

Book Scanner Buyer's Guide

Will Digital Cameras Ever Replace Scanners?

SCAN VERSUS PICTURE

▶ EXPLANATION VIDEO



This **Book Scanner Buyer's Guide** is published by Image Access, the worldwide market leader in the book scanner business. Image Access produces various models of book scanners as well as other scanners and has several decades of experience in successfully developing scanning technologies.

The reader will understand what to expect from various scanning technologies and will also understand what kind of results can be expected from a digital camera. Many of the technical terms and their explanations can also be verified in Wikipedia and other sources and we explicitly encourage the reader to verify our statements.

Scanning Books



Book scanners are different than any other document scanner because books do not have a flat surface. Mechanically, books are a nightmare to handle and if they would be reinvented by today's engineers, they would come in an endless form like film, probably rolled into two small tubes. If this were the case, there would be no need for a dedicated book scanner at all.

Unfortunately, Johannes Gutenberg did not think about scanners when he invented books in today's form about 600 years ago therefore, it is unavoidable to familiarize oneself with the special mechanics of a book.

Although it is possible to scan a book on a flatbed scanner by pressing it flat against the glass plate, this can be damaging to the book's spine and is not really the right way to scan a book. We highly recommend using a book scanner which will scan an open book from above, the same way you normally read it.

Various book cradles and other supports have been developed all of which have their benefits and disadvantages. Because the mechanical impacts on a book are obvious to everyone who sees a book scanner physically, in a video or even in a brochure, we have refrained from analyzing these aspects. Instead we want to focus on the more subtle features of book scanners, which are also more vulnerable to misleading or incorrect information.



The book scanner market is dominated by three major vendors, **Image Access**, **I2S** and **Zeutschel**, but many small companies are also trying to grab their share. Unfortunately for the customer, some of these companies claim very unrealistic specifications for their devices and are raising expectations above the limits defined by today's knowledge of modern physics.

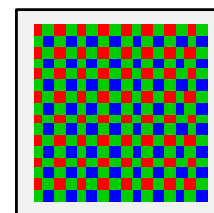
In the last couple of years, some vendors have mounted digital cameras on a stand and equipped with a screen to compete with real book scanners. They also call their digital camera systems "book scanners", which they are not because a scanner scans a document and a digital camera takes a picture. This has lead to some level of confusion in the market and the intent of this document is to explain the different techniques and their impact on image quality, book handling and expected lifetime in a non-biased way.

The intention of this **Book Scanner Buyer's Guide** is to explain certain technical terms and their impact on quality, speed and handling of book scanning in an unbiased way. The second intention is to provide easy to use measurement tools and tables to determine the resolution, amount of pixels in the cameras and other factors necessary to achieve the desired quality.

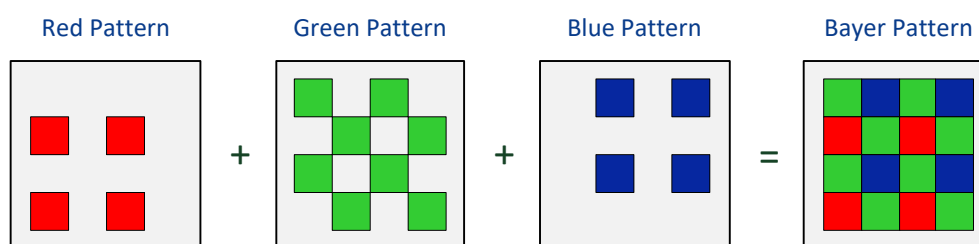
Digital Cameras

Digital cameras use area CCDs comprised of many extremely small pixels, which are covered with a **Bayer Pattern** consisting of two green, one red and one blue pixel arranged in a quadruple. This reduces the resolution by a factor of two for the green channel and by a factor of four for the red and blue channels. Their small size also increases noise compared to linear line sensors. These area CCD image sensors are not suitable for scanners since they do not scan but rather, take pictures.

Bayer Pattern CCD



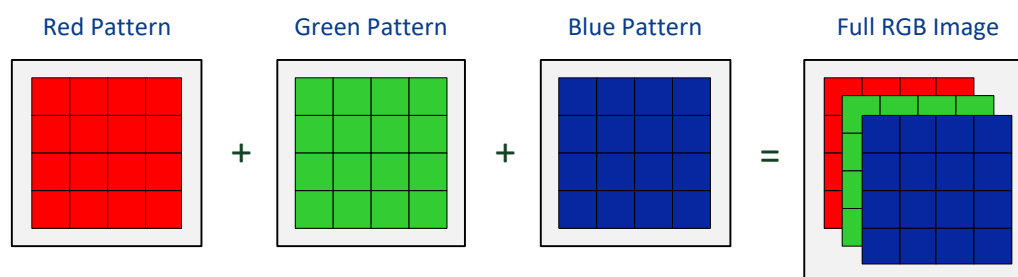
The following diagrams show how a Bayer Pattern image from a digital camera is generated.



If a vendor claims to offer a “scanner” with a one shot camera, a matrix camera or a chip, it will most likely be an ordinary digital camera mounted on an overpriced frame.

There is an exception from another book scanner vendor. They are using a high resolution monochrome sensor and take **three exposures with different filters** in front of the sensor. Each exposure uses all pixels and afterwards they are composed to a full RGB image like all other ordinary scanners do. Since each exposure takes a few seconds, it must be assured that absolutely no movement of the object or the scanner camera is present, otherwise the three images will not match. The best model of this vendor uses 140MPixel chips to get 600dpi resolution on an area of DINA2.

The following diagram shows how a full RGB Image is composed with three exposures taken with red, green and blue color filters. **Only three shot cameras** with color filters have the same quality as scanners with line sensors.



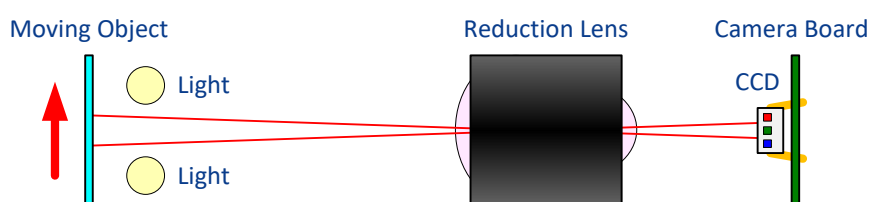
It is possible to achieve good results with this technique, provided that the book is completely flat which implies that it is pressed against a glass plate.

A digital camera is designed to take pictures of objects at various distances, some being in focus other being out of focus. A digicam is not designed to replace a scanner.

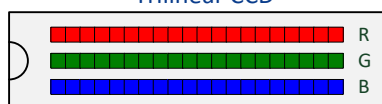
Scanners

The following companies only use line sensors for their scanners: Avison, Canon, Contex, Colortrac, Cruse, Epson, Fujitsu, Graphtec, HP, Image Access, Kip, Oce, Panasonic, IBML, Inotek, Microtek, Kodak, Ricoh, Rowe, Xerox, Zeuschel, none of these vendors use digicam technology for their scanners and there are good reasons for this. Professional scanners have linear sensors capturing red, green and blue lines, one after the other, from a document illuminated with white light. The image is reduced by a lens and projected on the linear CCD sensor. The object (document) is moving in synchronization with the exposure of the CCD elements. In a book scanner, the camera, lens system may be moving or a rotating mirror scans over the object simulating a movement.

The red element will capture one line of an image followed by a green element and a blue element. After the computer has shifted these lines into the correct order, the image will consist of RGB values at the full resolution without any Bayer pattern artifacts.



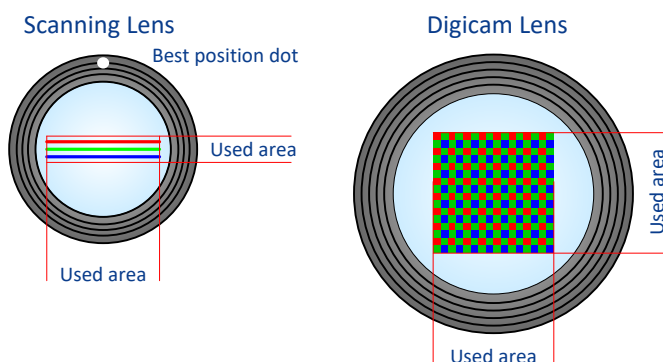
Trilinear CCD



Trilinear sensors convert light on its surface into electrical signals. Color filters for red, green and blue on three consecutive rows of CCD elements provide a very high color gamut, which is typical for CCD scanners. Pixel sizes for high quality CCD sensors are rather large; $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ is a typical value and size matters. Larger pixels help to reduce noise and other image degrading effects.

Scanner Lenses

A pixel on the original at a resolution of 600dpi has a dimension of $64\mu\text{m} \times 64\mu\text{m}$, therefore a reduction lens 1:6.4 must be used in case the CCD elements are $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$. This results in a long track length with a large focal depth. Almost all book scanners today use a camera consisting of a lens and a linear CCD element aligned in a way that only the distance between these elements changes to keep the correct focus during the sweep over the book.



The quality of the reduction lens is a very important factor influencing the overall quality of the scanning system but constraints are a lot less compared with high quality digital camera lenses. The reason for this is the fact that only the middle section of the lens is used due to the nature of the line sensor. Not only would a digicam lens have to be almost twice as big in diameter, it would also show significant color aberrations, geometric inaccuracies like pin cushion distortions and a loss of intensity in the outer corners. Scanners are also

used for quality control applications far beyond the point where only a picture has to be taken therefore, precision is a key factor.

A “nice looking picture” is not a substitute for a precise scan.

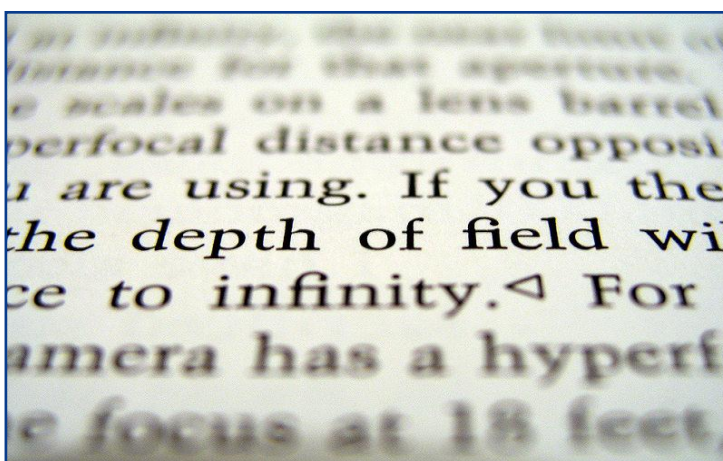
Scanning Principles

Books do not have a flat surface, which makes it necessary to scan along the curved surface of the book while constantly adjusting the focal length to stay in focus. There are two ways to scan a book, which is typically laid out on the scanning bed in a landscape orientation. One way is to scan from the top to the bottom (or vice versa) and the other way is to scan from left to right (or right to left). Both methods have their advantages but there are two distinctive differences; the required number of pixels in the CCD camera is higher if scanning top down compared to scanning the shorter edge. The factor is approximately 1:1.4 because this is the factor between the longer edge and the shorter edge of an open book in a DIN format. The other difference is that the scanner has to travel a shorter distance if scanning top down and the scanning time is shorter.

If a scanner is capable of scanning from the side and if it also is capable of continuously adjusting the focus and the resolution while moving over the curved surface, it can be built to scan flat documents, open books and even books not fully opened while resting in a V-shaped cradle. If a scanner scans top down, it can do the same with the exception of the capability to scan flat and V-shaped documents at the same time.

Some vendors use digital cameras and claim, that these are also book scanners, which is obviously not true. A digicam can only take a picture of a perfectly flat document and is also not well suited for high resolution black and white print. To overcome this to some degree, these vendors use a very long focal length which makes their scanners very tall.

Another way of hiding these problems is to use cheap low resolution chip cameras because the lower the resolution, the more focal range.



Useful Lifetime

Book scanners can achieve more than 5 millions scans over the lifetime of the scanner. Digital cameras quit well before 1 million, details can be found here: www.olegkikin.com/shutterlife.

Be aware that the marketing departments of some of the digicam vendors are more creative than their engineering departments. We have seen book cameras advertised at **300.000.000** exposure cycles, which translates into a typical life expectancy of 240 years! Many customers have already regretted their purchasing decisions which were based on published specification or even on data entered in official tenders since some of these specs are very misleading, if not completely wrong.

Hold the vendor responsible for his specifications. Before you buy, ask for sample scans at the highest claimed resolution. Do not believe any dpi or megapixel numbers before they have been verified by yourself.

But what is resolution and how much resolution does a certain digitization project need? This is one of the most confusing topics in the book scanner market and the following chapter intends to explain the unbiased truth from a scientific approach.

Screen Resolution

Today's TFT screens have 1600*1200 pixels at 23" diagonal width or maybe 1920*1080 at 24" diagonal width. This typically gives a pixel resolution of 96 pixels (actually triplets of red, green and blue pixels) per inch. Let us assume 100dpi for a normal screen to make the following computations easier.

If you display a scan conducted at a resolution of 100dpi in its original size (1:1, each pixel is shown) on a typical TFT screen it will match the original size perfectly. At 200dpi the image on the screen is twice as wide and twice than the original. At 400dpi, it is enlarged by a factor of four. With this knowledge you can easily do a quick check of the geometric resolution and compare it to what is advertised. You might not believe it but some vendors really cheat. We have seen a 150dpi scan advertised as 400dpi and in this specific case even the file properties were faked.

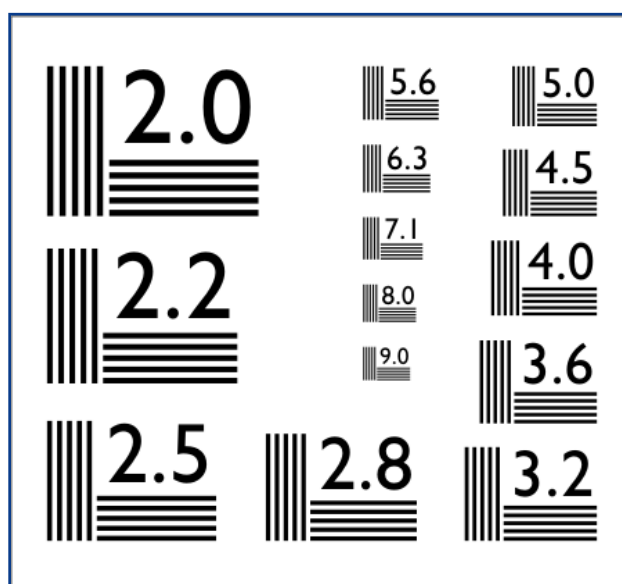
Find a detail in the original document which is as large as the shorter edge of your business card and measure whether this detail on the screen is as long as the longer edge of your business card for a 200dpi scan, 1,5 times longer for a 300dpi scan and twice as long for a 400dpi scan.

Scanner Resolution

Most confusing is the fact that the term "resolution" in the digital world does not describe the system resolution anymore but rather the geometric resolution of the optical elements, typically the CCD elements. The geometric resolution was checked in the previous chapter. The picture on the previous page has the same geometric resolution of 300dpi at the top and bottom as well as in the middle. Clearly, the capability to "resolve details" is good in the middle but bad above and below the focal plane.

A widely accepted way of determining the real system resolution is using various resolution test charts. One of the most popular and easy to use charts is the one shown to the right. This line pair test target can be found on many other test targets like the CSTT test target from Image Access or the UTT test target (Universal Test Target) www.universaltesttarget.com

The target consists of various patches of five black lines separated by four white lines in different sizes. The number 2.0 for example, means that there are two line pairs (two black ones and two white ones) per millimeter.



Other test targets are used to test variations of the illumination, the grey tone balance, color fidelity and geometric distortions. An objective measurement can be done with tools from third parties like Image Engineering, as well as with tools from book scanner vendors like Image Access. None of the digital camera vendors who claim to produce book scanners is known to support automatic quality control via the UTT test chart or any other charts.

To determine the **system resolution** of a scanner **in dpi**, you should scan a test target like the one above. A high quality, paper based target like the CSTT from Image Access is good enough up to 6.0 line pairs per mm, above this value a high resolution film based target must be used to obtain correct results. To avoid any sampling effects which can produce moiré artifacts, the test target should be oriented at a 45° angle. Look at the scan in its original size (1:1) and try to count the black lines. Remember the number 4.0 for example, at which you are still sure to see exactly five lines, not more or less. The following table translates this value into the real system resolution. Try it also on the outer edges of a document as these tend to have less resolution, especially if the scan is not a scan but rather only a picture from a digicam.

LP/mm	System dpi	Scanning Test Target
2,0	100	High quality print (Image Access CSTT or UTT)
3,0	150	High quality print (Image Access CSTT or UTT)
4,0	200	High quality print (Image Access CSTT or UTT)
5,0	250	High quality print (Image Access CSTT or UTT)
6,0	300	High quality print (Image Access CSTT or UTT)
7,0	350	High quality print (Image Access CSTT or UTT)
8,0	400	High quality print (Image Access CSTT or UTT)
10,0	500	Film based target necessary (UTT)
12,0	600	Film based target necessary (UTT)

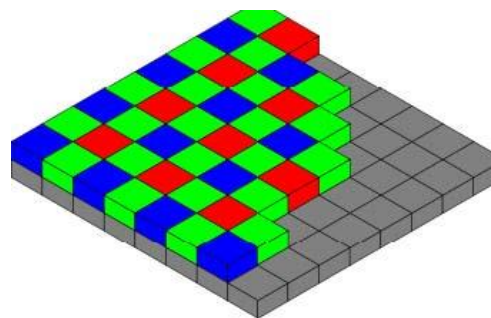
Determine the number at which you can still count five black lines, multiply the value by 50 and you get the system resolution in dpi. Disregard any higher value in advertising material, sales peoples' promises and specs.

Sampling efficiency

Sampling efficiency is another way of approaching the same topic; comparing real resolution. A scanner is rated at 300dpi which means that we should see 6.0 line pairs per mm. If we only see 4.0 line pairs per mm (digicams show even less than that) the sampling efficiency is $4.0/6.0 = 66\%$. The higher the sampling efficiency, the better the overall optical system is. A value above 80% is high enough to be able to claim that the geometric resolution is close to the real resolution. Digital cameras are often lower than 60% which basically indicates that the real resolution is somewhere between 50% and 70% of the claimed resolution.

