

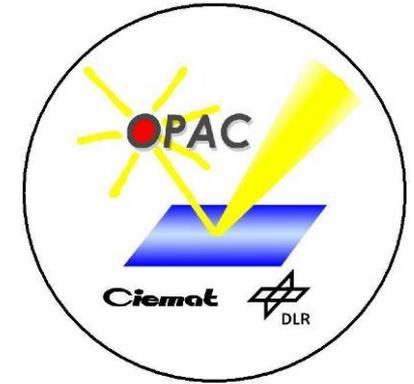
Methoden zur Analyse der Beständigkeit von Reflektoren

F. Sutter, S. Meyen, P. Heller, M. Schmücker (DLR), A. Fernandez (CIEMAT)

Einführung

OPAC –Laboratory: Optical Aging Characterization

- DLR/CIEMAT Gemeinschaftsprojekt
- Start: 2010
- 6 Mitarbeiter

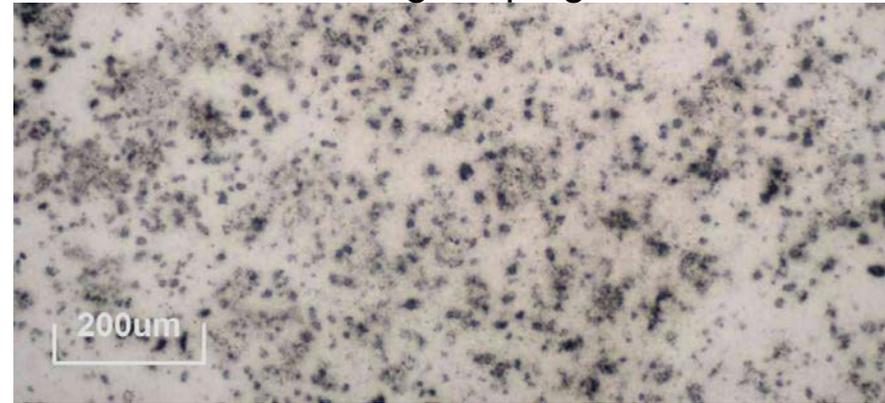


Degradation an Reflektoren infolge von Außenbewitterung

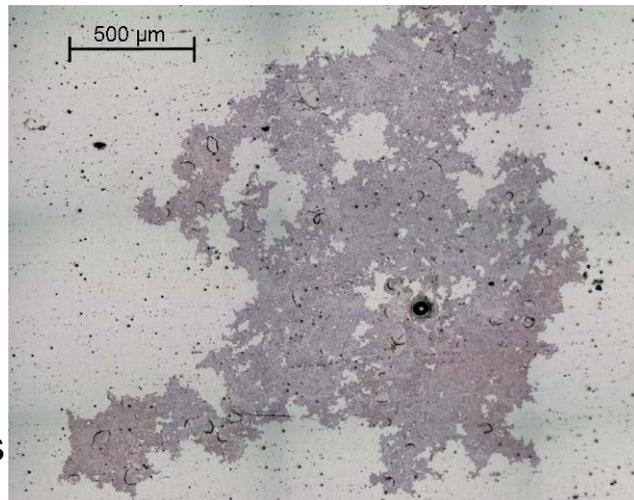
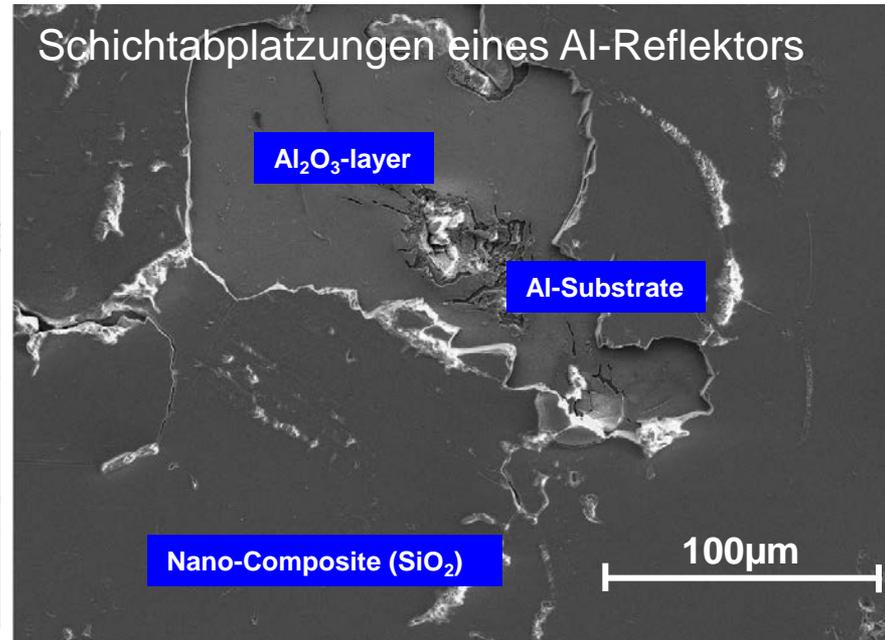
Kantenkorrosion eines Dünnglasspiegels



Korrosion eines Dickglasspiegels



Schichtabplatzungen eines Al-Reflektors



Korrosion eines Aluminiumspiegels



Beschleunigte Alterungsprüfstände

➤ Korrosionstests

- Kondenswassertest nach ISO 6270-2 CH (480h bei 40°C und 100% rF)
- Salzsprühnebeltest NSS/CASS nach ISO 9227 (480h, 35°C, 100% rF, 5% NaCl-Lsg.)
- Kesternichtest nach DIN 50018, ISO 6988 (Zyklen à 24h: 8h bei 40°C, 100% rF, SO₂-Gas, 16h Trocknungsphase unter Umgebungsbedingungen)



➤ Temperaturzyklische Tests

- ISO 1279-2 CH: 56 Zyklen à 12 h von -18°C bis 52°C
- ISO 6270-2 CH: Zyklen à 24h von T_U bis 40°C, 100% rF
- ISO 61215: 200 Zyklen à 24h von -40°C bis 85°C, 85% rF



➤ Bestrahlungstests

- 2000h UV- Bestrahlung 280-450 nm, entspricht 3,5 Jahren Außenbewitterung in Almería

