

Thor Stone Education

# Digital bildteknik

# Digitala bilder och upplösning

## Bildupplösning

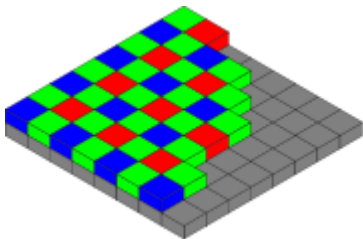
Upplösningen av en bild från en digitalkamera begränsas ofta av kamerans sensor (vanligen en CCD- eller CMOS-sensor) som omvandlar ljus till elektriska signaler, och som ersätter filmens roll i traditionell fotografering. De elektriska laddningar leds ut till ett signalbehandlingssystem och sparas på någon typ av minne.

Charge-Coupled Device (engelska för laddningskopplad mekanism) är en typ av elektronisk halvledarbricka som mäter ljusstyrkan som faller på den. Den används till exempel inom astronomi samt som bildsensor i digitalkameror. CCD-sensorn omvandlar fotoner till elektriska laddningar som sedan leds ut till ett signalbehandlingssystem. (Egentligen sitter själva AD-omvandlaren på ett separat chip när det gäller CCD. CMOS kan ha denna omvandling inbakad i sensorn.)

Förutom antal bildpunkter (pixlar) är också storleken på CCD:n av vikt, eftersom detta ökar ljuskänsligheten samt ger bättre möjlighet till begränsat skärpedjup, t.ex. vid porträttfotografering. (Depth of Field)

Två av 2009 års nobelpristagare i fysik, Willard Boyle och George Smith, fick priset för sitt arbete med framtagandet av CCD-sensorn.

Sensorn består av ett antal pixlar eller ljuskänsliga punkter som i huvudsak räknar fotonerna som träffar sensorn. Antalet pixlar i bildens bredd och höjd bestämmer bildens pixelantal. Till exempel en bild med 640 x 480 pixlar innehåller 307 200 pixlar, eller cirka 307 kilopixel; en bild med 3872 x 2592 pixlar har 10 036 224 pixlar, eller cirka 10 megapixel.

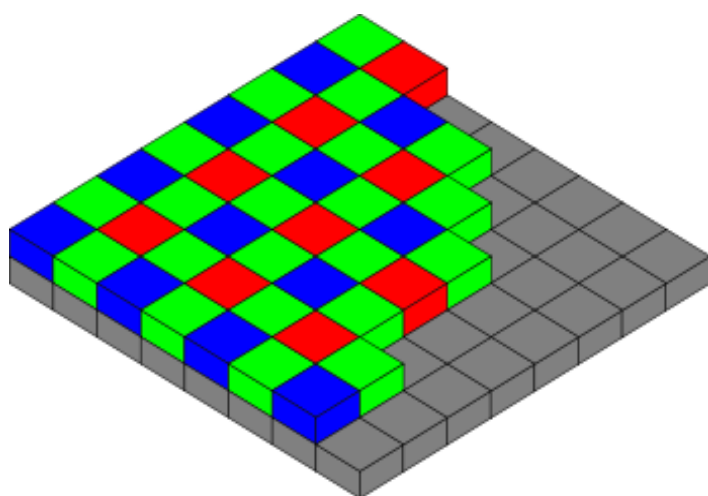
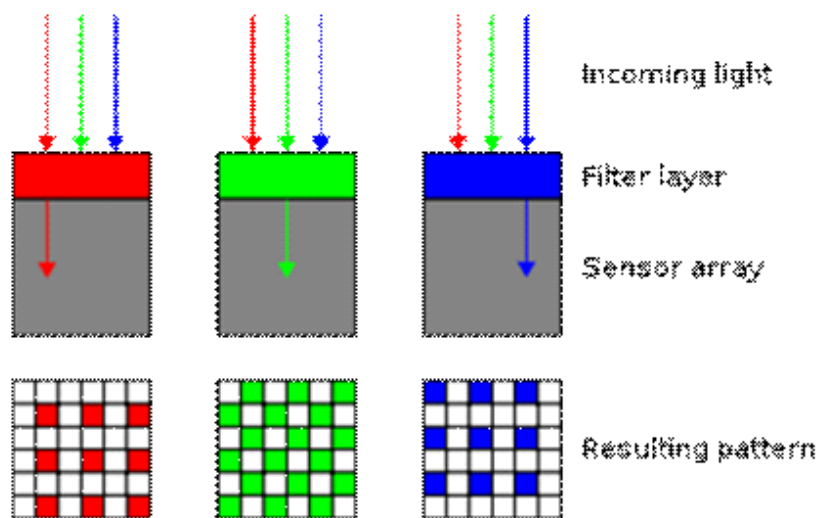