Digital Camera Resolution

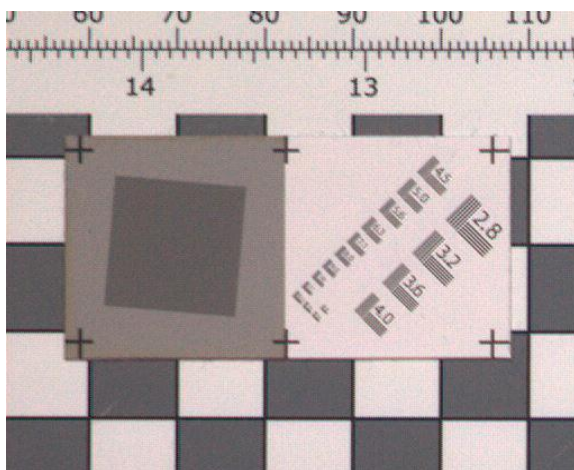
Digital cameras were not invented to **replace scanners**. Their purpose is to **take pictures** of three dimensional objects together with other objects. Since only one focal plane exists, many of the objects on a typical picture taken with a digital camera will be out of focus anyway, allowing for less overall sharpness than what can be captured with a scanner. In a typical picture, the region of interest is somewhere close to the center which hides the fact that the lens loses sharpness, geometric accuracy and color registration at the edges of the image.



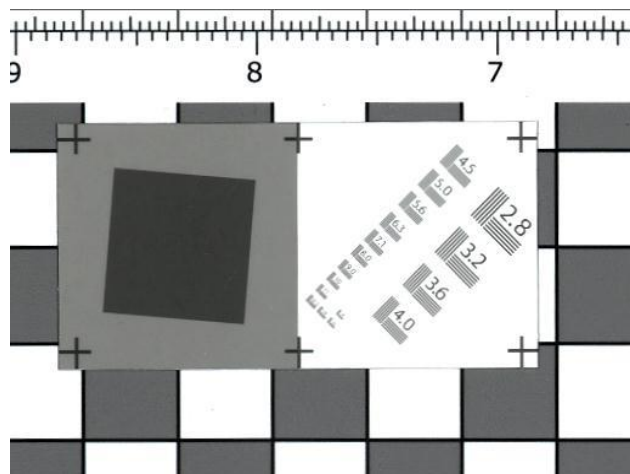
A scanner scans red, green and blue sequentially, one after another, and produces perfectly good RGB pixels from a geometric standpoint.

All digital cameras have a **Bayer pattern**, which cuts the effective resolution in half for the green channel and to a quarter for the red and blue channels. The pixels have to be interpolated in software, which produces even more artifacts.

The picture on the left side below is from a digital camera system, the right image is from a real book scanner. Both are scanned at 200dpi only because this is the maximum resolution the digital camera supports. The vendor calls it a book scanner but if you compare the two images, the difference becomes obvious. The left image is blurry and full of artifacts. It also has a very high noise level which is typical for low end digicams with their extremely small pixel size. Many digital cameras try to smooth out the noise and sacrifice even more details, which is unacceptable for scanning documents.



Picture from a book2net* digicam



Scan from a Bookeye 4 scanner

The inability to produce straight black & white lines also makes it very hard for any OCR software to recognize the blurry text.

A digital camera is not a scanner. It is designed to take pictures of objects at variable distances while a scanner is designed to scan a document at a very well defined distance, producing crisp and sharp images.

Document size

Normal sheet feed scanners have a fixed maximum document width and a somewhat unlimited document length. This is due to the fact that a scanner constantly takes images line by line as long as the document is moving in front of its line camera. It is “scanning” the document line by line in contrast to “taking a picture”. From a technical standpoint, there is no difference between a system which moves the document and a system which moves the camera although the second is normally limited in length.

Book scanners have a maximum document width and length and this is typically specified in DIN format. Since they scan a fixed area, the reader should carefully evaluate the real size of the scanning area. The marketing department of one vendor, whose scanner scans only 20% more than A3, came up with the term “almost DIN A2”.

After you have determined the appropriate system resolution as discussed in the previous chapter, you need to specify the maximum document size to be scanned. The larger a source document is, the more pixels will be required. The following table shows the number of pixels necessary for a scanner scanning along the longer edge of a document and a scanner scanning along the shorter edge of a document. The first needs fewer pixels and more time, the second needs more pixels and less time.

Some vendors use digital cameras and claim, that these are also scanners, which is not true. All digicams have a single focal plane and therefore, can take a high resolution picture only of a perfectly flat document and a book is never perfectly flat. The inability to adjust the focus during a scan makes it absolutely mandatory to have the camera and the object precisely perpendicular to each other.

Nevertheless, we have listed the megapixel requirements for digicams in the following table. A pixel is defined by a red, green and blue percentage and in the case of the digicam, a pixel has a green and a red percentage with the blue content being interpolated or a green and a blue with the red content being interpolated.

		A0 / E-size	A1 / D-size	A2 / C-size	A3 / B-size	A4 / letter
Scan left to right	200dpi	3 x 6700	3 x 4700	3 x 3400	3 x 2400	3 x 1700
Scan top to bottom		3 x 9400	3 x 6700	3 x 4700	3 x 3400	3 x 2400
Digicam		124 Mpixel	62 Mpixel	31 Mpixel	16 Mpixel	8 Mpixel
Scan left to right	300dpi	3 x 10000	3 x 7100	3 x 5000	3 x 3600	3 x 2500
Scan top to bottom		3 x 14100	3 x 10000	3 x 7100	3 x 5000	3 x 3600
Digicam		279 Mpixel	140 Mpixel	70 Mpixel	35 Mpixel	18 Mpixel
Scan left to right	400dpi	3 x 13300	3 x 9400	3 x 6700	3 x 4700	3 x 3400
Scan top to bottom		3 x 18800	3 x 13300	3 x 9400	3 x 6700	3 x 4700
Digicam		496 Mpixel	248 Mpixel	124 Mpixel	62 Mpixel	31 Mpixel
Scan left to right	600dpi	3 x 19900	3 x 14100	3 x 10000	3 x 7100	3 x 5000
Scan top to bottom		3 x 28100	3 x 19900	3 x 14100	3 x 10000	3 x 7100
Digicam		1116 Mpixel	558 Mpixel	279 Mpixel	140 Mpixel	70 Mpixel

Note: If a vendor shows half the pixel count than what is shown in the above list, they count all red, green and blue pixels together and interpolate the missing two colors per pixel. In other words $1/3^{\text{rd}}$ of the pixels are real and $2/3^{\text{rd}}$ are interpolated. The above table assumes $2/3^{\text{rd}}$ of a pixels color information to be real and only $1/3^{\text{rd}}$ interpolated which is still less quality than a scan can produce.

Some vendors claim they can capture **DIN A2** images at 400dpi with their 30 megapixel digicams but the above table proves them wrong because this will require at least **124 megapixels**. At 600dpi, the largest digicam sensors available today, costing thousands of U.S. dollars or Euros, can only produce a mere A4 size image which is far too small for serious book scanning.

All book scanners have high resolution line cameras, otherwise they would not be called scanners. If a vendor using a digicam claims to get close to typical scanner resolutions of 300dpi and above, check the above table and find out the truth.

Speed and Exposure

The scanning process takes several thousand images per second and is therefore very insensitive to imperfections in the movement of the document, vibrations etc. Scanner cameras only illuminate the small area that they actually scan with a high quality, intense light which in return delivers high quality, low noise images. Typical exposure times are in the range of 250μ to 1.500μ s. On the other hand, high resolution “still” digicams have exposure times in the magnitude of a couple of seconds, making them very sensitive to all sorts of movements of the camera, the book, the user and even the floor of the room in which the digicam is installed.

The amount of light is also a quality determining factor. Some vendors claim that their scanners do not need light at all and therefore, do not emit any infrared and UV light. While the second statement is obviously true, the first one is misleading. These scanners completely rely on the ambient light for the scanning process, equivalent to shooting a photo with a digicam without a flash. Everybody knows that the result of such a photo is very unpredictable in terms of color balance, noise, reflections and so on.

Good book scanners have their own well controlled, high quality light source. The light level needs to be high in the area of interest and should not illuminate anything outside of this area. The high level of scanner illumination provided is necessary to boost the “good light” from the scanner to a level much higher than the ambient light, so that it overrides all imperfections introduced by the ambient light. The scanners’ light source should typically be 10 – 20 times brighter than the ambient light, lowering the sensitivity to the uncontrolled ambient light level to an invisible level.

At the same time, all areas not being scanned at a given time should only be subjected to limited light exposure in order to protect the books and the scanner operator. Books scanners that obey these rules have a moving light bar of high intensity LED light which sweeps across the surface of the book as it is scanned. The light intensity is controlled during the scan to perfectly illuminate the book even at varying distances and angles. The book scanners from major market players all work with a moving light bar.

A modern book scanner uses a moving light bar generated by high quality LEDs. A device which illuminates the whole scanning area at once or not at all is most likely not a scanner but an overpriced digital camera.

Bits, Density and Noise

Probably the greatest misconception about scanner technology is the one about bit depth per color, also called color resolution. The first thing to remember is that bit depth and dynamic range are NOT the same thing. They are going to sound much the same, but they are not and this difference will be explained here. Most scanners now have at least 30 bit color depth and many have a color depth of 36, 42 or 48 bits. More bits are required to hold numeric values containing better dynamic range. While the two factors are often associated, there is also a second requirement. High quality, low noise CCD and electronics (i.e., expensive) are needed for better dynamic range. The fact that a scanner claims to have 48 bits of color depth has nothing to do with its real optical density. It only means that 16 bit A/D converters are used.

The following table shows the theoretical maximum density for various bit depths. If these values are found in a scanner specification sheet, it is safe to disregard them completely because they only specify the size of the container, not the content.

Total Bits	Binary steps	Max Density (no noise)	Max Density (1bit noise)
30	1024	3.0	2.7
36	4096	3.6	3.3
42	16384	4.2	3.9
48	65536	4.8	4.5

Material	Max Density
Newspaper print	< 1.8
Reflective photographic paper	2.0
Best print on paper	2.6
Best film transparencies	3.2

Real world density ranges are a lot lower than expected. The table to the left lists density ranges for various materials

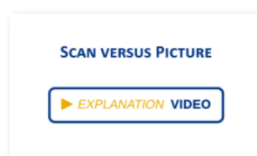
The message is clear: 36 bits of resolution can hold all numerical values necessary to represent the density range found with the best film transparencies. A bigger container, 42 or 48 bits is a waste, especially because handling more data slows down every system. Some systems may use more than 36bit resolution to allow brightness and gamma correction in software in a later processing step but this does not mean that the density will also increase.

Far more important than the color depth is the noise level of the system. Modern book scanners have line cameras with large pixels up to 10*10µm which can collect many photons before they saturate. More photons mean less noise. If the pixel size is cut in half, it doubles the noise, a problem all high resolution digicams have to cope with. Today, the pixels of a digicam are only one tenth the size of a line camera and a lot of computing is needed to get a halfway decent image out of them. The old saying "bigger is better" fully applies to CCD elements.

36 bit color resolution is more than enough for a book scanner. Anything above that might look attractive in a brochure but is useless. More important are the illumination level and the pixel size.

Buchscanner-Einkaufsführer

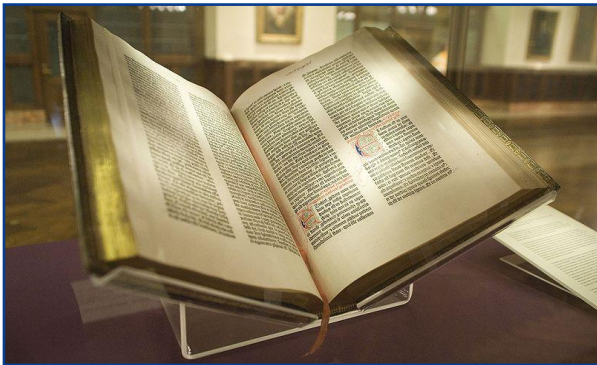
Werden Digitalkameras jemals die Scanner ersetzen?



Dieser **Book Scanner Buyer's Guide** wird von Image Access, dem weltweiten Marktführer im Bereich Buchscanner, herausgegeben. Image Access stellt verschiedene Modelle von Buchscannern sowie andere Scanner her und verfügt über mehrere Jahrzehnte Erfahrung in der erfolgreichen Entwicklung von Scantechnologien.

Der Leser wird verstehen, was von verschiedenen Scantechnologien zu erwarten ist und er wird auch verstehen, welche Art von Ergebnissen von einer Digitalkamera erwartet werden können. Viele der Fachbegriffe und deren Erklärungen können auch in Wikipedia und anderen Quellen nachgelesen werden und wir ermutigen den Leser ausdrücklich, unsere Aussagen zu überprüfen.

Bücher scannen



Buchscanner sind anders als alle anderen Dokumentenscanner, weil Bücher keine ebene Oberfläche haben. Mechanisch sind Bücher ein Alptraum in der Handhabung, und wenn sie von den heutigen Ingenieuren neu erfunden würden, kämen sie in einer Endlosform wie Film, wahrscheinlich in zwei kleine Röhren gerollt. Wenn dies der Fall wäre, gäbe es überhaupt keinen Bedarf für einen speziellen Buchscanner.

Leider hat Johannes Gutenberg nicht an Scanner gedacht, als er vor rund 600 Jahren das Buch in seiner heutigen Form erfand, daher ist es unumgänglich, sich mit der speziellen Mechanik eines Buches vertraut zu machen.

Obwohl es möglich ist, ein Buch auf einem Flachbettscanner zu scannen, indem man es flach gegen die Glasplatte drückt, kann dies den Buchrücken beschädigen und ist nicht wirklich der richtige Weg, um ein Buch zu scannen. Wir empfehlen dringend, einen Buchscanner zu verwenden, der ein geöffnetes Buch von oben scannt, so wie Sie es normalerweise lesen.

Es wurden verschiedene Buchwippen und andere Halterungen entwickelt, die alle ihre Vor- und Nachteile haben. Da die mechanischen Auswirkungen auf ein Buch für jeden, der einen Buchscanner physisch, in einem Video oder sogar in einer Broschüre sieht, offensichtlich sind, haben wir davon abgesehen, diese Aspekte zu analysieren. Stattdessen wollen wir uns auf die subtileren Eigenschaften von Buchscannern konzentrieren, die auch anfälliger für irreführende oder falsche Informationen sind.



Der Buchscanner-Markt wird von drei großen Anbietern, **Image Access**, **I2S** und **Zeutschel**, dominiert, aber auch viele kleine Firmen versuchen, ihren Anteil zu ergattern. Zum Leidwesen des Kunden behaupten einige dieser Firmen sehr unrealistische Spezifikationen für ihre Geräte und schrauben die Erwartungen über die Grenzen hinaus, die durch die heutigen Erkenntnisse der modernen Physik definiert sind.

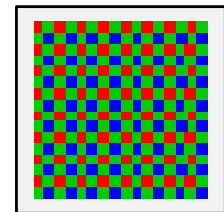
In den letzten Jahren haben einige Anbieter Digitalkameras auf ein Stativ montiert und mit einem Bildschirm ausgestattet, um mit echten Buchscannern zu konkurrieren. Sie nennen ihre digitalen Kamerasysteme auch "Buchscanner", was sie nicht sind, da ein Scanner ein Dokument scannt und eine Digitalkamera ein Bild aufnimmt. Dies hat zu einer gewissen Verwirrung auf dem Markt geführt und die Absicht dieses Dokuments ist es, die verschiedenen Techniken und ihre Auswirkungen auf die Bildqualität, die Handhabung von Büchern und die erwartete Lebensdauer unvoreingenommen zu erklären.

Die Absicht dieses **Buchscanner-Kaufführers** ist es, bestimmte technische Begriffe und ihre Auswirkungen auf Qualität, Geschwindigkeit und Handhabung des Buchscannens auf unvoreingenommene Weise zu erklären. Die zweite Absicht ist es, einfach zu verwendende Messwerkzeuge und Tabellen zur Verfügung zu stellen, um die Auflösung, die Anzahl der Pixel in den Kameras und andere Faktoren zu bestimmen, die notwendig sind, um die gewünschte Qualität zu erreichen.

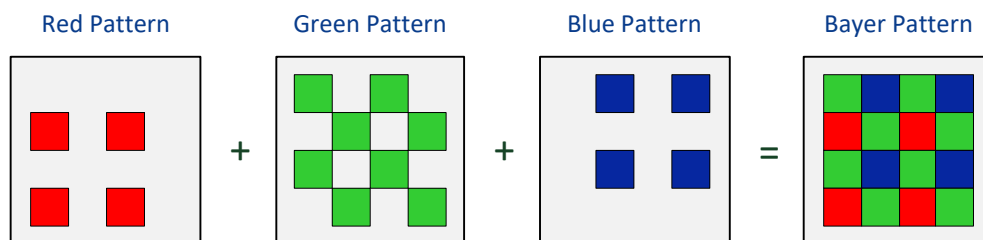
Digital-Kameras

Digitalkameras verwenden Flächen-CCDs, die aus vielen extrem kleinen Pixeln bestehen, die mit einem **Bayer-Muster** bedeckt sind, das aus zwei grünen, einem roten und einem blauen Pixel besteht, die in einem Quadrupel angeordnet sind. Dadurch verringert sich die Auflösung für den grünen Kanal um den Faktor zwei und für den roten und blauen Kanal um den Faktor vier. Ihre geringe Größe erhöht auch das Rauschen im Vergleich zu Zeilensensoren. Diese Flächen-CCD-Bildsensoren sind nicht für Scanner geeignet, da sie nicht scannen, sondern Bilder aufnehmen.

Bayer Pattern CCD



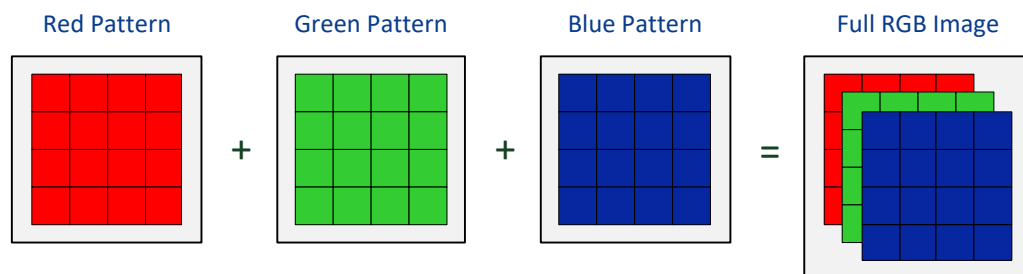
Die folgenden Diagramme zeigen, wie ein Bayer-Muster-Bild von einer Digitalkamera erzeugt wird.



