

Titel

Untersuchung des Einflusses der Oberflächenstruktur von Holzwerkstoffen auf die Qualität des Direktdruckes sowie Entwicklung einer Methodik zur Bewertung der Bedruckbarkeit

Dr. I. Fuchs, P. Behnsen

Inhalt

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | Zusammenfassung | 2 |
| 2 | Abstract..... | 4 |
| 3 | Einleitung..... | 6 |
| 4 | Technisch-technologische Zielstellung des Vorhabens..... | 7 |
| 5 | Material und Methoden..... | 7 |
| 5.1 | Herstellung von Holzwerkstoffplatten (HWP)..... | 7 |
| 5.2 | Beschichten und Bedrucken von HWP | 8 |
| 5.3 | Messen von Holzwerkstoffoberflächen (HWO)..... | 9 |
| 5.4 | Druckqualität..... | 10 |
| 6 | Herstellung von HWP und erster Einsatz der Messtechnik..... | 10 |
| 7 | Probeandrucke und Identifizierung von Optimierungspotenzialen | 11 |
| 8 | Eignung der Messtechnik für die Verfahrensentwicklung..... | 13 |
| 8.1 | Reproduzierbarkeit | 13 |
| 8.2 | Bewertung der Oberflächenqualität..... | 14 |
| 9 | Methodisches Vorgehen zur Bewertung der Oberflächenqualität | 15 |
| 9.1 | Erarbeitung einer Vorgehensweise zur Demonstration..... | 15 |
| 9.2 | Erarbeitung der mathematischen Korrelation und Validation mit PLS-Modellen..... | 16 |
| 9.3 | Erarbeitung der mathematischen Korrelation und Validation ohne PLS-Modelle..... | 19 |
| 9.4 | Empfehlung für die praktische Nutzung | 20 |
| 10 | Erarbeitung einer Handlungsvorschrift | 20 |
| 11 | Innovation und Anwendungspotenziale | 21 |
| 12 | Schlussfolgerungen | 22 |
| | Ansprechpartner für weitere Informationen..... | 23 |
| | Literaturverzeichnis..... | 24 |

1 Zusammenfassung

| | |
|-------------------------|--|
| Zielstellung | <p>Ziel des Forschungsvorhabens war es,</p> <ul style="list-style-type: none">• den Einfluss ausgewählter Material- und technologischer Parameter sowie des Schleifens auf die Oberflächenstruktur von HDF zu ermitteln,• den Einfluss der unterschiedlichen Strukturen roher und grundierter Holzwerkstoffoberflächen auf das Ergebnis des Direktdruckes festzustellen sowie,• eine methodische Vorgehensweise zu entwickeln, um messtechnisch Oberflächenqualitäten roher und grundierter HDF zu bewerten und unmittelbar auf die zu erwartende Druckqualität zu schließen. |
| Ergebnisse | <p>Als Hauptergebnis stehen zwei entwickelte Methoden, mit denen zum einen rohe HDF durch Ermittlung der Rauheitsparameter nach einem definierten Verfahren und zum anderen grundierte HDF unter Verwendung von NIR-Spektren hinsichtlich ihrer Bedruckbarkeit bewertet werden.</p> <p>Aus der Differenz der Rauheitsparameter vor und nach der Befeuchtung konnte auf die Bedruckbarkeit geschlossen werden. Es ließen sich Zusammenhänge zwischen Rauheitskennwerten, Kontaktwinkeln und ausgewählten Kennwerten der Dichtprofile herstellen. Dieses Verfahren kann offline für die Wareneingangskontrolle bei den Holzwerkstoffherstellern sowie als Eingangskontrolle bei den Druckern verwendet werden.</p> <p>Der Einsatz der NIR-Spektroskopie gestattet nach Grundierung der Oberflächen die Bewertung der Homogenität selbiger und einen Rückschluss auf deren Eignung zum Bedrucken. Es ließ sich stabil ein Zusammenhang zwischen Druckqualität und den aus den NIR-Messdaten berechneten Kennwerten ableiten. Zusätzlich konnten weitere Resultate erarbeitet werden:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Die Voraussetzungen für eine gut bedruckbare Holzwerkstoffoberfläche sind<ul style="list-style-type: none">• kurzfasrige, gleichmäßig aufbereitete Faserstoffe (kleiner Mahlsplatt),• gleichmäßig verdichtete Oberfläche ohne Poren, Rindenanteile oder Faserbündel und• eine geringe Oberflächenrauheit (Schleifgrad \geq K320).2. Zur Bestimmung der Druckqualität wurde ein Bewertungsverfahren entwickelt, bei dem die Parameter visueller Eindruck, Nichtbedruckte Fläche (NBF) und Krater unter definierten Bedingungen von einem Bewerter-Team visuell eingeschätzt und nach dem Schulnotenprinzip bewertet werden. Es wurden Grenzwerte ermittelt, die „gut bedruckten“, „schlecht bedruckten“ und „grenzwertig bedruckten“ HDF zugeordnet werden können. |
| Schlussfolgerung | <p>Aus den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten konnten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:</p> <ul style="list-style-type: none">• Bei der Herstellung von HDF mit guter Bedruckbarkeit ist der Stoffaufbereitung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Der Mahlsplatt des Refiners ist möglichst klein und der Aufschlussdruck hoch zu wählen. |

-
- Insbesondere an der Oberfläche der HDF ist eine hohe und gleichmäßige Dichte erforderlich.
 - Singularitäten, wie Rindenanteile oder Faserbündel, wirken sich nachteilig auf die Bedruckbarkeit aus. Bereits einzelne derartige Merkmale führen dazu, dass die HDF als schlecht bedruckbar bewertet werden.
 - Die Bedruckbarkeit von HDF kann durch den Herstellungsprozess gesteuert werden.
-

Danksagung

Das Forschungsvorhaben IGF 16170 BR der kooperierenden AiF-Forschungsvereinigungen DFO und PTS wurde im Programm zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie über die AiF finanziert. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

2 Abstract

Objective

Aim of this research project was to

- identify the effects of selected material and technological parameters as well as of grinding on the surface structure of HDF,
- determine the influence of different structures of untreated and primed timber surfaces on the result of direct printing,
- develop a systematic measurement procedure for the surface quality of untreated and primed HDF which allows more direct conclusions about the resulting print quality.

Results

Main result of the project is the development of two evaluation procedures for the printability of HDF – one based on a pre-defined method for determining the roughness parameters of untreated HDF, and one based on NIR spectra for primed HDF.

Conclusions about printability can be drawn from differences between the roughness parameters determined before and after moistening. Relationships could be established between roughness parameters, contact angles and selected density profile characteristics. The method can be used offline for final quality inspection in timber production, and for incoming goods inspection in printing.

The use of NIR spectroscopy makes it possible to evaluate the homogeneity of surfaces after priming, and to draw conclusions about their suitability for printing. A statistically reliable relationship could be established between print quality and the characteristics calculated from NIR measurements.

Moreover, the following results were achieved:

1. Prerequisites for the good printability of timber surfaces are

- the use of short-fibre pulps with uniform fibre length (small refiner gap),
- an evenly compacted surface without pores, pieces of bark or fibre bundles
- a low surface roughness (grain size \geq K320).

2. A method for evaluating the print quality was developed where the parameters visual impression, unprinted area and craters are visually assessed and marked under pre-defined conditions by a team of test persons. Limit values were identified that can be assigned to “well printed“, “poorly printed“ and “just acceptably printed“ HDF.

Conclusion

The following conclusions were drawn from the research and development results:

- To produce HDF offering good printability, special attention must be paid to stock preparation. The refiner gap should be as small as possible, and pulping pressures should be high.
 - Especially the surface of HDF should have a high and uniform density.
-

-
- Singularities like pieces of bark or fibre bundles have adverse effects on printability. Single ones of them already lead to HDF being classified as poorly printable.
 - The printability of HDF can be controlled via the manufacturing process.
-

Acknowledgement

The research project IGF 16170 BR of the co-operating research associations DFO and PTS was funded within the programme of promoting “pre-competitive joint research (IGF)” by the German Federal Ministry of Economics and Technology BMWi and carried out under the umbrella of the German Federation of Industrial Co-operative Research Associations (AiF) in Cologne. We would like to express our warm gratitude for this support.

