

# Parylene-Beschichtung

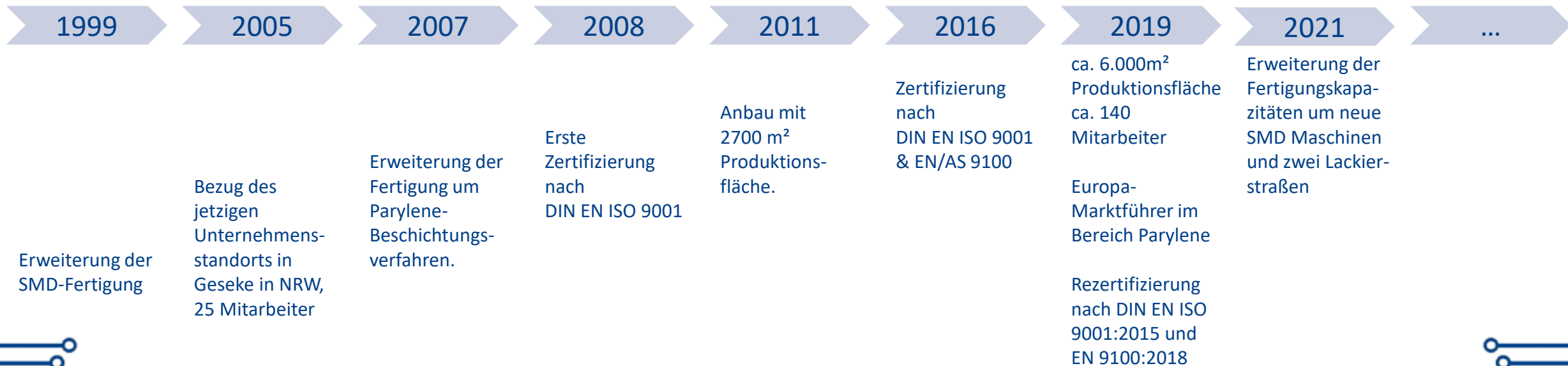
Dauerhafte Versiegelung elektronischer Baugruppen  
mit extremen Anforderungen

**Heicks Parylene Coating GmbH**

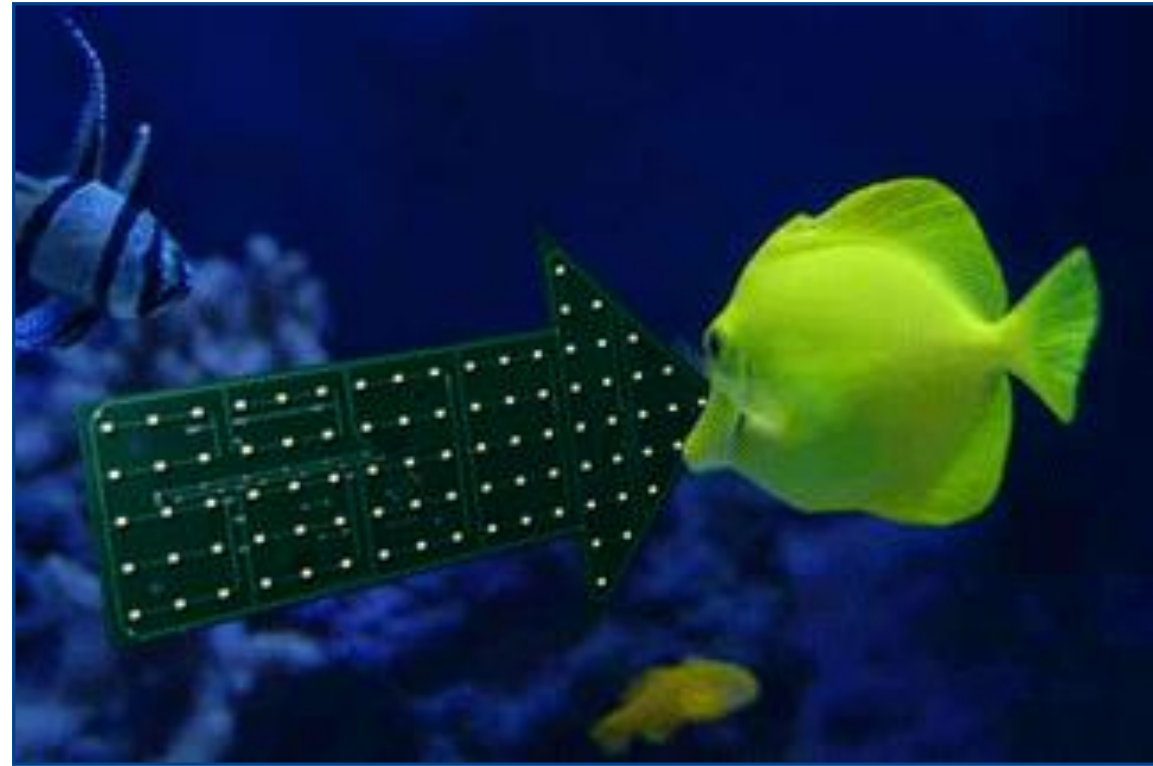
Dipl.-Ing. Rudolf Heicks



- ✓ Die Firma Heicks Industrieelektronik GmbH, gegründet 1986, ist ein mittelständiges, inhabergeführtes Unternehmen mit ca. 140 qualifizierten Mitarbeitern.
- ✓ Auf über 6000 m<sup>2</sup> Produktionsfläche bieten wir kompetenten Komplettservice für hochwertige elektronische Komponenten und Baugruppen.



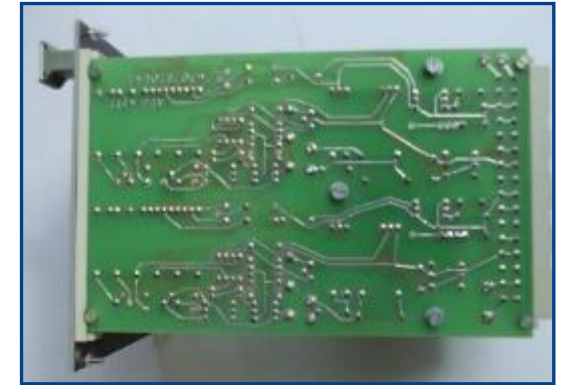
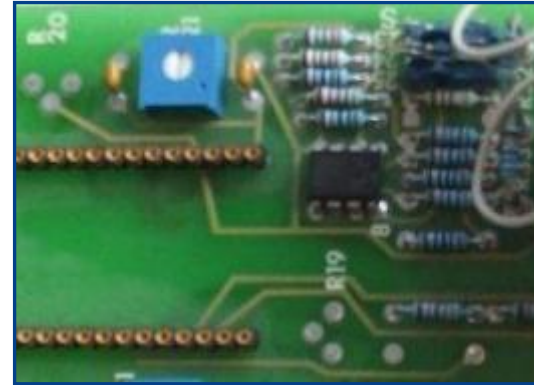
- Was...  
passiert durch Feuchteinwirkung?
- Womit ...  
werden zu beschichtende Flächen / Teile geschützt?
- Wie...  
findet der Paryleneprozess statt?
- Wodurch...  
zeichnet sich die Parylene-Beschichtung aus?
- Wo...  
werden Parylene-Beschichtungen eingesetzt?
- Wieviel...  
kostet eine Parylene-Beschichtung?



