

Dienstag, 11. Juni 2024, 15:00 – 15:30

Messe Achema. Frankfurt

Halle 11, Raum Karmesin

Process: Materials and material processing

Surfaces and corrosion in materials and material processing

## **Innovative Fertigungstechnik führt zu optimaler Oberflächenqualität und verbessertem Reinigungsverhalten**

**„Eine ungestörte Oberfläche führt zu weniger Anhaftung von Partikeln“**

Prof. Dr. Paul Gümpel

Dipl.-oec. Cornelius Mauch



# Gliederung

- ❖ Begrüßung
- ❖ Warum haften Partikel an der Oberfläche von Metallen
- ❖ Herausforderungen in der Praxis beim Schleifen von Druckbehältern
- ❖ Idee zum OGF (Optimized Grind Finishing), einem teilautomatisierten Schleifverfahren
- ❖ Neue elektropolierte OGF Oberfläche im Vergleich zu bisherigem Stand der Technik
- ❖ Einfluss von OGF auf die Anhaftung von Partikeln und
- ❖ Erfahrungen mit OGF
- ❖ Diskussionsrunde und Anschauung am Objekt

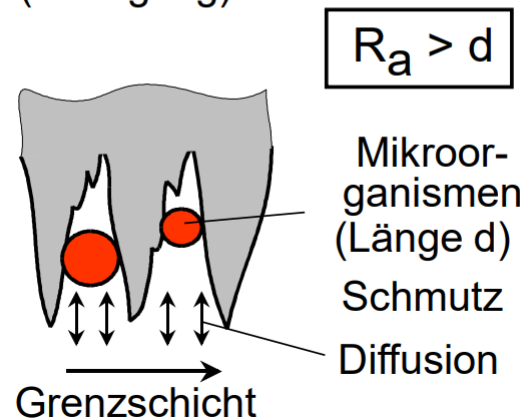
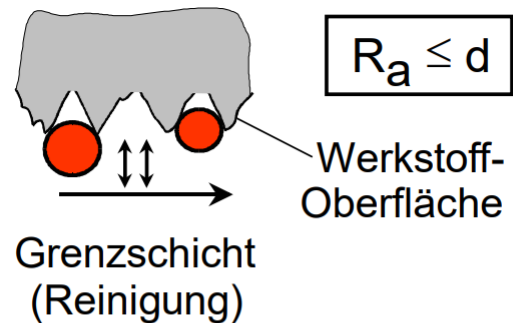
# Anforderungen an die Reinheit einer Oberfläche im Pharmabereich

Oberfläche muss metallisch rein und inert sein, Fremdstoffe sollten nicht an der Oberfläche haften

Haftkräfte und –Phänomene

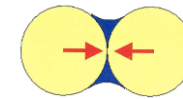
- Formschluss

Oberfläche glatt gestalten, frei von Rissen, Riefen, Kratzern



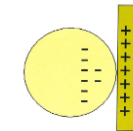
# Die wichtigsten Haftkräfte und –Phänomene im überwiegend trockenen Bereich

- Kapillarkräfte



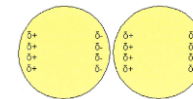
Kapillarer Unterdruck  
zieht Körper zusammen

- Elektrostatische Kräfte



Gegenseitige Anziehung  
Große Reichweite

- Van-der-Waals-Kräfte



Dipolkräfte,  
sehr geringe Reichweite



# Beispiel für Haftkräfte in der Natur

Beim Kontakt von Festkörpern können Dipolkräfte, sogenannte van-der-Waals-Kräfte wirksam werden

