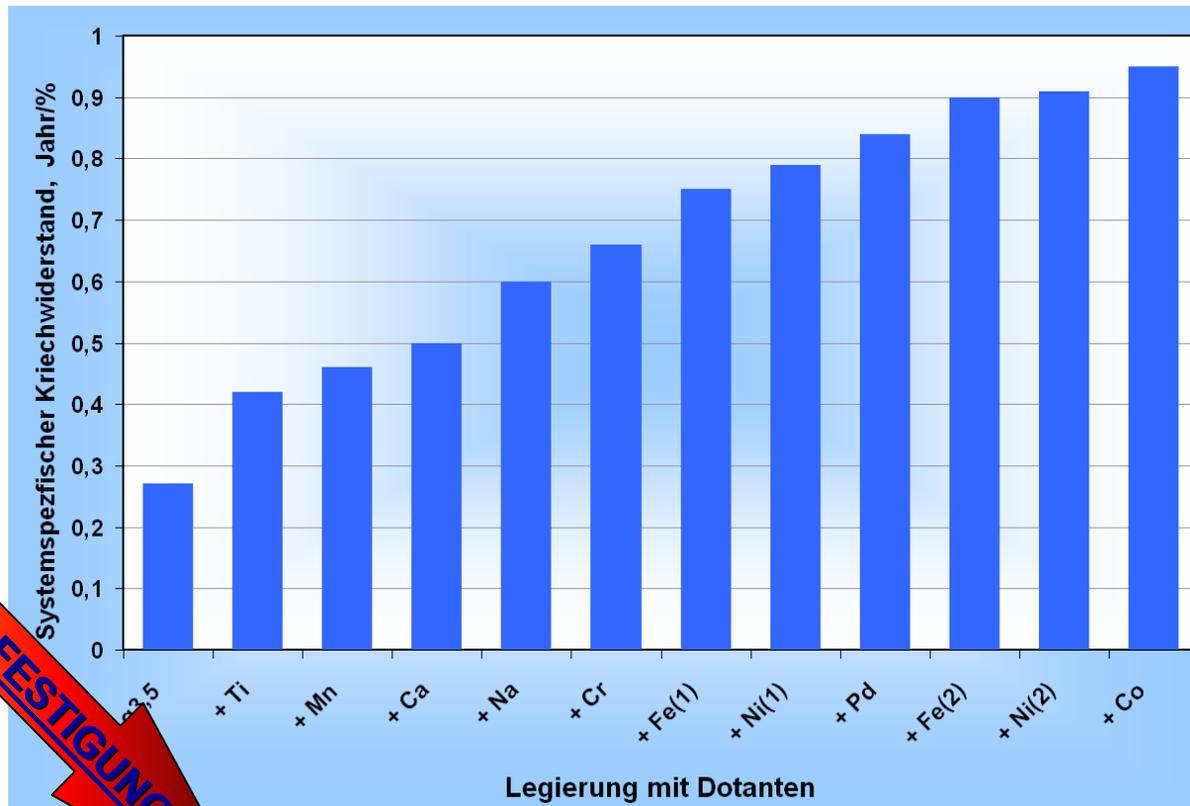
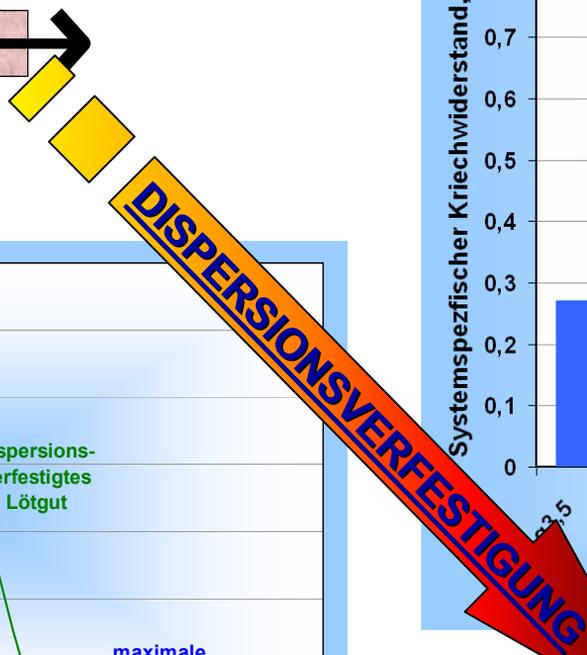
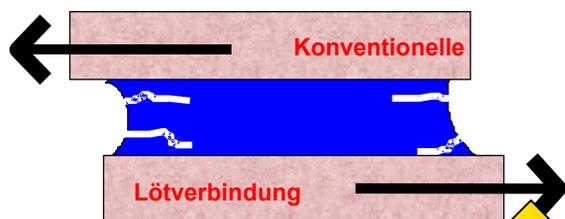
180°C nach 500h ~ 10 µm



