



## Ultradünne Fluorpolymer-PCBA-Beschichtungen in Automobil-Anwendungen mit **Purocoat**

Die Ausstattung von Kraftfahrzeuge mit elektronischen Komponenten und Leiterplatten hat sich in den letzten Jahren stark erhöht und wird auch mit den nächsten Generationen von Fahrzeugentwicklungen so anhalten.

Ohne die Elektronik im Fahrzeug lässt sich nichts mehr bewegen und bedienen.

Dazu kommen die Sicherheitsfunktionen, welche durch die Elektronik überwacht und ausgelöst werden. Die Assistenzsysteme werden mehr und dürften dazu führen, dass die Elektronik den Fahrer weitgehend ersetzt.

Elektronik darf also nicht ausfallen, wird aber im Kfz von vielen Einflüssen mehr oder weniger stark angegriffen. Die letzte Barriere nach Einbauort und Gehäuse ist dann die passende Schutzlackierung der Elektronikschaltung. Eine mögliche Lösung ist die

### **Anwendungen von Purocoat auf Elektronik Baugruppen in Fahrzeugen**

Sie verspricht viele Unannehmlichkeiten während der Verarbeitung zu vermeiden und ist für hohe Stückzahlen geradezu ideal.

#### **In diesem Artikel gehen wir darauf wie folgt ein:**

Anwendungen auf Elektronik Baugruppen in Fahrzeugen

Warum beschichten und nicht lackieren?

