

Plasmaaktivierung und –beschichtung holzbasierter Substrate

Workshop Plasmatechnologien
Aktuelle Entwicklungen und Chancen für die Zukunft
DI Judith Sinic

Kompetenzzentrum Holz GmbH (W3C)
27. April 2018, St.Veit/Glan

Einleitung

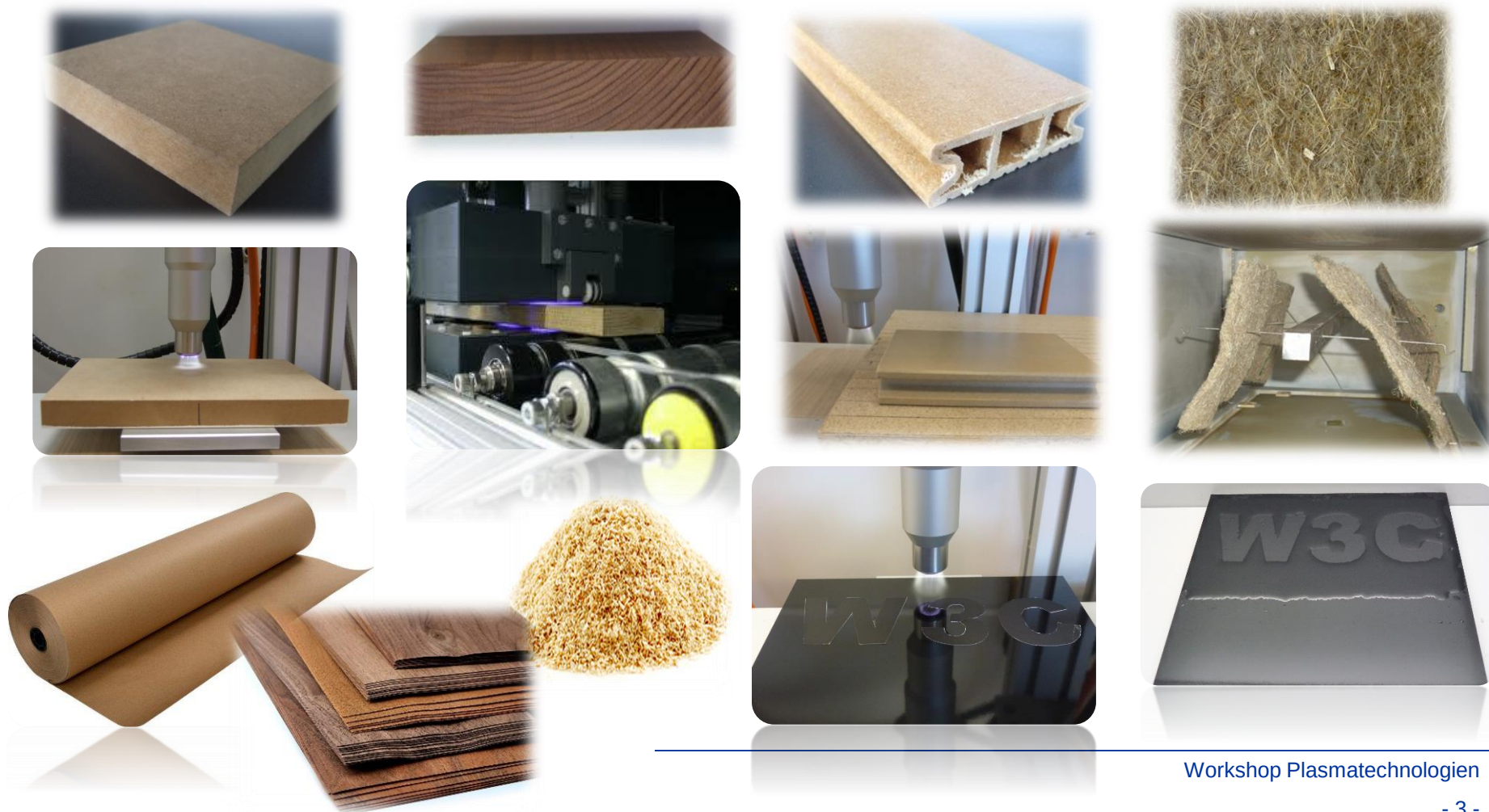
Plasmabehandlungen von Holz, Holzwerkstoffen und Fasermaterialien ermöglichen langzeitstabile und effiziente Beschichtungs- und Behandlungsprozesse

Vorteile von Plasmabehandlungen

- Homogene Verteilung von flüssigen Beschichtungsmitteln auf Oberflächen
- Verbessertes Eindringvermögen von Harzen und Modifikationsmitteln
- Steigerung der Haftfestigkeit von Beschichtungssystemen und Klebverbindungen
- Keim- und Sporenreduktion
- Plasmabeschichtungsverfahren: Erzeugung funktionaler und dekorativer Dünnschichten auf Oberflächen

