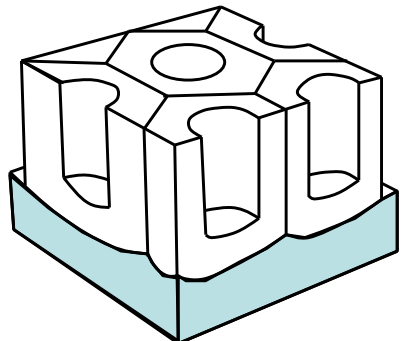


## AAA<sup>COAT</sup> (Sol- Gel)-

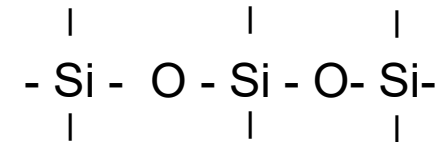
**Eine kostengünstige Alternative zu Eloxal?**

**oder**

**Eine bessere Alternative zur Lackierung mit organischen Polymeren («Lacke»)?**



Roman Fuchs



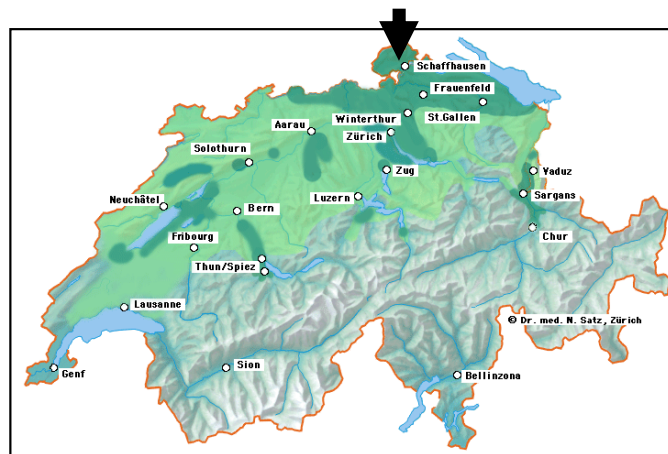
# Vortrags Übersicht

- FME GmbH: Kurzporträt
- kurzer Steckbrief: ELOXAL / AAAACOAT
- Vergleich: AAAACOAT ↔ ELOXAL
- Vorteile gegenüber konventioneller Lackierung
- Zusammenfassung/Ausblick

# FME GmbH Standort

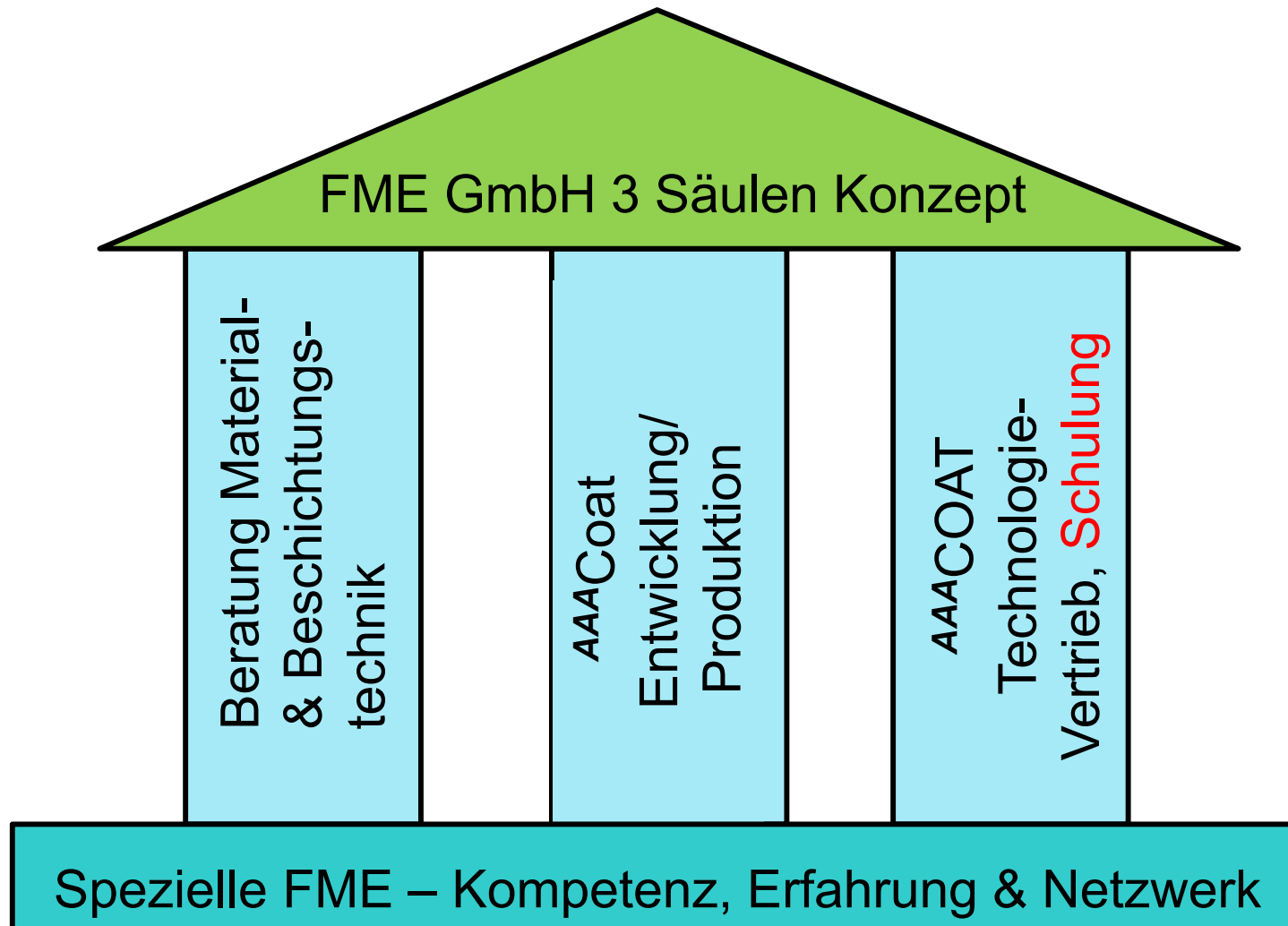


\*neues RhyTech Quartier (Animation)



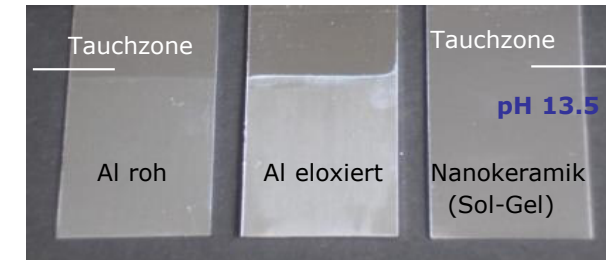
Technopark RhyTech  
Neuhausen am Rheinflall  
Schweiz  
CH - 8212 Im RhyTech 17

# FME Dienstleistungen und Produkte



## Sol-Gel-Beschichtungen (glasartig)

- ❖ Entwicklung und Herstellung von glasartigen (nanokeramischen) Beschichtungsstoffen auf Sol-Gel-Basis («modifiziertes Siliziumdioxid»)
- ❖ Schulungen: Sol-Gel allgemein (praxisorientiert), Anwendungen und Einführung **AAA**COAT-Beschichtung



Test: Alkalibeständigkeit von beschichteten Aluminium

## Technische Beratung

- ❖ Technisch/wissenschaftliche Unterstützung bei Entwicklungsprojekten (Nanobeschichtungen)
- ❖ Problemlösungen bei Oberflächen (Beschichtungs- und Korrosions-Problemen (Metalle: Aluminium, Stahl, Kupfer-Legierungen,...))



Bsp. Entzinkung Messing

## Technische Untersuchungen

- ❖ Oberflächen Qualitätsanalysen (Schichtcharakterisierung, Schnelltests, elektrische Durchschlagfestigkeit, Lichttechnische Messungen, Glanz...)



