



Parts2Clean

Vielfalt der Laser basierten Oberflächenbearbeitung

Einordnung, Trends und Beispiele

Marco Göbel | Simon Weber | Christoph Neugebauer | Dennis Decker

Agenda

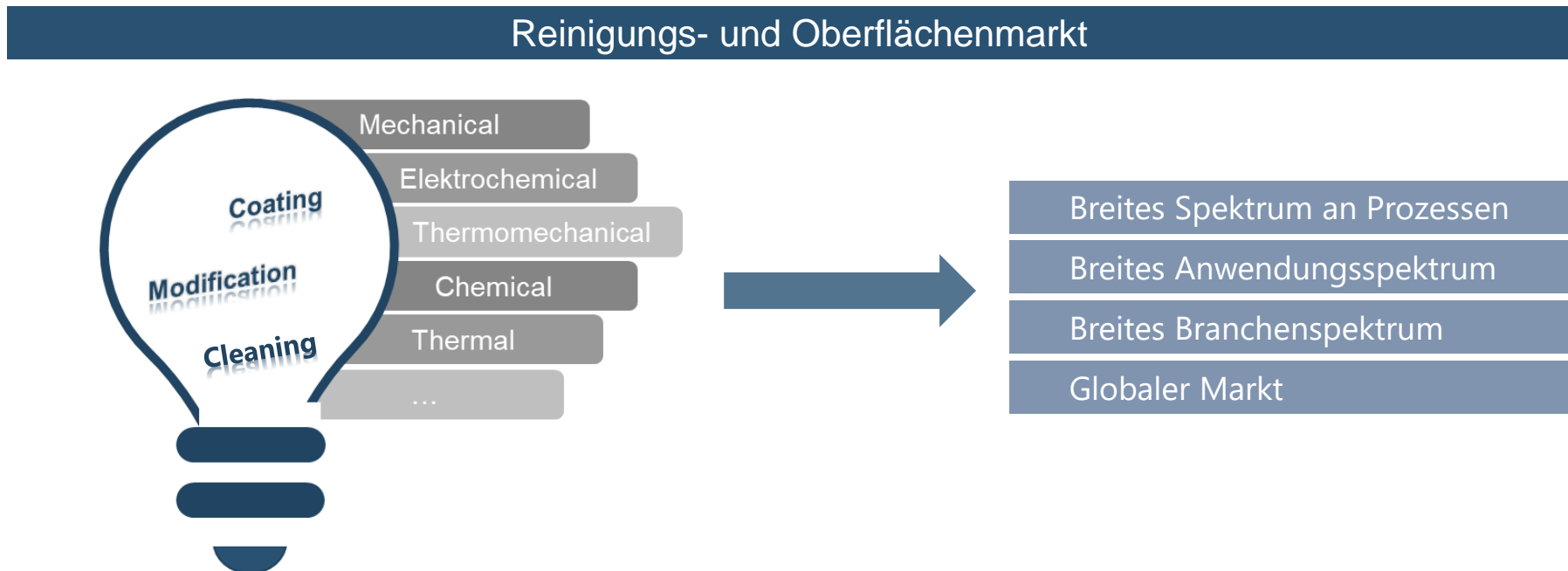


- 1** — **Einleitung und Motivation**
Wie verstehen wir Oberflächenbearbeitung?
Trends der Oberflächenbearbeitung
Vielfalt der Oberflächenbearbeitung am Beispiel des Reinigens
- 2** — **Oberflächenbearbeitung mit dem Laser**
Reinigen, Entlacken und Strukturieren
Vorteile
Typisches Laserequipment
- 2** — **Applikationen und Aufgaben der Oberflächenbearbeitung**
Applikationsüberblick im Automotive
Applikationsbeispiele
- 3** — **Zusammenfassung**

Einleitung und Motivation

Wie verstehen wir Oberflächenbearbeitung?

| Beschreibung/Definitionen | |
|---------------------------|---|
| Oberflächenbehandlung | ... ist die Bearbeitung eines Werkstücks zur Erzielung bestimmter Oberflächeneigenschaften. |
| Oberflächentechnologien | ... sind Technologien zur Veränderung der Eigenschaften von Oberflächen. |



Einleitung und Motivation

Trends der Oberflächenbearbeitung – Auszug aus Marktstudien

Trends und Herausforderungen Wichtige Markttreiber

Produktion:
Automatisierung,
Integration, Digitalisierung



Intensivierung des
Umweltschutzes



Energiesparmaßnahmen



Überwachung +
Prozesssensorik



Messung des
Prozessergebnisses



Steigende Anforderungen
z.B. Sauberkeit,
Fügevorbereitung



Chance für die Laserbearbeitung?

Beispiel Marktstudie Fraunhofer FEP:
Reinigungsmarkt DACH → Anwendermeinung

Trends:



Laserreinigen



Chemisches Reinigen

Vielfalt der Oberfläche und Chance für den Laser

Anwendungsspezifisch verschiedene Prozesse & Schritte erforderlich

Hochdruck-
wasserstrahlen



Spritzreinigung



Schleuderrad-
strahlverfahren



Laserreinigung



Strahlreinigung



Tauchreinigung



Ultraschallreinigung



Plasmareinigung



Druckumfluten



Druckluftstrahlen



Strahlen mit CO2



Endreinigen

Zwischenreinigen

Montagereinigen

Vielfalt der Oberfläche und Chance für den Laser

Kunden Feedback – Viele Anforderungen mit hohem Fit zu Lasertechnologie

“

Allgemein strebe ich nach einer **höheren Sauberkeit** in der Produktion. Um diese zu erhalten, benötige ich auch eine **saubere Prozesskette**.

”

“

Wenn man ganz zum Schluss in einer Fertigungslinie die höchste Sauberkeit erreichen möchte, dann **empfiehlt** sich meist eine **partielle Laser-Reinigung**.

”

“

Bei **sensiblen Teilen** muss die Sauberkeit stimmen, für das **geringste Risiko** im Endprodukt (ABS-Systeme). Hierfür notwendig sind **Zwischenreinigungen, Endreinigungen** und eine **Montagereinigung**.