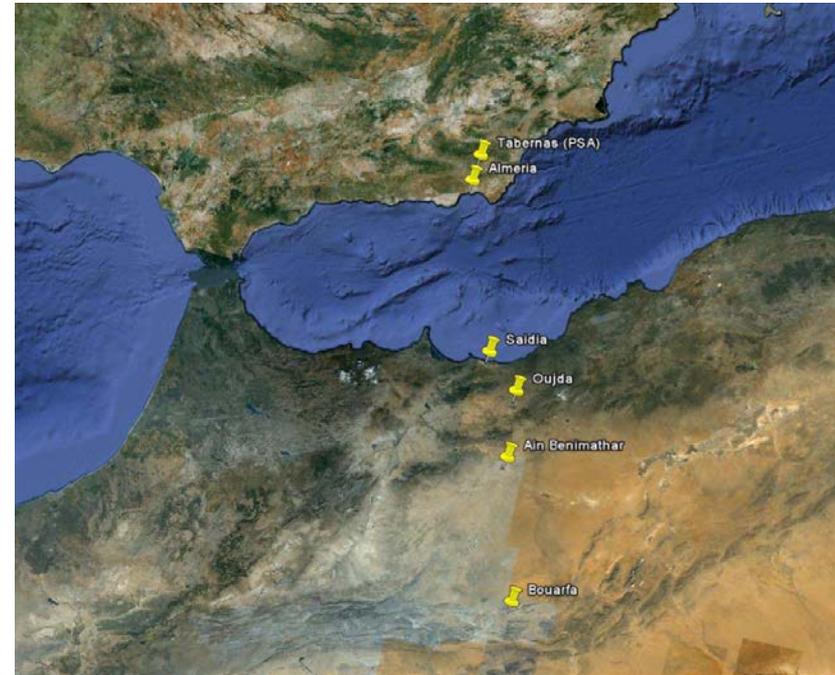
➤ Abrasionstests

- Abrasion von Staub und Sand in Anlehnung an MIL-STD-810G
- Zyklische Waschtests

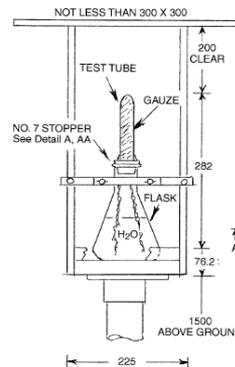


Außenbewitterung

- Prüfstände an 4 Standorten in Marokko und Abu Dhabi, Almeria und PSA
- Meteodaten:
 - Einstrahlung
 - Windgeschwindigkeit
 - Staubbelastung der Luft in mg/m^3
 - Staubgrößenverteilung 0,1-15 μm
 - Partikel $>15\mu\text{m}$: Sandfallen an Windmast
 - Messung des Chloridgehaltes der Luft nach ASTM G140-02

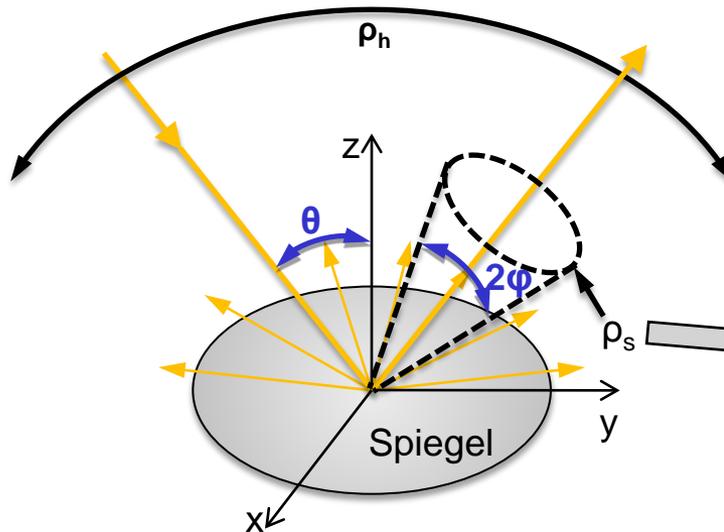
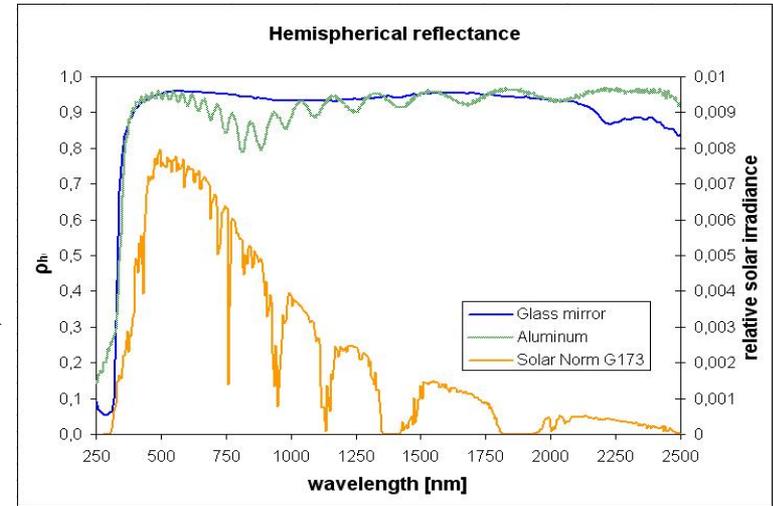


TSI DustTrakDRX



Optische Charakterisierung

Spektrometer: Lambda 950/1050 PE
 $\lambda = 250 - 2500 \text{ nm}$; $\theta = 8^\circ$, $\varphi = \pi/2$



Devices and Services (D&S) Reflektometer
 $\lambda = 660 \text{ nm}$; $\theta = 15^\circ$,
 $\varphi = 3,5 ; 7,5 ; 12,5 \text{ oder } 23 \text{ mrad}$