Messung elektrische Durchlagfestigkeit

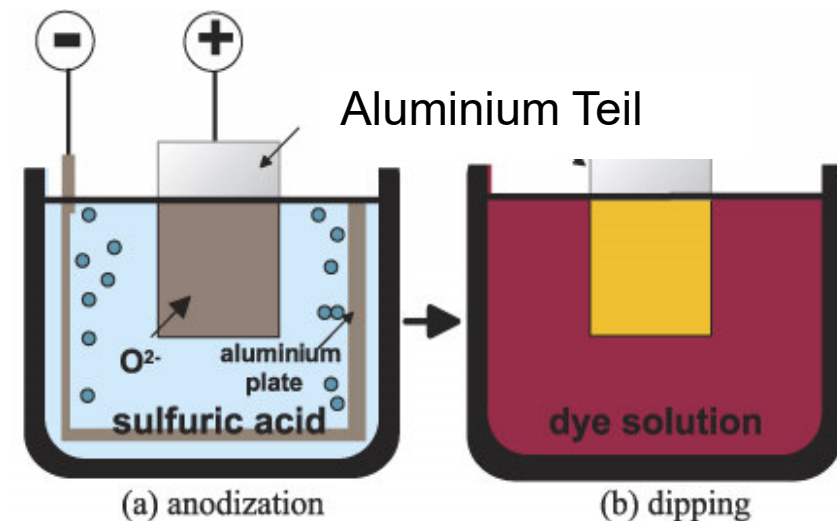
# Eloxalschichten

## Facts zu Aluminium/ Eloxal

- ❖ Aluminium ist ein unedles Metall (unedler als Eisen) und nur wegen seiner kompakten natürlichen Oxidschicht (1-3nm) relativ beständig
- ❖ Die Oxidschicht kann elektrochemisch (anodisch) bis auf > 100 µm verstärkt werden
- ❖ Die anodische Oxidschicht (Eloxalschicht) ist keramischer Natur:  
**hart, spröde, hochschmelzend, elektrisch nichtleitend**

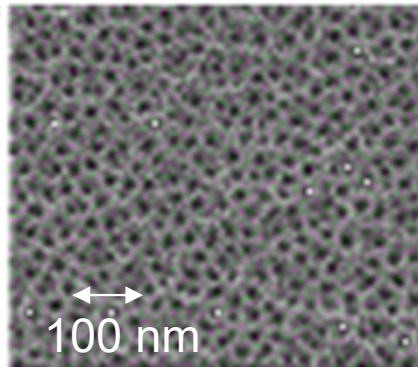
### Anodisation Details:

- Elektrolyt: Schwefelsäure, Oxalsäure,..
- Temperatur: 20°C (<0°C Harteloxal)
- Spannung: 5-25 V (Harteloxal > 50V)
- Stromdichten: 50 - 250 A/m<sup>2</sup>



# Eloxalschichten

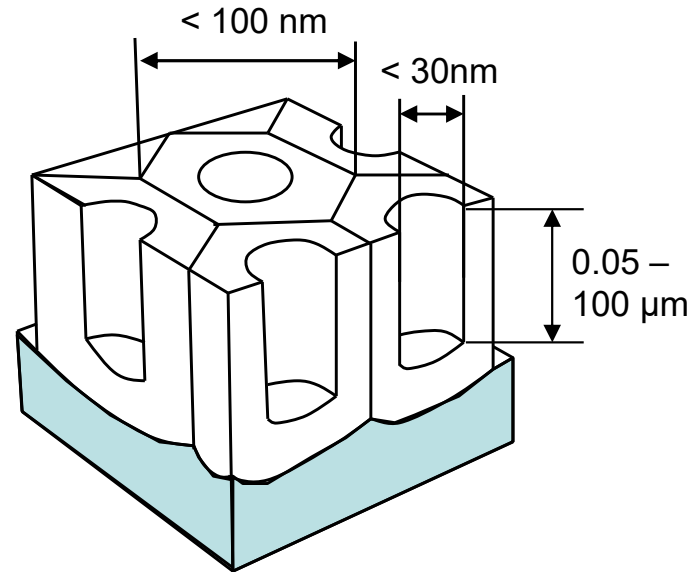
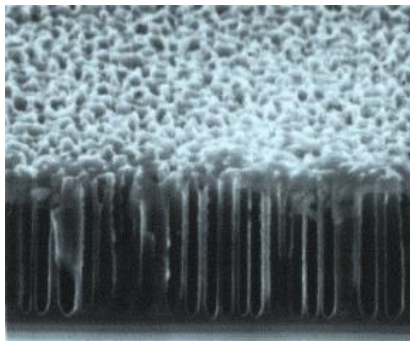
## Facts zu Aluminium/ Eloxal



Aufsicht ↑

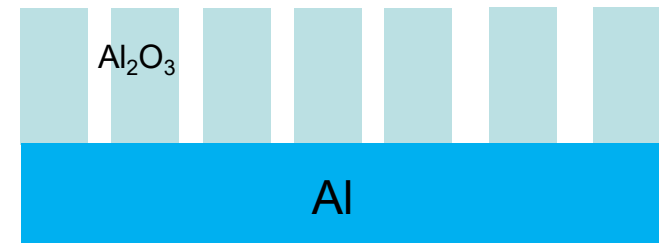
GS-Anodisationsschicht

Bruchfläche ↓

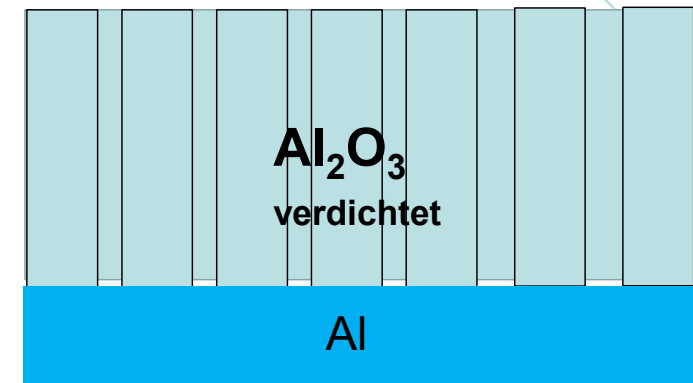


Hexagonale Zellenstruktur der anodischen Oxidschicht von Aluminium nach Keller et al.

Offenporige Struktur => nicht besonders korrosionsbeständig

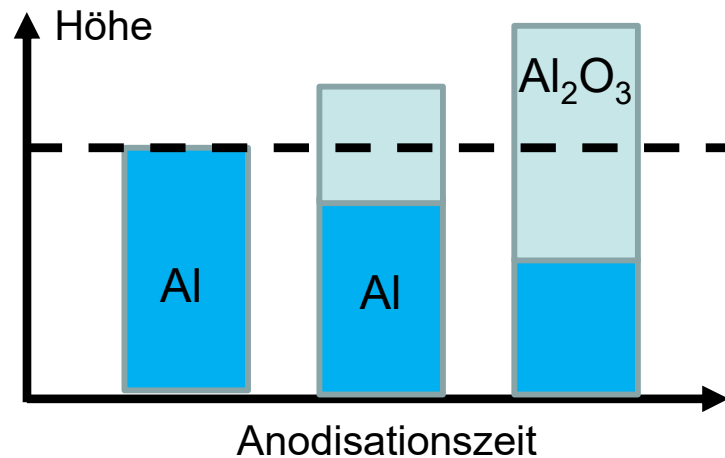


Schliessen (Verdichten) der Poren mit Heisswasser (98°C)



# Eloxalschichten

## Facts zu Aluminium/ Eloxal



Eloxalschicht wächst nach innen und aussen!