Eigenschaften der Purocoat Schutzbeschichtung

Umgang mit den Flüssigkeiten

Tauchbeschichtungsprozess

Sprayen und Dispensen

Schichtdickenkontrolle

Testergebnisse

Prozesskontrolle

Nachhaltigkeit

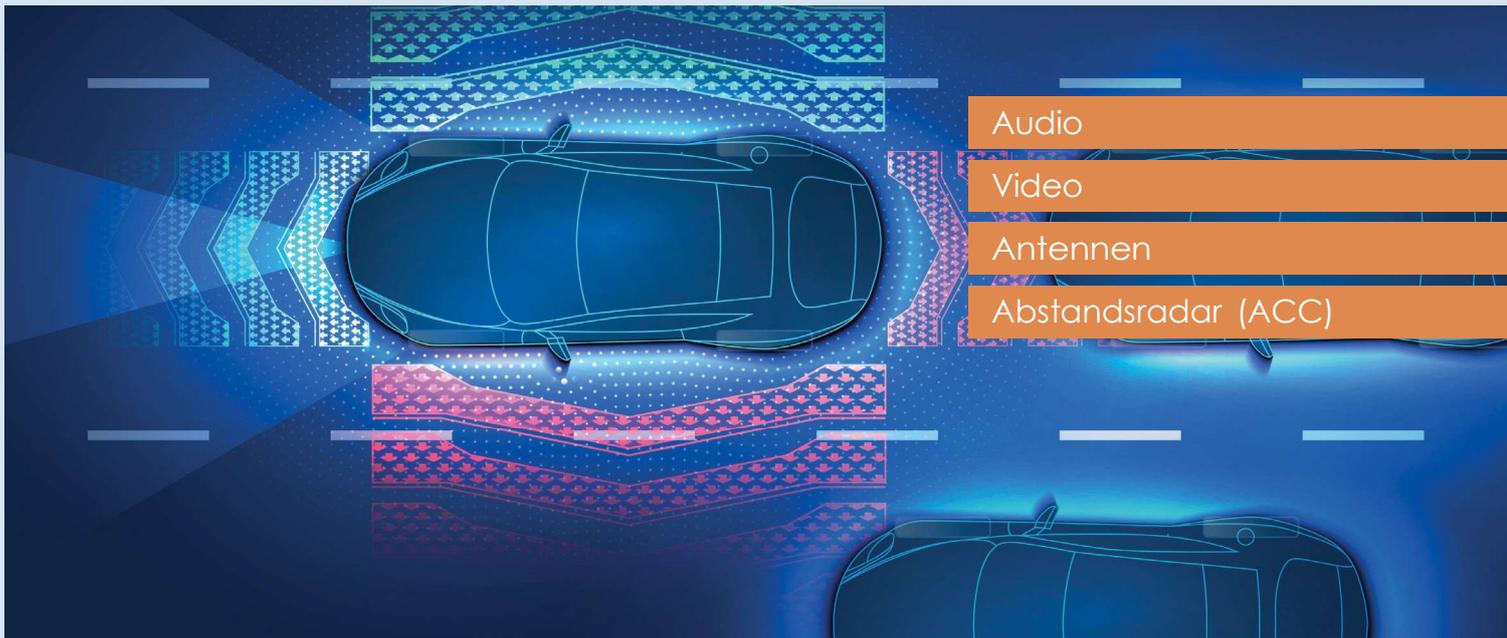
Bedeutung für die Automobilindustrie

Fazit



Warum funktioniert die Purocoat Schutzbeschichtung hier besonders gut?

**Purocoat 17/02 ist hochtransparent, vergilbt nicht im Sonnenlicht, ändert nicht die Farbe oder Abstrahlcharakteristik der LEDs.**



Warum funktioniert die Purocoat Schutzbeschichtung hier besonders gut?

**Purocoat 17/02 stört keine HF Schaltungen bis in den hohen GHz Bereich hinein. Kompliziert aufgebaute LP können problemlos komplett beschichtet werden.**



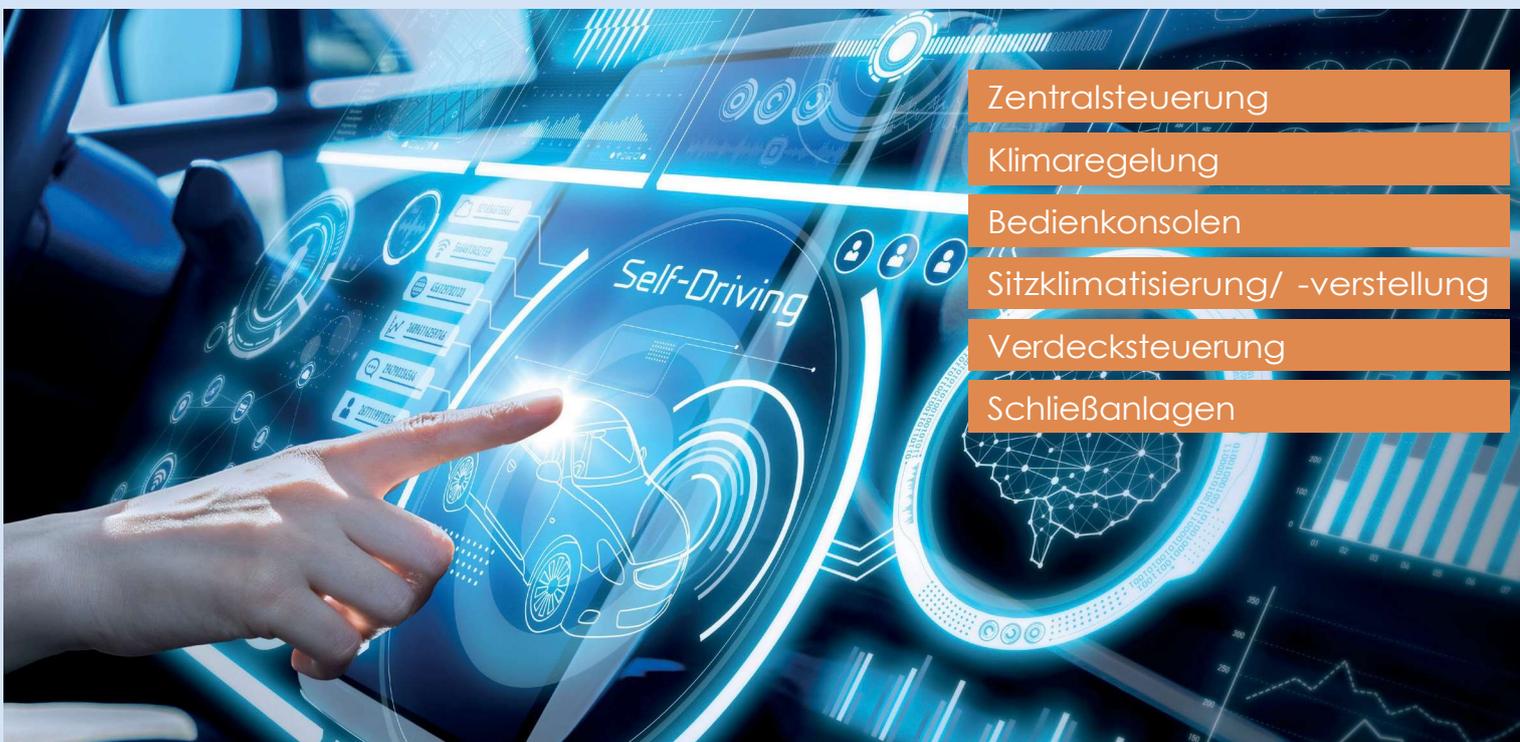
- Motorsteuerung
- Batteriekontrolle
- Ladekontrolle
- Abgasregelung
- Elektronische Wasserpumpe
- Sensorik Bremse/Antriebsstrang

