

VORSCHLAG ZUR STANDARDISIERUNG DER ONLINE-FORMATIONSMESSUNG

Ein vom Fachunterausschuss „Online-Sensorik“ des Zellcheming erarbeitetes neues Merkblatt soll einen Vergleich der Formations-Messwerte unterschiedlicher Systeme ermöglichen.

Für die optische Bewertung der Formation ist sowohl für Labor- als auch für Online-Messungen eine Vielzahl von Lösungen bekannt, die auf unterschiedlichen Hard- und Softwaresystemen basieren und deshalb zu völlig unterschiedlichen und nicht vergleichbaren Ergebnissen führen. Der Fachunterausschuss „Online-Sensorik“ des Zellcheming hat deshalb das Ziel verfolgt, ein Merkblatt zur Online-Formationsmessung zu erarbeiten, welches diese Vielfalt beseitigen soll. Mit diesem maßgeblich durch die PTS erarbeiteten Vorschlag soll zukünftig ein Vergleich der Messwerte unterschiedlicher Systeme möglich werden.

Anwendung finden soll das Merkblatt für alle Papiere, für die eine Durchlichtbetrachtung der Gleichmäßigkeit sinnvoll ist, also sowohl für ungestrichene als auch für gestrichene Papiere. Der klassische Begriff der Formation wird somit erweitert und im Sinne einer „optischen Gleichmäßigkeit“ verstanden. Der im Merkblatt genauer spezifizierte Vorschlag zur „Standardisierung der Online-Formationsmessung“ wird anlässlich der Zellcheming im Rahmen eines Meetings seines Fachunterausschusses „Online-Sensorik“ abschließend beraten. Im Folgenden sind die wesentlichen Aussagen der Richtlinie zusammengefasst.

Formationsbewertung im Überblick

Traditionell wird die Formation meist durch nur einen Formationsindex beschrieben. Da dies häufig zu unbefriedigenden Ergebnissen führt, wird vorgeschlagen, die Formation nunmehr durch drei Kennzahlen zu bewerten:

- den Kontrast (Differenz zwischen den hellen und den dunklen Bereichen),
- die Wolkigkeit (mittlere Größe der im Papier sichtbaren Strukturen / Wolken) und
- die Orientierung (Maß für die Richtungsabhängigkeit der Strukturen im Papier),

wobei Kontrast und Wolkigkeit die zentralen Größen darstellen. Diese beiden Kennzahlen sind so aufgebaut, dass jeweils kleinere Werte höhere Gleichmäßigkeiten (bessere Formation) kennzeichnen. Abb. 1 zeigt typische Wertebereiche für Kontrast und Wolkigkeit für drei Papiersorten. Papiere mit Werten im jeweils unteren linken Teil der farbigen Bereiche besitzen die höchste Gleichmäßigkeit.

Die angestrebte **Vergleichbarkeit** der Formationsbewertung ist bei unterschiedlichen Systemen (Hardware/Software) nur erreichbar, wenn wichtige Einstellungen übereinstimmen, z.B.:

- vergleichbare Bildfläche und Pixelgröße, nach Möglichkeit auf die Papiersorte abgestimmt,
- Helligkeits- und Empfindlichkeitseinstellung der Kamera,

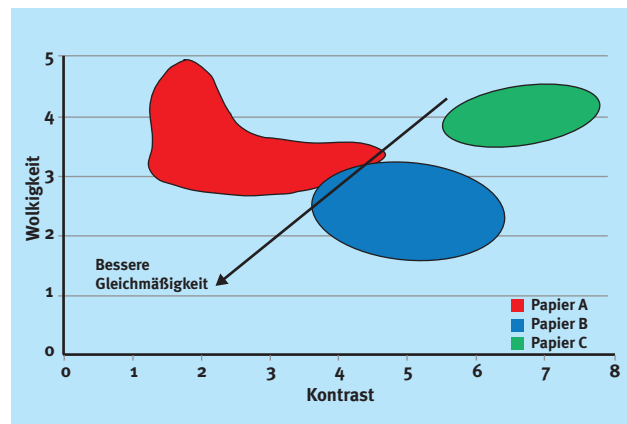


Abb. 1: Typische Werte für Kontrast und Wolkigkeit für 3 Papiersorten

- gleiche Normierung der Grauwertsignale und gleiche mathematische Algorithmen.

