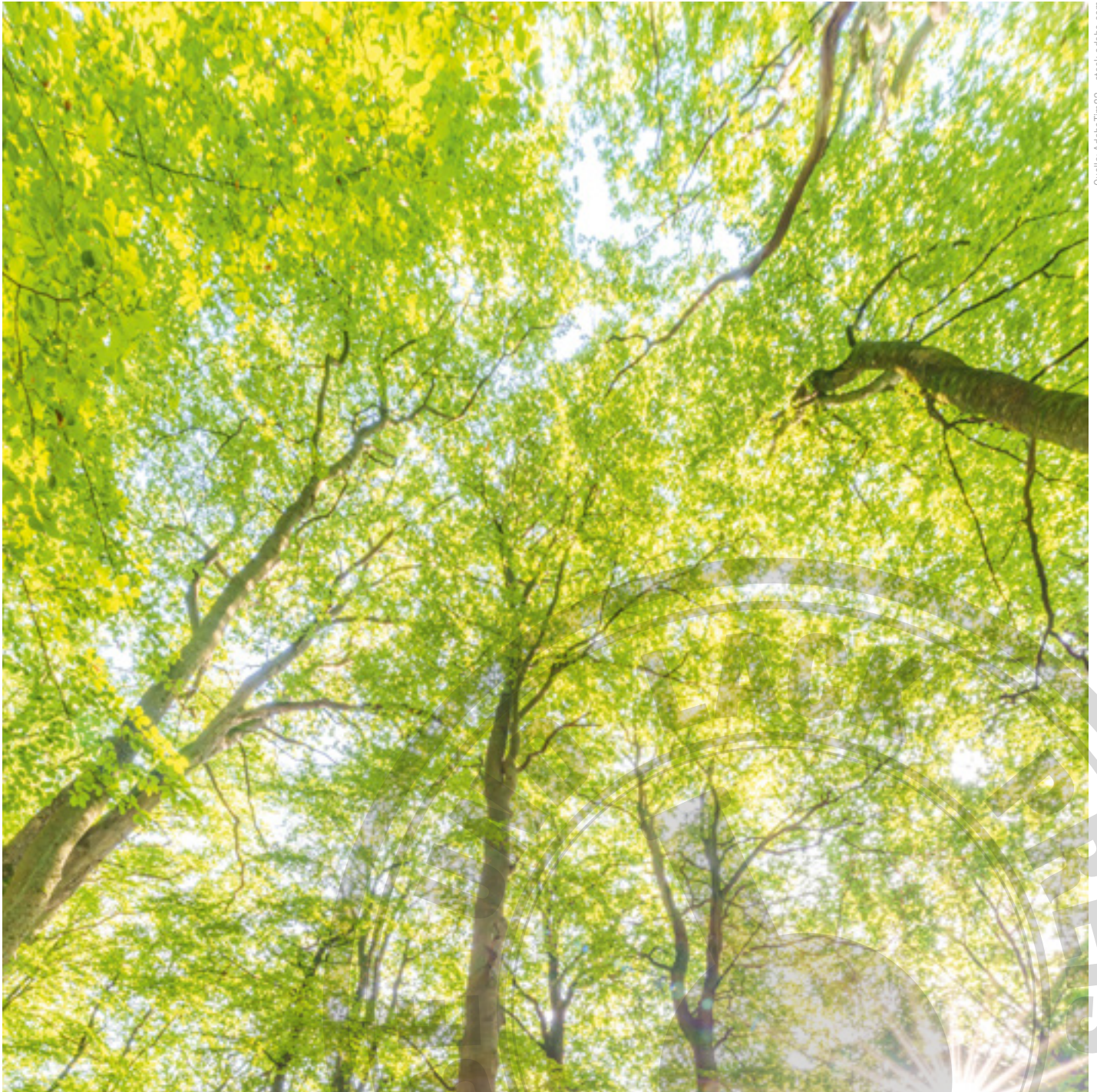


# Damit drinnen die Sonne scheint



Quelle: Adobe Tm82 - stock.adobe.com

**HOLZBESCHICHTUNGEN** // SEKUNDÄRE PFLANZENSTOFFE KÖNNEN IN HOLZANSTRICHEN HERKÖMMLICHE ADDITIVE WIE UV-ABSORBER ERSETZEN. PFLANZENPROTEINE LASSEN SICH ALS BINDEMITELE VERWENDEN. DIE PRODUKTE EIGNEN SICH FÜR DEN INNEN- UND DEN AUSSENBEREICH.