We would also like to thank the companies of the timber, supply and instrumentation sectors involved for supporting the project work.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

3 Einleitung

Ausgangssituation Laminatfußböden begründen eine eigene Branche. Konventionelle Verfahren verwenden bedrucktes Dekorpapier. Ein neues Verfahren zur Laminatherstellung ist die Liquid Laminatetechnology [1], bei dem das bedruckte Papier zuerst auf die Holzwerkstoffplatte aufkaschiert wird, anschließend werden mehrfach Melaminharz und Korund aufgetragen. Seit ca. 9 Jahren wird der indirekte Tiefdruck mit zunehmenden Anteil beim Aufbringen des Dekors auf die Holzwerkstoffplatte eingesetzt. Neue Anlagen zum Direktdruck sind hauptsächlich in der Türkei und Asien installiert worden. Konkrete Aussagen zum Anteil des direkt bedruckten Laminats sind derzeit nicht verfügbar.

Oberflächenqualität Bei der Herstellung von Laminaten mit Dekorpapier erfolgt die Qualitätskontrolle der unbedruckten und bedruckten Papieroberflächen beim Hersteller der Dekorpapiere. In der Papierbranche finden die verschiedensten Verfahren Anwendung, um von der Oberflächenqualität der Papiere auf deren Bedruckbarkeit zu schließen. Neben optischen Eigenschaften werden topographische Kennwerte oder Informationen zur Porenstruktur herangezogen, um Papieroberflächen oder das Druckergebnis zu bewerten.

Für direkt bedruckte Lamine existiert ein umfassendes Normenwerk [2; 3], welches jedoch ausschließlich Gebrauchseigenschaften beschreibt. Eine Eingangskontrolle der unbedruckten Platten erfolgt mittels subjektiver Begutachtung durch das Anlagenpersonal. Eine direkte Beeinflussung des Holzwerkstoffes zur Erzielung optimaler Druckergebnisse findet nicht statt.

Forderungen des Druckverfahrens an die Oberfläche Das beim Bedrucken von Holzwerkstoffplatten (HWP) zum Einsatz gelangte Druckverfahren ist derzeit noch überwiegend der Tiefdruck, wobei jedoch nicht direkt von der Gravurwalze auf die Trägerplatte, sondern von einer nachgeschalteten Gummiwalze auf eine vorbeschichtete HWP gedruckt wird. Dabei stellt der Tiefdruck Forderungen an:

- die Glätte, um fehlende Druckpunkte (Nichtbedruckte Fläche (NBF), Missing Dots) zu vermeiden,
 - die Porosität der Oberfläche,
 - das Verhältnis zwischen Benetzbarkeit des Druckgrundes und der Tiefe der Farbannahme.
-

Forderungen an Holzwerkstoffplatten Die Qualität der HWP, deren Struktur und Oberflächen ist nach den oben aufgeführten Forderungen abhängig von

- den eingesetzten Rohstoffen (Holzart, Binde-, Hydrophobierungsmittel),
- der Faserstoffaufbereitung,
- dem Herstellungsverfahren,
- den oberflächenegalisierenden Verfahren (Schleifen).

Nicht untersucht ist, wie diese Größen eingestellt werden müssen, um die Bedruckbarkeit zu optimieren.

4 Technisch-technologische Zielstellung des Vorhabens

| | |
|------------------|---|
| Situation | <p>Die Situation und der Stand der Technik zeigten:</p> <ul style="list-style-type: none">• Es existierte ein neues Produkt „direkt bedrucktes Laminat“.• Es gab keine speziell für Printed Dekor Lamine (PDL) hergestellten Hochdichte Faserplatte (HDF).• Die Vorbehandlung erfolgte empirisch (Schleifablauf, Körnung).• Die Qualitäten der Oberflächenstrukturen unbeschichteter HDF sowie deren Beschichtungen wurden nicht definiert kontrolliert.• Das fertige „Laminat“ wurde durch genormte Prüfverfahren charakterisiert. Es fand eine Kontrolle der Beschichtung erst nach dem Druck, jedoch nur im Hinblick auf Oberflächen-Defekte statt.• Die Erfahrungen der Papier- und Druckindustrie zeigten, dass die Druckqualität entscheidend von Oberflächeneigenschaften des Trägermaterials beeinflusst wird. <hr/> |
| Ziele | <p>Ziel des Forschungsvorhabens war es, den Einfluss ausgewählter Material- und technologischer Parameter auf die Oberflächenstruktur von HDF zu ermitteln sowie eine methodische Vorgehensweise zu entwickeln, um messtechnisch Oberflächenqualitäten von HDF zu bewerten und in einem frühen Stadium der Beschichtung auf die zu erwartende Druckqualität zu schließen. Beantwortet werden sollten folgende Fragen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Welchen Einfluss haben Material- und technologische Parameter auf die Oberflächenstruktur von HDF?• Wie kann die Oberflächenstruktur mittels Schleifen hinsichtlich Druckqualität beeinflusst werden?• Welche Anteile haben Oberflächenstrukturen roher HDF und deren Grundierungen am Druckergebnis?• Lassen sich unterschiedliche HDF-Oberflächenqualitäten mit bildanalytischen oder spektroskopischen Messdaten beschreiben?• Erlauben die Messungen der Oberflächenstrukturen einen Rückschluss auf das Druckergebnis bei HDF? <hr/> |

5 Material und Methoden

5.1 Herstellung von Holzwerkstoffplatten (HWP)

| | |
|-----------------|--|
| Material | <p>Die Herstellung der HWP im IHD-Labor erfolgte ausschließlich aus Kiefer. Für die Aufbereitung des Faserstoffes wurden die Parameter Mahlsplatt, Aufschlussdruck und Verweilzeit variiert. Als Bindemittel war ein Harnstoff-Harz (LL4550) und als Hydrophobierungsmittel Hydrowachs 138 im Einsatz. Die Laborplatten wurden mit einer Zielrohichte von 850 kg/m³ und einer Zieldicke von 9 mm (Rohplatte), Abmessungen 460 mm x 440 mm, hergestellt.</p> <hr/> |
|-----------------|--|

Tabelle 1: Parameter für Herstellung der Laborplatten

| Parameter | Einheit | Wertebereich |
|------------------------------|---------|----------------|
| Mahlspalt | mm | 0,07; 0,3; 0,5 |
| Aufschlussdruck | bar | 6; 10; 14 |
| Festharzanteil | % | 6, 12; 18 |
| Hydrophobierungsmittelanteil | % | 0; 0,5 ; 1,0 |

Geräte

Die Faserstoffaufbereitung erfolgte im Laborrefiner 12-1CPH. Beleimt wurde mittels Hildebrand-Schauelmischer und einem Sprühluftdruck von 2 bar. Das Nachrocknen des beleimten Faserstoffes erfolgte bei Raumtemperatur auf einem Saugkastentrockner. Die Vliesbildung wurde von Hand unter Verwendung eines Streurahmens vorgenommen. Für das Vorpressen und das Heißpressen stand eine Höfer-Oberkolbenpresse zur Verfügung (Vorpressen: 10 bar, 60 s). Das Heißpressen erfolgte Weg-Zeit gesteuert bei einer Heizplattentemperatur von 220 °C ± 2 K.

Mechanisch-physikalische Charakterisierung

Tabelle 2: Mechanisch-physikalische Parameter der HWP

| Parameter | Einheit | Methode/Gerät |
|---------------------------------------|-------------------|----------------------|
| Rohdichte (gemittelt) | kg/m ³ | radiologisch/raytest |
| Rohdichtemaximum (oben/unten) | kg/m ³ | radiologisch/raytest |
| Rohdichte (oben und unten, gemittelt) | kg/m ³ | radiologisch/raytest |
| 24-h-Quellung | % | DIN EN 317 |

Für alle HWP (Labor- und Industriplatten) wurden die in *Tabelle 2* beschriebenen Parameter ermittelt.

