

# Industriearmaturen & Dichtungstechnik

Besuchen Sie uns:

DIAM/DDM, Leipzig, 13.-14. März 2019  
13. Forum Industriearmaturen, Bochum, 22. Mai 2019

## EIN KATALOG – ALLES DRIN!

2019

Überzeugen Sie sich selbst von unserem umfassenden Produktsortiment an Industriearmaturen und Ventiltechnik.

**Nieruf**  
INDUSTRIEARMATUREN

MAGNETVENTILE

DRUCKMINDERER

SICHERHEITSVENTILE

DURCHFLUSSMESSER

KUGELHÄHNE

JETZT BESTELLEN:  
[WWW.NIERUF.DE](http://WWW.NIERUF.DE)



ABSPERRKLAPPEN // RÜCKSCHLAGKLAPPEN // FITTINGE ...

Nieruf GmbH // verbindlich // motiviert // kompetent // flexibel

... und vieles mehr unter  
[www.nieruf.de](http://www.nieruf.de)

# Oberflächen von Dichtungen im Fokus: Veredelung von Elastomerdichtungen

HEIKO FRIEDRICH

Elastomere Dichtungen sind günstige und weit verbreitete Maschinen- und Bauteilelemente. Jedoch gibt es wie sooft zwei Seiten hinsichtlich der Werkstoffeigenschaften. Die Gruppe der Elastomere hat so gut wie immer einen gravierenden Nachteil: hohe Reibung. Dies führt bei automatischer Zuführung, Montage oder im dynamischen Einsatz zu Schwierigkeiten. Dichtungen sind nicht zuführ- oder montierbar, es kommt zu Maschinenstillständen bei verklebten Teilen oder im schlimmsten Fall zu Beschädigungen beim Einbau und im Nachhinein zu einem fehlerhaften Bauteil. Von verunreinigten Teilen ganz abgesehen. Der Lohndienstleister OVE Plasmatec GmbH (OVE) bietet seinen Kunden die professionelle Reinigung und Veredelung von elastomeren Dichtungen an. Im Folgenden wird der ganzheitliche Ansatz dazu vorgestellt.

Die heute möglichen Prozesse zur Veredelung elastomerer Oberflächen sind vielfältig. Je nach Anwendung bzw. Problemstellung gibt es mehr oder weniger prozesssichere Lösungen. Unterschiedliche Veredelungs-Dienstleister setzen unterschiedliche Lösungen ein. Die Oberflächen verschmutzter Dichtungen können nass gereinigt werden, die Forderung nach LABS-Konformität wird durch die Behandlung im Niederdruckplasma erreicht und bei Problemen mit hohen Reibwerten ist eine Beschichtung mit Gleitlacken (im Idealfall mit Lacken auf Wasserbasis) naheliegend. Zudem gibt es die Möglichkeit, Oberflächen durch chemische Behandlung zu verändern. Oftmals werden Dichtungen von Anwendern jedoch nur als C-Teile behandelt, obwohl durch ihren Ausfall großer Schaden entstehen kann.

## MYSTERIUM WERKSTOFF

Die Materialgruppe der Elastomere gehört zu den komplexeren Werkstoffen, die stark von äußeren Bedingungen beeinflusst werden können. Auf dem Papier identische Werkstoffe verhalten sich unterschiedlich. Die Einflussfaktoren bei einem Standardwerkstoff wie beispielsweise NBR70 sind vielfältig:

Rezept der Gummimischung, Alter des Werkzeugs, Produktionsstandort, Alter (Lagerdauer), Charge, Jahreszeit, ect.. Selbst bei einem Werkstoff mit identischem Rezept und Grundmischung von ein und demselben Lieferanten kann es zu Schwankungen kommen bei Lieferungen im Sommer gegenüber Lieferungen im Winter. Gründe für Schwankungen in den Anlieferzuständen sind nur schwer oder gar nicht zu identifizieren und müssen letztlich vom Veredelungsdienstleister erkannt und entsprechend gehandhabt werden.

Unabhängig von nicht vorhersehbaren Anlieferzuständen wie gerade beschreiben, kann es bei mangelhafter Information des Dienstleisters durch den Kunden zu massiven Probleme kommen. Werkstoffe wie Thermoplastische Elastomere (TPE) oder Tieftemperaturmischungen müssen in eigens hierfür entwickelten Prozessen behandelt werden. Erfolgt keine detaillierte Information durch den Kunden, werden die zu behandelnden Dichtungen mit großer Wahrscheinlichkeit nicht die vereinbarte Qualität aufweisen oder sie werden während des Prozesses beschädigt.

