



**BODO MÖLLER CHEMIE**

# TechDialog

Interaktives Fachseminar  
mit praxisnahen Workshops:  
**Klebertechnologien  
in der industriellen Fertigung**

**15. Mai 2025 in Heidelberg**





**BODO MÖLLER CHEMIE**

TechDialog

# Klebertechnologien in der industriellen Fertigung

15.05.2025 | Heidelberg



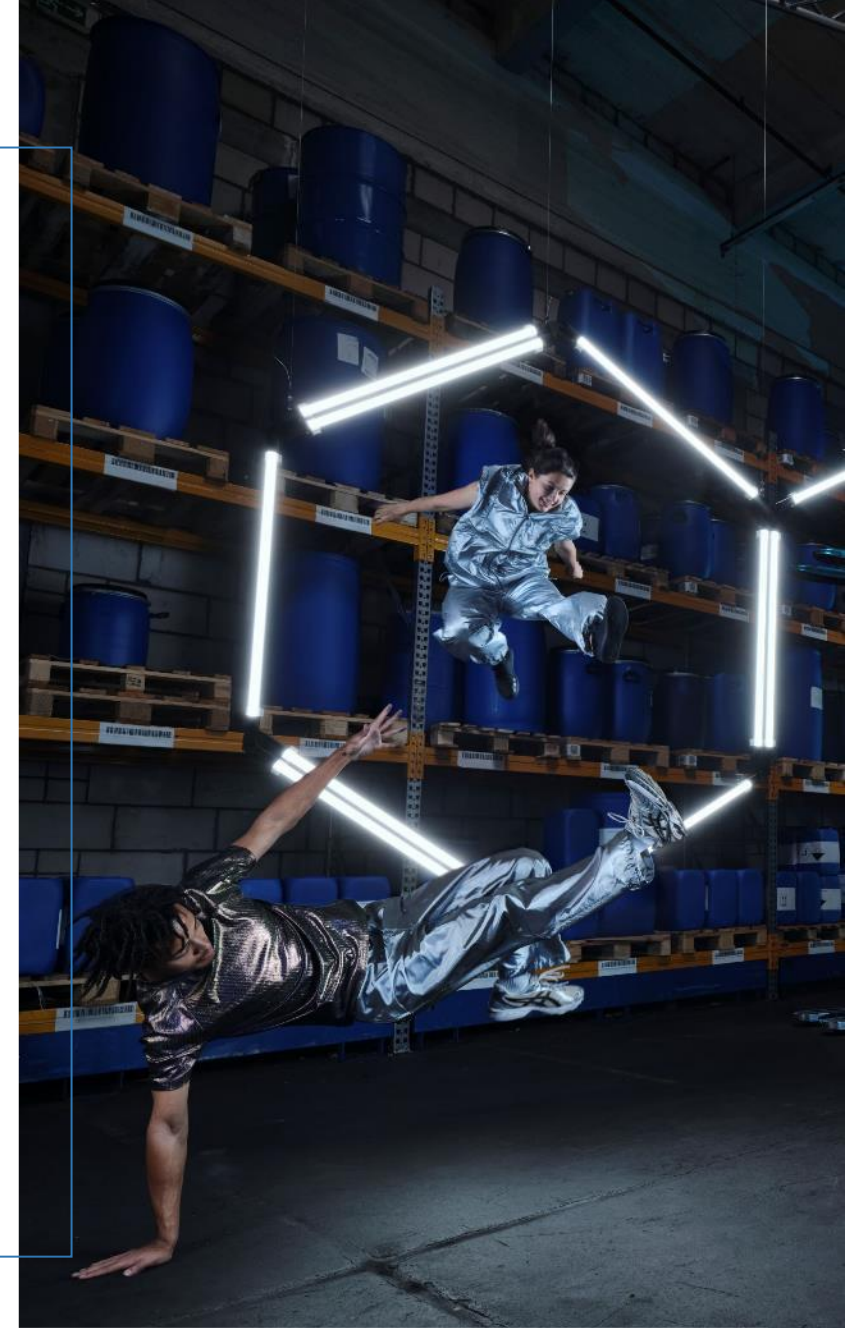
# Inspired by **visionary solutions**





# Agenda

1. About Bodo Möller Chemie
2. Sales development
3. Our global sales network
4. Advanced products from leading brands
5. Formulated Systems
6. Performance Chemicals
7. Full-service package
8. Adhesive Competence Center
9. Quality & Safety



**BODO MÖLLER CHEMIE**



# About Bodo Möller Chemie

## Solution provider

We are a leading global specialty chemicals distributor and solution provider.

## Profound knowledge

Deep product and process knowledge makes us an expert for application technology in various industries.

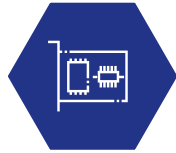
## Technical consulting

We translate chemical data into construction data to support engineers in their developments.

## Focus on megatrends

As a homogenic full line chemical supplier we focus on mega trends such as Hydrogen and E-Mobility!

ELECTRONICS



CASE



AUTOMOTIVE



E-MOBILITY



AEROSPACE



TEXTILE



TRANSPORTATION



PLASTICS



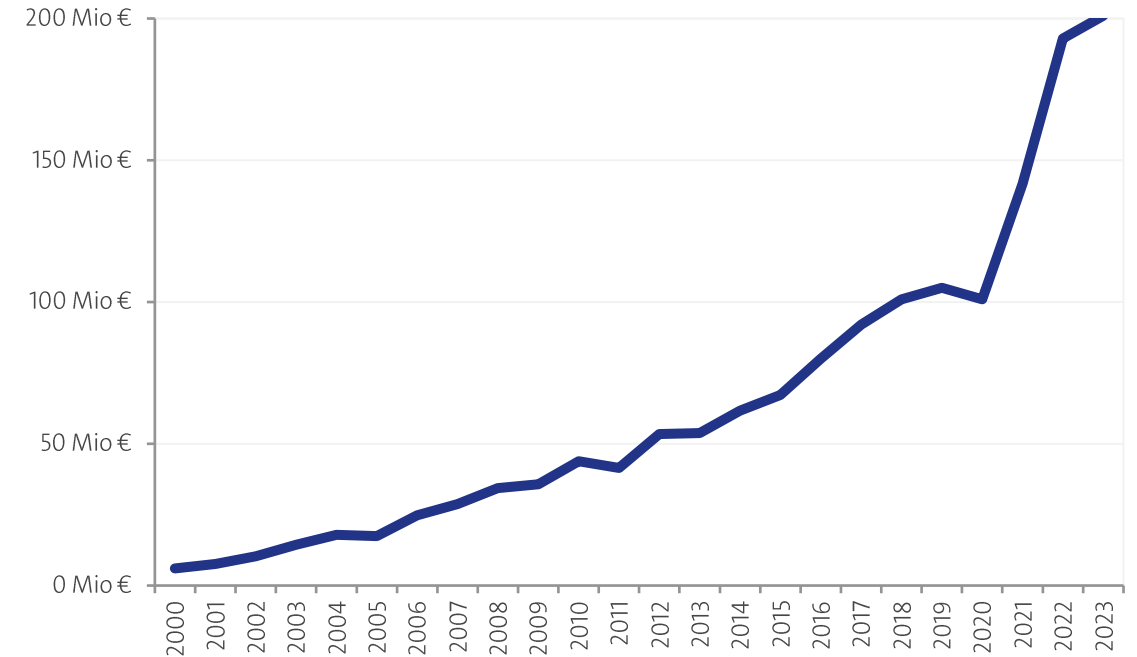
COMPOSITES & TOOLING



# Sales development



BMC GROUP, CONSOLIDATED REVENUE



## A STRONG GROUP

Bodo Möller Chemie has gained a strong market position due to long-term manufacturer partnerships, a need-based product portfolio and an intensive expansion strategy.



# Our global sales network



More than  
**40 locations**



**150 direct** technical  
sales staff



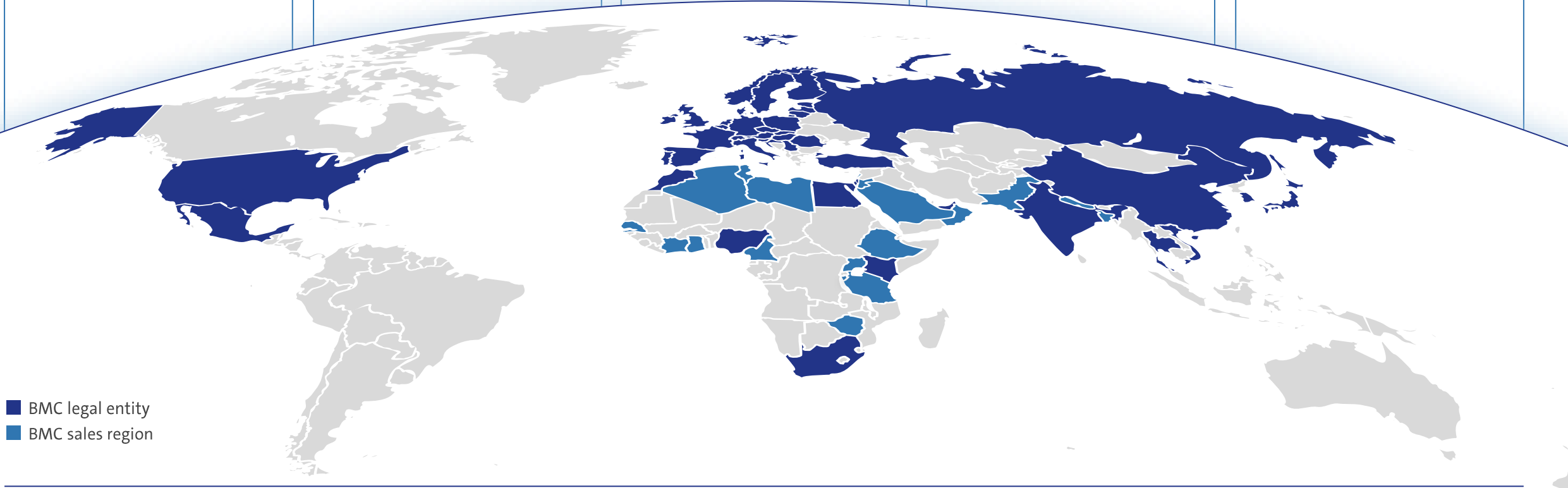
More than **200**  
**indirect** sales channels



**4** adhesive application  
**laboratories**



Hubs **around**  
**the globe**

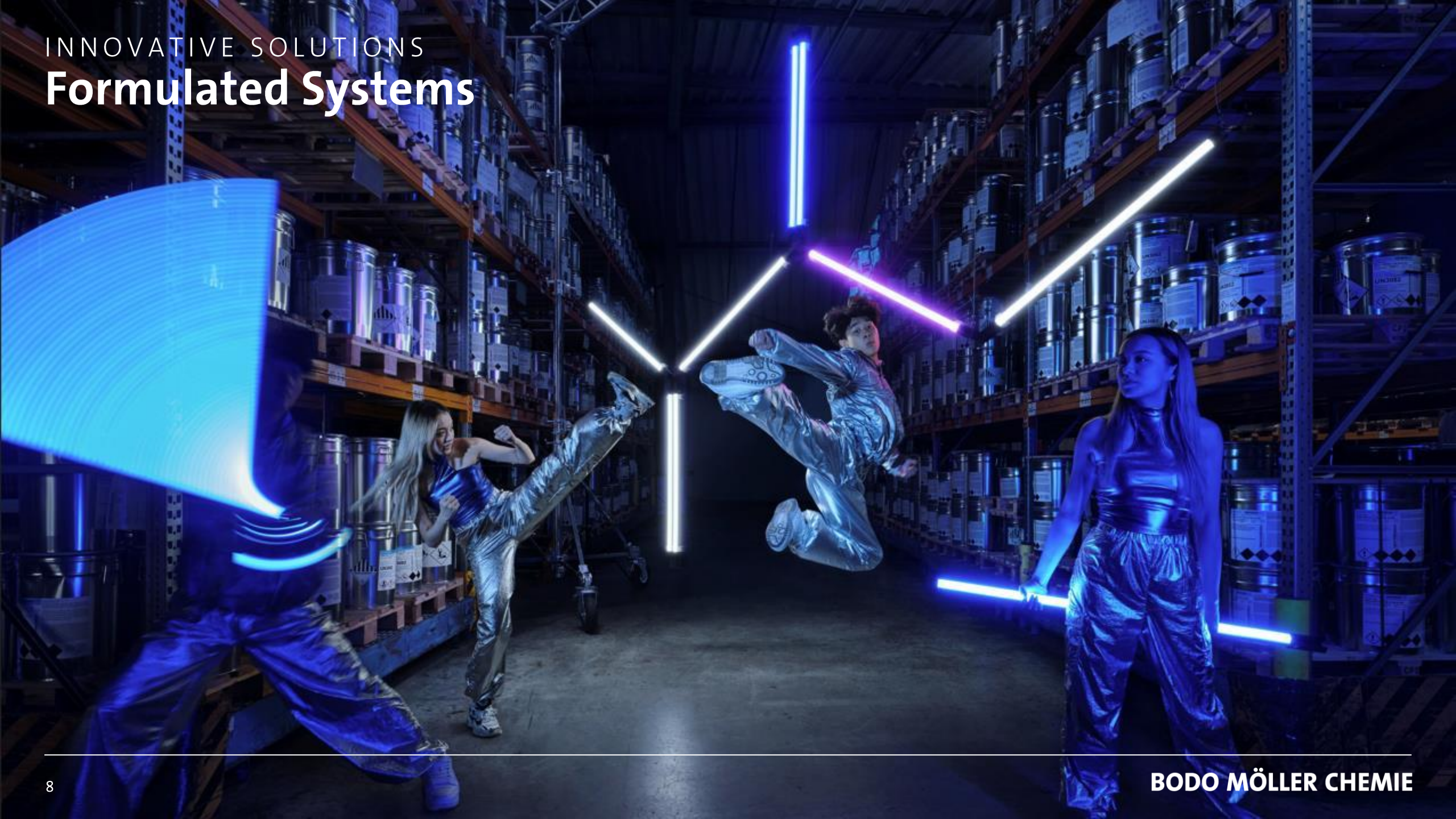


# Advanced products from leading brands

Bodo Möller Chemie stands for long-term partnerships and bundles the technologies of various brands under one roof.



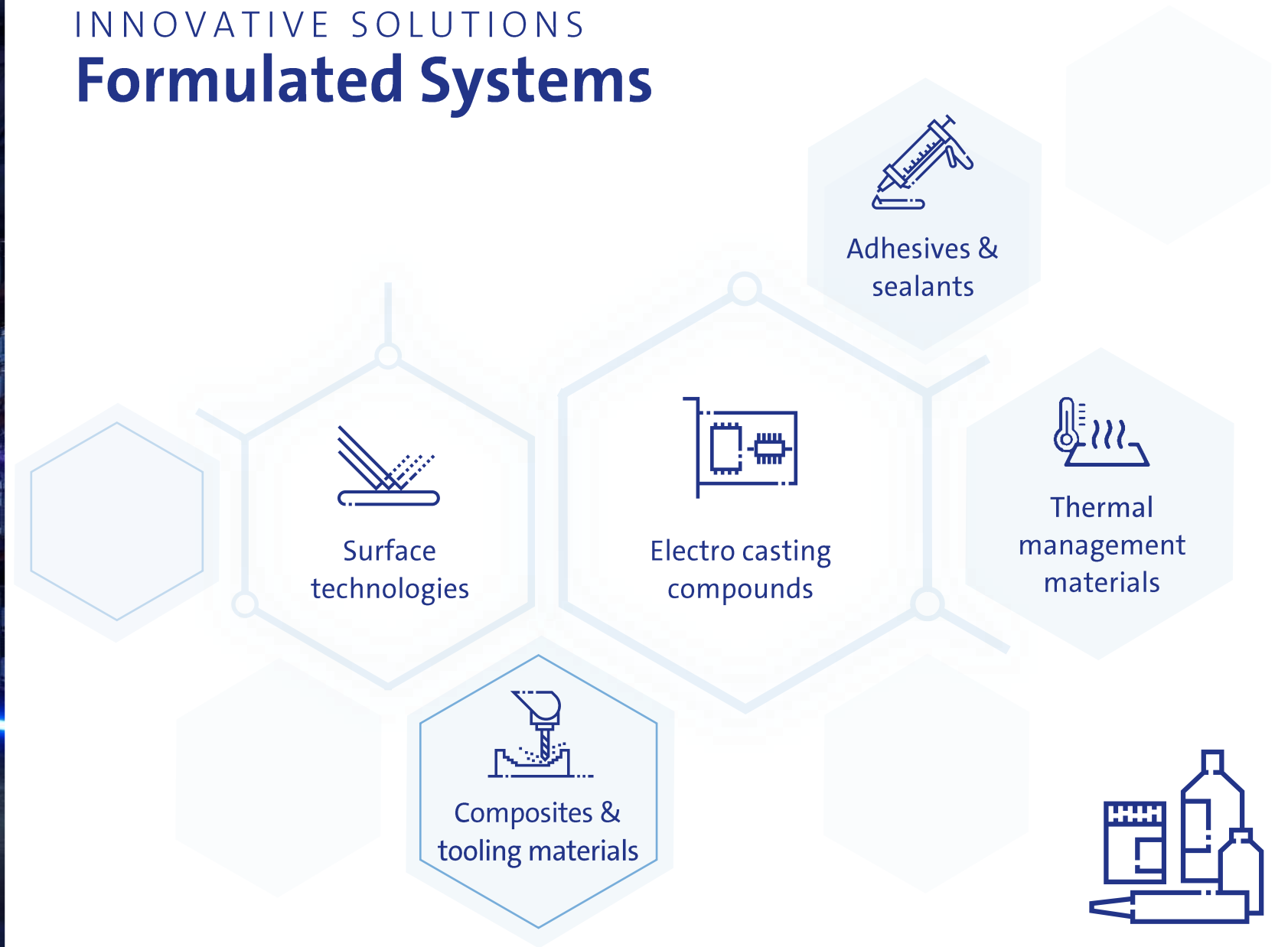
INNOVATIVE SOLUTIONS  
**Formulated Systems**







## INNOVATIVE SOLUTIONS **Formulated Systems**



INNOVATIVE SOLUTIONS

# Performance Chemicals





# INNOVATIVE SOLUTIONS

## Performance Chemicals



Plastic additives  
& pigments



Textile chemistry  
& dyes



Raw materials  
for CASE

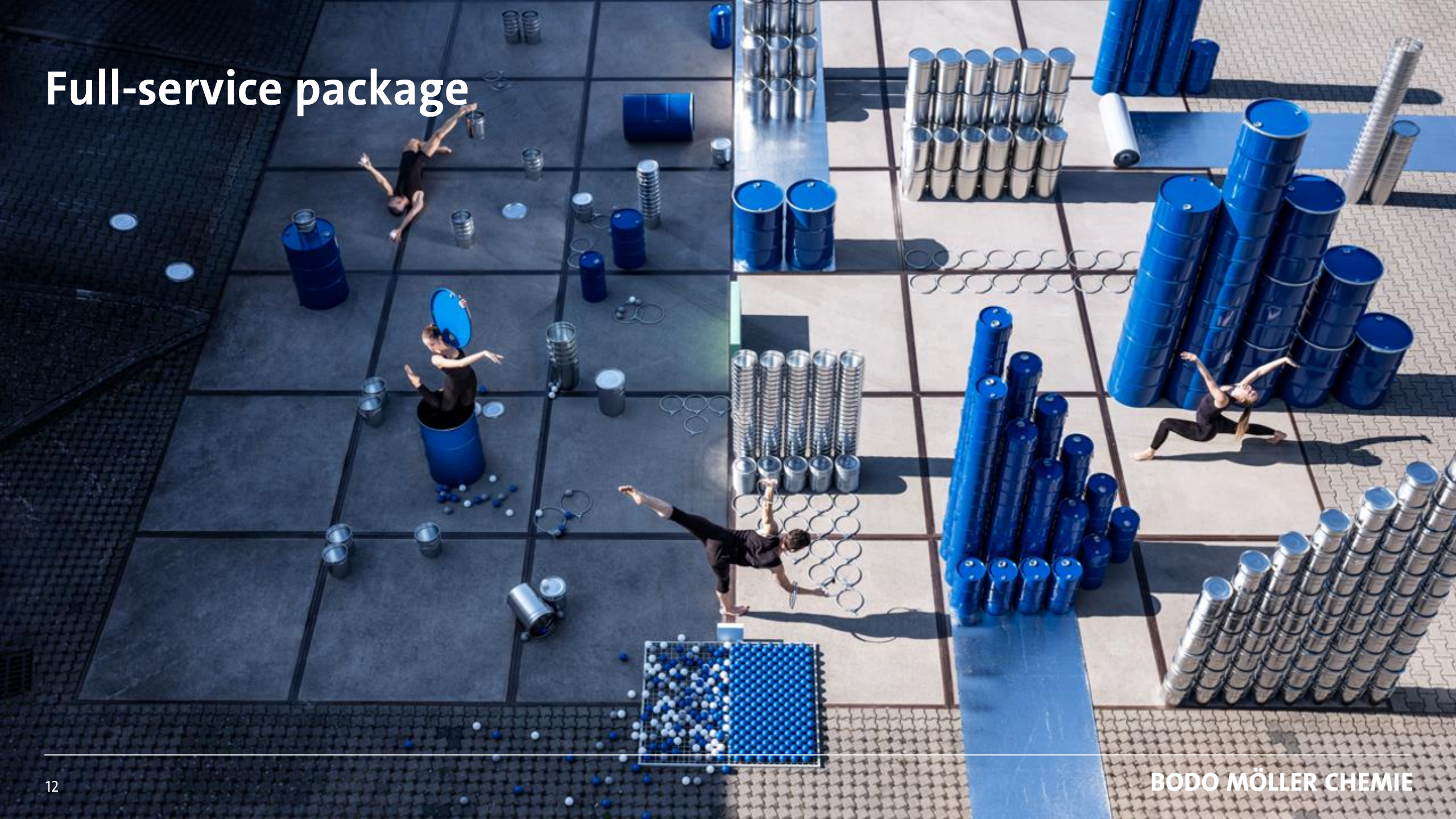


Lubricant  
additives





# Full-service package







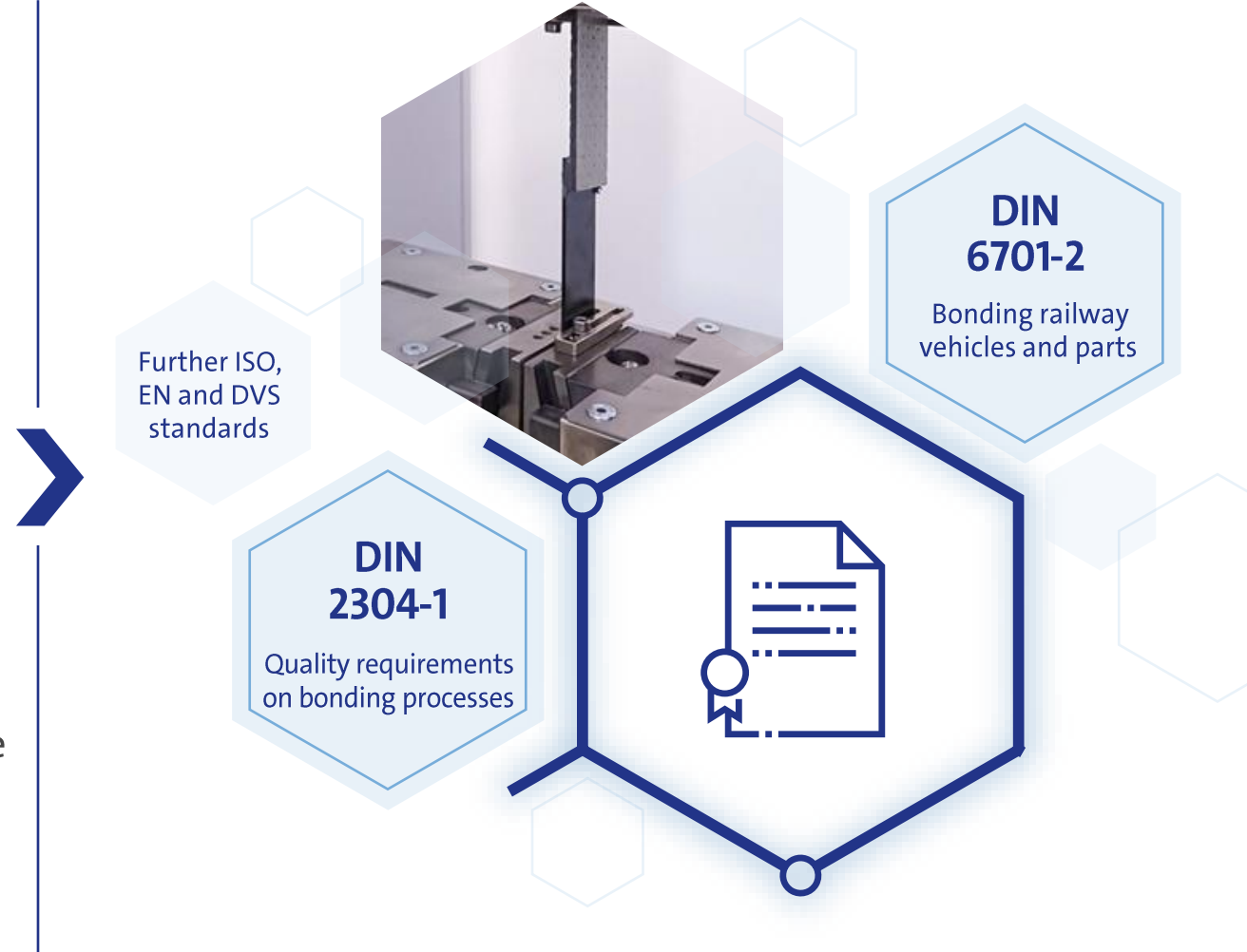
# Full-service package



# Unique holistic engineering approach

We offer full service in adhesive application technology. Our engineers support you along the whole development journey:

- 4 PhDs, 7 EAE and over 100 engineers
- International Laboratory Infrastructure – (Thermo-) Mechanical testing (Poland, Spain, China, India)
- Engineering Data Management – Determination of construction data
- Preparation and implementation of pre-audits
- Official Fraunhofer IFAM Training Center for adhesives (EAB&EAS) – Transfer of product and application knowledge
- Calculations and Simulations (FEM/FEA)





# Individual precision cutting of heat conducting foils

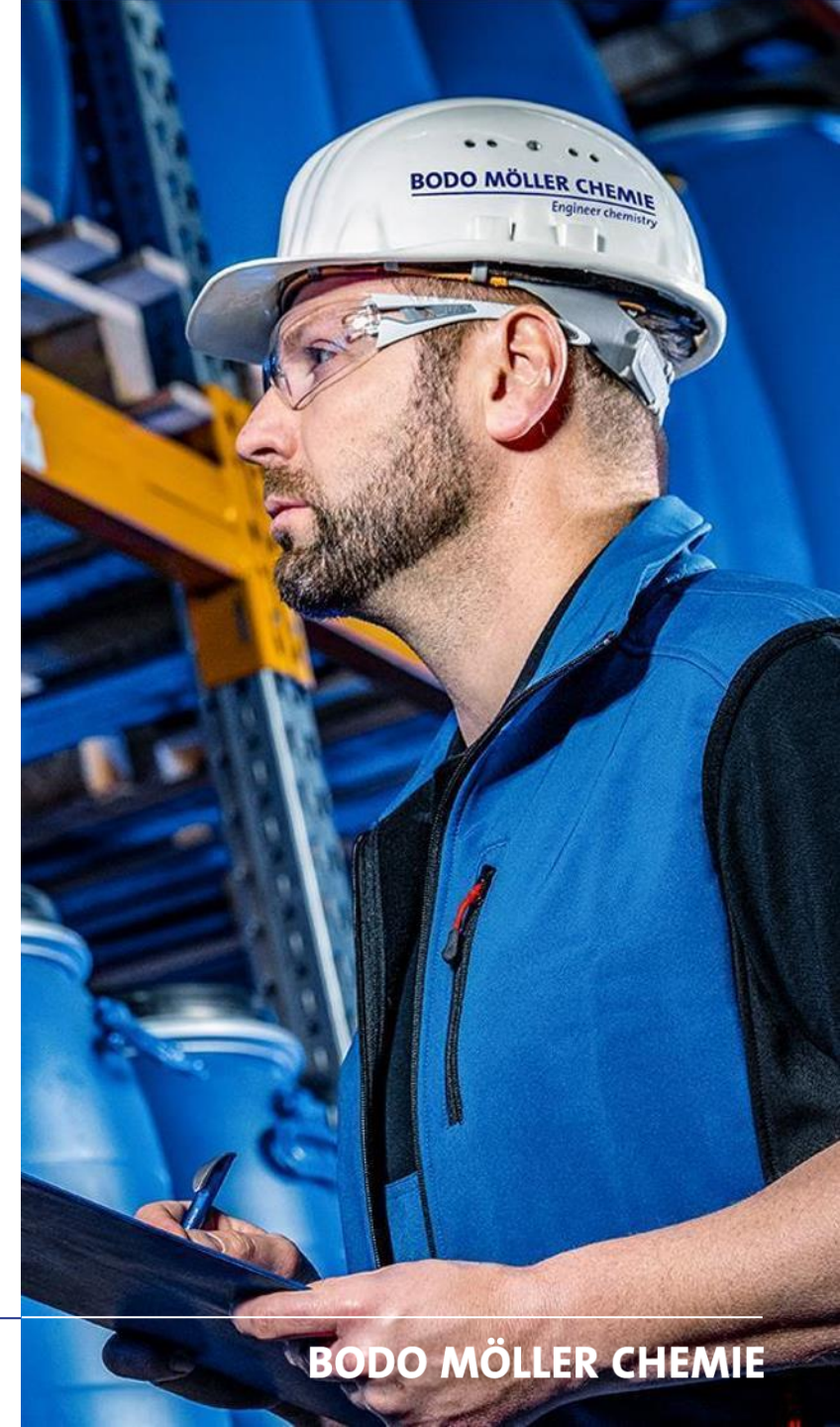
Individual, traceable TIM parts for electronics, automotive and aerospace quality systems

- Digital plotting/stamping
- Kiss-cut and through-cut
- Customized fabrication
- From prototype to large series



# Quality & safety

Bodo Möller Chemie complies with all important ISO standards of the chemical industry as well as specific standards in various industries and is actively engaged beyond legal requirements.



**BODO MÖLLER CHEMIE**



# Thank you for your attention

**Dr. Christoph Schnöll**  
Vice President of Technology

Bodo Möller Chemie GmbH  
Senefelderstr. 176  
63069 Offenbach a.M.  
Mobil: + 43 664 89543906  
Mail: [c.schnoell@bm-chemie.at](mailto:c.schnoell@bm-chemie.at)  
[www.bm-chemie.com](http://www.bm-chemie.com)

# Branches

## Europe

**Bodo Möller Chemie GmbH**  
Germany (Headquarters)

**Bodo Möller Chemie Schweiz AG**  
Switzerland

**Bodo Möller Chemie Austria GmbH**  
Austria

**Bodo Möller Chemie France SAS**  
France

**Bodo Möller Chemie Benelux N.V.**  
Benelux

**Bodo Möller Chemie UK Ltd.**  
UK / Ireland

**Bodo Möller Chemie Denmark Aps**  
Denmark

**Bodo Möller Chemie Sweden AB**  
Sweden

**Bodo Möller Chemie Norway NUF**  
Norway NUF

**Bodo Möller Chemie Finland Oy**  
Finland

**Bodo Möller Chemie Polska Sp. z o.o.**  
Poland

**Bodo Möller Chemie Baltics OÜ**  
Estonia / Latvia / Lithuania

**Bodo Möller Chemie Czech & Slovakia, s.r.o.**  
Czech Republic / Slovakia

**Bodo Möller Chemie Austria GmbH –  
Sucursala Bucuresti**  
Romania

## Europe

**Bodo Möller Chemie Hungary Kft.**  
Hungary

**BODO MÖLLER CHEMIE Austria GmbH –  
Podružnica Zagreb**  
Croatia

**Bodo Moeller Chemie Spain S.L.**  
Spain

**Bodo Moeller Chemie Portugal Unipessoal LDA**  
Portugal

**Bodo Möller Chemie Italia Srl.**  
Italy

**Bodo Möller Chemie Russia LLC**  
Russia

**BODO MÖLLER TURKEY KİMYA ÜRÜNLERİ TİCARET  
LTD. ŞTİ.**  
Turkey

## Africa

**Bodo Möller Chemie South Africa (PTY) Ltd.**  
South Africa / Sub-Sahara Region

**Bodo Moeller Chemie Kenya Ltd.**  
Kenya

**Bodo Moeller Chemie Nigeria FZE**  
Nigeria

**Bodo Moeller Chemie Egypt SAE  
Bodo Moeller Chemie Egypt Import Ltd.**  
Egypt

**Bodo Moeller Chemie Morocco SARL AU**  
Morocco

## Asia

**Bodo Möller Chemie Middle East FZE**  
United Arab Emirates / Arabian Peninsula

**BM Chemie Israel Ltd.**  
Israel

**Bodo Moeller Chemie India Private Limited**  
India

**Bodo Moeller Chemie (Shanghai) Co., Ltd. Bodo  
Moeller Chemie Hong Kong Ltd.**  
China

**Bodo Moeller Chemie (Thailand) Co., Ltd.**  
Thailand

**Bodo Moeller Chemie Vietnam Co., LTD**  
Vietnam

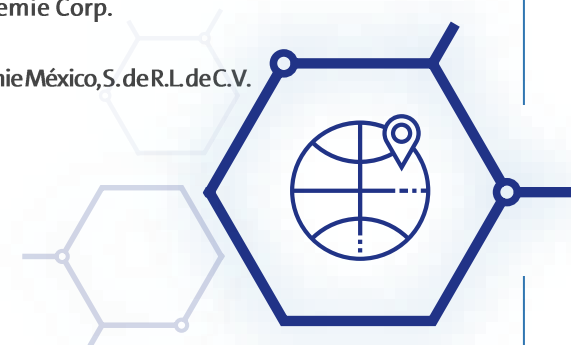
**Bodo Möller Chemie Korea LTD.**  
South Korea

**Bodo Möller Chemie Japan K.K.**  
Japan

## America

**Bodo Möller Chemie Corp.**  
USA

**Bodo Möller Chemie México, S. de R.L. de C.V.**  
Mexico





# Einführung Klebstofftechnologie

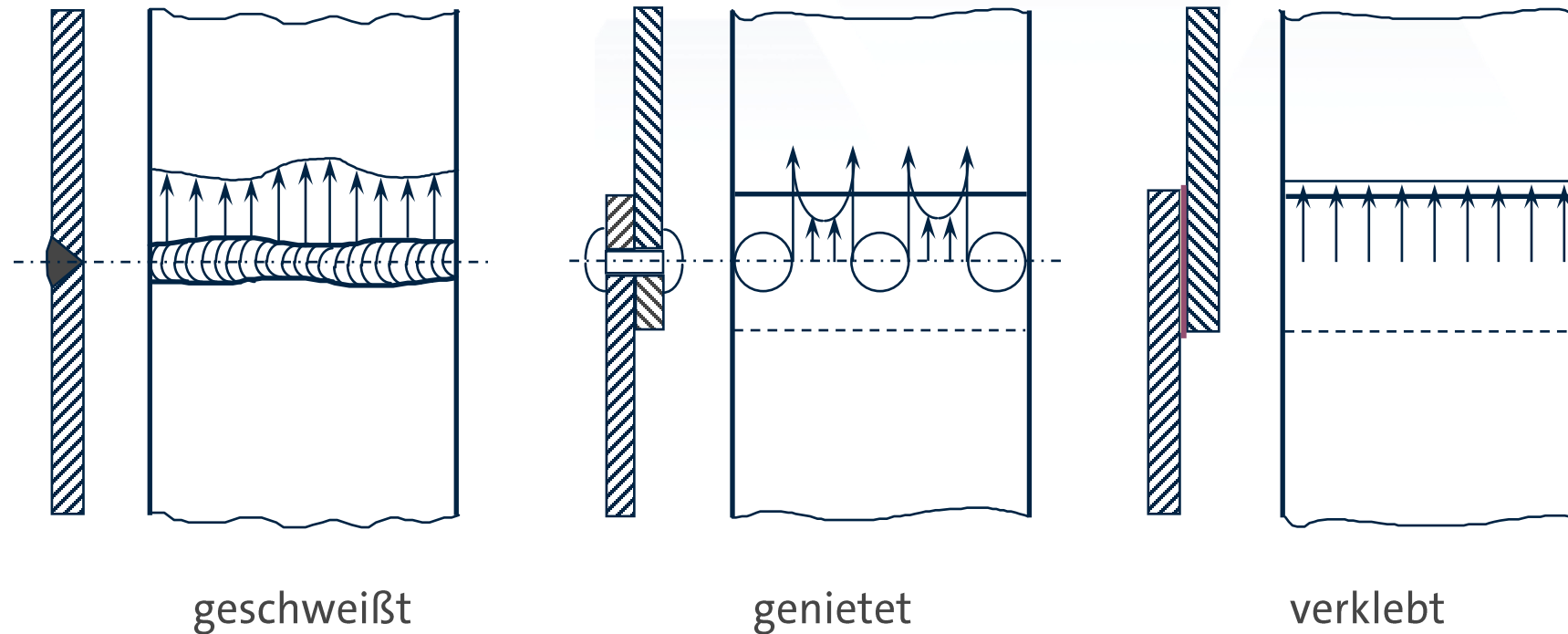


# Warum kleben wir?

## Vergleich der Spannungsverteilung

Ziel: Übertragung von Kräften

Weites Spektrum verschiedener Fügeverfahren für Metalle: Schrauben, Nieten, Clinchen, Löten, Schweißen, Kleben





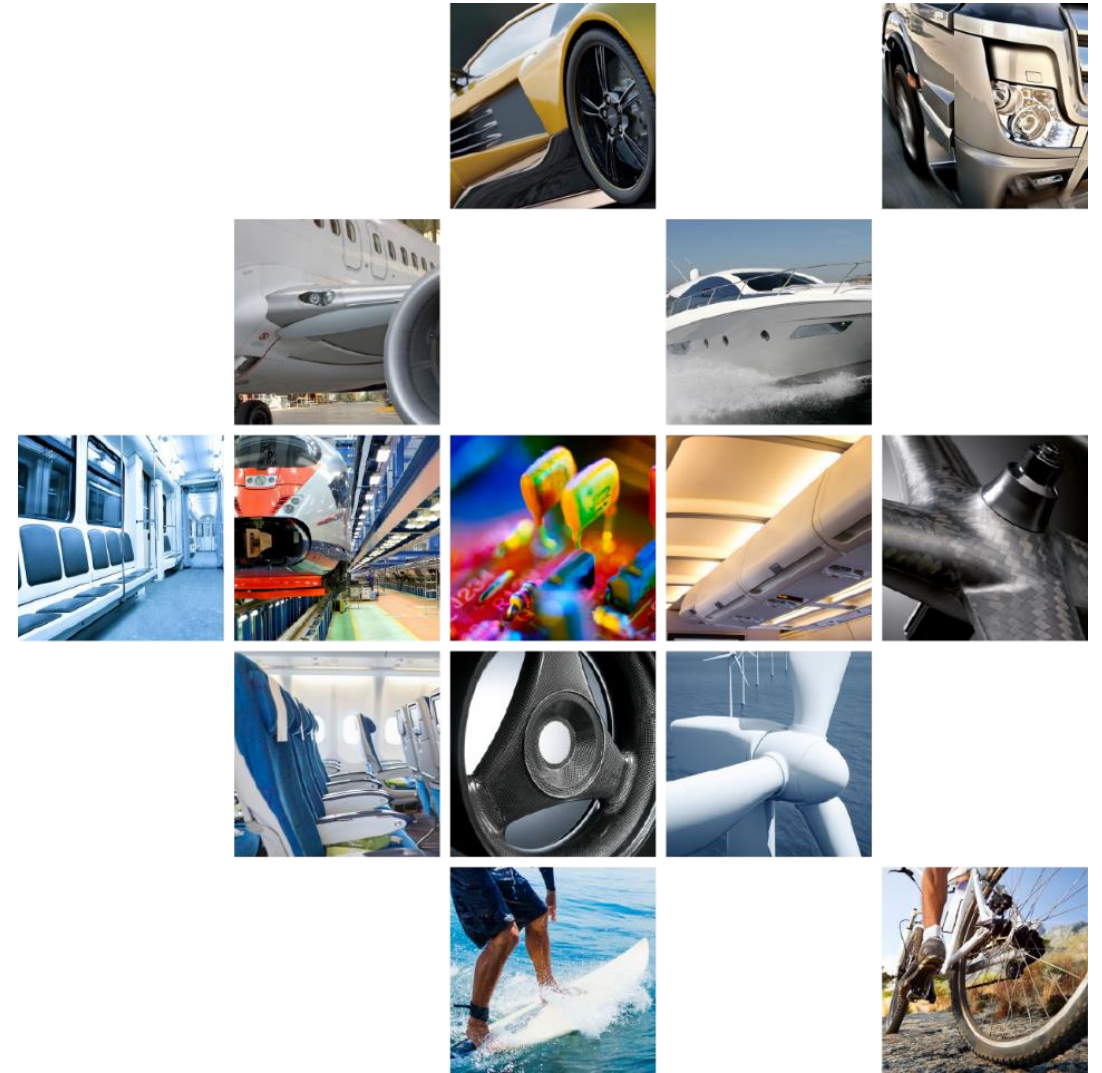
# EINFÜHRUNG KLEBSTOFFTECHNOLOGIE

## Anwendungsgebiete

### Wo werden Klebstoffe eingesetzt?

- Automotive
- Aerospace
- Railway – DIN 6701 (EN 17460)
- Bootbau
- Elektronik Industrie
- Leichtbau
- Wind & Solar Energie
- Bau Industrie
- Sport Industrie
- ...

Norm für Verklebungen in der allgemeinen Industrie  
→ EN 2304 (ISO 21368)



# Vorteile Kleben

## Kombination von verschiedenen Werkstoffen

- Fügeteile aus unterschiedlichen, artfremden Werkstoffen verbindbar
- Unterschiede in Ausdehnungskoeffizienten, Elastizität, Dicke etc. verschiedener Materialien lassen sich besser ausgleichen

## Erhalt der Werkstoffeigenschaften

- Keine hohe Temperaturbeeinflussung der Fügeteile
- Keine Schwächung durch Bohrlöcher etc.

## Herstellung komplexer Bauteile

- flächige Verbindungen, Leichtbauweise mit Composite oder Sandwich- Strukturen nur durch Kleben möglich
- Fügen dünner Fügeteile
- Erhöhung der Steifigkeit von Strukturen

## Zusätzliche Funktionen:

- Spaltfüllend / Ausgleich von Passungstoleranzen
- Abdichtung gegen Medien (Wasser)
- Elektrische Isolation möglich
- Dämpfungseigenschaften (Vibration, Schall)
- Weniger Probleme mit Korrosion (Kontaktkorrosion)



# Limitierungen Kleben

## Wärmefestigkeit der Verklebung ist begrenzt

- Festigkeit nimmt mit steigender Temperatur ab
- Zustand des Klebstoffes ändert sich bei hoher Temperatur von elastisch zu plastisch

## Polymertypische Alterung, insbesondere bei Belastung

## Begrenzte Beständigkeit gegen Chemikalien und andere Medien

## Härtungszeit, meist keine Sofortfestigkeit

- Teile müssen fixiert werden

## Fehlermöglichkeiten bei der Applikation

- Mischungsverhältnis, Durchmischung, Klimabedingungen
- Anforderung für saubere Oberflächen
- Vorbehandlung meist notwendig

## Klebgerechtes Design der Verbindung notwendig

# EINFÜHRUNG KLEBSTOFFTECHNOLOGIE

## Theoretische Grundlagen

### Definition Klebstoff

Nach DIN EN 923:

Nichtmetallischer Werkstoff, der Körper ohne Änderung des Gefüges durch Flächenhaftung (Adhäsion) und innere Festigkeit (Kohäsion) verbindet



# EINFÜHRUNG KLEBSTOFFTECHNOLOGIE

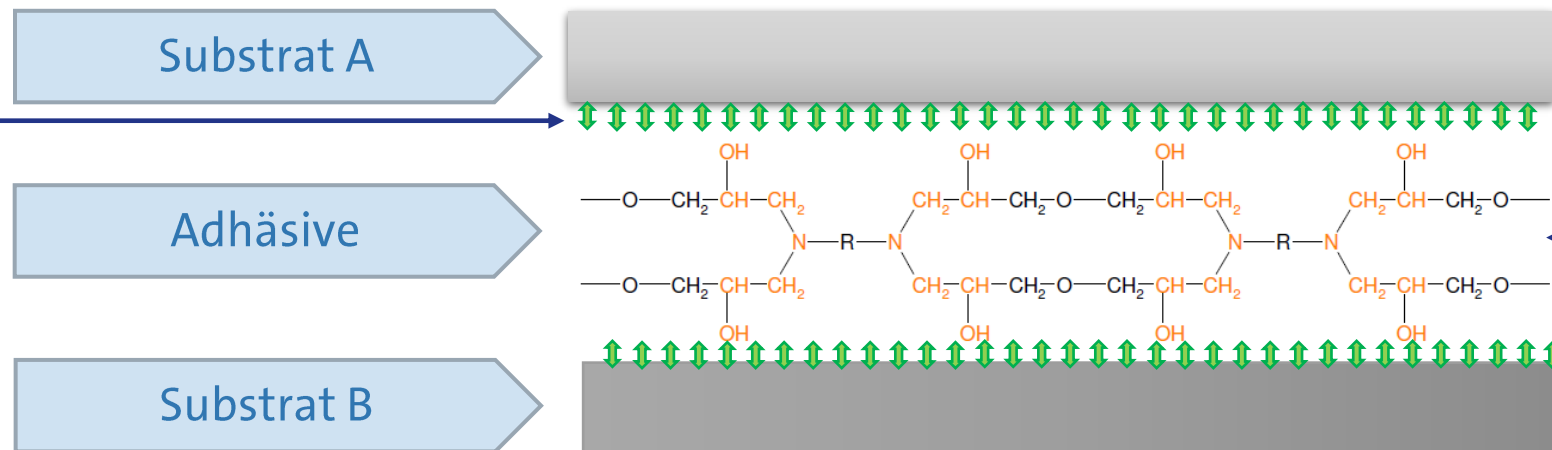
## Theoretische Grundlagen

### Adhäsion

Kräfte oder Haftung zwischen Klebstoff und dem Substrat.

