

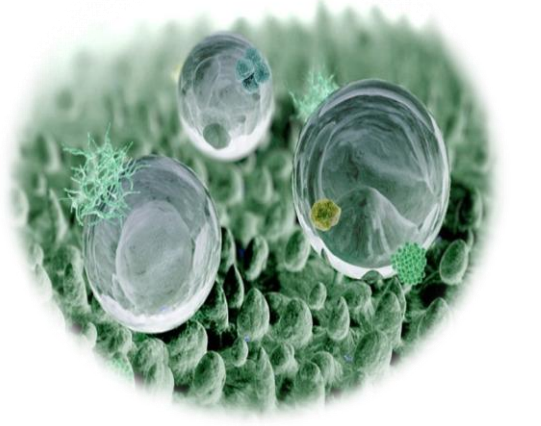
# Vergleichende Untersuchungen zur Präparation superhydrophober Aluminium-Oberflächen und ihrer Charakterisierung

Jiaqi Jia, Michael Thieme

## Einleitung

Das bekannteste superhydrophobe Phänomen in der Natur ist das Blatt der Lotuspflanze. Dieses Eigenschaftsprofil, das gemeinsam mit einer so genannten Selbstreinigungsfähigkeit auftritt, ist nicht primär biologischer, sondern physikalisch-chemischer Natur, auf dem Zusammenwirken von Mikrorauheit und bestimmten chemischen Merkmalen beruhend. Es ist seit Mitte der 1990er Jahre auf sehr unterschiedliche Materialoberflächen übertragen worden (Bionik) und ist für Wissenschaft und Technik von großem theoretischen wie praktischen Interesse. Superhydrophobe Oberflächen haben Kontaktwinkel von größer als 150° und außerordentlich geringe Abrollwinkel für Wassertropfen.

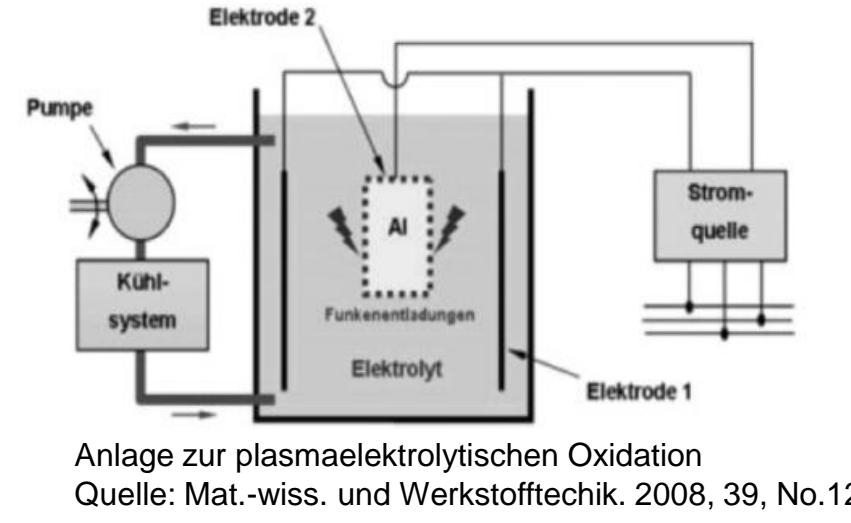
In dieser Arbeit wurden am Beispiel von AlMg1 unterschiedliche Verfahren der Aufrauung (anodische Oxidation, plasmaelektrolytische Oxidation) mit unterschiedlichen hydrophobierenden Substanzen bei verschiedenen Oberflächenmodifizierungsmethoden (Abscheidung von Dünnschichten, CVD-Abscheidungen) kombiniert. Zusätzlich zu verschiedenen Charakterisierungsmethoden (dyn. Kontaktwinkelmessung, REM, FT-IR) wurde eine Abriebbeanspruchung vorgenommen, um die mechanische Stabilität zu testen.