Dr. Melanie Platzer, Dr. Daniela Leistl, Fraunhofer IVV, und  
Dr. Sebastian Brück, Naturhaus Naturfarben

**H**olz ist eines der ältesten Baumaterialien der Menschheit. Im Zuge der Industrialisierung traten jedoch alternative Baustoffe wie Ziegel, Stahl und Beton in den Vordergrund, die widerstandsfähiger und haltbarer sind. Der fortschreitende Klimawandel und die damit verbundenen Anforderungen an Nachhaltigkeit und Klimaschutz führen dazu, dass die Baubranche Holz als natürlichen Baustoff wiederentdeckt [1]. Dabei kommen Hölzer sowohl im Innen- als auch im Außenbereich zum Einsatz, wo sie beispielsweise Lücken schließen und nachverdichten. Neben einer positiven Ökobilanz bietet Holz bauliche Vorteile wie hohe mechanische Festigkeit, geringes Eigengewicht, gute Wärmedämmung, und es ist durch einen hohen Vorfertigungsgrad leicht zu verarbeiten. Dadurch ist der Baustoff vielseitig einsetzbar. Weitere Vorteile sind die biologische Abbaubarkeit sowie der Beitrag zum Klimaschutz durch die CO<sub>2</sub>-Reduktion während des Anbaus [2].

Trotz der Vorteile bringt es Probleme mit sich, Hölzer zu verwenden, darunter die Empfindlichkeit gegenüber mechanischen Belastungen. Außerdem führt die Witterungsanfälligkeit zu einem erhöhten Aufwand bei der Instandhaltung von Holz als Baustoff. Äußere Umweltfaktoren wie die natürliche Bewitterung und die Einstrahlung von UV-Licht beeinflussen die Holzeigenschaften und beschleunigen die Alterung [3, 4]. UV-Licht oxidiert Lignin und baut es ab. Das natürliche Biopolymer ist für die Stabilität des Holzes verantwortlich [5–8]. Der Abbau zeigt sich zunächst durch eine Farbveränderung, gefolgt von einer Versprödung des Holzes und dem Verlust der mechanischen Eigenschaften [7, 9, 10]. Dies betrifft besonders die Holzoberfläche, da die UV-Strahlung nur etwa 75 µm weit ins Holz eindringt [11].

### Holzanstrichsysteme

Um die Holzoberfläche zu schützen und somit die Langlebigkeit des Baustoffs zu verbessern, werden unterschiedliche Anstrichsysteme eingesetzt, welche die UV-Einstrahlung abschirmen. Unterschieden wird hierbei zwischen Klarlacken, Lackfarben und Lasuren. Während es sich bei Klarlacken um unpigmentierte Lacke handelt, enthalten Lackfarben deckende Pigmente. Lasuren sind leicht pigmentierte Lacke, die sich lediglich in der geringeren Auftragsdicke von Lacken unterscheiden und so die natürliche Holzstruktur durchscheinen lassen [12, 13].

Lacke und Lasuren schützen die Holzoberfläche auf Grund der enthaltenen Pigmente, die UV-Licht reflektieren. Hierbei gilt: Je mehr Pigmente enthalten sind, desto effektiver ist der Schutz. Bei Klarlacken hingegen ist der Einsatz von Additiven für den UV-Schutz unvermeidbar. Hierfür kommen in der Regel Benzophenone, Benzotriazole oder Phenyltriazinderivate zum Einsatz. Sie stehen allerdings in der Kritik, da Organisationen wie die Agency for Research on Cancer (IARC) oder die europäische Chemikalienbehörde (ECHA) sie als gesundheitsbedenklich einstufen [15, 40, 41]. Es handelt sich bei den genannten Additiven um flüchtige Substanzen, die über die Atmung aufgenommen werden können und daher besonders im Innenbereich problematisch sind.

UV-Schutzlacke, die zu 100% aus nachwachsenden und biologisch abbaubaren Inhaltsstoffen bestehen und zudem die natürliche Holzoptik erhalten können, sind bisher auf dem Markt unterrepräsentiert. An diesem Punkt setzt das Forschungsprojekt „ProTann“ des Fraunhofer-Instituts für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) an, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Ziel des Projekts ist es, ein gesundheitlich unbedenkliches, nachhaltiges Holzschutzmittel zu entwickeln, das aus natürlichen

und nachwachsenden Rohstoffen besteht. Für diesen Zweck sollte ein neuartiges Beschichtungssystem entwickelt werden, das neben guten filmbildenden Eigenschaften stark UV-absorbierend wirkt. In der Natur finden sich zwei Stoffklassen, die sich hervorragend eignen, um die beschriebenen Ziele zu erreichen. Proteine wie beispielsweise Casein oder auch Proteine pflanzlicher Herkunft gelten als natürliche Bindemittel und lassen sich bereits in der Höhlenmalerei finden. Sekundäre Pflanzenstoffe (SPS) sind chemische Komponenten, die auf den ersten Blick für Pflanzen nicht lebensnotwendig scheinen. Sie zeichnen sich jedoch durch die Übernahme wichtiger Funktionen aus. Dies sind beispielsweise Lockmittel, Antioxidantien oder auch UV-Schutz. Entsprechende SPS sollen daher zur UV-Absorption in neuartigen Holzschutzmitteln eingesetzt werden. Die Kombination der beiden Stoffklassen soll sich wie folgt vorteilhaft auf die Entwicklung des Holzschutzes auswirken: Die Proteine bilden in ihrer Funktion als Bindemittel ein Netzwerk aus, in dem sich die zum UV-Schutz eingesetzten SPS einlagern und dadurch gut verteilt auf der Oberfläche vorliegen. Um die Ziele zu erreichen, trägt das Institut mit seiner langjährigen Erfahrung beim Ermitteln des Potenzials pflanzlicher Polymere in Non-Food-Anwendungen bei. Dies umfasst das Gewinnen der Biopolymere und die Charakterisierung der gewonnenen Extrakte. Zur Einstellung oder Optimierung gewünschter Funktionalitäten lassen sich gezielte Modifikationen durchführen. Abschließend unterstützt das Institut beim Einarbeiten der biobasierten Substitute in bestehende Produktformulierungen. Die Arbeiten im Projekt wurden zusammen mit einem Experten für die Entwicklung natürlicher Rezepturen für die Oberflächenbehandlung von Hölzern (Naturhaus Naturfarben) durchgeführt.

