

Plasmabeschichtung für neue Oberflächeneigenschaften



Vorstellung

Berrin Küzün

Dipl. Phys.-Ing.

Leiterin Anwendungstechnik,
Projektmanagement, seit 2009 im
Bereich Plasma &
Plasmabeschichtung

Tigres GmbH
Sandhagenweg 2
21436 Marschacht (bei Hamburg)

Fon: +49 4176 948 7712
kuezuen@tigres.de



Vorstellung

Oliver Beier

M.Sc. Scientific Instrumentation

Seit 2010 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Plasmatechnik bei INNOVENT e.V.

Umfangreiche Erfahrung mit Atmosphärendruckplasmen (APPJ, DBD) sowie der Atmosphärendruck-Plasmabeschichtung (APPCVD).

Umfangreiche Vortragstätigkeit und Durchführung von Präsentationen, Weiterbildungen zum Thema Plasmavorbehandlung, Plasmareinigung und Plasmabeschichtung.

Seit 2018 Leiter des Atmosphärendruckplasma-Applikationslabors von INNOVENT.

INNOVENT e.V.

Prüssingstraße 27B

07745 Jena

Fon: +49 3641 282517

ob@innovent-jena.de



Vorstellung

Peter van Steenacker

Industrieelektroniker

Seit 1998 technischer Vertrieb von Plasmavorbehandlungsanlagen.

Umfangreiche Erfahrung mit Atmosphärendruckplasmadüsen (APPJ), DBD-Plasma für 2D und 3D-Anwendungen sowie Niederdruckplasmasystemen.

Umfangreiche Vortragstätigkeit und Durchführung von Präsentationen, Seminaren, Webinaren sowie Schulungen zum Thema Plasmavorbehandlung.

Seit 2021 Leiter von TIGRES **PlasmaXperience**, der TIGRES-Plattform für Plasma-Know-How.

Tigres GmbH

Sandhagenweg 2

21436 Marschacht (bei Hamburg)

Fon: +49 4176 948 7728

Steenacker@tigres.de



TIGRES GmbH ist ein **1993** gegründetes, **eigenständiges familiengeführtes Technologieunternehmen**

Tigres (lat.) = Tiger, die Tiger

- Ca. 25 Mitarbeiter
- Standort in Marschacht, bei Hamburg

Gegenstand des Unternehmens:

- ✓ Entwicklung
- ✓ Herstellung
- ✓ Vertrieb

von Atmosphärendruck-Plasma-Anlagen

- AD Plasma von der Punkt- bis zur Flächen-Entladung
- AD Plasma in verschiedenen Leistungsklassen
- AD Plasma mit verschiedenen Wärmetönungen
- Generatorentechnik



INNOVENT e.V. Technologieentwicklung



INNOVENT - gemeinnützige externe Industrieforschungseinrichtung in der Rechtsform eines eingetragenen Vereins ohne institutionelle Förderung

- 2 Standorte in Jena, Thüringen; ca. 130 Mitarbeiter
- 30 Jahre wirtschaftsnahe F&E in den Forschungsbereichen Oberflächentechnik, Primer- & Chemische Oberflächen, Biomaterialien, Magnetische Werkstoffe und Optische Systeme sowie Analytik
- Bisher 4 Ausgründungen → z.B. [Sura Instruments GmbH](#) (Pyrosil-Brenner, -Dosiersysteme, Primer, Lohnbeschichtung) und [Matesy GmbH](#) (Visualisierung, Charakterisierung und Erzeugung magnetischer Felder, Gerätebau)



INNOVENT e.V.
Technologieentwicklung

Prüssingstraße 27B
07745 Jena

<http://www.innovent-jena.de>

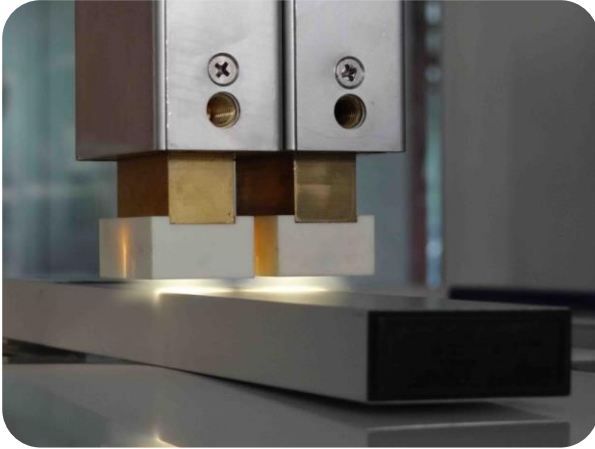


Dr. Andreas Pfuch
Abteilungsleiter FuE im Bereich Oberflächentechnik
Tel. 03641-282554
E-Mail ap@innovent-jena.de

Oliver Beier, M.Sc.
Leiter Atmosphärendruckplasma-Applikationslabor
Tel: 03641-252817
Email: ob@innovent-jena.de

Dr. Kerstin Horn
Ansprechpartnerin ak-adp
Tel. 03641-282561
E-Mail kh1@innovent-jena.de

Haupteffekte der Plasmavorbehandlung



Haupteffekte der Plasmabehandlung:

1. **Reinigung** von (organischer) Kontamination in einem überwachten und geregeltem Prozess auf Metallen, Glas und Polymeren
2. **Verbesserte Adhäsion** von Tinte, Lacken, Klebstoffen etc. auf der Oberfläche durch Veränderung von Oberflächenstrukturen und Chemie von Polymeren.
3. **Verbesserte Benetzbarkeit** führt zu erhöhter Druckschärfe, höhere Auflösung, Farbbrillanz und Intensität von Farben sowie besseren Benetzung von Klebstoffen.



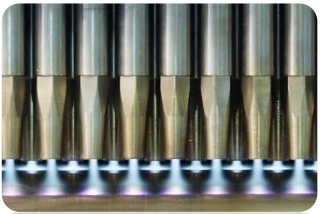
➤ Weitere Effekte:

- Ionisation **neutralisiert elektrostatische Aufladung** auf der Oberfläche von Polymeren. Effekt: **Kein Anziehen von Staub, keine Ablenkung von Tintentropfen** durch elektrostatische Aufladung.
- Hitzeeinwirkung des Plasmas **trocknet Feuchtigkeit**
- **Entfernung von chem./phys. gebundenem Wasser** von der Oberfläche von Oberflächen (Metalle etc.)

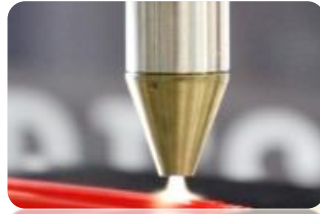
Atmosphärendruckplasmen TIGRES

Formen:

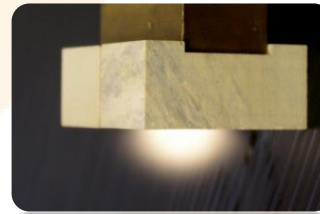
MEF



T-SPOT



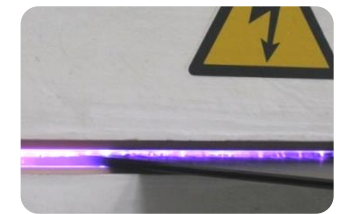
CAT



T-JET



DBD



Plasmadüsen/-jets (APPJ)

Potentialfrei

Sprühcorona/Coronajets

**Dielektrisch behinderte
Entladung DBE/DBD (CORONA)**

Hochspannungspotential

Atmosphärisches Plasma

Warum Plasmabeschichtung?

Ausgangslage:

Plasmaaktivierung reicht nicht immer aus

Plasmabeschichtung (mit HMDSO) kann im Vergleich zur reinen Plasmaaktivierung auch:

- Adhäsion auf vielen sonst nicht aktivierbaren Oberflächen herstellen (Plasmaprimer)
- Adhäsive Kräfte deutlich erhöhen (Plasmaprimer)
- Lagerstabile, chemisch inerte Schichten herstellen
- Je nach Einstellung sowohl Haftung verbessern als auch Antihafschichten erzeugen bzw. Gleiteigenschaften verbessern bzw. völlig neue Eigenschaften erzeugen

Plasmabeschichtung Standardschichten und Schichtentwicklung

Unterscheidung zwischen:

1. „Standard“-Schichten auf HMDSO Basis

und

2. Kompositbeschichtungen, spezielle Schichtdesigns

Technik der Plasmabeschichtung: Plasmasystem

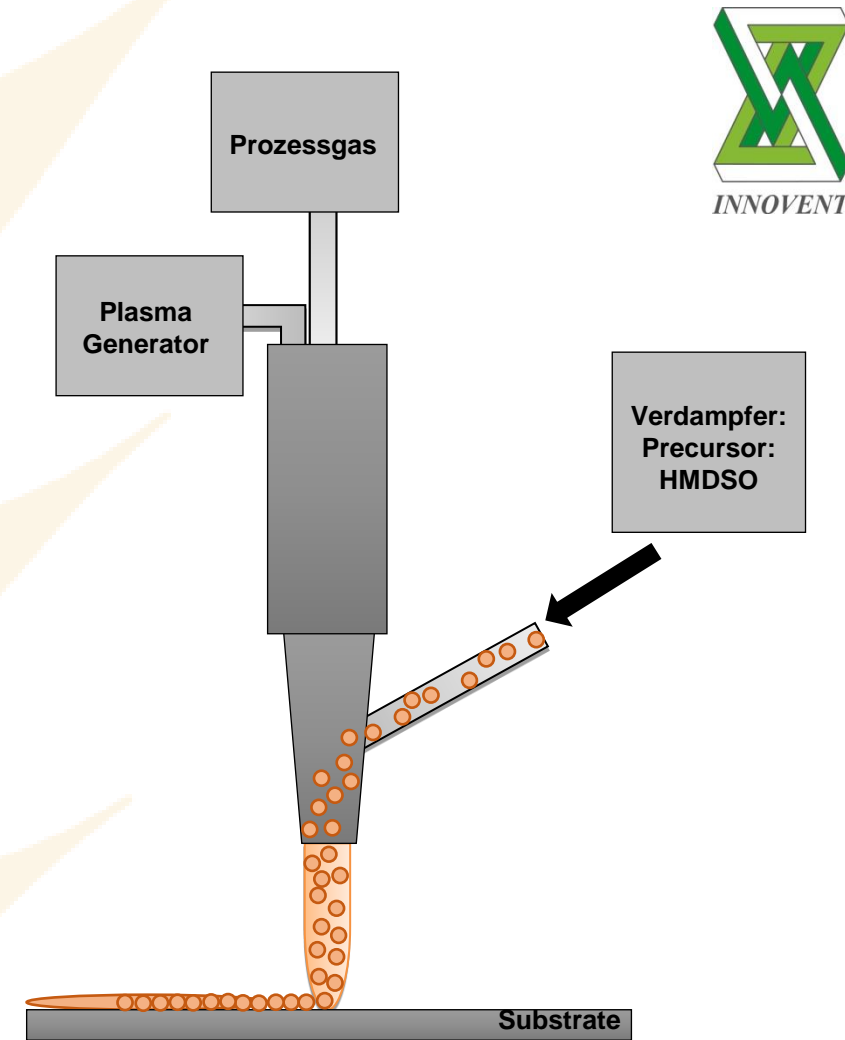
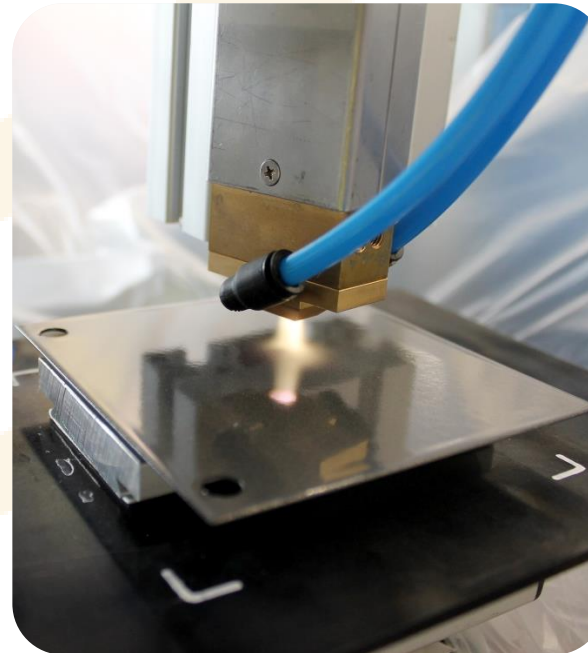
Systemaufbau:

Das Plasmabehandlungssystem besteht aus einer Plasmadüse vom Typ CAT600.

Zur Schichtbildung kann ein Precursor mittels Verdampfer oder Zerstäuber in das Plasma hinzugegeben werden.

Das System kann direkt mit verschiedenen Behandlungsgasen betrieben werden, z.B. Luft oder Stickstoff.

Besonderheit CAT: Keine/minimale parasitäre Innenbeschichtung



Technik der Plasmabeschichtung: Verdampfer



Systemaufbau:

Verdampfer SURA STS 10.2P:

Spezifikation

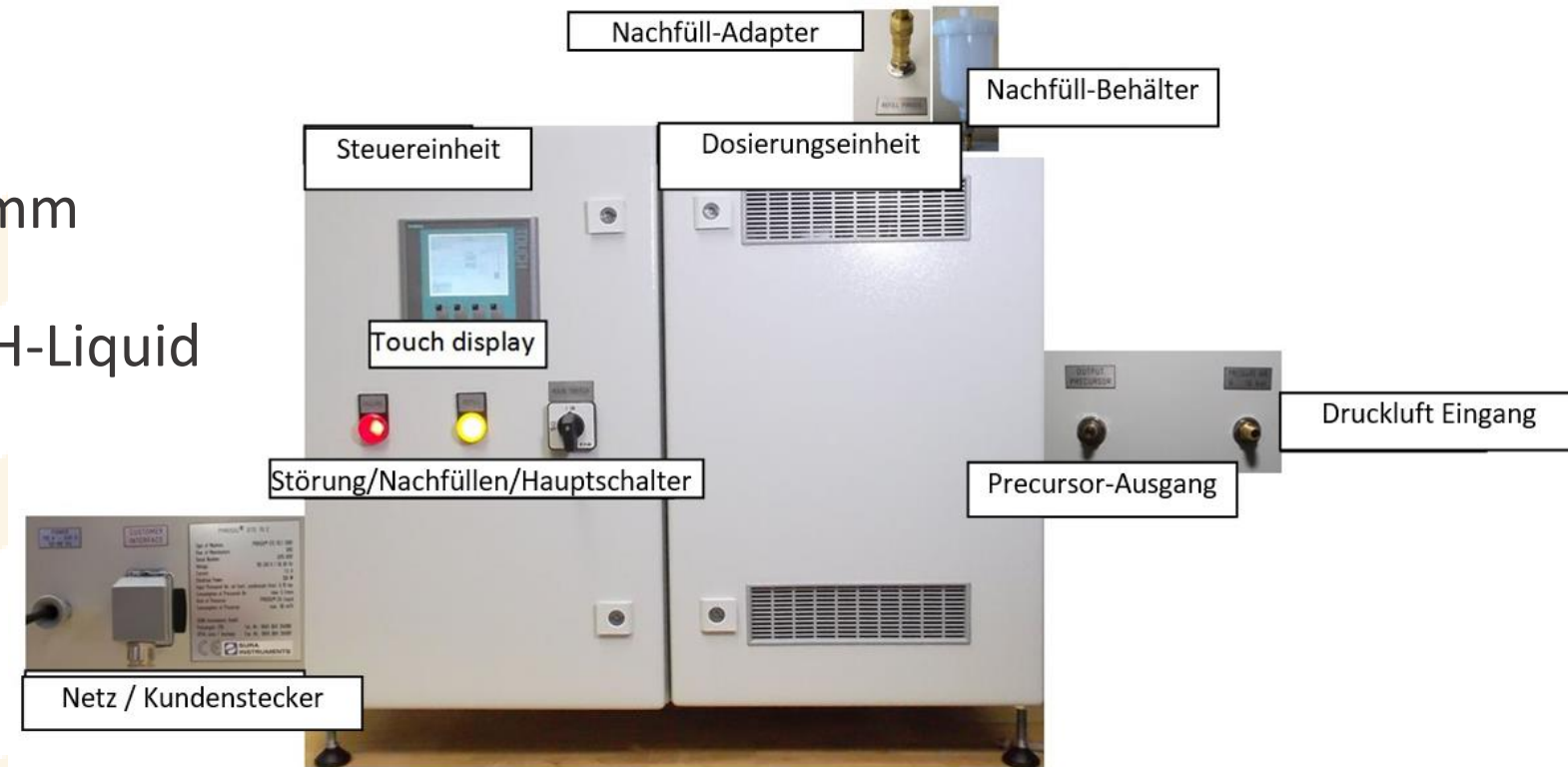
Maße: 700 mm x 500 mm x 250 mm

Gewicht: 35 kg

Verbrauchsmaterial: PYROSIL[®] CH-Liquid

Vorlaufzeit: 1-20 Sek.