5.2 Beschichten und Bedrucken von HWP**Material und Gerätetechnik**

Für die Druckversuche wurden die in 5.2 beschriebenen Laborplatten und verschiedene Industrie-HDF verwendet, deren Herstellungsparameter nicht bekannt waren. Vor dem Beschichten wurden die Platten entweder mit K100 oder mit K120, K220, K320 geschliffen. Der Aufbau des Druckgrundes blieb bei den Beschichtungsversuchen konstant.

Tabelle 3: Beschichtungsaufbau

| Material | Nr. | Auftragsmenge | Gerätetechnik |
|----------------|-----|---------------|-------------------------------------|
| Rohplatte | 0 | | |
| Hydroprimer | 1 | 12 | Walzenauftragsmaschine, Trockner |
| Spachtel | 2 | 12 | |
| UV-Grundierung | 3 | 7,5 | Walzenauftragsmaschine, UV-Strahler |
| UV-Grundierung | 3 | 7,5 | |
| UV-Druckfarbe | 4 | ca. 2 | Labordruckmaschine, UV-Strahler |
| UV-Decklack | 5 | 10 | Walzenauftragsmaschine, UV-Strahler |

Drucken

Bei den Versuchen zur Klassifizierung der 1. Charge der Industriplatten sowie der Laborplatten der 2. Stufe (Druckversuch 1) wurde ein Kieferndekor gedruckt. Für den Druckversuch zur Klassifizierung der 2. Charge der Industrie-

platten und der Laborplatten der Stufe 3 (Druckversuch 2) stand eine Testwalze mit definiertem Proof zur Verfügung.

5.3 Messen von Holzwerkstoffoberflächen (HWO)

Normverfahren

Tabelle 4: Übersicht der eingesetzten Messverfahren

| Parameter | Messmethode | Gerät | Norm |
|--------------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| Ra, Rq, Rz, Rk, Rpk, Rvk | Tastschnittverfahren | Perthometer | DIN EN ISO 4278 (2010) |
| Sa, Sq, Sz, Sk, Spk, Svk | Streifenlichtprojektion | MikroCAD | E DIN EN 25178-2 (2008) |
| θ | Kontaktwinkelmessung | SC20 | E DIN 55660-1 (2009) |

Um die Belastung nachzustellen, denen eine HWO bei einem Beschichtungsprozess unterliegt, entwickelte die FS1 ein Verfahren zur Rauheitsmessung mit definierter Befeuchtung. Dabei wurden Rauheitsparameter der HWO im Ausgangszustand (v) und nach definiertem Befeuchten und Trocknen (n) bestimmt.

Optische Verfahren bei den Entwicklungsarbeiten

Die phasenmessende Streifenprojektion (MikroCAD-Messsystem der Firma GFM) sowie Infinite Focus (Messsystem G3 der Fa. Alicona) sind optische Verfahren, um ohne Messdruck direkt Oberflächenprofile zu messen. Vorteil ist, dass berührungsfrei mehrere Oberflächenmessgrößen bestimmt werden. Für die quantitative Auswertung der Bilder werden unabhängige Bewertungsgrößen herangezogen. Ein gängiges Vorgehen ist die Strukturbewertung einer Oberfläche. Mit den Größen Welligkeit und Rauheit lassen sich die Oberflächenstrukturen mathematisch anhand bestimmter Kennwerte beschreiben [4; 5; 6].

Rasterelektronenmikroskopie bei den Entwicklungsarbeiten

Mit der Rasterelektronenmikroskopie (REM) wurden topographische Abbildungen des Probenmaterials erzeugt. Wichtig waren vor allem die darstellbaren Materialunterschiede.

Die Probenpräparation ist entscheidend für das REM-Ergebnis, deshalb war diesem Punkt in der Projektbearbeitung ein spezielles Arbeitspaket (Kap 9) zugewiesen. Bei den im Projekt zu untersuchenden Proben wurde für das Schneiden der Proben ein Schlittenmikrotom eingesetzt.

Spektroskopie bei den Entwicklungsarbeiten

Während bei der IR-Spektroskopie die Grundschnwingungen der Moleküle beobachtet werden - besonders gut Schwingungen polarer Molekülgruppen, bei denen sich das Dipolmoment ändert - sind im nahen Infrarot Oberschnwingungen der Moleküle zu sehen, d. h. Vielfache der Grundschnwingungen, und Kombinationsschnwingungen. Es werden Bindungen, die Wasserstoff (H)-Atome enthalten, beobachtet. Die NIR-Spektren sind bandenärmer als die IR-Spektren, es überlagern sich einzelne Banden zu breiteren Absorptionen.

Für die Entwicklungsarbeiten wurden verschiedene Spektrometer (offline und

online) eingesetzt, das FT-NIR-Spektrometer Vector 22/N der Fa. Bruker (NIR-Gfs), die NIR-Imaging-Systeme der Firmen TiTech GmbH, EVK DI Kerschhagl GmbH sowie LLA Instruments GmbH (NI) sowie zwei weitere Prozessspektrometer der Fa. LLA-Instruments (NIR-PA und NIR-MPL).

5.4 Druckqualität

Probedruck Die Probedrucke erfolgten mit indirektem Tiefdruck und wurden unter industrienahe Bedingungen an einer Labortiefdruckmaschine der Firma Bürkle absolviert. Zur einfacheren Druckbewertung wurde mit nur einer Walze gedruckt.

Bewertung der Druckqualität Die Druckqualität wurde von einem geschulten Bewerterteam visuell beurteilt. Die Bewertung erfolgte unter Verwendung eines Lichtschranke mit Lichtart D65 unter einem Winkel von 45°.

Tabelle 5: Kriterien für visuelle Bewertung

| Note | visueller Eindruck | nicht bedruckte Fläche (NBF) | Krater |
|------|------------------------------------|------------------------------|---------------|
| 1 | sehr gut | keine | keine |
| 2 | gut | wenige kleine | wenige kleine |
| 3 | befriedigend, noch verkäuflich | viele kleine | viele kleine |
| 4 | unbefriedigend, evtl. überdruckbar | wenige große | wenige große |
| 5 | ganz schlecht | viele große | viele große |

Für jedes Kriterium wurde der Mittelwert über alle Bewertungen gebildet und die Mittelwerte der einzelnen Kriterien wurden zu einer Gesamtnote zusammengefasst. Diese Gesamtnote bildete die Basis für das Aufstellen einer Rangfolge.

6 Herstellung von HWP und erster Einsatz der Messtechnik

Herstellung und Bewertung von HWP Die Herstellung, das Beschichten und Bedrucken der HWP erfolgte in 3 Stufen. Als erstes wurde eine große Anzahl von Varianten (Variation Mahlspalt, Aufschlussdruck, Festharzanteil, Hydrophobierungsmittel), in der Regel jeweils 5 Platten pro Variante, hergestellt. Nach den Beschichtungsversuchen wurden jeweils eine gut, eine grenzwertig und eine schlecht zu bedruckende Variante ausgewählt und bedruckt.

Von den HWP wurden u. a. die Rohdichte, die 24h-Quellung, die Kontaktwinkel, die Topografiekenndaten ohne und mit Befeuchtung der Oberfläche ermittelt.

Erster Einsatz der Messtechnik zur Verfahrensentwicklung Für die Aufnahme erster Messdaten wurden zwei Platten ausgewählt, die dieselbe Beschichtung, allerdings unterschiedliche Druckqualitäten aufwiesen. Das Muster 1 war „gut“, das Muster 2 „schlecht“. Es erfolgten erste technische Einstellungen mit allen zu untersuchenden Messverfahren.

