

## RAUHEITSSTRUKTUREN FÜR RESSOURCEN-SPARENDE BENETZUNGSEIGENSCHAFTEN

## ROUGHNESS STRUCTURES FOR RESOURCE-CONSERVING WETTING PROPERTIES

Eine Vielzahl von Oberflächen wird unter extensiver Verwendung von Chemikalien gereinigt. Beispiele dafür im Bereich Glasoberflächen sind u. a. Fensterscheiben, Duschkabinen, Spiegel und Optikkomponenten im Innen- und Außeneinsatz. Dies belastet in hohem Maße die Umwelt und könnte durch den Einsatz von Oberflächen mit einstellbaren Benetzungseigenschaften, bis hin zur Selbstreinigung (Abb. 1), erheblich reduziert werden. Neben der Reduktion der Belastung durch Reinigungsmittel liegt ein weiterer Schlüssel zur Ressourceneffizienz in einer effektiven Prozessgestaltung zur Herstellung derartiger Funktionsflächen.

Die Benetzung einer Oberfläche wird neben ihrer chemischen Natur wesentlich durch ihre Rauheit bestimmt. Rauheitsstrukturen im Mikrometer- und insbesondere im Nanometerbereich nehmen für die Funktionalität eine immer wichtigere Schlüsselrolle ein. Benetzungseigenschaften wie Ultrahydrophobie, Hydrophilie, Beschlagfreiheit etc. können über eine Vielfalt stochastischer, aber gezielt einzustellender Rauheiten erzeugt werden. Daraus folgt sowohl ein attraktives Potential technologischer Realisierungen als auch die Möglichkeit zur Verknüpfung mit optischer Qualität (z. B. für Glasoberflächen).

1 *Selbstreinigungseffekt an Glasoberfläche mit ultrahydrophober Beschichtung.*

Various surfaces are cleaned with extensive use of chemicals. For glass surfaces this concerns e.g. windows, shower cubicles, mirrors as well as optical components for indoor and outdoor applications. This considerable environmental impact could be significantly reduced by employing surfaces with adjustable wetting properties all the way to self-cleaning (Fig. 1). Besides reducing the economical impact through reduction of detergents, efficient manufacturing process strategies constitute another main key to resource conservation.

It is the roughness of a surface that, besides chemical composition, essentially governs its wetting properties. Roughness structures in the micro- and nano-ranges are hence gaining more and more importance for realizing the desired functionalities. Ultra-hydrophobic, hydrophilic, and anti-fog features can be achieved by a variety of stochastic, but deliberately tailored roughness characteristics. This results in a promising potential for technically fabricating such structures. Moreover, it even allows for linking the functional properties with optical quality (e.g. for glass surfaces). At the same time, novel challenges arise for appropriate characterization methods as well as simulation and modelling techniques.

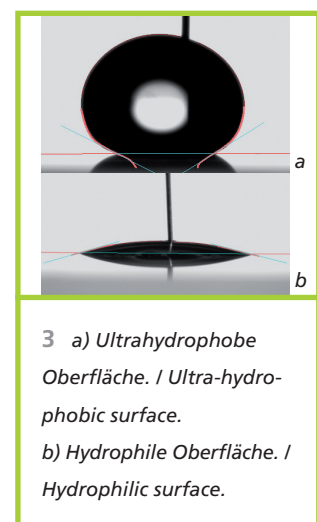
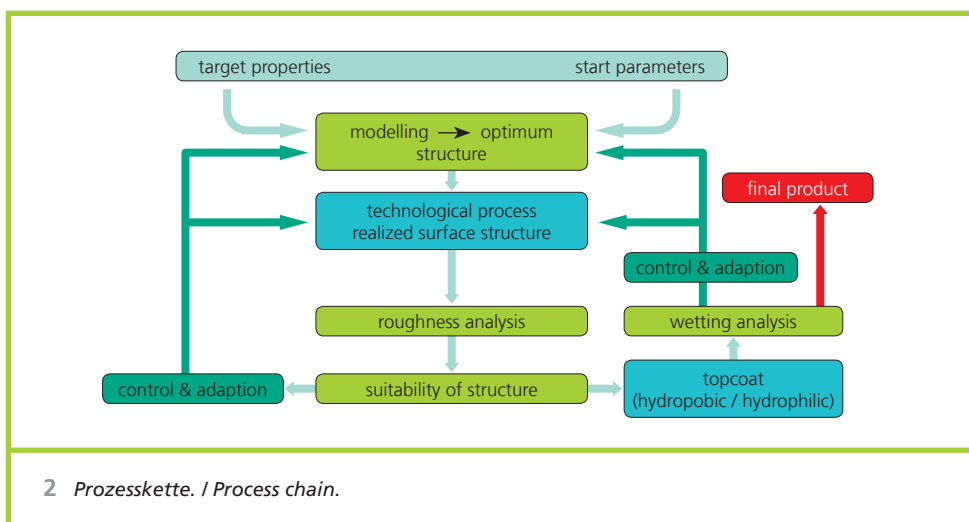
1 *Self cleaning effect on glass surface with ultra-hydrophobic coating.*