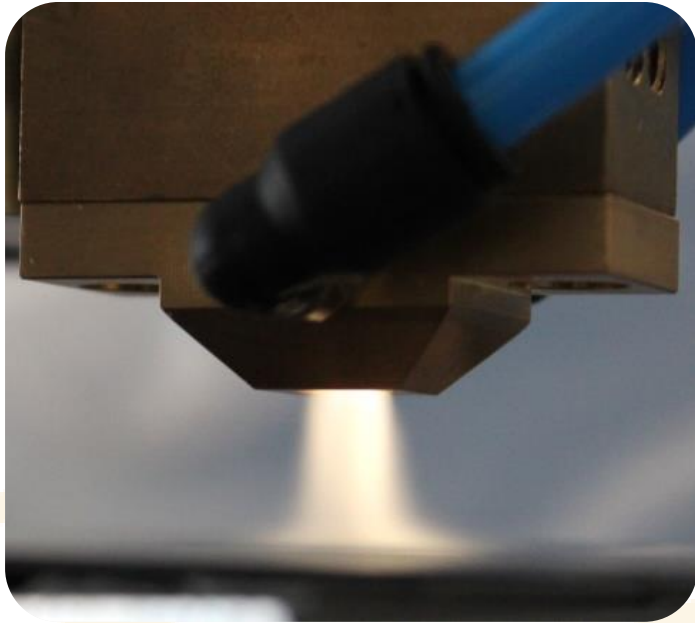
Nachlaufzeit: 1-20 Sek.



Standardschicht: Technologie Plasmabeschichtung HMDSO

Siliziumorganische Verbindung Hexamethyldisiloxan (HMDSO)

für Schichten mit Eigenschaften im Spektrum zwischen Polysiloxan („weich, polymerähnlich“) und Quarzglas („hart, glasähnlich“)



Das Ausmaß der Fragmentierung wird mit der Plasmaleistung eingestellt und bestimmt im Wesentlichen die Schichteigenschaften

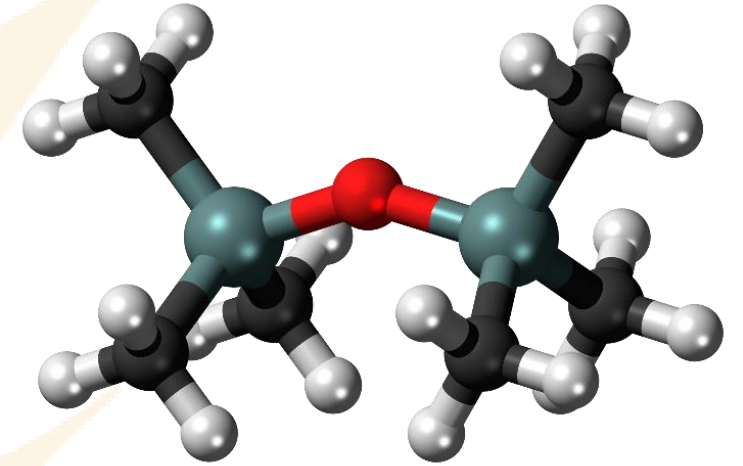


Bild: [Jynto, CC0, via Wikimedia Commons](#)

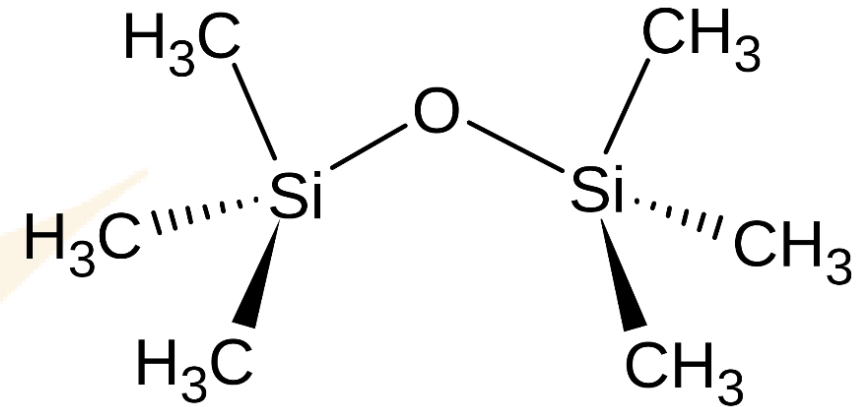
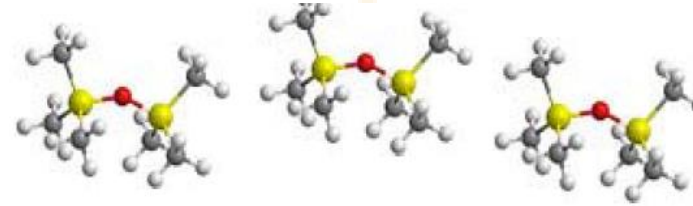


Bild: [Smokefoot at English Wikipedia, Public domain, via Wikimedia Commons](#)

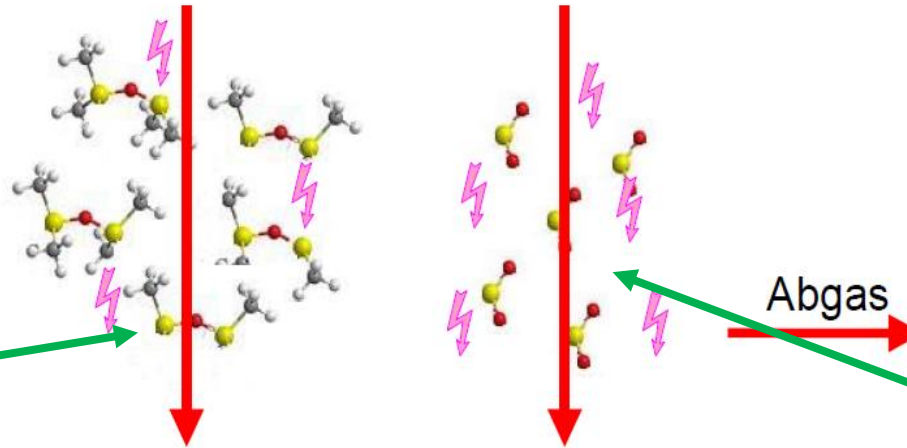
Standardschicht: Technologie Plasmabeschichtung HMDSO

Precursor: HMDSO
Hexamethyldisiloxan
+ Trägergas



Plasma:

Fragmentation
Leistung, Verweilzeit



Wenig Leistung, viel
HMDSO: HMDSO
wird teilfragmentiert

Viel Leistung, wenig
HMDSO: HMDSO
wird vollfragmentiert

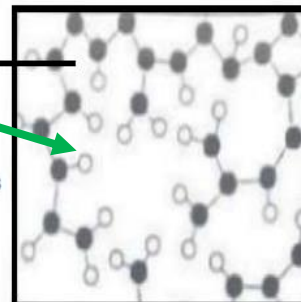
Schicht ist eher
abweisend und glatt

Schicht ist eher rau
und
haftungsverbessernd

Schicht:

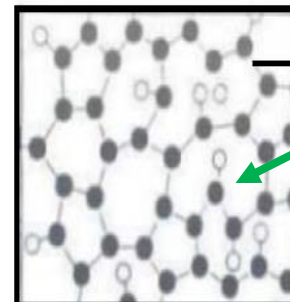
Polymer

c_H : 66 at.%
 ρ : 1,0 g/cm³
 ϵ_{max} : 200 %



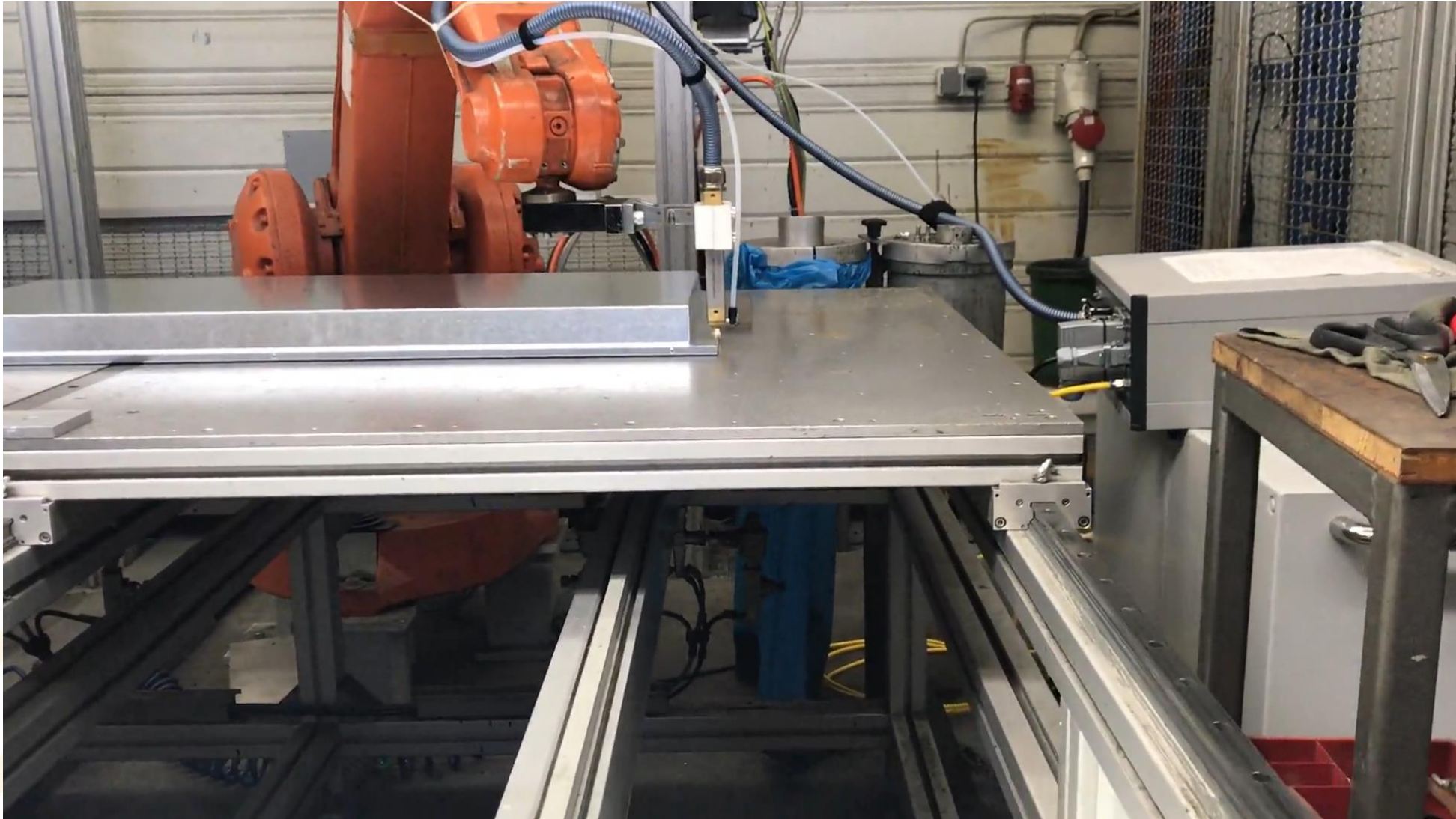
Glas

c_H : 0 at.%
 ρ : 2,2 g/cm³
 ϵ_{max} : <0,1 %



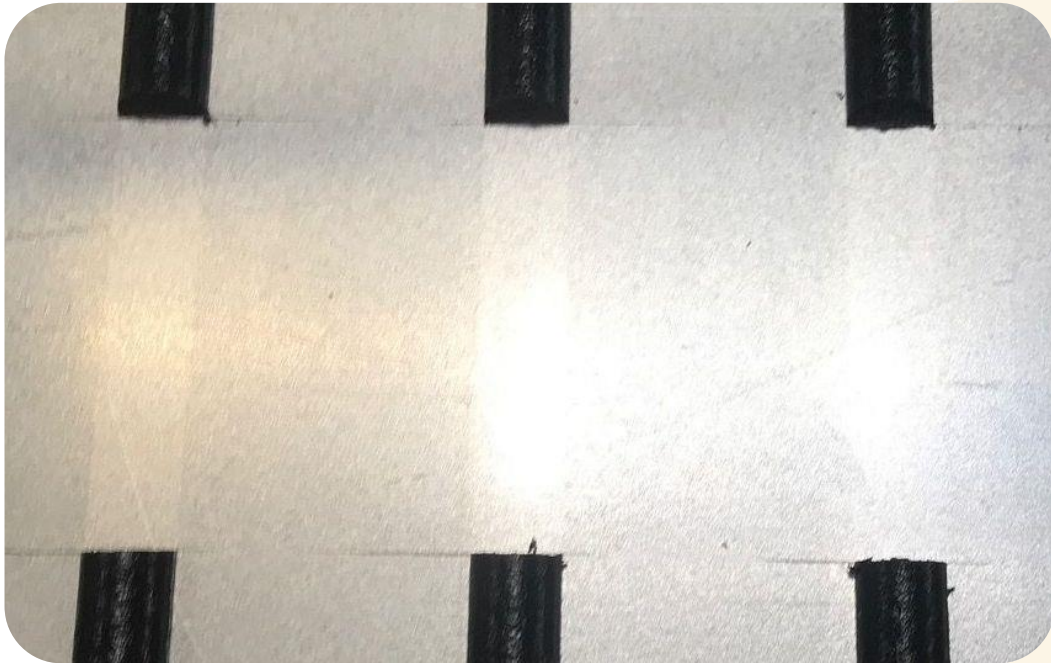
Substrat

Plasmabeschichtung

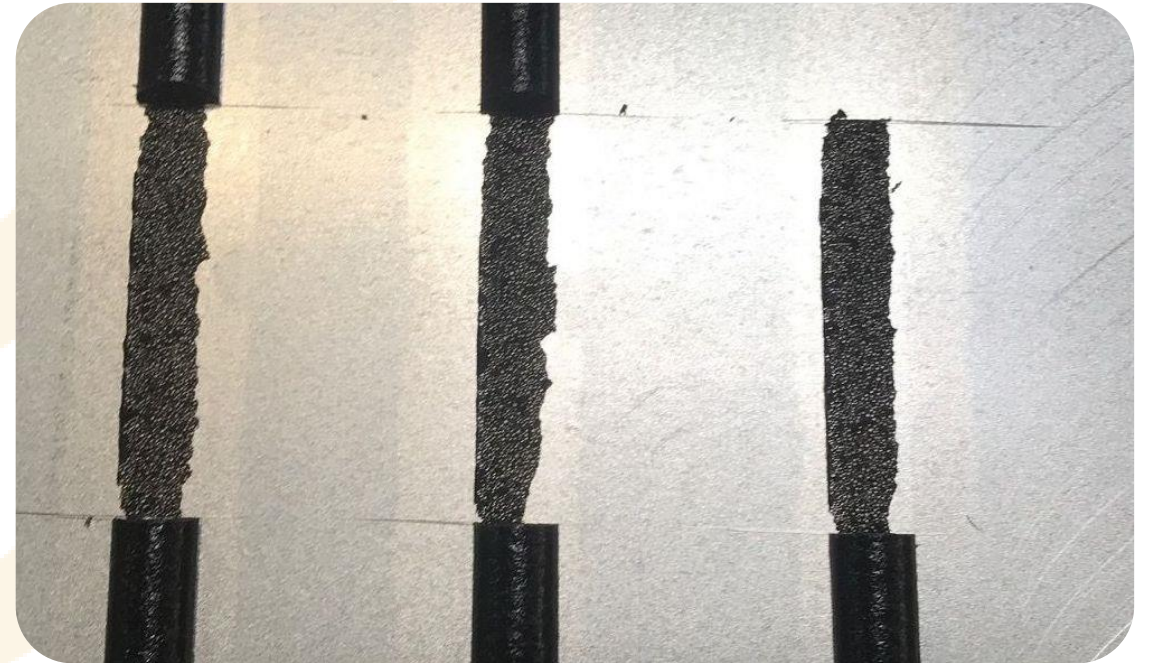


Video: Fa. Wolf

Plasmabeschichtung für verbesserte Haftung von PU-Schaum

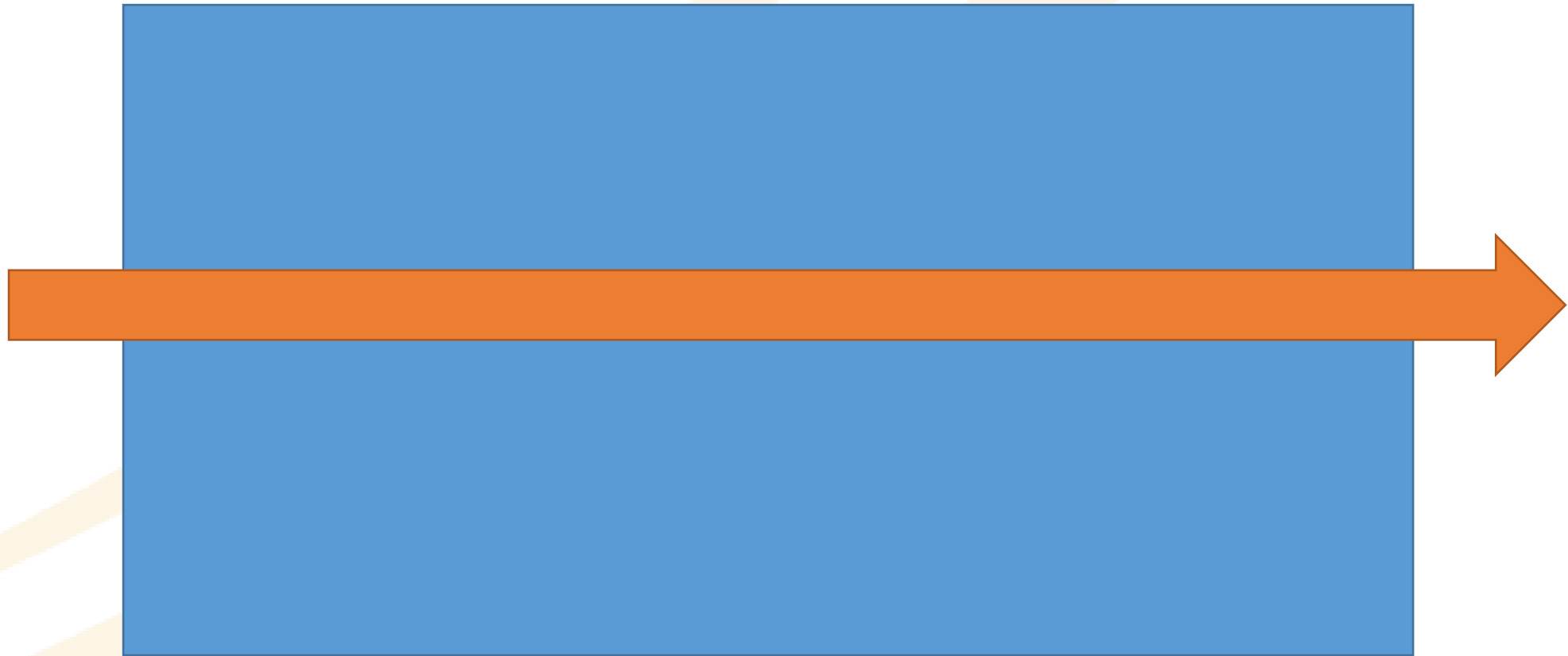


Gereinigt, keine Plasmabeschichtung



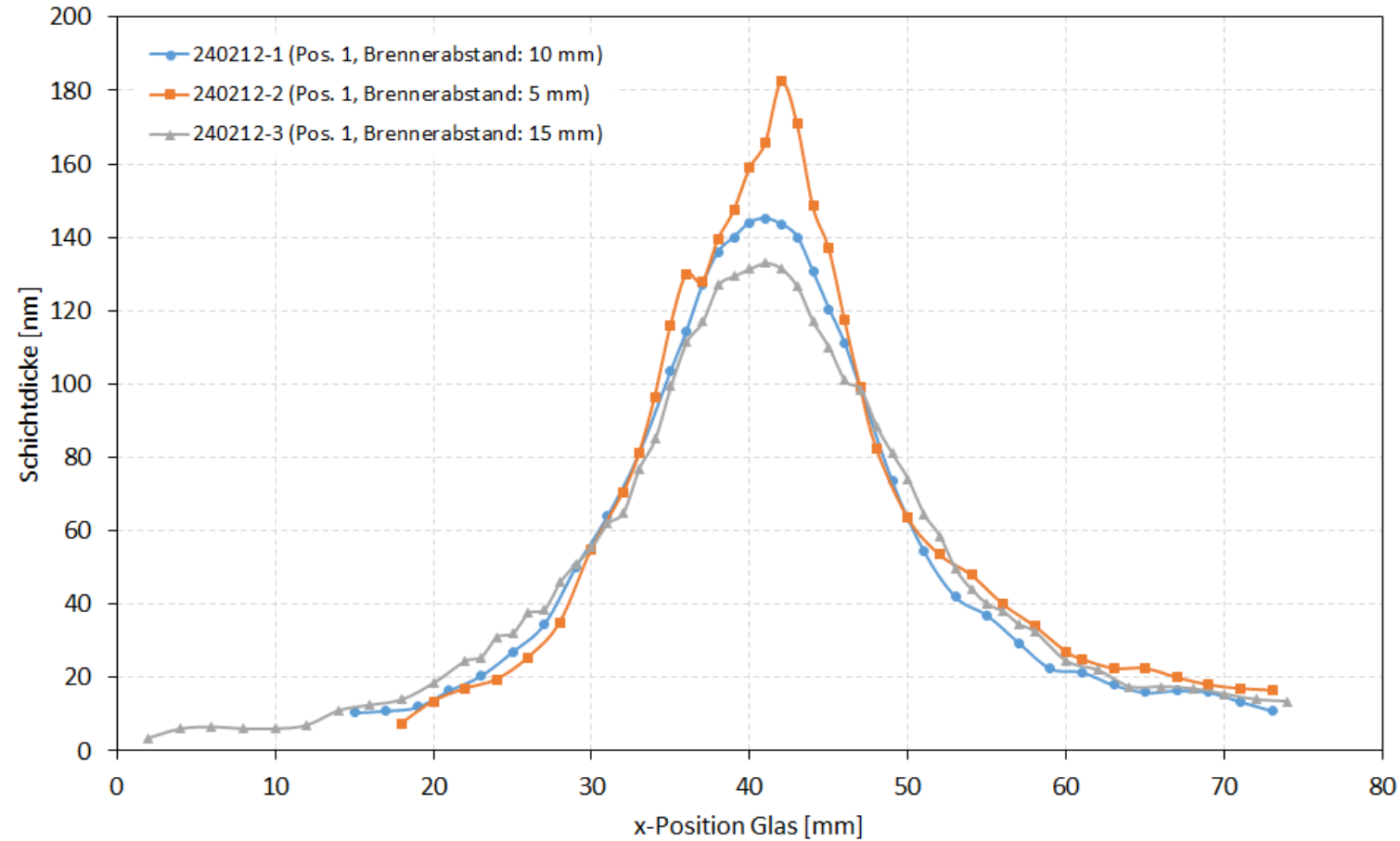
Plasmabeschichtet

Auftragen einer Beschichtungsspur



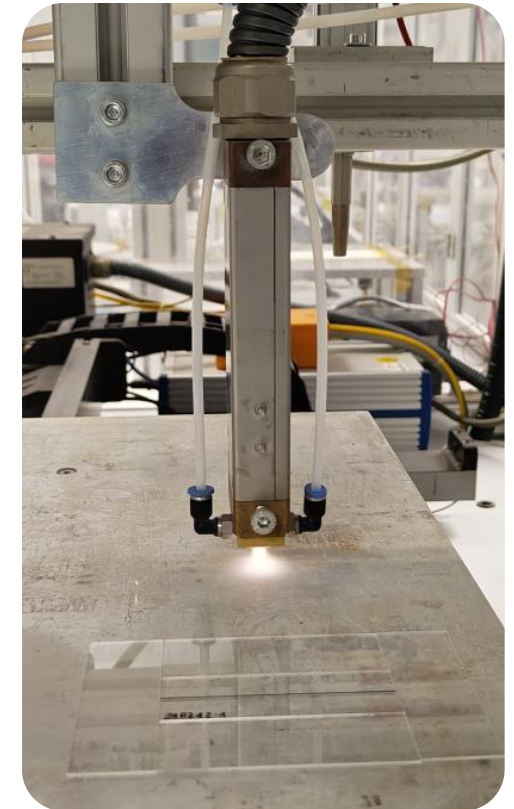
Breite einer Beschichtungsspur

Schichtdickenprofil auf Glas, Linienförmige Plasma CAT 600 SiO_x-Beschichtung mit HMDSO

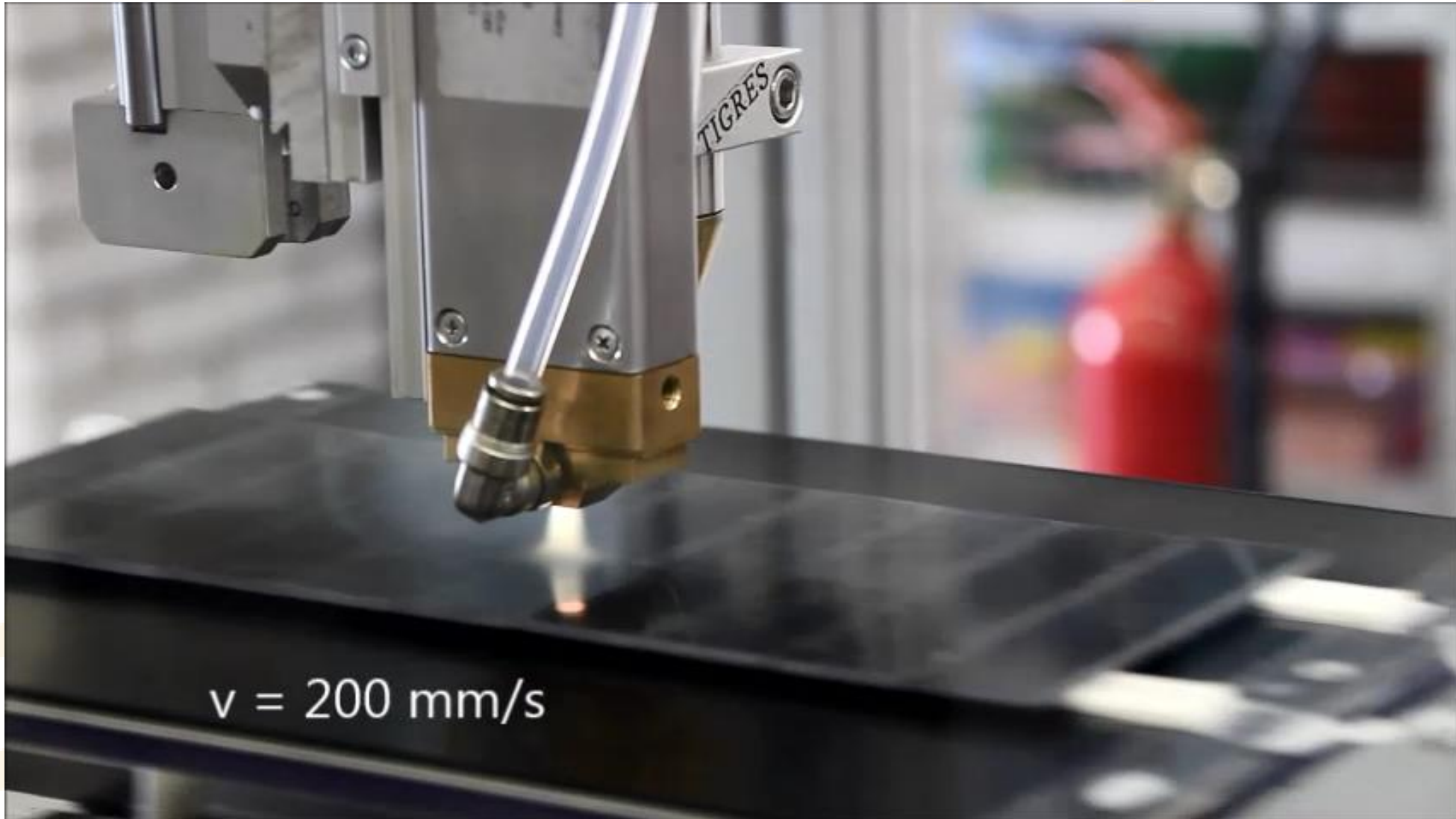


Verfahrensgeschwindigkeit: 100 mm/s (6 m/min)

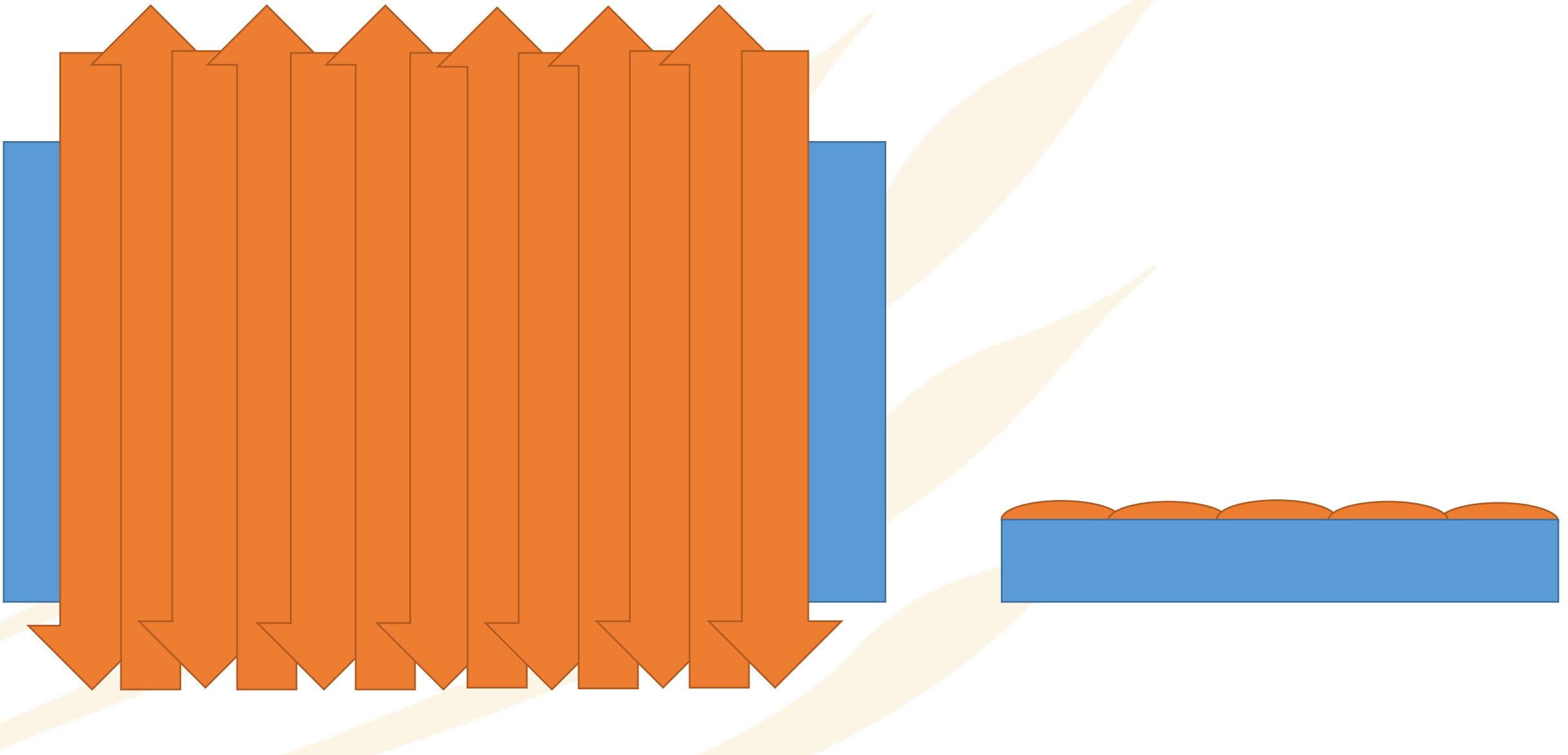
Bilder: Innovent



Technologie Plasmabeschichtung



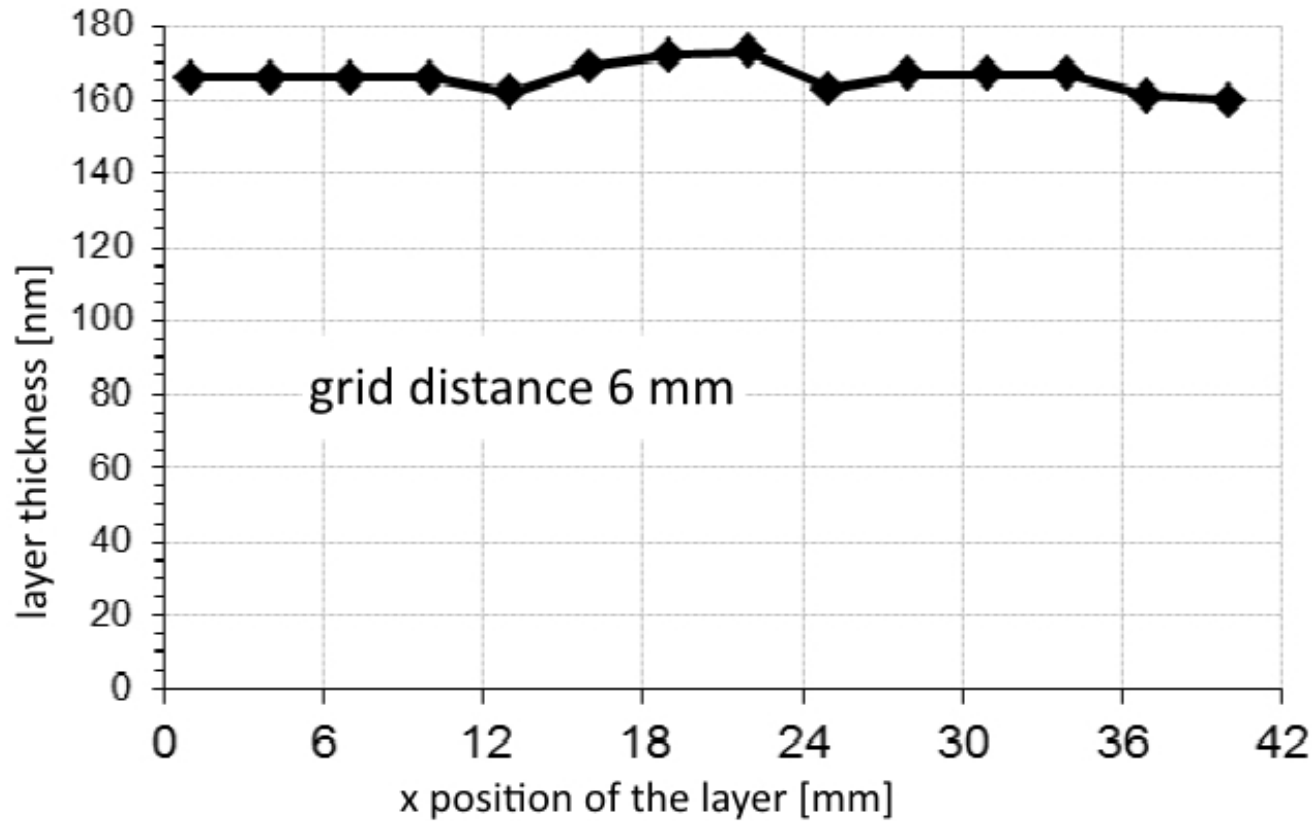
Homogenität der Schichtdicke: Abstand Beschichtungsspur weit



Technologie Plasmabeschichtung



Für plane Anwendungen: Auswirkung des Rasterabstandes auf die Homogenität der Schichtdicke.



