

EISABnet

Beiträge

Projektabschluss im Projekt EISAB – Aktive eisabweisende Oberflächen auf Rotorblättern

Sabine Apelt, Technische Universität Dresden;
Susanne Höhne, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.

Neue Messapparatur zur Eisadhäsionsmessung auf technischen Oberflächen

Ute Bergmann, Technische Universität Dresden

Mikrostrukturierte Aluminiumoberflächen mit superhydrophoben und eisabweisenden Eigenschaften durch laserbasierte Fertigungsverfahren

Milles, S., Voisiat, B., Nitschke, M. & Lasagni, A. F., Technische Universität Dresden



Aufbau einer Windenergieanlage | Quelle: BWE

Nach vierjähriger kooperativer Forschungsarbeit zwischen der Technischen Universität Dresden und dem Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V. mit umfangreichen und sehr zeitintensiven Laborversuchen mit unterschiedlichsten Polymervarianten konnte das Projekt mehrere Resümées ziehen.

Zum einen konnte ein Konzept für eisabweisende Kombinationsschichten gefunden werden, die ihre Anti-Eis-Wirkung vor allem auf den Effekt niedriger Eisadhäsionskräfte zurückführen – Schichten, auf denen Eis nicht gut anhaften kann und von denen entstandenes Eis leicht abzulösen ist. Zweifellos ein Vorteil für Anwendungen im Außenbereich, wo die Bildung dicker Eisschichten vermieden werden soll und auch für Anwendungen im Innenbereich bei Wärmetauschern oder Kühlräumen, wo Abtauvorgänge dann beschleunigt werden können und weniger Energie benötigen. Allerdings sind die Vereisungseigenschaften dieser Nano-Beschichtungen sehr stark abhängig von der Beschaffenheit des Untergrundes und deshalb keine Universalösungen, sondern immer individuell anpassungsbedürftig.

Zum anderen wurde Kompetenz im Bereich der Charakterisierung von polymeren eisabweisenden Schichten und der vergleichbaren Messung des Vereisungsverhaltens von Oberflächen aufgebaut. Auch diese Beiträge bringen die Anti-Eis-Forschung voran und können vielleicht in Zukunft zur Etablierung standardisierter Messverfahren beitragen.

Die Ergebnisse aus der Forschung werden demnächst auf folgenden Tagungen präsentiert:

- Konferenz Euro Intelligent Materials 2019 vom 17.-19.06.2019 in Kiel, Vortrag Sabine Apelt, Ute Bergmann: "Pyroelectric active coatings in aqueous environments"
- HUSUM WIND 2019 13.09.-19.09.2019, Vortrag Sylvia Franke-Jordan, Sabine Apelt „Eisabweisende Oberflächen für längere Laufzeiten von Windkraftwerken im Winter“

Und ein weiteres Ergebnis der Projektarbeit wird in Zukunft eine Rolle spielen: Das Unternehmens- und Forschungsnetzwerk EISABnet, das projektbegleitend entstand, wird weiterhin

Informationen austauschen und Anstöße für Innovationen liefern, zum Beispiel auch über dieses Medium – ein Newsletter, der zum Austausch einlädt und die Vielfalt der Strategien gegen Vereisung spiegelt. In diesem Sinne sind Sie eingeladen, sich selbst auch mit Themen und Ideen einzubringen und den Newsletter zu füllen. Weiterhin ansprechbar sind für Sie:

Sylvia Franke-Jordan
E-Mail: sylvia.franke-jordan@tu-dresden.de
und Dr. Ute Bergmann
E-Mail: ute.bergmann@tu-dresden.de

Projektabschluss im Projekt EISAB – Aktive eisabweisende Oberflächen auf Rotorblättern

*Sabine Apelt, Technische Universität Dresden,
Susanne Höhne, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.*

Nach nunmehr 4 Jahren steht das Forschungsprojekt EISAB kurz vor seiner Beendigung. Ziel des vom BMBF geförderten Kooperationsprojektes war die Kombination mehrerer Wirkmechanismen gegen Eisbildung und dauerhafte Eisanhaftung in einer aktiven Polymerbeschichtung. Als mögliche Anwendung standen hierbei die Rotorblätter von Windenergieanlagen im Fokus, da deren Vereisung zu Unwuchten, Vibrationen und herabfallenden Eisbrocken, sowie einem verminderten Wirkungsgrad führen.