Parylene-beschichtete Baugruppe in Salzwasser

## Steigende Klimagefährdung

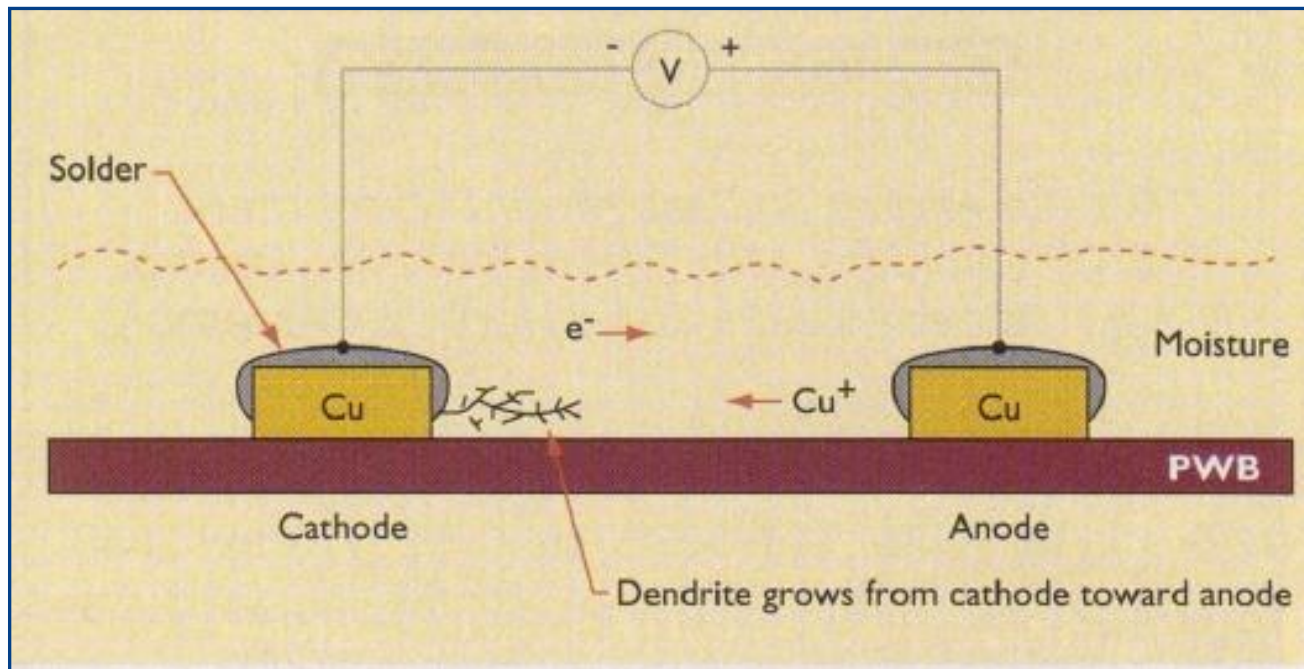
- Früher
  - Große Bauteile
  - Große Leiterbahnabstände
  - Geringe Bestückungsdichte
  - Geringe Klimaeinflüsse
- Heute
  - Immer kleiner werdende Bauteile
  - Sehr geringe Leiterbahnabstände
  - Stetig steigende Bestückungsdichte
  - Hohe Klimaeinflüsse





## Vorgang der Elektromigration

- Feuchtigkeit & Verunreinigung (Fluxer / Salze / Fingerprints)
- Elektromigration
- Auflösung der Metallisierung an der Anode
- Abscheidung der Dendride an der Kathode



Quelle: EP&P/October 1999

## Elektromigration

Häufigste Ausfallursache unter Feuchtebelastung bei elektronischen Flachbaugruppen entsteht durch Elektromigration

→ Funktionsstörung oder Totalausfall drohen

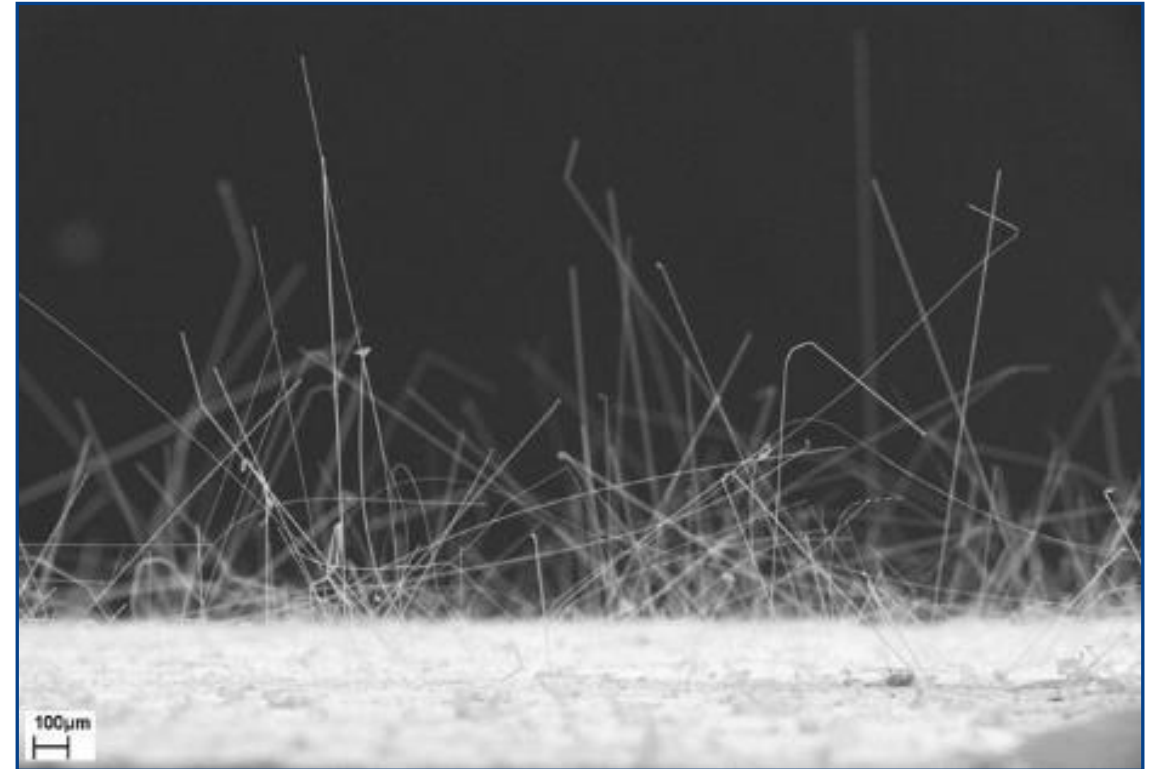


Elektromigration an einer elektronischen Baugruppe (Quelle: AUCOTEAM GmbH)

## Whiskerbildung

- Antimon, Cadmium, Indium, Zink und Zinn neigen verstärkt zu Whiskerbildung
- Whisker entstehen bei Baugruppen teilweise erst nach Jahren in Betrieb
- Verstärkt tritt das Whiskerwachstum an Bauelementen oder Leiterplatten auf, die unter einer mechanischen Spannung stehen.

(Weichlöten in der Elektronik. Eugen G. Leuze, Saulgau 1991)

