

# Umweltfreundlich und kostensparend **Atmosphärische Plasmatechnologie**

Aus der Vielzahl von Vorbehandlungsmethoden bei industriellen Prozessen gewinnt der Einsatz umweltfreundlicher und kostensparender Verfahren im Automobilbau ständig an Bedeutung. Eine innovative Plasmatechnik der Plasmateat GmbH, Steinhagen, dient nicht nur zur Feinstreinigung von Oberflächen und Verbesserung der Adhäsion, oft ist sie auch die einzige Lösung, feste Verbindungen zu schaffen.



## 1 Einleitung

Für eine langzeitstabile und belastbare Verklebung von Kunststoffen oder Metallen müssen zunächst die Voraussetzungen geschaffen werden. Im Automobilbau kommt eine atmosphärische Plasmatechnologie zur Vorbehandlung von Kunststoffen, Metall, Keramik oder Glas weltweit bereits bei über 70 Anwendungen zum Einsatz. Ob Frontscheiben oder Instrumententafeln, Scheinwerfer, Elektronikabdichtungen, EPDM-Profile oder ganze Karosserieteile – die Plasmatechnik gewährleistet die einfache, sichere und lösungsmittelfreie Vorbehandlung vor Klebe-, Schaum- und Lackierprozessen.

## 2 Was ist Plasma?

Plasma beruht auf einem einfachen physikalischen Prinzip: Durch Energiezufuhr ändern sich die Aggregatzustände – aus fest wird flüssig, aus flüssig gasförmig. Wird einem Gas nun weitere Energie zugeführt, so wird es ionisiert, das heißt, die Elektronen erhalten eine höhere kinetische Energie und verlassen die Schale. Es bilden sich freie Elektronen, Ionen und Molekülfragmente. Es entsteht Plasma. Dieser „4. Aggregatzustand“ ist jedoch unter Normaldruck aufgrund seiner Instabilität kaum zu verwenden, **Bild 1**.

Erst die 1995 von der Plasmateat GmbH, Steinhagen, entwickelte und patentierte Atmosphärendruck-Plasmatechnologie Openair schuf neue Möglichkeiten. Durch die Entwicklung und den Einsatz von Plasmadüsen gelang es, den bis dahin industriell kaum genutzten Aggregatzustand in Produktionsprozesse zu

integrieren und damit Plasma unter normalen Umgebungsluftbedingungen zur Vorbehandlung von Materialoberflächen für die Industrie „inline“ nutzbar zu machen. Die zugeführte Energie wird beim Kontakt mit Materialoberflächen auf diese übertragen und steht so für nachfolgende Reaktionen zur Verfügung. Auf diese Weise entstehen Oberflächen mit idealen Eigenschaften zum Beschichten, Bedrucken, Kleben oder Schäumen.

## 3 Elektrisch neutraler Strahl

Das Verfahren basiert auf einem Düsenprinzip. Im Gegensatz zu kostenaufwendigen Plasma-Niederdrucksystemen (Vakuumkammer) arbeiten hier die Düsen inline bei Atmosphärendruck, also unter normalen Luftbedingungen. Sie werden einzig mit Luft und Hochspannung betrieben. Der austretende Plasmastrahl ist elektrisch neutral, wodurch sich die Anwendbarkeit stark erweitert und vereinfacht, **Bild 2** und **Bild 3**. Seine Intensität ist so hoch, dass Bearbeitungsgeschwindigkeiten von mehreren 100 m/min erreicht werden können. Die typischen Erwärmungen der Kunststoffoberflächen während der Behandlung betragen hier  $\Delta T < 20^\circ \text{C}$ .

Das Plasmasystem ist durch eine dreifache Wirkung gekennzeichnet: Es aktiviert die Oberfläche durch gezielte Oxidationsprozesse, entlädt erstere gleichzeitig und bewirkt eine mikrofeine Reinigung der Oberflächen von Metallen, Kunststoffen, Keramik und Glas. Zudem wird die Plasmaenergie dieses Systems zur Schichtabscheidung genutzt. Durch den Zusatz eines Precursors wurde die Technik außerdem für Zwecke der Nano-beschichtung weiterentwickelt.