Die Erkenntnis, dass das bei der Nassreinigung anfallende Abwasser nicht unbehandelt in das öffent-

liche Abwassernetz eingeleitet werden darf, ist noch nicht bei allen Lohnbeschichtern vorgedrungen oder wird schlichtweg ignoriert. Mittels eines Vakuum-Verdampfers kann das Waschwasser aufbereitet und wiederverwendet werden. Wasser und Energie wird dadurch gespart und gleichzeitig wird eine umweltgerechte Entsorgung der aus den Dichtungen austretenden chemischen Verunreinigungen wie beispielsweise Zink- und Bleioxid gewährleistet.

**REINIGEN UND TECHNISCHE SAUBERKEIT**

Nach der Herstellung weisen Elastomer-Dichtungen häufig Reste von Ölen, Fetten, Trennmitteln oder sonstigen Fertigungshilfsstoffen auf. Darüber hinaus sind sie häufig miteinander verklebt. So eingebaut, würden sie nicht zuverlässig funktionieren und sie würden sich auch nicht automatisiert montieren lassen. Im ersten Schritt der Oberflächenveredelung werden die Elastomerteile gründlich nassgereinigt und die sauberen Teile anschließend schonend getrocknet. In Anwendung des Sinnerschen Kreises (Bild 1) gilt es, unter Berücksichtigung der Faktoren Reinigungsmittel, Mechanik, Temperatur und Zeit, die optimale Einstellung der Faktoren auf die für den Anwendungsfall günstigste und schonendste Methode zu finden – sowohl für den Reinigungserfolg als auch für die Wirtschaftlichkeit. In einer Trommelwaschmaschine werden die Dichtungen zusammen mit dem passenden Reinigungsmittel in der geeigneten Konzentration eine definierte Zeit mit der vom Werkstoff abhängigen Temperatur gewaschen. Das Ergebnis sind grundgereinigte Elastomerdichtungen beziehungsweise -teile. Darüber hinaus gibt es beim Reinigen heute vom einfachen Waschen über das tiefenwirkende Plasmareinigen ebenso geprüfte LABS-Konformität nach verschiedenen Werksnormen.

Anschließend folgt die Plasmaaktivierung (Bild 2). Hierbei kommen die grundgereinigten Elastomere in eine Niederdruckplasmaanlage, in der zunächst ein Vakuum erzeugt wird. Ein Hochfrequenzgenerator liefert elektrische Spannung, die gemeinsam mit Sauerstoff eingebracht wird. So entsteht ein elektrisch leitfähiges Gas, das Plasma, das die Oberflächeneigenschaften der Dichtungsringe verändert, indem die Moleküle angeregt werden. Diese Aktivierung sorgt dafür, dass sich freie Radikale mit den ausdiffundierenden nicht-elastomeren Stoffen verbinden und oxydieren. Dieser Vorgang ist durch ein Sichtfenster (Bild 3) sehr schön an der lilafarbenen Flamme zu beobachten. Die Kohlen-Wasserstoffverbindungen verändern sich. Nun hat sich die Adhäsionsfähigkeit