”

Vielfalt der Oberflächentechnik und Chancen für Laseranwendungen

Vorteile und Entwicklungsfelder

Anwender

Erfordert eine spezielle **Ausbildung** und Fachkenntnisse zur Bedienung und **Wartung** der Anlage.

Material

Noch **begrenzte** Anwendungsfelder bei bestimmten **Materialien** und Verschmutzungsarten

Schnelligkeit

Der Laser ist hinsichtlich **Prozessgeschwindigkeit** und **Reinigungsrate** **vorteilhaft**, da er sehr präzise und schnell arbeitet.



Flexibilität

Der Laser kann sehr **flexibel eingesetzt** werden, da er eine **präzise Oberflächenbearbeitung** ermöglicht, ohne die umgebenden Oberflächen zu beschädigen.

Effizienz

Hohe Präzision und Effizienz, da der Laser auf **bestimmte Bereiche fokussiert** werden kann. Berührungsloses Verfahren.

Umwelt

Kein Einsatz von **Chemikalien** oder **Lösungsmitteln**, was das Verfahren umweltfreundlicher macht. Schwankungen in der Konzentration des Reinigungsmittels können **negative Auswirkungen** auf das Resultat haben.

A close-up photograph of a laser cutting process. A bright blue laser beam is focused on a metal plate, creating a small, glowing cut. The metal plate is held in place by a dark, industrial fixture with several screws. The background is dark and out of focus, showing parts of the machine.