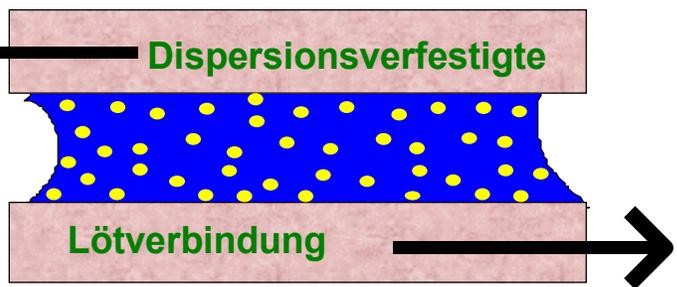
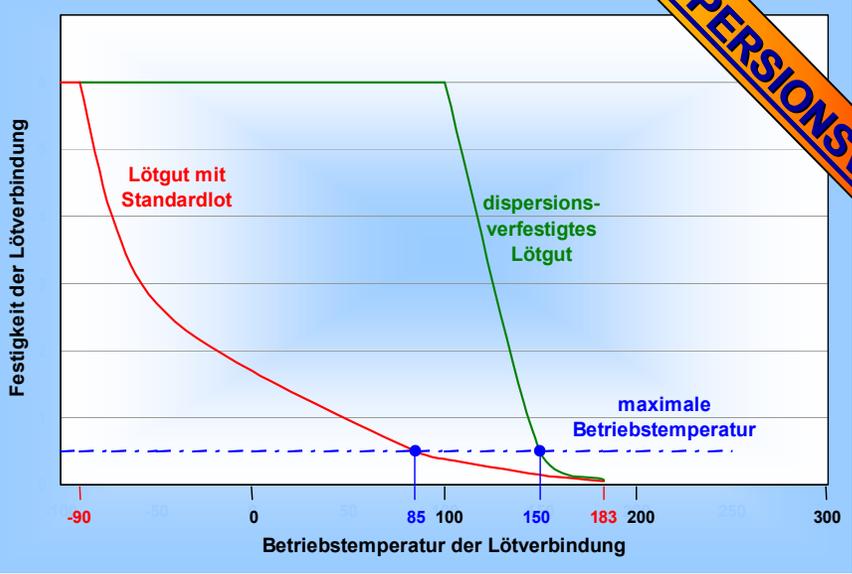
Rissinitiiierung im Lot an verschiedensten Positionen

