

## FACHARTIKEL

### Prozessparameter in der RFID-Technologie

#### Test- und Messverfahren für RFID-Labels

Dr. Karl Bitzer, Produktmanager, und René Tobisch-Haupt, Anwendungsingenieur, DELO Industrie Klebstoffe

Neue Entwicklungen in der RFID-Technologie sind in den letzten Jahren kontinuierlich vorangeschritten. Aus einer Nischenanwendung wurde eine allseits gegenwärtige Technologie, die im Logistik-Bereich großen Anklang findet, etwa zum Auslesen verschlüsselter Informationen bei Gepäckanhängern im Flughafen oder als Aufkleber auf Paketen. Nach einer Marktstudie von IDTechEx wird der weltweite RFID-Markt in 2009 einen Wert von 5,56 Milliarden Dollar erreichen – verglichen mit 5,25 Milliarden in 2008 (1). Darin enthalten sind Tags, Readers und Software/Services. Aber auch der Markt für RFID Tags wird weiter wachsen - auf 2,35 Milliarden verkaufte Tags 2009 im Vergleich zu 1,97 Milliarden in 2008.

Neue Substratwerkstoffe wie PVC oder PV haben ebenso Einzug in diese Technologie gehalten wie immer leistungsfähigere kleinere Chips. Auch wenn es zahlreiche verschiedene Arten von RFID-Labels gibt, ist der grundsätzliche Aufbau eines RFID-Tags immer identisch: Ein Mikrochip wird mit einer Spule bzw. Antenne als elektromagnetischem Kopplungselement kombiniert.

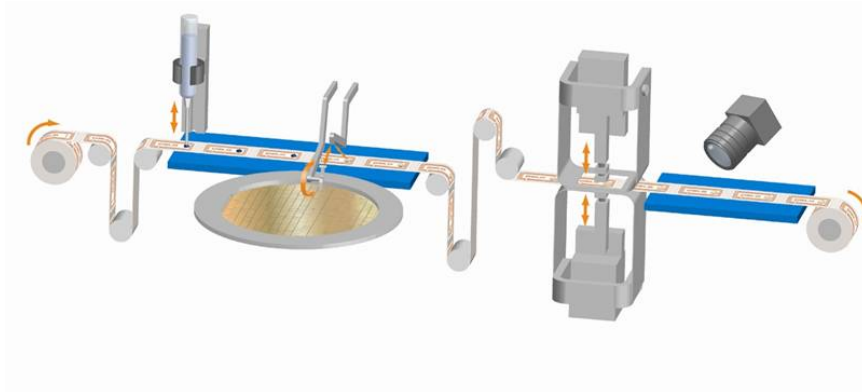
Die zuverlässige Befestigung und Kontaktierung der eingesetzten Chips auf der jeweiligen Antenne ist dabei eine Grundvoraussetzung für das korrekte Funktionieren eines RFID-Transponders. Das am häufigsten verwendete Fügeverfahren stellt hierbei das Kleben dar. Der RFID-Chip wird auf die Transponderantenne aufgeklebt. Durch diese Verbindung wird einerseits eine elektrische Kontaktierung sichergestellt, andererseits trägt dieser Schritt zu einer höchstmöglichen Ausbeute in der Volumenfertigung bei. Mit einer Klebstoff-Menge von weniger als einem Milligramm pro Bauteil wird sekundenschnell in einem Thermokompressions-Verfahren eine stoffschlüssige Verbindung zwischen Chip und Antenne bzw. Antennensubstrat hergestellt. Insbesondere die Wahl der richtigen Prozess-Parameter für den Klebprozess ist entscheidend für die Erfüllung aller an den RFID-Tag gestellten Anforderungen. Die neuen PVC- und PV-Werkstoffe sind beispielsweise wesentlich temperaturempfindlicher. Das hat zur Folge, dass eine Aushärtung bei sehr hohen Temperaturen schwieriger ist.

#### Die Voraussetzung: Klebstoff-Auswahl und Prozessparameter

Die Etablierung eines funktionierenden Klebprozesses im RFID-Bereich ist äußerst komplex. Der Grund: Es sind zahlreiche variable Parameter wie Chiptyp, Substrat-Varianten, Bestückungs-Automat, Klebstoff sowie die jeweiligen Anforderungen an das spätere Produkt

zu beachten. Das Ergebnis: Der Prozess geht über ein simples Plug&Play hinaus. Substrathersteller, Klebstoffhersteller und Anlagenbauer müssen Hand in Hand arbeiten, um zu optimalen Ergebnissen zu kommen.

