

S. Scherer, R. Danzl, F. Heimli, A. Krenn*

Vollautomatische Glättebestimmung via optische 3D Oberflächenmessung

Zusammenfassung

Papierhersteller sind heute bedingt durch eine Reihe von Entwicklungen im Druckbereich bzw. Veränderungen im Produktionsprozess sowie steigendem Kostendruck mehr und mehr auf eine detaillierte Information zur Oberflächentopographie angewiesen. Nur so kann gezielt der Produktionsprozess optimiert werden, um den wachsenden Ansprüchen hinsichtlich Druckqualität, optischen Eigenschaften und Bedruckbarkeit gerecht zu werden. Eine zuverlässige Bedruckbarkeitsvorhersage verlangt nach einem möglichst einfachen und schnellen, allerdings genauso zuverlässigen Messsystem, das selbst über große Messbereiche präzise Messungen gewährleistet. Mit dem optischen 3D Messgerät InfiniteFocus steht der Papierindustrie ein Instrument zur Verfügung, das die Papieroberfläche mit einer vertikalen Auflösung von bis zu 10nm misst. Mit der Möglichkeit zur berührungslosen und direkten Rauheits- bzw. Glättemessungen und der Bestimmung der lokalen Homogenität können Papierhersteller gezielte und fundierte Maßnahmen in der Qualitätssicherung setzen.

Summary

Automatic gloss determination via optical 3D surface measurement

Paper producers are more and more dependent on detailed information about surface topography today – due to a number of changes and developments in printing and manufacturing technology and rising cost pressures. Based on this information, they are able to systematically optimise the production process to meet growing demands on print quality, optical properties and printability. Reliable printability forecasts require a measuring system which is at the same time simple, fast, reliable, and sufficiently accurate across a wide measuring range. The InfiteFocus is an optical 3D measuring system meeting these demands: it permits non-contact measurements of paper surfaces at a vertical resolution of up to 10nm. The InfiteFocus enables papermakers to directly measure roughness and smoothness parameters as well as the local homogeneity of paper, thus providing the basis for well-founded quality assurance measures.

1. Die Bedeutung der Oberflächentopographie für die Bedruckbarkeit von Papier

R. Beltz¹ hat die wichtigsten Papiereigenschaften genau definiert, die über die Qualität eines Drucks entscheiden. Neben Faktoren wie die Temperatur, die Kompressibilität im Druckspalt, die Kapillarität und andere mechanische, chemische und optische Eigenschaften ist vor allem die Topographie der Papieroberfläche ausschlaggebend für die Qualität des Druckbildes. Die Oberflächenstruktur entscheidet über Farbübertragung, -menge, -eindruck und -aufbau und hat maßgeb-

lichen Einfluss auf weitere Bearbeitungsschritte wie die Satinage, das Verkleben und das Reibungsverhalten von Papier². Demnach gewinnt eine robuste, flächendeckende Oberflächenmessung mit direkter Korrelation zwischen der Beschaffenheit einer Papiertopographie und deren Bedruckbarkeit in der industriellen Qualitätssicherung immer mehr an Bedeutung. Unter den derzeit bekannten Messverfahren kann diese Anforderung nur mit optischen Technologien erfüllt werden, und obwohl in der Papierindustrie bereits eine starke Trendwende in Richtung optischer Messverfahren zu verzeichnen ist, wird diese Korrelation in der Praxis der Papierhersteller allerdings nach wie vor vermisst.

Die wichtigste Elementareigenschaft von Papier in punkto Bedruckbarkeit ist deren Glätte bzw. komplementär die Rauheit. Herkömmliche optische oder taktile Messverfahren liefern allerdings kaum befriedigende Ergebnisse hinsichtlich einer genauen und robusten Erfassung der 3D Struktur der Papieroberfläche. Die bekanntesten Werte zur Rauheitsmessung, die man mit herkömmlichen Messverfahren gewinnt, sind der arithmetische (Ra) und der quadratische (Rq) Mittelwert der Profilor dinaten nach ISO 4287, die sich allerdings nur auf ein Profil beschränken. Weder kann damit eine Aussage über die gesamte Fläche getroffen noch eine Verifizierung vorgenommen werden³.