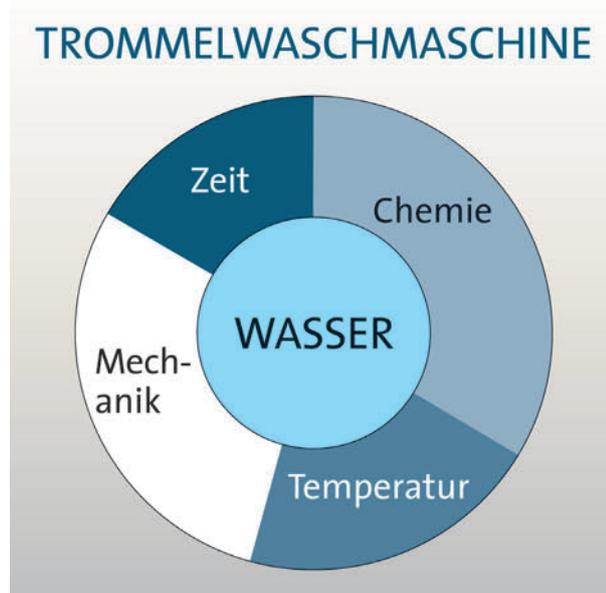


Bild 1: Sinnerscher Kreis: Trommelwaschmaschine

und Benetzbarkeit der Oberflächen erhöht und wasserbasierende Lacke lassen sich so bestens mit den unpolaren Stoffen verbinden. Die Benetzungsfähigkeit beziehungsweise die Oberflächenspannung muss vor dem Beschichten jedoch geprüft werden. Hier bieten sich die Kontaktwinkelmessung sowie Versuche mit Testtinte an. Je nach Elastomer kommen dabei Testtinten in verschiedenen Ausführungen für unterschiedliche Molekularkräfte (mNm) zum Einsatz.

Die Dauer der Plasmaaktivierung hängt dabei vom Elastomer, den Zusatzstoffen und dem gewünschten oder benötigten Oberflächenergebnis ab. Hier ist die Erfahrung der Experten gefragt, denn vorge-

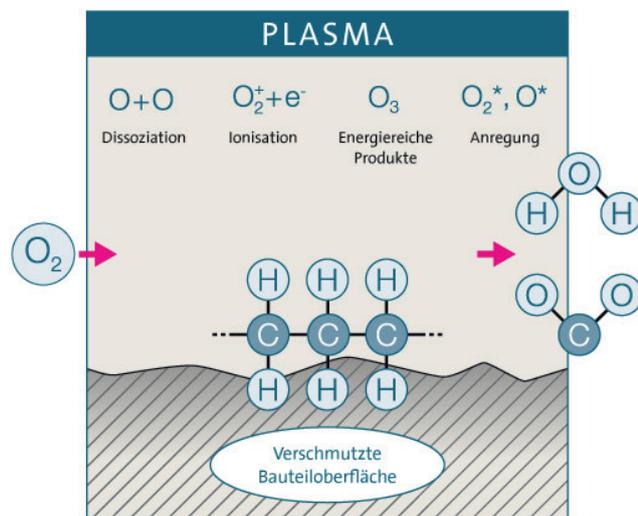
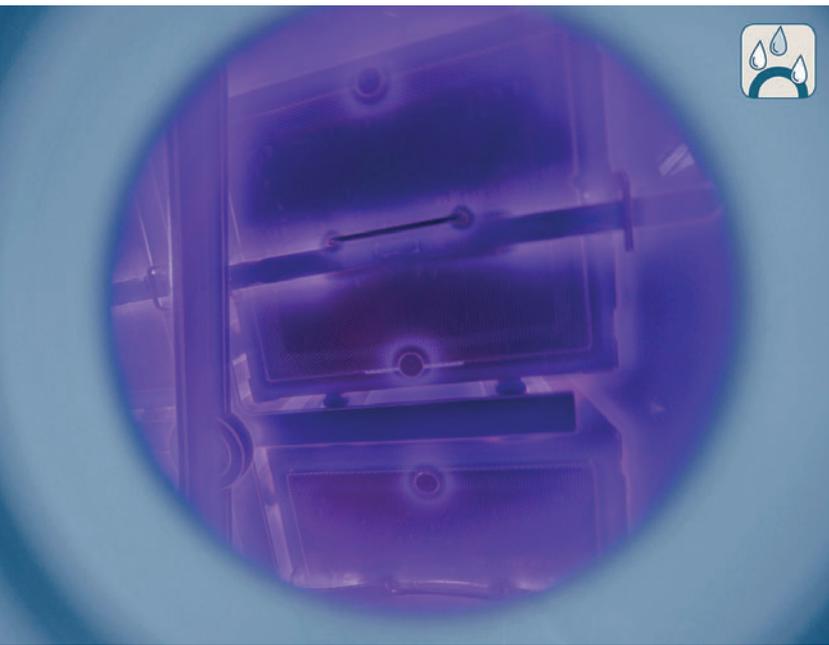


Bild 2: Prozesse im Plasma



**Bild 3: Sichtfenster: Plasmaprozess**

schriebene Normwerte gibt es dabei genauso wenig wie immer gleiche Elastomere. Ist das gewünschte Ergebnis erreicht, können die Werkstücke beschichtet werden.

