

# **Glasabdeckungen für Flachkollektoren mit kombinierter Antischmutz- und Antireflexbeschichtung**

M. H. Jilavi, H. Arndt, M. Mennig, K. Moh, M. Naumann, H. Schmidt

## **INM - Leibniz-Institut für Neue Materialien**

Im Stadtwald, Gebäude 43A, 66123 Saarbrücken

Tel.: (+49 (0)681) 9300-313/314 , Fax: (+49 (0)681) 9300-223

E-Mail: [contact@inm-gmbh.de](mailto:contact@inm-gmbh.de)

Internet: <http://www.inm-gmbh.de>

Danjana Theis, Thomas Bischoff, Christian Schorn, Bernd Schurich, Horst Altgeld

## **IZES - Institut für ZukunftsEnergieSysteme**

an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes

Goebenstr. 40, 66117 Saarbrücken

Tel.: (+49 (0)681) 58 91-831, Fax: (+49 (0)681) 58 67-303

E-Mail: [theis@izes.de](mailto:theis@izes.de); [tzb@izes.de](mailto:tzb@izes.de)

Internet: <http://www.izes.de>

### **1. Einleitung**

Seit ca. drei Jahren werden in Flachkollektoren Glasabdeckungen mit Antireflexbeschichtungen eingesetzt /1/. Dies ist mittlerweile Stand der Technik und es werden damit Verbesserungen der solaren Transmission von bis zu 5 % erreicht, die in entsprechenden Steigerungen des Kollektorkonversionsfaktors und –ertrags resultieren.

Es haben sich dabei im wesentlichen zwei Verfahren etabliert. Ein von Sunarc entwickeltes Ätzverfahren /2/, das auf den Oberflächen der behandelten Gläser eine den Brechungsindex reduzierende Porosität erzeugt, sowie ein von Flabeg /3/ angewandtes Tauchverfahren, bei dem eine Entspiegelungsschicht aufgetragen wird. Dem Kunden stehen derzeit Flachkollektoren zur Verfügung, deren maximale Wirkungsgrade bei mittlerweile ca. 85% liegen und deren Erträge gegenüber Kollektoren mit Standard-Solargläsern um 8-10% gesteigert sind.

## **2. Motivation und Zielsetzung**

Trotz der Anstrengungen, die Wirkungsgrade solarthermischer Systeme und deren Komponenten weiter zu erhöhen, werden Langzeiteffekte, die zu einer Verschlechterung der Funktionalität oder auch der Leistungsfähigkeit führen können, teilweise vernachlässigt. In der Praxis sind die fachgerechte Installation und die Zuverlässigkeit der Solaranlage wesentlich bedeutendere Faktoren, als die vom Hersteller häufig als Verkaufsargument angepriesenen simulierten Kollektorerträge. In der Konsequenz darf auch nicht die mit den Jahren fortschreitende Verschmutzung der Solarkollektoren vernachlässigt werden. Hochleistungsanlagen werden mit der Zeit zu durchschnittlichen Anlagen, die zwar noch immer ihren Zweck erfüllen, jedoch keineswegs die Leistungen erzielen, die für den Kunden vielleicht einmal kaufentscheidend waren. Die bisherigen Erfahrungen hinsichtlich der Verschmutzung von Kollektoren sind sehr unterschiedlich - so unterschiedlich wie die Umweltbedingungen, denen die Kollektoren ausgesetzt sind. Aufgrund von Langzeiterfahrungen bei installierten Anlagen /4/ und Langzeitalterungsuntersuchungen /5/ kann nach 10 bis 20 Jahren Betriebsdauer ohne Reinigung der Kollektoren (was zumindest bei privat eingesetzten thermischen Solaranlagen der Regelfall sein wird) von einer Verschlechterung der Transmission von 5 bis 10% ausgegangen werden, im Extremfall sind Einbußen von bis zu 20% möglich. Ein naheliegender Ansatz diesem Effekt entgegenzuwirken ist die Verwendung von selbstreinigenden Schichten auf Solarkollektorabdeckungen. Das IZES kooperiert dabei mit dem INM (Leibniz-Institut für Neue Materialien), das über große Erfahrung in der Aufbringung photokatalytischer, selbstreinigender Schichten auf unterschiedlichen Substraten verfügt. In der Theorie führt nun die Glasabdeckung mit kombinierter Antischmutz- und Antireflexschicht zu einem Kollektor, der über seine gesamte Lebensdauer seinen Wirkungsgrad, der im Bereich zwischen Kollektoren mit konventionellem Solarglas und Kollektoren mit beidseitiger Antireflexschicht liegen wird, halten kann. Über die Gesamtlebensdauer wird dies zu Kollektorerträgen führen, wie sie in der Praxis bislang im Regelfall nicht erreicht werden.

