HOCHSCHULE HANNOVER
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES AND ARTS
–
Fakultät II
Maschinenbau und Bioverfahrenstechnik

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Nachhaltige Leichtbaustrukturen für die Luftfahrt und wie man diese vor Umwelteinflüssen schützt (InteReSt-II)

Hannes Schäfer

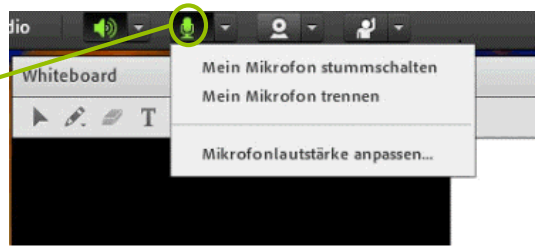
15. Dezember 2022

aus der IfBB-Webinarreihe: „Biowerkstoffe im Fokus!“
unter der Leitung von
Prof. Dr.-Ing. Andrea Siebert-Raths
Moderation: Dr. Lisa Mundzeck

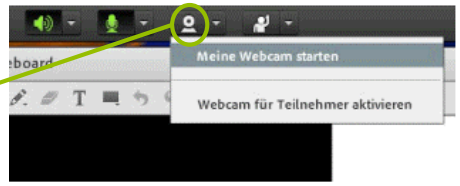
Ablauf

- **Dauer ca. 20 Minuten**
- **Webinar wird aufgezeichnet**
- **Fragen während des Vortrags: bitte das Modul „Chat“ nutzen**
- **Fragen werden gern am Ende des Vortrags beantwortet**

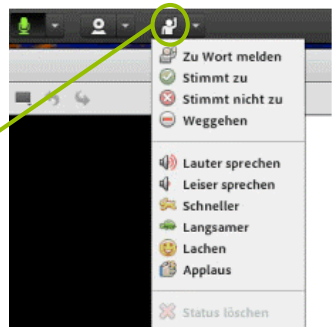
1. Zum Sprechen Mikrofon aktivieren.
(ggf. seitens Moderation abgeschaltet.)



2. Für Video Webcam aktivieren.
(ggf. seitens Moderation abgeschaltet.)



3. Wort- und Rückmeldungen für Referenten mittels Feedbackwerk-zeugen



Projektdaten InteReSt-II

Projekttitel:	**Weiterentwicklung einer funktionsintegrativen, ressourcenschonenden Leichtbaustruktur für die Luftfahrt**
Akronym:	InteReSt-II
Laufzeit:	01.02.2021 bis 31.01.2024
Förderung	Luftfahrtforschungsprogramm (LuFo) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
Projektträger:	DLR, PT-LF
Förderkennzeichen:	20E1908C
Projektleitung am IfBB:	Prof. Dr.-Ing. Andrea Siebert-Raths
Projektbearbeitung am IfBB:	Hannes Schäfer, Vineet Shah

InteReSt-II
Verbundvorhaben & Projektpartner

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

„Weiterentwicklung einer funktionsintegrativen und ressourcenschonenden Leichtbaustruktur für die Luftfahrt“

- Aufbauend auf Vorgängerprojekt InteReSt
- Hubschrauber-Kabinentür (edm aerotec)
- Hybride Leichtbaustruktur

Quelle: edm-aerotec

<u>Projektpartner</u>:

Technische Universität München, Lehrstuhl für Hubschraubertechnologie (Verbundkoordinator)

Technische Universität Chemnitz, Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung,

Hochschule Hannover, IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

„Materialauswahl, Untersuchung relevanter Luftfahrt-Umwelteinflüsse und projektbegleitende Ökobilanzierung“

InteReSt-II
Verbundvorhaben & Projektpartner

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Gesamtziele des Verbundvorhabens:

- Auswahl geeigneter Materialien und Analyse kritischer Umwelteinflüsse
- Anwendung und Bewertung der Tauglichkeit einer Beschichtung für Naturfaserverbundwerkstoffe zum Schutz vor Umwelteinflüssen
- Optimierung der Auslegung einer Kabinentürstruktur auf Basis von Hybriden mit variabel-axialem Faserdesign
- Fertigung einer beschichteten Kabinentür und Bewertung der Luftfahrttauglichkeit
- Ökologische Bewertung des Konzepts einer strukturmechanisch optimierten, umwelttauglichen Kabinentür aus Naturfaserverbundwerkstoffen

Quelle: IfBB

Das Verbundvorhaben soll den Einsatz von biobasierten (Hybrid-)Materialien in der heutigen Luftfahrt fördern, um insgesamt zum Erreichen globaler Klimaziele beizutragen.