2. Das optische Messverfahren Fokus-Variation als Messmethode zur vollautomatischen Rauheits- bzw. Glättebestimmung von Papier

2.1 Glättebestimmung mit dem optischen 3D Messinstrument InfiniteFocus

Die klassische Methode zur Bestimmung der Glätte ist der Einsatz von Luftstrommessgeräten. Die Glätte wird dabei als eine Funktion des Luftstromes entlang der Oberflächenstruktur des Papiers beschrieben. Die bekanntesten Geräte sind unter anderem Bendtsen oder Parker Print-Surf (PPS). Der methodische Mangel dieser Messmethode ist, dass die Glätte nicht direkt bestimmt, sondern lediglich in Relation zum Luftstrom entlang der Papieroberfläche gesetzt wird. Die Tiefen-

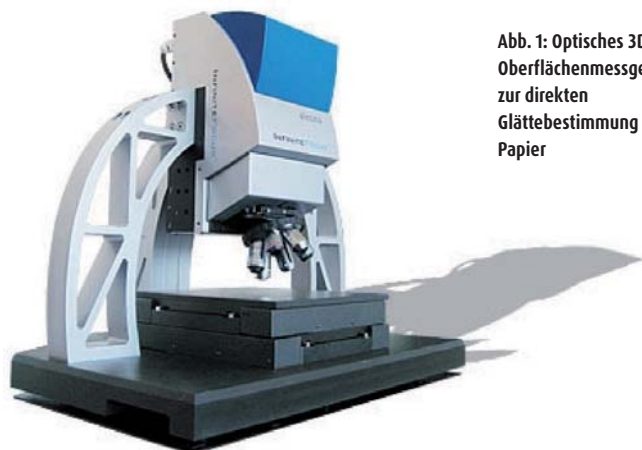


Abb. 1: Optisches 3D Oberflächenmessgerät zur direkten Glättebestimmung von Papier

*Dr. Stefan Scherer, Dr. Reinhard Danzl, DI Franz Heimli, Mag. Astrid Krenn, Alicona Imaging GmbH, Teslastr. 8, A-8074 Grambach, astrid.krenn@alicona.com
Vorgetragen beim 23. PTS-Streicherei-Symposium 2007 in Baden-Baden

messung wird auf einen einzigen Messwert reduziert⁴. Rückschlüsse oder Einsichten darüber, wie die Oberfläche tatsächlich beschaffen ist, sind nicht möglich, da kleine, lokale Vertiefungen nicht erfasst werden. Der Anwender kann keine Differenzierung nach Anzahl oder Größe von Oberflächenabweichungen innerhalb eines bestimmten Messbereiches treffen.

Das optische 3D Messsystem InfiniteFocus ist ein Messinstrument, das die wachsenden Ansprüche nach flächendeckender Messung erfüllt und die numerische Verifikation der Papieroberfläche bietet (Abb. 1). Das System wird zur direkten Oberflächenmessung von gestrichenem und ungestrichenem Papier eingesetzt. Messergebnisse erreichen eine vertikale Auflösung von bis zu 10nm selbst bei stark reflektierenden Topographien und Papieroberflächen mit steilen Flanken.

InfiniteFocus misst die Topographie einer Oberfläche mit punktgenauer registrierter Farbinformation. Der Anwender erhält also ein 3D Echtfarbmessmodell seiner Papieroberfläche und kann direkt im optischen Farbbild die Oberfläche messen. Per Mausklick wird eine Profillinie exakt über jenen Bereich der Papiertopographie extrahiert, den es zu messen gilt. Die visuelle Korrelation zwischen Farbbild einer Probe und 3D Tiefeninformation macht die Oberflächenanalyse so präzise und flexibel wie kein anderes Messsystem. Auch die Rauheitsmessung erfolgt per Mausklick, Ra, Rq und Rz Werte werden entsprechend internationalen ISO Standards berechnet und statistisch ausgewertet

(Abb. 2.). Im Gegensatz zu herkömmlichen Messverfahren wird mit InfiniteFocus nicht nur entlang eines Profils, sondern flächendeckend gemessen. Dem Anwender stehen Amplitudenparameter zur Beschreibung der Höhenverteilung, die Spektralanalyse mit Autokorrelationsparametern und die Gradientenverteilung zur Berechnung der Häufigkeit und Verteilung von bestimmten Oberflächenmerkmalen zur Verfügung. Er gewinnt numerische Angaben seiner Oberflächenstruktur und kann die wichtige Differenzierung nach Spitzen oder Riefen in seinem Höhenbild vornehmen. Anzahl und Größe von Oberflächenabweichungen können genau evaluiert werden. Die Fast Fourier Transformation (FFT) von InfiniteFocus ermöglicht die Analyse von Markierungen, die z. B. von Bespannungen in Papieroberflächen stammen können (Abb. 3).

