

01 :: BEELDVORMING

- Pixel- en beeldvorming
- Resolutie
- Kleur
- Bestandstypen

:::01 BEELDVORMING

De oorsprong van een digitaal beeld ligt in de samensmelting van een fotocel met een lichtstraal, wat na de nodige berekeningen resulteert in de geboorte van een pixel. Dus zonder licht geen pixel en zonder pixels geen foto. U hoeft niet per se te weten hoe een pixel tot stand gekomen is. Wel kan die kennis bijdragen aan het begrip van hoe beeld wordt gevormd en daarmee aan de kwaliteit van de foto's die u opneemt en vooral ook laat zien. Dat is immers de kwaliteit waar het om gaat.

PIXEL- EN BEELDVORMING

De vraag is dus hoe een pixel tot stand komt en hoe het uiteindelijk resulteert in een digitale foto. Dit traject van de beeldvorming begint bij licht en eindigt met een ingenieuze rekenmethode.

LICHT

Waarom zien we dat een bal rond is en dat hij rood is? Het antwoord hierop is eenvoudig. Omdat er licht is. Ga maar eens in een ruimte staan die u geheel kunt verduisteren. Is het licht aan, dan onderscheidt u alle onderdelen van de kamer en de voorwerpen erin. Afhankelijk van de kwaliteit van het licht ziet u ook de kleuren ervan. Let op wat er gebeurt als u het licht langzaam dimt. In eerste instantie blijft u de vorm van voorwerpen zien, maar zullen de kleuren minder helder worden. Wordt de hoeveelheid licht nog minder, dan verdwijnt ook langzaam het onderscheid tussen voorwerpen onderling. Ziet u eerst een groene en rode vaas die schuin achter elkaar staan voor een witte muur, dan versmelten deze vazen tot een onherkenbaar donker silhouet. Ook vervaagt het contrast bij afname van het licht en waar eerst structuur en diepte zichtbaar was, is nu een vlakke weergave te zien. Dempen we het licht helemaal, dan is alles om ons heen zwart en kunnen we geen vorm en kleur meer onderscheiden. Een dergelijk eenvoudig experiment moet ons doen beseffen



Afbeelding 01.01

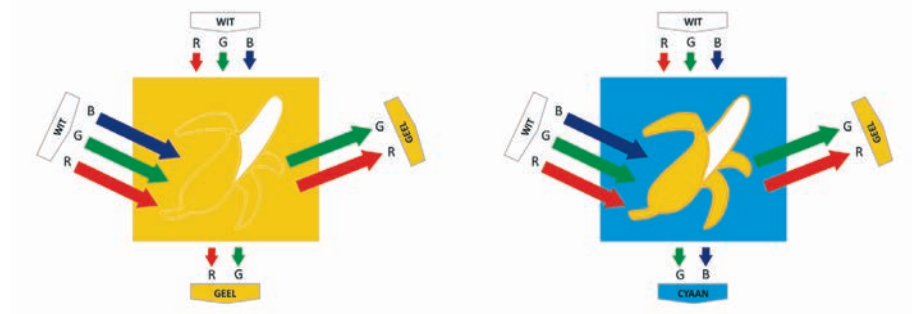
Kleuren, contrast en vorm bij daglicht (l) en bij schemering (r).

dat de kwaliteit van digitale foto staat of valt met de hoeveelheid aanwezig licht, maar ook met de richting en de verdeling ervan.

Is er voldoende licht, hoe ontstaat dan het beeld in vorm en kleur zoals we dat waarnemen? Ook hier ligt het antwoord voor de hand: reflectie. Een gele banaan zien we als zodanig omdat een gedeelte van het licht dat op de banaan valt, wordt weerkaatst en door ons netvlies als geel wordt geregistreerd (rood en groen wordt samen geel).

Afbeelding 01.02

Daarom is een banaan geel én krom. Wel kleur, maar geen vorm door geel voorwerp én gele achtergrond (l). Kleur én vorm door andere kleur achtergrond (r).



Omdat de omgeving van de banaan andere kleuren reflecteert, heeft die ook een andere kleur en onderscheiden we de kromme vorm van de banaan. Zou de banaan op een gele achtergrond liggen, dan zou de vorm minder duidelijk zijn. Omdat het licht met een bepaalde verdeling uit een zekere richting komt, kunnen we aan de schaduwen bovendien zien dat de banaan ook uit segmenten bestaat.