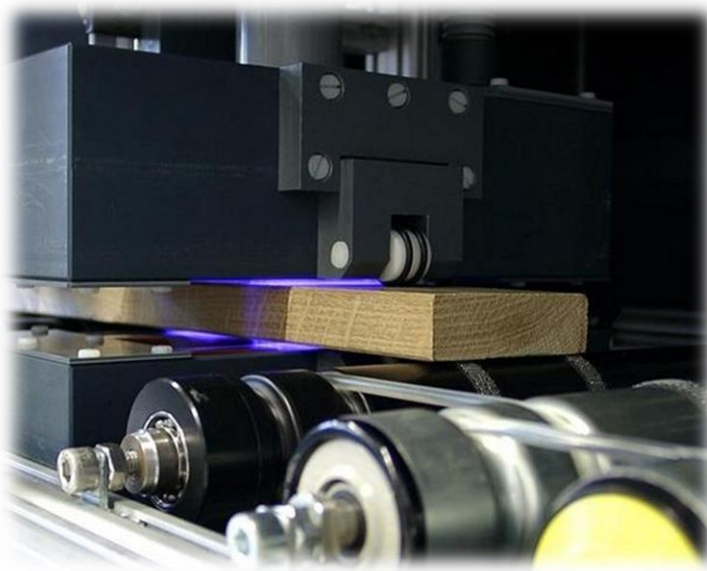
Einleitung

Anwendungsfelder der Plasmabehandlung holzbasierter Werkstoffe



Plasmaaktivierung

Plasmavorbehandlung von Holz



Plasmaanlage zur Behandlung von Massivholz (bis 30mm Dicke)

Quelle: Anwendungszentrum für Plasma und Photonik des
Fraunhofer-IST

Industrienaher Prototyp zur Aktivierung von Holz- und Holzwerkstoffoberflächen

- Verwendung einer dielektrisch behinderten Entladung (DBD) unter Atmosphärendruck
- Schnelle und großflächige Vorbehandlung von Holz und Holzwerkstoffen (keine Erwärmung des Substrats)
- Vorbehandlung zur nachträglichen Beschichtung durch Farben, Lacke und Klebstoffe [1], [2]

[1] A. Wolkenhauer et al. (2005): Haftungsverbesserung von Holzbeschichtungen durch Plasma-Vorbehandlung; Holztechnologie 46 (2005) 3, Carl Hanser Verlag München

[2] Georg Avramidis et al. (2010): Holzoberflächenmodifikation mittels Atmosphärendruckplasma; Vakuum in Forschung und Praxis, Vol.22 Nr.1, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA, Weinheim

Plasmaaktivierung

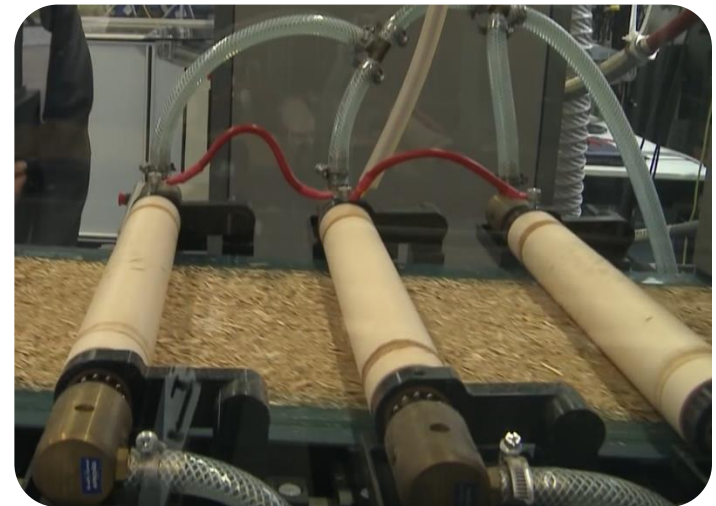
Plasmabehandlung von Holzwerkstoffplatten und Spanmaterial

Sperrholzplatten aus thermisch modifiziertem Buchenholz Furnier wurden vor der Verklebung mittels Plasma vorbehandelt → kein Quellen der Furnierlagen nach künstlicher Bewitterung.



Sperrholzplatten aus thermisch behandelten Buchenholz furnieren nach künstlicher Bewitterung - unbehandelt (oben) und plasmabehandelt (unten)

Quelle: Anwendungszentrum für Plasma und Photonik des Fraunhofer-IST



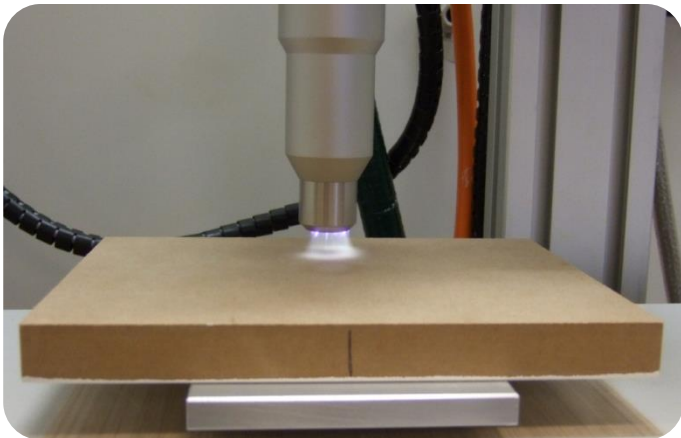
Plasmavorbehandlung von Holzspänen für die Spanplattenherstellung (OSB) (Förderbandanlage)

Quelle: Pressestelle der HAWK Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst http://www.hawk-hhg.de/aktuell/default_211593.php