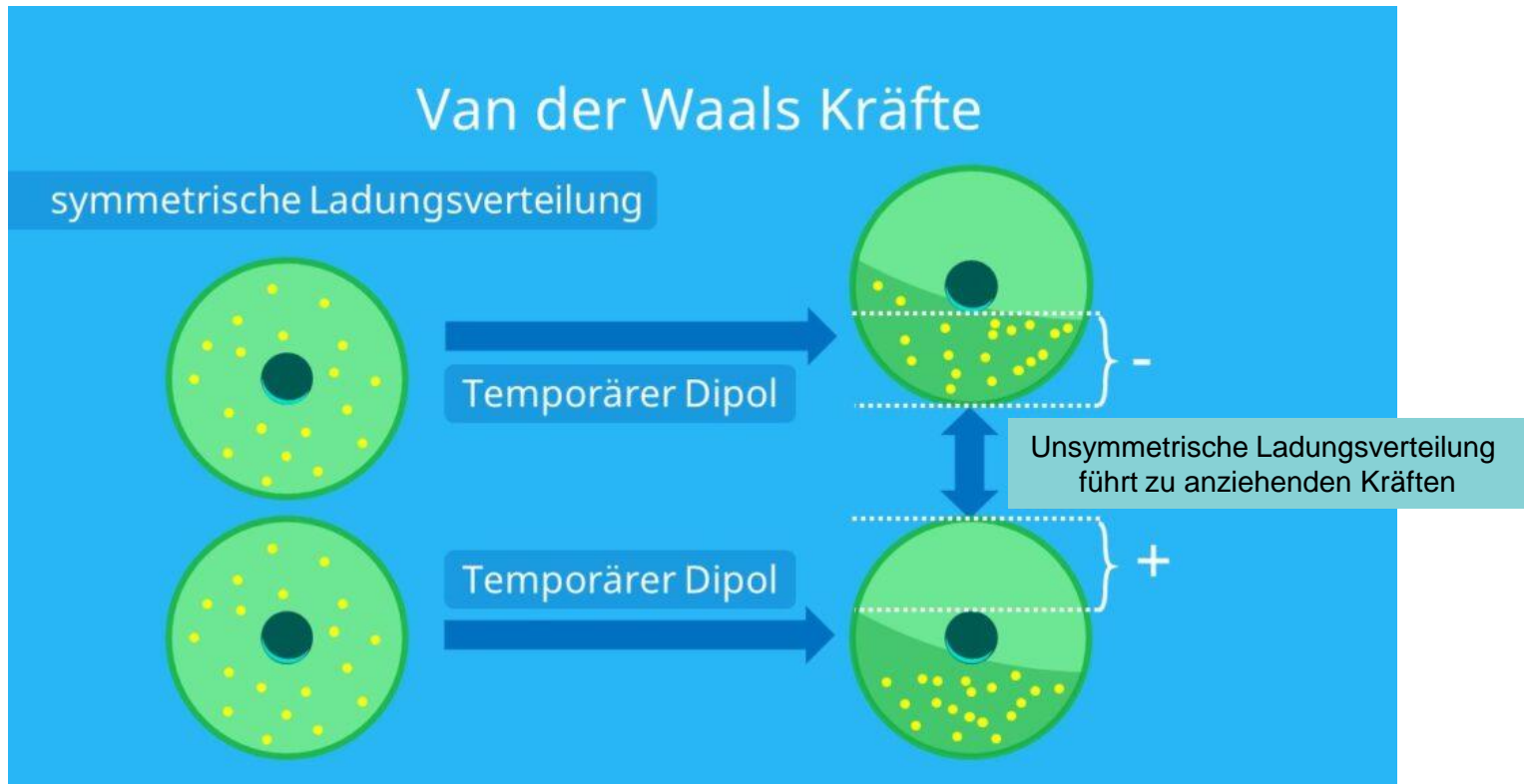
Dipolkräfte sind klein und wirken nur über geringe Reichweite (ca. 100 nm entspricht  $0,1\mu\text{m}$ ), sie können sich aber so stark addieren, dass z.B. ein Gecko an einer glatten Oberfläche haften kann