Streuung

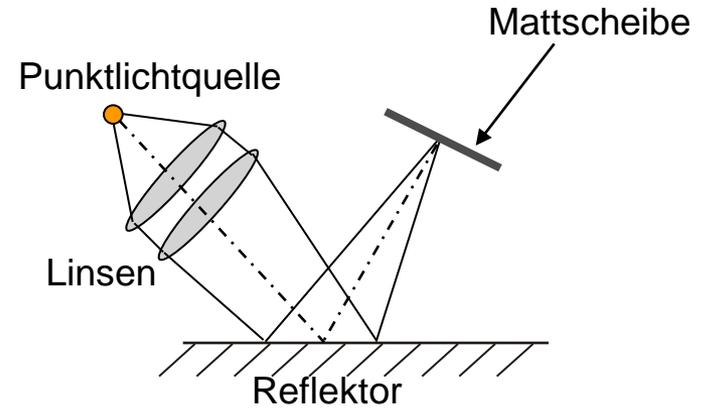
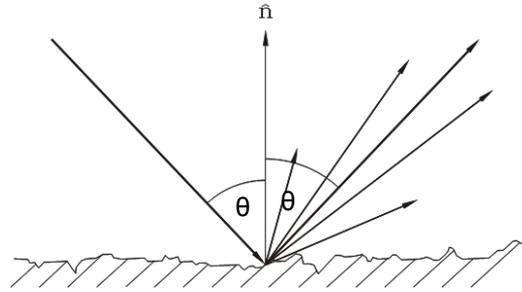
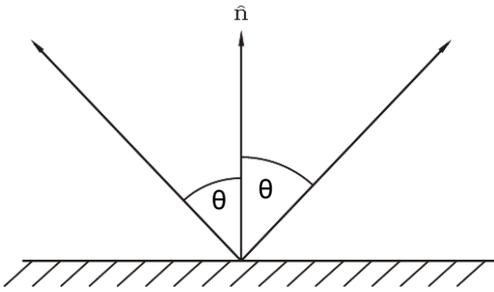


Bild auf Mattscheibe



Glasspiegel



Polymer-Film



Aluminiumreflektor

Typische solar-gewichtete (SW) Reflexionsgrade nach ASTM G173-03

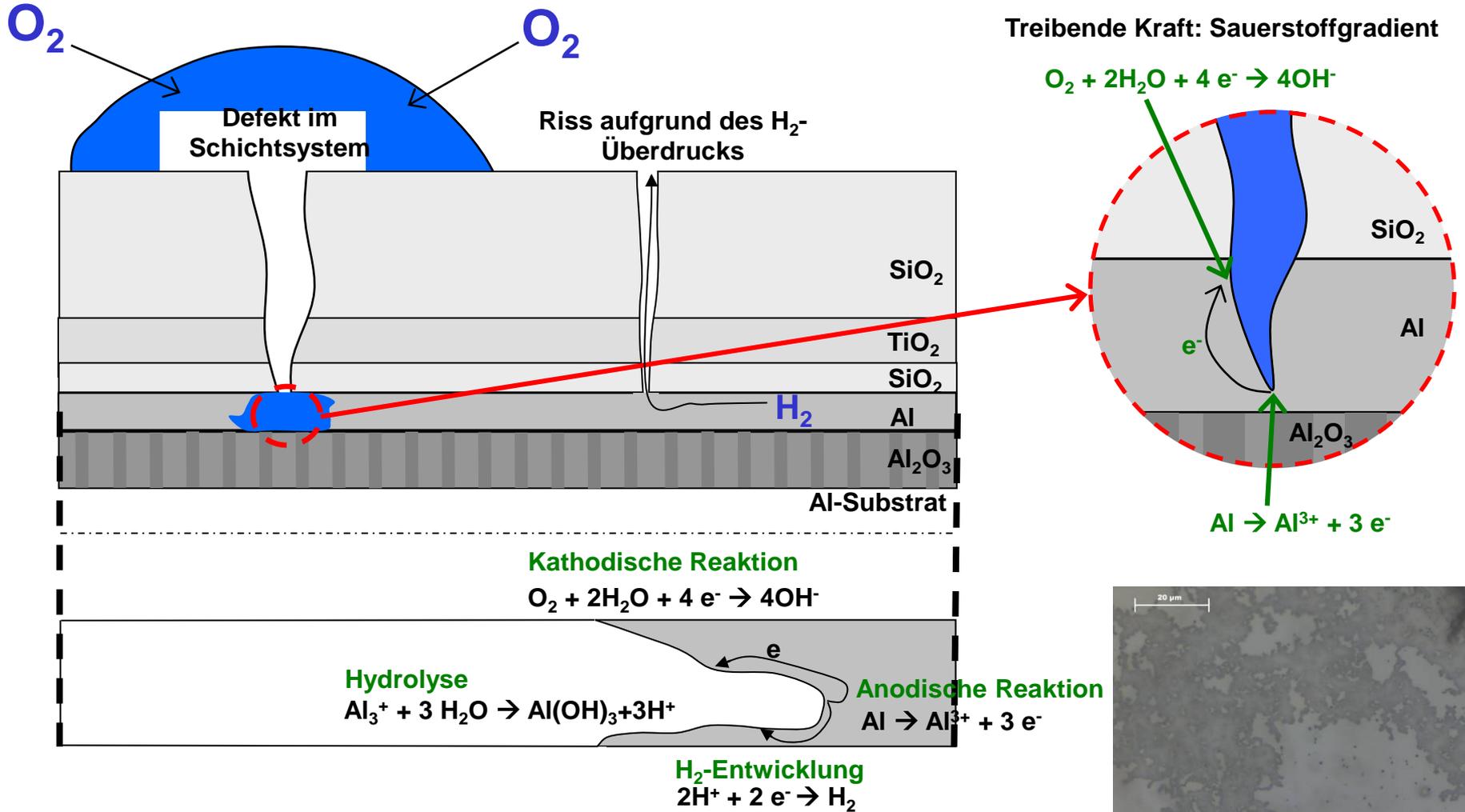
$\rho(\lambda, \theta, \varphi)$	Glasspiegel 4mm	Glasspiegel 0.95mm	Polymer-Film	Aluminium (PVD)	Aluminium
$\rho_h(\text{SW}, 8^\circ, h)$ [%]	94,1	95,7	93,9	90,0	87,2
$\rho_s(\text{SW}, 15^\circ, 12.5\text{mrad})$ [%]	94,0	95,1	91,0	84,5	82,4