Anforderungen an die Hardware

Die Messung der Formation erfolgt stets in Transmission mit Matrix- oder Zeilenkameras und durch Auswertung eines kompletten Bildes. Zur Sicherung einer sinnvollen Bewertung sind, abhängig von der Papierqualität, Mindestgrößen für die Bildfläche und die Pixelzahl je Bild einzuhalten. Damit gleiche Formationsbewertungen auch von unterschiedlichen Systemen erhalten werden, ist es unumgänglich, durch geeignete Kalibrierungsmaßnahmen die Empfindlichkeit der **Kamerasensoren** (Offset und Verstärkung) einheitlich einzustellen. Die Belichtungszeit soll gewährleisten, dass die Bewegung der Papierbahn während der Bildaufnahme höchstens um ein halbes Pixel (in MD) erfolgt, damit ein ausreichend scharfes Bild entsteht.

Die Intensität der **Beleuchtung** ist papiersortenabhängig so einzustellen, dass der zur Verfügung stehende Graustufenbereich der Kamera weitgehend genutzt wird. Für die **Bildfrequenz** (frames per second) werden wegen der vergleichsweise langsamen Änderung der Formation an einer PM keine Vorgaben gemacht.

Struktur der Software

Bezüglich der Bildauswertung sind zwei Varianten zur Formationsbewertung zugelassen (vgl. Bild 2):

- Typ 1: Algorithmische Auswertung des Originalbildes,
- Typ 2: Berechnung und Auswertung des Spektrumbildes (FFT-Analyse).

Typ 1 ist für eine beliebige Bildgröße anwendbar, während Typ 2 quadratische Bildteile voraussetzt. In den Messsystemen können ein oder auch beide Algorithmen realisiert werden, das Merkblatt legt aber die jeweiligen Formeln zur Auswertung fest, die sich bewährt bzw. als mathematisch begründet erwiesen haben. Beide Typen haben Vor- und Nachteile. Die Bestimmung der Formationskennzahlen aus dem Originalbild ist anschaulich besser zu erklären als die

Auswertung über das Spektrumbild, bei der sich immer Abhängigkeiten zwischen Kontrast und Wolkigkeit ergeben.

Bildvorbehandlung

Für eine standardisierte Formationsbewertung müssen verschiedene optische Effekte ausgeglichen werden. Dazu sind mit den Bildern einige Vorbehandlungsschritte durchzuführen, u. a.:

- Shading-Korrektur (Korrektur der Aufnahme-Optik),
- Bildnormierung (Unabhängigkeit von der Beleuchtungsintensität).

Aufgabe der Bildnormierung ist es, einen mittleren (konstanten) Grauwert einzustellen, auf dessen Basis eine normierte Bewertung erfolgen kann.

Formationsbewertung direkt aus dem Originalbild

Die Bestimmung von Formationskennzahlen direkt aus dem Originalbild (Typ 1) erfolgt auf der Basis der bekannten Rauheitskenngrößen (DIN EN ISO 4287). Diese bewerten Höhenunterschiede auf Linien bzw. in Flächengebieten. Die Höhenunterschiede bei der Rauheitsmessung werden den Helligkeitsunterschieden in Formationsbildern von Papier gleichgesetzt, so dass im Prinzip die gleichen mathematischen Formeln angewendet werden können.

Der **Kontrast** F_a wird deshalb (analog zum Rauheitsparameter R_a) als mittlerer Helligkeitsunterschied des Bildes wie folgt bestimmt:

$$F_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{abs}(y_i - y_{\text{mittel}})$$

y_i bezeichnen alle Helligkeitswerte (Grauwerte) im Bild.