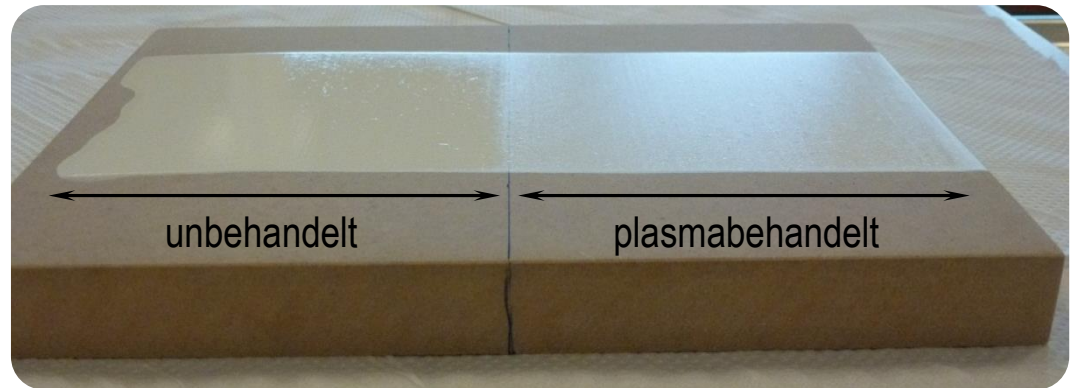
Plasmaaktivierung

Plasmabehandlung von MDF

Die Plasmavorbehandlung von MDF-Platten führte zu einer Verbesserung der Benetzbarkeit der Oberfläche. In Beschichtungsversuchen mit Nasslack konnte eine schnellere Oberflächentrocknung festgestellt werden.



Plasmabehandlung einer MDF-Platte



Schnellere Oberflächentrocknung des Nasslackes auf der plasmabehandelten Seite der MDF-Platte

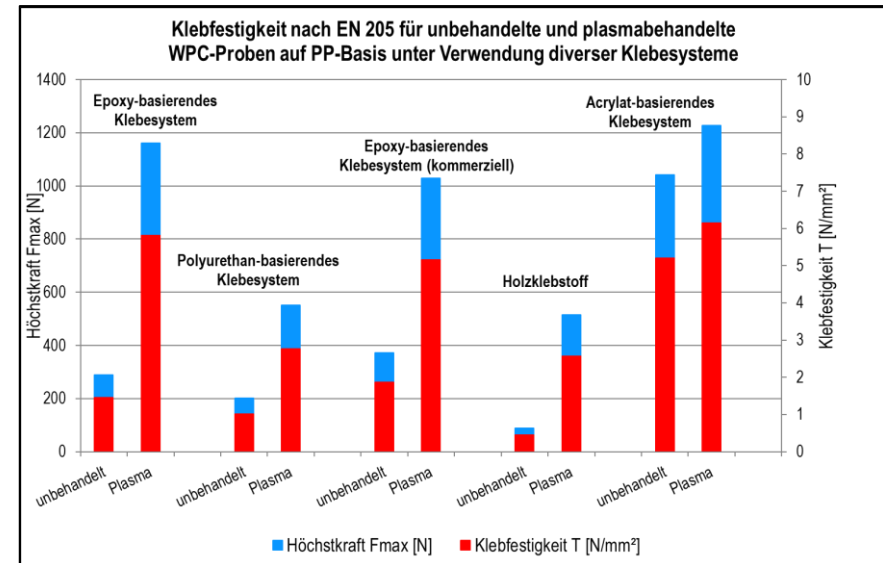
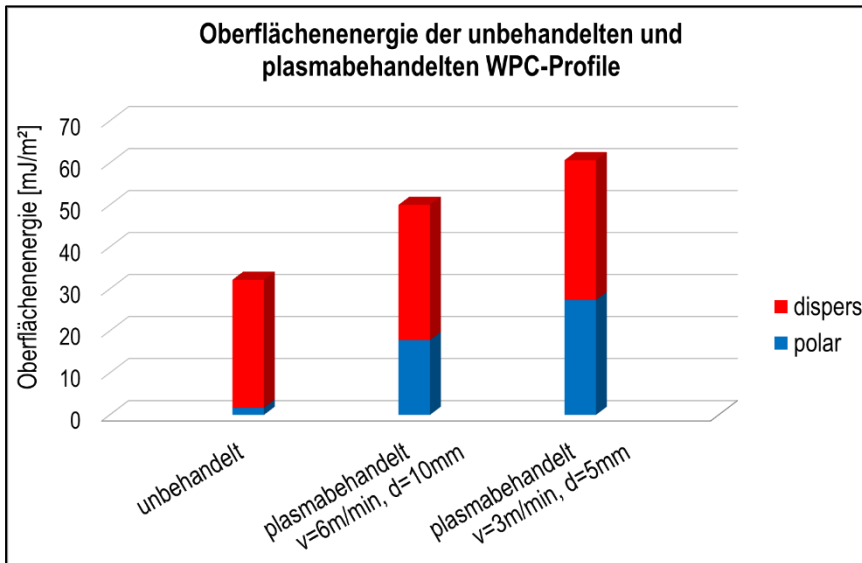
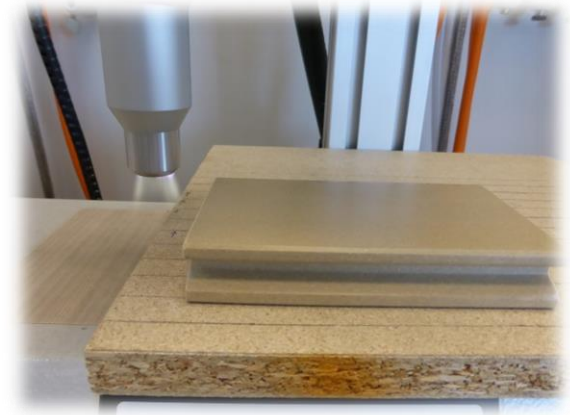
Plasmaaktivierung

Plasmabehandlung von WPC

WPC-Proben (60% Fichtenholz, 38% PP, 2% HV) wurden mittels Atmosphärendruckplasma vorbehandelt.

