

M. Wanske, H. Großmann, S. Scherer*

Messtechnische Bewertung der Glätte von Tissue-Produkten mit dem optischen Messsystem InfiniteFocus

Zusammenfassung

Die Professur für Papiertechnik an der TU Dresden arbeitet an Methoden zur gebrauchtsrelevanten Charakterisierung von Papieroberflächen. Im folgenden Beitrag werden Untersuchungsergebnisse präsentiert, die mit dem optischen 3D Messgerät InfiniteFocus der Firma Alicona an Tissuepapieren gewonnen wurden. Die Probenfixierung erfolgte mit einem Klemming.

Das Messsystem InfiniteFocus beruht auf der Technologie der Fokus-Variation und ermöglicht die Angabe standardisierter Oberflächenkenngrößen. Diese zumeist aus der Metallindustrie stammenden Kenngrößen können ebenfalls für die Bewertung von Papier- und Kartonoberflächen genutzt werden. Die Forschungsarbeit der Professur für Papiertechnik an der TU Dresden zielt auf die Steigerung der Glätte von Papier- und Kartonoberflächen durch die Behandlung mit Hochleistungsultraschall. Die Messung und numerische Bewertung der Oberflächen derart behandelte Tissueproben mit InfiniteFocus zeigen, dass sich der Glättegewinn mit wachsender Behandlungsintensität deutlich steigert.

Abstract

Automatic Surface Measurement of Tissue Paper with the optical 3D measurement device InfiniteFocus

The technical university of Dresden (TU Dresden) found a new technique that allows the easy measurement of tissue paper. In the following research results are presented that were achieved with the optical 3D surface device InfiniteFocus from Alicona, Austria. The paper was fixed with a clamp ring so the paper was tightened a bit.

InfiniteFocus is based on the technology of Focus-Variation and achieves standardized surface parameters, mainly known from Materials Science but also valid for the characterization of paper surface.

In Research and Development, TU Dresden targets at the evaluation of smoothness after the application of high performance-ultrasonic on tissue paper. It turned out that InfiniteFocus is a valuable and easy to use tool that delivered meaningful results. Measurements clearly proved that there is a direct correlation between the intensity of ultrasonic treatment and the increase of smoothness.

Einleitung

Aus der Sicht des Verbrauchers ist die Weichheit von Tissueprodukten ein entscheidender Qualitätsparameter. Der subjektiv durch den Kunden wahrgenommene Komplexparameter hängt von einer Reihe von Papiereigenschaften ab. Eine entscheidende dieser Eigenschaften ist

die Oberflächenglätte oder komplementär die Rauheit. Diese lässt sich mit herkömmlichen, in der Papierindustrie etablierten Luftstrommessgeräten jedoch nicht bestimmen. Aus diesem Grund wird bei den Herstellern auf den sehr zeitintensiven paarweisen Vergleich (Panel-Test) als Standardmethode zur Bewertung der Weichheit ihrer Produkte zurückgegriffen.

Die Professur für Papiertechnik an der TU Dresden konnte mit dem optischen 3D Messsystem InfiniteFocus die Glätte von Tissuepapier erstmals messen. Es ist denkbar, dass mit den Messergebnissen des Gerätes ein Beitrag zur Bewertung und Optimierung dieser Produkte möglich ist.

An der Professur für Papiertechnik wird intensiv an der Applikation von Hochleistungsultraschall zur Glättung von Papier- und Kartonoberflächen geforscht. Dabei wird ein möglichst breites Spektrum der am Markt verfügbaren Papiere berücksichtigt, u.a. auch Tissuepapier. Aus Erfahrungen der Hersteller solcher Papiere ist bekannt, dass der Kunde eine höhere Glätte oft als weicher und daher angenehmer empfindet. Allerdings fehlten bisher geeignete Messmethoden zur numerischen Bewertung der Glätte. Herkömmliche und in der Papierindustrie etablierte Messverfahren zur Glättemessung mittels Luftstromverfahren sind aufgrund der hohen Porosität des Papiers nicht geeignet. Diese Papiereigenschaft steht dem Messprinzip der Luftstrommessgeräte wie Bendsten, Bekk, PPS entgegen. Der Panel Test als Standardmethode ist sehr aufwändig, stellt aber heute immer noch ein geeignete Methode zur Bewertung des subjektiv empfundenen Komplexparameters der Weichheit dar.