### BESCHICHTUNG

Nun werden die Elastomer-Dichtungen mit einer hauchdünnen, hochelastischen und umweltfreundlichen Gleitlackschicht größtenteils auf Wasserbasis beschichtet. Damit lässt sich die Reibung um durchschnittlich 50 Prozent reduzieren. Die gereinigten und aktivierten Schüttgutteile kommen in die Beschichtungstrommel (**Bild 4**), wo sie in einem Batchprozess beschichtet werden. Hierzu werden die Werkstücke in der Trommel in Bewegung versetzt und fallen dann durch einen Sprühnebel des Gleitlacks. Dieser wird in getakteten Sprühstößen auf die fallenden Elastomerteile gesprüht. Durch die Bewegung der Teile untereinander, glättet sich der aufgesprühte Gleitlack ein. Das Beschichtungsergebnis entspricht der Normalverteilung. Im Ergebnis entsteht eine Schichtdicke von 3 bis 12  $\mu$ . Ob die Beschichtung im jeweiligen Fall ausreicht, zeigt sich durch prozessbegleitende Funktionsprüfungen eher als durch kaum realisierbare Messvorgänge. Geprüft wird während des Beschichtungsvorgangs, indem einzelne Teile entnommen werden. So kann jeder Beschichtungsvorgang feinjustiert werden. Das ist auch notwendig, da die Elastomere unterschiedlicher Chargen niemals vollkommen identisch sind. Deshalb



**Bild 4: Beschichtungstrommeln**

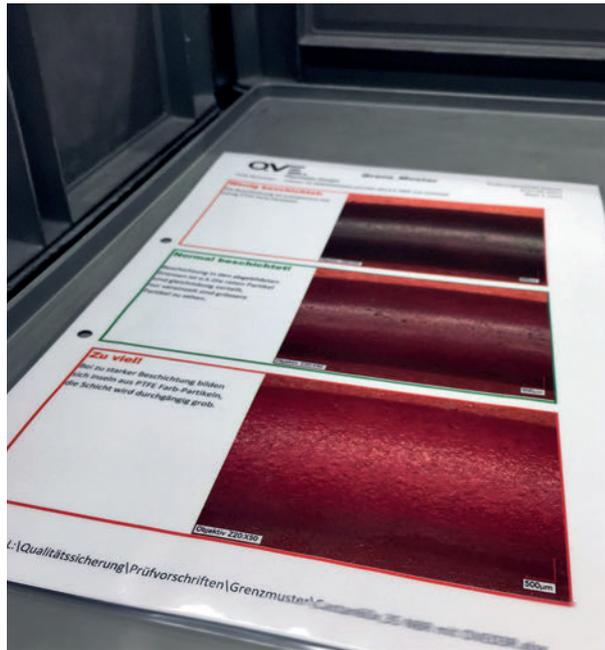
muss auf jeden Fall beim ersten Beschichtungsvorgang ein Rezept hinterlegt werden, das sämtliche Parameter dokumentiert.

Die großen Herausforderungen beim Beschichten sind einerseits, die richtige Menge und den passenden Umfang der Gleitlackbeschichtung herauszufinden sowie andererseits die Umstellung von manueller Besprühung auf maschinelle Lackaufbringung. Mit dem manuellen Prozess nähert man sich gemeinsam mit dem Dichtungshersteller und/oder dem Anwender der Dichtungen dem gewünschten Ergebnis an. Hierzu werden Menge und Umfang der Gleitlackbeschichtung auf die jeweilige Anwendung und das zu beschichtende Elastomerbauteil in einem iterativen Prozess entwickelt und festgelegt. Dabei wird das Rezept des Elastomers genauso wie das für die Beschichtung aufgezeichnet und fest hinterlegt. Ein weiteres Qualitätskriterium können Grenzmusterkarten sein, die artikelbezogen mit dem Kunden definiert werden (**Bild 5**). Berücksichtigt werden darin unter anderem Parameter wie die Ofenzeit und die Mindesthaltbarkeit genauso wie die Lager- und Verarbeitungsbedingungen. Ist das erreicht, gilt es, dieses Ergebnis auch beim maschinellen Vorgang zu erreichen. Neben regelmäßigen Prüfungen sind dabei auch die ständigen Rückmeldungen der Anwender von essentieller Wichtigkeit.