### Proteine als Bindemittel







Der Einsatz von pflanzlichen Proteinen etwa in Klebstoffen und Farben ist in der Geschichte weit verbreitet. Durch die Industrialisierung rückten jedoch fossilbasierte Produkte wie Styrol, Butadien, Acrylate und Vinylacetat in den Fokus [16, 43, 44]. Die Anwendung von Proteinen gewinnt jedoch wieder zunehmend an Relevanz, was auf Faktoren wie die Verknappung fossiler Ressourcen, die zunehmende Umweltbelastung und das steigende Gesundheits- und Umweltbewusstsein der Bevölkerung zurückzuführen ist [16].

Im technischen Bereich finden unterschiedliche Biopolymere wie Stärke, Lignin und Proteine als natürlicher Bindemittlersatz Einsatz [17]. Besonders die Proteine sind aufgrund ihrer funktionellen Eigenschaften eine gute Alternative; sie sind filmbildend und verdickend. Über geziel-

### Ergebnisse auf einen Blick

- Pflanzenstoffe eignen sich als biologische Alternative zu herkömmlichen Bindemitteln und UV-Absorbieren.
- Diese Pflanzenstoffe lassen sich aus Rückständen der Agrar- und Lebensmittelindustrie gewinnen und stehen somit nicht in Konkurrenz zu anderen Branchen.
- Durch geeignete Modifikationen (chemisch oder enzymatisch) lassen sich die Produkteigenschaften ändern und an verschiedene Systeme anpassen.
- Die entwickelten Holzanstriche eignen sich potenziell als pflanzliche Alternativen für die Innenraumanwendung.

Tab. 1 // UV-blockierende Eigenschaften und Farbton verschiedener pflanzlicher Extrakte.

Rohstoff	Farbton	Geblockter UV-Bereich in nm
Eiche 1		330-393
Kastanie		330-399
Traubenschale 1		330-396
Traubenschale 2		330-390
Unbekannt 1		330-370
Unbekannt 2		330-336

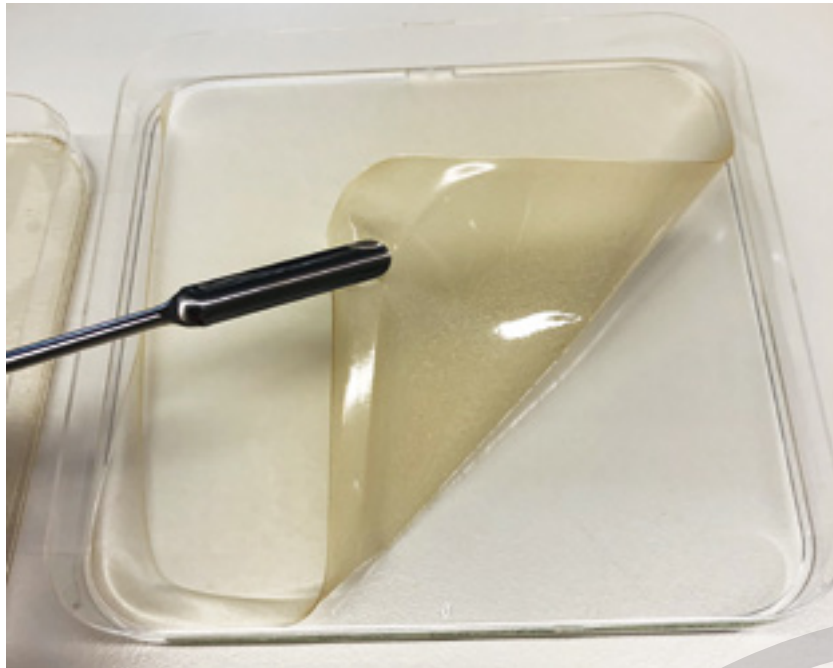


Abb. 1 // Filmbildende Eigenschaften von Erbsenprotein.