→ Steigerung der Oberflächenenergie (polaren Anteile) der plasmabehandelten Proben durch Anlagerung funktioneller Gruppen

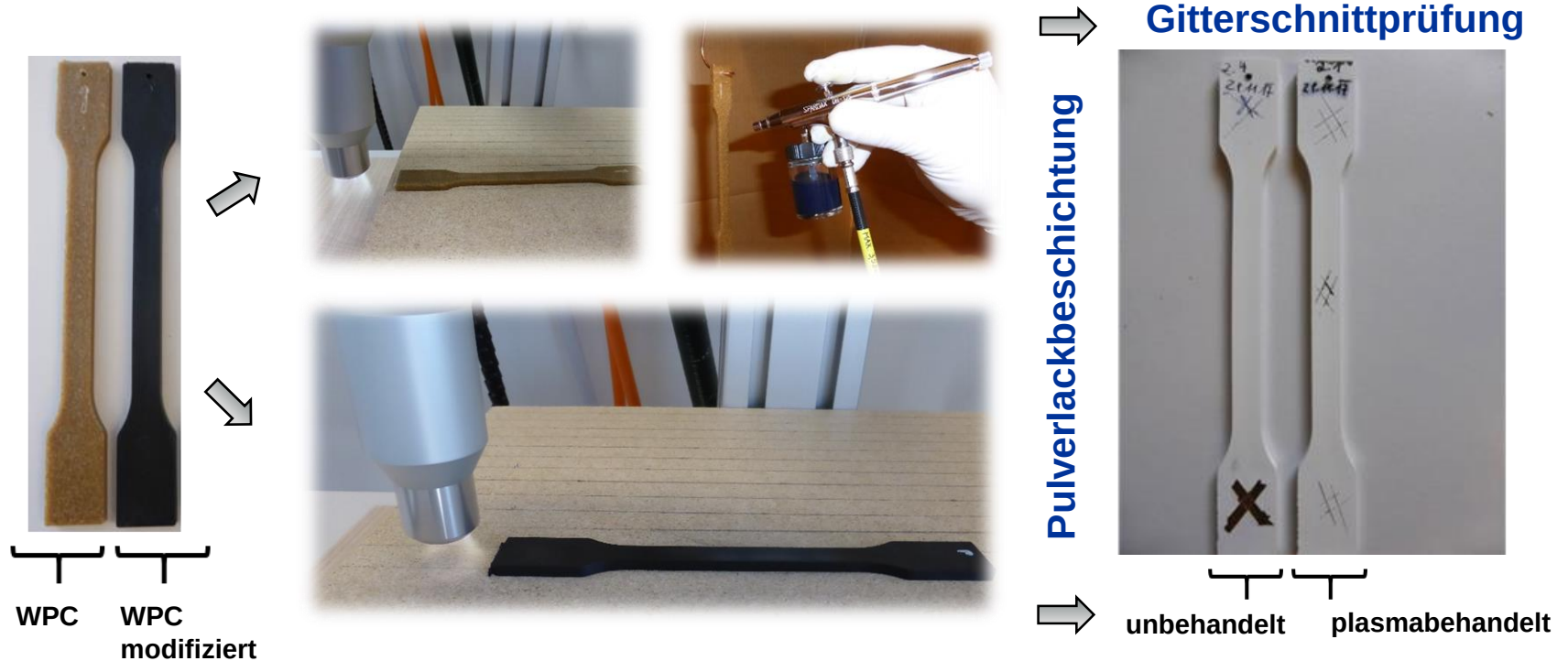
→ Erhöhung der Klebfestigkeit mit unterschiedlichen Klebesystemen nach der Plasmabehandlung der WPC-Proben



Plasmaaktivierung

Plasmabehandlung von WPC für die Pulverlackbeschichtung

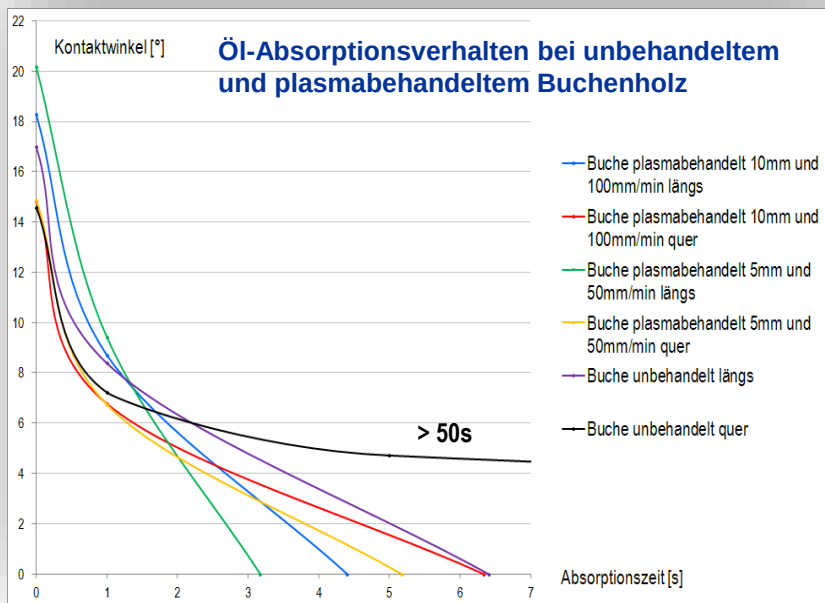
- (a) Plasmabehandlung von WPC-Proben und Aufbringen einer Leitfähigkeitslösung
- (b) Plasmabehandlung von mit Leitfähigkeitsruß modifizierten WPC-Proben



Plasmaaktivierung

Plasmabehandlung von thermisch modifiziertem Holz

Eine Plasmabehandlung an thermisch modifiziertem Buchenholz führte zu einer verbesserten Ölaufnahme. Öltropfen dringt nach der Plasmabehandlung 10-mal schneller in das Thermoholz ein als im unbehandelten Zustand.