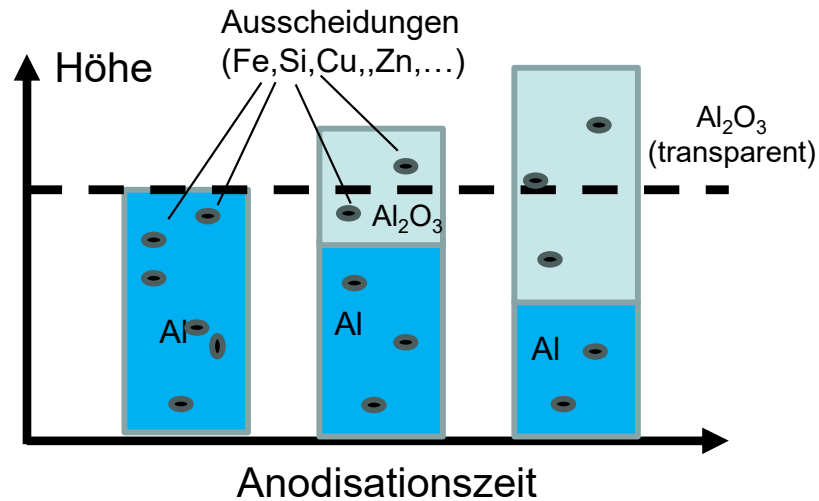
### Eigenschaften der anodischen Oxidschicht

- ❖ relativ witterungs- und korrosionsbeständig (Korrosionsbeständigkeit hängt von Al- Legierung ab)
- ❖ elektrisch nicht leitend (Isolator)
- ❖ sehr hart, spröde
- ❖ Oberfläche relativ rau
- ❖ relativ verschleissbeständig
- ❖ sehr guter Verbund mit Grundmetall Aluminium
- ❖ Bauteil «vergrößert» sich
- ❖ Probleme bei scharfen Kanten, Ecken und Biegeradien
- ❖ Anodisierbarkeit hängt von Al- Legierung ab
- ❖ Intermetallicas/Ausscheidungen führen zu Streulicht

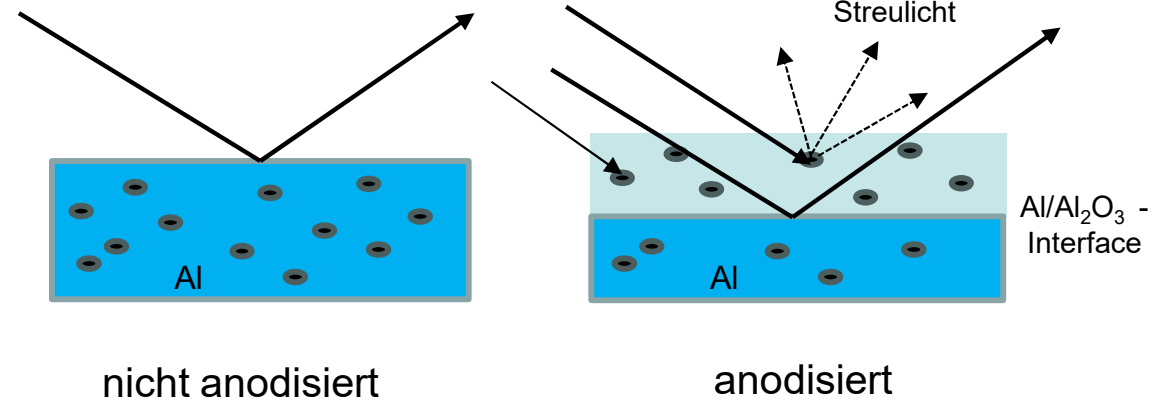


# Eloxalschichten

## Facts zu Aluminium/ Eloxal



Eloxalschicht wächst nach innen und aussen!



Die Ausscheidungen im Aluminium bleiben in der Eloxalschicht und wirken als Lichtstreuzentren!  
=> Eloxalqualität = wenig Ausscheidungen!

# Eloxalschichten

## Aluminium-Legierungen: Eignung für die Eloxalbehandlung

Knetwerkstoffe			Gusswerkstoffe		
	Funktionelles Anodisieren	Dekoratives Anodisieren		Funktionelles Anodisieren	Dekoratives Anodisieren
Al99.5	1	2	AlSi12	4	ng
Al99.5	1	3	AlSi12(Cu)	4	ng
AlMn1	1	4	AlSi10Mg	3	4
AlMnCu	1	4	AlSi10Mg(Cu)	4	ng
AlMn1Mg0.5	1	4	AlSi9Cu3	ng	ng
AlMn1Mg1	1	4	AlSi6Cu4	ng	ng
AlMg1	1	1	AlSi11	4	ng
AlMg2,5	1	2	AlSi9Mg	4	ng
AlMg3	1	2	AlSi7Mg	4	ng
AlMg5	1	4	AlCu4Ti	5	ng
AlMg2Mn0.3	1	4	AlCu4TiMg	5	ng
AlMg2Mn0,8	2	4	AlMg3	1	1
AlMg4,5Mn	2	4	AlMg3Si	1	2
AlMg2,7Mn	2	4	AlMg5	1	1
AlMgSi0.5	1	1(EQ)	AlMg5Si	1	2
AlMgSi0.7	1	2	AlSi5Mg	2	4
AlMgSi1	1	3	GD-AlSi9Cu3	ng	ng
AlMg1SiCu	1	3	GD-AlSi12(Cu)	ng	ng
AlCuMg1	2	ng	GD-AlSi12	5	ng
AlCuMg2	2	ng	GD-AlSi10Mg	4	ng
AlCuSiMn	3	ng	GD-AlMg9	2	4
AlZn4,5Mg1	2	3			
AlZnMgCu0,5	2	3	EQ		Eloxalqualität
AlZnMgCu1,5	3	ng	ng		nicht geeignet
AlMgBiPb	3	ng	nZ		nicht zutreffend
AlMgSiPb	5	ng	1		besser geeignet
AlC	5	ng	5		schlechter geeignet

Viele Aluminium-Legierungen können nicht oder nicht dekorativ eloxiert werden!

**Harte, hoch legierte Al-Werkstoffe, Gusswerkstoffe**

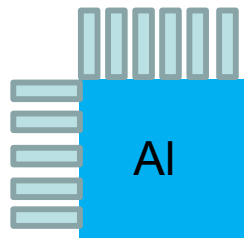
Für eloxierbare Werkstoffe müssen für dekorative Anwendungen Al-Legierungen in Eloxalqualität verwendet werden!

**Rein-Aluminium mit geringen Fe- und Si-Anteilen**

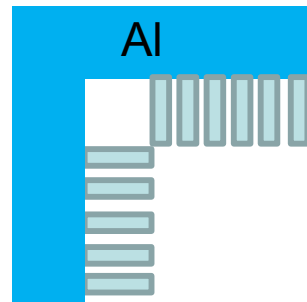
# Eloxalschichten

## Ecken-/ Kantendefekte bei (Hart-) anodisiertem Aluminium

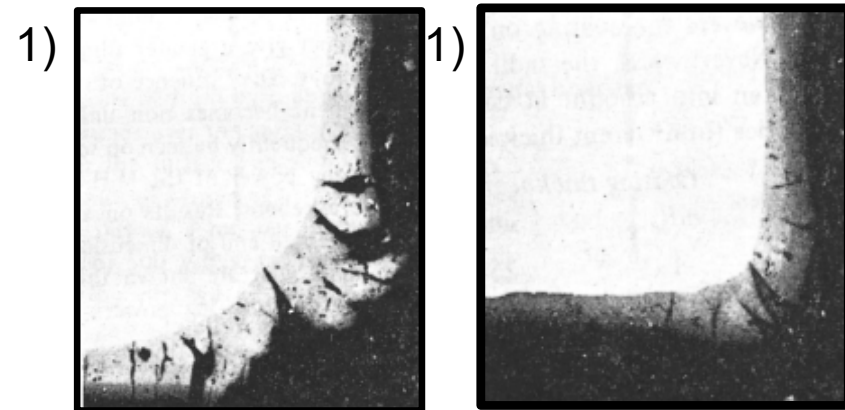
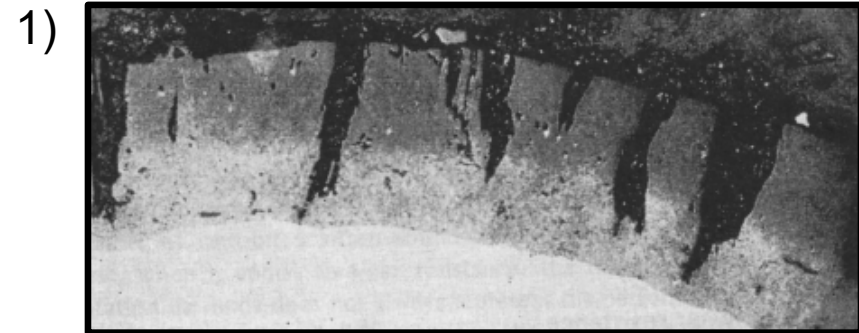
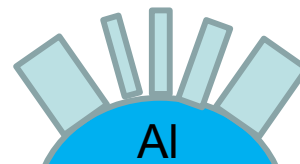
Kantendefekte