Damit verbunden sind neuartige Anforderungen an Charakterisierungsverfahren sowie Simulations- und Modellierungstechniken.

Um die Benetzungswirkung von Oberflächenstrukturen geeignet zu bewerten, ist die Kenntnis der relevanten Rauheitskomponenten der Struktur erforderlich. Am Fraunhofer IOF entwickelte flexible Modellierungsverfahren, Messtechniken und Analysemethoden /1/ ermöglichen nun sowohl die gezielte Vorgabe als auch die effiziente, belastbare Kontrolle von Rauheitsstrukturen für optimale Hydrophobie- und Hydrophilie-Eigenschaften. Dies können gängige Methoden zur Strukturbewertung durch Rauheitsparameter wie Rq, Ra etc. nicht leisten. Die direkte Verbindung von Simulation, Herstellungsprozess und Charakterisierung liefert die Grundlage für eine effektive Steuerung der gesamten Prozesskette (Abb. 2). Dadurch lassen sich umfangreiche technologische Prozessversuche und damit verbundener Energie- und Materialeinsatz maßgeblich reduzieren.

For appropriately assessing the wetting effects of surfaces structures, knowledge of the relevant roughness components is indispensable. With the flexible modelling, measurement and analysis tools developed at Fraunhofer IOF /1/ we are capable of predicting, defining and controlling roughness structures for optimal hydrophobic and hydrophilic properties. This cannot be accomplished by customary structure assessment methods using roughness parameters like Rq, Ra etc. The new direct link of simulation, fabrication and characterization constitutes a unique basis for efficiently triggering the entire process chain (Fig. 2).

With this approach, tailored wetting can be realized. This is represented e.g. by Sol-Gel coatings with adjustable nanoroughness for both ultra-hydrophobic and hydrophilic, anti-fog properties /2/. Figure 1 shows the self-cleaning effect of an accordingly fabricated ultra-hydrophobic surface after contamination by artificial soot. These surfaces exhibit advancing contact angles of 155° (Fig. 3a) and roll-off angles < 11°.





4

Nach dem oben genannten Lösungsweg lassen sich beispielhaft Sol-Gel-Schichten mit Nanorauheiten sowohl für ultrahydrophobe als auch hydrophile, beschlagfreie Glasoberflächen /2/ realisieren. Abbildung 1 zeigt den Selbstreinigungseffekt einer so hergestellten ultrahydrophoben Oberfläche nach Belegung mit Rußpartikeln. Diese Funktionsflächen weisen Fortschreite-Kontaktwinkel von  $155^\circ$  (Abb. 3a) und Abrollwinkel  $< 11^\circ$  auf.

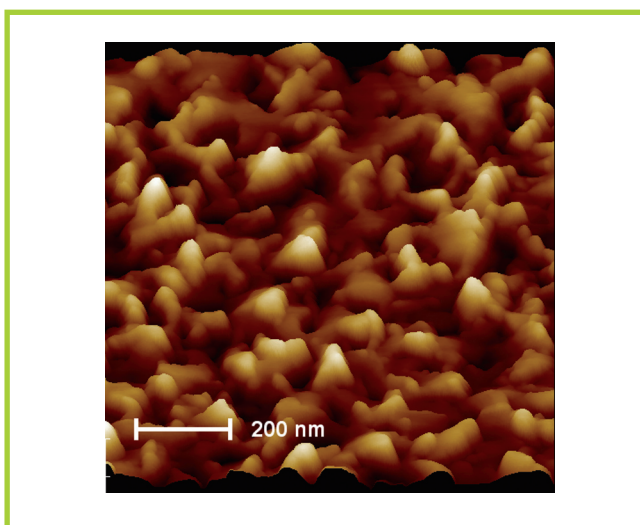
Gleichzeitig werden Streulichtverluste durch die gezielten Strukturvorgaben minimiert. Mit entsprechenden hydrophilen Oberflächen (Abb. 3b) lässt sich die in Abb. 4 deutliche Anti-Beschlagwirkung erzielen.

