

ZVO Oberflächentage, Berlin, 11.-13.09.2019



Ionische Flüssigkeiten für  
die Metall-Abscheidung  
auf Kunststoff-Substraten  
– wo stehen wir jetzt?

Dr. Thomas J. S. Schubert  
Geschäftsführer  
IOLITEC GmbH  
Heilbronn

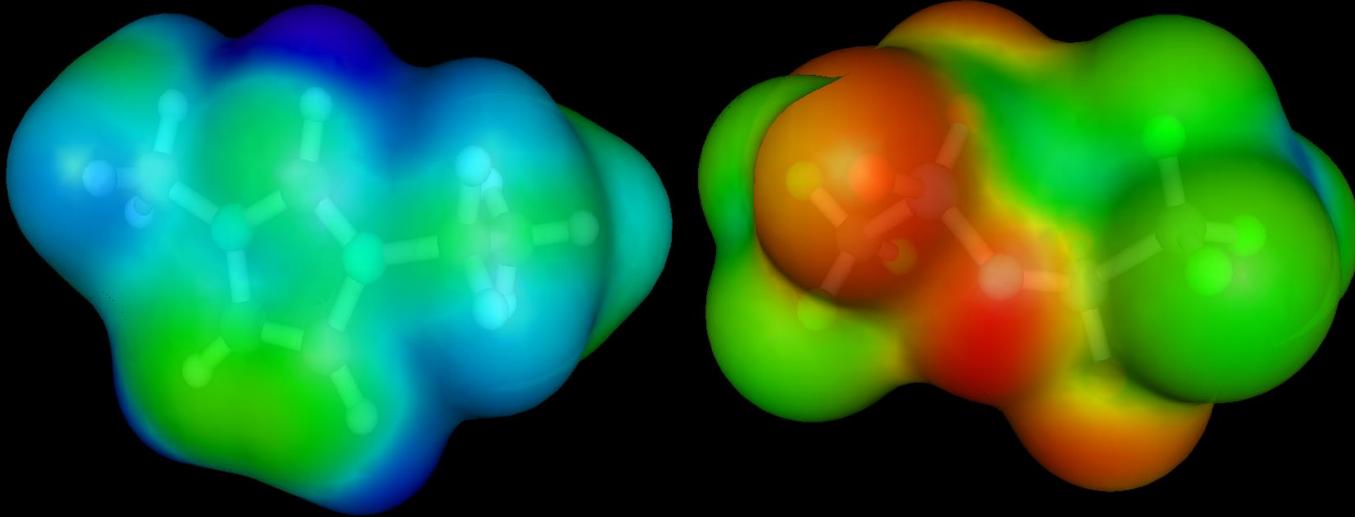
# ***Gliederung des Vortrags***

---

- 1. Was sind ionische Flüssigkeiten?**
- 2. Wo spielen ionische Flüssigkeiten im Bereich der Galvanotechnik eine Rolle?**
- 3. Wo stehen wir bei der Beschichtung von Kunststoffsubstraten?**
- 4. Ausblick**
- 5. Fakten zu IOLITEC**

# 1

Was sind ionische Flüssigkeiten?



1-Ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imid

# Was sind Ionische Flüssigkeiten?

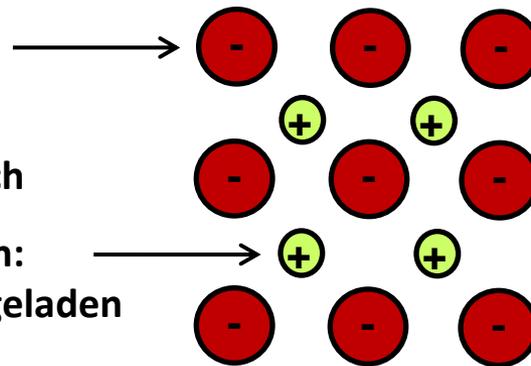


Kochsalz (Natriumchlorid) –  
ein ionischer Feststoff!