Oberflächenbearbeitung mit dem Laser

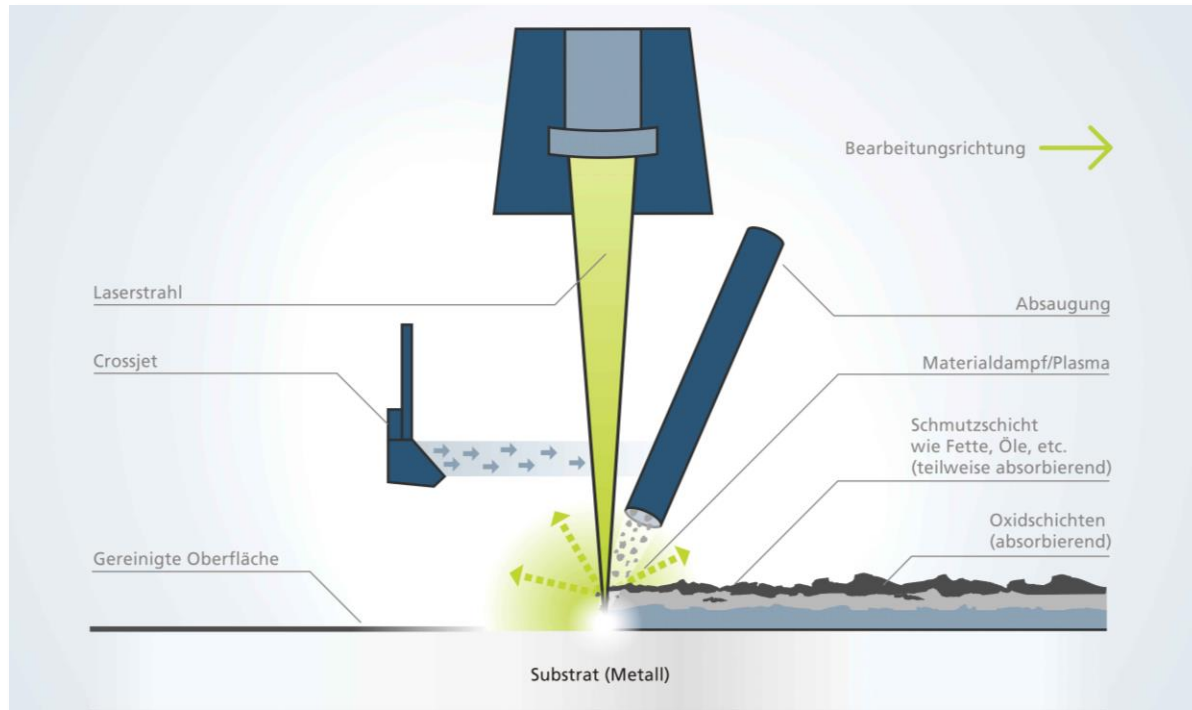
Verfahrensprinzip, Vorteile, Equipment

Marco Göbel | Simon Weber | Christoph Neugebauer | Dennis Decker

TRUMPF

Reinigen mit einem Laser

Prozessbeschreibung



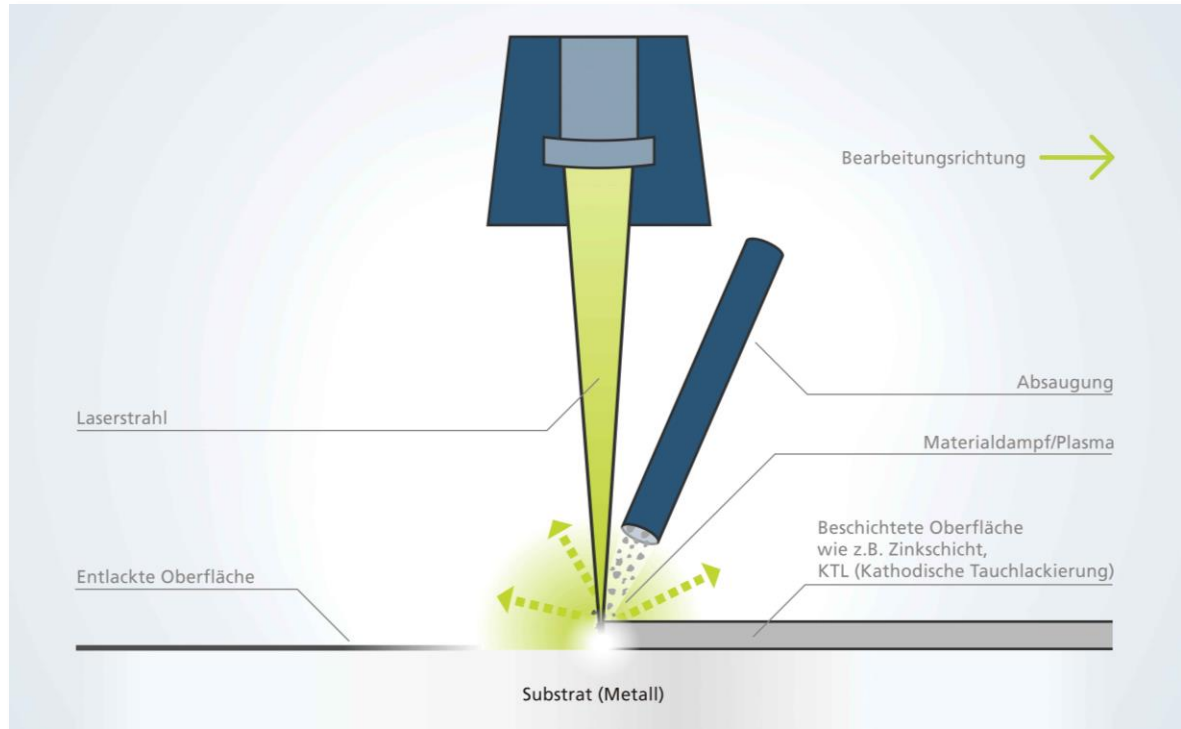
Prozessbeschreibung

- Laserreinigen ist ein Prozess bei dem ungewolltes Material mit Hilfe von Laserstrahlung (meist gepulst) von einer Oberfläche entfernt wird.
- Das Material wird durch die absorbierte Laserenergie erhitzt und
 - verdampft oder
 - Sublimiert.

- (1) Die Laserstrahlung trifft auf die Werkstückoberfläche.
- (2) Die Laserstrahlung erhitzt das absorbierende Material.
- (3) Die Oberfläche wird durch die abrupte Verdampfung oder Sublimation gereinigt.
- (4) Die Prozessprodukte werden mittels Gasstrom und Absaugung abtransportiert.

Entlacken/Ablation mit einem Laser

Prozessbeschreibung

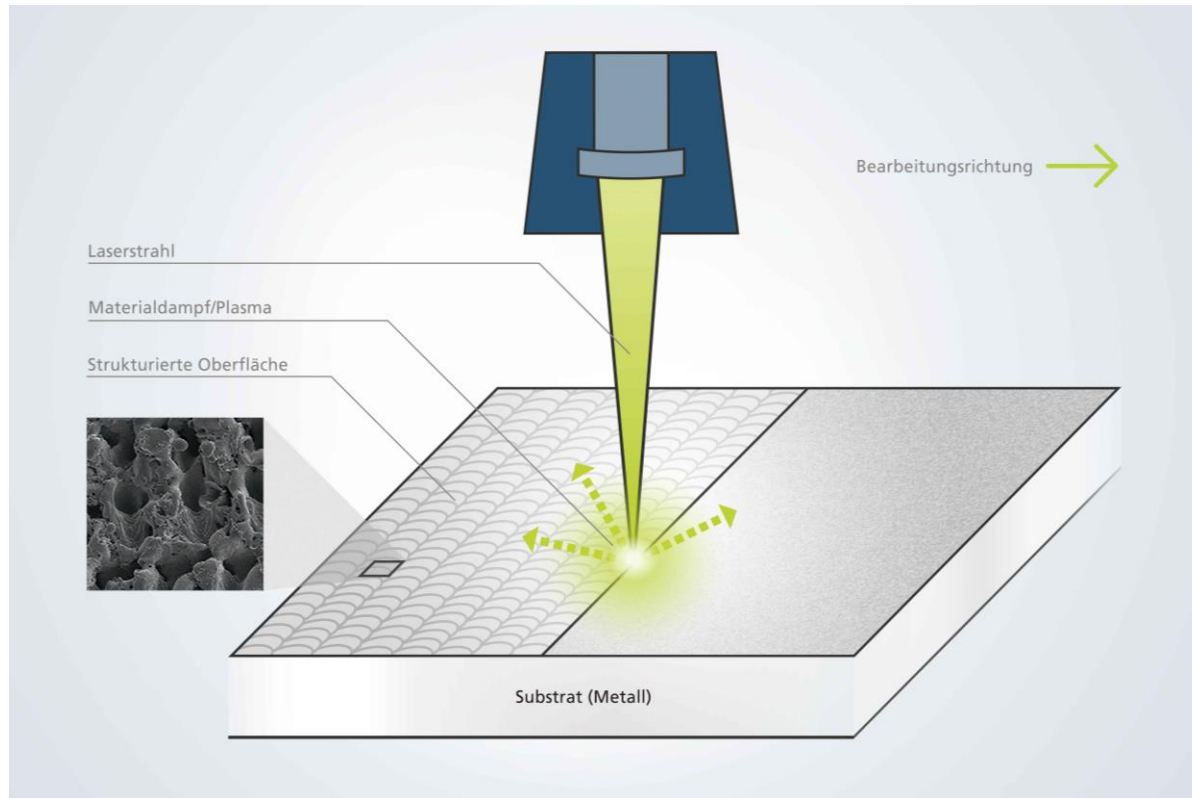


Prozessbeschreibung

- Laserentlacken/-ablation ist ein Prozess bei dem Funktionsschichten mit Hilfe von Laserstrahlung (meist gepulst) selektiv von einer Oberfläche entfernt wird.
- Das absorbierende Material wird durch die Laserenergie erhitzt und
 - verdampft oder
 - sublimiert.
- Das transparente Material wird im festen Zustand ablatiert.
- Geometrisch definierte Bereiche werden für einen Nachfolgeprozesse (Schweißen, Kleben, Schrauben, Sintern, Kontaktieren, etc.) zugänglich gemacht.

