

Bewitterungszyklen mit hoher Signifikanz für Kunststoffe und Beschichtungen in der kühlgemäßigten Klimazone

AiF-Nummer: 20095N

Wenn Kunststoffe und Beschichtungen der natürlichen Bewitterung nicht standhalten, führt dies zu funktionalen oder ästhetischen Einbußen, die weltweit erhebliche wirtschaftliche Schäden verursachen. Durch Bewitterungsprüfungen kann vor einer Markteinführung ermittelt werden, inwieweit eine den Anforderungen genügende Beständigkeit vorliegt. Ein Bewitterungsprogramm muss zum einen die im Außeneinsatz bei den Proben eintretenden Auswirkungen schnell herbeiführen können und zum anderen auf marktüblichen Bewitterungsgeräten ausführbar sein.

Aufgabenstellung

In Florida liegen ganzjährig relativ hohe Feuchte-, Temperatur- und UV-Einwirkung vor. Die Norm SAE J 2527 ist ein seit Jahrzehnten verwendetes Laborbewitterungsprotokoll zur Nachstellung der Auswirkungen einer Florida-Bewitterung in kurzer Zeit. 2013 wurde jedoch ein „Neues Protokoll“¹ genanntes Bewitterungsprotokoll veröffentlicht¹, das mit hohem Aufwand zur genaueren Nachstellung der Ergebnisse von Freibewitterungen in Florida optimiert wurde.

Darin wurden im Vergleich zu SAE J 2527 längere Feucht-/Dunkel-Phasen verwendet und durch neue StrahlungsfILTER ein sonnenähnlicheres Strahlungsspektrum realisiert. Einige mit solchen Protokollen für das Klima in Florida optimierte Materialien weisen jedoch nicht unbedingt auch in anderen Klimazonen eine gute Beständigkeit auf. Zudem wird der Klimawandel voraussichtlich erfordern, dass Bewitterungsprotokolle immer wieder aktualisiert werden müssen.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



**Forschungsnetzwerk
Mittelstand**

¹ M. Nichols et al. »An improved accelerated weathering protocol to anticipate Florida exposure behaviour of coatings«, J. Coat. Techn. Res. 10 (2013) 153-173

Entsprechend wurde in einem AiF-Kooperationsprojekt der Fraunhofer-Institute LBF und IPA untersucht, ob die aus dem Vergleich zwischen dem „Neuen Protokoll“ und langjährigen Wetterdaten aus Florida ableitbaren Zusammenhänge auf andere Klimazonen übertragbar sind und für die Entwicklung standortspezifischer Laborbewitterungsprotokolle genutzt werden können. Dies wurde exemplarisch für die kühl-gemäßigte Klimazone am Standort Stuttgart überprüft.

Ergebnisse

Vergleichbar zum „Neuen Protokoll“ (NP), das auf der Analyse von Wetterdaten aus Florida basiert, wurde mittels „Reverse Engineering“ (Abb. 1) ein „ZykStuttgart“ (ZS) genanntes Bewitterungsprotokoll aus der Analyse der Wetterdaten aus Florida und Stuttgart (Schnarrenberg) abgeleitet.

Da die Abfolge und Ausprägung der einzelnen, im NP festgelegten Bewitterungsschritte nahelegen, dass diese eine periodische Wiederholung von für Florida gemäßigten „Bewitterungsstandardtagen“ (ST) und besonders strahlungsintensiven, dunstärmeren „Extremtagen“ (ET) darstellt, wurden im Projekt Zusammenhänge zwischen den Florida-Wetterdatensätzen (Standort: Homestead) und (i) der im NP erfolgten „Zweiteilung“ in ST und ET sowie (ii) den im NP angegebenen Beträgen für Temperatur, relative Feuchte, Einstrahlungsintensität und die Dauern der einzelnen Bewitterungsschritte hergestellt. Dazu wurden Wetterdatensätze über einen Zeitraum von bis zu zehn Jahren in Abhängigkeit der Tageszeit gemittelt (Abb. 2), um rauscharme Daten zur Ableitung von minimalen, mittleren und maximalen Werten für Temperatur, Feuchtigkeit und Strahlung zu erhalten.