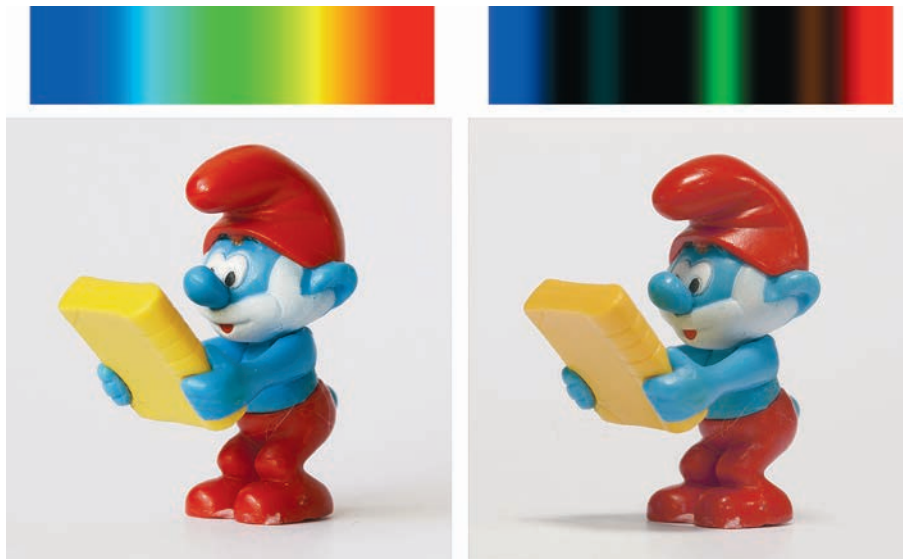
Afbeelding 01.03

Verdeling en richting van licht. Gebundeld (l) en homogeen verdeeld (r).



LET OP

'Wit' licht bestaat uit een spectrum van kleuren, zoals we dat zien in een regenboog. Het begint bij rood en verloopt van oranje, geel, groen en blauw naar violet. Is dit verloop ononderbroken, zoals bij zonlicht, dan spreken we van een continu spectrum. Bij sommige kunstlichtbronnen, zoals een tl-lamp, ontbreken kleuren en zijn alleen rood, groen en blauw volledig aanwezig. Hoewel dit de hoofdcomponenten zijn van kleurloos licht, zal de kleurweergave van een voorwerp binnen in tl-licht toch afwijken van die bij daglicht buiten.

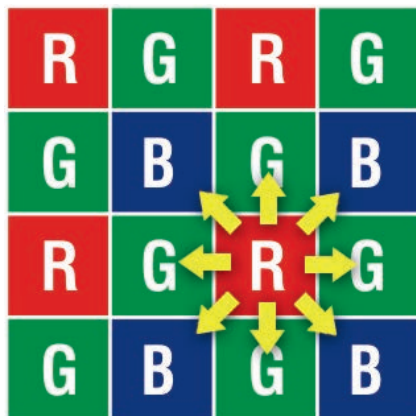


Afbeelding 01.04

Een volledig spectrum van daglicht (l) en een onderbroken spectrum van tl-licht (r) en het gevolg op de kleurweergave. Rood gelijk. Blauw iets anders. Geel sterk verschillend!

REGISTRATIE

Het netvlies van het menselijk oog bevat twee receptoren (ontvangers) voor licht. De 'staafjes' zijn vooral goed in het zien van grijstinten, dus in het donker, en de 'kegeltjes' zijn ontworpen om kleur te zien. Die laatste zijn dus van cruciaal belang bij de beeldvorming in het oog van kleuren en vorm. De registratie van een voorwerp is dan ook heel eenvoudig. De lens van het oog vormt een scherp beeld en de 'kegeltjes' geven die informatie meteen in kleur aan de hersenen door. Daar hoeft het alleen nog 180° gedraaid te worden, anders zouden we alles op zijn kop zien. Helaas is de mens (nog) niet in staat die kegeltjes na te bouwen en in een digitale camera te gebruiken. We kunnen wel de helderheid van licht meten. Dat zien we elke dag om ons heen wanneer de verlichting van straten of ruimten automatisch aangaat als een sensor 'ziet' dat het begint te schemeren. We kunnen de hoeveelheid licht zelfs heel nauwkeurig meten en met dat principe is Bryce E. Bayer van



Afbeelding 01.05

Het Bayer-patroon van een beeldsensor en de interpolatie van een RGB-kleur.