Materialauswahl (biobasierte) Lacksysteme

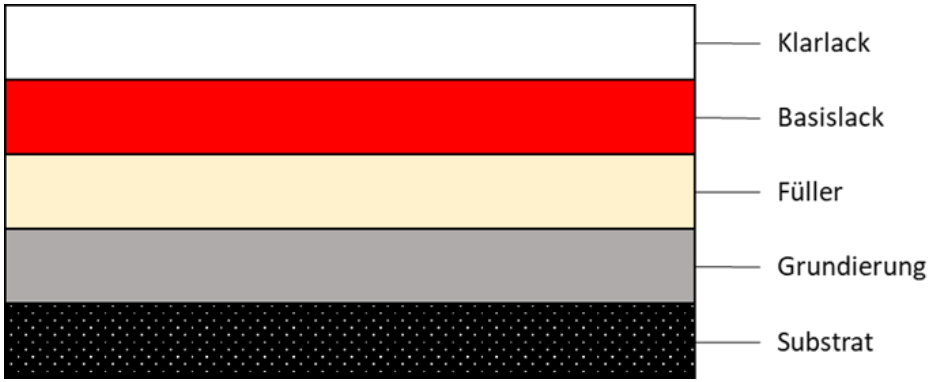
IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Lack = Mehrschichtsystem

- Aufeinander abgestimmte Kunststoffschichten
- Materialbasis: Polyester, Polyurethane, Epoxide, härtende Pflanzenöle
- Jede Schicht hat spezielle Aufgabe
  → Haftgrund, Unebenheiten ausgleichen, Farbe, Schutz
- Komplexes Zusammenspiel
- Geringe Schichtdicken
  → bei Verkehrsflugzeugen ~100-150 µm dick

Hauptaufgaben eines Lackes

- Protektion (z. B. UV-Strahlung, Korrosion)
- Dekoration (z. B. Farbe, Glanz)
- Funktion (z. B. elektr. Leitfähigkeit)



Quelle: IfBB

Materialauswahl (biobasierte) Lacksysteme

IfBB
Institut für Biokunststoffe
und Bioverbundwerkstoffe

Gesucht:

Biobasierte Beschichtungssysteme für den Einsatz auf NFK-Materialien für Luftfahrtanwendungen

→ Aktuell kein vollständig biobasiertes Luftfahrtsystem

- Teil-biobasierte Lacksysteme vorhanden
  → Andere Anwendungsgebiete mit niedrigerem Anforderungsprofil
  → nicht für NFK-Strukturen ausgelegt
  → z. B. Holzschutzlack, Bootslack, Autointerieur

Erkenntnisse

- F&E Bemühungen im Bereich voll-biobasierter Lacksysteme verstärken
- Nachfrage und Akzeptanz muss gesteigert werden
  → Kommunikation verbessern und zielgerichtet aufklären

Materialauswahl (biobasierter) Lacksysteme

IfBB
Institut für Biokunststoffe
und Bioverbundwerkstoffe

Lfd. Nr.	Anwendungsgebiet	Rohstoffquelle
L1	Holz und Metall	Teil-biobasiert
L2	Holz- und Parkettböden	Teil-biobasiert
L3	Holzschutz-Bootslack	Teil-biobasiert
L4	Hölzer im Außenbereich	Teil-biobasiert
L5	Parkettböden	Teil-biobasiert
L6	Formmassengrundstoff	Teil-biobasiert
L7	UV-härtender Lackrohstoff für div. Untergründe	Teil-biobasiert
L8	Automobilsystem	Fossilbasiert
L9	Autointerieurlack	Teil-biobasiert
L10	Autointerieurlack	Teil-biobasiert
L11	Flugzeuglack	Fossilbasiert
L12	Flugzeuglack	Fossilbasiert

Materialauswahl (biobasierter) Lacksysteme

IfBB
Institut für Biokunststoffe
und Bioverbundwerkstoffe

Lfd. Nr.	Anwendungsgebiet	Rohstoffquelle
L1	Holz und Metall	Teil-biobasiert
L2	Holz- und Parkettböden	Teil-biobasiert
L3	Holzschutz-Bootslack	Teil-biobasiert
L4	Hölzer im Außenbereich	Teil-biobasiert
L5	Parkettböden	Teil-biobasiert
L6	Formmassengrundstoff	Teil-biobasiert
L7	UV-härtender Lackrohstoff für div. Untergründe	Teil-biobasiert
L8	Automobilsystem	Fossilbasiert
L9	Autointerieurlack	Teil-biobasiert
L10	Autointerieurlack	Teil-biobasiert
L11	Flugzeuglack	Fossilbasiert
L12	Flugzeuglack	Fossilbasiert

Materialauswahl (biobasierte) Lacksysteme

IfBB
Institut für Biokunststoffe
und Bioverbundwerkstoffe

Lfd. Nr.	Anwendungsgebiet	Rohstoffquelle
L2	Holz- und Parkettböden	Teil-biobasiert
L3	Holzschutz-Bootslack	Teil-biobasiert
L5	Parkettböden	Teil-biobasiert
L8	Automobilsystem	Fossilbasiert
L9	Autointerieurlack	Teil-biobasiert
L11	Flugzeuglack	Fossilbasiert

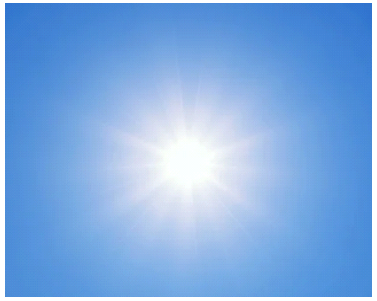
Materialauswahl (biobasierte) Lacksysteme