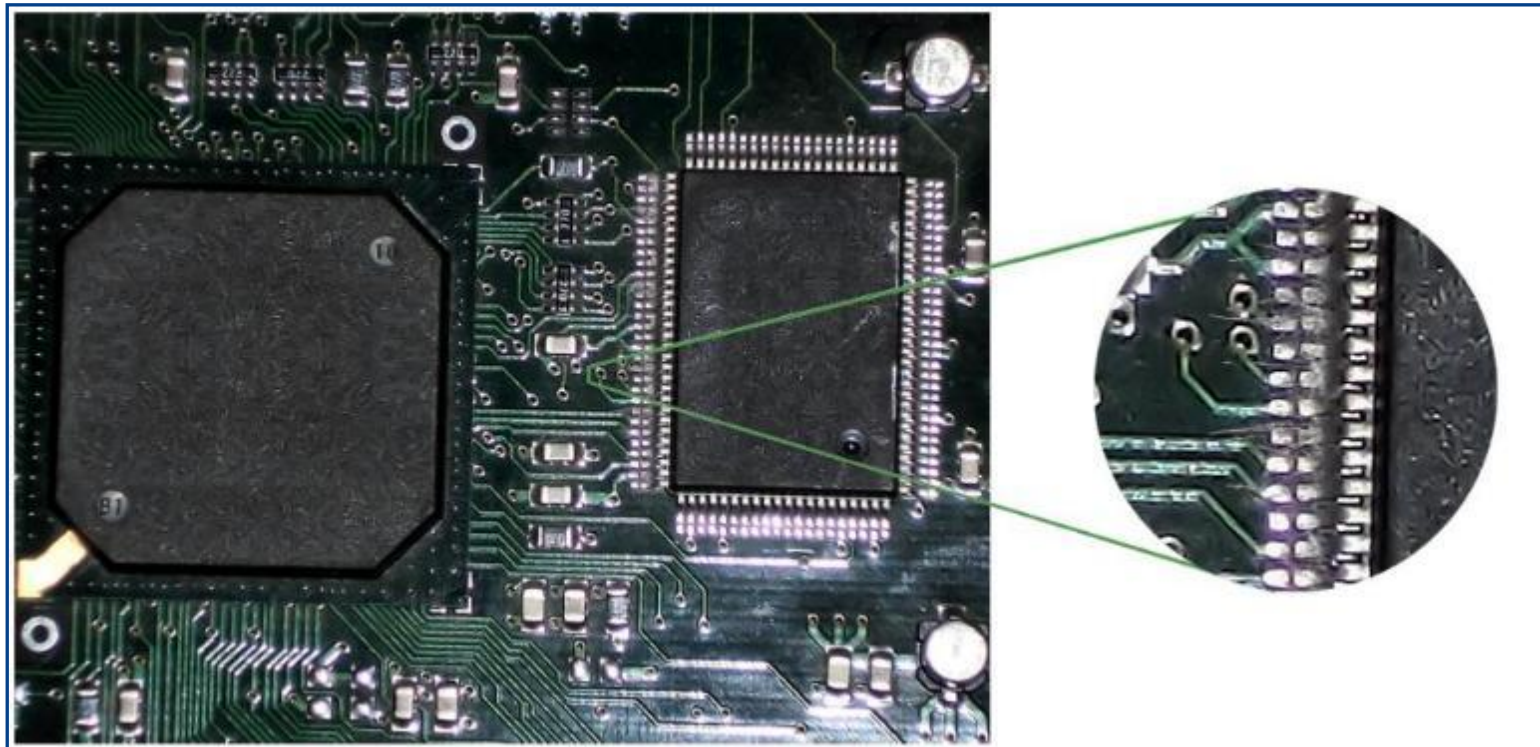


Dramatisches Whisker-Wachstum (Quelle: Raytheon Analysis Lab, McKinney Tx.)



## Whiskerbildung

- Besonders leicht bilden sich Whisker bei Baugruppen, die mit bleifreien Zinn-Loten (über 95% Zinn) verarbeitet wurden.





(Quelle: F169BBS News about e-biz, politics, crime, women and everything else.)

**Parylene verhindert Whiskerbildung**



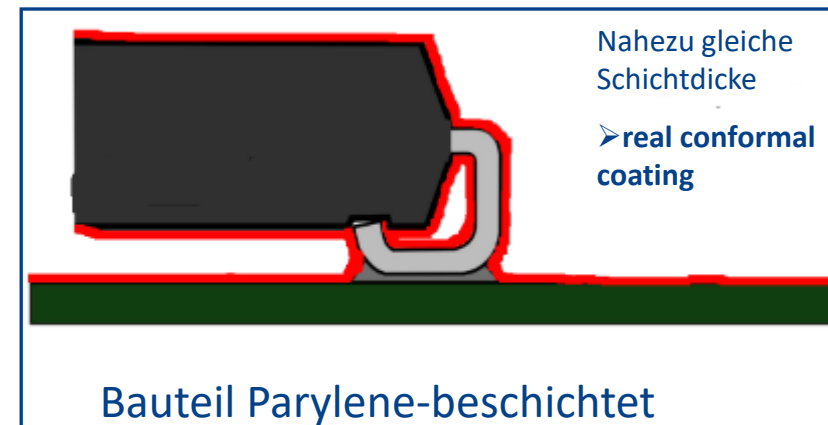
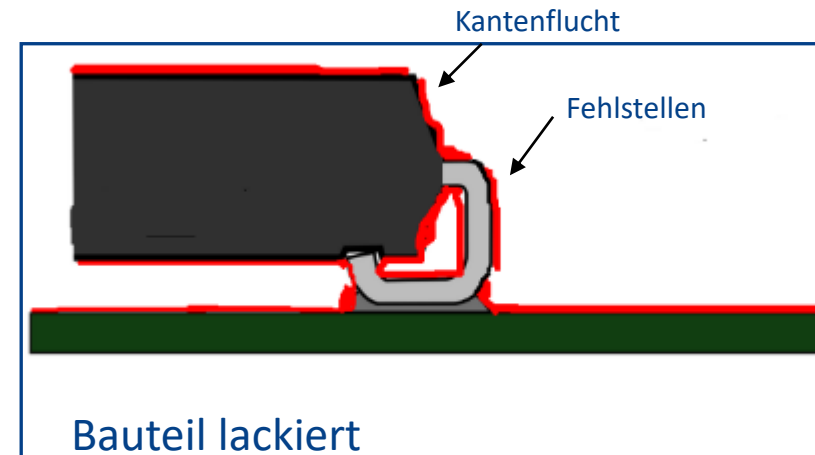
- Was...  
passiert durch Feuchteinwirkung?
- Womit ...  
werden zu beschichtende Flächen / Teile geschützt?
- Wie...  
findet der Paryleneprozess statt?
- Wodurch...  
zeichnet sich die Parylene-Beschichtung aus?
- Wo...  
werden Parylene-Beschichtungen eingesetzt?
- Wieviel...  
kostet eine Parylene-Beschichtung?

# CVD Prozess = nahezu überall gleiche Schichtdicke

	Fluorpolymere	Lackieren	Parylene	Verguss
	Tauchen in Beschichtungsbad	Streichen, Tauchlackieren, Selektives Lackieren	Vakuumprozess mit 5 verschiedenen Pulvern	Vollverguss mit Epoxydharz, Polyurethan oder Silikon
 Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultradünne, transparente Schicht ab 0,5-1<math>\mu</math></li> <li>• Keine Gesundheitsgefährdung</li> <li>• Keine Umweltbelastung</li> <li>• Stecker müssen nicht maskiert werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preisgünstig</li> <li>• Schnelle Prozesszeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultradünne, transparente pinholefreie Schicht ab 0,2 <math>\mu</math>m</li> <li>• Kein Ausgasen von Lösungsmitteln etc.</li> <li>• biokompatibel und biostabil</li> <li>• Chemisch beständig</li> <li>• Geringes Gewicht</li> <li>• Hohe Temperaturbeständigkeit</li> <li>• Verhindert Whiskerbildung</li> <li>• Prozess findet bei Raumtemperatur statt</li> <li>• Strukturertend</li> <li>• Hervorragende elektr. Isolation</li> <li>• Hohe Spannungsfestigkeit</li> <li>• Höchster Korrosionsschutz</li> <li>• Sofort nach dem Prozess hat die Parylene Ihre Endigenschaften</li> <li>• Keine Alterung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoher Feuchtigkeitsschutz durch sehr dicke Beschichtung</li> <li>• Stabilisierung von Bauteilen</li> </ul>
 Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedingte Schutzwirkung</li> <li>• Hohlkörper wie Relais und Schalter können im Tauchvorgang volllaufen und lassen sich schlecht entleeren</li> <li>• Schöpfende Vertiefungen</li> <li>• Relaiskontakte, die keine schiebenden Kontakte haben, können isoliert sein.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedingte Schutzwirkung</li> <li>• Evtl. Ausgasen von Lösungsmitteln</li> <li>• Nicht pinholefrei</li> <li>• Ungleichmäßige Schichtdicken</li> <li>• Kantenflucht</li> <li>• Kaum Benetzung unter Bauteilen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vakuumprozess (Bauteile müssen vakuumfest sein)</li> <li>• Lange Prozesszeit</li> <li>• Nicht dauerhaft UV-beständig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange Aushärtezeit</li> <li>• Hohes Gewicht</li> <li>• Eventuell Ausgasen</li> <li>• Begrenzte thermomechanische Zuverlässigkeit</li> </ul>

## SMD - Bestückung

- Üblicherweise werden Flachbaugruppen mit epoxid-, urethan-, silikon- und acrylhaltigen Lacksystemen vor Umwelteinflüssen geschützt. Oftmals reicht die Schutzwirkung bei hohen Beanspruchungen jedoch nicht aus.