Der pyroelektrische Effekt von P(VDF-TrFE)-Schichten allein ruft entgegen der Erwartung keine signifikante Veränderung der erreichbaren Gefrierverzögerung hervor. Signifikant niedrigere Vereisungstemperaturen erreichten jedoch Kombinationsschichten von P(VDF-TrFE) mit 5% bis 15% des hydrophilen PMMA-PEG-Copolymers („LEG1“) als Blend. Diese Schichten frieren signifikant später als das unbeschichtete Substrat (Silizium) sowie reines P(VDF-TrFE) und ein schichtweiser Aufbau aus P(VDF-TrFE) und LEG1 als Deckschicht. Der rote Pfeil in Abbildung 1 verdeutlicht den Trend, wie sich die erreichbare Gefrierverzögerung mit zunehmendem Gehalt des hydrophilen Copolymers in der pyroelektrischen P(VDF-TrFE) Matrix deutlich verbessert. Die hydrophilen Kettenbereiche quellen im Kontakt mit Wasser und das Gemisch weist einen verminderten Schmelz- und Gefrierpunkt auf. Die sich bildende Schicht aus Wasser und Polymerketten überdeckt große Teile der Oberfläche und damit auch Keimstellen der P(VDF-TrFE) Matrix und führt mit wachsendem

Anteil des hydrophilen Polymers zu einer erhöhten Gefrierverzögerung (Abbildung 2). Sie wirkt zudem als Gleitschicht und kann wirksam die Eisanhaftung minimieren. Dieses Verhalten konnte in Eisadhäsionsversuchen sowohl für die oben beschriebenen Kombinationsschichten als auch für Schichten verschiedener hydrophiler Polymere gezeigt werden.

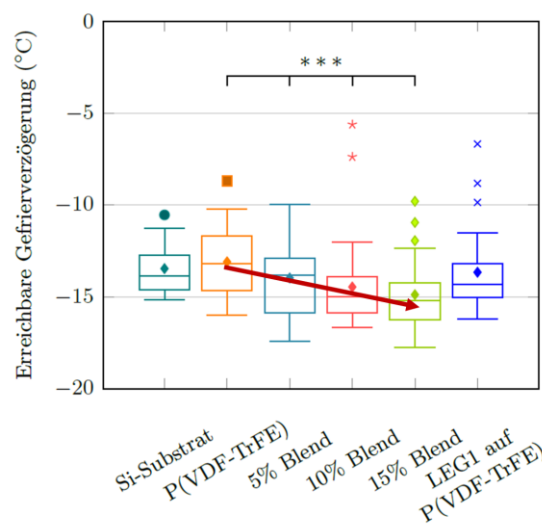


Abbildung 1: Ergebnisse der Vereisungsversuche an verschiedenen Kombinationsschichten aus P(VDF-TrFE) und dem PMMA-PEG-Copolymer „LEG1“

