

Entwicklung von Prüfverfahren zur schnelleren Prognose des Langzeitschutzes von Holzbeschichtungen im Außenbereich

Projektleiter:	Dr. habil. Mario Beyer Dr. Lars Passauer
Bearbeiter:	Dr. Lars Passauer Dipl.-Ing. Simone Wenk Bernd Brendler
Förderinstitution:	BMWi/AiF/IGF
Forschungsstellen:	Institut für Holztechnologie Dresden TU Dresden, Institut für Pflanzen und Holzchemie

Zielstellung und Lösungsweg

Ziel des Vorhabens war es, unterschiedliche bereits etablierte aber auch neuartige chemische und physikalische Analyseverfahren und Methoden der Oberflächencharakterisierung und -prüfung auf ihre Prognosefähigkeit hinsichtlich des Langzeit- und Schutzverhaltens von Holzbeschichtungen für den Außenbereich zu untersuchen. Hierbei handelte es sich neben den klassischen Oberflächenprüfmethoden zur Ermittlung von Farb- und Glanzgradänderung, Haftung und Wasser(dampf)permeabilität auch um mikroskopische (Lichtmikroskopie, REM, Raman-Mikroskopie) und mikro-mechanische Verfahren (Mikrohärte-Bestimmung), thermochemische Analysemethoden (DSC) sowie um verschiedene spektroskopische (FTIR-, Raman-, UV/Vis, Fluoreszenz-Spektroskopie) und chromatographische Methoden (GPC, GC/MS, Pyr-GC/MS, HS-SPME-GC/MS). Als ein vollkommen neuartiges Analysengerät kam ein mit einer Mikro-UV-Lampe gekoppeltes GC/MS-System zum Einsatz (Abb. 1a), welches der Identifizierung flüchtiger photochemi-

scher Abbauprodukte (Abb. 1b) dient, die unmittelbar nach Bestrahlung mit UV-Licht gebildet werden. Als neuartig im Bereich der Charakterisierung von Holzbeschichtungen und deren photochemischem Abbau sind eine Methode zur Bestimmung der Ionenpermeabilität sowie die Chemilumineszenz-Analyse (CL) zu nennen. Durch Anwendung dieser erhoffte man sich, Aussagen zum Einfluss von Strukturporen und der Oxidationsbeständigkeit von Bindemitteln und Additiven auf die Witterungsbeständigkeit von Holzbeschichtungen treffen zu können. Im Rahmen des Vorhabens sollten zunächst diejenigen Verfahren herausgearbeitet werden, die möglichst in der Beanspruchungsfrühphase witterungsbedingte strukturelle Änderungen und daraus resultierende Veränderungen physikochemischer und physikalischer Eigenschaften indizieren. Ferner sollten die erhaltenen Mess- und Prüfergebnisse mit dem Schutzverhalten der Beschichtungen in Relation gesetzt werden, das im Rahmen künstlicher und natürlicher Bewitterungsprüfungen ermittelt wurde.

Ergebnisse

Folgende Analysemethoden haben sich als besonders geeignet erwiesen, um witterungsbedingte strukturelle Veränderungen der Beschichtungsmaterialien bereits in der Beanspruchungsfrühphase zu detektieren: 1) FTIR-ATR, 2) DSC, 3) UV-GC/MS, 4) HS-SPME-GC/MS und 5) CL-Analyse. Damit konnten in der Literatur beschriebene photochemische Abbaumechanismen an Bindemitteln nachvollzogen aber auch neue Erkenntnisse im Hinblick auf 1) die chemisch-physikalische Degradation von

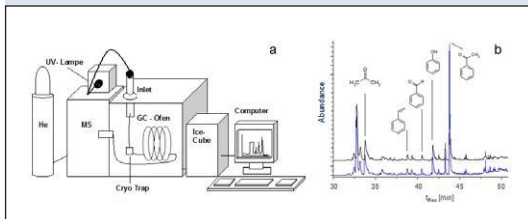


Abb. 1: a) Schematischer Aufbau eines GC/MS-Systems mit Kopplung zu einem Mikro-UV- Xenon-Kurzbogen-Strahler; b) Chromatogramm leicht flüchtiger photooxidativer Abbauprodukte eines transparenten styrolacrylat-basierten Lackfilmes

Holzbeschichtungen und 2) den Einfluss verschiedener Additive auf damit in Zusammenhang stehende Eigenschaftsänderungen der Beschichtungsmaterialien erlangt werden. So konnte gezeigt werden, dass witterungsbedingte Materialveränderungen ganz wesentlich durch Auswaschung, Emission und photooxidativen Abbau von Koaleszenzmitteln, (temporären) Weichmachern und Entschäumern/Entlüftern hervorgerufen werden. Weiterhin konnte die photokatalytische Wirkung des als Weißpigment eingesetzten Titandioxids nachgewiesen werden, die insbesondere beim Vorliegen photosensitiver Bindemittelkomponenten (z.B. PS) und Additive (z.B. PEG) zum Tragen kam. Ebenfalls gelang eine Darstellung der Entwicklung entsprechender Effekte in Abhängigkeit von der Bewitterungszeit, die Aussagen über entsprechende Reaktionsverläufe und die Sensibilität von Beschichtungen und deren Komponenten gegenüber photolytischem und photooxidativem Abbau zulässt (Abb. 2).