Strukturieren mit einem Laser

Prozessbeschreibung



Prozessbeschreibung

- Laserstrukturieren ist ein Prozess bei dem regelmäßig angeordnete Geometrien mit Hilfe von Laserstrahlung (meist gepulst) reproduzierbar in Oberflächen erzeugt werden.
- Das Material wird durch den Laserstrahl kontrolliert aufgeschmolzen und durch eine geeignete Prozessführung in einer definierten Struktur erstarrt.

- (1) Die Laserstrahlung trifft auf die Werkstückoberfläche.
- (2) Die Laserstrahlung erhitzt das absorbierende Material.
- (3) Durch die Erstarrung der Schmelze werden Strukturen erzeugt.

Laseroberflächenbehandlung

Vorteile

- | | |
|---|---|
| + | Kontaktlos |
| + | Selektive Bearbeitung |
| + | Keine abrasive Bearbeitung/materialschonend (keine Substratbeschädigung beim Reinigen/Entlacken) |
| + | Reproduzierbarer Prozess |
| + | Geringe Betriebskosten |
| + | Wartungsarm |
| + | Keine Nachbehandlung notwendig |
| + | Keine Abfälle/keine Abfalltrennung notwendig (v.a. keine chem. Abfälle) |
| + | Kein Verbrauchsmaterial/Rohstoffunabhängig |
| + | Kein Einsatz toxischer Substanzen |



Laseroberflächenbearbeitung

Laserequipment

Für die Laseroberflächenbehandlung eignen sich gepulste Laser im ns-Bereich.

TruMicro 7000 + PFO

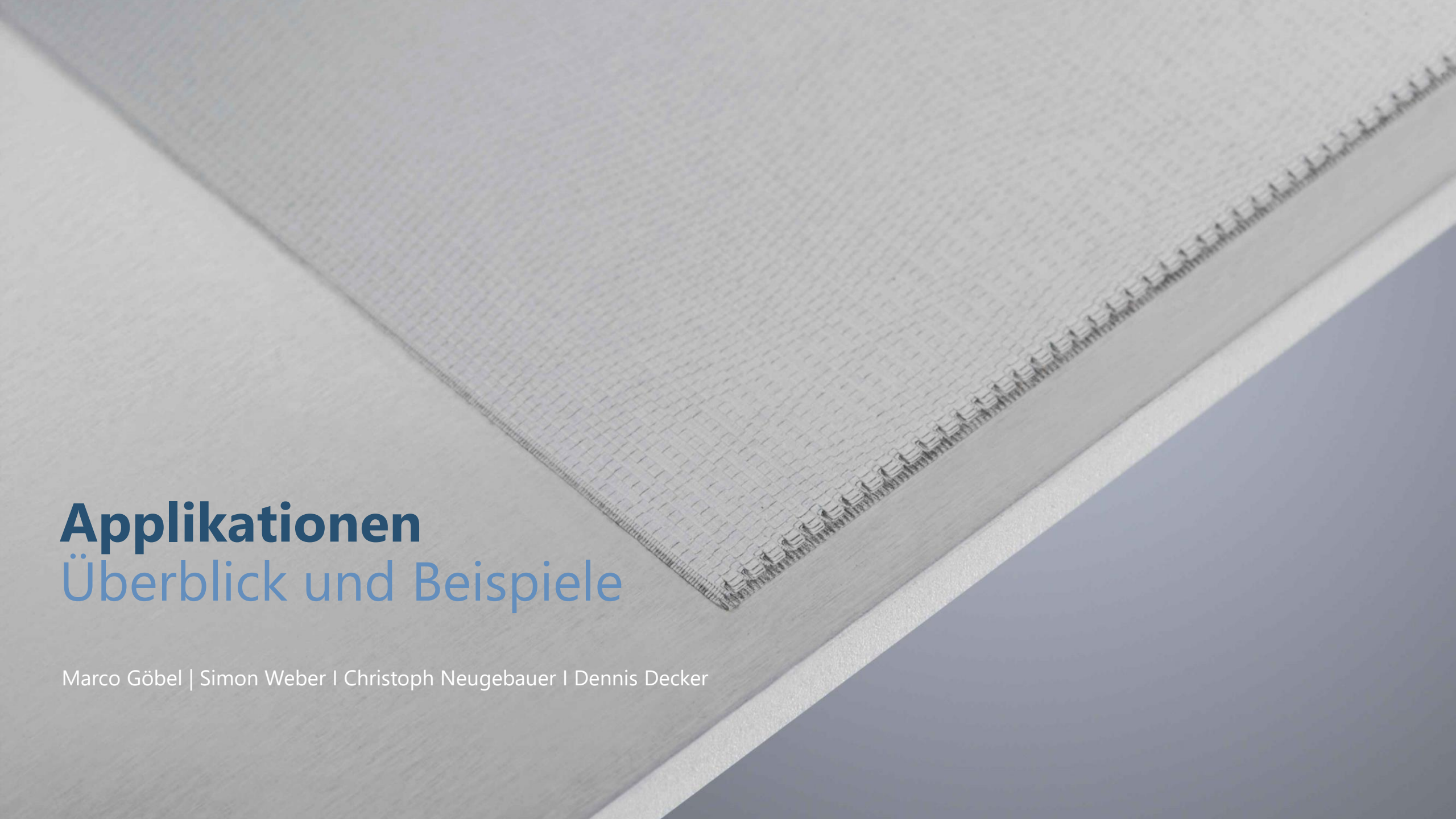


- Laserleistung bis 2 kW
 - Intensitätsverteilung: TopHat
 - Pulsenergie 100 mJ
 - Pulsfrequenz von 5 bis 250 kHz
 - Faser bis zu 600 µm rund und rechteckig
- Für große Oberflächen oder Maximierung der Flächenraten/Produktivität

TruMark + TruPulse nano Serie



- Laserleistung bis 300 W
 - Intensitätsverteilung: ähnlich Gauß
 - Max. Pulsenergie: bis 1,5 mJ
 - Pulsfrequenz von 1 bis 4000 kHz
- Für kleine/empfindliche Oberflächen oder Verwendung von Zeit zu Zeit



