

**nanoproofed**<sup>®</sup> protection Solar Photokat exklusiv



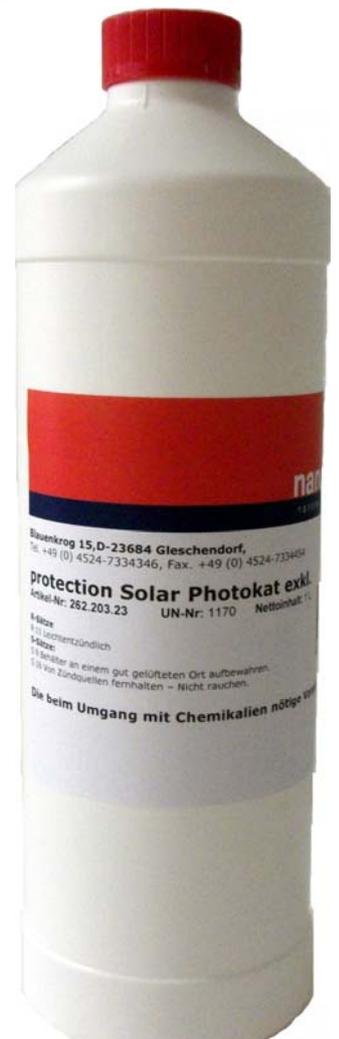
## Was ist Solar Photokat exklusiv?

Photokatalytische Oberflächenbeschichtung  
Als Transmissionsverstärker  
Für Weißglas, poly-silizium-oberflächen  
und FTO- glas für Solarzellen.

## Charakteristiken

- Erhöhung der Transmission von sichtbarem Licht von mehr als 5%
- Erhöhung der Energiegewinnung um 3 %
- Sauberere Oberfläche der Solarzellen
- Nach einem Jahr liegt die Energiegewinnung bei 7 %
- Semi-permanent, Haltbarkeit von ca. 25 Jahren
- Reduziert Kosten durch Selbstreinigung und Bewuchsvermeidung
- Umweltfreundlich durch Luftreinigung

Art	Wasser-Alkohol Dispersion
Aussehen	Opaleszierendes Kolloid
Liquide	Wasser – Alkohol
Partikelgröße (nm)	15 ~ 25
Feststoffgehalt (%)	1.6 ± 0.1
PH	3 – 5
Viskosität (cps, 20°C)	Max 10
Applikationsverfahren	Sprühen
Trocknungsbedingung	150 ~ 200 °C/15 min
Lagerfähigkeit	12 Monate (10 – 20°C)
Bleistifthärte	-> 7H



## nanoproofed<sup>®</sup> protection Solar Photokat exklusiv Die Vorteile

Photokatalyse, die Fähigkeit, gefährliche organische Substanzen unter Lichteinfluss zu zersetzen. Sie ist mit Verantwortlich für die Hydrophilizität. Die Kombination dieser beiden Effekte generiert die Selbstreinigung.

Solar Photokat exklusiv, ist ein speziell entwickeltes photokatalytisches Beschichtungssystem für Photovoltaik- und Solarzellen um eine bessere Transmission und weniger Reflektion zu erzeugen.

Es gibt viele Wege um die Transmission zu erhöhen oder die Reflektionen zu verringern, aber diese sind meisten sehr komplizier z.B. Das Produzieren von Multi- Schichten.

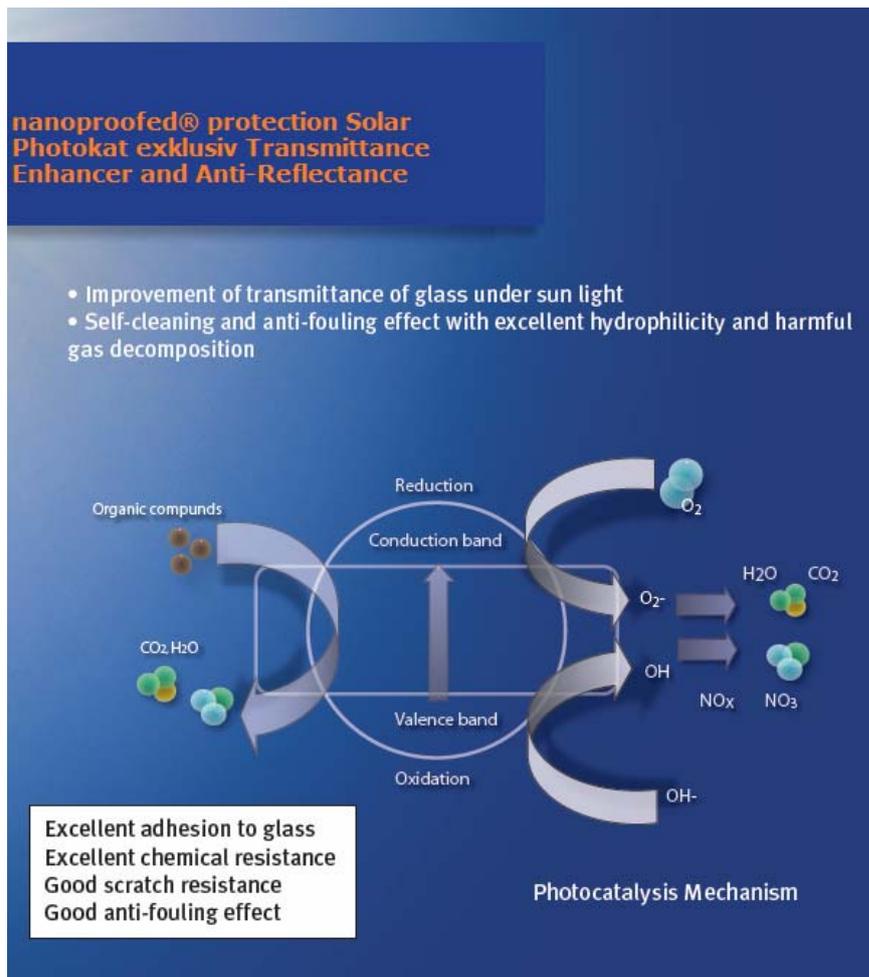
Solar Photokat exklusiv, bietet eine sehr einfache Applikation. Durch einfaches Aufsprühen wird die effektive Lichtausbeute um 5 ~ 6 % erhöht, im Vergleich zu nicht beschichteten Zellen.

Die Effizienz von Solarzellen hängt von der Intensität ab, mit der das Licht durch das Glas fällt. Dementsprechend steigt die Effizienz in Proportion zur Intensität des Lichteinfalls in der Zelle.

### Solar Photokat ist für:

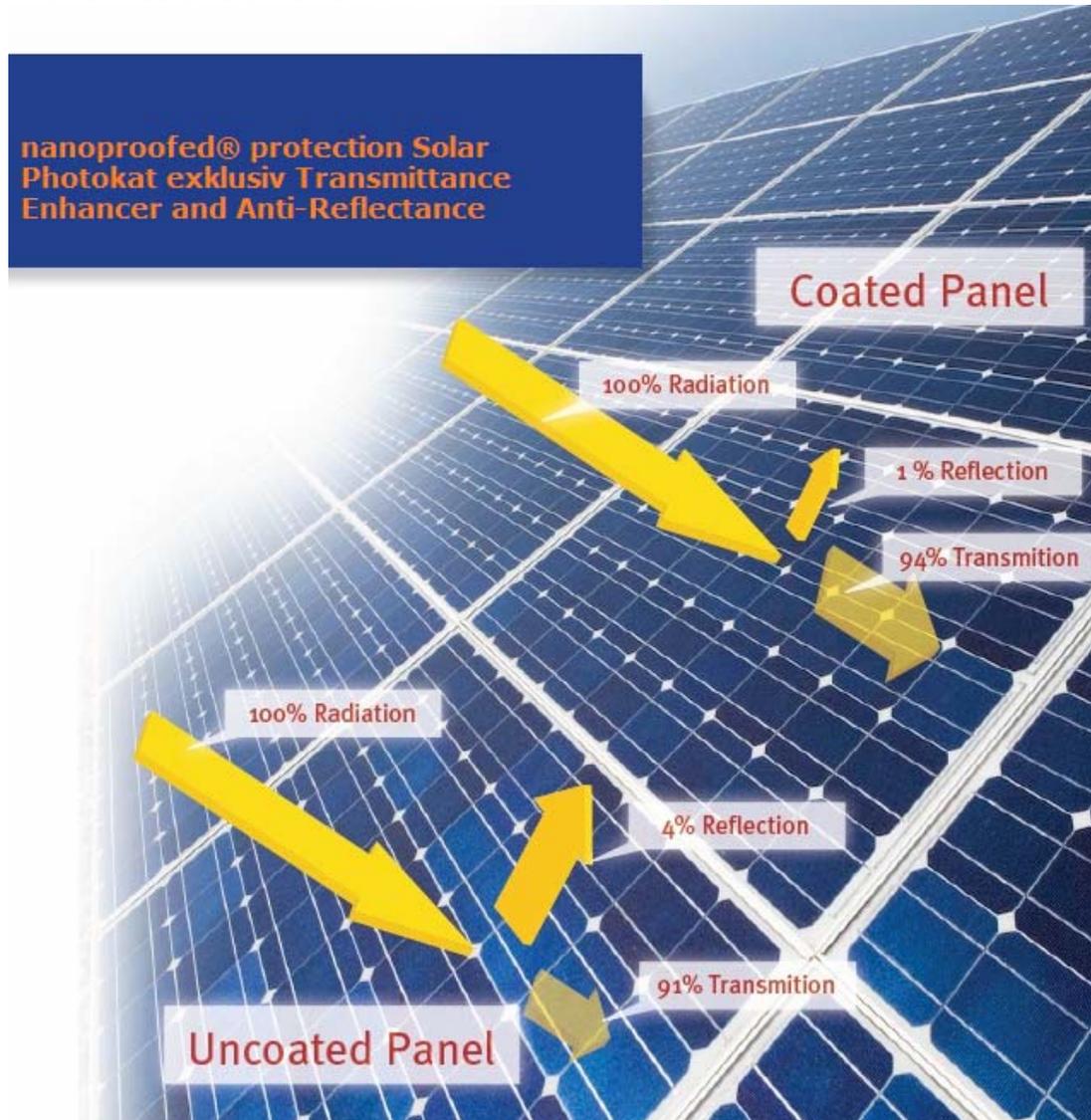
- Maximale Transmission und minimale Reflektion.
- Maximale Energieerzeugung.
- Schutz der Glasoberfläche vor Umwelteinflüssen.
- Dauerhafter Schutz – aufgrund gleicher Haltbarkeit von Beschichtung und Panel
- Schutz vor dem Zerfall der DSSC durch Verringerung der UV-Strahlung
- Einfache Applikation durch simples Aufsprühen
- Umweltfreundlich – Weniger Verbrauch von Wasser und Reinigungsmittel