<https://www.hilobrow.com/2017/09/15/laws-of-the-universe-8/>

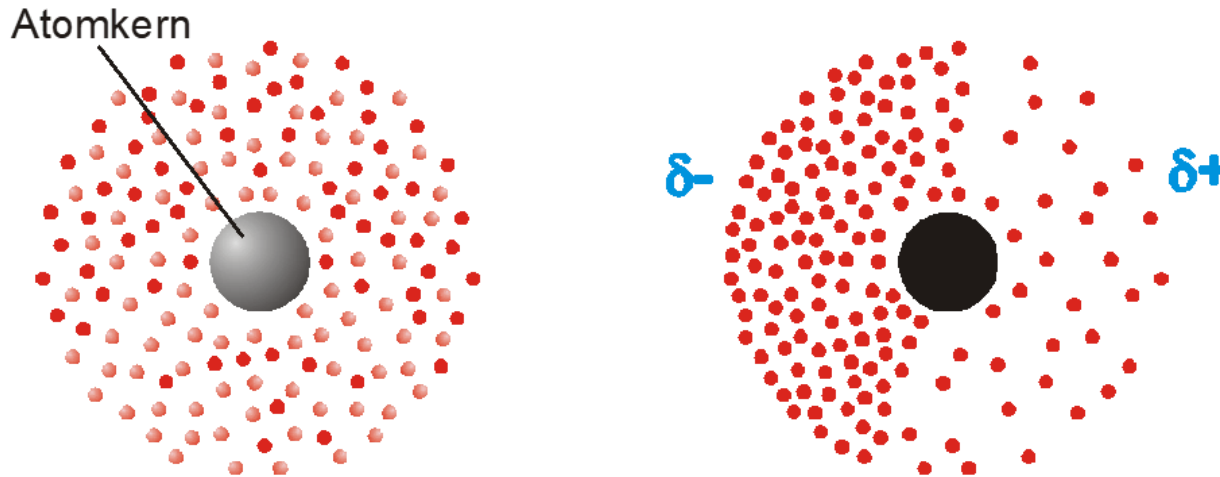
# Van-der-Waals-Kräfte

Van-der-Waals-Kräfte sind zwischenmolekulare Kräfte, die zwischen Atomen bzw. Molekülen auftreten die temporäre Dipole bilden können (unsymmetrische Ladungsverteilung).



Quelle: <https://studyflix.de/chemie/van-der-waals-krafte-1561>

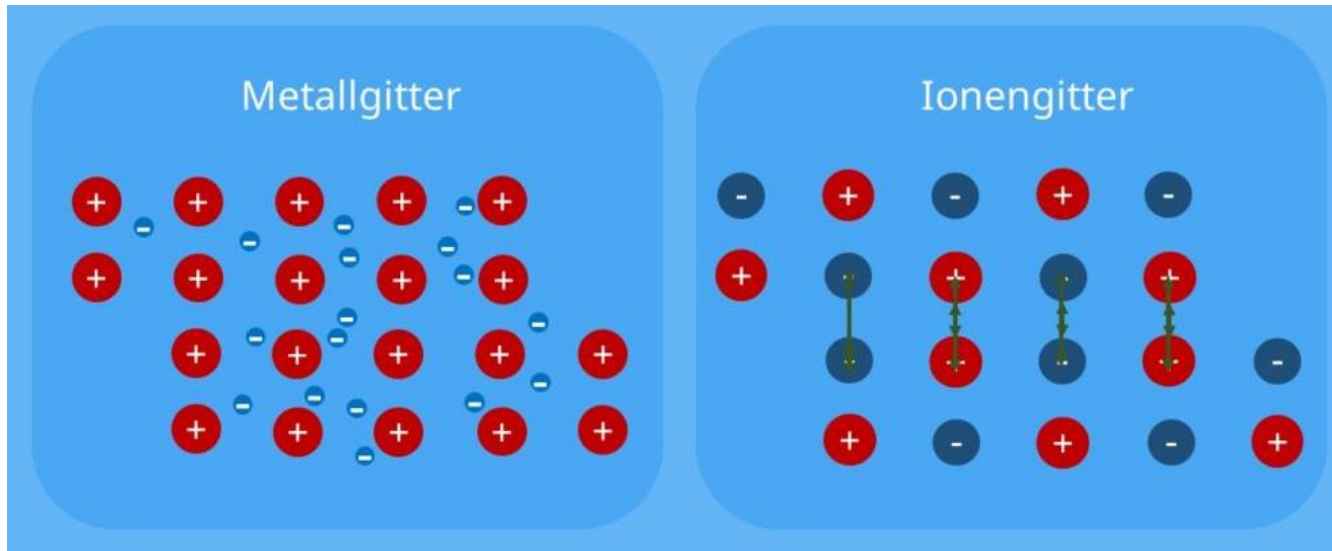
# Verteilungswahrscheinlichkeit der Elektronen über einen gewissen Zeitraum



[https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/berufliche-bildung/ernaehrungslehre/unterrichtsmaterialien/handreichungen/handreichung\\_ernaehrung\\_und\\_chemie/eingangsklasse/lpe4/lpe0406/04\\_06\\_bild1.jpg](https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/berufliche-bildung/ernaehrungslehre/unterrichtsmaterialien/handreichungen/handreichung_ernaehrung_und_chemie/eingangsklasse/lpe4/lpe0406/04_06_bild1.jpg)

entstehen dadurch, dass Atome äußerst kurzlebige Dipole bilden können. Die eine Seite des Atoms weist dann eine etwas stärker negative Ladung auf als die andere (unsymmetrische Ladungsverteilung).