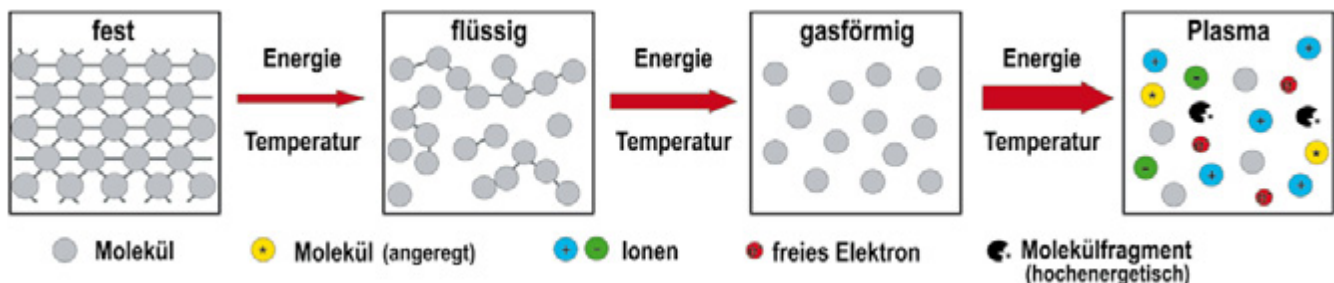
## Der Autor



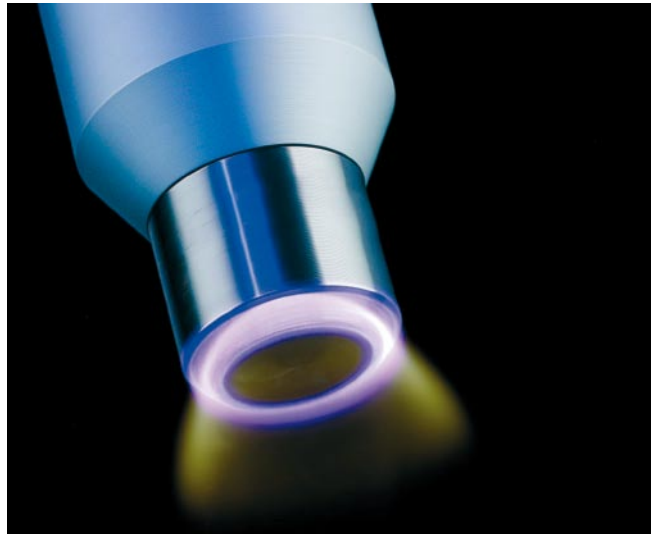
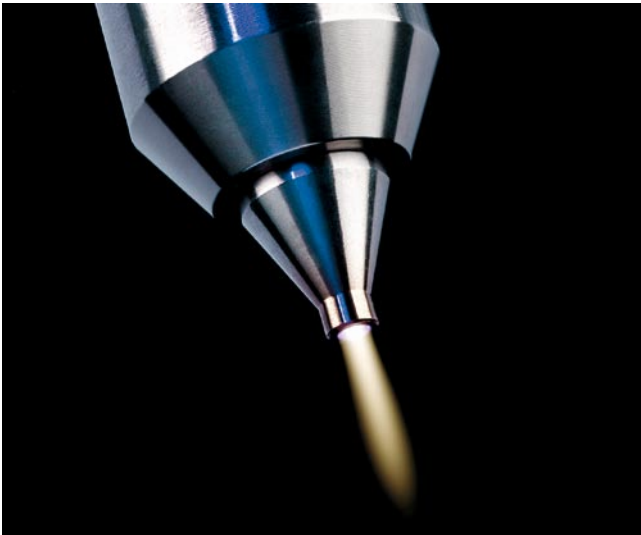
Dipl.-Ing.  
Christian Buske  
ist geschäftsführender  
Gesellschafter der  
Plasmateat GmbH in  
Steinhagen.