«Corner»- defekte



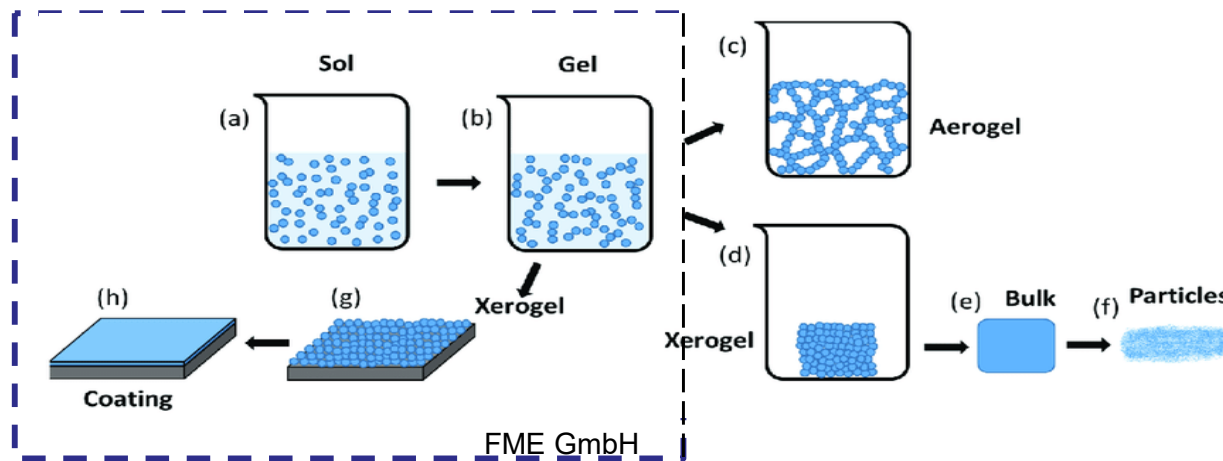
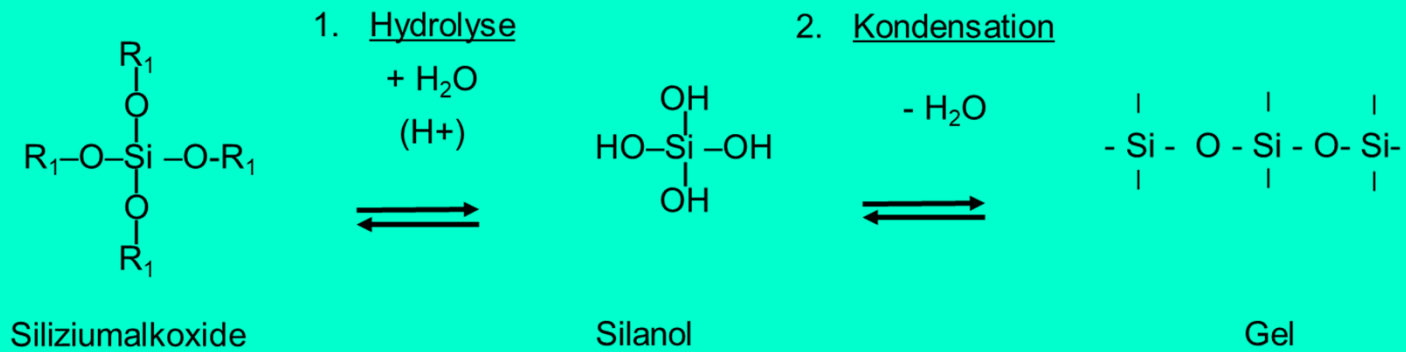
Defekte an kleinen Biegeradien (Draht)



1) THE SURFACE Treatment and Finishing of Aluminium and its alloys ; S. Wernick, R. Pinner and P.G. Sheasby 1987, V2 p. 699

# Sol-Gel-Prozess

## Herstellverfahren: Sol-Gel-Prozess (Si-basiert)

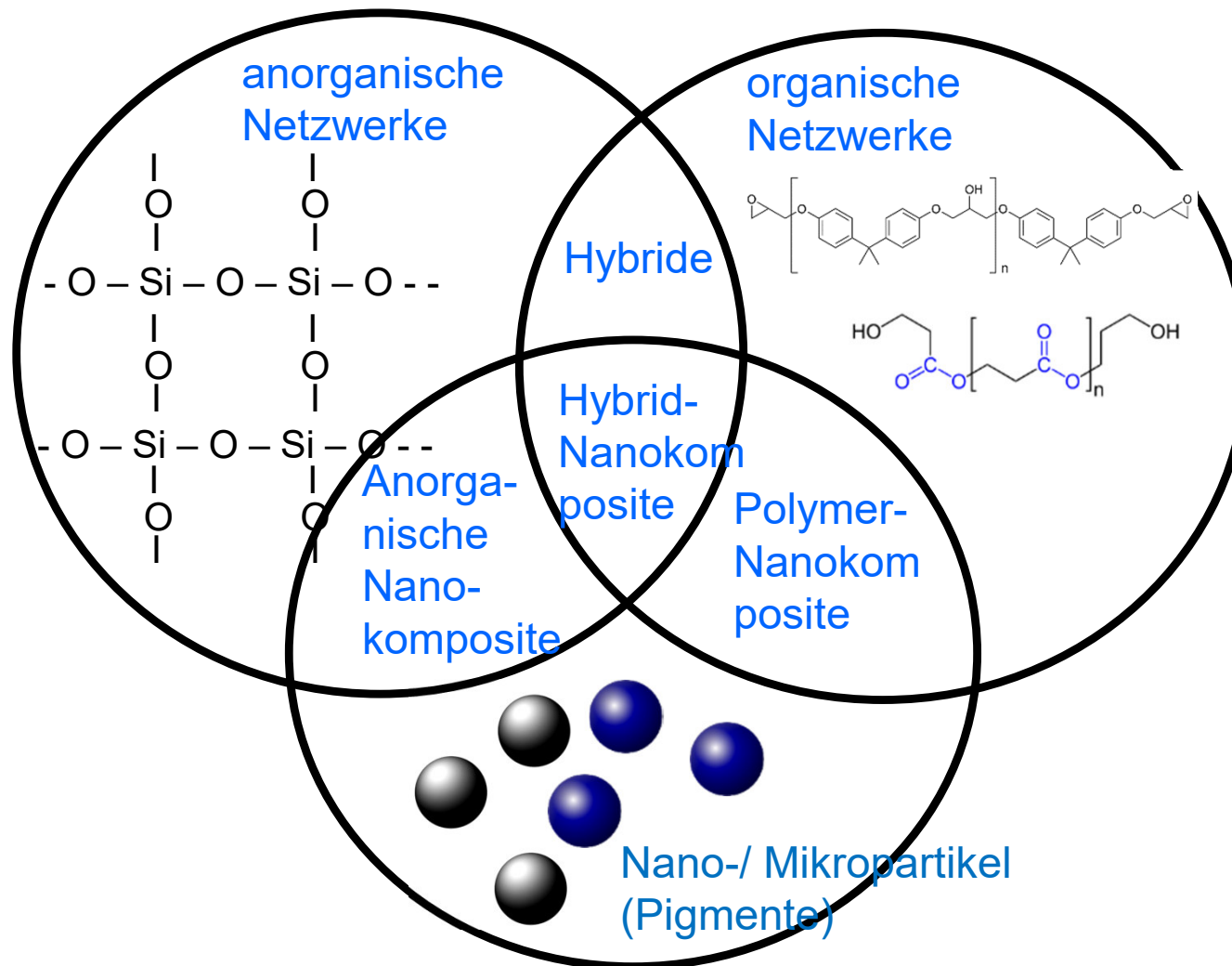


### Kurzbeschreibung Sol Gel Prozess:

Die Si-Alkoxide (Silane etc.) werden unter Wasseraufnahme und Abspaltung von Alkoholen hydrolysiert. Dadurch bilden sich die Silanole, welche als Sole vorliegen. Unter Wasserabgabe (Kondensation) bilden sich dann Siliziumdioxid-Netzwerke (Gel) welche zuerst einige Nanometer gross sind und dann unter Temperatureinfluss zu stabilen Netzwerken zusammenwachsen