Computergrafik der Oberfläche des Lotusblatts  
Quelle: wikipedia

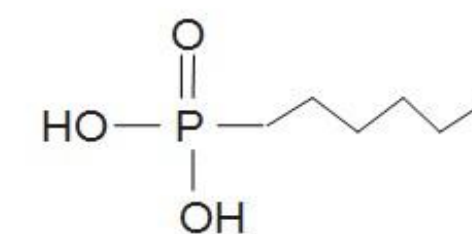
## Aufrauungsverfahren

- Anodische Oxidation: *SAAu* (Sulphuric Acid Anodisation under Usual Conditions) und *SAAi* (Sulphuric Acid Anodisation under Intensified Conditions) (TU Dresden)
- Plasmaelektrolytische Oxidation *PEO* (TU Chemnitz)

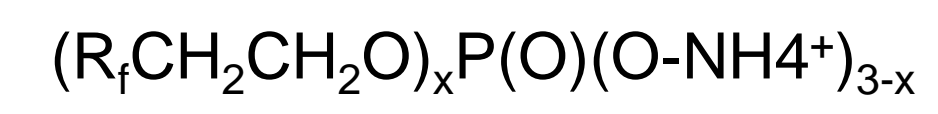


## Chemische Modifizierung

- Gelöste Modifizierungsmittel: TDPA, Zonyl FSP (DuPont)