Sehr wichtig für ein gutes Beschichtungsergebnis ist die Sauberkeit aller Sprühkomponenten. Das erfordert nach jedem Auftrag und bei jedem Wechsel des Gleitlacks die sorgfältige Reinigung von Trommel und Haube. Erfüllt das Beschichtungsergebnis die geforderten Qualitätsanforderungen, folgt der letzte Teilprozess des Beschichtungsvorgangs. Die aufgebrauchte Gleitlackschicht wird eingebrannt. Am Ende steht so ein perfektes Beschichtungsergebnis.

## PRÜFUNGEN UND DOKUMENTATION

Um den Anwendern der nun hochleistungsfähigen Dichtungen die beruhigende Sicherheit über den ordnungsgemäßen Zustand der Dichtungen geben zu können, schließen sich nach dem Beschichtungsprozess zahlreiche Prüfungen an. So werden die Oberflächen mit Mikroskopen geprüft und mit Vergleichskarten und Rückstellmustern abgeglichen. In speziellen Anordnungen werden Drehmomentbelastung, Zug- und Druckkräfte wie sie beim Fügen und Stecken der Produkte vorkommen, simuliert, um die Haltbarkeit der Beschichtung zu testen. Bei Beschichtungen mit UV-Indikatoren folgt eine Prüfung der Gleitlackbeschichtung durch UV-Licht (**Bild**



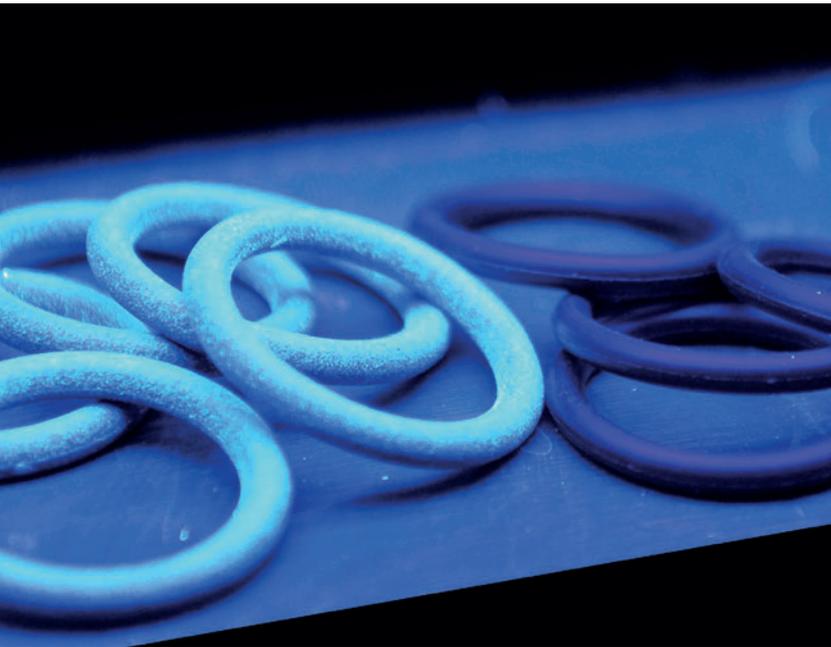
**Bild 5:** Beispiel Grenzmusterkarte

6). Und schließlich werden physikalische und chemische Prüfungen durchgeführt, um die Qualität zu bescheinigen. Das können ganz einfache Knickprüfungen sein und Einlagerungsversuche in bestimmten Umgebungsbedingungen. Verantwortungsvolle Beschichter dokumentieren diese Prüfungsergebnisse auch und liefern entsprechende Zertifikate.

Im Endergebnis entstehen mit den maschinell aufgetragenen, vornehmlich wasserbasierten Gleitlacksystemen trockene, griffeste und saubere Beschichtungen auf Elastomerbauteilen mit PTFE, Silikone oder Siloxane als Trockenschmierstoff. Dabei entstehen Oberflächenstrukturen, die die Reibwerte positiv beeinflussen und die Verschleißeigenschaften in Richtung höherer Festigkeit verbessern. Je nach Anwendung und Funktion der Dichtung gibt es unterschiedliche Beschichtungen. Darunter sind auch spezielle Beschichtungen für Dichtungen im Lebensmittel- oder Trinkwasserbereich. Die entsprechenden Gleitlacke sind dahingehend unbedenklich, erfüllen verschiedene Normen und Spezifikationen oder haben die erforderlichen Freigaben. Sicherheit geben dabei die zahlreichen Prüfungen samt Dokumentationen.