## nanoproofed<sup>®</sup> protection Solar Photokat exklusiv The photocatalytic mechanism



Wenn photokatalytisches Titandioxid (TiO<sub>2</sub>) ultraviolette (UV) Strahlung vom Sonnenlicht oder einer künstlichen Lichtquelle (Leuchtstoffröhren) absorbiert, produziert es Elektron-Loch-Paare. Das Elektron aus dem Valenzband von Titandioxid wird durch Lichteinfall angeregt. Die überschüssige Energie dieses angeregten Elektrons bewegt es in das Leitungsband des Titandioxids, dadurch entsteht ein negatives Elektron (e<sup>-</sup>) und positives Loch (h<sup>+</sup>) Paar. Dieses Stadium wird als Halbleiter „Photoanregung“ bezeichnet. Die Energiedifferenz zwischen dem Valenzband und dem Leitungsband ist bekannt als „Bandlücke“. Die dafür benötigte Wellenlänge liegt bei:  $1240 \text{ (Planck'sche Konstante, } h) / 3.2 \text{ eV (Bandlückenenergie)} = 388 \text{ nm}$ . Das Positiv-Loch von Titandioxid spaltet vom Wasser das Wassermolekül ab um Wasserstoffgas und Hydroxylradikale zu bilden. Das negative Elektron reagiert mit Sauerstoffmolekülen um Super Sauerstoffanionen zu bilden. Dieser Kreislauf wiederholt sich immer wieder solange Licht verfügbar ist.

**nanoproofed**<sup>®</sup> protection Solar Photokat exklusiv  
Transmissionserhöher und Anti-Reflex Schicht



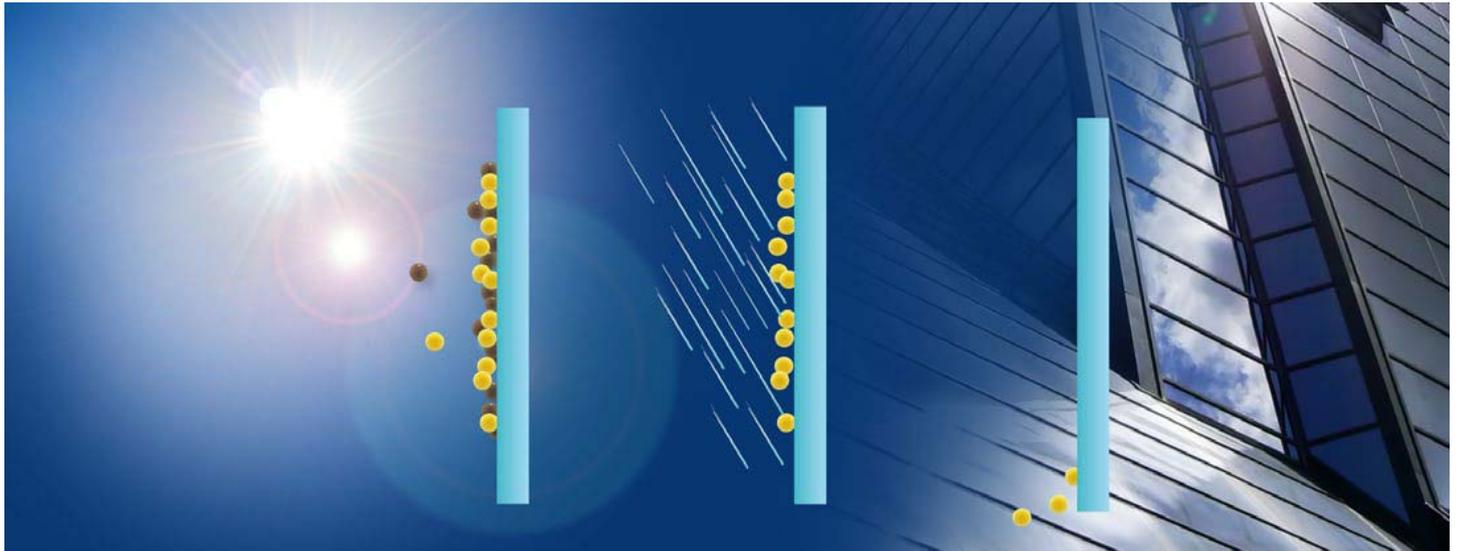
Der Photokatalysator setzt sich hauptsächlich aus TiO<sub>2</sub> und SiO<sub>2</sub> zusammen. Diese Materialien haben andere Reflektionseigenschaften als Glas. Dieser Faktor hat maßgeblichen Einfluss auf die Transmission und Reflektion.

- Solar Photokat exklusiv  
Ist Hervorragend für eine Erhöhung der Transmission von Anfang an.
- Solar Photokat exklusiv  
Zeigt erhöhte Transmission und verringerte Reflektionen von mehr als 5%.

## nanoproofed<sup>®</sup> protection Solar Photokat exklusiv

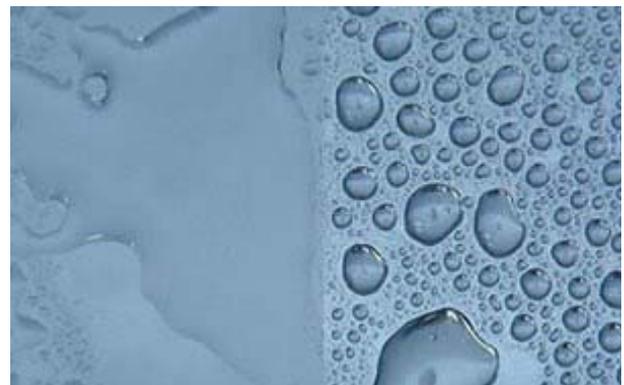
Self cleaning performance  
Super hydrophilicity

Excellent adhesion on glass  
Excellent chemical resistance  
Good scratch resistance  
Good Anti-fouling effect  
Excellent self cleaning effect



Die **nanoproofed<sup>®</sup>** Solar Photokat exklusiv Beschichtung zeigt unter Lichteinfluss super Hydrophile Eigenschaften. Der Kontaktwinkel der Oberfläche wird auf  $< 10^\circ$  reduziert. Diese Eigenschaften bringen 3 Vorteile.

1. Das Wasser wird anstelle von Tröpfchen einen Wasserfilm auf der Oberfläche bilden. Der Film wird sehr flach auf der Oberfläche liegen, dies wird Streifenbildung einem Regenschauer reduzieren.
2. Konventionelle Reinigungsmittel nutzen eine Reduzierung des Kontaktwinkels auf der Oberfläche. Dies wird Hydrophilizität genannt. Dieses Produkt imitiert diesen Effekt nicht einfach, sondern es verstärkt ihn. Durch dieses Attribut ist die Oberfläche dazu in der Lage sich selbst zu Reinigen und zwar mit der gleichen Gründlichkeit wie konventionelle Reinigungsmittel.
3. Die Hydrophilizität verhindert die Tröpfchenbildung auf der Oberfläche während eines Regenschauers, das sorgt dafür, dass die Oberfläche mit jedem Schauer sauberer wird.