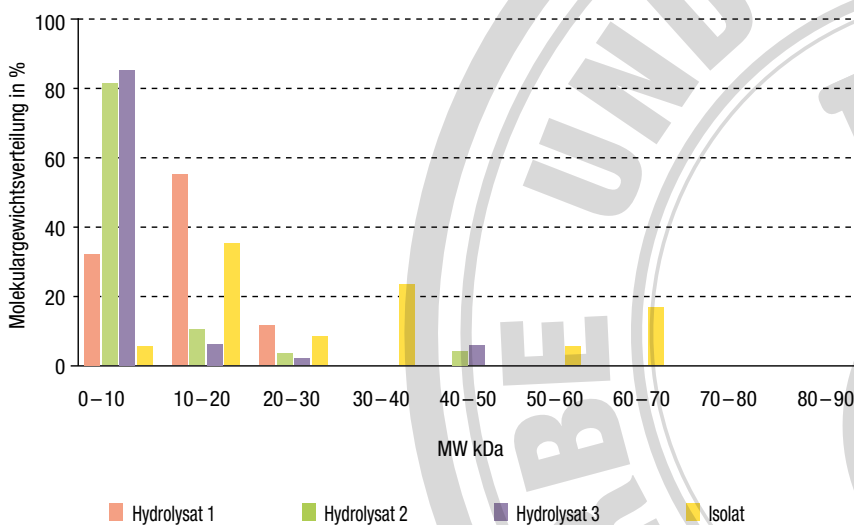


Abb. 2 // Molekulargewichtsverteilung vor und nach enzymatischer Hydrolyse.

te chemische oder enzymatische Modifikationen (z. B. Hydrolyse) lassen sie sich verändern und an unterschiedliche Systeme anpassen. So haben beispielsweise Giosafatto et al. [45] gezeigt, dass sich die Wasserbeständigkeit der Proteinfilme mit bestimmten Enzymen (Transglutaminase) verbessern lässt [17–23]. Neben der enzymatischen oder chemischen Modifikation kann eine thermische Behandlung der Proteine erfolgen, welche die Bindungseigenschaften der Proteine und ihre Fähigkeit zur Vernetzung beeinflusst: Elektrostatistische Wechselwirkungen und Wasserstoffbrückenbindungen werden durch die Temperaturerhöhung geschwächt und hydrophobe Wechselwirkungen gestärkt [24, 25]. Dadurch kommt es zur Auffaltung und anschließenden Denaturierung des Proteins und zur vermehrten Protein-Protein-Interaktion (Abb. 1) [25, 26].

### Sekundäre Pflanzenstoffe als UV-Schutz

Handelsübliche UV-Absorber sind potenziell gesundheitsgefährdend. Zudem schirmen viele dieser Produkte die UV-Strahlung nicht zu 100 % ab, weshalb sie den Prozess der Holzalterung nicht aufhalten, sondern nur verlangsamen. Für einen dauerhaften und vollständigen Schutz eignen sich nur pigmentierte Anstriche mit einer besonders hohen Deckkraft, die in der Regel wenig gefragt sind, da sie die Optik des Holzes stark verändern. Aus diesen Gründen besteht aus Sicht der Anwender und der Hersteller von Holzschutzmitteln die Nachfrage nach halbdurchsichtigen oder transparenten Anstrichen, welche die natürliche Farbe, Maserung und Textur des Holzes erhalten können [29–32].

Es gibt mehr als 10000 bekannte SPS, die von Pflanzen u. a. für den Schutz gegen UV-Strahlung produziert werden, die als alternative Schutzadditive in Frage kommen [33–35]. Aufgrund ihrer gesundheitsfördernden und krankheitsvorbeugenden Eigenschaften werden SPS häufig in der Pharma- und Nahrungsergänzungsinindustrie eingesetzt und finden auch in weiteren Anwendungen wie Lebensmitteln und Kosmetika Verwendung [33, 36–40].

### Proteine als Bindemittel

Als Ersatz für fossile Bindemittel wurden im Rahmen des Forschungsprojekts Proteinisolate eingesetzt. Vor ihrem Einsatz wurden die Proteine zunächst einer enzymatischen oder chemischen Hydrolyse unterzogen. Die Modifikation reduziert das Molekulargewicht der eingesetzten Proteine. Darüber hinaus wird durch die Hydrolyse versucht, die Anzahl der möglichen Bindungsstellen zu erhöhen. Durch diese Maßnahme soll die Protein-SPS-Interaktion verbessert und die Vernetzung begünstigt werden, um eine dauerhafte Bin-

dung der SPS im Anstrichsystem zu gewährleisten. Anderenfalls ist ein Auswaschen der SPS aus dem gebildeten Film denkbar, was mit dem Verlust der UV-absorbierenden Wirkung einhergeht.

Abb. 2 zeigt die ursprüngliche Molekulargewichtsverteilung des eingesetzten Proteinisolats verglichen mit den gewonnenen Hydrolysaten nach enzymatischer Hydrolyse.