Alterung von PVD-Aluminiumreflektoren

- [1] Sutter, F.; Fernández, A.; Heller, P.; Kennedy, C.; Meyen, S.; Pitz-Paal, R.; Schmücker, M.: A new method to characterize degradation of first surface aluminum reflectors, Proceedings of SolarPACES Conference 2010, Perpignan
- [2] Sutter, F.; Heller, P.; Fernandez-Garcia, A.; Kennedy, C.; Lopez-Martin, R.; Meyen, S.; Pitz-Paal, R: Methods for Service Life Time Estimation of Aluminum Reflectors, Proceedings of the SolarPaces Conference, Granada, Spain, 2011



Korrosion von PVD-beschichtetem Aluminium

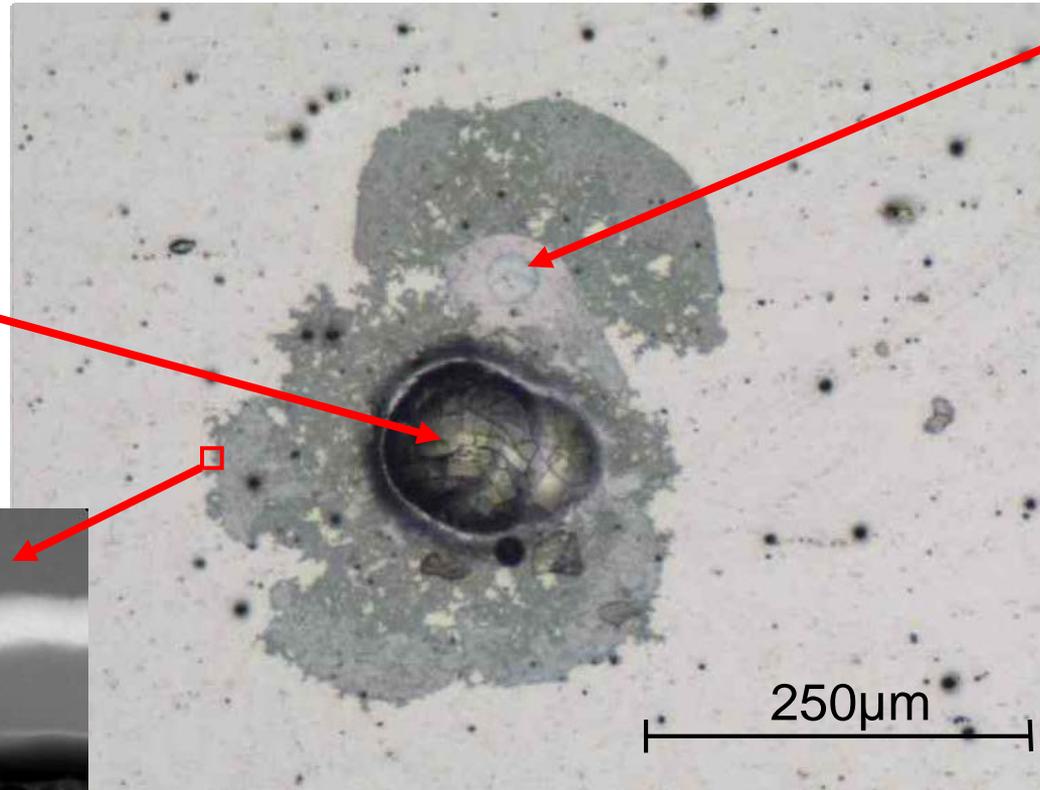
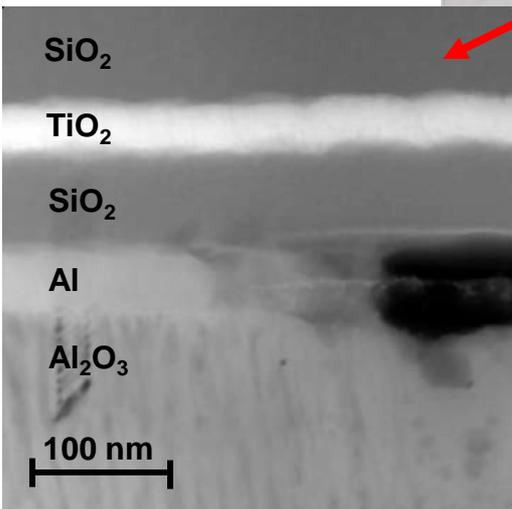