IfBB
Institut für Biokunststoffe
und Bioverbundwerkstoffe

Lfd. Nr.	Anwendungsgebiet	Rohstoffquelle
L2	Holz- und Parkettböden	Teil-biobasiert
L3	Holzschutz-Bootslack	Teil-biobasiert
L5	Parkettböden	Teil-biobasiert
L8	Automobilsystem	Fossilbasiert
L9	Autointerieurlack	Teil-biobasiert
L11	Flugzeuglack	Fossilbasiert

Lfd. Nr.	Faser	Harz	Methode
NFK1	Flachs, Köper-Gewebe	Epoxid (teil-biobasiert)	VARI
NFK2	Flachs, Köper-Gewebe	Polyfurfurylalkohol (biobasiert)	Prepreg
NFK3	Flachs, Köper-Gewebe	Epoxid (fossilbasiert)	Prepreg
NFK4	Flachs, Köper-Gewebe	Epoxid (teil-biobasiert)	Prepreg

Versuchsdurchführung zu Luftfahrt-Umwelt-Einflüssen

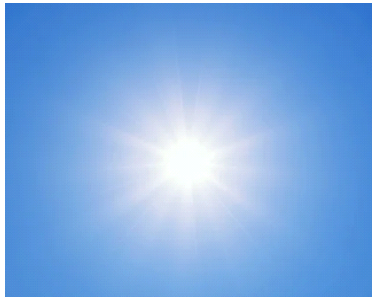


Quelle: pixabay.com

Test auf Luftfahrttauglichkeit

- Untersuchung von Witterungseinflüssen
  - → (UV, Feuchtigkeit)
- Analyse der mikrobiellen Beständigkeit
- Beständigkeit gegen Luftfahrtflüssigkeiten
  - → Wasser
  - → Kerosin
  - → Hydrauliköl
- Blitzüberschlag/elektr. Leitfähigkeit
  - → Projektpartner TU München

Untersuchung von Witterungseinflüssen – UV-Strahlung & Feuchte



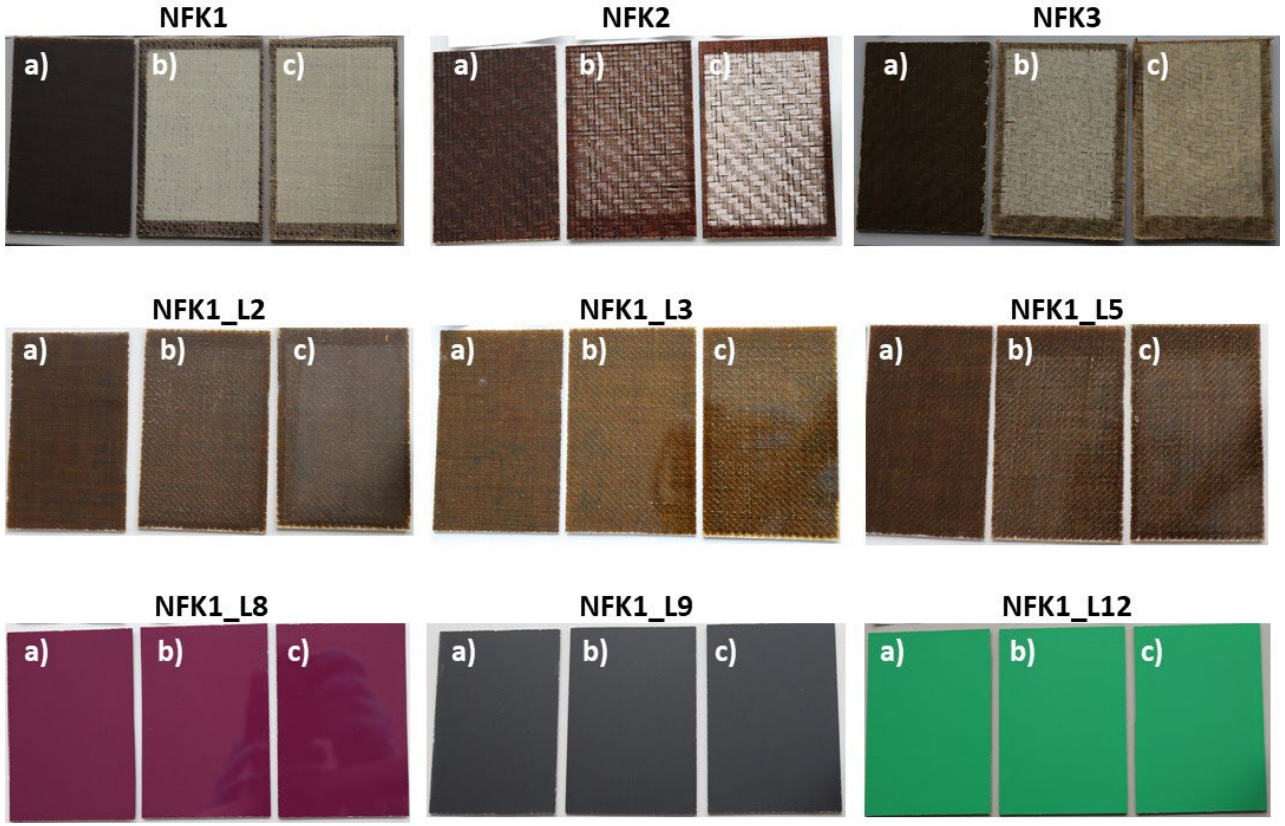
Quelle: pixabay.com, bearbeitet IfBB

Bewitterungszyklus nach DIN EN ISO 16474-3 Zyklus 1:

- Step 1: 4 h trocken, UVA-340, 0.83 W/(m^2·nm), 60 °C
- Step 2: 4 h Kondensation, Lampen aus, 50 °C
- Gesamtdauer: 672 h (4 Wochen)

Untersuchung von Witterungseinflüssen – UV-Strahlung & Feuchte

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe



Nr.	Anwendungsgebiet
L2	Holz- und Parkettböden
L3	Holzschutz-Bootslack
L5	Parkettböden
L8	Automobilsystem
L9	Autointerieurlack
L12	Flugzeuglack

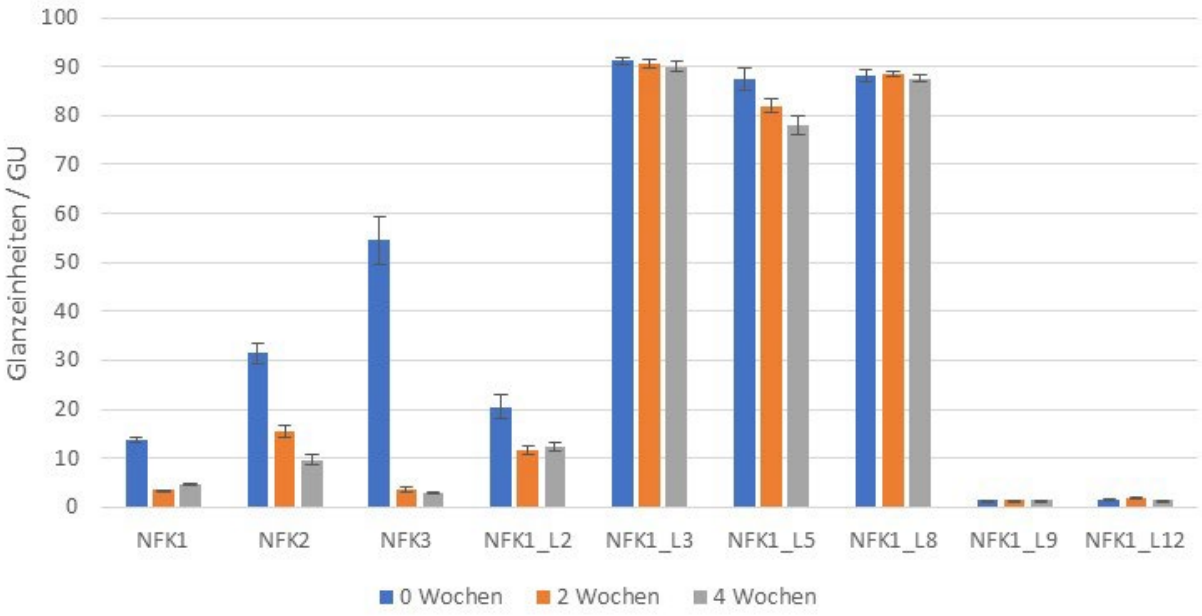
a) Vor Auslagerung b) Nach 2 Wochen Auslagerung c) Nach 4 Wochen Auslagerung

Untersuchung von Witterungseinflüssen – UV-Strahlung & Feuchte

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Glanzmessung

- Spectro-guide gloss Spektralfotometer, BYK-Gardner GmbH
- DIN EN ISO 2813



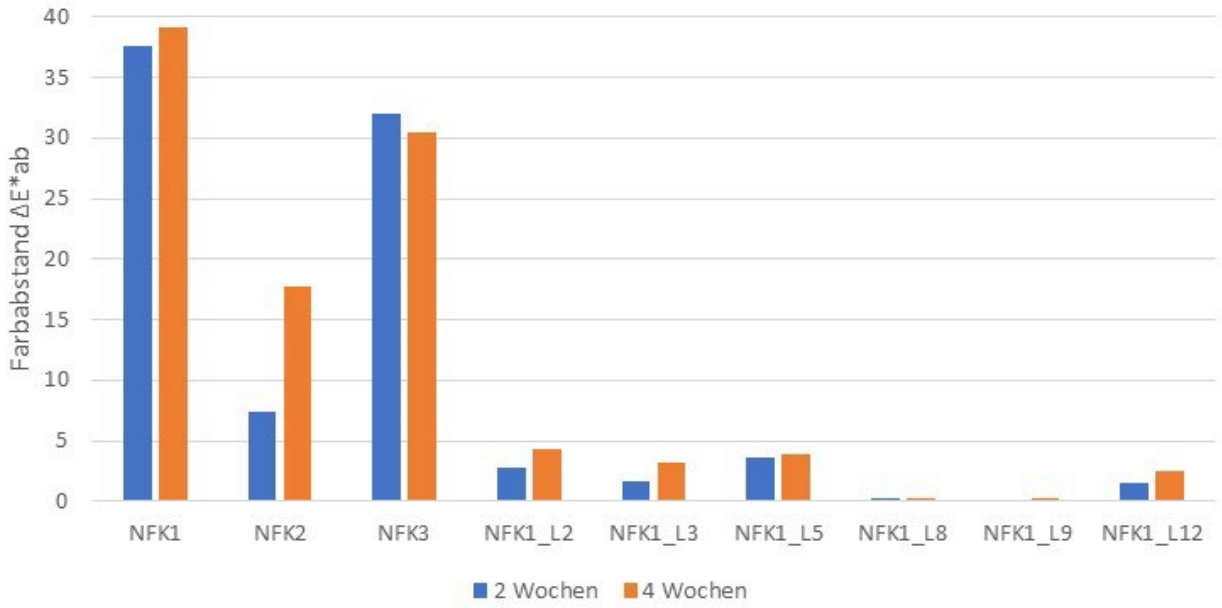
Nr.	Anwendungsgebiet
L2	Holz- und Parkettböden
L3	Holzschutz-Bootslack
L5	Parkettböden
L8	Automobilsystem
L9	Autointerieurlack
L12	Flugzeuglack

