

# Cooler Anwendungen für wärmeleitende Klebstoffe

Von Dr. Heiko Fauser und Dr. Theresa Lindel,  
Panacol-Elosol GmbH, Steinbach/Taunus

Elektronische Geräte werden immer kleiner und leistungsstärker, wodurch die thermische Belastung der Bauteile höher wird. Dies verkürzt nicht nur die Lebensdauer, sondern verringert auch deren Performance. Wärmeleitfähige Klebstoffe können hier helfen, das Wärme-Management zu optimieren.

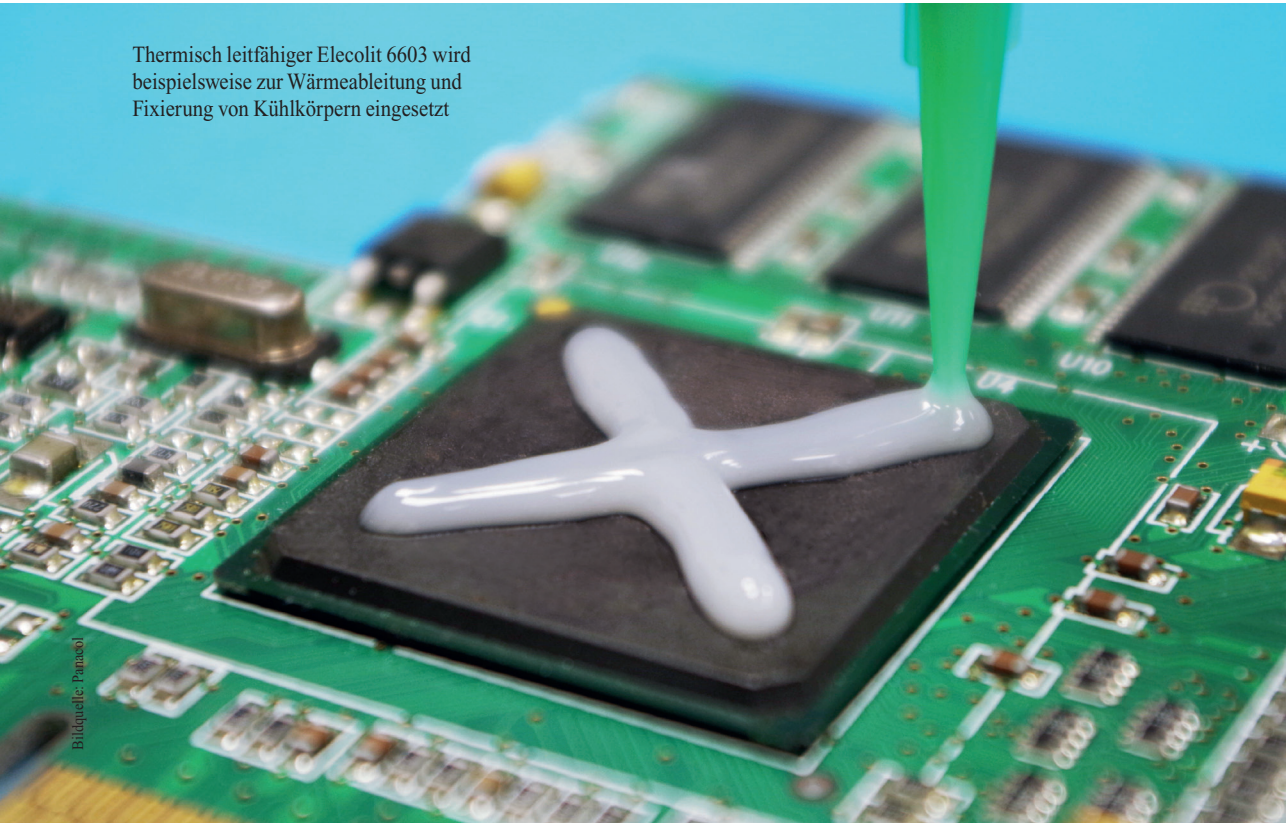
## Flexibel in der Anwendung

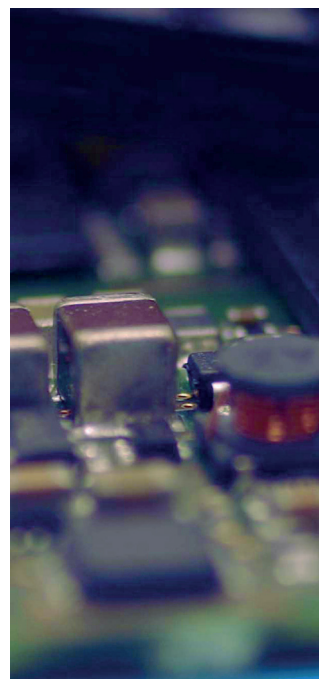
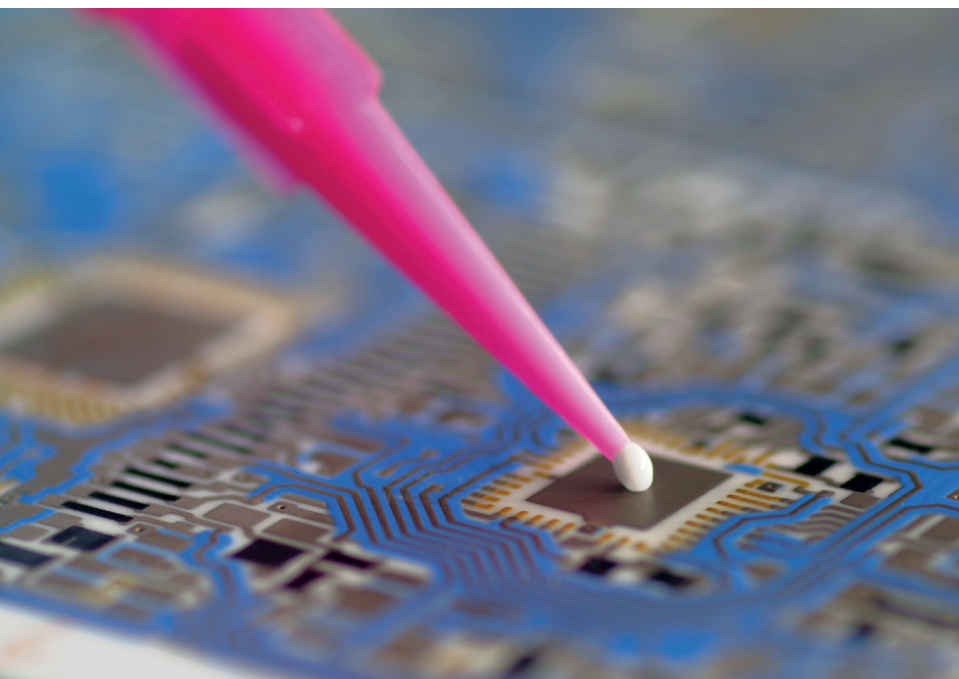
Ein Haupteinsatzgebiet für thermisch leitfähige Klebstoffe ist die Wärmeableitung bei Leistungselektronik. Hierbei wird die Wärmebelastung sensibler elektronischer Bauteile durch die Wärmeleitfähigkeit des Klebstoffs reduziert und somit die Aufrechterhaltung ihrer Performance gewährleistet. Thermisch leitfähige Klebstoffe kommen des Weiteren als Einkapselungsmasse für Messsensoren, die zur Messung der Temperatur an Gehäusen oder Reaktoren dienen,

zum Einsatz. Im Vergleich zu Wärmeleitpasten haben Klebstoffe mit Wärmeleitfähigkeit den Vorteil, dass sie nicht nur die hohe Wärmeenergie abführen, sondern gleichzeitig zur Fixierung und Befestigung dienen.

Bei vielen Anwendungen, z.B. in der Computertechnik oder bei der Herstellung moderner leistungsfähiger Batterien im Bereich der Elektromobilität, ist eine effiziente Wärmeableitung bei gleichzeitiger elektrischer Isolation gefragt. All das können thermisch leitfähige Klebstoffe, wie die von Panacol, bieten.

