

# Plasma löst auch komplizierte Haftungsprobleme



Abb. 1: Zur Vermeidung von Haftungsproblemen wird die Kunststoffoberfläche vor dem Bedrucken mit »Openair«-Plasma feinstgereinigt und ihre Oberflächenenergie erhöht.  
Fotos und Grafik: Plasmareat.

**Unsichtbare Feinstäube, statische Aufladungen und inkompatible Materialien führen immer wieder zu Problemen bei der Verklebung oder Lackierung von Kunststoffen. Als Krisenmanager beweist sich dabei eine atmosphärische Plasmatechnologie.**



Autorin:  
Inès A. Melamies  
freie Journalistin  
Bad Honnef

Den ständig wachsenden Anforderungen an Qualität, Design, Gewicht und Umweltschutz muss sich die Kunststoffindustrie stellen und betreibt mit immer höherem Aufwand die Verbesserung ihrer Klebe-, Lackierungs- und Bedruckungsprozesse. Entscheidend sind dabei die Vorreinigung und Aktivierung der zu behandelnden Oberflächen. Die Verfahren reichen vom Ionisieren, Beflammen, Powerwash oder der Primeranwendung bis hin zur mechanischen Reinigung mit Straußenfedern. Trotz des Aufwands liegt der von Staubpartikeln ver-

ursachte Ausschuss in der Produktion oft deutlich über zehn Prozent. Die statische Aufladung der Oberflächen, der geringfügige, aber unakzeptable Rest von Feinstäuben in tiefer angeordneten Bereichen oder die Belastung der Umwelt bilden bei den genannten Verfahren die häufigsten Probleme.

Für eine sichere und langzeitstabile Haftung von Verklebungen und das makellose Erscheinungsbild von Lackierungen und Bedruckungen auf Kunststoffen wird immer häufiger die von Plasmareat bereits 1995 entwickelte Plasmatechnologie »Openair« eingesetzt (Abbildung 1). Sie eliminiert die vorgenannten Probleme vollständig und ersetzt umweltbedenkliche und kostenaufwendige Reinigungsprozesse. Die Technik eignet sich gleichermaßen zur Feinstreinigung von Oberflächen wie auch zur Verbesserung der Adhäsion. Die auf einem Düsenprinzip basierenden Systeme arbeiten bei normalen Luftbedingungen.

## Elektrisch neutraler Plasmastrahl

Die Technik ist umweltfreundlich: Die Düsen werden einzig mit Luft und Hochspannung betrieben. Als besonderes Merkmal ist der austretende Plasmastrahl elektrisch neutral, wodurch sich die Anwendbarkeit stark erweitert und vereinfacht. Seine Intensität ist so hoch, dass beim Einsatz feststehender Einzeldüsen Bearbeitungsgeschwindigkeiten von mehreren 100 Metern pro Minuten erreicht werden können (Abbildung 2). Ein einzelner Plasmastrahl kann, abhängig von der Leistung der Plasmadüse, bis

zu 50 Millimeter lang sein und eine Behandlungsbreite von 25 Millimetern erzielen. Die Plasmadüse wird je nach erforderlicher Behandlungsleistung und Bauteilgeometrie im Abstand von 10 bis 40 Millimetern mit einer Geschwindigkeit von 6 bis 600 Metern pro Minute relativ zur Oberfläche bewegt.

Durch den Einsatz von rotativen Düsen kann sogar eine Wirkbreite bis 130 Millimeter pro Düse, bei Behandlungsgeschwindigkeiten bis 40 Meter pro Minute erreicht werden. Zur Vorbehandlung größerer Flächen stehen neben den Einzeldüsen auch ganze »Openair«-Rotationssysteme zur Verfügung. Sie beinhalten je nach Anwendung mehrere Plasmaerzeuger, die mit sehr hoher Drehzahl rotieren. Je nach Durchmesser und Anordnung der Plasmadüsen können in einem Durchlauf bis zu 3000 Millimeter breite Flächen behandelt werden. Die typischen Erwärmungen der Kunststoffoberflächen während der Behandlung betragen Delta T kleiner 30 °C.

Kunststoffoberflächen sind chemisch oft unreaktiv, da ihre langen Polymerketten eine geringe Oberflächenspannung aufweisen und keine oder nur wenige funktionelle Gruppen besitzen. Dadurch lassen sie sich nur schlecht verkleben. Die Ionen und freien Elektronen im Plasmastrahl fügen Stickstoff und Sauerstoff in die Polymeroberfläche ein. Es bilden sich funktionelle Gruppen wie –OH und –NH.