Applikationen

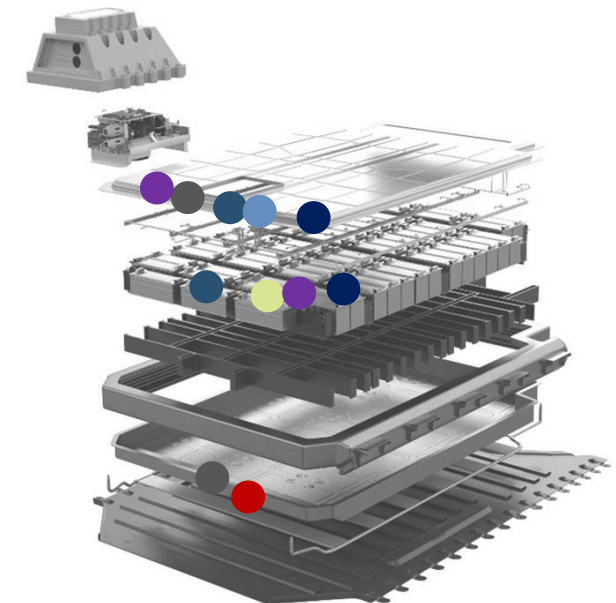
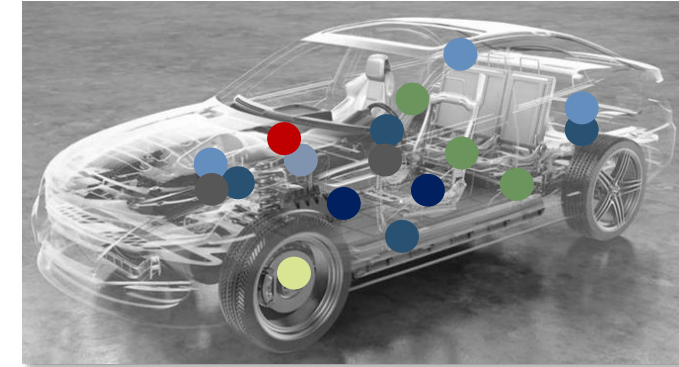
Überblick und Beispiele

Marco Göbel | Simon Weber | Christoph Neugebauer | Dennis Decker

Applikationen

Überblick im Automotive

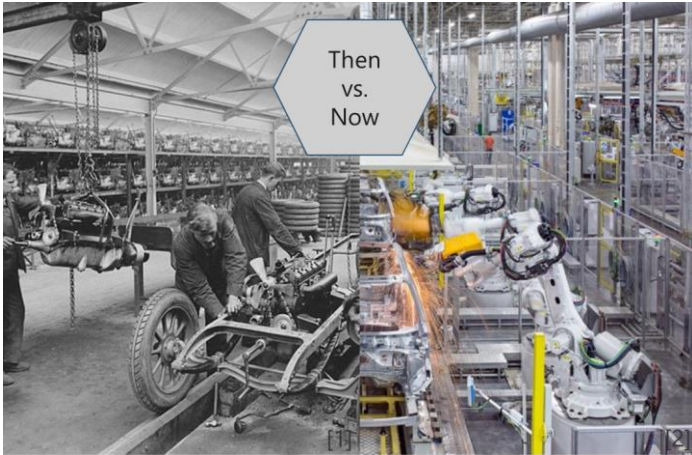
- **Reinigung & Strukturierung für die Klebevorbereitung** | Body, Door, Tunnel, Strut dome, Megacast, Gigacast, Battery Cover, Battery Cell Housing
- **Reinigung & Strukturierung für die Dichtungsvorbereitung** | Housing
- **Reinigung für die Lötzubereitung** | Roof, Copper Components
- **Reinigung für die Schweißzubereitung** | Body, Battery Cover, Thermal Management
- **Reinigung für die Schweißnachbearbeitung** | Body, Door, Strut Dome, Megacast, Gigacast
- **Reinigung** | Electrolyte Residues, Brake Disc, Molds
- **Strukturierung** | Busbar, Contact Points of screw connections
- **Strukturierung metallischer Oberflächen für Metall-Kunststoff-Verbindung** | Electronic Housings, Thermal Management
- **Entlacken** | Seat Structure, Heating Elements, Battery Cover, Cans



Applikation

Reinigen "on-the-fly"