Warum funktioniert die Purocoat Schutzbeschichtung hier besonders gut?

**Purocoat 17/02 ist bis 175°C einsetzbar.**

**Beständig gegen alle an Bord befindlichen Flüssigkeiten.**

**Macht die LP im Gehäuse sicherer vor Schweißwasser und korrosiven Gasen.**



- Zentralsteuerung
- Klimaregelung
- Bedienkonsolen
- Sitzklimatisierung/ -verstellung
- Verdecksteuerung
- Schließanlagen

Warum funktioniert die Purocoat Schutzbeschichtung hier besonders gut?

**Purocoat 17/02 schützt die LP effektiv vor Feuchtigkeitsangriffen, auch durch Verschütten.**

**Einfaches Aufbringen - unabhängig davon, ob sich Schalter oder Kontakte darauf befinden.**

## Warum beschichten und nicht lackieren?

- kein Maskieren oder Aussparen von Bauteilen
- keine erkennliche Kantenflucht, da keine Oberflächenspannung
- keine Fehlstellen, da sehr gute Benetzung aller Oberflächen  
Flächeninspektion mit UV Licht **in der Ausführung UV möglich.**
- durchlötbar für weitere Bestückung oder Reparatur
- einfach entfernbar durch Lösemittel im Fall der Fälle
- keine Nachtrocknung oder Vernetzung notwendig
- geringe Lösemittelverluste (VOC-reduzierter Prozess)

## Eigenschaften der Schutzbeschichtung

- wasser-, öl- und silikonabweisend
- mikrobienresistent
- temperaturstabil
- glasklar
- geringe Dielektrizitätskonstante

## Umgang mit Purocoat Schutzbeschichtungsflüssigkeiten

- sind nicht brennbar
- sind ungiftig
- verätzt keine Oberflächen
- reagieren chemisch nicht
- werden vom Körper abgestoßen
- sind kein Gefahrgut
- haben keine Kennzeichnung nötig
- haben einen milden Geruch

## Beschichtungsprozess

Empfohlen wird hier der Tauchprozess. Eintauchen der PCB senkrecht oder schräg in Gestelle, Körbe Magazine. Komplette oder nur teilweise, um z.B. Stecker, Kabel, Anzeigen, Kühlkörper etc. nicht zu beschichten. Eine Tauchzeit von mind. 30 Sekunden wird angestrebt.

Dadurch wird die beim letzten Zyklus aufgebrauchte Beschichtung auf die Aufnahmemechanik (Aufzug, Korb, Gestell, Magazin) wieder abgelöst und ein Anwachsen der Beschichtungsstärke vermieden.

Die Auftauchgeschwindigkeit muss rasch erfolgen, damit die über dem Bad schwebenden Lösemitteldämpfe keine Chance haben, die frisch aufgebrauchte Beschichtung wieder abzulösen. Abtropfen nach dem Auftauchen in ausreichender Höhe über dem Bad, wenigstens 4 Zentimeter. Das Abtropfen erfolgt in Sekunden. Das vollständige Verdunsten des Lösemittels in der Schutzschicht dauert je nach Art der bestückten Bauteile zwischen 2 und 5 Minuten. Reine SMD Bestückung trocknet sehr schnell ab. Spulen, Hohlkörper, Steckverbinder etc. brauchen länger.