2.2. Neue Bewertungsmöglichkeiten der Satinage

Das Kalandrieren von Papier gehört zu den wichtigsten Methoden der Oberflächenveredelung, um die Glätte und damit auch die Bedruckbarkeit von Papier zu erhöhen. Mit InfiniteFocus wird die tatsächliche Steigerung von Glätte nach der Satinage in numerischen Werten erfasst. Werden z. B. verschiedene bereits kalandrierte Papiere hinsichtlich ihrer Oberflächengüte untersucht und deutliche Unterschiede festgestellt, berechnet InfiniteFocus Anteil und Verteilung von diversen Vertiefungen etc. in einem bestimmten Messbereich. Das optische Messsystem evaluiert topographisch bedingte Ursachen für den Qua-

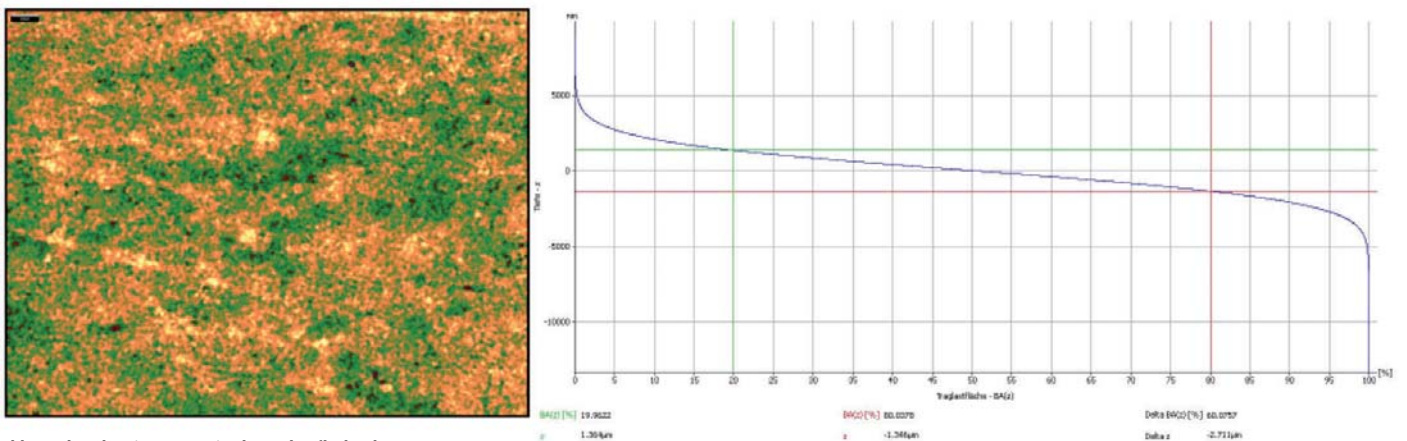


Abb. 2: Glättebestimmung mittels Traglastflächenkurve. InfiniteFocus evaluiert den prozentuellen Anteil von lokalen Vertiefungen einer Papieroberfläche