CAT600

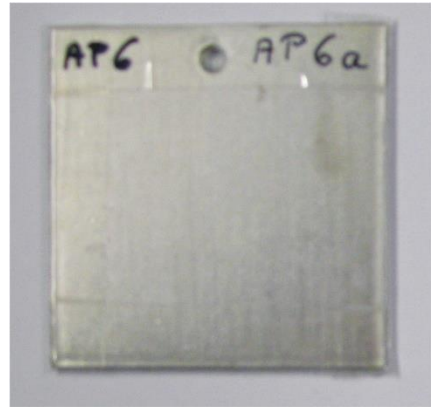
PWR 100%

distance 10mm

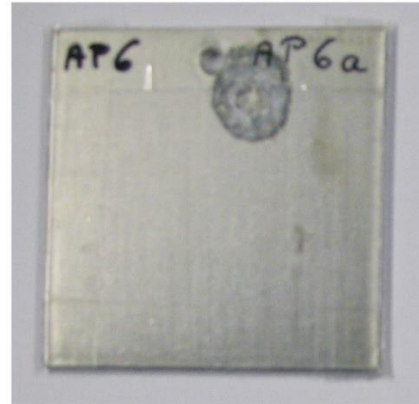
HMDSO flow 1ml/min

Velocity 200 mm/s

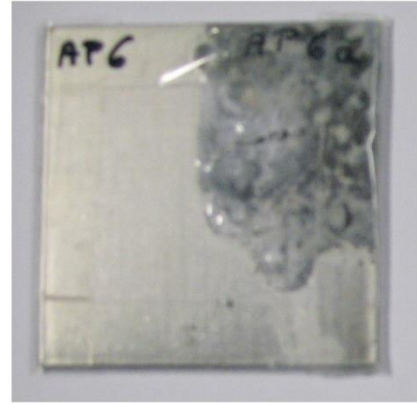
Beispiel: Korrosionsschutz durch homogene Beschichtung



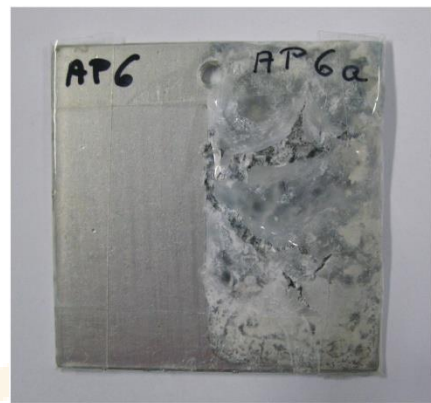
after 24 h



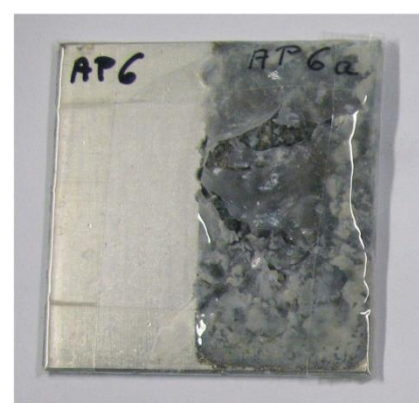
after 48 h



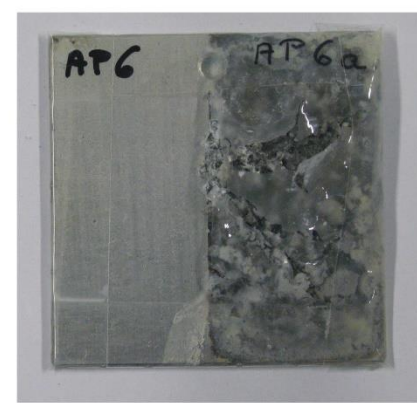
after 72h



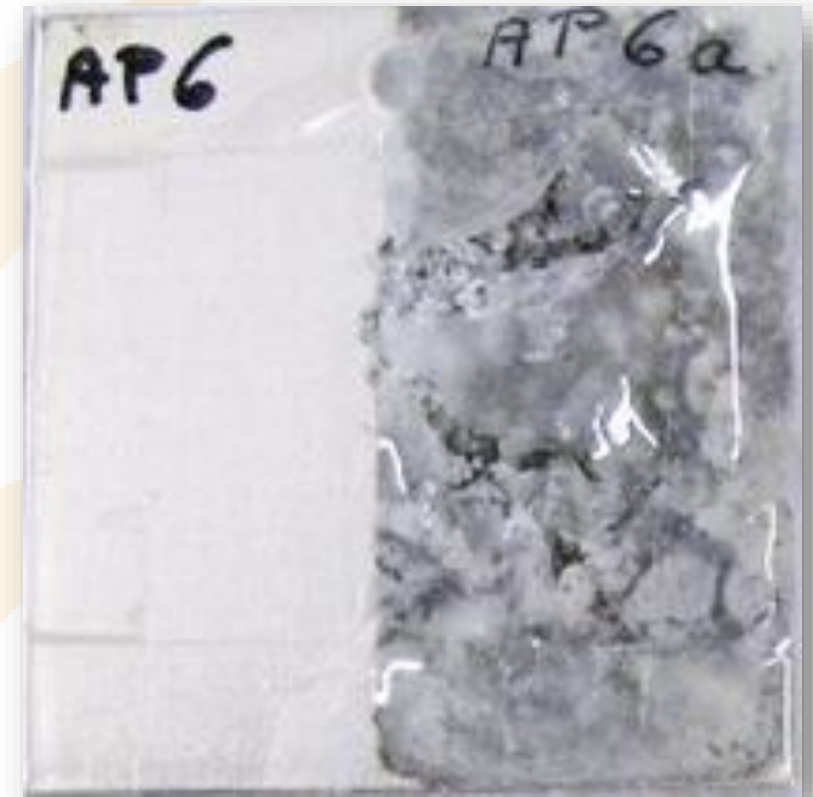
after 96 h



after 120 h



after 144 h



Mg-Blech nach 144 h Salz-Spray-Test (*)
links: HMDSO beschichtet, keine Korrosion
rechts: unbeschichtet, starke Korrosion

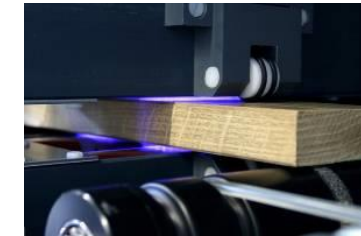
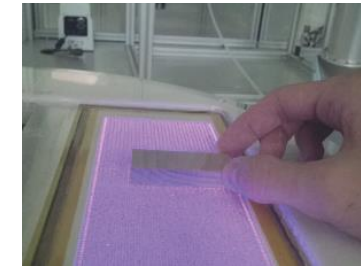
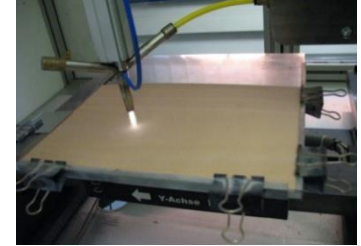
INNOVENT INNOVENT Jena e.V. / FB Oberflächentechnik

(*) K. Horn, A. Pfuch, J. Schmidt; „New method for an effective corrosion protection on magnesium surfaces“, Metall 63 12/2009, p. 661-664

Technologie Plasmabeschichtung

Beeinflussung der Benetzbarkeit am Beispiel von Plasmabeschichtungen auf Holz

durch Wahl geeigneter Prozessparameter ist die Benetzung einstellbar von hydrophil bis hydrophob

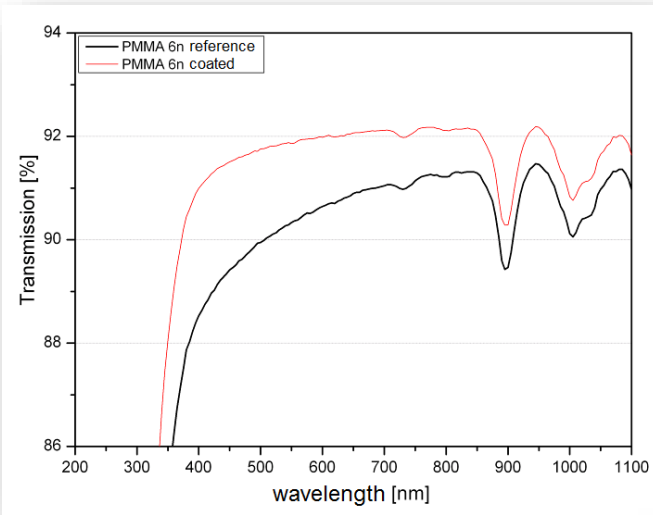


Technologie Plasmabeschichtung

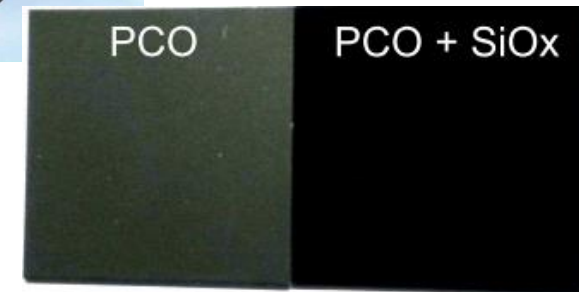
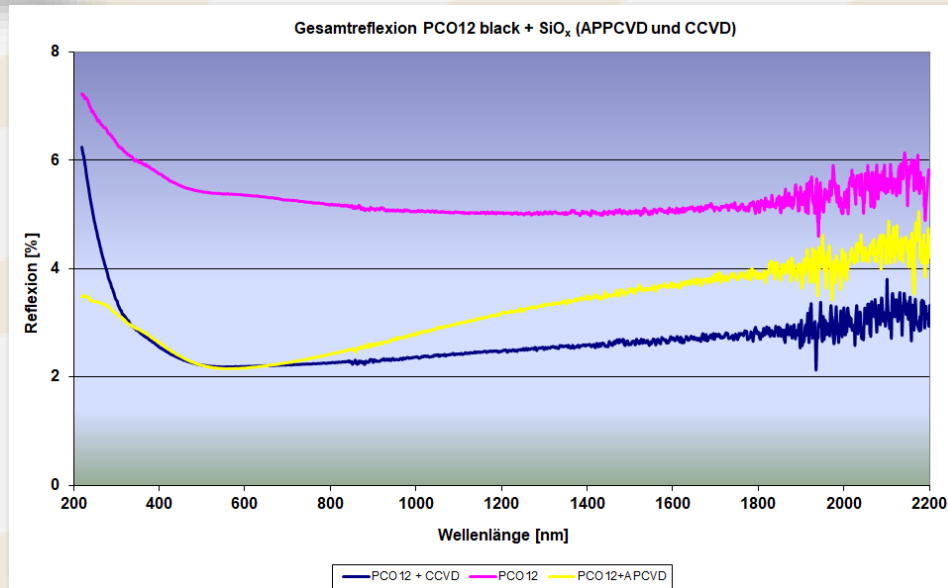


Antireflexschichten auf transparenten Substraten

- Substrate: z.B. PMMA, PC oder Glas
- Breitbandige Transmissionserhöhung bis zu
 - 2% bei einseitiger Beschichtung
 - 4% bei zweiseitiger Beschichtung



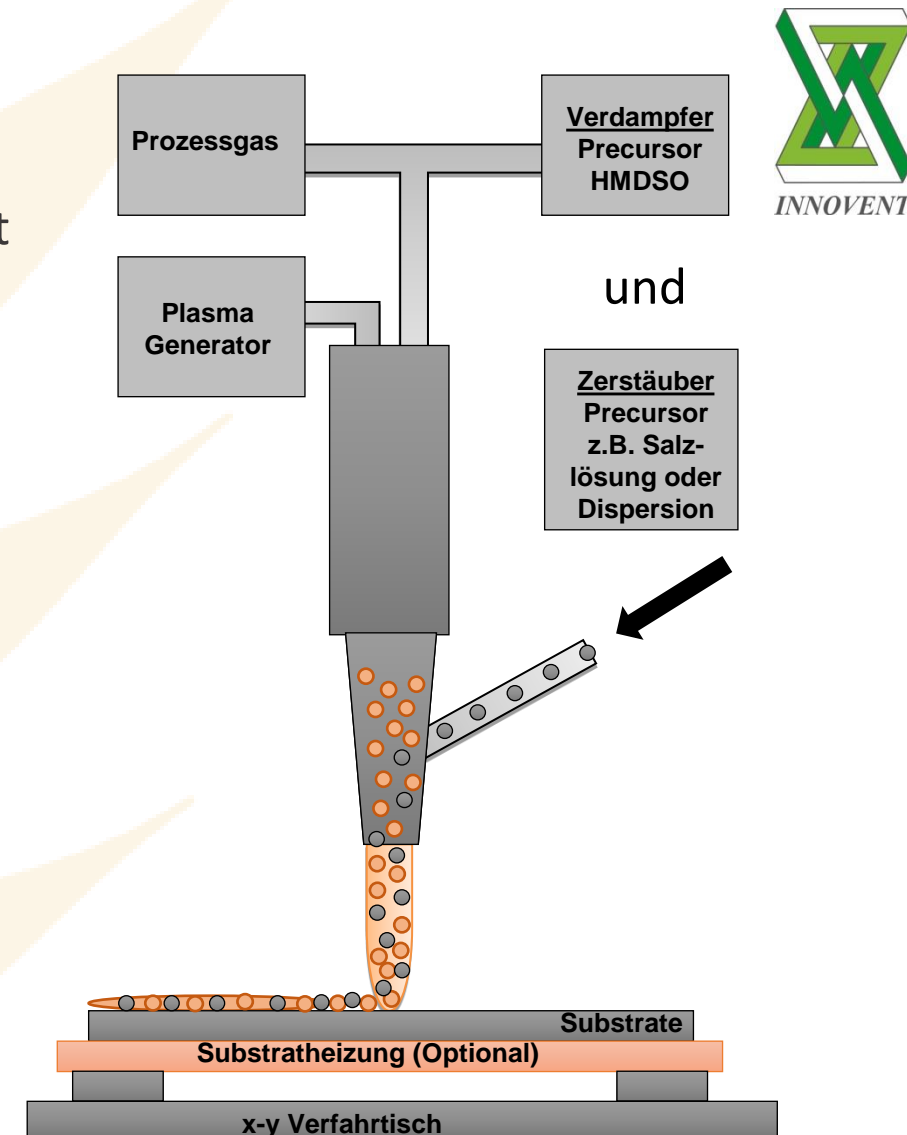
Reflexmindernde Schichten auf nicht transparenten Substraten



Kompositbeschichtung (Schichtdesign)

Kompositbeschichtung

- Üblicherweise werden HMDSO-Schichten als Basisschicht genutzt
- Erzeugung zusätzlicher Oberflächenfunktionalitäten durch Einbettung von Partikeln in die aufwachsende Schichtmatrix
- Einbringung von zerstäubten, flüssigen Nanopartikeldispersionen oder Lösungen in den Plasmajet und Einbindung in die aufwachsende Schichtmatrix.
- Schichtdicke im Bereich 100 nm
- Beschichtungen können organische, fluoreszierende Farben enthalten
- Antihafschichten
- bakterizide Beschichtungen mit z. B. Silber, Kupfer, Zink etc.