Im Gegensatz zu den genannten Verfahren ist man durch die Technologie der Fokus-Variation in der Lage, trotz der hohen Porosität von Tissuepapier deren Glätte optisch zu messen. Diesbezügliche Untersuchungen wurden von der TU Dresden mit dem optischen 3D Messgerät InfiniteFocus der Firma Alicona durchgeführt. Das Messsystem wurde erfolgreich eingesetzt, um die Entwicklung der Oberflächenbeschaffenheit von Tissuepapier bei der Glättung zu bewerten.

Luftstrommessungen sind für Tissue nicht geeignet

Eine große und in der Papierindustrie etablierte Gruppe von Verfahren zur Oberflächenanalyse basiert auf Luftstrommessungen. Die hierfür eingesetzten indirekt messenden Geräte haben bei der Rauheitsbestimmung nach BEKK bzw. BENDTSEN die Gemeinsamkeit, dass unter definierten Andruckbedingungen ein bestimmtes Luftvolumen eine definierte Messfläche passiert. Die Höhe des resultierenden Volumensstroms hängt dabei direkt vom Strömungswiderstand und somit von der Rauheit der Papieroberfläche ab. Die Angabe der Glätte erfolgt in ml/min (BENDSTEN) bzw. in Sekunden (BEKK). Rauheitsangaben dieser Form sind zu einer aussagekräftigen Bewertung der Oberflächenqualität nicht ausreichend und stoßen daher auch außerhalb der Papierindustrie oft auf Unverständnis.

*Dipl.-Ing. Matthias Wanske, Prof. Dr. Harald Großmann, Technische Universität Dresden 01062 Dresden, Deutschland,

matthias.wanske@tu-dresden.de, harald.grossmann@tu-dresden.de

Dr. Stefan Scherer, Alicona Imaging GmbH, Teslastraße 8, 8074 Grambach, Österreich, stefan.scherer@alicono.com

Vorgetragen beim PTS-Tissue-Symposium im März 2008 in München

Die Glättemessung nach Parker-Printsurf (PPS) liefert als Maß für die gemessene Glätte eine integrale Größe der Einheit μm . Diese Größe beschreibt den mittleren Abstand zwischen der Papieroberfläche und einer ebenen Ringfläche, die unter definierten Bedingungen an die Probe gepresst wird. Die Messung basiert ebenfalls auf einem Luftstromverfahren. Mittels integrierter Mikrorechner erfolgt eine Messwertausgabe direkt in μm .

Alle Luftstrommessgeräte besitzen den gemeinsamen Nachteil, dass eine mehr oder minder große Luftmenge senkrecht in die Papierprobe eindringt, welche dann die Probe durchdringen oder sich in waagerechter Richtung in ihr ausbreiten kann. In beiden Fällen kommt es zu einer Verfälschung des Messergebnisses. Der Fehler hängt dabei von der Dicke, der Porosität, der Kompressibilität und der Probenglätte selbst ab. Aufgrund der starken Verbreitung der Luftstrommessgeräte und dem Vorhandensein einer breiten Datenbasis für unterschiedliche Papiere werden diese Geräte aber auch in Zukunft sicher häufig in der Papierindustrie eingesetzt werden.

Bei der Bewertung von Tissuepapieren versagen jedoch alle auf Luftstrommessungen basierenden Verfahren. Ein Grund hierfür ist die durch die hohe Porosität solcher Papiere bedingte Luftdurchlässigkeit, die dazu führt, dass die gemessenen Luftvolumenströme zu einem noch viel höheren Anteil durch das Gefüge hindurch strömen als bei anderen Papieren und somit keine Rückschlüsse auf die Oberflächenbeschaffenheit des geprüften Papiers zulassen.

Bis vor kurzem hat es auf dem Markt trotz des Fortschritts der optischen Messung keine geeignete Messmethoden zur Bewertung der Glätte von Papieren hoher Porosität gegeben, sodass heute nach wie vor meist auf den subjektiven und sehr aufwändigen paarweisen Vergleich zurück gegriffen werden musste.

Für die TU Dresden bestand daher die Aufgabe, ein geeignetes Messverfahren zu finden, mit welchem es möglich ist, die Oberfläche eines Tissuepapiers zu beschreiben.