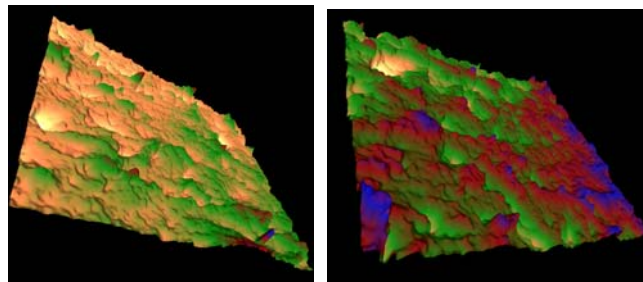


Abbildung 1: Oberflächen der Probe „gut“ (links) und „schlecht“ (rechts)- Skalierung 0 bis 5000 nm (Messfläche 0,83 mm², laterale Auflösung 2 µm)

Folgend sind die Einstellungen der Messsysteme für die weiteren Untersuchungen zusammengestellt.

Tabelle 6: Festlegungen zu den Messverfahren

| | Proben- vorberei- tung | Messfeld | | Informationen nach Optimierung | | | Prozess- tauglich |
|--------------------------------------|------------------------------|------------|------------------------|------------------------------------|----------|---------------------|----------------------|
| | | Größe [mm] | Anzahl Messfelder | Auflö- sung | Messzeit | Mess- abstand | |
| phasenmessende Streifenprojektion | nein | 1,2 * 0,9 | 10 | 1,5 µm | 20 min | 10 cm | nein |
| Infinite Focus | nein | 1 * 0,8 | 10 | 2 µm | 10 min | 10 cm | nein |
| REM | ja | 2 * 2 | 2 | abhängig von Bild- auflösung | 2 min | nicht re- levant | nein |
| NIR (Gfs) | nein | 51 * 51 | 1 (340 Spektren) | 3 mm | 90 min | 0,5 mm | nein |
| NIR (MPL) | nein | 180 * 250 | 5 (235 Spektren) | 40*13 mm | 2 s | 20 cm | ja |
| NIR (PA) | nein | 75 * 250 | 5 (70 Spektren) | 15 mm | 50 s | kein | ja |
| NIR (NI) | nein | 180 * 250 | 1 (30.000 Spektren) | 2*2 mm | 2 s | 100 cm | ja |

7 Probeandrucke und Identifizierung von Optimierungspotenzialen

Vorgehen

Von Industriepartnern wurden verschiedene HDF für die Druckversuche zur Verfügung gestellt. Von den Industriplatten wurden die mechanisch-physikalischen Kennwerte bestimmt und die Oberflächen wurden in gleicher Weise charakterisiert, wie das bei den Laborplatten der Fall war. Die Industriplatten waren teilweise bereits beim Hersteller geschliffen und sollten mit dieser Oberfläche verwendet werden.

Alle Labor- und Industriplatten wurden dann entsprechend der Planung mit den Beschichtungen versehen, die in späteren Druckversuchen mit einem entsprechenden Dekor bedruckt wurden. Nach jeder dieser Stufen wurden die Oberflächen der HWP bewertet, d. h. ihre Qualität visuell eingeschätzt.

Vergleich Be- schichten/ Be- drucken

Die Ergebnisse verdeutlichten, dass Labor- und Industriplatten nicht direkt vergleichbar sind. Zwischen den Bewertungen der Platten nach der Grundierung und nach dem Bedrucken bestand weitgehend Übereinstimmung. Für die Einordnung der Gesamtdruckbewertungen wurde folgender Maßstab angelegt:

- $3 \geq \text{Bewertung} \geq 6 = \text{gut}$
- $6 > \text{Bewertung} \geq 8 = \text{grenzwertig}$
- $\text{Bewertung} > 8 = \text{schlecht}$

Der Vergleich der Bewertungsergebnisse ist in *Tabelle 7* zusammengefasst.

Tabelle 7: Vergleich der Bewertungsergebnisse

| Laborplatten | | | |
|-------------------------|------------------------------------|--|--|
| Variante | Bewertung nach Beschichten | Bewertung nach Druck | |
| 4871_320 | gut | gut | |
| 4876_320 | grenzwertig | grenzwertig | |
| 4878_320 | schlecht | grenzwertig | |
| 5273_320 | schlecht | schlecht | |
| 5274 | schlecht | schlecht | |
| 5275 | schlecht | schlecht | |
| Industrieplatten | | | |
| Variante | Bewertung nach Beschichtung | Bewertung nach Druck (2. Stufe) | Bewertung nach Druck (3. Stufe) |
| 75_320 | schlecht | grenzwertig | gut |
| 76_320 | grenzwertig | gut | gut |
| 77_320 | gut | gut | gut |
| 79_320 | gut | | gut |
| 80_320 | gut | | grenzwertig |
| 81_320 | schlecht | | schlecht |
| 83_150 | schlecht | | schlecht |
| 84_150 | schlecht | | schlecht |
| 85_150 | grenzwertig | | grenzwertig |

Schlussfolgerung Beschichten/ Bedrucken

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass - vorausgesetzt es wurde mit der gleichen Körnung geschliffen – gute Übereinstimmung zwischen den Bewertungen der beschichteten und der bedruckten Platten erreicht werden konnte. Bei den Beschichtungsversuchen der 1. Stufe waren Industrieplatten mit unterschiedlichem Kalibrierschliff verwendet worden, was zu den angegebenen Differenzen führte.

Schlussfolgerung Druck

Die Druckversuche bewährten sich zur Bewertung der Bedruckbarkeit von HWP. Es konnte weitgehende Übereinstimmung zwischen den Bewertungen nach der Beschichtung (Grundierung) und den Bewertungen der Drucke festgestellt werden. Die Versuche verdeutlichen, dass eine konsequente Versuchsdurchführung bei Beibehaltung aller entscheidenden Parameter unbedingt erforderlich ist. Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist nur gewährleistet, wenn der Schleifgrad und der Beschichtungs- bzw. Druckaufbau identisch sind.

Das zur Bewertung der Drucke entwickelte Schema gestattete eine ausreichende Differenzierung der Druckergebnisse, sofern die genannten Randbe-

dingungen hinsichtlich Größe und Schulung des Bewerter-Teams sowie Beleuchtung (D65) und Lage der Prüfkörper eingehalten wurden.

8 Eignung der Messtechnik für die Verfahrensentwicklung

8.1 Reproduzierbarkeit

REM-Messungen Das REM gestattet die Bewertung von Flächen im μm -Bereich. Bei der Messung mehrerer Flächen pro Probe lässt sich ein Eindruck über die Oberflächen gewinnen. Dieser bleibt jedoch subjektiv, beruht auf den Erfahrungen der jeweiligen Nutzer und lässt sich erst dann objektivieren, wenn die gewonnenen Bilder z. B. umgewandelt und bildanalytischen Auswertungen zugeführt werden.

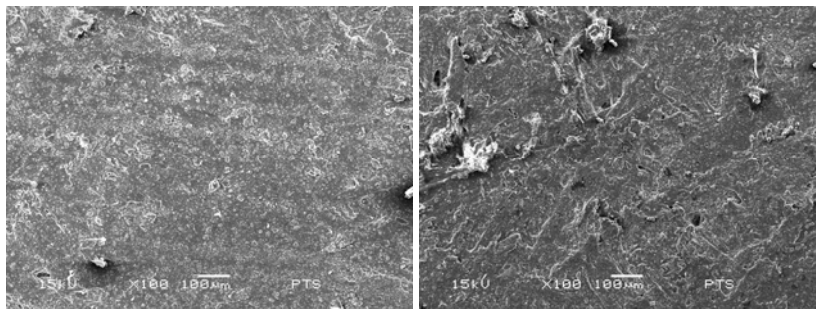


Abbildung 2: REM-Aufnahmen (100-fach) - (links „gut“, rechts „schlecht“)

Als ergänzendes Verfahren erscheint das REM reproduzierbar genug, um Anwendung zu finden. Aus den Untersuchungen im Projekt konnten mehrfach die Qualitäten (subjektiv anhand visueller Bewertung) der genannten Muster wiedergegeben werden.