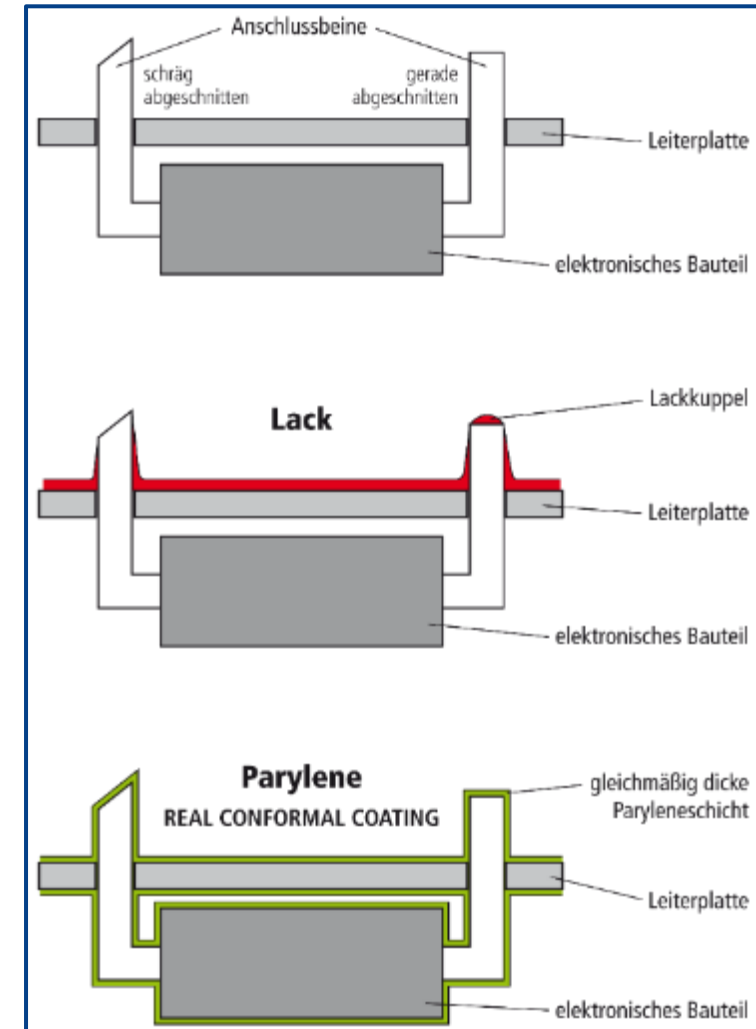


## THT - Bestückung

### Ursachen:

- Fehlstellen im Lack durch Poren oder Kantenflucht
- Nicht ausreichende Permeabilitätsdichte gegen Wasserdampf oder Schadgase

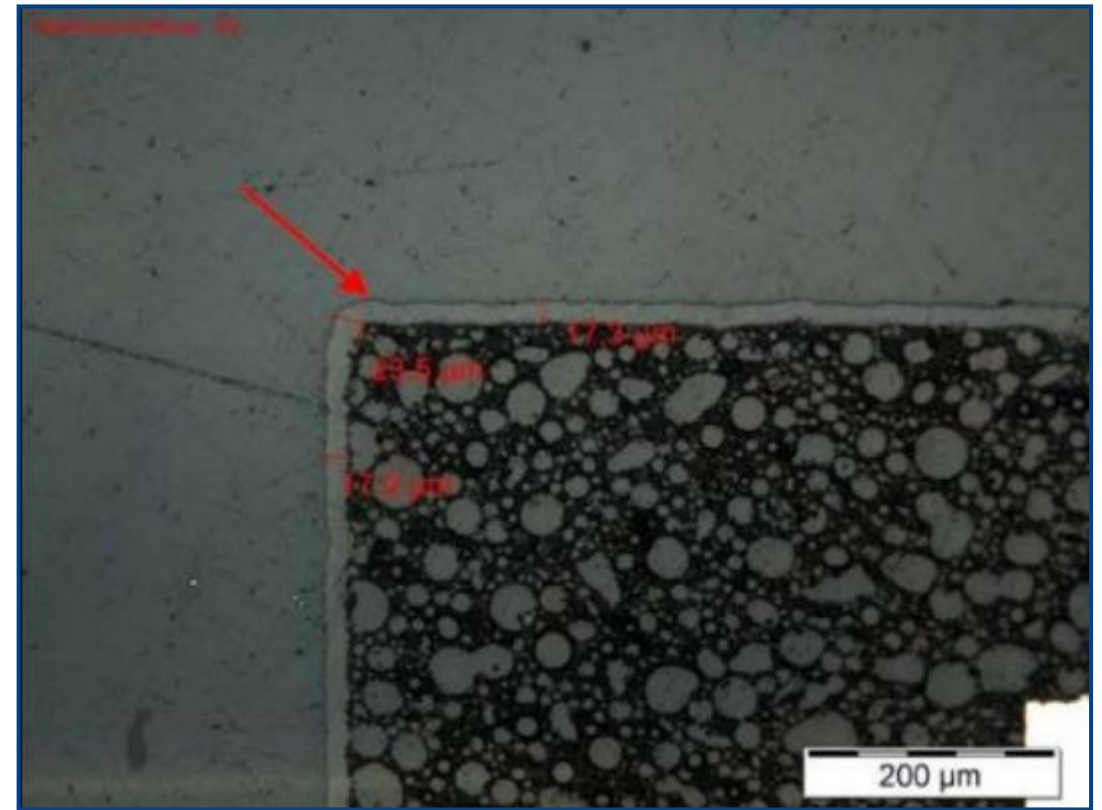
Hier kann eine aus einem Vakuumprozess abgeschiedene Polymerschicht (Parylene) die nötige Zuverlässigkeit der Baugruppe gewährleisten.





## Schichtdicken auf elektronischen Bauteilen

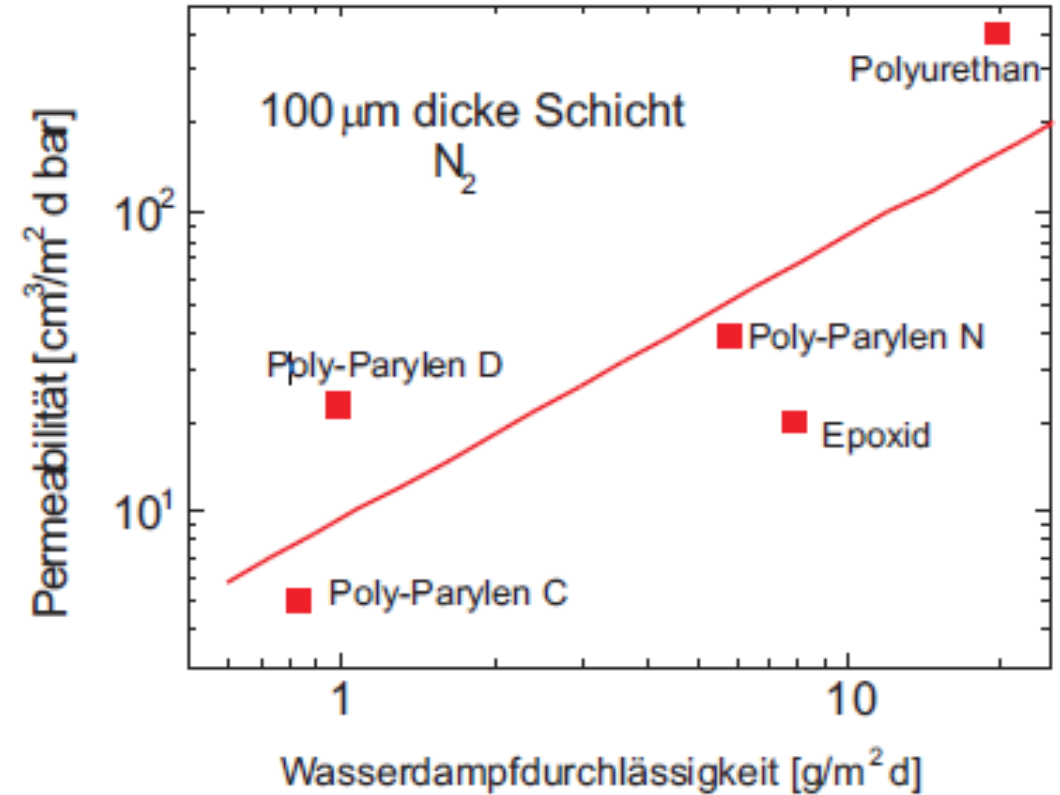
- Homogene Schichtdicke bietet Rundumschutz
- Im Kantenbereich bleibt die gewünschte Schichtdicke erhalten
- Die Parylene-Beschichtung erreicht tiefe und enge Spalten und bedeckt sogar Spitzen
- Die Beschichtung ist nahezu porenfrei und strukturerhaltend