Mit InfiniteFocus Tissue optisch messen

Das hierfür genutzte Gerät „InfiniteFocus“, das auf der Technologie der Fokus-Variation beruht, ermöglicht die Angabe standardisierter Oberflächenkenngrößen. Diese zumeist aus der Metallindustrie stammenden Kenngrößen können ebenfalls für die Bewertung von Papier- und Kartonoberflächen genutzt werden. Aus den Erfahrungen verschiedener Oberflächenmessungen, sowohl an Naturpapieren als auch an gestrichenen Proben stellen sich die im Folgenden genannten Kenngrößen als geeignet heraus um Papieroberflächen zu beschreiben:

- Sa – arithmetischer Mittenrauwert in μm
- Sk – Kernrautiefe in μm
- Spk – reduzierte Spitzenrauheit in μm
- Svk – reduzierte Riefenrauheit in μm .

Der Parameter Sa beschreibt die vermessene Oberfläche integral und ist eine sehr gute Größe, um z. B. die Entwicklung der Probenglätte innerhalb einer Kalendarreihe zu verfolgen.

Die drei letztgenannten Kenngrößen bilden einen Parametersatz, welcher aus der so genannten Abbott-Kurve (Traglastanteile eines Profils) bestimmt werden kann. Sie gliedern ein Profil in Spitzen-, Kern- und Talzonen und lassen somit eine getrennte Bewertung dieser Profilbereiche zu.

Beim Einsatz des Alicona Systems stellte sich die Probenfixierung als kompliziert heraus, da die Proben aus den genannten Gründen nicht auf einem Vakuumsaugtisch fixiert werden konnten und sich er-

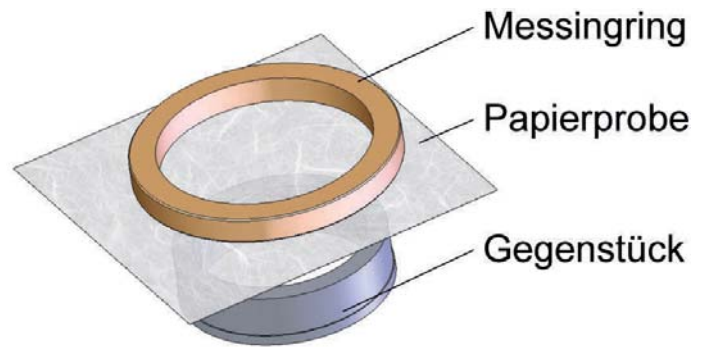


Abb. 1: Probenspannvorrichtung Tissue

fahrungsgemäß ohne eine solche Fixierung sehr stark wellen. Das Problem wurde durch eine Spannvorrichtung gelöst (Abb. 1).

Die Probe wird hierbei zwischen zwei Metallringe geklemmt wobei ihre Oberfläche leicht gestrafft wird. Der Innendurchmesser des Messingrings beträgt 40 mm, der Außendurchmesser des Gegenstückes 39,5 mm.

Der zunächst befürchtete Effekt, eines Überstraffens der Probe und einer daraus resultierenden Verfälschung der Glättemesswerte trat nicht ein.

Die Glättung von Tissue mit Hochleistungsschall

Ein Forschungsschwerpunkt der Professur für Papiertechnik an der TU Dresden ist die Behandlung und Bewertung von Papieroberflächen. Mit dem Ziel einer volumenschonenden Glättung von Papier- und Kartonoberflächen wurde hier ein besonderer Fokus auf die Nutzung der Hochleistungs-Ultraschalltechnik gelegt. Im vergangenen Jahr entstanden zwei Versuchsanlagen, mit denen es möglich ist, Papieroberflächen glättend zu bearbeiten.

Die erste Anlage bedient sich einer fest stehenden Sonotrode von 50 mm Arbeitsbreite (Abb. 2). Mit dieser Applikation ist es möglich, im Labormaßstab Prüfblätter oder Formate bis DIN A4 zu behandeln. Der kleine Maßstab der Anlage ermöglicht eine gezielt methodische Untersuchung von Blättern mit unterschiedlichsten Faserkompositionen. Das verwendete Bearbeitungsprinzip lässt sich so beschreiben: Ein speziell gestaltetes Ultraschallwerkzeug (Sonotrode) setzt nahezu drucklos auf die zu behandelnde Oberfläche auf. Die Papierprobe wird auf einen beweglichen Probenstisch gespannt und während der Behandlung mit konstanter Geschwindigkeit unter der Sonotrode vorbei