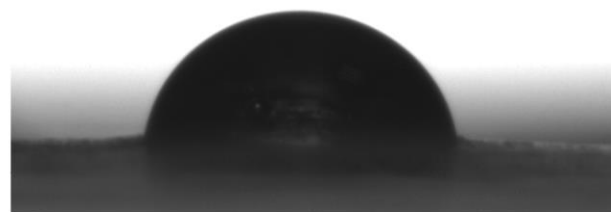


Plasmabehandlung von Dekorpapier

Mittels Plasmabehandlung wird die Benetzbarkeit von Dekorpapieren deutlich verbessert und die Harzabsorption und damit die Imprägnierbarkeit optimiert.

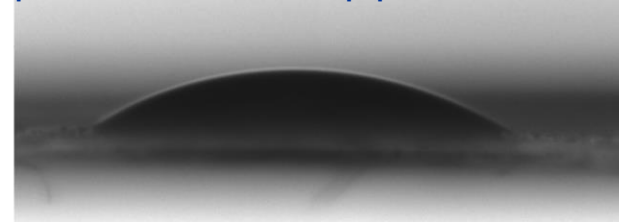
Kontaktwinkel UF-Harz auf dem unbehandelten Dekorpapier

ca. 65°



Kontaktwinkel UF-Harz auf dem plasmabehandelten Dekorpapier

ca. 30°



Plasmaaktivierung

Plasmabehandlung von Flachsfasermatten

Mittels Niederdruckplasma wurden Flachsfasermatten vorbehandelt, anschließend mit Harz imprägniert und schließlich zu einer Platte verpresst. Ziel war eine Erhöhung der Festigkeit der Platte durch eine verbesserte Haftung zwischen Faser und Harz zu erreichen.



unbehandelte Flachsfasermatte



**Plasmabehandlung der Flachsfasermatte
mittels Niederdruck (Certottica)**

Niederdruckplasmabehandlung

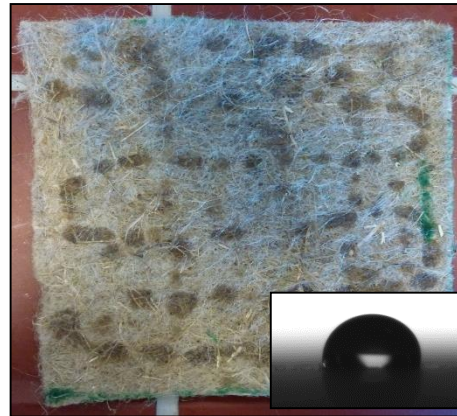
- Die Plasmabehandlung der Fasermatten wurde in der Kammer der Niederdruckplasma-Anlage durchgeführt (Certottica Srl)
- Es wurden unterschiedliche Prozessgase (Argon, Sauerstoff, Argon/Sauerstoff und Luft) sowie unterschiedliche Behandlungszeiten (zwischen 1min und 15min) getestet.

Plasmaaktivierung

Plasmabehandlung von Flachsfasermatten



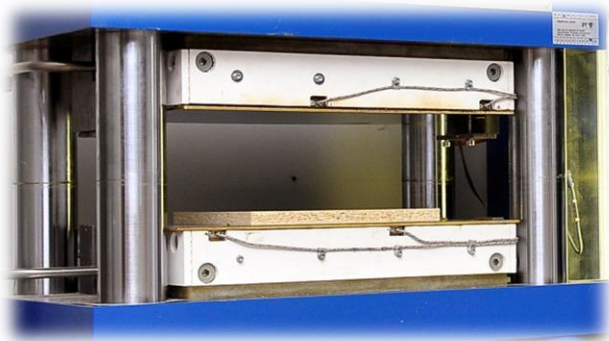
**Imprägnierung mit epoxidierten
Leinsamenöl (30% Harz-, 70% Faseranteil)**



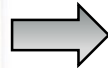
unbehandelt



plasmabehandelt



Verpressung bei 180°C, 50bar, 15min



**Max. Biegefestigkeit [N/mm²]
und max. Biegemodul [N/mm²]
wurden mit dem Prozessgas
Sauerstoff und einer
Behandlungszeit von 5min
erreicht**