At the same time, as a result of the specific structural design, scattering losses are minimized. Corresponding hydrophilic surfaces (Fig. 3b) reveal the anti-fog effect demonstrated in Fig. 4.

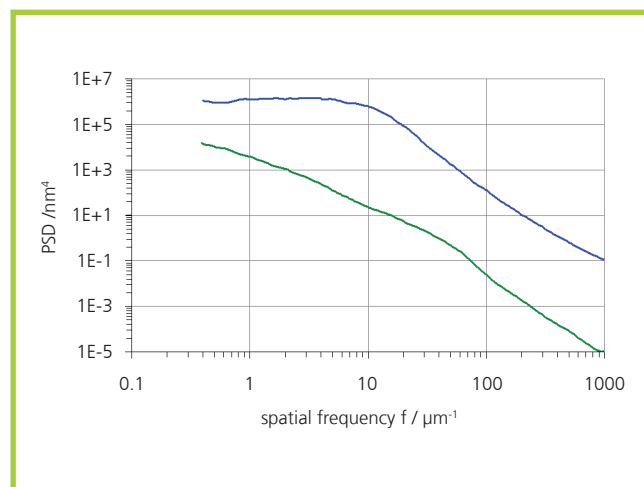
The nanostructure of the Sol-Gel coatings for both wetting types can be seen in Fig. 5, with subsequent roughness analysis through Power Spectral Density functions /3/ compared with the results for bare glass depicted in Fig. 6.

4 Beschlagtest: Banknote, betrachtet durch halbseitig hydrophil beschichtetes Glas (links: unbeschichtet, rechts: beschichtet).

4 Fogging-Test: bank note viewed through glass with (half-site) hydrophilic coating (left: uncoated; right: coated).



5 Nanostruktur der Sol-Gel-Schicht. / Nanostructure of the Sol-Gel coating.



6 PSD-Funktionen eines Glassubstrats (grüne Kurve) und einer Sol-Gel-Schicht (blaue Kurve). / PSD-functions of glass substrate (green graph) and Sol-Gel coating (blue graph).

Die Nanostruktur der Schichten für beide Benetzungsarten zeigt die AFM-Aufnahme in Abb. 5, die nachfolgende Rauheitsanalyse durch Power-Spectral-Density-Funktionen /3/ im Vergleich zum unbeschichteten Glas ist in Abb. 6 dargestellt.

Andere attraktive technologische Realisierungsmöglichkeiten des Lösungsweges werden derzeit u. a. auf der Basis rauer Sputterschichten entwickelt /4/. Weitere gegenwärtige Arbeiten betreffen die Ausdehnung der Methodik auf Rauheitsstrukturen funktionaler Metalloberflächen zur Reduktion von Kraftstoff- und Schmiermitteln /5/.

Other promising ways to implement the approach are currently being developed on the basis of rough sputtered coatings /4/. Further activities focus on extending the methodology to roughness structures of functional metal surfaces for fuel and lubricant reduction /5/.

#### **Literatur/References**

/1/ Flemming, M; Coriand, L.; Duparré, A.: Ultra-hydrophobicity Through Stochastic Surface Roughness, Journal of Adhesion Science and Technology 23 (2009) 381-400.

/2/ ETC Products GmbH im gemeinsamen Förderprojekt der Bayerischen Forschungstiftung, PHYSIS: Photonen-unabhängige hydrophile Schichten auf Glas.

/3/ Duparré, A.: Characterization of Surface and Thin-Film Roughness using PSD Functions, OSA Topical Meeting on Optical Fabrication and Testing, Rochester (2008), Tagungsband.

/4/ BMBF-Verbundprojekt KRONOS: Kratz- und schmutzresistente geformte Glasoberflächen durch steuerbar nanostrukturierte Sputterschichten.

/5/ BMBF-Verbundprojekt SmartSurf: Funktionale Laser-Mikrostrukturierung zur Verschleiß- und Verbrauchsreduktion hochbeanspruchter Bauteiloberflächen.

## **AUTHORS**

*Luisa Coriand*

*Monika Mitterhuber<sup>1</sup>*

*Angela Duparré*

*<sup>1</sup>ETC PRODUCTS GmbH*

## **CONTACT**

*Dr. Angela Duparré*

*Phone +49 3641 807-216*

*angela.duparre@iof.fraunhofer.de*