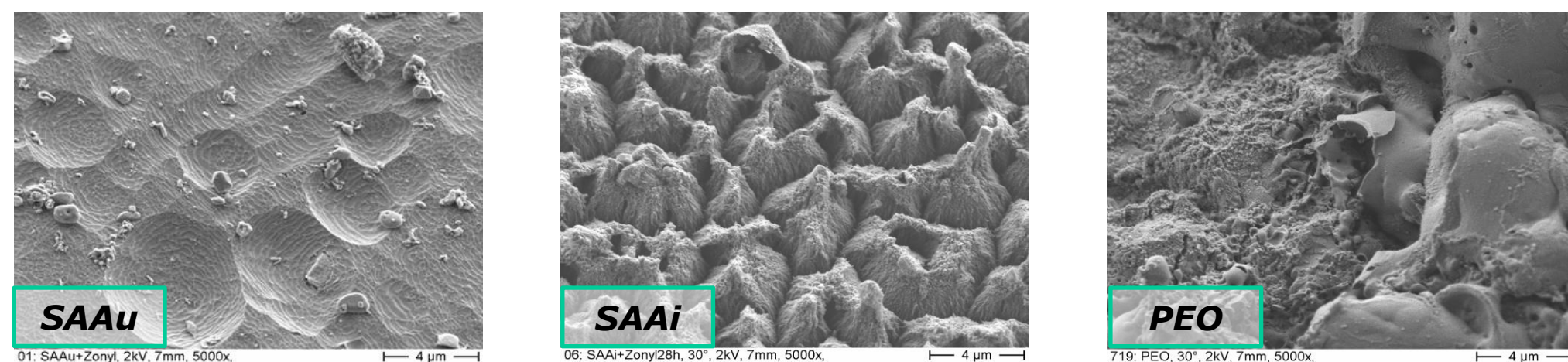
TDPA-Molekül



$$R_1 = F(CF_2CF_2)_{3-8}$$

Zonyl-FSP-Molekül

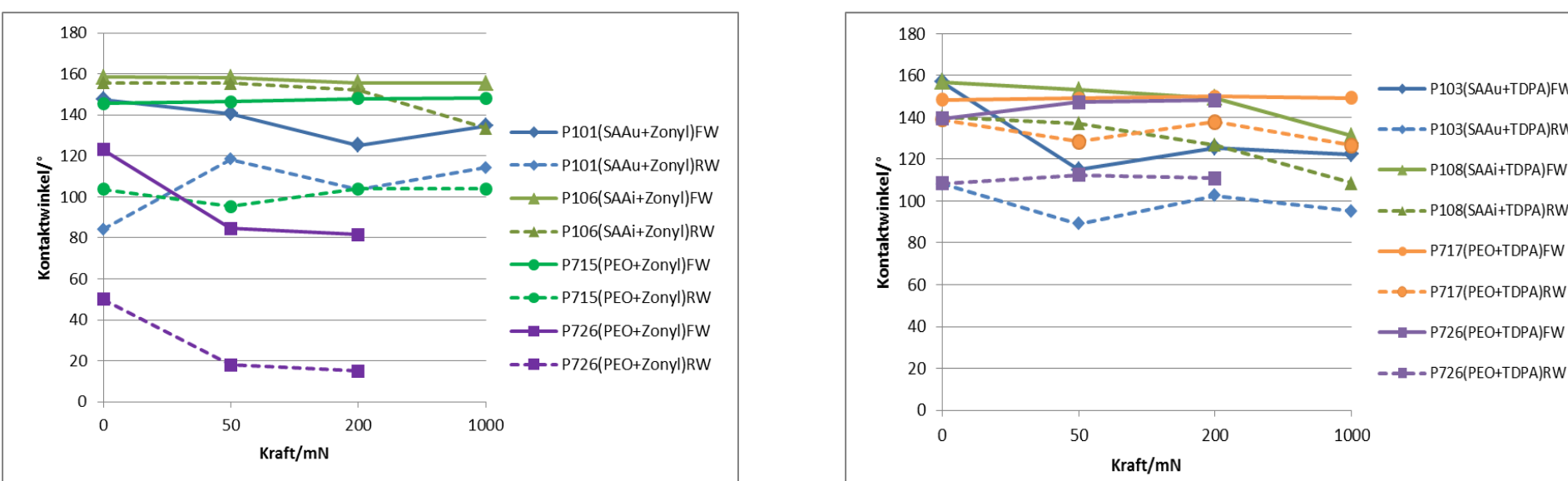
- Fluorpolymer-Beschichtungen: *PICVD1* (PE-CVD; Fa. Diener, Ebhausen), *PTFE-SC* (HFCVD; Fa. GVD Inc., Cambridge, USA) (als Referenz)
- Polysiloxan-Beschichtungen: *PICVD2* (PE-CVD; Fa. Diener, Ebhausen), *PSi* (i-CVD; Fa. GVD Inc., Cambridge, USA)



## Ergebnisse

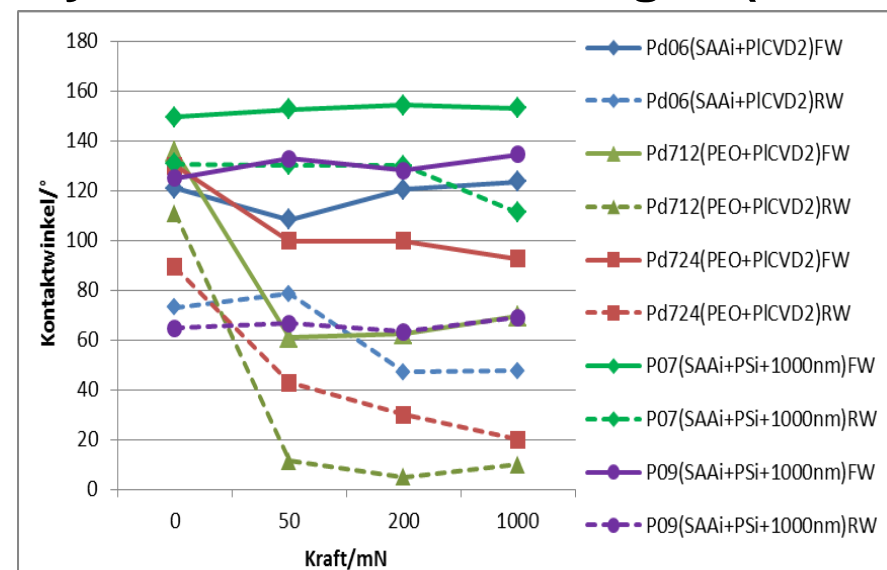
### Benetzungsverhalten nach Modifizierung und Abriebbeanspruchung