### Kohäsion

Innere Festigkeit eines Stoffes durch Kräfte innerhalb des Klebstoffes bzw. Polymers



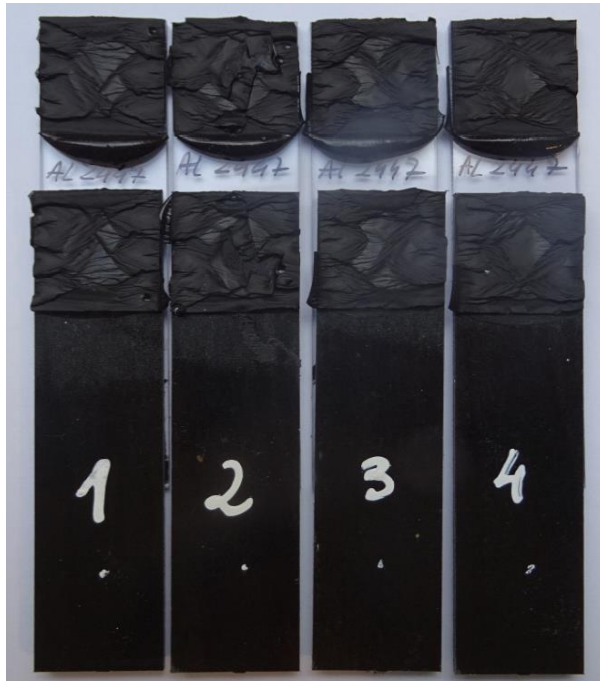
Zur maximalen Klebfestigkeit tragen Adhäsion + Kohäsion gleichermaßen bei.  
Eine Ausgewogenheit zwischen beiden ist anzustreben

# EINFÜHRUNG KLEBSTOFFTECHNOLOGIE

## Adhäsion und Kohäsion

### Kohäsivbruch

Nicht ausreichende innere Festigkeit des Klebstoffs



### Adhäsivbruch

Nicht ausreichende Haftung Klebstoff-Substrat

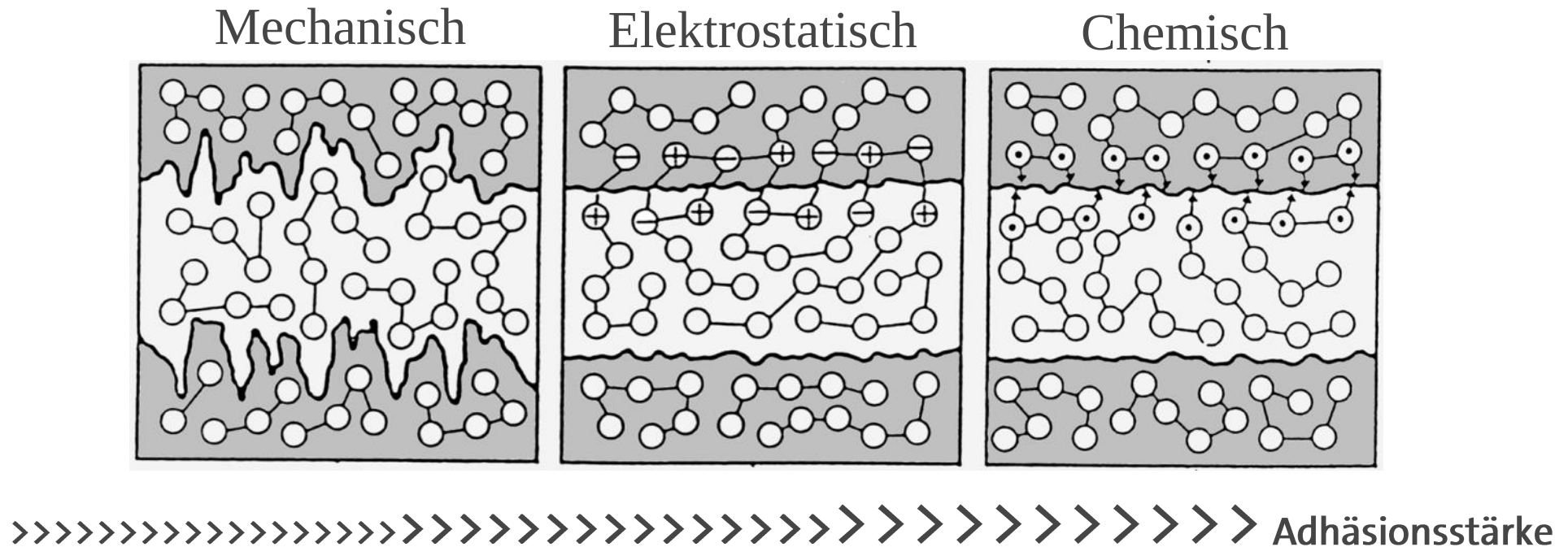
### Mischform



# Adhäsion

## Typen von Adhäsionsmechanismen:

Summe einer Vielzahl von mechanischen, physikalischen und chemischen Kräften, die einander überlappen und sich gegenseitig beeinflussen

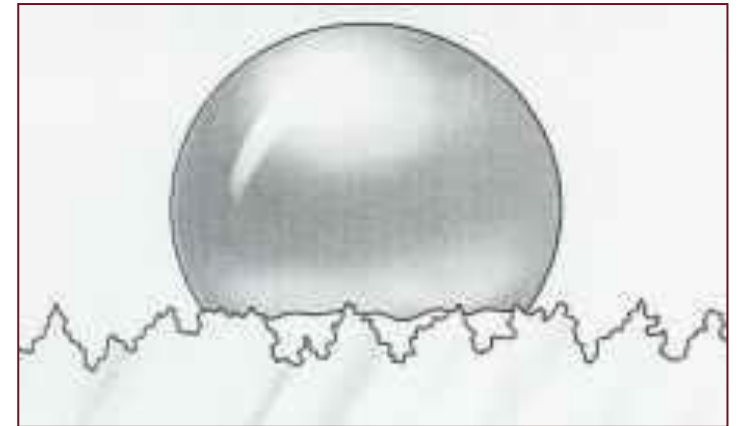




# Benetzung

Die Benetzung der Oberfläche hängt von folgenden Faktoren ab:

- Rheologie/Viskosität des Klebstoffs
- Oberflächenbeschaffenheit der Substrate
  - Rauigkeit, Verunreinigungen, Trennmittel
- Druck kann helfen, die Benetzung verbessern
  - Hat Einfluss auf die Dicke der Klebschicht
  - Allseitiges Aufbringen von Druck im Autoklaven möglich
- Oberflächenspannung des Klebstoffs
- Oberflächenspannung der Substrate

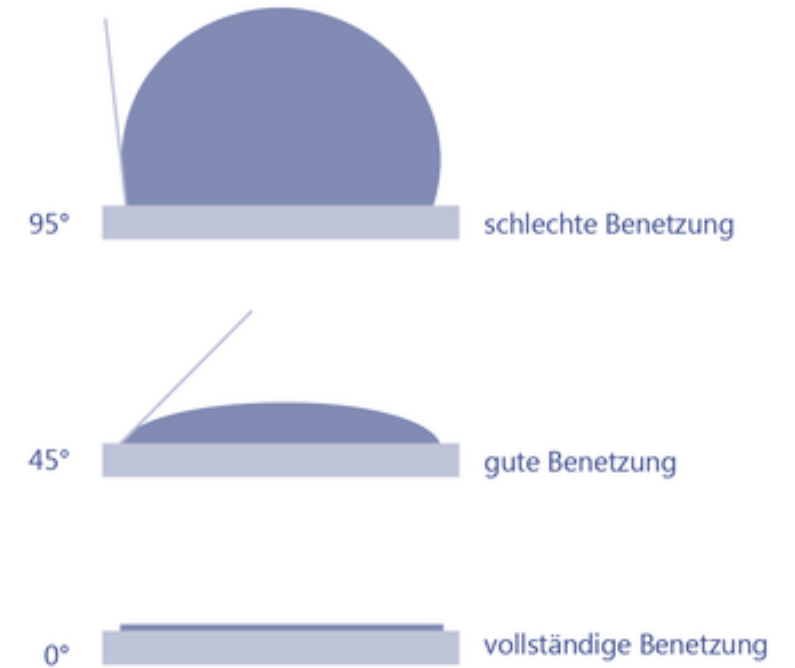


# EINFÜHRUNG KLEBSTOFFTECHNOLOGIE

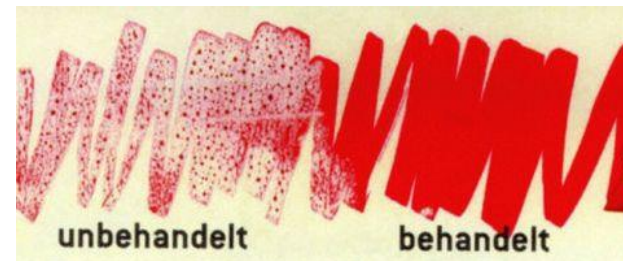
## Benetzung

Ein Tropfen Klebstoff versucht aufgrund seiner Oberflächenspannung eine Kugelform anzunehmen:

- Benetzung kann nur erfolgen, wenn die Oberflächenspannung der Flüssigkeit kleiner ist als die kritische Oberflächenspannung der Substratoberfläche
- Anziehung zwischen Substratoberfläche und Klebstoffmolekül muss höher sein als zwischen Klebstoffmolekülen



➡ Bedeutsamkeit der Vorbehandlung!!

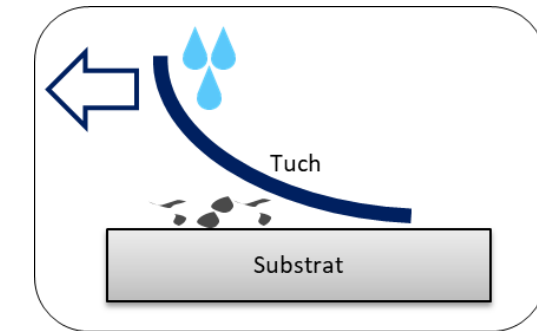
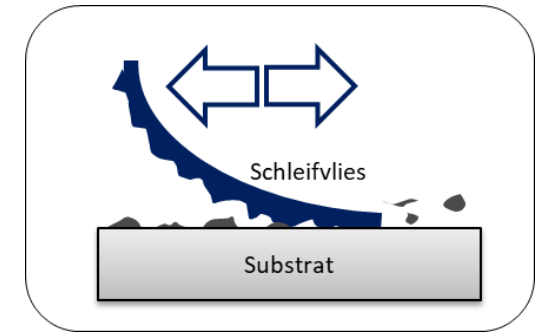
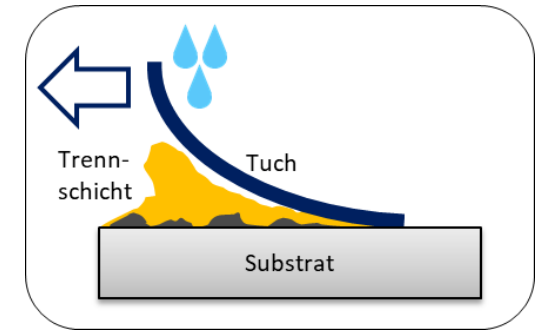
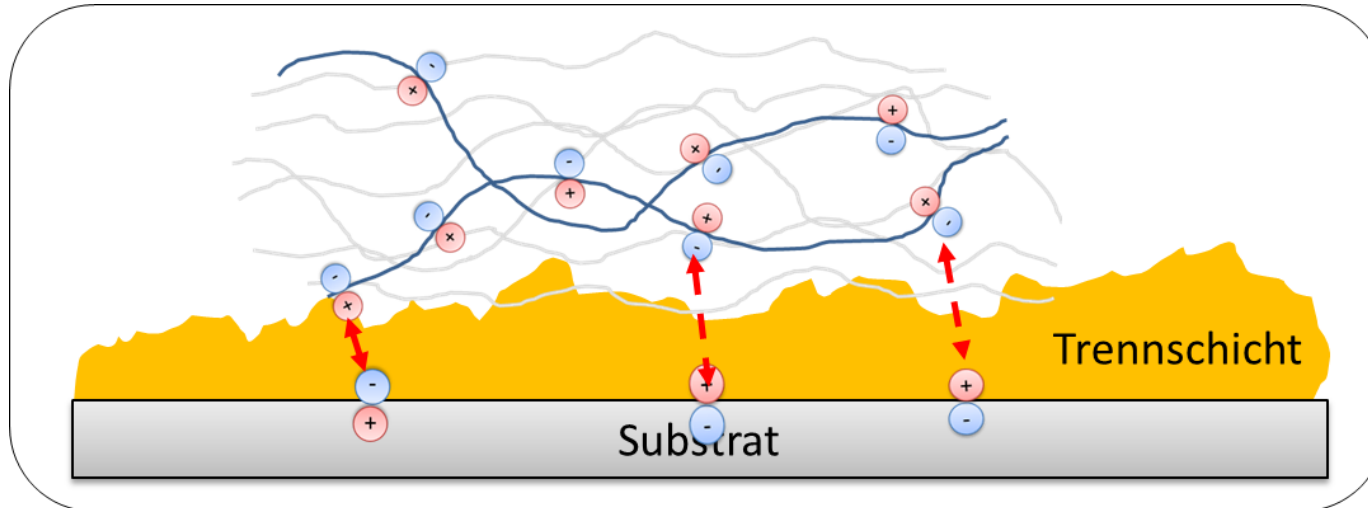


Oberflächenenergie kann mittels Testtinten einfach bestimmt werden.

# EINFÜHRUNG KLEBSTOFFTECHNOLOGIE

## Vorbehandlung

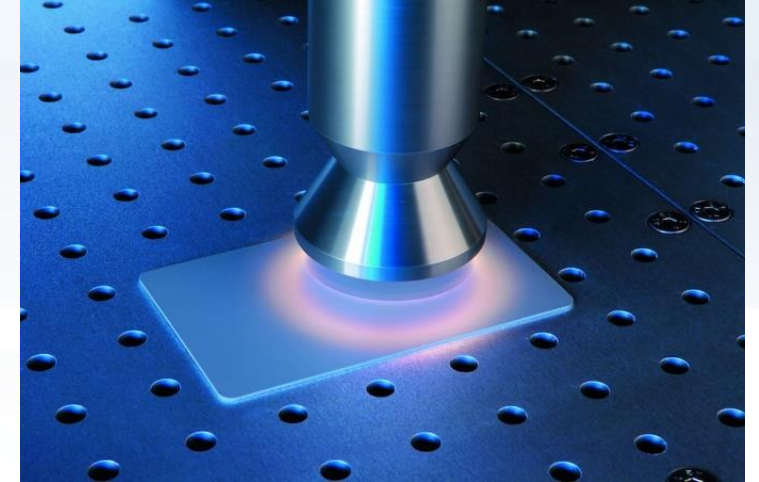
Sehr wichtiger Prozessschritt, um qualitativ hochwertige und reproduzierbare Klebeverbindungen zu garantieren.



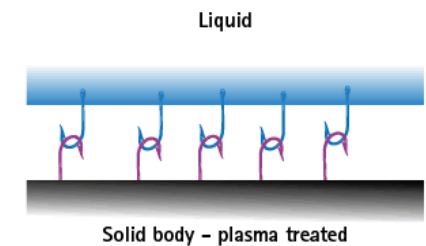
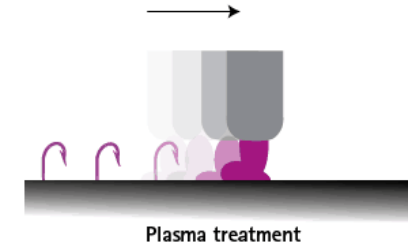
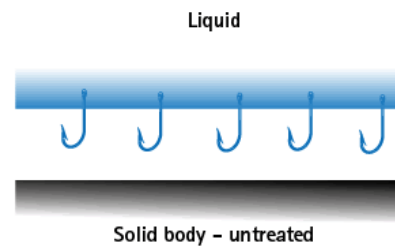


# Vorbehandlung - Oberflächenaktivierung

- Plasma
- Corona
- Laser
- Flämmen



Reaktive Gruppen (O, N) werden in die Oberfläche eingebracht  
(Erhöhung der Freien Oberflächenenergie)



# Klebstofftypen

## Physikalisch abbindende Klebstoffe

- Lösemittelhaltige Klebstoffe
- Dispersionen, Plastisole
- Schmelzklebstoffe
- Kontaktklebstoffe

### Vorteil

- Nicht reaktive Polymere; keine chemische Reaktion

## Chemisch abbindende Klebstoffe

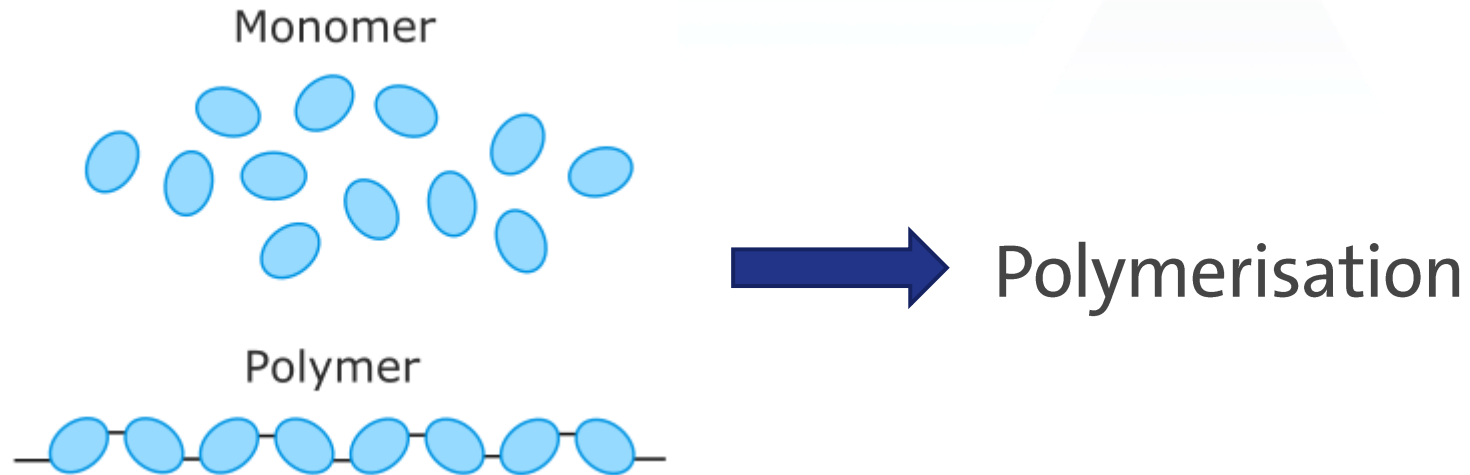
### Nachteil

- Festigkeit und Beständigkeit sind begrenzt
- Maximal erreichbare Zugscherfestigkeiten bis ca. 10 N/mm<sup>2</sup>
- Risiko durch Lösemittel, Entfernung Lösemittel oder Wasser
- Applikation bei hoher Temperatur (Schmelzklebstoffe)

# Reaktive Klebstoffe

Chemisch abbindende, reaktive Klebstoffe

flüssige, niedrig viskose Monomere oder Präpolymere, die erst bei der Anwendung zum Polymer reagieren





# Reaktive Klebstoffe

## Chemisch abbindende, reaktive Klebstoffe

### Vorteil

- Bessere Benetzung
- Vernetzung des Klebstoffes möglich
- Deutlich höhere Festigkeit und Beständigkeit
- Zugscherfestigkeit bis ca. 40 N/mm<sup>2</sup>
- Höhere Dauerfestigkeit wegen Vernetzung

### Nachteil

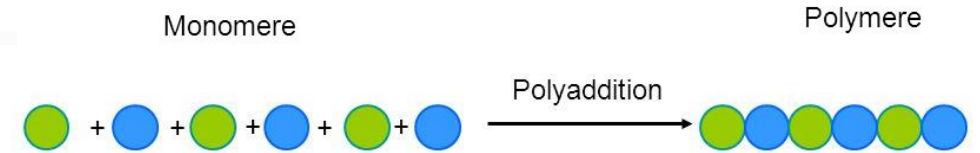
- Chemische Reaktion bei der Applikation notwendig
- Risiko durch fehlerhafte Parameter bei der Applikation
- Handling der Rohstoffe

# Reaktive Klebstoffe

## 3 verschiedene Aushärtungsmechanismen für reaktive Klebstoffe:

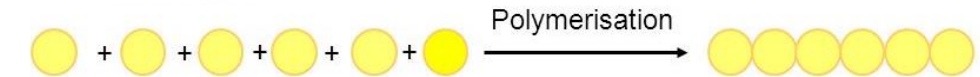
### Polyaddition (Epoxide, Polyurethane)

- 2 verschiedene polyfunktionelle Monomere (Harz + Härter)



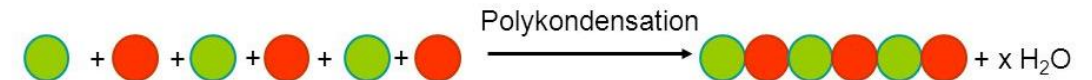
### Polymerisation (Acrylate, Cyanacrylate, Styrol)

- Monomere mit Doppelbindungen + Initiator



### Polykondensation (Phenolharze, Silikone, Polyimide, MS-Polymer)

- Abspaltung von niedermolekularen flüchtigen Komponenten wie z.B. Wasser, Alkohol



Kalt oder warm härtende Klebstoffe  
 Reaktive Klebstoffe können 2 komponentig oder 1 komponentig sein

# Sicherer Umgang mit Klebstoffen

Alle reaktiven Klebstoffe haben niedermolekulare Anteile, von denen bei unsachgemäßer Verwendung eine Gefahr ausgehen kann, z.B.

- Reizend, ätzend
- Sensibilisierung durch Hautkontakt und Einatmen
- entzündlich
- Wasser/Umweltgefährdend
- akute Toxizität

## Information

- Sicherheitsdatenblätter
- Gesetzliche Vorschriften
- Vorschriften der Berufsgenossenschaften

## Geeignete Arbeitsbedingungen

- Aufklärung
- Unterweisung
- Kontrolle



# Sicherer Umgang mit Klebstoffen

Angaben in Sicherheitsdatenblättern befolgen

## Persönliche Schutzausrüstung

- Hautschutz: geeignete Handschuhe
  - Butylkautschuk für EP Systeme
  - Nitrilkautschuk für andere reaktive Systeme
- Hautschutz: langärmlige Arbeitskleidung
- Schutz der Augen
- Ausreichend Luftaustausch oder Atemschutzgerät



# Vielen Dank Für Ihre Aufmerksamkeit



**Dr. Christoph Schnöll**  
Dipl.-Ing. | European Adhesive Engineer EAE  
Vice President of Technology

Bodo Möller Chemie GmbH  
Senefelderstr. 176  
63069 Offenbach a.M.  
Mobil: + 43 664 8954390  
Mail: [c.schnoell@bm-chemie.at](mailto:c.schnoell@bm-chemie.at)  
[www.bm-chemie.com](http://www.bm-chemie.com)



# Vertiefendes Know-how in der Klebstofftechnologie





# VERTIEFENDES KNOW-HOW IN DER KLEBSTOFFTECHNOLOGIE

## Zugscherfestigkeit

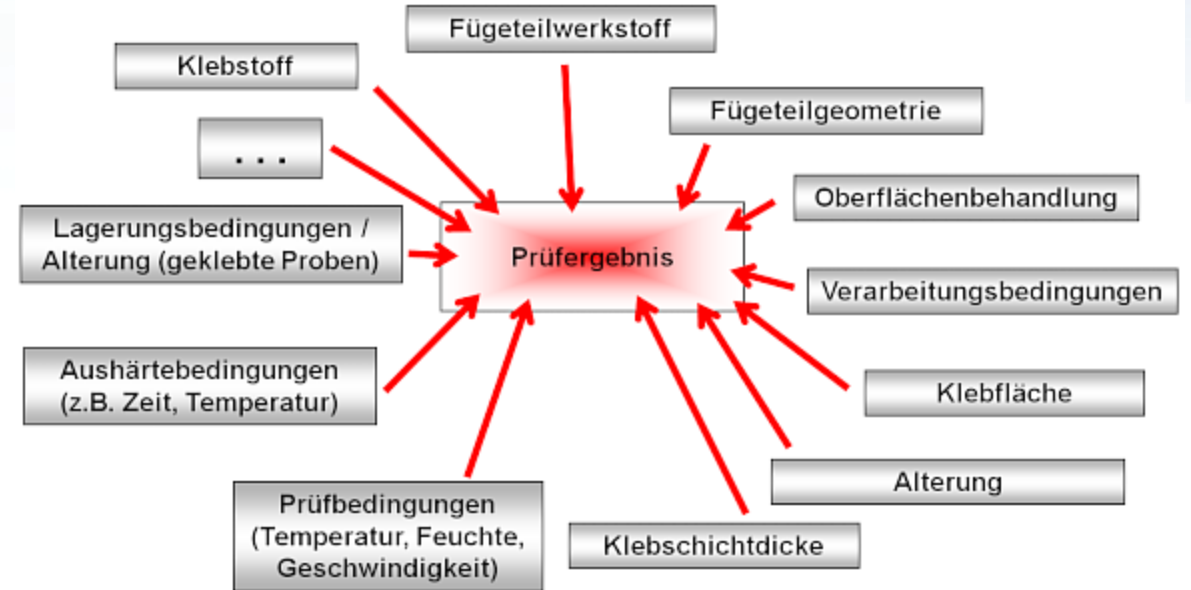
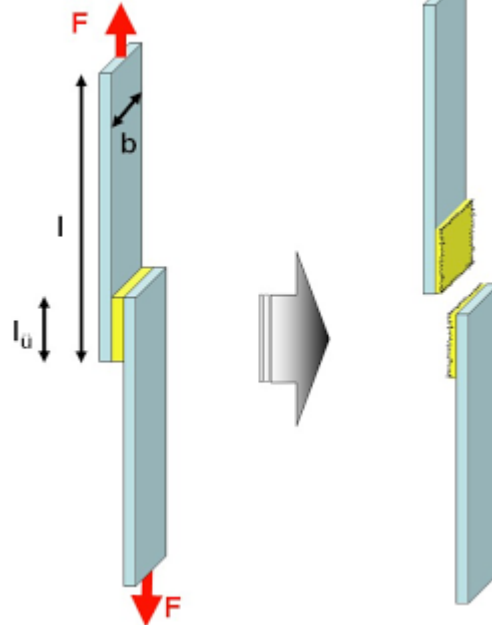
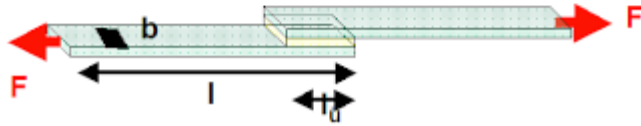
Erhöhung der Belastung bis zum Bruch

→  $F_{\max}$

Verbundfestigkeit = Zugscherfestigkeit:

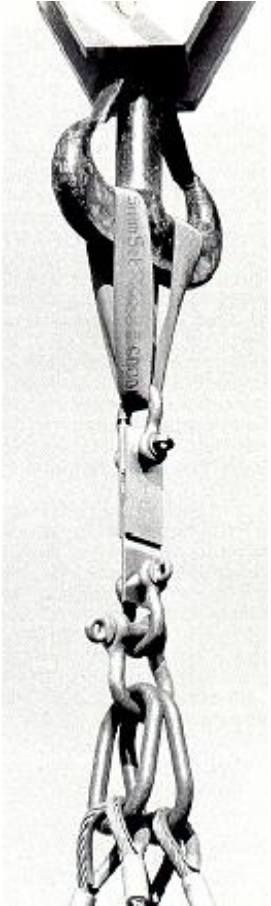
$$\tau_{\text{Verbund}} = \frac{F_{\max}}{l_u \cdot b}$$

Einheit:  $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \text{MPa}$



VERTIEFENDES KNOW-HOW IN DER KLEBSTOFFTECHNOLOGIE

# Eigenschaften der Verklebung



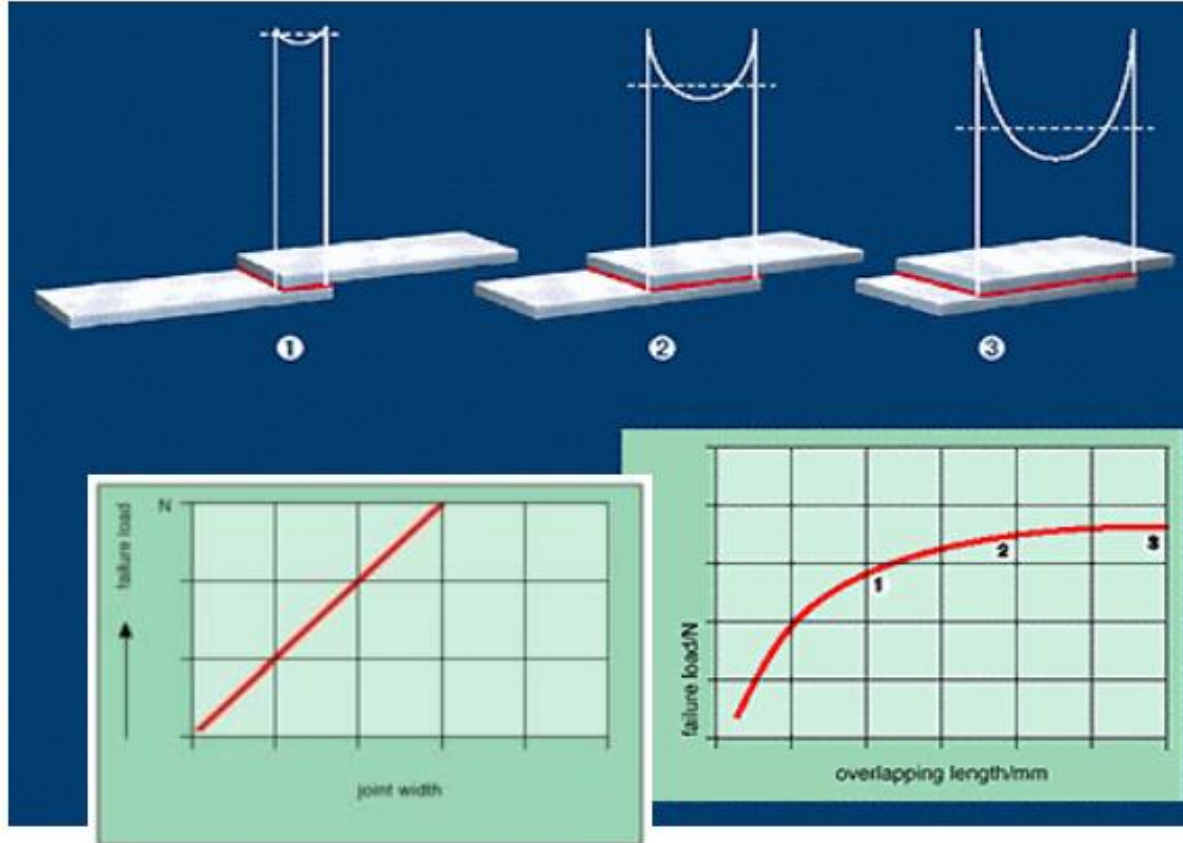
# Eigenschaften der Verklebung

## Zusammenhang Klebefestigkeit / Verklebungsfläche

- Zugscherfestigkeit ist proportional zur Überlappungsbreite
- Zugscherfestigkeit versus Überlappungslänge
  - ZSF ist nicht generell proportional zur Überlappungslänge
  - Erreicht ein Maximum: Optimale Überlappungslänge
  - Nimmt dann nicht weiter zu oder fällt ab!
- Zusätzliche Spannungsspitzen durch ungleichmäßige Dehnung der Fügeteile unter Spannung
- hängt dann auch von der Substratdicke ab
- Vorteilhaft: E-Modul Klebstoff kleiner als E-Modul Substrat



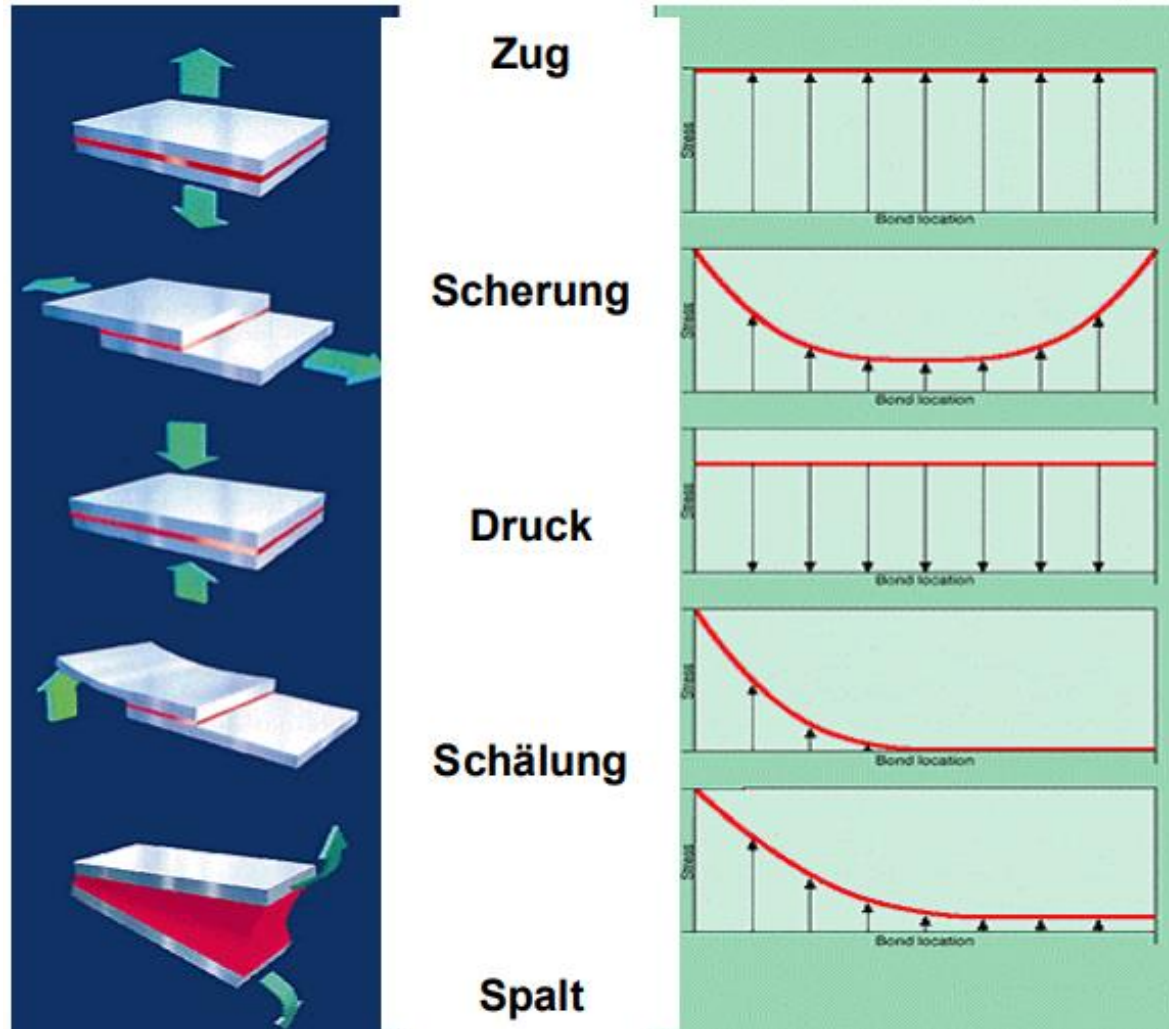
# Beanspruchungsarten - Konstruktion



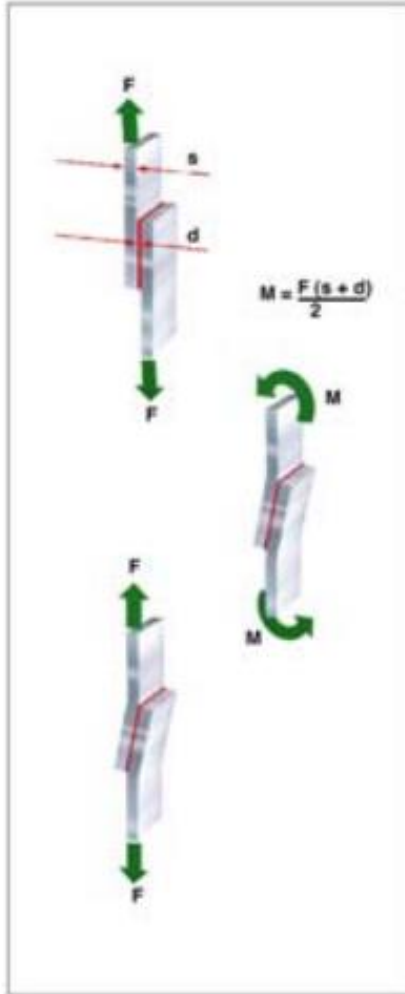
**schlecht:**  
lange, schmale Überlappung

**gut:**  
breite, kurze Überlappung

# Beanspruchungsarten - Konstruktion



# Beanspruchungsarten - Konstruktion



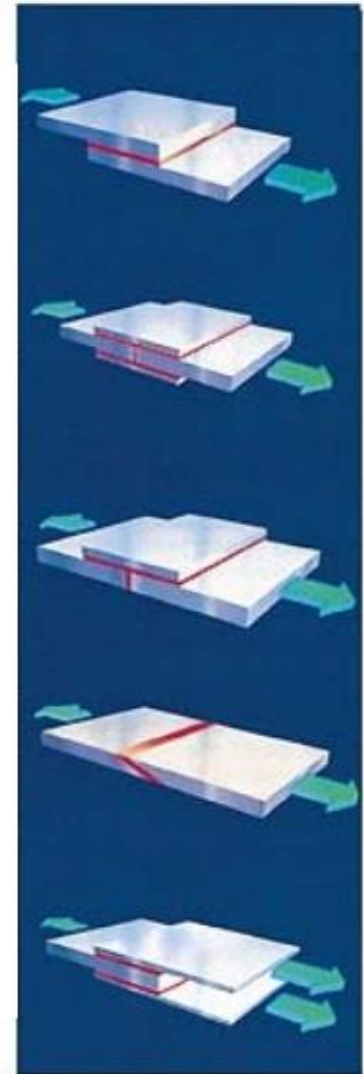
**Einfache Überlappung**  
= gut

**Doppelte Laschung**  
= sehr gut

**einfache Laschung**  
= gut

**30° Schäftung**  
= sehr gut

**Doppelte Überlappung**  
= gut

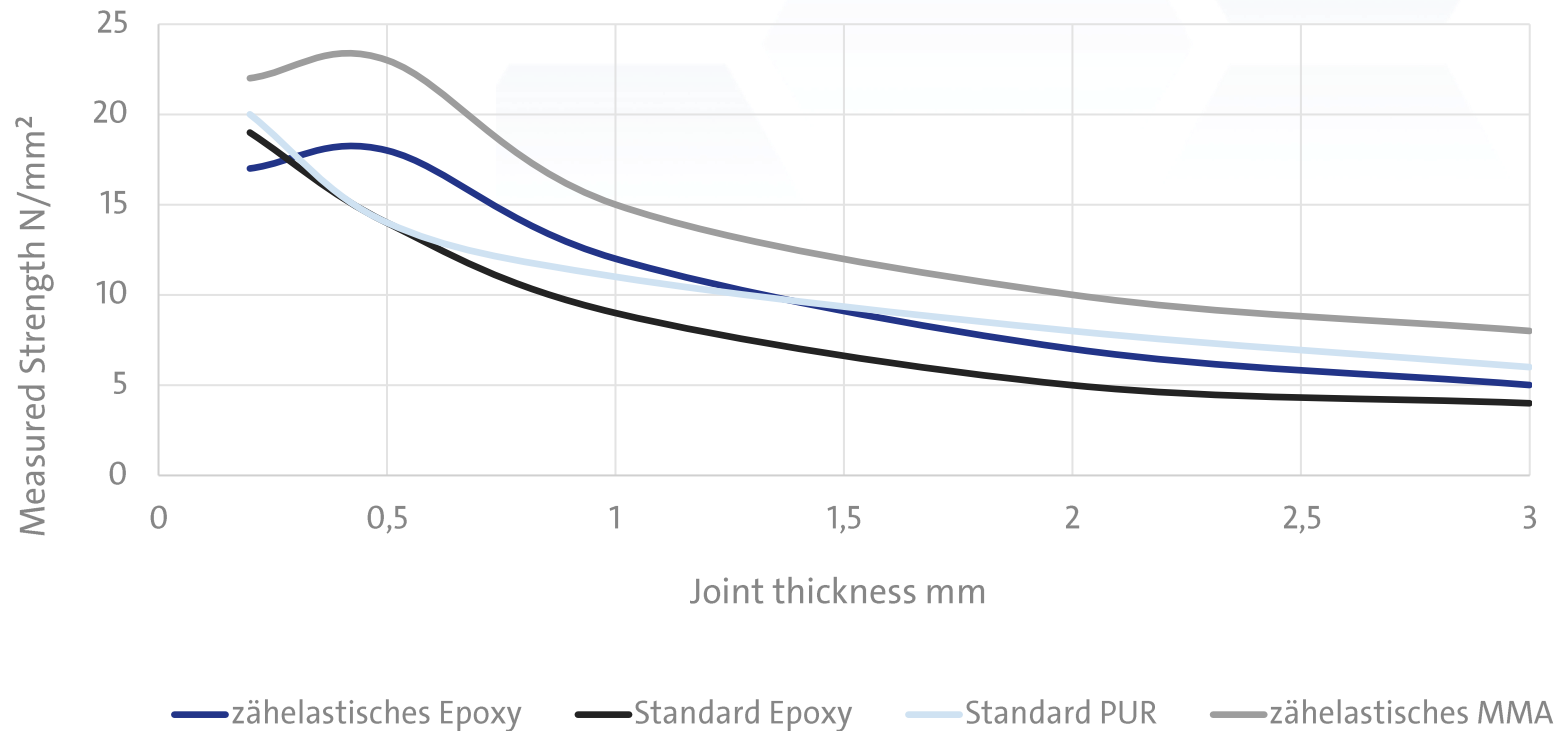




# Eigenschaften der Verklebung

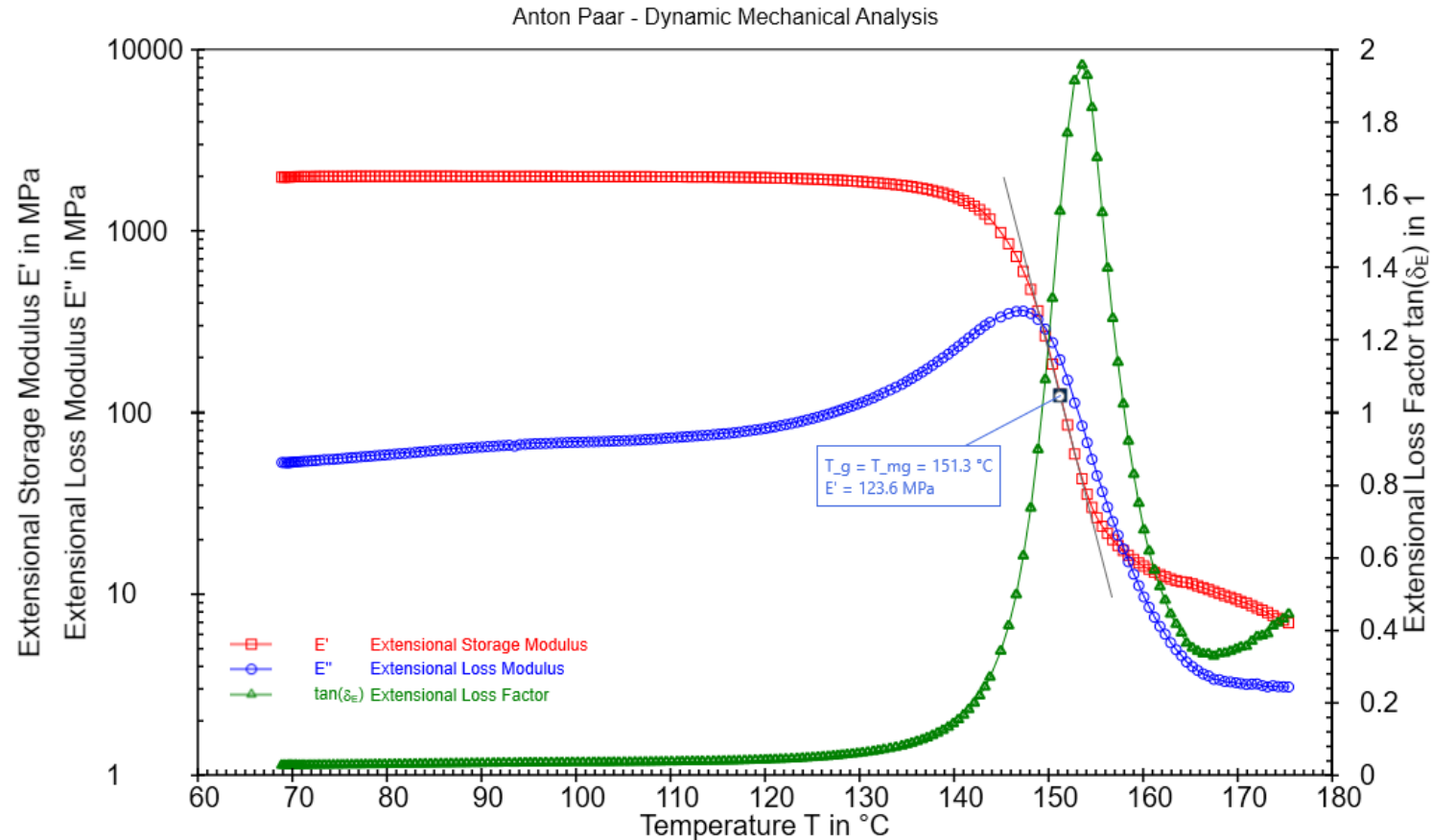
## Dicke der Klebefuge vs. Zugscherfestigkeit

- Höchste Zugscherfestigkeit wird erreicht mit dünnen Klebschichten
- Dickere Schichten: Biegemoment, Lufteinschlüsse, Schrumpfspannungen



# Glasübergangstemperatur $T_g$

Übergang von amorphen glasartigen in gummielastischen Zustand

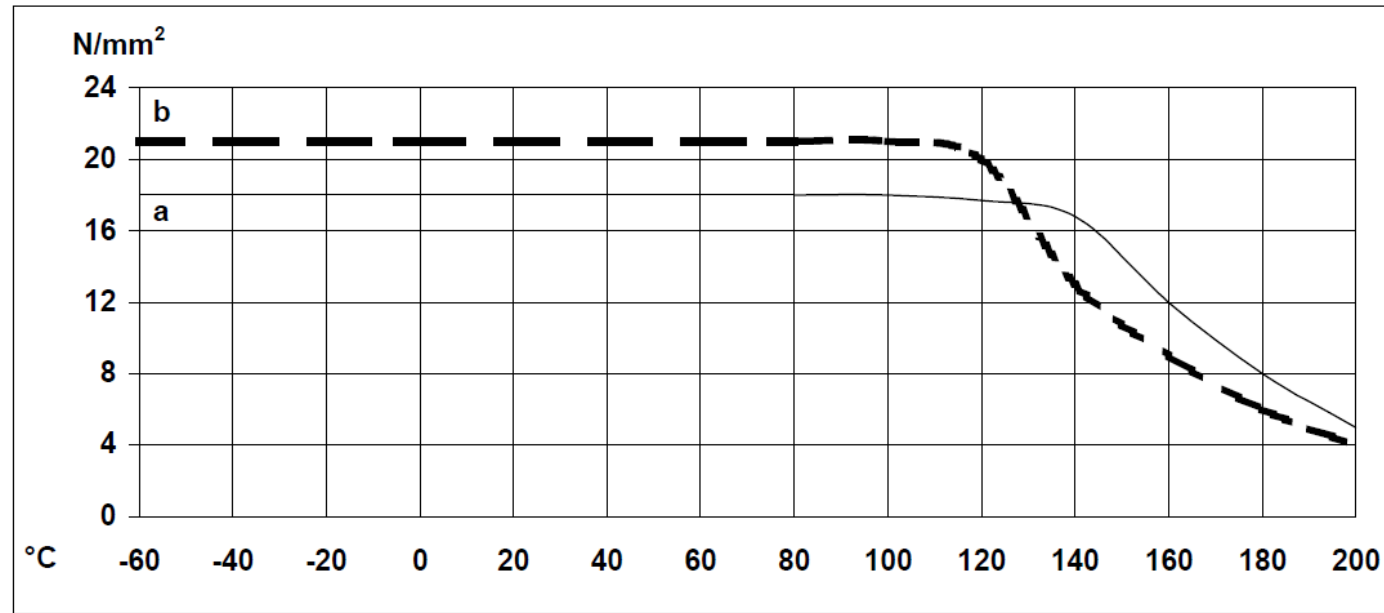


# Dauereinsatztemperatur

- Abhängig von Aushärtung Glasübergangstemperatur ( $T_g$ ), Grad der Vernetzung und Polymeraufbau
- Kein normiertes Prüfverfahren. Definition variiert von Hersteller zu Hersteller Huntsman: 1/3 der ZSF bei 23 °  
Coder min 5 MPa