Reproduzierbarkeit Bildanalytik und Spektroskopie

Die Ergebnisse der topographischen und der spektroskopischen Messverfahren konnten nicht direkt miteinander verglichen werden, da es sich bei Letzteren um berechnete Größen aus den Intensitätswerten der Spektren handelte und nicht um tatsächliche Höhen (in μm). Aus beiden Messverfahren ließ sich ableiten, welches der Verfahren eher geeignet schien:

- Infinite Focus lieferte reproduzierbarere Messwerte. Die schlechte Reproduzierbarkeit ließen aus den Daten der phasenmessenden Streifenprojektion (mit kleineren Messflächen) keine korrekten Schlüsse zur Oberflächentopographie zu. Dieses Messverfahren wurde deshalb nicht weiter eingesetzt.
- Die spektroskopische online-Messtechnik mit dem NIR-MPL sowie die offline-Lösung (NIR-PA) zeigten die höchsten Reproduzierbarkeiten. Die Labormesstechnik (NIR-Gfs) sowie das Imaging-System waren in ihren Reproduzierbarkeiten vergleichbar.

Das schlechtere Abschneiden der Messungen mit der FT-NIR-Technik war unerwartet, da die technischen Voraussetzungen sowie die Spektrenqualitäten in diesem Fall optimal schienen. Problematisch war jedoch die sehr lange Messzeit von 90 Minuten. In dieser Zeit kommt es zu einer Drift der Messdaten.

Die etwas schlechtere Reproduzierbarkeit bei der NIR-Kamera (NIR-Imaging) konnte nur auf das schlechtere Signal-/Rauschverhältnis zurückgeführt werden. Es blieb zu überprüfen, inwieweit diese Spektrenqualität für die Differenzierung zwischen verschiedenen Oberflächen ausreichend sein konnte.

8.2 Bewertung der Oberflächenqualität

Vorgehen Neben den Mustern der Qualitäten „gut“ und „schlecht“ (Datensatz 1) wurden Muster hinzugezogen, deren Oberfläche mit jeder Beschichtung glatter wurde (Datensatz 2). Erwartet wurden Messdaten, die damit korrelierten.

Ergebnisse mit Infinite Focus

Datensatz 1

Nicht alle Topographiekennwerte lieferten schlüssige Messergebnisse, denn prinzipiell sollte die als „gut bedruckbar“ bewertete Probe 1 geringere Werte liefern als Probe 2 („schlecht bedruckbar“). Nur die Kennwerte S_a , S_q , S_k und S_{vk} entsprachen diesen Erwartungen.

Datensatz 2

Festzustellen war, dass nicht alle Messdaten die Erwartungen repräsentierten. Bei der Messung weiterer Daten (siehe nächste Abbildung) konnten jedoch die Oberflächenqualitäten nicht mehr mit den Messdaten in Einklang gebracht werden. Die gute Probe hätte wesentlich niedrigere Resultate als die schlechte Probe liefern müssen.

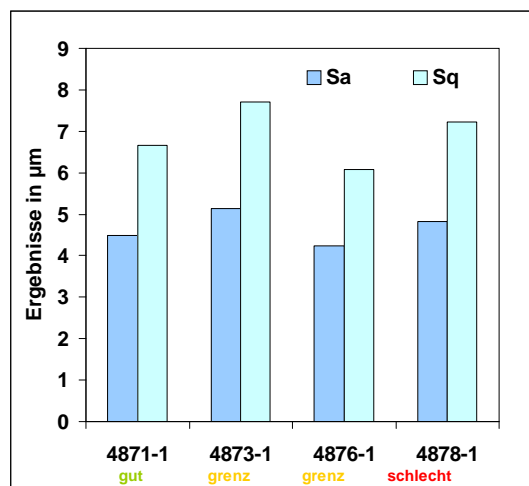


Abbildung 3: Messergebnisse mit infinite Focus an weiteren Mustern

Das Messverfahren Infinite Focus bewährte sich nicht, da u. a. die Änderungen der Messwerte von den Änderungen der Standardabweichungen überlagert wurden. Eine Differenzierung der Oberflächenqualitäten mit Rückschluss auf die Druckqualität war mit diesen Messungen nicht genau genug möglich. Ursache könnten die zu kleinen Messflächen sein.

Ergebnisse mit Spektroskopie

Bei Aufnahme spektroskopischer Daten waren mit den pro Fläche aufgenommenen Spektren zur weiteren Auswertung folgende Schritte erforderlich:

- mathematische Spektrenbehandlungen,
- Auswertungen von Informationen an spezifischen Wellenlängen, die die stofflichen Änderungen widerspiegeln,
- weiterführende Berechnungen aus den Spektreninformationen.

Es wurden für jedes Spektrometer die geeigneten Wellenlängen zur Auswertung festgelegt. Das Ermitteln z. B. der Intensitäten an diesen Wellenlängen erfolgte über eine Software automatisiert. Mit diesen numerischen Daten wurden weiterführende mathematische Auswertungen vorgenommen (Varianz, arithmetischer Mittelwert der Beträge des gesamten Intensitätenverlaufes über die Fläche = N_a).

Diese Vorgehensweise führte dazu, dass die Spektren einer Fläche anhand eines Messwertes numerisch ausgedrückt und miteinander verglichen werden konnten. Im Datensatz 1 lieferte diese Auswertung der Spektren für alle Spektrometer mindestens für eine ausgewertete Wellenlänge für den Parameter N_a für Probe 2 die erwarteten höheren Werte. Für Datensatz 2 wurden nach Verbesserung der lateralen Auflösungen bei den Spektrometern die NIR-Systeme NI, NIR-MPL sowie NIR-PA die korrekten Auswertedaten geliefert, so dass für die sich anschließende Methodenentwicklung mit diesen Systemen weiter gearbeitet wurde.

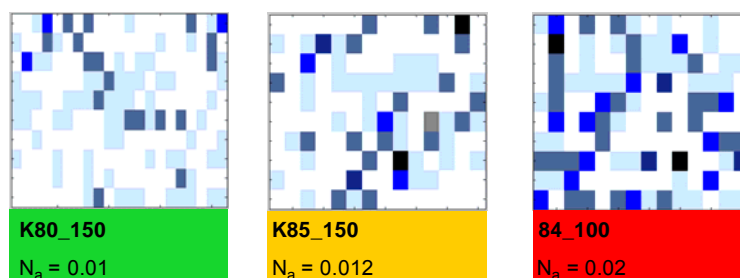


Abbildung 4: Vergleich verschiedener Proben- gut (links), grenzwertig (mittig) und schlecht (rechts) mit NIR-PA

9 Methodisches Vorgehen zur Bewertung der Oberflächenqualität

9.1 Erarbeitung einer Vorgehensweise zur Demonstration

Demonstrator Zur Vorführung, aber auch zur schnelleren Auswertung der großen Datenmengen bei Einsatz der spektroskopischen Messverfahren wurden zwei Routinen entwickelt, die die Spektren pro Fläche - nach vorgegebenen Eckdaten - mathematisch bearbeiten und die berechneten Kenngrößen grafisch sowie numerisch anzeigen und speichern. Ausgewertet werden folgende Parameter:

Min, Max, Stabw. (rel) - Aus den speziell normierten Daten sind diese Werte aus der gesamten Messfläche auszulesen.

N_a , N_q - Aus den normierten Daten wird die mittlere Abweichung bzw. die quadratische Abweichung berechnet.

Schiefe - Verhältnis des negativen Anteils zu den Gesamtwerten. Im Idealfall

liegt dieser Wert bei 0,5. Ist der Wert kleiner als 0,5, dann ist die positive Auslenkung größer. Bei einem Wert über 0,5 ist die negative Auslenkung größer.

Max (Z-N_a) - Maximum der Zeilen-N_a-Werte.

Max (Z-Std) - Maximum der Zeilen-Stdw.

Für die grafische Auswertung stehen ein Histogramm zur sofortigen Abschätzung der Breite der Abweichungen sowie ein farbiges x-y-Bild der gemessenen Fläche zur Verfügung. Es sind die negativen und positiven Abweichungen vom Mittelwert aufgetragen. Die Farbwahl für die verschiedenen Skalierungen ist flexibel. Die rechts bzw. unter der Messfläche dargestellten Kurvenverläufe liefern die zeilen- und spaltenweise berechneten Mittelwerte. Alle Abbildungen lassen sich abspeichern.