Für die enzymatische Hydrolyse wurden unterschiedliche Enzyme aus der Klasse der Protease und Alcalasen genutzt, die einen unterschiedlichen Hydrolysegrad erzielten. Je höher der Hydrolysegrad, desto kleiner ist das Molekulargewicht.

Im Anschluss an die Hydrolyse wurden erneut die filmbildenden Eigenschaften untersucht (Abb. 3)

Die Hydrolyse hat die Filmbildung der Proteine teilweise verschlechtert (Abb. 3b und c). Um ein optimales Ergebnis zu erzielen, bei dem die Proteine zwar eine erhöhte Anzahl an Bildungsmöglichkeiten zur Vernetzung mit den SPS haben, aber trotzdem noch gute filmbildende Eigenschaften besitzen, wurde eine enzymatische Teilhydrolyse durchgeführt (Abb. 4).

Vorteil der enzymatischen Hydrolyse im Vergleich zur chemischen ist, dass die enzymatische gerichtet abläuft und nicht zufällig. Auf diese Weise kann die Hydrolyse beispielweise beim Erreichen einer bestimmten Molekulargewichtsverteilung gestoppt werden.

### Sekundäre Pflanzenstoffe als UV-Absorber

Im nächsten Schritt wurden die UV-absorbierenden Eigenschaften unterschiedlicher, kommerziell erhältlicher pflanzlicher Extrakte aus verschiedenen Rinden und Fruchtschalen über spektrophotometrische Analysen untersucht (Tab. 1). Da der Erhalt der natürlichen Optik bei der Entwicklung des Holzanstrichs dabei im Vordergrund stand, wurde zusätzlich die Farbe über den  $L^*a^*b^*$ -Wert bestimmt und für die weiteren Entscheidungen berücksichtigt. Tab. 1 fasst die Erkenntnisse über die UV-blockierenden Eigenschaften unterschiedlicher Pflanzenextrakte zusammen. Da für das Forschungsprojekt eine Anwendung im Innenbereich angestrebt wurde, war besonders der Bereich zwischen 330 und 380 nm ausschlaggebend für die Rohstoffauswahl. Zusätzlich wurde die Farbgebung der Extrakte einbezogen, um ein möglichst transparentes Anstrichsystem zu entwickeln. Für die weiteren Arbeiten im Projekt wurden unterschiedliche Eichenextrakte verwendet.

### Formulierungsentwicklung

Für die Entwicklung eines vollständigen Anstrichsystems wurden die Pflanzenextrakte

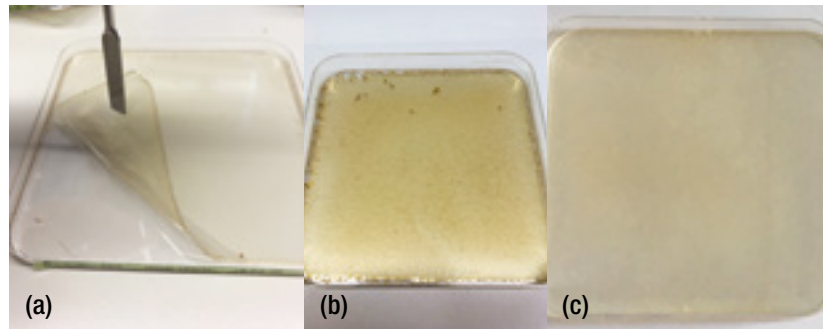


Abb. 3 // Filmbildung ohne (a) und nach chemischer (b) und enzymatischer (c) Hydrolyse.









Abb. 4 // Filmbildung nach Teilhydrolyse.



Abb. 5 // Freistehender Protein-SPS-Film.

Tab. 2 // UV-absorbierende Wirkung der freistehenden Filme.

Rohstoff	Farbton	Geblockter UV-Bereich in nm
Extrakt 1		330-360
Extrakt 2		330-380
Extrakt 3		330-380
Extrakt 1+2		330-380
Extrakt 1+3		330-380
Extrakt 2+3		330-380

die Anwendung auf der Holzoberfläche übertragen lassen. Dafür wird die Farbänderung über die Zeit getestet. Zudem wurden Auswaschversuche, Fleckentests (nach DIN 68861-1) und reverse Fleckentests durchgeführt. Diese Untersuchungen lassen Rückschlüsse auf die Stabilität der Polyphenol-Bindung und der Beständigkeit der Protein-SPS-Interaktion in den Anstrichsystemen zu. Durch den Kontakt mit verschiedenen Flüssigkeiten wie Essig, Wasser und Reinigungsmitteln wurden diese möglichst umfangreich mit typischen Belastungen geprüft.