Eastman Kodak aan de slag gegaan. Hij heeft bedacht dat we niet alle kleuren tegelijk kunnen meten, zoals het oog, maar met behulp van filtertjes wel afzonderlijk. Als we een roodfilter voor een lichtmeetcel houden, meten we alleen de hoeveelheid rood in het opvallende, gereflecteerd licht. Met een groen- en blauwfilter is dat ook mogelijk voor die kleuren. Met een waarde voor elk van de drie kleuren rood (R), groen (G) en blauw (B) was hij in staat om een samengestelde kleur te berekenen met één concrete RGB-waarde. Bovendien wist hij de lichtmeetcellen en het filter zodanig te verkleinen, dat er miljoenen op een vierkante centimeter pasten. Tot slot heeft hij uitgevonden dat deze fotocellen met een rood, groen of blauw filtertje ook nog in een vast patroon moesten liggen voor een nauwkeurige kleurwaarneming. Aan dit patroon, dat bijna op alle sensors in digitale camera's gebruikt wordt, is daarom tegenwoordig zijn naam verbonden: het Bayer-patroon. Hierin liggen in een blokje van vier fotocellen een rode en blauwe cel op de ene diagonaal en twee groene op de andere diagonaal. Met dit patroon kan een hele sensor worden opgebouwd. Dat er twee keer zo veel groene als rode of blauwe meetcellen aanwezig zijn, heeft te maken met de hogere gevoeligheid voor groen van het menselijk oog en in de praktijk blijkt dit een goede aanname, gezien de hoge kleurnauwkeurigheid van digitale camera's.

INTERPOLATIE

U hebt gemerkt dat we het nog steeds niet over pixels hebben gehad, maar over fotocellen, die een bepaalde kleur meten. Om over een pixel te kunnen spreken moet aan elk afzonderlijk meetpunt nog een concrete RGB-waarde worden toegekend. Dit gebeurt als volgt. Een rode fotocel meet op een schaal van 0 (zwart) tot 255 (wit) een waarde van 140, dus donkerrood. Hij 'vraagt' vervolgens aan zijn vier groene buurmannen hoeveel groen zij gemeten hebben, bijvoorbeeld 90, 92, 91, 91.

Afbeelding 01.06

RGB-waarden van enkele bekende kleuren.

	Rood	255, 0, 0
	Groen	0, 255, 0
	Blauw	0, 0, 255
	Cyaan	0, 255, 255
	Magenta	255, 0, 255
	Geel	255, 255, 0
	Wit	255, 255, 255
	Zwart	0, 0, 0

	Donker rood	150, 0, 0
	Licht rood	255, 180, 180
	Oranje	255, 128, 0
	Lichtgrijs	203, 203, 203
	50% grijs	128, 128, 128
	Donkergrijs	86, 86, 86

Met enige stelligheid kan worden aangenomen dat de bewuste rode fotocel tussen deze groene fotocellen ook 91 groen op 'zijn hoofd' gehad heeft. Ditzelfde vragen-rondje doet onze rode fotocel ook met zijn acht blauwe naburen en als daarvan het gemiddelde 12 is, dan wordt de RGB-waarde van deze rode cel dus 140, 91, 12 en dat is een mooie kleur bruin. Met deze rekenmethode (interpolatie) kan dus aan elke – oorspronkelijk eenkleurige – fotocel een RGB-kleur worden toegekend.

Uit de interpolatiemethode van gekleurde fotocellen, geordend volgens het Bayer-patroon, worden dus pixels gevormd. Die vinden we niet alleen terug op een sensor bij de beeldopname in foto- of videocamera's, maar tevens in de weergave via telefoon, monitor, beamer of televisie. Ook bij een printer spelen pixels een belangrijke rol, maar daar zit nog een vertaalslag tussen, waarover meer in de appendix.

LET OP

In principe meet een sensor zonder filtertjes alleen de helderheid van een onderwerp, wat een grijsstintenfoto zou opleveren. Door de interpolatie krijgen alle fotocellen toch een kleur en lijkt een 'zwart-witte' foto onmogelijk. Als de waarden van rood, groen en blauw echter aan elkaar gelijk zijn, dan is de 'kleur' een grijs tint en zo kan een digitaal beeld toch 'zwart-wit' worden. Zo is 50, 50, 50 donkergrijs en 240, 240, 240 heel lichtgrijs.

LET OP

Als fotograaf werkt u altijd met het kleursysteem waarbij de kleuren opgebouwd zijn uit rood, groen en blauw (RGB). Dit is ook de methode waarmee camera's en beeldschermen werken. U zult echter ook wel eens gehoord hebben van CMYK. Dit is een kleursysteem dat gebruikt wordt bij het (af)drukken van foto's, samengesteld uit de inktkleuren cyaan, magenta, geel (yellow) en zwart (black). Gewoonlijk worden alle handelingen met digitaal beeld uitgevoerd in RGB. Bij afdrukken zorgt software door middel van een zogeheten kleurprofiel voor de omzetting van RGB naar CMYK.