## 4 Oberflächenspannung

Die Oberflächenspannung ist das wichtigste Maß für die Beurteilung der voraussichtlichen Haftung einer Klebschicht oder Oberflächenbeschichtung. Im Karosseriebau werden aus Gründen der Gewichtseinsparung einzelne Baugruppen heute nicht mehr aus Stahl oder Aluminiumblechen, sondern aus Hochleistungskunststoffen gefertigt. Ob sich ein Kunststoff gut verkleben lässt, hängt im Wesentlichen von seiner Oberflächenspannung ab, die größer sein sollte als die des Klebstoffes. Häufig ist dies jedoch nicht der Fall, sodass eine geeignete Vorbehandlung der Oberflächen



**Bild 1:** Entstehung von Plasma – Aggregatzustände



**Bild 2 und Bild 3:** Feindüsen mit relativ kleinem Austrittswinkel eignen sich zur Behandlung schmaler Profile und komplexer Geometrien, während die Rotationsdüsen Flächen bis 40 mm Breite bearbeiten; für größere Bearbeitungsflächen werden mehrere Plasmadüsen miteinander kombiniert

erforderlich wird. Die sichere Haftung eines 2-Komponenten-Polyurethan-Klebstoffes auf SMC beziehungsweise PPO wird durch die Vorbehandlung mit Plasma erreicht. Oberflächenspannungswerte bis über 72 mN/m sind damit auf vielen Kunststoffen möglich, **Bild 4**.

Ein entscheidender Vorteil der Technik besteht darin, dass bisher inkompatible Substrate zur Haftung gebracht werden können, sodass wässrige oder vielfach auch UV-basierende Klebstoffe auf sehr klebstoffunfreundlichen Oberflächen wie etwa unpolarem Kunststoff haften.

**5 Plasma statt Primer**

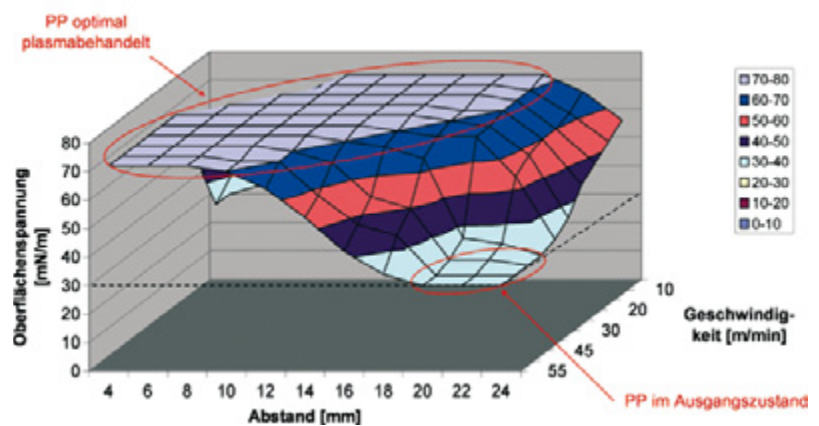
Für Michael Stege, früherer Fachreferent für Kleb- und Dichtstoffe in der Verfahrenstechnik bei der Volkswagen AG, lagen die Gründe für den Einsatz der neuen Plasmatechnologie auf der Hand. Für den Golf IV entwickelte Volkswagen eine geklebte Tür-Zusatzdichtung, um den Fahrkomfort durch die Dämmung von Windgeräuschen zu erhöhen. Diese selbstklebende Dichtung aus EPDM-Kautschuk sollte an den Enden zusätzlich mit Klebepunkten aus einem MS-Polymer-Klebstoff fixiert werden. Zur Verbesserung der Klebstoffhaftung muss dieser Kautschuk vorbehandelt werden, was unbedingt mit einem lösungsmittelfreien und damit umweltfreundlichen System erfolgen sollte.

