



Darauf sollten Sie bei der Auswahl von Buchscannern achten

## Wichtig ist, was offen "sichtlich" ist

**Bibliotheken, Archive und Museen sind mehr denn je gefordert, ihre Bestände an Büchern, Zeitschriften und historischen Dokumenten in den unterschiedlichsten Farben, Formen und Formaten zu digitalisieren. Beim Aufbau und der Ausstattung geeigneter Digitalisierungsplattformen spielt die Auswahl der zum Einsatz kommenden Scanner-Systeme eine Schlüsselrolle. Das vorliegende White Paper möchte Basisinformationen vermitteln, um wichtige Funktionsweisen und Qualitätsmerkmale von Digitalisierungssystemen zu verstehen, einzuordnen und auf diese Weise einen Beitrag leisten, Fehlinvestitionen zu vermeiden.**

Je nach eingesetztem Verfahren lassen sich am Markt grundsätzlich zwei Buchscanner-Systeme unterscheiden: Der Aufsichtsscanner als Kombination aus Zeilenkamera und Lichteinheit sowie die Aufsichtkamera als Scanner. Beim Aufsichtsscanner sind Zeile, Optik und Licht miteinander gekoppelt und werden gemeinsam über die Vorlage bewegt. Bei Aufsichtkameras erfasst eine zentrisch über der Vorlage montierte Digitalkamera die Vorlage. Für die Ausleuchtung sorgen am Gerät angebrachte Lichtquellen, teilweise werden die Geräte ohne eigenes Licht ausgeliefert.

In beiden Systemen kommen fast ausschließlich CCD (Charged-Coupled-Device)-Sensoren zum Einsatz. Bei CCD-Sensoren handelt es sich um eine ausgereifte Technologie, die ihre Funktionalität seit vielen Jahren in unterschiedlichsten Bilderfassungssystemen unter Beweis gestellt hat. Der Hauptvorteil dieser Sensortechnologie ist seine extrem hohe Lichtempfindlichkeit, wodurch Störeffekte wie beispielsweise Bildrauschen niedrig gehalten werden. Aufgrund seiner vergleichsweise einfachen Struktur entstehen bei der Halbleiterherstellung nur sehr wenige Defektpixel, wobei Zeilensensoren aufgrund der geringeren Gesamtpixelzahl als einzige fehlerfrei geliefert werden können.



## CCD-Zeile versus CCD-Array

Der Unterschied zwischen beiden Scansystemen besteht in der Anordnung der CCD-Chips als Zeilen- oder als Flächensensor, letzterer wird gelegentlich auch als Arraysensor bezeichnet. Im Fall der CCD-Zeile befinden sich die einzelnen lichtempfindlichen Zellen in einer Reihe. Durch die Bewegung der Zeile über die Vorlage entsteht ein zweidimensionales Bild. Diese Bewegung ist so ausgelegt, dass während der Integrationszeit der Sensor genau um den Abstand eines Pixels weiter transportiert wird. Um Farbbilder zu erzeugen, werden typischerweise drei Reihen von Pixeln mit minimalem Abstand parallel angeordnet. Jede Reihe ist mit einem Farbfilter - normalerweise rot, grün und blau - versehen. So kann ein Farbauszugsbild entstehen.

Die Zeilenlänge marktgängiger Aufsichtsscanner liegt bei 7.500 bis 10.680 Pixel, im Einzelfall sogar bei mehr als 20.000 Pixel. Bei einer tri-linearen Farbzeile mit einer Zeilenlänge von zum Beispiel 7.500 Pixel, verfügt ein Zeilensensor über 22.500 diskrete lichtempfindliche Elemente. Multipliziert man diesen Wert mit der Abtastrate  $\times$  Scanweg erhält man die Gesamtauflösung des Systems. Wichtig in diesem Zusammenhang: Für die angebotene Auflösung setzen Aufsichtsscanner - im Gegensatz zur Aufsichtkamera - kein Interpolationsverfahren zur Erzeugung von Bildinhalten ein.

Bei Flächen- oder Arraysensoren sind die einzelnen Zellen zweidimensional angeordnet. Um Farbinformationen zu gewinnen, sind die Zellen abwechselnd mit R/G/B-Filtern versehen. Um die gesamte Farbinformation des einzelnen Pixels zu erfassen, muss entweder der ganze Array mehrfach verschoben und ausgelesen oder die fehlenden Farben aus der Information der Nachbarzellen interpoliert werden. Die größten Sensoren am Markt haben bis zu 7.000  $\times$  10.000 Pixel, sprich 70 Megapixel, sind aber entsprechend teuer.