Die Tests werden auf verschiedenen Holzarten durchgeführt. So ließen sich unerwünschte Reaktionen wie z. B. Farbänderungen oder Änderungen der Oberflächenstabilität durch Interaktion mit in den Hölzern enthaltenen Inhaltsstoffen auch über die Zeit identifizieren und beheben. Die Oberflächen werden außerdem gezielt den erwarteten Bewitterungsbedingungen – besonders einer UV-Belastung – ausgesetzt, um die Widerstandsfähigkeit der Formulierungen in Langzeittests zu untersuchen. Die Übertragbarkeit der Formulierungsherstellung in den großtechnischen Maßstab wird ebenso überprüft wie die Lagerfähigkeit der Formulierungen selbst.

Innerhalb des Projekts sind einige vielversprechende Formulierungen entwickelt worden. Sie liefern eine gute Auftragbarkeit und Verträglichkeit mit unterschiedlichen Arten von Hölzern. Außerdem zeigten spektrophotometrische Analysen, dass die Anstrichsysteme potenziell dazu in der Lage sind, den für den Innenbereich relevanten UV-Bereich zu blockieren. Daher ist der Einsatz von Proteinen und SPS für Anstrichsysteme im Innenbereich denkbar, beispielsweise für Parkett (Abb. 7).

**Kontakt // [melanie.platzer@ivv.fraunhofer.de](mailto:melanie.platzer@ivv.fraunhofer.de)**

#### Literatur

- [1] <https://blog.bluebeam.com/de/locally-produced-timber/> zugegriffen am: 3.6.24
- [2] <https://www.jh-profishop.de/profi-guide/holz-als-baustoff/> zugegriffen am: 3.6.24
- [3] Landry, V.; Boivin, G.; Schoor, D.; Mottoul, M.; Mary, A.; Abid, L.; Carrère, M.; Laratte, B.: Recent Developments and Trends in Sustainable and Functional Wood Coatings. *Current Forestry Reports* 2023, 9, 319–331
- [4] Chang, T.-C.; et al.: Stabilizing effect of extractives on the photo-oxidation of *Acacia confusa* wood. *Polymer Degradation and Stability* 2010, 95, 1518–1522
- [5] <https://biooekonomie.de/themen/dossiers/lignin-reststoff-mit-potenzial>
- [6] Teaca, C. A.; et al.: Structural Changes in Wood under Artificial UV Light Irradiation Determined by FTIR Spectroscopy and Color Measurements – A Brief Review. *Biorenewables* 2013, 8, 1478–1507
- [7] Heitner, C.: Light-Induced Yellowing of Wood-Containing Papers – an Evolution of the Mechanism. *Photochemistry of Lignocellulosic Materials* 1993, 531, 2–25
- [8] Rowell R. M.; F.W.C.a.E.W.D.: Weathering of chemically



Abb. 6 // Auftrag des neuartigen Holzanspruchs.

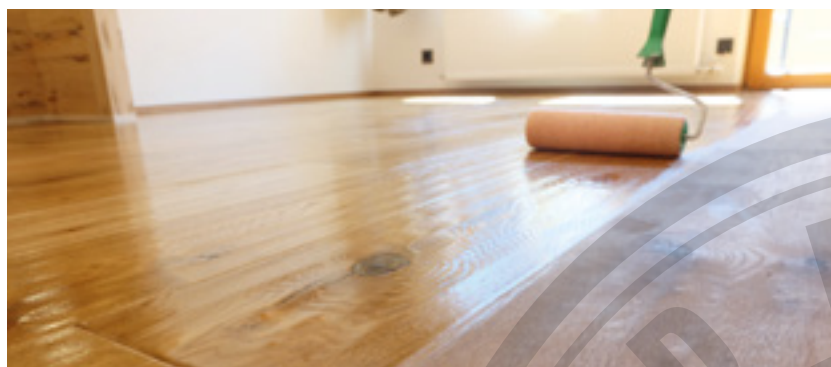


Abb. 7 // Potenzielle Einsatzmöglichkeit des entwickelten Anstrichsystems.

im Anschluss in die Proteinfilm eingearbeitet. Um eine stabile Formulierung zu erhalten, wurden zudem Parameter wie der Anteil der Trockenmasse, der pH-Wert und das Verhältnis zwischen Protein und SPS angepasst und die Formulierungen mit Additiven zur Konservierung versetzt. Im Anschluss wurden erneut die Filmbildung sowie die UV-absorbierenden Eigenschaften der freistehenden Filme untersucht (Abb. 5). Um die UV-absorbierende Wirkung der Filme weiter zu erhöhen, wurden zusätzlich Mischungen aus unterschiedlichen SPS-Extrakten eingearbeitet (Tab. 2).

Es zeigte sich für nahezu alle entwickelten Filme eine UV-absorbierende Wirkung im Be-

reich von 330 bis 380 nm, mit der Ausnahme von Extrakt 1. Des Weiteren ließ sich durch die Mischung unterschiedlicher Extrakte die UV-absorbierende Wirkung nicht weiter erhöhen, jedoch wirkte sich die Mischung teilweise positiv auf die Farbgebung aus.