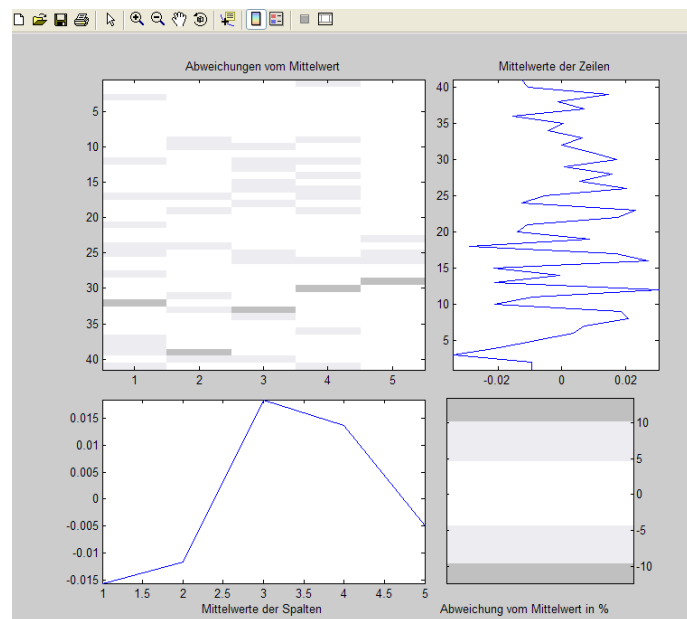


Abbildung 5: Plot (Fkt) - grafische Auswertung - Flächendarstellung

Schlussfolgerung

Die Software kann zukünftig gut genutzt werden, um zu zeigen, inwieweit die spektroskopischen Messdaten geeignet sind, erste visuelle Eindrücke gemessener Oberflächen (HWP oder andere Materialien) zu liefern.

Im Rahmen der FuE-Arbeiten wurde die Software eingesetzt, um effektiver den großen Datenumfang gezielt auswerten zu können sowie schnell Kenngrößen zur objektiven Bewertung des Gemessenen vorliegen zu haben. Die ausgelesenen Kenndaten wurden herangezogen, um dann in den nächsten Schritten Zusammenhänge zwischen Mess- und Referenzwerten zu finden.

9.2 Erarbeitung der mathematischen Korrelation und Validation mit PLS-Modellen

Allgemein

Für die Erzeugung eines PLS-Modells wurde ein speziell entwickeltes Software-tool im Rahmen der Software Matlab genutzt. Eingelesen werden in diese Software die mit den zu korrelierenden Daten erstellten Learnsets.

Weg 1 - Modellierung und Ergebnisse

Im ersten Schritt sollten die ausgelesenen Messwerte aus den spektroskopischen Daten der Spektrometer NIR-PA und NIR-MPL mit der am Schluss durchgeführten Druckbewertung (Benotung durch Bewerterteam) und /oder Zusatzinformationen wie der Oberflächenspannung in Korrelation gebracht werden. Allein für die Daten des Learnsets mit der Druckbewertung und den aus den spektroskopisch gemessenen Daten berechneten Bewertungen wurden mehr als 120 PLS-Methoden getestet.

Labor- als auch Industriemuster in der Modellierung

In den besten Modellen wurden als Preprocessing die Normierung und Autoskalierung bzw. Logarithmierung und Autoskalierung der Daten genutzt. Der Korrelationskoeffizient erreichte nur Werte von 34 % bzw. 30 %. Dies bedeutete, dass keine Korrelation zwischen den untersuchten Datensätzen bestand.

Industriemuster eines Datensatzes im Learnset

Das beste Modell lieferte einen Korrelationskoeffizienten von 87 %. Der Datenumfang für dieses Modell ist zu gering und entstammt nur einer Charge. Es bleibt zukünftig zu überprüfen, inwieweit ein solches Modell nach Implementierung weiterer Industriedaten seine Qualität behält. Der geringe Datenumfang verbietet die Nutzung eines solchen Modells.

Weg 2- Modellierung und Ergebnisse

Mit 9 bzw. 15 Datensätzen, erfolgten die Modellentwicklungen mit den referenzanalytisch ermittelten Messwerten des IHD. Es wurden über 250 Modelle erstellt. Zwischen

- Druckbewertung und Topografiekenndaten S_a ; S_{vk} ,
- Druckbewertung und Topografiekenndaten S_a ; S_{vk} , und Kontaktwinkel nach 60 s

konnten Korrelationen von $R^2=96\%$ bzw. 97% (**Modell A**) berechnet werden.

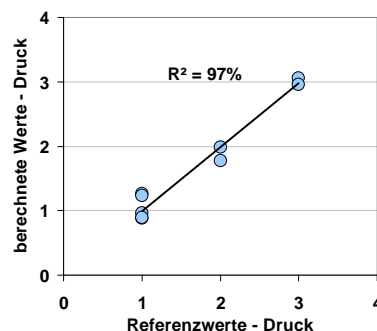


Abbildung 6: Gegenüberstellung von Referenz- und Modellwerten zur Druckbewertung (3 Parameter) - Modell A

Für 15 Muster aus der Praxis wurden bei nächsten Modellentwicklungen die Dickenquellung, die verschiedenen Dichten und das Dichteprofil sowie 8 Topografiekennwerte - insgesamt 16 Parameter - herangezogen. Das Modell lieferte ein R^2 von 87 %. Die Validation dieses Modells verlief weniger erfolgreich. Ursachen waren mit Sicherheit die Datengrundlage und dass die als Referenz verwendeten Topographiekenndaten auseinander hervorgehen. Folglich wurde

nach Normierung und Zentrierung der Daten mit nur 6 Parametern (Dicke, Dichte, Dickenquellung sowie 3 Topographiekennwerte) ein stabileres **Modell B** mit einem Korrelationskoeffizient von $R^2 = 85\%$ aufgebaut. Die Validation dieses Modells erfolgte zufriedenstellend.

Test der Modellierungen unter Verwendung der Modellgleichungen

Beide Modelle A und B sollten zukünftig auf stabilere Datenfundamente gestellt werden. Die den Modellierungen zu Grunde gelegten mathematischen Ansätze schienen jedoch geeignet, um diese Modelle auch nach Projektabschluss zu testen. Damit dies möglich ist, wurden die erforderlichen Modelldaten ausgewertet und in entsprechende Regressionsgleichungen überführt. Es wurden Tabellenoberflächen auf Grundlage von Excel aufgebaut, denen diese mathematischen Funktionen hinterliegen. Bei Eingabe der erforderlichen Messdaten wird daraus die zu erwartende Druckqualität der entsprechenden HWO berechnet. Diese Vorgehensweise ist nicht nur für die Validation geeignet, sondern kann gleichzeitig als Demonstrator genutzt werden. Eine solche Beispieloberfläche (Modell A) zeigt die nächste Abbildung.

| Modell A | | | | |
|---|------------------|----------|-------|--|
| Parameter | 1 | 2 | 3 | |
| | Sa o.B. | Svk o.B. | CA60 | |
| Messdaten eintragen | 5.18 | 9.66 | 84.42 | |
| Modellparameter keine Eintragungen vornehmen | | | | |
| Ergebnis | Modellberechnung | 0.89 | | Qualität = 1 schlecht |
| | Druckqualität | 1 | | Qualität = 2 grenzwertig Qualität = 3 gut |

Abbildung 7: Excel-Oberfläche zur Demonstration (Modell A)

Fazit

Weg 1

Mit der Modellentwicklung aus berechneten Daten der spektroskopischen Messungen (mit den Systemen MPL oder PA) wurde prinzipiell die Machbarkeit gezeigt. Ein Einsatz eines solchen schnellen Berechnungsmodells zur Abschätzung der Druckbewertung arbeitet nur stabil, wenn eine höhere Anzahl an Industriemustern aus verschiedenen Produktionen zu Grunde liegt. Ob die Modellqualität dann aufrecht erhalten werden kann, muss zukünftig geklärt werden.