Utformningen av färgpixlarna i en sensor, enligt Bryce E. Bayer, Eastman Kodak, ett så kallat bayerfilter

## Bayerfilter

Ett **Bayerfilter** är en färgfiltermatris (CFA), för att ordna RGB-färger på ett kvadratisk rutmönster på en fotosensor. Det speciella arrangemanget av färgfilter används i de flesta digitala bildsensorer i digitalkameror, videokameror och bildläsare för att skapa en färgbild. Filtrets mönster består av 50% gröna, 25% röda och 25% blå, därmed också kallat "GRGB"<sup>[1]</sup> eller andra permutationer till exempel "RGGB".

Den är uppkallad efter sin uppfinnare, Dr Bryce E. Bayer på Eastman Kodak. Bayer är också känd för sin rekursivt definierade matris som används i bildomvandling med ordnad diffusion.



Bayerfördelning av färgfilter på en sensorarea

## Förklaring

Bryce Bayers patent kallar de grönkänsliga delarna av fotosensor för de *luminanskänsliga delarna* (ljuskänsliga delar) och de röd- och blåkänsliga som de *färgkänsliga delarna*. Han använde dubbelt så många gröna inslag som rött eller blått för att efterlikna det mänskliga ögats större upplösningsförmåga i grönt ljus. Elementen kallas *sensorelement*, *pixelsensorer*, eller helt enkelt *pixlar*; samplade ljusvärden som sedan efter interpolation, bildar bildens pixlar.

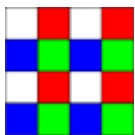
Den obehandlade bilden (RAW) från kameror med bayerfilter kallas en "bayermönsterbild". Eftersom varje pixel filtreras för att registrera endast en av tre färger, saknas två tredjedelar av färgdata från varje. För att få en bild med alla färger används diverse algoritmer för att interpolera de röda, gröna och blå värdena för varje punkt.

Olika algoritmer kräver olika mängder datorkraft vilket resulterar i varierande kvalitet i den slutliga bilden. Detta kan göras i kameran, som producerar en JPEG- eller TIFF-bild, eller utanför kameran med hjälp av rådata (RAW) direkt från sensorn.

## Alternativ

Bayerfilter är nästan ensamt förekommande när det gäller konsumenternas digitalkameror. Alternativen omfattar CYGM-filter (cyan, gul, grön, magenta) och RGBE-filter (röd, grön, blå, smaragdgrön), som kräver liknande omvandlingsalgoritmer, Foveon X3-sensor, vars skikt för rött, grönt och blått ligger vertikalt i stället för att använda en mosaikmatris, eller med hjälp av tre separata CCD, en för varje färg, vilket är betydligt dyrare.

### "Panchromatiska" celler



Ett tidigt RGBW-filtermönster

Den 14 juni 2007 aviserade Eastman Kodak ett alternativ till bayerfilter:

ett färgfiltermönster som ökar ljuskänslighet hos bildsensorn i en digitalkamera genom att använda några "panchromatiska" celler som är känsliga för alla våglängder av synligt ljus och samlar in en större mängd av det ljus som träffar sensorn.<sup>[3]</sup> De presenterar flera mönster, men ingen med en repeterande enhet så liten som bayermönstrets enhet  $2 \times 2$ .

En annan patentansökan 2007 (US) från Edward T. Chang, hävdar en sensor där "färgfiltret har ett mönster som består av  $2 \times 2$  block av pixlar som består av en röd, en blå, en grön och en transparent pixel, "i en konfiguration avsedd att ta med infraröd känslighet för en högre allmän känslighet.<sup>[4]</sup> Kodak patentansökan lämnades in tidigare.<sup>[5]</sup>

Dessa celler har tidigare använts i "CMYW" (cyan, magenta, gul och vit)<sup>[6]</sup> "RGBW" (rött, grönt, blå, vitt)<sup>[7]</sup>-sensorer, men Kodak har inte jämfört det nya filtermönstret på dem än.