**Expertenrat: Volker Jansen, Technischer Leiter, Zeutschel GmbH**

*Die Qualität digitalisierter Images hängt von verschiedenen Einflussfaktoren ab. Von diesen besitzen die tatsächliche oder reale Auflösung, die Farbwiedergabe sowie die homogene Ausleuchtung besondere Bedeutung.*

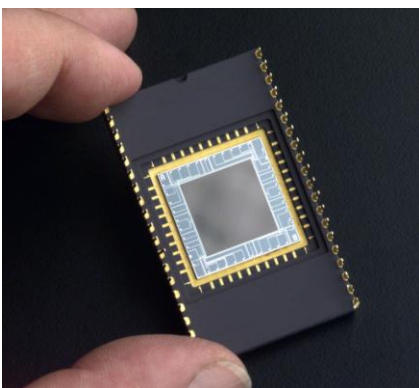
## Detailgenau oder nur grob angenähert?

Ein zentrales Kriterium für die Bewertung der Qualität eines Digitalisierungssystems ist dessen Bildauflösung. Die Auflösung beschreibt das Vermögen eines Systems, feinere oder nur gröbere Strukturen wiederzugeben. Je höher die Auflösung ist, desto feinere Details oder Strukturen können aus dem Original in die digitale Reproduktion übertragen werden.

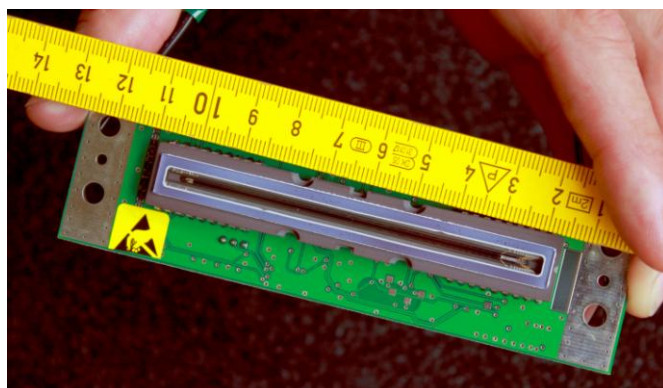
Wichtig für einen Vergleich der beiden Scansysteme ist die tatsächliche, also nicht-interpolierte Auflösung. Im allgemeinen Sprachgebrauch verwendet man die Megapixel-Angabe des Sensors für die Beschreibung der Gesamt-Auflösung des Scansystems. Tatsächlich liegt die reale Auflösung deutlich darunter. Auf einem 40 Megapixel-Chip befinden sich 20 Megapixel an Grüninformationen sowie jeweils 10 Megapixel an Rot- und Blauinformationen. Deshalb bleiben für die tatsächliche, reale Auflösung des Systems zwischen einem Drittel und einem Viertel der Megapixel-Auflösung des Sensors übrig, der Rest ist interpoliert. Ein 40 Megapixel-Flächensensor-Scansystem entspricht daher einem 10 bzw. 13 Megapixel-Zeilensensor-Scansystem. Der Zeilensensor liefert gegenüber dem Flächensensor ein Mehrfaches an tatsächlicher Auflösung.

### Auflösung: Vorteil Zeilensensor

Ein Vorlagenformat der Größe A2 wird von beiden Scansystemen digitalisiert. Für den Buchscanner mit Aufsichtkamera wird ein in dieser Leistungsklasse üblicher 40 Megapixel-Flächensensor eingesetzt. Durch die Farbmosaikfilter entfallen dabei von den 40 Megapixeln 20 Megapixel an Grüninformationen und jeweils 10 Megapixel an Rot- und Blauinformationen. Wird die A2-Vorlage mit einem Zeilenscanner mit 7.500 Pixel Zeilenlänge abgetastet, erhält man ein Informationsvolumen von 10.140 x 7.500 Pixel beziehungsweise 76 Megapixel pro Farbkanal oder 228 Megapixel für Rot, Grün und Blau insgesamt. Im Vergleich zum Flächensensor bietet der Zeilensensor also das Sechsfache an Auflösung.