Im Anschluss wurde die Verträglichkeit der entwickelten Anstriche auf unterschiedlichen Holzarten untersucht (Abb. 6, exemplarische Darstellung). Auch hier zeigten alle Formulierungen eine gute Verträglichkeit mit der Holzoberfläche, und es kam nicht zum Ablättern oder Splintern des Auftrags.

Zurzeit laufende Untersuchungen prüfen, ob sich die Ergebnisse der freistehenden Filme auf

modified southern pine. *Wood science* 1981, 11, 271–274

[9] Kuo, M. L.; Hu, N. H.: Ultrastructural-Changes of Photodegradation of Wood Surfaces Exposed to UV. *Holzfor-schung* 1991, 45, 347–353

[10] Evans, P. D.; Wallis, A. F. A.; Owen, N. L.: Weathering of chemically modified wood surfaces - Natural weathering of Scots pine acetylated to different weight gains. *Wood Science and Technology* 2000, 34, 151–165

[11] Pandey, K. K.; A note on the influence of extractives on the photo-discoloration and photo-degradation of wood. *Polymer Degradation and Stability* 2005, 87, 375–379

[12] Bulian, F.; Graystone, J. A.: Chapter 3 – Raw Materials for Wood Coatings (1) – Film Formers (Binders, Resins and Polymers), in *Wood Coatings*, 2009, Elsevier, Amsterdam, 53–94

[13] [heimwerker.de/lacke-acryllack-alydharzack-kunst-harzack/](http://heimwerker.de/lacke-acryllack-alydharzack-kunst-harzack/) zugegriffen am: 3.6.24

[14] Nanetti, P.: *Lack für Einsteiger*, 2016, Vincentz Network, Hannover, Germany

[15] Wypych, A.; Wypych, G.: *Databook of UV Stabilizers*, 2015, Toronto, ChemTec Publishing

[16] Frihart, C. R.; Lorenz, L. F.: 5 – Protein Adhesives, in: Pizzi, A.; Mittal, K. L. (Eds.): *Handbook of Adhesive Technology*, 3 ed. CRC Press 2018

[17] Imam, S. H.; Bilbao-Sainz, C.; Chiou, B.-S.; Glenn, G. M.; Orts, W. J.: Biobased adhesives, gums, emulsions, and binders: current trends and future prospects. *Journal of Adhesion Science and Technology* 2013, 27, 1972–1997

[18] Derksen, J. T. P.; Cuperus, F. P.; Kolster, P.: Paints and coatings from renewable resources, *Industrial Crops and Products* 1995, 3, 225–236

[19] Li, P.; Sun, Z.; Ma, M.; Jin, Y.; Sheng, L.: Effect of microwave-assisted phosphorylation modification on the structural and foaming properties of egg white powder, *LWT* 2018, 97, 151–156

[20] Zhu, D.; Damodaran, S.: Chemical phosphorylation improves the moisture resistance of soy flour-based wood adhesive. *Journal of Applied Polymer Science* 2014, 131(13)

[21] Wang, X.-B.; Chi, Y.-J.: Microwave-assisted phosphorylation of soybean protein isolates and their physicochemical properties, *Czech Journal of Food Sciences* 2012, 30, 99–107

[22] Zhang, K.; Li, Y.; Ren, Y.: Research on the phosphorylation of soy protein isolate with sodium tripoly phosphate, *Journal of food engineering* 2007, 79, 1233–1237

[23] Giosafatto, C. V. L.; Fusco, A.; Al-Asmar, A.; Mariniello, L.: Microbial Transglutaminase as a Tool to Improve the Features of Hydrocolloid-Based Bioplastics, *International journal of molecular sciences* 2020, 21

[24] Sikorski, Z. Z. E.; A. Kolakowska: *Chemical and functional properties of food lipids*: CRC press, 2010

[25] Perez-Gago, M. B.; Krochta, J. M.: Denaturation time and temperature effects on solubility, tensile properties, and oxygen permeability of whey protein edible films, *Journal of food science* 2001, 66, 705–710

[26] Stuchell, Y. M.; Krochta, J. M.: Enzymatic treatments and thermal effects on edible soy protein films, *Journal of food science* 1994, 59, 1332–1337

[27] Fetzer, A.; Herfellner, T.; Eisner, P.: Rapeseed protein concentrates for non-food applications prepared from pre-pressed and cold-pressed press cake via acidic precipitation and ultrafiltration, *Industrial Crops and Products* 2019, 132, 396–406

[28] Fetzer, A.; Herfellner, T.; Stäbler, A.; Menner, M.; Eisner, P.: Influence of process conditions during aqueous prote-

in extraction upon yield from pre-pressed and cold-pressed rapeseed press cake, *Industrial Crops and Products* 2018, 112, 236–246

[29] Aloui, F. et al.: Inorganic UV absorbers for the photostabilisation of wood-clearcoating systems: Comparison with organic UV absorbers. *Applied Surface Science* 2007, 253, 3737–3745

[30] Schaller, C.; Rogez, D.; Braig, A.: Hydroxyphenyl-s-triazines: advanced multipurpose UV-absorbers for coatings. *Journal of Coatings Technology and Research* 2008, 5, 25–31.