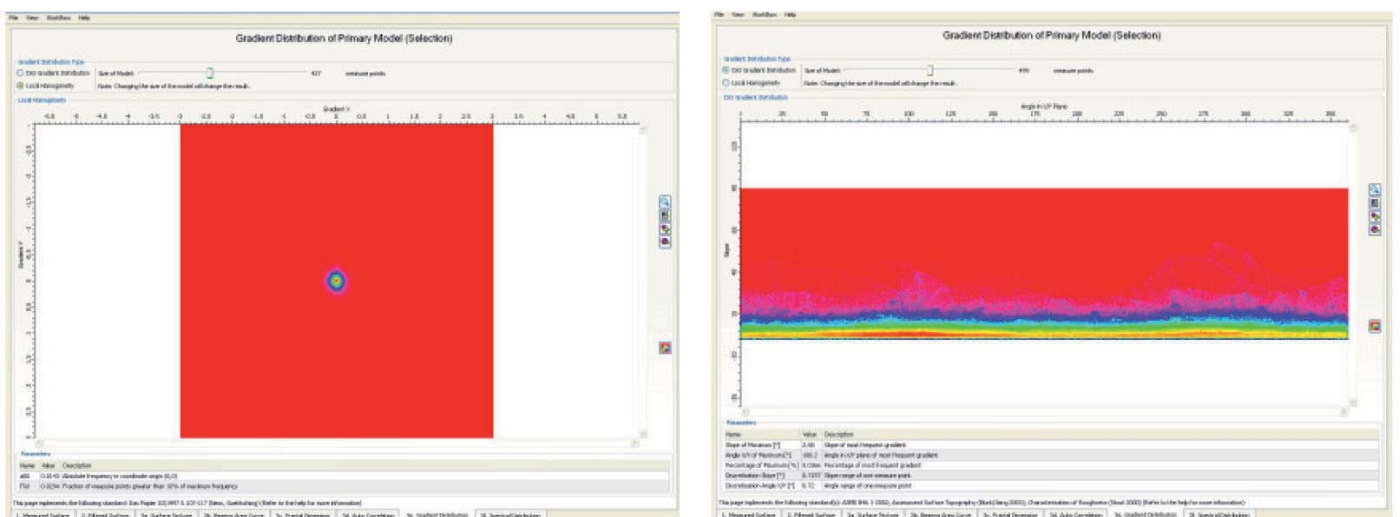


Abb. 3: Flächenanalyse zur Bestimmung der lokalen Homogenität (links) und Berechnung der ISO-Gradientenverteilung (rechts)

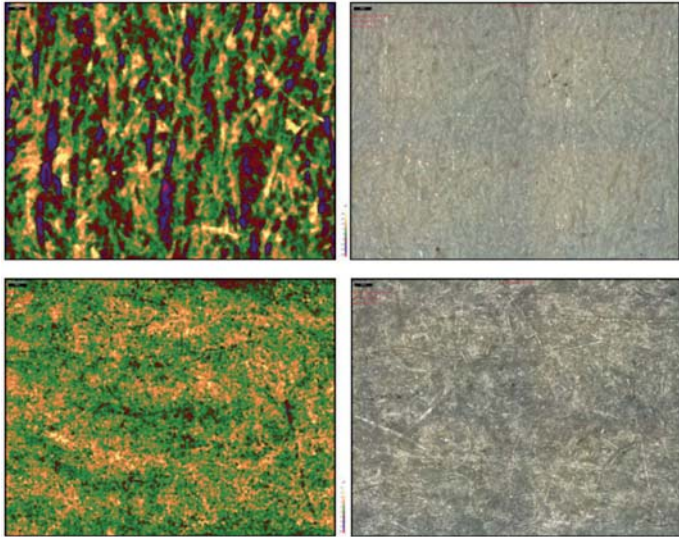


Abb. 4: Unkalandriertes Papier (oben) und kalandriertes Papier (unten). InfiniteFocus berechnet den numerischen Wert der Glättesteigerung. Auch lokale Vertiefungen können genau gemessen werden

litätsunterschied, womit die unmittelbare Korrelation zur Bedruckbarkeit numerisch nachgewiesen wird.

Auch wesentliche Einflussgrößen auf den Erfolg der Satinage wie Faserkreuzpunkte oder sehr große Fasern werden mit dem optischen 3D Messsystem gemessen (Abb. 4).

2.3 Die Vorteile der Technologie der Fokus-Variation in der Qualitätssicherung von Papier

Das optische 3D Messsystem InfiniteFocus basiert auf dem Verfahren der Fokus-Variation. Die von Alicona entwickelte Technologie ist ein Verfahren, das die geringe Schärfentiefe der Optik nutzt, um die Tiefeninformation einer Probenoberfläche zu extrahieren. Dazu wird die Änderung bzw. Variation der Schärfe abhängig von der Topographie der Oberfläche relativ zum Abstand der Optik analysiert. In der konventionellen optischen Messtechnik wird eine hohe vertikale Auflösung nur über einen relativ geringen vertikalen Scanbereich erreicht. Der Einsatz der Fokus-Variation erlaubt hingegen eine bisher ungekannte vertikale Auflösungsdynamik. Die für jedes Objektiv frei wählbare vertikale Auflösung wird über den gesamten Scanbereich garantiert. So werden höchste Auflösungen auch über mehrere Millimeter und damit eine Auflösungsdynamik von 1:400000 erreicht.