**→ Steigerung um 20% im
Vergleich zur unbehandelten
Referenzplatte**

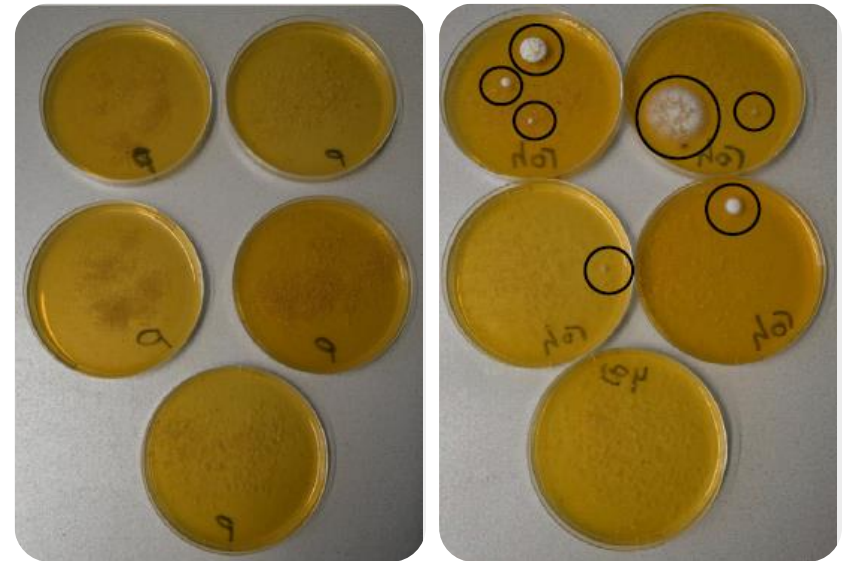
Plasmaaktivierung

Plasmabehandlung von Holzmehl

In einer Machbarkeitsstudie wurden Holzmehlproben mittels Plasma im Niederdruckverfahren (Fa. Diener GmbH) vorbehandelt. Ziel der Plasmabehandlung des Holzmehls war eine Reduktion der im Holz befindlichen Keime und Sporen zu erreichen, die zu Schimmel- und Pilzbefall führen könnten.

→ In mikrobiologischen Untersuchungen konnte beim plasmabehandelten Holzmehl kein, bei den unbehandelten Proben vereinzelt Pilzwachstum festgestellt werden (Schimmelpilz der Gattung *Penicillium*)

→ Die Plasmabehandlung hatte keinen Einfluss auf die Feuchteaufnahme der Holzmehlproben



Kein Pilzwachstum auf Testplatten mit plasmabehandeltem Fichtenholzmehl (links); 7 Keimpunkte nach 4 Tagen Inkubationszeit auf Platten mit unbehandeltem Holzmehl (rechts)

Plasmabeschichtung

Abscheidung von metallischen Dünnschichten auf holzbasierte Substrate

In Zusammenarbeit mit dem MCT (Universität Innsbruck) wurden Versuche zur Abscheidung metallischer Dünnschichten auf holzbasierte Substrate mittels PVD-Verfahren durchgeführt.

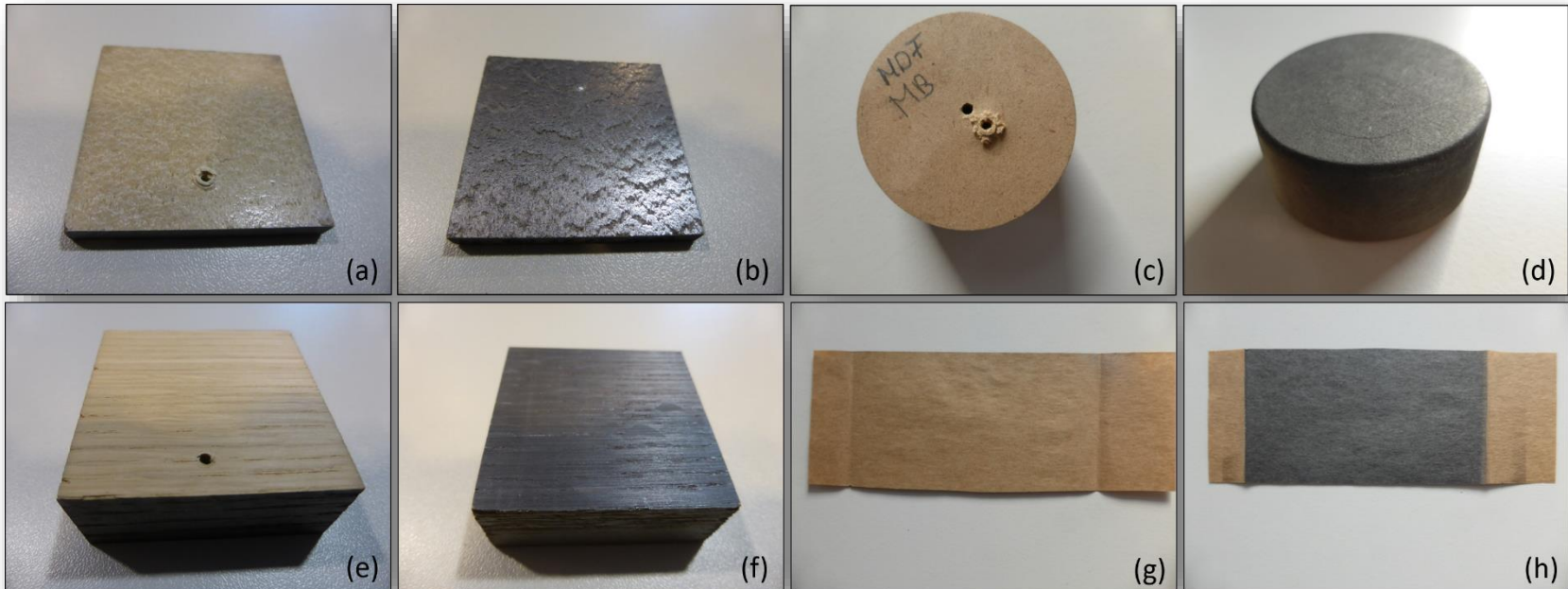
Ziel der Versuche war neben der Machbarkeitsstudie eine elektrische Leitfähigkeit der unterschiedlichen Materialien zu erreichen.