## **3. Resultate**

Für die Aufbringung der Antireflexschichten wurden zwei Ansätze verfolgt, für die photokatalytische Beschichtung wurde ein neuartiges, selbstorganisierendes

Gradientenmaterial des INM verwendet. Zur Beurteilung der optischen Eigenschaften der Schichten wurden Transmissionspektren aufgenommen.

### a) Antireflexschichten

Als ersten Entwicklungsschritt fertigte das INM Proben, bei denen in eine Sol-Gel Schicht auf Glas eine Mottenaugen-Mikrostruktur geprägt wurde (siehe Bild 1). Das geprägte Sol besteht aus organisch-anorganischen Nanokomposit-Materialien /6/. Bei diesem Verfahren ist es grundsätzlich nötig, ein organisch-anorganisches Material auf das Glas aufzubringen, in das mit einem Prägestempel die gewünschte Struktur eingebracht wird. Bei einseitiger Beschichtung des Glas-Substrats konnte eine Verbesserung der solaren Transmission von 1.5 % absolut

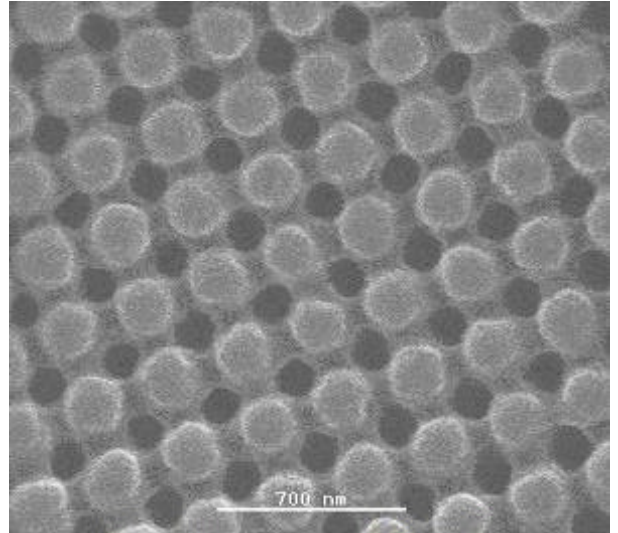


Bild 1: REM-Aufnahme einer geprägten Mottenaugenstruktur

gemessen werden. Der gemessene Effekt mag durch Optimierung bei der Herstellung noch zu verbessern sein, der experimentelle Aufwand zur Beschichtung von großen Substraten spricht zur Zeit jedoch grundsätzlich dagegen, den Mottenaugen-Ansatz weiter zu verfolgen. Als alternative Route wurden niedrigbrechende Antireflexschichten (Interferenzschichten) /7/ auf Basis von Magnesiumfluorid auf Glas appliziert. Aus den Transmissions-Spektren (Bild 2) geht hervor, dass die Transmission für einseitig beschichtetes Glas maximal um ca. 3% absolut erhöht wird. Bei einer beidseitigen Beschichtung können Transmissionsverbesserungen von 5.2% absolut gegenüber konventionellem Solarglas erreicht werden. Diese vielversprechenden Resultate konnten auch bei der Outdoor-Messung mittels eines Einstrahlungssensors für die Globalstrahlung bestätigt werden (Bild 3). Es handelt sich somit zumindest im Sinne der optischen Eigenschaften um konkurrenzfähige Schichten, deren Entwicklung weiter verfolgt werden wird.