Die austretenden und aus dem Bad aufsteigenden Lösemitteldämpfe sollten an Kühlschlangen im oberen Bereich der Trockenzone kondensieren können und über einen Wasserabscheider dem Bad wieder zugeführt werden. Dafür gibt es professionelle Anlagentechnik.

## Spraysen und Dispensen

In Ausnahmefällen kann auch über eine Sprühdüse die Beschichtung aufgebracht werden. Da die Flüssigkeit keinerlei Thixotropie aufweist, ist eine Abgrenzung kaum möglich, also für selektive Beschichtung nicht ideal. Die Flüssigkeit versucht sich auf der Oberfläche soweit als möglich zu verteilen. Da die aufgebrachte Menge damit ziemlich undefiniert ist und überschüssige Flüssigkeit nicht wie im senkrechten Tauchverfahren abfließen kann, ist die trockene Schichtdicke dann schwer zu kontrollieren.

Dasselbe gilt für das Dispensen. Diese Verfahren können aber in Betracht gezogen werden, wenn keine andere Auftragsmöglichkeit besteht oder Kavitäten gefüllt werden sollen, welche die unkontrollierte Ausbreitung der Flüssigkeit verhindern.

Sowohl beim Spraysen, wie auch beim Dispensen wird es darüber hinaus kaum möglich sein, die entweichenden Lösemittel wieder aufzufangen und zu verflüssigen.

Die allermeisten Anlagen sind dafür nicht ausgelegt, sondern saugen sogar die Lösemitteldämpfe ab und transportieren sie in die Umwelt. Durch den Austausch des leichtflüchtigen Lösemittels durch eines mit einem höheren Siedepunkt, kann beim Spraysen und Dispensen auf die Trocknungsgeschwindigkeit Einfluss genommen werden, was eventuell hilft, den Prozess zu stabilisieren.

## Schichtdickenkontrolle

Der Wunsch nach einer Schichtdickenkontrolle ist natürlich immer vorhanden.

Bei der ultradünnen hochtransparenten Beschichtung aber schwierig umzusetzen, da die rein optischen Verfahren nur bedingt funktionieren und Messsysteme, welche ein realistisches Ergebnis bringen, aufwendig und damit teuer sind.

Der Einsatz von UV-Licht-Reflektoren im Material, sogenannte UV-Tracer, haben sich als nicht sehr praktikabel erwiesen. Aufgrund der dünnen Schicht haben wir nur wenige Tracer pro Fläche. Das führt zu einer sehr schwachen Reflektion durch UV-A oder Schwarzlicht.

Für eine reelle Inspektion mit bloßem Auge nicht unbedingt kaum anwendbar.

Verwendet man UV-B bzw. UV-C sieht das schon besser aus, führt aber dazu, dass nicht mehr ohne Haut- und Augenschutz inspiziert werden kann. Hier wäre dann der Einsatz von vollautomatischen Inspektionsanlagen zu prüfen. Purocoat wird mit und ohne UV Tracer angeboten.

Da im Tauchverfahren die komplette Oberfläche benetzt wird und eine Entnetzung so gut wie gar nicht vorkommt aufgrund der geringen Oberflächenspannung der Beschichtungsflüssigkeit, ist eine optische Inspektion nicht unbedingt notwendig. Man findet schlichtweg keine Fehler. Eine Schichtdickenkontrolle über die Intensität der UV-Tracer ist nur bedingt möglich. Sie kann aber dann wichtig werden, wenn man auf die Kontaktierfähigkeit durch die Schutzschicht hindurch angewiesen ist. Dafür benötigt man eine Schichtdicke die um die 500 nm liegen sollte. Die Schichtdicke lässt sich exakt mittels einer REM Aufnahme an einem Kryobrush bestimmen. Das heißt, die beschichtete Probe wird eingefroren und durchgebrochen. Die Bruchkante inspiziert und ausgemessen. Ein Querschliff hat sich nicht als praktikabel erwiesen, da die Fluorpolymerschicht zu flexibel ist und beim Schleifen verschmiert.

Weitere Methoden ohne Zerstörung sind Messung mittels Ellipsometrie, Betarückstreuverfahren und Interferometer, wobei manche Messverfahren nur auf idealen Oberflächen tragbare Ergebnisse liefern. Interferometer funktionieren z.B. schlecht oder gar nicht auf Lötstopplackoberflächen.