## Anorganische Salze:

- Stark ausgeprägte Coulomb-Wechselwirkungen
- Ausgeprägte Nah- und Fernordnung
- hohe Gitterenergien (z.B. NaCl:  $770 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )
- hohe Schmelzpunkte (z.B. NaCl:  $801^\circ\text{C}$ )

Anionen:  
negativ geladen  
groß  
kugelsymmetrisch

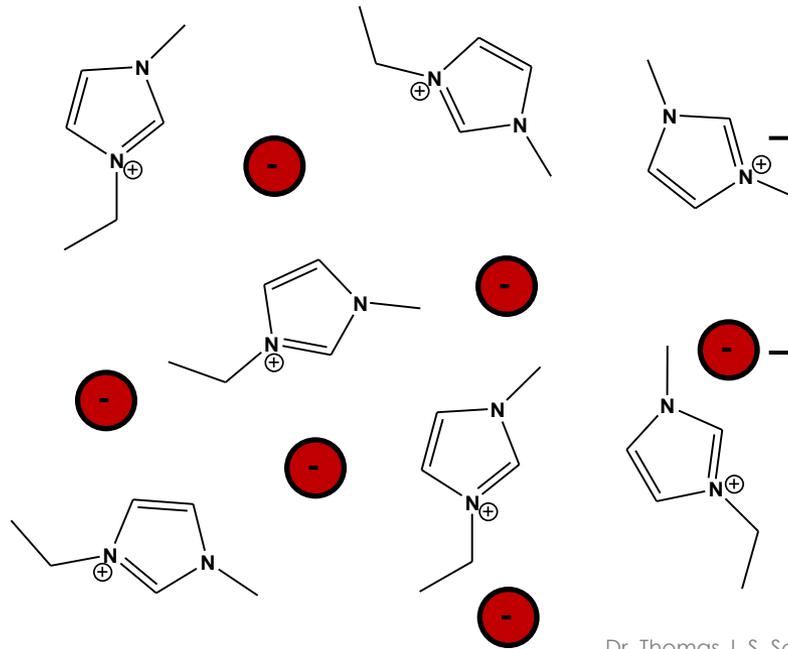


Kationen:  
positiv geladen  
klein  
kugelsymmetrisch

# Was sind Ionische Flüssigkeiten?



**Ionische Flüssigkeit**



## Kationen:

- positiv geladen,
- Ladung delokalisiert
- groß
- unsymmetrisch

## Anionen:

- negativ geladen
  - groß
- Hier: kugelsymmetrisch, unsymmetrische Form möglich

Dr. Thomas J. S. Schubert

## Ionische Flüssigkeiten:

- Coulomb-Wechselwirkungen durch Delokalisierung von Ladungen abgeschwächt
- geringe, zeitlich begrenzte Nahordnung, keine Fernordnung
- niedrigere Symmetrie im Vergleich zu anorganischen Substanzen
- niedrige Schmelzpunkte: per Definition  $< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- oft kein definierter Festkörper (Nah- und Fernordnung), sondern Erstarren als Glas

**„Als Ionische Flüssigkeiten bezeichnet man Verbindungen, die ausschließlich aus Ionen aufgebaut sind und unterhalb von 100°C flüssig vorliegen.“**

***Warum 100°C?***

***Siedepunkt von Wasser,  
Definition ist rein willkürlich gewählt***

## ***Wichtige Eigenschaften ionischer Flüssigkeiten für galvanische Anwendungen***

---

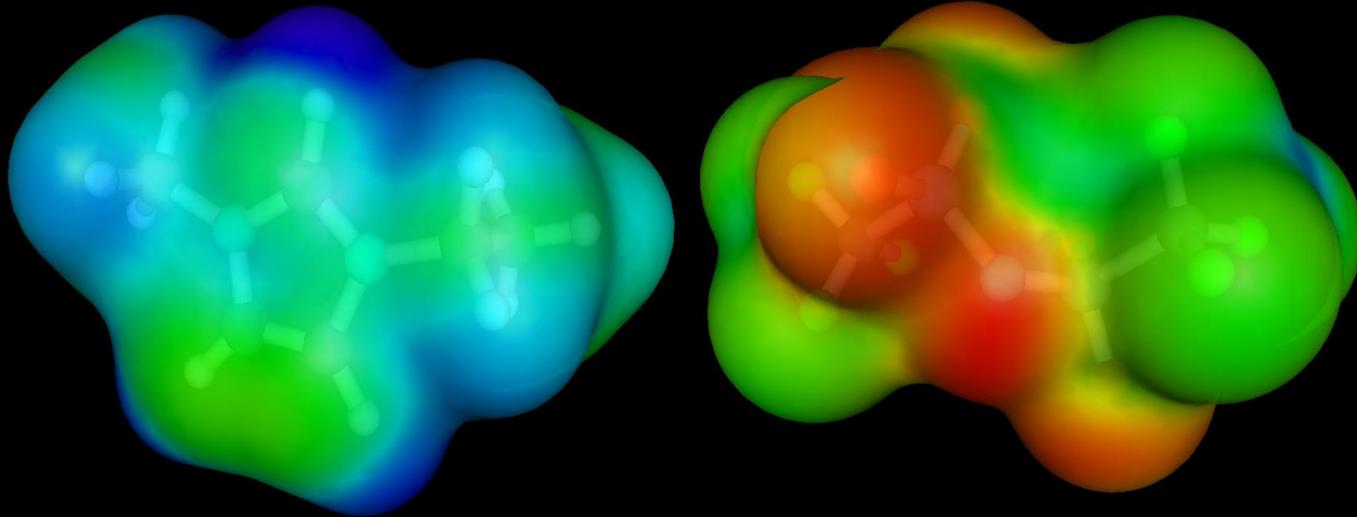
- **ausreichende elektrische Leitfähigkeit (Werte bis  $30 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  möglich)**
- **elektrochemische Stabilität (Stabilität gegen Oxidation und Reduktion)  
→ Abscheidung unedler Metalle möglich**
- **äußerst geringer Dampfdruck**
- **Fähigkeit zahlreiche verschiedene Metallsalze zu komplexieren  
(insbesondere Anionen zu formen)  
→ ansonsten schwer zugängliche Metalle können elektrochemisch verfügbar gemacht werden**