Lap shear strength versus temperature (ISO 4587) (typical average values)

Cure: (a) = 24 hours at 23°C + 1 hour at 130°C (ACB shotblast); (b) = 30 minutes at 100°C (L165, pickled)





## VERTIEFENDES KNOW-HOW

# Kreislaufwirtschaft

- Fokusthema
- Strukturelle Verklebung für langfristige Verbindung
- Duroplastische Klebstoffe können nicht aufgelöst oder geschmolzen werden

➔ **Neue innovative Konzepte müssen entwickelt werden**



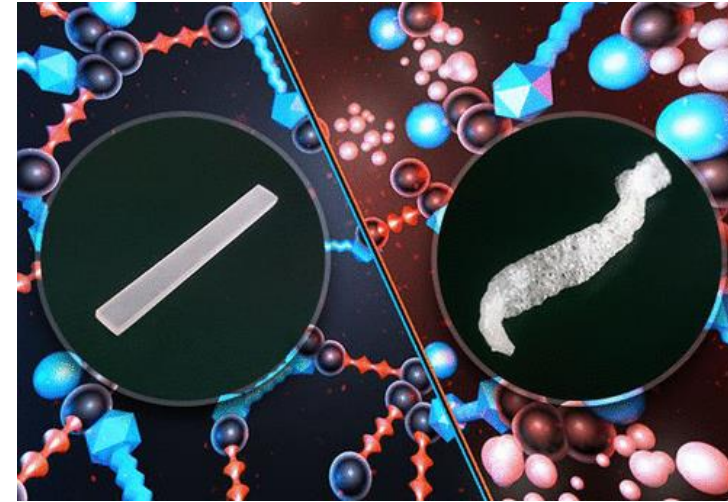
# Kreislaufwirtschaft – Debonding on Demand

- Strukturelle Verklebung mit Langzeit  
Hochleistungseigenschaften

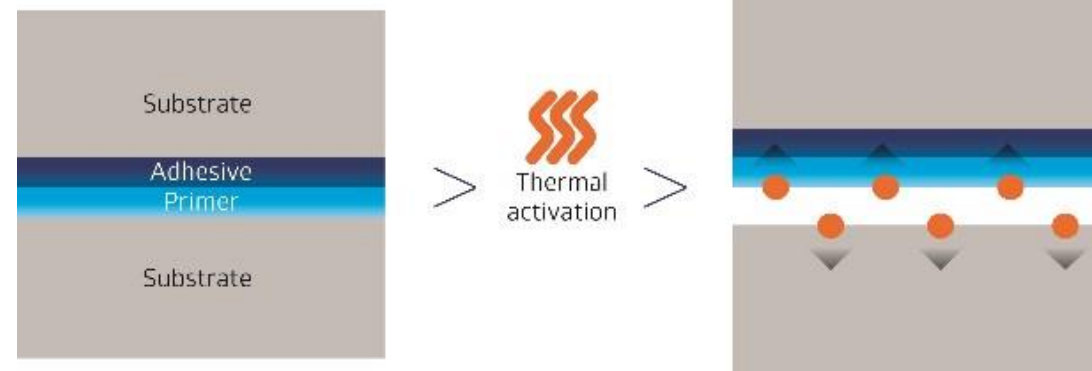
Und

- Einfaches Debonding, um Reparatur  
und Recycling zu ermöglichen

## Debonding on Demand



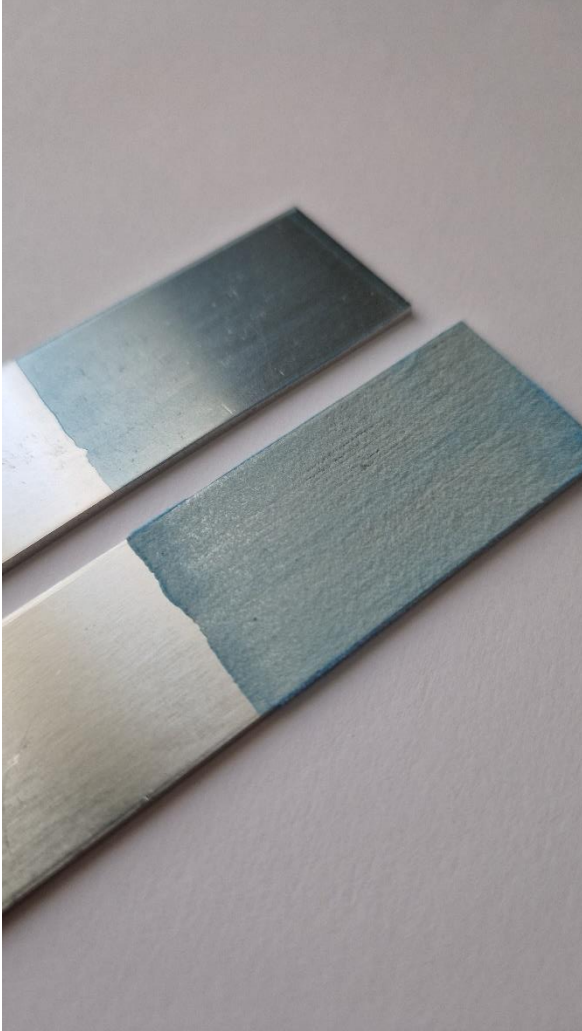
Primer ermöglicht DoD via thermisch induzierter Gasbildung



Source: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.macromol.7b02321> <https://designetics.com/blog/everything-you-need-to-know-about-adhesive-bonding-primers/>  
<https://rescoll.fr/indar-debonding-innovation-by-rescoll-to-enhance-repairability-index/>

VERTIEFENDES KNOW-HOW IN DER KLEBSTOFFTECHNOLOGIE

# Kreislaufwirtschaft – Debonding on Demand



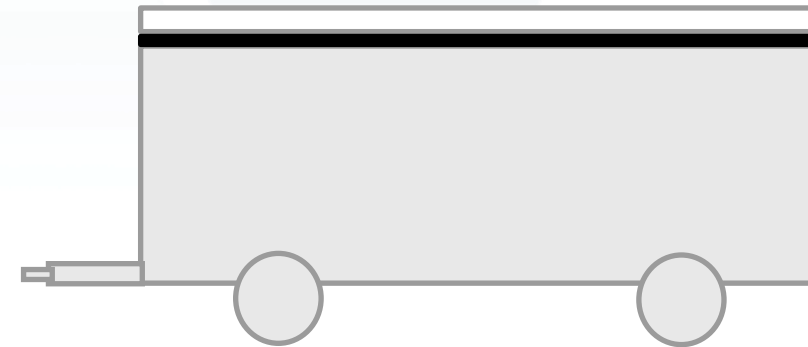
# Rechenbeispiel – Aufgabe 1

- Verklebung eines GFK-Daches auf einem Stahlrahmen
- Das Dach ist nicht zusätzlich fixiert, kann sich zu beiden Seiten verschieben
- Länge 4000 mm
- Verklebetemperaturbereich:  $T_0 = 15\text{ °C} - 25\text{ °C}$
- Einsatztemperaturbereich:  $T_{\min} = -40\text{ °C}$ ,  $T_{\max} = 80\text{ °C} \Rightarrow \Delta T = 65\text{ K}$
- Längenausdehnungskoeffizienten:

$$\alpha_{\text{Stahl}} = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \quad \alpha_{\text{GFK}} = 30 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

- Bruchgleitung aus TDS und zulässige Gleitung für die Auslegung:

$$\tan \gamma_{\text{TDS}} = 400\% \quad \tan \gamma_{\text{zul}} = 0,1 \times \tan \gamma_{\text{TDS}} \quad \text{Randbedingung}$$



-  GFK-Dach
-  Klebstoff
-  Stahlrahmen

**Frage:** Wie dick muss die Klebschicht  $d_{\min}$  sein, damit die maximal zulässige Gleitung von 10 % der im Datenblatt angegebenen Bruchgleitung von 400 % auftritt?



# Rechenbeispiel – Aufgabe 1

Lösung:

$$\Delta l = l_0 \times \alpha \times \Delta T$$

$$\Delta l_{\text{GFK}} = 4000 \text{ mm} \times 30 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 65 \text{ K} = 7,8 \text{ mm}$$

$$\Delta l_{\text{Stahl}} = 4000 \text{ mm} \times 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 65 \text{ K} = 3,1 \text{ mm}$$

$$\Delta l = (7,8 \text{ mm} - 3,1 \text{ mm}) : 2 = 2,35 \text{ mm}$$

$$\tan \gamma_{\text{zul}} = 0,1 \times \tan \gamma_{\text{TDS}} = 0,1 \times 400 \% = 40 \%$$

$$\tan \gamma_{\text{zul}} = \Delta l : d_{\text{min}}$$

$$d_{\text{min}} = \Delta l : \tan \gamma_{\text{zul}}$$

$$d_{\text{min}} = 2,35 \text{ mm} : 0,4 = 5,9 \text{ mm}$$

## Rechenbeispiel – Aufgabe 2

- Fehleranalyse: Ein runder Glastisch ist gebrochen
- Die Platte wurde mit UV-härtendem Acrylklebstoff auf einem Aluminiumfuß verklebt, Klebspalt  $d = 100 \mu\text{m}$
- Bruchgleitung im TDS ist:  $\tan \gamma_{\text{TDS}} = 20\%$
- Der Durchmesser der Tischplatte ist 0,9 m, der des Fußes 0,1 m
- Der Glaser war besorgt, dass die Platte brechen könnte, da der Fuß so klein war und hat eine Platte mit einem Durchmesser von  $l_0 = 0,2 \text{ m}$  aufgelötet, bevor er die Glasplatte darauf geklebt hat. Die Verklebetemperatur lag bei  $T_0 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$
- Der Tisch stand in der Sonne, die Temperatur war  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ , also ist  $\Delta T = 27 \text{ K}$
- Längenausdehnungskoeffizienten:  
 $\alpha_{\text{Alu}} = 23 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$        $\alpha_{\text{Glas}} = 9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Frage: Warum ist der Glastisch in der Sonne gebrochen?



## Rechenbeispiel – Aufgabe 2

Lösung:

$$\Delta l = l_0 \times \alpha \times \Delta T$$

$$\Delta l_{\text{Alu}} = 200 \text{ mm} \times 23 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 27 \text{ K} = 0,1242 \text{ mm}$$

$$\Delta l_{\text{Glas}} = 200 \text{ mm} \times 9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \times 27 \text{ K} = 0,0486 \text{ mm}$$

$$\Delta l = (0,1242 \text{ mm} - 0,0486 \text{ mm}) : 2 = 0,0378 \text{ mm}$$

$$\tan \gamma_{\text{TDS}} = 20 \%$$

$$\tan \gamma_{\text{Tisch}} = \Delta l : d = 0,0378 \text{ mm} : 0,1 \text{ mm} = 0,378 = 37,8 \%$$

Die Klebung erfuhr fast das Doppelte der Gleitung aus dem TDS.  
Folge: der Tisch ist gebrochen.

## Rechenbeispiel – Aufgabe 2

### Optimierungsmöglichkeiten:

- Klebefläche verkleinern (10 cm hätten ausgereicht, um unter der zulässigen Gleitung zu bleiben)
- Andere Substrate verwenden ( $\alpha_{\text{Stahl}} = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ )
- Anderen Klebstoff verwenden (höhere zulässige Gleitung, also elastischer)



# Vielen Dank Für Ihre Aufmerksamkeit



**Dr. Christoph Schnöll**  
Dipl.-Ing. | European Adhesive Engineer EAE  
Vice President of Technology

Bodo Möller Chemie GmbH  
Senefelderstr. 176  
63069 Offenbach a.M.  
Mobil: + 43 664 8954390  
Mail: [c.schnoell@bm-chemie.at](mailto:c.schnoell@bm-chemie.at)  
[www.bm-chemie.com](http://www.bm-chemie.com)



# Klebstoffauswahl und -anwendung in der Praxis

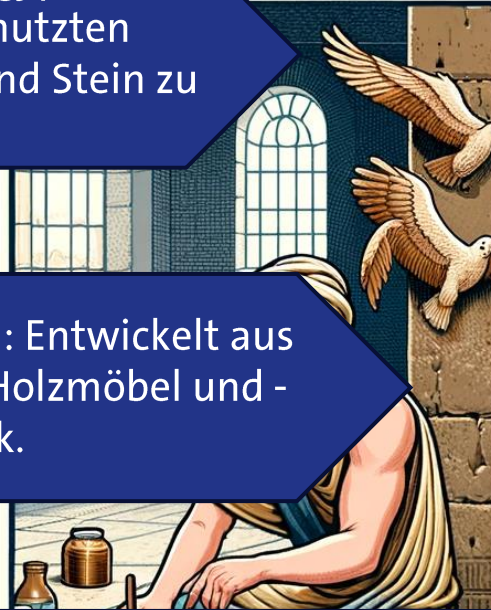




# KLEBSTOFFAUSWAHL UND –ANWENDUNG IN DER PRAXIS

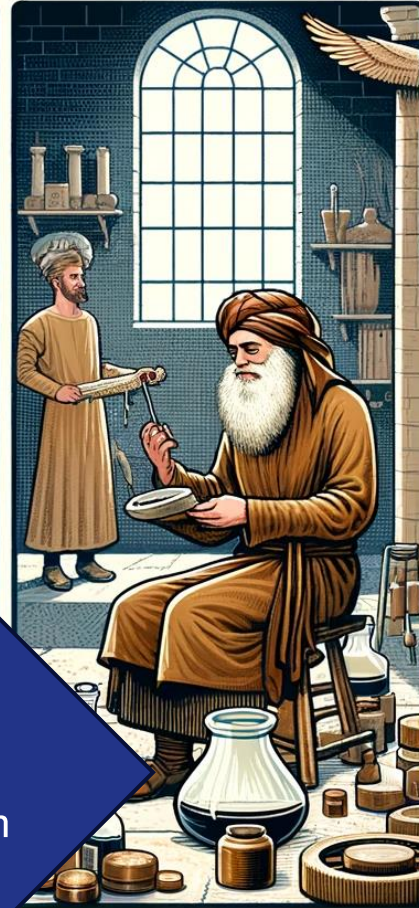
## Entwicklungen im Altertum

**Tierleime (ca. 4000 v. Chr.):** Ägypter und andere alte Zivilisationen nutzten Tierleime, um Holz, Keramik und Stein zu verkleben

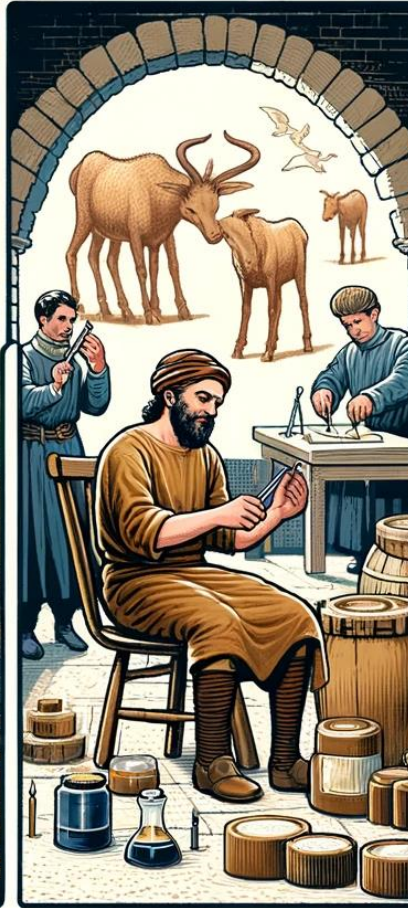


Animal glue

**Kaseinleime (ca. 1500 n. Chr.):** Entwickelt aus Milchproteinen, genutzt für Holzmöbel und -kunsthandwerk.

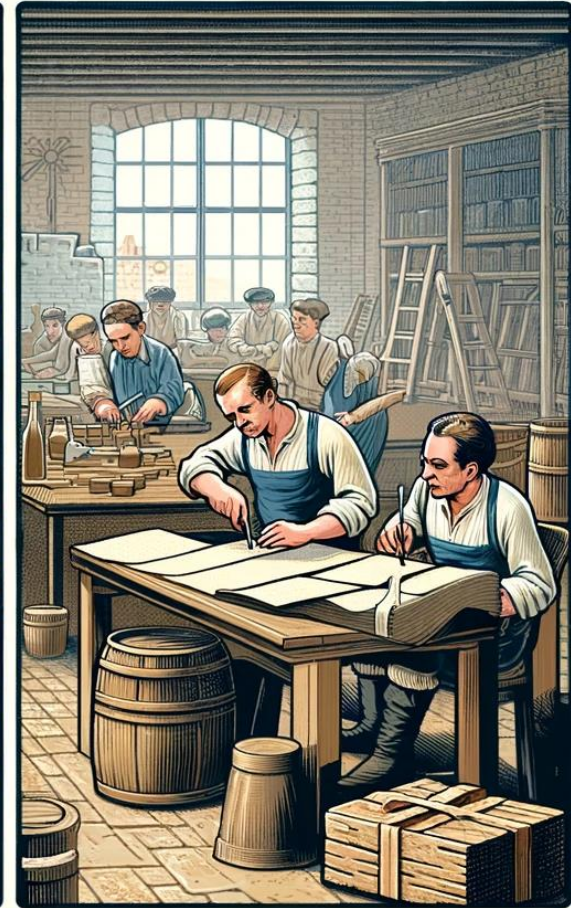


Casein glue



Casein glue

**Naturkautschukklebstoffe (ca. 1830):** Entwicklung von Klebstoffen auf Kautschukbasis mit verbesserten wasserabweisenden Eigenschaften.  
**Fischleim (19. Jahrhundert):** Nutzung von aus Fischblasen gewonnenen Proteinen.



Natural rubber glue



# KLEBSTOFFAUSWAHL UND -ANWENDUNG IN DER PRAXIS

## Entwicklungen im 20. Jahrhundert

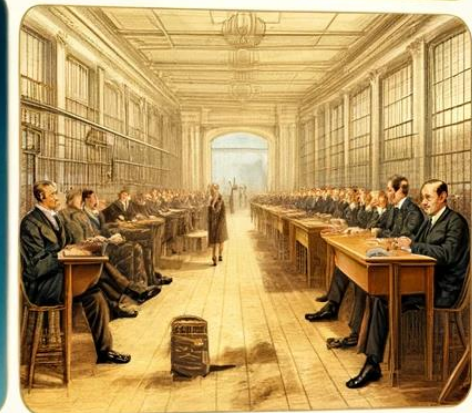
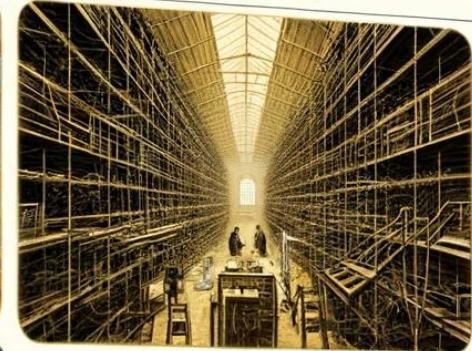
Polyvinylacetat (PVA, PVAc) (1912) und später auch Hot-Melt (1940) Systeme für eine breite Anwendungspalette

Epoxidharze (1936): Entwicklung durch Dr. Pierre Castan in der Schweiz und Dr. Sylvan Greenlee in den USA, bekannt für ihre starke Haftung und Beständigkeit.

Cyanoacrylate (1942): Zufällige Entdeckung während der Forschung an klarem Kunststoff für Waffensvisiere im Zweiten Weltkrieg, kommerziell genutzt ab den 1950er Jahren.

Anerobe Klebstoffe (1950): Entdeckt durch Vernon Krieble für den breiten Einsatz zwischen metallischen Oberflächen

Visual repossertations suififlable oy during the 120<sup>th</sup> century





# KLEBSTOFFAUSWAHL UND –ANWENDUNG IN DER PRAXIS

## Entwicklungen in die Moderne

**UV-Härtende Klebstoffe (1960):**  
Polymerisationsklebstoffe wie Arclate für  
den Einsatz im Dentalbereich

**Polyurethanklebstoffe (1950er Jahre):** Entwicklung für  
flexible und dauerhafte Verbindungen in der Automobil- und  
Bauindustrie.

**Silikonklebstoffe (1940er Jahre):** Erste Nutzungen im Zweiten  
Weltkrieg, später breite Anwendung in Bau und Industrie.

**Modifikationen von Klebstoffen:** höhere Flexibilität, Aushärtung nach  
Bedarf, Low-Odor, Toughening of Epoxy

**Debonding on Demand:** Strukturellen Verklebungen wie lösen, um Reccourcen in  
die Kreislaufwirtschaft zu führen



# Übersicht / Summary

## Chemisch härtend

### POLYADDITION

- Epoxid
- PUR

2K Epoxy  
2K MMA  
1K PU

### POLYKONDENSATION

- Silicone
- MS Polymere
- Phenolharze

### POLYMERISATION

- Cyanacrylate
- Methylmethacrylate
- Anaerobe Systeme
- UV-Systeme & Polyesterharze

## Physikalisch abbindend

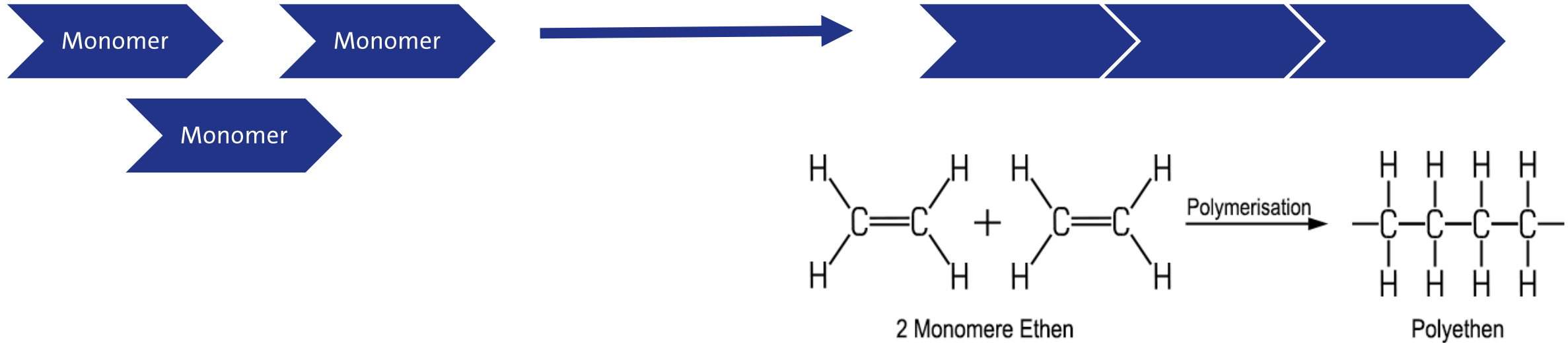
Durch Erstarrung  
- Schmelzklebstoffe

Durch Abdampfung  
- Lösemittelklebstoffe  
- Dispersionen  
- Kontaktklebstoffe

Dauerhaft klebrig  
- Haftklebstoffe  
- Butylkautschuke

Durch Gelierung  
- Plastisole

# Aus Monomer wird Polymer



**Wichtig zu verstehen für Klebstoffanwendungen:**

- > Ist die Basis des Klebstoffes Monomere oder ein bereits vorhandenes Polymer?
- > Ist mein Substrat ein Polymer?



# KLEBSTOFFAUSWAHL UND –ANWENDUNG IN DER PRAXIS

## Reaktionsklebstoffe - Epoxy

- + Sehr hohe Werte auf Metal und Composites
  - + Geringe Ermüdung
  - + Geringes Kriechverhalten
  - + Geringe Bruchdehnung
  - + Hohe Temperaturstabilität
  - + Geruchsarme Verarbeitung
- 
- Temperaturempfindliche Aushärtung
  - Hintergründe zu chem. und Temp. Stabilität (via TG) Kunden oft unverständlich
  - Hautunverträglichkeit wird von Anwendern nicht immer eingehalten
  - Aushärtung erfolgt linear > sprich üblicherweise lange Topfzeiten
  - Üblicherweise keine hohen Bruchdehnungen



## Material Model Araldite® 2014-2

# ARALDITE® 2014-2 ADHESIVE

|                               | International units | US customary units |                     |
|-------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Tensile resistance at ISO 527 | Tensile strength    | Tensile modulus    | Elongation at break |
| -40°F                         | 7,252 psi           | 508 ksi            | 2%                  |
| -4°F                          | 7,977 psi           | 493 ksi            | 2%                  |
| 32°F                          | 6,962 psi           | 508 ksi            | 2%                  |
| 73°F                          | 5,802 psi           | 464 ksi            | 2%                  |
| 104°F                         | 3,771 psi           | 305 ksi            | 2%                  |
| 140°F                         | 1,160 psi           | 42 ksi             | 30%                 |
| 176°F                         | 725 psi             | 7.7 ksi            | 22%                 |
| 212°F                         | 580 psi             | 5.5 ksi            | 11%                 |

# Material Model Araldite® 2011

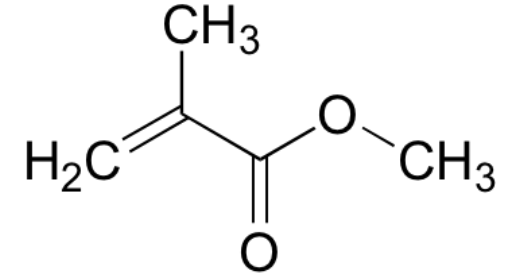
## ARALDITE® 2011 ADHESIVE

|                               | International units | US customary units |                     |
|-------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Tensile resistance at ISO 527 | Tensile strength    | Tensile modulus    | Elongation at break |
| -40°C                         | 74 MPa              | 2,300 MPa          | 4%                  |
| -20°C                         | 75 MPa              | 2,100 MPa          | 7%                  |
| 0°C                           | 59 MPa              | 1,900 MPa          | 11%                 |
| 23°C                          | 18 MPa              | 1,500 MPa          | 25%                 |
| 40°C                          | 14 MPa              | 260 MPa            | 46%                 |
| 60°C                          | 5 MPa               | 6 MPa              | 33%                 |
| 80°C                          | 3 MPa               | 15 MPa             | 23%                 |
| 100°C                         | 2 MPa               | 14 MPa             | 14%                 |



# Reaktionsklebstoffe – Methyl-Methacrylat

- + Hervorragende Haftung auf Metallen, vielen Thermoplasten und Duroplasten
  - + Sehr latente Systeme, nach offener Zeit sehr schnell aushärtend
  - + Tolerant gegenüber Mischungsverhältnis und Oberflächenverunreinigung
  - + Hohe Festigkeit kombiniert mit hoher Bruchdehnung
- 
- Starker Geruch und starkes Schrumpfen während des Aushärtens (hohe exotherme Reaktion!)
  - Aushärtung durch Polymerisation nicht sehr temperaturempfindlich
  - Die Aushärtung könnte durch Sauerstoff gehemmt werden
  - Substrate auf maximal 35 ° C vorheizen und nicht über 40 ° C aushärten
  - Lagerung nur bei tiefen Temperaturen

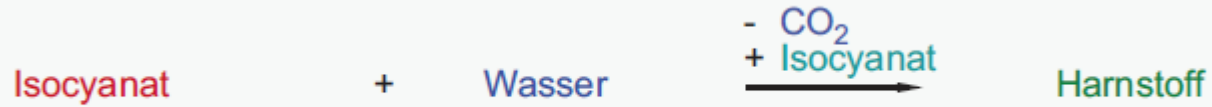


methyl methacrylate

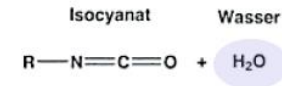
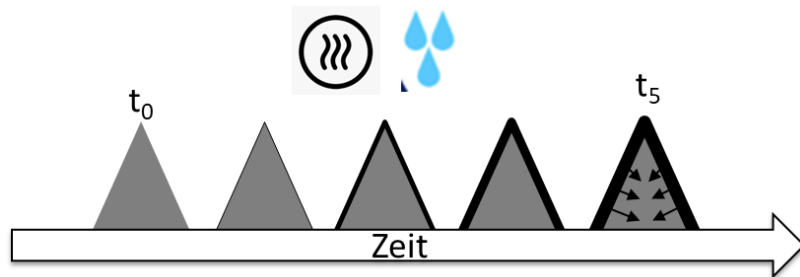


# KLEBSTOFFAUSWAHL UND -ANWENDUNG IN DER PRAXIS

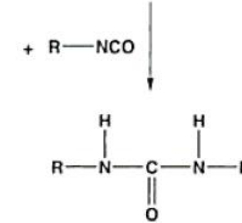
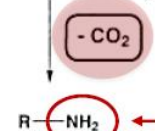
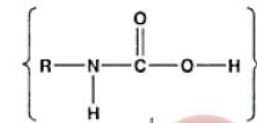
## Reaktionsklebstoffe – Polyaddition – 1K PU



- ausreichende Luftfeuchtigkeit (30-70%)
- Aushärtung erfolgt inhomogen von außen nach innen (Hautbildung)
- Vergleichsweise langsame Reaktion (1-3 mm / 24h)
- Produkte können Spaltprodukte absondern (je nach Typ)



Carbaminsäure



Harnstoff-Derivat

**Härtungsreaktion:**

Isocyanat-terminierte Präpolymere reagieren mit Luftfeuchtigkeit

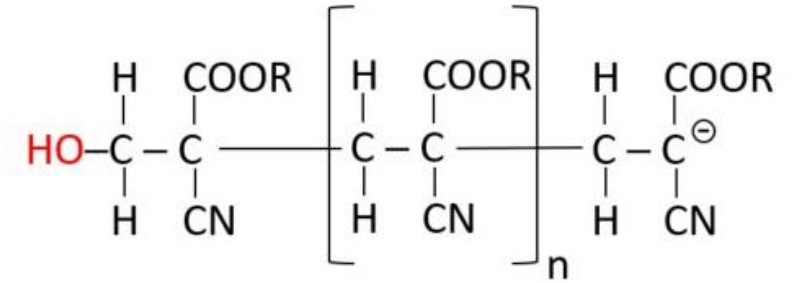
Durch Einwirkung von Wasser wird ein Teil der Isocyanatgruppen in Aminogruppen umgewandelt, die mit den restlichen Isocyanaten reagieren (Polyaddition)

Nach Aushärtung: schaumige Struktur



# Reaktionsklebstoffe – Cyanacrylat

- + Schnelle Fixierung
  - + Härtet innert Sekunden durch Luftfeuchtigkeit (und Ausschluss Sauerstoff)
  - + Weites Spektrum an Formulierungen (flexibel, hoch Temp. etc)
  - + Weites Spektrum an Substraten verklebbare (z.B. Elastomere)
  - + Einkomponenten-System
- 
- Nicht beständig gegen aromatische Ester, Ketone (Aceton)
  - Nur geringe Schichtdicken möglich
  - Feuchtigkeit und Wärme lösen CA's
  - Nicht für strukturelle Verklebungen geeignet
  - Lagerung im Kühlschrank

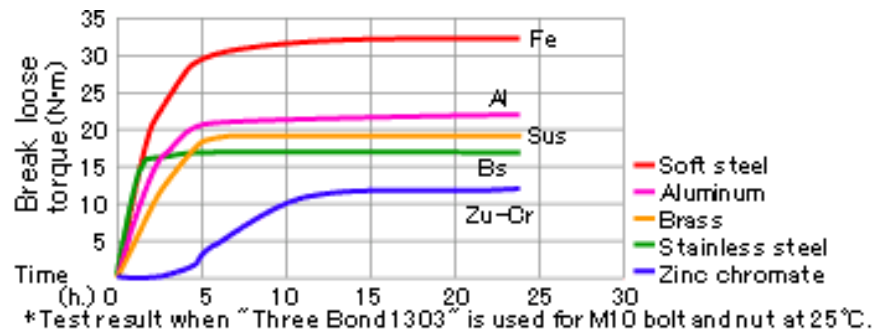




# KLEBSTOFFAUSWAHL UND -ANWENDUNG IN DER PRAXIS

## Reaktionsklebstoffe – Anaerobe Klebstoffe

- + Schnelle Fixierung
- + Einkomponenten-System
- + hohe Festigkeiten
- + gute chem. und Temp. Belastbarkeiten
- + Benötigt keinen Sauerstoff etc. aus Umwelt
- Geringe Spaltüberbrückung
- Eher spröder Klebstoff (Duromer)
- Schlechte Eigenschaften bei dynamischen Belastungen
- Braucht Metallionen zur Aushärtung (oder Primer)



Zinc coated

Nickle coated

Stainless steel

Yellow chromated

Brass

Black oxide



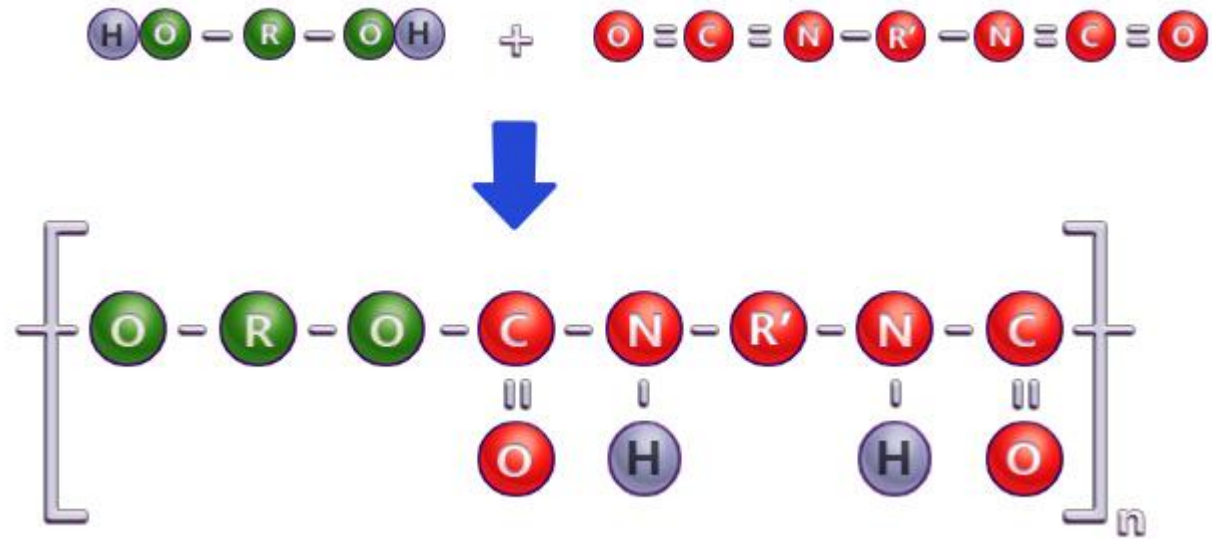
Active substrate  
(fast curing)

Steel, brass, bronze, copper, mild steel

Inactive substrates  
(slow curing)

Stainless steel, aluminium, oxide layers, zinc, tin, gold, anorganic coatings, chromate coatings, plastic,

# Reaktionsklebstoffe – Polyaddition



“Bei der Polyaddition reagieren Monomere, die zwei oder mehr funktionelle Gruppen aufweisen, miteinander zu Makromolekülen, wobei es bei der Bindungsknüpfung zur Umlagerung eines Wasserstoffatoms kommt. Im Gegensatz zur Polykondensation entstehen hierbei keine Reaktionsnebenprodukte.“

1K Epoxy

1K PUR

2K Epoxy

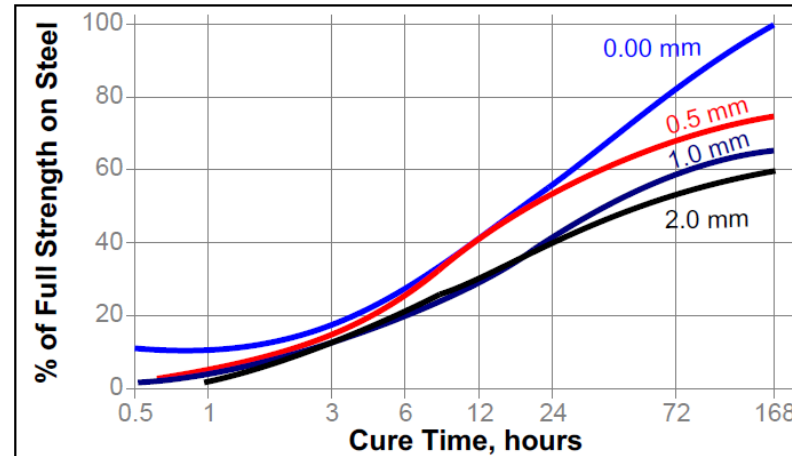
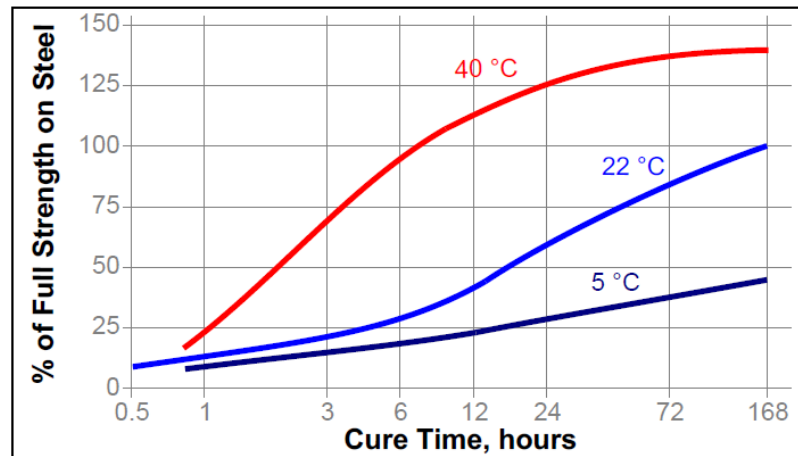
2K PUR

# Reaktionsklebstoffe – Polyaddition – Epoxy – Aushärtung

## Typische Härtingsbedingungen

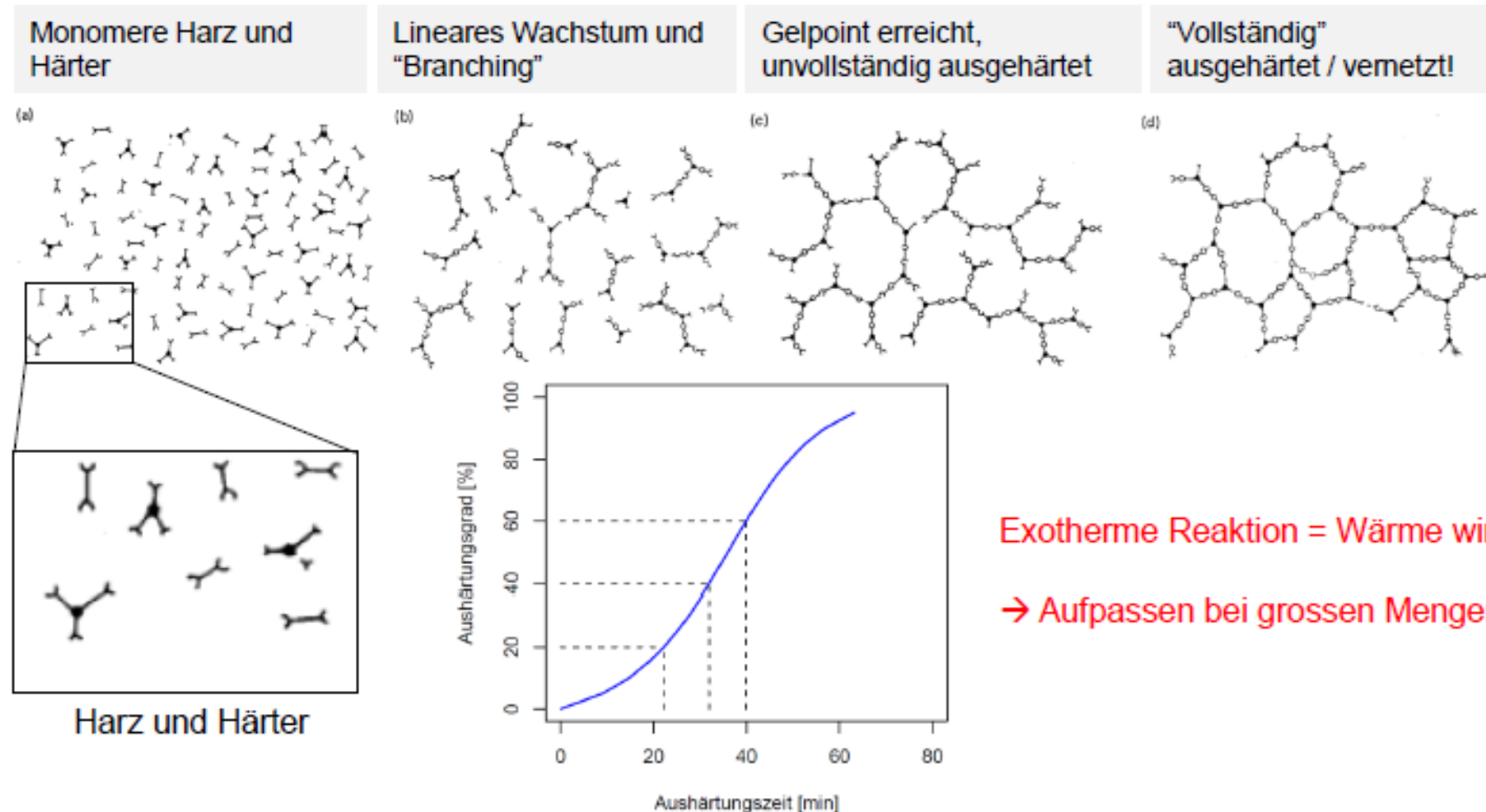
| Temperatur    | °C      | 10 | 15 | 23 | 40 | 60 | 100 |
|---------------|---------|----|----|----|----|----|-----|
| Härtungsdauer | Stunden | -  | -  | -  | -  | -  | -   |
| ZSF > 1MPa    | Minuten | 35 | 20 | 20 | 5  | 2  | <1  |
| Härtungsdauer | Stunden | 2  | -  | -  | -  | -  | -   |
| ZSF > 10MPa   | Minuten | -  | 70 | 60 | 25 | 10 | 2   |

ZSF = Zugsheerfestigkeit



# Reaktionsklebstoffe – Polyaddition – Epoxy – Aushärtung

## Aushärtung des Epoxidharzes: Netzwerkbildung

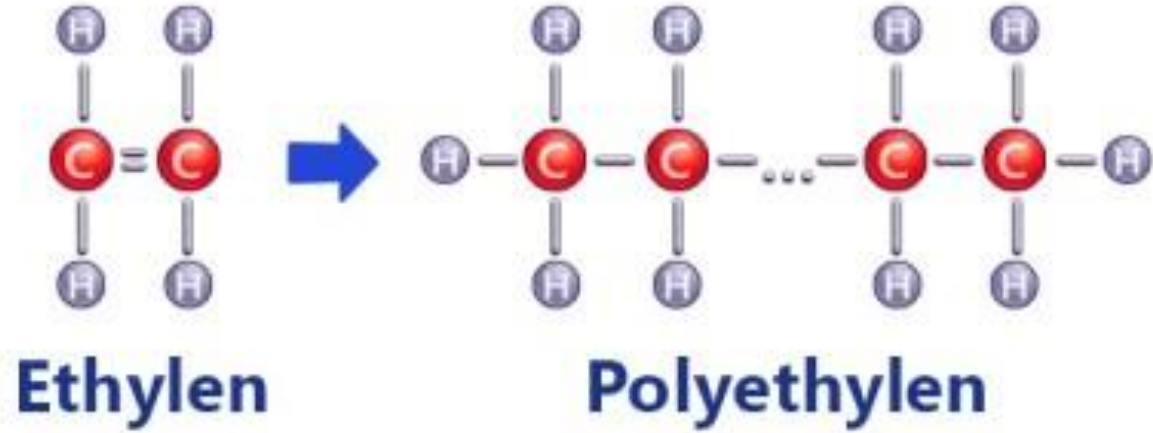


Exotherme Reaktion = Wärme wird frei!

→ Aufpassen bei grossen Mengen!



# Reaktionsklebstoffe – Polymerisation



“.. eine sich vielfach wiederholende  
gleichschrittige Reaktionsfolge – Kettenreaktion  
genannt – bei der sich einfache Ausgangsstoffe  
(Monomere) über reaktive Doppelbindungen  
miteinander verbinden. In der stark exothermen  
Reaktion werden keine Nebenprodukte  
abgespalten...”