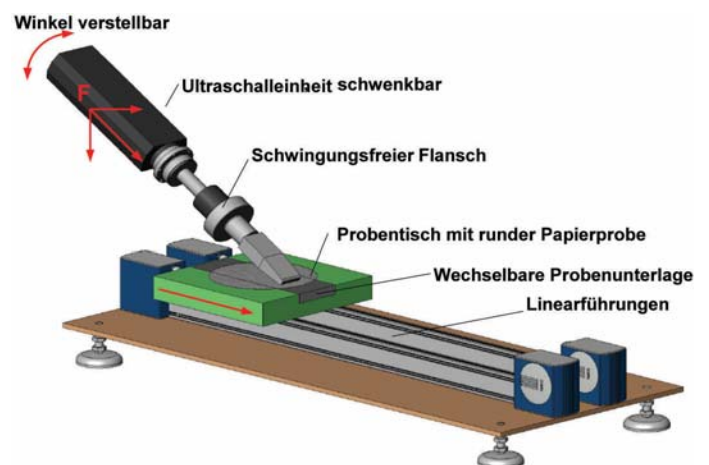


Abb. 2: Ultraschallapplikation mit fester Sonotrode

bewegt. Die Anlage ist dabei so konstruiert, dass der Anstellwinkel, der Anpressdruck sowie die Schwingungsamplitude der Sonotrode variiert werden können. Die Probe kann mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewegt und dadurch die Verweilzeit im Behandlungsnip variiert werden. Eine auswechselbare Probenunterlage erlaubt die Simulation von Gegenwerkzeugen unterschiedlicher Materialien und elastischer Parameter.

Aus der Physik des Ultraschalls ist bekannt, dass die einem Materialvolumen inne wohnende kinetische Energie dem Quadrat der Schwingungsamplitude proportional ist. Weiterhin gilt, dass sich die Menge der übertragbaren Energie umgekehrt proportional zur Bahngeschwindigkeit verhält. Vor diesem Hintergrund lässt sich ein Energiequotient entwickeln, über dem das Behandlungsergebnis (Glätte) auftragbar wird.

$$F = \frac{B^2}{v}$$

mit:

F = Energieintensität

B = Amplitude in μm

v = Bahngeschwindigkeit in m/min

Mit der beschriebenen Anlage wurde Tissuepapier mit dem Ziel einer volumenschonenden Glättung behandelt.

Nach den Erfahrungen der Hersteller solcher Papiere empfindet der Kunde eine höhere Glätte oft als besonders angenehm, also weicher. Hieraus lässt sich unmittelbar ein Optimierungspotenzial für die Behandlung entsprechender Tissuepapiere ableiten.

Die zweite Anlage bedient sich eines Systems aus zwei gegenseitig rotierenden Walzen, die zunächst einen klassischen Walzennip bilden. Das Besondere ist jedoch, dass die eine Walze axial zum Schwingen angeregt wird und es dadurch zu einer anderen Belastungssituation des Papiers im Nip kommt. Der Hochleistungsultraschall intensiviert die Behandlung. Bei dieser Methode steht ebenfalls das Ziel einer volumenschonenden Papierbehandlung im Vordergrund.

Ergebnisse des Glättversuches

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Oberflächenanalyse mittels des InfiniteFocus Systems von Alicona dargestellt. Die Probenfixierung erfolgte mit dem oben dargestellten Klemmring. Die Probenbehandlung erfolgte mit unterschiedlichen Bahngeschwindigkeiten und Schwingungsamplituden.

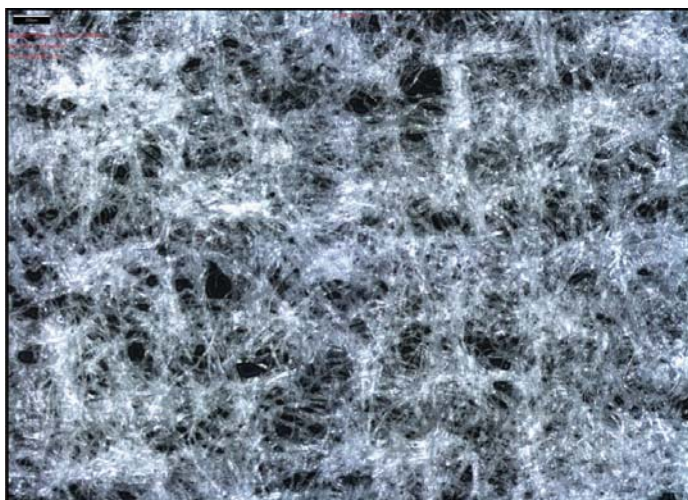


Abb. 3: Echtfarbendarstellung der Tissue Probe (2,9 x 3,7 mm)