*Flächensensor mit 40 Megapixel.  
Bild einer A2-Vorlage = 40 MP*



*Zeilenscanner mit 7.500 Pixel Zeilenlänge.  
Scan einer A2-Vorlage = 228 MP*

Aufgrund der großen Anzahl von Gesamtpixeln haben bezahlbare Array-Sensoren grundsätzlich Pixelfehler. Handelsübliche 50 Megapixel-Flächensensoren können laut Spezifikation beispielsweise 4.000 defekte Pixel, maximal 50 defekte Cluster (Ansammlung benachbarter Defektpixel) und bis zu 20 defekte Spalten enthalten. Diese Schadstellen müssen später im Bild durch mathematische Interpolation ausgeglichen werden. Dabei werden Informationen aus Nachbarpixeln übernommen, was de facto keine echte Korrektur, sondern bestenfalls eine grobe Annäherung darstellt.

Es ist zudem ratsam, dem Problem der ‚Farbinterpolation‘ Beachtung zu schenken. Bei einem Großteil der Flächensensorsysteme beschränkt sich die pixelweise Abtastung auf eine Farbe pro Pixel. Die fehlende Information muss durch Interpolation aus den Nachbarpixeln generiert werden. Diese sogenannte ‚Farbinterpolation‘ führt bei Vorlagen mit feinen Strukturen und hohem Kontrast zu Bildstörungen in Form von ‚Farbmoires‘. Die Deutsche Forschungsgesellschaft hat in ihren Digitalisierungsrichtlinien dieses Problem aufgegriffen und bezeichnet deshalb unter anderem Zeilenscanner als geeignetes System für zum Beispiel filigrane Motive und Tiefdrucke.



**Expertenrat: Rüdiger Klepsch, Geschäftsführer /  
COO Marketing & Sales, Image Access GmbH**

*Anwender sollten sich von den hohen Megapixel-Angaben der Scanner-Anbieter mit Flächenchips nicht täuschen lassen. Wie bei Digitalkameras gilt die Regel: Was zählt, ist die tatsächliche, nicht die interpolierte Auflösung.*

### **Realitätsgetreu oder einfach nur bunt?**

Gut oder schlecht, scharf oder unscharf sind Einschätzungen, welche auf dem menschlichen Eindruck basieren. Der Eindruck jedoch ist von Mensch zu Mensch verschieden und kann deshalb nicht zur Bewertung herangezogen werden. Deshalb müssen Parameter messbar sein. Zu diesen Parametern zählt auch die Farbwiedergabe.

Die Farbwiedergabe ist ein Parameter dafür, wie genau ein System in der Lage ist, eine bestimmte Farbe korrekt wiederzugeben. Auch beinhaltet die Farbwiedergabe eine Aussage über den Umfang der vom System überhaupt erfassbaren Farben.

Wichtig für die Beurteilung der Farbwiedergabe ist der ICC-Standard. Mit der Absicht, eine Vereinheitlichung von Farbmanagementsystemen zu erzielen, haben Hersteller von Grafik-, Bildbearbeitungs- und Layoutprogrammen 1993 das International Color Consortium (ICC) gegründet. Sogenannte ICC-Profile beschreiben den Farbraum von Farbeingabe- oder Farbwiedergabegeräten. Ziel ist, dass eine Vorlage, die mit einem Scanner erfasst wurde, am Monitor oder auf dem Drucker möglichst ähnlich wiedergegeben wird. Anwender sollten deshalb streng darauf achten, dass der eingesetzte Scanner ICC-Profile mitbringt und die Erfassungssoftware ICC-Vorgaben durchgängig unterstützt.

Handelsübliche Buchscanner verfügen über Echtfarbverarbeitung mit einer Ausgabe von 24 Bit Farbe und 8 Bit Graustufen. Hochwertige Zeilenscanner tasten auf der Erfassungsseite mit hoher Bitrate (zum Beispiel 42 Bit Farbe) ab. Notwendige Korrekturen für Linearität, Farbe, Homogenität, etc. werden in dieser hohen Bittiefe ausgeführt. Erst das komplett korrigierte Bild wird dann auf das verwendete Ausgabeformat von 8 Bit pro Farbkanal (24 Bit) reduziert.

### **Mehr Licht!**

Der Beleuchtung kommt für ein optimales Bildergebnis eine besondere Aufgabe zu. Sie muss die Vorlage homogen ausleuchten und ausreichend hell sein, um in offenen Systemen den Fremdlichteinfluss zu unterdrücken. Hierbei hat sich in der Praxis ein Wert von 30-fach höherer Beleuchtung gegenüber dem Fremdlicht als zielführend erwiesen. Sie muss zudem konservatorisch sicher sein, das heißt der Vorlage keinen Schaden zufügen. Schließlich sollte sie über Temperatur und Zeit konstant arbeiten, damit eine gleichbleibende Qualität erzielt wird.