Motivation + Trends



Produktionsvolumen



Automation



Bauteilgröße



Selektive Oberflächenbearbeitung

Anforderung und Ziele

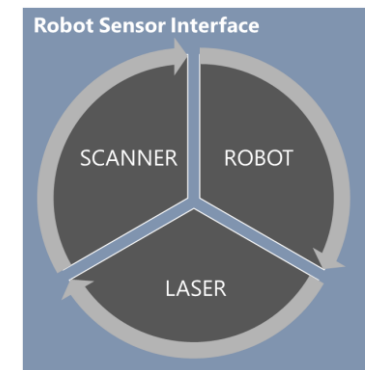
Increase Efficiency

Laser On
Time

Process
time

Flexibility

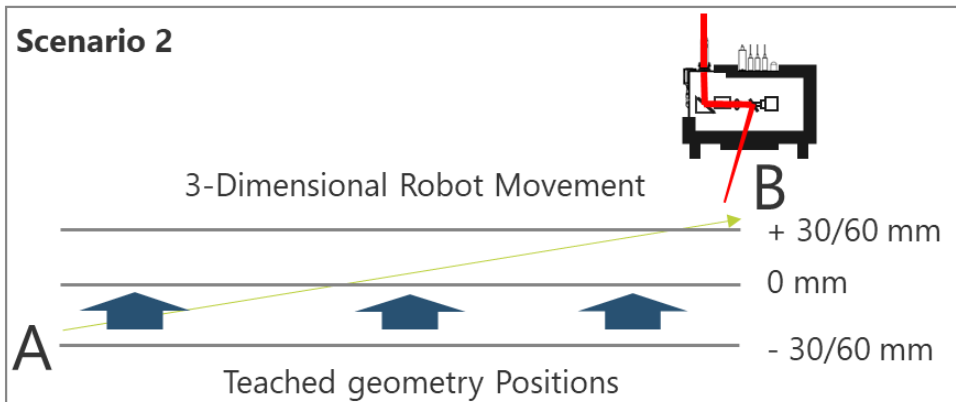
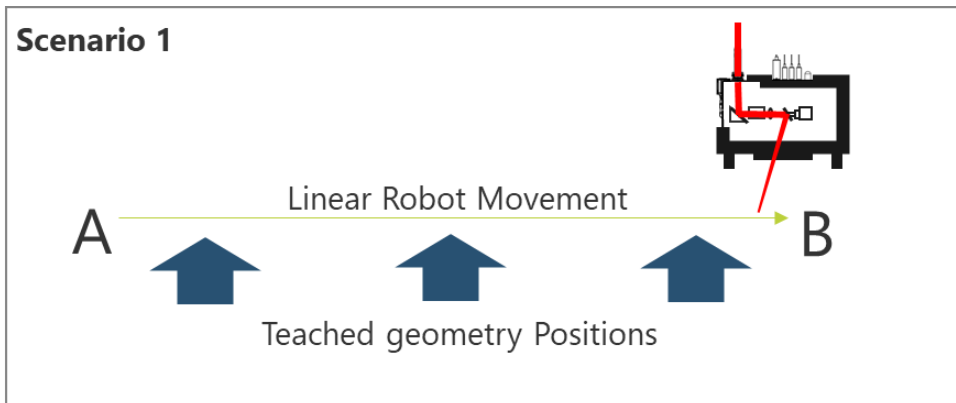
- Mehrere Bereiche
- Mix aus On-the-Fly- und statischer Verarbeitung
- Portalsystem unterstützt
- Hohe Genauigkeit



Applikation

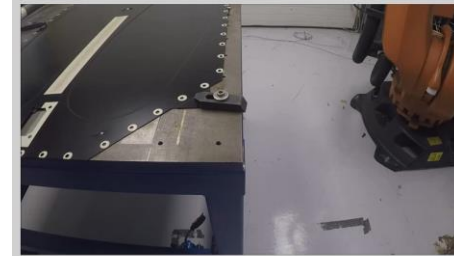
Reinigen "on-the-fly"