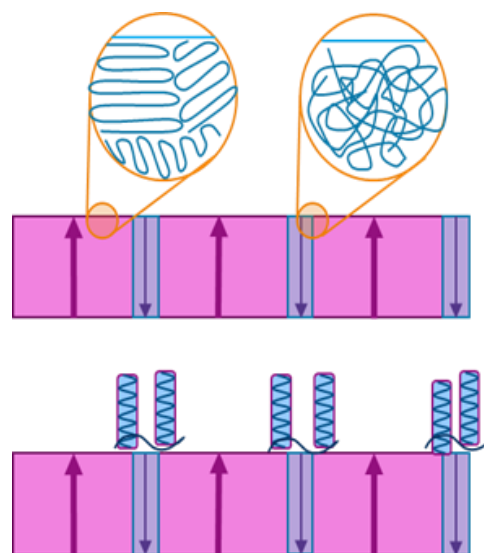


Abbildung 2: Modell der EISAB-Kombinationsschicht, der Übergang zwischen amorphem und kristallinem Anteil im polarisierten P(VDF-TrFE) kann als Keimstelle für die Vereisung wirken (oben), im Blend decken quellende hydrophile Kettenbereiche die Oberfläche ab und verbessern somit das Anti-Eis Verhalten (unten)

Bei der Projektbearbeitung fokussierten sich die Forscher des IPF Dresden e.V., des IFWW TUD

Kontakt

sylvia.franke-jordan@tu-dresden.de

Projektpartner

ifww
Institut für Werkstoffwissenschaften

CIMTT

ipf
Leibniz-Institut
für Polymerforschung
Dresden

DRESDEN
concept

und CIMTT TUD nicht allein auf die Werkstoffentwicklung. Sie konnten zudem wichtige Erkenntnisse zur schnellen, vergleichbaren und anwendungsnahen Charakterisierung der Gefrierverzögerung und Eisanhaftung auf Oberflächen und speziell polymerer Beschichtungen gewinnen. Das IPF Dresden baute seine Kompetenz bei der temperaturabhängigen Adhäsionsmessung auf hydrophilen Schichten deutlich aus. Der Fokus der Vereisungscharakterisierung an der TU Dresden liegt hingegen auf der reproduzierbaren Bestimmung der Gefrierverzögerung sowie der Charakterisierung rauer Oberflächen mit höherer Eisadhäsion.

Insgesamt bieten adhäsionsminimierende Oberflächen einen deutlichen Vorteil gegenüber gefrierverzögernden Beschichtungen. Die adhäsionsminimierende Wirkung bleibt in relativ großen Temperaturintervallen bis ca. -15°C aktiv. Gefrierpunktsenkende Effekte überstreichen lediglich kleine Temperaturintervalle von wenigen Kelvin. Zudem besteht bei jeder Anwendung im Außenbereich die Gefahr eines sehr zeitigen Vereisens durch externe Faktoren wie Verschmutzungen und eisnukleierende Stäube.

Aufgrund der vielfältigen externen und internen Faktoren müssen Anti-Eis-Beschichtungen sehr genau für ihren jeweiligen Anwendungszweck konzipiert werden. Dann können sie zuverlässig und dauerhaft das Vereisen von Oberflächen verhindern oder auch durch eine verringerte Eisadhäsion vorhandene Heizsysteme unterstützen. Auf glatten Untergründen erzielen vor allem die hydrophilen und quellenden EISAB-Beschichtungen eine eisabweisende Wirkung durch die drastische Verringerung der Eisadhäsion. Sehr raue Oberflächen führen jedoch trotz aktiver Polymerbeschichtungen zu hohen Eisadhäsionskräften, da der Aufbau des Gleitfilms unterbunden ist.

Neue Messapparatur zur Eisadhäsionsmessung auf technischen Oberflächen

Ute Bergmann, Technische Universität Dresden

Vereisungsszenarien richten in der Energiewirtschaft, Transportwesen und im Maschinenbau großen Schaden an, führen zu enormen Produktionsausfällen bis hin zum Bauteilversagen. So liegt es nahe, dass seit längerem intensiv an der Entwicklung eisabweisender technischer Oberflächen, Lacken und Beschichtungen geforscht