Thermisch leitfähiger Elecolit 6603 wird beispielsweise zur Wärmeableitung und Fixierung von Kühlkörpern eingesetzt





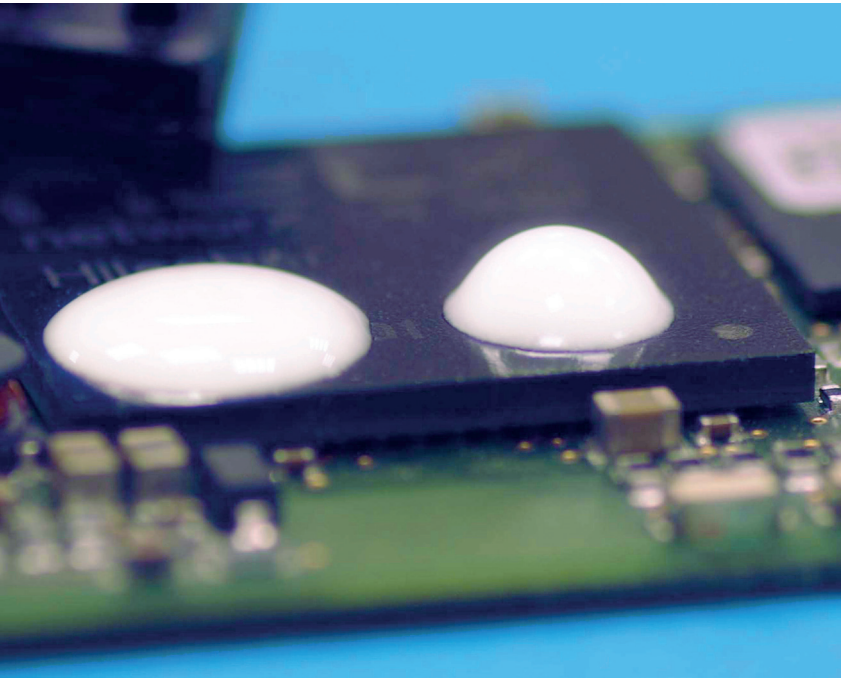
Essenziell ist die Wahl des richtigen Klebstoffes, um eine zuverlässige und dauerhafte Verklebung zu gewährleisten. Für die Klebeverbindung sind punktgenaues Dosieren und eine gute Oberflächenbenetzung mit formschlüssiger Spaltüberbrückung, die auch größere Unebenheiten der Fügeoberflächen ausgleicht, die wichtigsten Voraussetzungen. Somit kann eine hohe Klebkraft zwischen unterschiedlichsten Materialien (Metalle, Keramik, Kunststoffe) realisiert werden. Die moderne Klebtechnik ermöglicht es, Klebstoffe maßgeschneidert auf die jeweilige Anwendung abzustimmen. Dadurch hat der Konstrukteur große gestalterische Freiheit und gleichzeitig lässt sich die Dosierung und Aushärtung der Klebstoffe sehr einfach in die meisten industriellen Fertigungsabläufe der Einzel- oder Massenproduktion integrieren.

## **Epoxidklebstoffe – eine variable und zuverlässige Basis**

Für viele Anwendungen eignen sich besonders lösungsmittelfreie Reaktivklebstoffe beziehungsweise chemisch härtende Systeme. Diese Klebstoffe bestehen aus niedermolekularen und damit niedrigviskosen Substanzen, die unter definierten Bedin-

gungen miteinander reagieren. Hierzu eignen sich vor allem Klebstoffe auf Epoxidharzbasis, da sie über eine hohe Reaktivität verfügen. Epoxidharzklebstoffe härten mit verschiedenen Mechanismen (thermisch, UV-Licht, 2K) aus. Während einkomponentige, thermisch- oder UV-härtende Systeme unter genau festgelegten Bedingungen relativ schnell aushärten, muss bei 2K-Systemen durch die Wahl einer geeigneten Harz/Härter-Kombination eine schnell oder langsam ablaufende Aushärtung (kurze oder lange Topfzeit) eingestellt werden.