Antalet pixlar antas allmänt ange bildupplösningen hos en kamera, men det är en missuppfattning. Det finns flera andra faktorer som påverkar en sensors upplösning. Några av dessa faktorer är storleken på sensorn, objektivets kvalitet och hur pixlarna är organiserade (till exempel har en svartvit kamera utan bayerfiltermosaik högre upplösning än en typisk färgkamera). Många digitala kompaktkameror har kritiserats för att ha onödigt många pixlar, i och med att pixlarna (bildpunkterna) kan vara så små att en sensors upplösning är större än vad objektivet kan leverera.

Utifrån en digital bild från en 8 MP-sensor i den professionella klassen och ett optiskt väl presterande objektiv kan man således – med bibehållen bildkvalitet – *grovt räknat* göra förstoringar i hög fotokvalitet i format upp till cirka  $30 \times 20$  cm *så länge bilden inte beskärs*. Ökad grad av förstoring ger sedan en successivt avtagande bildkvalitet. Samma bild kan användas i högkvalitativt offsettryck (150 lpi) i format upp till cirka  $40 \times 27$  cm. I dagstidningstryck (85 lpi) och motsvarande förutsättningar går det bra att förstora bilden ända upp till cirka  $60 \times 40$  cm och till och med större.

Vad som här sagts gäller för återgivning i hög kvalitet vid ett betraktningssavstånd som sträcker sig till normalt läsavstånd. Vid större betraktningssavstånd eller lägre krav på kvalitet i återgivningen kan man naturligtvis förstora betydligt mer. Man ska dock inte räkna med att man får ut 8 MP per kanal från digitalkameran, då det över sensorn ligger en filtermosaik bestående av ömsom rött, grönt och blått. Oftast används ett bayerfilter med dubbelt så många ccd-element infärgade med grönt, som med rött eller blått. Det betyder att den verkliga upplösningen på rådatan från den röda och blå kanalen endast innehåller 25 % av pixelinformationen från sensorn. Genom interpolation skapas sedan den slutliga bilden med 8 MP i varje kanal (rgb). Professionella studiokameror har ofta en funktion med flerskottexponering, med vars hjälp man uppnår full upplösning i varje kanal.

## Bildskärmsåtergivning

För bildskärmsåtergivning (Internet) räknar man med 72 ppi, vilket är ett bra medelvärde på standardbildskärmars upplösning.

Vanliga pixelvärden är:

- 640 x 480
- 1024 x 768
- 1600 x 1200
- 2048 x 1536

Var bildfilerna ska lagras och hur de ska namnges på det använda minnesmediet framgår i den av ISO utgivna specifikationen DCF (Design rule for Camera File system) som används på de flesta digitalkameror. Denna specifikation, tillsammans med Exif-specifikationen<sup>[4]</sup> som anger hur innehållet i bildfilen ser ut, utgör idag den dominerade utformningen av lagringsformat för digitalkameror.

## Bildkomprimering

På de flesta digitalkameror komprimeras bilden vanligtvis till en JPG-fil. Det finns även modeller som klarar att spara bilden som till exempel TIFF eller RAW, vilket är att föredra om de tekniska kraven på bilden är höga.

Rörliga bilder kan idag hanteras av många digitalkameror dock med mycket varierande kvalitet och teknik. I de fall man vill använda sin digitalkamera som ersättare till sin videokamera bör kameran hantera MPEG-4- eller MPEG-2-format. MPEG-4 som är ett effektivt kompressionsformat ger möjlighet att vid en upplösning på 640 x 480 bildpunkter (motsvarar VHS) lagra över en timme videofilm med stereoljud per GB minnesutrymme.

## Avbildningsfel

Vissa typer av störningar i den färdiga bilden är typiska för digitala kameror.

### Moiré

Moiré är en typ av interferens som inträffar när två mönster överlagras i en virtuell eller fysisk bild. I vårt fall är det ena mönstret pixelmatrisen som emanerar från bildsensorn, medan det andra kan vara ett mönster i det avbildade objektet – ett punkt- eller rutmönster, raka parallella linjer (staket) m.m.

Detta avbildningsfel kan avhjälpas med att man byter bildvinkel, avstånd eller zoomningsgrad i bilden. Det kan också mildras eller släckas ut i vissa bildhanteringsprogram vid efterbehandlingen.