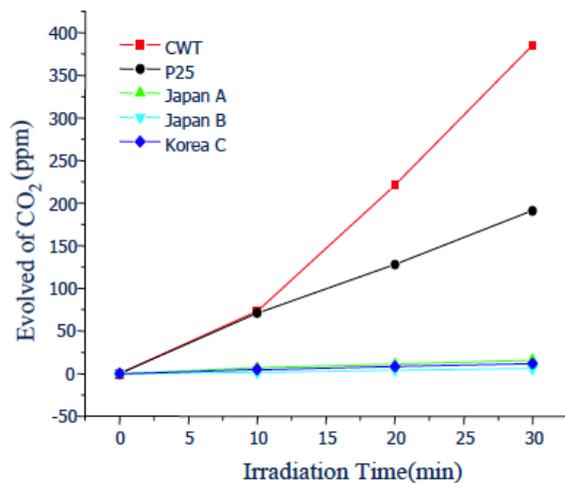
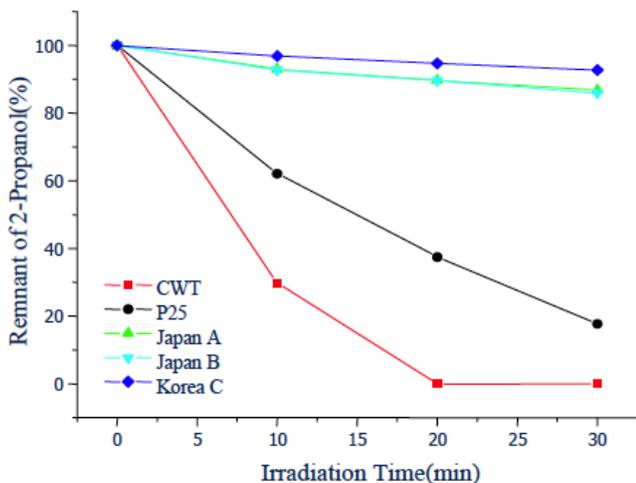
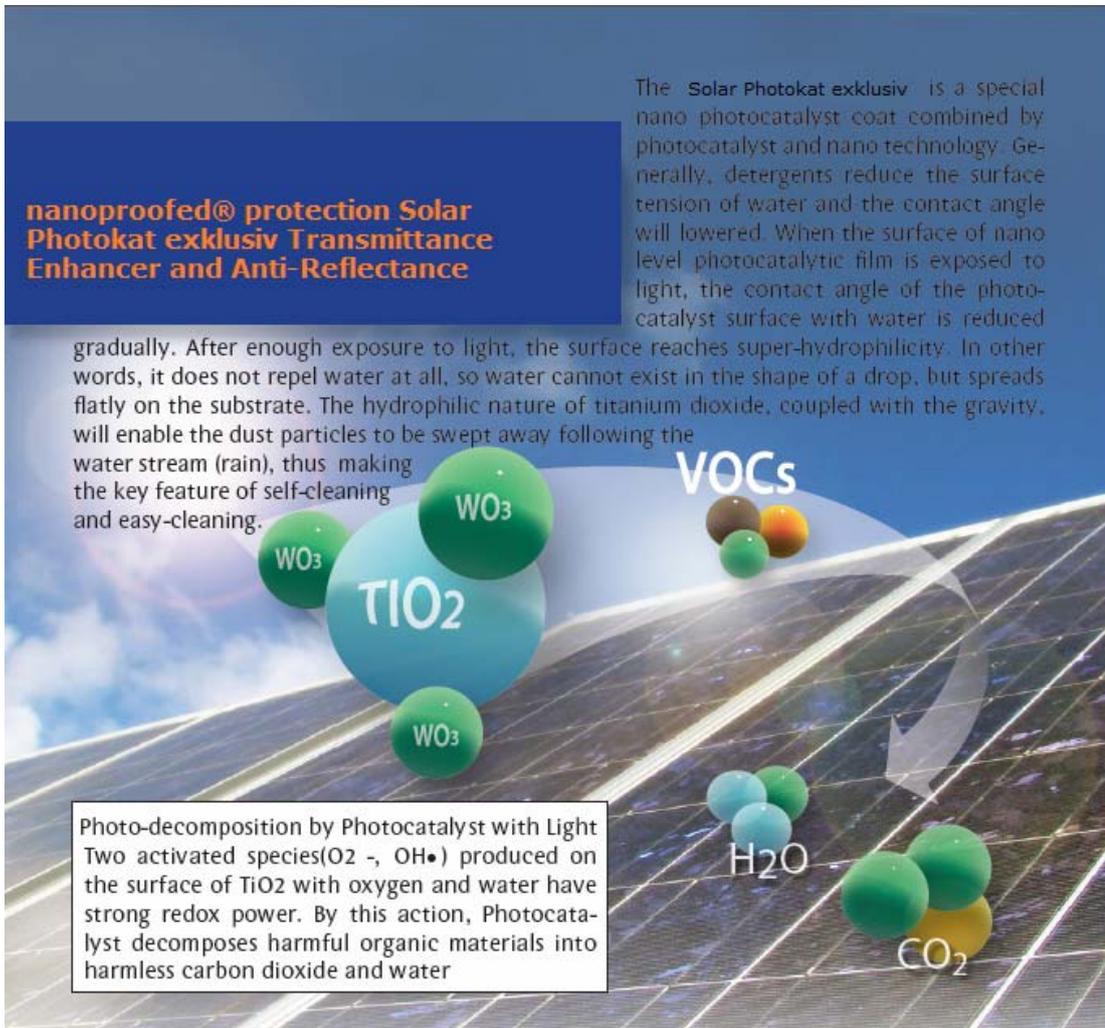


## nanoproofed® protection Solar Photokat exklusiv Transmittance Enhancer and Anti-Reflectance

The Solar Photokat exklusiv is a special nano photocatalyst coat combined by photocatalyst and nano technology. Generally, detergents reduce the surface tension of water and the contact angle will lowered. When the surface of nano level photocatalytic film is exposed to light, the contact angle of the photocatalyst surface with water is reduced