# Sol- Gel Beschichtung: AAA<sup>COAT</sup>

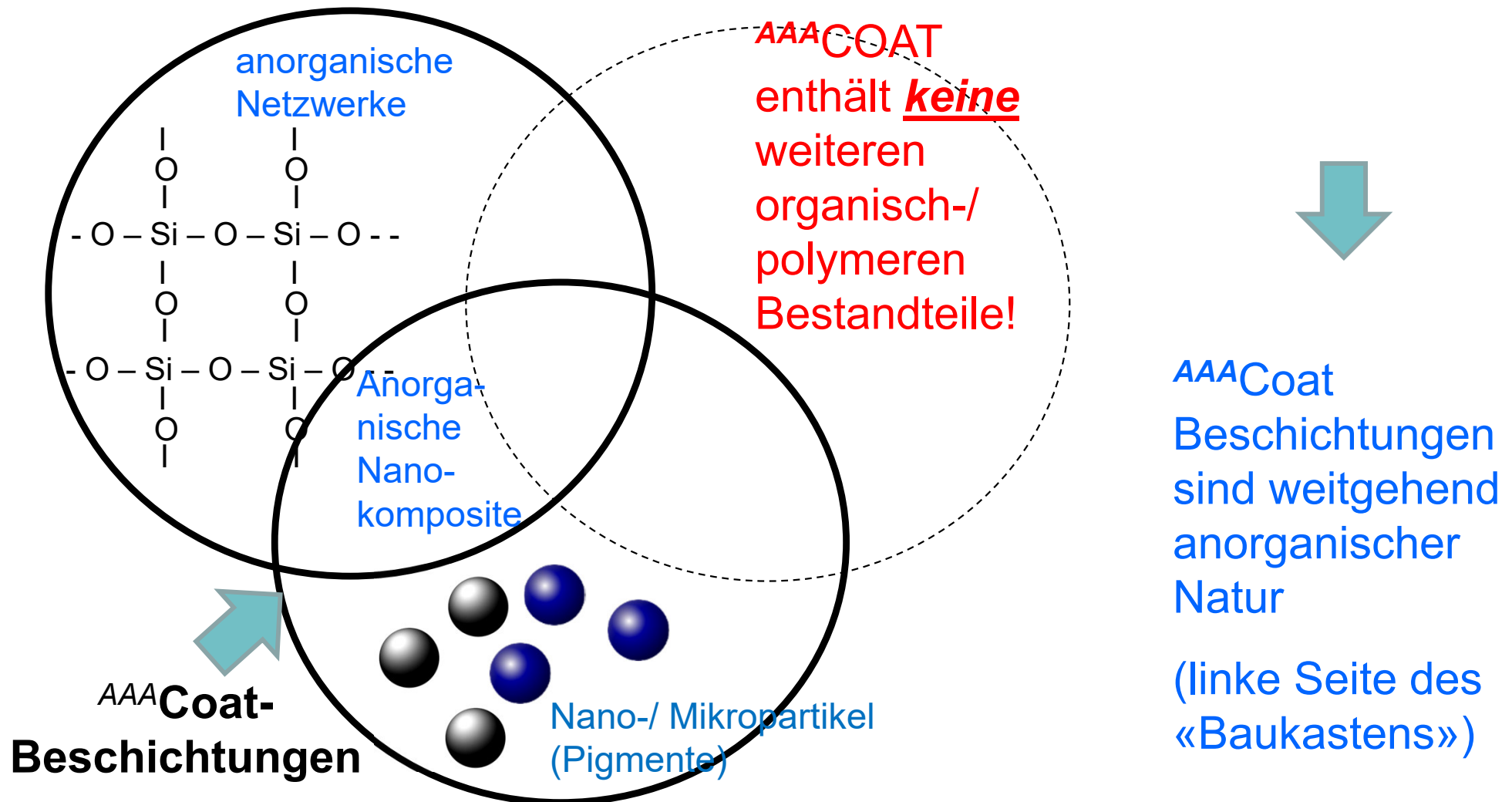
## Übersicht Sol- Gel «Baukasten»



anorganische Sol-Gel Systeme können mit organischen Polymeren und Nanopartikel kombiniert werden!

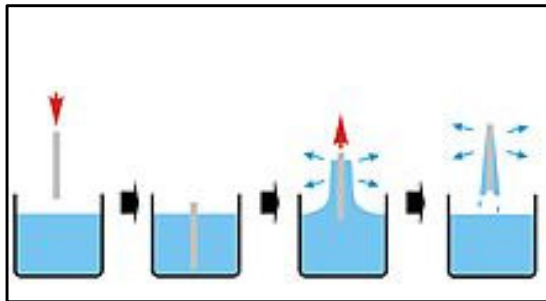
# Sol- Gel Beschichtung: AAA<sup>COAT</sup>

## AAA<sup>COAT</sup>- Beschichtungen

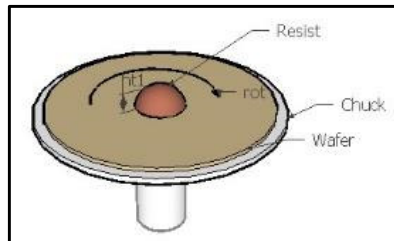


# Nanokeramische AAA Coat – Beschichtungen können wie Nasslacke appliziert werden:

Tauchen  
(Dip- Coating)



Spin-Coating



Spritzen  
manuell    maschinell

Coil  
Coating



**Chemikalienbeständigkeit**

- alkalibeständig bis pH 13,5
- säurebeständig bis pH 0
- lösemittelbeständig
- beständig gegenüber Salzlösungen

**Temperaturbeständigkeit**

- Temperatur >450°C
- unbrennbar
- keine Raumentwicklung

**Korrosionsbeständigkeit**

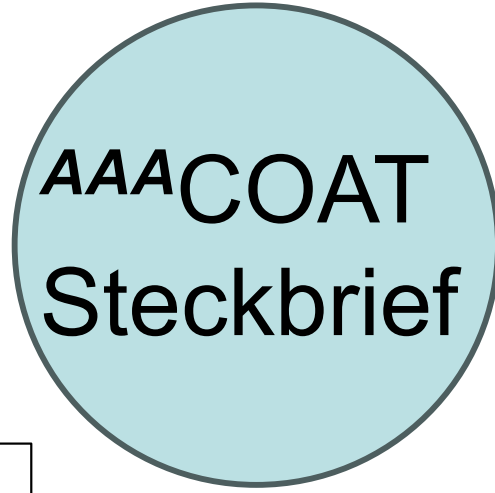
- witterungsbeständig
- UV-beständig
- salzwasserbeständig

**elektrisch/thermisch**

- hoher elektrischer Widerstand
- Durchschlagsfestigkeit >130 KV/mm
- gute Wärmeleitfähigkeit

**Härte, Kratzfestigkeit**

- Bleistifthärte bis >10H
- kratzfest
- verschleissfest



**Lebensmittel-,Medizintechnik**

- kochwasserbeständig
- mehrfach sterilisierbar
- plasmastabil
- bioverträglich, nicht toxisch

**Oberflächenverhalten**

- hydrophob
- glatte, einebnende Oberfläche
- antihaftend, gut zu reinigen
- Antigrffiti, Antifingerprint
- geringe Reibung