Hier hilft dann ein ideales Probeblättchen, welches man als Spion mit in das Tauchbad gibt.

Auf eine generelle Schichtdickenkontrolle kann im laufenden Prozess weitgehend verzichtet werden, wenn im Tauchverfahren beschichtet wird und sichergestellt ist, dass die Tauchbadkonzentration im Bereich von 1,8 bis 2,2 Prozent bleibt. Die abgeschiedene Schichtdicke beim freien Ablauf der Beschichtungsflüssigkeit nach dem Tauchen hängt direkt von dieser Feststoffkonzentration ab.

## Testergebnisse

In den letzten 20 Jahren wurden schon viele Baugruppen in der Automobilproduktion mit der **Purocoat** Schutzbeschichtung versehen.

Die bisherigen typischen Anwendungen sind am Anfang aufgelistet. Der Erweiterung von Elektronikkomponenten Im Automobil stehen mit der Elektrifizierung der Antriebe und dem Autonomen Fahren vor neuen Herausforderungen.

Die Testbedingungen ändern sich. Nicht jede Baugruppe wird mit der **Purocoat** Beschichtung die verschärften Tests bestehen können, aber die Mehrheit der bisher in Gehäusen getesteten Baugruppen haben bestanden.

Am Beispiel der IPC –CC-830B Standard Norm können wir versuchen aufzeigen, wo die Grenzen sind.

### Insulation test: Class B (500MΩ Min)

IPC-CC-830B Testing - Summary of Results		
Reference	Detail	Purocoat 17/02 Coating
3.3.1	Solid Materials	Fluoropolymer per MSDS
4.7.4	Coating Thickness	0.016-0.024 mils
3.3.2	Shelf Life Insulation Resistance Dielectric Withstanding Voltage	4y Pass - Class B Fail
3.3.3	Cure	Pass
3.4.1	FTIR	Completed
3.5.1	Viscosity	Not measured
3.5.2	Appearance	Pass
3.5.3	Fluorescence	NA
3.5.4	Fungus Resistance	Pass
3.5.5	Flexibility	Pass
3.5.6	Flammability	Pass
3.6.1	Dielectric Withstanding Voltage	Fail
3.7.1	Moisture & Insulation Resistance Insulation Resistance Appearance Dielectric Withstanding Voltage	--/-- Pass - Class B Fail
3.7.2	Thermal Shock Appearance Dielectric Withstanding Voltage	--/-- Pass Fail
3.7.3	Temp. & Humidity Aging Tackiness Visual Examination	--/-- Pass Pass

IPC-CC-830B standard is not adapted to ultrathin coatings - **Purocoat** 17/02 is too thin for the test. Printed Circuit Boards surface insulation cannot be increased by using this coating.

## Prozesskontrolle

Durch den Austrag der reinen Feststoffe als Film auf der PCB und der Rückführung des zurückgewonnenen Lösemittels sinkt die Feststoffkonzentration kontinuierlich.

Unterhalb von 1,8% Feststoffanteil sollte dem Bad wieder Feststoff zugesetzt werden. Das geschieht in Form von 10%igem Konzentrat. Diese Konzentration ist noch homogen und flüssig genug für eine Nachdosierung. Die Nachdosierung erfolgt nach der Feststellung der verbliebenen Konzentration und der Füllmenge des Bades.

Die Konzentration sollte 2,2% nicht übersteigen, um die für eine sichere Kontaktierung notwendige Schichtdicke so konstant wie möglich zu halten. Dies kann durch Undichtigkeiten der Anlagen oder durch händisch ausgeführte Beschichtungen im offenen Behälter passieren. Dann muss mit dem Verdünner der Feststoffanteil wieder gesenkt werden.

Die Konzentration kann manuell mittels einer Präzisionswaage durch die Verdunstung einer Probemenge ermittelt werden. Für **Purocoat 17/02** gibt es aber auch vollautomatische Mess- und Dosiersysteme.

## Sicherheit

**Purocoat** Flüssigkeiten und die darin verwendeten Lösemittel bieten eine größere Sicherheitsspanne als alternative Lösungsmittel und erfordern im Standardeinsatz keine besonderen Schutzvorkehrungen.