### **Nachteile:**

- **relativ hohe Viskosität (sinkt natürlich bei höheren Temperaturen)**
- **Abscheidung oft sehr langsam mit geringen Stromdichte**
- **im Vergleich zu wässrigen Elektrolyten hoher Anschaffungspreis  
(aber: Recycling möglich!)**

# 2

Wo spielen ionische Flüssigkeiten im Bereich der Galvanik eine Rolle?



1-Ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imid

# *Mögliche Einsatzgebiete ionischer Flüssigkeiten in der Galvanik*

---

- **Deutschland nimmt auf dem Gebiet der Metallabscheidung aus ionischen Flüssigkeiten und dem Elektropolieren in der F&E weltweit eine Spitzenposition ein**
- **Zahlreiche Universitäten und Forschungsinstitute (FEM, BFI, Fraunhofer...) haben sich dem Thema gewidmet und Verfahren weit über ein Proof-of-Concept hinaus entwickelt**
- **Auf bestimmten Gebieten steht der Einsatz ionischer Flüssigkeiten bereits kurz vor der Kommerzialisierung**

## **1. Abscheidung von Metallen:**

- + **Interessant für Metalle, die aus wässrigen Lösungen nicht zugänglich sind**
- + **Aluminium, aber auch Niob und Tantal, Eisen usw. wurden bereits untersucht**
- + **für Aluminium stehen bereits mehrere Elektrolytvarianten zur Verfügung**
- + **für gebrauchte Aluminium-Elektrolyte existieren Recycling-Konzepte**

## **2. Elektropolieren von Metallen**

- + **Stähle können hervorragend mit bestimmten Flüssigkeiten elektropoliert werden**
- + **Cobalt-Chrom und Platin-Iridium können anodisch aufgelöst werden**

## **3. Beizen von Kunststoffen**

- + **wird aktuell intensiv bei IOLITEC bearbeitet (Partner willkommen!)**
- + **Proof-of-Concept ist erbracht**

# Aluminium-Abscheidung: Proof-of-Concept

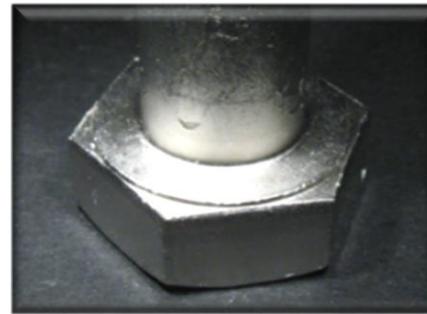
Aluminium-Plättchen



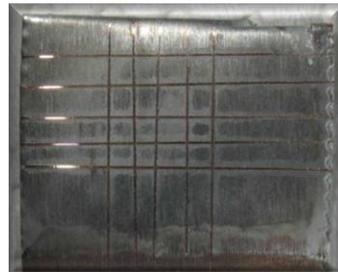
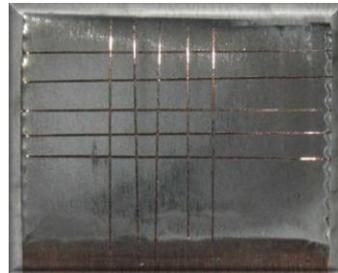
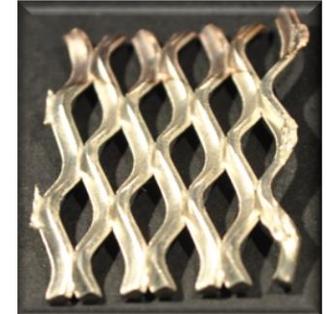
Kupfer-Plättchen