Wenn ein Anbieter behauptet, einen "Scanner" mit einer One-Shot-Kamera, einer Matrixkamera oder einem Chip anzubieten, handelt es sich höchstwahrscheinlich um eine gewöhnliche Digitalkamera, die auf einen überbewerteten Rahmen montiert ist.

Eine Ausnahme gibt es von einem anderen Buchscanner-Anbieter. Sie verwenden einen hochauflösenden monochromen Sensor und machen **drei Belichtungen mit verschiedenen Filtern** vor dem Sensor. Bei jeder Belichtung werden alle Pixel verwendet und anschließend wie bei allen anderen gewöhnlichen Scannern zu einem vollen RGB-Bild zusammengesetzt. Da jede Belichtung einige Sekunden dauert, muss sichergestellt sein, dass absolut keine Bewegung des Objekts oder der Scannerkamera vorliegt, sonst stimmen die drei Bilder nicht überein. Das beste Modell dieses Herstellers verwendet 140MPixel-Chips, um eine Auflösung von 600dpi auf einer Fläche von DIN A2 zu erreichen.

Das folgende Diagramm zeigt, wie ein vollständiges RGB-Bild mit drei Aufnahmen mit roten, grünen und blauen Farbfiltern zusammengesetzt ist. **Nur drei aufgenommene Kameras** mit Farbfiltern haben die gleiche Qualität wie Scanner mit Zeilensensoren.



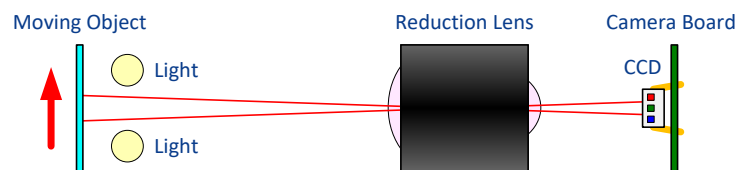
Es ist möglich, mit dieser Technik gute Ergebnisse zu erzielen, vorausgesetzt, das Buch ist völlig flach, was bedeutet, dass es gegen eine Glasplatte gedrückt wird.

Eine Digitalkamera ist so konzipiert, dass sie Bilder von Objekten in verschiedenen Entfernungen aufnimmt, wobei einige scharf, andere unscharf sind. Eine Digicam ist nicht dazu gedacht, einen Scanner zu ersetzen.

Scanner

Die folgenden Firmen verwenden nur Zeilensensoren für ihre Scanner: Avison, Canon, Contex, Colortrac, Cruse, Epson, Fujitsu, Graphtec, HP, Image Access, Kip, Océ, Panasonic, IBML, Inotek, Microtek, Kodak, Ricoh, Rowe, Xerox, Zeutschel, keiner dieser Hersteller verwendet Digicam-Technologie für seine Scanner und dafür gibt es gute Gründe. Professionelle Scanner haben Linearsensoren, die nacheinander rote, grüne und blaue Linien von einem mit weißem Licht beleuchteten Dokument erfassen. Das Bild wird durch ein Objektiv verkleinert und auf den linearen CCD-Sensor projiziert. Das Objekt (Dokument) bewegt sich dabei synchron mit der Belichtung der CCD-Elemente. Bei einem Buchscanner kann sich das Kamera-Objektiv-System bewegen oder ein rotierender Spiegel tastet das Objekt ab und simuliert eine Bewegung.

Das rote Element wird eine Zeile eines Bildes erfassen, gefolgt von einem grünen Element und einem blauen Element. Nachdem der Computer diese Zeilen in die richtige Reihenfolge gebracht hat, besteht das Bild aus RGB-Werten in der vollen Auflösung ohne Bayer-Muster-Artefakte.



Trilinear CCD

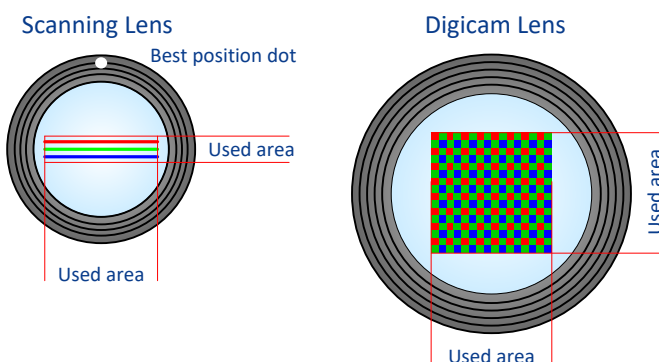


Trilineare Sensoren wandeln Licht auf ihrer Oberfläche in elektrische Signale um. Farbfilter für Rot, Grün und Blau auf drei aufeinanderfolgenden Reihen von CCD-Elementen sorgen für einen sehr hohen Farbumfang, der typisch für CCD-Scanner ist. Die Pixelgrößen für

hochwertige CCD-Sensoren sind ziemlich groß; $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ ist ein typischer Wert und die Größe ist wichtig. Größere Pixel helfen, Rauschen und andere bildverschlechternde Effekte zu reduzieren.

Scanner-Objektive

Ein Pixel auf dem Original bei einer Auflösung von 600dpi hat eine Abmessung von $64\mu\text{m} \times 64\mu\text{m}$, daher muß bei CCD-Elementen von $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ ein Verkleinerungsobjektiv 1:6,4 verwendet werden. Daraus ergibt sich eine große Spurlänge mit einer großen Schärfentiefe. Fast alle Buchscanner verwenden heute eine Kamera, die aus einem Objektiv und einem zeilenförmigen CCD-Element besteht und so ausgerichtet ist, dass sich nur der Abstand zwischen diesen Elementen ändert, um den korrekten Fokus während des Sweeps über das Buch zu halten.



Die Qualität des Verkleinerungsobjektivs ist ein sehr wichtiger Faktor, der die Gesamtqualität des Abtastsystems beeinflusst, aber die Einschränkungen sind im Vergleich zu hochwertigen Digitalkameraobjektiven sehr viel geringer. Der Grund dafür ist die Tatsache, dass aufgrund der Beschaffenheit des Zeilensensors nur der mittlere Teil des Objektivs verwendet wird. Ein Digicam-Objektiv müsste nicht nur fast doppelt so groß im Durchmesser sein, es würde auch erhebliche Farbabweichungen,

geometrische Ungenauigkeiten wie Nadelkissenverzerrungen und einen Intensitätsverlust in den äußeren Ecken aufweisen. Scanner werden auch für die Qualitätskontrolle eingesetzt, weit über den Punkt hinaus, an dem nur ein Bild aufgenommen werden muss, daher ist die Präzision ein Schlüsselfaktor.

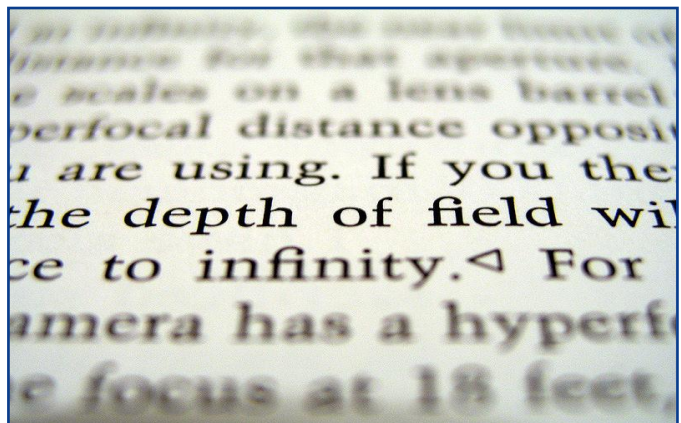
Ein "schönes Schließbild" ist kein Ersatz für einen präzisen Scan.

Grundsätze der Abtastung

Bücher haben keine ebene Oberfläche, was es notwendig macht, entlang der gekrümmten Oberfläche des Buches zu scannen und dabei ständig die Brennweite anzupassen, um im Fokus zu bleiben. Es gibt zwei Möglichkeiten, ein Buch zu scannen, das typischerweise im Querformat auf dem Scannerbett ausgelegt ist. Eine Möglichkeit ist das Scannen von oben nach unten (oder umgekehrt) und die andere Möglichkeit ist das Scannen von links nach rechts (oder von rechts nach links). Beide Methoden haben ihre Vorteile, aber es gibt zwei markante Unterschiede: Die erforderliche Anzahl von Pixeln in der CCD-Kamera ist beim Scannen von oben nach unten höher als beim Scannen der kürzeren Kante. Der Faktor beträgt etwa 1:1,4, denn dies ist der Faktor zwischen der längeren und der kürzeren Kante eines aufgeschlagenen Buches im DIN-Format. Der andere Unterschied ist, dass der Scanner beim Scannen von oben nach unten eine kürzere Strecke zurücklegen muss und die Scanzeit kürzer ist.

Wenn ein Scanner in der Lage ist, von der Seite zu scannen und wenn er außerdem in der Lage ist, den Fokus und die Auflösung kontinuierlich anzupassen, während er sich über die gekrümmte Oberfläche bewegt, kann er so gebaut werden, dass er flache Dokumente, offene Bücher und sogar nicht vollständig geöffnete Bücher scannt, während er in einer V-förmigen Halterung ruht. Wenn ein Scanner von oben nach unten scannt, kann er dasselbe tun, mit der Ausnahme der Fähigkeit, flache und V-förmige Dokumente gleichzeitig zu scannen.

Einige Anbieter verwenden Digitalkameras und behaupten, dass diese auch Buchscanner sind, was natürlich nicht stimmt. Eine Digicam kann nur ein perfekt flaches Dokument abfotografieren und ist auch nicht gut für hochauflösende Schwarz-Weiß-Drucke geeignet. Um dies einigermaßen zu umgehen, verwenden diese Anbieter eine sehr lange Brennweite, wodurch ihre Scanner sehr hoch werden.



Eine andere Möglichkeit, diese Probleme zu kaschieren, ist die Verwendung billiger Chip-Kameras mit niedriger Auflösung, denn je niedriger die Auflösung, desto größer der Brennweitenbereich.

Nutzlebensdauer

Buchscanner können über die Lebensdauer des Scanners mehr als 5 Millionen Scans erreichen. Digitalkameras geben deutlich vor 1 Million auf, Details finden Sie hier: www.olegkikin.com/shutterlife.

Seien Sie sich bewusst, dass die Marketingabteilungen einiger Digicam-Hersteller kreativer sind als ihre Entwicklungsabteilungen. Wir haben Buchkameras gesehen, die mit **300.000.000** Belichtungszyklen beworben wurden, was einer typischen Lebenserwartung von 240 Jahren entspricht! Viele Kunden haben bereits ihre Kaufentscheidungen bereut, die auf veröffentlichten Spezifikationen oder sogar auf Angaben in offiziellen Ausschreibungen basierten, da einige dieser Spezifikationen sehr irreführend, wenn nicht sogar völlig falsch sind.

Machen Sie den Verkäufer für seine Angaben verantwortlich. Fragen Sie vor dem Kauf nach Beispielskans mit der höchsten angegebenen Auflösung. Glauben Sie keine dpi oder Megapixel-Zahlen, bevor Sie sie nicht selbst überprüft haben.

Aber was ist Auflösung und wie viel Auflösung braucht ein bestimmtes Digitalisierungsprojekt? Dies ist eines der verwirrendsten Themen auf dem Buchscanner-Markt und das folgende Kapitel will die unvoreingenommene Wahrheit aus wissenschaftlicher Sicht erklären.

Bildschirmauflösung

Die heutigen TFT-Bildschirme haben 1600*1200 Pixel bei 23" Diagonale oder vielleicht 1920*1080 bei 24" Diagonale. Dies ergibt typischerweise eine Pixelauflösung von 96 Pixeln (eigentlich Triplets von roten, grünen und blauen Pixeln) pro Zoll. Lassen Sie uns für einen normalen Bildschirm 100dpi annehmen, um die folgenden Berechnungen zu vereinfachen.

Wenn Sie einen Scan, der mit einer Auflösung von 100dpi durchgeführt wurde, in seiner Originalgröße (1:1, jedes Pixel wird dargestellt) auf einem typischen TFT-Bildschirm anzeigen, entspricht er perfekt der Originalgröße. Bei 200dpi ist das Bild auf dem Bildschirm doppelt so breit und doppelt so groß wie das Original. Bei 400dpi wird es um den Faktor vier vergrößert. Mit diesem Wissen können Sie leicht eine schnelle Überprüfung der geometrischen Auflösung durchführen und sie mit der beworbenen vergleichen. Sie werden es vielleicht nicht glauben, aber einige Anbieter schummeln wirklich. Wir haben einen 150dpi-Scan gesehen, der als 400dpi beworben wurde, und in diesem speziellen Fall waren sogar die Dateieigenschaften gefälscht.

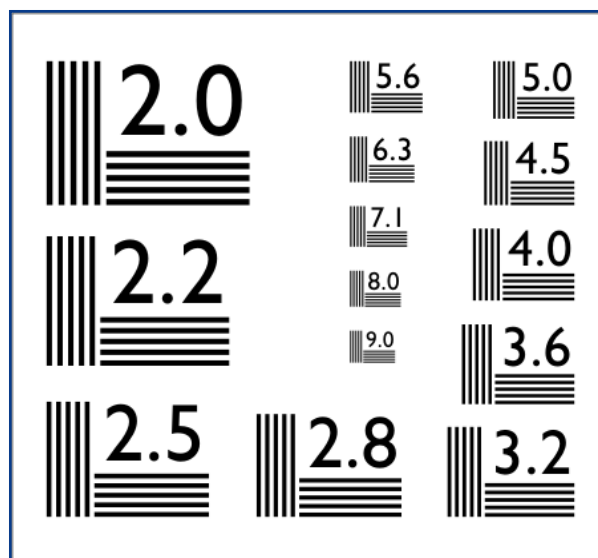
Suchen Sie ein Detail im Originaldokument, das so groß ist wie die kürzere Kante Ihrer Visitenkarte, und messen Sie, ob dieses Detail auf dem Bildschirm bei einem 200dpi-Scan so lang ist wie die längere Kante Ihrer Visitenkarte, bei einem 300dpi-Scan 1,5 mal so lang und bei einem 400dpi-Scan doppelt so lang.

Scanner-Auflösung

Am verwirrendsten ist die Tatsache, dass der Begriff "Auflösung" in der digitalen Welt nicht mehr die Systemauflösung beschreibt, sondern die geometrische Auflösung der optischen Elemente, typischerweise der CCD-Elemente. Die geometrische Auflösung wurde im vorherigen Kapitel überprüft. Das Bild auf der vorigen Seite hat sowohl oben und unten als auch in der Mitte die gleiche geometrische Auflösung von 300dpi. Es wird deutlich, dass die Fähigkeit, "Details aufzulösen", in der Mitte gut, aber oberhalb und unterhalb der Brennebene schlecht ist.

Eine weithin akzeptierte Methode zur Bestimmung der tatsächlichen Systemauflösung ist die Verwendung verschiedener Auflösungstestdiagramme. Eines der beliebtesten und einfach zu verwendenden Diagramme ist das rechts abgebildete. Dieses Linienpaar-Testtarget findet sich auf vielen anderen Testtargets wie dem CSTT-Testtarget von Image Access oder dem UTT-Testtarget (Universal Test Target) www.universaltesttarget.com.

Das Ziel besteht aus verschiedenen Feldern mit fünf schwarzen Linien, die durch vier weiße Linien in verschiedenen Größen getrennt sind. Die Zahl 2,0 bedeutet zum Beispiel, dass es zwei Linienpaare (zwei schwarze und zwei weiße) pro Millimeter gibt.



Andere Testziele werden verwendet, um Variationen der Beleuchtung, der Grautonbalance, der Farbtreue und der geometrischen Verzerrungen zu testen. Eine objektive Messung kann sowohl mit Werkzeugen von Drittanbietern wie Image Engineering, als auch mit Werkzeugen von Buchscanner-Anbietern wie Image Access durchgeführt werden. Von keinem der Digitalkamera-Anbieter, die behaupten, Buchscanner zu produzieren, ist bekannt, dass sie eine automatische Qualitätskontrolle über das UTT-Testchart oder andere Charts unterstützen.

Um die **Systemauflösung** eines Scanners **in dpi** zu bestimmen, sollten Sie eine Testvorlage wie die oben abgebildete scannen. Ein hochwertiges, papierbasiertes Target wie das CSTT von Image Access ist bis zu 6,0 Linienpaaren pro mm gut genug, oberhalb dieses Wertes muss ein hochauflösendes, filmbasiertes Target verwendet werden, um korrekte Ergebnisse zu erhalten. Um Sampling-Effekte zu vermeiden, die Moiré-Artefakte erzeugen können, sollte das Testtarget in einem Winkel von 45° ausgerichtet werden. Betrachten Sie den Scan in seiner Originalgröße (1:1) und versuchen Sie, die schwarzen Linien zu zählen. Merken Sie sich z. B. die Zahl 4,0, bei der Sie noch sicher sind, dass Sie genau fünf Linien sehen, nicht mehr oder weniger. Die folgende Tabelle setzt diesen Wert in die reale Systemauflösung um. Versuchen Sie es auch an den äußeren Rändern eines Dokuments, da diese tendenziell eine geringere Auflösung haben, insbesondere wenn es sich nicht um einen Scan, sondern nur um ein Bild von einer Digicam handelt.

LP/mm	System dpi	Testobjekt abtasten
2,0	100	Hochwertiger Druck (Image Access CSTT oder UTT)
3,0	150	Hochwertiger Druck (Image Access CSTT oder UTT)
4,0	200	Hochwertiger Druck (Image Access CSTT oder UTT)
5,0	250	Hochwertiger Druck (Image Access CSTT oder UTT)
6,0	300	Hochwertiger Druck (Image Access CSTT oder UTT)
7,0	350	Hochwertiger Druck (Image Access CSTT oder UTT)
8,0	400	Hochwertiger Druck (Image Access CSTT oder UTT)
10,0	500	Filmbasiertes Target erforderlich (UTT)
12,0	600	Filmbasiertes Target erforderlich (UTT)

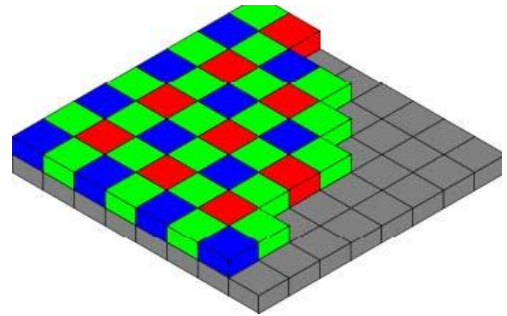
Ermitteln Sie die Zahl, bei der Sie noch fünf schwarze Linien zählen können, multiplizieren Sie den Wert mit 50 und Sie erhalten die Systemauflösung in dpi. Ignorieren Sie jeden höheren Wert in Werbematerialien, Versprechungen des Verkaufspersonals und technischen Daten.

