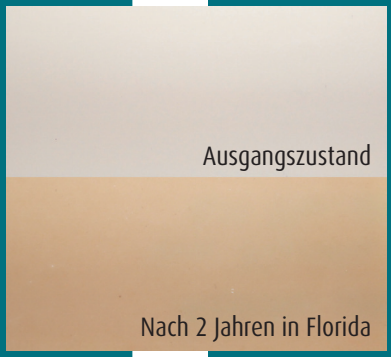
Das Kunststoff-Zentrum
Prüfung · Bildung · Forschung · Zertifizierung · Vernetzung

SKZ

Verbesserte Vorhersage des Witterungsverhaltens von Kunststoffen



für unterschiedliche Klimazonen

Thomas Kilian, Kurt Engelsing, Thomas Hochrein, Martin Bastian

Bildung & Forschung

www.skz.de

SKZ – Das Kunststoff-Zentrum (Herausgeber)

Verbesserte Vorhersage des Witterungsverhaltens von Kunststoffen

für unterschiedliche Klimazonen

1. Auflage

SKZ – Forschung und Entwicklung

SKZ – Das Kunststoff-Zentrum (Hrsg.)

Verbesserte Vorhersage des Witterungsverhaltens von Kunststoffen

für unterschiedliche Klimazonen

Shaker Verlag
Düren 2021

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Die Autoren:

Thomas Kilian
Dr.-Ing. Kurt Engelsing
Dr. Thomas Hochrein
Prof. Dr.-Ing. Martin Bastian

Copyright Shaker Verlag 2021
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8159-6
ISSN 2364-754X

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren
Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Danksagung

Das Vorhaben 19506 N der Forschungsvereinigung Fördergemeinschaft für das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum e.V. (FSKZ) wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Forschungseinrichtung SKZ - KFE gGmbH dankt dem BMWi und der AiF für die Förderung sowie der Forschungsvereinigung und den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses für die Unterstützung bei der Durchführung des Forschungsvorhabens. Außerdem soll allen beteiligten Mitarbeitern des SKZ für ihren Einsatz und ihr Engagement gedankt werden.

Kurzfassung

Die Witterungsbeständigkeit ist bei Kunststoffen von besonderer Wichtigkeit. Die Überprüfung im Freien kann sehr langwierig sein. Beschleunigte Laborbewitterungen bilden eine Freibewitterung oft nur ungenügend nach und meist fehlt ein direkter Bezug zur Freibewitterung. Beliebige Klimazonen können im Labor nicht nachgestellt werden. Dies erschwert die Erschließung von neuen Wachstumsmärkten. Deshalb wurde ein Übersetzungsschlüssel entwickelt, mit dem aus beliebigen realen Wetterdaten Laborbewitterungsparameter generiert werden können. Dazu wurden Wetterdaten verschiedener Klimazonen analysiert. Bei der Temperatur und der Strahlung wurde auf die absoluten Maximalwerte zurückgegriffen. Dadurch ist eine hohe Beschleunigung der Laborbewitterung gewährleistet, ohne unnatürliche Alterungsprozesse zu provozieren. Bei der Feuchte / Nässe wurden durchschn. Werte herangezogen. Die sog. „Time of Wetness“ wurde zur Ableitung des Benässungszyklus verwendet, welche Regen und Tau berücksichtigt. Der Übersetzungsschlüssel wurde anhand des Standortes Miami verifiziert. Es wurden zum Vergleich eine Freibewitterung in Miami sowie eine Laborbewitterung nach EN 513-M als Referenzen durchgeführt. Die neue Laborbewitterung ergab die schnellste Alterung. Da diese die höchsten Temperaturen aufwies, kann von einer Temperaturabhängigkeit der Alterung ausgegangen werden. Korrelationen zwischen Bewitterungen sollten deshalb nicht nur über die Strahlendosis vorgenommen werden, sondern auch die Temperatur sollte mit einbezogen werden. Dazu wurde ein modifiziertes Arrhenius-Modell verwendet, welches Temperatur und Strahlendosis einbezieht. Die Modellierbarkeit ist stark abhängig vom betrachteten Material und der Eigenschaft. Weitere Faktoren, wie z. B. Nässe, sollten deshalb möglichst exakt nachgestellt werden. Durch die Modellierung konnte eine bessere Korrelation erreicht werden und eine Übertragung der Bewitterungsergebnisse auf andere Klimaorte konnte realisiert werden.