- Substrate: MDF, Eichenholz, WPC (70% Holzmehl, 30% PP), Papier (80g/m²)
- Beschichtungsprozess: Magnetronsputterverfahren (Vakuumprozess)
 - Druck: 10⁻² bis 10⁻¹ mbar
 - Temperatur: unter 50°C
- Dünnschichtmaterial: Molybdän, Chrom, Wolfram

Plasmabeschichtung

Abscheidung einer Molybdänschicht auf holzbasierte Substrate

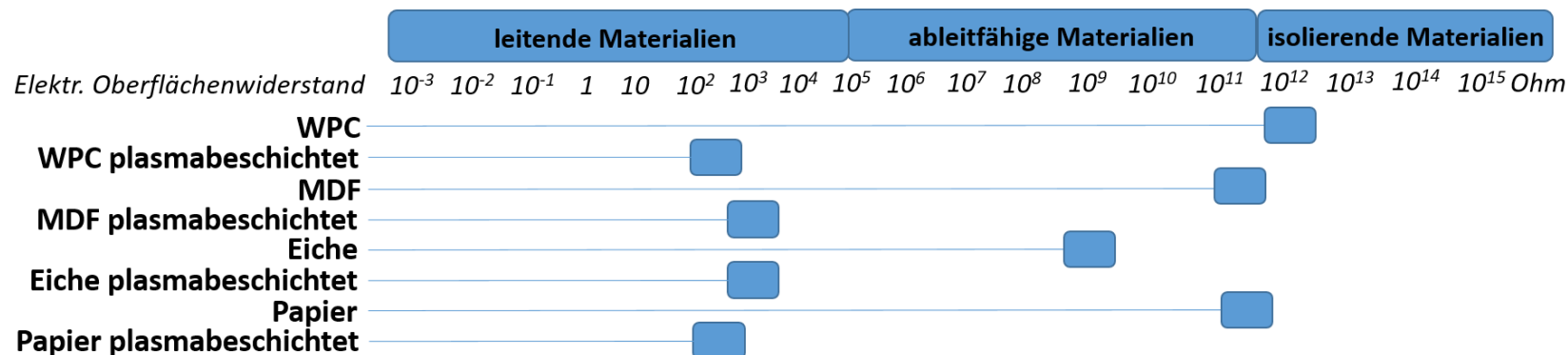
- Gute Haftung der Dünnschichten auf den unterschiedlichen Substraten
- Molybdänschichtdicken zwischen $3\mu\text{m}$ und $5\mu\text{m}$



(a) WPC unbeschichtet und (b) mit Molybdänschicht, (c) MDF unbeschichtet und (d) mit Molybdänschicht, (e) Eichenholz unbeschichtet und (f) mit Molybdänschicht, (g) Papier unbeschichtet und (h) mit Molybdänschicht

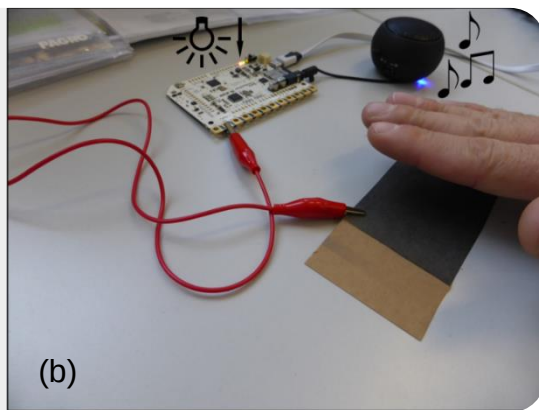
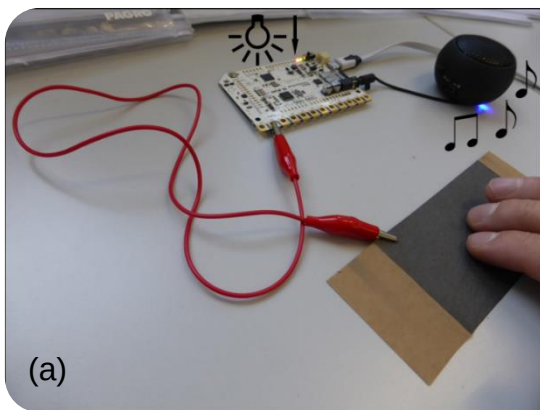
Plasmabeschichtung

Untersuchung der elektrischen Leitfähigkeit der Dünnschichten



Microcontroller board mit Touch- und kapazitiver Näherungsschaltfunktion

Für alle getesteten Materialien (WPC, MDF, Eiche, Papier) funktionierte der Schaltkreis sowohl bei Berührung als auch bei Annäherung.

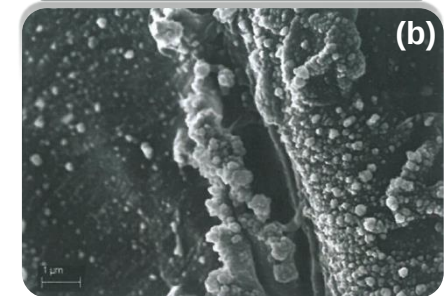
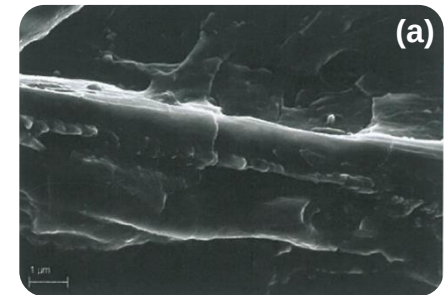