Effizienz der Probenahme

Sampling-Effizienz ist eine andere Art, sich dem gleichen Thema zu nähern; der Vergleich der tatsächlichen Auflösung. Ein Scanner hat eine Auflösung von 300 dpi, was bedeutet, dass wir 6,0 Linienpaare pro mm sehen sollten. Wenn wir nur 4,0 Linienpaare pro mm sehen (Digitalkameras zeigen sogar weniger als das), beträgt die Abtasteffizienz $4,0/6,0 = 66\%$. Je höher der Abtastwirkungsgrad ist, desto besser ist das optische System insgesamt. Ein Wert über 80% ist hoch genug, um behaupten zu können, dass die geometrische Auflösung nahe an der realen Auflösung liegt. Digitalkameras liegen oft unter 60%, was im Grunde bedeutet, dass die tatsächliche Auflösung irgendwo zwischen 50% und 70% der behaupteten Auflösung liegt.

Auflösung der Digitalkamera

Digitalkameras wurden nicht erfunden, um **Scanner zu ersetzen**. Ihr Zweck ist es, **Bilder** von dreidimensionalen Objekten zusammen mit anderen Objekten **aufzunehmen**. Da es nur eine Brennebene gibt, sind viele der Objekte auf einem typischen Bild, das mit einer Digitalkamera aufgenommen wurde, ohnehin unscharf, was zu einer geringeren Gesamtschärfe führt als bei der Aufnahme mit einem Scanner. In einem typischen Bild befindet sich der interessierende Bereich irgendwo in der Nähe der Mitte, was die Tatsache verdeckt, dass das Objektiv an den Rändern des Bildes an Schärfe, geometrischer Genauigkeit und Farbtregistrierung verliert.



Ein Scanner tastet nacheinander Rot, Grün und Blau ab und erzeugt geometrisch einwandfreie RGB-Pixel.

Alle Digitalkameras haben ein **Bayer-Muster**, das die effektive Auflösung für den grünen Kanal auf die Hälfte und für den roten und blauen Kanal auf ein Viertel reduziert. Die Pixel müssen in der Software interpoliert werden, was noch mehr Artefakte erzeugt.

Das Bild auf der linken Seite unten stammt von einem Digitalkamerasystem, das rechte Bild von einem echten Buchscanner. Beide sind nur mit 200dpi gescannt, weil dies die maximale Auflösung ist, die die Digitalkamera unterstützt. Der Hersteller nennt es einen Buchscanner, aber wenn Sie die beiden Bilder vergleichen, wird der Unterschied deutlich. Das linke Bild ist unscharf und voller Artefakte. Es hat auch einen sehr hohen Rauschpegel, was typisch für Low-End-Digicams mit ihrer extrem kleinen Pixelgröße ist. Viele Digitalkameras versuchen, das Rauschen zu glätten und opfern noch mehr Details, was für das Scannen von Dokumenten inakzeptabel ist.

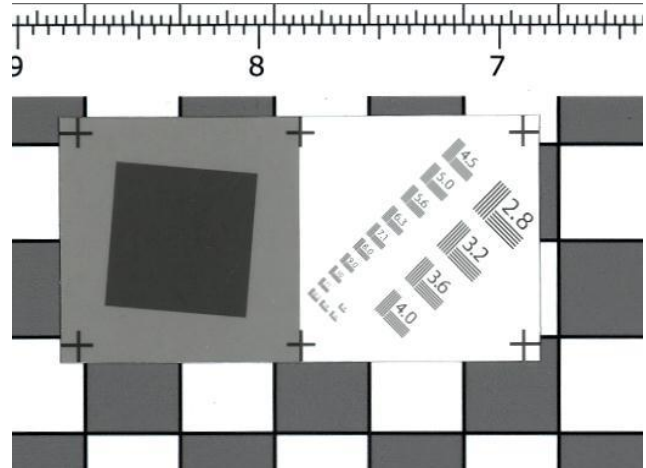
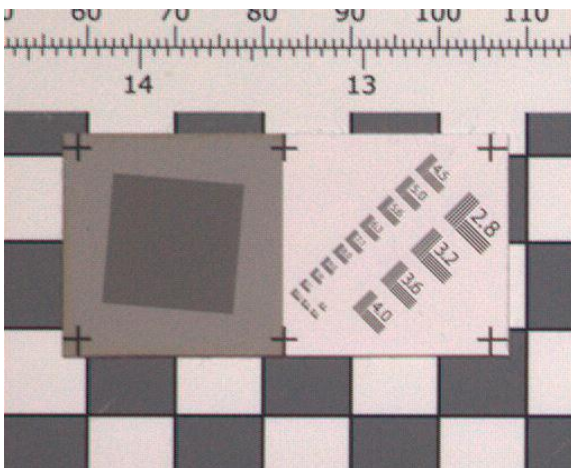


Bild von einer book2net*-Digicam

Scan von einem Bookeye 4-Scanner

Die Unfähigkeit, gerade Schwarz-Weiß-Linien zu erzeugen, macht es auch für jede OCR-Software sehr schwer, den verschwommenen Text zu erkennen.

Eine Digitalkamera ist kein Scanner. Sie ist dafür ausgelegt, Bilder von Objekten in variablen Abständen aufzunehmen, während ein Scanner dafür ausgelegt ist, ein Dokument in einem sehr genau definierten Abstand zu scannen und dabei gestochen scharfe Bilder zu erzeugen.

Dokumentgröße

Normale Blatteinzugsscanner haben eine feste maximale Dokumentenbreite und eine einigermaßen unbegrenzte Dokumentenlänge. Das liegt daran, dass ein Scanner ständig zeilenweise Bilder aufnimmt, solange sich das Dokument vor seiner Zeilenkamera bewegt. Er "tastet" das Dokument zeilenweise ab, im Gegensatz zum "Abfotografieren". Technisch gesehen gibt es keinen Unterschied zwischen einem System, das das Dokument bewegt, und einem System, das die Kamera bewegt, obwohl das zweite normalerweise in der Länge begrenzt ist.

Buchscanner haben eine maximale Belegbreite und -länge, die üblicherweise im DIN-Format angegeben wird. Da sie einen festen Bereich scannen, sollte der Leser die tatsächliche Größe des Scanbereichs sorgfältig abschätzen. Die Marketingabteilung eines Anbieters, dessen Scanner nur 20 % mehr als A3 scannt, hat sich den Begriff "fast DIN A2" ausgedacht.

Nachdem Sie, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, die geeignete Systemauflösung bestimmt haben, müssen Sie die maximale Größe des zu scannenden Dokuments angeben. Je größer ein Quelldokument ist, desto mehr Pixel werden benötigt. Die folgende Tabelle zeigt die Anzahl der erforderlichen Pixel für einen Scanner, der entlang der längeren Kante eines Dokuments scannt, und für einen Scanner, der entlang der kürzeren Kante eines Dokuments scannt. Der erste benötigt weniger Pixel und mehr Zeit, der zweite benötigt mehr Pixel und weniger Zeit.

Einige Anbieter verwenden Digitalkameras und behaupten, dass diese auch Scanner sind, was nicht stimmt. Alle Digitalkameras haben eine einzige Fokusebene und können daher nur von einem perfekt flachen Dokument ein hochauflösendes Bild aufnehmen, und ein Buch ist niemals perfekt flach. Die Unmöglichkeit, den Fokus während eines Scans zu verstellen, macht es zwingend erforderlich, dass die Kamera und das Objekt genau senkrecht zueinander stehen.

Dennoch haben wir in der folgenden Tabelle die Megapixel-Anforderungen für Digicams aufgeführt. Ein Pixel wird durch einen Rot-, Grün- und Blauanteil definiert. Im Falle der Digicam hat ein Pixel einen Grün- und einen Rotanteil, wobei der Blauanteil interpoliert wird, oder einen Grün- und einen Blauanteil, wobei der Rotanteil interpoliert wird.

	A0 / E-Größe	A1 / D-Größe	A2 / C-Größe	A3 / B-Format	A4 / Brief
Scannen von links nach rechts 200dpi	3 x 6700	3 x 4700	3 x 3400	3 x 2400	3 x 1700
Scan von oben nach unten	3 x 9400	3 x 6700	3 x 4700	3 x 3400	3 x 2400
Digicam	124 Mpixel	62 Mpixel	31 Mpixel	16 Mpixel	8 Mpixel
Scannen von links nach rechts 300dpi	3 x 10000	3 x 7100	3 x 5000	3 x 3600	3 x 2500
Scan von oben nach unten	3 x 14100	3 x 10000	3 x 7100	3 x 5000	3 x 3600
Digicam	279 Mpixel	140 Mpixel	70 Mpixel	35 Mpixel	18 Mpixel
Scannen von links nach rechts 400dpi	3 x 13300	3 x 9400	3 x 6700	3 x 4700	3 x 3400
Scan von oben nach unten	3 x 18800	3 x 13300	3 x 9400	3 x 6700	3 x 4700
Digicam	496 Mpixel	248 Mpixel	124 Mpixel	62 Mpixel	31 Mpixel
Scannen von links nach rechts 600dpi	3 x 19900	3 x 14100	3 x 10000	3 x 7100	3 x 5000
Scan von oben nach unten	3 x 28100	3 x 19900	3 x 14100	3 x 10000	3 x 7100
Digicam	1116 Mpixel	558 Mpixel	279 Mpixel	140 Mpixel	70 Mpixel

Hinweis: Wenn ein Hersteller die Hälfte der Pixelanzahl angibt, als in der obigen Liste angegeben ist, zählt er alle roten, grünen und blauen Pixel zusammen und interpoliert die fehlenden zwei Farben pro Pixel. Mit anderen Worten: 1/3 der Pixel sind real und 2/3 sind interpoliert. In der obigen Tabelle wird davon ausgegangen, dass 2/3 der Farbinformationen eines Pixels echt sind und nur 1/3 interpoliert wird, was immer noch weniger Qualität ist, als ein Scan erzeugen kann.

Einige Hersteller behaupten, dass sie mit ihren 30-Megapixel-Digicams DIN-A2-Bilder mit 400dpi erfassen können, aber die obige Tabelle beweist, dass sie falsch liegen, denn dafür sind mindestens **124 Megapixel** erforderlich. Bei 600dpi können die größten heute erhältlichen Digicam-Sensoren, die Tausende von US-Dollar oder Euro kosten, nur ein Bild im Format DIN A4 erzeugen, was für ernsthaftes Scannen von Büchern viel zu klein ist.

Alle Buchscanner haben hochauflösende Zeilenkameras, sonst würden sie nicht Scanner genannt werden. Wenn ein Anbieter mit einer Digicam behauptet, an typische Scannerauflösungen von 300dpi und mehr heranzukommen, prüfen Sie die obige Tabelle und finden Sie die Wahrheit heraus.

Geschwindigkeit und Belichtung

Der Scanvorgang macht mehrere tausend Bilder pro Sekunde und ist daher sehr unempfindlich gegenüber Unregelmäßigkeiten in der Bewegung des Dokuments, Vibrationen usw. Scanner-Kameras beleuchten nur den kleinen Bereich, den sie tatsächlich scannen, mit einem hochwertigen, intensiven Licht, das im Gegenzug qualitativ hochwertige, rauscharme Bilder liefert. Typische Belichtungszeiten liegen im Bereich von 250µ bis 1.500µs. Hochauflösende "Standbild"-Digicams hingegen haben Belichtungszeiten in der Größenordnung von ein paar Sekunden, was sie sehr empfindlich gegenüber allen möglichen Bewegungen der Kamera, des Buches, des Benutzers und sogar des Bodens des Raumes macht, in dem die Digicam installiert ist.

Auch die Lichtmenge ist ein qualitätsbestimmender Faktor. Einige Anbieter behaupten, dass ihre Scanner überhaupt kein Licht benötigen und daher kein Infrarot- und UV-Licht aussenden. Während die zweite Aussage offensichtlich richtig ist, ist die erste irreführend. Diese Scanner verlassen sich für den Scanvorgang vollständig auf das Umgebungslicht, vergleichbar mit einer Fotoaufnahme mit einer Digicam ohne Blitz. Jeder weiß, dass das Ergebnis eines solchen Fotos sehr unvorhersehbar ist, was Farbbalance, Rauschen, Reflexionen und so weiter angeht.

Gute Buchscanner verfügen über eine eigene, gut kontrollierte, hochwertige Lichtquelle. Das Lichtniveau muss im Bereich des Interesses hoch sein und sollte nichts außerhalb dieses Bereichs beleuchten. Die hohe Beleuchtungsstärke des Scanners ist notwendig, um das "gute Licht" des Scanners auf ein Niveau zu heben, das viel höher ist als das Umgebungslicht, so dass es alle durch das Umgebungslicht eingebrachten Unvollkommenheiten überlagert. Die Lichtquelle des Scanners sollte typischerweise 10 - 20 Mal heller sein als das Umgebungslicht, wodurch die Empfindlichkeit gegenüber dem unkontrollierten Umgebungslicht auf ein nicht sichtbares Niveau gesenkt wird.

Gleichzeitig sollten alle Bereiche, die gerade nicht gescannt werden, nur einer begrenzten Lichteinwirkung ausgesetzt werden, um die Bücher und den Scannerbediener zu schützen. Buchscanner, die sich an diese Regeln halten, verfügen über einen beweglichen Lichtbalken aus hochintensivem LED-Licht, der beim Scannen über die Oberfläche des Buches streicht. Die Lichtintensität wird während des Scannens so gesteuert, dass das Buch auch bei unterschiedlichen Abständen und Winkeln perfekt ausgeleuchtet wird. Die Buchscanner der großen Marktteilnehmer arbeiten alle mit einem beweglichen Lichtbalken.

Ein moderner Buchscanner verwendet einen beweglichen Lichtbalken, der durch hochwertige LEDs erzeugt wird. Ein Gerät, das den gesamten Scanbereich auf einmal oder gar nicht beleuchtet, ist höchstwahrscheinlich kein Scanner, sondern eine überteuerte Digitalkamera.

Bits, Dichte und Rauschen

Der wohl größte Irrglaube über Scannertechnologie ist der über die Bittiefe pro Farbe, auch Farbauflösung genannt. Das erste, was Sie sich merken sollten, ist, dass Bittiefe und Dynamikbereich NICHT dasselbe sind. Sie hören sich zwar ähnlich an, sind es aber nicht, und dieser Unterschied soll hier erklärt werden. Die meisten Scanner haben heute mindestens 30 Bit Farbtiefe und viele haben eine Farbtiefe von 36, 42 oder 48 Bit. Mehr Bits werden benötigt, um numerische Werte zu halten, die einen besseren Dynamikbereich enthalten. Während die beiden Faktoren oft miteinander in Verbindung gebracht werden, gibt es noch eine zweite Anforderung. Für einen besseren Dynamikbereich sind ein hochwertiger, rauscharmer CCD-Sensor und eine entsprechende (d.h. teure) Elektronik erforderlich. Die Tatsache, dass ein Scanner behauptet, 48 Bit Farbtiefe zu haben, hat nichts mit seiner tatsächlichen optischen Dichte zu tun. Es bedeutet nur, dass 16 Bit A/D-Wandler verwendet werden.

Die folgende Tabelle zeigt die theoretische maximale Dichte für verschiedene Bittiefen. Wenn diese Werte in einem Scanner-Spezifikationsblatt zu finden sind, können Sie sie getrost komplett außer Acht lassen, da sie nur die Größe des Containers, nicht aber den Inhalt angeben.

Bits gesamt	Binäre Schritte	Maximale Dichte (kein Rauschen)	Maximale Dichte (1bit Rauschen)
30	1024	3.0	2.7
36	4096	3.6	3.3
42	16384	4.2	3.9
48	65536	4.8	4.5

Material	Maximale Dichte
Zeitungsdruck	< 1.8
Reflektierendes fotografisches Papier	2.0
Bester Druck auf Papier	2.6
Beste Filmtransparente	3.2

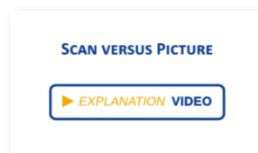
Die Dichtebereiche der realen Welt sind viel niedriger als erwartet. Die Tabelle links listet Dichtebereiche für verschiedene Materialien auf

Die Botschaft ist klar: 36 Bit Auflösung können alle numerischen Werte aufnehmen, die notwendig sind, um den Dichtebereich darzustellen, den man bei den besten Filmtransparenten findet. Ein größerer Container, 42 oder 48 Bit, ist eine Verschwendung, insbesondere weil die Verarbeitung von mehr Daten jedes System verlangsamt. Einige Systeme können mehr als 36 Bit Auflösung verwenden, um in einem späteren Verarbeitungsschritt eine Helligkeits- und Gammakorrektur in der Software zu ermöglichen, aber das bedeutet nicht, dass auch die Dichte steigt.

Viel wichtiger als die Farbtiefe ist der Rauschpegel des Systems. Moderne Buchscanner haben Zeilenkameras mit großen Pixeln bis zu 10*10µm, die viele Photonen sammeln können, bevor sie gesättigt sind. Mehr Photonen bedeuten weniger Rauschen. Wenn die Pixelgröße halbiert wird, verdoppelt sich das Rauschen, ein Problem, mit dem alle hochauflösenden Digicams zu kämpfen haben. Heute sind die Pixel einer Digicam nur noch ein Zehntel so groß wie bei einer Zeilenkamera und es ist eine Menge Rechenarbeit nötig, um ein halbwegs anständiges Bild aus ihnen herauszuholen. Das alte Sprichwort "größer ist besser" trifft auf CCD-Elemente voll zu.

36 Bit Farbauflösung ist mehr als genug für einen Buchscanner. Alles, was darüber liegt, mag in einer Broschüre attraktiv aussehen, ist aber nutzlos. Wichtiger sind die Beleuchtungsstärke und die Pixelgröße.

Guia do comprador do scanner de livros



Este **Guia do Comprador de Scanner de Livros** é publicado pela Image Access, líder mundial no mercado de scanners de livros. A Image Access produz vários modelos de scanners de livros, bem como outros scanners, e tem várias décadas de experiência no desenvolvimento bem-sucedido de tecnologias de digitalização.

O leitor entenderá o que esperar de várias tecnologias de digitalização e também entenderá que tipo de resultados podem ser esperados de uma câmera digital. Muitos dos termos técnicos e suas explicações também podem ser verificados na Wikipedia e em outras fontes, e incentivamos explicitamente o leitor a verificar nossas declarações.