#### Lösungsgenerierte chem. Modifizierung (TDPA, Zonyl)



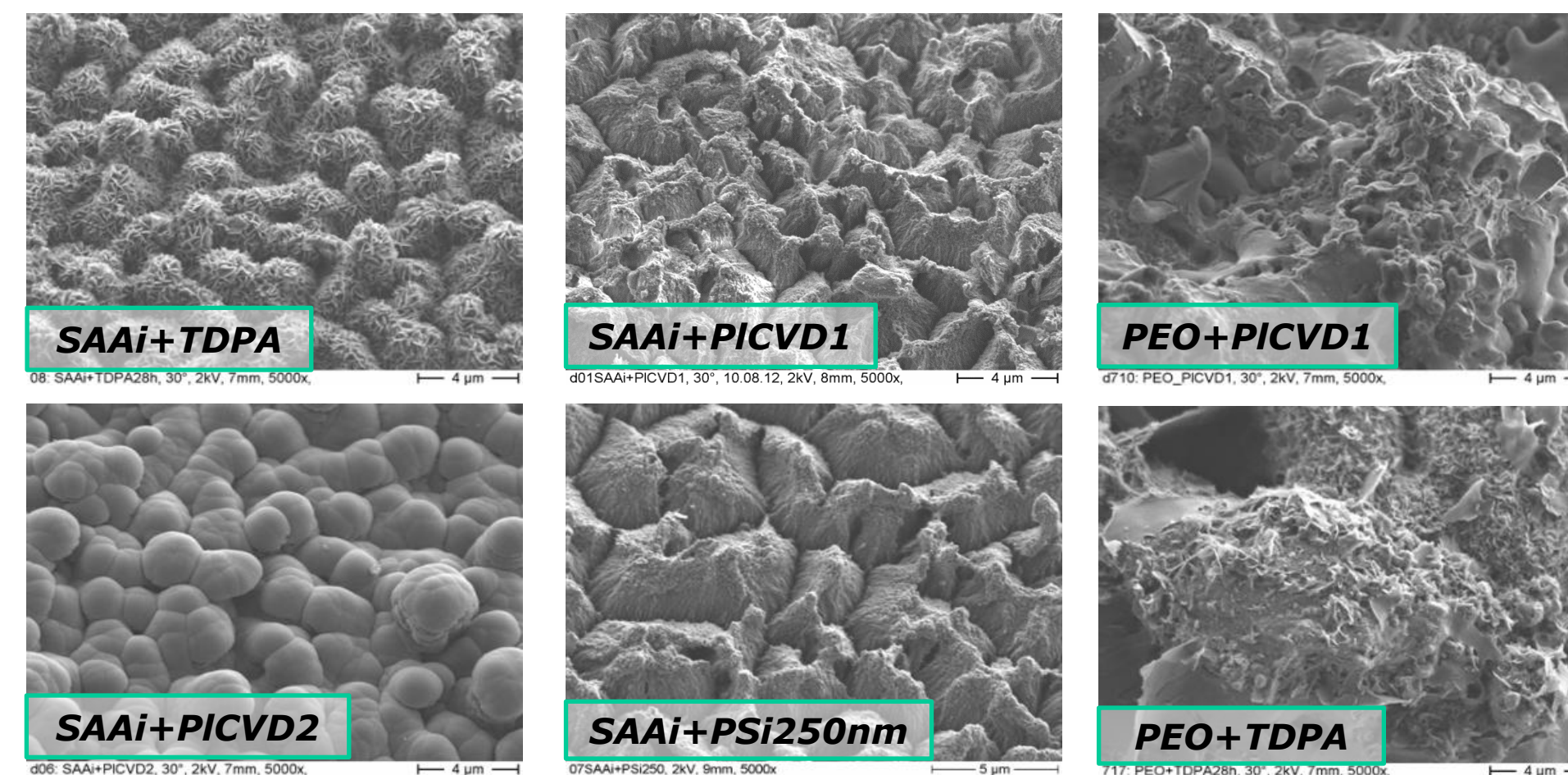
- Superhydrophobie bei Kombinationen von *SAAi* + *Zonyl*-Beschichtung oder *PEO* + *TDPA*-Beschichtung