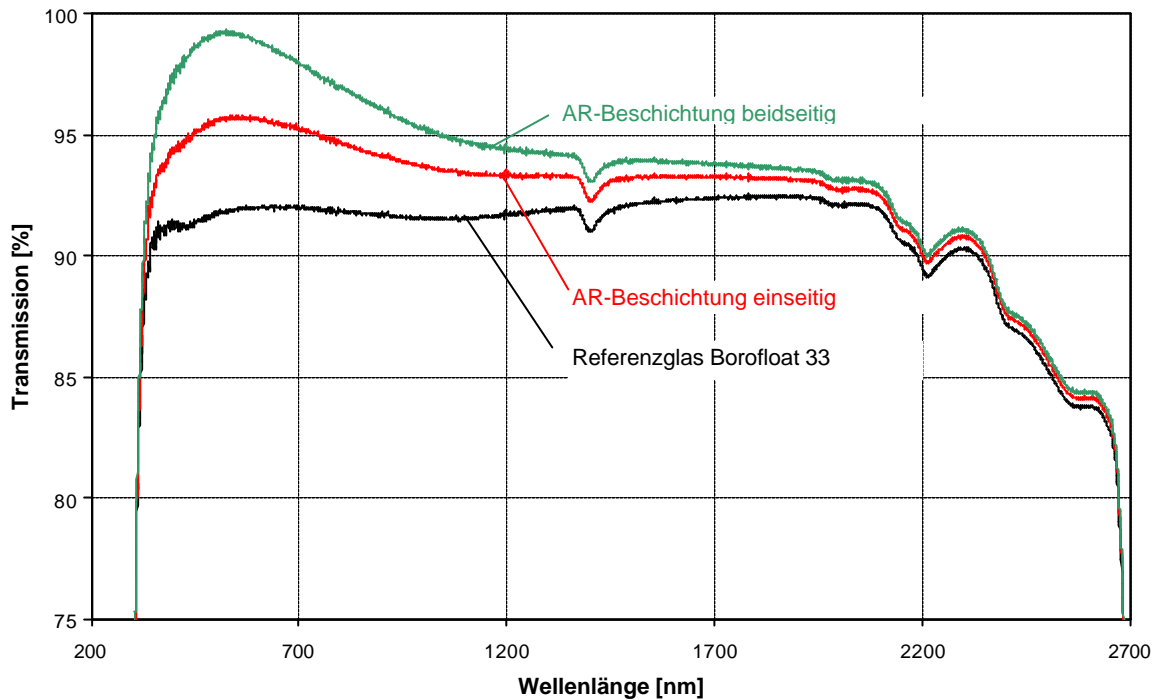


Bild 2: Transmissionsspektren von  $MgF_2$ -Schichten auf Glas.

## b) Photokatalytische Schichten

Neben der Beschichtung von Solargläsern mit Antireflexschichten wurden am INM auch photokatalytisch aktive Schichten in einem Sol-Gel Prozess auf diese Glassubstrate appliziert. Photokatalytische Schichten können organische Verschmutzungen durch einen lichtinduzierten katalytischen Prozess abbauen [8-]/[10]. Aufgrund der Superhydrophilie dieser Schichten werden – z.B. durch Regen – anorganische Ablagerungen unterspült und abgewaschen.

Es wurde eine am INM entwickelte Gradientenschicht aufgetragen [11], die zu keiner messbaren Verschlechterung in der solaren Transmission im Vergleich zu einem unbeschichteten Referenzglas führt.

Die Herstellung dieser hochtransparenten und gleichzeitig photokatalytisch aktiven Schicht resultiert aus einigen Besonderheiten des speziellen Gradientensystems, die nachfolgend aufgeführt werden:

- vollständig dispergierte, kristalline  $TiO_2$  Partikel
- Partikeldurchmesser < 10 nm
- thermodynamisch getriebene Anreicherung der Partikel an der Oberfläche

der Schicht.

Nachfolgend sind die Ergebnisse der am IZES durchgeführten Messungen der solaren Transmission (sowohl für Antireflexschichten, als auch photokatalytische Beschichtungen) aufgeführt.