**Umweltaspekte**

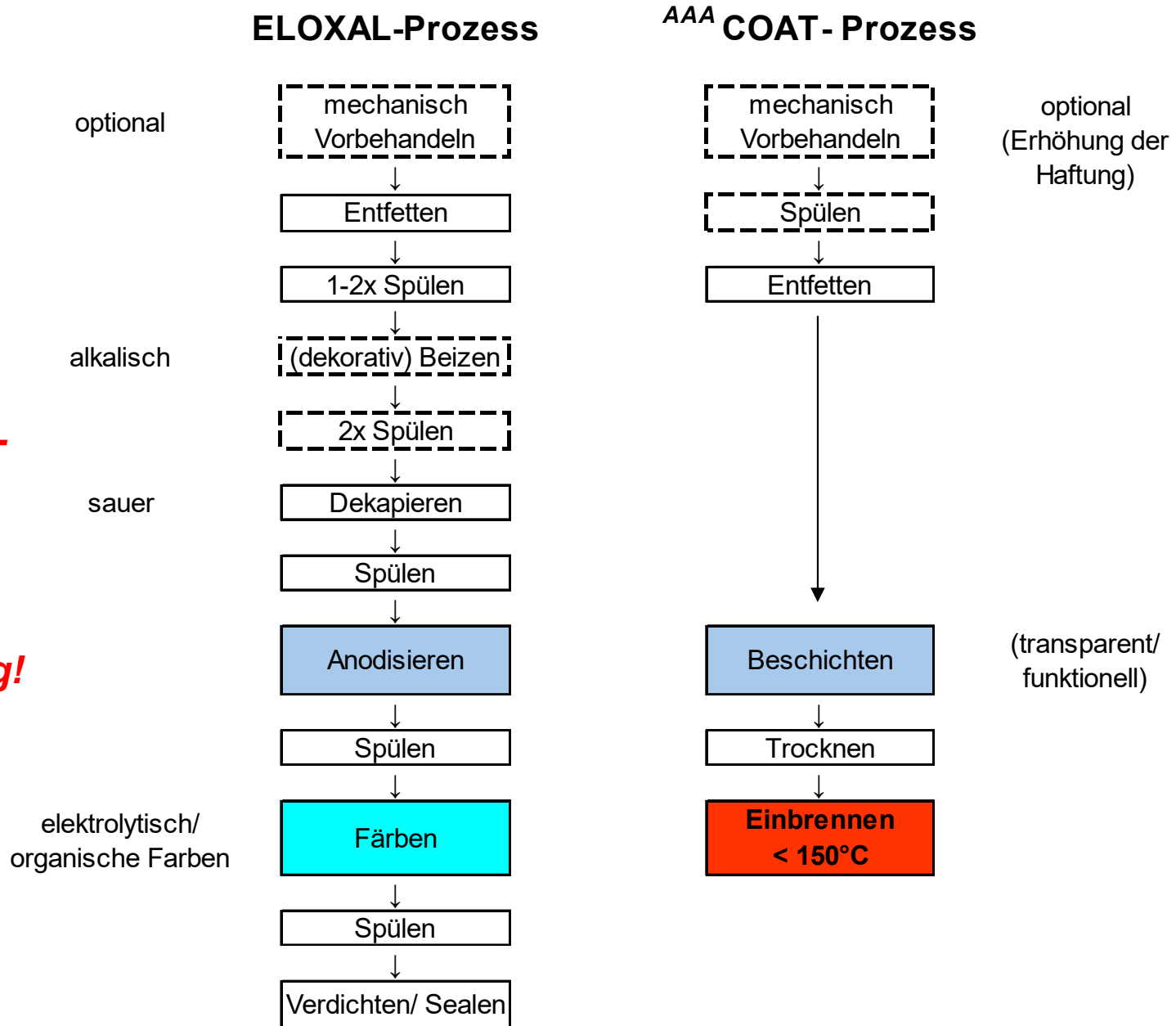
- <sup>AAA</sup>Coat ist keramisch und besteht nur aus Si, O, H, C
- enthält keine Schwermetalle, F, B, usw.
- Rohstoffe REACH gelistet

**Besondere Eigenschaften**

Je nach Ausführung und Grundmetall können die besonderen Eigenschaften variieren. Die meisten angegebenen Beispiele beziehen sich auf Aluminium als Grundwerkstoff.

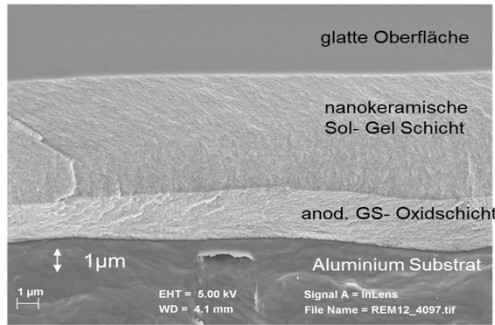


**Beim Eloxalprozess sind 10-15 Prozessschritte notwendig!**

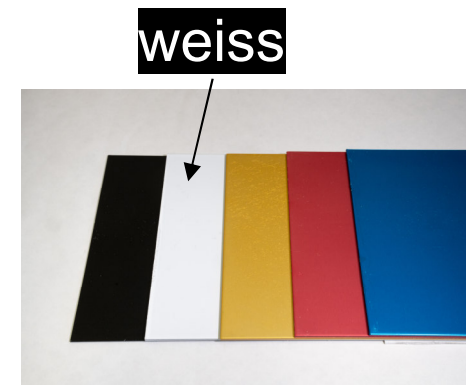
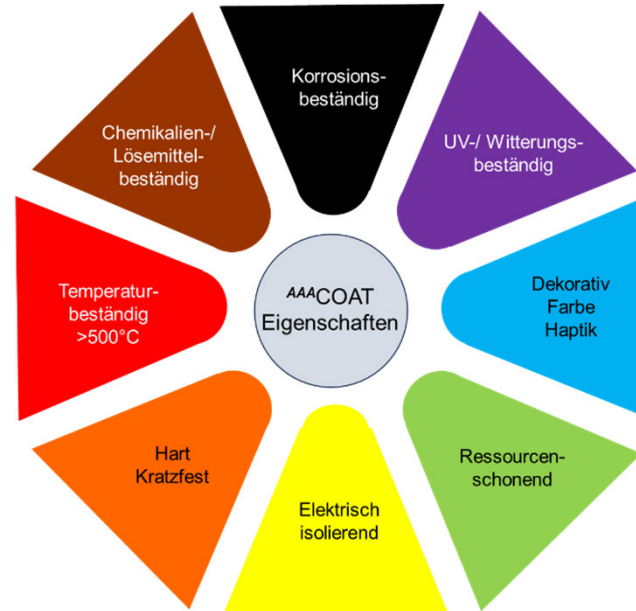


**AAA COAT benötigt 3-5 Prozessschritte!**

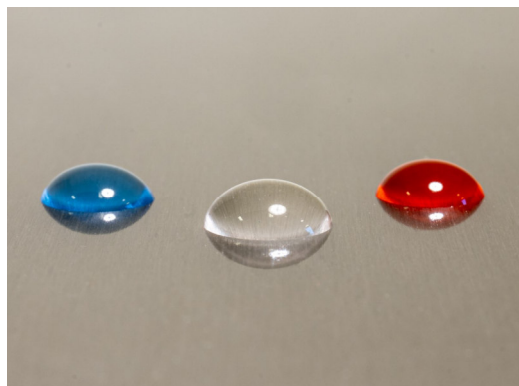
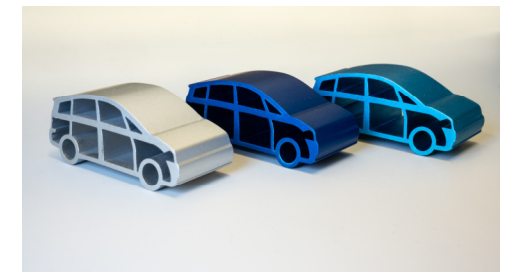
# Eigenschaften AAACOAT



einebnend



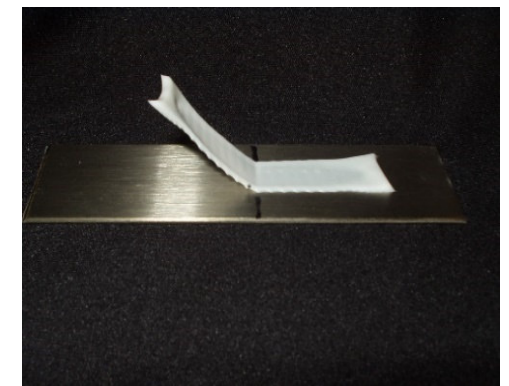
dekorativ



hydrophob



anti grafitti



antihaftend

# AAA<sup>COAT</sup> für Wärmemanagement

Wärmetransport = Wärmeleitung + Konvektion + Wärmestrahlung (Emission)