# Metallgitter bei Metallen und Ionengitter bei Keramiken im Idealzustand

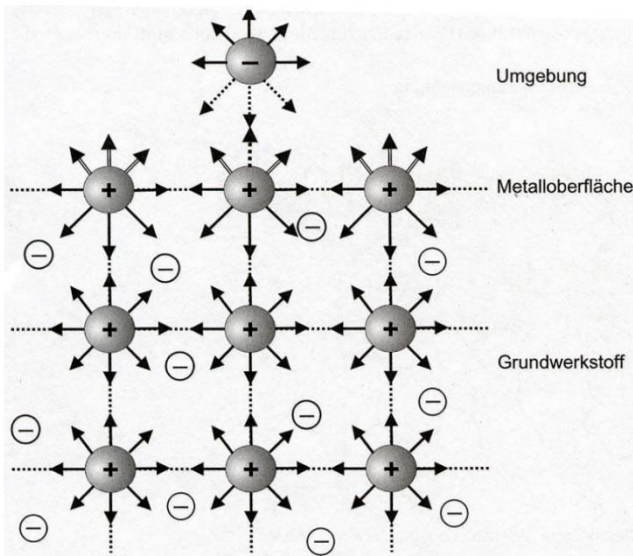


Im Metallgitter befinden sich die Valenzelektronen in sogenannten Elektronenwolken. Diese sind im Raum nicht fest orientiert und bilden mit den positiv geladenen Atomrümpfen einen Gleichgewichtszustand.

Ist das Gitter nicht mehr regelmäßig (ideal) aufgebaut, wird dieser Gleichgewichtszustand gestört und die Elektronen lassen sich leicht „delokalisieren“. Die Ladungsverteilung kann unsymmetrisch werden und eine Polarisierung entsteht