Die zur Ableitung des NP aus den Florida-Wetterdaten (Abb. 2) aufgestellten Regeln wurden gemäß Abb. 1 auf Wetterdatensätze vom Standort Stuttgart angewandt, um das Bewitterungsprotokoll ZykStuttgart zu entwickeln. Da Simulationen zur Wasseraufnahme mit variablen Randbedingungen für Temperatur und Feuchte aus Wetterdaten zeigten, dass beide Bewitterungsprotokolle (NP und ZykStuttgart) gegenüber der jeweiligen Freibewitterung „zu trockene“ Proben lieferten (Abb. 3), wurden die Ableitungsregeln sinnvoll modifiziert und das Protokoll ZykStuttgart optimiert.



Abbildung 1: Schema des Ablaufes zur Identifizierung des Bewitterungsprotokolls „ZykStuttgart“

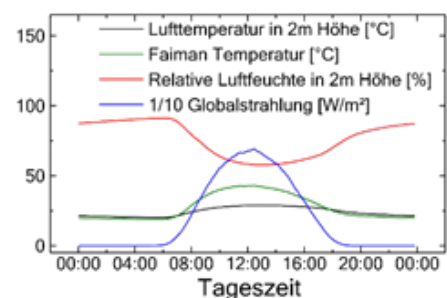
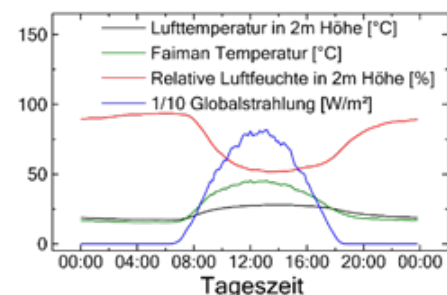


Abbildung 2: Über einen Zeitraum von bis zu zehn Jahren in Abhängigkeit der Tageszeit gemittelte Wetterdaten aus Florida; Profil des aus der Mittelung statistisch identifizierten „Extremtages“ (ET, oben) und „Standardtages“ (ST, unten)

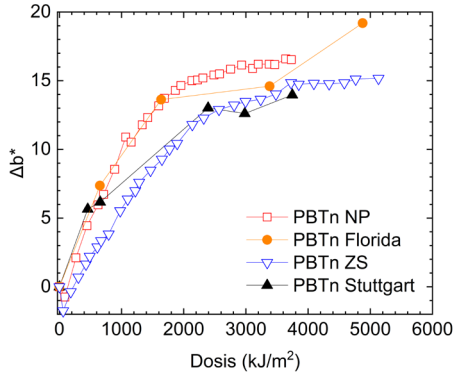
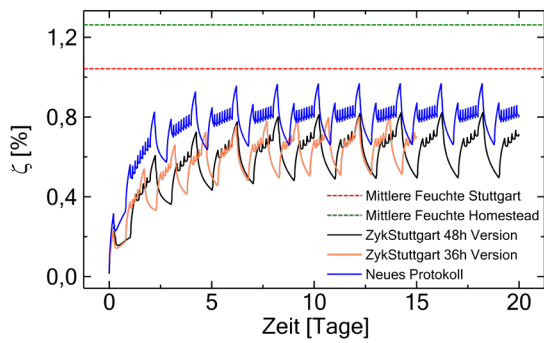


Abbildung 3 (oben): Simulationen der Wasseraufnahme einer PMMA-Platte in Abhängigkeit von Temperaturen und Feuchtigkeiten aus eng zeitaufgelösten Wetterdaten (Stuttgart und Homestead)

Abbildung 4 (unten): Darstellung des Verlaufs des Vergilbungsparameters Δb^* bei ungefülltem Polybutadienerephthalat während der vier Bewitterungen.

