

Geometrische und radiometrische Eigenschaften des Scanners Vexcel UltraScan5000

Manfred Wiggenhagen, Hannover

Summary

Geometric and radiometric performance of the Vexcel UltraScan5000 scanner.

Scanning of analog images requires high quality photogrammetric scanners. Involving a new scanner in the production process requires the investigation of the geometric and radiometric performance with qualified test materials. This paper resumes the results of several performance tests of the Vexcel UltraScan5000 scanner.

Zusammenfassung

Das Scannen von analogen Bildern erfordert qualitativ hochwertige photogrammetrische Scanner. Sollen neue Scanner in der Produktion eingesetzt werden, müssen die geometrischen und radiometrischen Eigenschaften dieser Geräte mit geeignetem Testmaterial festgestellt werden. In diesem Artikel werden die Ergebnisse der Untersuchungen des Scanners Vexcel UltraScan5000 vorgestellt.

Einleitung

Bei dem zu untersuchenden Gerät handelt es sich um einen Flachbettscanner mit optionalem manuellem oder automatischen Rollfilmeinzug. Die Scanfläche wird mit 330 x 440 mm angegeben und ist daher für das Scannen von Luftbildfilmen geeignet. Als Sensor wird ein Kodak KL16003 Zeilensensor mit 6000 CCD-Elementen eingesetzt. Durch die gleichzeitige Verwendung von drei CCD-Zeilen können Farbvorlagen in einen Durchgang gescannt werden. Die digitalisierte Bildinformation wird in 12-bit gespeichert und deckt einen Dichtebereich von 3.6D bzw. ca. 4000 Grauwerten ab. Um diese hohe radiometrische Auflösung gewährleisten zu können, wird der Sensor durch Peltier Elemente gekühlt und das

gesamte Scansystem bestehend aus Sensor, Optik, Glasplatten und Beleuchtung mittels einer rechnergestützten radiometrischen Kalibrierung stabilisiert. Die geometrische Wiederholgenauigkeit des Scanners wird mit besser als $\pm 3 \mu\text{m}$ angegeben. Die Ausgabe-Pixelgröße des digitalen Bildes ist zwischen 5080dpi bzw. $5 \mu\text{m}$ und 868 dpi bzw. $29 \mu\text{m}$ frei wählbar.

Um sich von diesen technischen Daten überzeugen zu können, bietet die Firma Vexcel Imaging Austria möglichen Interessenten das Scannen von Testvorlagen an (VEXCEL, 2000). Von diesem Angebot wurde hier Gebrauch gemacht.

Testmaterial

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden Testmaterialien verwendet, die entweder bei bisherigen Untersuchungen als besonders geeignet eingestuft wurden oder die besondere Härtefälle bei Scanaufträgen in der Vergangenheit darstellten (BALTSAVIAS, 1996, S.82). Hierzu gehörten zur Überprüfung der geometrischen Eigenschaften ein Flächenraster auf Folie, ein Gitter auf Folie, ein Siemensstern und ein Präzisionsraster auf Glas (siehe Abb.1). Zur Einschätzung der radiometrischen Eigenschaften wurden ein extrem kontraststarkes sw-Luftbild, ein maskiertes Farbnegativ und mehrere Farbinfrarotfilme untersucht. Der radiometrische Dichtebereich sollte mit einem Graukeil überprüft werden.

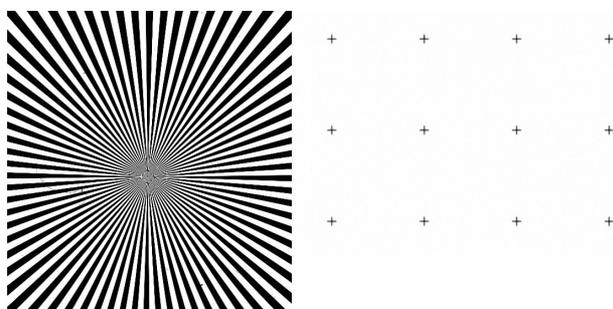


Abb.1: Testvorlagen, links Siemensstern, rechts Ausschnitt der Reseauplatte

Sämtliche Testvorlagen wurden von der Firma Vexcel Imaging Austria mit Pixelgrößen zwischen 5 bis 24 µm gescannt und auf CD-ROM zurückgeschickt.

Testverfahren

Wichtig bei der Überprüfung der o.g. technischen Eigenschaften sind die Qualität und Stabilität der Testvorlagen. Bei der eingesetzten Glasplatte handelt es sich um eine hochgenau geätzte Reseau-Platte mit Gitterkreuzen in 2 mm Abstand. Die mit einer Pixelgröße von 5µm digitalisierten Gitterkreuze konnten mit Subpixelgenauigkeit im offline-Betrieb gemessen werden. Die Meßergebnisse wurden mit institutseigener Ausgleichungssoftware auf die Sollkoordinaten der Reseauplatte transformiert, der zufällige Fehleranteil vom systematischen Anteil rechnerisch getrennt und die Ergebnisse graphisch dargestellt (JACOBSEN 1996, S.105).