Technik der Plasmabeschichtung: Zerstäuber



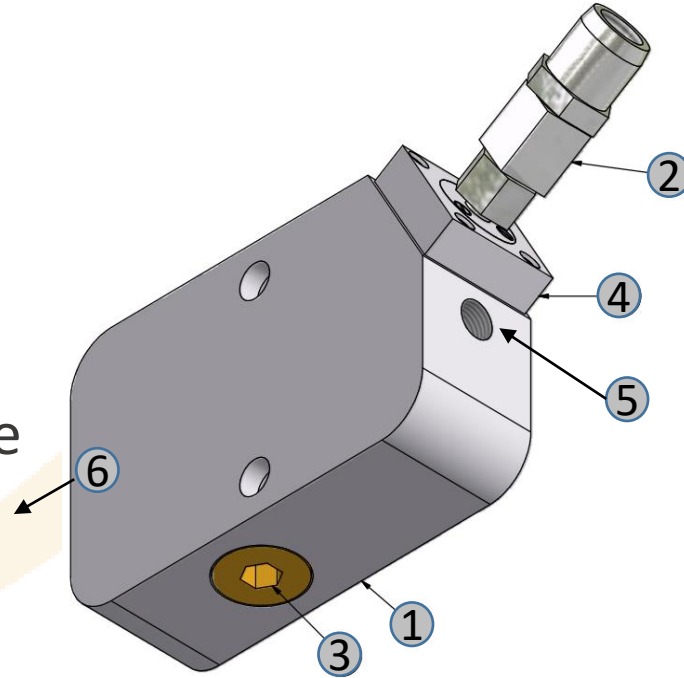
Systemaufbau:

Zerstäuber:

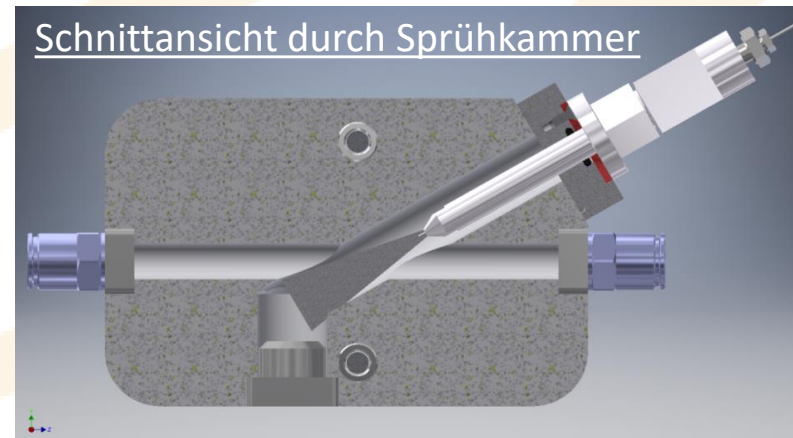
Patent: EP 2743373B1

Precursoren: metallorganische Flüssigkeiten, Gemische, Lösungen, Dispersionen

Precursor-Flussraten:
ca. 10 $\mu\text{l}/\text{min}$ – ml/min



- ① Sprühkammer
- ② Zerstäuberdüse (Zweistoffdüse) und Peripherie (Pumpe, Schläuche)
- ③ Verschluss (Reinigungsöffnung, Partikelfalle)
- ④ Fixierung Zerstäuberdüse
- ⑤ Eintritt Trägergasstrom
- ⑥ Austritt Trägergasstrom + Precursor



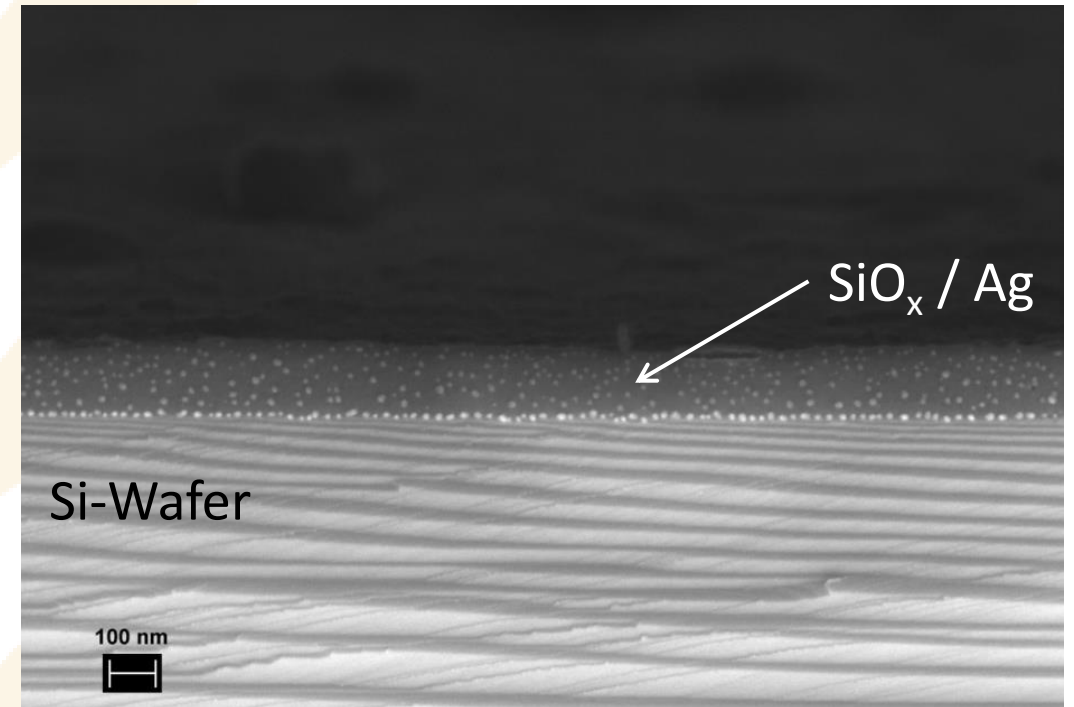
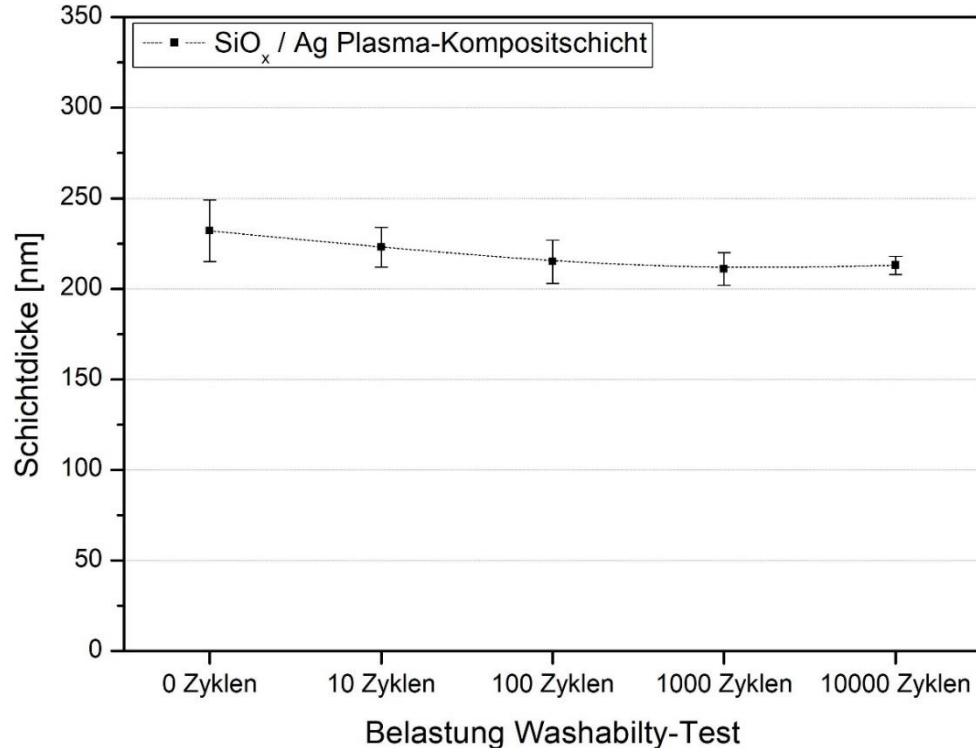
Kompositbeschichtung: Beispiel bakterizid auf Glas



Kompositbeschichtung: Bakterizide Beschichtung auf Glas

- Beständigkeit der SiO_x/Ag Schicht auf mechanische Beanspruchung (Washability-Test)

- Homogene Verteilung des Silbers in der Schichtstruktur, Schichtdicke etwa 150 – 200 nm

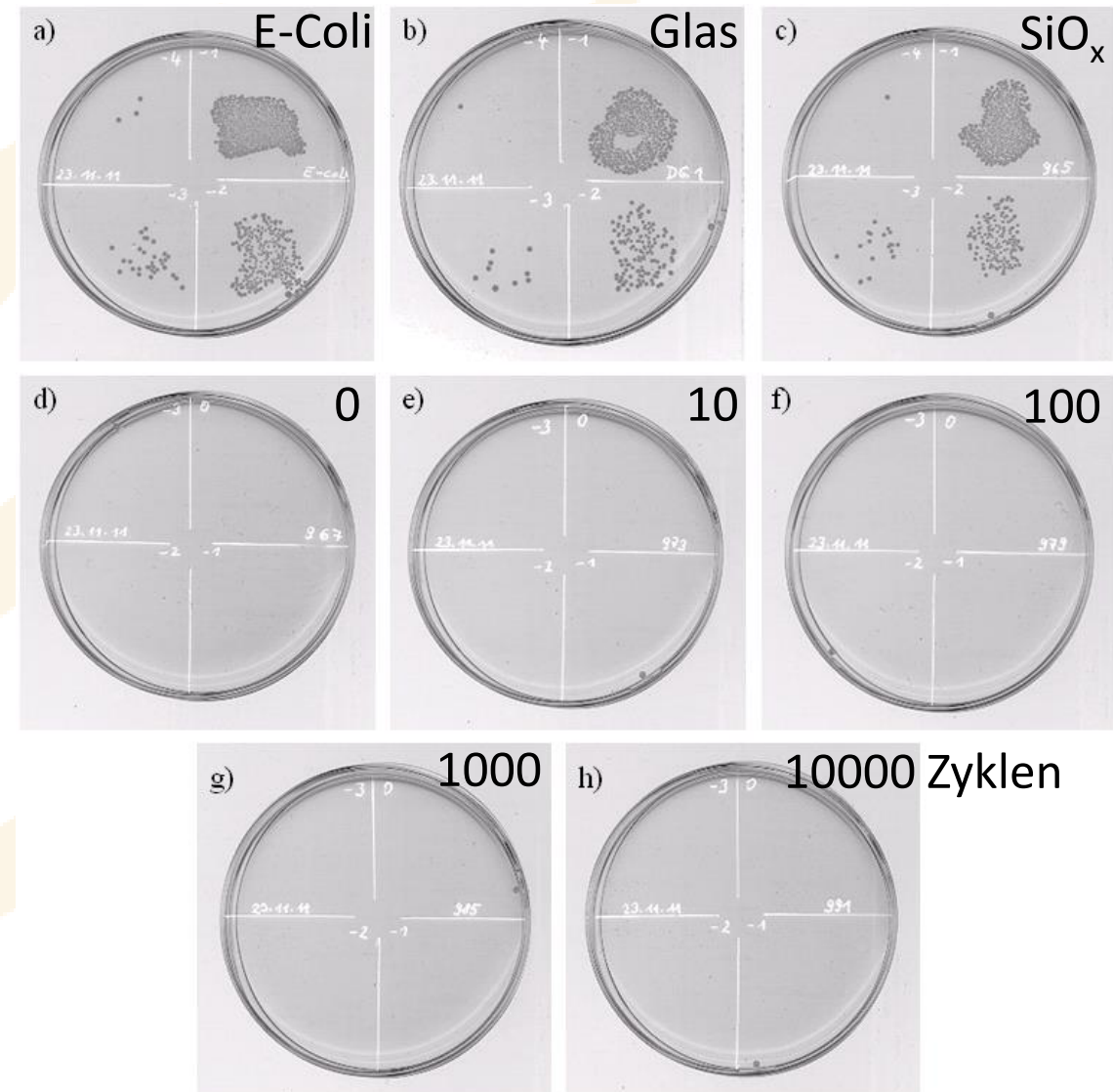


R. Zimmermann et al. *Plasma Processes and Polymers* 8 (2011), p. 295-304
O. Beier et al. *Plasma Processes and Polymers* 10 (2013), p. 77-87

Kompositbeschichtung: Beispiel bakterizid auf Glas

Kompositbeschichtung: Bakterizide Beschichtung auf Glas

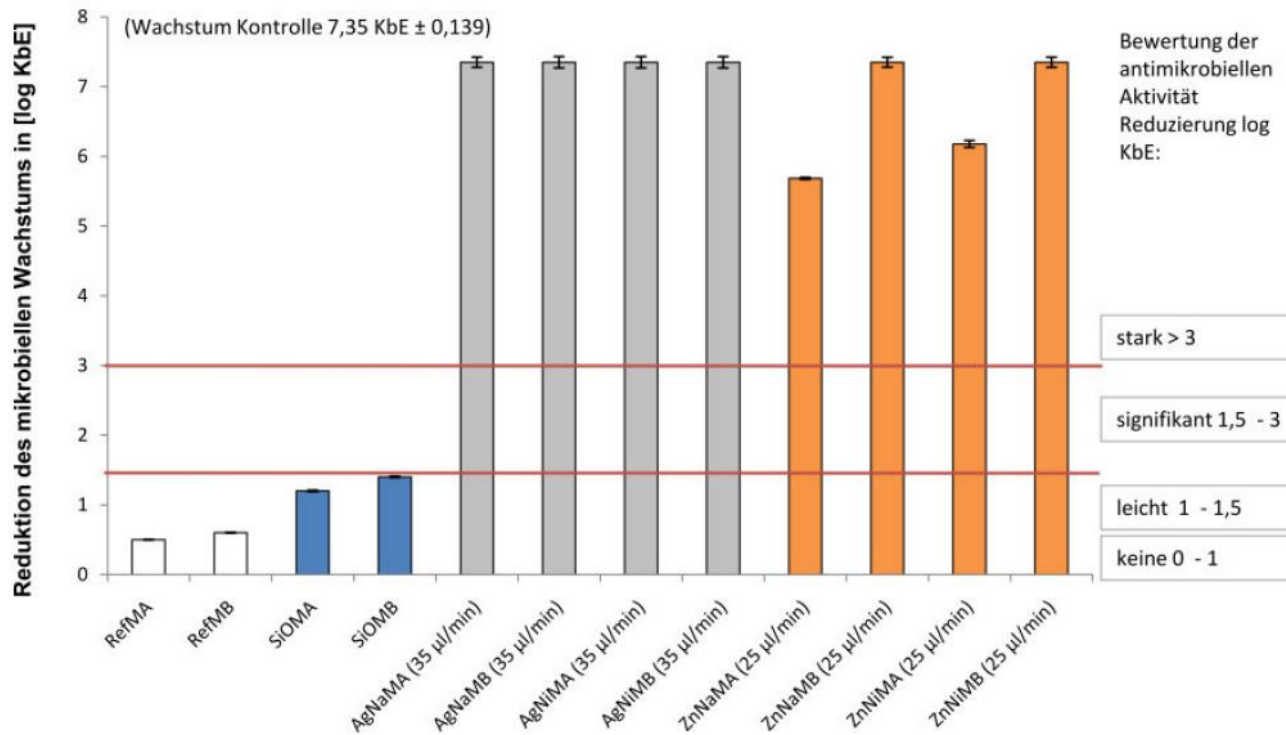
- Einsatz von Silber-Nitratlösung sowie Silber-Nanopartikeln
- Alternativ auch Cu- und Zn-Salze möglich
- Starke/signifikante bakterizide Wirkung, auch nach Abrasionstest (Washability-Test ASTM D2486)
- Patent DE 10 2008 033 938 B4



R. Zimmermann et al. *Plasma Processes and Polymers* 8 (2011), p. 295-304
O. Beier et al. *Plasma Processes and Polymers* 10 (2013), p. 77-87

SiO_x / Ag

Kompositbeschichtung: Beispiel antibakterielle Wundauflagen



Antibakterielle Wirkung von SiO_x / Ag und $\text{SiO}_x / \text{ZnO}$ beschichteten Wundauflagen gegenüber *Staphylococcus aureus* nach JIS L 1902 / ISO 20743