# Freie Metalloberfläche und Wechselwirkung mit der Umgebung

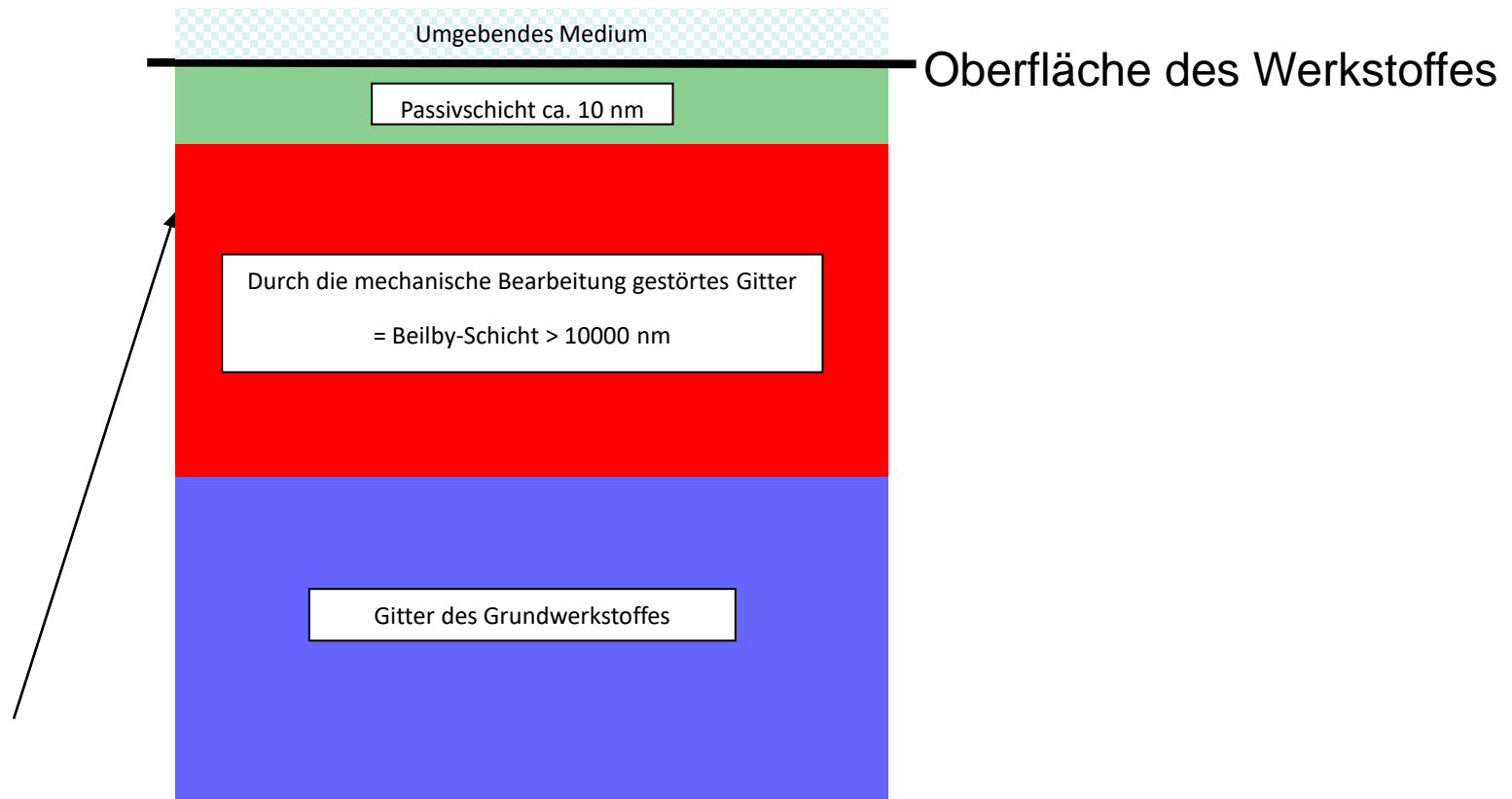


Oberflächennahe Atome haben nicht abgesättigte Bindungszustände. Zur Absättigung dieser Bindung findet die Wechselwirkung mit der Umgebung statt. Stoffe werden absorbiert und können mit dem Werkstoff reagieren.

Bei einem gestörten Gitter, wie dies in mechanisch bearbeiteten Oberflächen in der sogenannten Beilby-Schicht der Fall ist, wird dieser Effekt noch verstärkt

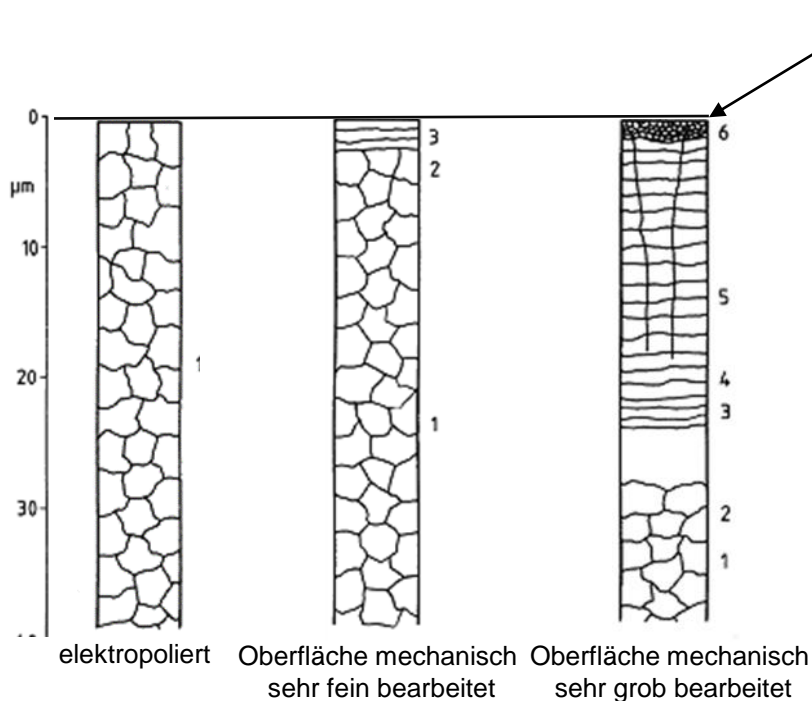
Aus: [https://hps.hs-regensburg.de/heh39273/daten/ot\\_vl.pdf](https://hps.hs-regensburg.de/heh39273/daten/ot_vl.pdf)

# Schematische Darstellung der oberflächennahen Bereiche eines Werkstoffes



Dieses Störungsfeld sollte durch eine angepasste mechanische Bearbeitung möglichst klein gehalten und dann durch ein Elektropolieren vollständig beseitigt werden

# Einfluss der Bearbeitung auf Gefüge und Strukturen in der Schicht unterhalb der Oberfläche (Beilby-Schicht)



© 2013 - ECV - Lexikon der Pharmatechnologie

Erläuterung der Gefügeschichten: 1 = Austenit, 2 = Austenit und kalt verformter Ferrit, 3 = kalt verformter Ferrit, 4 = kalt verformter Ferrit und verformter Austenit, 5 = verformter Austenit, 6 = stark verformte Körner mit oxidischen Einschlüssen, 7 = verschiedene Oxide.

Oberfläche nach der Bearbeitung

Beim **mechanischen** Bearbeiten der Oberfläche wird neben dem Materialabtrag **der Werkstoff im oberflächennahen Bereich verändert**, da das darunterliegende Metall verformt wird und **extrem viele Gitterfehler** entstehen.

Im Idealfall wird diese „gestörte Zone“ durch das Elektropolieren abgetragen.