Das Verfahren bewirkt auf der Materialoberfläche die folgenden Effekte:

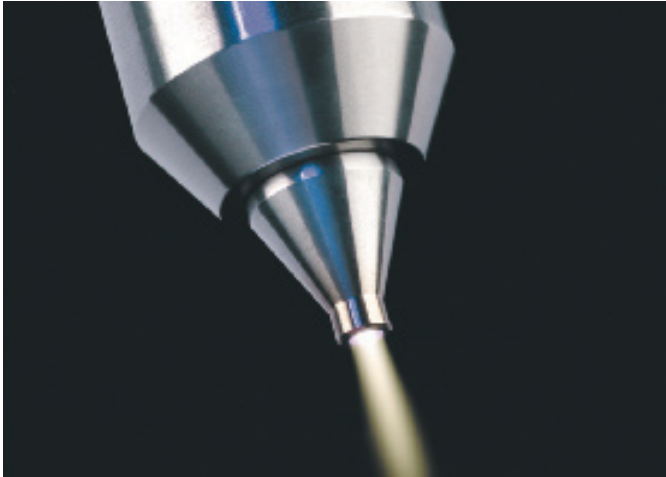


Abb. 2: »Openair«-Einzeldüsen können Bearbeitungsgeschwindigkeiten von mehreren 100 Metern pro Minute erreichen.

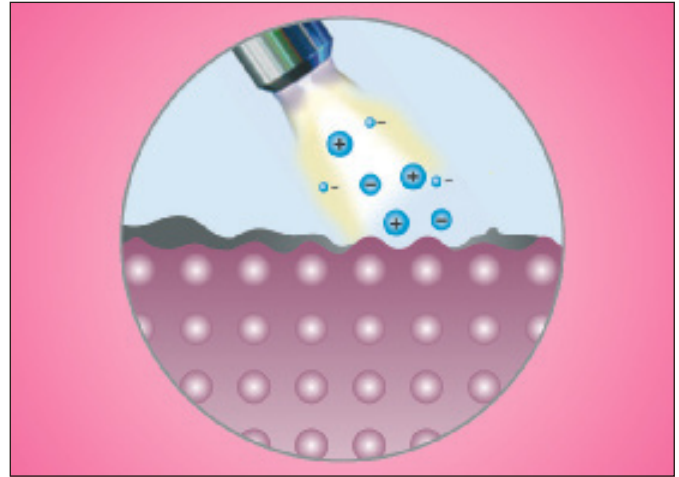


Abb. 3: Der Plasmastrahl trifft mit nahezu Schallgeschwindigkeit auf die Oberfläche und bewirkt deren mikrofeine Reinigung.

- **Aktivierung:** Es aktiviert die Oberfläche durch gezielte Oxidationsprozesse und erhöht die Oberflächenspannung bis zu 72 Millinewton pro Meter auf vielen Kunststoffen.
- **Entladung:** Im technischen Sinne bezeichnet man einen Plasmazustand als elektrisch leitfähiges Gas. Trifft der potenzialfreie Plasmastrahl auf die Oberfläche auf, können die elektrischen Ladungsträger des statisch aufgeladenen Werkstücks gegen Erde abfließen. Damit erfolgt die statische Entladung der Oberfläche.
- **Reinigung:** Das mit nahezu Schallgeschwindigkeit auf die Oberfläche strömende Plasma bewirkt die mikrofeine Reinigung von Metallen, Kunststoffen, Keramik und Glas (Abbildung 3).
- **Beschichtung:** Durch den Zusatz eines Precursors können selektive Nanobeschichtungen erfolgen. Eine individuelle Funktionalisierung der Oberflächen gemäß den Anforderungen der späteren Produkteigenschaften wird damit ermöglicht.

Durch den Prozess der Entladung von Oberflächen bietet das »Openair«-Plasmasystem Reinigungseffekte, die konventionelle Systeme bei Weitem übertreffen. Dieser Effekt wird zusätzlich positiv durch die sehr hohe Ausströmungsgeschwindigkeit des Plasmas beeinflusst, wodurch auch lose anhaftende Partikel effektiv von der Oberfläche entfernt werden. Der wirtschaftliche Aspekt: Die Düsensysteme können einfach in die neue oder auch bereits bestehende Fertigungslinie integriert werden. Ein entscheidender Vorteil der Technik besteht darin, dass bisher inkompatible Substrate zur Haftung gebracht werden können und wässrige oder vielfach auch lösemittelfreie UV-basierende Klebstoffe auf sehr klebstoffunfreundlichen Oberflächen wie unpolarem Kunststoff haften. Eine zusätzliche Vorbehandlung durch Primer oder dem Bürsten und Abwaschen von Oberflächen kann komplett entfallen. Auch werden in der Produktion Emissionen von VOC (flüchtigen organischen Verbindungen) von vorneherein vermieden. Die Behandlung er-

folgt überaus gleichmäßig und kann durch eine Prozesskontrolle kontrolliert werden.