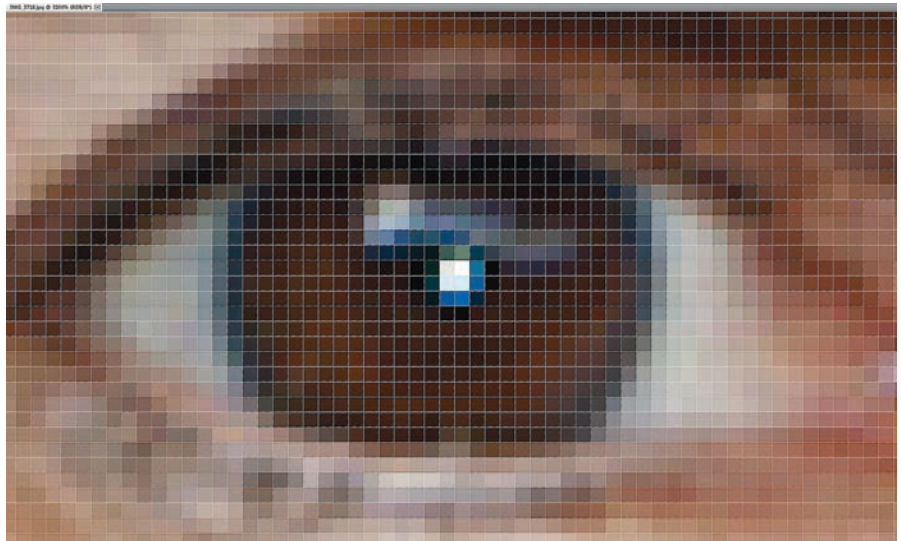
BEELDVORMING

Pixels hebben dus één kleur en met die eenkleurige bouwsteentjes moet een foto worden opgebouwd. Dit is te vergelijken met een Ministeck-afbeelding, waarbij volgens een bepaald patroon gekleurde plastic knopjes in een plaat gedrukt moeten worden. Als we van dichtbij kijken, is het oppervlak blokkerig en is detail moeilijk te onderscheiden. Op afstand worden kleurverlopen veel vloeiender en lijkt ook de detaillering hoger. Zo is ook een digitale foto opgebouwd en dat kunnen we zien als

we in Photoshop inzoomen tot 3200%. We zien dan dat zelfs haarscherp beeld uit uniform gekleurde blokjes bestaat. Het zal duidelijk zijn dat als we kleinere blokjes gebruiken, er meer detail en vloeiender kleuren kunnen worden 'geministeckt'. Bij het echte Ministeck denken we dan aan twee bij twee millimeter, omdat je de blokjes anders niet meer vast kunt pakken. Bij een sensor van een camera zijn de afmetingen van de pixels vele malen kleiner en kunnen er 250.000 (DSLR) tot 2 miljoen (compactcamera) stuks in het oppervlak van het genoemde Ministeck-blokje van 4 mm^2 . Met deze bijna onvoorstelbare pixeldichtheden is een detaillering mogelijk die zelfs voor het menselijk oog niet zichtbaar is en kun je een digitale camera bijna gebruiken als vergrootglas of microscoop. Is een beeld via een lens geregistreerd en door de fotocellen vastgelegd in vele miljoenen pixels, dan worden de exacte plaats en kleur van elke pixel in een tabel opgenomen. Deze tabel wordt vervolgens opgeslagen als digitaal bestand naar een geheugenkaartje, vanwaar hij de wijde wereld ingaat als digitale foto.

Afbeelding 01.07

Een digitale foto is opgebouwd uit vierkante, uniform gekleurde blokjes: pixels.



LET OP

De eenheid van resolutie varieert per type apparaat, maar gangbaar zijn dpi en ppi respectievelijk dots per inch en pixels/points per inch. In principe zijn deze gelijk, waarbij dpi veel wordt gebruikt bij het afdrukken van beeld en ppi bij de opname ervan door een scanner.

LET OP

Het meeste digitale beeld wordt rechtstreeks opgenomen met de sensor van een camera. Het is echter ook mogelijk om foto's (opzicht) en dia's of negatieven (doorzicht) te scannen. Het principe van de beeldvorming wijkt enigszins af van die van een Bayer-sensor. In het inwendige van een scanner belicht een lamp de beelddrager. Het weerkaatste of doorgelaten licht wordt via twee spiegels door een lens opgevangen en geprojecteerd op een smalle sensor met drie rijen fotocellen met elk rode, groene en blauwe filtertjes. Lamp en spiegel bewegen met een constante snelheid over het gehele scanobject. De afzonderlijk gemeten waarden worden samengesteld tot RGB-kleuren. De beelddrager wordt dus eigenlijk lijn voor lijn afgetast en daarmee wordt het digitale beeld opgebouwd. Het eindresultaat is weer een tabel die als bestand wordt opgeslagen.