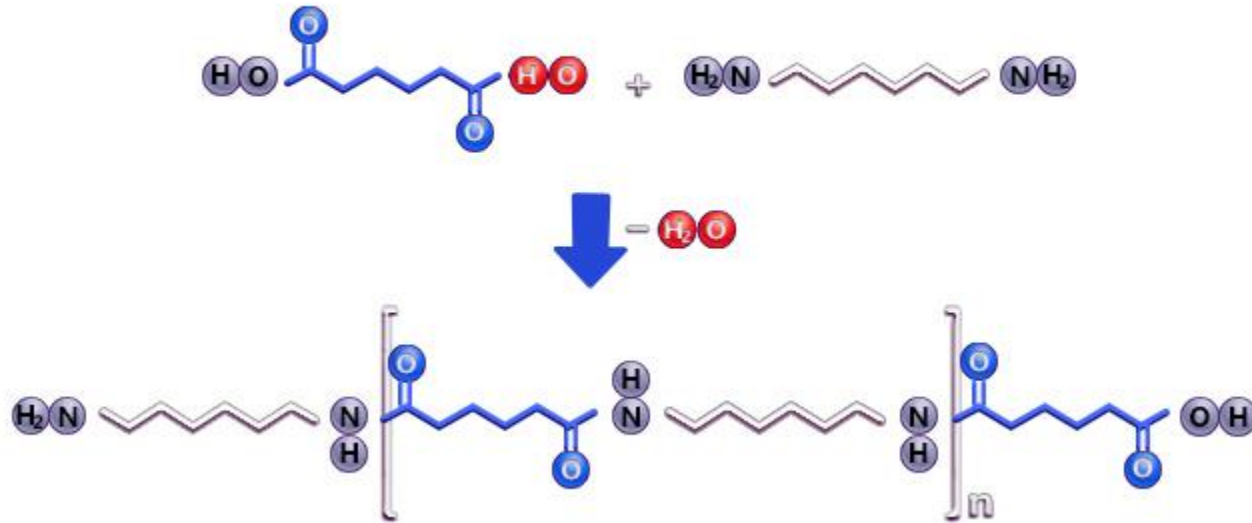
CA

Polyesterharze

Methylmethacrylate

UV Aktivierte Systeme

# Reaktionsklebstoffe – Polykondensation



“Verbindendes Merkmal der Polykondensation ist die Verknüpfung von Monomeren, die mindestens zwei reaktionsfähige funktionelle Gruppen tragen, zu einem Makromolekül. Dabei werden einfache, niedermolekulare Reaktionsnebenprodukte wie Wasser, Alkohole, Ammoniak oder Chlorwasserstoff abgespalten..“

MS Polymer

1k Silikon

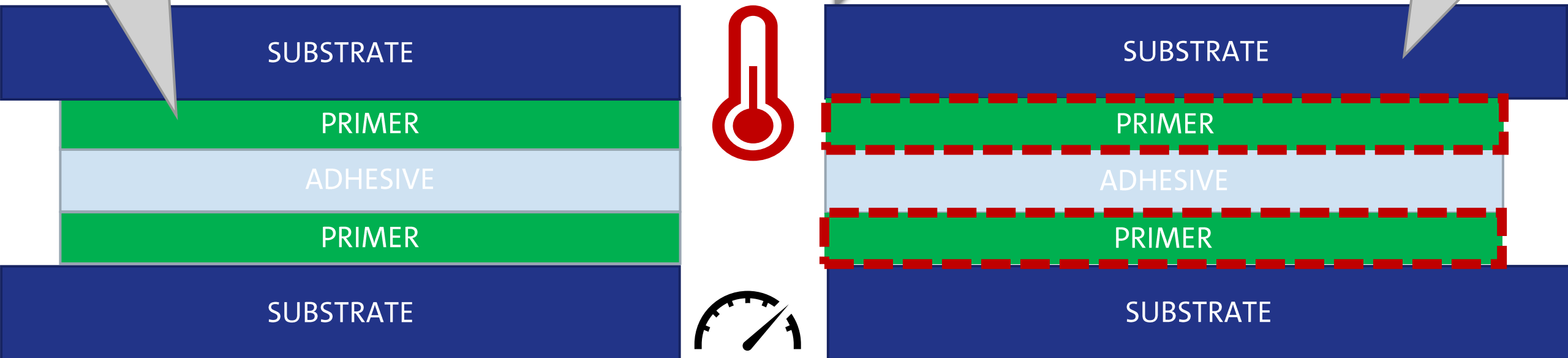
# Debonding on Demand Primer

Compatible with most  
adhesives  
UV-Stable  
Only 15-20my with low Visc.

Activation by Heat  
Source

130°C / 150°C / 180°C

Lap Shear Strength  
reduced by 90%  
Leaves Clean Substrate



# Vielen Dank Für Ihre Aufmerksamkeit



**Philipp Capol**  
European Adhesives Specialist EAS  
Site Director Switzerland

Bodo Möller Chemie Schweiz AG  
Comercialstrasse 36  
7000 Chur  
Mobil: + 41 79 919 9904  
Mail: [p.capol@bm-chemie.ch](mailto:p.capol@bm-chemie.ch)  
[www.bm-chemie.com](http://www.bm-chemie.com)



# Hochleistungsklebebänder: Einfache Applikation, Top Performance



# HOCHLEISTUNGSKLEBEBÄNDER

## VHB™ Klebebänder

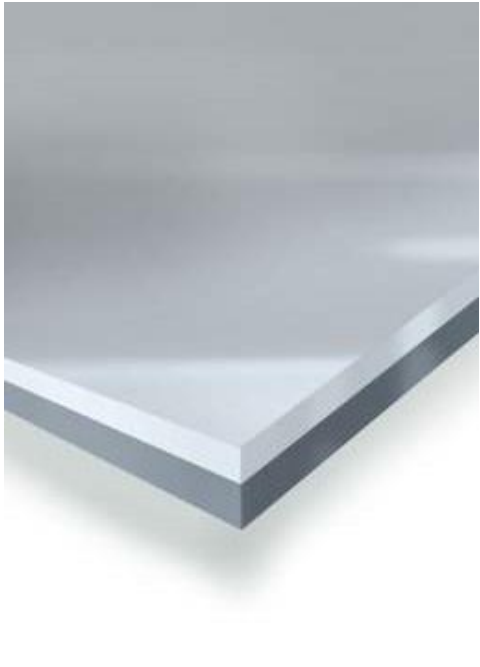
- Klebeband-Aufbau
- Vergleich gegenüber Schaumstoff-Klebebändern
- Einsatz auf unterschiedlichen Oberflächen
- Vorteile gegenüber mechanischer Befestigung
- Physikalische Eigenschaften
- Verarbeitungshinweise
- Klebeband-Programm
- Anwendungsbeispiele
- Zusammenfassung



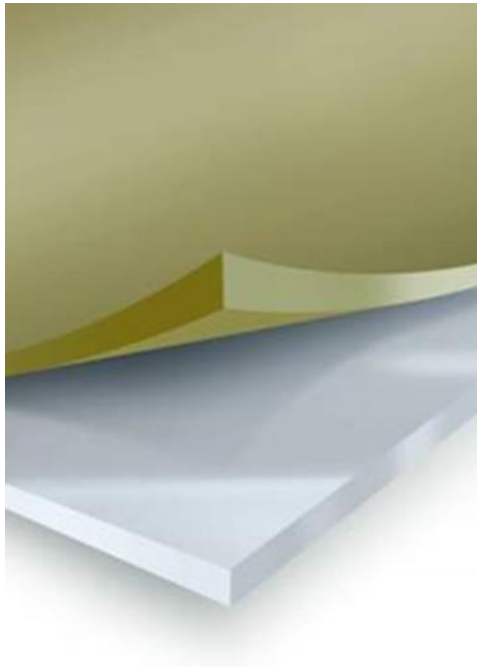


# Varianten von Haftklebstoffen

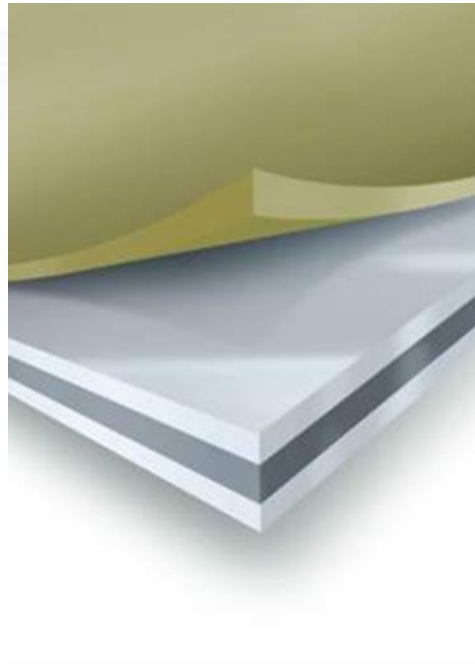
Einseitige  
Klebebänder



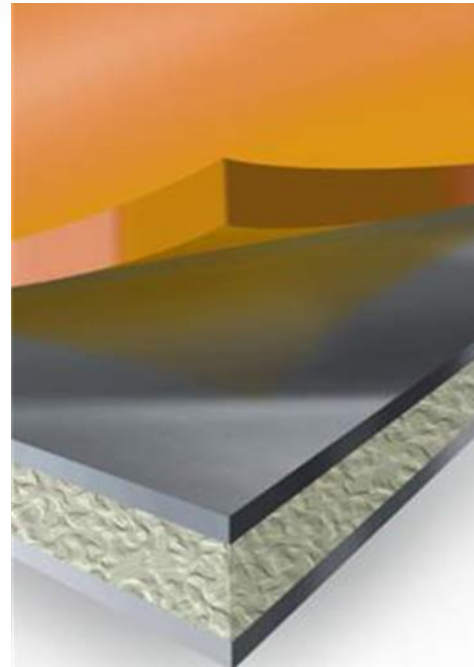
Doppelseitiger  
Klebstoff-Film  
ohne Träger



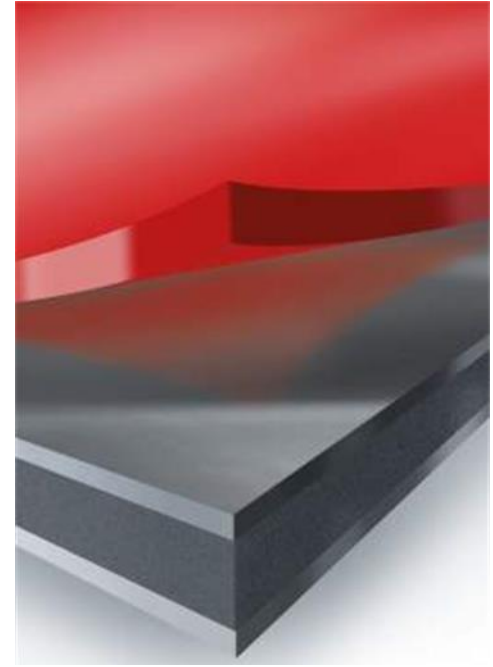
Doppelseitiges  
Klebeband mit  
dünnem Träger



Schaumstoff-  
Klebeband



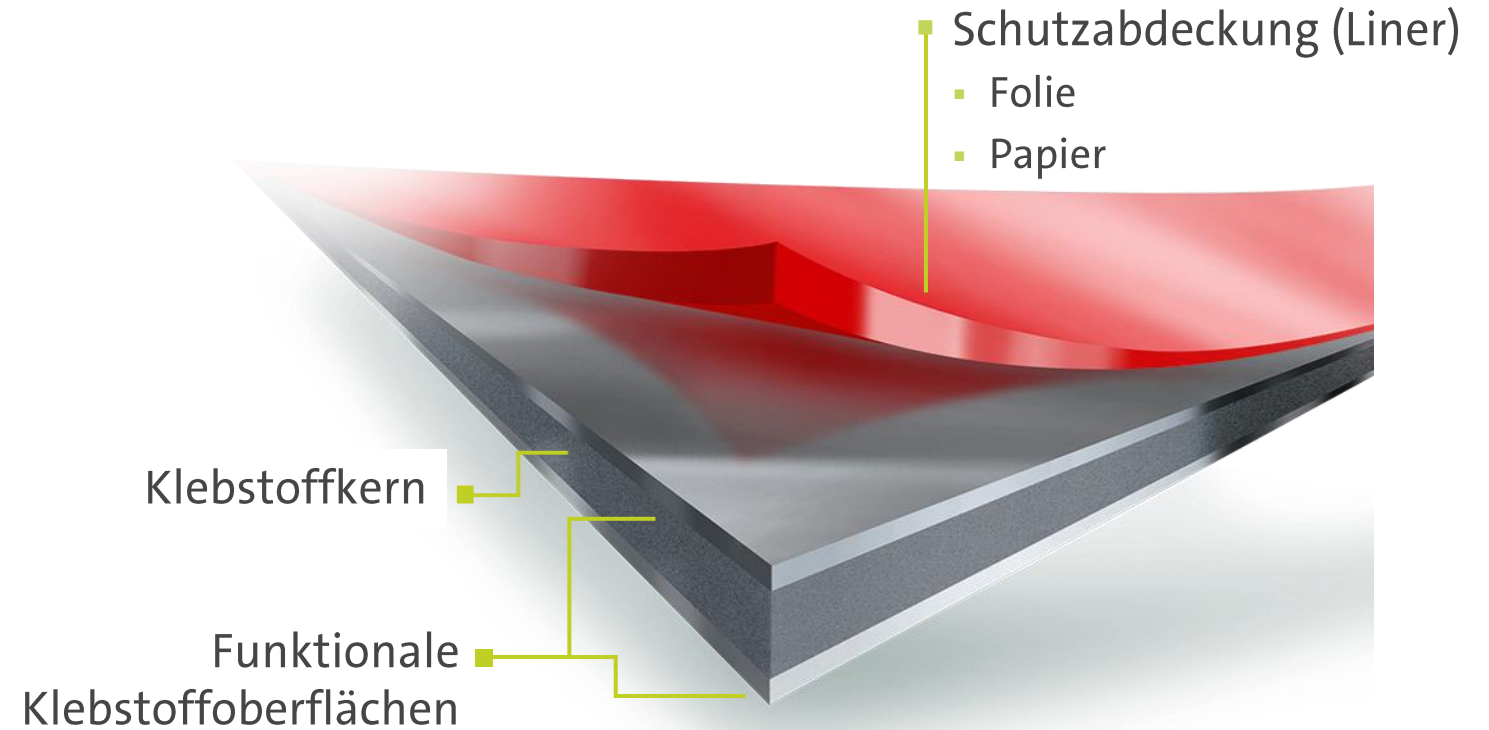
3M™ VHB™  
Klebeband



# Aufbau des VHB™ Klebebands

Die Produktleistung ist abhängig von:

- Dicke
- Chemischen Aufbau
- Kern-Dichte
- Andruck

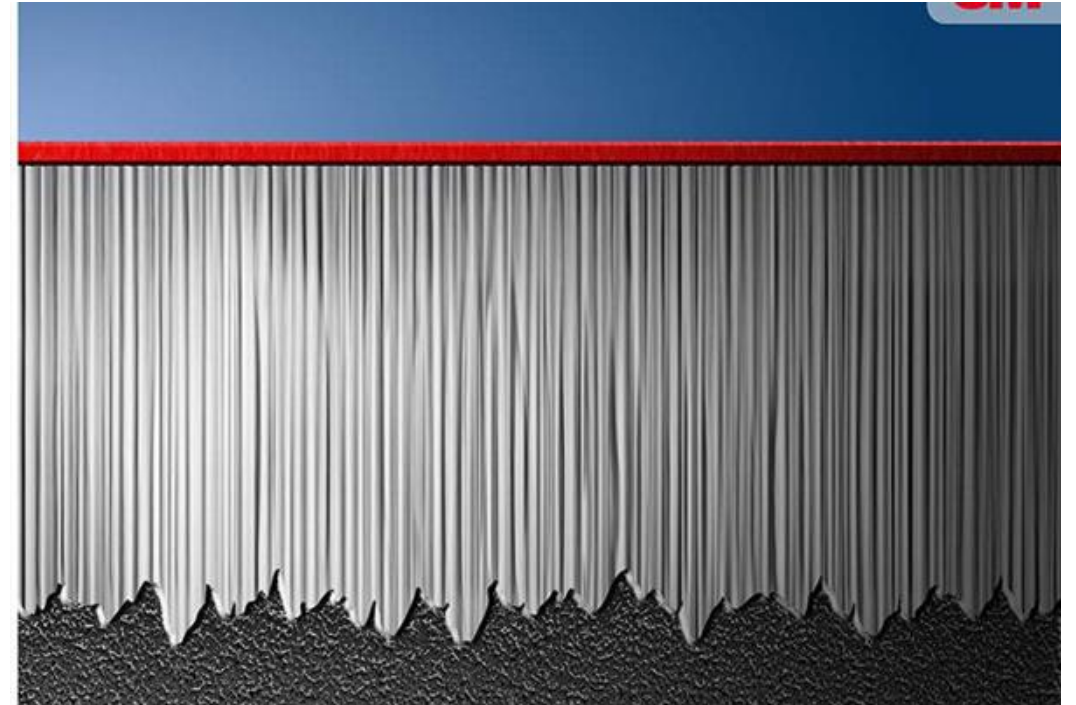




# Vergleich Schaumstoff - VHB™ Klebeband

Kann nur geringe  
Oberflächenrauigkeit  
bzw. -toleranzen kompensieren

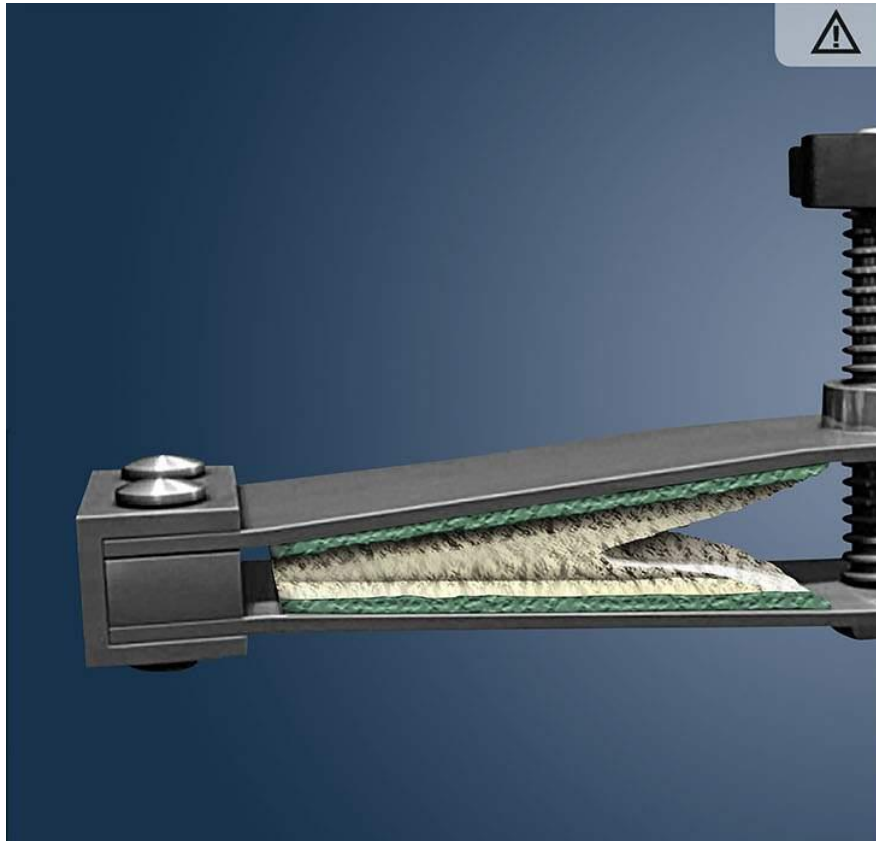
100% geschlossenzelliger Acrylatklebstoff  
Oberflächenrauigkeit und -toleranzen werden  
kompensiert durch das Einfließen des Klebstoffs  
in die Oberfläche



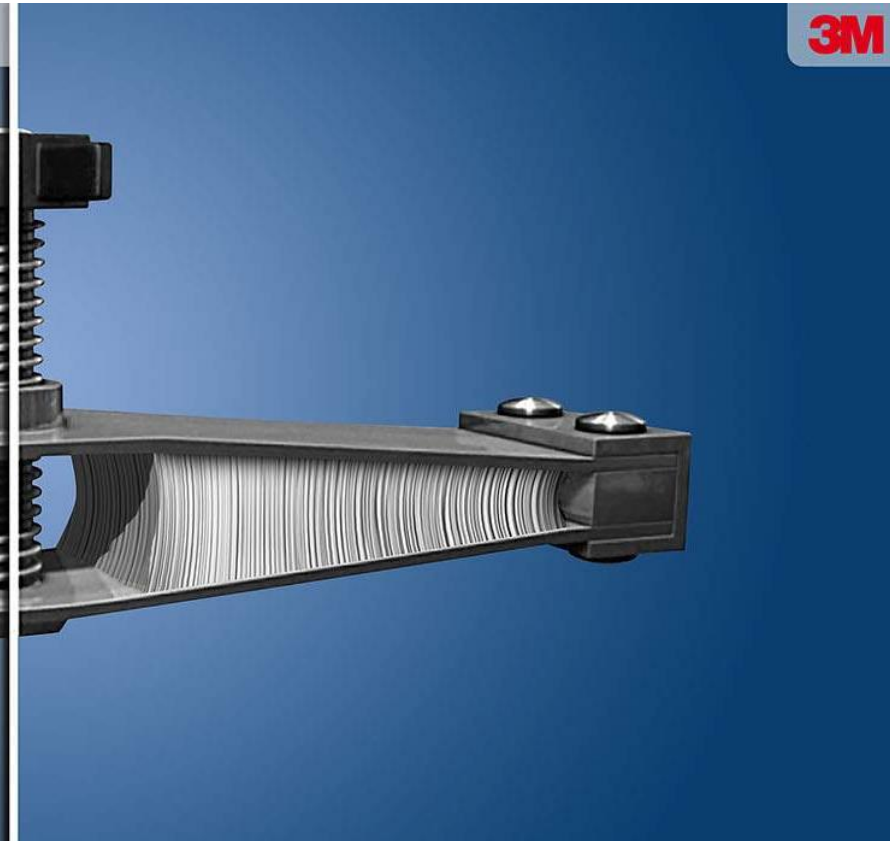
# HOCHLEISTUNGSKLEBEBÄNDER

## Visko-Elastizität

Es entstehen Spannungen in der Verklebung  
Schaumträger anfällig für Risse

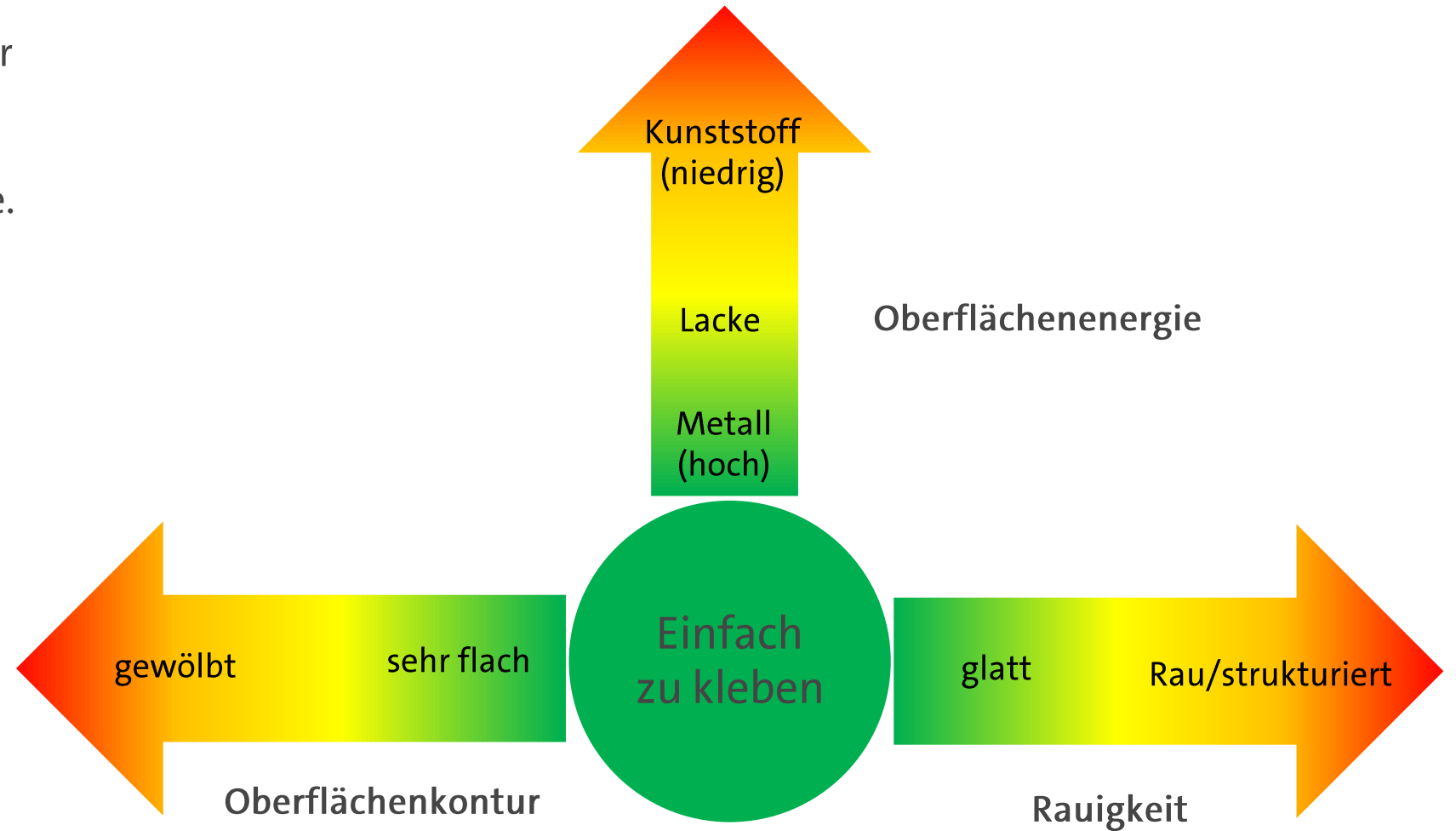


Spannungsfreie Verklebung  
Energie wird aufgenommen und kompensiert



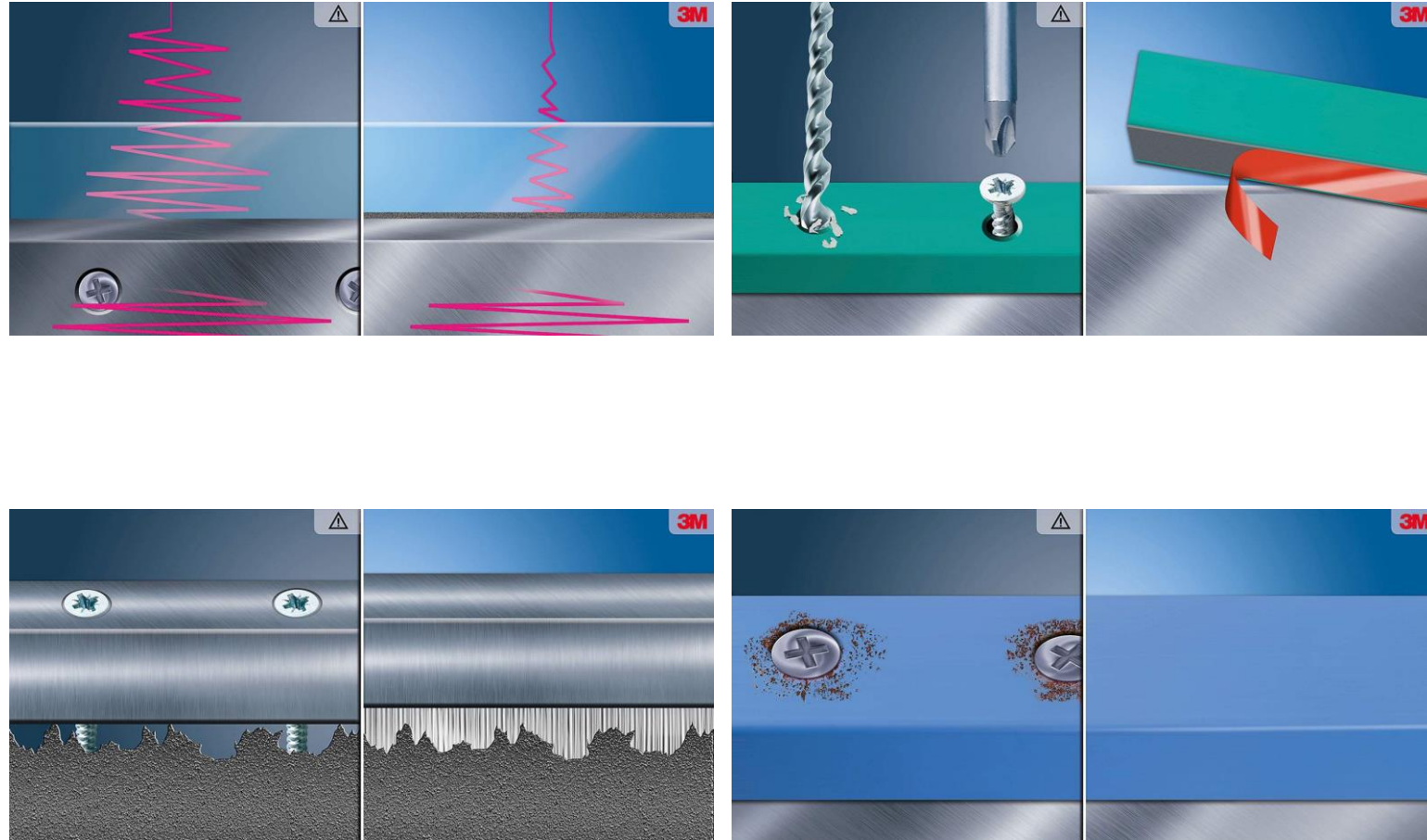
# Einsatz auf unterschiedlichen Oberflächen

In der VHB™ Produktfamilie gibt es verschiedene Klebebander für die Klebung und Abdichtung einer Vielzahl von Werkstoffen mit rauer oder glatter Oberfläche.



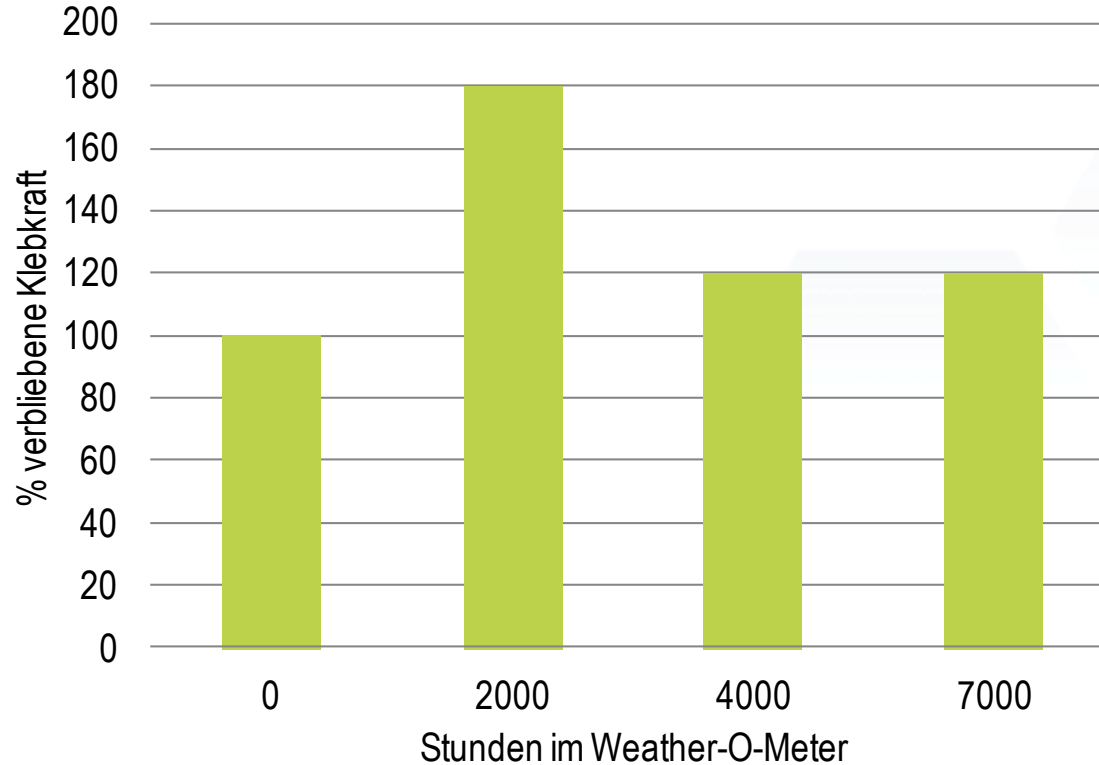
# Vorteile gegenüber mechanischer Befestigung

- Dichtfunktion
- Designfreiheit
- Minimierung des Korrosionsrisikos
- Gleichmäßige Spannungsverteilung
- Ausgleichen von Unebenheiten
- Verbindungen von Materialkombinationen
- Dämmwirkung
- Einfache und schnelle Befestigung





# Physikalische Eigenschaften: Witterungsbeständigkeit



Bei VHB™-Klebebändern sind 72h definiert bis zur Endklebkraft.

Aber die Aushärtung ist dann noch nicht ganz abgeschlossen.

Bewitterung -> Alterung -> Reduktion der Eigenschaften.

Dennoch ist die Klebekraft noch bei 120% !

Der Weather-O-Meter-Test belastet mit:

- Hitze
  - Feuchtigkeit
  - UV-Licht
- im Zyklus

# Belastungstests - Pendelschlagversuch



# HOCHLEISTUNGSKLEBEBÄNDER

## Verarbeitungshinweise



Reinigen der Oberflächen mit geeigneten Reinigungsmitteln



Klebeband auf die zu verklebende Oberfläche auflegen, stramm ziehen aber nicht überdehnen



Klebeband mit ca. 20 N/cm<sup>2</sup> gut andrücken / anrollen



Die Schutzabdeckung in einem Stück abziehen (Vermeidung von „Stoppsspuren“)  
Nicht auf die Klebfläche fassen



Fügepartner aufbringen



Erst nach Verweilzeit belasten.  
50% der Endklebkraft nach ca. 20 Minuten

# HOCHLEISTUNGSKLEBEBÄNDER

## Reiniger

### Reiniger für VHB™ Klebebänder

Zum Entfetten, Reinigen und Vorbehandeln von Fügeteilen vor der Klebung. Für den Einsatz auf Metallen, lackierten Oberflächen und vielen Kunststoffen.

Vor der Anwendung sollte die Oberfläche auf Verträglichkeit geprüft werden.

### Reinigungstücher

Erhöht die Klebkraft von VHB™ Klebebändern auf kritischen Oberflächen wie PE, PP, ABS, EPDM und PET/PBT Mischungen





# Anwendungsbeispiele - Türenbau

## Türenbau

VHB™ Tape Verbindung zwischen Alu-, Edelstahl-, Pulverlack-Elementen



# Anwendungsbeispiele - Türenbau

**3M** Science.  
Applied to Life.™

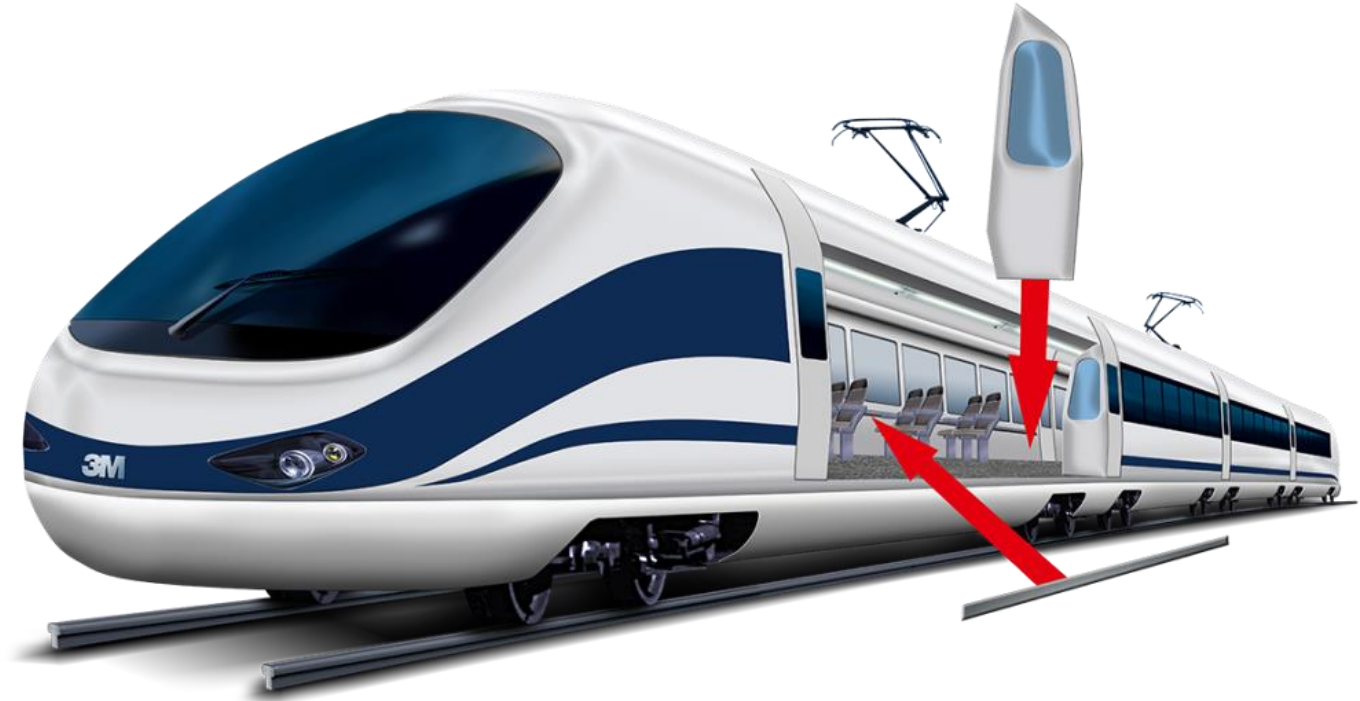
# Anwendungsbeispiele - Fahrzeugbau

- Karosserieanbauteile
- Dachhimmel-Konstruktionen
- Dachrahmen-Konstruktionen
- Diamantplatten
- Zierleisten
- Profile
- Bodenbeläge
- Materialübergänge



# Anwendungsbeispiele - Schienenfahrzeugbau

- Trennwände
- Abdichten von Materialübergängen
- Zierleisten
- Innenverkleidungen
- Paneele
- Sensoren
- Sitzschale
- Front/Nase
- Bodenbeläge und Bodengruppen
- Deko- und Designelemente
- Isolierung

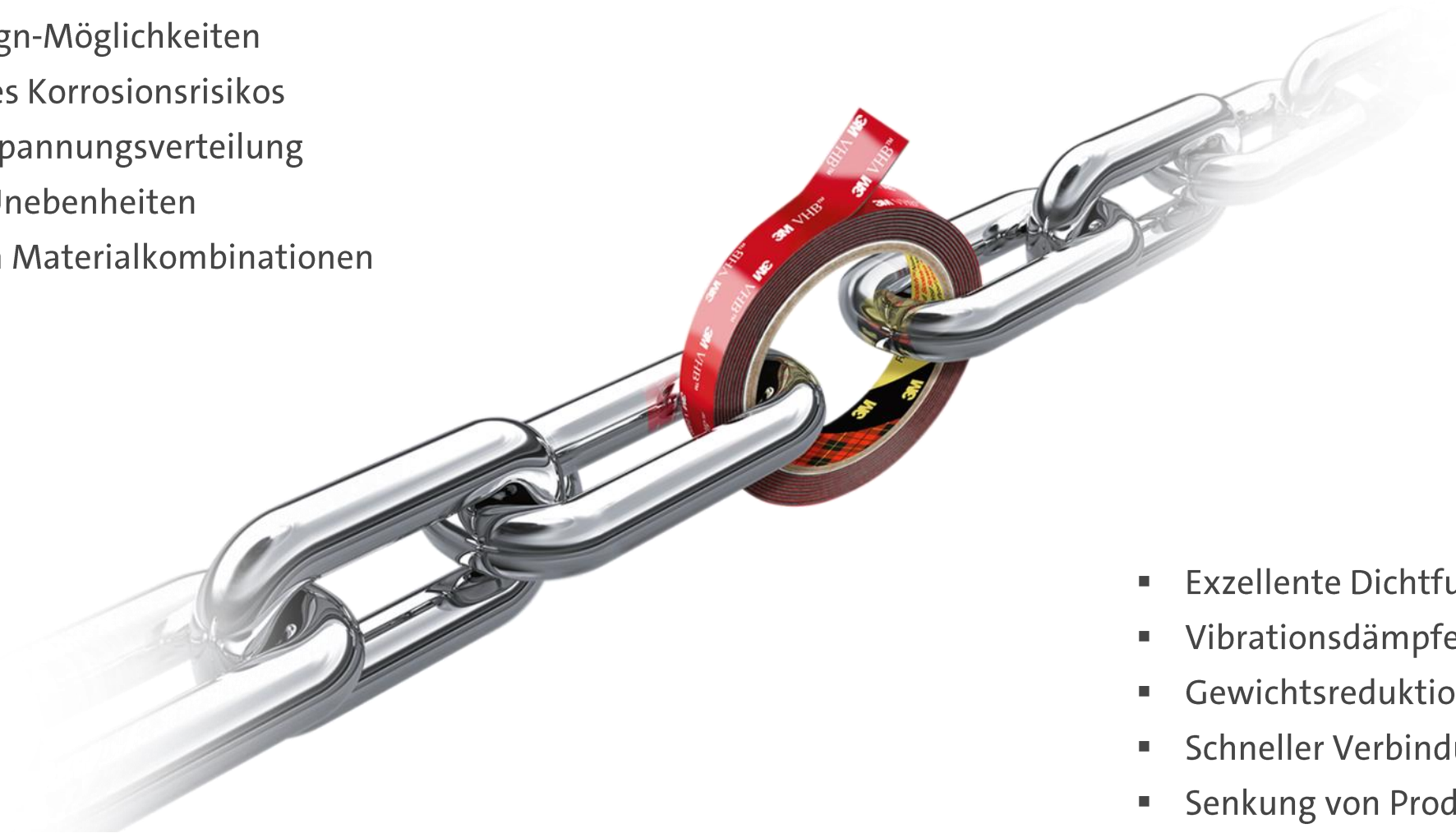




# HOCHLEISTUNGSKLEBEBÄNDER

## Zusammenfassung

- Erweiterte Design-Möglichkeiten
- Minimierung des Korrosionsrisikos
- Gleichmäßige Spannungsverteilung
- Ausgleich von Unebenheiten
- Verbindung von Materialkombinationen



- Exzellente Dichtfunktion
- Vibrationsdämpfend
- Gewichtsreduktion
- Schneller Verbindungsprozess
- Senkung von Produktionskosten

# Vielen Dank Für Ihre Aufmerksamkeit

**Sven Esders**

**Business Development Manager**

**Member of the executive Board BM  
Chemie Israel Ltd.**

Bodo Möller Chemie GmbH  
Senefelderstr. 176  
63069 Offenbach a.M.  
Mobil: + 49 172 13 833 13  
Mail: [s.esders@bm-chemie.de](mailto:s.esders@bm-chemie.de)  
[www.bm-chemie.com](http://www.bm-chemie.com)

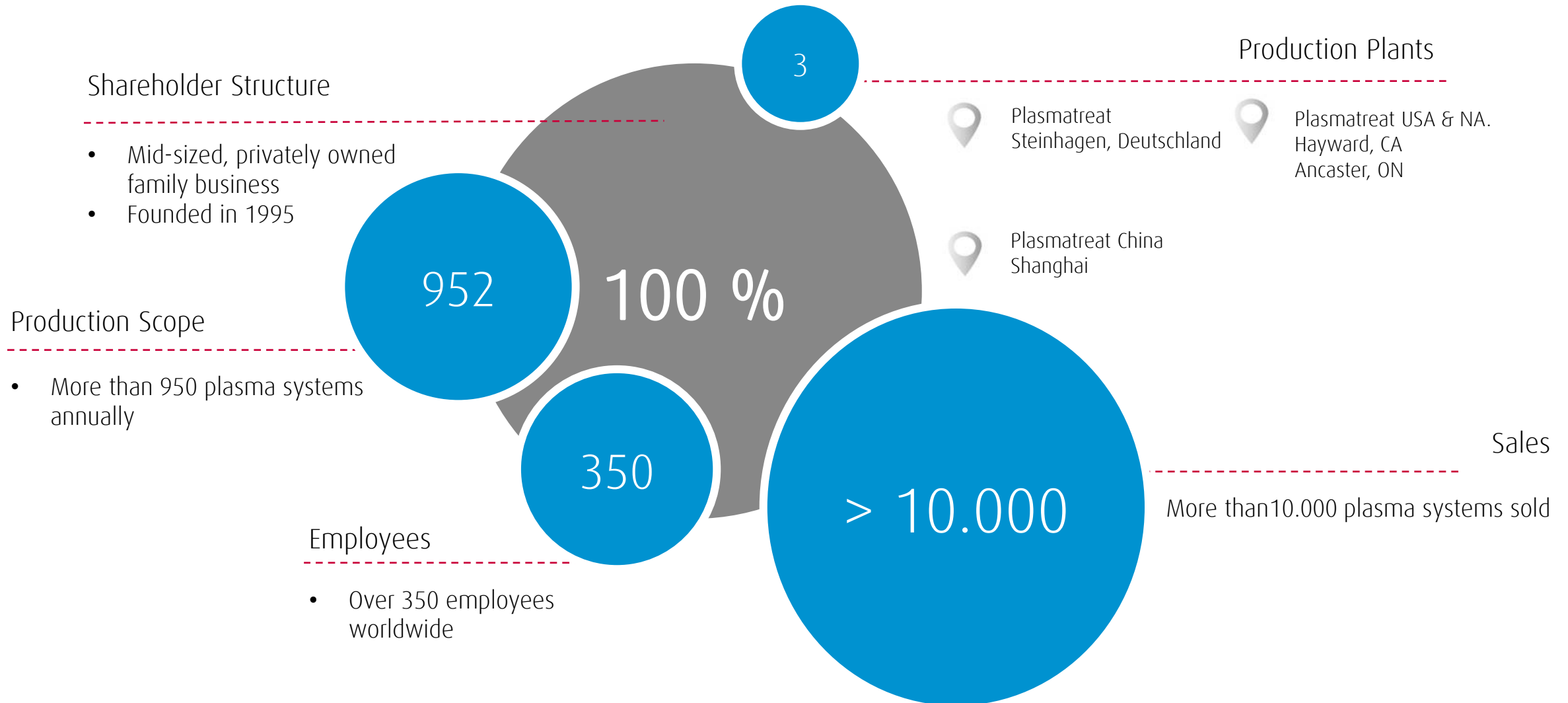






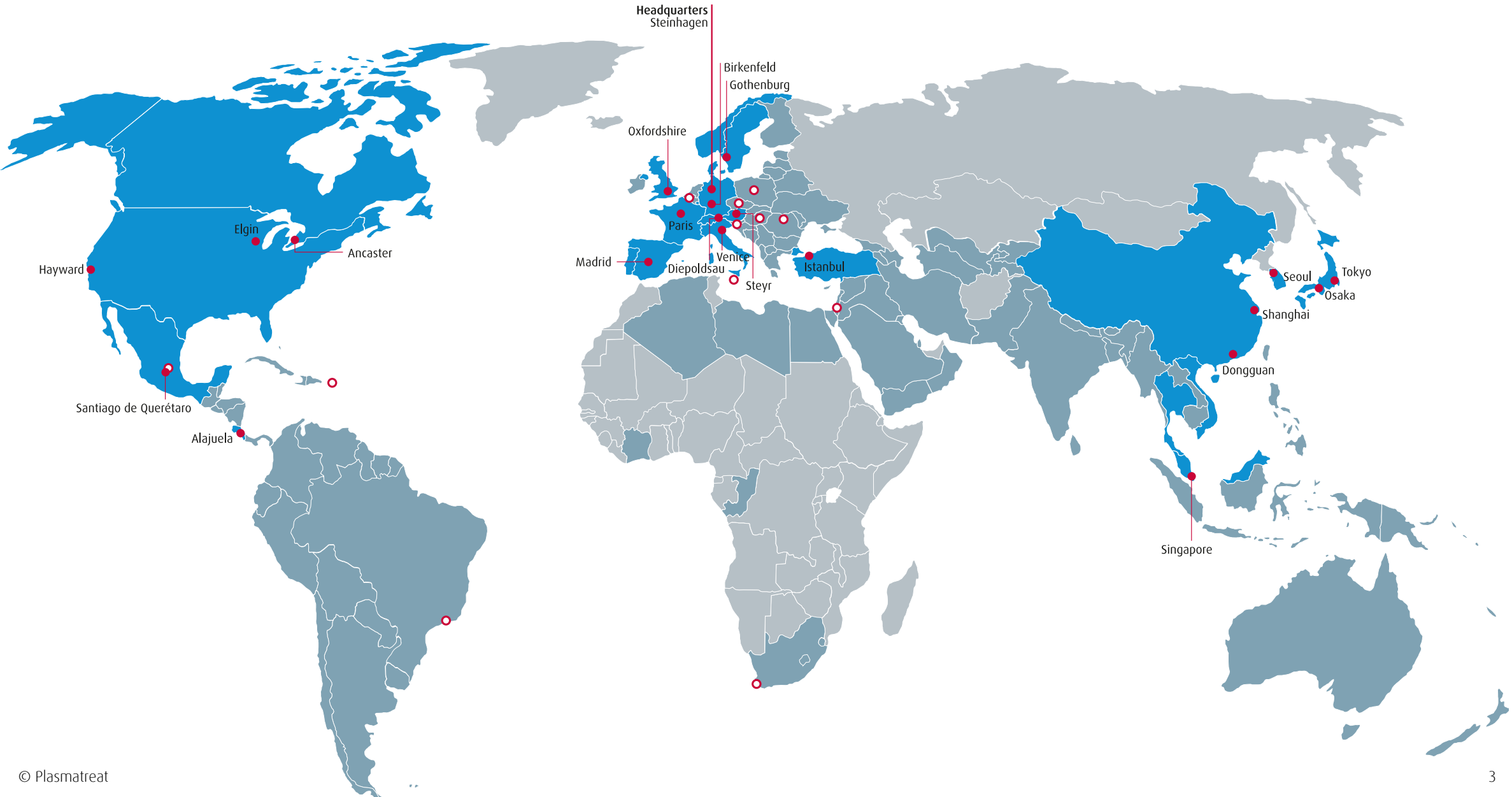
# Innovative Vorbehandlung und Reinigung: PlasmaPlus und HydroPlasma