Untersuchung von Witterungseinflüssen – UV-Strahlung & Feuchte

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Farbmessung

- Spectro-guide gloss Spektralfotometer, BYK-Gardner GmbH
- DIN EN ISO/CIE 11664-4, Farbabstand im L*a*b Farbraum
- ΔE*ab = 1 kleinster wahrnehmbarer Unterschied



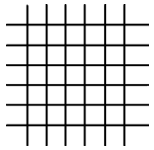
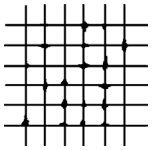
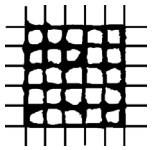
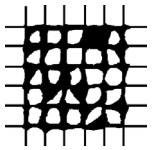
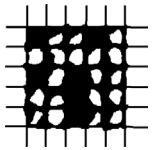
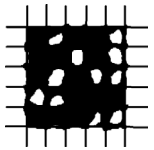
Nr.	Anwendungsgebiet
L2	Holz- und Parkettböden
L3	Holzschutz-Bootslack
L5	Parkettböden
L8	Automobilsystem
L9	Autointerieurlack
L12	Flugzeuglack

Untersuchung von Witterungseinflüssen – UV-Strahlung & Feuchte

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Gitterschnitt-Prüfung

- Gibt Hinweis auf Haftung
- byko-cut Universal, BYK-Gardner GmbH
- DIN EN ISO 2409

Gitterschnitt-Kennwert GT	0	1	2	3	4	5
Aussehen Gitterschnitt						

Quelle: **DIN EN ISO 2409**, bearbeitet IfBB

	NFK1_L2	NFK1_L3	NFK1_L5	NFK1_L8	NFK1_L9	NFK1_L12
0 W	0	1	1	0-1	0-1	0-1
2 W	1	1	1-2	0-1	0-1	0-1
4 W	1	1	2-3	0-1	0-1	0-1

Gitterschnittkennwerte (GT) vor (0 W) sowie nach zwei- (2W) und vier-wöchiger (4 W) Bewitterung.

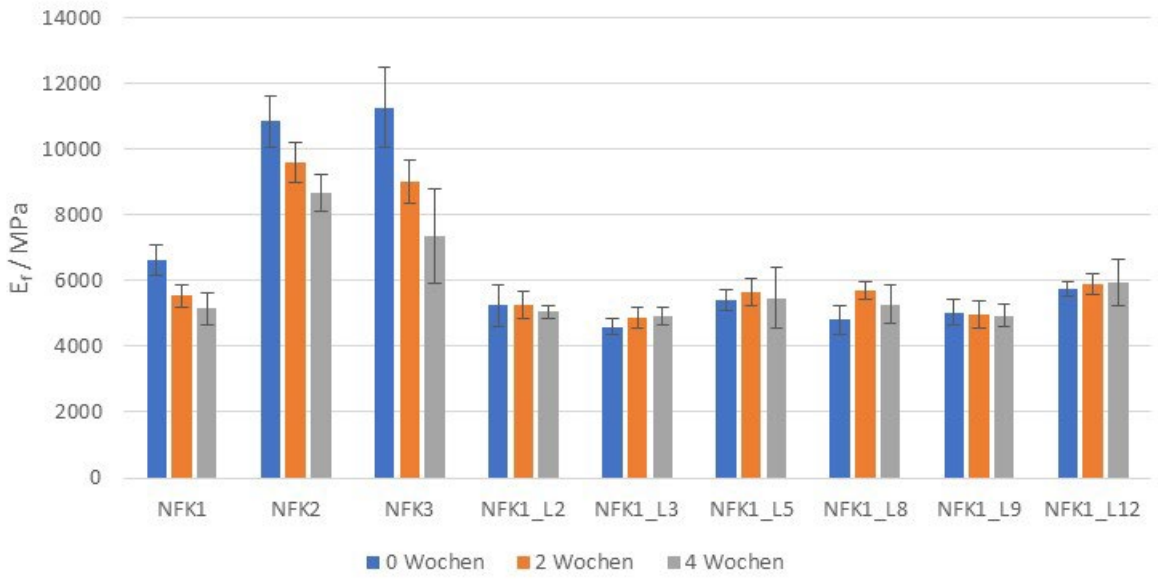
Nr.	Anwendungsgebiet
L2	Holz- und Parkettböden
L3	Holzschutz-Bootslack
L5	Parkettböden
L8	Automobilsystem
L9	Autointerieurlack
L12	Flugzeuglack