Nach dem Vergleich verschiedener Corona- und Plasmaanlagen – wobei besonderer Wert auf ein großes Prozessfenster gelegt wurde – entschied sich VW für die rotierenden Plasmadüsen des Openair-Systems. Stege berichtet, dass das Verfahren mehrere Arbeitsschritte ersetzt, wenn die Dichtungen direkt vor dem Klebstoffauftrag mit Plasma vorbehandelt werden. Durch diese hochwirksame Maßnahme entfällt nicht nur die sonst erforderliche Vorreinigung der Klebeflächen, sondern auch das Auftragen von lösungsmittelhaltigem Primer kurz vor der Klebung. Zudem hat das Verfahren den großen Vorteil der Reproduzierbarkeit, wenn die Anlageparameter genau

überwacht werden. Die positive Folge für Volkswagen: Die Verfallszeit eines Primers musste nicht mehr beachtet werden, es gab keine Lösungsmittellemissionen und keine logistischen Zwänge bei der Belieferung. Zwischenzeitlich wurden fast alle Linien der Türenfertigung bei Volkswagen mit dem Plasmasytem ausgestattet.

**6 Lackierprozesse**

Das heute weltweit gängige Lackierverfahren von Karosserieoberflächen – eine aus einzelnen funktionellen Schichten aufgebaute Lackbeschichtung – wird sich schon in naher Zukunft verändern. Angestrebt



**Bild 4:** Die Grafik zeigt eine Kunststoffoberfläche, die in Abhängigkeit von Abstand und Geschwindigkeit mit Plasma vorbehandelt wurde; die Oberfläche wird polar, ihre Spannung steigt auf > 72 mN/m bei großem Prozessfenster

sind unter anderem Lackaufbauten, die die Oberfläche härter machen und damit deren Anfälligkeit für Beschädigungen und Verkratzungen reduzieren. Der Zukunftstrend geht zu den so genannten Nanolacken. Das sind in der Regel Beschichtungsstoffe, die im flüssigen Verarbeitungszustand aus Partikeln mit Durchmessern von wenigen Nanometern (nm) bestehen. Werden sie stark hydrophob hergestellt, entwickeln sie einen „Lotus-Effekt“, das Wasser perlt von ihnen ab. Sie sind weit härter und damit wesentlich unempfindlicher gegen mechanische Beschädigungen als herkömmliche Lacke. Nanolacke haben bisher nur einen Nachteil – man kann sie nicht bekleben, **Bild 5**.

Das von Plasmateat entwickelte Plasmaverfahren könnte für die Zukunft auch hier eine Lösung schaffen: Die aus der Vorbehandlung resultierende starke Erhöhung der Oberflächenspannung könnte dazu genutzt werden, selektive Stellen der Lackoberfläche „klebstofffreundlich“ zu machen und damit eine feste Verklebung mit anderen Bauteilen



**Bild 5:** Die Vorbehandlung mit Plasma gewährleistet eine makellose Optik der lackierten Fläche

wie zum Beispiel Antennenhalterungen oder Zierleisten zu ermöglichen.

## 7 Lackieren im Innenbereich

Schalter mit gelaserten Symbolen, hochglänzende Zierleisten und Abdeckungen, kratzfest lackierte Displayfenster und funkelnde Blenden, Lüftungsgitter oder

Handschuhfachgriffe – Kunststoffteile in den Innenräumen von Autos werden heute mit den aufwendigsten Lackierungen versehen, **Bild 6**.