Die Dicke der gestörten Zone variiert je nach Der Art und Intensität der mechanischen Bearbeitung



# Herstellung von Behältern für pharmazeutische Industrie

Bleche werden verformt und gefügt

Oberflächen werden mechanisch verletzt und beim Schweißen verändert, sie müssen teilweise neu aufgebaut werden

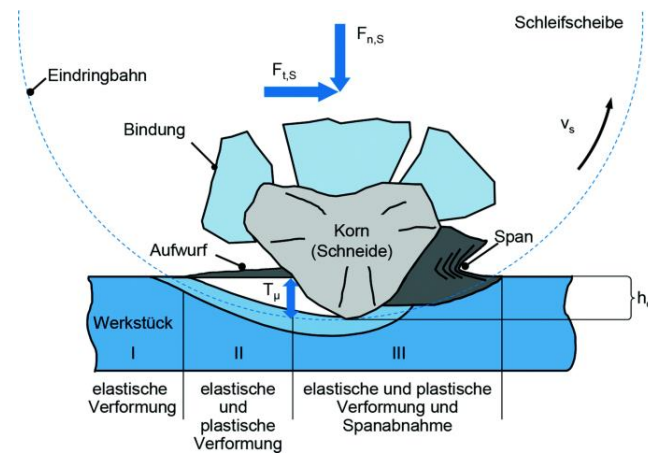
Die relevanten Oberflächen sind schwer zugänglich

Händische Bearbeitung anspruchsvoll und kaum reproduzierbar



# Erster Prozessschritt: Schleifen im Inneren eines Behälters

Ausführung von Hand, d.h. kraftgesteuert mit Schleifbändern/-tellern/-scheiben



Klocke, F. (2017). Grundlagen zum Schneideneingriff . In: Fertigungsverfahren 2. VDI-Buch. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-662-53310-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-53310-9_2)

## Nachteile:

- hohe Lohnkosten, da Ausführung von Hand,
- hohes handwerkliches Geschick erforderlich da schwer zugänglich
- schlechte Reproduzierbarkeit
- Anpresskraft kaum kontrollierbar



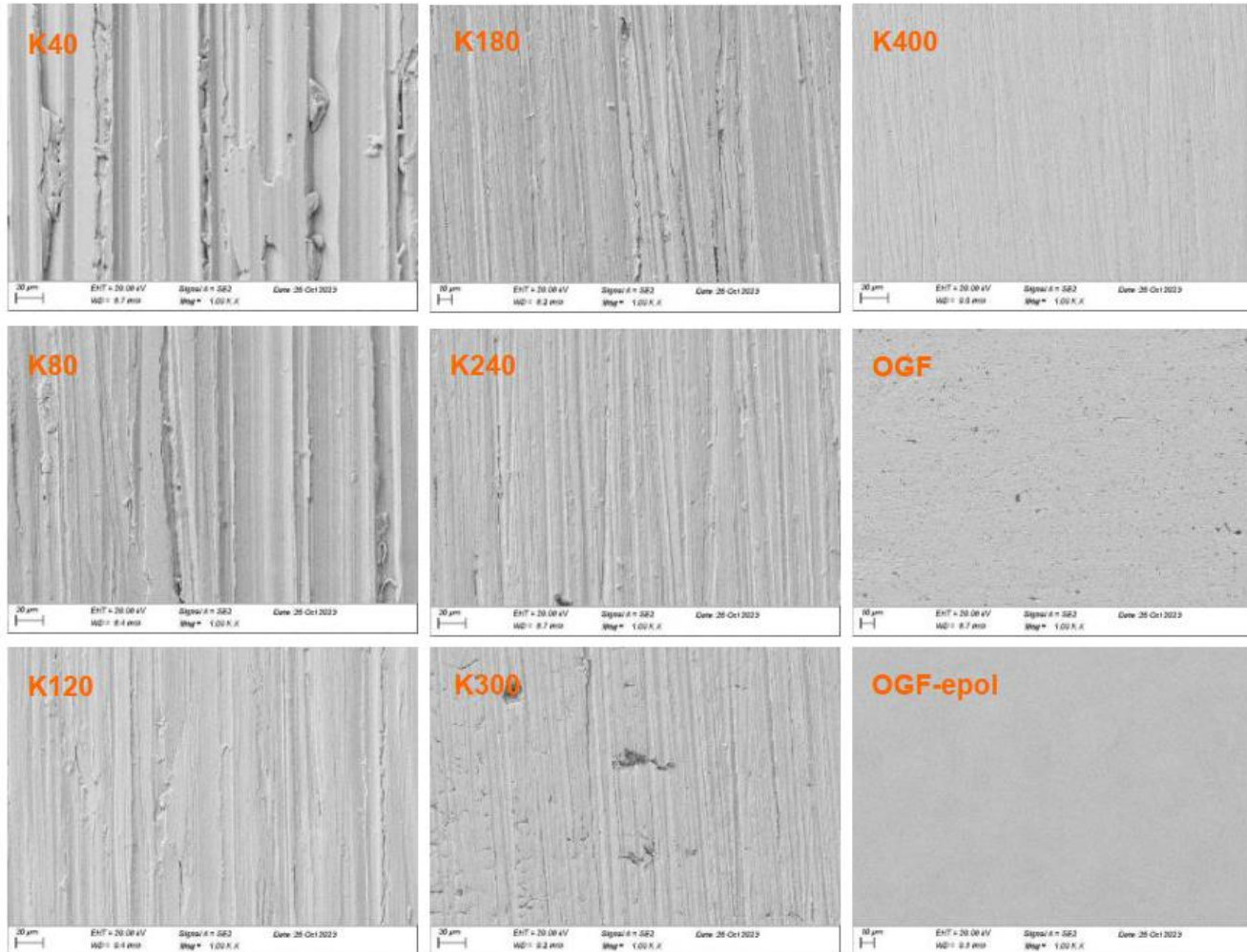
# Prozessoptimierung über Automatisierung