Korrosion von PVD-beschichtetem Aluminium

Defekt in der Beschichtung

Wasserstoffblase
→ Delamination,
Rissbildung

TEM Querschnittsbild

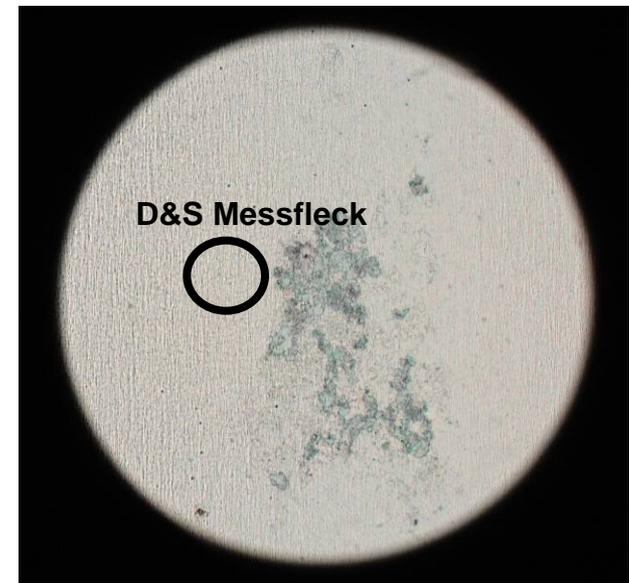


Korrosionsverlauf in NaCl-Lösung

Messung der gerichteten Reflexionseigenschaften

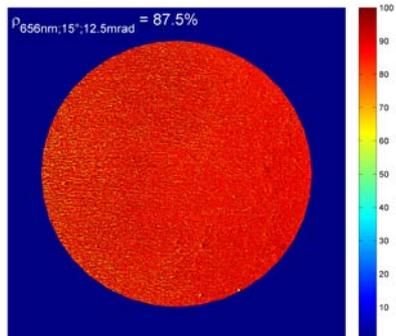
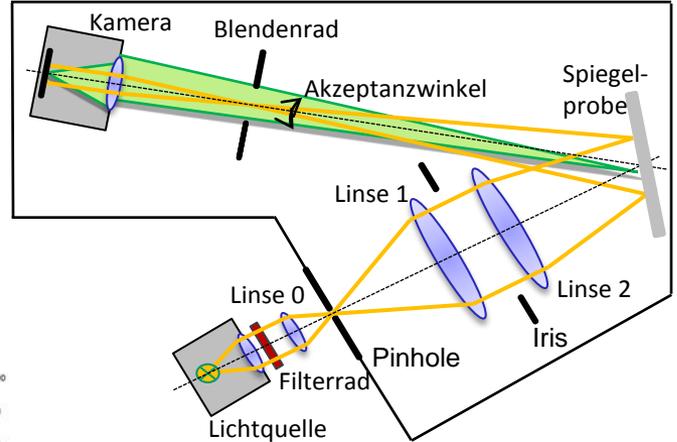
Nachteile des D&S Reflektometers für die Charakterisierung von Korrosionsprozessen:

- Kleiner Messfleck von nur 10 mm im Durchmesser
- Keine Ortsauflösung
- Messung bei nur einer Wellenlänge
- Hohe Standardabweichung der Messwerte, besonders bei kleinen Akzeptanzwinkeln und flexiblen Spiegelproben

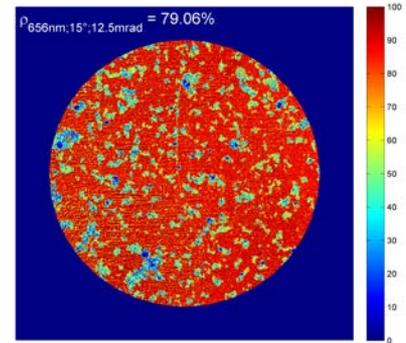


Ortsaufgelöstes Reflektometer

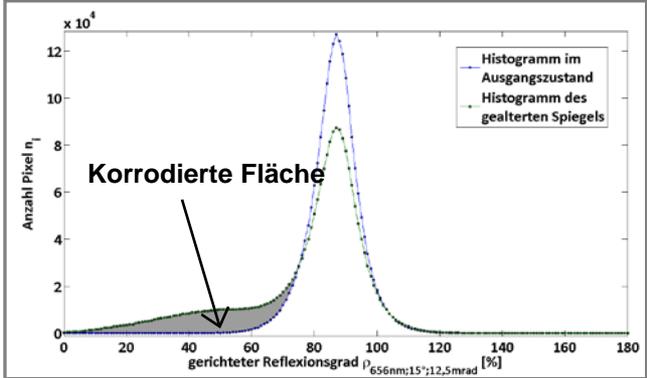
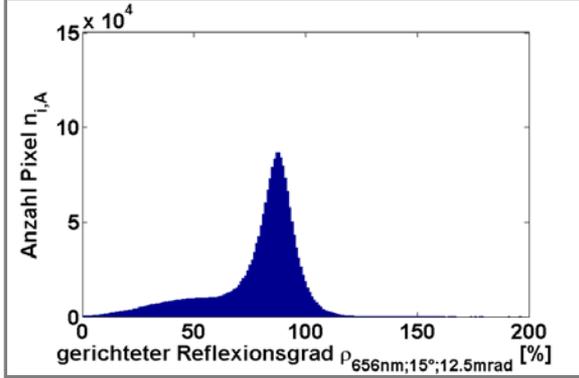
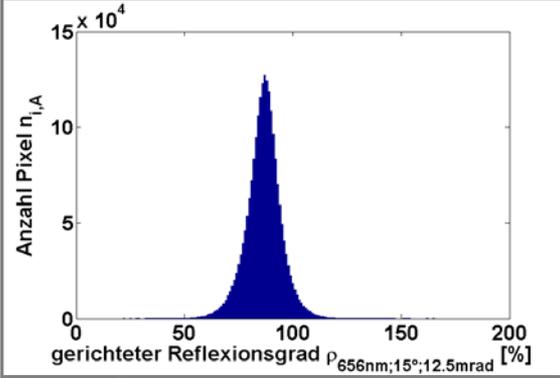
- Akzeptanzwinkel $\varphi = 3,5 ; 7,5 ; 12,5$ mrad
- Wellenlänge $\lambda = 410 \text{ nm} ; 500 \text{ nm} ; 656 \text{ nm}$
- Lichteinfallswinkel $\theta = 15^\circ$
- Messfleck: $\varnothing = 50 \text{ mm}$