15.05.2025





# Global Network



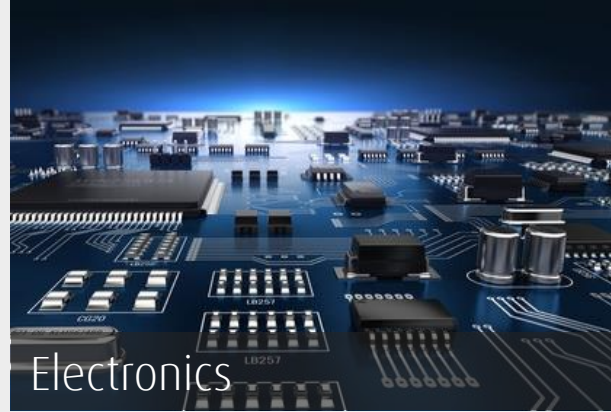
# Industry solutions



Automotive



Life Sciences



Electronics



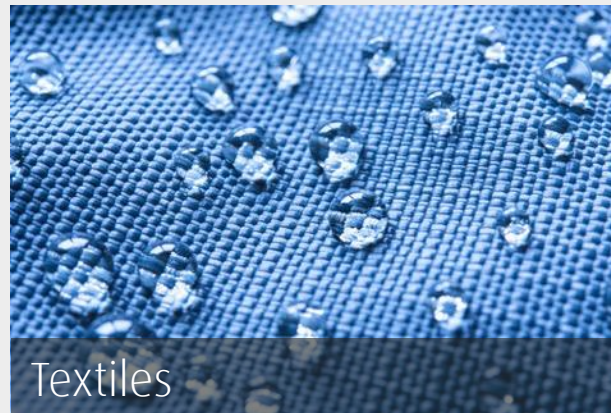
Appliances



Transportation



Packaging

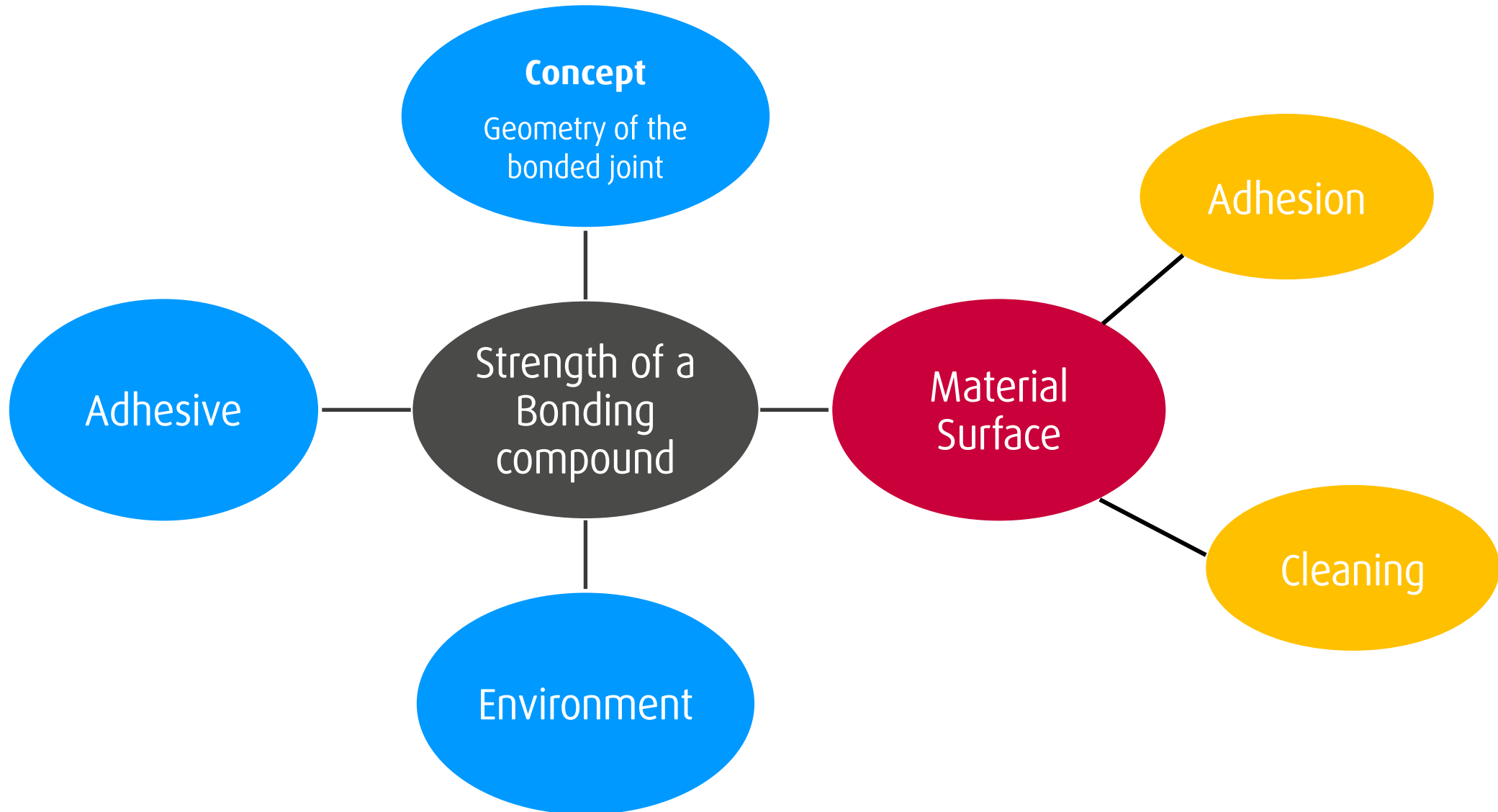


Textiles



New Energies

# Strength of a bonding compound



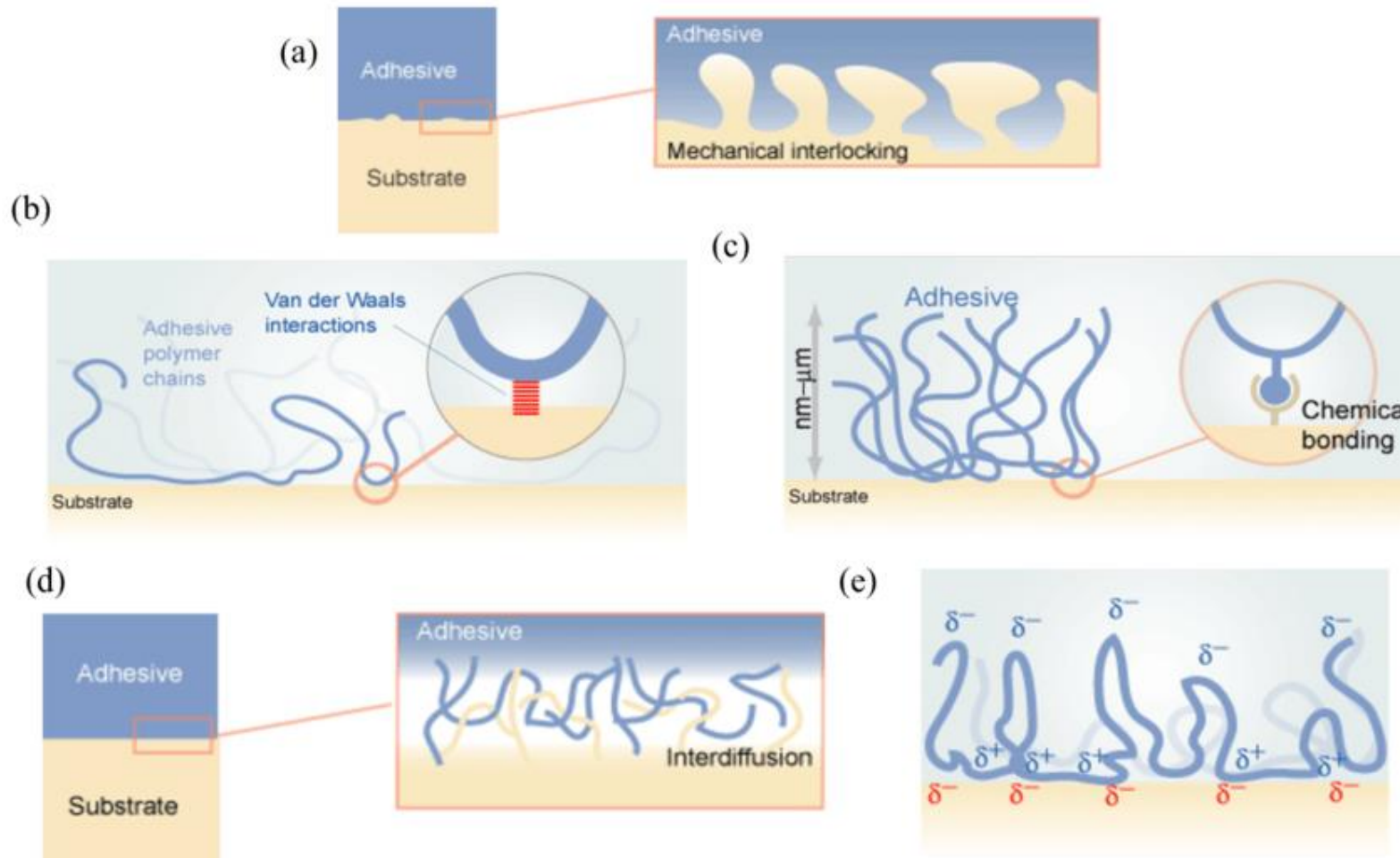
# **“Golden rules” for adhesion**

- 1) Clean surface**
- 2) Surface energy substrate > Surface tension adhesive**
- 3) Surface energy after plasma ~ max. 60-65 mN/m**
- 4) Matching chemistry**





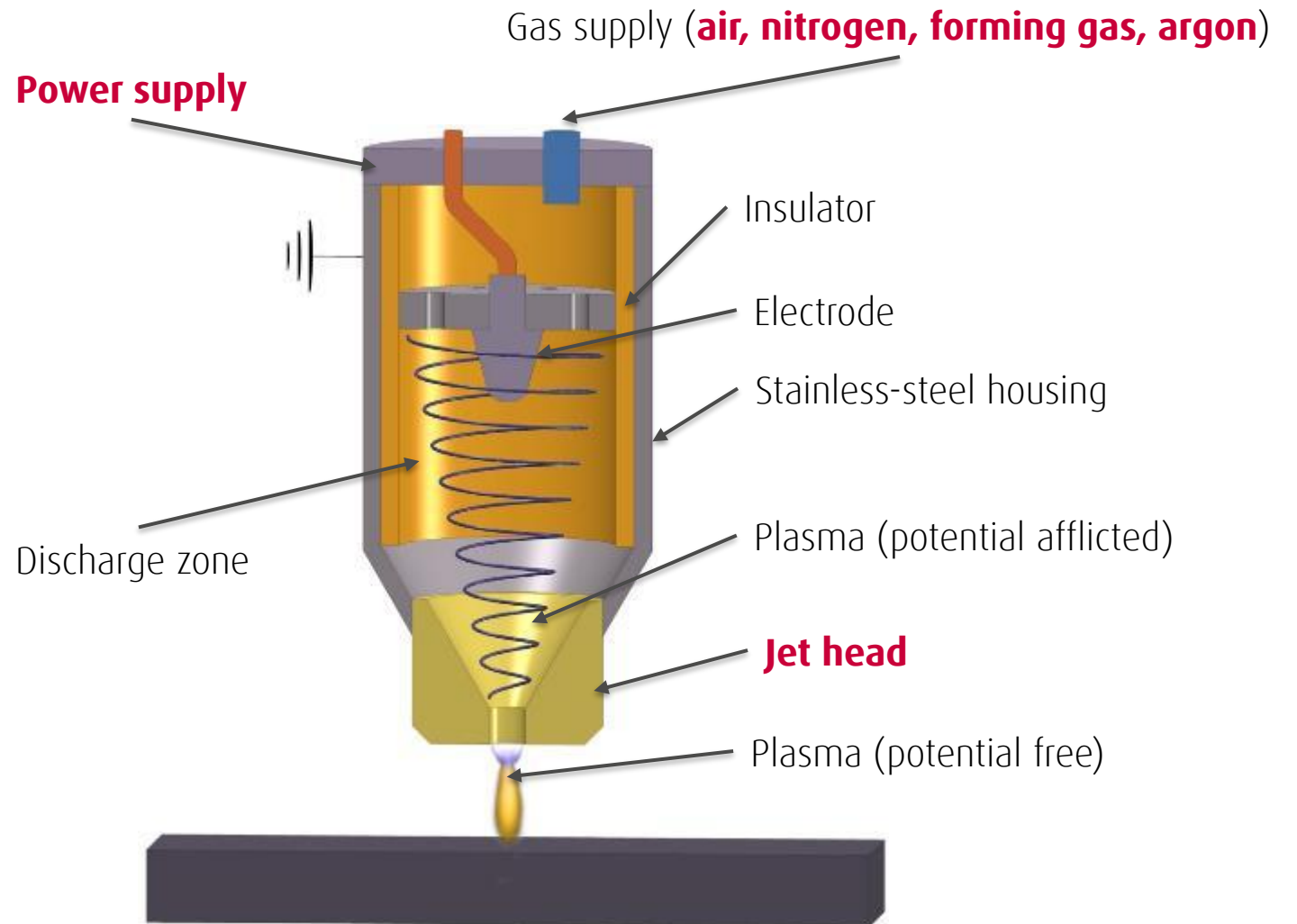
# Adhesion

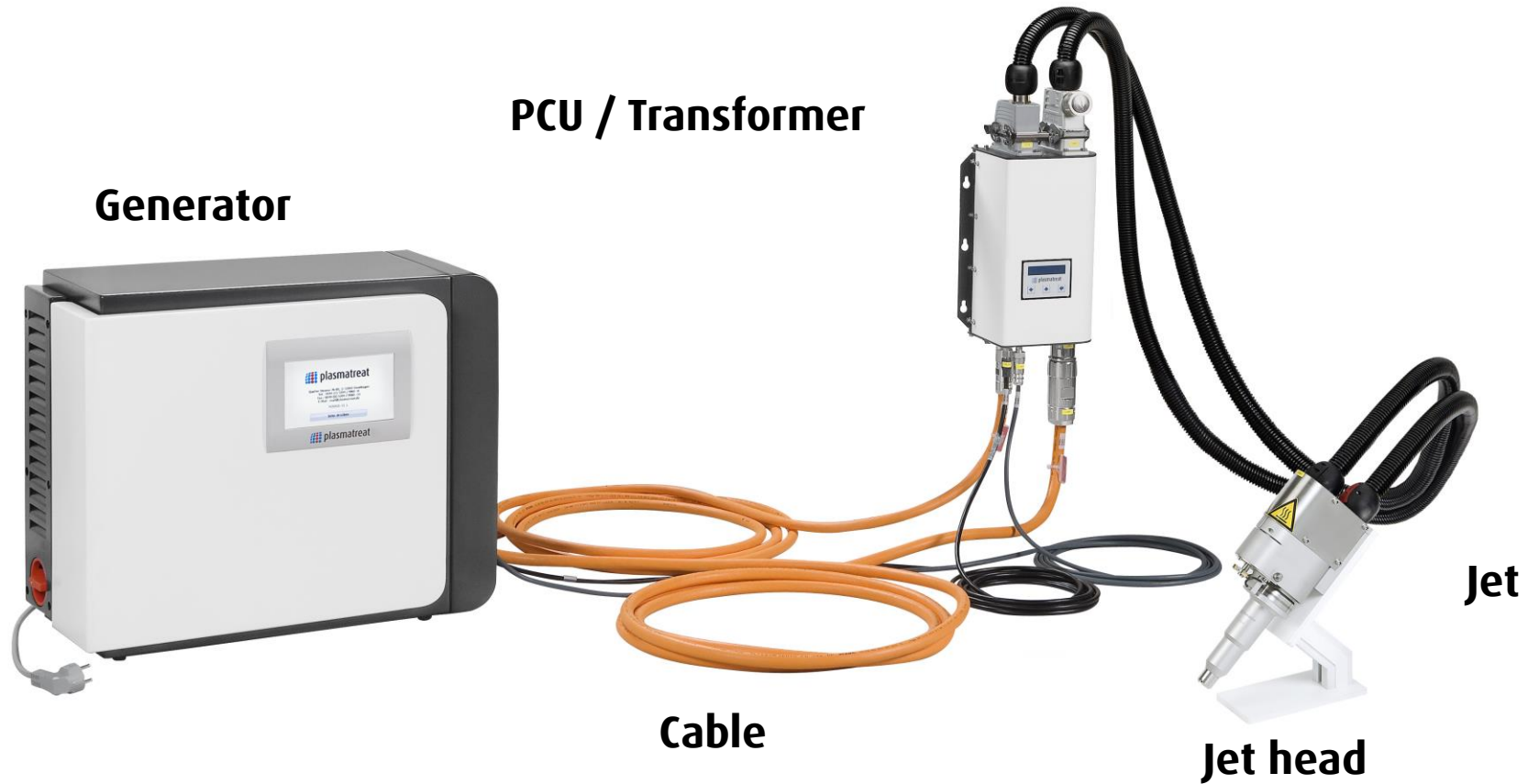


- Mechanical adhesion
- Polarization theory
- Electrostatic theory
- Diffusion theory
- Thermodynamic
- Chemical adhesion theory

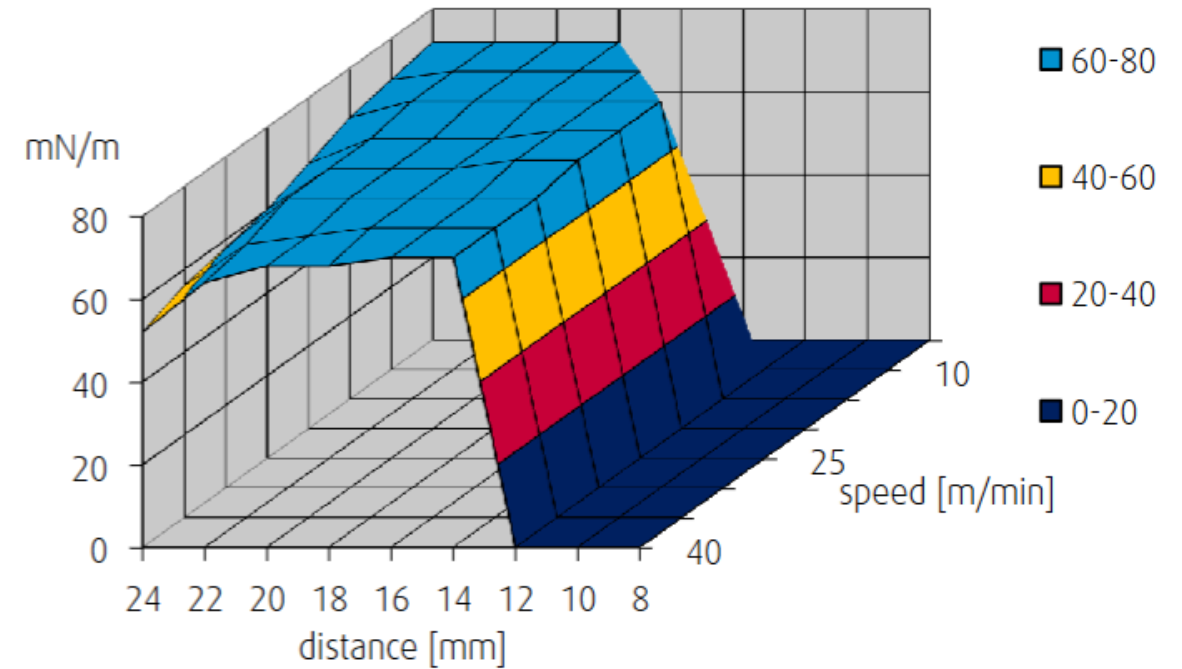
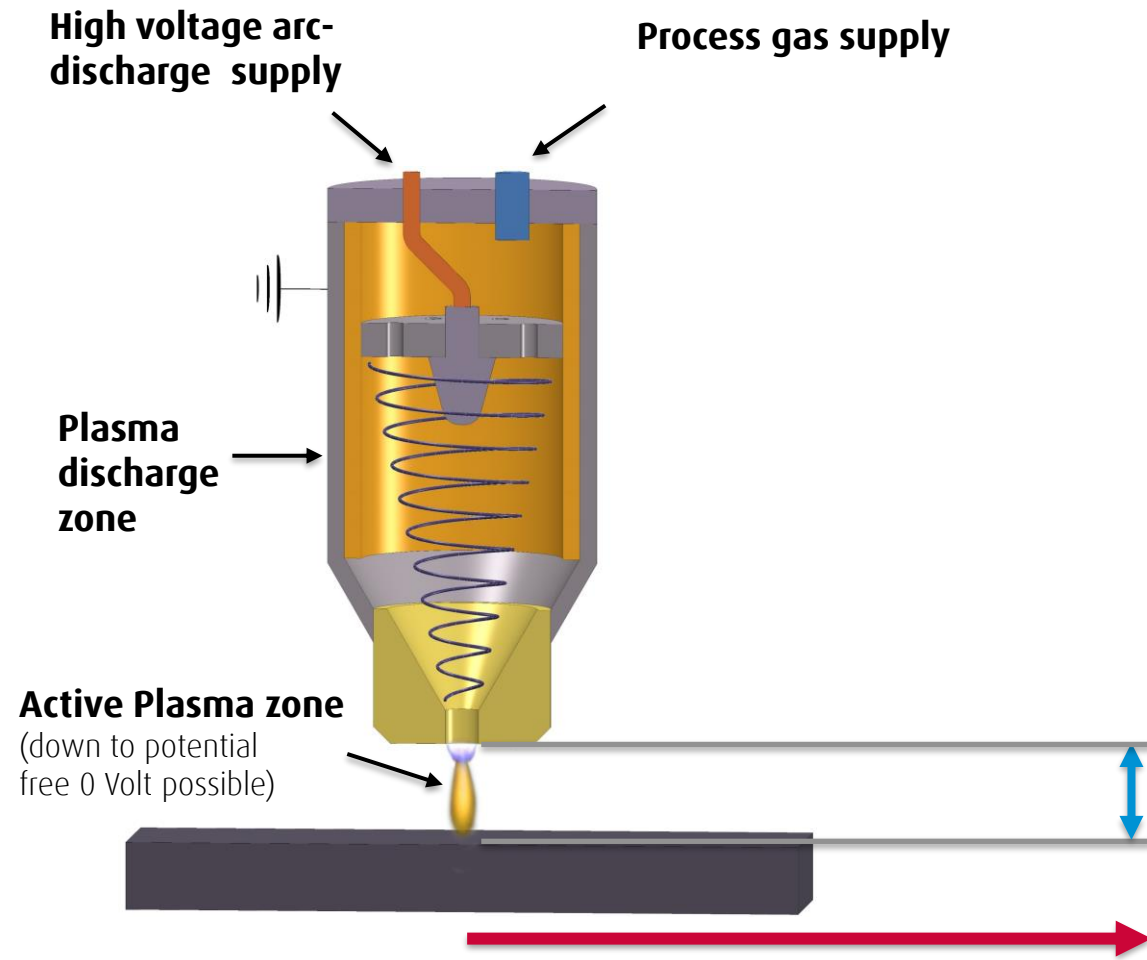
“All mechanisms operate at the same time, but vary in intensity depending on the system. Sometimes. It is difficult to see which mechanism is predominates.”

Source: IFAM





# Operating principle Openair-Plasma®



Defined by Application



# Openair-Plasma® Systems

S0



S1



 plasmamatreat

S2



**Standard**



**Custom**

# Openair-Plasma® - Process



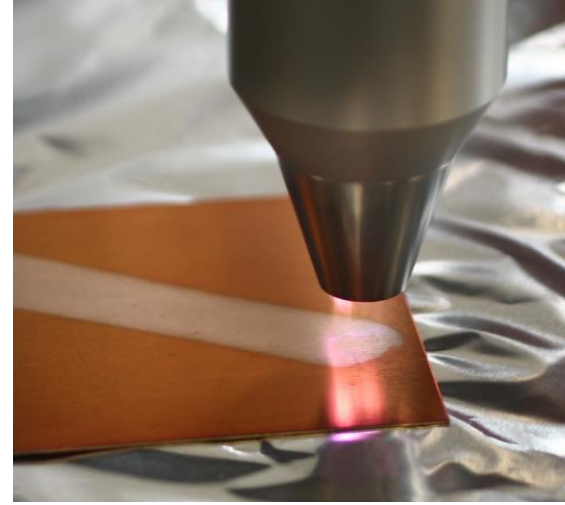
## Cleaning



## Coating



## ReDoX



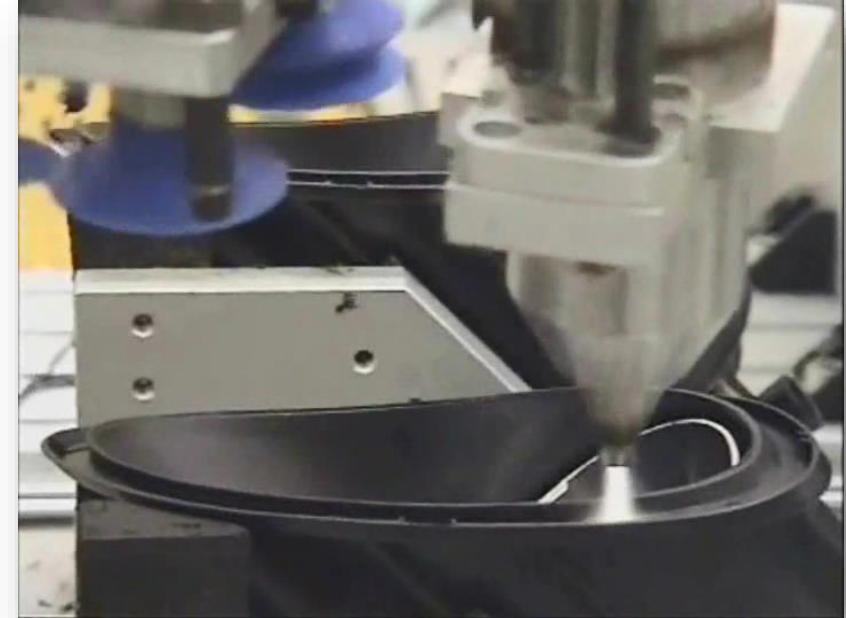
## Activation



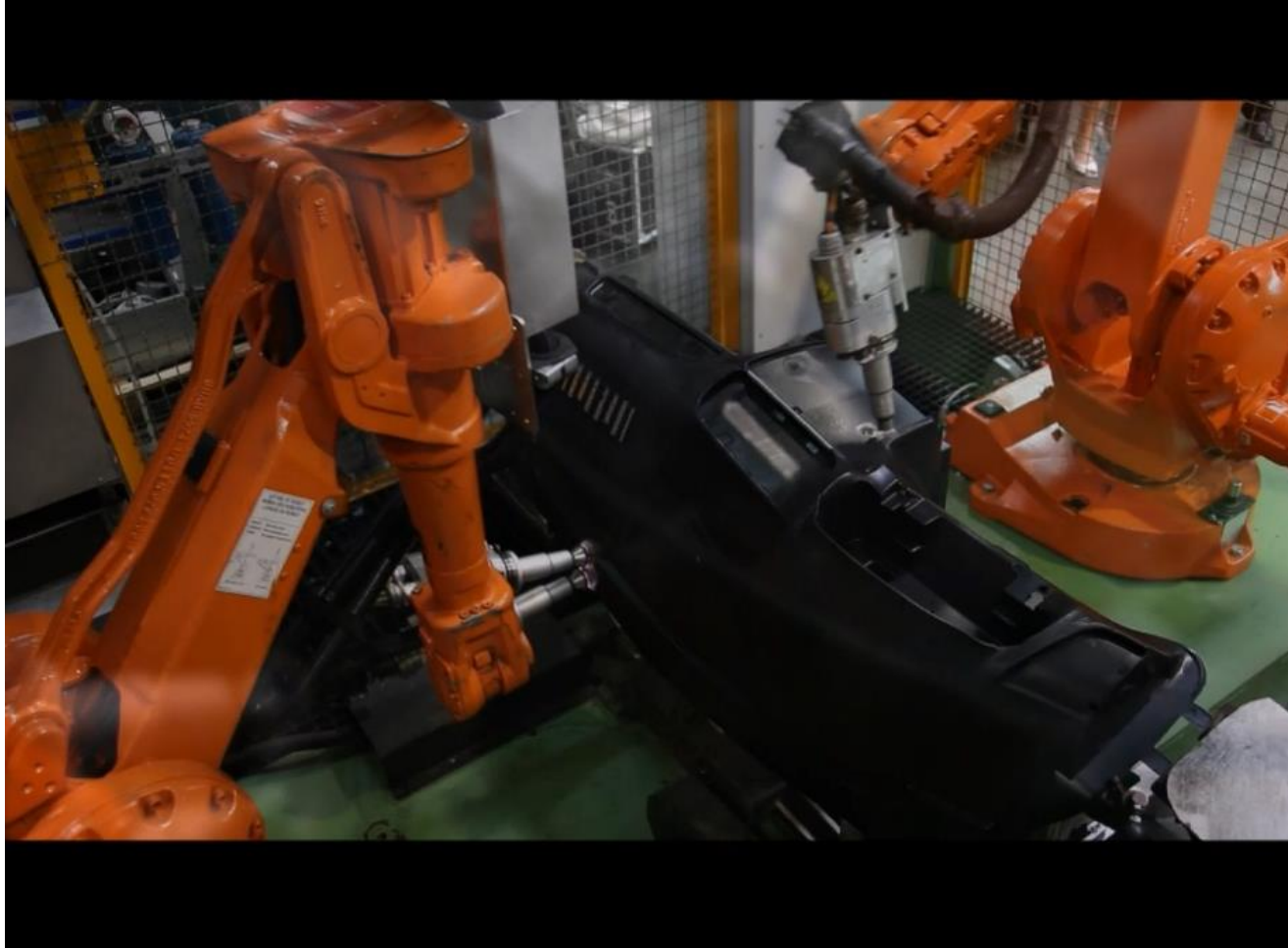
# Openair® Plasma – Activation



- In-line plasma pretreatment
- Robot guided
- Application of the adhesive directly after pretreatment
- Formerly PC/ABS - today PP + plasma

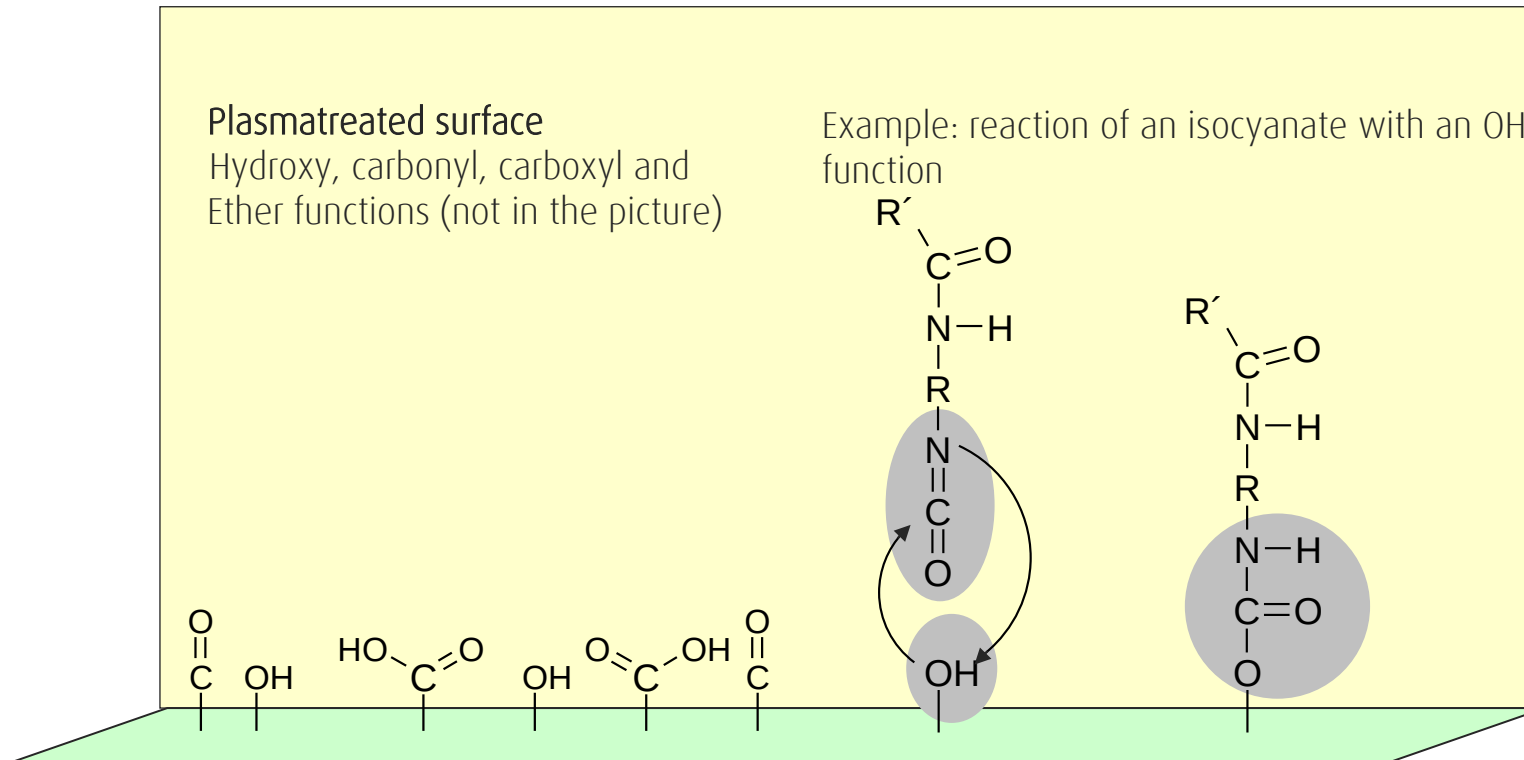


# Automotive interieur



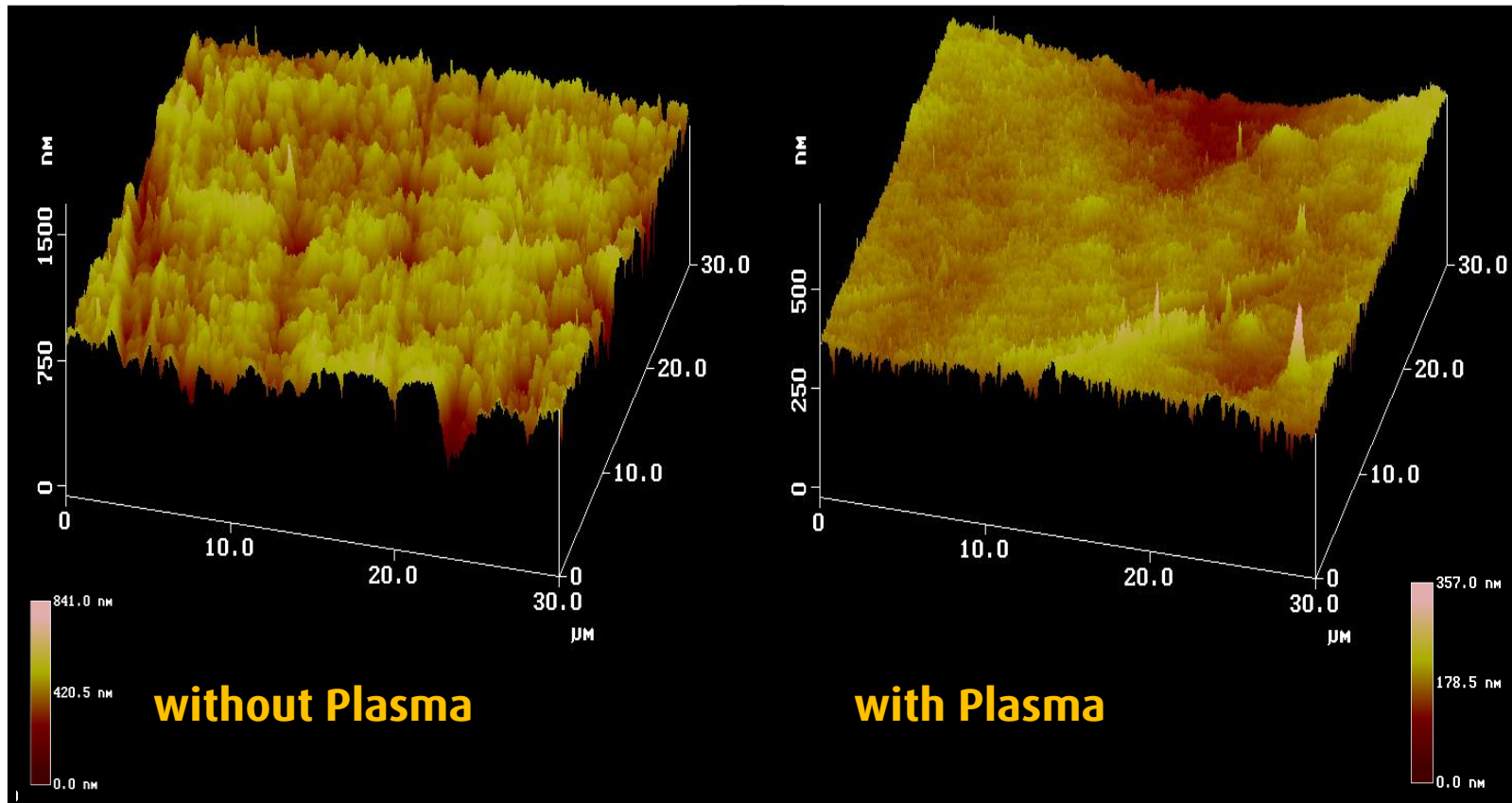


## Chemical reactions on a functionalized plastic surface

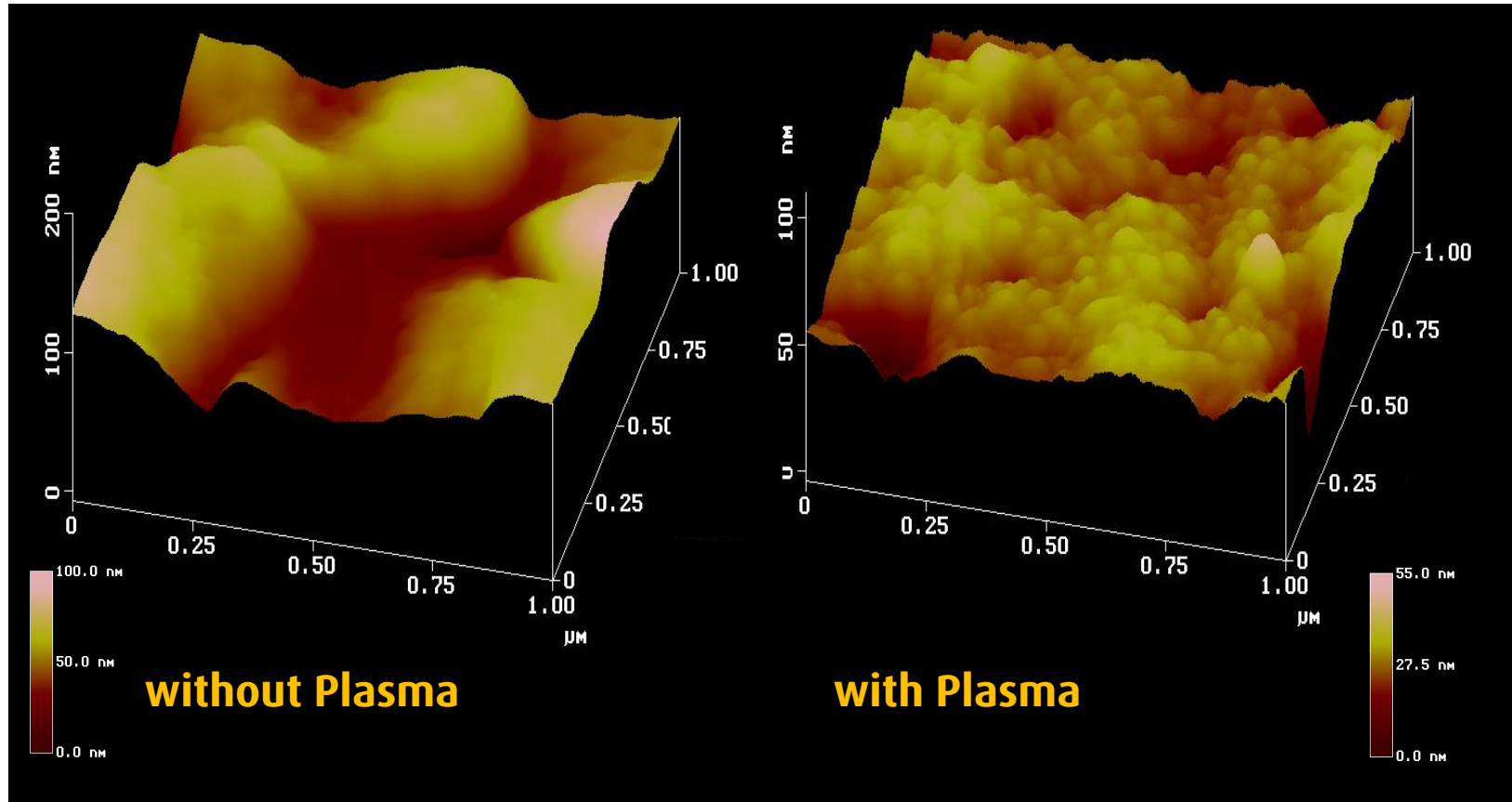


- Covalent bond (150 - 950 kJ/mol)
- Hydrogen bonds (10 - 40 kJ/mol)
- Dipole-dipole interactions ( $\ll$  40 kJ/mol)
- Van der Waals forces (0,5 - 5 kJ/mol)

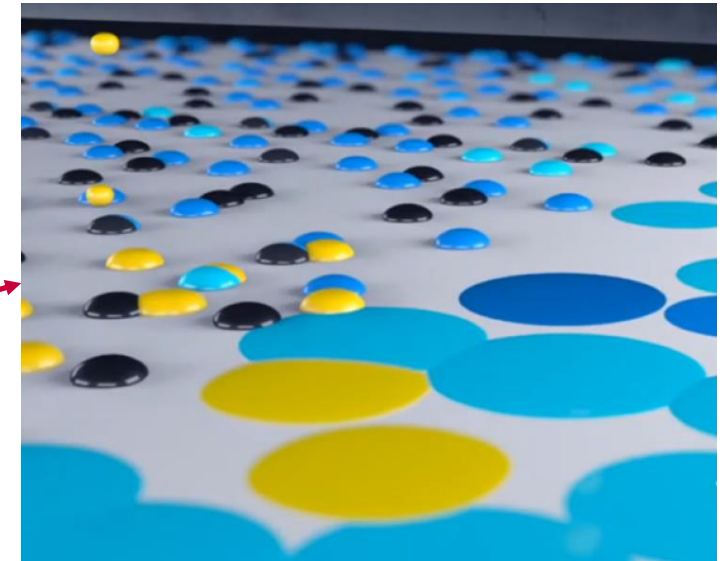
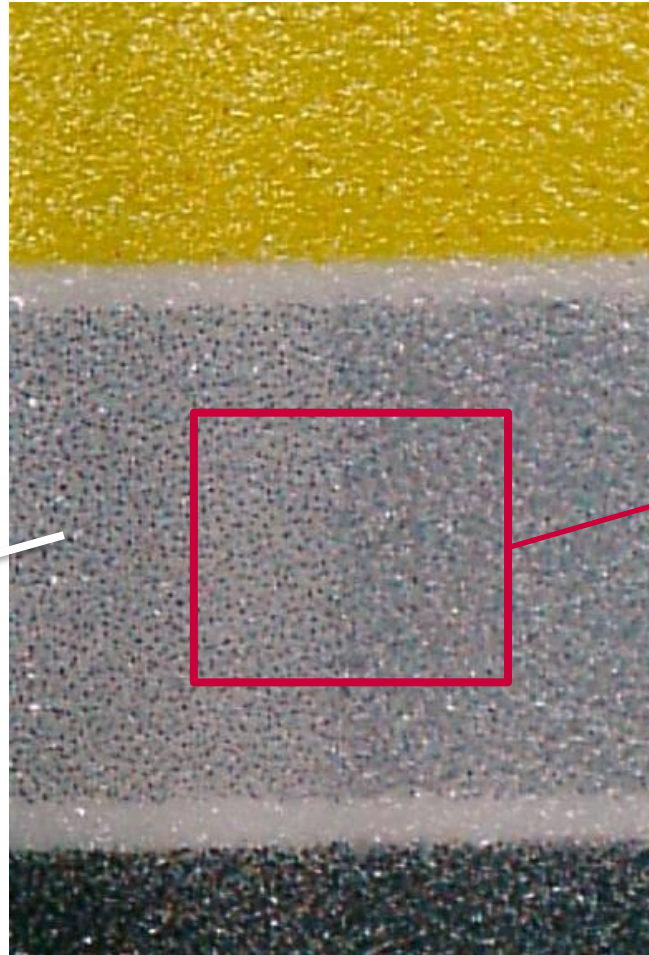
# Openair® Plasma – Activation