# Widerstandsfähigkeit verschiedener Schutzschichten gegen eine 0,9%ige Kochsalzlösung

Polymer	Beschichtungs-Methode	Schichtdicke [ $\mu\text{m}$ ]	Zeit bis zum Totalausfall
Poly-Parylen C	CVD	25	>30 d
Epoxid	Dippen	100 $\pm$ 25	6 h
PVC	Dippen	100 $\pm$ 12,5	8 h
Polyurethan	Dippen	100 $\pm$ 12,5	6 h
Silicon	Dippen	75 $\pm$ 12,5	58 h
Teflon	Sprühen	75	6 h

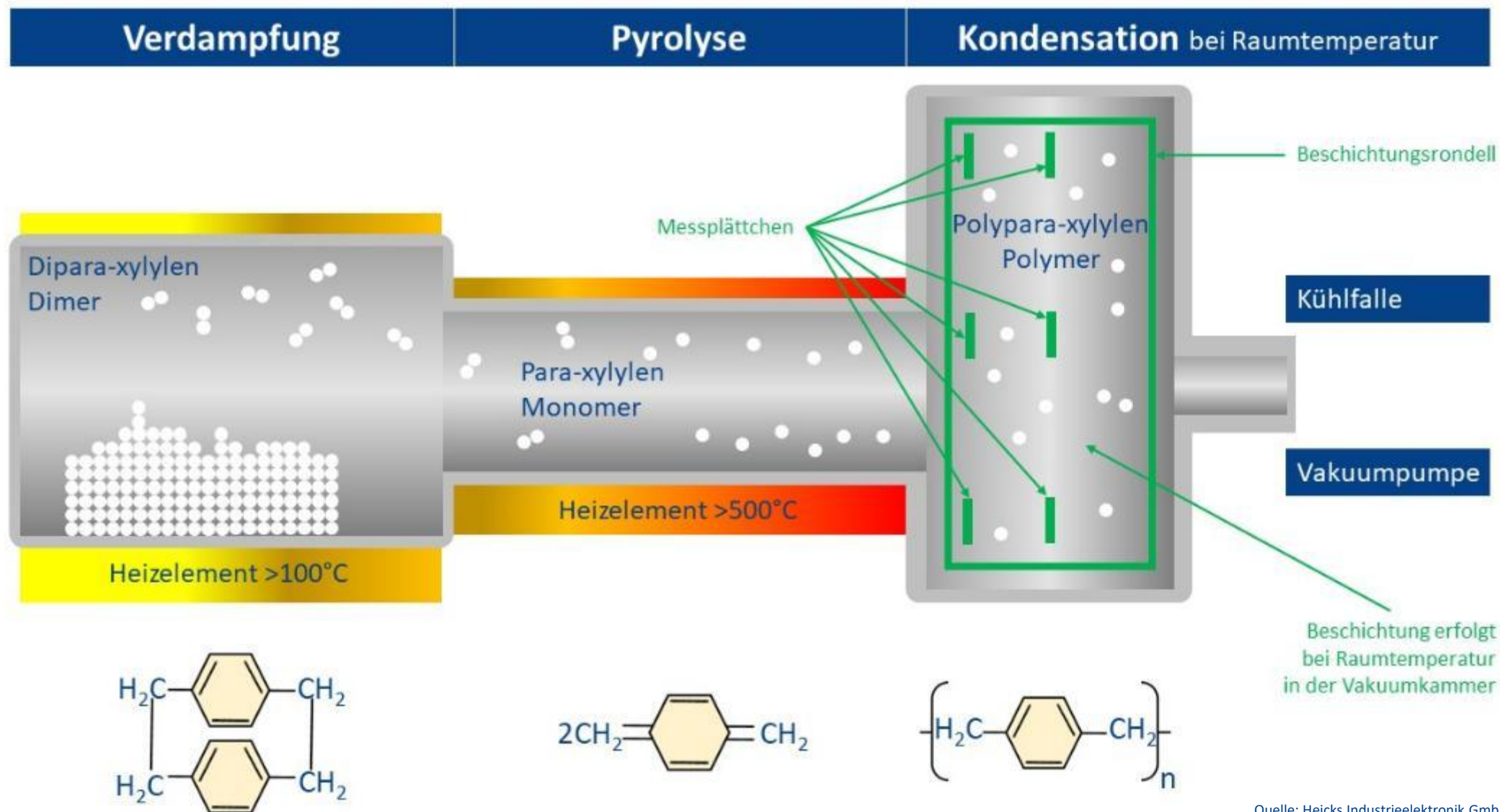
Quelle: G. Mordelt, P. Heim: High-Tech-Beschichtung der Zukunft, Metalloberfläche 52(5), 368 - 371 (1998)



Quelle: Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, p. 1004 (1989)

- Was...  
passiert durch Feuchteinwirkung?
- Womit ...  
werden zu beschichtende Flächen / Teile geschützt?
- Wie...  
findet der Paryleneprozess statt?
- Wodurch...  
zeichnet sich die Parylene-Beschichtung aus?
- Wo...  
werden Parylene-Beschichtungen eingesetzt?
- Wieviel...  
kostet eine Parylene-Beschichtung?

# Beschichtungsprozess



Beschichtung erfolgt bei Raumtemperatur in der Vakuumkammer

Quelle: Heicks Industrieelektronik GmbH

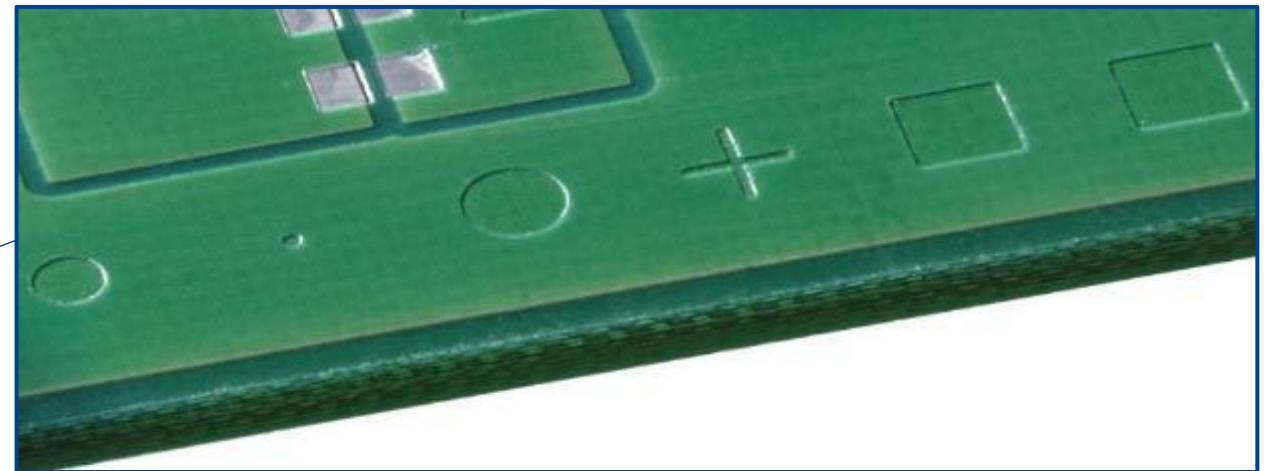
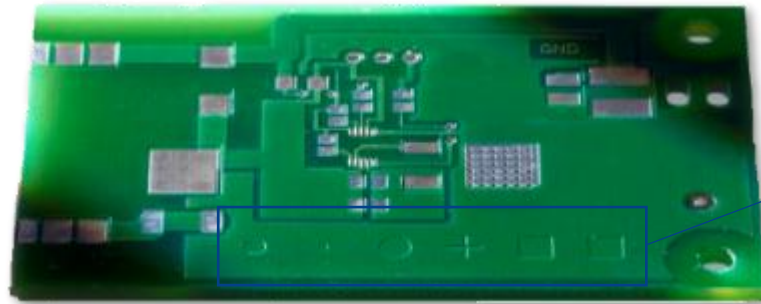


## Prozessreihenfolge

1. Reinigung der Baugruppe
2. Manuelle Maskierung der nicht zu beschichtenden Stellen
3. Paryleneprozess in Vakuumkammer 12-20 Stunden durchführen
4. Manuelle Demaskierung der nicht beschichteten Stellen
5. Demaskierung der beschichteten Stellen mit **Speziallaser**
6. Optische Kontrolle der Paryleneschicht
7. Dokumentation der Prozessparameter

## Entfernen der Parylene

- Manuelles Schützen mit speziellen Schutzmasken
- Manuelles Entfernen der Schutzmaske nach der Parylene-Beschichtung
- Demaskierung der beschichteten Stellen mit **Speziallaser**



- Was...  
passiert durch Feuchteinwirkung?
- Womit ...  
werden zu beschichtende Flächen / Teile geschützt?
- Wie...  
findet der Paryleneprozess statt?
- Wodurch...  
zeichnet sich die Parylene-Beschichtung aus?
- Wo...  
werden Parylene-Beschichtungen eingesetzt?
- Wieviel...  
kostet eine Parylene-Beschichtung?