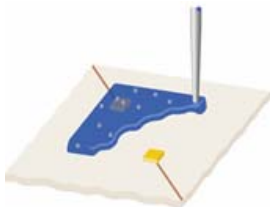
Bei der Auswahl des geeigneten Klebstoffes sind nicht nur dessen Eigenschaften relevant wie hohe Festigkeiten und gute Beständigkeit gegen Feuchte und Temperaturen. Der Klebstoff muss auch auf den Prozess auf den automatisierten Produktionsanlagen genau abgestimmt werden (Siehe Bild 1).



**Abb. 1: Schematisch dargestellter Bestückungsprozess**

## Fertigung im Sekundentakt

Im ersten Schritt wird der Klebstoff auf die Kontaktierungsfläche der Antenne, auf die später der Chip gesetzt werden soll, aufgetragen. Die präzise und wiederholgenaue Dosierung des Klebstoffes auf das Antennensubstrat stellt bereits die erste Herausforderung dar. Dafür stehen unterschiedliche Dosierverfahren wie Zeit-Druck-Steuerung, Schablonendruck oder Jetten je nach Maschinentyp und Kundenanforderung zur Verfügung. Typische Dosiermengen liegen im Bereich 0,1 Milligramm pro Bauteil. Um eine funktionierende Verklebung zu gewährleisten, sollte keinesfalls zu wenig dosiert, im Kundeninteresse aber auch unnötig hohe Dosiermengen vermieden werden.



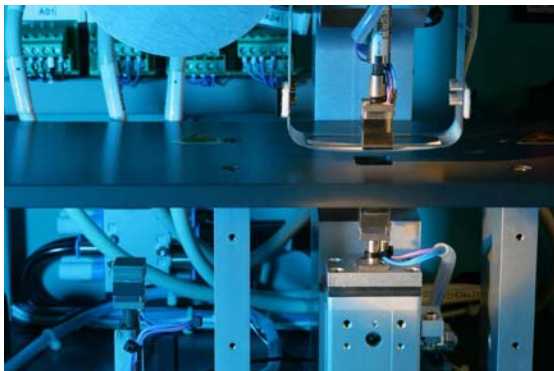
**Abb. 2: Dosieren des Klebstoffs**

Nach der Dosierung werden die zu verklebenden Chips mittels Pick&Place-Device in den flüssigen Klebstoff-Tropfen platziert. Um eine möglichst präzise Positionierung der Chips zu gewährleisten wird an dieser Stelle ein Die-Bonder mit einer Positioniergenauigkeit  $<15\mu\text{m}$  verwendet. Dies erlaubt Platziergenauigkeiten, die typischerweise von aktuellen Flip-Chip-Maschinen erreicht werden.



**Abb. 3: Fineplacer**

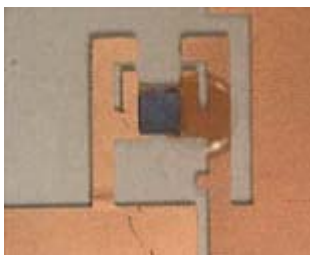
Nach der Platzierung des Chips wird der Klebstoff in einer Thermodenstation, beispielsweise von Mühlbauer, ausgehärtet. Im Labor finden üblicherweise erste Tests auf einer Miniaturanlage statt, um die Komponenten aufeinander abzustimmen. Dabei entsprechen jedoch die Thermoden denen einer Produktionsanlage, so dass sich der labortechnische Aushärteschritt mittels Thermokompression am späteren Praxisfall orientiert. Somit können Parameter wie Temperaturen, Anpresskräfte und –zeiten direkt vom Labor auf die Maschine übernommen werden.



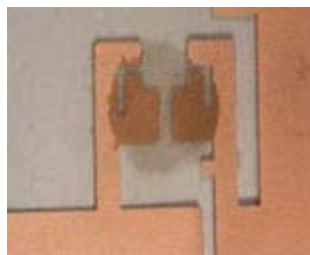
**Abb. 4: Thermodenstation der Firma Mühlbauer**

## Überprüfung der Klebeverbindung durch zahlreiche Tests

Zahlreiche Tests im Klebstofflabor dienen dazu, die Qualität der Klebstoffe sicherzustellen, denn diese müssen bei der späteren Anwendung zahlreichen Anforderungen standhalten: Die Überprüfung bereits produzierter RFID-Tags bei modernen Produktionsmaschinen ist Standard. Hier kann durch optische Vision-Systeme die Platzierung der Chips überprüft oder durch ein integriertes Readersystem die Funktionalität der Tags überprüft werden. Abbildungen 5a und 5b zeigen mögliche Probleme im Produktionsprozess, die durch entsprechende Beobachtung via Kamera und PC rechtzeitig erkannt und behoben werden können.