bei rotationssymmetrischen Behältern kann dieser mit Schleifköpern gefüllt und die Anpresskraft und die Relativbewegung durch gezielte Bewegung des Behälters eingestellt werden

Vorteile des neuen Verfahrens:

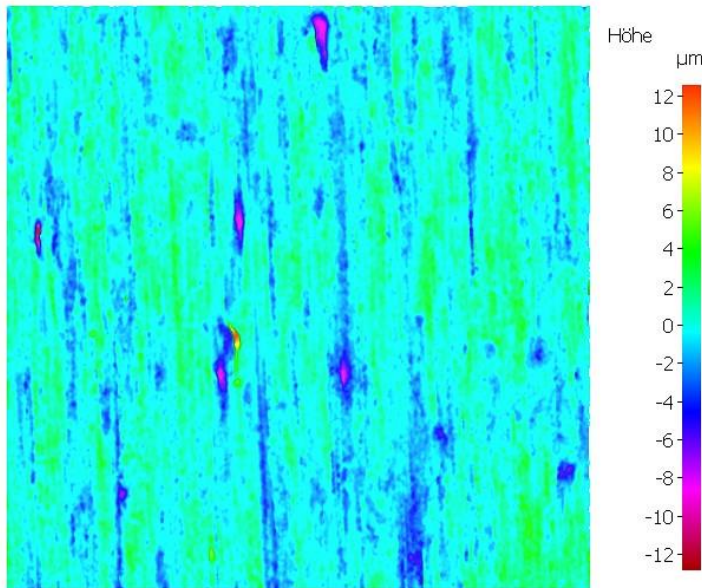
- Automatisierter Prozess
- Geringere Anpresskraft der Schleifkörper, feiner Abtrag über längere Zeit
- Reproduzierbares Ergebnis
- Keine Temperaturbelastung beim Schleifen
- Ressourceneinsparung durch weniger Schleifmittelverbrauch