RESOLUTIE

Het principe van de pixel zal nu redelijk duidelijk zijn en ook de beeldvorming van een digitale foto is tot op een bepaald niveau inzichtelijk. De verwarring ontstaat pas als de term resolutie wordt geïntroduceerd. De sensor van een digitale camera heeft bijvoorbeeld een resolutie van 12 Mp (megapixels). De resolutie van een beeldscherm is 1920 bij 1080. De resolutie om een afdruk van 15 bij 10 cm te maken is 300 dpi. Wat hebben al deze 'resoluties' met elkaar te maken?

OPNAMERESOLUTIE

Laten we beginnen bij de bron, de sensor van een camera. Als wordt gezegd dat deze een resolutie heeft van 12 miljoen pixels, dan is dit het rekenkundige product van het aantal pixels (beter: fotocellen) in de hoogte en in de breedte. Bij een beeldverhouding van 4:3 is dit dus 4000 bij 3000 pixels. Met dit aantal pixels wordt dus het detail van het onderwerp geregistreerd. Hoe hoger de opnameresolutie van een sensor, hoe hoger de detaillering van het opgenomen beeld *kán* zijn. Met de nadruk op *kan*, want de kwaliteit van de lens en de fysische beperkingen van lichtmeting spelen hierin natuurlijk ook een rol.

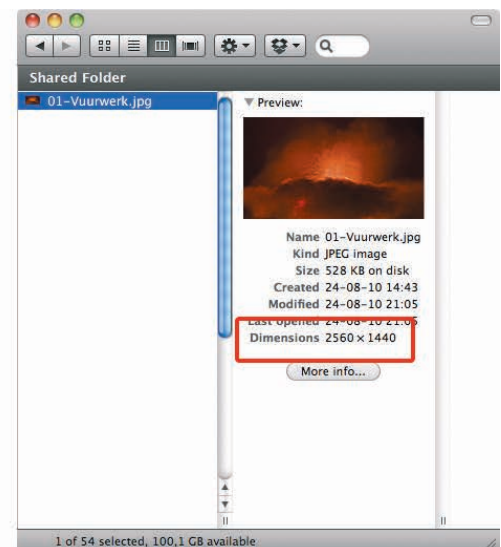
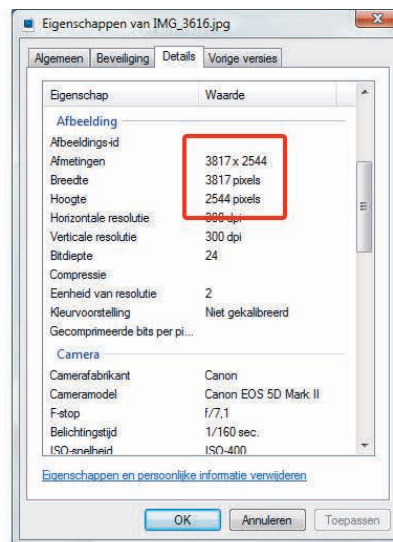
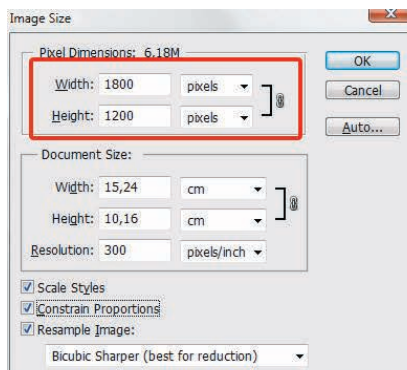
TIP

Gewoonlijk staat uw camera op de maximale resolutie ingesteld. Meestal wordt dit aangegeven met de letter L van Large. Het is echter ook mogelijk om bij een lagere resolutie, dus met minder pixels te werken. Zet u de cameraresolutie in M (Medium) dan wordt het beeld vastgelegd door 3264 x 2248 pixels (circa 7,3 Mp) en in de laagste resolutie S (Small) door 1600 x 1200 pixels (circa 2 Mp). Gebruik bij voorkeur de hoogste resolutie. Een foto verkleinen naar minder pixels is namelijk geen probleem, maar pixels toevoegen geeft aanzienlijk kwaliteitsverlies.

Wanneer en waar ziet u uit hoeveel pixels de foto's van uw camera bestaan? Het aantal pixels in de breedte en hoogte kunt u eenvoudig zien in de meeste fotobewerkingsprogramma's. In Photoshop Elements is dat in het menu **Afbeelding, Verkleinen/vergroten, Afbeeldingsgrootte** (Alt+Ctrl+I). In het bijbehorende dialoogvenster ziet u in het vak Pixelafmetingen de resolutie van de geselecteerde foto in pixels. Laat u in dit venster niet misleiden door de aanduiding 'resolutie' in het vak Documentgrootte, die vaak op 72, 180 of 240 dpi staat. Hierover later meer. Het is ook mogelijk om het pixelformaat van een digitaal beeld in Windows Verkenner te zien. Rechtsklik daartoe op een fotobestand en kies **Eigenschappen, Details**. Op een Mac moeten we het bestand selecteren in Finder, waarna Cmd+I de eigenschappen van de foto blootlegt.