Weg 2

Der Aufbau eines mathematischen Modells zur Vorhersage einer zu erwartenden Druckqualität führte bei der Einbeziehung der verschiedenen Messwerte zu guten Resultaten. Auch in diesem Fall sollte mit der Industrie geklärt werden, inwieweit die Qualität des Modells aufrecht erhalten werden kann, wenn HWP anderer Produktionen aus derselben Zwischenstufe (Grundierung) mit in die Modelle eingepflegt werden.

9.3 Erarbeitung der mathematischen Korrelation und Validation ohne PLS-Modelle

Allgemein Die NIR-Spektrometer PA und MPL können prinzipiell am oder im Prozess Messdaten von HWP (nach Grundierung) sehr schnell aufzeichnen. So wäre es möglich, Messdaten an Zwischenprodukten aufzuzeichnen, die anschließend auf einfache Weise - ohne mathematisches PLS-Modell - die Oberflächenqualität auswerten.

Vorgehen ohne PLS-Modell

Während der Projektbearbeitung zeigte sich, dass mit Hilfe des aus den NIR-Spektren berechneten N_a -Wertes stets sicher zwischen guter und schlechter Oberflächenqualität differenziert werden konnte. Die *Abbildung 8* zeigt beispielhaft an Praxismustern eines Herstellers, dass die erfolgte Druckbewertung in „gut“, „grenzwertig“ und „schlecht“ auch an den aus den spektroskopischen Messdaten berechneten Kenndaten ablesbar war. Die „grenzwertige“ Qualität ordnete sich sehr gut zwischen den beiden anderen Qualitäten ein. Da die „grenzwertige“ Qualität jedoch in der Praxis stets auch noch den Druckprozess durchläuft, wurde sie noch der Gruppe der Qualität „gut“ zugeordnet. Folglich ließ sich für die in der Abbildung dargestellten beiden Kennwerte ein Schwellenwert definieren. Wurden die Kennzahlen $\text{Max}(Z-N_a)$, $\text{Max}(Z-\text{Std})$ zusätzlich zu N_a mit herangezogen, so war diese Grenze stabiler.

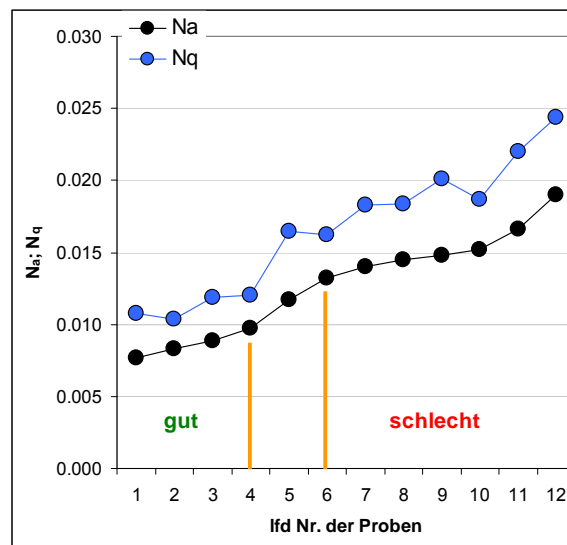


Abbildung 8: Festlegung der Schranken zur Bewertung der Druckqualität (Datenaufnahme mit PA)

Sowohl für das Messsystem MPL als auch PA wurden für 6 Kennzahlen jeweils einer Probe der Oberflächenqualität „gut“ sowie einer Probe „schlecht“ die Schwellenwerte für mehrere berechnete Kenndaten festgelegt. Dabei wurde eine jeweilige Unterschreitung mit der Zahl „0“ und die Überschreitung mit der Zahl „1“ belegt. Aus diesen Einstufungen pro Kennzahl erfolgte dann deren Summierung und die Endbewertung:

- Die Summen 0 und 1 stellen sehr homogene und damit sehr gut bedruckbare Oberflächen dar.
- Mit der Summe 2 und 3 lassen sich die Oberflächen ebenfalls noch bedrucken.

-
- Eine schlechte Oberfläche liegt vor, wenn die Summen 4 oder 5 betragen.
-

Schlussfolgerung Die beschriebene Vorgehensweise wurde an Industriemustern aus einer Charge validiert. Es gab für die untersuchten Beispiele Korrelationskoeffizienten von über 95 %, so dass der beschriebene Ablauf vorerst einen praktikablen Weg darstellt.

9.4 Empfehlung für die praktische Nutzung

Fazit Aus den geprüften Vorgehensweisen hat sich klar herausgestellt, dass eine PLS-Modellierung vorerst nicht sicher zum angestrebten Projektziel führte, die zu erwartende Druckqualität der HWO zu einem frühen Zeitpunkt der Beschichtung objektiv zu bestimmen.

Es wurde ein Handling entwickelt, welches für jede Produktionscharge in der Lage ist, schnell die gewünschten Informationen zu bestimmen. Diese Vorgehensweise arbeitet ohne PLS-Modell, aber mit Schranken, die dann eine Bewertung erhalten. Diese Arbeitsweise gestattet, bei Einsatz der NIR-Messtechnik und Überführung der Software in eine produktionstaugliche, automatisierte Lösung, die schnelle Abschätzung der Oberflächenqualität der grundierten HWP für eine spätere Bedruckbarkeit.

10 Erarbeitung einer Handlungsvorschrift

Allgemein Die Handlungsvorschrift wurde von der FS1 als Werknorm formuliert und kann bei Bedarf angefragt werden.

Erforderliche Gerätetechnik/ Materialien

- Rauheitsmessgerät,
 - Tastschnittgerät mit mindestens 17,5 mm Abtastlänge
 - Optoelektronisches Messgerät , z. B. phasenmessende Streifenprojektion, mit Messfläche 9,5 mm x 12,5 mm
- Umluftofen (40 °C),
- Messzylinder (100 ml),
- Filterpapier,
- Destilliertes Wasser,

Proben

- 5 Proben 100 mm x 100 mm x Dicke

Vorgehensweise

- Klimatisieren der Proben 24 h bei 23 °C, 50 % rel. LF
- Bestimmung der Topografiekenwerte S_{av} , S_{qv} , S_{zv} , S_{kv} , S_{vkv} (je Probe 4 Messungen, Bestimmung der Mittelwerte und Standardabweichungen)

chungen pro Probe und über alle Proben)

- Erwärmung der Proben 30 min bei 40 ± 1 °C
- Jeder Probe mit $5\pm 0,1$ ml destilliertem Wasser befeuchten, Einwirkdauer ca. 1 min, Abtupfen des überschüssigen Wassers
- Trocknen der Proben 4 min bei 40 ± 1 °C
- Bestimmung der Topografiekenwerte San, Sqn, Szn, Skn, Svkn (je Probe 4 Messungen, Bestimmung der Mittelwerte und Standardabweichungen pro Probe und über alle Proben)
- Auswahl der erforderlichen Messgrößen für die Eintragungen in die Excel-Oberfläche, der die Regressionsgleichung des PLS-Modells hinterlegt und
- Vorhersage der zu erwartenden Druckqualität.

Vor dem Praxiseinsatz dieses Verfahrens ist es erforderlich, die Sicherheit des Modells durch Bereitstellen weiterer Datensätze zu erhöhen und die Sinnfälligkeit zu prüfen.

11 Innovation und Anwendungspotenziale

Innovation - Herstellungsverfahren

Durch die erfolgreiche Bearbeitung des FuE-Vorhabens ist es möglich, den Zusammenhang zwischen Oberflächenstruktur der Trägerplatte und deren Grundierung zu erkennen sowie daraus auf die zu erwartende Druckqualität zu schließen und dies auch objektiv messtechnisch verfolgen zu können. Dadurch kann gezielt dazu beigetragen werden, HDF mit definierten Oberflächenstrukturen herzustellen. Dies kann die Effektivität von Beschichtungsprozessen wirksam beeinflussen.