Stahl-Schraube



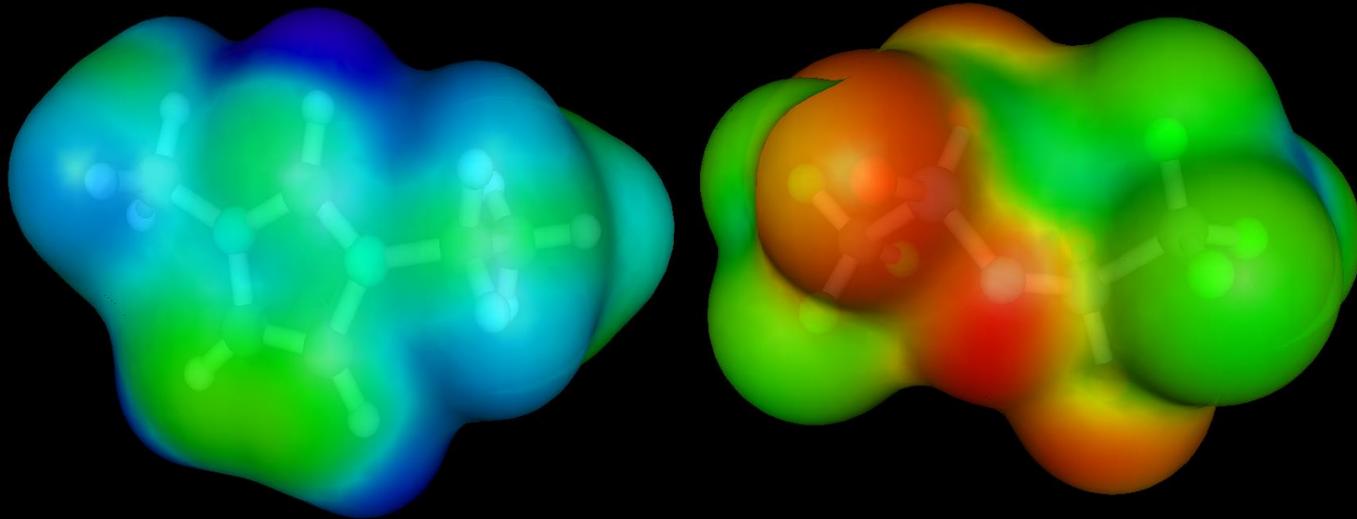
Maschendraht



Es ist möglich, harte, haftende, spiegelartige Aluminium-Schichten aus ionischen Flüssigkeiten aufzubauen. Die Haftung der Schicht wurde durch die Gitterschnitt-Prüfung bestätigt (gemäß ISO 2409).

# 3

Wo stehen wir bei der Beschichtung von Kunststoffsubstraten?



1-Ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imid

# *Beschichtung von Kunststoffen mit Aluminium*

---

Bei der Beschichtung von Kunststoffsubstraten beschäftigen wir uns aktuell mit zwei Themen:

1. Ersatz von Chrombeizen durch alternative, chromfreie Lösungen
2. Beschichtung von Kunststoffteilen (vor allem ABS) mit Aluminium (anstelle der Glanzverchromung)

## Motivation:

Verbot der ECHA vom 21.09.2017 von Chrom(VI)-Verbindungen wegen ihrer toxischen und krebserregenden Eigenschaften.

