

KURZBERICHT

Titel

„Entwicklung eines strahlungsadaptiven Markisengewebes mit erhöhter Durchsichtigkeit bei gleichzeitig erhöhten Blend- und Wärmeschutzeigenschaften für Senkrechtmarkisen an Nichtwohngebäuden“

Anlass/ Ausgangslage

Markisen sind windstabil und schmutzabweisend, doch diesen Vorteilen stehen Nachteile bei der Verstellbarkeit gegenüber. Für die Nutzung sind die Eigenschaften „Lichttransmission“ und „Verschattungsgrad“ sowie die „Durchsicht nach außen“ wesentlich. Diese Eigenschaften sind von der Gewebestruktur abhängig und nicht veränderbar. Ein hohes Maß an Transparenz reduziert den Kunstlichtbedarf und verstärkt den Wärmeeintrag. Dieser ist im Winter gewollt, im Sommer nicht. Zur Lösung dieses Zielkonfliktes soll die Markise auf wechselnde Strahlungsintensität durch Veränderung der Transparenz reagieren.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

1. Anforderungsspezifikation

Als Grundlage für die Materialauswahl wurden die Größen „Lichttransmission“, „Verschattungsgrad“ und „Qualität der Durchsicht nach außen“ für das Gewebe im unbeschichteten Zustand festgelegt. Diese wurden durch Messungen von geeigneten Geweben vor einer Verglasung verifiziert und die Zielwerte für den beschichteten Zustand bei maximaler Strahlungsleistung festgelegt.

2. Materialauswahl

Garne und Grundgewebe

- Garnmaterialien: Polyethylenterephthalat (PET)-Monofil-Garne und Polyester-Stapelfasergarne unterschiedlicher Fadenfeinheiten
- Gewebearart: Dreher-Gewebe, hergestellt mittels EasyLeno®-Technologie
- Gewebedichte: konstante Kettfadendichte, variable Schussfadendichte
- Öffnungsgrad: zwischen 3 % und 40 %
- Farbe: Kettfäden sind schwarz, Schussfäden sind schwarz, weiß oder transluzent

3. Gewebecharakterisierung

Vor und nach der Beschichtung erfolgte die Bestimmung folgender textilphysikalischer Eigenschaften der Gewebe: Flächenmasse, Dicke, Kett- und Schussfadendichte, Höchstzugkraft, Höchstzugkraftdehnung, Luftdurchlässigkeit

Für die Wahl des Lösungsmittels der Gewebemodifizierung wurden die „Schlichten“ (Verarbeitungshilfsmittel für das Weben) chemisch untersucht. Die PET-Oberflächen waren infolge der Anwesenheit von fluorierten Verarbeitungshilfsmitteln hydrophob.

4. Modifizierung der Gewebeoberfläche

Die Estergruppen des PET sind unter milden Bedingungen nicht zu Reaktionen befähigt, die ein kovalentes Anbinden eines Partners an die Gewebeoberfläche erlauben. Um eine Schädigung der Filamente zu vermeiden, wurde auf physikalische Verfahren zur Oberflächenfunktionalisierung verzichtet. Geeignet erschien ein Beschichten der Gewebe mit wasserlöslichen Polyaminen.

5. Herstellung von Nanopartikeln mit integrierten photochromen Farbstoffen

Mikrokugeln definierter Größe wurden durch die radikalische Suspensionspolymerisation von Methylmethacrylat (MMA) hergestellt, dem kommerziell erhältliche phototrope Farbstoffe beigemischt waren. Da die Farbstoffe im MMA löslich waren, zeigten die Poly(methylmethacrylat)-Mikrokugeln (PMMA) auch phototrope Eigenschaften.

6. Kopplung der Nanopartikel an die modifizierte Gewebeoberfläche

Nach erfolgreichen Versuchen zur kovalenten Anbindung von silanmodifizierten Glaskugeln auf den aminfunktionalisierten Geweben, wurden Suspensionen von phototropen PMMA-Mikrokugeln auf solchen Gewebe appliziert. Die Polyaminschicht wurde mit Polymeren vernetzt, die Oxirane enthielten. Diese Vernetzten die Polyamine und fixierten dabei die PMMA-Kugeln an die Gewebeoberfläche.

7. Simulation visueller und thermischer Wirkungen verschiedener Gewebevarianten

- Festlegung relevanter Simulationsrandbedingungen
- Berücksichtigung entscheidender Materialkennwerte
- Ableitung und Modellierung eines Parametermodells zur Integration in ein Gebäudemodell einschließlich Ansteuerung und Schaltbedingungen
- Dynamische Simulation zur Darstellung der Funktionalität und Wirkungsweise des strahlungsadaptiven Sonnenschutzes sowie energetischer Effekte im Jahresgang

8. Aufbau Markisen-Versuchstand

- Festlegung eines Messkonzepts zur Bewertung von Verschattungsgrad, Energiedurchlassgrad, Lichtdurchlässigkeit und Transparenz
- Versuchsaufbau für Funktionsmuster (Maßstab 1:1) für Messungen der thermischen Behaglichkeit, Energie- und Strahlungsbilanz
- Versuchsaufbau für Funktionsmuster (Maßstab DIN A4) für Messungen zum Einfluss von Strahlungsintensität, UV-Anteil, Farbstoffmenge und Gewebestruktur