Aufgrund der Leitfähigkeit der Molybdänschicht auf dem Papier funktionierte der Schaltkreis sowohl durch (a) Berührung als auch durch (b) Annäherung → orange LED leuchtet auf und Signaltöne sind über den Lautsprecher zu hören

Plasmabeschichtung

Antimikrobielle Beschichtungen auf Holz [1]

- Versuche bei **INNOVENT Jena**: SiO_x -Dünnschichten mit Wirkstoffen [AgNO_3 , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$] wurden auf Buchenholzurniere mittels chemischer Gasphasenabscheidung unter Atmosphärendruck abgeschieden.
- Die bakteriziden Tests zeigten eine starke antibakterielle Wirkung gegenüber Bakterienstämmen; die fungizide Wirkung gegenüber den Prüfstämmen konnte allerdings nur durch eine Wirkstoffkombination erzielt werden.
- Die Beschichtungen wiesen eine gute Beständigkeit gegenüber mechanischen Einflüssen auf und zeigten auch nach 10.000 Zyklen im „Washability Test“ eine deutliche antimikrobielle Wirkung.
- Die antimikrobielle Wirkung war auch nach Auslaugversuchen (14-tägige Wasserlagerung mit täglichem Wasserwechsel) nachweisbar.



REM-Untersuchungen einer (a) unbeschichteten Holzoberfläche und (b) einer Holzoberfläche mit einer silberhaltigen Dünnschicht [1]

[1] S. Gerullis et al. (2016): Antimikrobielle Beschichtungen auf Holz mittels Atmospheric Pressure Plasma Chemical Vapour Deposition (APCVD); Holztechnologie 57 (2016) 5, IHD Dresden

Zusammenfassung

Plasmabehandlung auf holzbasierte Werkstoffe

- *Holz*: mittels Plasmabehandlung kann eine verbesserte Benetzbarkeit für eine nachträgliche Beschichtung durch Farben, Lacke und Klebstoffe erzielt werden. Tests zeigten auch, dass eine Plasmavorbehandlung einen größeren Einfluss auf die oberflächenenergetischen Eigenschaften zur „Auffrischung“ von Holzoberflächen hat als das Schleifen → bessere Haftung von Lack- und Klebesystemen
- *Holzfurnier / Papier*: mittels Plasmabehandlung kann eine beschleunigte Tränkbarkeit und damit eine homogenere Verteilung von Harzen und Modifikationsmitteln erreicht werden
- *Span- und Faserplatten*: schnellere Aushärtung von wasserbasierten Klebstoffen und Festigkeitszunahme verklebter Bauteile; Vorbehandlung der Holzspäne für eine effektivere Harzaufnahme

Zusammenfassung

Plasmabehandlung auf holzbasierte Werkstoffe

- *Holz/Kunststoffverbundwerkstoffe (WPC)*: durch eine Plasmabehandlung kann die Oberflächenenergie von WPC deutlich erhöht werden → Verbesserung der Benetzbarkeit und Steigerung der Haftfestigkeit mit Druck-, Lack-, Farb- und Klebesystemen
- *Naturfasern*: die Oberfläche kann mittels Plasmabehandlung aktiviert werden (hydrophil bzw. hydrophob) → bessere Faser/Matrix-Haftung in Verbundwerkstoffen und damit höhere Festigkeitswerte
- *Holzmehl*: Keim- und Sporenreduktion zur Vermeidung von Pilz- und Schimmelbefall
- *Funktionalisierung und dekorative Oberflächengestaltung holzbasierter Substrate*: Aufbringen von hydrophoben bzw. hydrophilen Dünnschichten, antibakterielle/antimikrobielle Schichten, metallische Leitfähigkeits- bzw. Dekorbeschichtungen, Haftvermittlerschichten

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

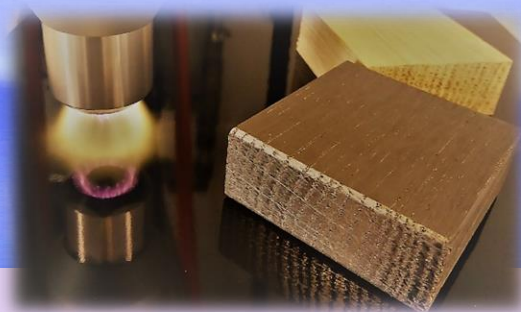
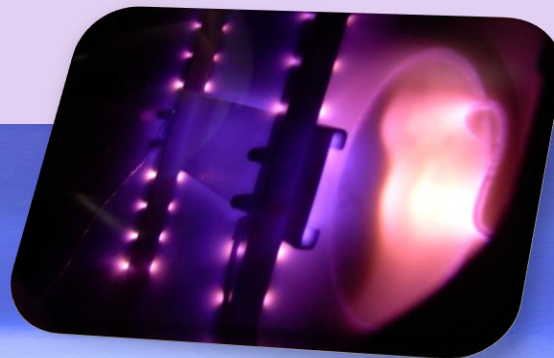
Die Studien wurden im Rahmen des Projektes ICAP – Innovation durch kombinierte Anwendungen von Plasmatechnologien (ITAT1010) durchgeführt, das durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und Interreg V-A Italien-Österreich 2014-2020 sowie dem Kärntner WirtschaftsförderungsFonds (KWF) gefördert wird.

Weiterer Dank gilt den im Projekt ICAP teilnehmenden Partnern:

- Certottica Srl (LP)
- Universität Innsbruck / Material Center Tirol
- Consorzio INNOVA FVG

Aktuelle Entwicklungen...

Sviluppi attuali...



...e prospettive future!

... und Chancen für die Zukunft!