## Eigenschaften

- Hydrophobe (wasserabweisende) Oberfläche
- Chemisch resistent mit Barrierewirkung gegenüber organischen und anorganischen Medien (Säuren, Laugen, Gasen, Wasserdampf)
- Elektrisch isolierend, hohe Spannungsfestigkeit (5 kV bei 25  $\mu\text{m}$  Parylene C)
- Biokompatible und biostabile Beschichtung
- Verhindert Whiskerbildung
- Dünne, transparente und pinholefreie Schicht ab 0,2  $\mu\text{m}$
- Sehr hohe Spalt- und Kantengängigkeit (zu 99% der Schichtdicke) für komplexe Substrate
- Hervorragender Korrosionsschutz
- Homogene Schichtausbildung
- Kein Ausgasen von Lösungsmitteln oder Weichmachern
- Abriebfest 92 A Shore
- MIL spezifiziert MIL-I-46058C
- FDA Zulassung (behördliche Lebensmittelüberwachung durch die Arzneimittelzulassungsbehörde der Vereinigten Staaten)



## Parylenetypen

- C** sehr gute elektrische und physikalische Eigenschaften, hohe Barrierewirkung < 100°C
- N** hohes Dielektrikum und größte Beschichtungs-Penetration < 70°C, sehr gute Spaltgängigkeit
- D** hohe Barrierewirkung (Quellverhalten) und Temperaturschutz < 150°C
- F** gute elektrische Eigenschaften und Temperaturschutz > 200°C, gute Spaltgängigkeit, geringer Reibungskoeffizient
- AF** hohe UV-Beständigkeit, gute elektrische Eigenschaften > 350°C, hohe Barrierewirkung, sehr gute Spaltgängigkeit, geringer Reibungskoeffizient
- HT** Markenname Firma Special Coating Systems

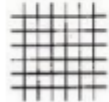
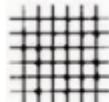
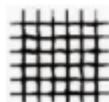
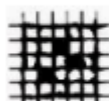
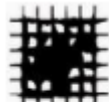
USP CLASS VI ISO-10993-6

FDA: MAF 1176

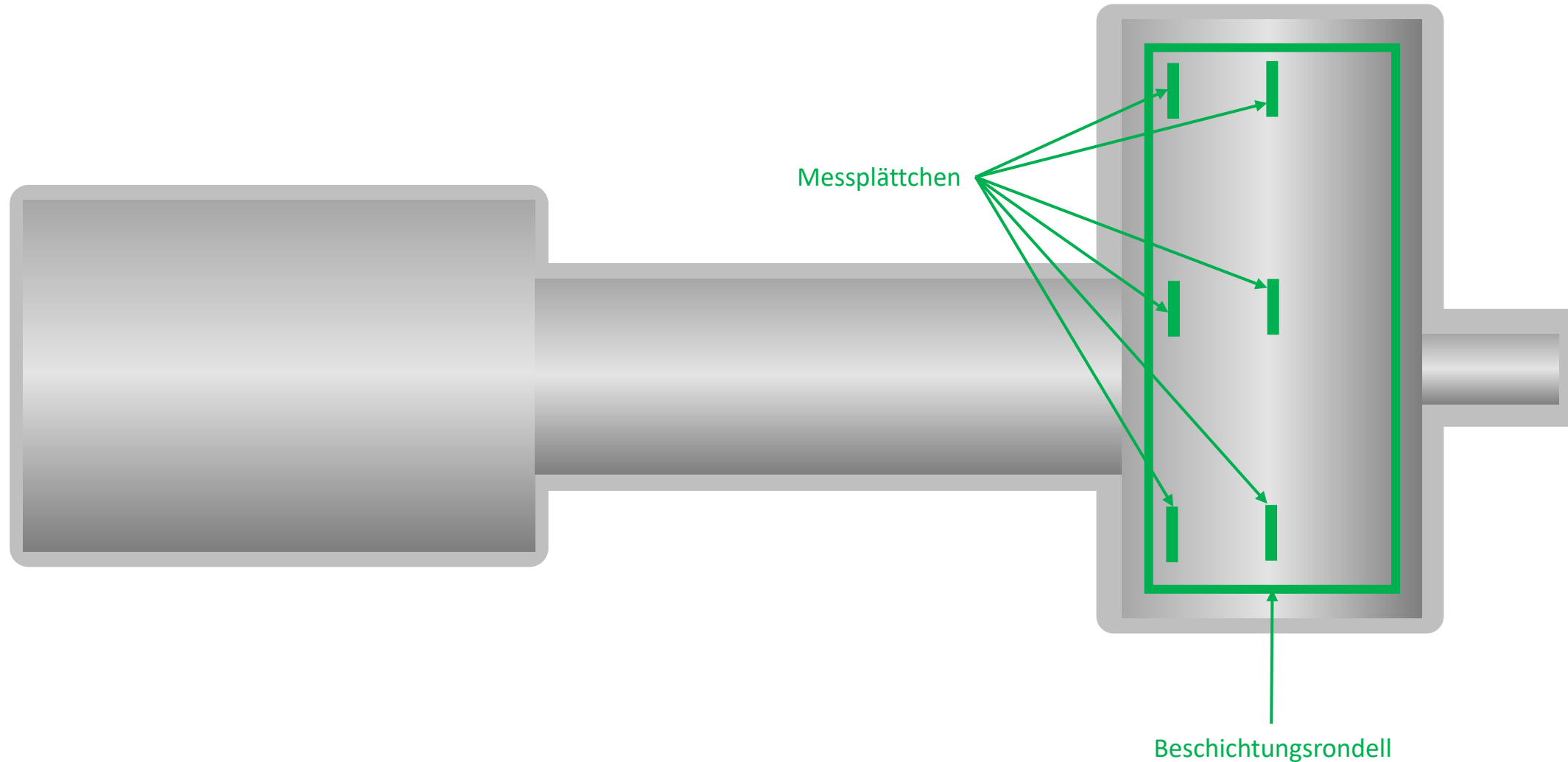
MIL Specifications: MIL-I-46058C

## Haftungsprüfung

- Die Gitterschnitt-Prüfung ist ein sehr schnell und einfach durchzuführendes Verfahren zur Beurteilung der Haftfestigkeit von Schichtsystemen
- Verwendet wird ein 25mm breites halbtransparentes Haftklebeband mit einer Haftfestigkeit von  $43 \pm 6$  g/mm
- Das Gittermuster besteht aus einem 10x10 Raster von  $1\text{mm}^2$  Quadraten
- Die Mitte des Bandes wird über dem Gittermuster platziert und die Stelle durch einen Finger geglättet
- Innerhalb von 90 Sekunden nach Aufbringen des Bandes, wird dieses mit einer gleichmäßigen Bewegung in einem Winkel von  $180^\circ$  abgezogen
- Die Auswertung der Prüfung erfolgt visuell mit dem bloßen Auge durch Vergleich mit Tabelle 1

Beschreibung	Oberfläche	Kennwert ISO	Kennwert IPC-TM-650
Die Schnittländer sind vollkommen glatt. Kein Teilstück des Anstrichs ist abgeplatzt.		GT 0	5B
An den Schnittpunkten der Gitterlinien sind kleine Splitter des Anstrichs abgeplatzt; abgeplatzte Fläche etwa 5% der Teilstücke.		GT 1	4B
Der Anstrich ist längs der Schnittländer und/oder an den Schnittpunkten der Gitterlinien abgeplatzt; abgeplatzte Fläche etwa 15% der Teilstücke.		GT 2	3B
Der Anstrich ist längs der Schnittländer teilweise oder ganz in breiten Streifen abgeplatzt und/oder der Anstrich ist von einzelnen Teilstücken ganz oder teilweise abgeplatzt; abgeplatzte Fläche etwa 35% der Teilstücke.		GT 3	2B
Der Anstrich ist längs der Schnittländer in breiten Streifen und/oder von einzelnen Teilstücken ganz oder teilweise abgeplatzt; abgeplatzte Fläche etwa 65% der Teilstücke.		GT 4	1B
Jedes Abplatzen, das nicht mehr als Gitterschnitt-Kennwert 4 eingestuft werden kann.		GT 5	0B