Afbeelding 01.08

Het pixelformaat van een foto in Photoshop, Windows Verkenner en Finder.



LET OP

Bij een scanner wordt de opnamekwaliteit aangeduid met de scanresolutie. Blijkt uit de specificaties dat deze bijvoorbeeld 2400 ppi is, dan is het pixelformaat van het gescande bestand eenvoudig uit te rekenen. Een dia of negatief meet 36 bij 24 mm, dat is 1,42 bij 0,945 inch. Elke inch bevat 2400 beeldpunten en de gescande dia zal dus een digitaal beeld opleveren van 3402 (1,42 x 2400) bij 2286 (0,954 x 2400) pixels. In cameratermen is dat ongeveer 7,7 Mp (3400 x 2266 pixels). Een scan op 600 dpi van een foto van 15 bij 10 cm (6 x 4 inch) resulteert dus in 3600 bij 2400 pixels, een beeldformaat dat ook door een camera met een sensor van 8,64 Mp gemaakt wordt.

WEERGAVERESOLUTIE

We weten nu dat een digitale foto een soort raster is met een aantal pixels in de breedte en de hoogte. Dit pixelformaat van de foto is de eigenlijke opnameresolutie van een beeld en is maatgevend voor het formaat van de weergave ervan. Er zijn twee mogelijkheden om een digitale foto te laten zien: op een beeldscherm of als een afdruk. Aan beide media wordt een resolutie toegekend, zijnde de schermresolutie en de afdrukresolutie.

Schermsresolutie

De schermresolutie is simpelweg het aantal pixels in de hoogte en de breedte waaruit het beeldscherm is opgebouwd. Bij een smartphone is dat bijvoorbeeld 800 bij 480 pixels en van een breedbeeldlaptop 1366 x 768. Een monitor van een computer is opgebouwd uit 1280 bij 1024 beeldpunten en een Full HD-televisie meet 1920 bij 1080. De beste weergavekwaliteit wordt verkregen als één pixel van de foto overeenkomt met één pixel van het beeldscherm. We zien dit het best bij het bekijken van foto's in een fotobewerkingsprogramma op 100% of 1 op 1. Als we deze zoomfactor kiezen, merken we dat we slechts een gedeelte van de foto op ons beeldscherm zien. Gaan we uit van een foto van 12 Mp en een beeldscherm van 1280 bij 1024, dan worden van de 4000 pixels in de breedte er 'slechts' 1280 getoond en in de hoogte 1024 van de 3000 pixels. Een groot deel van de foto is dus letterlijk buiten beeld. Natuurlijk kunnen we de hele opname beeldvullend tonen op een dergelijke monitor, maar dan moet de software 3,125 pixels van de foto samenpersen tot één pixel van het beeldscherm en dat kan kwaliteitsverlies tot gevolg hebben. Bepaalde regelmatige patronen, zoals bakstenen muren of weefsel van kleding, worden dan met een vreemde vervorming weergegeven.



Afbeelding 01.09

Bij 100% weergave op een beeldscherm is slechts een deel van een foto te zien.

Wilt u uw foto's niet groter dan beeldvullend op een beeldscherm – van telefoon tot televisie – tonen, dan kunt u de opname verkleinen tot het pixelformaat van het apparaat. Dit heeft niet alleen als voordeel dat de weergavekwaliteit optimaal is, maar ook dat de bestanden veel kleiner zijn dan van de originele foto. Zo kunt u op het beperkte geheugen van telefoon of digitale fotolijstje veel meer foto's kwijt. Voor de consument is de hoogste beeldschermresolutie momenteel die van Full HD, zijnde 1920 bij 1080 pixels (16:9) en een beeldvullende foto daarvoor is dus 'slechts' 2 Mp.

Pixeldichtheid

Het beeldscherm van een iPad met een diagonaal van bij 10" (25 cm) heeft 1024 bij 784 pixels. Een lcd-monitor van 15" heeft dezelfde resolutie. Hoe kan dat? Het antwoord is dat de beeldpunten van een iPad-scherm kleiner zijn dan die van een gewone monitor. De pixeldichtheid van een iPad is 128 ppi en van de genoemde monitor 85 ppi. Van dichtbij is dit verschil in grootte redelijk goed te zien, maar omdat de kijkafstand van een iPad kleiner is dan van een computerscherm, is de scherptebeleving nagenoeg gelijk. Als we met deze beeldschermen op internet surfen, zien we in beide gevallen evenveel van de pagina's, maar pictogrammen en knopjes zijn op de iPad kleiner als gevolg van de kleinere beeldpunten.