### Anwendungsbeispiele

#### • Plasma im Spritzgussprozess

Zieltechnologien für die hier beschriebene Plasmabehandlung sind das 2-Komponenten-Spritzgussverfahren sowie vor- und nachgeschaltete Prozesse wie das Lackieren, Verkleben, Bedrucken und Beschichten von Kunststoffoberflächen. Das Verfahren ermöglicht auch kostengünstige Konstruktionskomponenten in Hart-Weich-Verbunden. Zur Schaffung fester Verbindungen zwischen normalerweise nicht kombinierbaren Kunststoffen kann mit einer Plasmavorbehandlung beispielsweise teures ABS/PC durch die kostengünstigere Konstruktionskomponente Polypropylen (PP) mit TPU (Thermoplastische Polyurethane) ersetzt werden (Abbildung 4). Ebenso besitzt das Verfahren ein enormes Potenzial zur Feinreinigung und Verbesserung der Adhäsion in der Mehrkomponententechnik bei Kunststoff-Kunststoff- beziehungsweise Kunststoff-Metall-Verbunden. Es wird sowohl bei Thermoplast-Thermoplast als auch Duromeranwendungen eingesetzt (wie Thermoplast – LSR, TP – Gummi).



Abb. 4: Innovative Lösung: Erst durch die Vorbehandlung mit »Openair«-Plasma wird der feste Verbund eines harten Polypropylens (innen) und einer weichen, griffigen TPU-Spritzguss-Ummantelung möglich. Das 2K-Verstellrad wurde bei Müller Technik als Versuchsbauteil hergestellt.

#### • Vorbehandlung vor dem strukturellen Verkleben von Kunststoff-Karosseriebaugruppen

Im Karosseriebau werden aus Gründen der Gewichtseinsparung einzelne Baugruppen heute nicht mehr aus Stahl- oder Aluminiumblechen, sondern aus Hochleistungskunststoffen gefertigt. Dabei werden innerhalb des Montageprozesses einer Baugruppe, wie zum Beispiel der eines Innenkotflügels, im Rahmen eines automatischen Fügeprozesses einzelne Teile miteinander verklebt. Ob sich ein Kunststoff gut verkleben lässt, hängt im Wesentlichen von seiner Oberflächenenergie ab, die größer sein sollte als die Oberflächenspannung des Klebstoffes (Abbildung 5). Ist dies nicht der Fall, wird eine geeignete Oberflächenvorbehandlung erforderlich. Die sichere Haftung eines 2-Komponenten-Polyurethan-Klebstoffes auf SMC beziehungsweise PPO wird durch die Vorbehandlung mit Plasma erreicht, das die Oberfläche bis zur Nachweisbarkeitsgrenze reinigt und zusätzlich aktiviert. Herkömmliche Vorbehandlungsverfahren auf SMC – wie das Anschleifen oder Reinigen mit Aceton – werden durch die Plasmabehandlung nicht nur ersetzt, die Verkleb-ergebnisse werden auch übertroffen. Die Hochleistungsthermo- und duroplastbauteile erfüllen nach der Montage alle Anforderungen im Hinblick auf Leichtbau, passive Sicherheit, mechanische Eigenschaften und eine »Class A-Oberfläche«. Die »Openair«-Technologie kann hier sowohl für die Verklebung als auch für die Lackierung dieser Baugruppen als Vorbehandlungsverfahren eingesetzt werden.

#### • Plasma vor dem Lackieren

Die Lackierung von Handygehäusen verlangt höchste Ansprüche an die Oberfläche: Das Lackbild muss fehlerfrei sein und darf auf keinen Fall von Verunreinigungen in seinem Gesamtbild beeinflusst werden. Schon ein vor dem Lackieren kaum sichtbares Staubkörnchen auf der Oberfläche des Gehäuses führt nach dem Lackieren zu einer unansehnlichen Unebenheit, die der Kunde im Allgemeinen nicht akzeptiert. Elektrostatische Effekte sind als Hauptursache für die Anhaftung von Staub zu nennen. Namhafte Zulieferer der Handyindustrie in China, Südkorea und Finnland haben längst reagiert: Hier gelang es Plasmabehandlung,