## Schichtdickenmessung innerhalb der Vakuumkammer



## Zertifizierungen

**TÜVNORD**

# Zertifikat

**EN 9100**  
tuv-nord.de

für das Managementsystem nach  
**EN 9100:2018**  
(technisch gleichwertig zu AS9100D und JIS Q 9100:2016 und in Übereinstimmung mit den Anforderungen der ISO 9001:2015)

Die Zertifizierungsstelle TÜV NORD CERT GmbH bestätigt hiermit als Ergebnis der Auditierung, Bewertung und Zertifizierungsentscheidung gemäß EN 9104-001:2013 und ISO/IEC 17021-1:2015, dass die Organisation

**Heicks Industrieelektronik GmbH**  
Am Schwarzen Weg 25-31  
59590 Geseke  
Deutschland

Einzelheiten der Zertifizierungsstruktur „Campus“ gemäß Anlage

ein Managementsystem konform zu den Anforderungen der EN 9100:2018 betreibt und innerhalb der Laufzeit des Zertifikats von 3 Jahren auf Konformität überwacht wird.

Geltungsbereich

**Entwicklung und Fertigung elektronischer und mechanischer Baugruppen mit Parylene, Lackierung, Verguss und Vakuum Verguss Prozess; Dauerhafte Versiegelung elektronischer Baugruppen; Kabelkonfektionierung**

Zertifikat-Registrier-Nr. 44 117 151674  
Auditbericht-Nr. 3538 0201

Gültig von 2025-03-18  
Gültig bis 2028-03-17  
Erstzertifizierung 2016

Essen, 2025-03-10 V. Tofkwa  
Zertifizierungsstelle der TÜV NORD CERT GmbH

TÜV NORD CERT GmbH  
Am TÜV 1, 46307 Essen  
www.tuv-nord-cert.de

TÜV NORD CERT ERNEN IST DURCH DAkkS  
innerhalb des ISO-9001-Schemas akkreditiert.

TÜV\*

**TÜVNORD**

# Zertifikat

**EN 9100**  
tuv-nord.de

für das Managementsystem nach  
**EN 9100:2018**  
(technisch gleichwertig zu AS9100D und JIS Q 9100:2016 und in Übereinstimmung mit den Anforderungen der ISO 9001:2015)

Die Zertifizierungsstelle TÜV NORD CERT GmbH bestätigt hiermit als Ergebnis der Auditierung, Bewertung und Zertifizierungsentscheidung gemäß EN 9104-001:2013 und ISO/IEC 17021-1:2015, dass die Organisation

**Heicks Industrieelektronik GmbH**  
Am Schwarzen Weg 25-31  
59590 Geseke  
Deutschland

ein Managementsystem konform zu den Anforderungen der EN 9100:2018 am Standort

**Heicks Parylene Coating GmbH**  
Am Schwarzen Weg 25-31  
59590 Geseke  
Deutschland

betreibt und innerhalb der Laufzeit des Zertifikats von 3 Jahren auf Konformität überwacht wird.

Geltungsbereich

**Dauerhafte Versiegelung elektronischer Baugruppen**

Zertifikat-Registrier-Nr. 44 117 151674-001  
Auditbericht-Nr. 3538 0201

Gültig von 2025-03-18  
Gültig bis 2028-03-17  
Erstzertifizierung 2016

Essen, 2025-03-10 V. Tofkwa  
Zertifizierungsstelle der TÜV NORD CERT GmbH

Dieses Zertifikat ist gültig in Verbindung mit dem Hauptzertifikat.

TÜV NORD CERT GmbH  
Am TÜV 1, 46307 Essen  
www.tuv-nord-cert.de

TÜV NORD CERT (ER) IST DURCH DAkkS  
innerhalb des ISO-9001-Schemas akkreditiert.

TÜV\*



- Was...  
passiert durch Feuchteinwirkung?
- Womit ...  
werden zu beschichtende Flächen / Teile geschützt?
- Wie...  
findet der Paryleneprozess statt?
- Wodurch...  
zeichnet sich die Parylene-Beschichtung aus?
- Wo...  
werden Parylene-Beschichtungen eingesetzt?
- Wieviel...  
kostet eine Parylene-Beschichtung?

## Anwendungen

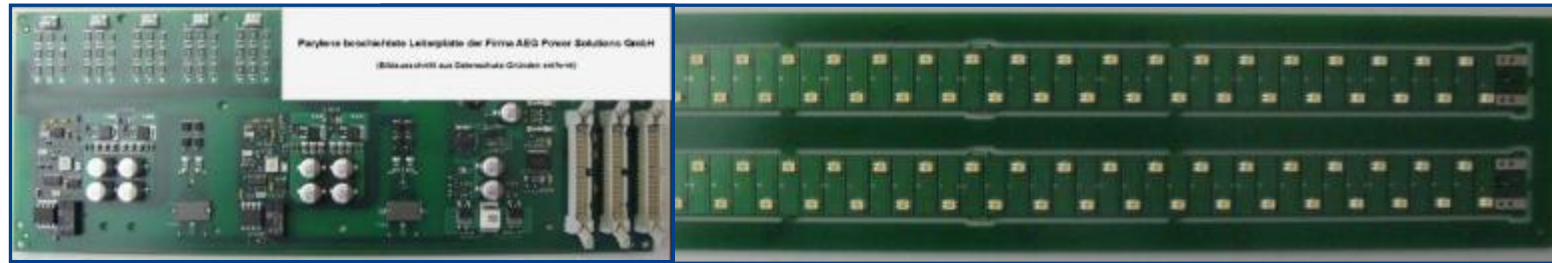
- Elektronikindustrie, speziell Leiterplatten
- Luft- und Raumfahrt
- Kunststoff- und Metallindustrie
- Medizintechnik z.B. Herzkatheter und Stents
- Automobilindustrie
- Bahntechnik
- Bergbau
- Dokumentenschutz
- Insektenpräparation

Alle vakuumtauglichen Materialien sind für die Beschichtung geeignet

- Gummi
- Glas
- Metalle
- Keramik
- Kunststoffe
- Silikone



## Anwendungsbeispiele



HIMA Paul Hildebrandt GmbH + Co KG



HIMA Paul Hildebrandt GmbH + Co KG

## Anwendungsbeispiele

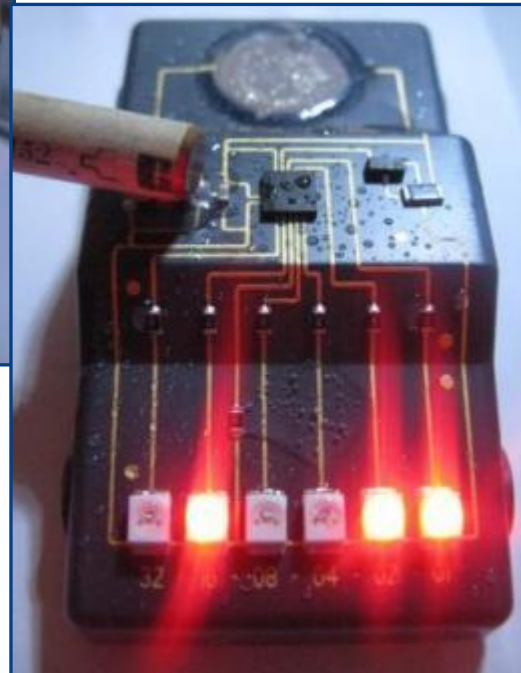
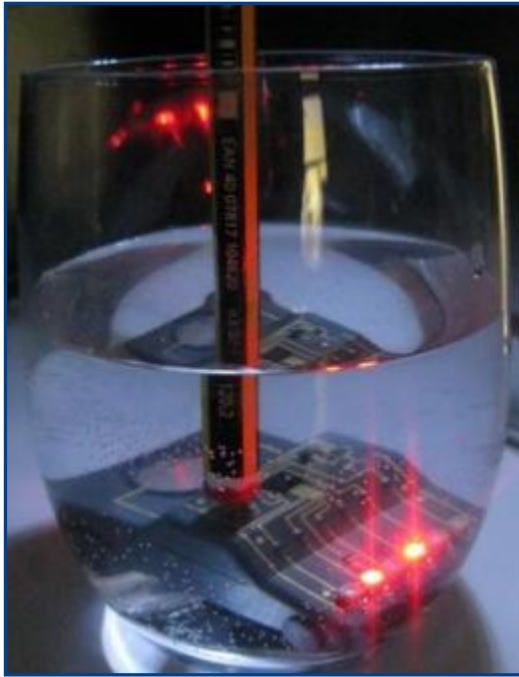
### Elektronikfertigung und Parylene-Beschichtung für UAVs (Ferngesteuerte Drohne)



