

TechnoLab Gesellschaft für Elektronikindustrie-Service mbH

Headquarter:

Am Borsigturm 46

13507 Berlin

Tel: +49 30 43033160

FAX: +49 30 43033169

Mail: info@technolab.de

Web: www.technolab.de

Testhaus:

Wohlrabedamm 13

13629 Berlin

Marco Kämpfert, Geschäftsführer

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Geschäftsfelder



Schadensanalytik



Umweltsimulation



Videomikroskope

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Ausgangslage:

TechnoLab betreibt seit 2009 Testanlagen zur Durchführung von genormten „Blowing Dust- and Blowing Sand-“ Tests.

Scope:

- Automotive (Under hood, Finish, Window, Drive Chain, Brakes, ...)
- Aviation (Filters, Engine, Gear, Body, Plexiglass, Air-Brake, ...)
- Military (Body, Missiles, Drive Chain, Electronic, Outdoor Units)
- Space (Drive Chain, Planetary Environment, Outdoor Units)
- Industrial (All Dust- and Sand- Environmental Situations)

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Normativer Hintergrund:

„Blowing Dust- and Blowing Sand-“ Tests werden u.a. aus den folgenden Bereichen normativ beschrieben:

Scope:

- Automotive SAE J1455, FMCSA 571.108, ...
- Aviation RTCA-DO160G, AIRBUS ABD 0100, BOEING D6 36440
- Military MIL-STD810G, AECTP-300-3, DEF STAN 00-35
- Space NASA, ESA Q-70 ff,
- Electronics DIN EN IEC 60068-2-68, DIN EN 60529, DIN 40050-9
- Construction DIN EN 1096-2:2012*

*Beschädigungen von Glasflächen/Beschichtungen durch Witterungseinflüsse

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Entwicklung von Testverfahren auf Basis
der bekannten Standards für die
Photovoltaikindustrie



Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Haupteinflussgrößen / Umweltbedingungen:

Sand > Abrasion, Verschmutzung, mechanische Defekte

Staub > Verschmutzung*, mechanische Defekte, elektrische Defekte

Wind > Träger von Sand/Staub, mechanische Belastungen

Sonne > Wärmeeintrag, Alterung v. Kunststoffen

*auch Abrasion durch Reinigungsvorgänge (mechanische Bewegungen)

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Sand und Staub:



CHARAKTERISIERUNG

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

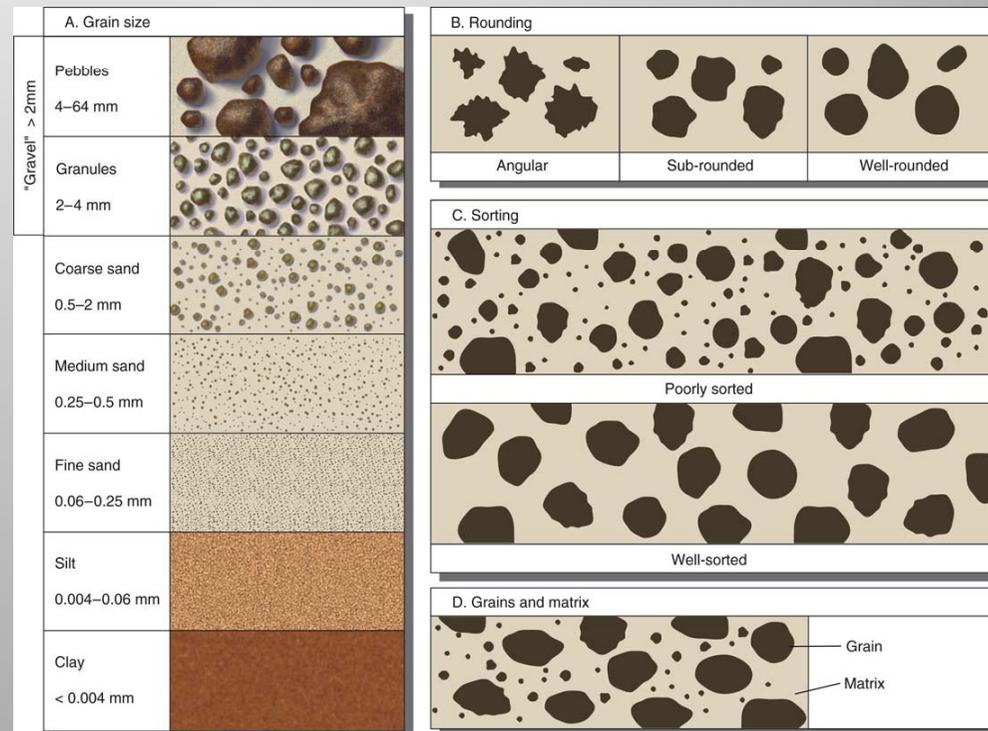
Sand



$\varnothing < 2\text{mm}$

Staub

$\varnothing < 40\mu\text{m}$



copyright by St. John Eudes School/USA

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Wentworth grain size chart from
United States Geological Survey
Open-File Report 2006-1195

Krumbein Phi Scale

$$\Phi = -1 = \varnothing 2\text{mm}$$

Steinschlag

$$\phi = -\log_2 D/D_0$$

Abrasion

$$\Phi = >10 = \varnothing < 10\mu\text{m}$$

Verschmutzung

Phi	Phi - mm conversion ($\Phi = -\log_2 d$ in mm) $d_{mm} = 0.001 \text{mm}$	Nominal diameter mm and inches	SIZE TERMS (modified from Wentworth, 1922)		SIEVE SIZES		Number of grains per mg	Settling Velocity (Quartz, 20°C) cm/sec	Threshold Velocity for traction cm/sec
			ASTM No. (U.S. Standard)	Tyler Mesh No.	ASTM No. (U.S. Standard)	Tyler Mesh No.			
-8	256	16.1"	BOULDERS						
-7	128	8.0"	COBBLES						
-6	64.0	4.0"	PEBBLES		2	1/2"			
-5	32.0	2.0"	very coarse		4	1/4"			
-4	16.0	1.0"	coarse		8	1/8"			
-3	8.0	0.5"	medium		16	3/16"			
-2	4.0	0.25"	fine		30	1/16"			
-1	2.0	0.125"	very fine (granules)		60	1/32"			
0	1.0	0.0625"	very coarse		120	1/64"			
1	0.5	0.03125"	coarse		240	1/32"			
2	0.25	0.015625"	medium		480	1/64"			
3	0.125	0.0078125"	fine		960	1/128"			
4	0.0625	0.00390625"	very fine		1920	1/256"			
5	0.03125	0.001953125"	coarse		3840	1/512"			
6	0.015625	0.0009765625"	medium		7680	1/1024"			
7	0.0078125	0.00048828125"	fine		15360	1/2048"			
8	0.00390625	0.000244140625"	very fine		30720	1/4096"			
9	0.001953125	0.0001220703125"	clay/silt		61440	1/8192"			
10	0.0009765625	0.00006103515625"	clay		122880	1/16384"			