# Openair® Plasma – Activation

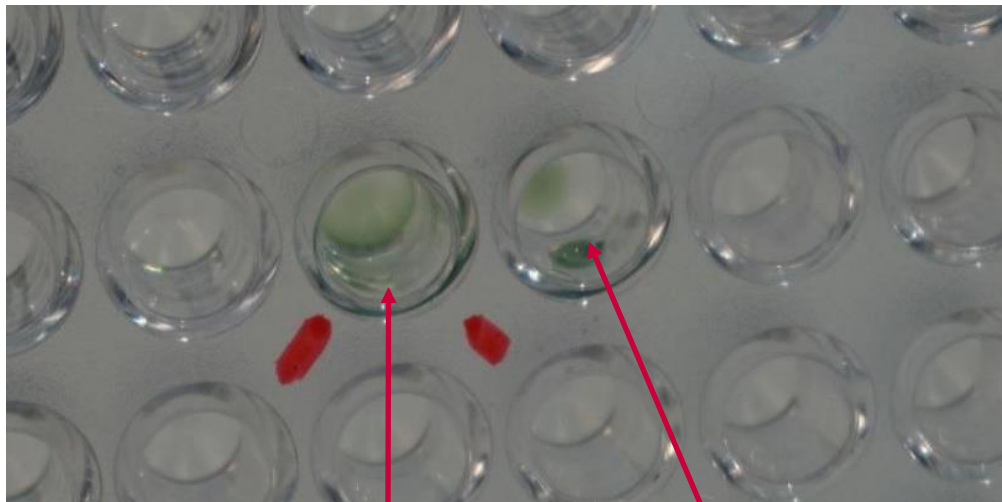
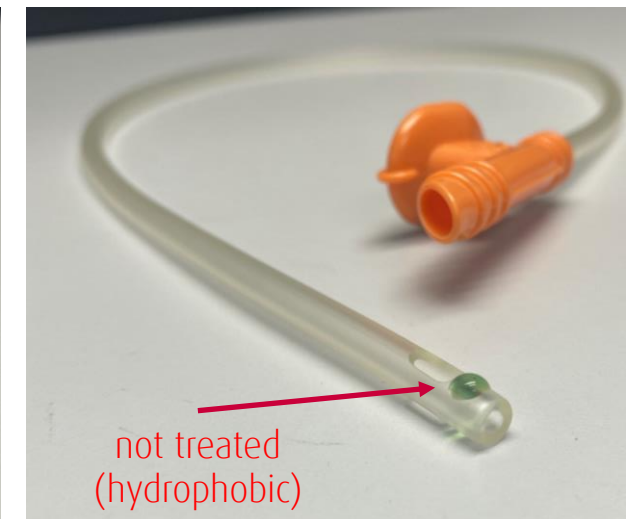
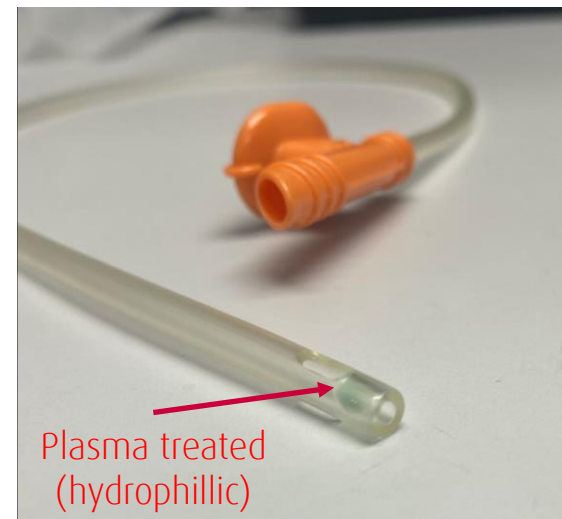


# Surface energy

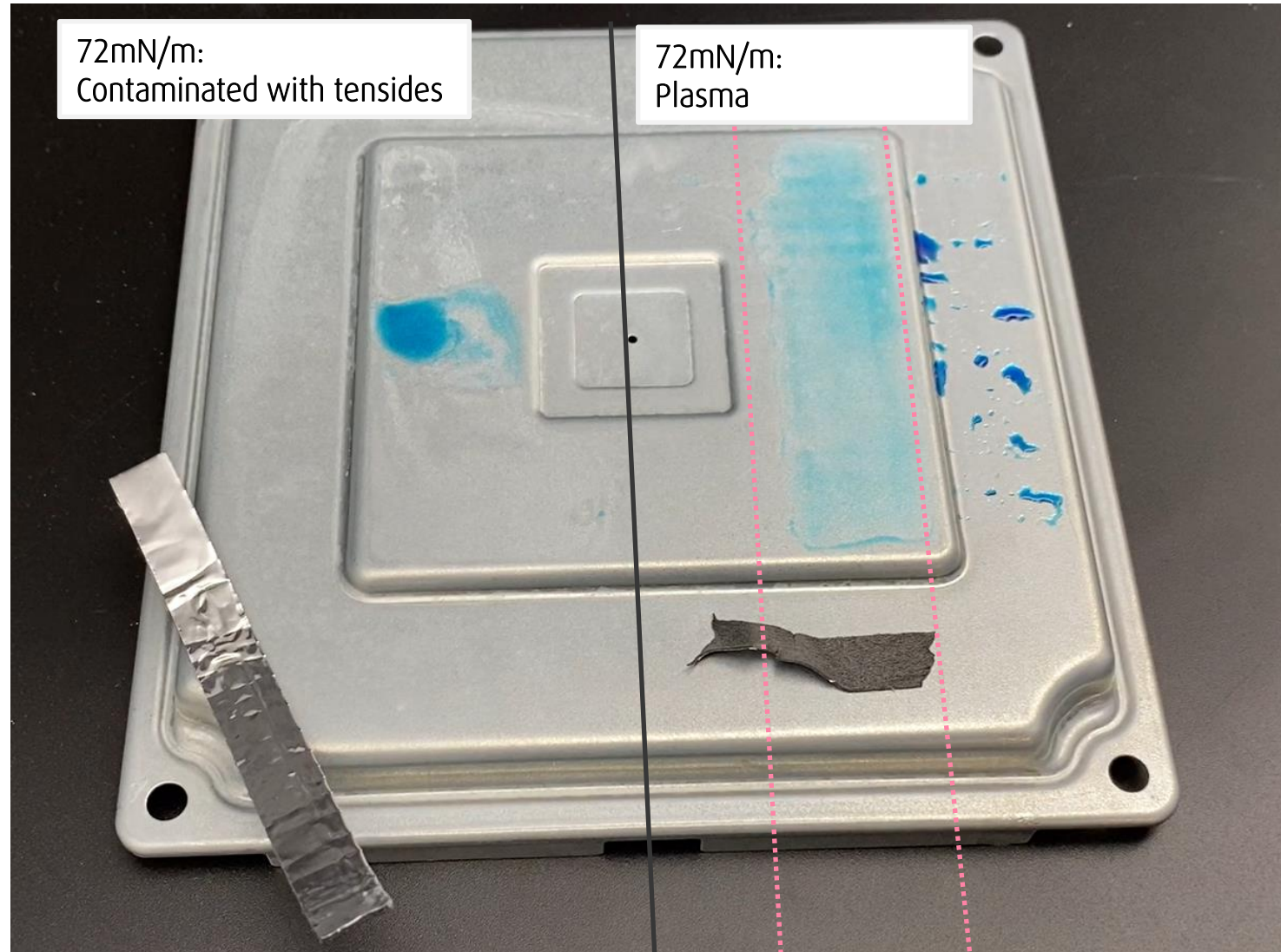




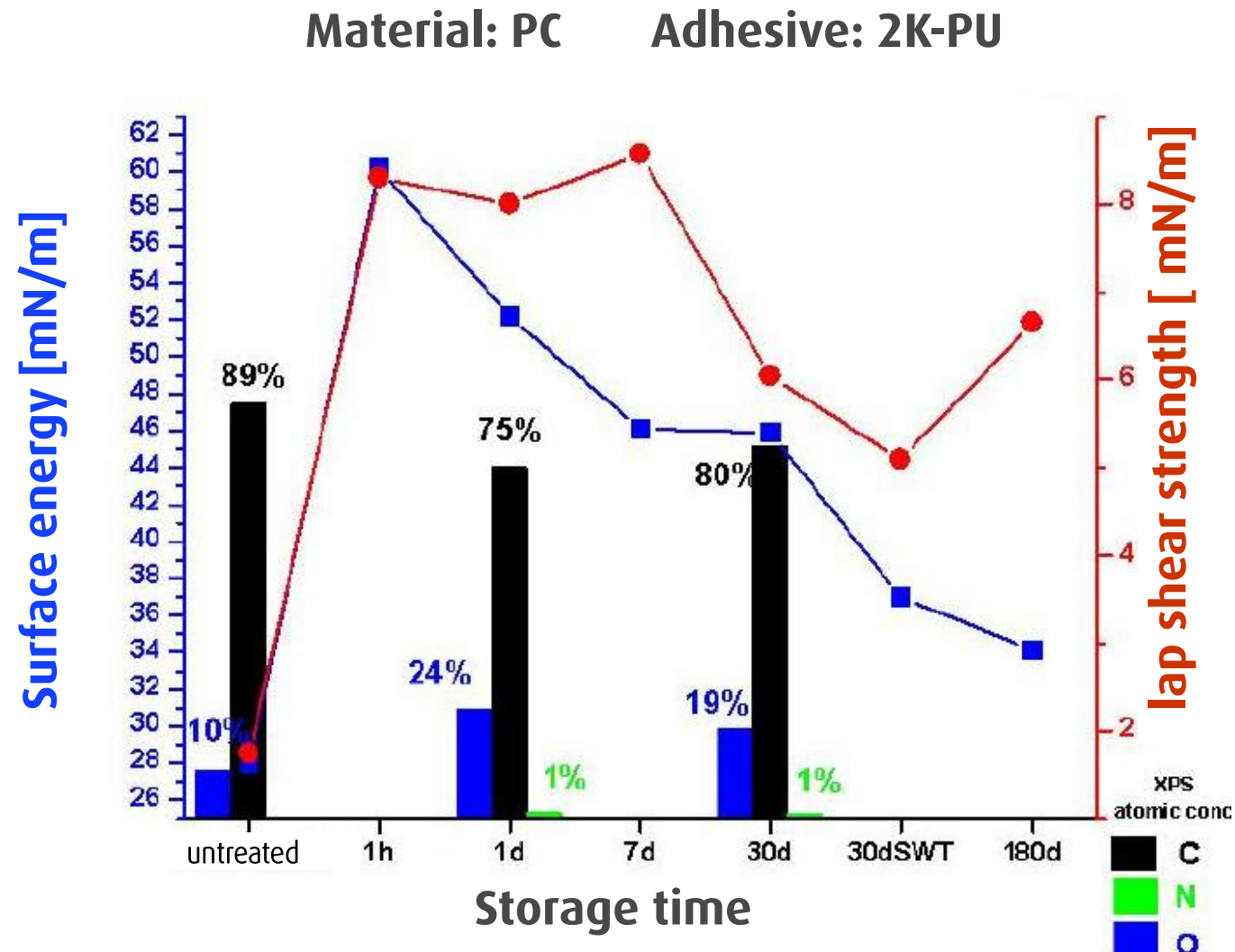
# Openair® Plasma – Activation



# Openair® Plasma – Activation



# Openair® Plasma – Activation



30d SWT:  
Duration: 30 days  
Temp.: 40°C  
Humidity: 100%

Source: AIF project 12651 N / 1



# Openair-Plasma® - Process



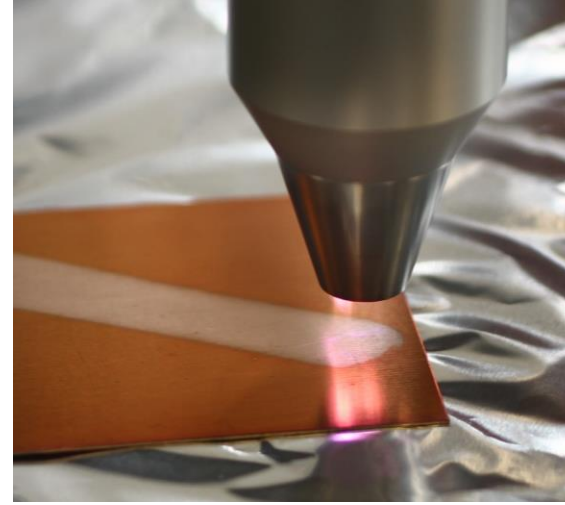
## Cleaning



## Coating



## ReDoX

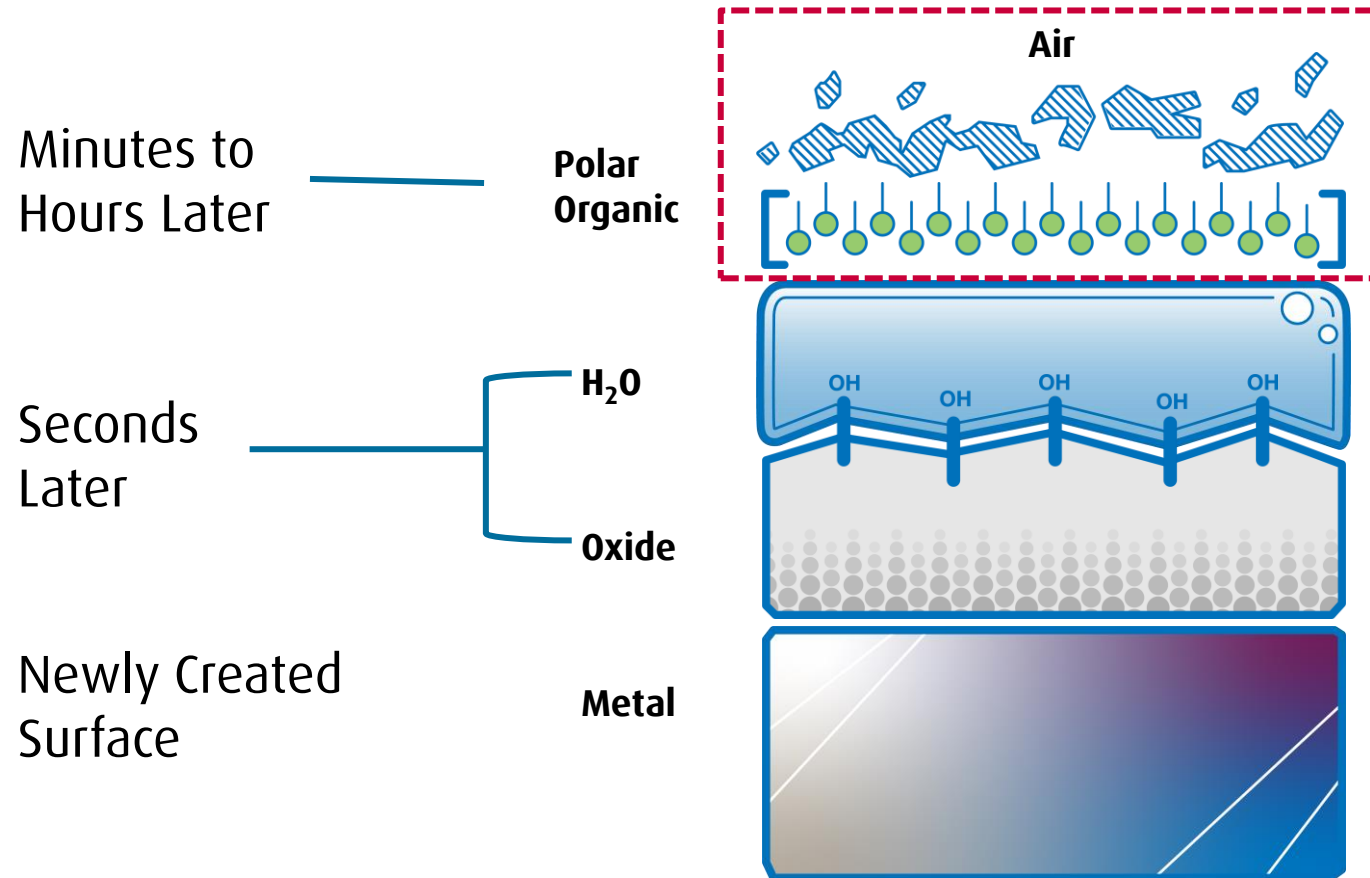


## Activation

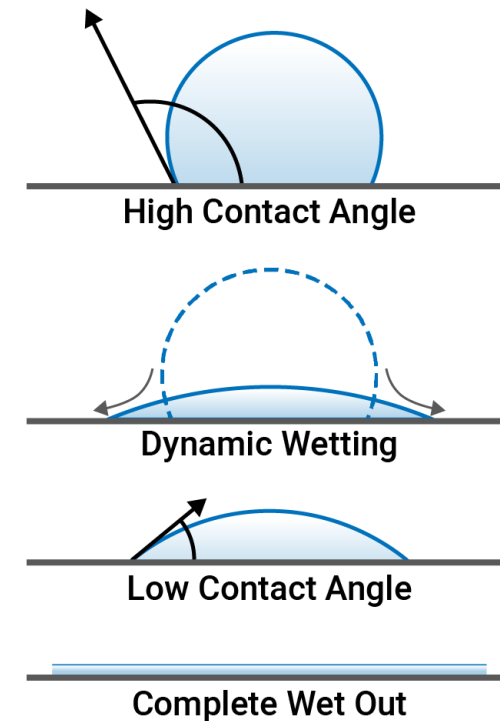




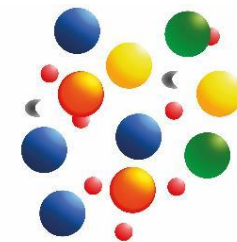
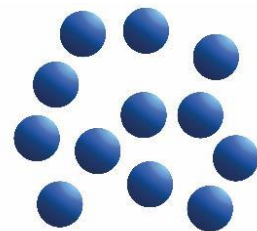
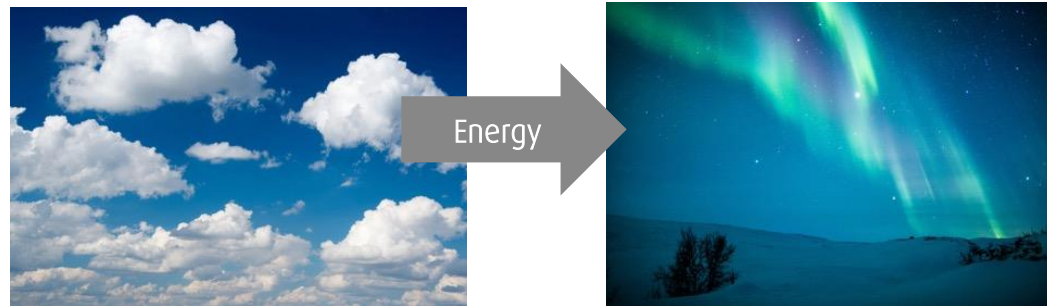
# Metal surface



## Water Contact Angle



# Openair-Plasma® – Cleaning



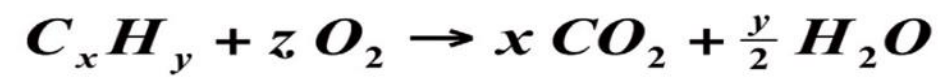
p.e.::

O<sub>2</sub>-Molecule

Plasma-Cleaning

O<sub>2</sub><sup>\*</sup>, O<sub>2</sub><sup>+</sup>, O<sub>2</sub><sup>-</sup>, O<sub>3</sub>, ....

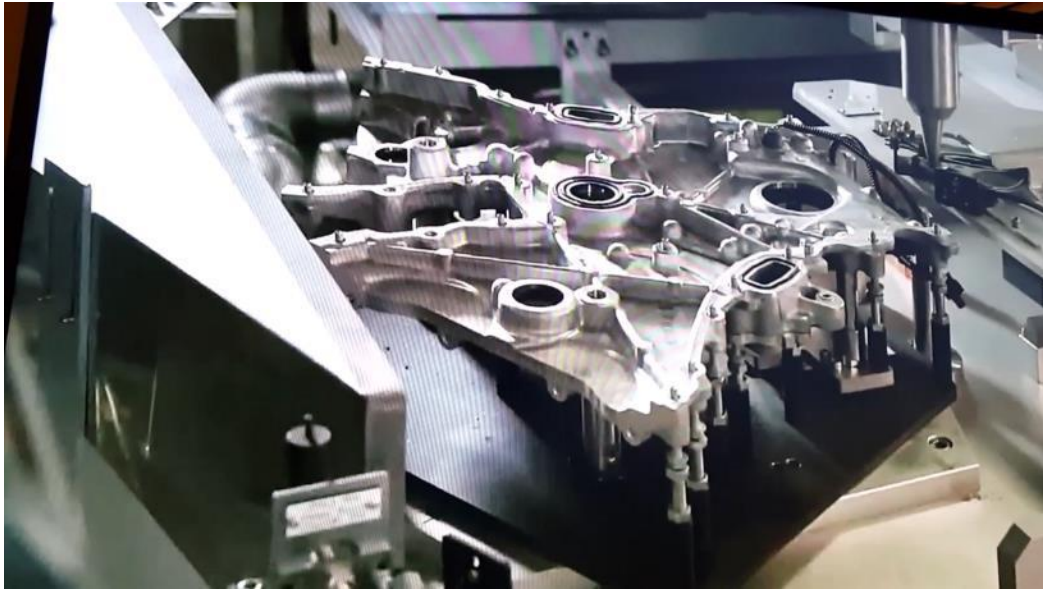
Organic contamination



CO, CO<sub>2</sub>  
H<sub>2</sub>O, etc.



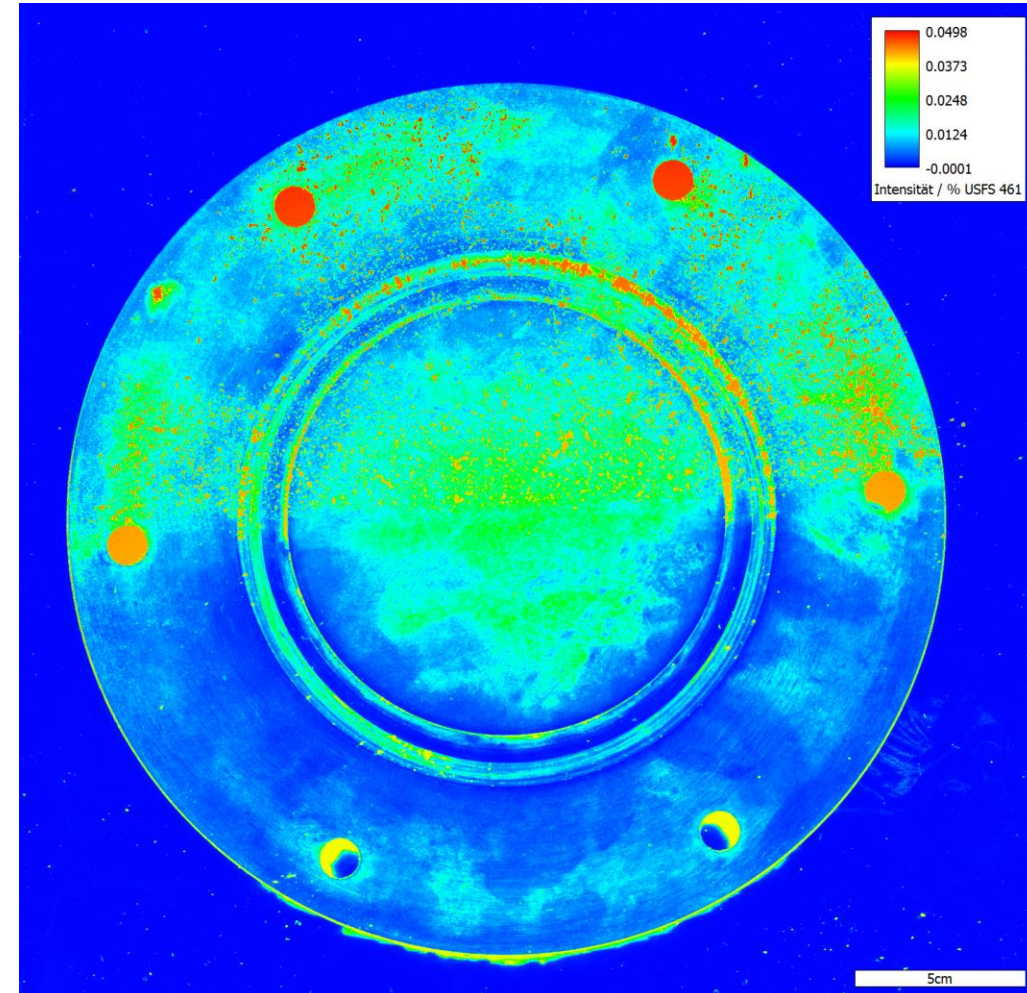
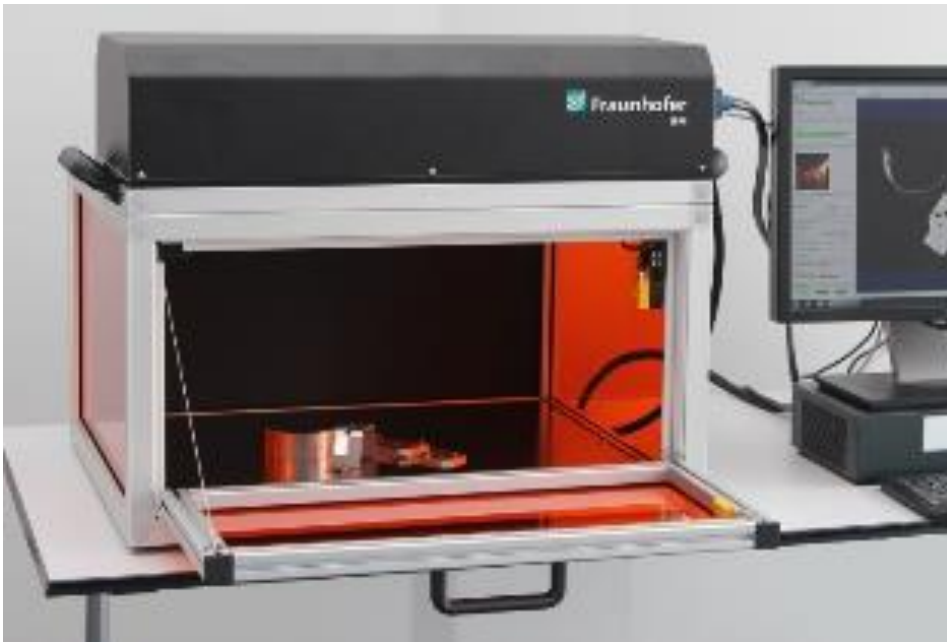
Source: Fraunhofer IFAM



## Engine block cleaning

- Cleaning and activation of aluminum engine block for increased adhesion before FIPG RTV silicone.

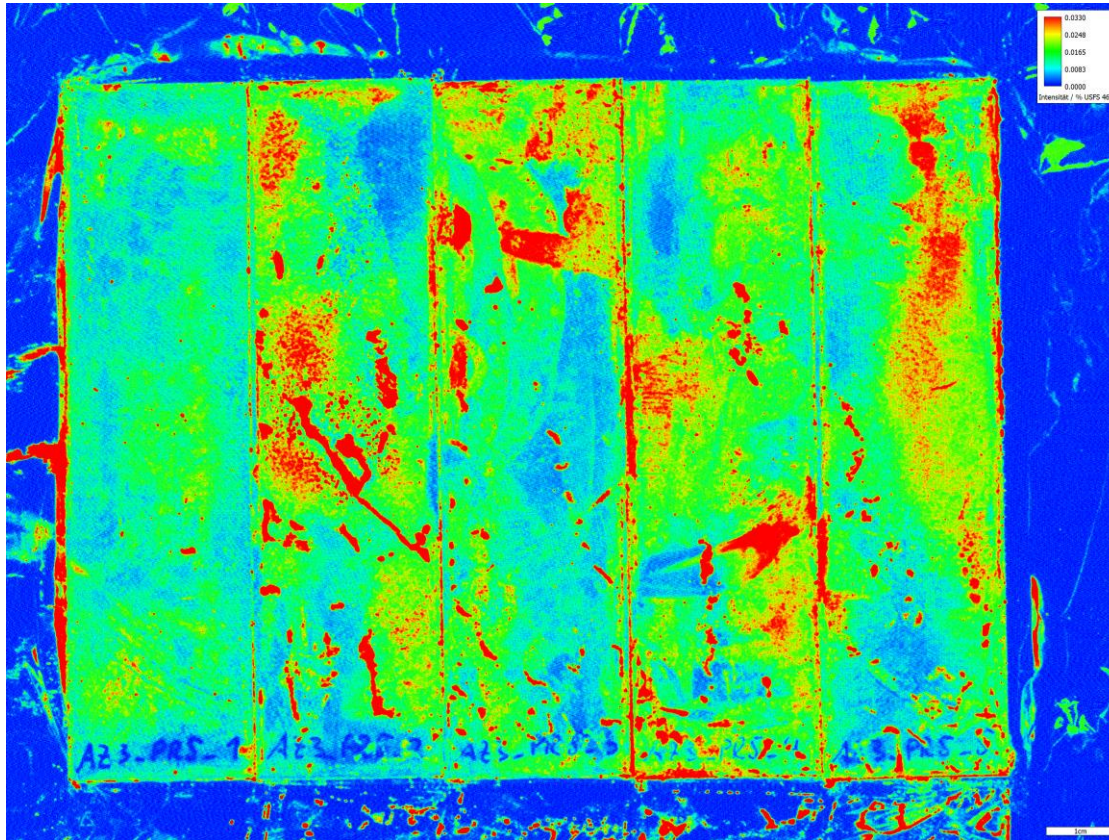
# Openair-Plasma® – Cleaning – Fluorescence measurement



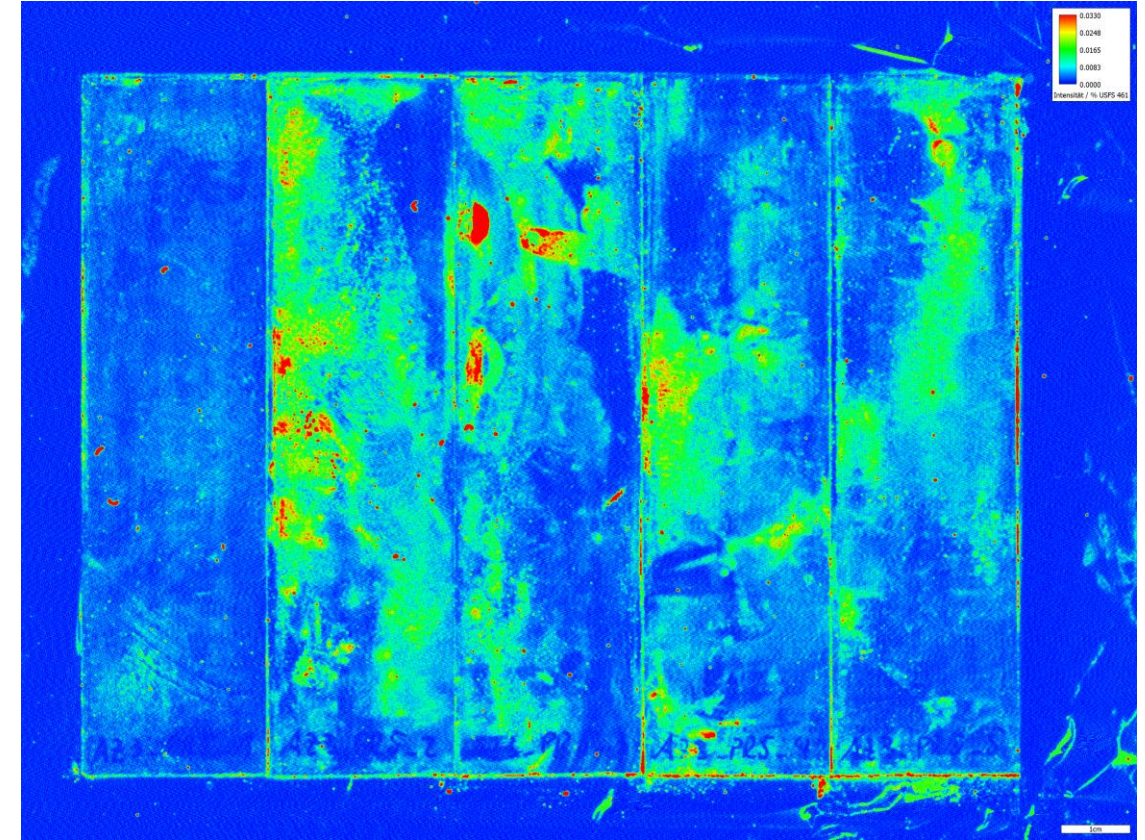


# Openair-Plasma® – Cleaning – Fluorescence measurement

| Substrat | Contamination | Gas | Power    |
|----------|---------------|-----|----------|
| Metal    | Oil           | CDA | 800 Watt |



Initial



Openair-Plasma® cleaning with PFW10



# Openair-Plasma® – Reinigung – High Power



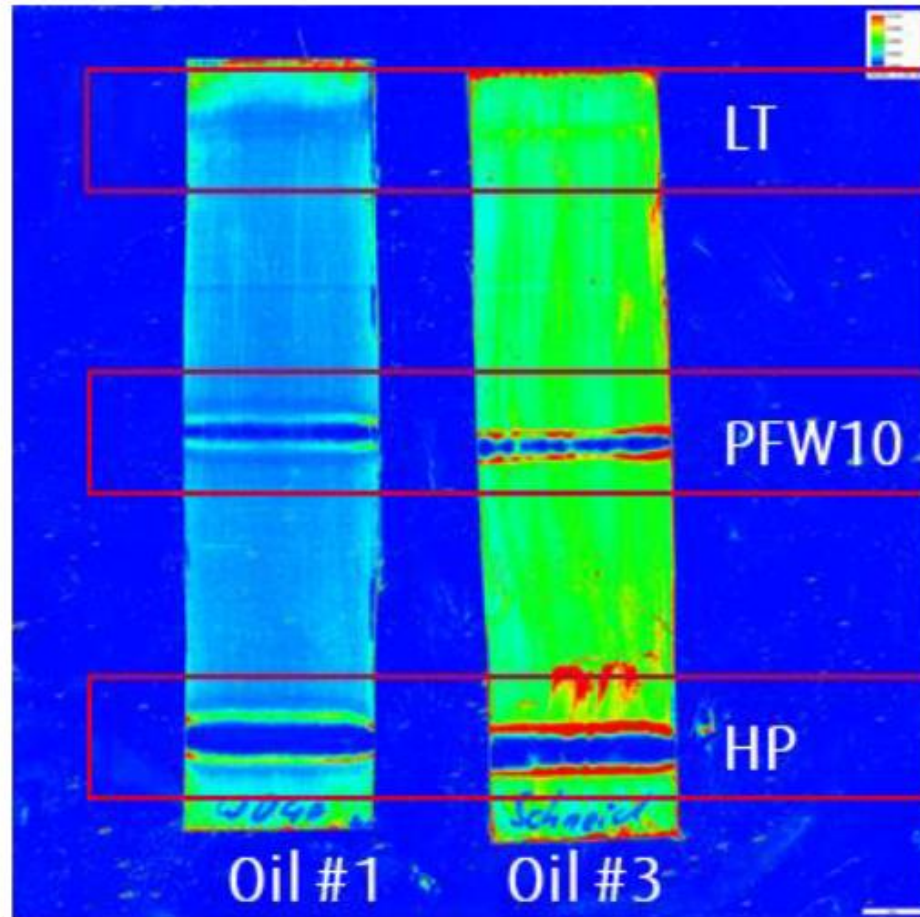
## PFW10 - HP

## PFW10 - LT

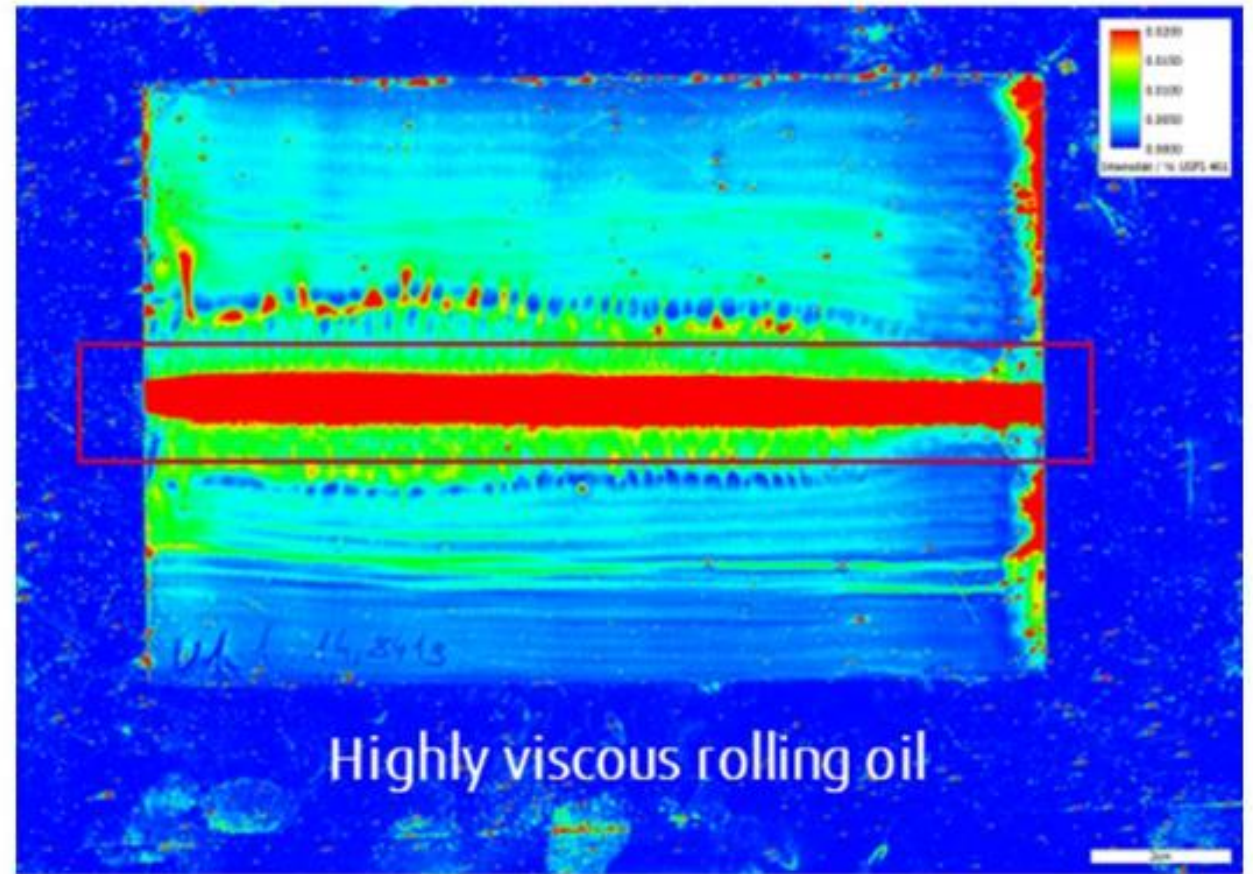


|                             | PFW10              | PFW10-HP             | PFW10-LT           |
|-----------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| Power                       | <b>500 – 800 W</b> | <b>1400 – 2400 W</b> | <b>150 – 250 W</b> |
| Behandlungsbreite           | 4 – 20 mm          | 10 – 20 mm           | 4 mm               |
| Behandlungsgeschwindigkeit  | 50 - 200 m/min     | 50 - 200 m/min       | 0 – 55 m/min       |
| Abstand                     | 2 – 25 mm          | 2 – 25 mm            | 2 – 15 mm          |
| Plasma Temperatur<br>(8 mm) | <b>&gt; 300 °C</b> | <b>&gt; 500 °C</b>   | <b>&lt; 80 °C</b>  |
| Restpotential<br>(at 8 mm)  | 0,1 - 300 V        | > 380 V              | < 1 V              |
| Gewicht                     | 932 g              | 1240 g               | 780 g              |

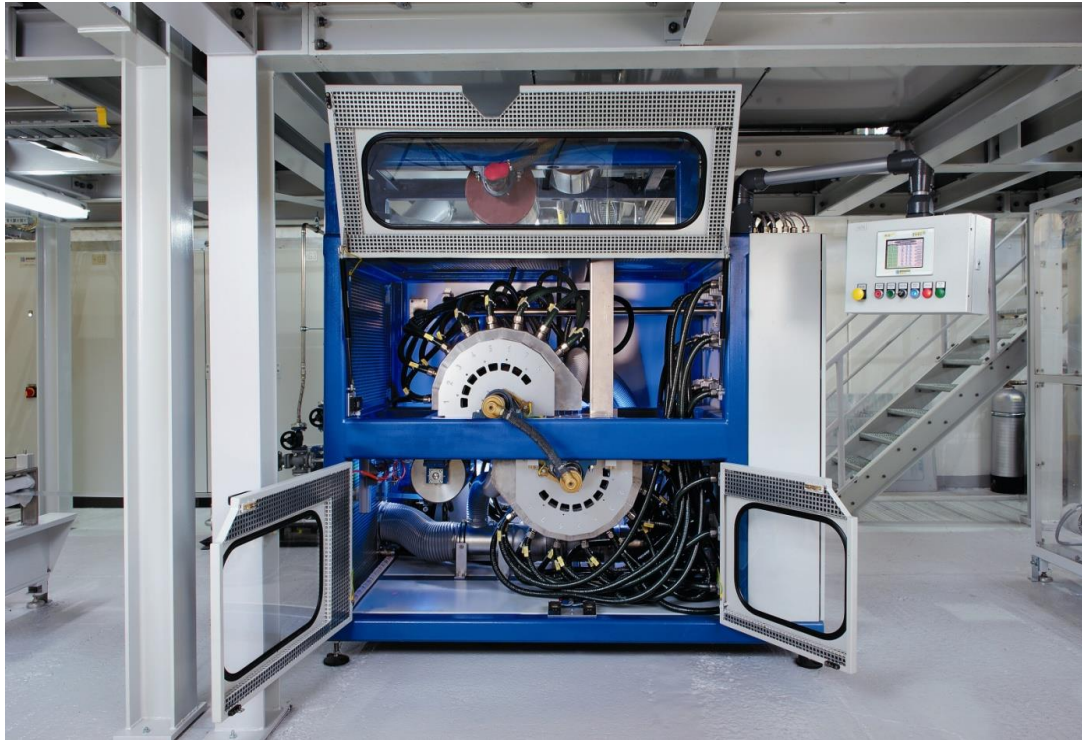




## Limitations: Resinification & Destruction



# Openair-Plasma® – Cleaning



## Cleaning process with Plasma at Griesser

- 1<sup>st</sup> step: removal of strong contamination with hot water under pressure
- 2<sup>nd</sup> step: Fine cleaning with 48 PFW10, 40 m/min, 140 mm width both sides
- 3<sup>rd</sup> step varnishing at *Griesser* with different colors

No solvent in the fine cleaning process.  
About 20 tons less hazardous waste per year.