Die Testvorlagen auf Film wurden jeweils um 90 Grad gedreht gescannt, um den Anteil der systematischen Fehler in den Folien bestimmen zu können. Weiterhin wurden die Sollkoordinaten dieser Folien durch Messung am analytischen Plotter Planicomp P1 bestimmt. Da diese Vorlagen den gesamten Scanbereich abdeckten, konnte eine flächenhafte Überprüfung des Scanners durchgeführt werden. Für die abschließende hochpräzise geometrische Bewertung des Scanners wurde jedoch nur die Reseau-Glasplatte benutzt.

Der Siemensstern mit 144 Feldern wurde zur Bestimmung der tatsächlich gescannten Pixelgröße benutzt. Auch hier wurde die Originaltestvorlage auf Glas den Kontaktkopien auf Film vorgezogen.

Zur Überprüfung der radiometrischen Eigenschaften wurde ein Graukeil mit 22 Graustufen der Firma Kodak eingesetzt. Die Grauwerte in den digitalen Bildern wurden mittels eigener Analysesoftware ausgemessen und graphisch dargestellt. Die SW-, Farb- und Infrarotbilder wurden rein visuell untersucht.

Bei den hier durchgeführten Untersuchungen handelt es sich um stichprobenartig durchgeführten Messungen, die nur bedingt mit den umfangreichen Tests der bekannten Autoren

verglichen werden können (KÖLBL, 1996, BALTSAVIAS 1999). Hierzu wären mehr Stichproben und Vergleichsmessungen erforderlich gewesen.

Auswertung der Testvorlagen

Die statistische Auswertung der mit 5 μ m gescannten Reseauplatte lieferte maximale Residuen von 4.4 μ m in x-Richtung und 5.6 μ m in y-Richtung. Die Mittelwerte liegen bei 1.5 μ m bzw. 1.6 μ m. Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt von links nach rechts die Gesamtresiduen, sowie die zufälligen und systematischen Fehleranteile.

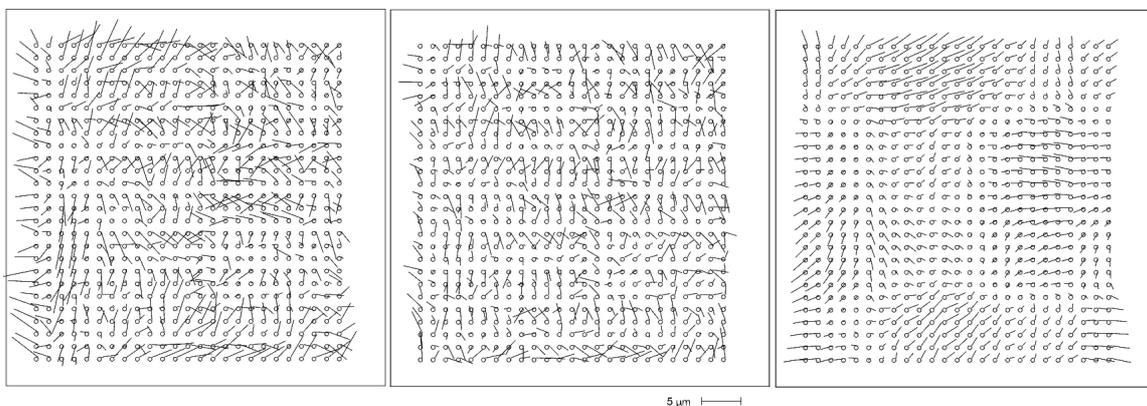


Abb.2: Residuen der Reseauplattenmessung

Die dargestellten Fehlervektoren in Abb.2 rechts zeigen zwar blockhafte Systematiken an mehreren Stellen der Scanfläche, eindeutige Abhängigkeiten von der gescannten Streifenbreite und -richtung lassen sich aus dieser Stichprobe jedoch nicht ableiten.

Zur Bestimmung der tatsächlichen Pixelgröße im Scanergebnis wurde der Durchmesser des Unschärfekreises des digitalisierten Siemenssternes gemessen. Die Ergebnisse der Messungen können Tabelle 1 entnommen werden. Sämtliche Werte bestätigen die eingestellte Scanauflösung.

Scan- auflösung	Durchmesser d	Umfang $u = \pi \cdot d$	Pixelgröße $p = u / 144$
μm	pixel	μm	μm
20	39	2449.2	17.01
12.5	38	1491.5	10.36
10	42	1318.8	9.16
8.5	45	1201.1	8.34
5	44	690.8	4.80

Tab. 1: Unschärfekreismessungen am Siemensstern

Für jede der 22 Flächen des Testgraukeils wurden in einer 21 x 21 Matrix der Mittelwert und die Standardabweichung aus den gemessenen Grauwerten berechnet. Die Ergebnisse der Messung sind in Abbildung 3 dargestellt. Der lineare Graukeil mit Dichteintervallen von 0.15D wurde am Densitometer aktuell ausgemessen. Da dieser Graukeil durch langjährige Benutzung teilweise bereits Kratzer und Trübungen aufweist, musste mit einem höheren Rauschen der Meßwerte gerechnet werden (siehe Tabelle 2).