Mit der aus den Rauheitsparametern S_m und P_c abgeleiteten Kennzahl für die **Wolkigkeit** F_{wi} wird die durchschnittliche Größe der Flocken (Wolken) im Papier berechnet. Das sind die im Papier „dunklen“ Bereiche.

Die Kennzahl für die **Orientierung** soll die Symmetrie/Asymmetrie des Bildes bezüglich der beiden Hauptrichtungen bewerten und wird durch Richtungsauswertung der Wolkigkeit nach einer speziellen Formel berechnet. Positive Werte zeigen größere Wolken (Strukturen) in CD an, negative in MD.

Formationsbewertung aus dem Spektrumbild

Gemäß Abb. 2 wird bei diesem Verfahren zunächst die Berechnung des Spektrumbildes durch eine zweidimensionale Fast Fourier Transformation (FFT) durchgeführt. Zur Auswertung des erzeugten Spektrumbildes erfolgt dann eine Ringeinteilung, durch die verschiedene Wellenlängenbereiche zu mittleren Energien r_j je Ring j zusammengefasst werden. (Zu beachten ist hier, dass eine Vereinheitlichung der Formationskennzahlen nur möglich ist, wenn in den Algorithmen gleiche Ringeinteilungen benutzt werden). Der **Kontrast** hängt mit der Gesamtenergie des Bildes zusammen und lässt sich deshalb aus den Ringenergien bestimmen:

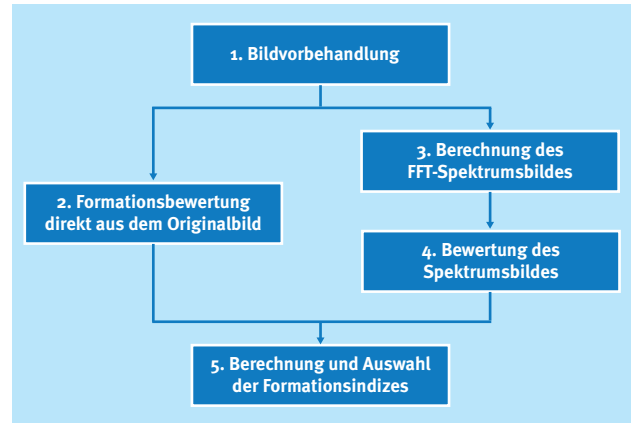


Abb. 2: Schema der beiden möglichen Bewertungsalgorithmen

$$F_k = \sum_{j=1}^n w_j r_j$$

mit Wichtungsfaktoren $w_j > 0$ für jeden Ring $j = 1, \dots, n$. (Dieses Vorgehen hat sich im bekannten Bildanalyse-System DOMAS gut bewährt.)

Die **Wolkigkeit** wird aus dem Spektrumbild als der Anteil der größeren Wolken (langwelligen Bereiche) im Gesamtspektrum bestimmt. Die Kennzahl ist demzufolge ein Wert zwischen 0 und 1.

Zur Berechnung der **Orientierung** werden die Energiewerte in den Hauptrichtungen zueinander ins Verhältnis gesetzt.

Kalibrierung

Das Vorgehen zur Kalibrierung einschließlich der zu schaffenden Kalibriervorlagen soll in einem nächsten Arbeitsschritt noch genauer definiert werden. Prinzipiell wird folgendes angestrebt:

- Es werden Kalibrierproben (z.B. Folien) mit vorgegebenen Beispielmustern zur Verfügung gestellt. Zusätzlich werden zur Prüfung der Software (Algorithmen) Prüfbilder synthetisch erzeugt, die die Formationseigenschaften bzw. die typischen Papierstrukturen gut widerspiegeln.
- Der Kalibriervorgang soll sicherstellen, dass die Sensoren und die zugehörigen Formations-Algorithmen bezüglich der Kalibrierproben und Prüfbilder zu jeweils gleichen Ergebnissen führen.

Weitere Details zu den Algorithmen sind im Merkblatt beschrieben. ■

KONTAKT

Dr. Gert Keller
 ☎ 0049 3529 551 623
 ✉ gert.keller@ptspaper.de