#### Polysiloxan-Beschichtungen (PICVD2, PSi)



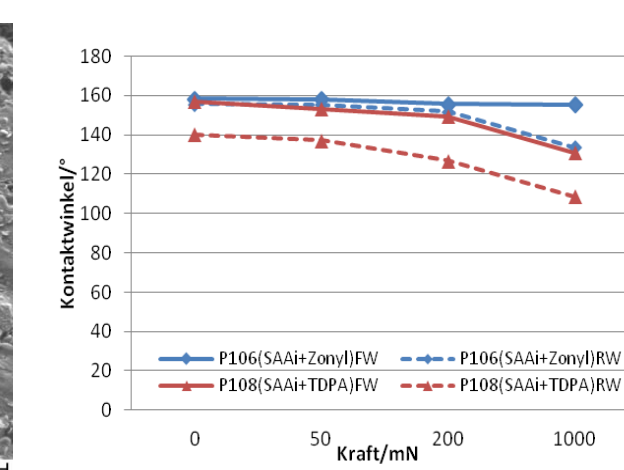
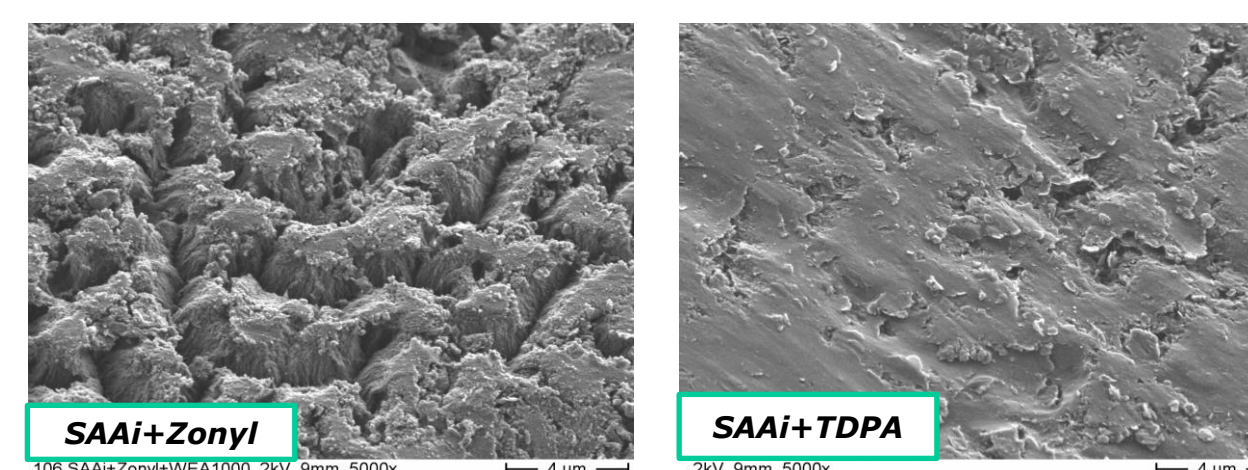
- keine Superhydrophobie bei *PICVD2*- und *PSi*-Beschichtung
- keine Beständigkeit gegen Last bei *PICVD2*-Beschichtung als bei *PSi*-Beschichtung
- hydrophobe Funktionalität der *PSi*-Beschichtung abhängig von der Schichtdicke