Digitalização de livros



Os scanners de livros são diferentes de qualquer outro scanner de documentos porque os livros não têm uma superfície plana. Mecanicamente, os livros são um pesadelo de manusear e, se fossem reinventados pelos engenheiros de hoje, viriam em uma forma infinita, como um filme, provavelmente enrolado em dois pequenos tubos. Se esse fosse o caso, não haveria necessidade de um scanner de livros dedicado.

Infelizmente, Johannes Gutenberg não pensou em scanners quando inventou os livros na forma atual, há cerca de 600 anos; portanto, é inevitável familiarizar-se com a mecânica especial de um livro.

Embora seja possível digitalizar um livro em um scanner de mesa pressionando-o contra a placa de vidro, isso pode danificar a lombada do livro e não é a maneira correta de digitalizar um livro. É altamente recomendável usar um scanner de livros que digitalize um livro aberto de cima para baixo, da mesma forma que você normalmente o lê.

Foram desenvolvidos vários suportes para livros e outros suportes, todos com suas vantagens e desvantagens. Como os impactos mecânicos em um livro são óbvios para todos que veem um scanner de livros fisicamente, em um vídeo ou até mesmo em um folheto, evitamos analisar esses aspectos. Em vez disso, queremos nos concentrar nos recursos mais sutis dos scanners de livros, que também são mais vulneráveis a informações enganosas ou incorretas.



O mercado de scanners de livros é dominado por três grandes fornecedores, **Image Access**, **I2S** e **Zeutschel**, mas muitas empresas pequenas também estão tentando conquistar sua parte. Infelizmente para o cliente, algumas dessas empresas alegam especificações muito irreais para seus dispositivos e estão elevando as expectativas acima dos limites definidos pelo conhecimento atual da física moderna.

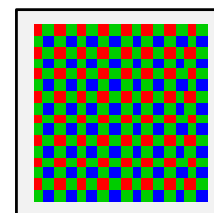
Nos últimos anos, alguns fornecedores montaram câmeras digitais em um suporte e equiparam-nas com uma tela para competir com scanners de livros reais. Eles também chamam seus sistemas de câmera digital de "scanners de livros", o que não é o caso, pois um scanner digitaliza um documento e uma câmera digital tira uma foto. Isso gerou um certo nível de confusão no mercado e a intenção deste documento é explicar as diferentes técnicas e seu impacto na qualidade da imagem, no manuseio do livro e na vida útil esperada de uma forma não tendenciosa.

A intenção deste **Guia do comprador de scanner** de livros é explicar certos termos técnicos e seu impacto na qualidade, velocidade e manuseio da digitalização de livros de forma imparcial. A segunda intenção é fornecer ferramentas e tabelas de medição fáceis de usar para determinar a resolução, a quantidade de pixels nas câmeras e outros fatores necessários para obter a qualidade desejada.

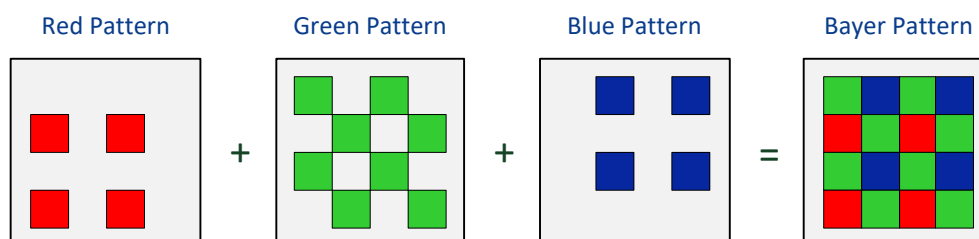
Câmeras digitais

As câmeras digitais usam CCDs de área compostos por muitos pixels extremamente pequenos, que são cobertos por um **padrão Bayer** que consiste em dois pixels verdes, um vermelho e um azul dispostos em um quádruplo. Isso reduz a resolução em um fator de dois para o canal verde e em um fator de quatro para os canais vermelho e azul. Seu tamanho pequeno também aumenta o ruído em comparação com os sensores de linha linear. Esses sensores de imagem CCD de área não são adequados para scanners, pois eles não fazem a varredura, mas tiram fotos.

Bayer Pattern CCD



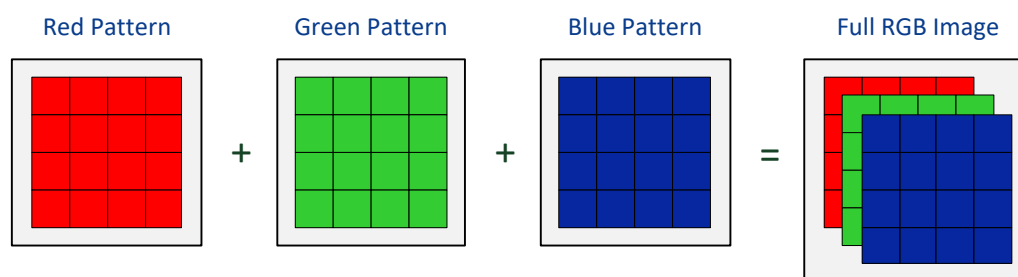
Os diagramas a seguir mostram como é gerada uma imagem de padrão Bayer de uma câmera digital.



Se um fornecedor alegar que oferece um "scanner" com uma câmera de disparo único, uma câmera matricial ou um chip, ele provavelmente será uma câmera digital comum montada em uma estrutura muito cara.

Há uma exceção de outro fornecedor de scanner de livros. Eles estão usando um sensor monocromático de alta resolução e fazem **três exposições com diferentes filtros** na frente do sensor. Cada exposição usa todos os pixels e, depois, eles são compostos em uma imagem RGB completa, como fazem todos os outros scanners comuns. Como cada exposição leva alguns segundos, é preciso garantir que não haja absolutamente nenhum movimento do objeto ou da câmera do scanner, caso contrário as três imagens não corresponderão. O melhor modelo desse fornecedor usa chips de 140 MPixels para obter uma resolução de 600 dpi em uma área de DINA2.

O diagrama a seguir mostra como uma imagem RGB completa é composta com três exposições tiradas com filtros de cores vermelho, verde e azul. **Somente as câmeras de três fotos** com filtros coloridos têm a mesma qualidade que os scanners com sensores de linha.



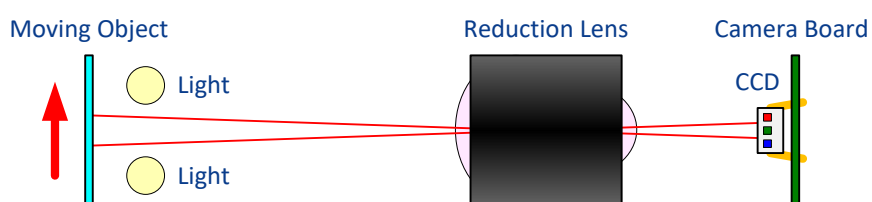
É possível obter bons resultados com essa técnica, desde que o livro esteja completamente plano, o que implica que ele seja pressionado contra uma placa de vidro.

Uma câmera digital foi projetada para tirar fotos de objetos a várias distâncias, alguns com foco e outros fora de foco. Uma câmera digital não foi projetada para substituir um scanner.

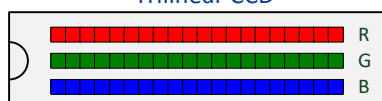
Scanners

As empresas a seguir usam apenas sensores de linha em seus scanners: Avison, Canon, Contex, Colortrac, Cruse, Epson, Fujitsu, Graphtec, HP, Image Access, Kip, Oce, Panasonic, IBML, Inotek, Microtek, Kodak, Ricoh, Rowe, Xerox, Zeutschel, nenhum desses fornecedores usa a tecnologia de câmera digital em seus scanners e há boas razões para isso. Os scanners profissionais têm sensores lineares que capturam linhas vermelhas, verdes e azuis, uma após a outra, de um documento iluminado com luz branca. A imagem é reduzida por uma lente e projetada no sensor CCD linear. O objeto (documento) está se movendo em sincronia com a exposição dos elementos CCD. Em um scanner de livros, a câmera e o sistema de lentes podem estar se movendo ou um espelho giratório faz a varredura sobre o objeto, simulando um movimento.

O elemento vermelho capturará uma linha de uma imagem, seguido por um elemento verde e um elemento azul. Depois que o computador tiver deslocado essas linhas para a ordem correta, a imagem consistirá em valores RGB na resolução total sem nenhum artefato de padrão Bayer.



Trilinear CCD

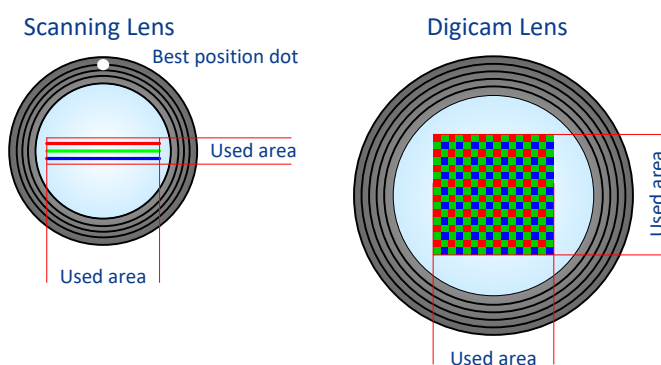


Os sensores trilineares convertem a luz em sua superfície em sinais elétricos. Os filtros de cores para vermelho, verde e azul em três fileiras consecutivas de elementos CCD proporcionam uma gama de cores muito alta, o que é típico dos scanners CCD. Os tamanhos dos pixels dos

sensores CCD de alta qualidade são bastante grandes; $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ é um valor típico e o tamanho é importante. Os pixels maiores ajudam a reduzir o ruído e outros efeitos de degradação da imagem.

Lentes de scanner

Um pixel no original em uma resolução de 600 dpi tem uma dimensão de $64\mu\text{m} \times 64\mu\text{m}$, portanto, uma lente de redução 1:6,4 deve ser usada caso os elementos do CCD tenham $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$. Isso resulta em um comprimento de trilha longo com uma grande profundidade focal. Quase todos os scanners de livros atuais usam uma câmera composta por uma lente e um elemento CCD linear alinhado de forma que apenas a distância entre esses elementos mude para manter o foco correto durante a varredura do livro.



A qualidade da lente de redução é um fator muito importante que influencia a qualidade geral do sistema de digitalização, mas as restrições são muito menores em comparação com as lentes de câmeras digitais de alta qualidade. A razão para isso é o fato de que apenas a seção central da lente é usada devido à natureza do sensor de linha. Uma lente de câmera digital não só teria que ter quase o dobro do diâmetro, como também apresentaria aberrações de cor significativas, imprecisões geométricas, como distorções de almofada de alfinetes e perda de

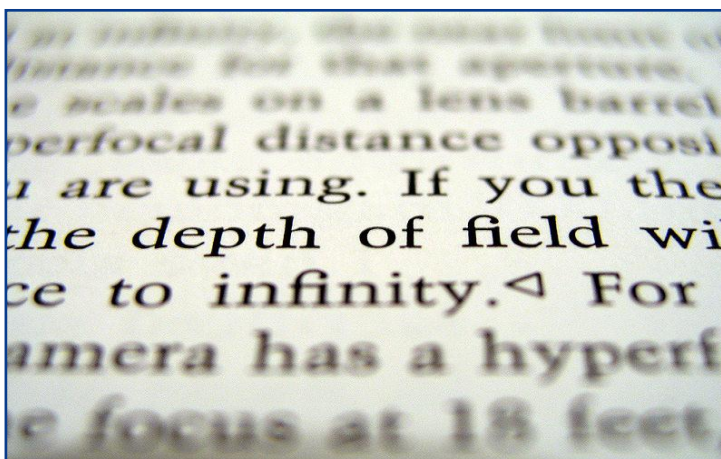
intensidade nos cantos externos. Os scanners também são usados para aplicações de controle de qualidade muito além do ponto em que apenas uma foto precisa ser tirada, portanto, a precisão é um fator essencial.

Uma "imagem de boa aparência" não substitui uma digitalização precisa.

Os livros não têm uma superfície plana, o que torna necessário digitalizar ao longo da superfície curva do livro, ajustando constantemente a distância focal para manter o foco. Há duas maneiras de digitalizar um livro, que normalmente é colocado na mesa digitalizadora em uma orientação de paisagem. Uma maneira é digitalizar de cima para baixo (ou vice-versa) e a outra maneira é digitalizar da esquerda para a direita (ou da direita para a esquerda). Ambos os métodos têm suas vantagens, mas há duas diferenças distintas: o número necessário de pixels na câmera CCD é maior se a digitalização for feita de cima para baixo em comparação com a digitalização da borda mais curta. O fator é de aproximadamente 1:1,4 porque esse é o fator entre a borda mais longa e a borda mais curta de um livro aberto em um formato DIN. A outra diferença é que o scanner precisa percorrer uma distância menor se estiver digitalizando de cima para baixo e o tempo de digitalização é menor.

Se um scanner for capaz de digitalizar lateralmente e se também for capaz de ajustar continuamente o foco e a resolução enquanto se move sobre a superfície curva, ele poderá ser construído para digitalizar documentos planos, livros abertos e até mesmo livros não totalmente abertos enquanto descansa em uma base em forma de V. Se um scanner digitalizar de cima para baixo, ele poderá fazer o mesmo, com exceção da capacidade de digitalizar documentos planos e em forma de V ao mesmo tempo.

Alguns fornecedores usam câmeras digitais e afirmam que elas também são scanners de livros, o que obviamente não é verdade. Uma câmera digital só pode tirar uma foto de um documento perfeitamente plano e também não é adequada para impressão em preto e branco de alta resolução. Para superar isso até certo ponto, esses fornecedores usam uma distância focal muito longa, o que torna seus scanners muito altos.



Outra maneira de ocultar esses problemas é usar câmeras baratas com chip de baixa resolução, pois quanto menor a resolução, maior o alcance focal.

Vida útil

Os scanners de livros podem atingir mais de 5 milhões de digitalizações durante sua vida útil. As câmeras digitais param de funcionar bem antes de 1 milhão; os detalhes podem ser encontrados aqui: www.olegkikin.com/shutterlife.

Saiba que os departamentos de marketing de alguns dos fornecedores de câmeras digitais são mais criativos do que seus departamentos de engenharia. Vimos câmeras de livros anunciadas com **300.000.000 de** ciclos de exposição, o que se traduz em uma expectativa de vida típica de 240 anos! Muitos clientes já se arrependem de suas decisões de compra baseadas em especificações publicadas ou mesmo em dados inseridos em licitações oficiais, pois algumas dessas especificações são muito enganosas, se não completamente erradas.

Responsabilize o fornecedor por suas especificações. Antes de comprar, peça amostras de digitalizações na resolução mais alta declarada. Não acredite em nenhum número de dpi ou megapixel antes de verificá-los você mesmo.

Mas o que é resolução e de quanta resolução um determinado projeto de digitalização precisa? Esse é um dos tópicos mais confusos no mercado de scanners de livros e o capítulo a seguir pretende explicar a verdade imparcial a partir de uma abordagem científica.

Resolução da tela

As telas TFT atuais têm 1600*1200 pixels na diagonal de 23" ou talvez 1920*1080 na diagonal de 24". Isso normalmente dá uma resolução de 96 pixels (na verdade, triplas de pixels vermelhos, verdes e azuis) por polegada. Vamos supor 100dpi para uma tela normal para facilitar os cálculos a seguir.

Se você exibir uma digitalização realizada com uma resolução de 100dpi em seu tamanho original (1:1, cada pixel é mostrado) em uma tela TFT típica, ela corresponderá perfeitamente ao tamanho original. A 200dpi, a imagem na tela tem o dobro da largura e do dobro do tamanho original. A 400 dpi, ela é ampliada em um fator de quatro. Com esse conhecimento, você pode facilmente fazer uma verificação rápida da resolução geométrica e compará-la com o que é anunciado. Talvez você não acredite, mas alguns fornecedores realmente trapaceiam. Já vimos uma digitalização de 150 dpi ser anunciada como 400 dpi e, nesse caso específico, até mesmo as propriedades do arquivo foram falsificadas.

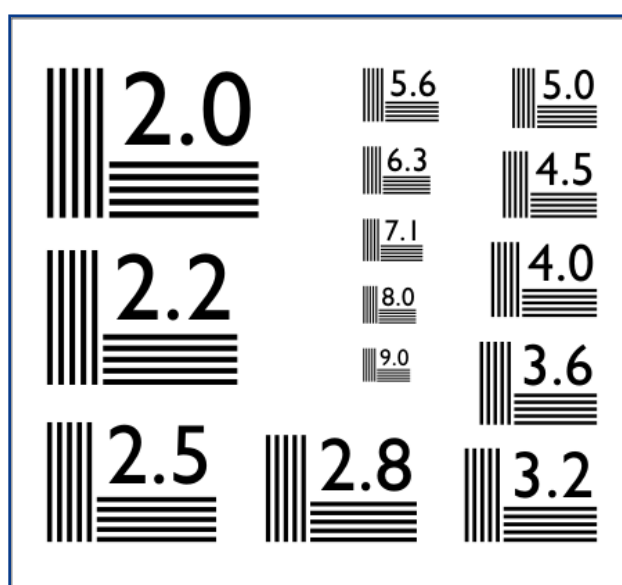
Encontre um detalhe no documento original que seja tão grande quanto a borda mais curta do seu cartão de visita e meça se esse detalhe na tela é tão longo quanto a borda mais longa do seu cartão de visita para uma digitalização de 200 dpi, 1,5 vezes mais longo para uma digitalização de 300 dpi e duas vezes mais longo para uma digitalização de 400 dpi.

Resolução do scanner

O mais confuso é o fato de que o termo "resolução" no mundo digital não descreve mais a resolução do sistema, mas sim a resolução geométrica dos elementos ópticos, normalmente os elementos CCD. A resolução geométrica foi verificada no capítulo anterior. A imagem na página anterior tem a mesma resolução geométrica de 300 dpi na parte superior e inferior, bem como no centro. Claramente, a capacidade de "resolver detalhes" é boa no meio, mas ruim acima e abaixo do plano focal.

Uma maneira amplamente aceita de determinar a resolução real do sistema é usar vários gráficos de teste de resolução. Um dos gráficos mais populares e fáceis de usar é o mostrado à direita. Esse alvo de teste de par de linhas pode ser encontrado em muitos outros alvos de teste, como o alvo de teste CSTT da Image Access ou o alvo de teste UTT (Universal Test Target) www.universaltesttarget.com

O alvo consiste em várias manchas de cinco linhas pretas separadas por quatro linhas brancas de tamanhos diferentes. O número 2.0, por exemplo, significa que há dois pares de linhas (duas pretas e duas brancas) por milímetro.