Dit fenomeen van de grootte van beeldpunten treffen we ook aan bij Full HD-televisies. Ze geven allemaal 1920 bij 1080 weer, maar er zijn modellen met een diameter



Afbeelding 01.10

De grootte van weergave op een beeldscherm van verschillende pixelformaten.

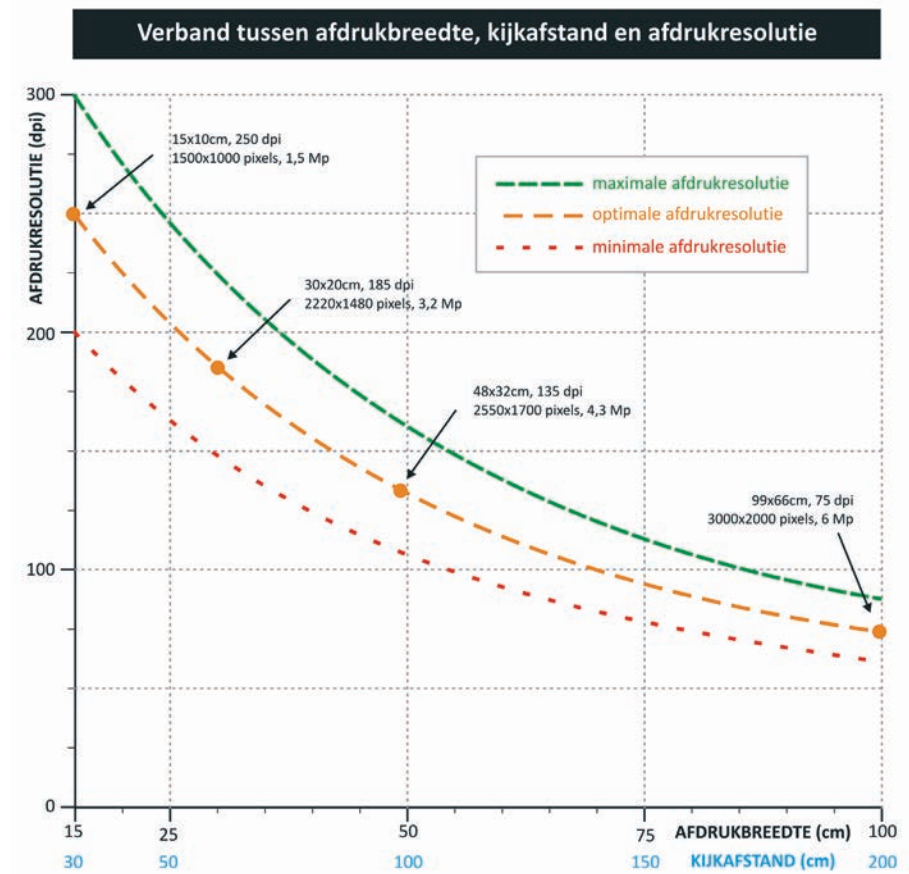
van 26" (66 cm) en tegenwoordig zelfs 64" (162 cm)! De beeldpunten van dat kolossale model zijn natuurlijk veel groter, maar bekijk je de televisies op de juiste afstand (ongeveer tweemaal de diagonaal, respectievelijk circa 1,5 m en 3,5 m) dan is de scherpte-indruk voor het menselijk oog van beide televisies ongeveer gelijk.

Afdrukresolutie

De grootte van weergave van een foto als afdruk op papier baseren we niet op pixels, maar op centimeters. We spreken dan ook over een afdruk van 15 bij 10 cm of een vergroting van 45 bij 30 cm. Hoe is nu de relatie met het aantal pixels dat we met een camera hebben opgenomen? Het verband tussen pixels en afdrukformaat is de zogeheten afdrukresolutie. Dit is het aantal pixels dat gebruikt wordt per inch (2,54 cm) van de afdruk. Als we een foto van 12 Mp (4256 x 2832 pixels) willen afdrukken op 15 bij 10 cm (6 x 4"), is de afdrukresolutie het resultaat van de deling van het aan-

Afbeelding 01.11

Het verband tussen afdrukformaat, kijkafstand en de benodigde afdrukresolutie.



tal pixels in de breedte en de breedte van de afdruk, zijnde $4256 / 6 = 709$ dpi. Deze eenheid van de afdrukresolutie staat voor dots per inch. Een dot is een pixel die ontstaat uit de inktdruppeltjes van de printer. Bij de vergroting van 45 bij 30 cm (18 x 12") is de afdrukresolutie 236 dpi. In principe zou de kleine afdruk dus scherper moeten zijn, ware het niet dat het menselijk oog de beperkende factor is. De kijkafstand van een afdruk van 15 bij 10 cm is ongeveer 40 cm en op die afstand kunnen we niet meer dan 300 puntjes per inch (dpi) onderscheiden en dan moeten we al heel goede ogen hebben. Zelfs bij 200 dpi is zo'n standaardformaat nog scherp. Wordt de afdruk groter, dan wordt de kijkafstand ook groter en bekijken we de vergroting van 45 bij 30 vanaf 125 cm, dan is deze met een afdrukresolutie tussen 115 en 175 dpi ook scherp.