### Brus

Ökat brus syns som en avtagande skärpa i bilden – liknande felaktigt inställt avstånd. I extrema fall även som felaktigt färgade pixlar mitt i ett homogent färgat område. Om bilden är väldigt brokig i mönstret, kan detta sista fall ibland bli osynligt.

Den vanligaste anledningen till brus är att man gått utanför det känslighetsområde som sensorn är avsett för. Varje sensor har ett idealiskt ISO-värde där den tecknar som bäst, vanligen ligger den kring ISO 400. Om bilden är mörkare eller ljusare, måste bildsignalen förstärkas respektive dämpas innan den lagras i bildminnet. Framför allt om bildsignalen måste förstärkas extremt mycket, får bilden mycket brus. Ofta har kameran ett standardintervall inom vilket ISO-värdet kan varieras automatiskt. För mer avancerade kameror, kan man via menyn välja att gå utanför detta intervall, i vissa fall till över ISO 100 000. Att detta måste väljas via meny, beror på att man vill göra fotografen uppmärksam på att bruset kommer att bli högt, och att detta ska användas i extrema nödfall.

Efterbehandlingsprogram kan reducera detta brus, men ett bra blixtaggregat är ofta att föredra.

## Förlust av nyanser

Hur korrekt nyanser i ljushet och mättnad visas, beror mest på *bitdjupet* för respektive grundfärg. Teoretiskt är behovet oändligt, men praktiskt väljer man bitdjup på i bästa fall 12–14 bit per grundfärg (RGB) och lika mycket för *key color* (gråskala). Ju större bitdjup, desto större plats krävs vid lagring av bilden, men även större färgkontrast och gråskalekontrast, det vill säga "skarpare" bild.

Ett vanligt val är bitdjup på 8, vilket leder till att varje bildpunkt i råbilden tar 4 byte i lagring (före eventuell kompression).

## Förvrängning vid kompression

För att spara lagringsutrymme, väljer man oftast att komprimera bilden före lagring. För detta används en mer eller mindre smart algoritm som ska bevara alla bilddetaljer så att de kan återskapas vid visning, tryck e.d.

Det vanligaste komprimerade formatet är JPEG (JPG). De enklaste kamerorna har enbart detta format. I vissa fall kan man välja grad av kompression, vanligen uttryckt i procent – ju högre kompression, desto större förvrängning. Vi hög kompression kan man t ex se att en himmel där ljuset avtar jämnt åt ett håll (typiskt vid vinjettering), i stället visas ha olika ljusa band som i en regnbåge, fast blå i färgen.

Detta kan åtgärdas med att välja ett format med mindre kompression, om kameran har sådant tillval.

Endast format helt utan kompression, saknar denna förvrängning. Sådana format är till exempel:

- olika typer av RAW-format (kräver oftast efterbehandling)
- vissa typer av TIFF (TIF)
- PNG
- BMP

## Överföring av digitala bilder till en dator

Det finns många sätt att föra över bilderna från kameran till en persondator, och då är det bra om kameran har motsvarande anslutningar. Det vanligaste överföringssättet är via en kabel från kameran till en USB-port på datorn. Äldre digitalkameror använde ofta överföring via kabel till datorns serieport. Ett annat sätt att överföra bilder från kameror med ett löstagbart minneskort för bildlagring, är via en minneskortsläsare kopplad till datorn. Kameror som är inriktade på videofilmning är i vissa fall utrustade med en Firewire-anslutning. En del kameror kan även föra över bilderna trådlöst via en infraröd port, Wi-Fi eller Bluetooth.

När man ansluter kameran till datorn, visas den oftast som en ny lagringsenhet i operativsystemet. Därifrån kan man ganska lätt kopiera in bilderna manuellt från kameran (eller utnyttja minneskortet för att lagra andra saker än bilder). Oftast medföljer även en programvara från kameratillverkaren för att automatisera överföringen ytterligare.

## Bitmappar och filstorlek

Dimensioner, upplösning, bitdjup (färgdjup) och färgmodell påverkar en digital bildfils storlek som bestämmer hur stor plats den kommer att ta där den sparas. Filstorleken avgör också hur lång tid det tar för en dator att behandla bilden.

Om upplösningen fördubblas ökar filstorleken med en faktor 4, eftersom det kommer att dubbelt så många pixlar både på bredden och höjden. En 32-bitars CMYK-fil är 32 gånger större än en 1-bitars linjeteckningsversion av samma bild.

## Bildelement