Ein weiterer entscheidender Unterschied zu herkömmlichen Messprinzipien ist die wesentliche Zusatzinformation und die damit verbundenen Einsatzmöglichkeiten, die InfiniteFocus mit der zur Papier-topographie punktgenauen registrierten Echtfarbinformation eröffnet. Sämtliche Oberflächenmerkmale wie z. B. fehlende Druckpunkte werden einfach, schnell und präzise identifiziert und direkt im optischen Farbbild gemessen. Die registrierte Echtfarbinformation schafft die Möglichkeit, das Erscheinungsbild von Papier mit einer robusten und flächendeckenden 3D Oberflächenmessung zu verbinden und ermöglicht damit die direkte Korrelation zur Bedruckbarkeit.

Auch die Messkapazitäten bei steilen Flanken werden zur Qualitätssicherung und Oberflächenkontrolle eingesetzt. Oft wird fälschlicherweise unterschätzt, dass Papieroberflächen im Mikroskopischen massiv zerklüftet sind und steilste Flankenwinkel aufweisen. InfiniteFocus erzielt selbst bei Flanken von 85° robuste und dichte Messergebnisse. Auch bei Übergängen zwischen unterschiedlich behandelten bzw. beschaffenen Oberflächen wie bedruckt – unbedruckt oder glänzend –

nicht glänzend weist InfiniteFocus ein robustes Verhalten auf und misst mit der hohen vertikalen Auflösung von bis zu 10nm.

3. Weitere Beispiele zur Qualitätssicherung aus der Praxis

Die umfangreichen Mess- und Visualisierungskapazitäten des 3D Messsystems bieten Papiermachern ein vielfältiges und breit gestreutes Spektrum zur Qualitätssicherung und Produktentwicklung.

Besondere Herausforderungen in der Qualitätssicherung und Forschung und Entwicklung sind die Homogenität und Bedruckbarkeit von Papier. Insbesondere gilt das für den grafischen Bereich bei Fragestellungen zu den Bedruckbarkeitseigenschaften.

In der UPM Kymmene GmbH wird InfiniteFocus erfolgreich zur Qualitätssicherung sowie Forschung und Entwicklung eingesetzt. Im Folgenden werden Praxisbeispiele angerissen, wie das renommierte Unternehmen das Messsystem zur Produktivitätssteigerung einsetzt.

3.1. Missing Dots im Druckbild

Ein immer wiederkehrendes Problem in der Papierherstellung ist das Auftreten von fehlenden Druckpunkten im Tiefdruck. Heute weiß man aus der Praxis und Forschung, dass lokale Vertiefungen, also Krater oder Ränder von Fasern, Missing Dots verursachen. Mittels der 3D Visualisierungskapazitäten von InfiniteFocus werden diese Vertiefungen schnell und präzise lokalisiert und gemessen. Der Anwender kann im Zuge der Qualitätskontrolle oder Reklamationsfällen mühelos und schnell evaluieren, ob die auftretenden Krater für einen flächendeckenden Druck eines Farbwerks zu tief sind oder ob es sich um mangelnde Leistungen des Drucks handelt (Abb. 5).

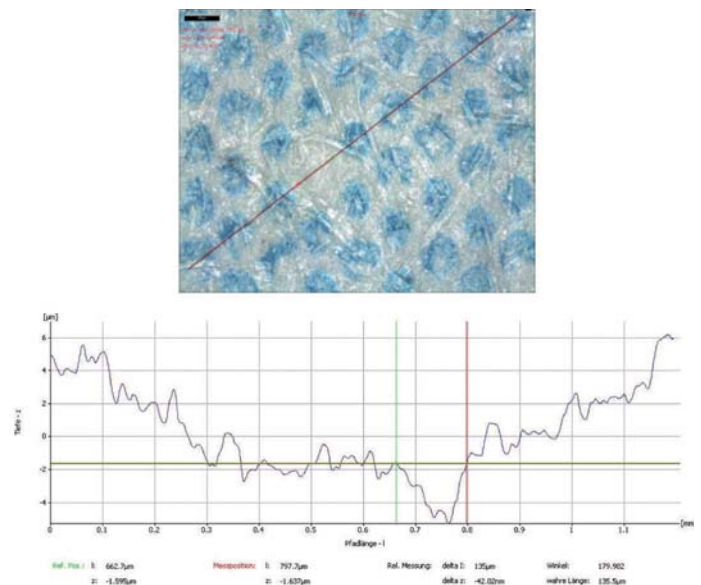


Abb. 5: Tiefenmessung eines Druckbildes mit Missing Dots. Mit InfiniteFocus wird die Messung der lokalen Vertiefung, die den fehlenden Druckpunkt verursacht, direkt im optischen Farbbild durchgeführt. Fehlende Druckpunkte sind mit InfiniteFocus leicht und schnell identifizierbar