### Morphologie ohne mechanische Belastung



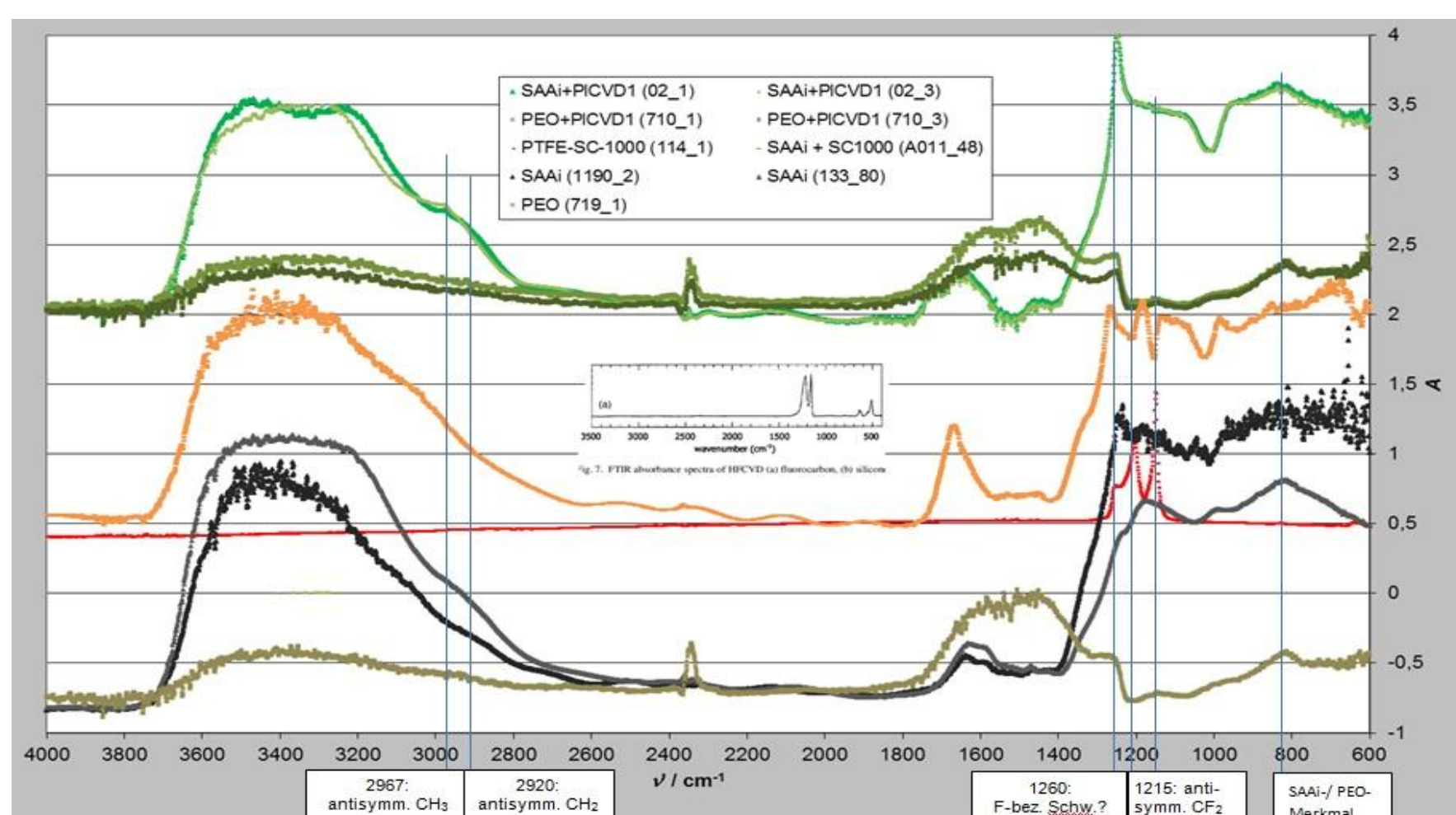
- Die ursprünglichen Morphologien weisen unterschiedliche Rauheit auf: *SAAu* < *PEO* < *SAAi*.
- Die Oberflächen werden durch chem. Modifizierung in unterschiedlicher Weise verändert: SAM-Bildung bei *Zonyl* ... massive Schichten mit eigenen Rauheitsmerkmalen (glatt, rau).