Klassische Galvanisierungsverfahren mit Chromschwefelsäurebeize sind unter strengen Auflagen zeitlich begrenzt mit Sondergenehmigungen erlaubt,

**solange bis ein gleichwertiges Ersatzverfahren entwickelt wurde.**

# ***Ersatz von Chrombeizen durch alternative, chromfreie Lösungen***

---

## **Was passiert beim Beizen von Kunststoffen?**

- **In einem erfolgreichen Beizprozess wird das im Harzgerüst eingelagerte Butadien herausgelöst (z.T. auch durch oxidativen Abbau)**
- **Hierdurch bilden sich Hohlräume, die eine Haftung auf dem ABS-Substrat ermöglichen**

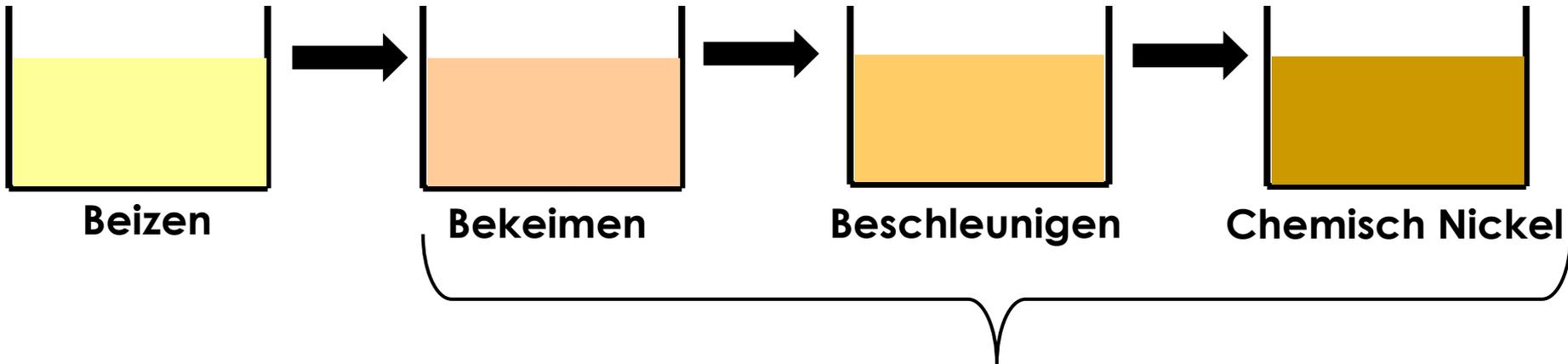
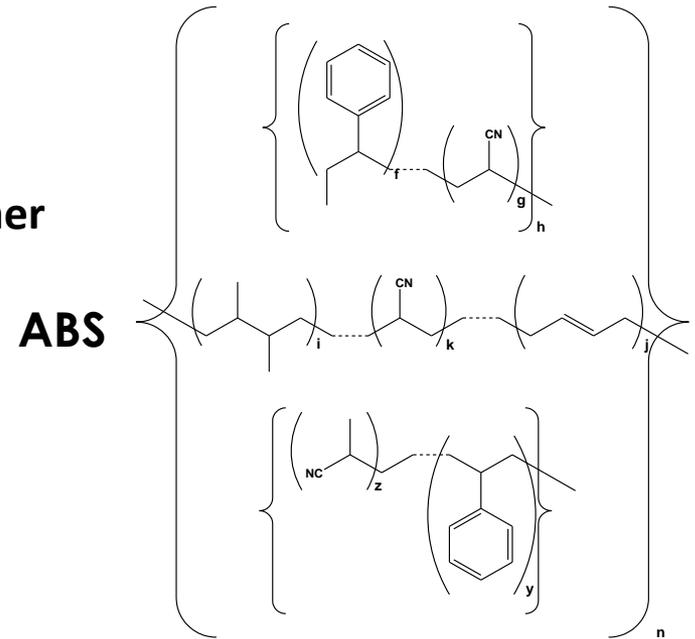
**Im Rahmen unserer Untersuchungen wurden mehrere mögliche Alternativen zur Chromschwefelsäure untersucht:**

- 1. Elektrolyte, die auf ionischen Flüssigkeiten basieren**
- 2. Verschiedene chromfreie alternative Beiz-Lösungen**

# Ersatz von Chrombeizen durch alternative, chromfreie Lösungen

Standard-Substrat: Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS)

Ziel:  
Ersatz von Chromschwefelsäure durch eine alternative Beiz-Lösung



Standard-Verfahren  
(kommerziell erhältliche Elektrolyte)

## ***Ersatz von Chrombeizen durch alternative, chromfreie Lösungen***

---

- **ABS wurde mit verschiedenen Lösungen bei stets gleichen Bedingungen gebeizt**
- **Anschließend wurde einem Standard-Protokoll folgend eine Nickelschicht aufgebaut**
- **Beizlösungen #3 und 5 zeigten beim Tesa-Test eine gute Haftung**