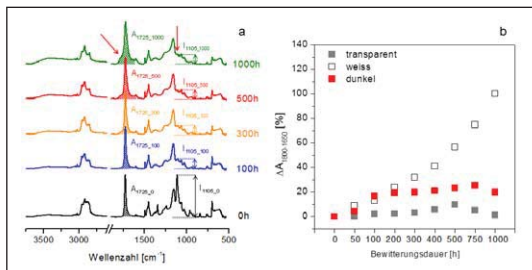


Abb. 2: a) FTIR-ATR-Spektren einer weiß pigmentierten styrolacrylat-basierten Holzbeschichtung nach unterschiedlicher Bewitterungsdauer (0-1000 h); Integrale und Intensitäten ausgewählter Banden sind gekennzeichnet; b) Prozentuale Änderung des Peakintegrals von $\nu(C=O)$ styrolacryla-basierter Holzbeschichtung unterschiedlicher Pigmentierung in Abhängigkeit von der Bewitterungsdauer

Methoden, mittels derer zeitnah witterungsbedingte physikalische Eigenschaftsveränderungen detektiert werden konnten, sind Messverfahren zur Bestimmung von 1) Glasübergangstemperatur, 2) Mikrohärte, 3) Farbe und 4) Glanz.

Anhand der zeitlichen Verläufe dieser Eigenschaftsveränderungen während künstlicher und Freilandbewitterung konnten Zusammenhänge mit strukturellen Änderungen abgeleitet werden. Mittels mathematischer-statistischer Modellierung konnten

weiterhin signifikante Zusammenhänge zwischen 1) Lackrezeptur und Schutzverhalten sowie 2) physikalischen Eigenschaftsänderungen während künstlicher Bewitterung und Schutzverhalten ermittelt werden (Abb. 3). Darauf aufbauend gelang durch Anwendung von Verfahren der multiplen Regression die Ableitung von Prognosemodellen, welche unter Einbeziehung von Rezepturdaten, physikalischen und physikochemischen Eigenschaften unbewitterter Referenzbeschichtungen sowie Eigenschaftsveränderungen während künstlicher Bewitterung orientierende Vorhersagen von mit dem Schutzverhalten von Holzbeschichtungen im Zusammenhang stehenden makroskopischen Eigenschaften ermöglichen (Abb. 4). Eine Übertragung dieser Verfahren in die Praxis erscheint generell möglich, setzt aber eine Ergebnisvalidierung unter Einbeziehung bislang nicht untersuchter Beschichtungssysteme voraus.

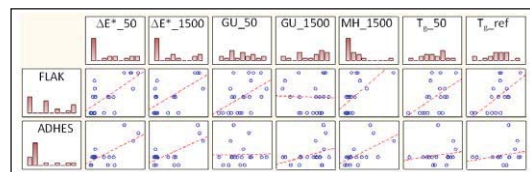


Abbildung 3: Ausschnitt einer Streudiagramm-Matrix mit Relationen zwischen ausgewählten makroskopischen Eigenschaften von Holzbeschichtungen nach 24-monatiger Freibewitterung (FLAK: Abblätterungsgrad, ADHES: Haftung) und physikalischer Eigenschaften unbewitterter (T_{g_ref}) sowie 50/1500 h künstlich bewitterter Beschichtungen (ΔE^* : Farbabstand, GU: Glanzgrad, MH: Mikrohärte, T_g : Glasübergangstemperatur)

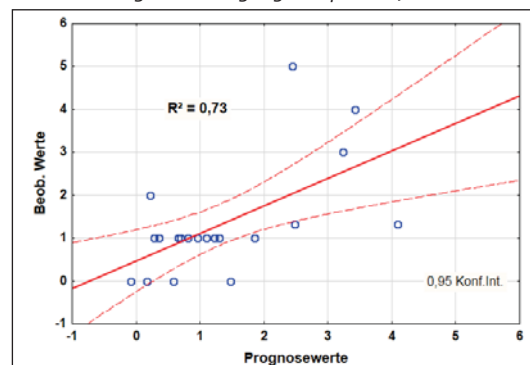


Abbildung 4: Vorhersagegenauigkeit eines linearen multiplen Regressionsansatzes zur Schätzung der Haftungseigenschaften gemäß ISO 2409 (Langzeitprognose) auf Basis der Variablen Pigmentierung, Farbabstand ΔE^*_{50} , Mikrohärte MH_{1500} , Glasübergangstemperaturen T_{g_ref} und T_{g_50}