Unbewitterter Reflektor

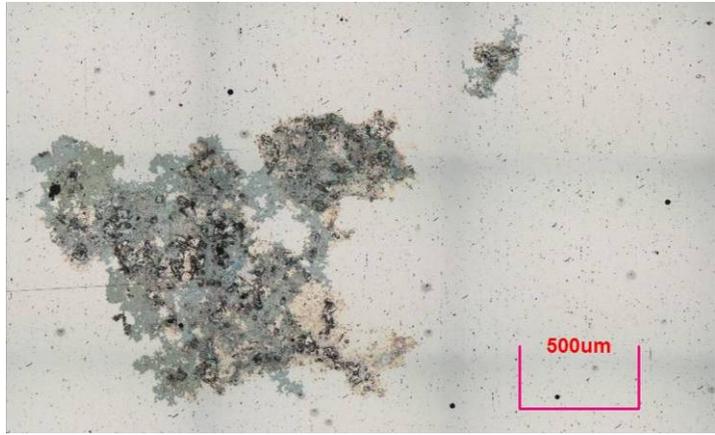


Unbeschichteter Reflektor nach 10 Monaten Außenbewitterung

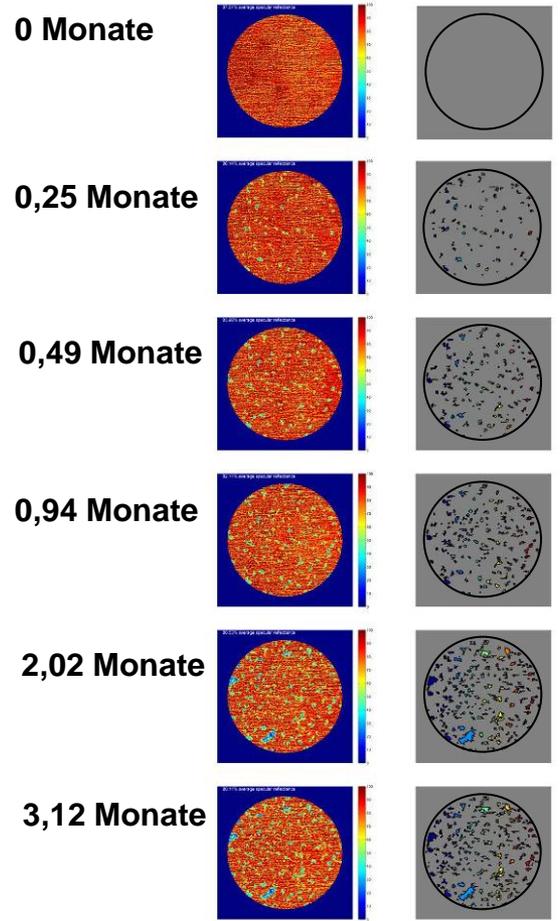


Ortsaufgelöstes Reflektometer

- Korrosionserkennung mittels Bildanalyse
- Auflösung 37 Pixel pro mm



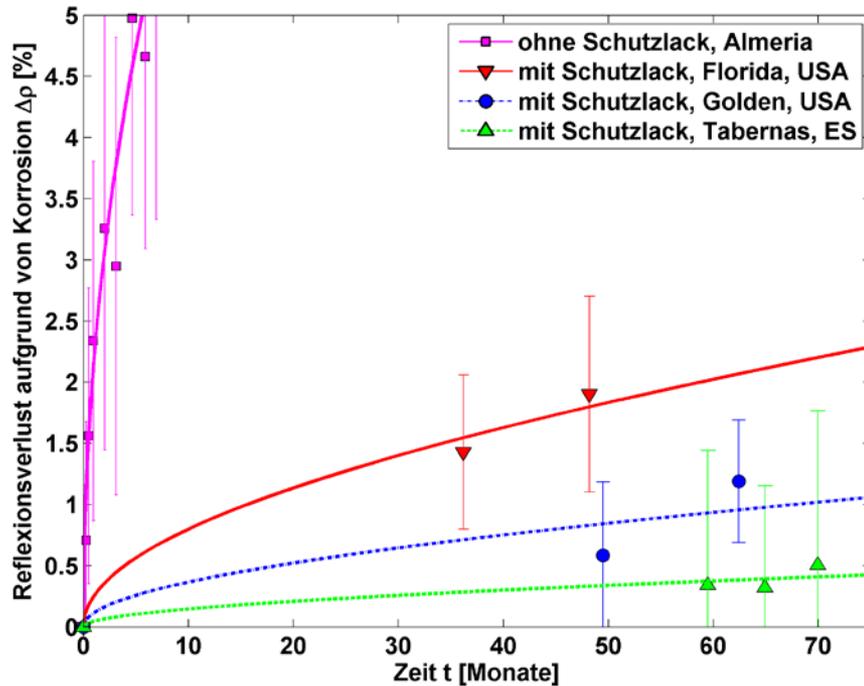
Korrosionsmonitoring außenbewitterter Proben