Zur Überprüfung der Wirksamkeit des neu entwickelten Bewitterungsprotokolls wurden Probensätze aus jeweils sechs Polymeren (ungefülltes und gefülltes Polyamid 6 und Polybutadienerephthalat sowie Polycarbonat und Polystyrol) und Beschichtungstypen (zwei Automobillacksysteme, zwei Fassadenbeschichtungen, Orwet-Orange und ein „Referenz-Risslack“) den Freibewitterungen in Florida und Stuttgart (Flo bzw. Stu) sowie mit den entsprechenden Laborbewitterungen (NP und ZyKStuttgart) ausgesetzt. Exemplarisch zeigt Abb. 4 den Verlauf der Zunahme der Vergilbung Δb^* des ungefüllten Polybutadienerephthalats für die vier Bewitterungsarten. Im Mittel und insbesondere für längere Bewitterungsdauern zeigt sich, dass die Freibewitterung (oder der Einsatz von Kunststoffen) in Stuttgart (schwarz) besser durch den neuen Bewitterungszyklus

„ZyKStuttgart“ (blau) beschrieben wird als durch das „Neue Protokoll“ (rot) oder die Freibewitterung in Florida (orange). Unter Berücksichtigung aller untersuchten Materialien und Messmethoden (Farbe, Glanz, FTIR-Spektroskopie, Zugprüfungen, Oberflächenenergie, visuelle Beurteilung der Rissbildung) ergibt sich, dass durch das Protokoll ZyKStuttgart eine Verbesserung der Nachstellung der Freibewitterung in Stuttgart erzielt werden kann. Diese Verbesserung zeigt sich jedoch nicht für alle Materialien und nicht für alle Messgrößen. Aufgrund der unterschiedlichen Alterungsmechanismen einzelner Materialien ergibt sich die Annahme, dass eine optimale Nachstellung einer spezifischen Eigenschaft eines spezifischen Materials auch einen dafür optimierten Bewitterungszyklus erfordert.

Zusammenfassung und Kundennutzen

Es wurde erstmalig ein Bewitterungsprotokoll für einen Standort in der kühlgemäßigten Klimazone auf Basis von Wetterdaten und den Arbeiten zum „Neuen Protokoll“ entwickelt und getestet. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag in der Überprüfung der Hypothese, dass es grundsätzlich möglich ist, aus dem in der jüngeren Vergangenheit aufwendig experimentell ermittelten „Neuen Protokoll“ Regeln zu identifizieren, um aus den Wetterdaten für Stuttgart ein ortsspezifisches Bewitterungsprotokoll („ZyKStuttgart“) abzuleiten. Die Forschungsergebnisse für die untersuchten Materialien belegen, dass die Eigenschaftsveränderungen durch die Freibewitterung in Stuttgart durch die Laborbewitterung „ZyKStuttgart“ für bestimmte Materialien und Eigenschaften besser beschrieben wird als durch die Freibewitterung in Florida oder die Laborbewitterung „Neues Protokoll“. Es kann weiterhin angenommen werden, dass die verwendete Vorgehensweise zur Entwicklung eines standortspezifischen Bewitterungszyklus auch auf andere Orte und Klimazonen übertragbar ist.

Hersteller und Anwender von Lacken, Beschichtungen und Kunststoffen haben durch die Nutzung ortsspezifischer Bewitterungsprotokolle die Möglichkeit, ihre Produkte für Außenanwendungen in bestimmten Klimazonen zu prüfen. Dies gelingt mit einer höheren Zuverlässigkeit und vermeidet damit einerseits ungewollt frühes Produktversagen und erspart andererseits eine unnötig aufwendige Steigerung der Produkthaltbarkeit.

Danksagung

Das IGF-Vorhaben (20095 N) der Forschungsvereinigungen Forschungsgesellschaft Kunststoffe e.V. (FGK) und Forschungsgesellschaft für Pigmente und Lacke e.V. (FPL) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Für diese Förderung sei gedankt.

Projektpartner:

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Projektdauer: 01.11.2018 -31.10.2021

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. (Phys.) Harald Oehler
Fraunhofer LBF, Bereich Kunststoffe, Schlossgartenstraße 6,
64289 Darmstadt
Telefon: +49 6151 705-8669
E-Mail: Harald.Oehler@lbf.fraunhofer.de

Dr. Matthias Wanner
Fraunhofer-Institut IPA, Abteilung Beschichtungssystem-
und Lackiertechnik,
Allmandring 37, 70569 Stuttgart (Vaihingen)
Telefon: +49 711 68780 52
E-Mail: Matthias.Wanner@ipa.fraunhofer.de