Outros alvos de teste são usados para testar as variações de iluminação, o equilíbrio de tons de cinza, a fidelidade das cores e as distorções geométricas. Uma medição objetiva pode ser feita com ferramentas de terceiros, como a Image Engineering, bem como com ferramentas de fornecedores de scanners de livros, como a Image Access. Nenhum dos fornecedores de câmeras digitais que afirmam produzir scanners de livros é conhecido por oferecer suporte ao controle automático de qualidade por meio do gráfico de teste UTT ou de qualquer outro gráfico.

Para determinar a **resolução do sistema** de um scanner **em dpi**, você deve digitalizar um alvo de teste como o acima. Um alvo de alta qualidade, baseado em papel, como o CSTT da Image Access, é suficiente para até 6,0 pares de linhas por mm; acima desse valor, um alvo de alta resolução baseado em filme deve ser usado para obter resultados corretos. Para evitar qualquer efeito de amostragem que possa produzir artefatos de moiré, o alvo de teste deve ser orientado em um ângulo de 45°. Observe a digitalização em seu tamanho original (1:1) e tente contar as linhas pretas. Lembre-se do número 4,0, por exemplo, no qual você tem certeza de que verá exatamente cinco linhas, nem mais nem menos. A tabela a seguir traduz esse valor para a resolução real do sistema. Tente fazer isso também nas bordas externas de um documento, pois elas tendem a ter menos resolução, especialmente se a digitalização não for uma digitalização, mas apenas uma foto de uma câmera digital.

LP/mm	Sistema dpi	Alvo de teste de varredura
2,0	100	Impressão de alta qualidade (Image Access CSTT ou UTT)
3,0	150	Impressão de alta qualidade (Image Access CSTT ou UTT)
4,0	200	Impressão de alta qualidade (Image Access CSTT ou UTT)
5,0	250	Impressão de alta qualidade (Image Access CSTT ou UTT)
6,0	300	Impressão de alta qualidade (Image Access CSTT ou UTT)
7,0	350	Impressão de alta qualidade (Image Access CSTT ou UTT)
8,0	400	Impressão de alta qualidade (Image Access CSTT ou UTT)
10,0	500	Alvo necessário baseado em filme (UTT)
12,0	600	Alvo necessário baseado em filme (UTT)

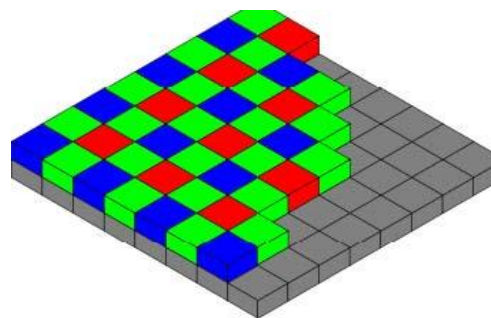
Determine o número no qual você ainda pode contar cinco linhas pretas, multiplique o valor por 50 e você obterá a resolução do sistema em dpi. Desconsidere qualquer valor mais alto em material publicitário, promessas de vendedores e especificações.

Eficiência da amostragem

A eficiência da amostragem é outra maneira de abordar o mesmo tópico: comparar a resolução real. Um scanner é classificado em 300 dpi, o que significa que devemos ver 6,0 pares de linhas por mm. Se virmos apenas 4,0 pares de linhas por mm (as câmeras digitais mostram ainda menos do que isso), a eficiência da amostragem é de $4,0/6,0 = 66\%$. Quanto maior a eficiência da amostragem, melhor é o sistema óptico geral. Um valor acima de 80% é alto o suficiente para que se possa afirmar que a resolução geométrica está próxima da resolução real. As câmeras digitais geralmente têm menos de 60%, o que basicamente indica que a resolução real está em algum lugar entre 50% e 70% da resolução declarada.

Resolução da câmera digital

As câmeras digitais não foram inventadas para **substituir os scanners**. Sua finalidade é **tirar fotos** de objetos tridimensionais junto com outros objetos. Como existe apenas um plano focal, muitos dos objetos em uma foto típica tirada com uma câmera digital estarão fora de foco de qualquer maneira, permitindo uma nitidez geral menor do que a que pode ser capturada com um scanner. Em uma foto comum, a região de interesse está próxima ao centro, o que esconde o fato de que a lente perde nitidez, precisão geométrica e registro de cores nas bordas da imagem.



Um scanner escaneia vermelho, verde e azul sequencialmente, um após o outro, e produz pixels RGB perfeitamente bons do ponto de vista geométrico.

Todas as câmeras digitais têm um **padrão Bayer**, que reduz a resolução efetiva pela metade para o canal verde e um quarto para os canais vermelho e azul. Os pixels precisam ser interpolados no software, o que produz ainda mais artefatos.

A imagem à esquerda abaixo é de um sistema de câmera digital, a imagem à direita é de um scanner de livro real. Ambas foram digitalizadas a 200dpi apenas porque essa é a resolução máxima suportada pela câmera digital. O vendedor o chama de scanner de livros, mas se você comparar as duas imagens, a diferença se torna óbvia. A imagem da esquerda está borrada e cheia de artefatos. Ela também tem um nível de ruído muito alto, o que é típico de câmeras digitais de baixo custo com seu tamanho de pixel extremamente pequeno. Muitas câmeras digitais tentam suavizar o ruído e sacrificar ainda mais detalhes, o que é inaceitável para a digitalização de documentos.

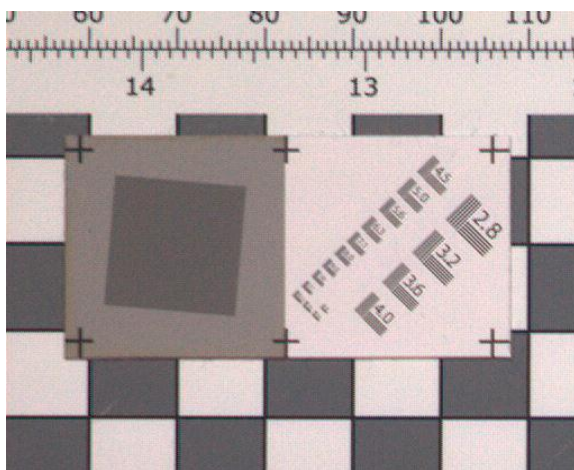
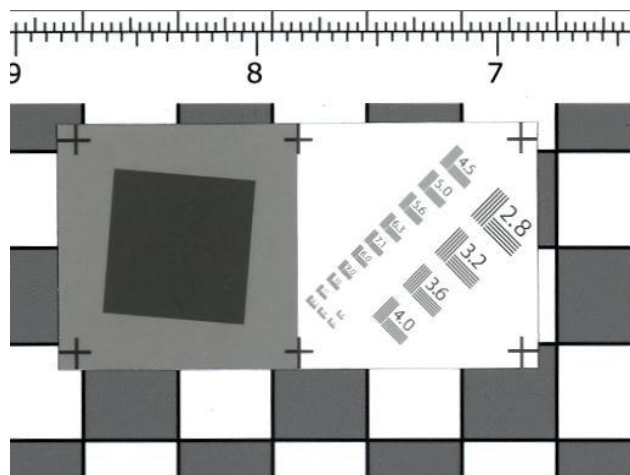


Foto de uma câmera digital book2net*



Digitalização de um scanner Bookeye 4

A incapacidade de produzir linhas retas em preto e branco também torna muito difícil para qualquer software de OCR reconhecer o texto borrado.

Uma câmera digital não é um scanner. Ela foi projetada para tirar fotos de objetos a distâncias variáveis, enquanto um scanner foi projetado para digitalizar um documento a uma distância muito bem definida, produzindo imagens nítidas e claras.

Tamanho do documento

Os scanners normais de alimentação de folhas têm uma largura máxima de documento fixa e um comprimento de documento de certa forma ilimitado. Isso se deve ao fato de que um scanner captura imagens constantemente, linha por linha, desde que o documento esteja se movendo na frente de sua câmera linear. Ele está "digitalizando" o documento linha por linha, em vez de "tirar uma foto". Do ponto de vista técnico, não há diferença entre um sistema que move o documento e um sistema que move a câmera, embora o segundo seja normalmente limitado em comprimento.

Os scanners de livros têm uma largura e um comprimento máximos para o documento e isso é normalmente especificado no formato DIN. Como eles digitalizam uma área fixa, o leitor deve avaliar cuidadosamente o tamanho real da área de digitalização. O departamento de marketing de um fornecedor, cujo scanner digitaliza apenas 20% a mais do que o A3, criou o termo "quase DIN A2".

Depois de determinar a resolução apropriada do sistema, conforme discutido no capítulo anterior, você precisa especificar o tamanho máximo do documento a ser digitalizado. Quanto maior for o documento de origem, mais pixels serão necessários. A tabela a seguir mostra o número de pixels necessários para um scanner que digitaliza ao longo da borda mais longa de um documento e um scanner que digitaliza ao longo da borda mais curta de um documento. O primeiro precisa de menos pixels e mais tempo, o segundo precisa de mais pixels e menos tempo.

Alguns fornecedores usam câmeras digitais e afirmam que elas também são scanners, o que não é verdade. Todas as câmeras digitais têm um único plano focal e, portanto, só podem tirar uma foto de alta resolução de um documento perfeitamente plano, e um livro nunca é perfeitamente plano. A impossibilidade de ajustar o foco durante uma digitalização torna absolutamente obrigatório que a câmera e o objeto estejam precisamente perpendiculares um ao outro.

Guia do comprador do scanner de livros

No entanto, listamos os requisitos de megapixels para câmeras digitais na tabela a seguir. Um pixel é definido por uma porcentagem de vermelho, verde e azul e, no caso da câmera digital, um pixel tem uma porcentagem de verde e vermelho com o conteúdo azul sendo interpolado ou verde e azul com o conteúdo vermelho sendo interpolado.

	A0 /Tamanho E	A1 / tamanho D	Tamanho A2 / C	Tamanho A3 / B	A4 / carta
Digitalização da esquerda para a direita 200dpi	3 x 6700	3 x 4700	3 x 3400	3 x 2400	3 x 1700
Digitalização de cima para baixo	3 x 9400	3 x 6700	3 x 4700	3 x 3400	3 x 2400
Câmera digital	124 Mpixel	62 Mpixel	31 Mpixel	16 Mpixel	8 Mpixel
Digitalização da esquerda para a direita 300dpi	3 x 10000	3 x 7100	3 x 5000	3 x 3600	3 x 2500
Digitalização de cima para baixo	3 x 14100	3 x 10000	3 x 7100	3 x 5000	3 x 3600
Câmera digital	279 Mpixel	140 Mpixel	70 Mpixel	35 Mpixel	18 Mpixel
Digitalização da esquerda para a direita 400dpi	3 x 13300	3 x 9400	3 x 6700	3 x 4700	3 x 3400
Digitalização de cima para baixo	3 x 18800	3 x 13300	3 x 9400	3 x 6700	3 x 4700
Câmera digital	496 Mpixel	248 Mpixel	124 Mpixel	62 Mpixel	31 Mpixel
Digitalização da esquerda para a direita 600dpi	3 x 19900	3 x 14100	3 x 10000	3 x 7100	3 x 5000
Digitalização de cima para baixo	3 x 28100	3 x 19900	3 x 14100	3 x 10000	3 x 7100
Câmera digital	1116 Mpixel	558 Mpixel	279 Mpixel	140 Mpixel	70 Mpixel

Observação: Se um fornecedor mostrar metade da contagem de pixels do que é mostrado na lista acima, ele contará todos os pixels vermelhos, verdes e azuis juntos e interpolará as duas cores que faltam por pixel. Em outras palavras, 1/3rd dos pixels são reais e 2/3rd são interpolados. A tabela acima pressupõe que 2/3rd das informações de cor de um pixel sejam reais e apenas 1/3rd interpoladas, o que ainda é menos qualidade do que uma digitalização pode produzir.

Alguns fornecedores afirmam que podem capturar imagens **DIN A2** a 400dpi com suas câmeras digitais de 30 megapixels, mas a tabela acima prova que eles estão errados, pois isso exigirá pelo menos **124 megapixels**. A 600 dpi, os maiores sensores de câmera digital disponíveis atualmente, que custam milhares de dólares americanos ou euros, só podem produzir uma mera imagem de tamanho A4, que é muito pequena para a digitalização séria de livros.

Todos os scanners de livros têm câmeras lineares de alta resolução, caso contrário não seriam chamados de scanners. Se um fornecedor que usa uma câmera digital afirmar que se aproxima das resoluções típicas de scanners de 300 dpi ou mais, verifique a tabela acima e descubra a verdade.

Velocidade e exposição

O processo de digitalização captura vários milhares de imagens por segundo e, portanto, é muito insensível a imperfeições no movimento do documento, vibrações etc. As câmeras do scanner iluminam apenas a pequena área que realmente escaneiam com uma luz intensa e de alta qualidade que, por sua vez, fornece imagens de alta qualidade e baixo ruído. Os tempos de exposição típicos estão na faixa de 250 μ s a 1.500 μ s. Por outro lado, as câmeras digitais "estáticas" de alta resolução têm tempos de exposição da ordem de alguns segundos, o que as torna muito sensíveis a todos os tipos de movimentos da câmera, do livro, do usuário e até mesmo do piso da sala em que a câmera digital está instalada.

A quantidade de luz também é um fator determinante da qualidade. Alguns fornecedores afirmam que seus scanners não precisam de luz e, portanto, não emitem nenhuma luz infravermelha ou UV. Embora a segunda afirmação seja obviamente verdadeira, a primeira é enganosa. Esses scanners dependem completamente da luz ambiente para o processo de digitalização, o que equivale a tirar uma foto com uma câmera digital sem flash. Todos sabem que o resultado de uma foto desse tipo é muito imprevisível em termos de equilíbrio de cores, ruído, reflexos e assim por diante.

Os bons scanners de livros têm sua própria fonte de luz bem controlada e de alta qualidade. O nível de luz precisa ser alto na área de interesse e não deve iluminar nada fora dessa área. O alto nível de iluminação do scanner é necessário para aumentar a "luz boa" do scanner a um nível muito mais alto do que a luz ambiente, de modo que ela anule todas as imperfeições introduzidas pela luz ambiente. Normalmente, a fonte de luz do scanner deve ser 10 a 20 vezes mais brilhante do que a luz ambiente, reduzindo a sensibilidade ao nível de luz ambiente não controlado a um nível invisível.

Ao mesmo tempo, todas as áreas que não estiverem sendo escaneadas em um determinado momento devem ser submetidas apenas a uma exposição limitada à luz para proteger os livros e o operador do scanner. Os scanners de livros que obedecem a essas regras têm uma barra de luz móvel de LED de alta intensidade que varre a superfície do livro à medida que ele é escaneado. A intensidade da luz é controlada durante a digitalização para iluminar perfeitamente o livro, mesmo em distâncias e ângulos variados. Todos os scanners de livros das principais empresas do mercado funcionam com uma barra de luz móvel.

Um scanner de livros moderno usa uma barra de luz móvel gerada por LEDs de alta qualidade. Um dispositivo que ilumina toda a área de digitalização de uma só vez ou não ilumina nada provavelmente não é um scanner, mas uma câmera digital muito cara.

Bits, densidade e ruído

Provavelmente, o maior equívoco sobre a tecnologia de scanner é o que se refere à profundidade de bits por cor, também chamada de resolução de cores. A primeira coisa a ser lembrada é que a profundidade de bits e o intervalo dinâmico NÃO são a mesma coisa. Eles parecerão muito parecidos, mas não são e essa diferença será explicada aqui. Atualmente, a maioria dos scanners tem pelo menos 30 bits de profundidade de cor e muitos têm uma profundidade de cor de 36, 42 ou 48 bits. São necessários mais bits para armazenar valores numéricos que contenham um melhor intervalo dinâmico. Embora os dois fatores sejam frequentemente associados, há também um segundo requisito. CCD e componentes eletrônicos de alta qualidade e baixo ruído (ou seja, caros) são necessários para um melhor intervalo dinâmico. O fato de um scanner afirmar que tem 48 bits de profundidade de cor não tem nada a ver com sua densidade óptica real. Significa apenas que são usados conversores A/D de 16 bits.

A tabela a seguir mostra a densidade máxima teórica para várias profundidades de bits. Se esses valores forem encontrados em uma folha de especificações do scanner, é seguro desconsiderá-los completamente, pois eles especificam apenas o tamanho do contêiner, não o conteúdo.

Total de bits	Etapas binárias	Densidade máxima (sem ruído)	Densidade máxima (ruído de 1 bit)
30	1024	3.0	2.7
36	4096	3.6	3.3
42	16384	4.2	3.9
48	65536	4.8	4.5

Material	Densidade máxima
Impressão de jornal	< 1.8
Papel fotográfico reflexivo	2.0
Melhor impressão em papel	2.6
Melhores transparências de filme	3.2

As faixas de densidade do mundo real são muito menores do que o esperado. A tabela à esquerda lista as faixas de densidade de vários materiais

A mensagem é clara: 36 bits de resolução podem conter todos os valores numéricos necessários para representar a faixa de densidade encontrada nas melhores transparências de filme. Um contêiner maior, de 42 ou 48 bits, é um desperdício, especialmente porque o manuseio de mais dados torna cada sistema mais lento. Alguns sistemas podem usar mais de 36 bits de resolução para permitir a correção de brilho e gama no software em uma etapa posterior do processamento, mas isso não significa que a densidade também aumentará.

Muito mais importante do que a profundidade da cor é o nível de ruído do sistema. Os scanners de livros modernos têm câmeras de linha com pixels grandes de até 10*10µm que podem coletar muitos fótons antes de saturar. Mais fótons significam menos ruído. Se o tamanho do pixel for cortado pela metade, o ruído dobra, um problema com o qual todas as câmeras digitais de alta resolução precisam lidar. Atualmente, os pixels de uma câmera digital têm apenas um décimo do tamanho de uma câmera de linha e é necessária muita computação para obter uma imagem minimamente decente. O velho ditado "quanto maior, melhor" se aplica totalmente aos elementos CCD.

A resolução de cor de 36 bits é mais do que suficiente para um scanner de livros. Qualquer coisa acima disso pode parecer atraente em um folheto, mas é inútil. Mais importantes são o nível de iluminação e o tamanho do pixel.

Guía del comprador de escáneres de libros

SCAN VERSUS PICTURE

▶ EXPLANATION VIDEO



Esta [guía para el comprador de escáneres de libros ha sido](#) publicada por Image Access, líder mundial en el mercado de escáneres de libros. Image Access produce varios modelos de escáneres de libros, así como otros escáneres, y cuenta con varias décadas de experiencia en el desarrollo de tecnologías de escaneo.