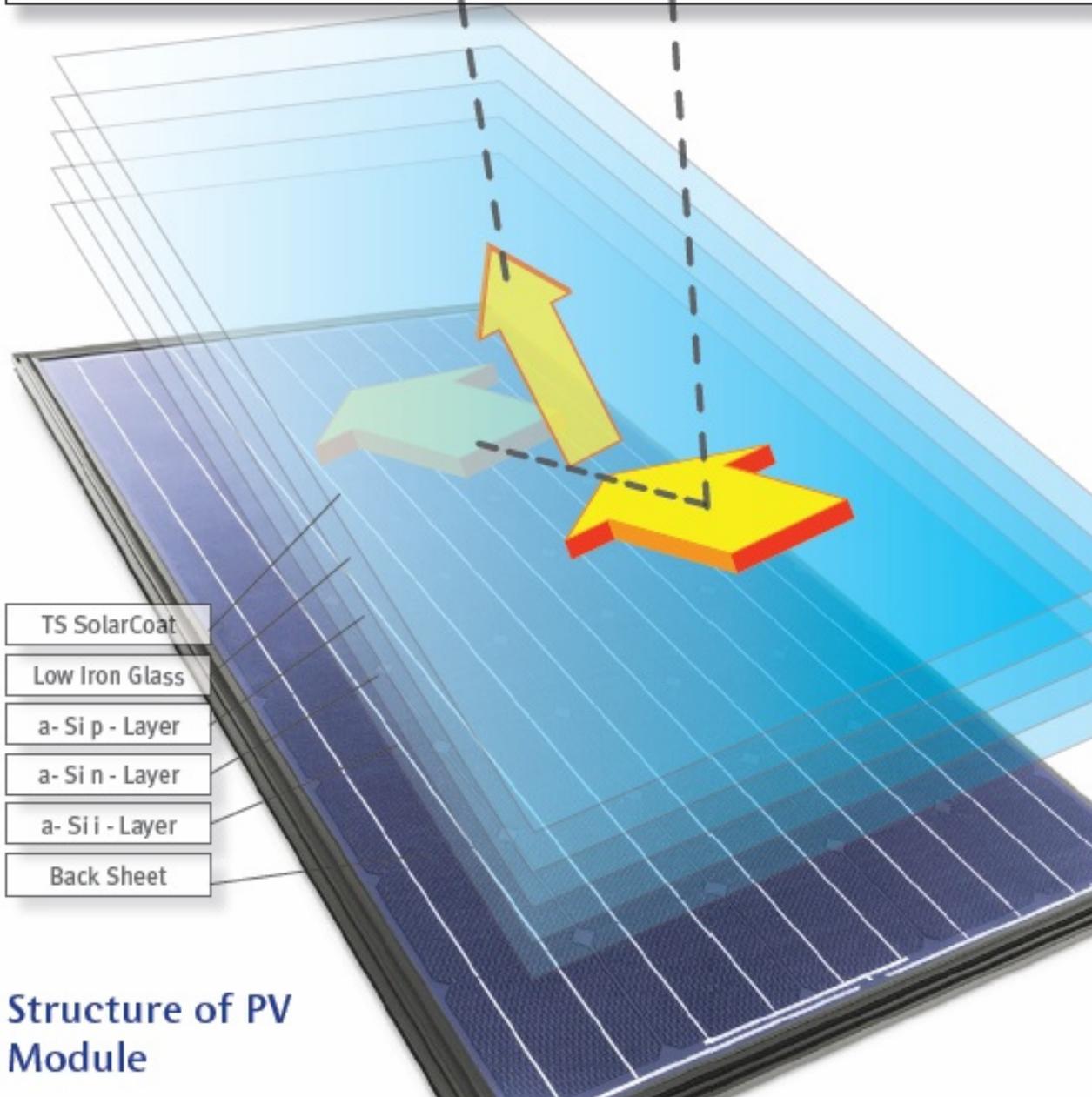
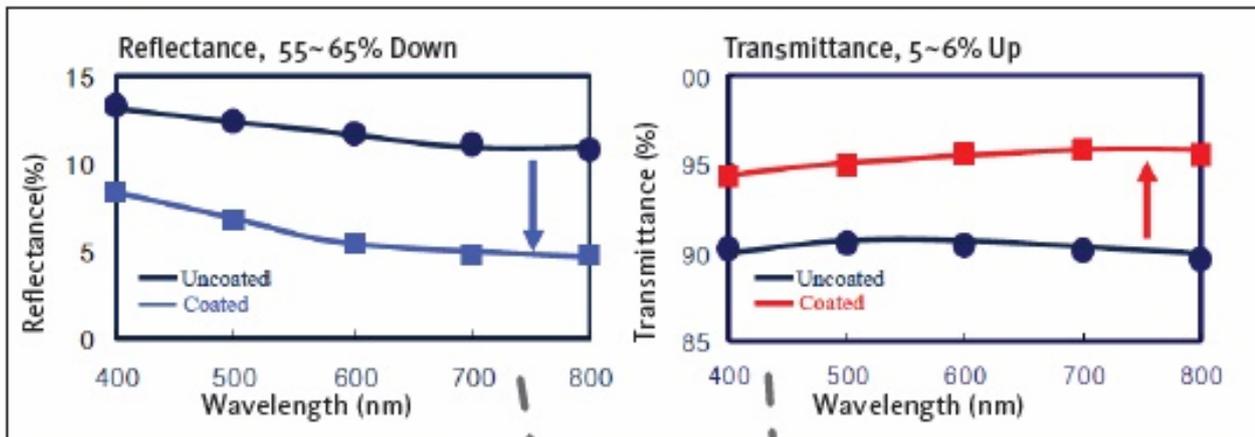
gradually. After enough exposure to light, the surface reaches super-hydrophilicity. In other words, it does not repel water at all, so water cannot exist in the shape of a drop, but spreads flatly on the substrate. The hydrophilic nature of titanium dioxide, coupled with the gravity, will enable the dust particles to be swept away following the water stream (rain), thus making the key feature of self-cleaning and easy-cleaning.

Photo-decomposition by Photocatalyst with Light  
Two activated species ( $O_2^-$ ,  $OH^\bullet$ ) produced on the surface of  $TiO_2$  with oxygen and water have strong redox power. By this action, Photocatalyst decomposes harmful organic materials into harmless carbon dioxide and water

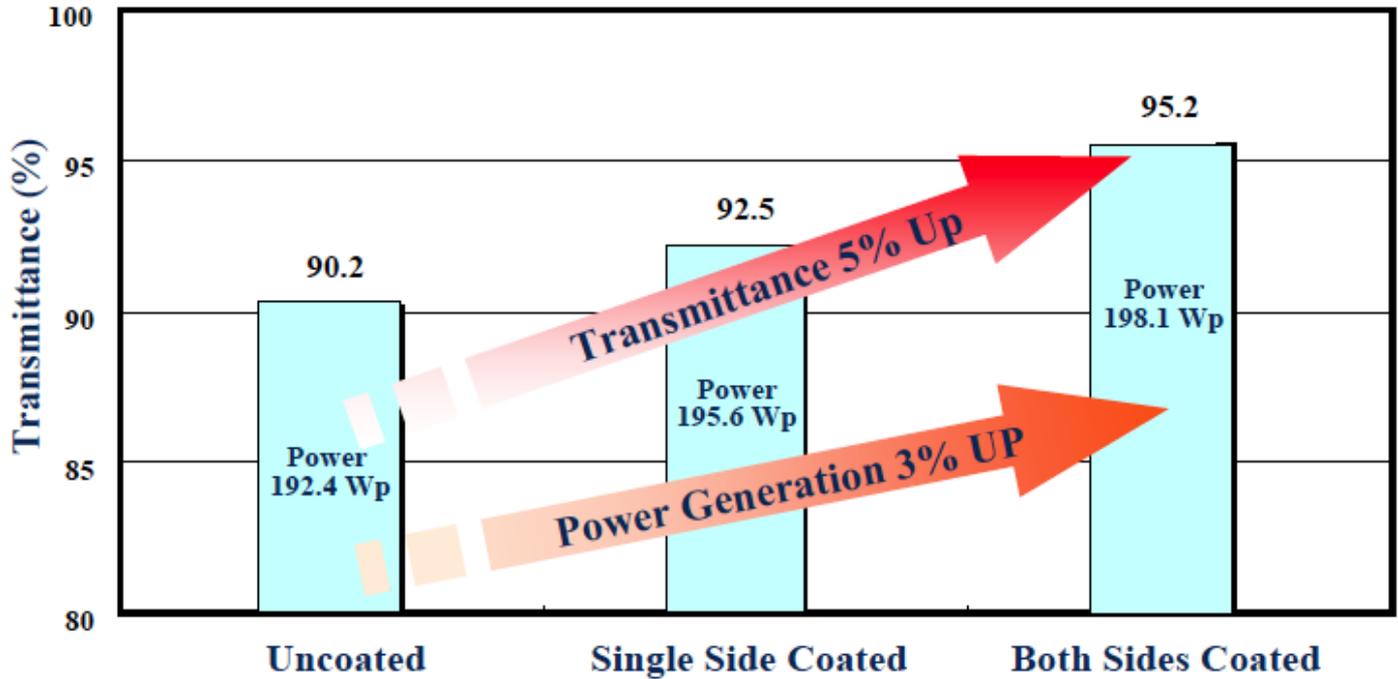


Photokatalytische Zersetzung von 2-propanol von verschiedenen Photokatalysatoren. Der Graph auf der rechten Seite zeigt, dass während der photokatalytischen Zersetzung von Azeton mehr  $CO_2$  produziert wird als von 2-propanol.

## Change of Transmittance and Reflectance after nanoproofed<sup>®</sup> Solar Photokat Spray Coating



## Messung der Transmission und Reflektion durch ein UV-Vis Spektrometer



Unterschied der Transmission und Reflektion zwischen Alkaliglas und Weißglas bei doppelseitiger Beschichtung