wird. In den letzten Jahren hat sich die Forschungslandschaft zum Thema eisabweisende Oberflächen stets vergrößert und es sind eine Reihe von praktikablen Beschichtungslösungen und Oberflächenmodifikationen vorgeschlagen worden. Aber bis heute sind publizierte Leistungsparameter, wie beschichtungsabhängige Gefriertemperaturen, Eisadhäsion oder Raureibildung schwer oder gar nicht miteinander vergleichbar. In den einzelnen Forschungslaboratorien wurden unterschiedlichste Messaufbauten und Versuchsabläufe zur Erfassung eisabhängiger Beschichtungseigenschaften entwickelt, so dass die Ergebnisse prinzipiell differieren müssen. Teilweise basieren die Versuche auf verschiedenen physikalischen Effekten oder wurden zur Ermittlung technologischer Parameter entwickelt, die von mehreren physikalischen Größen abhängen können oder aber sie stützen sich auf um Größenordnungen differierende Messbereiche.

Eine zuverlässig aussagefähige und vergleichbare Schichtcharakteristik lässt sich durch die Ermittlung des Adhäsionsvermögens von festgefrorenen Eisvolumina auf den Beschichtungen erreichen.

Am 10. April 2019 wurde dazu an unserem Lehrstuhl eine Diplomarbeit zum Thema „Konstruktion einer physikalischen Messapparatur zur Ermittlung der Eisadhäsionsneigung auf technischen Oberflächen“ erfolgreich abgeschlossen. Patrick Völker, frischgebackener Diplomingenieur der Fachrichtung allgemeiner und konstruktiver Maschinenbau, konstruierte einen Messaufbau zur Ermittlung der Eisadhäsion von Schichten (Abbildung 3).

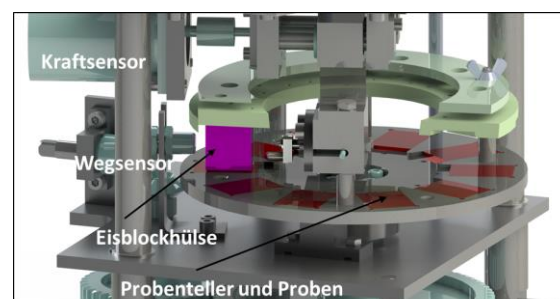


Abbildung 3: Anlage zur Messung der Eisadhäsions-Scher-spannung, Detailzeichnung, Zoom auf Probenteller und Messwertaufnahme

Er verwendete dafür einen Messaufbau, mit dem die notwendige Kraft zum Abscheren und Verschieben einer definiert aufgefrorenen Eisfläche und ihr Verschiebeweg aufgezeichnet

Kontakt

sylvia.franke-jordan@tu-dresden.de

Projektpartner

ifwv
Institut für Werkstoffwissenschaften

CIMTT

ipf
Leibniz-Institut
für Polymerforschung
Dresden

DRESDEN
concept

werden. So kann der Schichtkennwert ‚Adhäsionsscherspannung‘ ermittelt werden und es können qualitative Aussagen über das weitere temperaturabhängige Gleit- und Haftungsvermögen dieser Eisvolumina getroffen werden. Eine sehr wichtige, aber auch sehr zeitaufwendige Voraussetzung für das reproduzierbare Erfassen temperaturabhängiger Eigenschaften ist bei derartigen Versuchen das gleichmäßige Temperieren der Proben. Die Anlage wurde für den Einsatz in einer ESPEC-Klimakammer konzipiert. Mit dieser Anlage wird es nun möglich, innerhalb eines Einfrierzyklusses gleichzeitig 10 Beschichtungsproben einschließlich der Messapparatur auf die Versuchstemperatur zu temperieren und die Adhäsions-Scherversuche selbst in kurzer Folge zu absolvieren.

Die Anlage wurde noch während der Diplomphase im mechanisch-technischen Labor des Institutes für Werkstoffwissenschaft im Dialog mit dem Konstrukteur gefertigt.