- Referenz
- SiO_x
- SiO_x / Ag
- $\text{SiO}_x / \text{ZnO}$

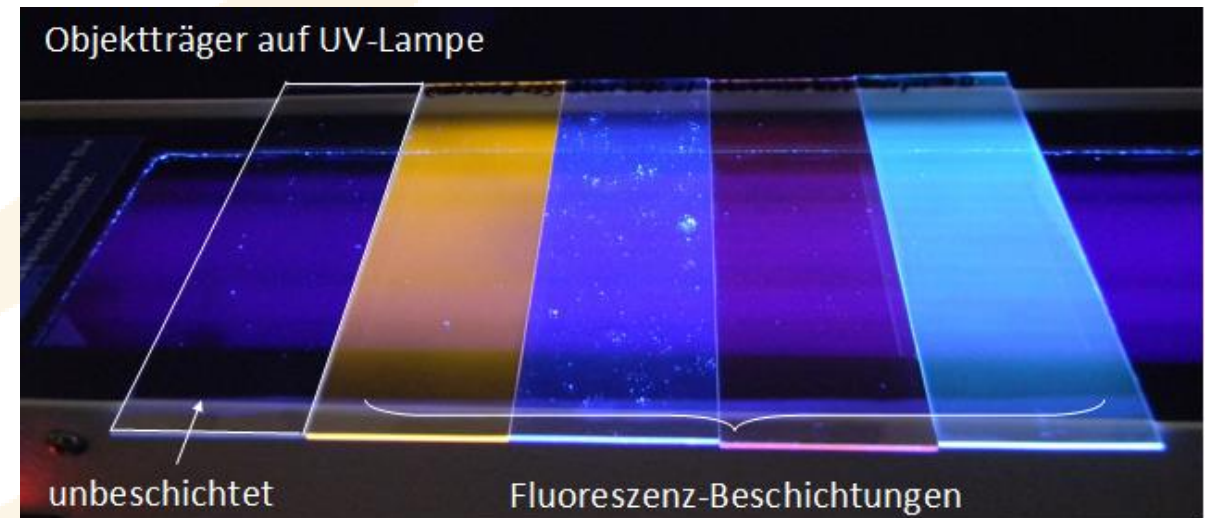
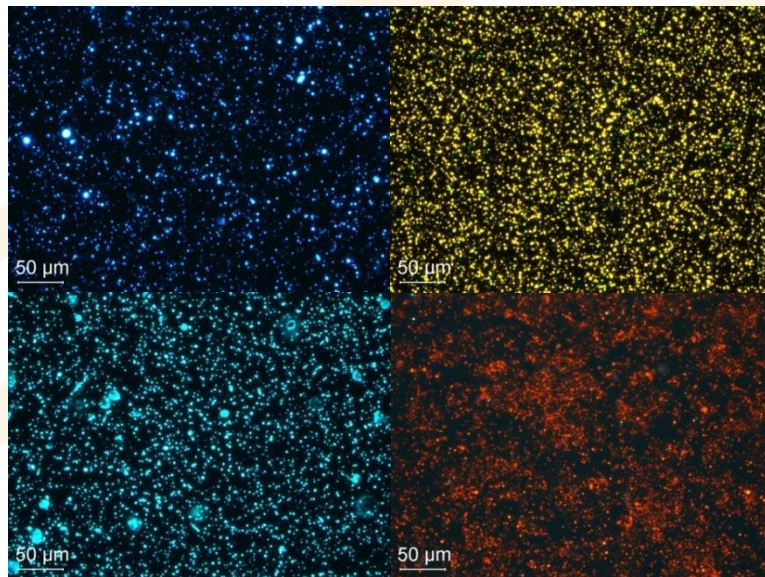
Kompositbeschichtung: Fluoreszenzierende Schichten



Transparente Fluoreszenzschichten

- Farbstofflösungen und Nanopartikel-Dispersionen können als Sekundärprecursor verwendet werden
- Beispiele:
 - organisch: Blue-Violet Fluorescent Dye 1 (Fa. Synthron) oder Tinopal OB (Fa. BASF)
 - anorganisch: Quantum Dots, CANdot ACSS (Fa. CAN)
- Im Falle von Fluoreszenzfarbstoffen Nachweis mit geeigneten UV-Lampen, Spektrometern oder Fluoreszenzmikroskopen möglich
- Patente DE 10 2008 033 940 B3 & DE 10 2010 022 701B4

Fluoreszenz- mikroskopie



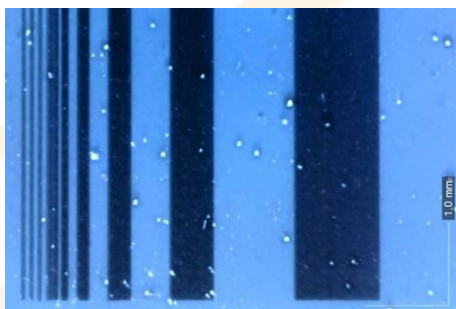
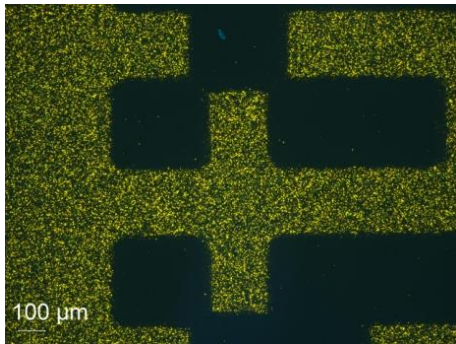
Kompositbeschichtung: Fluoreszenzierende Schichten



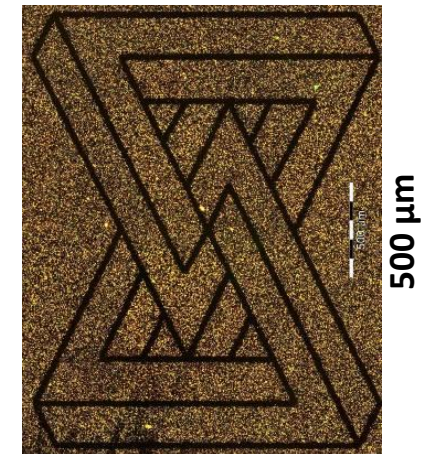
- Strukturierung der Oberfläche mit geeigneten Laserwellenlängen
 - lokale Auslöschung der Fluoreszenzeigenschaften
 - ohne Beschädigung der transparenten Schicht
- Strukturierung durch vorherige Maskierung der Substratoberfläche

Einsatzmöglichkeiten:

- Qualitätskontrolle
- Produktverfolgung
- Markerfunktion für die Produktkennzeichnung und den Plagiatschutz



Organischer Farbstoff: Tinopal, BASF (Ciba)



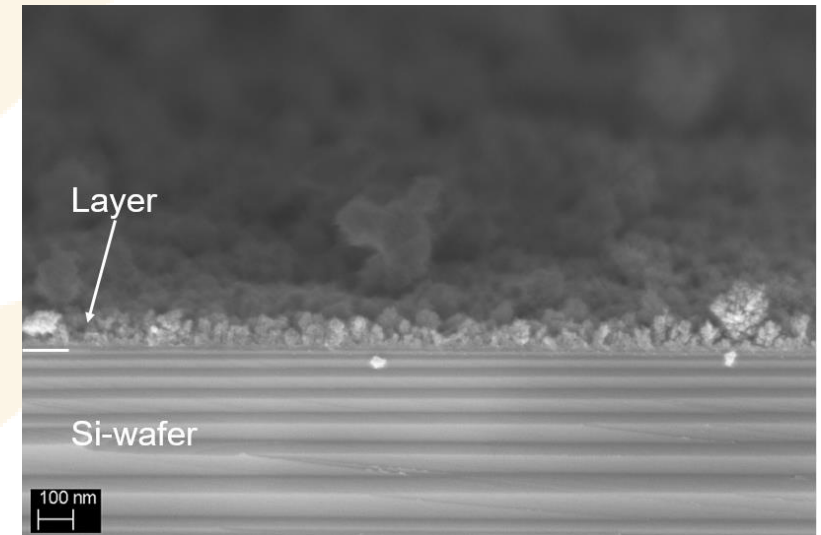
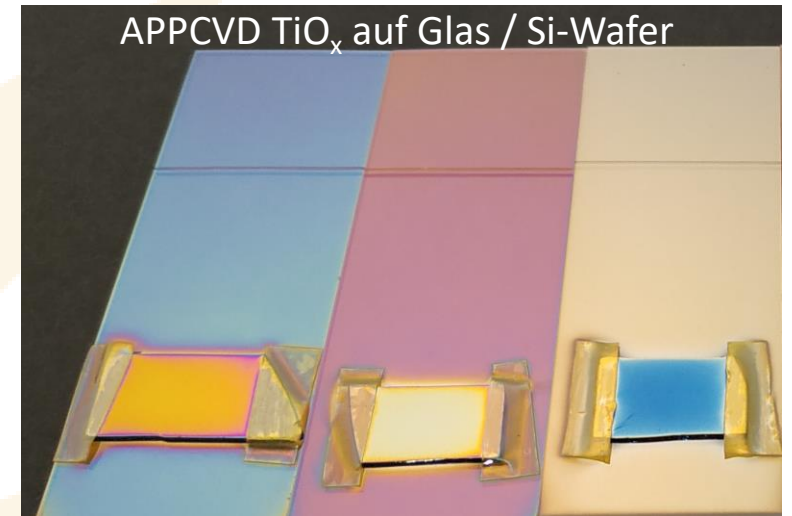
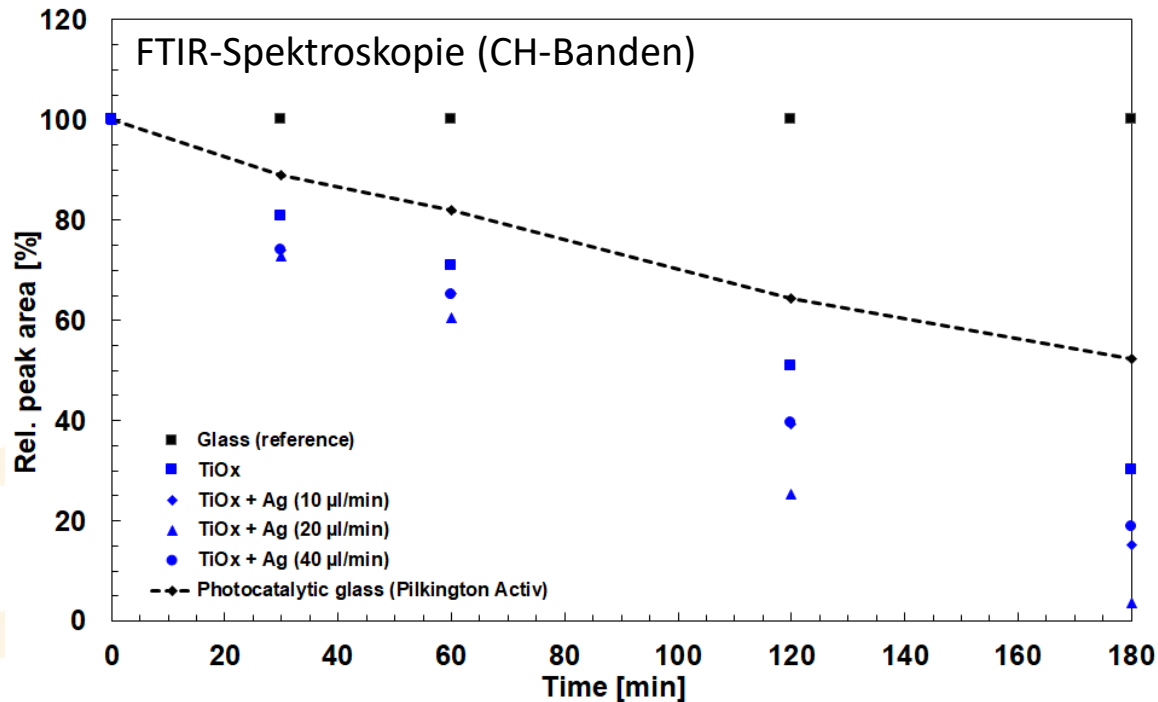
**Anorganischer Farbstoff:
CANdot ACSS, CAN GmbH**

Katalytische und leitfähige Schichten

Titanoxidschichten und Titanoxid / Silber Kompositschichten

- TiO_x ohne Substratheizung (RT)
- TiO_x / Ag Kompositschichten mit 3 Flussraten des Silbernitrat-Precursors (10 – 40 $\mu\text{l}/\text{min}$)
- keine Temperaturnachbehandlung

Stearinsäureabbau nach Bestrahlung mit OSRAM Tageslichtlampe

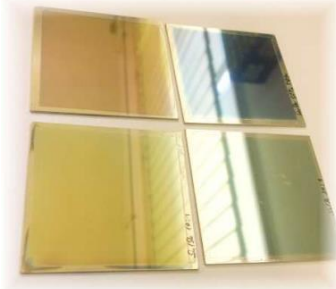


Quelle: S. Gerullis; NANOCON 2017; Poster, Brno, Czech Republic, 18.-20.10.2017

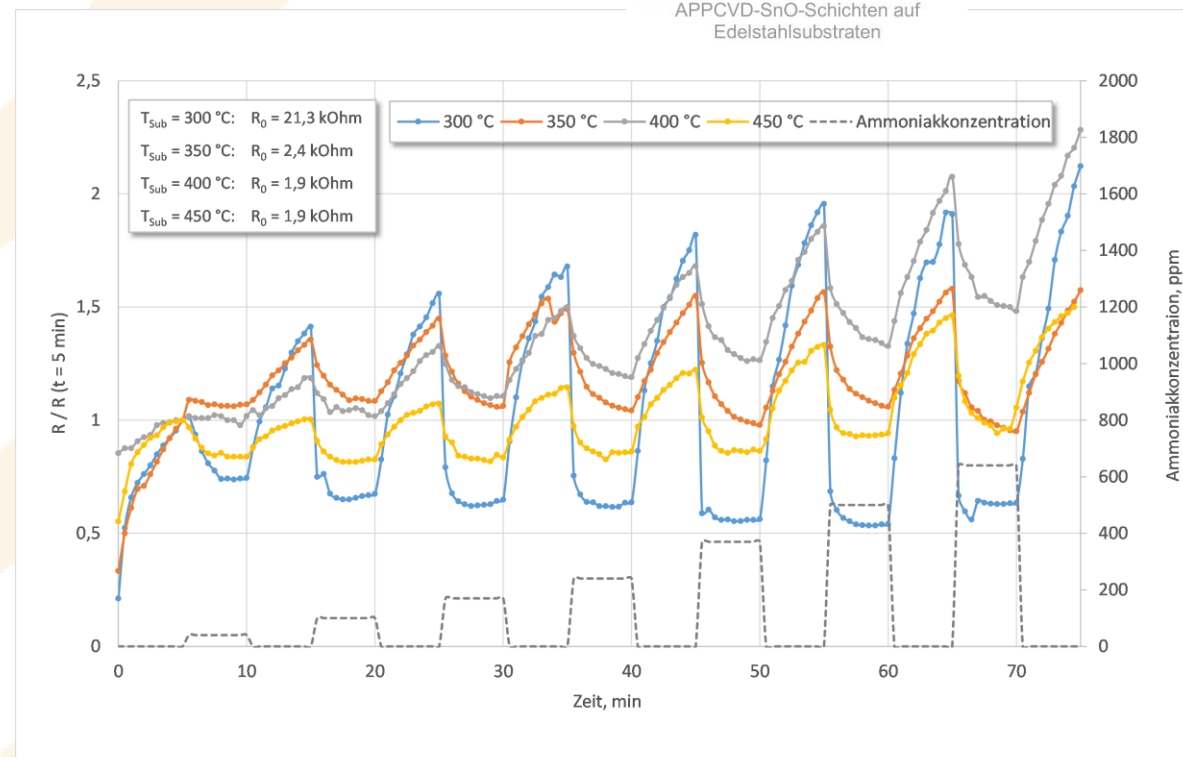
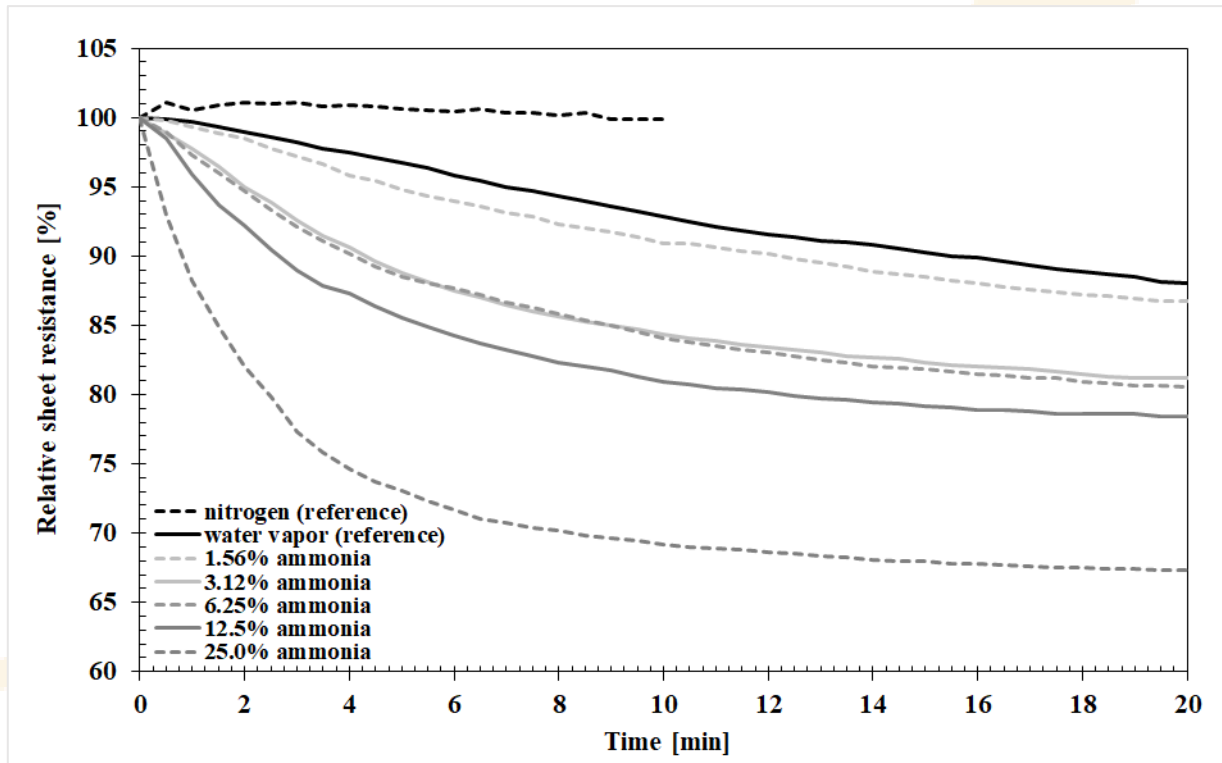
Katalytische und leitfähige Schichten