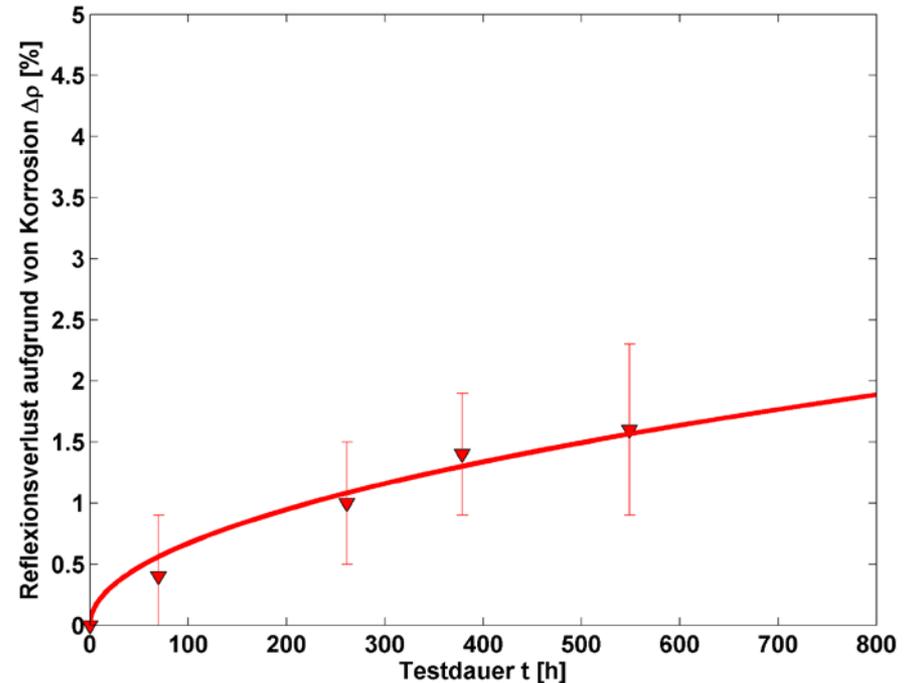
Unbeschichtete Probe

Korrosion von PVD-beschichtetem Aluminium

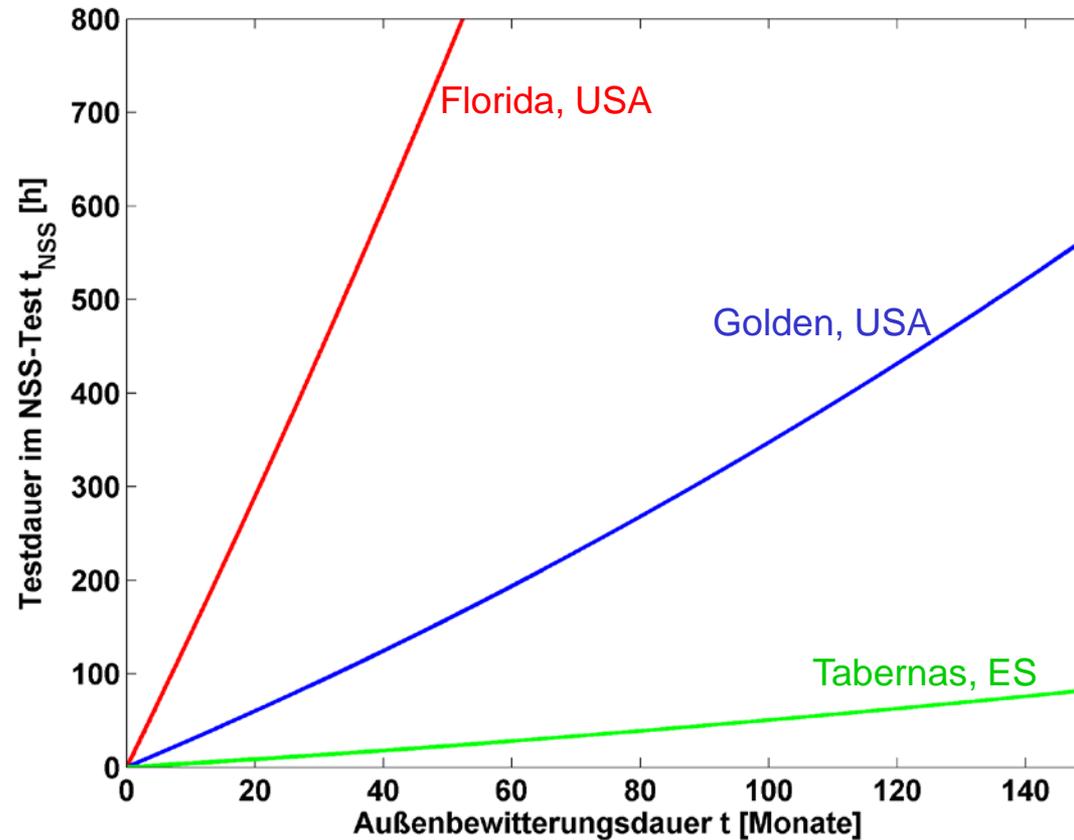
Gerichteter Reflexionsverlust $\Delta\rho$ (660nm;15°;12,5mrad) bei Außenbewitterung



Gerichteter Reflexionsverlust $\Delta\rho$ (660nm;15°;12,5mrad) im Neutralen Salzsprühnebeltest nach ISO9227



Korrelation Außenbewitterung-Korrosionstest

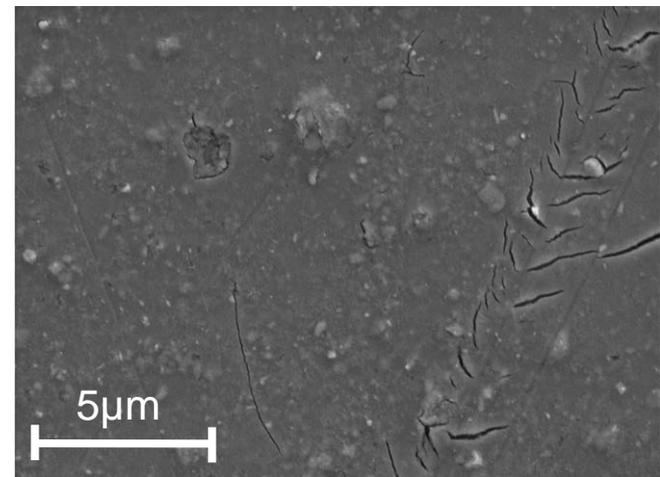
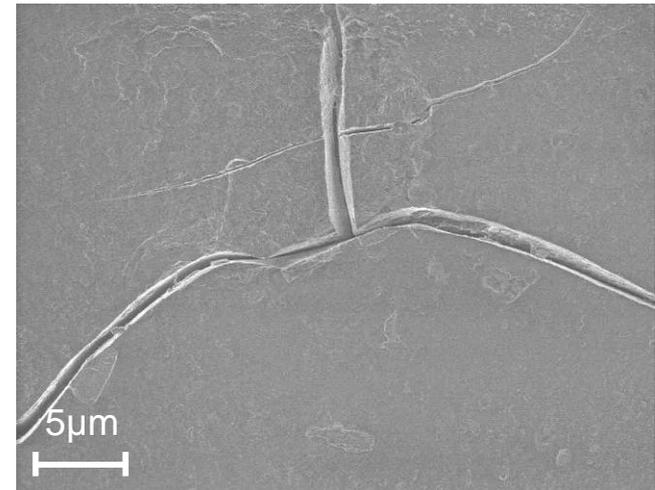