**Purocoat**-Flüssigkeiten sind nicht als KMR-Stoffe (Karzinogen, Mutagen, Reproduktionstoxisch) eingestuft.

Der Geruch ist nicht störend aber der Geschmack abstoßend. Beim Verschlucken nicht giftig. Chemisch nicht reaktiv.

Die zweite Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen -2. BimSchV regelt den Einsatz des Lösemittelverbrauchs des Hydrofluorethers im **Purocoat 17/02**. Beim Betrieb einer Beschichtungsanlage darf der Verlust von Hydrofluorether 30gr pro Stunde nicht überschreiten. Bei entsprechender Bauart und durch Einsatz von Kühlfallen zur Re-Kondensierung der Lösemitteldämpfe während des Trocknungsvorgangs in der Anlage ist das leicht zu erreichen. Professionelle Tauchanlagen sind damit ausgestattet und getestet. Eine Absaugung der freiwerdenden Lösemitteldämpfe in den Außenbereich ist nicht sinnvoll. Die Anlagen können jederzeit direkt in der Produktionslinie integriert werden und erfordern keine besonderen Räumlichkeiten.

## Entflammbarkeit

**Purocoat**-Flüssigkeiten und ihre Azeotrope sind in ihrer flüssigen Phase aufgrund des Fehlens eines Flammpunktes nicht entzündlich.

## Verfügbarkeit

1. **Fertige Mischung** aus 98 % Hydrofluorether (HFE Lösemittel) und 2 % Fluorpolymeren (Feststoff)
2. **HFE Lösemittel** für Verdünnung und Reinigung
3. **Konzentrat** mit 10 % für das Nachdosieren.
4. Die Produkte werden in 1kg-, 7kg-, 15kg-Aluflaschen und die Mischungen zusätzlich in 18kg Stahl-Kanistern angeboten.

## Nachhaltigkeit

Basierend auf der eingesetzten Chemie von getrennten Hydrofluorethern und Fluorpolymeren haben **Purocoat**-Flüssigkeiten ein hervorragendes Umweltprofil.

**Purocoat**-Flüssigkeiten haben ein Ozonabbaupotential (ODP) von Null, was bedeutet, dass sie keinen Einfluss auf das stratosphärische Ozon haben. Sie haben auch ein niedriges GWP im Vergleich zu anderen Lösungsmitteln wie Fluorkohlenwasserstoffen (HFKW).

Das Umweltprofil von denen im **Purocoat** verwendeten Fluorpolymeren und Hydrofluorethern hat zu einer breiten Akzeptanz für den kommerziellen Einsatz bei Regulierungsbehörden weltweit. In Europa sind sie nicht im Anhang I der F-Gase-Verordnung (EU 517/2014) aufgeführt, d. h. sie sind innerhalb der EU nicht eingeschränkt oder verboten.

## Was bedeutet diese Art von Beschichtungsprozess für den Einsatz in der Automobilindustrie?

Machen wir uns nichts vor, jeder zusätzliche Behandlungsprozess einer Leiterplatte gilt es zu vermeiden, da es Entwicklungsaufwand, Test, Zeit und Materialkosten bedeutet. Also ist es ein notwendiges Übel, wenn die fertige Baugruppe den Test an seinem endgültigen Einsatzort nicht besteht, einen Schutz per Beschichtung oder über das Gehäuse zu realisieren, sofern eine Umhausung überhaupt vorhanden ist.

Wählt man den Weg der Schutzbeschichtung, gilt es den Prozess so kostengünstig wie möglich zu machen. Das Zusammenspiel von Materialpreis, Anlageninvestition und Energie- und Arbeitskosten gilt es mit den Möglichkeiten der unterschiedlichen Schutzlacksysteme abzugleichen. Hier stellen wir das für die ultradünne Schutzbeschichtung mit dem **Purocoat** Produkt dar.

Die Fluorpolymerbeschichtung wurde aus der Notwendigkeit heraus entwickelt, sehr große Mengen an Leiterplatten effektiv und ohne großen Aufwand zu schützen. Es hat seinen Ursprung in der Telekommunikationsindustrie, deren Elektronikverteiler und Sendeanlagen letztendlich im Freien in einem nur regensicheren Gehäuse in allen Gegenden der Welt funktionssicher und langlebig arbeiten müssen. Fröste, Betauung, Pilze, Hitze, Seeluft und Insekten dürfen der Baugruppe nichts anhaben. **Purocoat 17/02** erfüllt dies in der Regel. Sicher sind die Anforderungen im KFZ höher als in anderen Einsatzgebieten, aber im Grundsatz kann hier **Purocoat** gute Ergebnisse abliefern. Diese sind nicht nur von der Testschärfe, sondern auch von der Auswahl der Materialien auf der LP und deren Sauberkeit abhängig.