9. Messung visueller und thermischer Wirkungen der Markise vor einem Fenster

- Vergleichs- Rastermessung über Verglasung (3 Schritte): außen, raumseitig unverschattet und verschattet
- Thermische Messgrößen (außen): kurzweilige Strahlung, thermische Bestrahlungsstärke, Umgebungstemperatur
- Thermische Messgrößen (innen): thermische Behaglichkeit nach ISO 7730, Temperaturschichtung, Luftbilanz
- Visuelle Messgrößen: Beleuchtungsstärke; Transparenz

10. Auswertung der Messergebnisse

- Wirkung von UV-Anteil und Farbstoffkonzentration auf die Farbveränderung
- Wirkung der Beschichtung auf die Transparenz
- Strahlungsabhängigkeit von Lichttransmission und Abminderungsfaktor
- Dauer der Hin- und Rückreaktion (Abklingverhalten in Abhängigkeit von der Farbstoffkonzentration)

11. Untersuchung der Gebrauchstauglichkeit

- Scheuerverhalten: Bewertung der Haftung der Beschichtung visuell und durch Bestimmung des Masseverlusts; Stapelfasergearne im Schussfaden begünstigen die Haftung der Nanopartikel
- Knittererholungswinkelmessverfahren, Knitterwinkel zwischen 30 % und 80 %
- Weiterreißfestigkeit mittels Trapez-Methode: sehr gute Haltbarkeit, Weiterreißfestigkeit ca. 55 N in Kettfadenrichtung und ca. 100 N Schussfadenrichtung

12. Auswahl von Fügeverfahren für die Konfektionierung

- Fügen durch Nähen und Ultraschallschweißen, Maschinenparameter entsprechend der Materialkennwerte bestimmen
- Eignungsprüfung für das Ultraschallschweißen zur Verarbeitung thermoplastischer Materialien
- Nahtqualität bewerten

Fazit

Projektziel war die Entwicklung einer Markise mit Beschichtung, welche die Transmissions- und Absorptionseigenschaften in Abhängigkeit von der Strahlungsintensität der Sonne verändert. Dabei wird die Transmission des sichtbaren Strahlungsanteils durch kontinuierlich zunehmende Absorption so gedämpft, dass eine maximale Leuchtdichte nicht überschritten wird und die Durchsicht nach außen noch gewährleistet ist.

Die Funktionalisierung von schwer modifizierbaren PET-Geweben mit Nanopartikeln, die zuvor eine Modifizierung mit photochromen Farbstoffen erhielten, ist gelungen und reproduzierbar. Auch die Modifikation von PET-Geweben mit photochromen Farbstoffen über dünne Folienschichten war erfolgreich.

Die Beeinflussung der wichtigsten Zielgrößen „Lichttransmission“ und „Verschattungsgrad“ konnte nachgewiesen werden. Das Maß der Beeinflussung erreichte noch nicht die im Forschungsantrag formulierte und für die Praxis notwendige Größenordnung (bisher ca. 50 % erreicht).

Die Ergebnisse eröffnen zwei Wege für weiterführende Untersuchungen.

1. Laminierung des PET-Gewebes „Ettlin β35“ mit dem phototrop ausgerüsteten Polymer
2. Weiterentwicklung des phototrop ausgerüsteten Polymers als Folie

Eckdaten

Kurztitel: Strahlungsadaptiver textiler Sonnenschutz (SatS)

Forscher / Projektleitung:

Dipl.-Ing. Bernd Landgraf (Projektleiter)

Steinbeis-Hochschule-Berlin GmbH, Steinbeis-Transfer-Institut Bau- und Immobilienwirtschaft

Prof. Dr.-Ing. habil. Sybille Krzywinski, Dipl.-Ing. Elke Haase

Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden,

Dr. rer. nat. Frank Simon, Philipp Zimmermann M.Sc.

Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.

Dr.-Ing. Ralph Krause, Dipl.-Ing. Ralf Rogge, Dipl.-Ing. Hannes Rosenbaum

Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH

Gesamtkosten: 395.399,20 € €

Anteil Bundeszuschuss: 276.319,36 €

Projektlaufzeit: 24 Monate

BILDER/ ABBILDUNGEN

Bild 1: 1_Projektskizze.jpg

Sonnenschutz- und Blendschutzziele für Senkrechtmarkisen

Bild 2: 2_grosser_Messstand_Aussenansicht.png

Grundriss und Innenansicht beim Aufbau des großen Messstandes

Bild 3: 3_grosser_Messstand_Aussenansicht.png

Außenansicht des großen Messstandes mit Sonnensimulator

Bild 4: 4_kleiner_Messstand.png

Außenansicht des kleinen Messstandes mit Sonnensimulator und UV-Lampe

Bild 5: 5_strahlungsabhängige_Farbveränderung.png

Veränderung der Farbe der beschichteten Gewebe in Abhängigkeit von der Strahlungsleistung und der Farbstoffmenge

Bild 6: 6_Lichttransmission_Gewebe_und_Folie.png

Veränderung der Lichttransmission (τ_v) in Abhängigkeit von der Strahlungsleistung

Bild 7: 7_Verschattungsgrad_Gewebe_und_Folie.png

Veränderung des Verschattungsgrades (Abminderungsfaktor F_c) in Abhängigkeit von der Strahlungsleistung