Herkömmliche Vorbereitungsverfahren auf SMC wie das Anschleifen oder Reinigen mit Aceton werden durch die Plasmabehandlung nicht nur ersetzt, die Verklebegergebnisse werden auch übertroffen. Die Hochleistungsthermo- und Du-

roplastbauteile erfüllen nach der Montage alle Anforderungen im Hinblick auf Leichtbau, passive Sicherheit, mechanische Eigenschaften und eine „Class-A-Oberfläche“. Atmosphärisches Plasma kann als Vorbehandlungsverfahren sowohl für die Verklebung als auch für die Lackierung dieser Baugruppen eingesetzt werden, wie es unter anderem in Fahrzeugen von BMW und Rolls Royce der Fall ist.

**Bild 6:** Nach dem Spritzgießen, aber vor dem Lackieren von Cockpitmodulgehäusen erfolgt die mikrofeine Reinigung mit atmosphärischem Plasma



### 8 2-K-Spritzguss

Das Erstellen von funktionellen, optisch ansprechenden und haptisch einwandfreien Bauelementen aus Kunststoff für den Innenraum im Automobil erfordern eine langwierige, kostenintensive und aufwendige Montage, die die Fertigung oft unwirtschaftlich und wenig prozesssicher macht: Der aus einer Hartkomponente (wie PP, PA oder ABS) gefertigte Grundträger wird mit einem weichen Stoff (wie Leder, Kunstleder, PU- oder TPU-Slash-Haut) überzogen. Die Haptik wird dabei einerseits durch den Werkstoff, andererseits durch eine „Hinterschäumung“ mit einer Weichkomponente erreicht. Ein Problem bleibt dabei häu-

fig, dass sich auf der Türinnenverkleidung beim späteren Kontakt mit fett- oder ölhaltigen Pflegemitteln (Handcreme, Sonnenöl) die Weichkomponente ablösen kann. Eine Plasmavorbehandlung unterbindet diesen Effekt, **Bild 7**.

Eine weitaus kostengünstigere und auch sicherere Methode besteht darin, ein Bauteil direkt auslieferungsfähig in einer 2-Komponenten-Spritzgussmaschine zu erzeugen. Entsprechende Versuche wurden bei Müller-Technik, Steinfeld, bereits mit positivem Ergebnis durchgeführt. Das Openair-Verfahren ermöglicht dabei das Verbinden von normalerweise nicht kombinierbaren Kunststoffen: In der Maschine wird der Grundträger spritzgegossen und nach der Plasmabehandlung sofort mit einer Weichkomponente überspritzt. Dadurch entfällt das manuelle Handling der Einzelteile, das

Bauteil fällt nach jedem Zyklus „fertig“ aus der Maschine.

### 9 Plasmabeschichten ohne Vakuum

Das Verkleben von Aluminium ist Stand der Technik. Allerdings muss heute unter Verwendung herkömmlicher Vorbehandlungsmethoden ein erheblicher Aufwand betrieben werden, um Aluminiumoberflächen auch unter dem Einfluss von korrosiven Medien wie Feuchtigkeit und Salz dauerhaft zu verkleben, **Bild 8**. Üblicherweise werden nasschemische Verfahren wie Chromatieren oder Eloxieren eingesetzt, um den hohen Anforderungen gerecht zu werden. Es handelt sich hierbei jedoch um kostenintensive Batchprozesse, die zudem ökologisch äußerst bedenklich sind.

Bei der Plasmabeschichtung handelte es sich noch bis vor Kurzem um einen Prozess, der ausschließlich in einer Vakuumkammer realisiert werden konnte. In enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IFAM, Bremen, hat Plasmatreat nun eine neue, patentierte Technologie namens PlasmaPlus entwickelt, ein Plasmapolymersisationsverfahren, mit dem die nanodünne Plasmabeschichtung von Materialoberflächen nach Angaben des Unternehmens weltweit erstmals unter Atmosphäre zur Anwendung gekommen ist.