Epoxidklebstoffe zeichnen sich durch hervorragende Haftung auf vielerlei Substraten, gute Temperaturbeständigkeit und eine hohe Chemikalien- und Lösemittelbeständigkeit aus. Aufgrund ihrer hohen Vernetzungsdichte verfügen Klebschichten aus Epoxidharzgrundstoffen über hohe statische Langzeitbeständigkeit bei Kriechbelastungen. Sollte die Klebschicht später Verformungen ausgesetzt sein (dynamische Belastung), ermöglichen speziell eingestellte Epoxidklebstoffe einen Spannungsabbau, ohne dass die Verklebung Schaden nimmt. Eine Skepsis gegenüber der Langzeitbeständigkeit geklebter Verbindungen ist also bei fachgerechter Konzeption nicht gerechtfertigt.



Der thermisch leitfähige Klebstoff Elecolit 602 wird auf eine Leiterplatte aufgetragen (li.)

Applikation zweier Klebstoffe (Elecolit 6601 und Elecolit 6604) mit unterschiedlichem Fließverhalten – das unterschiedliche Benetzungsverhalten und die unterschiedliche Formstabilität sind deutlich zu erkennen (re.)

Bildquelle: Panacol

## Thermische Leitfähigkeit

Generell versteht man unter Wärmeleitfähigkeit die Wärmemenge, die in einer bestimmten Zeiteinheit durch einen Körper definierten Querschnittes hindurchgeht. Nichtmetallische Feststoffe, wie ausgehärtete Klebstoffe oder Keramikfüllstoffe, enthalten in der Regel keine frei beweglichen Elektronen. Somit erfolgt der Wärmetransport hier nicht über Konvektion oder Leitungselektronen, sondern kann nur über Gitterschwingungen (Phononen) und dem daraus resultierenden Energieaustausch erfolgen.

Epoxidklebstoffe an sich zeigen keine allzu große Wärmeleitfähigkeit (ca. 0,2 W/mK). Erst durch den Zusatz von speziellen Füllstoffen können höhere Leitfähigkeitswerte erzielt werden. Bei den Füllstoffen handelt es sich meist um keramische oder metallische Füllstoffe, wobei die Wahl stark vom Anwendungsbereich abhängt. Die meisten Wärmeleitklebstoffe erreichen Leitfähigkeiten von 0,4 bis etwa 1,3 W/mK, je nach Anwendung können mit den Elecolit-Klebstoffen von Panacol Leitfähigkeiten bis zu etwa 3 W/mK erreicht werden. Im Idealfall sollten thermisch leitfähige Füllstoffe eine hohe thermische Leitfähigkeit, niedrige thermische Ausdehnung, geringe Abrasivität und gute Chemikalienbeständigkeit aufweisen.

## Füllstoffe - erst die richtige Füllung bringt die richtige Kühlung

Grundsätzlich gilt, dass bei konstantem Füllstoffvolumenanteil die Wärmeleitfähigkeit umso höher wird, je größer die Wärmeleitfähigkeit des reinen Füllstoffes ist. Jeder Füllstoff birgt jedoch eine Reihe Vor- und Nachteile, so dass die Wahl des passenden Füllstoffes alles andere als trivial ist.