Ansprechpartner: Ute Bergmann

TU Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft,
Professur Biomaterialien

E-Mail: ute.bergmann@tu-dresden.de

Mikrostrukturierte Aluminiumoberflächen mit superhydrophoben und eisabweisenden Eigenschaften durch laserbasierte Fertigungsverfahren

*Stephan Milles, Technische Universität Dresden,
Institut für Fertigungstechnik*

Eisbildung führt in vielen technischen Bereichen sowohl zu einem erhöhten Energieverbrauch und Kostenanstieg, beispielsweise an vereisten Klima- und Kälteanlagen, aber auch zu einem größeren Arbeitsrisiko. Sind diese Oberflächen schwankenden Temperaturen ausgesetzt, ist eine Kombination aus Superhydrophobizität und eisabweisendem Verhalten sehr von Vorteil.

Durch die Verfahren der direkten Laserinterferenzstrukturierung und des direkten Laserschreibens lassen sich hierarchische Mikrostrukturen an der Oberfläche gezielt herstellen, die beide Eigenschaften simultan miteinander vereinen. Den Wissenschaftlern der Professur für laserbasierte Methoden der großflächigen Oberflächenstrukturierung der TU Dresden ist es dabei gelungen, Aluminiumsubstrate im Mikrometerbereich zu strukturieren (Abbildung 4a) [1].

Bei Raumtemperatur erweist sich die Struktur als superhydrophob (Abbildung 4b). Bei Temperaturen von -20°C führt sie im Vergleich zu unstrukturierten Vergleichsproben zu einer signifikanten Verzögerung ($> 150\%$) der Eisbildung an der Oberfläche (Abbildung 4c).

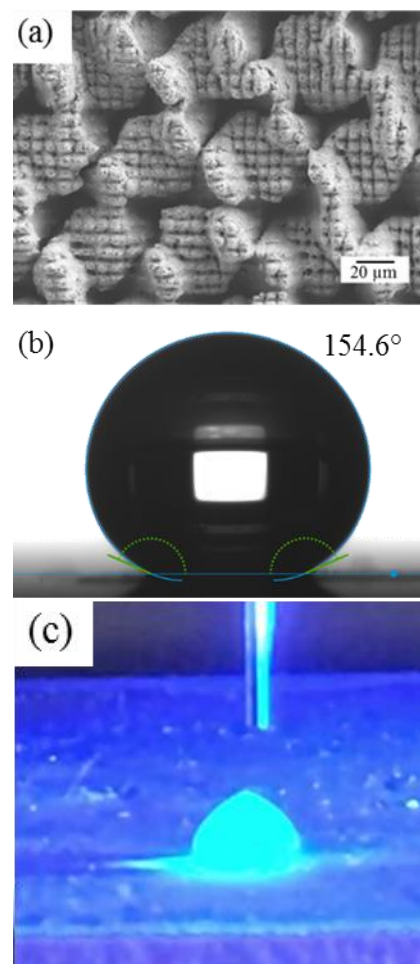


Abbildung 4: 500-fach vergrößerte REM-Aufnahme einer durch direkte Laserinterferenzstrukturierung und direktes Laserschreiben hergestellten hierarchischen Struktur (a), superhydrophobe Oberfläche mit einem Kontaktwinkel von $154,6^{\circ}$ bei $+20^{\circ}\text{C}$ (b) und Aufnahme eines vereisenden Tropfens bei -20°C (c).

[1] Milles, S., Voisiat, B., Nitschke, M. & Lasagni, A. F. Influence of roughness achieved by periodic structures on the wettability of aluminum using direct laser writing and direct laser interference patterning technology. *J. Mater. Process. Technol.* (2019). doi:10.1016/j.jmatprotec.2019.02.023

Ansprechpartner: Stephan Milles

TU Dresden, Institut für Fertigungstechnik, Professur für laserbasierte Methoden der großflächigen Oberflächenstrukturierung

E-Mail: stephan.milles@tu-dresden.de

Kontakt

sylvia.franke-jordan@tu-dresden.de

Projektpartner