Fläche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Grauwert	253,3	226,1	194,1	168,0	140,2	113,9	90,2	71,7	58,1	46,3	34,7
Standard- abweichung	2,5	3,3	2,8	3,4	3,1	2,5	2,3	2,0	1,6	1,7	1,7
Dichte	0.00	0.15	0.33	0.47	0.62	0.78	0.95	1.11	1.26	1.41	1.56
Fläche	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Grauwert	24,8	17,4	12,3	8,7	6,3	4,7	3,6	2,8	2,3	2,0	2,1
Standard- abweichung	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0
Dichte	1.71	1.86	2.01	2.15	2.30	2.44	2.58	2.70	2.83	2.94	2.95

Tab.2: Messergebnisse der Graukeilmessung

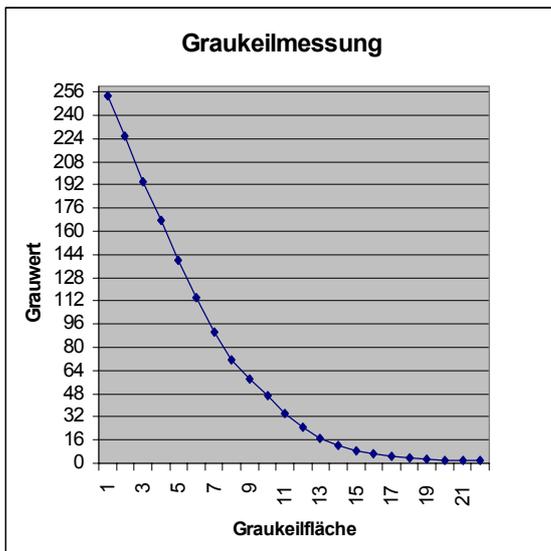


Abb.3: Graphische Darstellung der Graukeilauswertung

Die Graphik zeigt den typischen logarithmischen Verlauf der Grauwerte, da die Testvorlage linear und ohne zusätzliche radiometrische Korrektur gescannt und ausgewertet wurde.

Die weiteren Testvorlagen wurden rein visuell im digitalen Bildeditor beurteilt. Das extrem kontraststarke sw-Luftbild wurde mit guter Zeichnung sowohl in den Schattenbereichen als auch in hellen Bildteilen abgebildet (siehe Abbildung 4). Das maskierte Farbnegativ wurde mit guter Farbdynamik ohne sichtbaren Informationsverlust gescannt. Die Infrarotdiapositive wurden mit guter Zeichnung auch in den Schattenbereichen digitalisiert. Da in großen homogenen Objektbereichen bei den meisten Scannern der Rand der einzelnen Scanstreifen sichtbar wird, wurden diese Bilder besonders in den homogenen Bildbereichen untersucht. Aufgrund des Subscanverfahrens des UltraScan5000 konnten jedoch keinerlei Streifen erkannt werden.



Abb.4: mit 12-bit digitalisiertes Luftbild

Ergebnisse

Die Untersuchung der digitalen Bilder bestätigte in allen Fällen die technischen Spezifikationen des Herstellers.

Die geometrische Wiederholgenauigkeit des Scanners wurde im Mittel mit $\pm 1,6 \mu\text{m}$ bestimmt. Maximale Restfehler der flächenhaften Untersuchung mit einer kalibrierten Reseau-Glasplatte lagen bei $\pm 5,6 \mu\text{m}$ bei einer Scanauflösung von $5 \mu\text{m}$. Die untersuchten Scan-Auflösungen von $5 \mu\text{m}$ bis $20 \mu\text{m}$ konnten durch Ausmessen des Siemenssterns bestätigt werden. Die radiometrischen Abbildungseigenschaften des Scanners wurden mit einem Graukeil im Dichtebereich von 0.05 bis 2.95D vorgenommen. Die 12-bit Quantisierung der Testvorlage zeigte ebenfalls sehr zufriedenstellende Resultate.

Insgesamt wird der Scanner Vexcel UltraScan5000 als sehr gut geeignet angesehen, um als photogrammetrischer Flachbettscanner für die Digitalisierung von photogrammetrischen Bildern eingesetzt zu werden.

Literatur

BALTSAVIAS, E.P.,1996: DeskTop Publishing Scanner, OEEPE Publication 33, 75-94

BALTSAVIAS, E.P.,1999: On the performance of photogrammetric scanners, Photogrammetric Week 1999,S. 155-173, Wichmann Verlag, Heidelberg

JACOBSEN, K.,1996: Experiences with the Rastermaster RM1, OEEPE Publication 33, 99-110

KÖLBL, O. ,BACH, U.,1996.: Tone reproduction of Photogrammetric Scanners, OEEPE Publication 33, 51-70

VEXCEL, 2000: Produktinformation der Firma Vexcel Imaging Austria, www.vexscan.com Sept.2000

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Manfred Wiggenhagen
Institut für Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen,
Universität Hannover
Nienburger Str.1
30167 Hannover

Tel.: ++49 511 762 3304
Fax.: ++49 511 762 2483
e-mail: wigge@ipi.uni-hannover.de