<b>Beizlösung*</b>	<b>Bedingungen</b>	<b>Resultat</b>
#1	50°C for 30 min	befriedigende Haftung
#2	50°C for 30 min	Nickel blättert ab
#3	50°C for 30 min	gute Haftung
#4	30°C for 15 min	Nickel blättert ab
#5	50°C for 30 min	gute Haftung
#6	30°C for 15 min	Nickel blättert ab
#7	30°C for 15 min	Nickel blättert ab
#8	50°C for 30 min	Zersetzung bei 50°C

**\* Die chemische Identität der eingesetzten Beizlösungen kann derzeit noch nicht bekanntgegeben werden, da Schutzrechte angemeldet werden.**

## ***Beschichtung von Kunststoffen mit Aluminium***

---

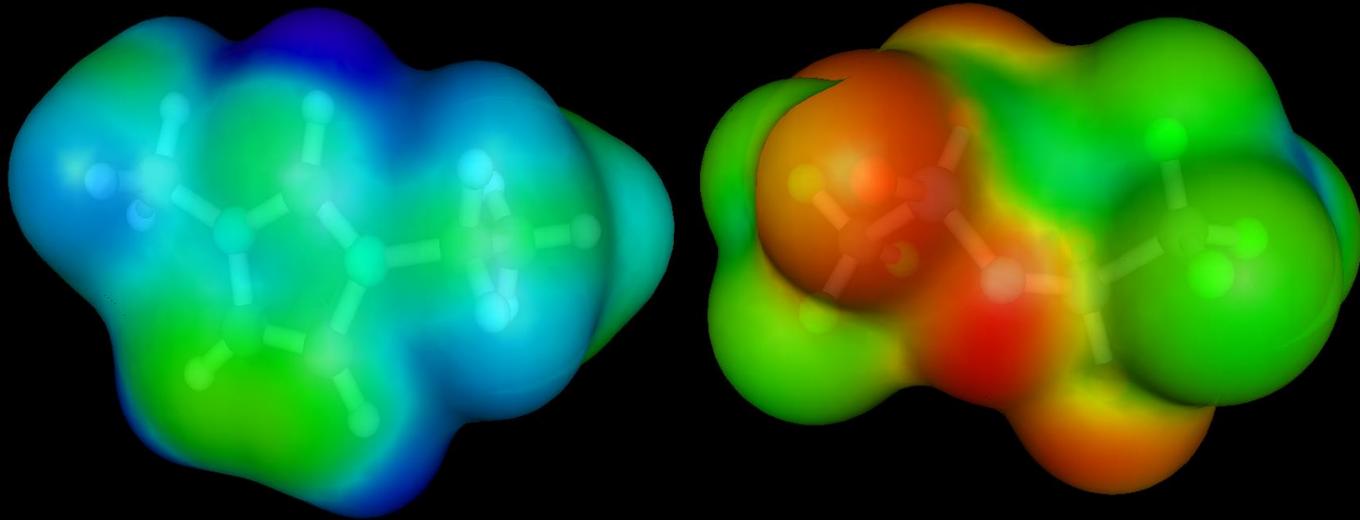
Im folgenden wurde versucht, Aluminium auf ABS-Teile (hier: Lego®-Steine), die zuvor mit einer haftenden Nickelschicht überzogen werden konnten, abzuscheiden:

- **Eingesetzt wurde der IOLITEC-Standard-Elektrolyt EP 1, der bereits zur Abscheidung von Aluminium auf Kupfer erfolgreich eingesetzt wurde**



4

Ausblick



1-Ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide

# ***Zusammenfassung und Ausblick***

---

## **Zusammenfassung:**

- 1. Es stehen mehrere alternative Beizlösungen für Chromschwefelsäure zur Verfügung, mit denen ABS so vorbehandelt werden kann, dass anschließend eine haftende Nickelschicht mit den gängigen Verfahren aufgebaut werden kann.**
- 2. Auf die so vernickelten ABS-Substrate können mit Standard-Aluminium-Elektrolyten (EP1) von IOLITEC anschließend haftende Al-Schichten abgeschieden werden.**