Untersuchung von Witterungseinflüssen – UV-Strahlung & Feuchte

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

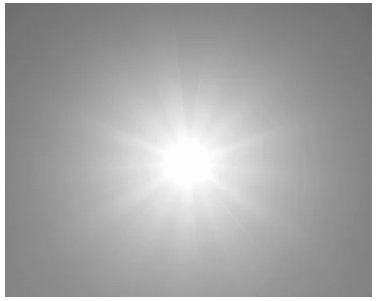
Biegeprüfung

- DIN EN ISO 14125
- Dargestellt: Biegemodul



Nr.	Anwendungsgebiet
L2	Holz- und Parkettböden
L3	Holzschutz-Bootslack
L5	Parkettböden
L8	Automobilsystem
L9	Autointerieurlack
L12	Flugzeuglack

Analyse der mikrobiellen Beständigkeit



Quelle: pixabay.com, bearbeitet IfBB

Auslagerungsbedingungen:

- DIN EN ISO 846:2019
- 28 Tage,
- 29±1°C
- 90±5% relative Luftfeuchtigkeit
- Eingesetzte Prüfpilze:

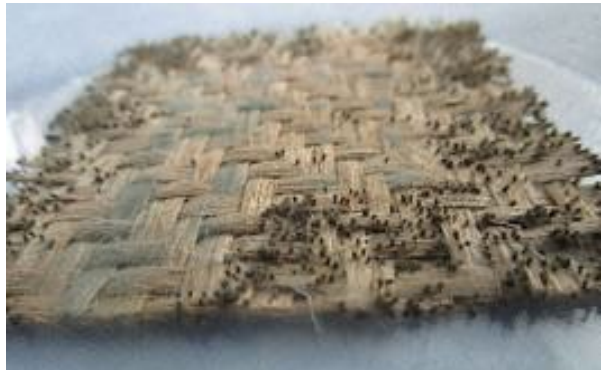
Name	Angegriffene Materialien
Aspergillus niger	Textilien, Lacke
Paecilomyces variotii	Kunststoffe
Penicillium pinophilum	Kunststoffe
Trichoderma virens	Kunststoffe
Chaetomium globosum	Cellulose, Kunststoffe

Untersuchung der mikrobiellen Beständigkeit

IfBB
Institut für Biokunststoffe
und Bioverbundwerkstoffe

Material	Wachstums-intensität Ø	Bewertung
Faser2	5	nicht widerstandsfähig
Harz1	2-3	nicht widerstandsfähig
NFK1	2-3	nicht widerstandsfähig
NFK2	4	nicht widerstandsfähig
NFK3	1-2	widerstandsfähig
NFK1_L2	3	nicht widerstandsfähig
NFK1_L3	1	widerstandsfähig
NFK1_L5	2	widerstandsfähig
NFK1_L8	3	nicht widerstandsfähig
NFK1_L9	3	nicht widerstandsfähig
NFK1_L12	4	nicht widerstandsfähig

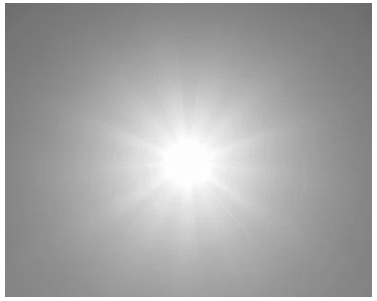
Durchschnittliche Wachstumsintensität und Widerstandbewertung geprüfter Materialien.



Flachsfasergewebe (Faser2) nach vier-wöchiger Auslagerung mit Pilzsporen unter optimalen Wachstumsbedingungen

Nr.	Anwendungsgebiet
L2	Holz- und Parkettböden
L3	Holzschutz-Bootslack
L5	Parkettböden
L8	Automobilsystem
L9	Autointerieurlack
L12	Flugzeuglack

Beständigkeit gegen Luftfahrtflüssigkeiten



Quelle: pixabay.com, bearbeitet IfBB

Auslagerungsbedingungen:

- Immersion
- DIN EN 2489, DIN EN 2379
- Auslagerungsdauer: 1 Tag und 28 Tage

Testflüssigkeiten:

- Destilliertes Wasser
- Kerosin

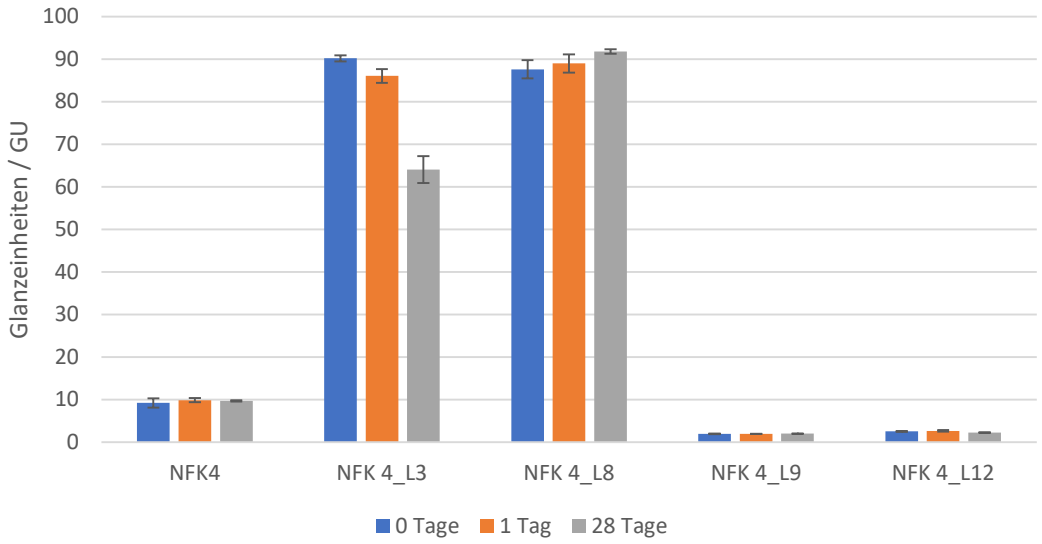
- Hydrauliköl (Auslagerung noch nicht abgeschlossen)

Einfluss Luftfahrt-spezifischer Flüssigkeiten Wasser

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Glanzmessung

- Spectro-guide gloss Spektralfotometer, BYK-Gardner GmbH
- DIN EN ISO 2813



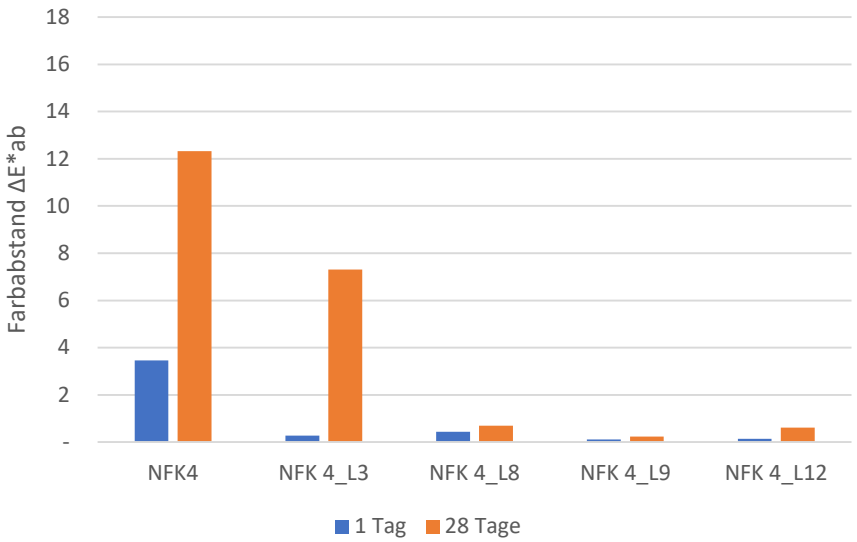
Nr.	Anwendungsgebiet
L3	Holzschutz-Bootslack
L8	Automobilsystem
L9	Autointerieurlack
L12	Flugzeuglack

Einfluss Luftfahrt-spezifischer Flüssigkeiten Wasser

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Farbmessung

- Spectro-guide gloss Spektralfotometer, BYK-Gardner GmbH
- DIN EN ISO/CIE 11664-4, Farbabstand im L*a*b Farbraum
- ΔE*ab = 1 kleinster wahrnehmbarer Unterschied
- Skala bei UV-Test bis 40 ΔE*ab



Nr.	Anwendungsgebiet
L3	Holzschutz-Bootslack
L8	Automobilsystem
L9	Autointerieurlack
L12	Flugzeuglack

→ Wasseraufnahme durch Lacke reduziert

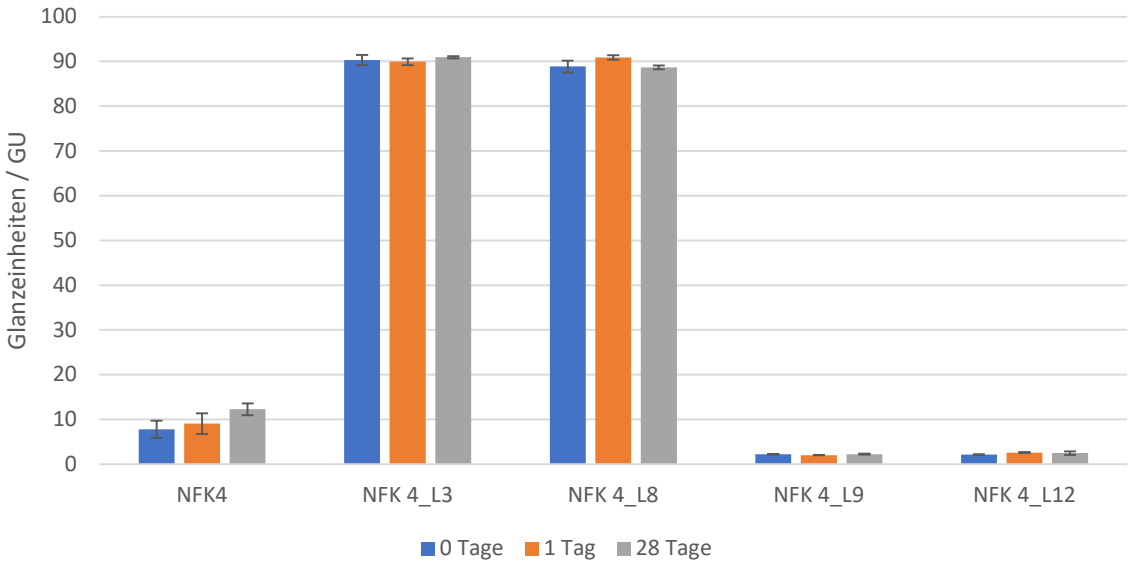
→ Weitere Untersuchungen aktuell in Arbeit (z. B. Haftung, mechanische Kennwerte)