El lector comprenderá qué puede esperar de las distintas tecnologías de escaneo y también entenderá qué tipo de resultados puede esperar de una cámara digital. Muchos de los términos técnicos y sus explicaciones también pueden verificarse en Wikipedia y otras fuentes y animamos explícitamente al lector a verificar nuestras afirmaciones.

Escaneo de libros



Los escáneres de libros son diferentes a cualquier otro escáner de documentos porque los libros no tienen una superficie plana. Mecánicamente, los libros son una pesadilla de manejar y si fueran reinventados por los ingenieros de hoy en día, vendrían en una forma interminable como la película, probablemente enrollada en dos pequeños tubos. Si este fuera el caso, no habría ninguna necesidad de un escáner de libros dedicado.

Por desgracia, Johannes Gutenberg no pensó en los escáneres cuando inventó los libros en su forma actual hace unos 600 años, por lo que es inevitable familiarizarse con la mecánica especial de un libro.

Aunque es posible escanear un libro en un escáner plano presionándolo contra la placa de cristal, esto puede dañar el lomo del libro y no es realmente la forma correcta de escanear un libro. Recomendamos encarecidamente el uso de un escáner de libros que escanee un libro abierto desde arriba, de la misma manera que se lee normalmente.

Se han desarrollado varios soportes para libros y otros soportes, todos ellos con sus ventajas e inconvenientes. Dado que los impactos mecánicos sobre un libro son obvios para cualquiera que vea un escáner de libros físicamente, en un vídeo o incluso en un folleto, nos hemos abstenido de analizar estos aspectos. En su lugar, queremos centrarnos en las características más sutiles de los escáneres de libros, que también son más vulnerables a la información engañosa o incorrecta.



El mercado de los escáneres de libros está dominado por tres grandes proveedores, **Image Access**, **I2S** y **Zeutschel**, pero muchas pequeñas empresas también intentan hacerse con su parte. Por desgracia para el cliente, algunas de estas empresas reclaman especificaciones muy poco realistas para sus dispositivos y están elevando las expectativas por encima de los límites definidos por los conocimientos actuales de la física moderna.

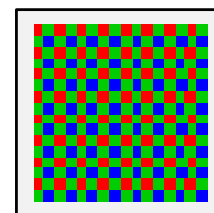
En los últimos dos años, algunos proveedores han montado cámaras digitales sobre un soporte y equipadas con una pantalla para competir con los verdaderos escáneres de libros. También llaman a sus sistemas de cámaras digitales "escáneres de libros", lo cual no es cierto porque un escáner escanea un documento y una cámara digital hace una foto. Esto ha provocado cierto nivel de confusión en el mercado y la intención de este documento es explicar las diferentes técnicas y su impacto en la calidad de la imagen, el manejo del libro y la vida útil esperada de una manera no sesgada.

La intención de esta **Guía para el comprador de escáneres de libros** es explicar ciertos términos técnicos y su impacto en la calidad, la velocidad y el manejo del escaneo de libros de forma imparcial. La segunda intención es proporcionar herramientas y tablas de medición fáciles de usar para determinar la resolución, la cantidad de píxeles en las cámaras y otros factores necesarios para lograr la calidad deseada.

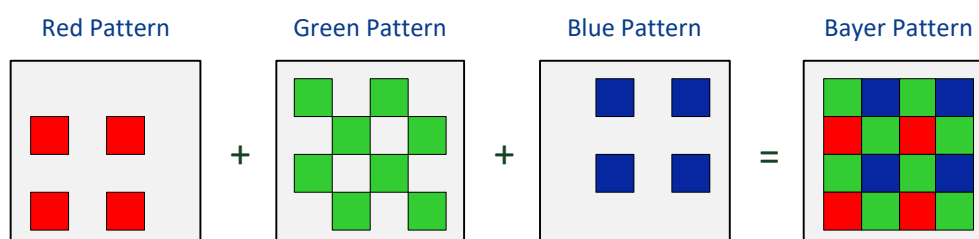
Cámaras digitales

Las cámaras digitales utilizan CCDs de área compuestos por muchos píxeles extremadamente pequeños, que se cubren con un **patrón Bayer formado** por dos píxeles verdes, uno rojo y uno azul dispuestos en cuádruple. Esto reduce la resolución en un factor de dos para el canal verde y en un factor de cuatro para los canales rojo y azul. Su pequeño tamaño también aumenta el ruido en comparación con los sensores lineales. Estos sensores de imagen CCD de área no son adecuados para los escáneres, ya que no escanean, sino que toman fotografías.

Bayer Pattern CCD



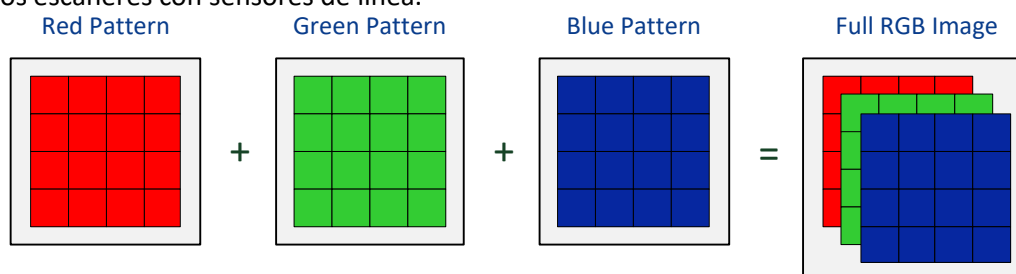
Los siguientes diagramas muestran cómo se genera una imagen de patrón Bayer de una cámara digital.



Si un vendedor dice ofrecer un "escáner" con una cámara de una sola toma, una cámara matricial o un chip, lo más probable es que se trate de una cámara digital ordinaria montada en un marco excesivamente caro.

Hay una excepción de otro vendedor de escáneres de libros. Utilizan un sensor monocromo de alta resolución y toman **tres exposiciones con diferentes filtros** delante del sensor. Cada exposición utiliza todos los píxeles y después se componen en una imagen RGB completa como hacen todos los demás escáneres ordinarios. Dado que cada exposición dura unos segundos, hay que asegurarse de que no haya ningún movimiento del objeto o de la cámara del escáner, ya que de lo contrario las tres imágenes no coincidirán. El mejor modelo de este proveedor utiliza chips de 140MPixel para obtener una resolución de 600dpi en un área de DINA2.

El siguiente diagrama muestra cómo se compone una imagen RGB completa con tres exposiciones tomadas con filtros de color rojo, verde y azul. **Sólo las cámaras de tres disparos con filtros de color** tienen la misma calidad que los escáneres con sensores de línea.



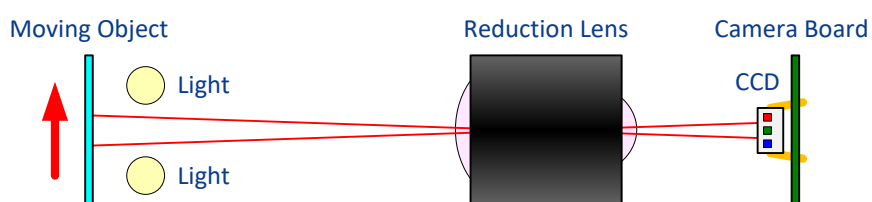
Es posible conseguir buenos resultados con esta técnica, siempre que el libro esté completamente plano, lo que implica que se presione contra una placa de cristal.

Una cámara digital está diseñada para tomar fotografías de objetos a distintas distancias, algunas enfocadas y otras desenfocadas. Una cámara digital no está diseñada para sustituir a un escáner.

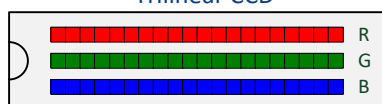
Escáneres

Las siguientes empresas sólo utilizan sensores de línea para sus escáneres: Avision, Canon, Contex, Colortrac, Cruse, Epson, Fujitsu, Graphtec, HP, Image Access, Kip, Océ, Panasonic, IBML, Inotek, Microtek, Kodak, Ricoh, Rowe, Xerox, Zeutschel, ninguno de estos proveedores utiliza la tecnología digicam para sus escáneres y hay buenas razones para ello. Los escáneres profesionales tienen sensores lineales que capturan las líneas rojas, verdes y azules, una tras otra, de un documento iluminado con luz blanca. La imagen se reduce mediante una lente y se proyecta en el sensor CCD lineal. El objeto (documento) se mueve de forma sincronizada con la exposición de los elementos del CCD. En un escáner de libros, la cámara y el sistema de lentes pueden estar en movimiento o un espejo giratorio escanea sobre el objeto simulando un movimiento.

El elemento rojo capturará una línea de una imagen seguida por un elemento verde y un elemento azul. Después de que el ordenador haya desplazado estas líneas en el orden correcto, la imagen consistirá en valores RGB en la resolución completa sin ningún artefacto de patrón Bayer.



Trilinear CCD

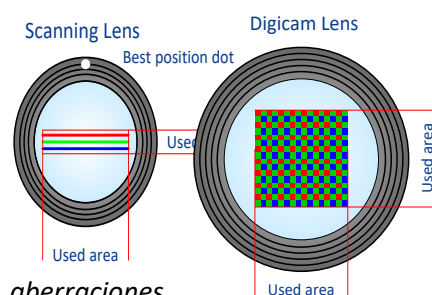


Los sensores trilineales convierten la luz en su superficie en señales eléctricas. Los filtros de color para el rojo, el verde y el azul en tres filas consecutivas de elementos CCD proporcionan una gama de colores muy alta, típica de los escáneres CCD. El tamaño de los píxeles de los sensores

CCD de alta calidad es bastante grande; $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ es un valor típico y el tamaño importa. Los píxeles más grandes ayudan a reducir el ruido y otros efectos de degradación de la imagen.

Lentes de escáner

Un píxel en el original con una resolución de 600 ppp tiene una dimensión de $64\mu\text{m} \times 64\mu\text{m}$, por lo que debe utilizarse una lente de reducción 1:6.4 en caso de que los elementos del CCD sean de $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$. Esto da lugar a una gran longitud de pista con una gran profundidad focal. Hoy en día, casi todos los escáneres de libros utilizan una cámara compuesta por una lente y un elemento CCD lineal alineados de forma que sólo cambia la distancia entre estos elementos para mantener el enfoque correcto durante el barrido sobre el libro.



aberraciones

La calidad del objetivo reductor es un factor muy importante que influye en la calidad general del sistema de escaneado, pero las limitaciones son mucho menores en comparación con los objetivos de las cámaras digitales de alta calidad. La razón es el hecho de que sólo se utiliza la parte central de la lente debido a la naturaleza del sensor de líneas. El objetivo de una cámara digital no sólo tendría que tener *casi el doble de diámetro, sino que también mostraría importantes cromáticas, imprecisiones geométricas como distorsiones de cojín de*

alfiler y una pérdida de intensidad en las esquinas exteriores. Los escáneres también se utilizan para aplicaciones de control de calidad más allá del punto en el que sólo hay que tomar una foto, por lo que la precisión es un factor clave.

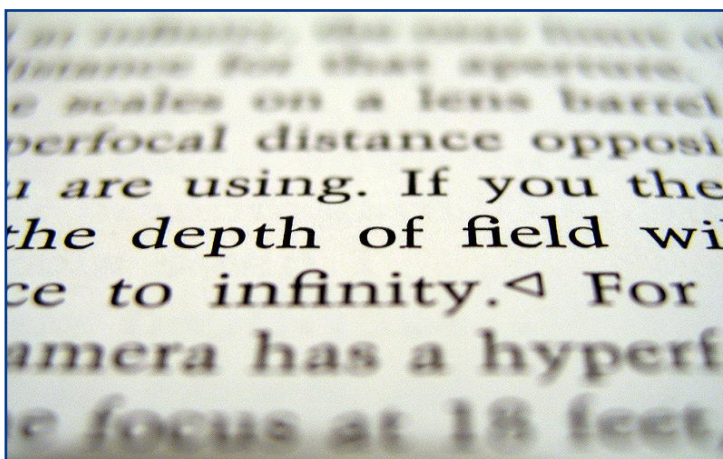
Una "imagen bonita" no es un sustituto de un escaneo preciso.

Principios de escaneo

Los libros no tienen una superficie plana, por lo que es necesario escanear a lo largo de la superficie curva del libro mientras se ajusta constantemente la distancia focal para mantener el enfoque. Hay dos maneras de escanear un libro, que normalmente se coloca en el lecho de escaneado en orientación horizontal. Una forma es escanear de arriba a abajo (o viceversa) y la otra es escanear de izquierda a derecha (o de derecha a izquierda). Ambos métodos tienen sus ventajas, pero hay dos diferencias distintivas: el número de píxeles necesario en la cámara CCD es mayor si se escanea de arriba a abajo en comparación con el escaneo del borde más corto. El factor es aproximadamente 1:1,4 porque éste es el factor entre el borde más largo y el borde más corto de un libro abierto en formato DIN. La otra diferencia es que el escáner tiene que recorrer una distancia más corta si escanea de arriba a abajo y el tiempo de escaneo es menor.

Si un escáner es capaz de escanear desde un lado y si además es capaz de ajustar continuamente el enfoque y la resolución mientras se desplaza por la superficie curva, puede construirse para escanear documentos planos, libros abiertos e incluso libros no abiertos del todo mientras descansan en un soporte en forma de V. Si un escáner escanea de arriba abajo, puede hacer lo mismo con la excepción de la capacidad de escanear documentos planos y en forma de V al mismo tiempo.

Algunos vendedores utilizan cámaras digitales y afirman que también son escáneres de libros, lo que obviamente no es cierto. Una cámara digital sólo puede tomar una foto de un documento perfectamente plano y tampoco es adecuada para la impresión en blanco y negro de alta resolución. Para superar esto hasta cierto punto, estos vendedores utilizan una distancia focal muy larga que hace que sus escáneres sean muy altos.



Otra forma de ocultar estos problemas es utilizar cámaras baratas con chip de baja resolución, ya que a menor resolución, mayor rango focal.

Vida útil

Los escáneres de libros pueden alcanzar más de 5 millones de escaneos durante la vida útil del escáner. Muchas cámaras digitales no logran ni 1 millón, los detalles se pueden encontrar aquí: www.olegkikin.com/shutterlife.

Tenga en cuenta que los departamentos de marketing de algunos proveedores de cámaras digitales son más creativos que sus departamentos de ingeniería. Hemos visto cámaras libro anunciadas con **300.000.000 de** ciclos de exposición, lo que se traduce en una esperanza de vida típica de 240 años. Muchos clientes ya se han arrepentido de sus decisiones de compra basadas en las especificaciones publicadas o incluso en los datos introducidos en las licitaciones oficiales, ya que algunas de estas especificaciones son muy engañosas, si no completamente erróneas.

Haga responsable al vendedor de sus especificaciones. Antes de comprar, pida escaneos de muestra con la resolución más alta que se diga. No te creas ninguna cifra de ppp o megapíxeles antes de haberla verificado tú mismo.

Pero, ¿qué es la resolución y cuánta resolución necesita un determinado proyecto de digitalización? Este es uno de los temas más confusos en el mercado de los escáneres de libros y el siguiente capítulo pretende explicar la verdad imparcial desde un enfoque científico.

Resolución de la pantalla

Las pantallas TFT actuales tienen 1600*1200 píxeles en una diagonal de 23" o quizás 1920*1080 en una diagonal de 24". Esto suele dar una resolución de 96 píxeles (en realidad, tripletes de píxeles rojos, verdes y azules) por pulgada. Supongamos 100 ppp para una pantalla normal para facilitar los siguientes cálculos.

Si se muestra un escaneo realizado a una resolución de 100 ppp en su tamaño original (1:1, se muestra cada píxel) en una pantalla TFT típica, se ajustará perfectamente al tamaño original. A 200dpi la imagen en la pantalla es el doble de ancha y el doble que el original. A 400 ppp, se multiplica por cuatro. Con este conocimiento puedes hacer fácilmente una comprobación rápida de la resolución geométrica y compararla con lo que se anuncia. Puede que no te lo creas, pero algunos vendedores realmente engañan. Hemos visto un escáner de 150 ppp anunciado como de 400 ppp y, en este caso concreto, incluso las propiedades del archivo estaban falseadas.

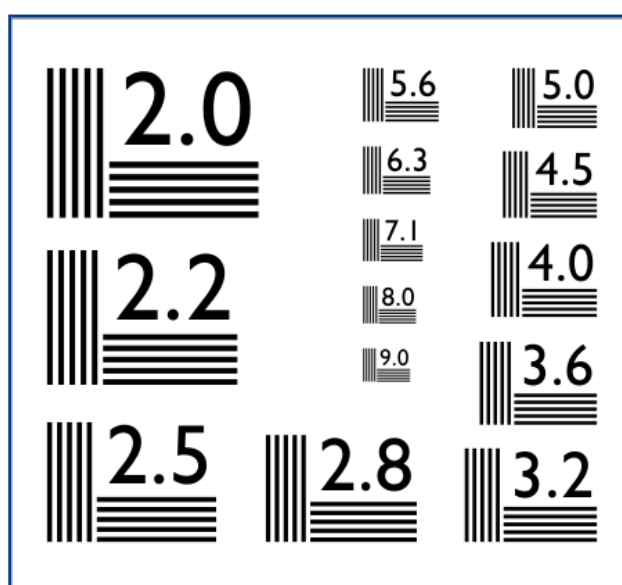
Busque un detalle en el documento original que sea tan grande como el borde más corto de su tarjeta de presentación y mida si este detalle en la pantalla es tan largo como el borde más largo de su tarjeta de presentación para un escaneo de 200 ppp, 1.5 veces más largo para un escaneo de 300 ppp y dos veces más largo para un escaneo de 400 ppp.

Resolución del escáner

Lo más confuso es el hecho de que el término "resolución" en el mundo digital ya no describe la resolución del sistema, sino la resolución geométrica de los elementos ópticos, normalmente los elementos CCD. La resolución geométrica se comprobó en el capítulo anterior. La imagen de la página anterior tiene la misma resolución geométrica de 300 ppp tanto en la parte superior e inferior como en el centro. Está claro que la capacidad de "resolver detalles" es buena en el centro, pero mala por encima y por debajo del plano focal.