Quelle: Projekt **hotEL**  
HOCHTEMPERATUR-ELEKTRONIK

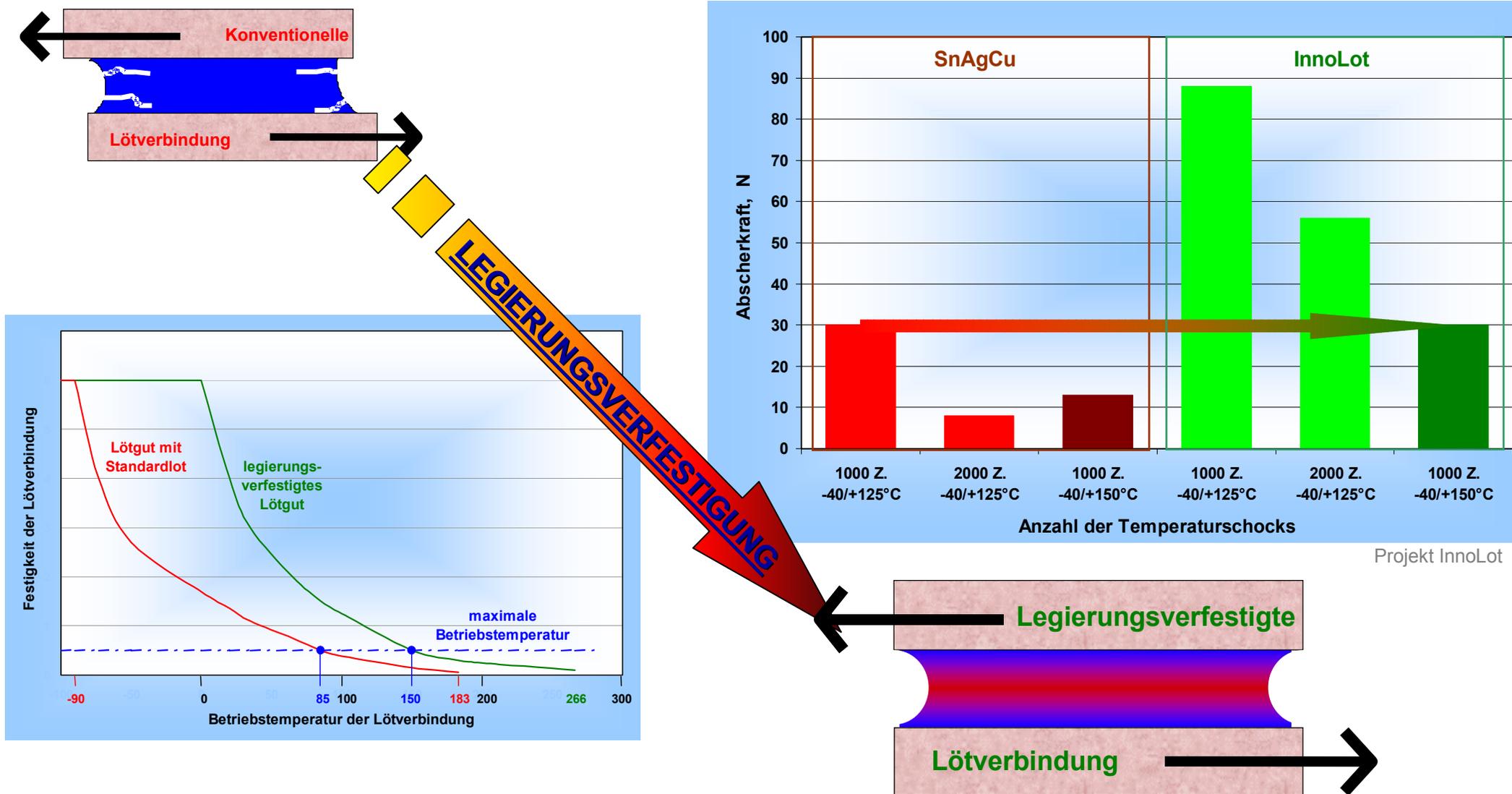
## Verbesserung der Zuverlässigkeit konventioneller Lötverbindungen