Abstract

Weather resistance is particularly important for plastics. Outdoor testing can be very time consuming. Accelerated laboratory weathering often only simulates outdoor weathering inadequately and there is usually no direct relation to outdoor weathering. Arbitrary climates cannot be simulated in the laboratory. This complicates the entry into new growth markets. Therefore, a translation key was developed to generate laboratory weathering parameters from random real weather data. To realize this, weather data from different climatic zones were analyzed. In the case of temperature and radiation, the absolute maximum values were used. This allows a high acceleration of the laboratory weathering without leading to unnatural aging processes. Average values were used for humidity / wetness. The so called "Time of Wetness" was used to derive the wetting cycle, which considers rain and dew. The translation key was verified using the Miami weathering site. An outdoor weathering in Miami and a laboratory weathering according to EN 513-M were performed as references for comparison. The new laboratory weathering resulted in the fastest aging. As this weathering method has the highest temperatures, it can be assumed that the aging process of the investigated materials is temperature dependent. Because of this, correlations between weatherings should not only be made by radiation dose, but temperature should also be included. A modified Arrhenius model was used for this purpose, which includes temperature and radiation dose. The modeling performance is strongly dependent on the material and on the property observed. Other factors, such as wetness, should therefore be adjusted in laboratory weathering as accurately as possible. Using the modeling, a better correlation could be achieved and a transmission of the weathering results to other climatic locations could be realized.

1 Einleitung ... 3

1.1 Anlass für das Forschungsvorhaben ... 3

1.2 Problemstellung ... 3

1.3 Zielsetzung ... 4

2 Stand der Technik ... 5

2.1 Berücksichtigung unterschiedlicher Klimazonen in bestehenden Normen der Laborbewitterung ... 5

2.2 Bewitterungsprüfungen ... 7

2.2.1 Freibewitterungsprüfungen ... 7

2.2.2 Laborbewitterungsprüfungen ... 8

2.3 Korrelation von Frei- und Laborbewitterung in der Normung ... 10

2.4 Modellierung der witterungsbedingten Eigenschaftsänderungen ... 11

3 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels ... 13

4 Durchgeführte Arbeiten ... 14

4.1 Datenanalyse ... 14

4.1.1 Wetterdaten ... 14

4.1.2 Materialänderungsdaten / Absorption von Wasser ... 14

4.2 Materialauswahl und Probekörperherstellung ... 14

4.3 Alterungsbewertungsmethoden ... 16

4.3.1 Farbmessung ... 16

4.3.2 Glanzmessung ... 16

4.3.3 Zugprüfung ... 17

4.3.4 FTIR-Spektroskopie ... 17

4.4 Bewitterungsprüfungen ... 17

4.4.1 Freibewitterung in Miami ... 17

4.4.2 Laborbewitterung nach DIN EN 513 (M-Klima) ... 18

4.4.3 Angepasste Laborbewitterung Miami ... 18

5 Diskussion der Ergebnisse ... 19

5.1 Analyse von Wetterdaten ... 19

5.1.1 Haupteinflussfaktor Strahlung 20
5.1.2 Haupteinflussfaktor Temperatur 24
5.1.3 Haupteinflussfaktor Feuchte / Nässe 27
5.1.4 Entwicklung eines Übersetzungsschlüssels 35
5.2 Messergebnisse der einzelnen Bewitterungen 37
5.2.1 PS-Chip 37
5.2.2 PVC-U unpigmentiert 41
5.2.3 PVC-U weiß 46
5.2.4 PVC-Folie Innen 50
5.2.5 PVC-Folie Außen 54
5.3 Modellierung der Bewitterungsergebnisse 57
5.3.1 Prinzipielles Vorgehen 59
5.3.2 Anwendung auf Messergebnisse 62
5.3.3 Übertragung auf andere klimatische Bedingungen 69
6 Zusammenfassung 73
7 Literatur 76