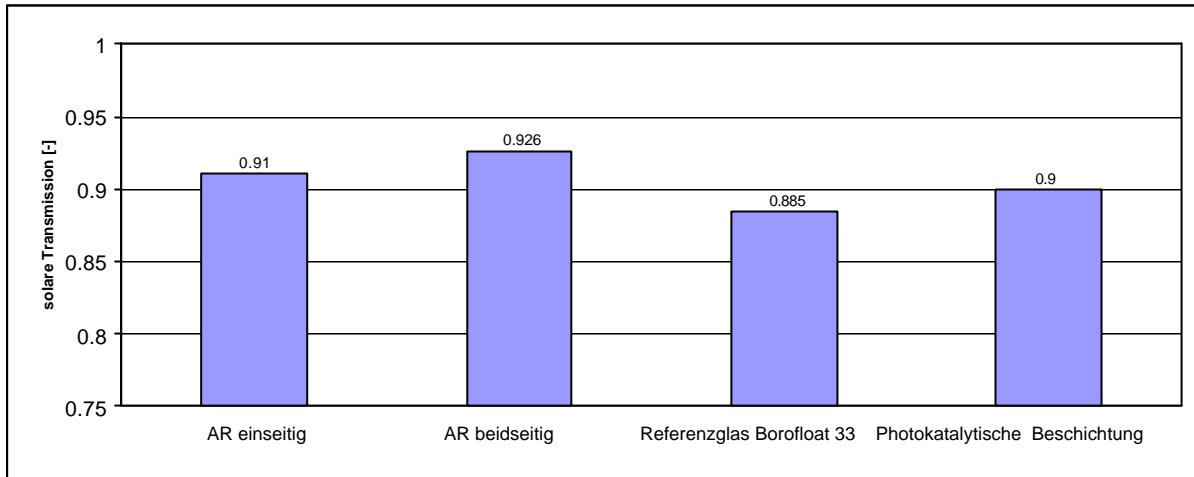


Bild 3: Solare Transmission der verschiedenen Beschichtungssysteme auf Glas

#### 4. Ausblick

Unter Laborbedingungen wurden Schichten entwickelt, die sich durch eine hohe Effizienz auszeichnen. Daneben muss in zukünftigen Arbeiten selbstverständlich die Langzeitstabilität und -funktionalität im Vordergrund stehen, die unter den besonderen Anforderungen einer Integration in einen Solarkollektor untersucht werden müssen.

An den Glasproben werden beschleunigte Alterungsprüfungen, mechanische Prüfungen und Verschmutzungsprüfungen durchgeführt und die Funktionalität der Antireflexschicht und der Antischmutzschicht ständig geprüft. Darüber hinaus werden in Kooperation mit einem Hersteller Kollektorprototypen gefertigt, die weiteren Leistungs- und Gebrauchstauglichkeitstests unterzogen werden.

#### 5. Literatur

/1/ Antireflexglas für solare Anwendungen, BINE Projekt-Info 03/02

/2/ Andreas Wagner, Industrielle Fertigung von Antireflexglas, OTTI - Elftes Symposium Thermische Solarenergie, 2001, OTTI - Elftes Symposium Thermische Solarenergie, Seite 124 ff., 2001

- /3/ Thomas Hofmann, Neuentwicklungen im Bereich Antireflexschichten für solare Anwendungen, OTTI - Elftes Symposium Thermische Solarenergie, Seite 130 ff., 2001
- /4/ F.A. Peuser, R. Croy, Langzeiterfahrungen mit thermischen Solaranlagen, ZfS - Rationelle Energietechnik GmbH, 1997
- /5/ U.Frei, Stefan Brunold, Thomas Häuselmann, Langzeit-Alterungsuntersuchungen an Abdeckungsmaterialien für thermische Sonnenkollektoren, Institut für Solartechnik Prüfung Forschung SPF
- /6/ H. Krug; B. Zeitz; P. W. Oliveira; H. Schmidt, Fabrication of Microlens Arrays From Sol-Gel Composites By Embossing Techniques; Advances in Science and Technology 11, 8<sup>th</sup> CIMTEC-World Ceramics Congress and Forum on New Materials Florence, Italy, 1994; ed. P. Vincenzini and G. C. Righini
- /7/ P. W. Oliveira; H. Krug; A. Franzen; M. Mennig; H. Schmidt, Generation of wet-chemical AR-coatings on plastic substrates by use of polymerizable nanoparticles; SPIE. 3136 „Sol-Gel Optics IV“, Editor: J. D. Mackenzie. SPIE, Bellingham/ Washington, 1997, 452 – 461
- /8/ A. Fujishima; K. Hashimoto; T. Watanabe, TiO<sub>2</sub> Photocatalysis: Fundamentals and Applications; Bkc, Inc.
- /9/ M. A. Fox; M. T. Dulay, Heterogeneous Photocatalysis; Chem. Rev., 1993, 93, 341-357
- /10/ A. Hagfeldt; M. Grätzel, Light-Induced Redox Reactions in Nanocrystalline Systems; Chem. Rev., 1995, 95, 49-68
- /11/ M. Akarsu; E. Arpac; H. Schmidt, Substrate mit photokatalytischer TiO<sub>2</sub>-Schicht Patent DE 10235803 A1, 19.02.2004