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

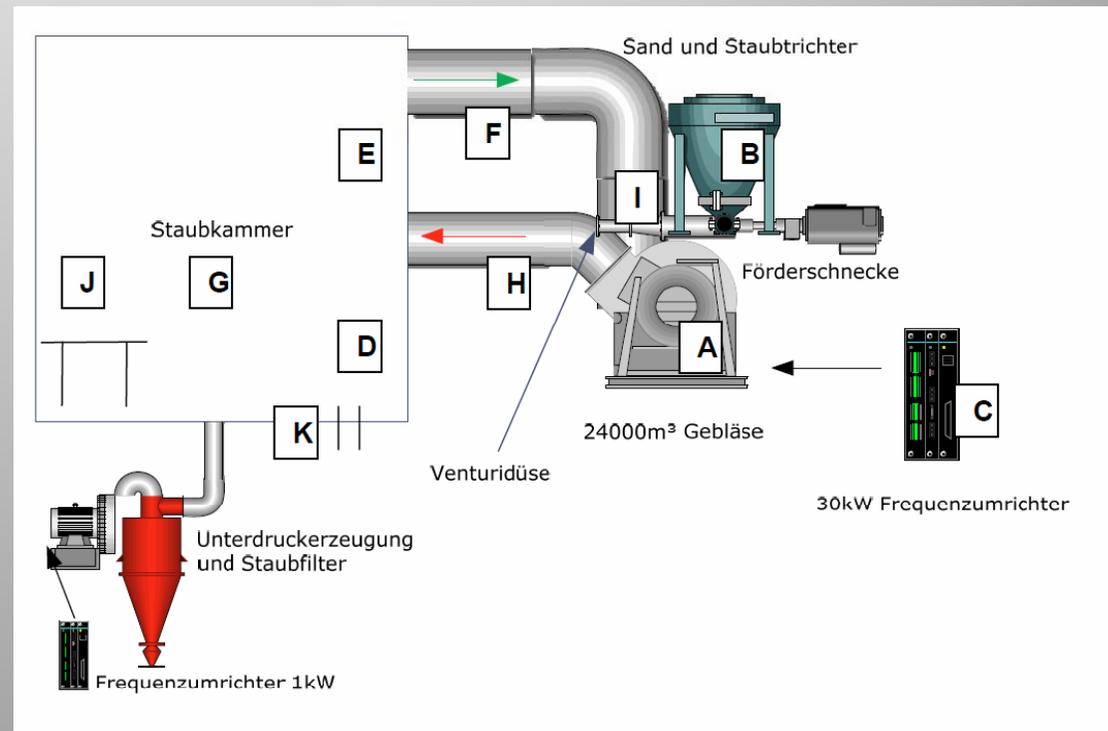
Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Prüfanlage (schematisch):

Grundprinzip:
DIN EN 60068-2-68, Lc2

Problemlösungen:

- Luftführung
- Sandabscheidung
- Regelung
- Validierung
- 24/7 Betrieb
- Temperatur bis zu 95°C



Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Prüfparameter:

Die Auswahl der geeigneten Prüfparameter orientiert sich im ersten Schritt an den tatsächlich vorherrschenden meteorologischen Verhältnissen in Wüsten und wüstennahen Gebieten. Basierend auf die AECTP-300-3, Methode 313 (Prüfdurchführung), orientierende Basisparameter werden die Sandprüfungen mit den Sandcharakterisierungen der entsprechenden Wüsten durchgeführt:

- Durchmesser der Sandpartikel (Φ)
- Windverhältnisse (Geschwindigkeit (m/s))
- Temperatur (Sonneneinstrahlung ($^{\circ}\text{C}$))
- Konzentration des Sandes / Staubes (g/m^3)
- Eigenschaften des Prüfmediums: Härte, Material, Geometrie und Feuchtigkeit
- Prüfung erfolgt auf der Vorder- und Rückseite der PV Module

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Verfahrensbeispiel:

Prüfung von PV-Modulen für den Einsatz in der Rub'al Khali Wüste, Saudi Arabien.

Charakterisierung des Prüfmedium (Sand – fine):

- SiO₂ mit mind. 91 Gew.- %,
- Partikelverteilung 90 ± Gew.- %, 150µm-600µm
- Mittlere Korngröße 177µm, $\Phi \sim 2,5$
- Härtegrad 6 ... 8 Mohs
- Geometrie: rounded*A, medium sphericity*A
- Restfeuchtigkeit: 1%... 2%

Quelle: A. M. Bauer, A. P. Russel



Quelle: Wikipedia

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Quelle: TechnoLab GmbH

Verfahrensbeispiel:

Charakterisierung der Prüfparameter:

- Temperatur (Test): ambient...95°C
- Windgeschwindigkeit: 5m/s...25m/s
- Sandkonzentration: 2,2g/m³...15g/m³
- Prüfzeit: 90min...360min pro Seite
- Relative Feuchte: < 30%
- Testvor- und nachlauf: 30min...45min
- Anstellwinkel: 90°