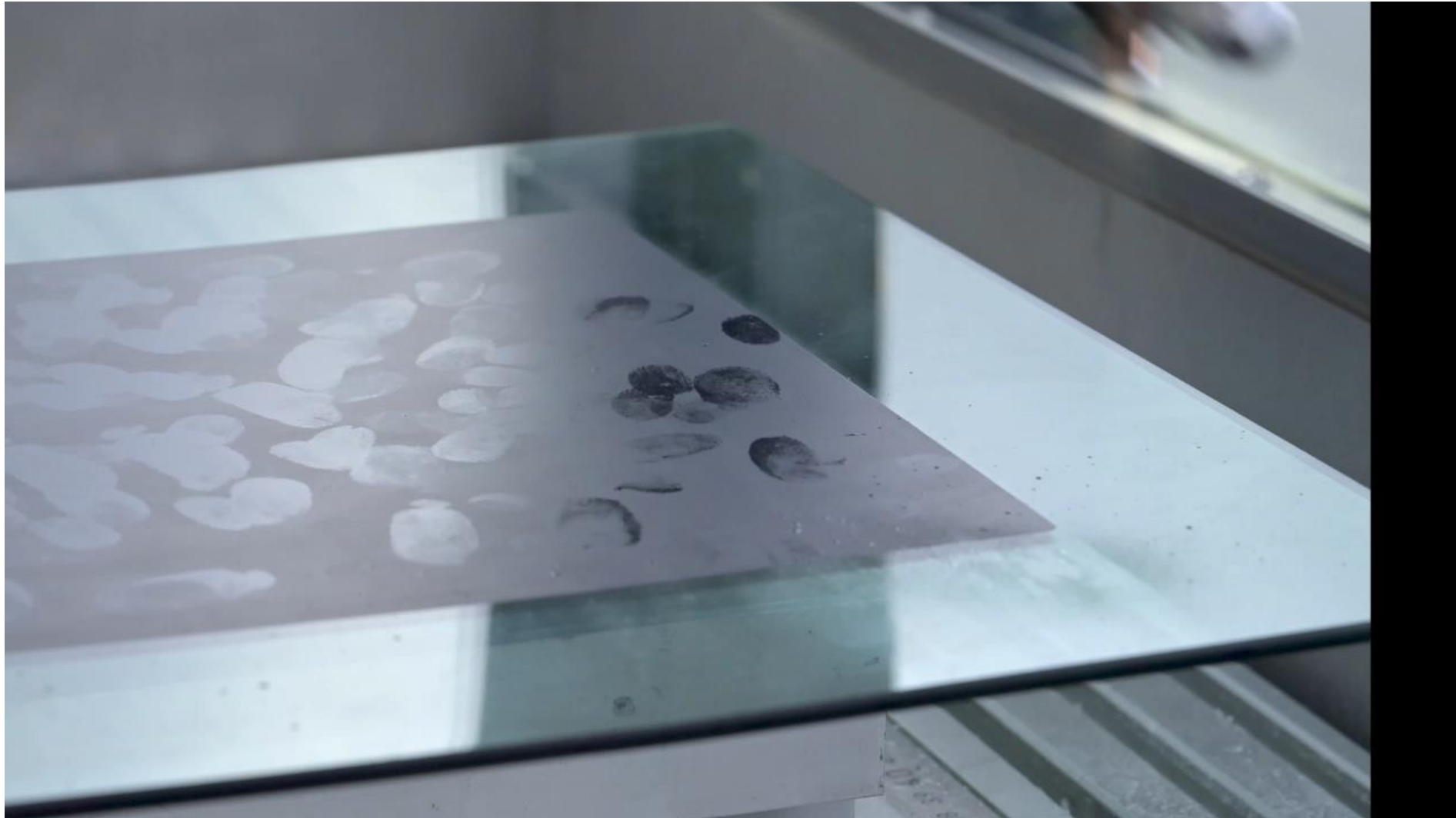


## Openair-Plasma® – Cleaning



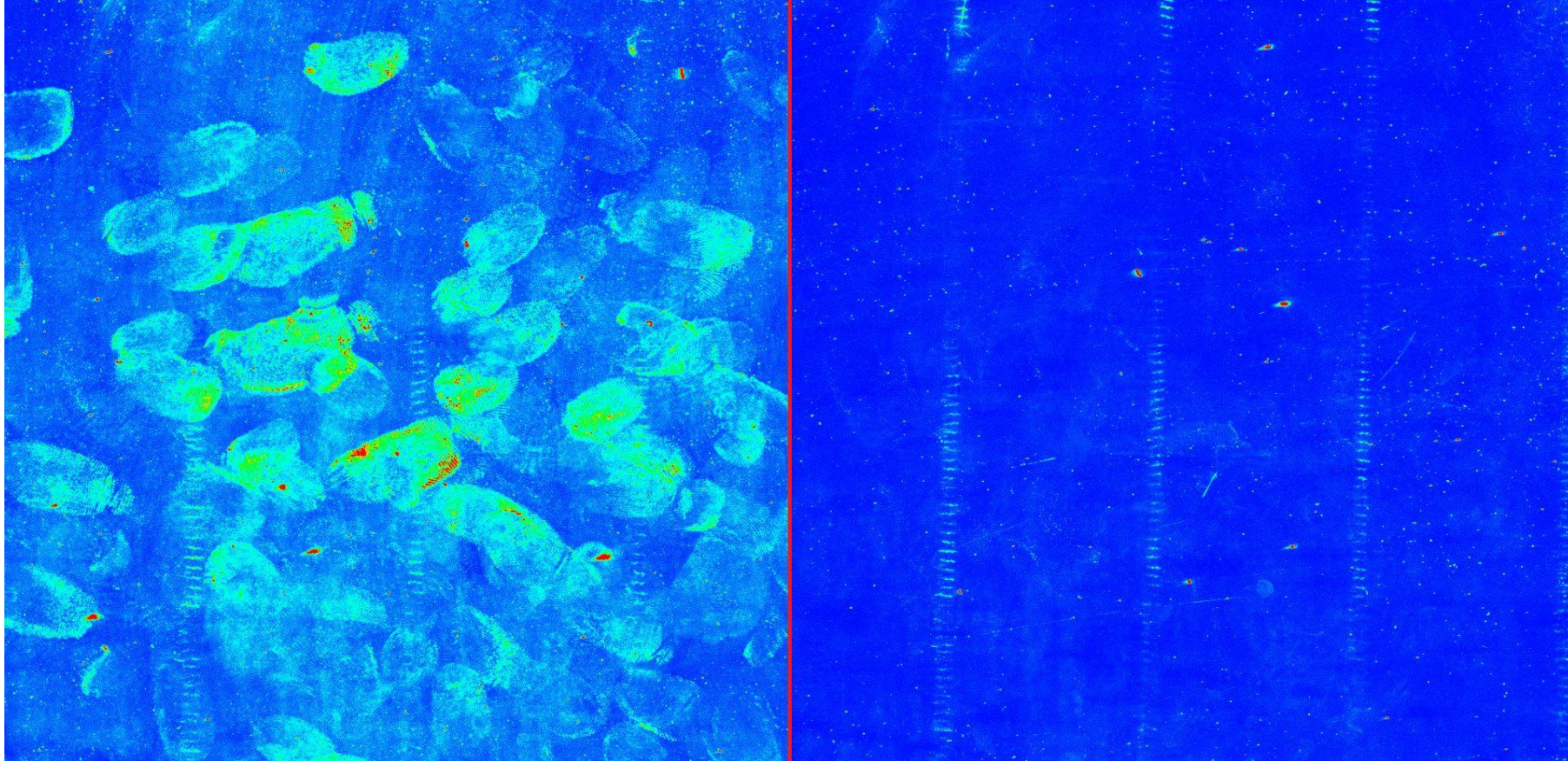
Source: deavita.com

## ***HydroPlasma® - cleaning of fingerprints***





# HydroPlasma® - cleaning of fingerprints



Inorganic residues e.g. Salts can be dissolved in water, making  
**HydroPlasma®** perfect for removing fingerprints

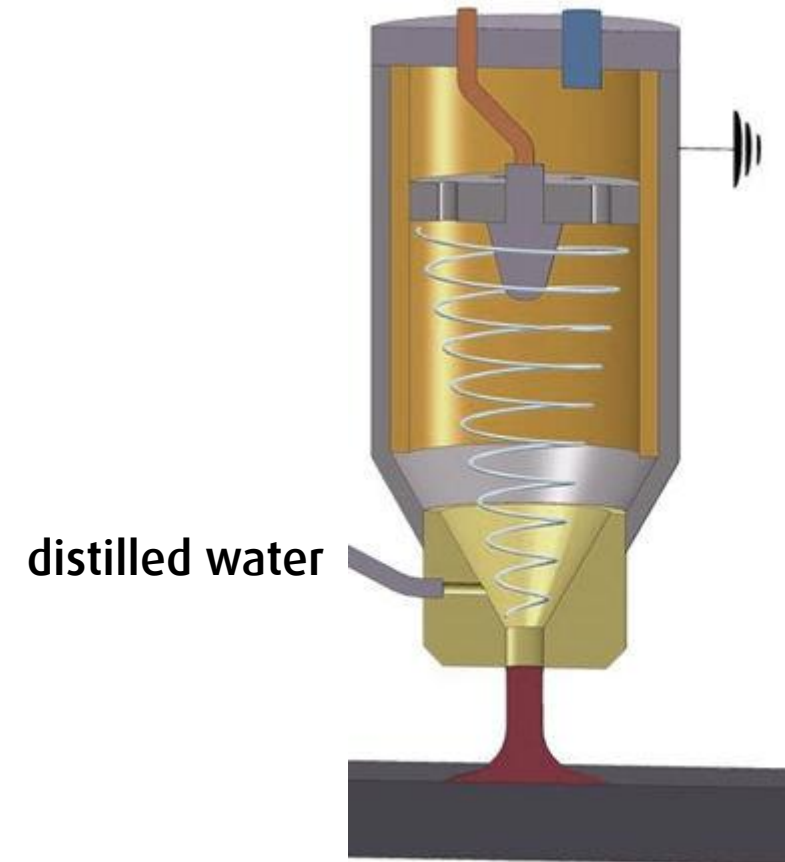
# What is HydroPlasma cleaning?

A small amount of **distilled water** is introduced into the plasma stream.

The introduction of water creates a large amount of **oxygen and hydrogen radicals** in the plasma stream.

Oxygen is great at **breaking down organics**.

The introduction of water into the plasma creates a very **cool plasma**. This can be useful when very high plasma energy is required to remove contamination, but without the water, thermal damage would occur to the substrate.

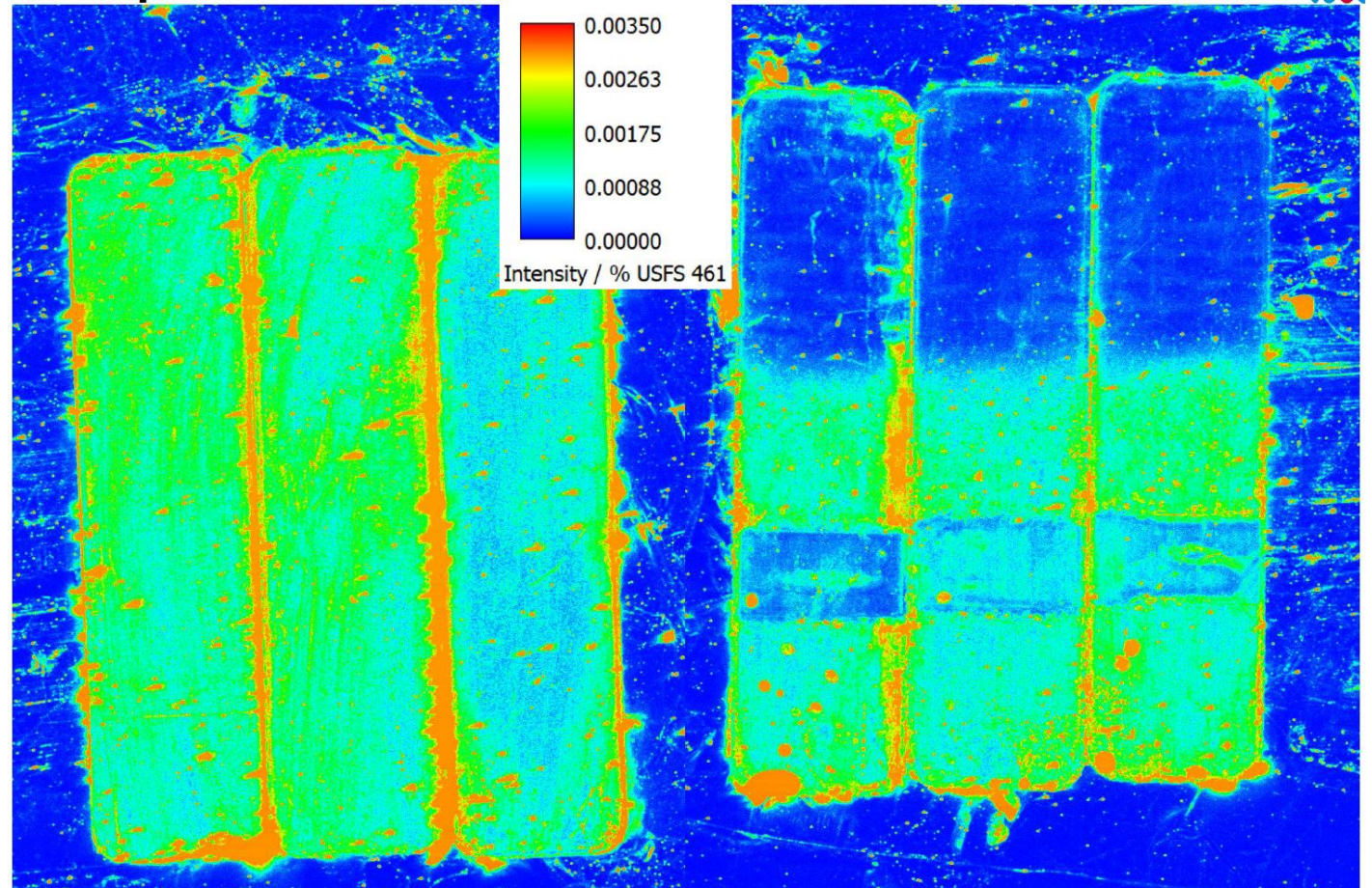




## HydroPlasma® - cleaning



# Openair-Plasma® – Cleaning – PlasmaWaterCleaning



# Metal surface

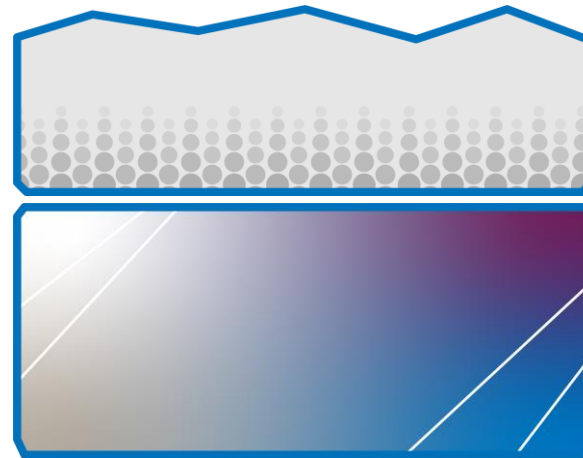
Seconds  
Later

H<sub>2</sub>O

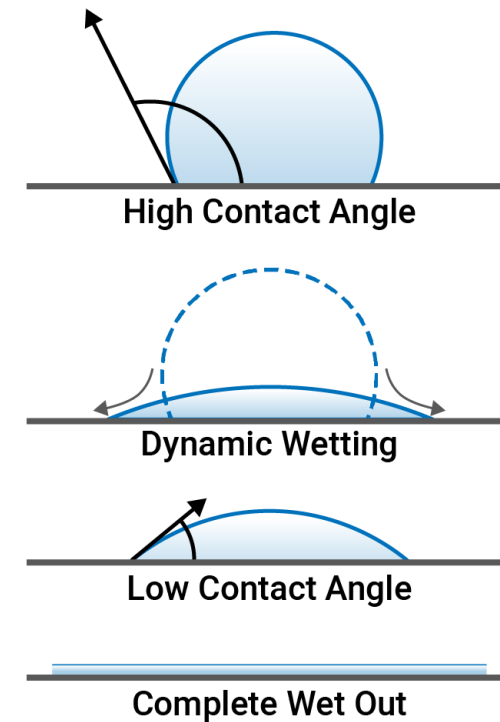
Oxide

Newly Created  
Surface

Metal



## Water Contact Angle



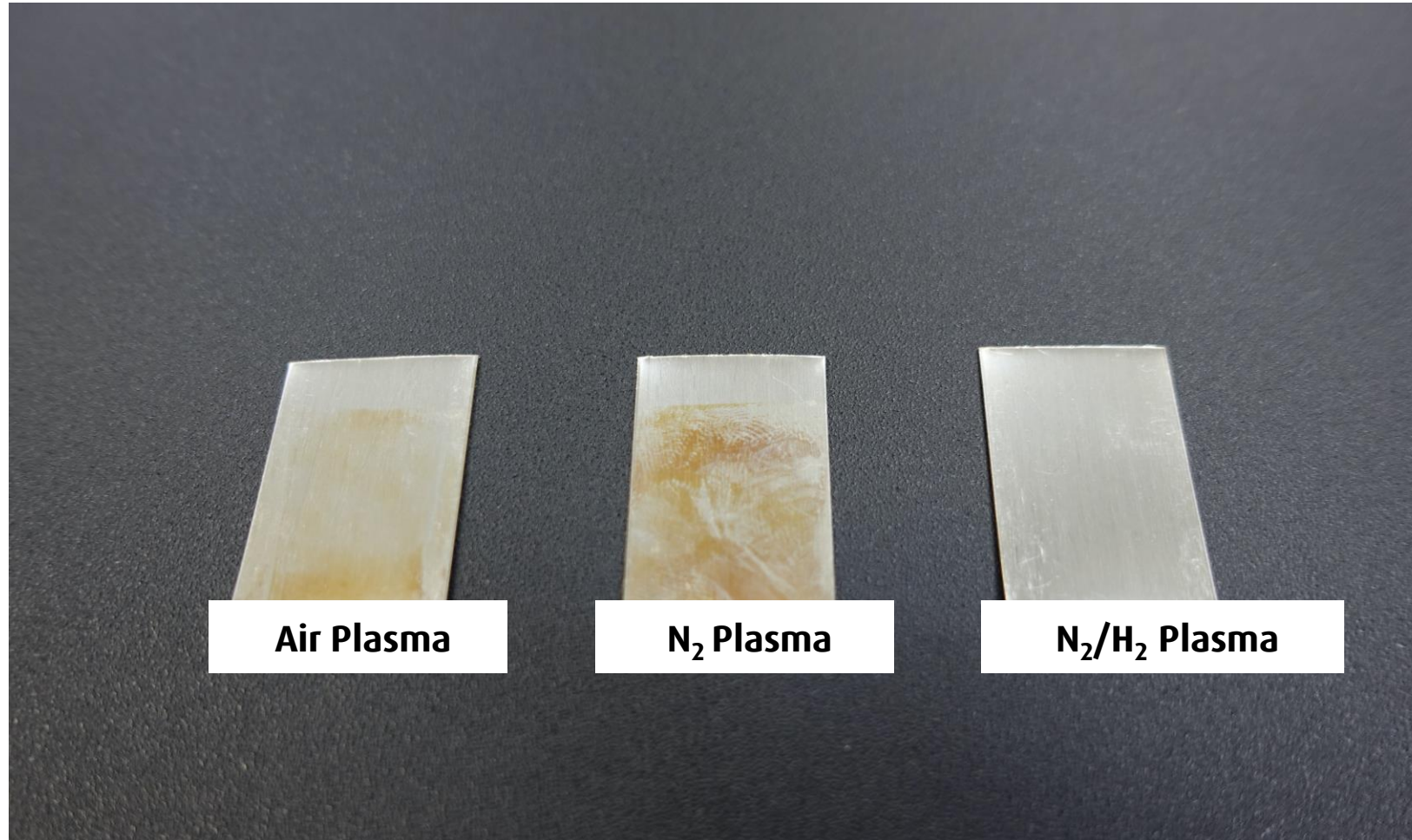




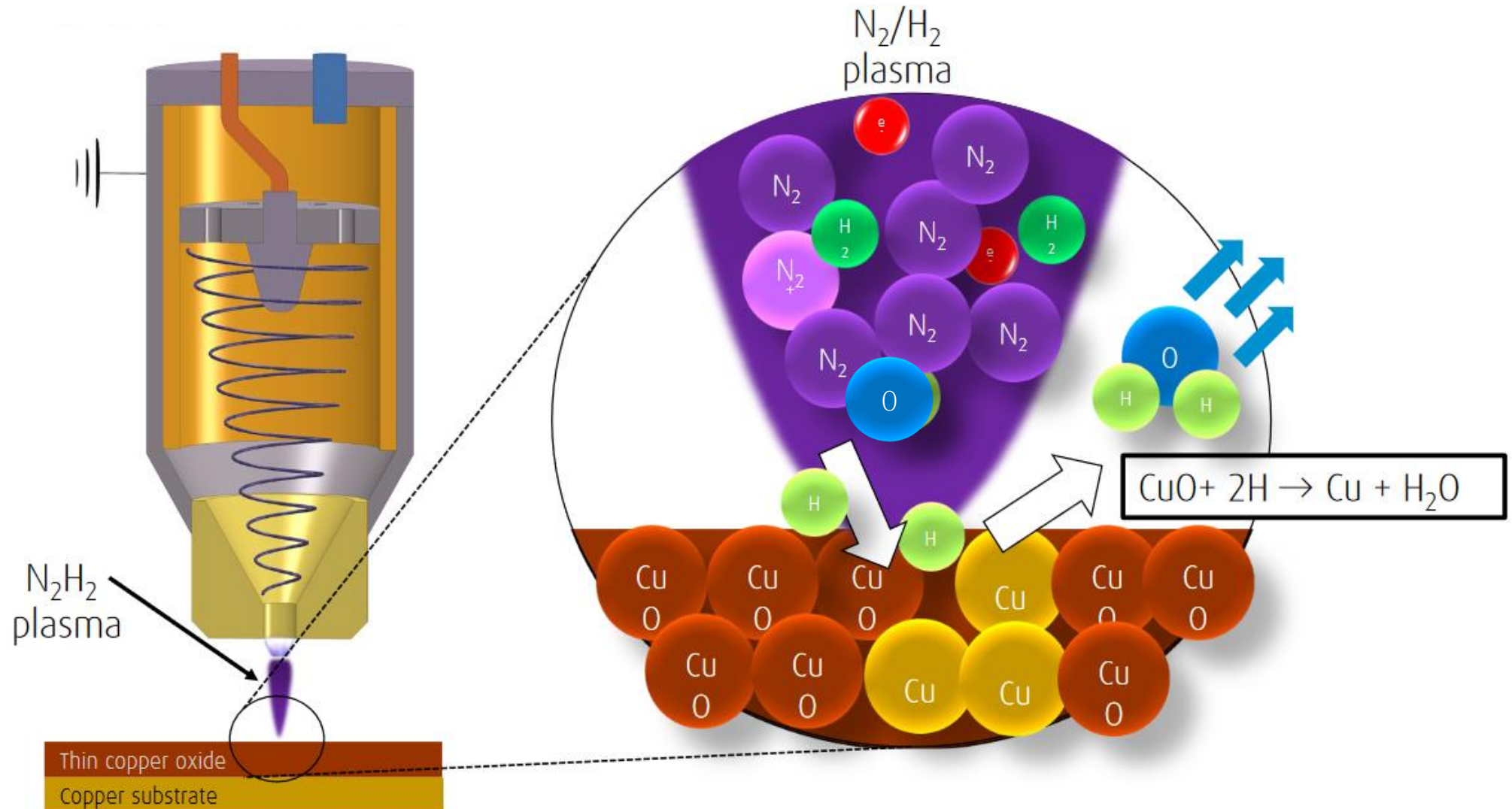
$\text{N}_2$  Plasma  $\rightarrow$  Gas wird gewechselt  $\rightarrow$   $\text{N}_2/\text{H}_2$  Plasma



# Openair-Plasma® – ReDox – Reduktion



# Openair-Plasma® – ReDox – Reduktion

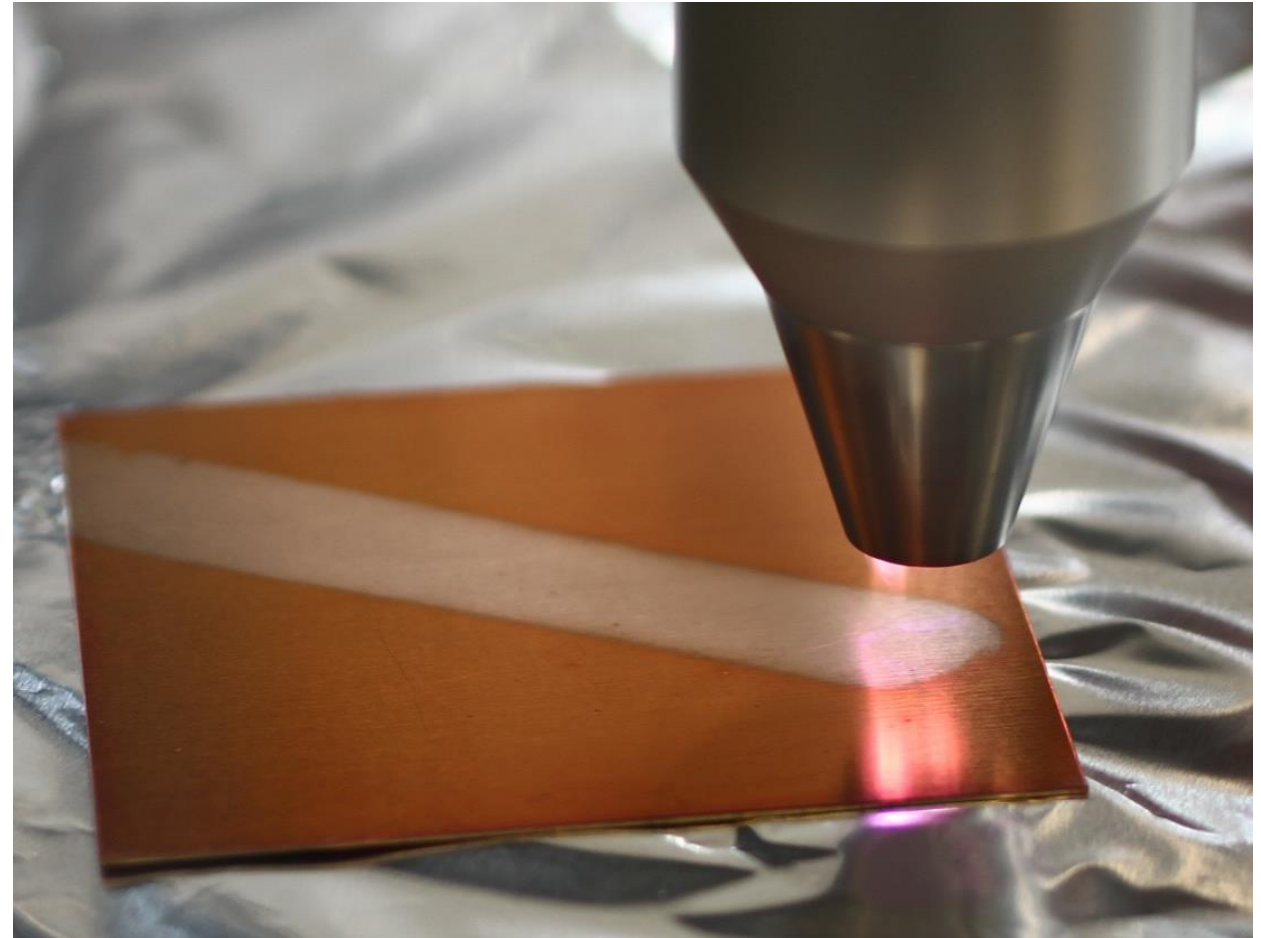
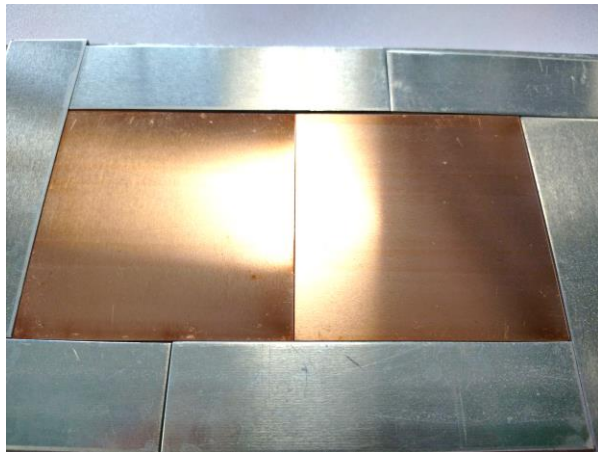


# Openair-Plasma® – ReDox – Reduktion

Before:



After:





# Openair-Plasma® - Process



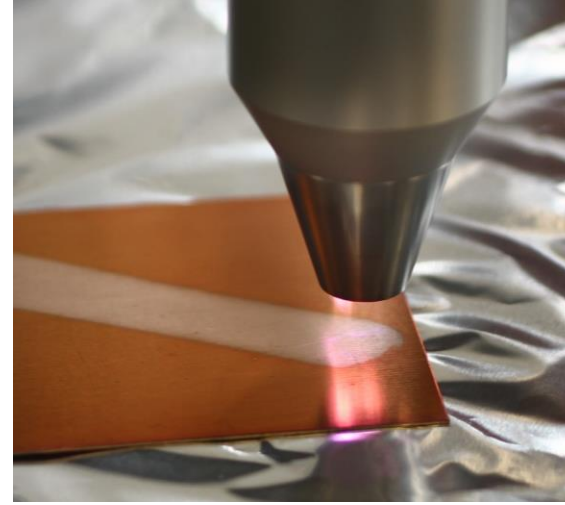
## Cleaning



## Coating



## ReDoX



## Activation

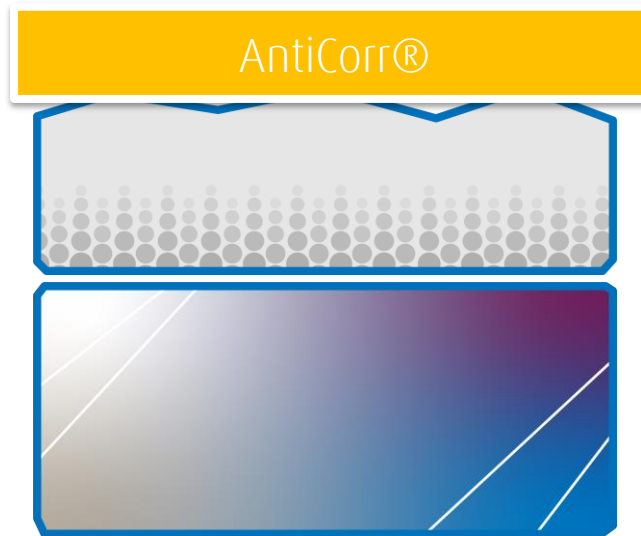




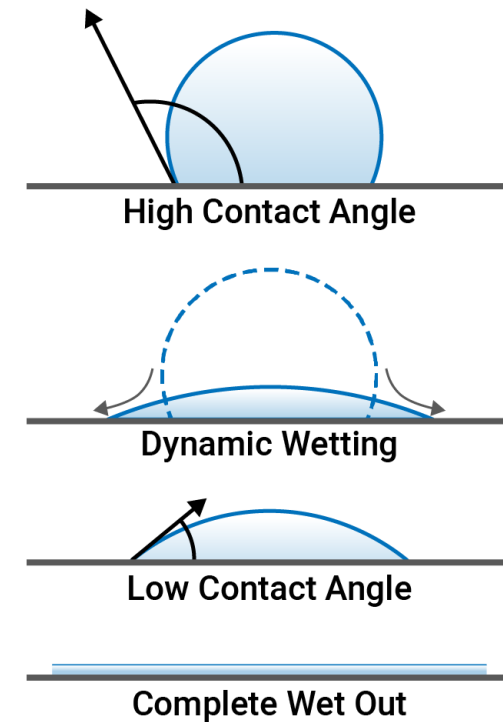
# Metal surface

Newly Created  
Surface

Metal



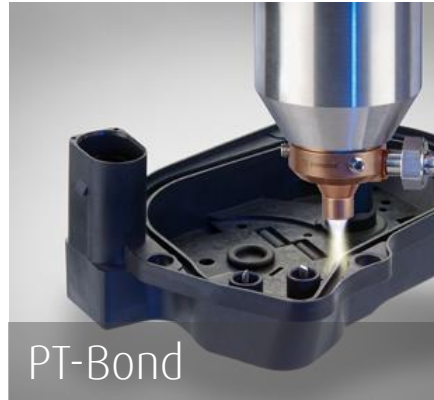
## Water Contact Angle





## **AntiCorr<sup>®</sup> – Coating of metal**





PT-Bond is a plasma coating designed to promote the adhesion of adhesives and sealants



Plasma-SealTight® coating for a strong, covalent bond between component parts



A high-performance barrier coating which provides an inline and active corrosion protection



PT-Print enables a one-step digital printing process which significantly improves the adhesion and moisture resistance of UV inks on hard materials

# PlasmaPlus® System

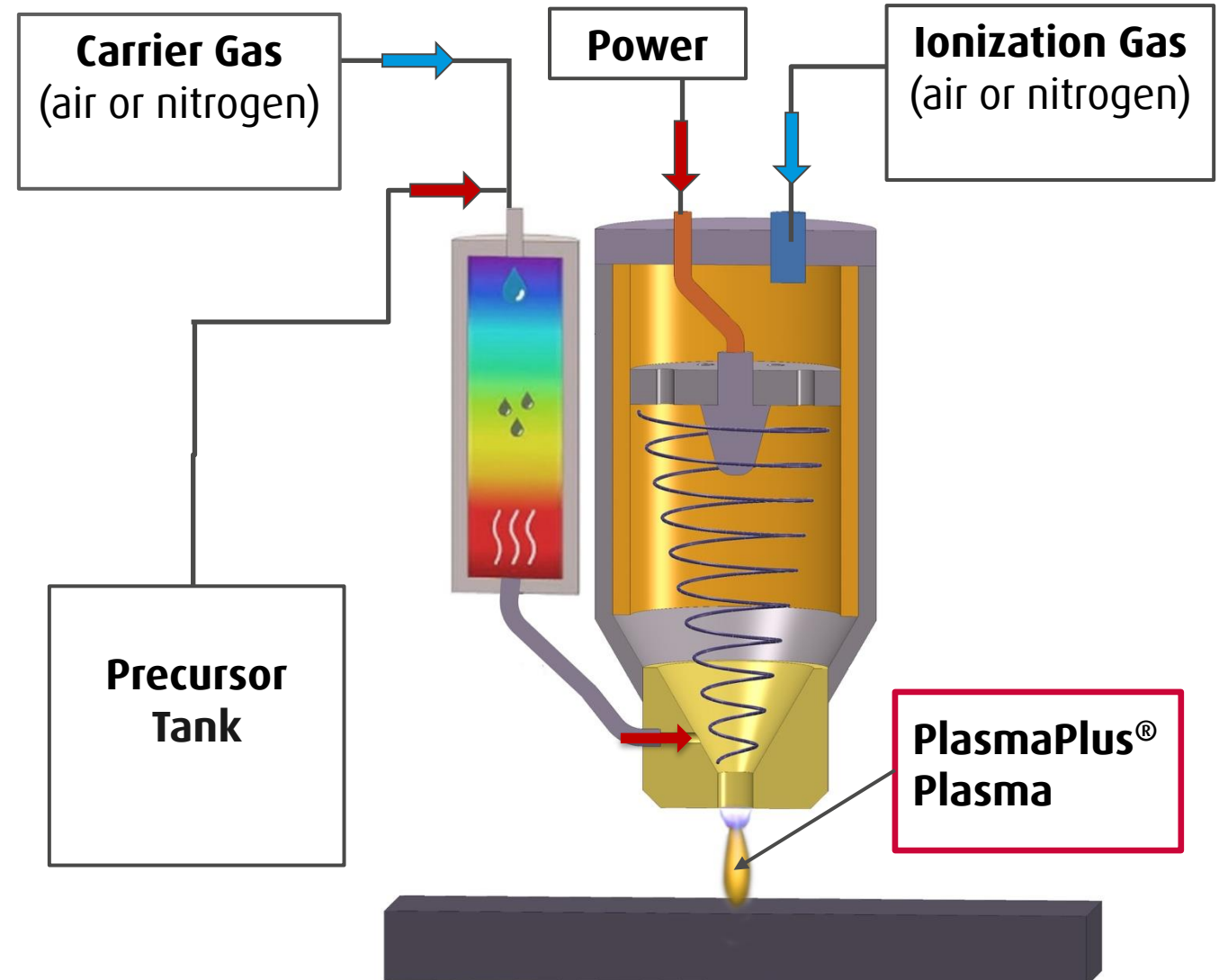


## PT-Bond coatings are done by a specific process:

- Precursor is mixed with hot carrier gas
- Ultra-thin coating of 10 to 700 nm

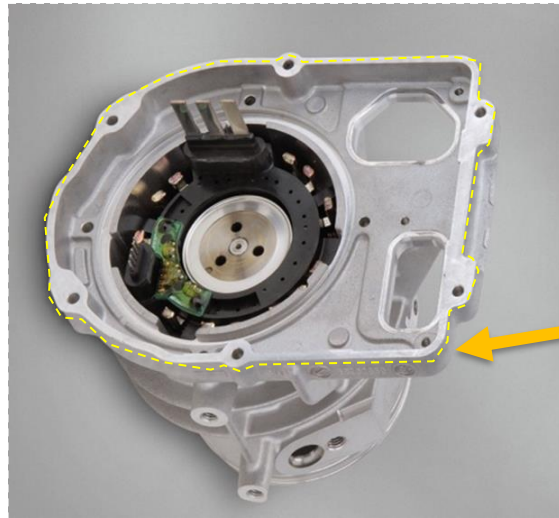
## coating functions:

- Adhesion promoting coating
- Corrosion protection coatings
- Anti-adhesion coating

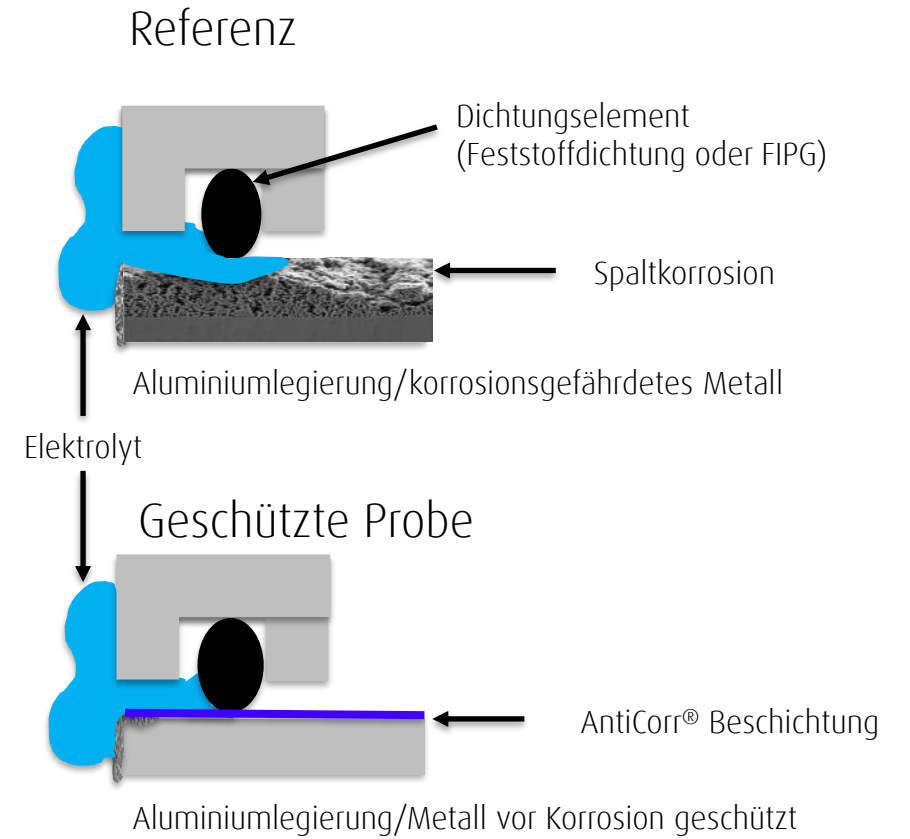




# PlasmaPlus® – AntiCorr



Dichtungs-  
schnittstelle

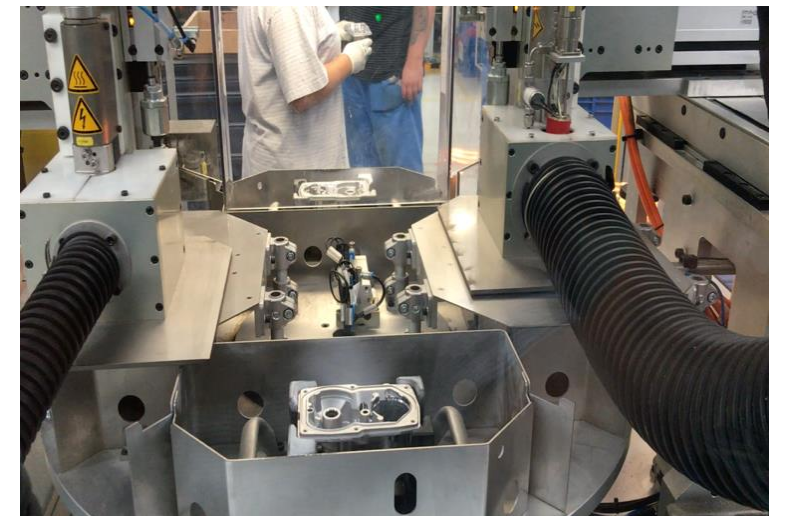
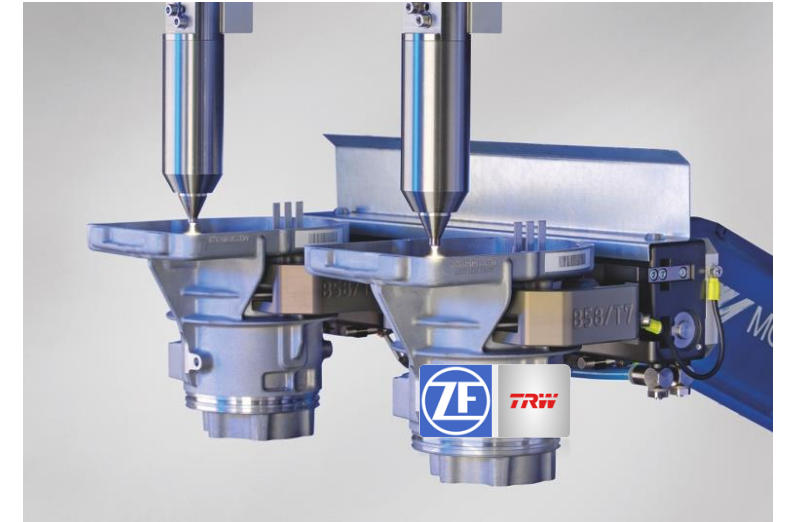
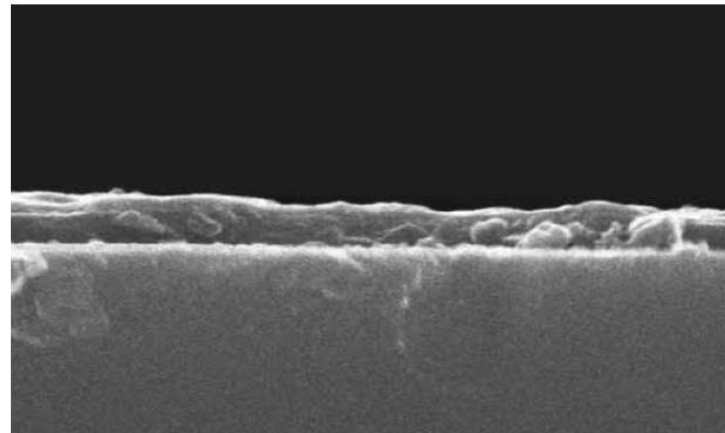
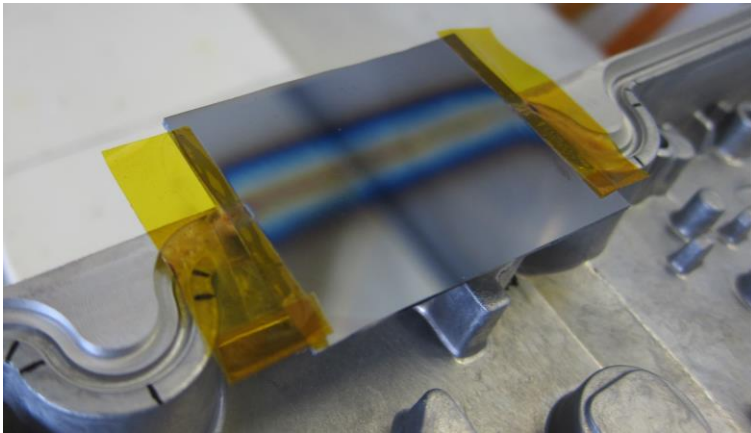


# PlasmaPlus® - AntiCorr

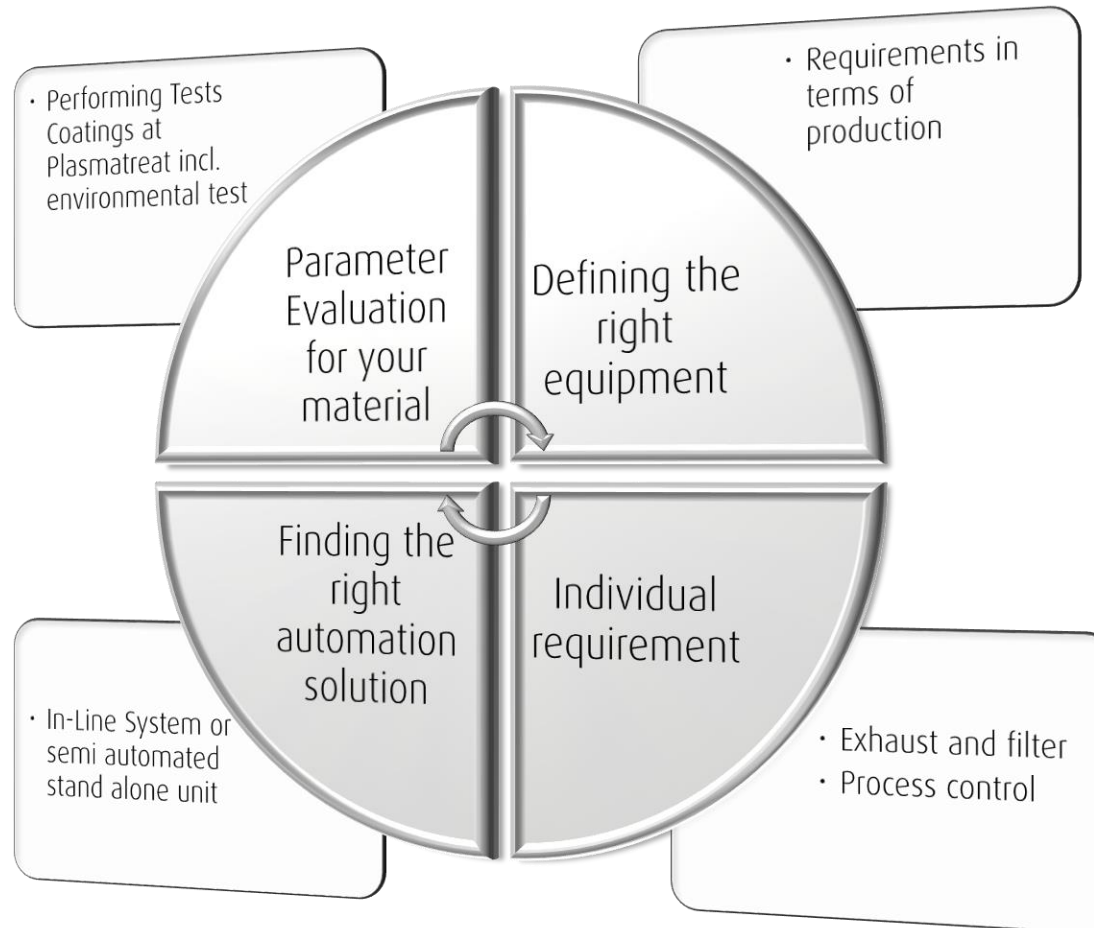
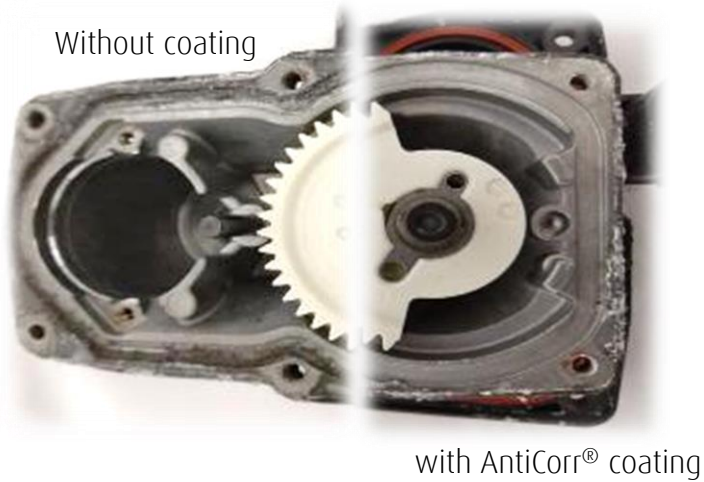


Sucess stroy ZF/TRW

PlasmaPlus® inline production soulution since 2008



# Steps to a successful inline integration





# PlasmaPlus® - AntiCorr



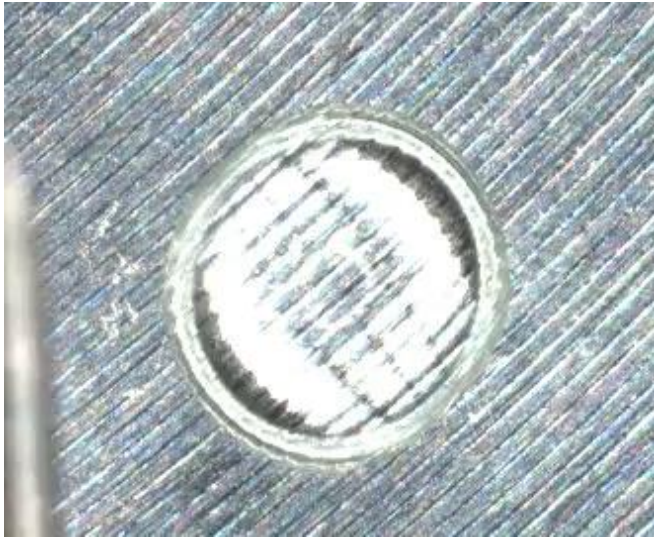
720 h of salt spray test nach  
DIN EN ISO 9227