**Abb. 5a: Dosierfehler**



**Abb 5b: Kein Chip vorhanden**

Über diese maschinen-integrierbaren „Schnelltests“ hinaus wird bei weiterführenden Untersuchungen noch detaillierter die Qualität der Verklebung ermittelt. Getestet werden beispielsweise

**Scherfestigkeit der verklebten Chips:** Mittels Die-Shear-Tester wird der aufgeklebte Chip mittels eines kleinen Meißels vom Substrat abgeschert. Bei idealem Zusammenspiel von Klebstoff, Chip und Substrat lassen sich Festigkeiten von 25 N/mm<sup>2</sup> und mehr erzielen.

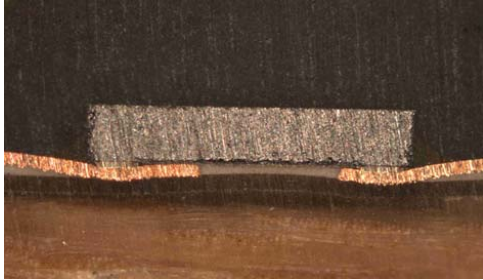
**Aushärtegrad des Klebstoffes:** Um die vollständige Aushärtung des Klebstoffes im Rahmen der gewählten Parameter zu überprüfen, kann anhand einer DSC-Analyse (dynamische Differenzkalorimetrie) der Aushärtegrad des Klebstoffs bestimmt werden. Auffälligkeiten ergeben sich hier durch zu kurze Aushärtezeiten oder zu geringe Aushärtetemperaturen



**Abb 6. DSC-Analyse**

**Schliffbilder:** Ein Schliff durch Chip und Substrat dient dazu, den Grad der Verpressung des Chips und seiner Bumps auf der Substrat-Metallisierung zu erkennen. Zu geringe

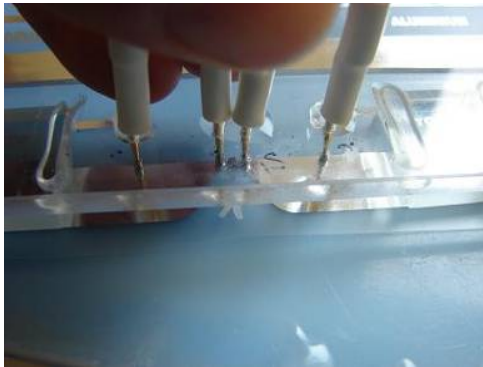
Anpresskräfte können in einer mangelhaften Chip-Kontaktierung resultieren, zu hohe Kräfte beschädigen möglicherweise Chip oder Substrat.



**Abb 7: Schliff durch ein RFID-Label**

**Reichweitenbestimmung /  $P_{\min}$ -Messung:** Die Qualität der elektrischen Verbindung zwischen RFID-Chip und Antenne wird über die Lesbarkeit der Tags ermittelt. Dafür wird der zu testende Tag bei konstanter Reader-Leistung immer weiter von der Antenne entfernt, bis der erste Lesefehler auftritt. Alternativ kann bei festgelegter Entfernung des Labels zum Reader die Leistung des Lesegerätes von Null beginnend solange erhöht werden, bis das Label anfängt zu senden.

**Messung der Kontaktwiderstände:** Neben der Reichweiten/ $P_{\min}$ -Messung ermöglicht die Bestimmung des Kontaktwiderstands der Chip-Bumps auf die Antennenmetallisierung eine Beurteilung der Kontaktierungsqualität. Für eine möglichst präzise Bestimmung wird auf eine Vierpunktmessung zurückgegriffen.



**Abb. 8: Messung der Kontaktwiderstände**

Für die Abschätzung der Zuverlässigkeit von RFID-Tags werden im späteren Lebenszyklus weitere Tests durchgeführt

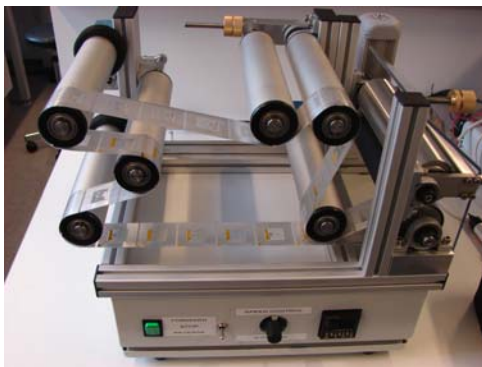
- Unterschiedliche Feucht-/Wärme-Lagerungen, z.B. 85°C/85%rF, 60°C/90%rF  
Der Einfluss der kombinierten Einwirkung von Feuchte und Temperatur auf Antennensubstrat und Verklebung simuliert eine beschleunigte Alterung.
- Temperatur-Schocktest, z.B. -40...+85°C

Die verschiedenen Materialien eines RFID-Tags (Antennensubstrat, Chip, Klebstoff) zeigen unterschiedliche Längenausdehnungen bei Temperaturwechseln. Der Test prüft die Eignung des Klebstoffs, in den Klebeverbund eingetragene Spannungen auszugleichen. Diese könnten im ungünstigen Fall zu einer Schwächung der Verklebung oder sogar zu Ablösungen führen.