Um das Zusammenspiel zwischen Druckplatte und Papier besser beurteilen zu können, wird das Messgerät auch zur 3D Messung der Tiefdruckzylinder eingesetzt. Ausschlaggebend ist dabei die Geometriemessung der Näpfchen, die den Farbauftrag dann nicht mehr gewährleisten, wenn die Papiertopographie zu große lokale Vertiefungen aufweist. Sobald der Kontakt zur Oberfläche nicht mehr gegeben ist, entstehen die klassischen „Missing Dots“. Kennt man aber Breite und

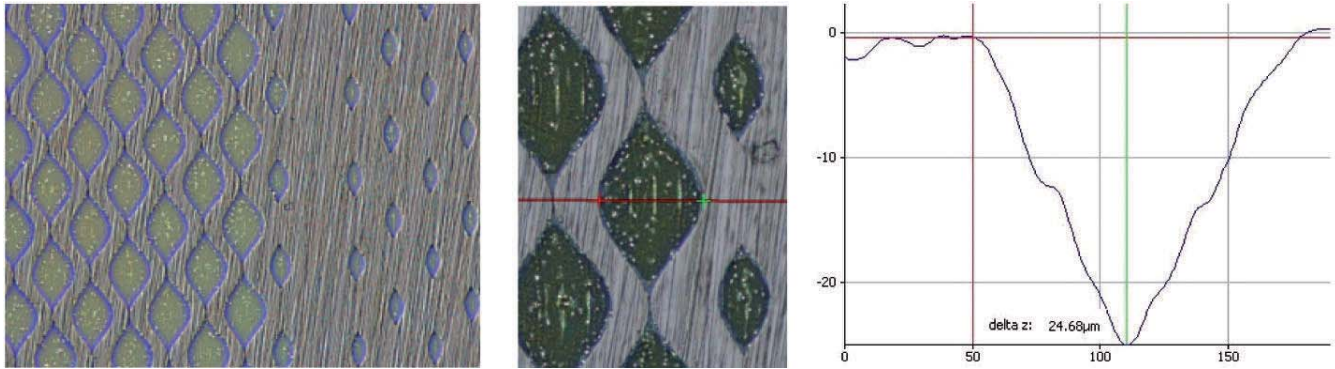


Abb. 6: Messung der Nöpfchen eines Tiefdruckzylinders. Die Tiefe und Breite der Nöpfchen geben Aufschluss darüber, über das Papier für einen flächendeckenden Farbauftrag ausreichend homogen ist

Tiefe der Nöpfchen, kann vorab festgestellt werden, ob die Homogenität trotz eventueller Untiefen der Papieroberfläche für einen flächendeckenden Farbauftrag ausreicht (Abb. 6).

3.2. Der Speckle Effekt

Der Speckle-Effekt im Druckbild ist ein weit verbreitetes Phänomen in der Papierindustrie. Ob die Verantwortung für die mangelhafte

Farbaufnahme des Papiers beim Hersteller oder dem Drucker liegt, ist meist schwer nachweisbar. 3D Modelle in Echtfarbandarstellung und die Tiefenmessung der Papieroberfläche machen deutlich, ob die blanken Stellen auf markante Tiefen im Papier zurückzuführen sind oder andere Ursachen haben. Höhenunterschiede bzw. lokale Vertiefungen von wenigen μm reichen, dass das Farbwerk keinen

flächendeckenden Auftrag mehr gewährleistet (Abb. 7).