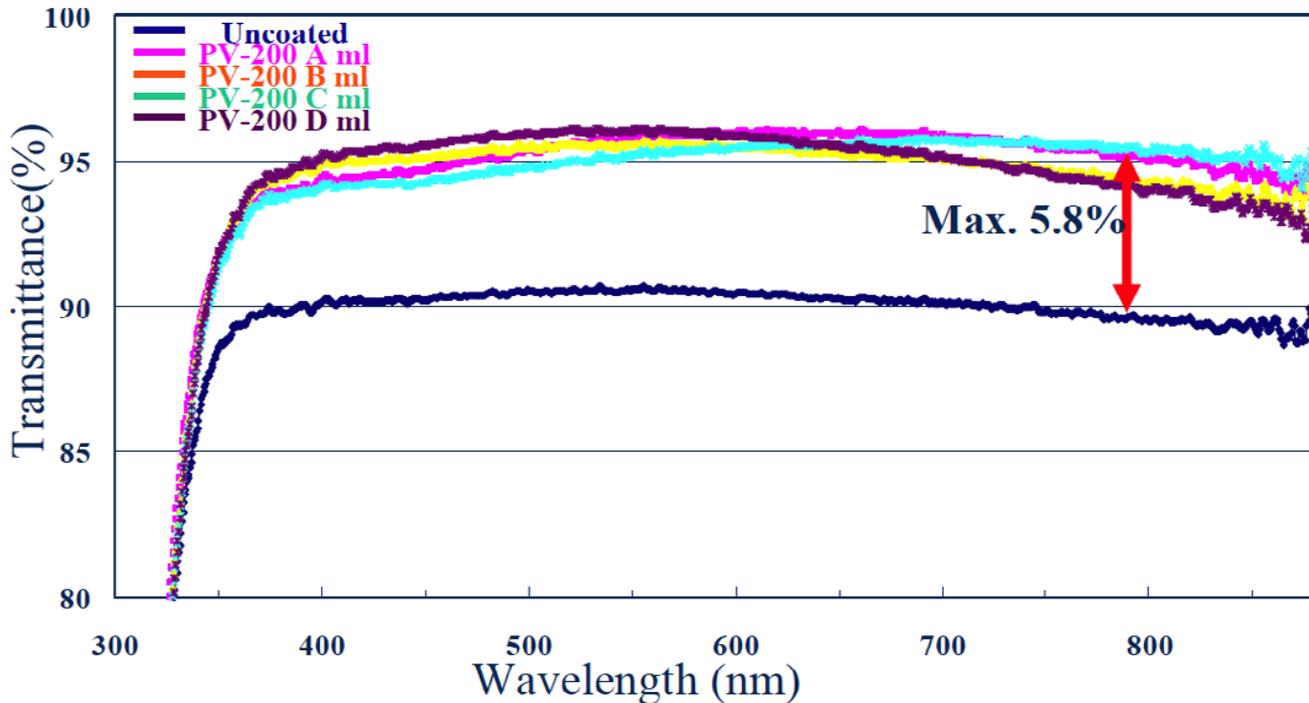
### Alkaliglas

Wellenlänge (nm)	Transmission (%)		Delta T	Reflektion (%)		Delta R
	Unbeschichtet	Beschichtet		Unbeschichtet	Beschichtet	
400	90.6	94.0	3.4	13.3	8.4	4.9
500	91.4	95.6	4.2	12.4	6.6	5.9
600	90.4	96.0	5.6	11.5	5.2	6.3
700	87.7	93.8	6.1	10.4	4.3	6.1
800	84.1	90.2	6.1	9.8	4.3	5.5

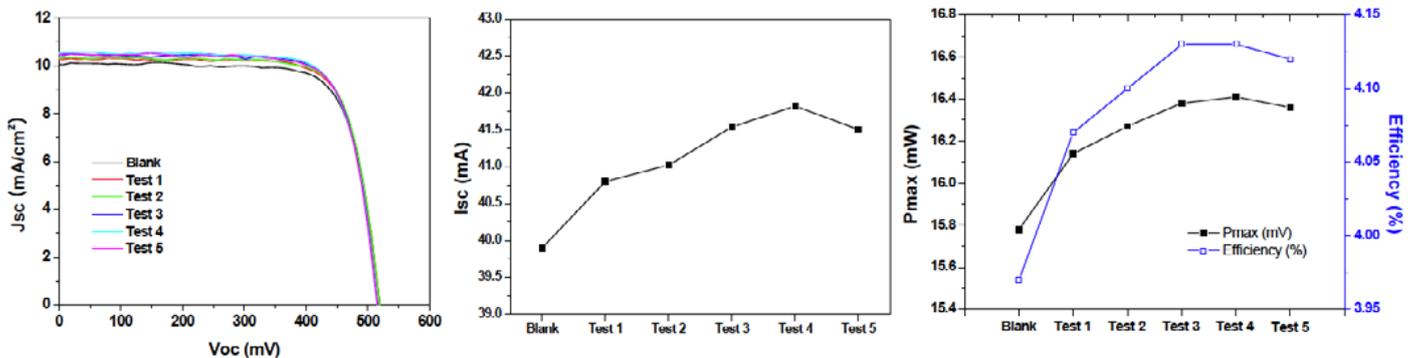
### Weißglas

Wellenlänge (nm)	Transmission (%)		Delta T	Reflektion (%)		Delta R
	Unbeschichtet	Beschichtet		Unbeschichtet	Beschichtet	
400	90.2	94.2	4.0	13.3	8.3	5.0
500	91.5	94.8	4.3	12.4	6.7	5.7
600	90.4	95.5	5.1	11.7	5.4	6.2
700	90.1	95.7	5.6	10.0	4.7	6.4
800	89.6	95.4	5.8	10.8	4.7	6.0

## Transmission von Weißglas in Abhängigkeit von der Auftragsmenge



## Einschätzung der I-V Kurve Durch Lichtsimulation

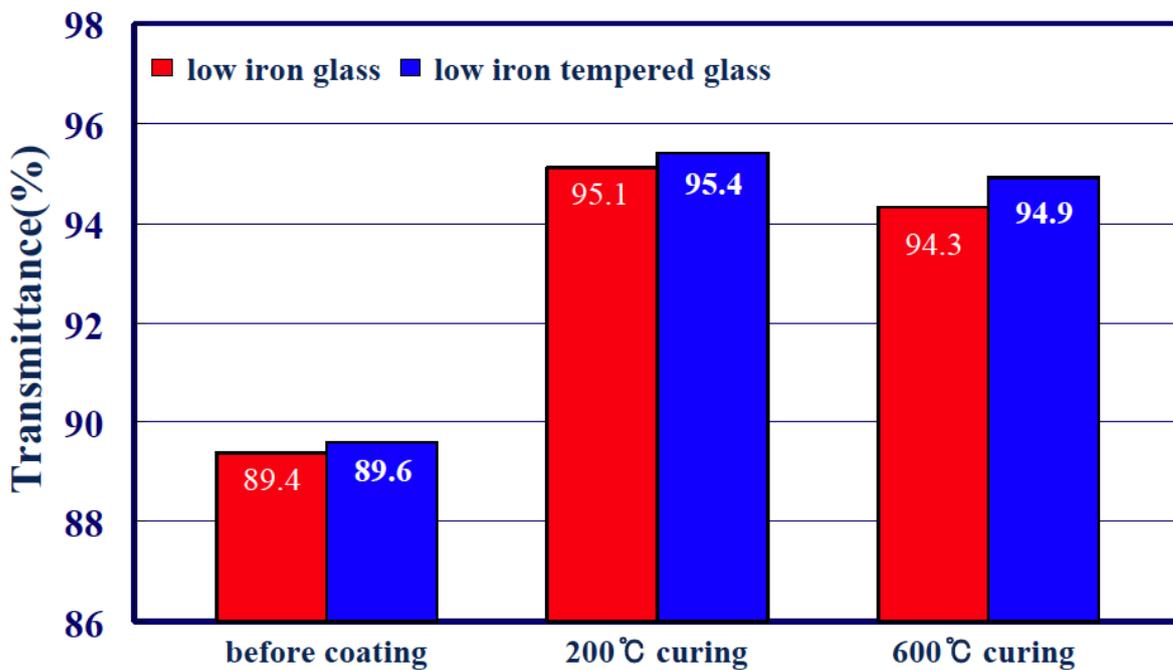


## Änderung der Energiegewinnung durch nanoproofed® protection Solar photokat exklusiv Beschichtungsmethoden auf temperiertem Weißglas

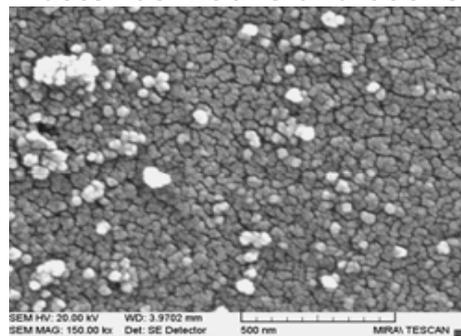
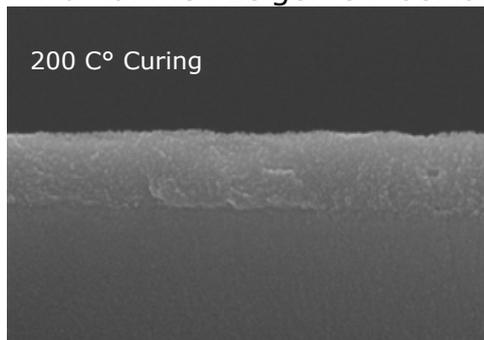
	$V_{oc}$ (mV)	$J_{sc}$ (mA/m <sup>2</sup> )	$I_{sc}$ (mA)	$P_{max}$ (mW)	$V_{max}$ (V)	$I_{max}$ (mA)	Fill Factor (%)	Efficiency (%)	Increasing Power (%)
Blank	519.202	10.050	39.898	15.780	0.423	37.300	76.18	3.97	0.00
Test 1	519.180	10.277	40.799	16.140	0.423	38.150	76.19	4.07	2.28
Test 2	519.112	10.333	41.020	16.270	0.435	37.400	76.41	4.10	3.11
Test 3	516.035	10.464	41.540	16.380	0.420	39.010	76.43	4.13	3.80
Test 4	515.223	10.534	41.822	16.410	0.419	39.160	76.15	4.13	3.99
Test 5	515.151	10.455	41.505	16.360	0.420	38.940	76.49	4.12	3.68

\* Die Daten zeigen eine Leistungssteigerung von ca. 4% durch auftragen von Solar photokat exklusiv

Differenzen in der Transmission durch unterschiedliche Temperaturen  
 Dieses Experiment zeigt den Transmissionsunterschied durch unterschiedliche Temperaturen auf der Oberfläche. Das Aushärten bei höheren Temperaturen verstärkt die Bindungskraft an das Glas im Vergleich zur Aushärtung bei niedrigeren Temperaturen.  
 Durch aufsprühen von **nanoproofed<sup>®</sup>** protection Solar Photokat exklusiv, wird der Transmissionseffekt um mehr als 3% erhöht, das bedeutet, dass die Aushärtungstemperatur nicht der Hauptfaktor für die Änderung der Transmission ist.