### Morphologie mit 1000 mN Kraft



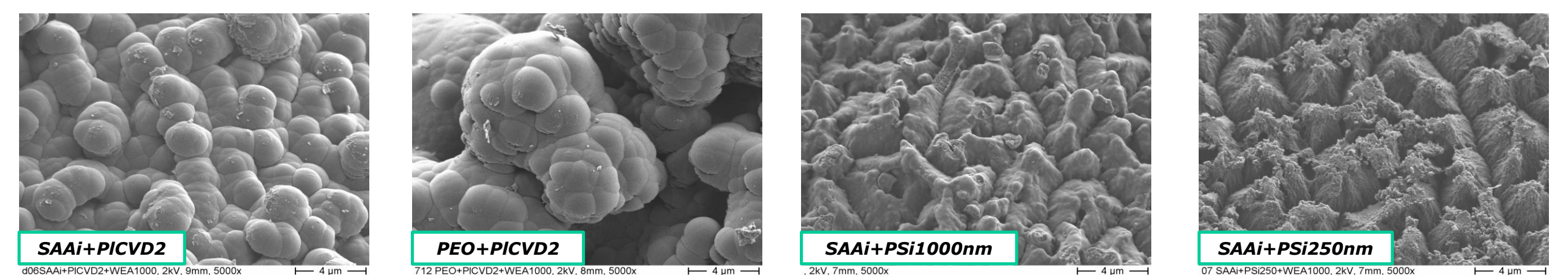
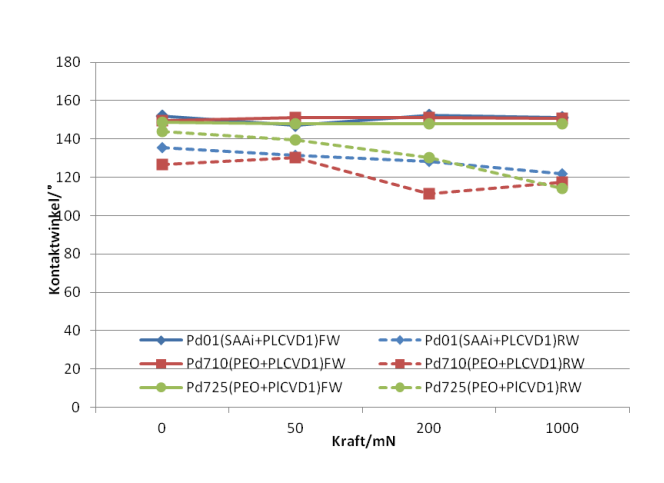
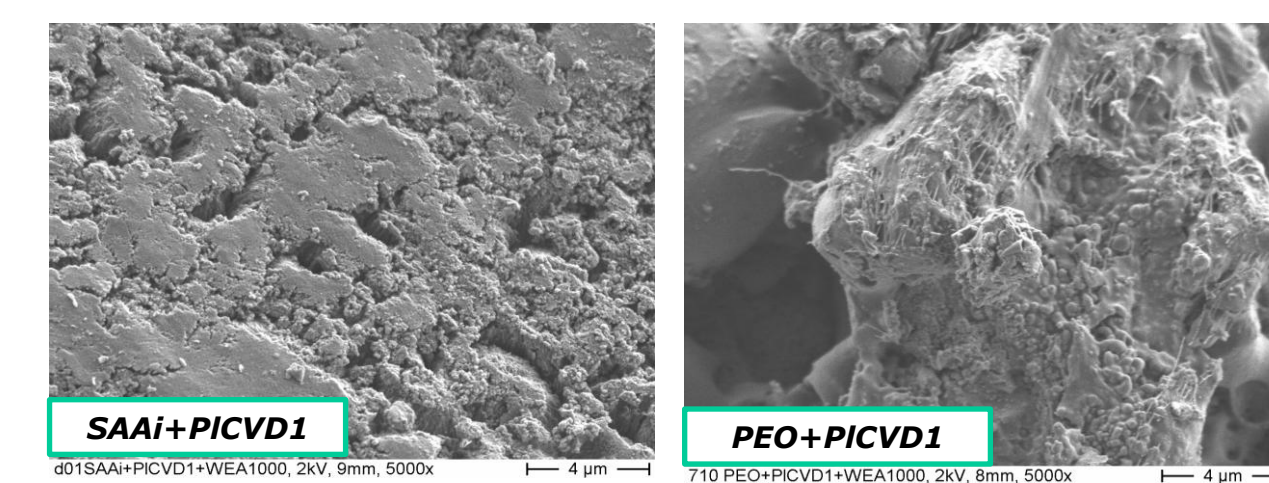
- hydrophobe Funktion verbessert mit höherer Kettenlänge und Fluorierung
- beste Superhydrophobie-Ergebnisse bei *SAAi*-Aufrauung + *Zonyl* als chemische Modifizierung
- TDPA* bei mechanischer Beanspruchung mit schlechterer Beständigkeit als *Zonyl*-Beschichtung