3.3. Oberflächenleimung von Papier

Die Oberflächenleimung ist ein wichtiger Bearbeitungsschritt zur Steigerung der Oberflächengüte. Zum einen bewirkt der Auftrag von Stärke eine Verbesserung der Oberflächenfestigkeit. Zum anderen

dient das Mittel zur Vorbereitung von weiteren Veredelungsschritten wie dem Streichen, um in weiterer Folge eine geschlossene und gut bedruckbare Oberfläche zu gewinnen. Der Stärkeauftrag selbst wird mittels Jod überprüft. Dadurch wird ersichtlich, ob die Stärke gleichmäßig auf der Papieroberfläche verteilt ist. Im Falle eines unregelmäßigen Auftrags gilt es festzustellen, warum das Papier die Stärke nicht flächendeckend aufgenommen hat. Mit InfiniteFocus wird evaluiert, ob das Papier Krater aufweist und wie tief diese sind. Die Messergebnisse zeigen auf, ob die Papieroberfläche für einen gleichmäßigen Stärkeauftrag zu rau ist (Abb. 8).



Abb. 7: Ursachenforschung von mangelhaftem Druckbild mit dem „Speckle Effekt“. Der Anwender misst direkt im optischen Farbbild seiner Papieroberfläche. Anhand der Echtfarbandarstellung sind die blanken Stellen im Papier mühelos und präzise zu lokalisieren und zu messen

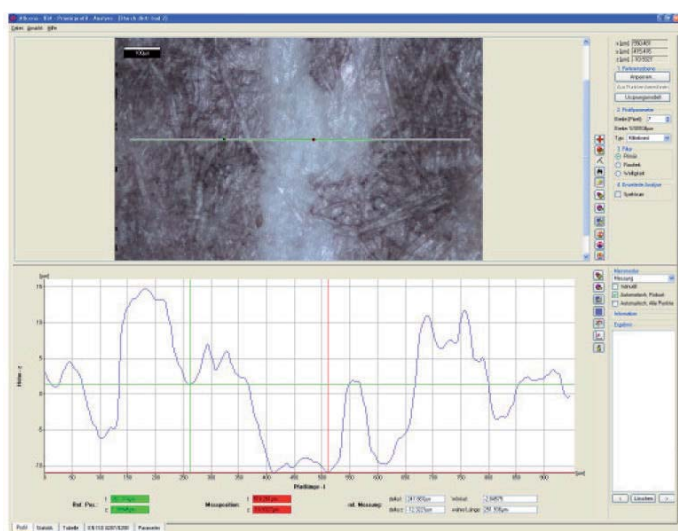
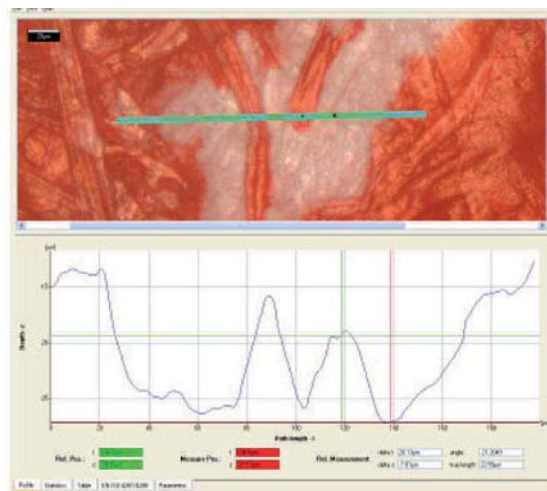


Abb. 8: Überprüfung des Stärkeauftrags mittels Jod zur Oberflächenleimung. Mit dem Auftrag von Jod wird überprüft, ob die Stärke gleichmäßig vom Papier aufgenommen wurde. Diese Abbildung zeigt, dass das Papier lokale Vertiefungen aufweist und daher zu rau ist

Literaturhinweise

- 1 R. Beltz, G. Meder: Die entscheidenden Papiereigenschaften für die Bedruckbarkeit. Vorgetragen am Internationalen Münchner Papiersymposium 2007.
- 2 M. Lechthaler, W. Bauer: Rauigkeit und Topografie – ein Vergleich unterschiedlicher Messverfahren. In: Wochenblatt für Papierfabrikation 21/2006, S.1227-1234
- 3 R. Klein, U. Schulze: Bedeutung elementarer Papiereigenschaften für die Abschätzung der Bedruckbarkeit von Naturpapieren im Tiefdruck. In: Wochenblatt für Papierfabrikation 3/4 2007, S. 116ff
- 4 E. Martonara, H. Ziegler [u.a]: Ursachen von Missing Dots im Tiefdruck. Vorgetragen am Internationalen Münchner Papiersymposium 2006.