Zinnoxidschichten

- Einsatzgebiete: Transparente leitfähige Oxide (TCO), Gassensorik – Leitfähigkeitsänderung in Anwesenheit oxidierender / reduzierender Gase (z.B. Ammoniak, Methanol, Stickoxide)



APPCVD-SnO-Schichten auf Edelstahlsubstraten



S. Gerullis et al.; "Structural, electrical and optical properties of SnO_x films deposited by use of atmospheric pressure plasma jet", *Thin Solid Films* 649 (2018) 97–105

A. Pfuch et al.; „Herstellung und Charakterisierung von gasempfindlichen SnO_x-Dünnschichten mittels Atmosphärendruckplasma“, in: *Jahrbuch Oberflächentechnik Bd. 79 (2023)*,

Hrsg. T. Sörgel, Leuze Verlag Bad Saulgau, Germany, ISBN 978-3-87480-385-4, S. 156-171

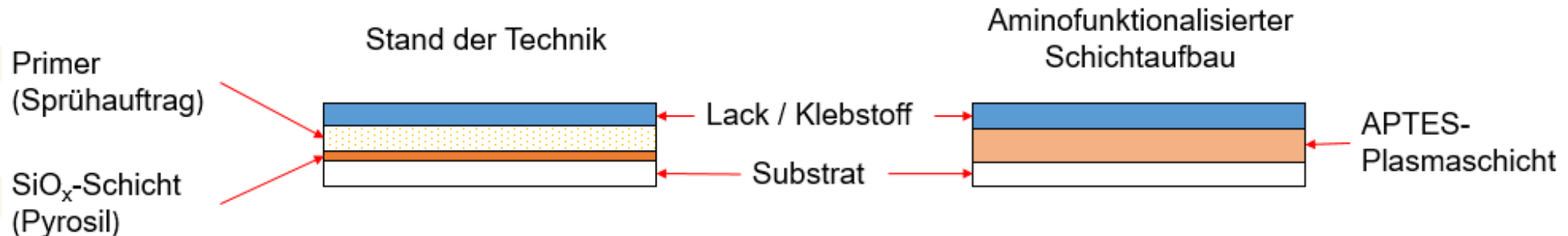
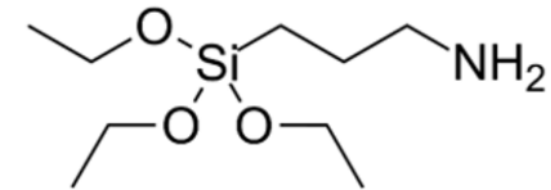
Siliziumorganische Haftvermittlerschichten



- Verwendung von siliziumorganischen Precursoren mit speziellen funktionellen Gruppen (z.B. Aminogruppen, Epoxidgruppen u.v.m.)
- Für eine Plasmaabscheidung dürfen die Precursoren nicht zersetzt oder zu stark oxidiert werden
→ Plasmatyten mit niedriger Energie / Temperatur bevorzugt (z.B. DBE oder Coronaentladung)

Als Beispielprecursor: APTES (3-Aminopropyltriethoxysilan)

- Flüssigkeit; Siedepunkt: 217 °C; Dichte: 0,95 g/cm³

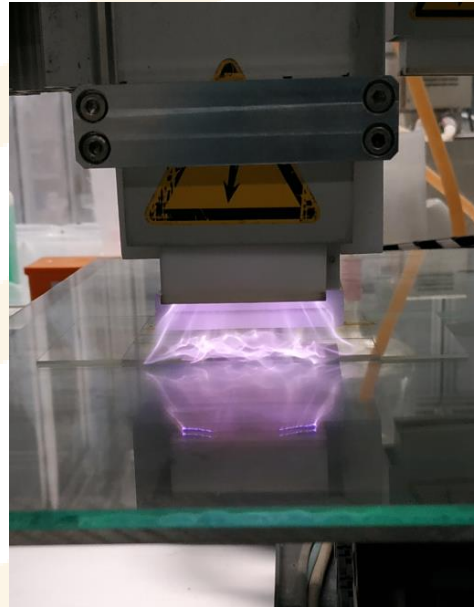


Siliziumorganische Haftvermittlerschichten

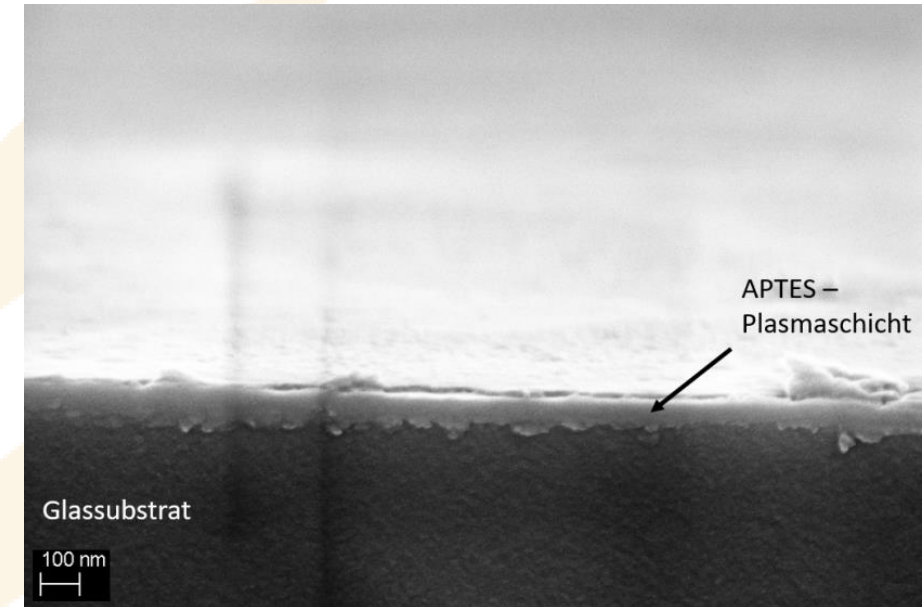


T-JET Plasmasystem (Coronaentladung)

- 2 Ausführungen verfügbar: Plasmabreite ca. 50 mm (T-JET) bzw. ca. 70 mm (T-JET XW)
- Leistung pro Plasmamodul: ca. 400 W (T-JET) bzw. ca. 600 W (T-JET XW), Aufskalierung möglich
- Prozessgas (integrierter Lüfter): Luft, ca. 30 l/min
- Primär für dielektrische Substrate anwendbar (z.B. Glas, Kunststoff)
- Temperatur des Plasmas $< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$



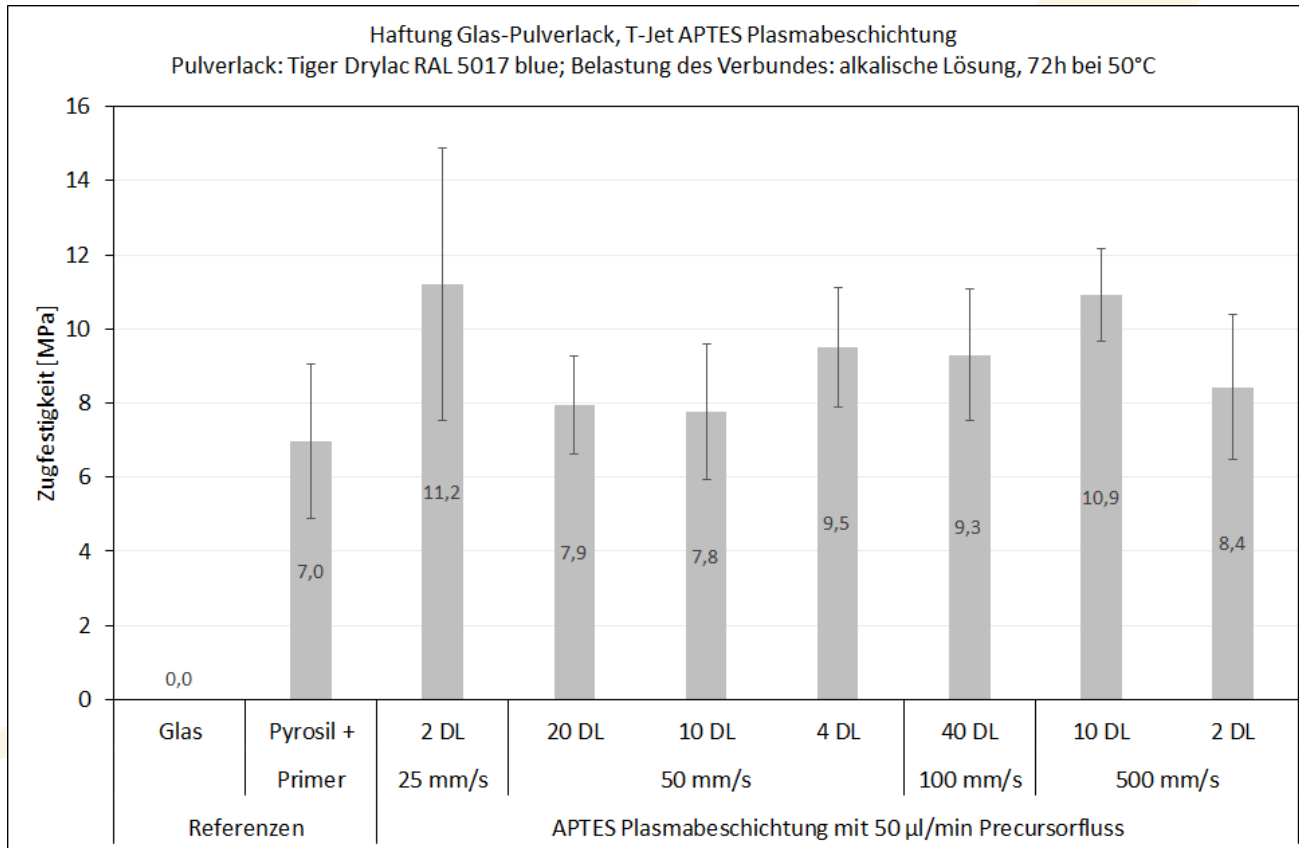
REM – Glassubstrat



Siliziumorganische Haftvermittlerschichten

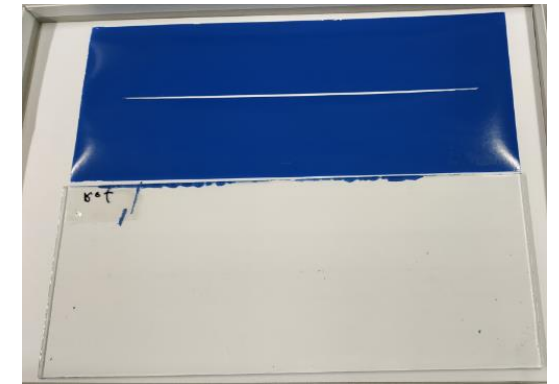
Pulverlack – Glas Haftung

- Pulverbeschichtung (Tiger Drylac RAL 5017 blau) von Flachglas (250 x 100 mm)



Glas-Referenz:

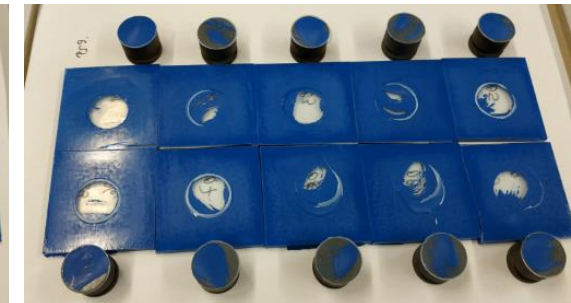
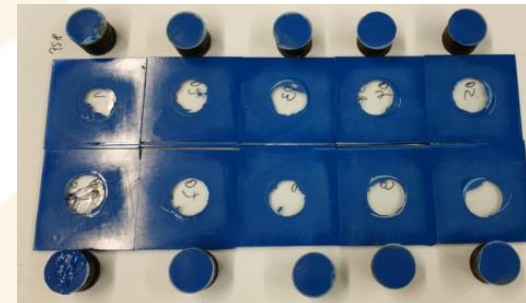
- nach Belastungstest Delamination des Pulverlackes



APTES – Plasmabeschichtung

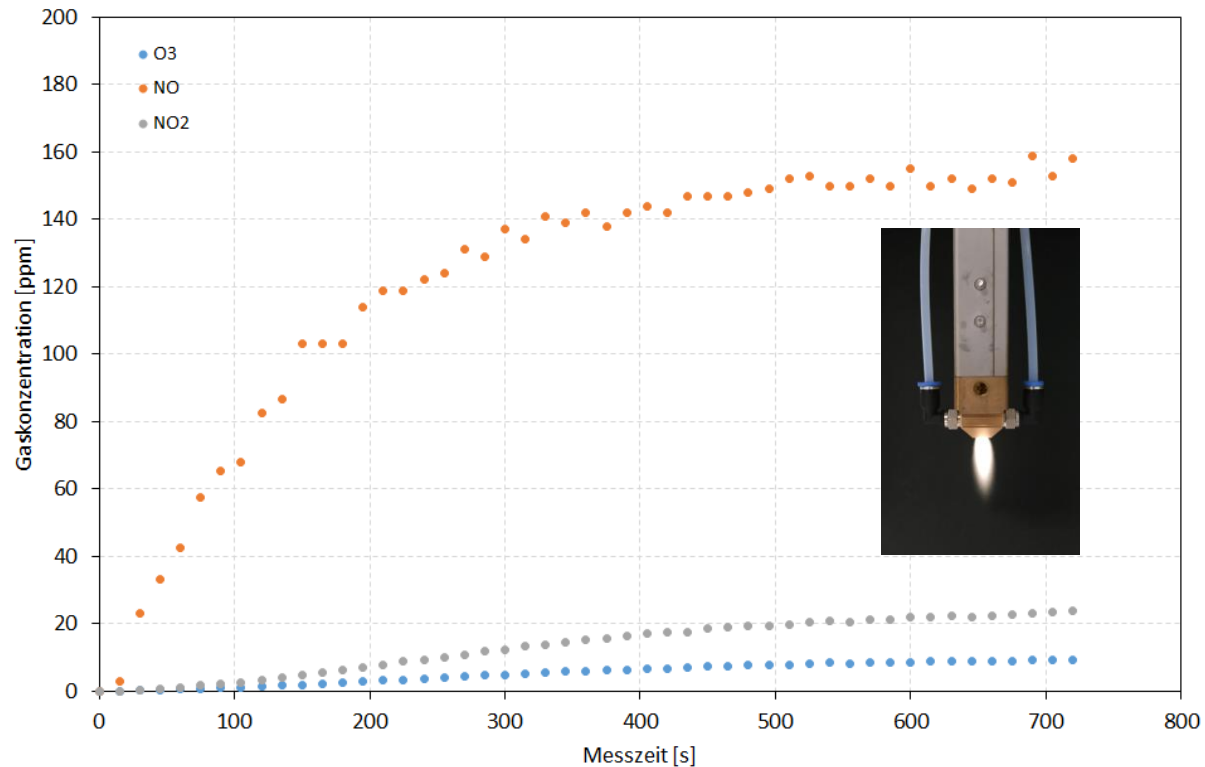
25 mm/s; 2 DL

500 mm/s; 2 DL

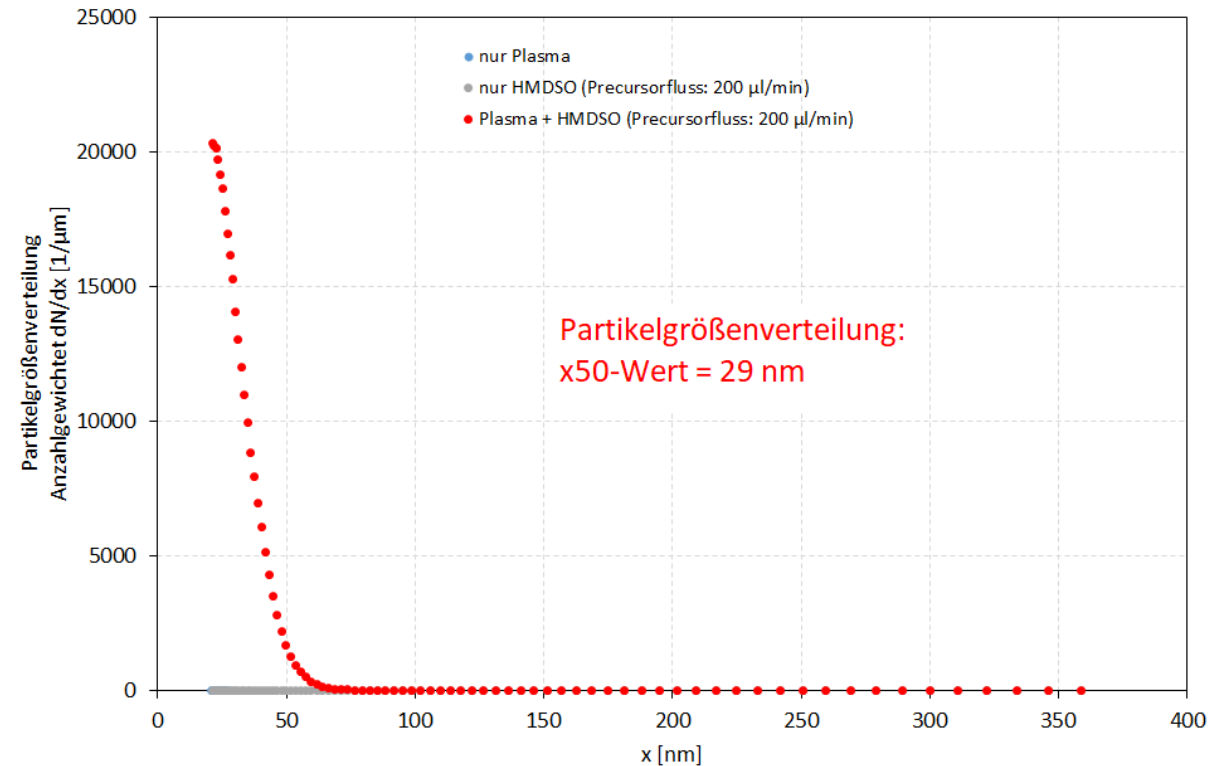


Partikelentstehung und Abgase

CAT Plasmasystem – Gaskonzentrationsmessung



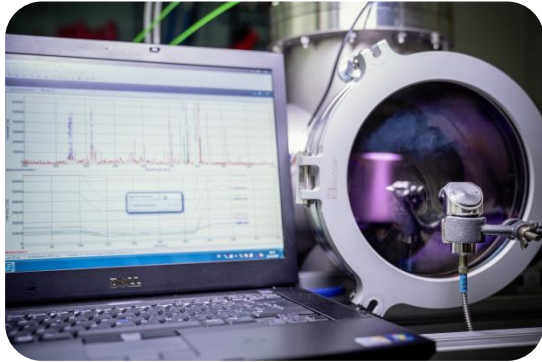
Partikelgrößenmessung am Ausgang der Plasmadüse; Precursor: HMDSO



- Für die technische Umsetzung wird eine Einhausung mit Absaugung für das Plasmasystem oder eine mobile Absaugung am Ausgang der Plasmadüse empfohlen !!!