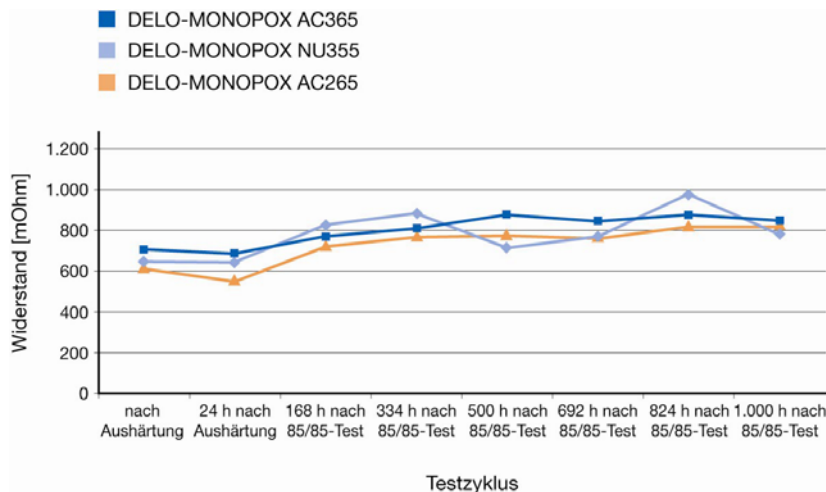
**Abb. 9: Einlagerung von Bauteilen im Klimaschrank**

- **Bending-Test:** Die Umlenkung des vorgespannten Antennensubstrates über verschiedene Rollen erlaubt die Simulation möglicher Biegebeanspruchung in späteren Einsatzbereichen. Dieser Test ist insbesondere geeignet, um die die Klebstoffeigenschaften bezüglich der Biegung festzustellen. Im Rahmen des Tests wird das Substrat mit verklebtem Chip in verschiedene Richtungen beansprucht, um so die Schälbelastung zu simulieren.

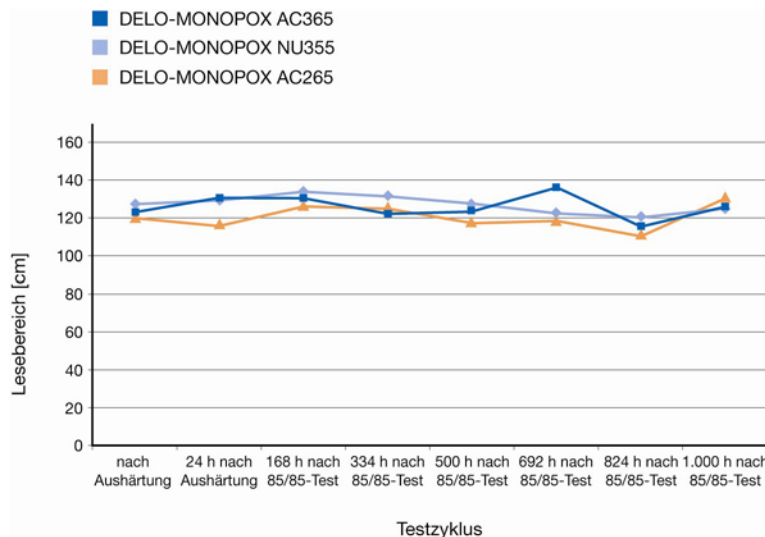


**Abb. 10: Bending-Test**

- **Laminierung der Labels:** Zum Teil gibt es deutliche Unterschiede bei den einzelnen Prüfmethode – je nachdem, ob ein RFID-Label laminiert oder unlaminiert getestet wird. Um den Einfluss eines nachgeschalteten Laminierprozesses zu beurteilen, können die genannten Methoden sowohl an laminierten als auch unlaminierten Labels durchgeführt werden.



**Abb. 11: Widerstand der getesteten Klebstoffe**



**Abb. 12: Lesebereich/Readrange der getesteten Klebstoffe**

### Tests garantieren Qualität der Verklebung

Die Kombination der oben genannten Prüfungen und Tests erlaubt eine sehr gute Einschätzung bezüglich der Leistungsfähigkeit eines Klebstoffes für eine spezifische Anwendung. Auch für laufende Produktionen werden Untersuchungen und Analysen durchgeführt, um beispielsweise ein Prozessmonitoring durchzuführen. Für den Kunden ergibt sich daraus eine Vielzahl von Vorteilen in seiner Projektbearbeitung, da DELO neben dem reinen Klebstoff umfangreiche Daten zu Aushärtung und Zuverlässigkeits-Tests zur Verfügung stellen kann.

Literatur:

(1) IDTechEx: RFID Forecasts, Players and Opportunities 2009-2019, April 2009, [www.idtechex.com](http://www.idtechex.com)