Abb. 3 zeigt ein Ergebnisbild in Echtfarbendarstellung. Die verwendeten Aufnahmeparameter lassen sich so zusammenfassen:

- Objektiv: 5x
- Messfeldgröße: 2,9 x 3,7 mm (2 x 2 Bilderfeld)
- Vertikale Auflösung: 1 μm
- Autofokus: genutzt bei Scanhöhe 500 μm und maximalen Suchbereich von 1000 μm
- automatische Belichtungssteuerung: aus

Die so gewonnenen Aufnahmen wurden wie folgt analysiert:

- Referenzebene: Robust
- Bewertung der Flächenrauheit
- Filterfrequenz: $\lambda_c = 800 \mu\text{m}$

Das Ergebnis ist in Abb. 4 noch einmal in einem Falschfarbenbild dargestellt.

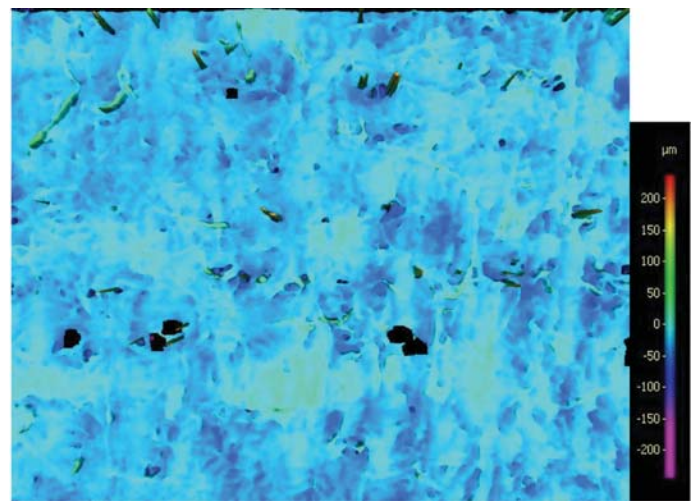


Abb. 4: Falschfarbendarstellung der Tissue Probe (2,9 x 3,7 mm)

In Abb. 5 ist die Entwicklung der Glätte über dem Energieeintrag durch die Ultraschallbehandlung dargestellt. Der Energiequotient ist dabei umso höher, je stärker die Probe behandelt wurde. Als Ergebnisparameter wurden die arithmetische Mittenrauheit (S_a) und die Kernrautiefe (S_k) gewählt.

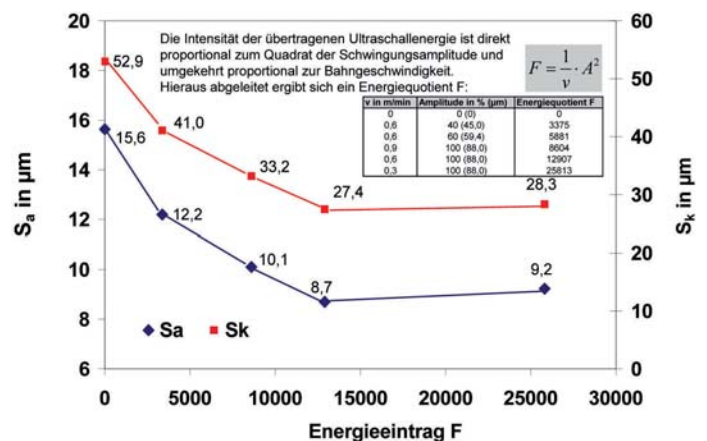


Abb. 5: Messergebnisse eines Tissue-Glättversuches

Mit steigender Behandlungsintensität ist zunächst ein deutlicher Glättgewinn zu erkennen. Steigt die Behandlungsintensität weiter, so kommt es zu einem erneuten Aufrauen der Oberfläche.