Quelle: TechnoLab GmbH



Konditionierung

Test

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Testdurchführung:

Sand



CPV

Sand



Standard

Sand und Staub



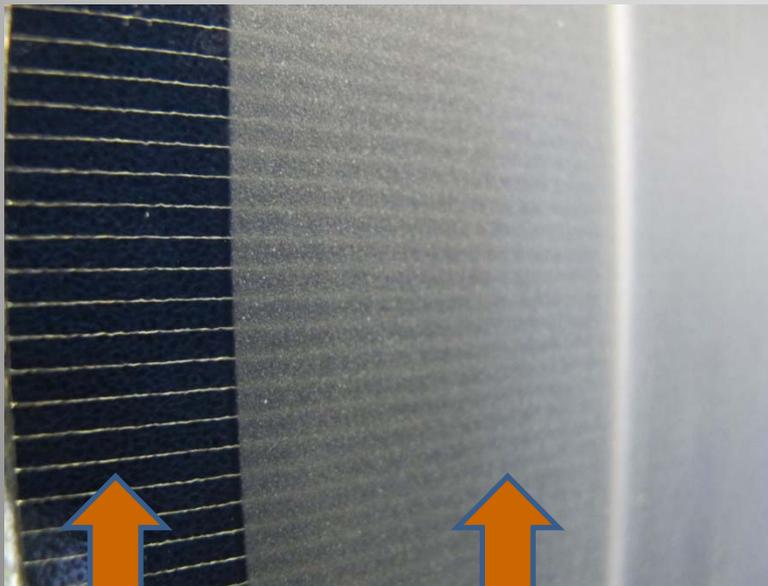
Mini

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

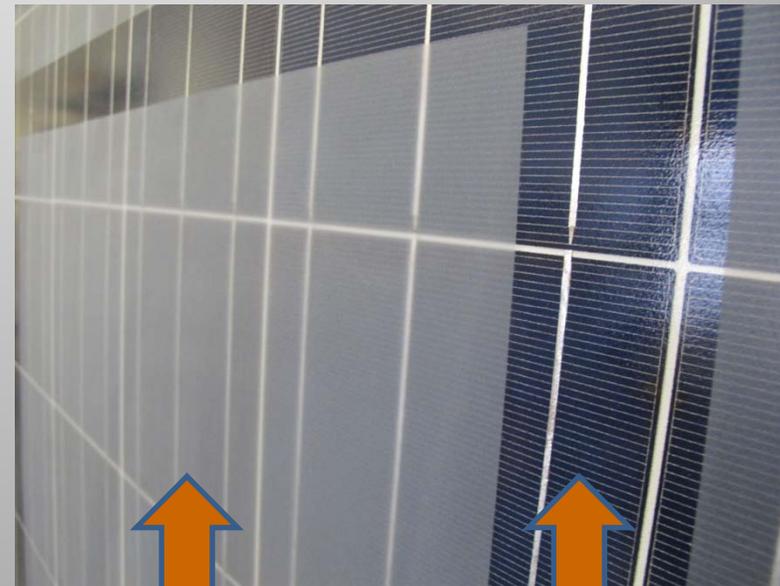
Testergebnisse (Glasbereich): PV, Standard, 90min, 9m/s, 2,5g/m³

Teilbereiche der Oberfläche wurden mit einer Schutzfolie versehen (Verdeutlichung).