## PlasmaPlus® - Process control

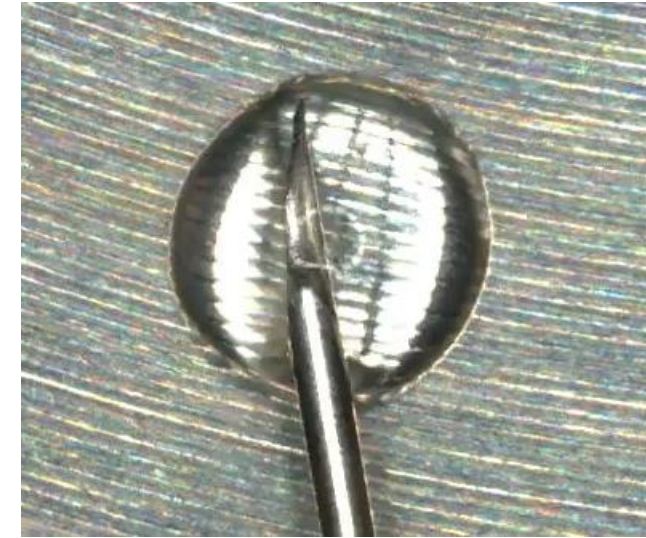
Reference part without treatment



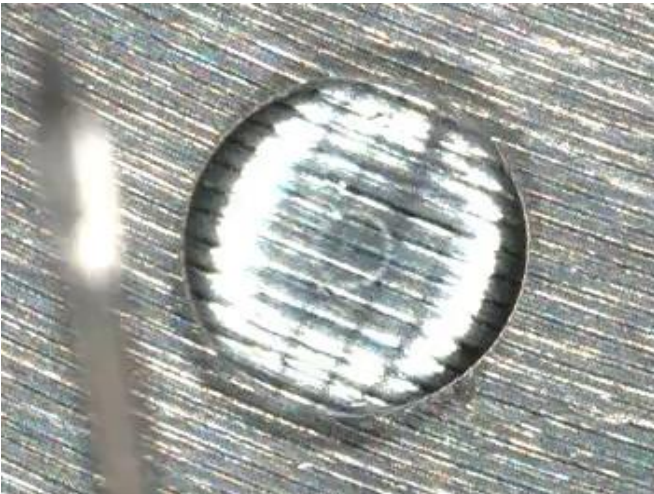
Chrome passivation



Conversion coating



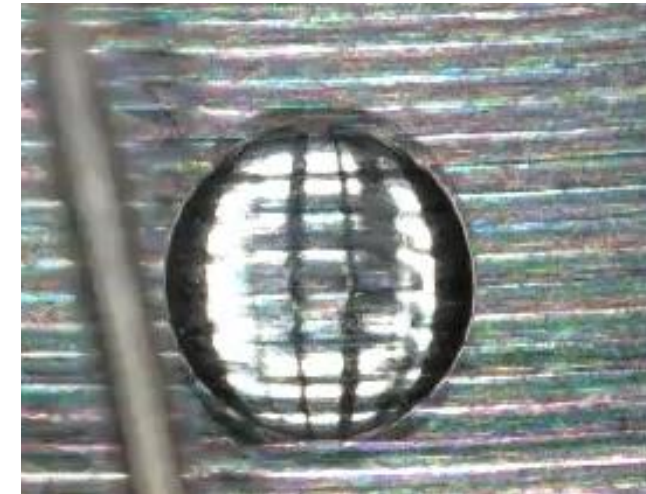
Corrosion protection wax



Aluminum AlMgSi 1 (AW 6082)



PlasmaPlus® coating



# PlasmaPlus® - Atmospheric thin film deposition on polymers

## Plasma polymer coating:

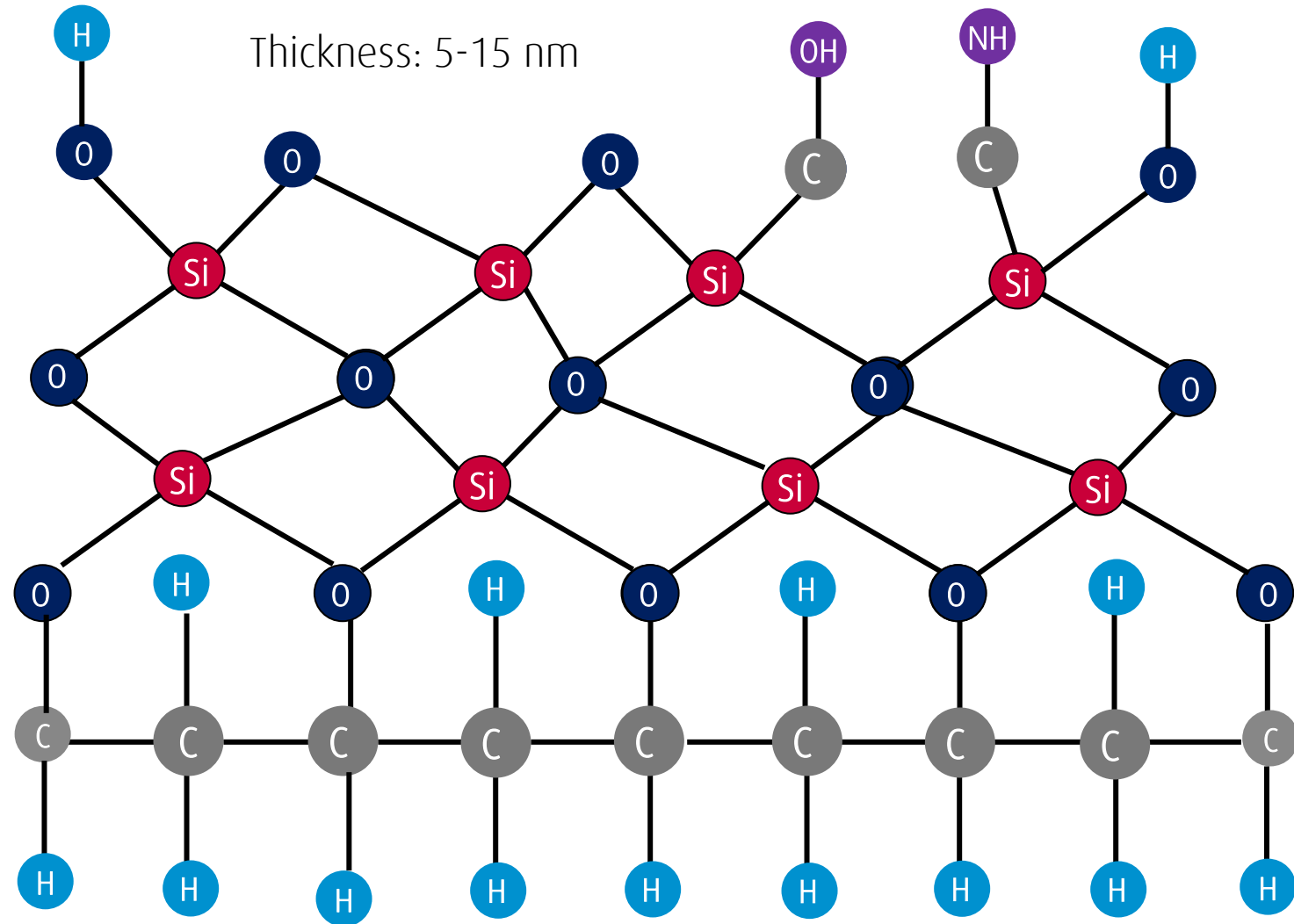
- Bi-functional layer
- Long stability bond connections
- Dry inline process

## Organic group:

- Amin, Epoxy,  
Methyl, Acrylate,...

## Inorganic backbone:

- -Si-O-

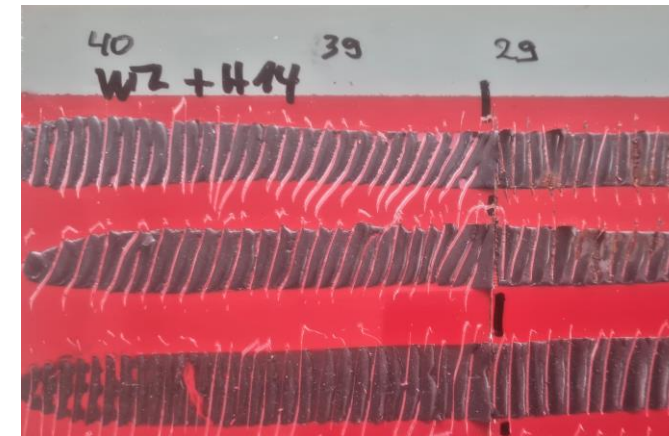
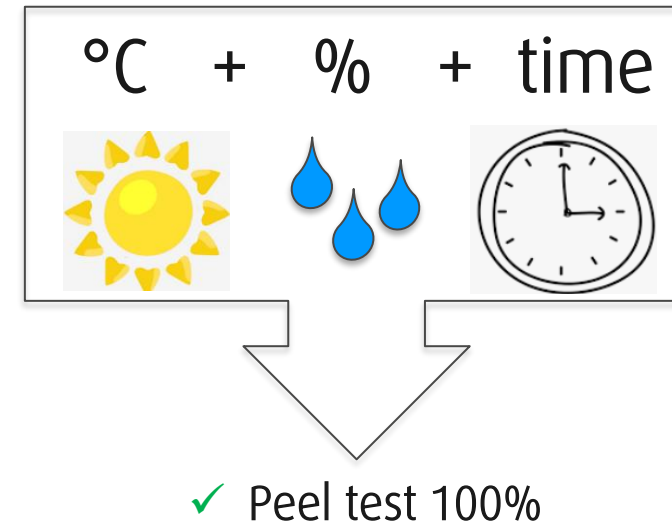


# Target of surface treatment

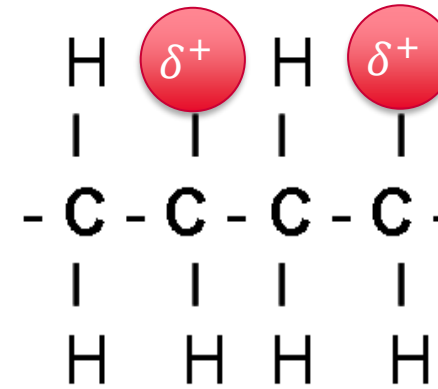
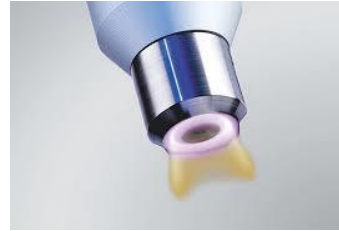
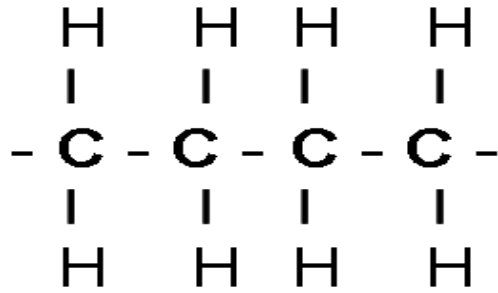
Fulfilling high demanding adhesion requirements:

- CataPlasma test (DIN EN ISO 9142)
- Salt spray test (DIN EN ISO 4611, DIN EN ISO 9227)
- Heat ageing
- Climate cycle testing (PV1200)
- and others

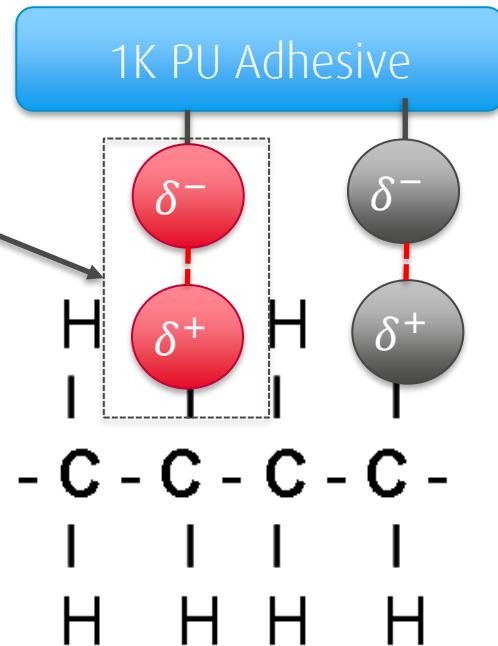
> Long term stable adhesion



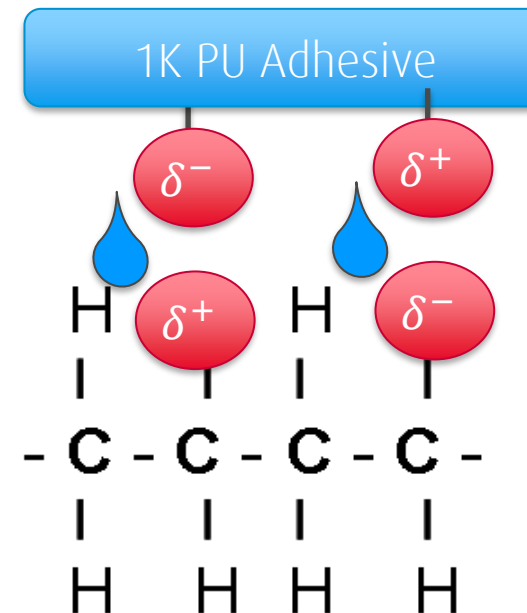
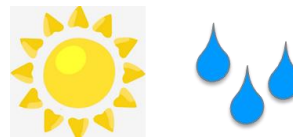
# Physical adhesion



Dipole-Dipole bonding  
Via urethane and  
urea segments of  
the 1K PU



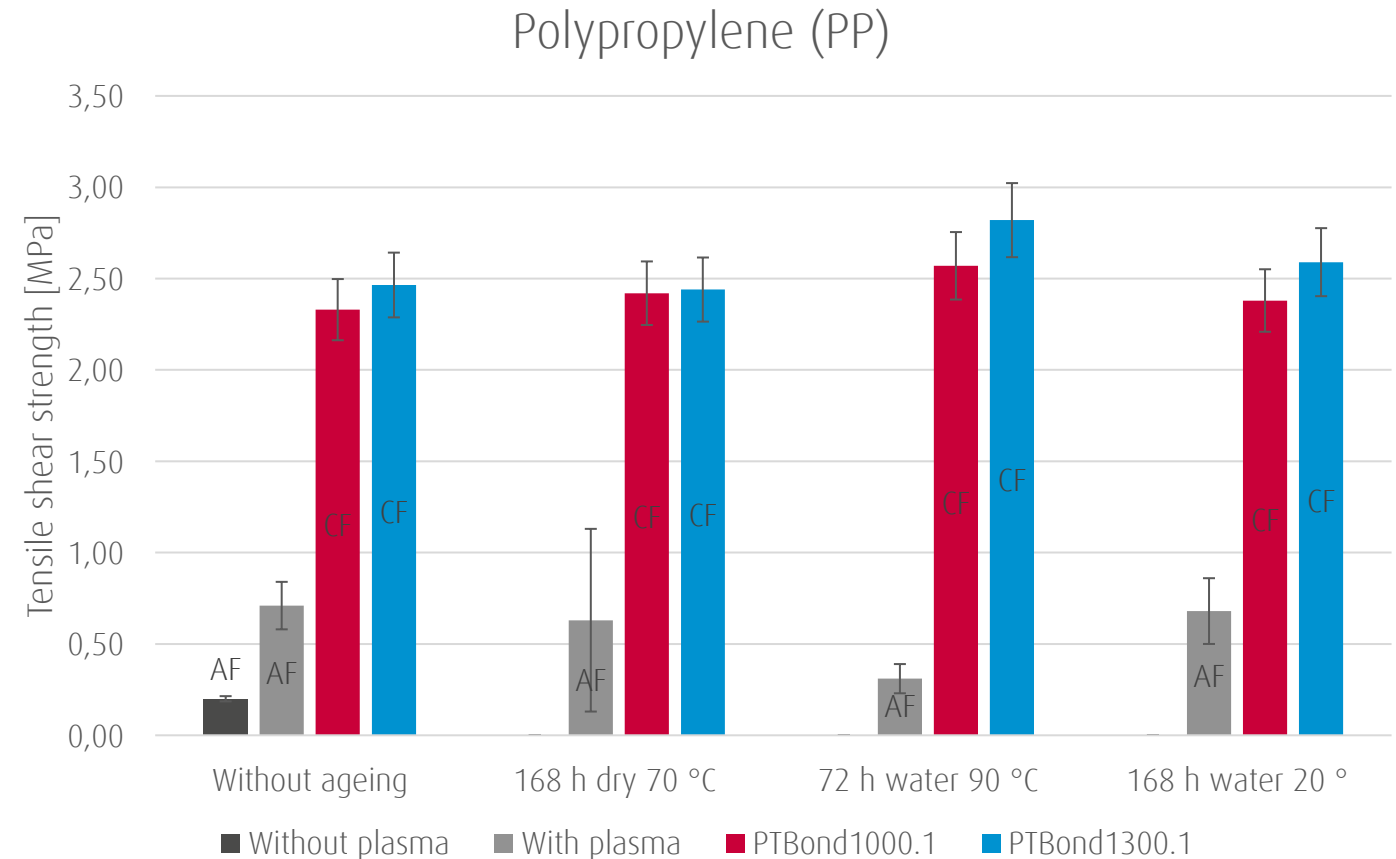
Aging





# PT-Bond – Polymer - PP

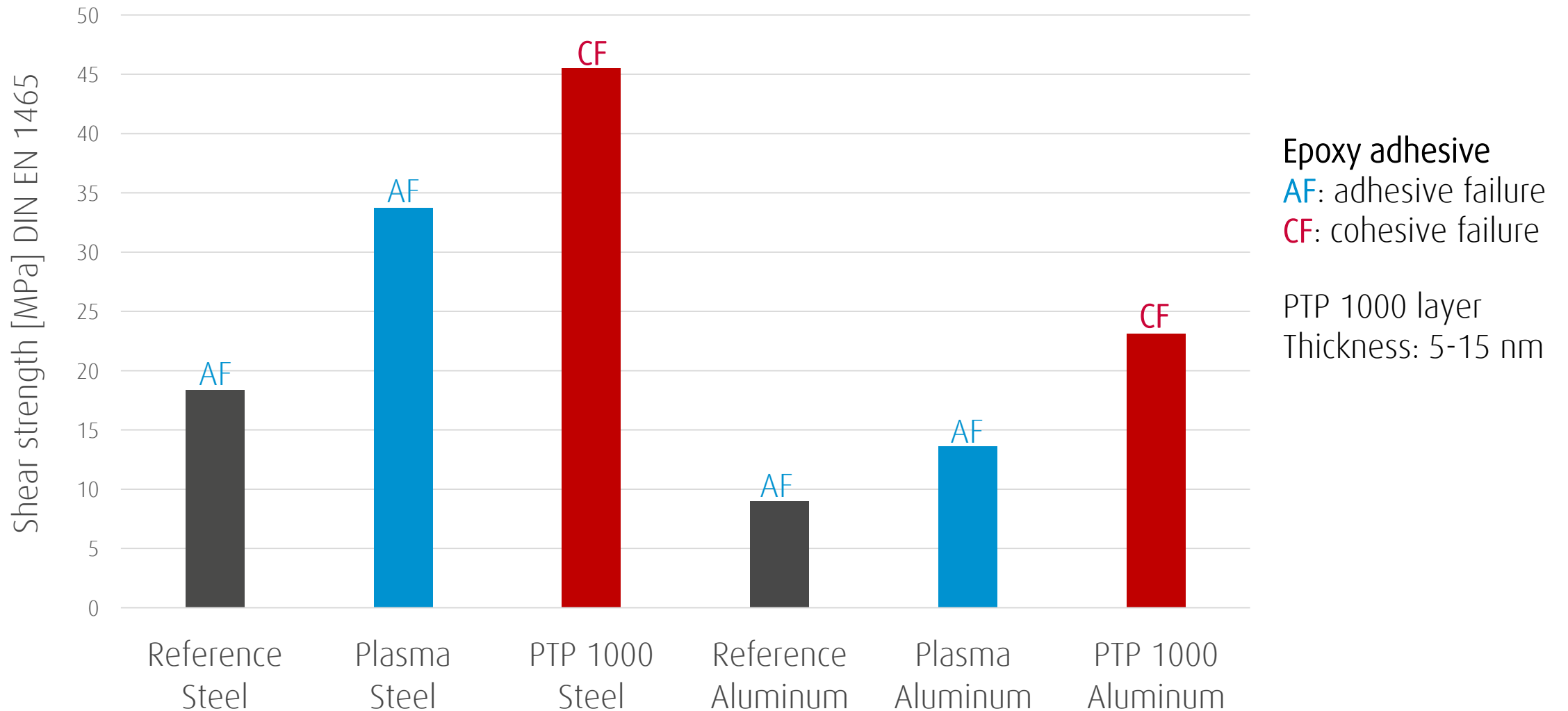
- Low strength without plasma pretreatment (wiped with isopropanol only)
- Increase of the strength after plasma pre-treatment
- With plasma coating significant increase of the strength even after aging
- No difference between the coatings
- SikaFlex 552



AF: adhesion failure

CF: cohesive failure

# Precursor PT Bond PTP 1000 on stainless steel & aluminum



# PT-Bond Precursor matrix

| Precursor related recommended adhesive technology | Amount Precursor g/h                                              |                 |              |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|
|                                                   | Low<br>1-5g                                                       | Middle<br>5-10g | High<br>>10g |
| Precursor PTB...                                  |                                                                   |                 |              |
| 1000 > General propose, Anti-corrosion            |                                                                   |                 |              |
| 1100 > Silicon, MS-Polymer                        |                                                                   |                 |              |
| 1200 > 1C, 2C-PU, 1C, 2C-Epoxy                    |                                                                   |                 |              |
| 1300 > Silicon, STPU, MS-Polymer                  |                                                                   |                 |              |
| 1800 > Fast 2C-PU, EP                             |                                                                   |                 |              |
| > 3000, 2600,...                                  | Specific projects with advanced requirements or special adhesives |                 |              |

Green = Recommended

Red = Not applicable

Blue = Not tested





# PT-Bond for fuel cell gasket sealing

Enable adhesion on metal bipolar plates with PT-Bond as adhesion promoter for the sealing which are molded direct in a tool on the sheet.

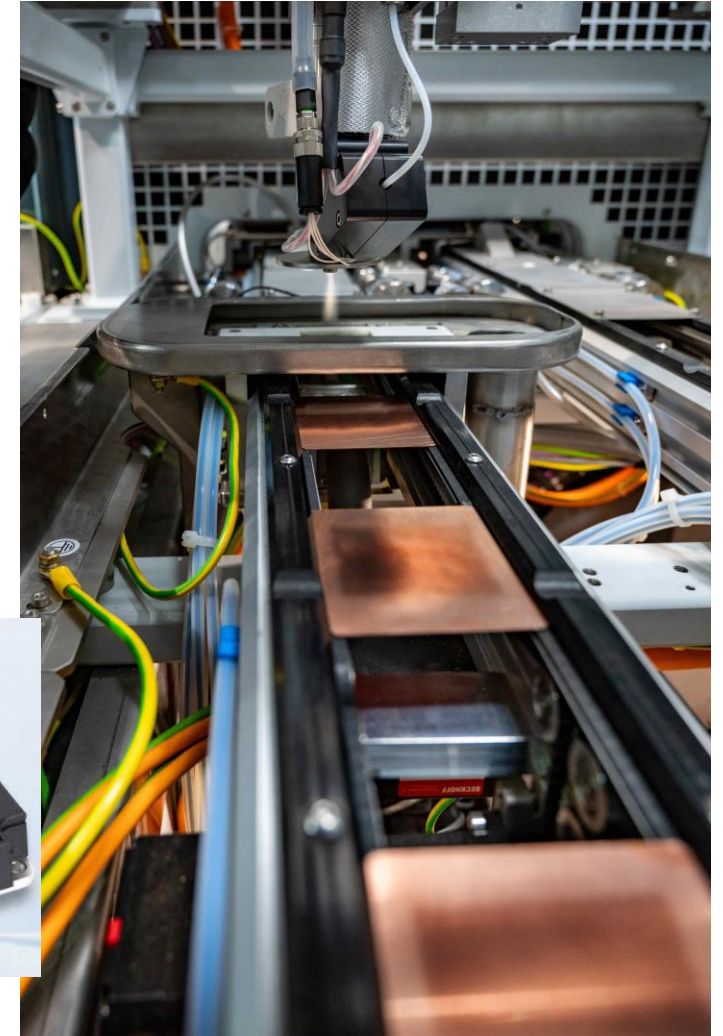
- Fully automated process
- No solvents
- Adhesion promotion to sealing materials
- Resistant to used liquids in fuel cell applications



# PT-Bond for IGBT electric components

Enable adhesion on copper e.g. IGBT with PT-Bond as adhesion promoter for the molding materials.

- Replacing low pressure batch process with inline atmospheric Plasma process.
- LPP process is limited to remove the oxidation
- Using the redox = copper reduction before applying a PT-Bond layer
- No solvent, fully automated.
- MSL1 (85°C/85%RH-168H) tests have to passed



# Process control

Application,  
manufacturing  
process,  
materials

Understanding the application,  
industry, manufacturing process &  
applied materials.

Plasma Process  
and Equipment

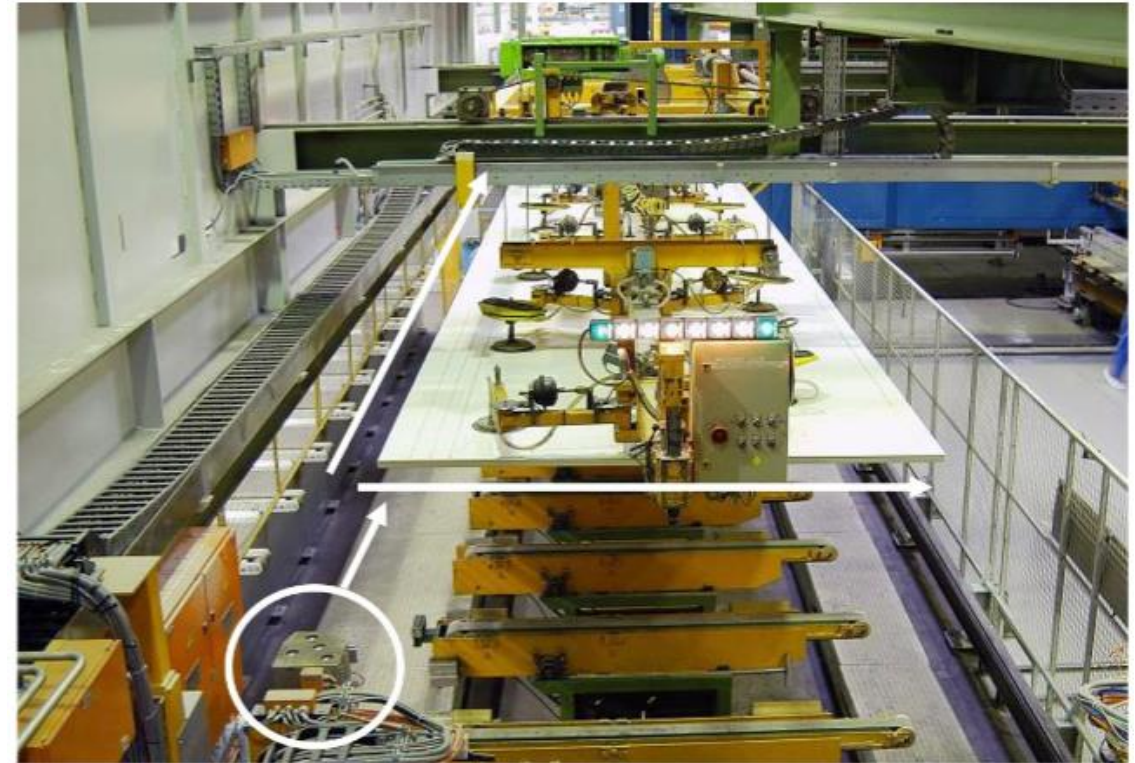
Choosing the perfect **matching**  
plasma equipment.

Process  
Control

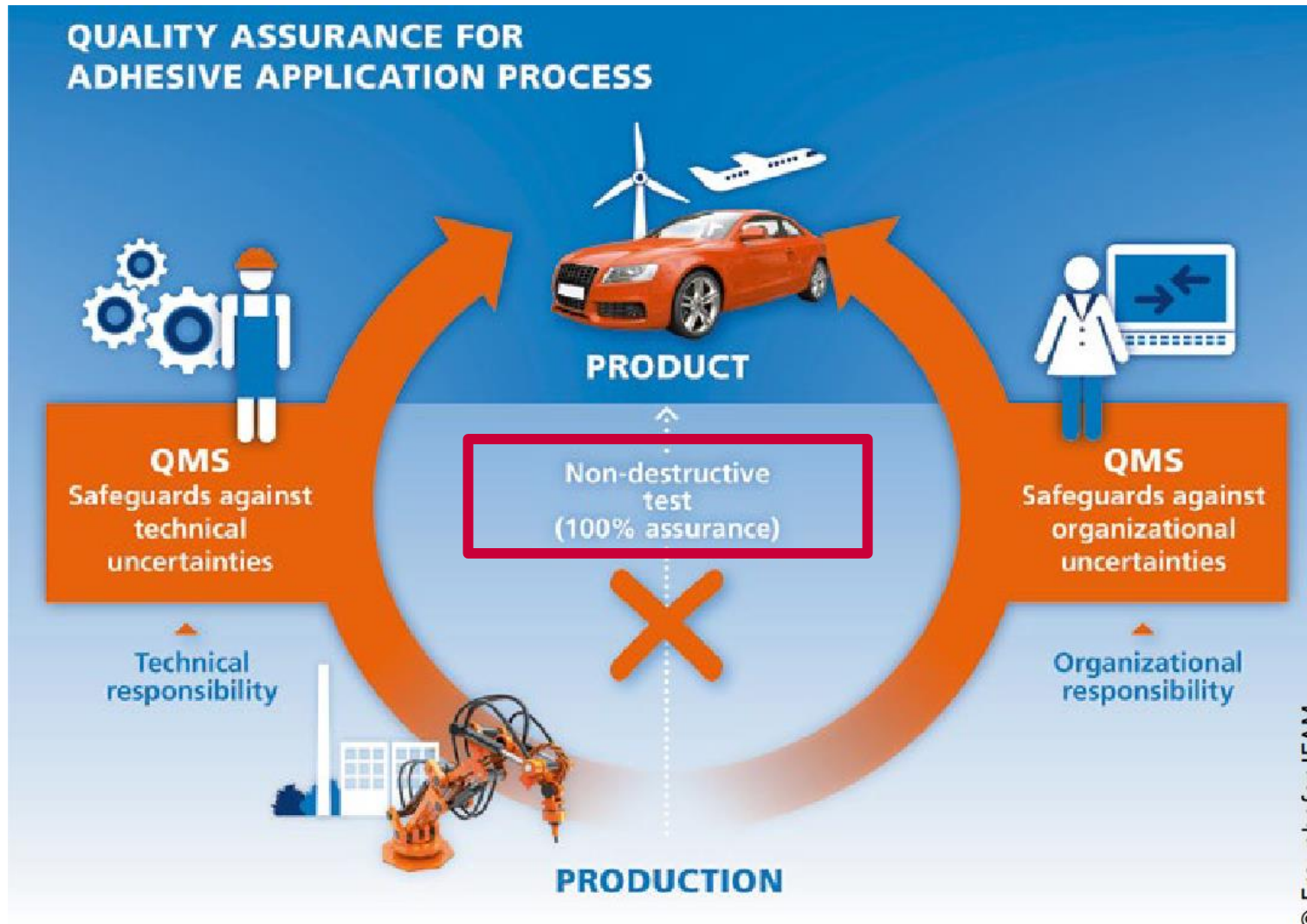
Assuring **quality** with process control.

Quality  
Control

Knowing the surface processes  
and relevant measuring methods.







The bonding compound needs to be destroyed to know the maximum load.

## 1) Classification

- S1 - High safety requirements:
- S2 - Moderate safety requirements:
- S3 - Low safety requirements:
- S4 - No safety requirement

## 2) Supervisors in Charge

Qualified working personal

## 3) Verification of load/ stresses

- 1) Measurements
- 2) Components testing
- 3) Documented experience



# Process Control with Plasma Control Unit (PCU)

| PCU-Version | Meaning | Power           | Number of jets |
|-------------|---------|-----------------|----------------|
| PCU-L       | Low     | 200 – 400 W     | 1 single jet   |
| PCU-M       | Medium  | 400 – 600 W     |                |
| PCU-H       | High    | 600 – 1000 W    |                |
| PCU-DM      | Medium  | 2 x 400 – 600 W | 1 double jet   |



# Process control with Plasma Control Unit (PCU)

## Features

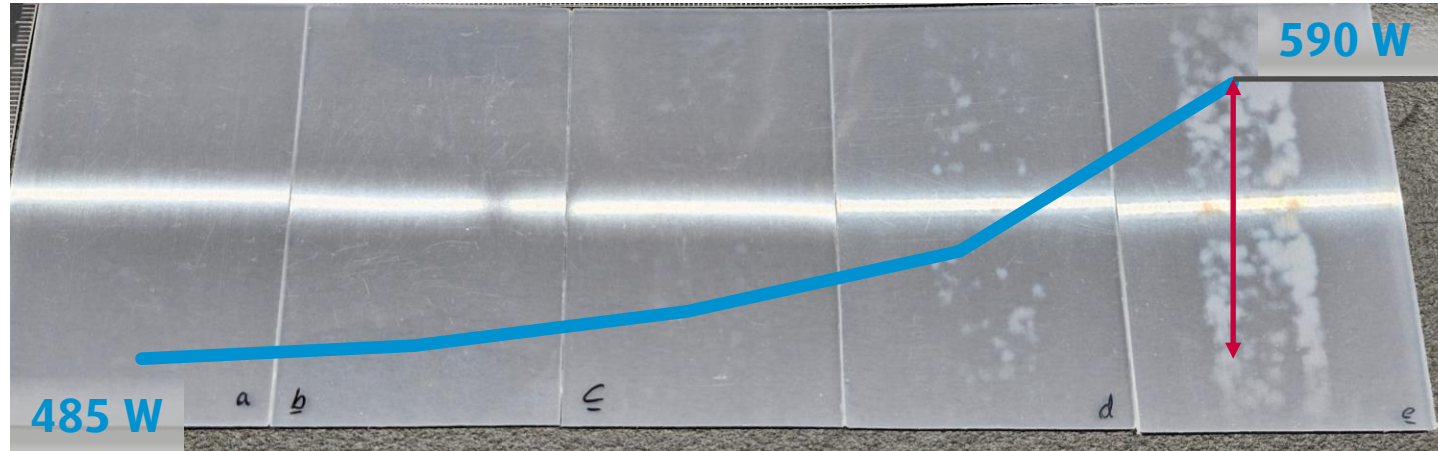
- **Light Control Module (LCM)**
- **Plasma Power Module (PPM)**
- Flow Control Module (FCM)
- **Pressure Control Module (PCM)**
- Rotation Control Module (RCM)

## Operation

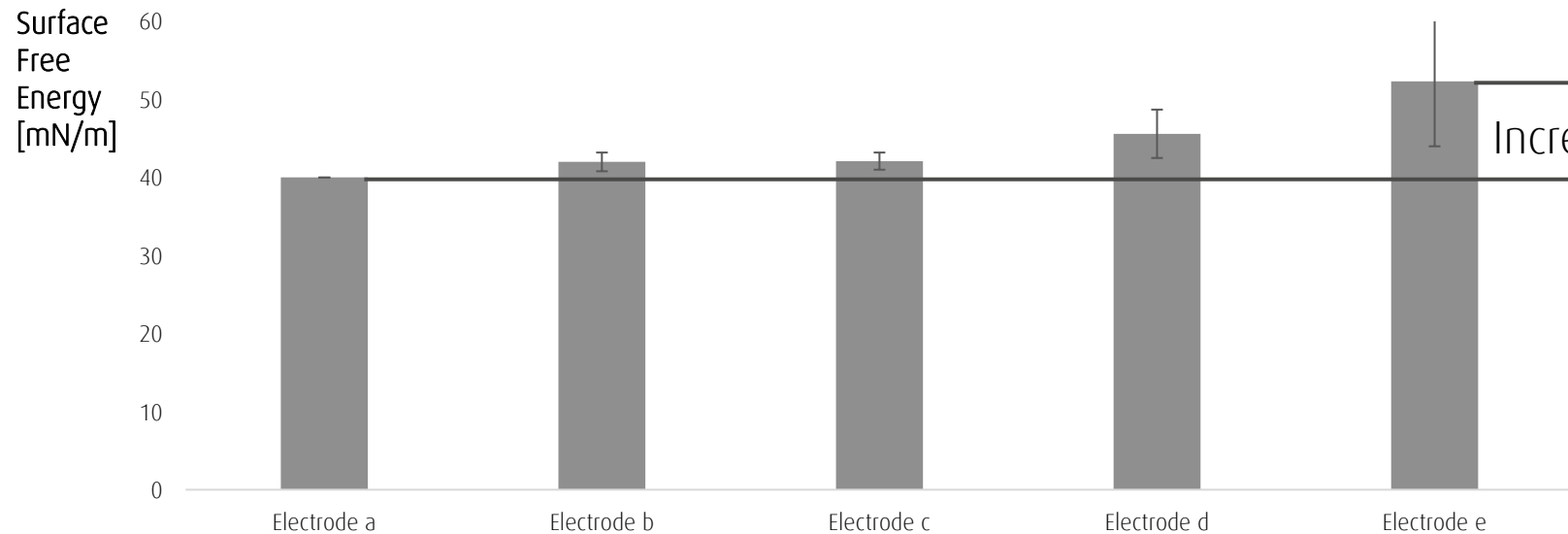
- Checking if plasma is on
- Power monitoring at the jet head
- Setting the constant air flow
- Measuring the ageing of the jet head
- Extending the service life of the motor and belt



# Power monitoring to survey electrode wear

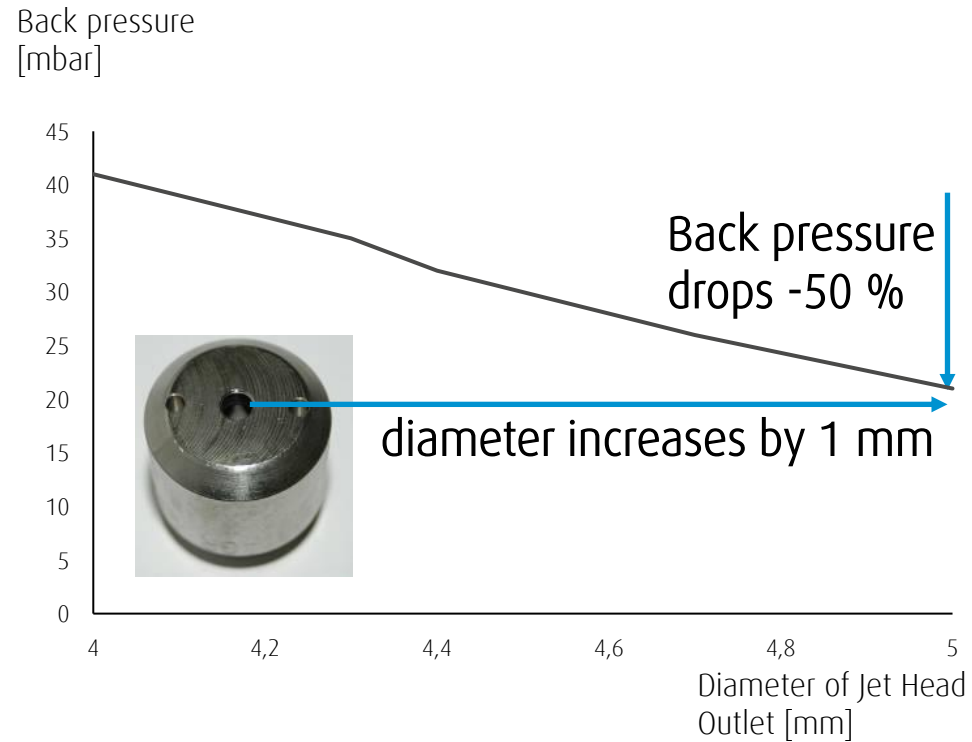


Increase in Plasma Power + 105 W

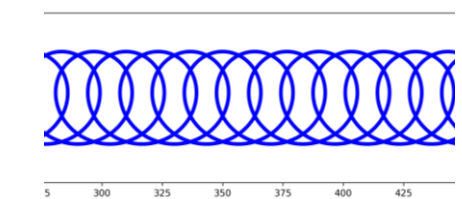
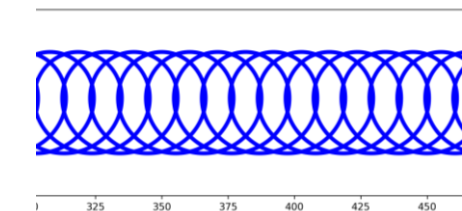
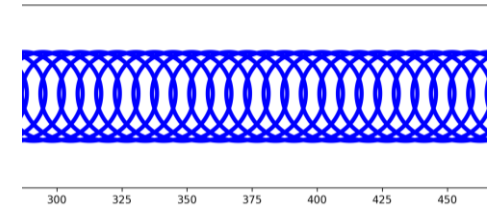
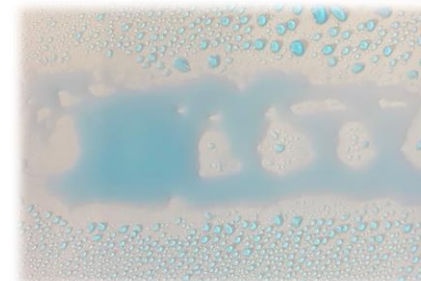
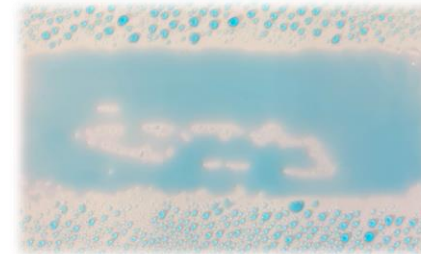
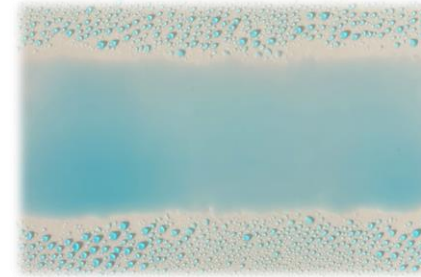


Increase in Surface Free Energy + 12 mN/m

# Pressure Control (PCM) and Rotation Control (RCM)



2800 rpm

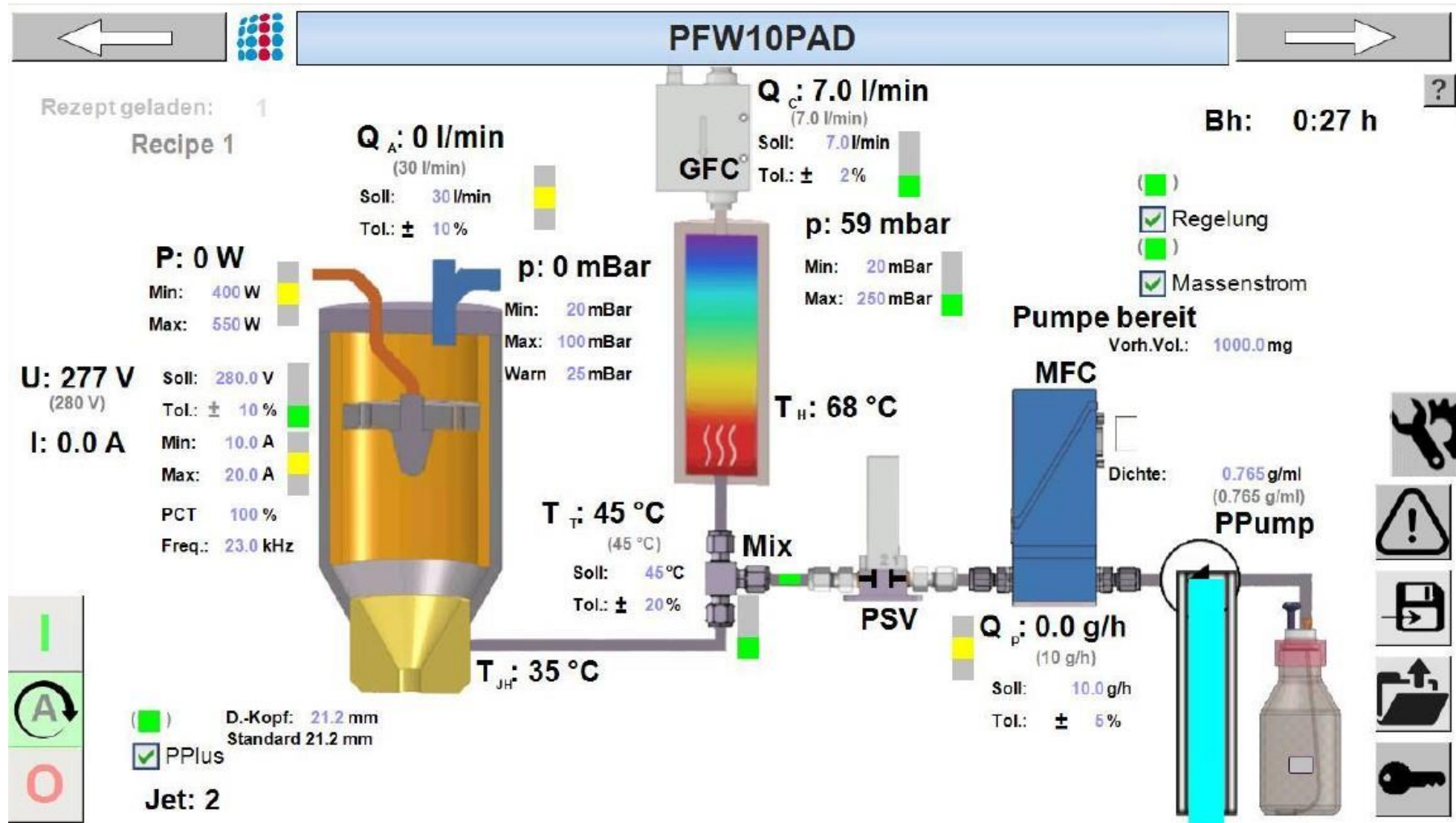


1500 rpm

→ Inhomogeneous surface treatment



# Openair® Plasma – process control



1. **Openair-Plasma®** kann organische Verunreinigungen entfernen – die Menge hängt vom Grad der Verunreinigung und der Plasmaleistung ab.
2. Fingerabdrücke können mit **HydroPlasma** entfernt werden. PAW kann die Leistung der **HydroPlasma**-Behandlung verbessern.
3. Die Oxidschicht kann durch eine **REDOX** Plasmabehandlung entweder vergrößert oder entfernt werden.
4. **PlasmaPlus®** behindert bzw. verzögert Oxidation von metallischen Oberflächen

# Let's start your step into the Openair-Plasma® World



Magnus Buske



Queller Str. 76-80, 33803 Steinhagen, Germany



+49 5204 99 600



[m.buske@plasmatreat.de](mailto:m.buske@plasmatreat.de)



[www.plasmatreat.de](http://www.plasmatreat.de)