Ergebnisse



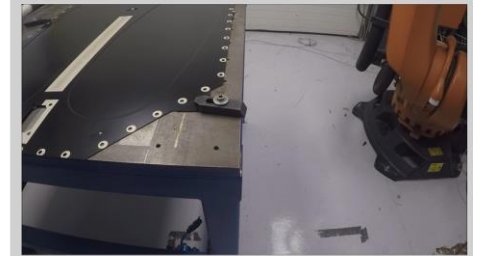
Beispiele

On the Fly

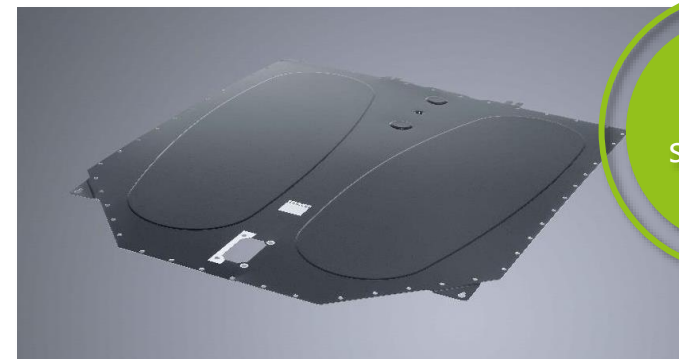


17s Processing time
0.32s per position
Robot Speed 0.2m/s

Static



51s Processing time
0.98s per position
Robot Speed 0.3m/s



67%
schneller

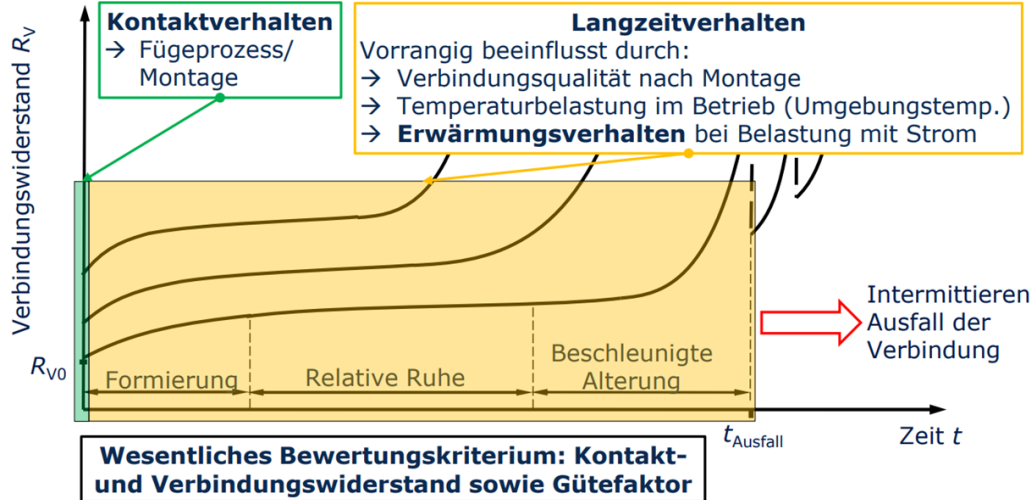
Applikation

Reduktion des Kontaktwiderstands

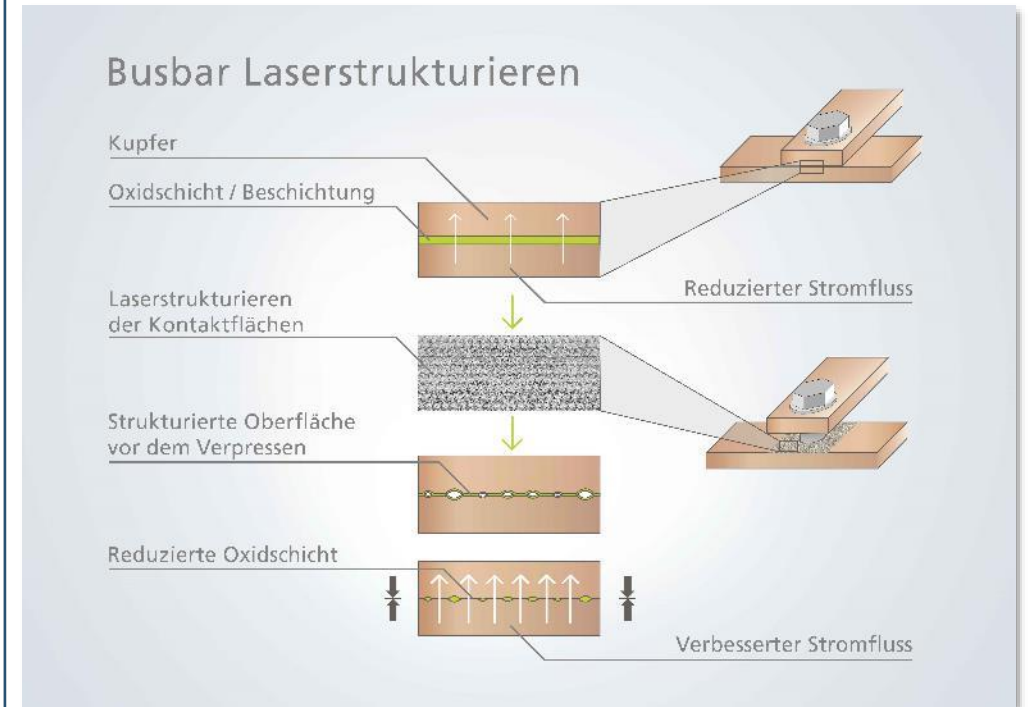
Motivation

Höhere Widerstände führen durch verstärkte Alterungsmechanismen zu einem vorzeitigen Kontaktausfall!

Einfluss des Verbindungswiderstandes auf die Langlebigkeit



Anforderung und Ziele



Applikation

Reduktion des Kontaktwiderstands

Modifikation der Oberfläche

Stochastische Kontaktpunkte

Erzeugt durch aufgeraute Oberfläche

Ungleichmäßige, zufällig angeordnete Kontaktpunkte

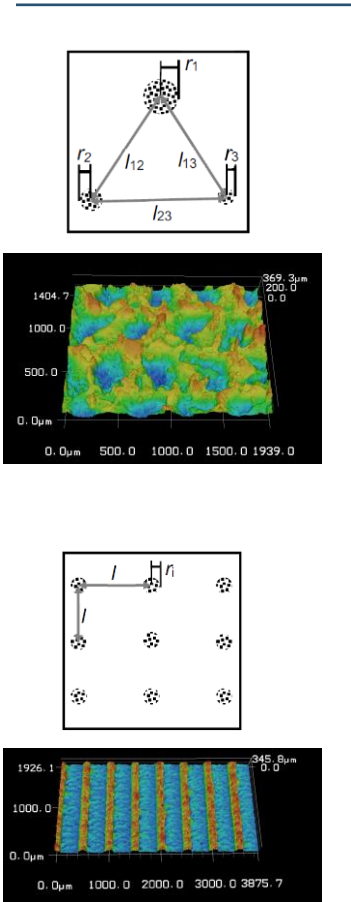
Mikrospitzen durchbrechen die Oxidschicht und deformieren plastisch

Deterministische Kontaktpunkte

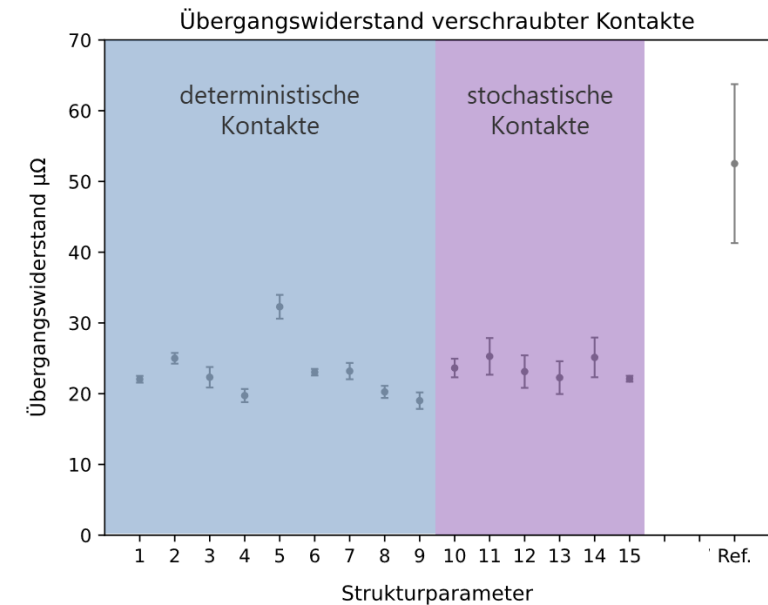
Erzeugt durch eingebrachte Linienstrukturen

Gleichgröße, regelmäßig angeordnete Kontaktpunkte

Plastische Deformation der Kontaktpunkte führt zu einem Durchbrechen der Oxidschicht



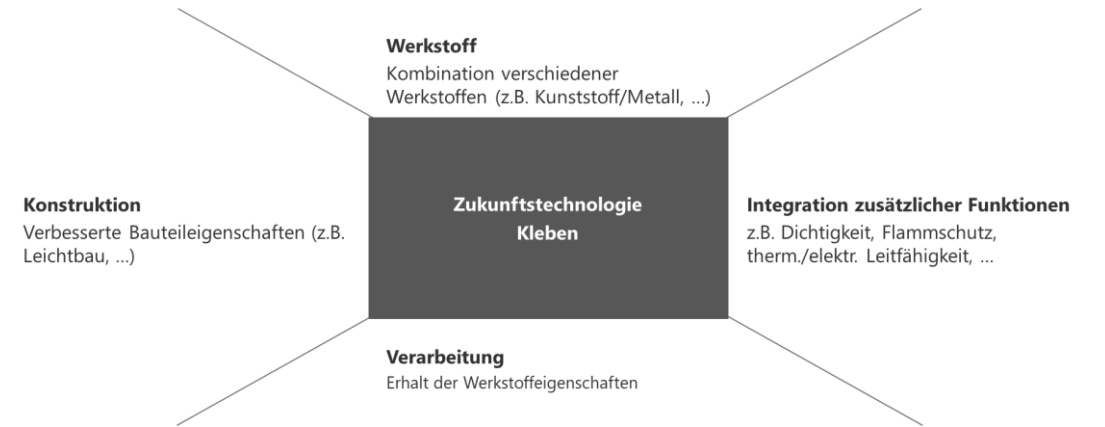
Einfluss der Lasermodifikation auf den Übergangswiderstand