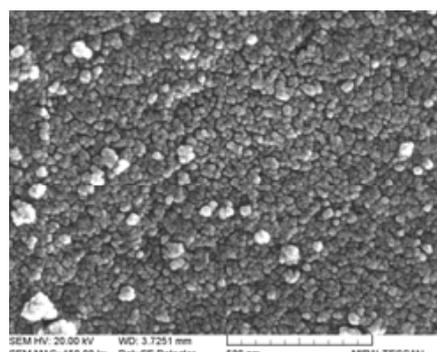
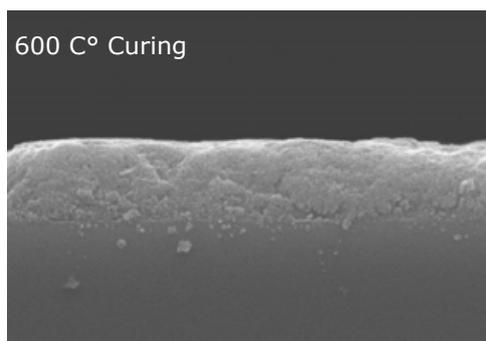


FE-REM Aufnahmen zeigen ein beinahe gleiches Muster bei 200°C und 600°C

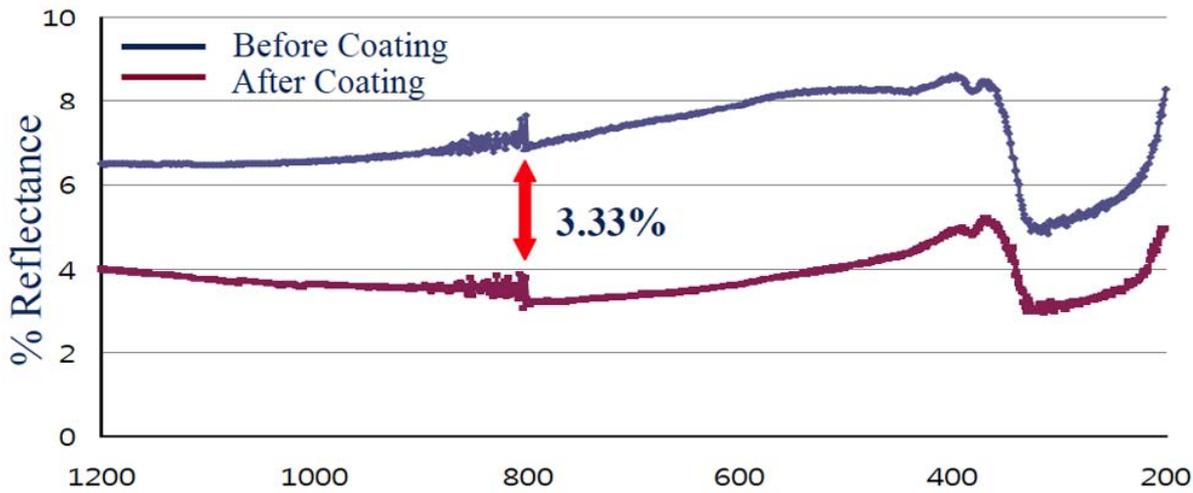


Cross section

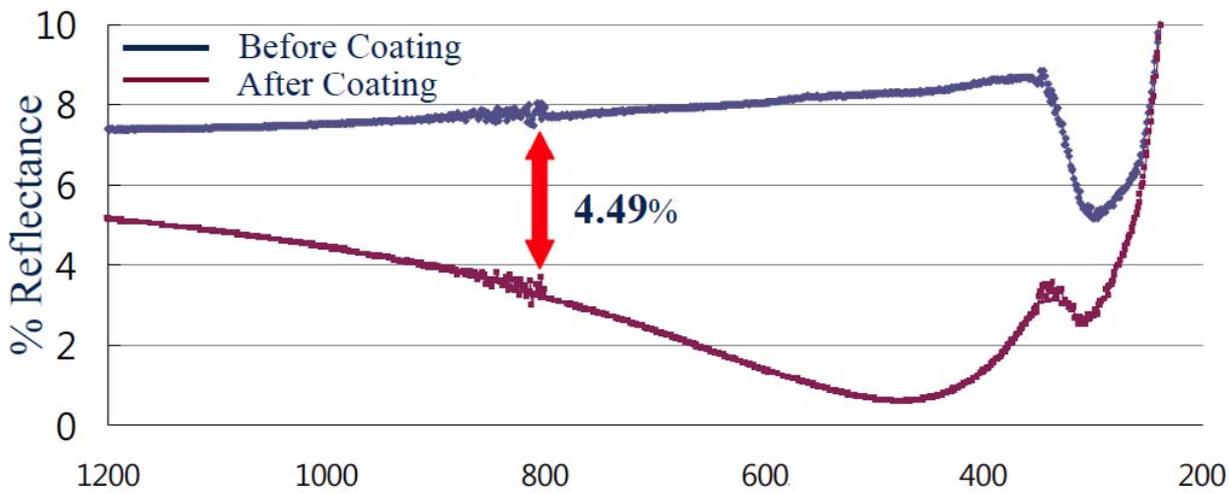
Surface



## Änderung der Lichtreflektion durch die Schichtdicke



2) Reflektion bei einer Schichtdicke von 76.7nm



3) Messung der Schichtdicke durch ein Oberflächenprofilmeter (Dicke = 76.7nm, 0% R = 4.49%)



## Verlässlichkeitstest von Solar Photokat exklusiv, Beschichtetes Weißglas

Änderung des Glases nach Feuchtwärmeprüfung (80°C, 80%RH, 250 Std.)

**Freiland-  
Bewitterungstest**  
Bedingungen  
Ort : Gebäudedach  
Zeit : 56 tage  
(IEC 61215)

**Feuchtwärmeprüfung**  
Bedingungen  
Temp. : 85C°  
Feuchtigkeit : 85% RL  
Zeit: 1,000 Std.  
(IEC 61215)

**UV  
Test**  
Bedingungen  
Intensität : 25 mW/cm2  
Zeit : 60 Std.  
(IEC 61215)

### Ergebnisse (Einheit: Wp)

Test	Vorher-Test	Nachher-Test	Unterschied	Urteil
Freilandbewitterungs- Test	204.7	205.3	+0.6	Exzellent
	195.2	197.0	+1.8	Exzellent
Feuchtwärmeprüfung	196.9	195.9	-1.0	Gut
UV Test	6.764	6.782	+0.018	Exzellent

Art	Wasser-Alkohol Dispersion
Aussehen	Opaleszierendes Kolloid
Liquide	Wasser – Alkohol
Partikelgröße (nm)	15 ~ 25
Feststoffgehalt (%)	1.6 ± 0.1
PH	3 – 5
Viskosität (cps, 20°C)	Max 10
Applikationsverfahren	Sprühen
Trocknungsbedingung	150 ~ 200 °C/15 min
Lagerfähigkeit	12 Monate (10 – 20°C)
Bleistifthärte	-> 7H

## Veränderung der Oberfläche nach Feuchtwärmeprüfung (80°C, 80%RH, 250h)

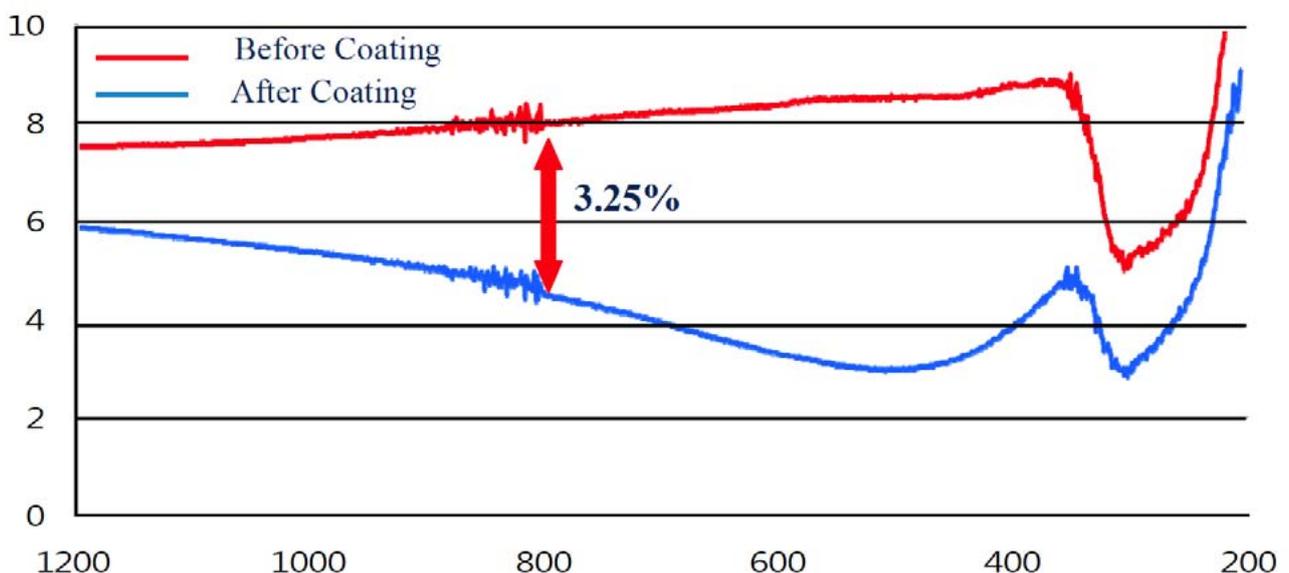


Nach dem Aussenstest wurde das unbeschichtete Material an der Oberfläche Beschlagen, die beschichtete Oberfläche blieb nahezu unverändert. Das bedeutet, dass das Beschichtungsmaterial das einsickern von Natriumionen aus dem Glas in die Oberfläche verhindert.