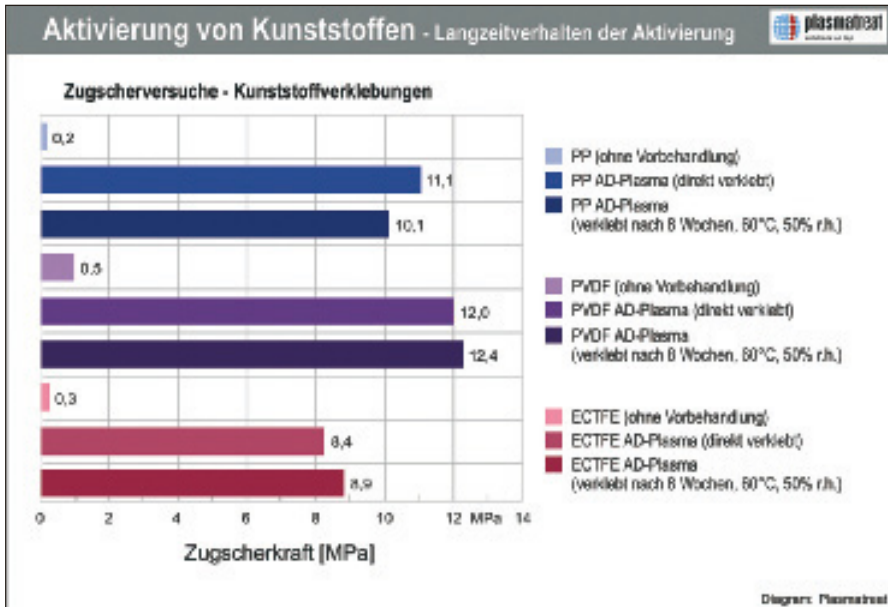


Abb. 5: Vergleich: Langzeitverhalten von Kunststoffverklebungen ohne und mit »Openair«-Plasma-Behandlung.

Anlagen zur Reinigung von Handgehäusen zu installieren, die eine äußerst effiziente Reinigung im Inline-Verfahren ermöglichen (Abbildung 6). Der Ausschuss konnte so bei den Anwendern von 12 auf unter fünf Prozent reduziert werden.

• **Verzicht auf Haftgrundierung im Fahrzeugbau**

Seit drei Jahren profitiert von dieser Technik auch ein amerikanischer Fahrzeughersteller bei der Vorbehandlung von Kunststoffoberflächen. Die starke Nachfrage nach dessen Fahrzeugen verbunden mit höchsten Ansprüchen an eine Mehrschicht-Lackierung sorgte für Engpässe in den Einbrennöfen.

Ein Fahrzeugteil hat gewöhnlich viele Stationen während des Lackierprozesses zu durchlaufen. Ein typisches Kunststoffbauteil erhält eine Haftgrundierung, eine beziehungsweise bis zu acht Lackschichten und schließlich den Klarlack. Einbrennöfen haben jedoch begrenzte Kapazitäten. Die meisten Hersteller besitzen nur eine Lackierlinie und einen Brennofen pro Werk. Deshalb durchläuft hier ein Werkstück denselben Ofen vier- bis neunmal. Jede Möglichkeit, die Durchlaufkapazitäten ohne hohen Kapitaleinsatz wie für die Anschaffung eines zusätzlichen Brennofens zu steigern, führt zu signifikanten Kosteneinsparungen. Bereits die Verminderung um nur einen Durchlauf im Lackierungsprozess eliminiert die Kosten für den Primer, die damit verbundenen Arbeiterkosten und reduziert die Fixkosten des Brennofens. Bei bestimmten Fahrzeugen ist es jedoch nicht möglich, bei einer Verringerung



Abb. 6: Nicht sichtbare Feinststäube führen zu Unansehnlichkeiten bei der Lackierung. Die Plasmabehandlung sorgt für ein makelloses Lackbild.

der dekorativen Decklack-Schichten dieselbe Oberflächenoptik beizubehalten. Mit Hilfe des »Openair«-Verfahrens gelang jedoch auch in diesem Fall der vollständige Verzicht auf die Haftgrundierung. Dies resultierte in einer 25 prozentigen Senkung der Brennofendurchläufe und damit gleichzeitig in einer bedeutenden Erhöhung der Ofenkapazität.

Der Vielfalt der beschriebenen Vorbehandlungsmethode sind kaum Grenzen gesetzt. Das System ist uneingeschränkt robotertauglich. Zu den entscheidenden Vorteilen zählen vor allem seine hohe Prozesssicherheit im Produktionsprozess. Daneben lässt sich die einfache Integration in die Prozessabläufe ebenso erfüllen wie die höhere Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu herkömmlichen Methoden – und dies bei sehr guter Umweltverträglichkeit.

Infos zum Unternehmen:  
Plasmatreat GmbH  
33803 Steinhagen  
Kontakt: [www.plasmatreat.de](http://www.plasmatreat.de)