Innovation - Messmethodik

Da das zu bewertende Produkt „Direktdruck-Laminat“ sehr neu am Markt ist, lagen bisher keinerlei Erfahrungen mit dem Probenhandling vor, um im Hinblick Druckqualität und Oberfläche auswertbare Messwerte aufzuzeichnen. Die Erarbeitung der beschriebenen messtechnischen Lösungen sind deshalb neu und können die Herstellung qualitativ einwandfreier Holzwerkstoffoberflächen sowie Druckergebnisse unterstützen. Zukünftig können die Messverfahren im Labor (Handlungsvorschrift) oder auch nach weiterer Anpassung am Prozess Einsatz finden.

Innovation - Produkt

Bei der Entwicklung neuer bedruckbarer Holzprodukte oder bei der Umstellung der Produktion auf neue Beschichtungen oder Dekore ist es wichtig, schnell zu einer neuen, stabilen Fahrweise mit optimierten Produkten zu gelangen. Die Verringerung solcher Umstellzeiten durch eine verbesserte messtechnische Bewertung bezüglich Bedruckbarkeit führt zu erheblichem Zeitgewinn bzw. Kosteneinsparungen.

Anwendungspotenzial - Hersteller von Lamina-

Die Überführung der Resultate in die Produktion schafft in den Firmen Möglichkeiten, den Zusammenhang zwischen Oberflächenstruktur der Trägerplatte und

ten deren Grundierung zu erkennen sowie daraus auf die zu erwartende Druckqualität zu schließen und dies vor allem objektiv messtechnisch zu verfolgen. Damit ergeben sich dann Einsparungspotenziale beim Einsatz von Beschichtungschemikalien, der Optimierung von Auftragsmengen oder auch der Reduzierung von Ausschuss.

Potenzial - Kostenersparnis beim Direktdruck von Laminaten Die Reduzierung um eine Grundierung im druckvorbereitendem Bereich kann zu Einsparungen von 0,14 €/m² führen (enthalten sind Abschreibungen von Einfachwalze, Düsentrockner, Kosten für Spachtel und Energie). Bei einer möglichen Anlagenleistung von 30 Mio m²/a beträgt das Einsparungspotenzial jährlich über 4 Mio €. Damit verringert sich nicht nur der finanzielle Vorbehandlungsaufwand, sondern auch die Produktionszeit bei der Herstellung von Printed Dekor Lamine.

Bei Überführung der Forschungsergebnisse könnte demnach nicht nur das Produkt verbessert und Material eingespart werden, sondern auch der Energieeinsatz bei Trocknung der optimierten Beschichtungen verbessert werden.

Potenzial - Vermeidung von Ausschuss Vor dem Bedrucken wird ein mehrschichtiger Druckgrund aufgetragen. Durch das Erkennen möglicher „nicht bedruckbarer Oberflächen“ zu einem sehr frühen Beschichtungsstadium (1. Grundierung) kann durch Überführung der Forschungsergebnisse Ausschuss vermieden werden.

12 Schlussfolgerungen

Gesamtergebnis Als Gesamtergebnis stehen zwei entwickelte Methoden, mit denen zum einen rohe HDF durch Ermittlung der Rauheitsparameter nach einem definierten Verfahren und zum anderen grundierte HDF unter Verwendung von NIR-Spektren hinsichtlich ihrer Bedruckbarkeit bewertet werden. Damit ist es möglich, bereits zu einem frühen Zeitpunkt der Beschichtung von HWP auf deren Oberflächenqualität zu schließen.

Detaillierte Ergebnisse Im Forschungsprojekt wurden die folgenden wesentlichen Teilergebnisse erzielt:

- Es wurde eine Labormethode aufgebaut, mit der aus der Differenz der Rauheitsparameter vor und nach der Befeuchtung auf die Bedruckbarkeit geschlossen werden kann.
- Zusammenhänge ließen sich zwischen Rauheitskennwerten, Kontaktwinkeln und ausgewählten Kennwerten der Dichtepprofile herstellen.
- Aus dem Einsatz der NIR-Spektroskopie ließ sich ein stabiler Zusammenhang zwischen Druckqualität und den aus den NIR-Messdaten berechneten Kennwerten ableiten. Diese Vorgehensweise kann online oder auch offline praktiziert werden
- Die Voraussetzungen für gut bedruckbare Holzwerkstoffoberflächen sind der Einsatz kurzfasriger, gleichmäßig aufbereiteter Faserstoffe (kleiner Mahlsplatt) sowie gleichmäßig verdichtete Oberflächen ohne

Poren, Rindenanteile oder Faserbündel. Außerdem sollte die Oberflächenrauheit (Schleifgrad \geq K320) relativ gering sein.

- Bei der Herstellung von HDF mit guter Bedruckbarkeit ist der Stoffaufbereitung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Der Mahlpalt des Refiners ist möglichst klein und der Aufschlussdruck möglichst hoch zu wählen.
- Die Bedruckbarkeit von HDF kann durch den Herstellungsprozess gesteuert werden.
- Zur Bestimmung der Druckqualität wurde ein Bewertungsverfahren entwickelt, bei dem der visuelle Eindruck, die Nichtbedruckte Fläche (NBF) und Krater unter definierten Bedingungen von einem Bewerter-Team visuell eingeschätzt werden müssen. Es erfolgt daraus eine Bewertung nach dem Schulnotenprinzip, anhand derer Grenzwerte ableitbar sind, die „gut bedruckten“, „schlecht bedruckten“ und „grenzwertig bedruckten“ HDF zugeordnet werden können.

Ausblick

Der Marktanteil fester Fußbodenmaterialien wächst. Unter material- und energieökonomischen Gesichtspunkten sowie unter Berücksichtigung der zunehmenden Individualisierung von Produkten nimmt die Bedeutung des direkten Drucks (Tiefdruck, Digitaldruck) zu. Sowohl die Anwendung von Technologien des Direktdrucks als auch die Individualisierung der Produkte erfordern eine Erweiterung qualitätssichernder Maßnahmen, die mit den im Vorhaben entwickelten und validierten Methoden verbunden sind.

In diesem Zusammenhang ist ein positiver Transfer der Ergebnisse in die industrielle Praxis absehbar. Nächste Schritte dazu sind beratende Gespräche mit Herstellern von HWP sowie die Demonstration der methodischen Vorgehensweise zur Bewertung der zu erwartenden Druckqualität.

Ansprechpartner für weitere Informationen

Forschungsstelle 1: Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH,
Zellescher Weg 24
01217 Dresden
Dr. I. Fuchs
fuchs@ihd-dresden.de
0351 4662-282

Forschungsstelle 2: Papiertechnische Stiftung
Institut für Zellstoff und Papier – PTS-IZP, Heidenau
Pirnaer Straße 37
01809 Heidenau
Dipl.-Ing. P. Behnsen
petra.behnsen@ptspaper.de
03529 551-685

Literaturverzeichnis

- 1 Buhlmann,C.; Classen 2011
LLT-technologie – eine Revolution für Laminatfußböden
8. IHD-Fußbodenkolloquium, 10.-11.11.2011, Tagungsband S. 89 – 92
- 2 DIN EN 15468 Laminatböden – Direktbedruckte Elemente mit Kunstharz-Deckschicht –
Spezifikationen, Anforderungen und Prüfverfahren, 2008-01
- 3 Emmler, R.
Development of test methods for the estimation of the mar resistance of wood and laminate
floorings; 5th Woodcoatings Congress “Enhancing Service Life”, Prag, 10-2006
- 4 ISO 4287, Ausgabe:1997-04
Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren -
Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit;Deutsche Fassung
EN ISO 4287:1998
- 5 ISO 4288, Ausgabe:1996-08
Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren -
Regeln und Verfahren zur Prüfung der Oberflächenbeschaffenheit
Deutsche Fassung EN ISO 4288:1997
- 6 Volk R.
Rauheitsmessung – Theorie und Praxis
DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 1. Auflage 2005