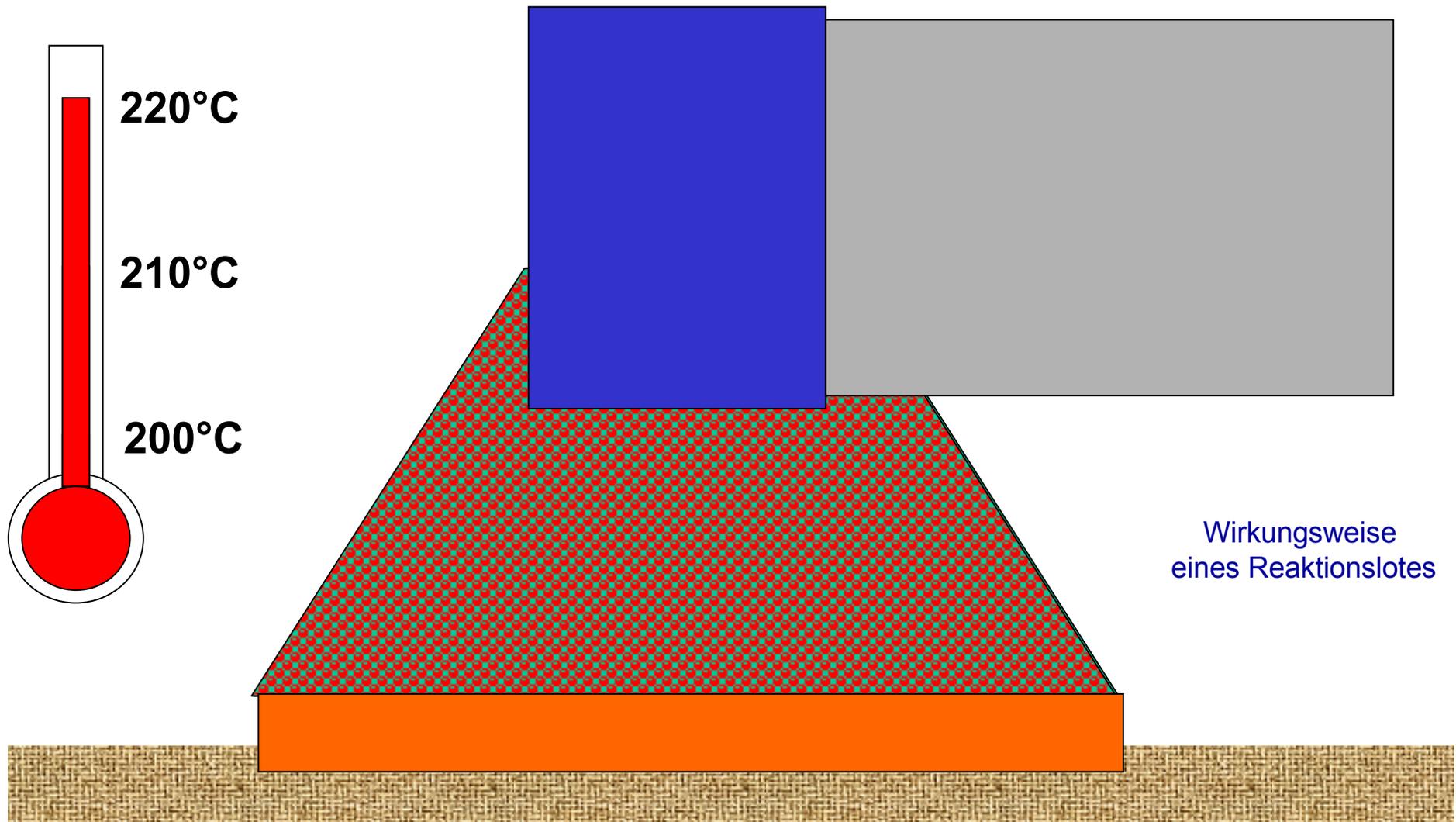
Wittke u.a.: Pikometallurgie, VTE 6/2001]