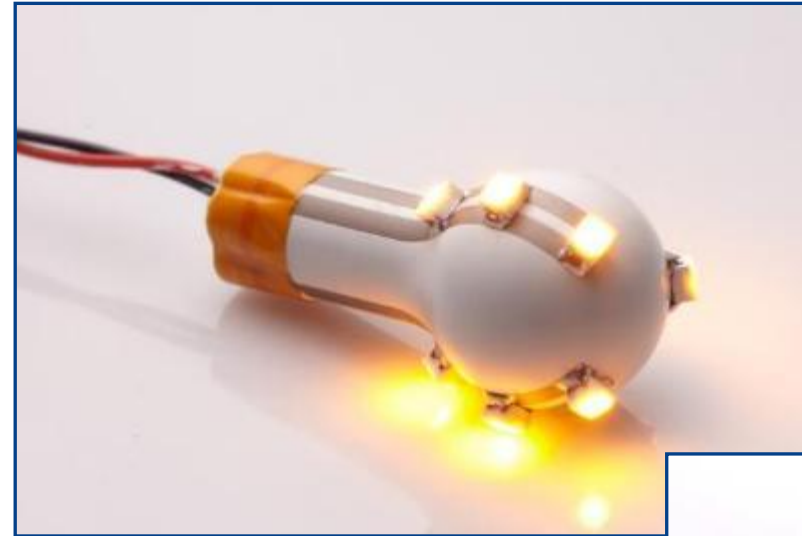


## Anwendungsbeispiele

### 3-D MID (Molded Interconnect Device) Demonstratoren



Forschungsvereinigung Räumliche  
Elektronische Baugruppen 3-D MID e.V.  
FAPS – Lehrstuhl für  
Fertigungsautomatisierung und  
Produktionssystematik



Aluminiumspritzgussteil mit Elektronikbauteilen  
bestückt in Form einer „Glühlampe“ mit  
Leiterbahnen aus Pulverlack  
LPKF





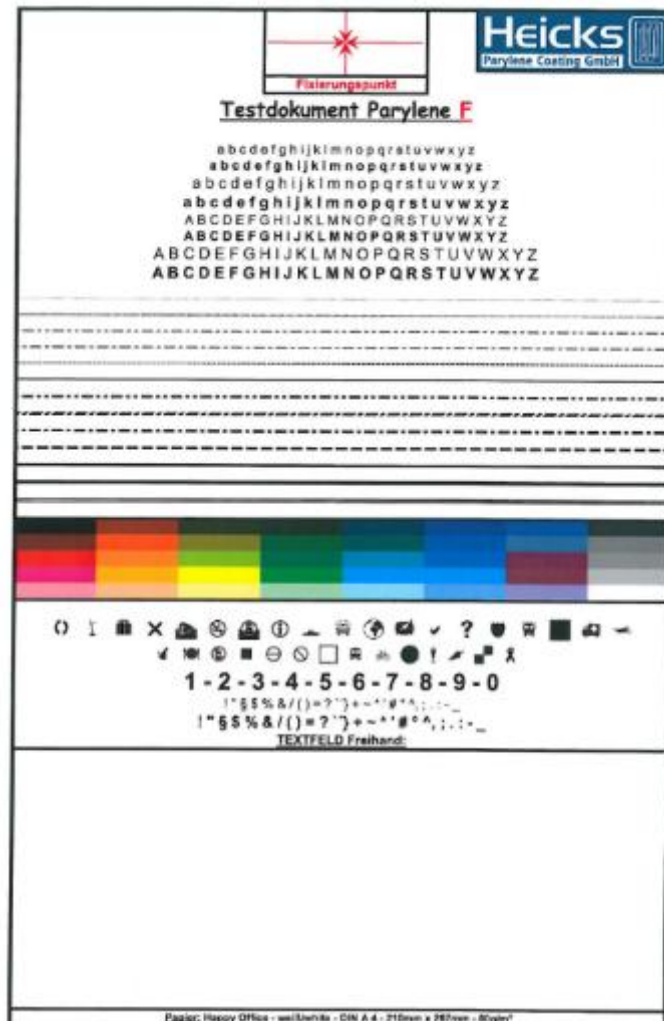
## Anwendungsbeispiele

### Schmetterlinge und Käfer



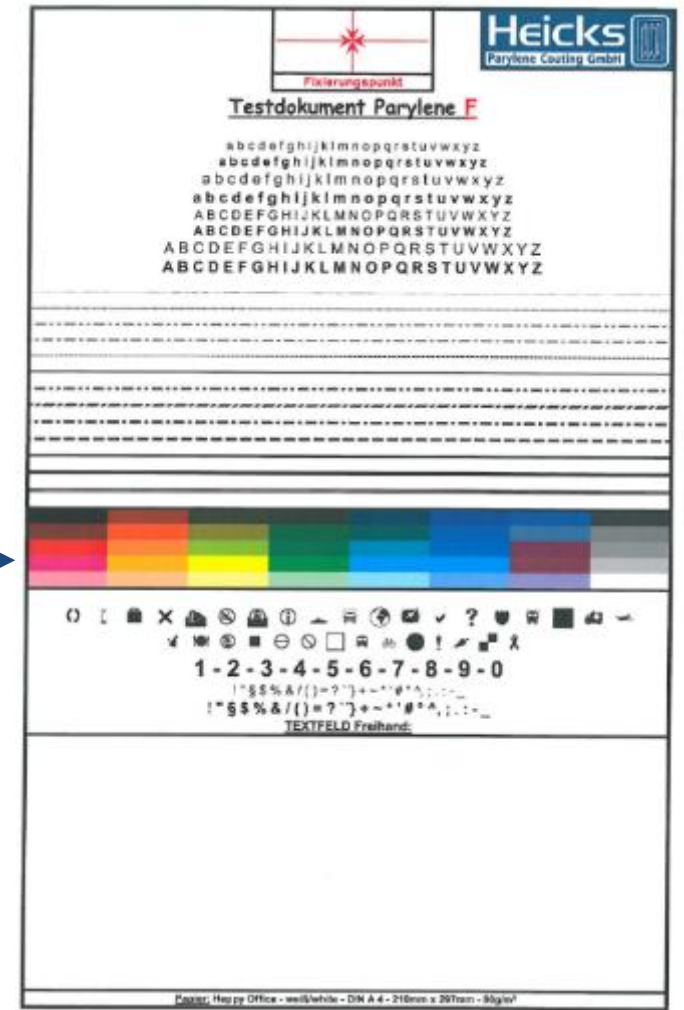
## Anwendungsbeispiele

### Testdokumente



← unbeschichtet

→ beschichtet mit Parylene F



- Was...  
passiert durch Feuchteinwirkung?
- Womit ...  
werden zu beschichtende Flächen / Teile geschützt?
- Wie...  
findet der Paryleneprozess statt?
- Wodurch...  
zeichnet sich die Parylene-Beschichtung aus?
- Wo...  
werden Parylene-Beschichtungen eingesetzt?
- Wieviel...  
kostet eine Parylene-Beschichtung?

- Paryleneprozess findet in räumlich begrenzter Vakuumkammer statt
- Anzahl der nicht zu beschichtenden Stellen bestimmt entscheidend den Preis
- Preis des verwendeten Parylenepulvers (N,C,D,F,AF) bestimmt entscheidend den Preis
- Paryleneprozess ist in der Regel teurer als Lackieren
- Paryleneprozess ist in der Regel preiswerter als Vergießen

# Vielen Dank für Ihr Interesse



Heicks Parylene Coating GmbH

Am Schwarzen Weg 25 – 31

D – 59590 Geseke

Tel. 0 29 42 / 9 79 26 – 0

Fax 0 29 42 / 9 79 26 – 150

[info@heicks.de](mailto:info@heicks.de)

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