Einfluss Luftfahrt-spezifischer Flüssigkeiten Kerosin

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Glanzmessung

- Spectro-guide gloss Spektralfotometer, BYK-Gardner GmbH
- DIN EN ISO 2813



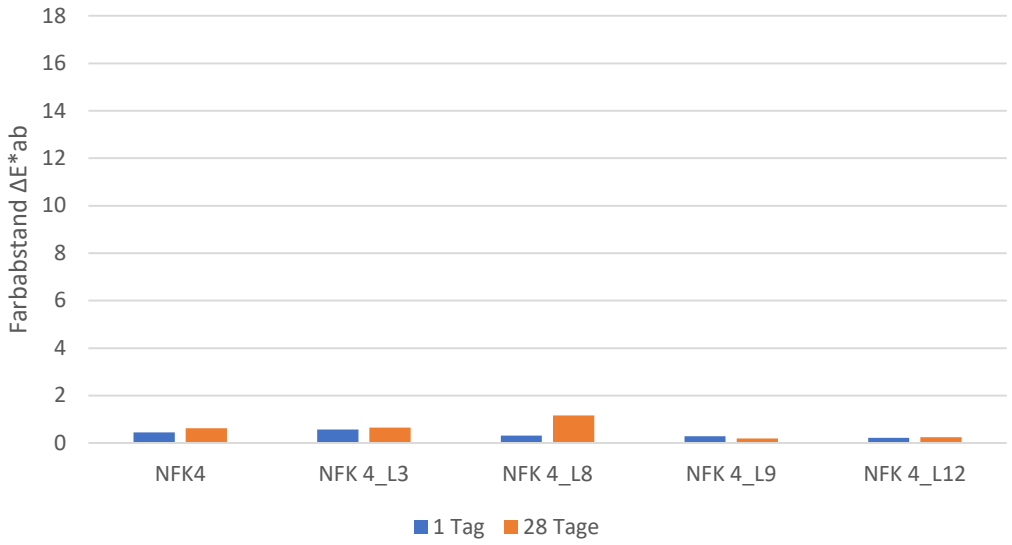
Nr.	Anwendungsgebiet
L3	Holzschutz-Bootslack
L8	Automobilsystem
L9	Autointerieurlack
L12	Flugzeuglack

Einfluss Luftfahrt-spezifischer Flüssigkeiten Kerosin

IfBB
Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Farbmessung

- Spectro-guide gloss Spektralfotometer, BYK-Gardner GmbH
- DIN EN ISO/CIE 11664-4, Farbabstand im L*a*b Farbraum
- ΔE*ab = 1 kleinster wahrnehmbarer Unterschied
- Skala bei UV-Test bis 40 ΔE*ab



Nr.	Anwendungsgebiet
L3	Holzschutz-Bootslack
L8	Automobilsystem
L9	Autointerieurlack
L12	Flugzeuglack

Zusammenfassung und Ausblick

- Nur wenige biobasierte Lacksysteme am Markt
- Meist für Anwendungsgebiete mit niedrigerem Anforderungsprofil

- Aktuell erscheint L9 (Autointerieurlack) als teil-biobasiertes System tendenziell vielversprechend
- Performance ähnlich zum fossilbasierten Luftfahrtlack L12
- Finale Bewertung der Luftfahrttauglichkeit der eingesetzten Beschichtungssysteme aber erst nach Abschluss der Untersuchungen

- Abschluss der Prüfung der Luftfahrttauglichkeit der Lacksysteme
- Fertigung und Prüfung der Hubschraubertür
- Ökobilanzielle Bewertung (engl. *Life Cycle Assessment – LCA)*

  → ISO 14040:2021-02 und 14044:2021-02

  → potentielle Umweltauswirkungen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

IfBB
Institut für Biokunststoffe
und Bioverbundwerkstoffe

Kontakt:
Hochschule Hannover
IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe
Heisterbergallee 10A
30453 Hannover

Dr. Hannes Schäfer
Tel.: 0511 9296-7658
E-Mail: hannes.schaefer@hs-hannover.de

Dr. Stephen Kroll
Tel.: 0511 9296-8578
E-Mail: stephen.kroll@hs-hannover.de

DLR Projektträger Luftfahrtforschung

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

www.ifbb-hannover.de