[31] Schaller, C.; Rogez, D.; Braig, A.: Hindered amine light stabilizers in pigmented coatings. *Journal of Coatings Technology and Research* 2009, 6, 81–88

[32] Kielmann, B. C.; Mai, C.: Application and artificial weathering performance of translucent coatings on resin-treated and dye-stained beech-wood. *Progress in Organic Coatings* 2016, 95, 54–63

[33] Shahidi, F.; Nacz, M.: *Food phenolic: sources chemistry effects applications*, Lancaster PA, USA: Technomic Publishing Company Co., 1995

[34] Bennett, R.; Wallsgrove, R.: Secondary metabolites in plant defence mechanism, *New Phytol.* 1994, 127, 617–633

[35] Crozier, A.; Clifford, M.; Ashihara, H.: *Plant Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet*, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2008

[36] Shahidi, F.; Zhong, H.; Ambigaipalan, P.: Antioxidants: regulatory status, *Bailey's Ind. Oil Fat Prod* 2005, 1, 1–21

[37] Zheng, W.; Wang, S.: Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs, *J. Agric. Food Chem.* 2001, 49, 5165–5170

[38] Dragland, S.; Senoo, H.; Wake, K.; Blomhoff, R.: Several culinary and medicinal herbs are important sources of dietary antioxidants, *J. Nutr.* 2003, 133, 1286–1290

[39] Wang, S.: Antioxidant Capacity of Berry Crops and Herbs, in *Oriental Foods and Herbs*, Washington DC, USA, American Society, ACS Symposium Series 2003, 859, 190–201

[40] Wu, X.; Beecher, G.; Holfe, J.; Haytowitz, D.; Gebhardt, S.; Prior, R.: Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States, *J. Agric. Food Chem.* 2004, 52, 4026–4037

[41] <https://www.verbraucherzentrale.nrw/schadstoffe/kosmetik/projekt-schadstoffberatung/schadstoffberatung-kosmetik/krebstoerregender-stoff-in-alter-sonnensonne-58458>, zugegriffen am: 3.6.24

[42] <https://www.verbraucherzentrale.nrw/wissen/projekt-schadstoffberatung/schadstoffberatung-waschen-putzen-reinigen/schadstoff-in-spuelmaschinen-50075>, zugegriffen am: 3.6.24

[43] Imhof, W.; Heid, H.; Reith, J.: *Malerfachkunde*, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 1999

[44] Learner, T.: A review of synthetic binding media in twentieth-century paints, *The Conservator* 2000, 24, 96–103

[45] Giosafatto, C. V. L.; Fusco, A.; Al-Asmar, A.; Mariniello, L.: Microbial Transglutaminase as a Tool to Improve the Features of Hydrocolloid-Based Bioplastics, *International journal of molecular sciences* 2020, 21

#### DR. MELANIE PLATZER

geboren 1993, studierte Lebensmitteltechnologie an der TU München. Sie arbeitet seit 2018 als Wissenschaftlerin in der Abteilung Verfahrens-entwicklung pflanzliche Rohstoffe am Fraunhofer IVV und schloss dort ihre Promotion 2023 ab. Sie beschäftigt sich mit der Gewinnung und Charakterisierung von sekundären Pflanzenstoffen und deren Einsatz in technischen Formulierungen.



#### DR. SEBASTIAN BRÜCK

geboren 1988, studierte Chemie an der LMU München und schloss dort seine Promotion im Jahr 2019 ab. Seit 2020 arbeitet er als Wissenschaftler in der Abteilung Forschung und Entwicklung der Firma Naturhaus Naturfarben. Dort beschäftigt er sich mit der Erforschung neuer Rohstoffe und der Entwicklung von Produkten für den Aufbau, die Pflege und den Unterhalt von Holzoberflächen.

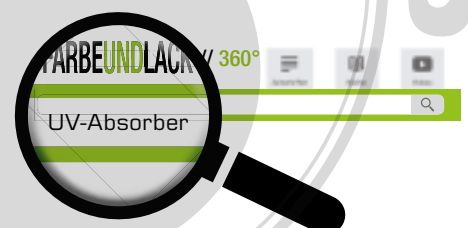


#### DR. DANIELA LEISTL

geboren 1980, hat an der TU Dortmund Biotechnologie studiert. Anschließend ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin an das Fraunhofer IVV gewechselt und hat dort im Bereich „Enzymatische Prozesse zur Pflanzenölraffination“ promoviert. Seit drei Jahren ist Leistl am Fraunhofer IVV als Geschäftsfeldmanagerin für den Bereich Recycling und Umwelt tätig.



Mehr zum Thema!



65 Ergebnisse für UV-Absorber!  
Jetzt testen: [www.farbeundlack.de/360](http://www.farbeundlack.de/360)