Analytik von Plasmen und an dünnen Plasmaschichten

Optische Emissionsspektroskopie



Rasterelektronenmikroskopie



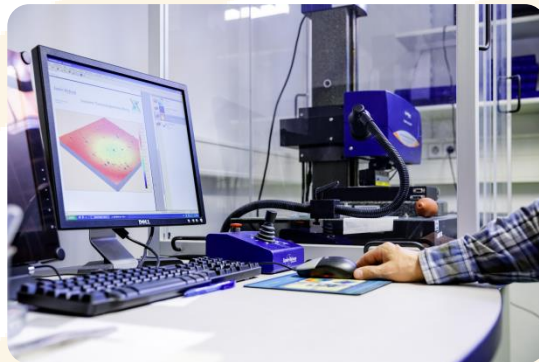
Spektralellipsometrie



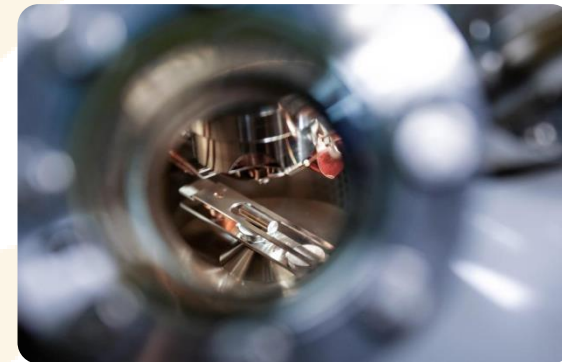
FT-IR-Abgas- & Schichtanalytik



Taktile 3D-Profilometrie und AFM

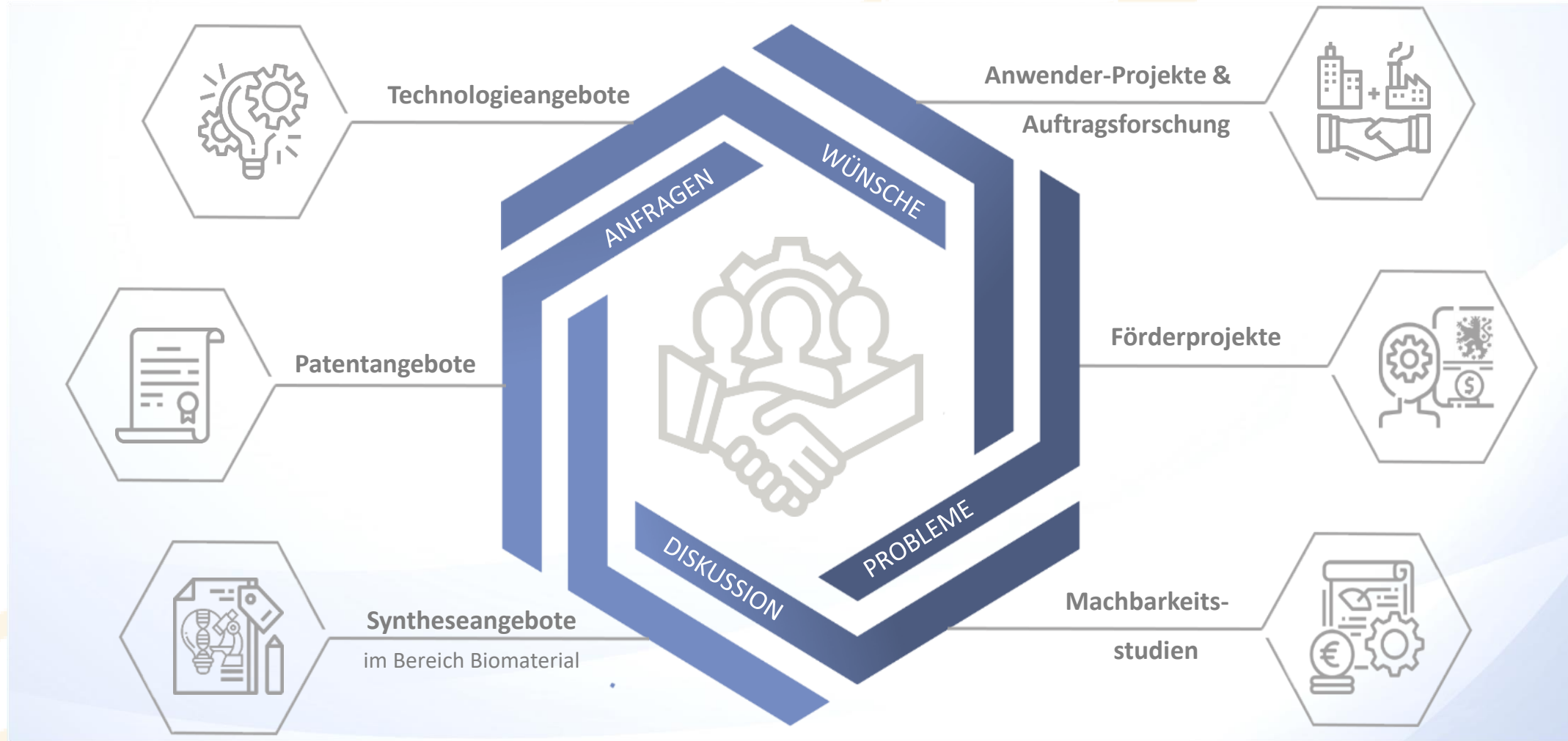


Photoelektronenspektroskopie



Informationen zu weiteren Analytikmethoden: <https://www.innovent-jena.de/oft/technische-ausstattung>

Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit INNOVENT



Laufende Kosten?

Zwei einfache Rechenbeispiele mit folgender Betrachtung:

Einfache HMDSO Beschichtung (Ein-Schicht-Anwendung) mit den Komponenten

- Plasma : CAT600 (Strom, Druckluft)
- Verdampfer : Sura Instruments (Strom, Druckluft)
- HMDSO : Pyrosil® CH-LIQUID (Menge bzw. Flussrate)

¹Industriestrompreis ca. 19 Cent / kwh

Druckluft ca. 4 Cent / m³

Pyrosil® ca. 100 EUR / L

¹Industriestrompreis für 2024 auf <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/252029/umfrage/industriestrompreise-inkl-stromsteuer-in-deutschland/#statisticContainer>
„Der Industriestrompreis inklusive der Stromsteuer betrug im Jahr 2024 (Stand: Februar) in Deutschland rund 19,1 Cent pro Kilowattstunde. ...“

Laufende Kosten? Einfache Überschlagsrechnung

Beispiel mit angenäherten Werten, hydrophile Schicht für Drucken

HMDSO Flussrate: 1 ml/min gasförmiges HMDSO → ca. 0,01 ml/min flüssiges HMDSO

Bsp. Pyrosil® : ca. 100 EUR / 1.000 ml → 0,1 EUR / 1 ml flüssiges HMDSO
→ 0,06 ml/h gasförmiges HMDSO bei 0,1 EUR/ml → 0,06 EUR/h → 6 CENT/h

Strom: Plasma 600 W, Verdampfer 350 W → ca. 1 kW bei ca. 0,19 EUR¹ → 19 CENT/h

Druckluft: Plasma 40 L/min, Verdampfer ca. 2 L/min → 2.520 L / h → 0,10 EUR/h → 10 CENT/h

HMDSO + Strom + Druckluft ca. 0,35 EUR/h

Beispiel für gerasterte Fläche

Verfahrensgeschw.: 200 mm/s

Rasterabstand: 6 mm

Fläche: 4,3 m²/h

Verschleißteil Elektroden:

Elektrodenpaar für 1 x CAT600 ca. 260 EUR

Standzeit ca. 3.000 -5.000 h, ggf. bis 10.000 h

¹Industriestrompreis für 2024 auf <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/252029/umfrage/industriestrompreise-inkl-stromsteuer-in-deutschland/#statisticContainer>

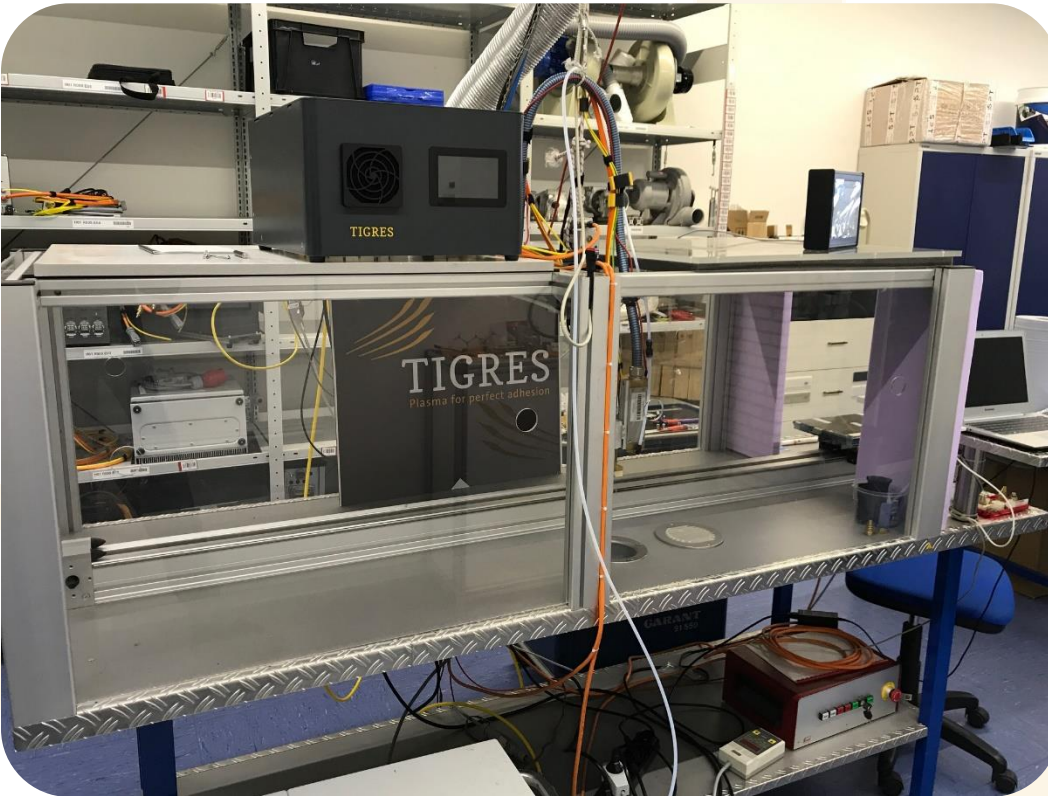
²Druckluft ca. 4 Cent / m³

TIGRES Labor, Versuchsgeräte, Tests etc.

Materialproben bemustern:

Test von Materialproben/Kleinserien im TIGRES-Labor: Professionelle Bemusterungen:

Aktivierung, Reinigung, Entgraten und Beschichtung mit Plasma



TIGRES Labor, Versuchsgeräte, Tests etc.

Versuche vor Ort:

TIGRES und INNOVENT - wir kommen auch zu Ihnen! Versuche vor Ort mit Versuchsgeräten, um direkt in oder an der Linie zu testen.

Mietsysteme:

Mehr als 30 Mietsysteme stehen zur Vermietung für Tests bei Kunden zur Verfügung

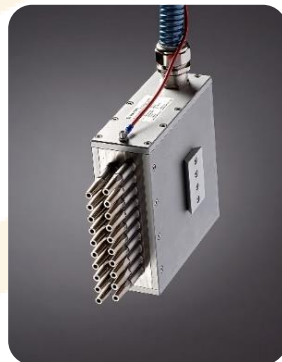
T-SPOT



CAT



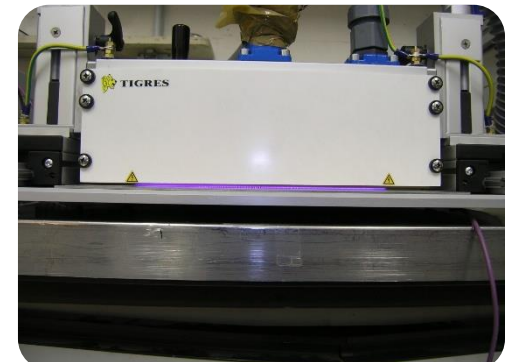
MEF



T-JET



DBD



Weitere Veranstaltungen mit TIGRES und INNOVENT:



46. Workshop

Mit Atmosphärendruckplasma die Energiewende gestalten

17. - 18. April 2024
Dresden / Sachsen

Impulse für Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit

In Zusammenarbeit mit Plasma Germany, DAS Environmental Expert GmbH & FutureSAX GmbH

ak-adp
Anwenderkreis
Atmosphärendruckplasma

The flyer features a collage of images showing industrial plasma processes, including a large industrial building, a close-up of a plasma torch, and various industrial components being treated with plasma.

17. - 18. April 2024

Dresden / Sachsen

46. Workshop

Mit Atmosphärenplasma die Energiewende gestalten – Impulse für Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit
Industrielle Abgasreinigung / Plasma-Chemie / umweltrelevante Plasmaanwendungen / Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

13. - 14. November 2024

Jena / Thüringen

47. Workshop

Nachhaltige Klebtechnik mittels Atmosphärendruck-Plasma
Potenziale - Praxistipps - Erfahrungen

Weiterbildung für die Praxis

Weiterbildungsbaukasten mit Themen nach Wahl:
Atmosphärendruckplasma | Beflammungstechnik | Galvanik – zur Oberflächenbehandlung und Beschichtung

Termine auf Anfrage, Jena oder beim Auftraggeber
www.innovent-jena.de/dreiklang

Vorschau 2025:

April 2025

48. Workshop

mit Wettbewerb #ZukunftADP 2025

- attraktive Angebote für Sponsoren

- mit Industrieausstellung

Einreichungen sind jederzeit möglich



QR-Code scannen
für mehr Infos

Weitere Informationen und Anmeldung:

Ansprechpartnerin:

Dr. Kerstin Horn, INNOVENT e.V.
Technologieentwicklung Jena
Prüssingstr. 27b
07745 Jena

Telefon +49 3641 2825-61
E-Mail info@ak-adp.de

www.ak-adp.de



www.innovent-jena.de

Programm-Flyer, Informationen zum Workshop und online-Anmeldung unter
<https://www.ak-adp.de/46-ak-adp-workshop/>

TIGRES: Messe DRUPA 2024 in Düsseldorf

Besuchen sie TIGRES auf der DRUPA 2024:

Halle 12, Stand D42, Messe Düsseldorf

28.5. – 7.6.24

TIGRES zeigt auf der DRUPA Messe die neuesten Entwicklungen der Plasmatechnologie rund um das Thema Drucken

<https://tigres-plasma.de/event/drupa-2024/>

[Direktlink zu TIGRES auf der Messe](https://tigres-plasma.de/event/drupa-2024/)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Peter van Steenacker



+49 4176 948 7728

Steenacker@tigres.de



Tigres GmbH

Sandhagenweg 2

21436 Marschacht

DUNS-Nr: 34-233-7813 (UPIK)



Made in Germany

www.tigres-plasma.de

tigres@tigres.de

Tel. +49 4176 948 77 0