## FARBIGE LACKIERUNG UND WEITERBEHANDLUNG

Die Gleitlacke können sowohl transparent als auch farbig sein. Bei transparenter Beschichtung bleibt die Farbe des Basiswerkstoffes weiterhin erkennbar.



**Bild 6: Prüfung mit UV-Indikator**

Wird farbig beschichtet, lassen sich die Dichtungen besser unterscheiden. Das vermeidet Verwechslungen. So lassen sich die Dichtungen beispielsweise nach Lieferanten oder Anwendungen unterscheiden. Auf die reibungsreduzierenden Eigenschaften hat die Farbe nur wenig Einfluss, diese bleiben nahezu erhalten. Ebenso erleichtert sich durch die Beschichtung die Montage, weil die Dichtungen nicht mehr zusammenkleben. Zusätzliche Fertigungs- und Montagehilfen wie Öle und Fette, die umständlich aufgetragen werden müssen, sind nicht mehr notwendig. Eine automatisierte Zuführung im Rahmen einer Serienproduktion wird durch vereinzelt und reibungsoptimierte Dichtringe überhaupt erst möglich. Durch das Beschichten verschieben sich die Grenzwerte positiv, die Dichtungen arbeiten länger.

Trotz aller Möglichkeiten, die das Beschichten herkömmlichen Dichtungen eröffnet, bleiben viele Einflussfaktoren, die das Beschichtungsergebnis erschweren und die es zu beherrschen gilt. Das fängt bei der Werkstoffvielfalt mit unterschiedlichen Arten an. So gilt es, sich mit NBR, HNBR, AEM, FKM, EPDM, VMQ, FVMQ oder Gummi-Metallverbindungen auseinanderzusetzen. Hinzu kommen Compounds in ihrer Zusammensetzung aus natürlichem oder synthetischem Kautschuk mit Füllstoffen aus

Ruß oder Mineralen, mit Weichmachern, seien es Öle oder synthetische Produkte. Darüber hinaus beeinflussen Vernetzungsmittel wie Schwefel etc., Vulkanisationsbeschleuniger oder -verzögerer sowie Hilfsmittel wie Farbpigmente, Alterungsschutz etc. das Verhalten von Elastomeren.

Weitere Behandlungen der Oberflächen können zusätzliche Effekte bringen. So verhärtet beispielsweise die Behandlung mit Jod die Oberflächen von NBR Dichtungen und lässt sie so künstlich altern. Das senkt die Reibung weiterhin, Stick-Slip-Effekte lassen sich nahezu vollständig eliminieren.

Ebenso führt der Einsatz von Fluorgasgemischen zu verbesserten Reibwerten und kann Quietschgeräusche im dynamischen Einsatz verhindern.

### FAZIT

Die Veredelung von elastomeren Werkstoffen ist kein standardisiertes Schubladenprodukt. Es bedarf permanenter Kontrolle und Prüfung während der einzelnen Prozessschritte. Viele in der Praxis realisierbare Prüfungen beruhen neben quantitativen Methoden der Qualitätssicherung jedoch nach wie vor auf Haptik und Optik. Geschultes und verantwortungsbewusstes Personal hinsichtlich Werkstoffkunde und Flexibilität ist unablässig. Enorm wichtig ist das ständige Bewusstsein, dass jedes Dichtelement, das behandelt wird, essentiell für das Funktionieren eines Bauteils ist. Der Lohndienstleister OVE Plasmatec GmbH (OVE) bietet seinen Kunden neben der Veredelung von elastomeren Dichtungen auch weitere Services an, wie die Mitgestaltung und Optimierung der gesamten Prozesskette des Kunden. Zurzeit veredelt OVE durchschnittlich 85 Millionen Teile pro Monat.

**DIAM/DDM Leipzig: Halle C, Stand B18**

### Autor



#### HEIKO FRIEDRICH

OVE Plasmatec GmbH  
71093 Weil im Schönbuch  
Tel.: +49 7157 526 95 0  
info@ove-plasmatec.de