**Expertenrat: Markus Schnitzlein, Geschäftsführer der Chromasens GmbH, eines Spezialisten für Bildverarbeitungssysteme**

*Jedes brillante Bild erfordert zwei Dinge: Eine ausgezeichnete Kamera und eine ausgezeichnete Beleuchtung. Ausreichendes und homogenes Licht ist die Voraussetzung für ein gutes Scanergebnis, denn nur mit einer leuchtstarken, gleichmäßigen und stabilen Beleuchtung können qualitativ hochwertige Bilder aufgenommen werden.*

Zeilenscanner setzen verstärkt auf die LED-Technologie. LED's verfügen über eine hohe Lichteffizienz, eine gute Farbwiedergabe, eine hohe spektrale Stabilität und erlauben eine zeilenförmige Fokussierung. Die reihenförmige Anordnung der LEDs ermöglicht zudem eine homogene Ausleuchtung. Dadurch tritt der Einfluss des Umgebungslichts in den Hintergrund. Von Vorteil ist zudem, dass die auf die Vorlage gebrachte Lichtmenge sehr limitiert ist. Zeilenbasierte Systeme arbeiten mit ‚Lauflichtern‘, bei denen ein Punkt der Vorlage nur unmittelbar während des Abtastvorgangs beleuchtet wird. High-End-Scanner mit bis zu 40.000 Lux Beleuchtungsstärke beleuchten den einzelnen Punkt somit nur für 0,2 Sekunden.



Keines der am Markt verfügbaren Systeme mit Flächensensor setzt ein vergleichbares Licht ein, so dass eine optimale und konstante Qualität nur sehr schwer zu erreichen ist. Es wird daher eine spektral korrekte Dauerbeleuchtung benötigt, was unter konservatorischen Gesichtspunkten bedenklich ist. Selbst bei geringen Beleuchtungsstärken von zum Beispiel 1.500 Lux beträgt die Belastung der Vorlage 25 Luxstunden (Lxh), das ist um den Faktor 10 höher als beim High-End-Zeilenscanner. Dort, wo der Einfluss von Umgebungslicht stark ausgeprägt ist, lässt sich mit Flächensensoren eine reproduzierbare Qualität in Farbe und Homogenität kaum erzielen. Buchscanner mit Flächensensortechnik eignen sich daher nur sehr eingeschränkt für den Einsatz im Freihandbereich von Bibliotheken.

**Kurz und bündig**

1. Scanner-Systeme mit CCD-Zeilensensoren unterstützen eine wesentlich höhere tatsächliche Bildauflösung als aktuell verfügbare Systeme mit CCD-Flächensensoren. Bei der Verarbeitung einer A2-Vorlage zum Beispiel bietet der Zeilensensor mit einer Zeilenlänge von 7.500 Pixel gegenüber dem 40 Megapixel-Flächensensor eine sechsfach höhere Auflösung.
2. Durch Interpolation lässt sich zwar vordergründig der Zahlenwert der Auflösung, nicht jedoch die Qualität der Rohdaten erhöhen.
3. ‚Farbinterpolation‘ führt oftmals zu Bildstörungen in Form von ‚Farbmoires‘.
4. Ein Farbmanagement nach ICC-Standard ist unverzichtbar. Die Verfügbarkeit von ICC-Profilen und die durchgängige Unterstützung von ICC-Vorgaben auf der Software-Seite sind Pflicht.
5. Zeilenscanner mit LED-Beleuchtungssystemen stellen eine hohe Lichteffizienz und eine homogene Ausleuchtung sicher. Sie sind daher sehr gut für den Einsatz unter den unterschiedlichsten Lichtbedingungen geeignet.
6. Scansysteme mit Flächensensor benötigen optimale Lichtbedingungen mit geringem Umgebungslicht und sind daher für den Freihandbereich kaum nutzbar.

**Kontakt**

**Zeutschel GmbH**, Heerweg 2, 72070 Tübingen, Tel.: 0711 / 9706-0, [info@zeutschel.de](mailto:info@zeutschel.de),  
<http://www.zeutschel.de>

**Image Access GmbH**, Hatzfelder Straße 161-163, 42281 Wuppertal, Tel: 0202 270 58-0  
[info@imageaccess.de](mailto:info@imageaccess.de), <http://www.imageaccess.de>