Fazit

Mittels des Alicona InfiniteFocus und der vorgestellten Probenspannvorrichtung ist es grundsätzlich möglich, die Glätte von Tissue-Proben zu bewerten. Dies war wegen der hohen Porosität des Tissuepapiers und der dadurch bedingten hohen Luftdurchlässigkeit bisher nicht möglich. Trotz einiger weiterer Geräteentwicklungen in der jüngsten Zeit besteht weiterhin der Wunsch nach einem einfachen Messverfahren zur Beschreibung des Weichheitsempfindens. Mit dem InfiniteFocus System steht der Industrie ein solches Messgerät zur Verfügung. Sollten sich die guten Ergebnisse für eine Glättebestimmung von Tissuepapieren mit dem Alicona InfiniteFocus auch für weitere Tissueproben bestätigen, so ist es für weitere Forschungsarbeiten interessant, das Ergebnis einer berührungslosen Glättemessung mit den Ergebnissen eines Paneltest an unterschiedlich geglätteten Tissuepapieren mit dem Ziel einer Weichheitskorrelation gegenüberzustellen. Das InfiniteFocus System wird nicht nur zur Glättemessung von Tissuepapieren sondern auch zur Oberflächenbestimmung von gestrichenem und ungestrichenem Papier eingesetzt. Die Analyse von fehlerhaften Druckbildern mit fehlenden Druckpunkten oder unvollständigem Farbauftrage zählt zu den häufigsten Anwendungen der Branche. Veredelungsprozesse zur Verbesserung der Oberflächengüte und Druckprozesse werden basierend auf den Messdaten des 3D Messsystems optimiert. Im Bereich Druckindustrie wird das System u.a. zur Messung der Druckknäpchen auf Walzen eingesetzt. Prozesskontrolle während der Oberflächenleimung, SC- Rohpapieranalysen und Verfolgung der Faserstoffmahlung und Markierungsanalyse mit FFT (Fast Fourier Transformation) runden das Anwendungsprofil von InfiniteFocus ab.

Mit der Technologie der Fokus-Variation wird Glätte optisch gemessen

Das Messsystem InfiniteFocus beruht auf dem technologischen Verfahren der Fokus-Variation. Das technologische Prinzip basiert auf der geringen Schärfentiefe einer optischen Vergrößerung und gewinnt Tiefen- und Echtfarbinformation einer Oberfläche.

Die Hauptkomponente von InfiniteFocus ist eine Präzisionsoptik, die diverse Linsensysteme enthält und mit verschiedenen Objektiven ausgestattet werden kann, um so Objekte in maximaler Auflösung zu messen. Mithilfe eines halbdurchlässigen Spiegels wird Licht von einer Weißlichtquelle in den optischen Pfad des Geräts geleitet und über das Objektiv auf die Probe fokussiert. Wenn das Licht auf der Probe auftrifft, wird es je nach Probenbeschaffenheit in verschiedene Richtungen reflektiert. Bei diffusen Oberflächen findet die Reflexion in alle Richtungen gleichmäßig, bei spiegelnden Topographien hauptsächlich nur in eine Richtung statt. Alle ausgehenden Lichtstrahlen, die auf das Objektiv treffen, werden mithilfe der Optik gebündelt und treffen auf der Rückseite des Spiegels auf einen lichtempfindlichen Sensor. Aufgrund der geringen Schärfentiefe des Systems werden immer nur kleinere Bereiche des Objektes scharf abgebildet.

Um eine 3D Messung und die Erzeugung eines vollkommen scharfen Bildes zu ermöglichen, ist es notwendig, die Präzisionsoptik entlang der optischen Achse vertikal so zu verschieben, dass jeder Bereich der Probe scharf abgebildet wird. Bei diesem Scan-Prozess wird mithilfe des Sensors eine ganze Serie von 2D Datensätzen erfasst und ausgewertet, um 3D Daten und ein vollkommen scharfes Bild der Probe zu generieren. Diese Auswertung geschieht in mehreren Schritten. Zunächst wird für jeden Punkt, der vom Sensor erfasst wurde, ein Schärfemaß berechnet um zu bestimmen, an welcher Z-Position jeder



Abb. 6: Optisches 3D Messsystem InfiniteFocus

Objektpunkt am schärfsten abgebildet wurde. Für jeden Objektpunkt wird ein 3D Messwert geliefert.

In der Literatur sind verschiedenste Methoden für die Berechnung der Schärfe eines Bildes bekannt, die auf der Auswertung der Grauwertdaten beruhen. Grundsätzlich gilt, dass ein Objektpunkt umso schärfer abgebildet wird, je stärker die Variation der Sensorwerte in einem kleinen lokalen Bereich ist. Eines der gängigsten Schärfemaße ist es demzufolge, alle Werte in einem kleinen lokalen Bereich aufzulisten und deren Standardabweichung als Maß für die Schärfe zu verwenden. Aufgrund der großen involvierten Datenmengen ist es möglich, mechanische Einschränkungen zu umgehen. Damit werden für jede Z-Position hoch auflösende Messwerte erhalten.

Sobald die Höhendaten topographisch erfasst worden sind, wird ein Farbbild mit durchgehender Schärfentiefe erzeugt (Abb. 6).