Geschützt

Abrasion



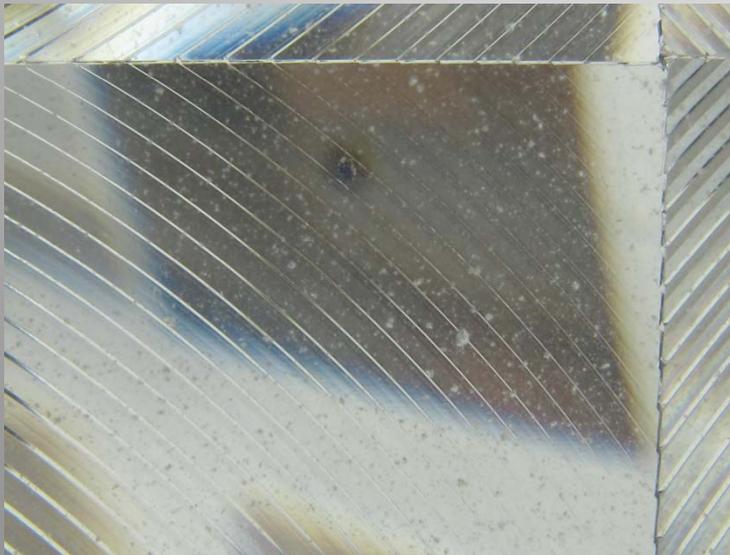
Abrasion

Geschützt

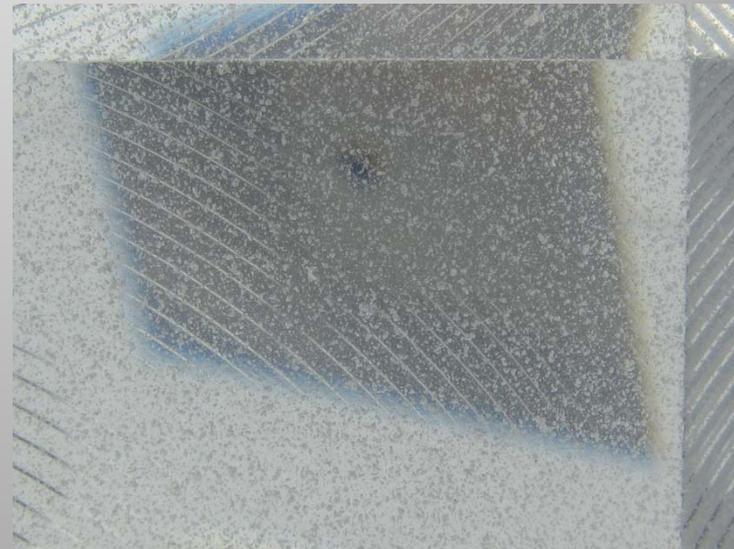
Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Testergebnisse (Glasbereich): CPV



während Test



nach Test

Sandabriebtest an Photovoltaikmodulen

Umweltsimulation an PV-Modulen für den Einsatz
in Wüsten und wüstennahen Gebieten

Versuchsbeschleunigung:

Wüste / Life Cycle	Test	Faktor (geschätzt)
Wind turbulent	Wind laminar	>2
Anstellwinkel 0° ... 45°	90°	>5
Temperatur: max. 80°C	95°C	>2
Temperaturwechsel	Keine Temp.-wechsel	<1
...

Bisher festgestellte Minderung der elektrischen Leistung nach Test: 8% ... 17%

Vielen Dank

für Ihr Interesse

Köln, 11.11.2014

TechnoLab GmbH
Am Borsigturm 46
13507 Berlin
info@technolab.de
+49(30)4303-3160

+49(30)4303-3160
info@technolab.de

Quellen/Copyrights:

Folie Nr.: 2	Fotolia.com © Daniel Schoenen
Folie Nr.: 5	Fotolia.com © Daniel Schoenen
Folie Nr.: 7	Fotolia.com © Thierry Burot
Folie Nr.: 8	© St. John Eudes School/USA
Folie Nr.: 9	© Wentworth grain size chart from United States Geological Survey Open-File Report 2006-1195
Folie Nr.: 10	© TechnoLab GmbH
Folie Nr.: 12	Wikipedia.com
Folie Nr.: 13	© TechnoLab GmbH
Folie Nr.: 14	© TechnoLab GmbH
Folie Nr.: 15	© TechnoLab GmbH
Folie Nr.: 16	© TechnoLab GmbH