Die Korrosionsschutzwirkung ist besonders effektiv bei Aluminiumlegierungen, wie die neueste Anwendung bei TRW Automotive, Deutschland, im Prozess der Plasmabeschichtung von Aluminium-Druckgehäusen für Motorpumpenaggregate zeigt. Die Schicht vermag das Aluminium mehrere Tage lang gegenüber direktem Salzsprühnebel (DIN 50021) zu schützen, ohne dass das Metall optisch beeinflusst wird.



**Bild 7:** Verstellrad von Müller Technik: erst die Vorbehandlung mit Openair Plasma ermöglicht den festen Verbund eines harten Polypropylens (innen) und einer weichen, griffigen TPU-Spritzguss-Ummantelung



**Bild 8:** Demonstration der selektiven Wirkung einer Plasmapolymerschicht: ein mit Logo und Schrift beschichtetes Aluminiumblech nach 96 Stunden Salzsprühnebeltest

## Kosteneffizienz im Vergleich

Die Oberflächenbehandlung mit atmosphärischem Plasma hat gegenüber Niederdruckplasma und weiteren Verfahren folgende Vorzüge:

- Im Gegensatz zu Niederdruckverfahren ist die atmosphärische Plasmatechnik effizienter, weil der Vorbehandlungsprozess ohne eine aufwendige Unterdruckkammer auskommt und unter ganz normalen Luftbedingungen inline in der Fertigungslinie stattfindet.
- Im Niederdruck, das heißt im Vakuum behandelte Bauteile werden durch die erforderliche Kammer stück- und größenmäßig begrenzt, Produktionsprozesse müssen für die Vorbehandlung unterbrochen werden, die Bestückung erfolgt im Allgemeinen manuell.
- Die atmosphärische Plasmatechnologie Openair ist uneingeschränkt robotertauglich und inline-fähig. Das System kann auf einfache Weise in neue oder auch bestehende Fertigungslinien integriert werden. Die Produktionsgeschwindigkeit wird um ein Vielfaches erhöht, der Einsatz von Manpower erheblich reduziert.
- Im Niederdruck-Plasma können weder Reinigungsprozesse bei Bandwaren wie im Coil-Coating-Prozess noch großflächige Vorbehandlungen für Verklebeprozesse realisiert werden.
- Chemische Behandlungen benötigen Verbrauchsmaterial und hinterlassen vielfach schwer und nur kostenaufwendig zu entsorgende Rückstände. Die beschriebene Plasmatechnologie ersetzt die Chemie im Reinigungsprozess vollständig.
- Mechanische Vorbehandlungen (Aufrauen) sind nur schwer prozesssicher zu realisieren und arbeiten ebenfalls mit Verbrauchsmaterialien.

Einzigste Einschränkung: Die atmosphärische Plasmatechnologie eignet sich dann nicht, wenn Oberflächen infolge komplizierter Geometrien dem atmosphärischen Plasmastrahl nicht zugänglich sind, oder wenn das Produktionskonzept bereits auf Kammerprozesse ausgelegt ist.

## 10 Zusammenfassung

Dem Einsatz des hier beschriebenen Inline-Plasmasystems sind kaum Grenzen gesetzt. Zu seinen Vorteilen zählen die Zuverlässigkeit und Qualität im Produktionsprozess. Herkömmliche Vorbehandlungsmethoden wie zum Beispiel die Reinigung mit Nasschemikalien ersetzt der Plasmaprozess komplett und reduziert zudem die Arbeitsschritte. Hieraus resultiert eine erhebliche Kostenersparnis in der Produktion. Wünsche wie die einfache Integration in Prozessabläufe und die KTL-Verträglichkeit (kathodische Tauchlackierung) der behandelten Kunststoffflächen lassen sich ebenso erfüllen wie Anforderungen an die Umweltverträglichkeit. ■

Download des Beitrags unter  
[www.ATZonline.de](http://www.ATZonline.de)

**ATZ**  
online

**ATZ**  
produktion

**Read the English e-magazine.**  
Order your test issue now:  
[SpringerAutomotive@abo-service.info](mailto:SpringerAutomotive@abo-service.info)