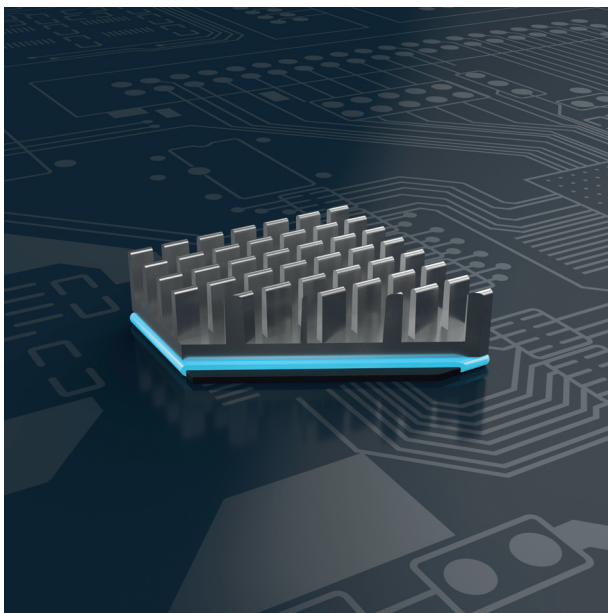
Mit Füllstoffen wie Silber oder anderen Metallen können die besten Wärmeleitfähigkeitswerte erreicht werden. Allerdings wirken Metalle auch elektrisch leitend, was in vielen Anwendungen nicht erwünscht ist. Für eine Wärmeleitfähigkeit bei gleichzeitiger elektrischer Isolation werden daher bevorzugt Klebstoffe verwendet, die mit keramischen oder mineralischen Füllstoffen versetzt sind. Keramische Füllstoffe haben jedoch wiederum aufgrund ihrer hohen Härte den Nachteil einer hohen Abrasivität. Ein Problem, das durch die Partikelform stark abgeschwächt werden kann. Ein Material mit hervorragenden wärmeleitenden Eigenschaften sind beispielsweise Bornitride. Diese führen zwar zu einer hohen Wärmeleitfähigkeit, bedingen durch ihre Form meist aber unvorteilhafte Fließ Eigenschaften. Außerdem sind Bornitride sehr preintensiv.

Eine Alternative ist, den Klebstoff mit Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) zu füllen. Aluminiumoxid ist eine weiße, undurchsichtige Hochleistungskeramik. Diese Keramik ist extrem temperaturresistent und weist gleichzeitig eine starke mechanische Festigkeit auf.

Allerdings wirkt sich die stark unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit der verschiedenen Füllstoffe nicht entsprechend proportional auf die Wärmeleitfähigkeit des Klebstoffes aus. Eine Erklärung für dieses Verhalten liegt in den unterschiedlichen Geometrien der Füllstoffpartikel. Grundsätzlich gilt: Je höher die Zahl der Kontakte der einzelnen Partikel untereinander, desto höher ist die Leitfähigkeit. Abhängig von Form und Größe der jeweiligen Füllstoffpartikel kann sich bei gleichem Volumenanteil mehr oder weniger Epoxidpolymer zwischen den Partikeln befinden und bildet somit eine dickere oder dünnere isolierende Trennschicht, die den Wärmetransport behindert. Dementsprechend steigt mit zunehmendem Füllstoffgehalt die thermische Leitfähigkeit des Klebstoffes. In Laborversuchen zeigt sich auch hier eine starke Abhängigkeit von der Partikelgeometrie. So wird mit unregelmäßig geformten Aluminiumoxid-Partikeln tendenziell eine leicht höhere thermische Leitfähigkeit erzielt als mit runden Partikeln bei gleichem Volumenanteil. Auf der anderen Seite wird mit rundem Aluminiumoxid ein deutlich höherer Füllgrad und letztendlich eine höhere Leitfähigkeit erreicht, während gleichzeitig noch eine gute Verarbeitungviskosität gewährleistet werden kann. Für die Leitfähigkeit und das Fließverhalten kann außerdem je nach Anwendung auch eine Mischung verschiedener Füllstoffarten, Füllstoffgrößen und Geometrien von Vorteil sein.

## Fließverhalten thermisch leitfähiger Klebstoffe

Neben Füllgrad und Partikelgrößenverteilung haben vor allem die Materialart und die Partikelform einen großen Einfluss auf die späteren Eigenschaften. Das



Bildquelle: Panacol

Elecolit Wärmeleitklebstoffe (im Bild blau dargestellt) eignen sich zur Verklebung von Kühlkörpern zur Wärmeableitung von Leistungselektronik

Füllmaterial beeinflusst dabei das Fließverhalten des Klebstoffes. Die Einstellung der gewünschten Viskosität ist für die spätere Anwendung entscheidend: Während eine zu niedrige Viskosität keine Kantestabilität gewährleistet beziehungsweise ein ungewolltes Verlaufen des Klebstoffes bewirkt, führt eine zu hohe Viskosität oft zu einem fehlerhaften Auftrag des Materials, da zum Beispiel eine raue Oberfläche nicht formschlüssig benetzt wird. Auch beim Dosiervorgang kann eine zu hohe Viskosität problematisch sein.