Die Unbeschichtete Oberfläche wurde hydrophil nach dem einsickern der Natriumionen durch den Aussenstest.

## Messung der Reflektion nach dem Feuchtwärmetest (80°C, 80%, 250 Std.)



## Umwelttest mittels Q-UV

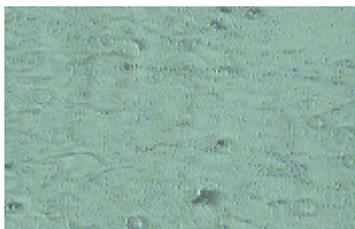
(Bedingungen: Q-Lab, UV-B, 0.67W/m<sup>2</sup>, 60°C)

Es wurde keine ernsthafte Beschädigung der Oberfläche während des Q-UV Tests bemerkt

Änderung des Kontaktwinkels während des Q-UV Tests			
Zeit (Std.)	Unbeschichtet	Beschichtet (60ml/m <sup>2</sup> )	Beschichtet (100ml/m <sup>2</sup> )
0	22.0	>5	>5
400	28.7	>5	>5
800	34.5	>5	>5
1200	47.9	>5	>5
1600	52.4	>5	>5
2000	53.8	>5	>5
2400	58.0	10.5	>5
2800	58.6	17.4	>5
3200	55.7	20.5	5.8
3600	53.7	20.5	14.2
4000	55.3	21.8	16.2
4400	51.7	20.3	14.4

## Test der Bleistifthärte nach 4000 Std. durch Q-UV Test

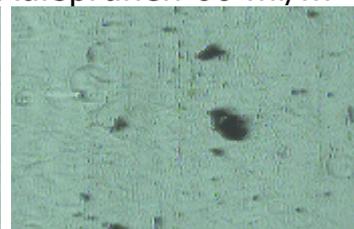
Beschichtung Durch Aufsprühen 60 ml/m<sup>2</sup>



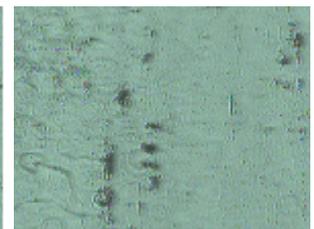
Coating surface



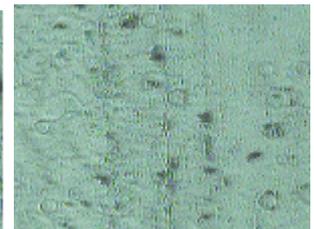
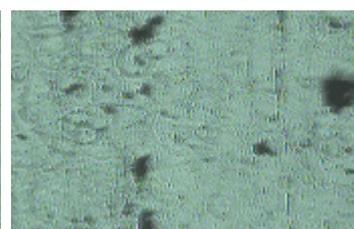
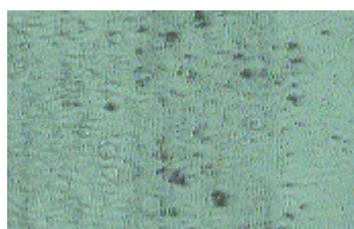
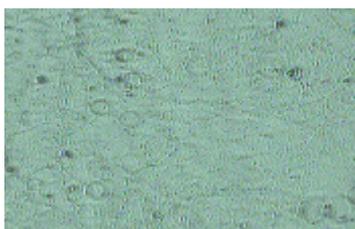
Pencil - 7H



Pencil - 8H



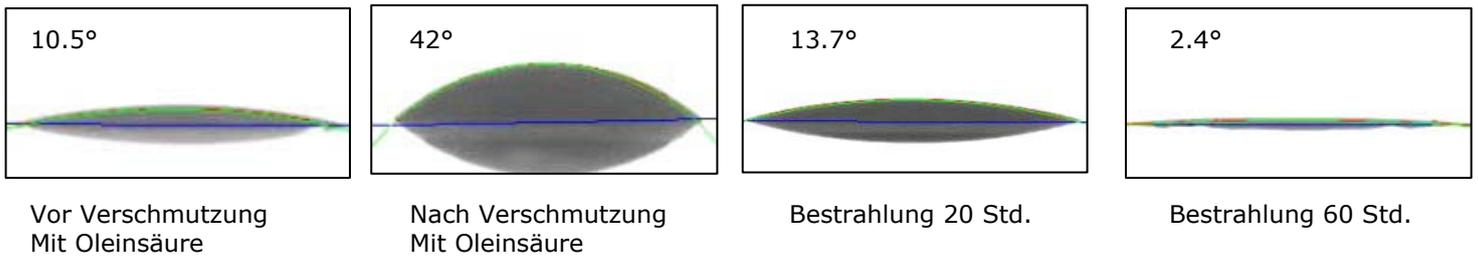
Pencil 9H



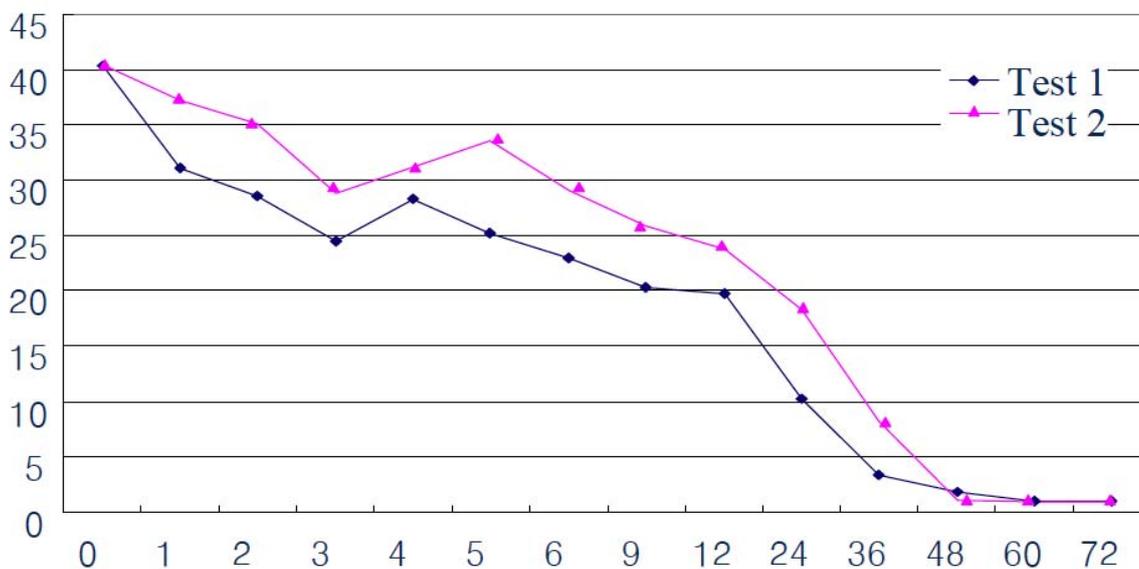
Beschichtung Durch Aufsprühen 100 ml/m<sup>2</sup>

## Selbstreinigungseffekt (Antifoulingeffekt)

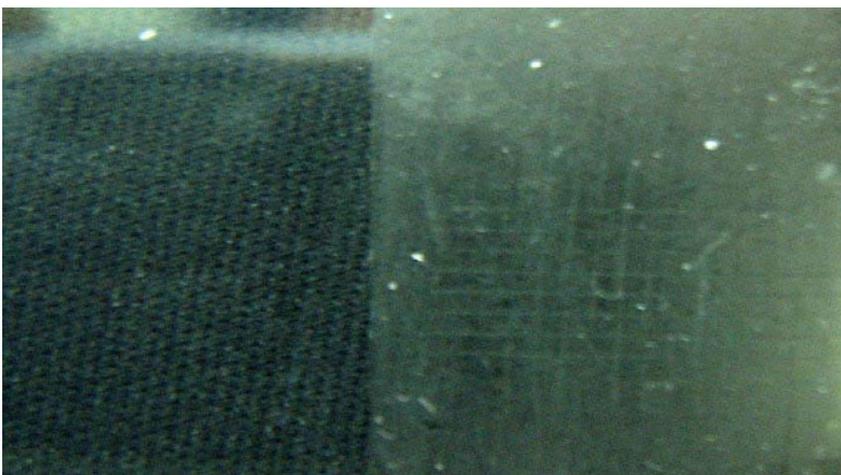
Photokatalytische Zersetzung von Oleinsäure durch Solar Photokat exklusiv