## Verbesserung der Zuverlässigkeit konventioneller Lötverbindungen

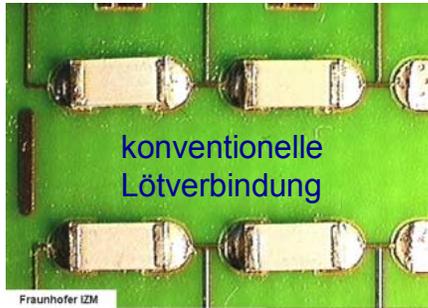


## Verbesserung der Zuverlässigkeit konventioneller Lötverbindungen

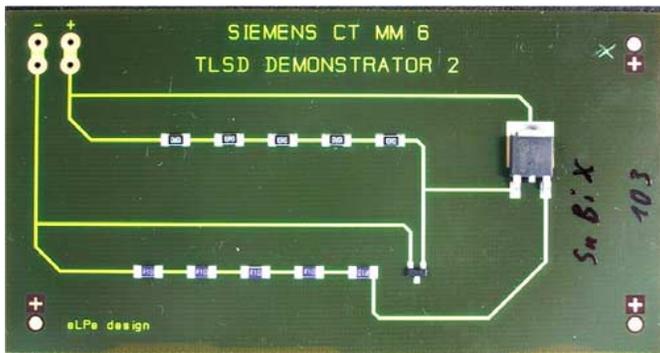
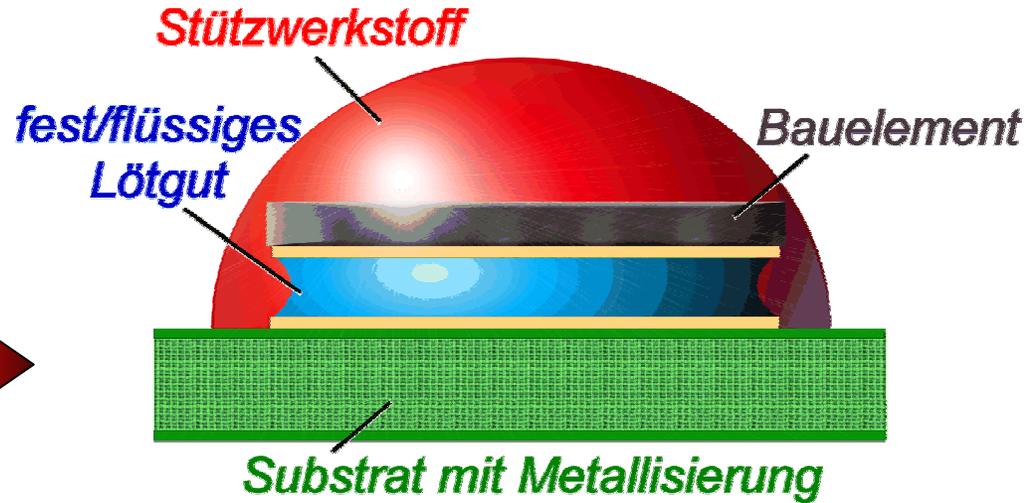
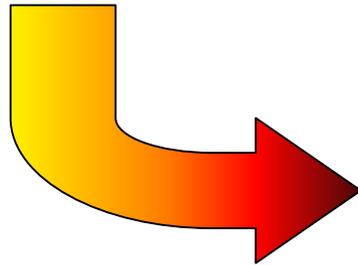
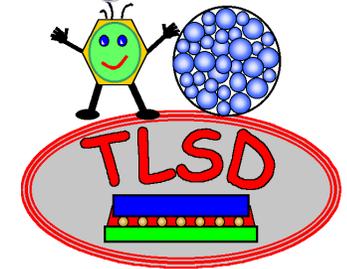


# „Zuverlässigkeit von Lötverbindungen für die Hochtemperatur-Elektronik“

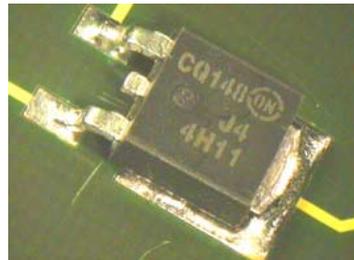
## Verbesserung der Zuverlässigkeit konventioneller Lötverbindungen



**FLÜSSIGLOT**



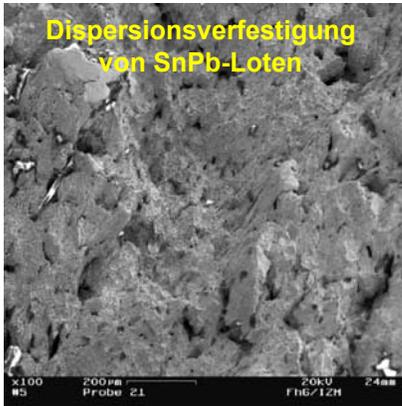
Demonstrator – Leiterplatte (Siemens)



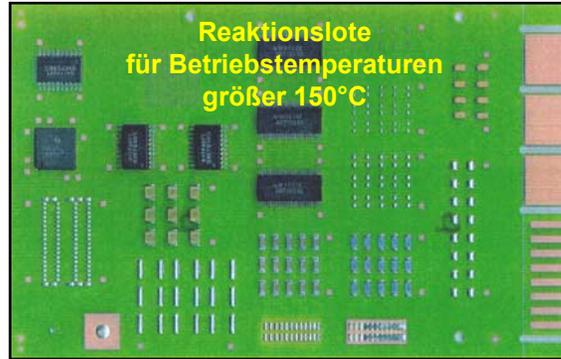
Demonstrator – Diode (Bosch)