### FT-IRRAS zur Identifizierung der Beschichtung



- Nachweis von C-F-Bindungen sowie von  $CH_3$ - bzw.  $CH_2$ -Strukturen – Bedeutung für Hydrophobierung!

- PEO*-Aufrauung mechanisch stabiler als Aufrauung durch *SAAi*
- Rückzugswinkel stärker beeinflusst durch zerstörte Aufrauung als Fortschrittswinkel



- bei *PICVD2*- und *PSi*-Beschichtung ungünstige Morphologie (und Chemie) für *SH*

## Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass ein Teil der genutzten Kombinationen von Aufrauung und Modifizierung zu Superhydrophobie (*SH*) führt, während andere Kombinationen nur hydrophobe Eigenschaften zeigen. Zusätzlich ist die Abriebbeständigkeit großen Unterzifferungen die REM-Bilder zeigen, dass die beste Mikrostrukturierung in der *SAAi*-Behandlung besteht. Aber unter Belastung verliert die *SAAi*-Aufrauung die zur *SH* führende Rauheit. Zusammen mit der rel. lastbeständigen *Zonyl*-Beschichtung gibt es die beste Kombination für Superhydrophobie. Die *TDPA*-Kristalle ergeben einen sehr guten *SH*-Effekt, während sie mechanisch instabil sind. Die außerordentlich mech. Beständigkeit von *PEO*-Oberflächen kann diesen Nachteil überswinden. Superhydrophobes Verhalten kann auch in den Kombinationen *PEO*+*TDPA* und *PEO*+*PICVD1* gefunden werden. Die *PSi*- und die zu kugelförmigen Formen führende *PICVD2*-Beschichtung zeigen nur mäßige Hydrophobie. Dabei muss es beachtet werden, dass die Dicke der Beschichtung stark das Benetzungsverhalten beeinflusst, da die ursprüngliche Rauheit zunehmend überdeckt wird. Es ist wichtig, eine optimale Schichtdicke zu finden unter Berücksichtigung der mechanischen Stabilität und der wasserabweisenden Funktionalität.

## Danksagung

Die Autoren danken Herrn D. Meyer (TU Chemnitz), Herrn C. Diener (Fa. Diener, Ebhausen) und Herrn A. White (Fa. GVD Inc., Cambridge, MA) für die Durchführung der Behandlungsschritte *PEO*, *PE-CVD*, *HFCVD* bzw. *i-CVD*.

### Ansprechpartner:

Jiaqi Jia  
(Studentin an TU Dresden)  
m1022j@gmail.com

### Projektleitung:

Dr. Michael Thieme  
(Gruppenleiter AG „Korrosion und Korrosionsschutz“)  
michael.thieme@tu-dresden.de

### Professur für Biomaterialien:

Prof. Dr. Hans-Peter Wiesmann  
TU Dresden  
Institut für Werkstoffwissenschaft  
Helmholtzstr. 7, 01062 Dresden