Veränderung des Wasser-Kontaktwinkels Durch die Zersetzung von Oleinsäure



## Gitterschnitttest (Adhäsionstest)



- Testbedingungen
    - ASTM D3000, Gitterschnitttest (Schnittbreite 1.0 mm 10x 10)
    - Untergrund: Alkaliglas
- Beschichtet mit: Solar photokat exklusiv  
Durch Aufsprühen

## Abrasionsbeständigkeitstest

### 1) Test Method

Rubbing Material ; Cotton Cloth

Loading Weight ; 500g

Moving Distance ; 100mm

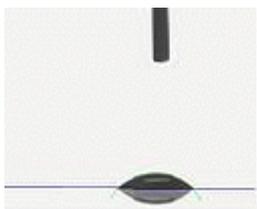
Number of Cycle ; 30 Cycles

The Scheme of Abrasion Test for nanoproofed® protection Solar Photokat exklusiv

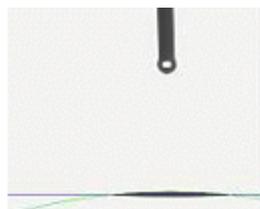


Substrate				Coating layer peeling)	Remark
	0 cycle	10 cycles	30 cycles		
Glass	6	7	8	no	Spray

\* Uncoated glass :  $\theta = 43^\circ$



(a) Unbeschichtetes Glas



(b) 0 Zyklen



(c) 10 Zyklen



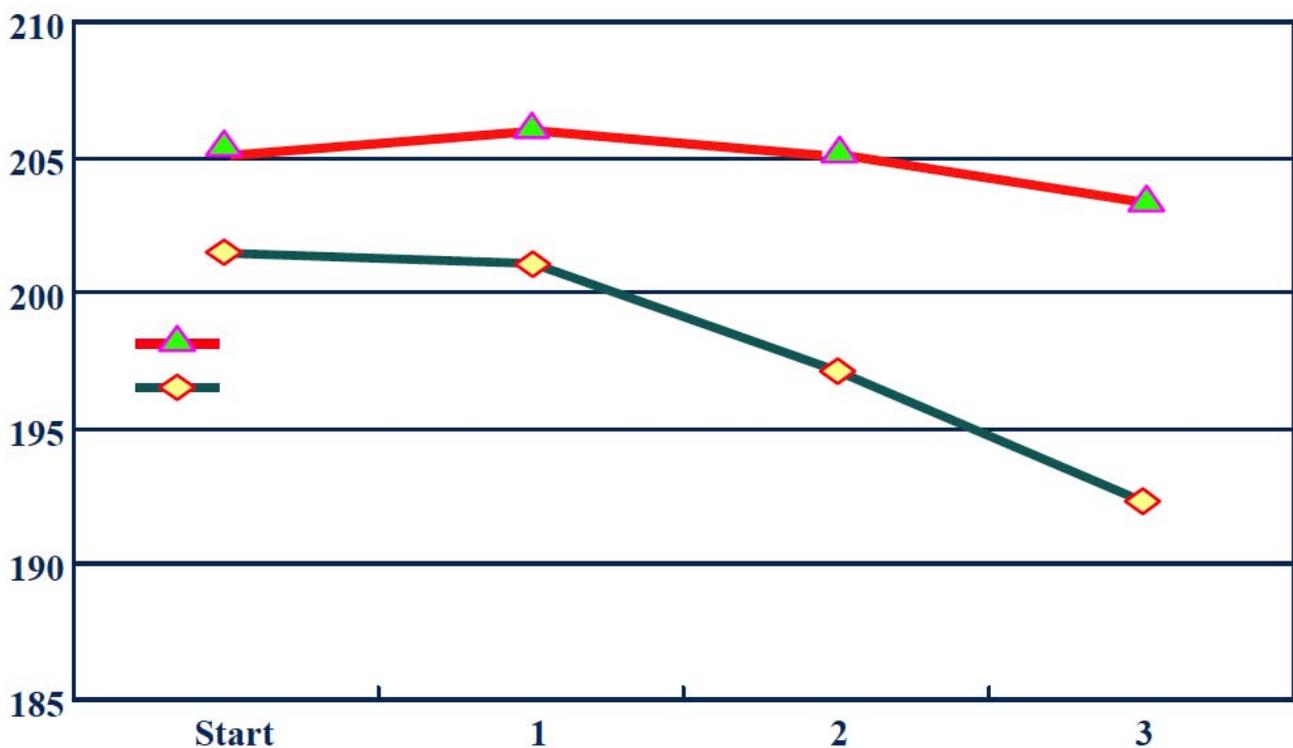
(d) 30 Zyklen

Analyse des Kontaktwinkels nach Abrasionstest mit Solar Photokat exklusiv beschichtetem Glas

Art	Wasser-Alkohol Dispersion
Aussehen	Opaleszierendes Kolloid
Liquide	Wasser - Alkohol
Partikelgröße (nm)	15 ~ 25
Feststoffgehalt (%)	1.6 ± 0.1
PH	3 - 5
Viskosität (cps, 20°C)	Max 10
Applikationsverfahren	Sprühen
Trocknungsbedingung	150 ~ 200 °C/15 min
Lagerfähigkeit	12 Monate (10 - 20°C)
Bleistifthärte	-> 7H

## Effekt von Solar Photokat exklusiv

In Aussenbewitterungstest zeigten mit Solar Photokat exklusiv beschichtete Module ca. 3% gesteigerte Effizienz als die nicht beschichteten Module, aufgrund der gesteigerten Transmission im Anfangsstadium. Nach 3 Monaten lag die Differenz zwischen den beschichteten und unbeschichteten Modulen bereits bei über 5 % mehr Energiegewinnung durch die mit Solar photokat exklusiv beschichteten Module durch den Selbstreinigungseffekt.



Energiegewinnung eines jeden mit Solar Photokat exklusiv beschichteten PV Moduls bietet 3 außergewöhnliche ökonomische Vorteile: Erstens: Mehr Energiegewinnung durch die Steigerung der Transmission. Zweitens: Mehr Energiegewinnung durch Selbstreinigung und zu guter letzt: Schutz vor Luftverschmutzung deckt die anfänglichen Kosten einer photokatalytischen Behandlung.

Kosten einer photokatalytischen Behandlung

Energiegewinnung durch erhöhte Transmission

Energiegewinnung durch Selbstreinigung

Schutz vor Umweltverschmutzung durch Abgase

## Anwendung von Solar Photokat exklusiv

### Vorbehandlung

1. Angemessene Vorbehandlung der Oberfläche vor der Beschichtung sollte für eine bessere Leistung der Beschichtung und längere Haltbarkeit beachtet werden
  2. Bitte reinigen Sie die Oberfläche von Staub und Ölrückständen mit neutralem Reiniger, Wasser oder Ceroxid.
  3. Lagern Sie die Oberflächen sorgsam vor der Beschichtung. Kratzer oder andere Schäden auf der Oberflächen können zu Defekten der Beschichtung führen.
- Empfohlene Beschichtungsausstattung

1. Für die Massenfertigung ist eine Beschichtungsstraße erhältlich.



## Zusammenfassung der Eigenschaften von Solar Photokat exklusiv

Energiegewinnung	200Wp Level Modul	3% <
Transmission	Weißglas 3.2 mm	5% <
Reflektion	Weißglas 3.2 mm	4% <
Aussenbewitterung	50 Tage	Exzellent
Feuchtwärmetest	Temp.: 85°C, RL 85%	Gut
UV-Test	25mW/cm <sup>2</sup> , 60 Std.	Exzellent
Q-UV Test	0.67 mW/cm <sup>2</sup> , 4400 Std.	Exzellent
Adhäsionstest	ASTM D3002	Exzellent
Bleistifhärtestest	Gewicht: 1000g	Gut
Abrasionstest	500g, 30 Zyklen	Exzellent
Hydrophilizitätstest	Oleinsäure (Ölsäure)	Exzellent

## Anwendungsgebiete für beschichtetes Glas



Solarzellen

Gewächshäuser

Solarwärme

BIPV/DSSC

Gebiete benötigen gute Transmission und Blendschutzeigenschaften

Photokatalytische Beschichtungslösung als  
Transmissionsteigerung für Weißglas, Poly.Silicat-Oberflächen  
und FTO-Glas für Solarzellen.