- Mit jeder Oberflächenmodifikation kann der Widerstand der Verbindung im Vergleich zur Referenzprobe gesenkt werden.
- Die Streuung der erzielten Übergangswiderstände reduziert sich deutlich.

Applikation Klebevorbereitung

Motivation Kleben



Anforderung und Ziele

- Sehr hohe Medienbeständigkeit
- Hervorragende mechanische Leistung für Temperaturwechsel
- Entflammbarkeitstest nach ANSI/UL 94 V-0
- Spezifische Wärmeleitfähigkeit
- Struktureller, aber duktiler Klebverbindung
- Hohe Klebkraft/Klebverbindung
- Moderates Elastizitätsmodul und hohe Duktilität

Ziel Eine definierte, reproduzierbare Oberfläche ist Voraussetzung für eine gleichbleibende Verbundqualität

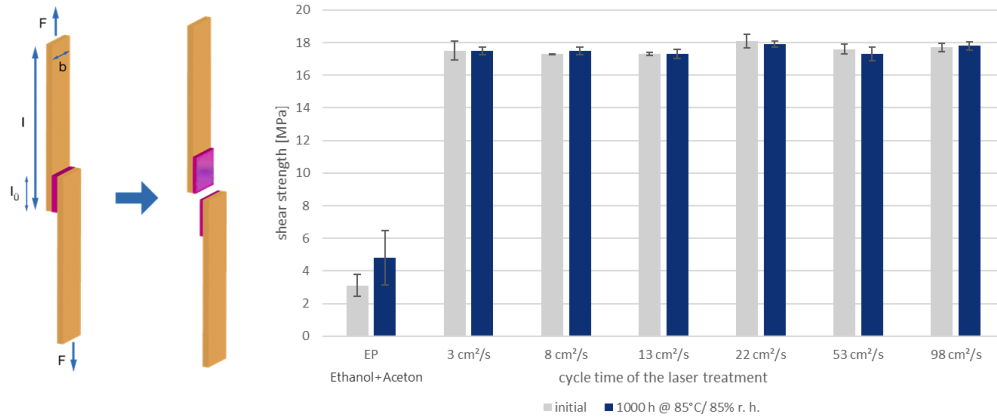


Applikation

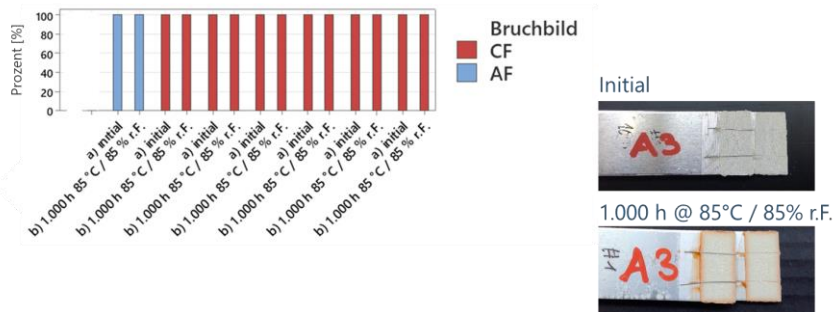
Klebevorbereitung

Ergebnisse

Zugscherfestigkeit nach DIN EN 1465

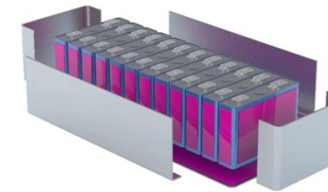


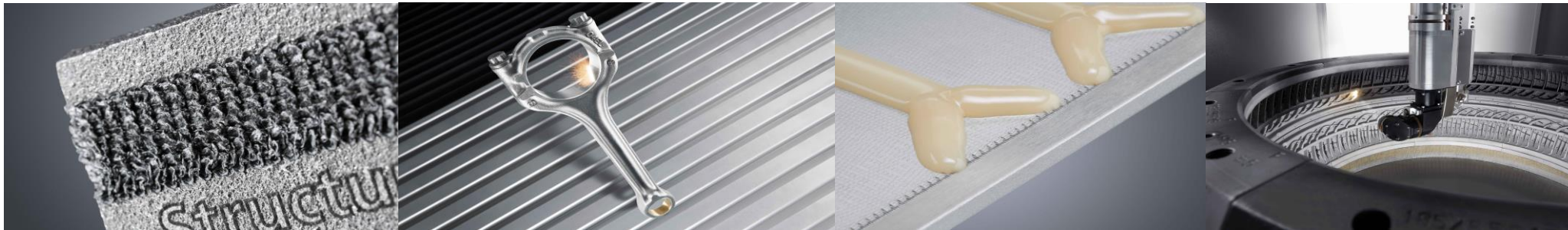
Bruchbild



Anwendung (Beispiele)

Verklebung der Zellen im Battery Pack





Umwelt- &
energieeffizient



Flexibel &
schnell



Selektiv & lokal
anpassbar



Für welche Anwendungsfelder ist die Oberflächenbearbeitung mit dem Laser für Sie interessant?

Gerne besprechen wir mit Ihnen Ihre Anwendungsfelder.



Marco Goebel - Leonhaeuser

Business Development | Surface Technologies & Aerospace

Marco.Goebel@Trumpf.com