$$W_T = W_L + W_K + W_S$$

Wärmeleitung:  $W_L = \lambda \cdot \Delta T$

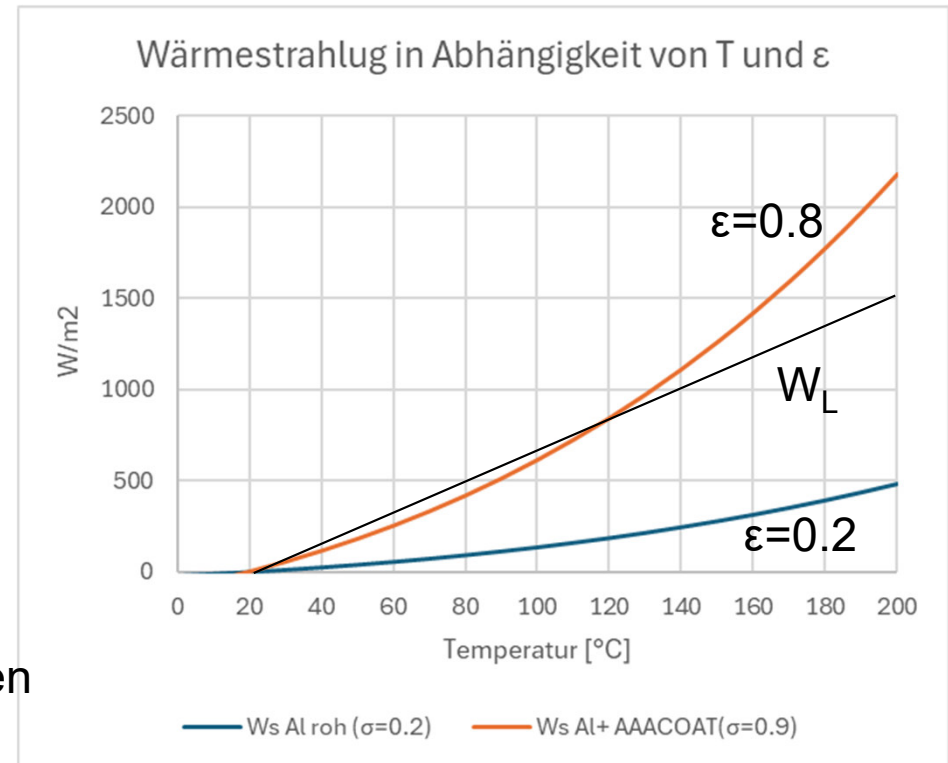
→ linear mit Temperaturdifferenz

Wärmestrahlung:  $W_S = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$

→ **mit der 4. Potenz der Temperatur!**

Emissionsgrade einiger (Metall-)Oberflächen

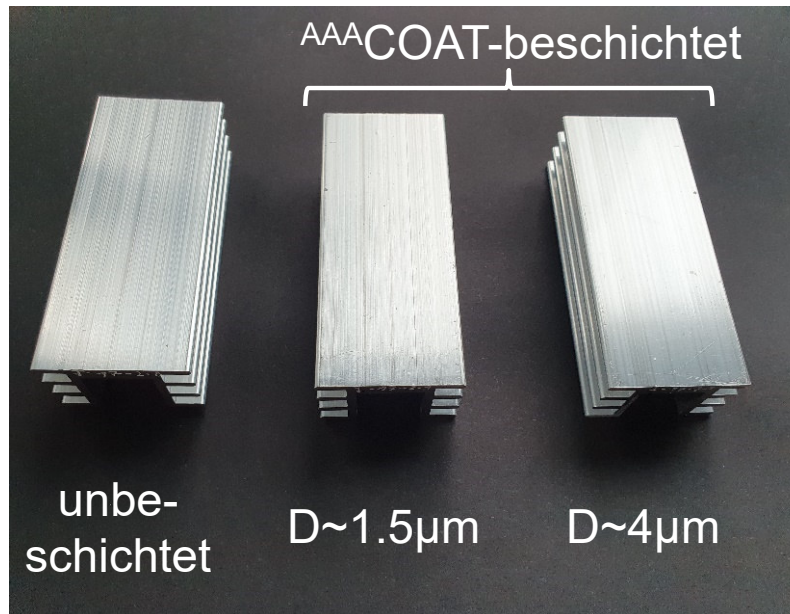
	$\varepsilon$
Schwarzer Körper	1.0
Aluminium blank	0,05
Aluminium eloxiert 5µm	>0.9
Allg. Metalle poliert	0-1-0.2
AAA <sup>COAT</sup> 2-3µm	>0.8



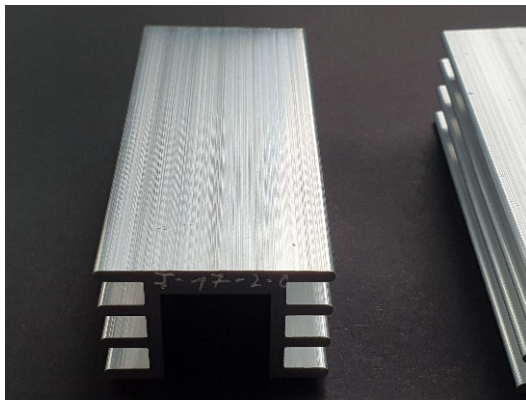
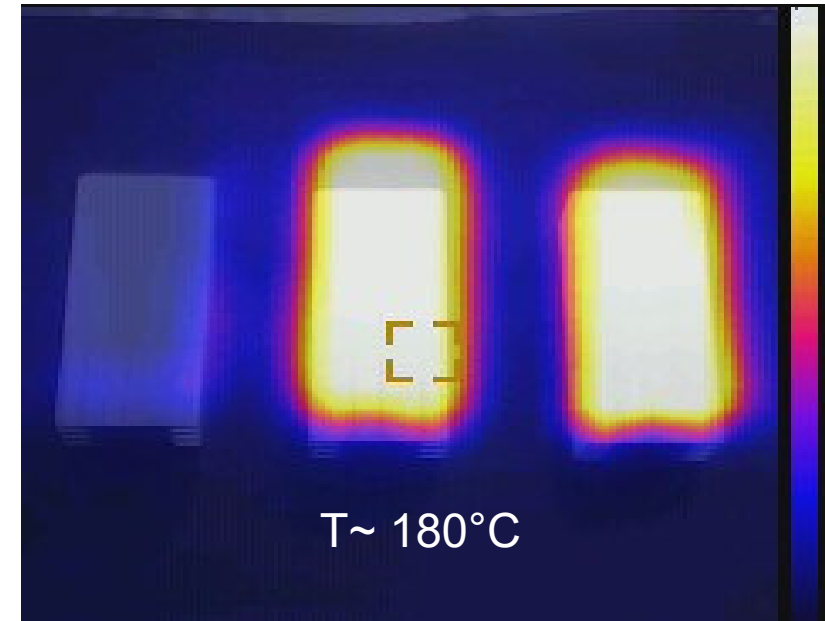
**Bei hohen Temperaturen dominiert die Wärmeabgabe über die Strahlung!**

# AAACOAT für Wärmemanagement

Elektronik Kühlkörper:



Wärmebildaufnahme:

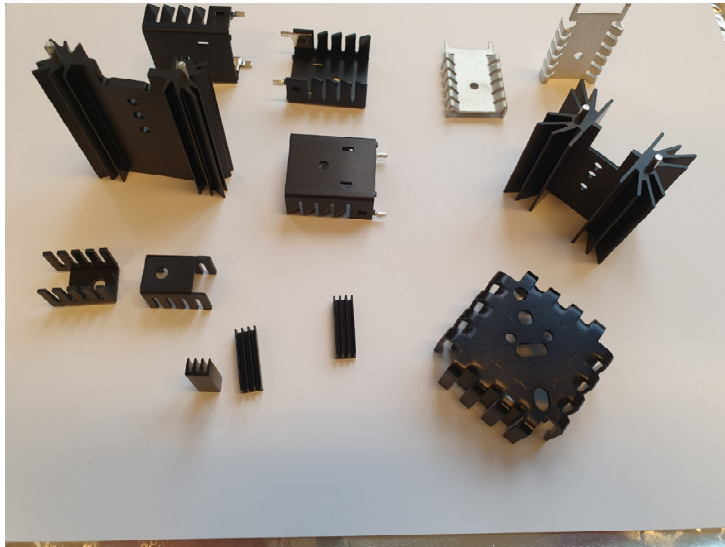


Die 3 Kühlkörper wurden auf 180°C geheizt.:  
**Die Emissionsbilder zeigen deutlich die höhere Wärmeabstrahlung der AAACOAT-beschichteten Kühlkörper!**