Viskositätswerte sind keine konstanten Größen, sondern werden von vielen Bedingungen beeinflusst. Im Besonderen gilt dies für Klebstoffe, da diese aufgrund ihrer Polymerbasis zu einer inneren Strukturbildung neigen. Ein Effekt, der durch die Zugabe von Füllstoffen nochmals verstärkt wird. Unter Scherbelastung kommt es zu einer gewissen Orientierung der Partikel in Fließrichtung. Diese gleiten dann bei steigender Belastung immer leichter aneinander vorbei. Dementsprechend resultiert in gefüllten Klebstoffen ein scherverdünnendes oder strukturviskoses Verhalten,

das heißt die Viskositätswerte fallen mit Zunahme der angelegten Scherrate ab. Grundsätzlich ist bei der Verwendung von thermisch leitfähigen Klebstoffen darauf zu achten, dass eine möglichst dichte und homogene Verteilung der Füllstoffe innerhalb des Klebstoffes vorliegt. Nur so sind Hohlräume in der ausgehärteten Klebschicht, die zu einer Minderung der thermischen Leitfähigkeit führen, zu vermeiden. Somit ist nicht nur auf eine sorgfältige Herstellung seitens des Produzenten zu achten, sondern auch eine fachgerechte Applikation des Anwenders zu gewährleisten, um beispielsweise das ungewollte Einbringen von Luft während des Dosierprozesses zu verhindern. Darüber hinaus ist auf mögliche Sedimentation während der Lagerung zu achten.

## Fazit

Neben dem Füllgrad spielen vor allem Eigenschaften wie Form und Größe der Partikel eine wesentliche Rolle für die Leitfähigkeit von Klebstoffen. Durch eine sorgfältige Wahl des passenden Füllstoffes können Fließeigenschaft, Wärmeleitfähigkeit und Anforderungen an den ausgehärteten Klebstoff gezielt optimiert werden. Bei der Auswahl des Klebstoffes ist es generell sehr wichtig, sowohl die Füllstoffe als auch die Klebstoffformulierung auf vorher festgelegte, anwendungsspezifische Kriterien abzustimmen.

### Conformal Coating

Service und Anlagen





info@kc-produkte.com • www.kc-produkte.com

Reinigung • Sprühen • Tauchen • Fluten • Dispensen • Entlackung

## Elektronik schützen!

So ist es beispielsweise auch möglich, hohe Durchschlagsfestigkeiten von über 25 kV/mm zu realisieren. Eine Eigenschaft, die bei der Isolation von stromführenden Teilen eine wichtige Herausforderung in der industriellen Elektronikproduktion darstellt.

Dem Klebstoffentwickler stehen also eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Verfügung, um die Eigenschaften des thermisch leitfähigen Epoxidklebstoffes exakt auf die entsprechende Anwendung anzupassen. Moderne thermisch leitfähige Klebstoffe sind somit in der Lage, sehr anspruchsvolle und vielfältige Funktionen zu übernehmen, wodurch sich deren Einsatzgebiete in Zukunft noch erweitern werden. *-dir/gk-*

[www.panacol.de](http://www.panacol.de)

Wir sind Ihr kompetenter Partner für die Realisierung Ihrer Ideen und Produkte. Mit uns bedienen Sie den globalen Markt schnell und wirtschaftlich mit einem Maximum an Qualität.

**Unsere Kernkompetenz** ist die Bestückung von elektronischen Baugruppen mit allen notwendigen Montagearbeiten, bis zur Fertigstellung des Produktes inklusive Materialwirtschaft und Versand an den Endkunden.

## elkotec

GmbH

Seestraße 64-67  
13347 Berlin

Tel.: 030/45 6005-0  
Fax: 030/45 6005-60

E-Mail: [kontakt@elkotec.de](mailto:kontakt@elkotec.de)

## SYNERGIE DURCH PARTNERSCHAFT

[www.elkotec.de](http://www.elkotec.de)

Qualitätsmanagement  
ISO 9001:2008  
► Regelmäßige freiwillige  
Überwachung