Streuung an Aluminiumreflektoren

Unbewitterte Probe

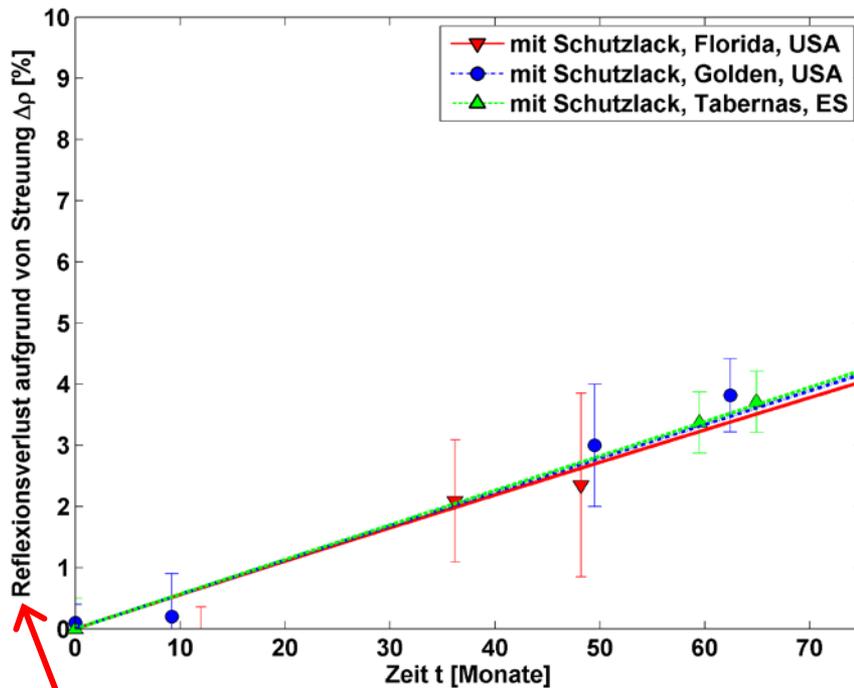


Außenbewitterte Probe

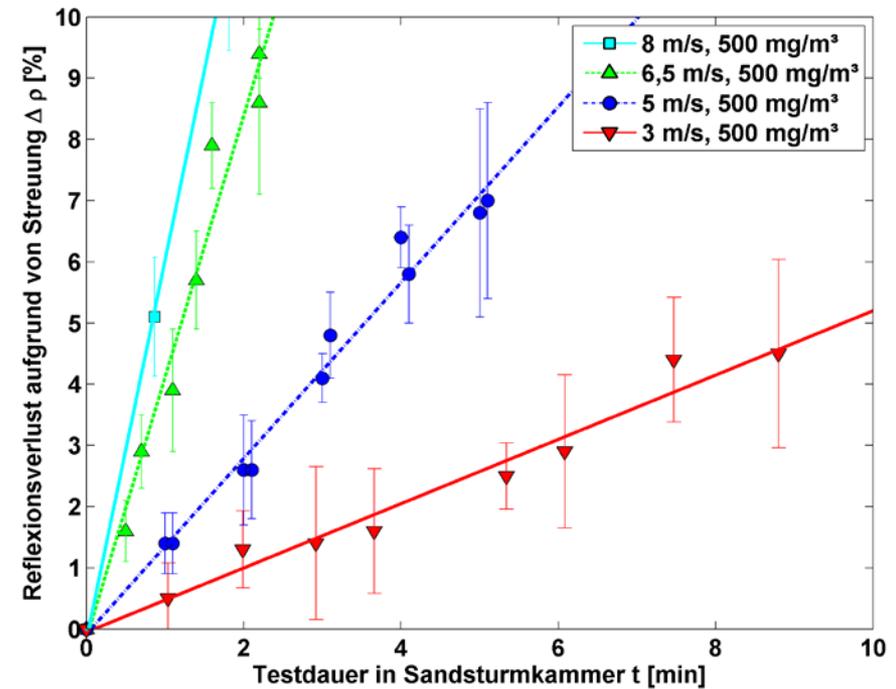


Streuung an Aluminiumreflektoren

Gerichteter Reflexionsverlust $\Delta\rho$ (660nm;15°;12,5mrad) bei Außenbewitterung

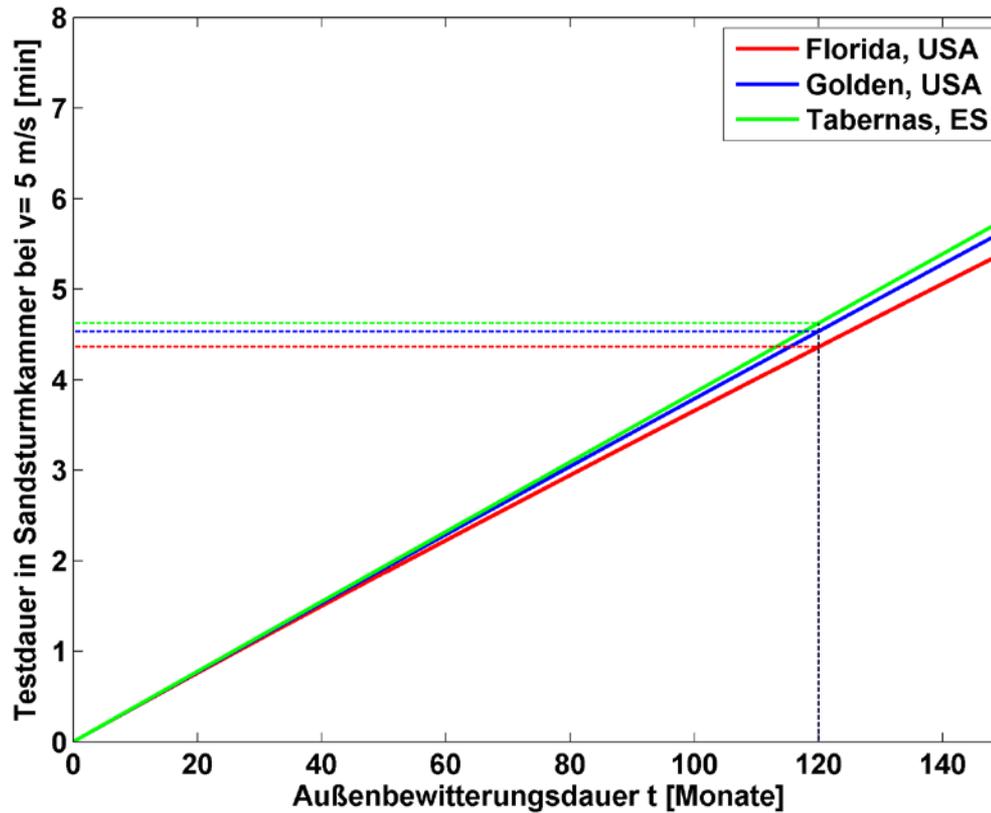


Gerichteter Reflexionsverlust $\Delta\rho$ (660nm;15°;12,5mrad) in der Sandsturmkommer mit Arizona Dust



Um den Gesamreflexionsverlust zu erhalten müssen die Verluste durch Korrosion addiert werden!

Korrelation Außenwitterung-Abrasionstest



Zusammenfassung

- OPAC-Labor auf PSA zur Untersuchung der Beständigkeit von Komponenten

Alterung von Aluminiumreflektoren

- Hauptdegradationsmechanismen: Korrosion & zunehmende Oberflächenrauigkeit
- Messung der Reflexionsverluste durch Korrosion und Streuung mit dem ortsauflösenden Reflektometer
- Ableitung von Korrelationen zwischen beschleunigten Tests und Außenbewitterung
 - Reflexionsverluste durch Korrosion → Korrosionstest
 - Reflexionsverluste durch Streuung → Abrasionstest
- Übertragbarkeit auf andere Materialien muss geprüft werden

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