**Dank dünner AAACOAT- Schichtdicke geringer Wärmewiderstand => wichtig bei Konvektion!**

# AAA<sup>COAT</sup> für Wärmemanagement

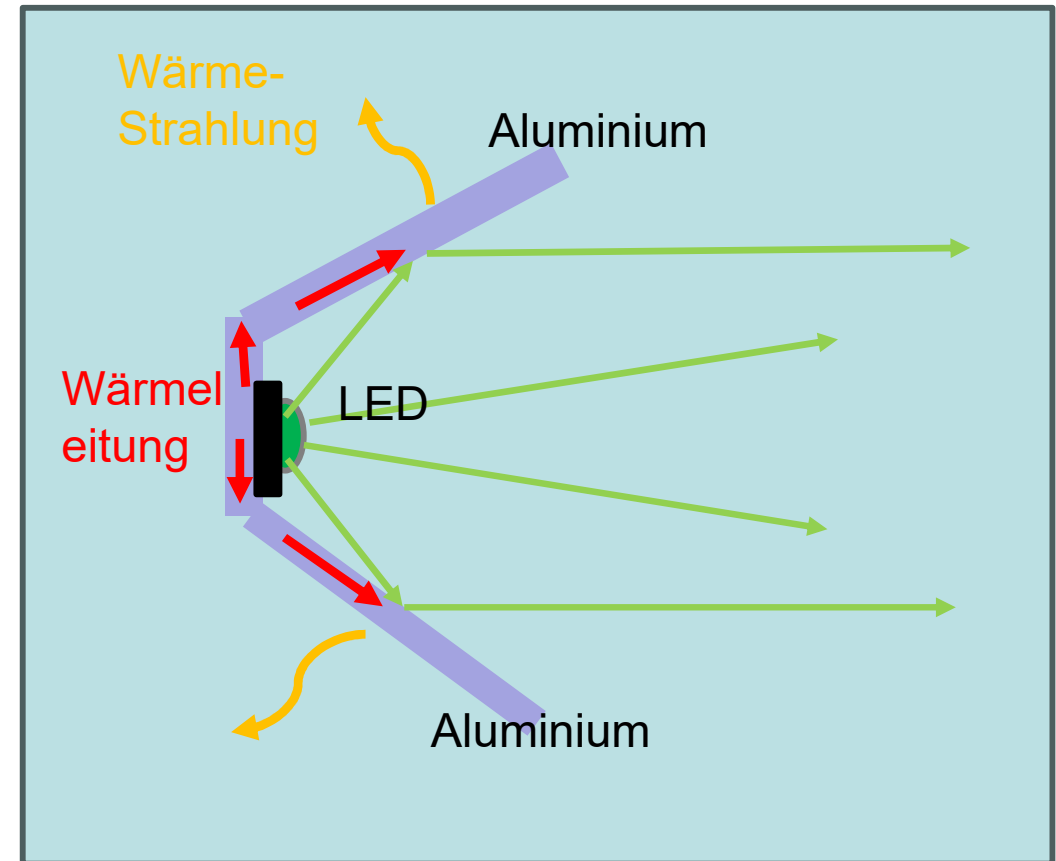
Diverse Elektronik  
Kühlkörper:(schwarz eloxiert)



Kostengünstiger  
mit AAA<sup>COAT</sup>-  
Beschichtung im  
Trommel-  
verfahren??



Konzeptstudie: LED Autoscheinwerfer



## Unterschiede zwischen <sup>AAA</sup>COAT und organischen Lacksystemen

Eigenschaften	organische Lacksysteme <sup>1)</sup>	<sup>AAA</sup> COAT/Sol-Gel	Bemerkungen
chemische Hauptelemente	C,O,N,H	Si,O	Vergleiche jeweils ohne Pigmentierung
Temperaturbeständigkeit	<100°C	>500°C	
Verhalten bei Feuer	Rauchentwicklung	keine Rauchentwicklung	
typische Schichtdicken	15-500µm	0.5-15µm	
Härte, Kratzfestigkeit	gering	hoch	
UV-/Witterungsbeständigkeit	neigt zu Versprödung und Vergilbung	sehr gut	
Lösemittelbeständigkeit	teilweise	sehr gut	

# Anwendungen von Sol-Gel-Beschichtungen



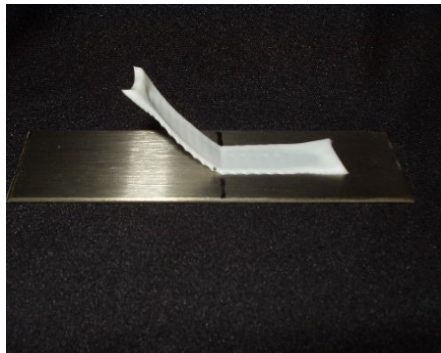
Aluminium-Wärmetauscher



Aluminium Coil



Solarkocher mit Reflektor



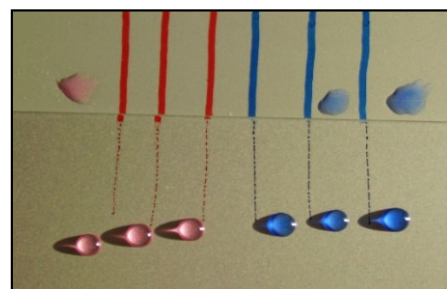
Edelstahl-Antifingerprint



Aluminium Backformen



Bedienungskonsole Kaffeemaschine



Wasser abstossende Aluminium Oberfläche

## Zusammenfassung: Eloxieren versus <sup>AAA</sup>COAT

	<b>Eloxieren</b>	<b><sup>AAA</sup>COAT</b>
Investitionen	€ € € €	€ €
Unterhalt	€ € €	€
Beschichtungskosten (variabel)	€ € €	€ - € €
Anwendungsbereich Al-Legierung	eingeschränkt	Alle Legierungen
Funktionalität der Oberfläche	eingeschränkt	breites Anwendungsfeld
Beständigkeit gegenüber alkalischen Reinigungsmitteln	eingeschränkt	gut (>pH12.5)
Lichtehtheit	Bei Farben eingeschränkt	gut
Einebnung, Glättung Oberfläche	Erhöhung der Rauheit*	Reduktion Rauheit
Schichthärte/ Verschleisschutz	hoch	mittel
Schichthaftung	Sehr hoch	Mittel-hoch
Etabliertes Verfahren	Ja (seit >100 Jahren)	teilweise

\*durch chemisches/elektrochemisches Glänzen kann die Oberfläche bei reinen Aluminium geglättet werden

In vielen Anwendungsfällen ist die Kombination von Eloxal + <sup>AAA</sup>COAT optimal! => siehe auch frühere FME Vorträge



## AAA COAT-Eigenschaften

- ✓ dünne, harte und kompakte Schichten (0.1 bis 20 µm)
- ✓ UV- und witterungsbeständig
- ✓ hohe chemische Beständigkeit (Salz, Lösemittel, Säuren, Laugen...)
- ✓ hohe Temperaturbeständigkeit (bis > 500°C)
- ✓ Dampf-sterilisierbar
- ✓ kratz- und wischfest
- ✓ hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit (> 130KV/mm)
- ✓ hohe thermische Abstrahlung
- ✓ keine Schwermetalle, Rohstoffe REACH gelistet
- ✓ mit anorganischen (Nano-/Mikro-) Pigmenten weiter modifizierbar (=> easy to clean, Trockenschmierung, Rutschschutz, Verschleissfestigkeit, elektrische/thermische Leitfähigkeit...)
- Einbrenntemperaturen (>150°C)



**AAA COAT- Beschichtungen unterscheiden sich in ihrem Verhalten stark von organischen Lacksystemen!**