Durch das Tauchverfahren erzielen wir ein sicheres Ergebnis, da es damit zu keiner Fehlbeschichtung kommen kann. Vorausgesetzt alle Bauteile vertragen das. Damit ist eine 100%ige Abdeckung aller Oberflächen gewährleistet. Besser als beim Selektiven Verfahren. Außerdem können die Baugruppen ganz dicht gepackt und in einem Batchprozess in wenigen Sekunden getaucht werden oder sie laufen einzeln aber kontinuierlich durch das Bad. Die Trocknung erfolgt bestenfalls in der Anlage mit der Rückgewinnung des Lösemittels. Ein Kostenvorteil, da dann überwiegend mit einem Konzentrat nachdosiert werden muss.

Die Schnelligkeit des Prozesses und die hohe Durchlaufrate sparen enorme Produktionszeiten. Dazu kommt die Möglichkeit, die Baugruppen nur einmal nach dem Beschichtungsvorgang zu testen. Kontakte im Nadelbettadapter sind ja möglich. Muss repariert werden, kann man sofort auslöten, reparieren und den Vorgang der Beschichtung wiederholen. Auch das spart Aufwand und Zeit. Die Tauchanlagen selber sind einfach konstruiert, klein und brauchen wenig Energie und Wartung und sind ständig betriebsbereit durch die Stand-By Funktion. Die Bedienung ist denkbar einfach und benötigt kein geschultes Fachpersonal. Das fluorierte Material an sich ist teurer in der Herstellung als andere Basismaterialien, aber man braucht davon auch sehr wenig. Mit einem Kilogramm Beschichtungsflüssigkeit kann man theoretisch bis zu 23 m<sup>2</sup> Fläche abdecken. Die Kostenvorteile liegen somit auf der Hand.

- geringe Anlageninvestition
- hohe Anlagenverfügbarkeit
- geringer Prozessaufwand
- minimale Personalkosten
- kurze Behandlungszeiten
- geringste Materialverluste

#### **Auf der Pro-Seite führen wir dann noch zusätzlich auf:**

- sicher, da ungefährlich, nicht brennbar und nicht toxisch
- umweltfreundlich, da Ausstoß der VOC minimiert und das GWP gering ist.

Solche Punkte lassen sich nicht in Kosten fassen, sind aber letztendlich auch ein wichtiger Entscheidungsfaktor für die Auswahl eines Verfahrens.

Alle diese Faktoren sollten dann in die Kostenberechnung mit einfließen.

#### **Fazit / Ausblick**

Mit der **Purocoat** Schutzbeschichtung können viele Anforderungen im Kfz erfüllt werden.

Nicht alle, da das Gehäuse immer noch der beste Schutz für die Elektronikschaltung ist, aber nicht immer so sicher wie notwendig.

Die Bestücker und Lackierer der Schaltungen bevorzugen ein solches Verfahren gegenüber solchen mit langen Prozesszeiten und oftmals giftigen Inhaltsstoffen.

Unter dem Strich dann auch ein Gewinn für den Geldbeutel, wenn der Prozess zufriedenstellend läuft.

Der immer größer werdende Anteil an Leiterplatten an sich und dessen wachsenden Sicherheitsaufgaben sollten dazu führen, generell Schutzbeschichtungen durchzuführen und zwar mit einem Prozess, der diese hohen Stückzahlen wirtschaftlich behandeln lässt.

Mit dem **Purocoat** haben wir so ein Produkt, welches diese Herausforderungen annimmt.

## Unternehmen / Kontakt



**Puretecs GmbH**

**Fabrikstraße 18**

**D-73277 Owen**

Stephan Ballhaus

Beratung Technik

t +49 (0)7021 8608839

m +49 (0)1772980505

**[info@puretecs.de](mailto:info@puretecs.de)**

- Schutzbeschichtungen
- Tauchbeschichtungsanlagen