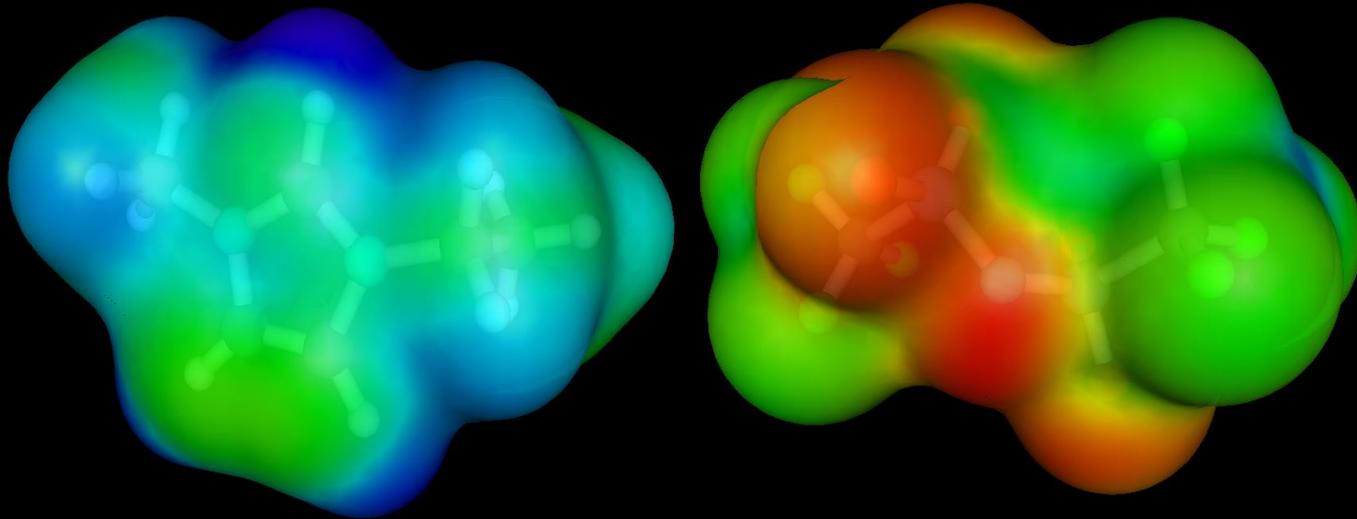
## **Ausblick:**

- 1. Das Beiz-Verfahren kann nun (mit Partnern!) in einen industriellen Prozess überführt werden.**
- 2. Neben den bekannten Imidazolium-basierten Elektrolyten existieren mittlerweile eine Reihe von erheblich günstigeren Aluminium-Elektrolyten, die an unseren neuen Standort in Ostdeutschland skaliert werden sollen.**

**Dazu mehr im nächsten Jahr!**

# 5

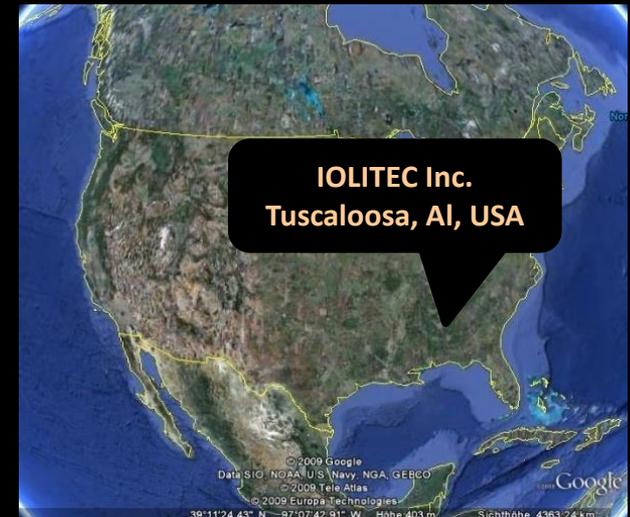
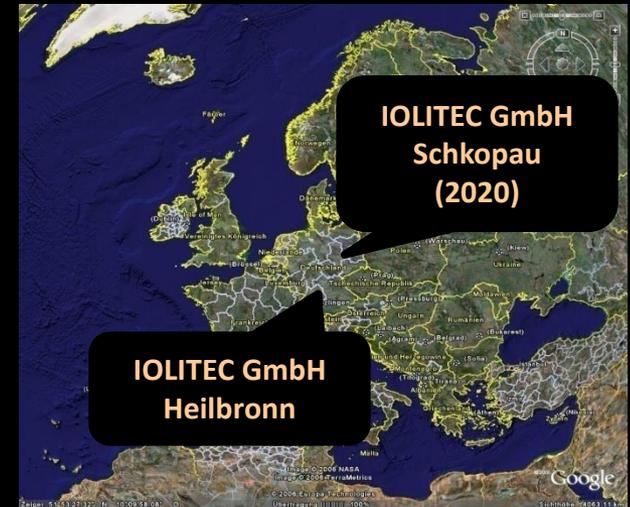
## Fakten zu IOLITEC