# REM-Aufnahmen von grob bis hochfein (500-Fach)

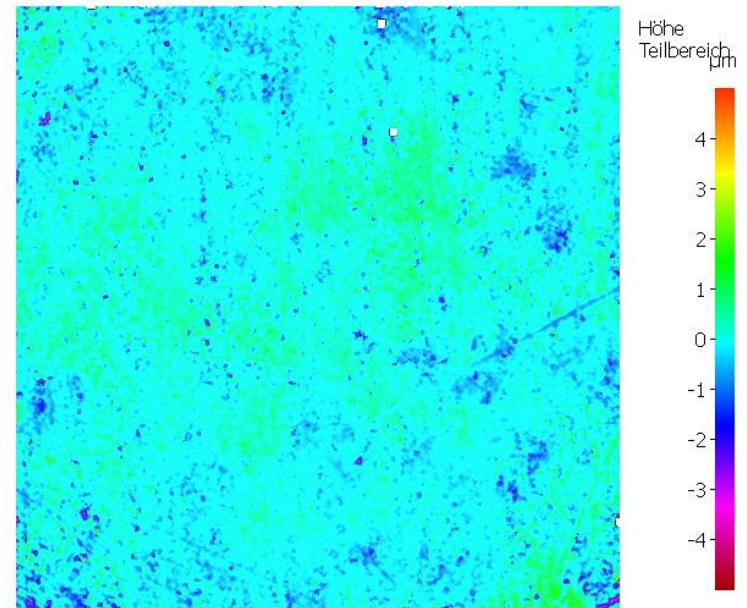




# 3D-Darstellung der endbearbeiteten Oberflächen an einer Behälterinnenwand



Konventionell von Hand mit Korn 120  
geschliffen



OGF, teilautomatisiertes Gleitschleifen





# Eine optimierte Oberflächenbehandlung führt dazu, dass

- Die entstehende Beilby-Schicht dünner wird und diese dann durch Elektropolieren leichter/sicherer entfernt werden kann
- Der „negative Fußabdruck“ der mechanischen Bearbeitung reduziert wird, da die Einstellung einer optimalen Oberfläche bereits durch die Minimierung der aus der mechanischen Bearbeitung resultierenden Oberflächenbelastung vorbereitet wird
- Eine mikrotopografisch fein eingeebnete und spaltenfreie Oberfläche mit weniger Gitterstörungen entsteht, was zu einer verbesserten Korrosionsbeständigkeit führt und die Haftkräfte beim Kontakt mit feinen Partikeln reduzieren kann



# Erfahrungen mit OGF

## Fallstudie 1

Pharmaindustrie – Effizienzsteigerung in der Medikamentenproduktion.

Ein Betrieb stellte seine herkömmlichen Edelstahlbehälter auf Behälter von BOLZ INTEC mit Optimized Grind Finishing und Elektropolitur um. Durch die verbesserte Fließgeschwindigkeit reduzierte sich die Anhaftung viskoser Medikamentenformulierungen, was zu geringerer Restanhaftung (Ausschuss) und in Folge zu einer 30%igen Reduktion der Reinigungszeit führte. Der verbesserte Produktionsprozess erhöht darüber hinaus die Patientensicherheit und übertrifft die strengen regulatorischen Anforderungen.



# Erfahrungen mit OGF

## Fallstudie 2

### Spezialchemie – Optimierung der Farbstoffproduktion

Ein Hersteller von Kunststoffgranulat integrierte BOLZ INTEC Edelstahlbehälter in seinen Produktionsprozess. Die speziell behandelten Oberflächen verhindern die Partikelanhaftung von Farbpigmenten, wodurch der Farbstoffverlust um 20% reduziert werden konnte und die Stillstandzeiten der Rührwerke auf ein Minimum beschränkt wurden. Die Investition in optimierte Behälter führte zu deutlichen Kosteneinsparungen und einer höheren Produktqualität, was die Wettbewerbsposition des Unternehmens nachhaltig verbessert hat



# Erfahrungen mit OGF

## Fallstudie 3

### Kosmetikindustrie – Verbesserung der Reinigung in der Micronisation

Ein bedeutender CMO setzte BOLZ INTEC Edelstahlbehälter für die Produktion seiner Kosmetik ein. Die glatten Oberflächen der Behälterwände erleichterten die Reinigung von Kolloiden welche zuvor stark anhafteten und zu langwierigen Reinigungsprozessen führten.

Ergebnis der Maßnahme ist eine schnellere Reinigung der Produkte und eine größere Zufriedenheit der Kunden

Erzielt durch  
**Optimized Grind Finishing (OGF)**

Ergebnis wegweisender Forschung  
von BOLZ INTEC & Hochschule Konstanz

**Kosteneinsparungen**  
**Effizienzsteigerung in der Produktion**  
**Qualitätsverbesserung**  
**Ressourcenoptimierung**



00:08



00:19



Entwicklungen im Bereich Edelstahl-Oberflächen

Prof. Dr. Paul Gümpel



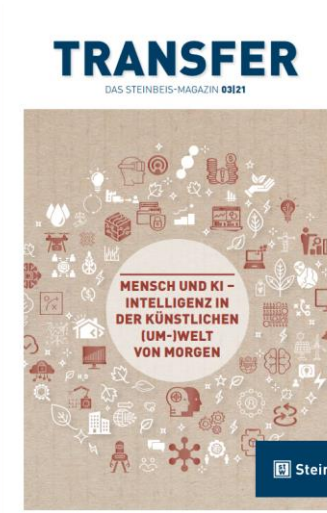
Wir bedanken uns für Ihre Aufmerksamkeit  
und wünschen immer  
„saubere Oberflächen“

- Offene Fragen
- Diskussionsrunde
- Präsentation Beispielmodelle

**Weitere Objekte am Stand:  
Halle 3.1 Stand A27**



# Presseberichterstattung



## Ansprechpartner

Prof. Dr. Paul Gümpel  
Werkstoffberatung GbR

Oberhof 6

78351 Bodman-Ludwigshafen

Tel. +49 (0)7773 5911

paulguempel@gmail.com

Dipl.oec. Cornelius Mauch  
Geschäftsleitung  
Bolz Intec GmbH

Tel. +49 7566 9407 – 26

cm@bolz-intec.com

Entwicklungen im Bereich Edelstahl-Oberflächen

Prof. Dr. Paul Gümpel