# „Zuverlässigkeit von Lötverbindungen für die Hochtemperatur-Elektronik“

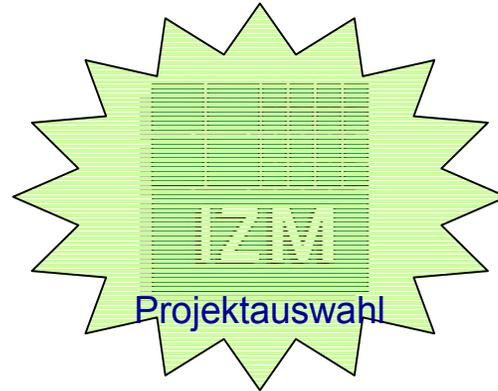
## Beteiligung des Fraunhofer IZM an Projekten zur Erhöhung der Zuverlässigkeit



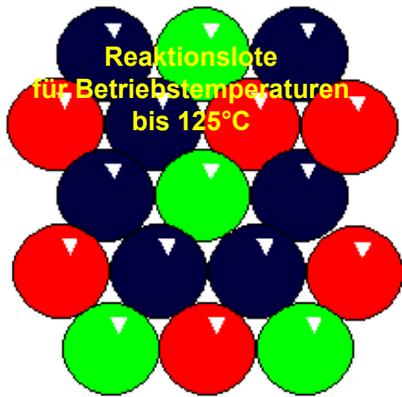
EU-Projekt  
"Copernicus"  
(ERB CIPA CT940116)



BMBF-Projekt  
„InnoLot“  
(03N3083D)



BMBF-Projekt  
„TLSD“  
(02PP2041)



BMBF-Projekt  
„Mod WL“  
(03N1014B1)

Umweltfreundliche Elektronik für Hochtemperatur-Anwendungen



BMBF-Projekt  
„hotEL“  
(02PD2410)

Innovative Bauweisen von elektronischen Baugruppen mit flüssigen Lötverbindungen für den Temperaturbereich bis 250°C

**Einsatz von Flüssiglot für Hochtemperatur-Anwendungen bis 250°C**

TLSD - Temporary Liquid Solder Design

**ISBN 3-934142-51-6**

Buchreihe  
**AUFBAU- UND VERBINDUNGSTECHNIK IN DER ELEKTRONIK - AKTUELLE BERICHTE BAND 1**  
Herausgeber  
W. Scheel, K. Wittke, M. Nowotnick

Innovative Produktionsprozesse für die Hochtemperatur-Elektronik am Beispiel der Kfz-Elektroniksysteme

**Einsatzgrenzen elektronischer Lötbaugruppen für Hochtemperatur-Anwendungen**

Motorraum: < 105°C  
Radanbauten: < 300°C  
Motor, Getriebe: < 200°C

**ISBN 3-934142-52-4**

Buchreihe  
**AUFBAU- UND VERBINDUNGSTECHNIK IN DER ELEKTRONIK - AKTUELLE BERICHTE BAND 2**  
ISSN 1614-6131  
Herausgeber  
W. Scheel, K. Wittke, M. Nowotnick

## Zusammenfassung und Ausblick

Die Verarbeitungstemperatur definiert in der Regel die Grenze für den Einsatz konventioneller Lote (< 150°C auf organischen Schaltungsträgern).

Durch Reaktionslote und verfestigte Lötverbindungen kann die mögliche Betriebstemperatur weiter erhöht werden (< 180°C).

Erhöhte Betriebstemperaturen begrenzen auch die zulässige BauteilAuswahl (Größe, Ausdehnung) sowie die Auswahl der Metallisierungen.

Für eine weitere Erhöhung der Betriebstemperaturen (200..250°C) sind alternative Lösungen erforderlich, z.B. flüssige Lötverbindungen oder kombinierte Verbindungen.

Für Hochtemperaturlötverbindungen sind geeignete Systemlösungen erforderlich.