1-Ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imid

# IOLITEC – das Unternehmen

- IOLITEC**      Stammsitz, Produktion:  
@ Heilbronn, Deutschland  
Vertriebsniederlassung NAFTA:  
@ Tuscaloosa, Alabama, USA  
ab 2020: Produktion  
@ Schkopau, Deutschland
- Gründung:**      2003
- Branche:**      Spezial-Chemie / Nano-Technologie
- Kapazität:**    10 mt (2019)  
                     > 100 mt (2020)  
                     schnelle Skalierung
- Produkte:**     Ionische Flüssigkeiten  
                     Nanomaterialien  
                     Fluor-Verbindungen
- Kunden:**      > 3'500 weltweit
- Mitarbeiter:**  25  
                     (10 promovierte Chemiker)



# Neuer Firmensitz @ Heilbronn (2021)

Gesamtfläche:  
399,69 qm

Gesamtfläche  
398,29 qm

Gesamtfläche  
398,29 qm

WTZ 7/9  
Zellenbüro (2er Büros)

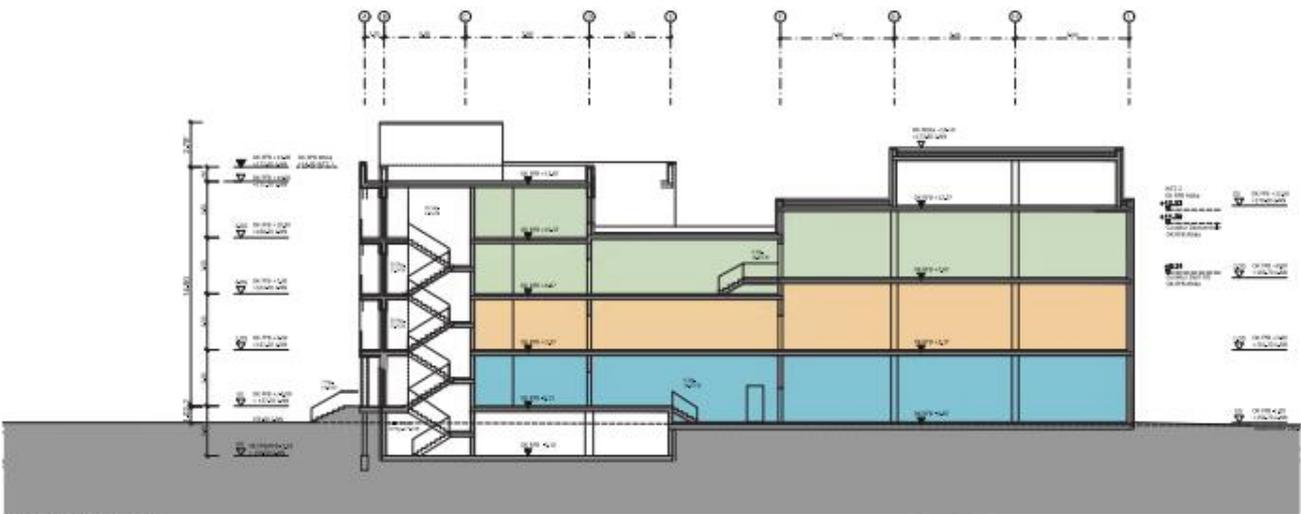
- 1 Empfang
- 1 Leitung
- 20 Arbeitsplätze
- 10 Besprechung
- 4 Besprechung Stehtisch



# Neuer Firmensitz @ Heilbronn (2021)



Nordansicht M 1:200



Schnitt A-A M 1:200

# *Neuer Produktionsstandort in Ostdeutschland (ab Q1/2020)*



**geplanter Batch-Reaktor**



***Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!***

Besuchen Sie uns  
im Internet  
unter

**[www.iolitec.de](http://www.iolitec.de)**

**Aktuell  
Chemiker (m/w/d)  
mit Abschluss  
Master oder Bachelor  
gesucht!**

oder kontaktieren Sie uns über

**[info@iolitec.de](mailto:info@iolitec.de)**

**[info@nanomaterials.iolitec.de](mailto:info@nanomaterials.iolitec.de)**