Una forma ampliamente aceptada de determinar la resolución real del sistema es utilizar varios gráficos de prueba de resolución. Uno de los gráficos más populares y fáciles de usar es el que se muestra a la derecha. Este objetivo de prueba de pares de líneas puede encontrarse en muchos otros objetivos de prueba como el objetivo de prueba CSTT de Image Access o el objetivo de prueba UTT (Universal Test Target) www.universaltesttarget.com

El objetivo consiste en varias manchas de cinco líneas negras separadas por cuatro líneas blancas de diferentes tamaños. El número 2.0, por ejemplo, significa que hay dos pares de líneas (dos negras y dos blancas) por milímetro.



Otros objetivos de prueba se utilizan para comprobar las variaciones de la iluminación, el equilibrio de tonos grises, la fidelidad del color y las distorsiones geométricas. Se puede realizar una medición objetiva con herramientas de terceros como Image Engineering, así como con herramientas de proveedores de escáneres de libros como Image Access. No se sabe que ninguno de los proveedores de cámaras digitales que dicen producir escáneres de libros admita el control de calidad automático a través de la tabla de pruebas UTT o de cualquier otra tabla.

Para determinar la **resolución del sistema** de un escáner **en dpi**, debe escanear un objetivo de prueba como el de arriba. Un objetivo de alta calidad basado en papel como el CSTT de Image Access es suficiente hasta 6.0 pares de líneas por mm, por encima de este valor se debe utilizar un objetivo de alta resolución basado en película para obtener resultados correctos. Para evitar cualquier efecto de muestreo que pueda producir artefactos de moaré, el objetivo de prueba debe estar orientado en un ángulo de 45°. Observe el escaneado en su tamaño original (1:1) e intente contar las líneas negras. Recuerde, por ejemplo, el número 4.0, con el que está seguro de ver exactamente cinco líneas, ni más ni menos. La siguiente tabla traduce este valor a la resolución real del sistema. Pruébalo también en los bordes exteriores de un documento, ya que éstos suelen tener menos resolución, sobre todo si el escaneo no es un escaneo sino sólo una foto de una digicam.

LP/mm	Sistema de ppp	Escanear el objetivo de la prueba
2.0	100	Impresión de alta calidad (Image Access CSTT o UTT)
3.0	150	Impresión de alta calidad (Image Access CSTT o UTT)
4.0	200	Impresión de alta calidad (Image Access CSTT o UTT)
5.0	250	Impresión de alta calidad (Image Access CSTT o UTT)
6.0	300	Impresión de alta calidad (Image Access CSTT o UTT)
7.0	350	Impresión de alta calidad (Image Access CSTT o UTT)
8.0	400	Impresión de alta calidad (Image Access CSTT o UTT)
10.0	500	Objetivo basado en la película necesaria (UTT)
12.0	600	Objetivo basado en la película necesaria (UTT)

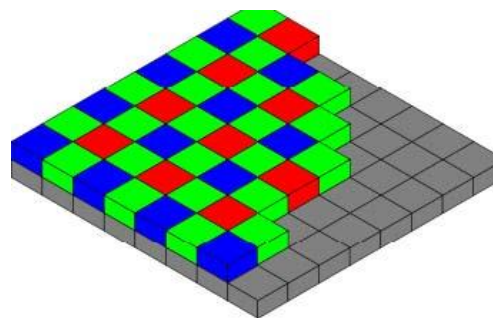
Determina el número con el que todavía puedes contar cinco líneas negras, multiplica el valor por 50 y obtendrás la resolución del sistema en ppp. No tengas en cuenta los valores superiores que aparecen en el material publicitario, las promesas de los vendedores y las especificaciones.

Eficiencia del muestreo

La eficacia del muestreo es otra forma de abordar el mismo tema: comparar la resolución real. Un escáner tiene una resolución de 300 ppp, lo que significa que deberíamos ver 6.0 pares de líneas por mm. Si sólo vemos 4 pares de líneas por mm (las cámaras digitales muestran incluso menos que eso), la eficiencia de muestreo es de $4.0/6.0 = 66\%$. Cuanto mayor sea la eficiencia de muestreo, mejor será el sistema óptico en general. Un valor superior al 80% es lo suficientemente alto como para poder afirmar que la resolución geométrica se acerca a la resolución real. Las cámaras digitales suelen tener un valor inferior al 60%, lo que básicamente indica que la resolución real está entre el 50% y el 70% de la resolución declarada.

Resolución de la cámara digital

Las cámaras digitales no se inventaron para **sustituir a los escáneres**. Su finalidad es **tomar fotografías** de objetos tridimensionales junto con otros objetos. Dado que sólo existe un plano focal, muchos de los objetos de una foto típica tomada con una cámara digital estarán desenfocados de todos modos, lo que permite una menor nitidez general que la que se puede capturar con un escáner. En una imagen típica, la región de interés está en algún lugar cercano al centro, lo que oculta el hecho de que el objetivo pierde nitidez, precisión geométrica y registro de color en los bordes de la imagen.



Un escáner escanea el rojo, el verde y el azul secuencialmente, uno tras otro, y produce píxeles RGB perfectamente buenos desde el punto de vista geométrico.

Todas las cámaras digitales tienen un **patrón Bayer**, que reduce la resolución efectiva a la mitad para el canal verde y a un cuarto para los canales rojo y azul. Los píxeles tienen que ser interpolados en el software, lo que produce aún más artefactos.

La imagen de la izquierda de abajo es de un sistema de cámara digital, la de la derecha es de un escáner de libros reales. Ambas están escaneadas a 200dpi sólo porque ésta es la máxima resolución que admite la cámara digital. El vendedor lo llama escáner de libros, pero si se comparan las dos imágenes, la diferencia se hace evidente. La imagen de la izquierda está borrosa y llena de artefactos. También tiene un nivel de ruido muy alto, típico de las cámaras digitales de gama baja con su tamaño de píxel extremadamente pequeño. Muchas cámaras digitales intentan suavizar el ruido y sacrificar aún más detalles, lo que es inaceptable para el escaneo de documentos.

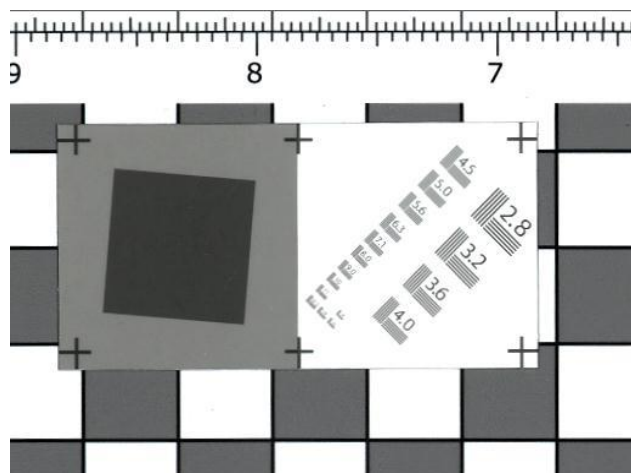
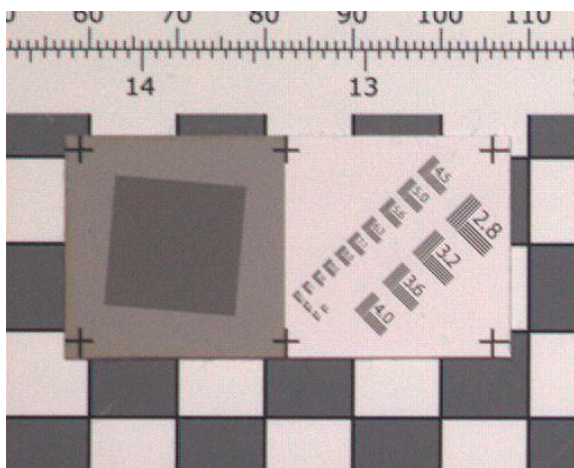


Imagen de una cámara digital book2net*.

Escaneo desde un escáner Bookeye 4

La incapacidad de producir líneas rectas en blanco y negro también hace que sea muy difícil para cualquier software OCR reconocer el texto borroso.

Una cámara digital no es un escáner. Está diseñada para tomar fotos de objetos a distancias variables, mientras que un escáner está diseñado para escanear un documento a una distancia muy bien definida, produciendo imágenes nítidas y definidas.

Tamaño del documento

Los escáneres normales de alimentación de hojas tienen una anchura de documento máxima fija y una longitud de documento algo ilimitada. Esto se debe a que un escáner toma constantemente imágenes línea por línea mientras el documento se mueve delante de su cámara de línea. Se trata de "escanear" el documento línea por línea, a diferencia de "hacer una foto". Desde un punto de vista técnico, no hay diferencia entre un sistema que mueve el documento y un sistema que mueve la cámara, aunque el segundo suele tener una longitud limitada.

Los escáneres de libros tienen una anchura y una longitud máximas del documento, que suelen estar especificadas en formato DIN. Dado que escanean un área fija, el lector debe evaluar cuidadosamente el tamaño real del área de escaneado. El departamento de marketing de un proveedor, cuyo escáner escanea sólo un 20% más que el A3, inventó el término "casi DIN A2".

Una vez que haya determinado la resolución adecuada del sistema, como se ha comentado en el capítulo anterior, deberá especificar el tamaño máximo del documento que se va a escanear. Cuanto más grande sea el documento de origen, más píxeles se necesitarán. La siguiente tabla muestra el número de píxeles necesarios para un escáner que escanea a lo largo del borde más largo de un documento y un escáner que escanea a lo largo del borde más corto de un documento. El primero necesita menos píxeles y más tiempo, el segundo necesita más píxeles y menos tiempo.

Algunos vendedores utilizan cámaras digitales y afirman que también son escáneres, lo cual no es cierto. Todas las cámaras digitales tienen un único plano focal y, por lo tanto, sólo pueden tomar una imagen de alta resolución de un documento perfectamente plano, y un libro nunca es perfectamente plano. La imposibilidad de ajustar el enfoque durante un escaneo hace que sea absolutamente obligatorio tener la cámara y el objeto precisamente perpendiculares entre sí.

Guía del comprador de escáneres de libros

No obstante, en la siguiente tabla hemos enumerado los requisitos de megapíxeles para las cámaras digitales. Un píxel se define por un porcentaje de rojo, verde y azul y, en el caso de la digicam, un píxel tiene un porcentaje de verde y rojo con el contenido azul interpolado o un verde y un azul con el contenido rojo interpolado.

	A0 /Tamaño E	A1 / Tamaño D	A2 / Tamaño C	A3 / tamaño B	A4 / carta
Escanear de izquierda a derecha 200dpi	3 x 6700	3 x 4700	3 x 3400	3 x 2400	3 x 1700
Escanear de arriba a abajo	3 x 9400	3 x 6700	3 x 4700	3 x 3400	3 x 2400
Digicam	124 Mpixel	62 Mpixel	31 Mpixel	16 Mpixel	8 Mpixel
Escanear de izquierda a derecha 300dpi	3 x 10000	3 x 7100	3 x 5000	3 x 3600	3 x 2500
Escanear de arriba a abajo	3 x 14100	3 x 10000	3 x 7100	3 x 5000	3 x 3600
Digicam	279 Mpixel	140 Mpixel	70 Mpixel	35 Mpixel	18 Mpixel
Escanear de izquierda a derecha 400dpi	3 x 13300	3 x 9400	3 x 6700	3 x 4700	3 x 3400
Escanear de arriba a abajo	3 x 18800	3 x 13300	3 x 9400	3 x 6700	3 x 4700
Digicam	496 Mpixel	248 Mpixel	124 Mpixel	62 Mpixel	31 Mpixel
Escanear de izquierda a derecha 600dpi	3 x 19900	3 x 14100	3 x 10000	3 x 7100	3 x 5000
Escanear de arriba a abajo	3 x 28100	3 x 19900	3 x 14100	3 x 10000	3 x 7100
Digicam	1116 Mpixel	558 Mpixel	279 Mpixel	140 Mpixel	70 Mpixel

Nota: Si un proveedor muestra la mitad del número de píxeles de lo que se muestra en la lista anterior, cuenta todos los píxeles rojos, verdes y azules juntos e interpola los dos colores que faltan por píxel. En otras palabras, 1/3 de los píxeles son reales y 2/3 son interpolados. La tabla anterior supone que 2/3 de la información de color de un píxel es real y sólo 1/3 interpolada, lo que sigue siendo una calidad inferior a la que puede producir un escáner.

Algunos proveedores afirman que pueden capturar imágenes **DIN A2** a 400 ppp con sus cámaras digitales de 30 megapíxeles, pero la tabla anterior demuestra que están equivocados porque para ello se necesitan al menos **124 megapíxeles**. A 600 ppp, los sensores de las cámaras digitales más grandes disponibles hoy en día, que cuestan miles de dólares o euros, sólo pueden producir una imagen de tamaño A4, que es demasiado pequeña para el escaneo serio de libros.

Todos los escáneres de libros tienen cámaras de línea de alta resolución, de lo contrario no se llamarían escáneres. Si un vendedor que utiliza una cámara digital afirma que se acerca a las resoluciones típicas de los escáneres de 300 ppp y superiores, compruebe la tabla anterior y averigüe la verdad.

Velocidad y exposición

El proceso de escaneo toma varios miles de imágenes por segundo y, por tanto, es muy insensible a las imperfecciones del movimiento del documento, las vibraciones, etc. Las cámaras de los escáneres sólo iluminan la pequeña área que realmente escanean con una luz intensa y de alta calidad que, a cambio, proporciona imágenes de alta calidad y bajo ruido. Los tiempos de exposición típicos están en el rango de 250µs a 1.500µs. Por otro lado, las cámaras digitales de alta resolución tienen tiempos de exposición de un par de segundos, lo que las hace muy sensibles a todo tipo de movimientos de la cámara, el libro, el usuario e incluso el suelo de la habitación en la que está instalada la cámara digital.

La cantidad de luz también es un factor determinante de la calidad. Algunos proveedores afirman que sus escáneres no necesitan luz en absoluto y que, por tanto, no emiten ningún tipo de luz infrarroja o UV. Mientras que la segunda afirmación es obviamente cierta, la primera es engañosa. Estos escáneres dependen completamente de la luz ambiental para el proceso de escaneo, lo que equivale a tomar una foto con una cámara digital sin flash. Todo el mundo sabe que el resultado de una foto de este tipo es muy impredecible en términos de equilibrio de color, ruido, reflejos, etc.

Los buenos escáneres de libros tienen su propia fuente de luz bien controlada y de alta calidad. El nivel de luz debe ser alto en el área de interés y no debe iluminar nada fuera de esta área. El alto nivel de iluminación del escáner es necesario para potenciar la "luz buena" del escáner a un nivel mucho más alto que la luz ambiental, de modo que anule todas las imperfecciones introducidas por la luz ambiental. La fuente de luz del escáner debe ser normalmente 10 - 20 veces más brillante que la luz ambiental, reduciendo la sensibilidad al nivel de luz ambiental no controlada a un nivel invisible.

Al mismo tiempo, todas las zonas que no se estén escaneando en un momento dado sólo deben estar sometidas a una exposición lumínica limitada para proteger los libros y al operador del escáner. Los escáneres de libros que obedecen estas reglas tienen una barra luminosa móvil de luz LED de alta intensidad que barre la superficie del libro mientras se escanea. La intensidad de la luz se controla durante el escaneo para iluminar perfectamente el libro incluso a diferentes distancias y ángulos. Todos los escáneres de libros de los principales operadores del mercado funcionan con una barra de luz móvil.

Un escáner de libros moderno utiliza una barra de luz móvil generada por LEDs de alta calidad. Un dispositivo que ilumina toda el área de escaneo a la vez o no lo hace, lo más probable es que no sea un escáner, sino una cámara digital demasiado cara.

Bits, densidad y ruido

Probablemente el mayor error sobre la tecnología de los escáneres es el que se refiere a la profundidad de bits por color, también llamada resolución de color. Lo primero que hay que recordar es que la profundidad de bits y el rango dinámico NO son lo mismo. Van a sonar muy parecido, pero no lo son y esta diferencia se explicará aquí. La mayoría de los escáneres tienen ahora una profundidad de color de al menos 30 bits y muchos tienen una profundidad de color de 36, 42 o 48 bits. Se necesitan más bits para mantener los valores numéricos que contienen un mejor rango dinámico. Aunque los dos factores se asocian a menudo, existe también un segundo requisito. Se necesita un CCD y una electrónica de alta calidad y bajo ruido (es decir, caros) para obtener un mejor rango dinámico. El hecho de que un escáner diga tener 48 bits de profundidad de color no tiene nada que ver con su densidad óptica real. Sólo significa que se utilizan convertidores A/D de 16 bits.

La siguiente tabla muestra la densidad máxima teórica para varias profundidades de bits. Si estos valores se encuentran en la hoja de especificaciones de un escáner, es seguro ignorarlos por completo porque sólo especifican el tamaño del contenedor, no el contenido.

Total de Bits	Pasos binarios	Densidad máxima (sin ruido)	Densidad máxima (ruido de 1 bit)
30	1024	3.0	2.7
36	4096	3.6	3.3
42	16384	4.2	3.9
48	65536	4.8	4.5

Material	Densidad máxima
Impresión de periódicos	< 1.8
Papel fotográfico reflectante	2.0
Mejor impresión en papel	2.6
Las mejores transparencias de película	3.2

Los rangos de densidad en el mundo real son mucho más bajos de lo esperado. La tabla de la izquierda muestra los rangos de densidad de varios materiales

El mensaje es claro: 36 bits de resolución pueden contener todos los valores numéricos necesarios para representar el rango de densidad que se encuentra en las mejores transparencias de película. Un contenedor mayor, de 42 o 48 bits, es un desperdicio, sobre todo porque manejar más datos ralentiza todos los sistemas. Algunos sistemas pueden utilizar más de 36 bits de resolución para permitir la corrección del brillo y la gamma en el software en un paso posterior del procesamiento, pero esto no significa que la densidad también aumente.

Mucho más importante que la profundidad de color es el nivel de ruido del sistema. Los escáneres de libros modernos tienen cámaras de línea con grandes píxeles de hasta 10*10µm que pueden recoger muchos fotones antes de saturarse. Más fotones significan menos ruido. Si el tamaño del píxel se reduce a la mitad, se duplica el ruido, un problema al que tienen que hacer frente todas las cámaras digitales de alta resolución. Hoy en día, los píxeles de una digicam son sólo una décima parte del tamaño de una cámara de línea y se necesita mucha computación para obtener una imagen medianamente decente de ellos. El viejo dicho "cuanto más grande, mejor" se aplica plenamente a los elementos CCD.

Una resolución de color de 36 bits es más que suficiente para un escáner de libros. Cualquier cosa por encima de eso puede resultar atractiva en un folleto, pero es inútil. Más importantes son el nivel de iluminación y el tamaño de los píxeles.