Als we voor een afdruk van 15 cm breed (6 x 4") een afdrukresolutie kiezen van 300 dpi, dan moet de foto dus een pixelformaat hebben van 1800 (300 x 6) bij 1200 (300 x 4) pixels en dat is 2,16 Mp. Bij de ondergrens van 200 dpi is dat slechts 1200 bij 800 pixels en dat is nog geen 1 Mp! Voor een scherpe foto gemaakt met een mobiele telefoon is een afdruk van 15 bij 10 cm dus geen enkel probleem. Voor een goede afdruk van de vergroting van 45 bij 30 cm (18 x 12") bij 175 dpi zijn 3150 bij 2100 pixels nodig, nog geen 7 Mp! En dat is dus mogelijk met elke nieuwe digitale camera, want die hebben allemaal een sensor van 8 Mp of meer.

Zowel voor weergave op beeldscherm als op papier is het aantal pixels van een foto vaak (veel) te groot. Hoe u een foto kunt verkleinen of bijsnijden wordt beschreven in hoofdstuk 2.

LET OP

Overigens wordt de afdrukresolutie niet alleen bepaald door de scherptebeleving van onze ogen, maar ook door de kwaliteit van het afdrukapparaat en van het papier. Zo worden foto's in een krant ('slechte'printer, 'slecht' papier) afgedrukt op 150 tot 200 dpi en op een laserpinter tussen de 200 tot 250 dpi. Beide voor gewone leesafstand. Zo kan ook voor een afdruk op canvas de afdrukresolutie lager zijn dan voor high gloss fotopapier.

Onder de afdrukresolutie verstaan we hier dus het aantal pixels per inch van de foto die gebruikt worden bij de afdruk. Kijken we naar de specificaties van een printer, dan zien we daarin ook een waarde opgenomen voor de resolutie. Dit getal is een maat voor de nauwkeurigheid waarmee de printer de inkt- of tonerpuntjes op papier kan zetten. Is dit bijvoorbeeld 1200 dpi, denk dan niet dat de beste afdruk verkregen wordt bij deze waarde, want dan wordt een beeld van 4200 bij 2800 pixels (12 Mp) niet groter afgedrukt dan 9 bij 6 cm! De resolutie per kleur mag dan 1200 dpi

zijn, maar omdat elke pixel opgebouwd wordt uit minstens vier kleuren (cyaan, magenta, geel en zwart) is de gezamenlijke nauwkeurigheid eigenlijk vier keer zo laag, dus 300 dpi. Nemen we dan ook nog in aanmerking dat inkt (en ook toner) altijd iets uitvloeit in het papier, dan wordt de praktische printresolutie nog lager.

TIP

Omdat we dankzij de hoge opnameresolutie van een digitale camera veel meer pixels opnemen dan op een beeldscherm getoond kunnen worden of dan er nodig zijn voor een goede afdruk, is het mogelijk een foto flink bij te snijden en zo 'in te zoomen' op het hoofdonderwerp. Dat kan u een behoorlijk dure telelens besparen.

Afbeelding 01.12

Een foto verkleinen tot beeldvullend (boven)
of bijsnijden (onder).



BEELDVERHOUDING

Naast het pixelformaat is nog een aspect van belang om de opname van het beeld volledig af te stemmen op de weergave ervan: de verhouding tussen de hoogte en de breedte. Zo verhouden de breedte en de hoogte van het beeldkader van een spiegelreflexcamera zich meestal als 3:2 en neemt een compactcamera op met 4:3. Steeds meer camera's krijgen bovendien de beschikking over 16:9. Als de beeldverhouding van de foto overeenstemt met dat van het beeldscherm of het afdrukformaat, is er niets aan de hand. Moeilijker wordt het als ze verschillend zijn. Wat gebeurt er als we een foto van 4:3 beeldvullend willen vertonen op een 16:9 beeldscherm, zoals een televisie? Er zijn drie mogelijkheden. De beeldverhouding van de foto blijft 4:3, waarbij de grootte aangepast wordt aan de hoogte van de televisie. We zien dan links en rechts twee zwarte banden. Of de grootte wordt aangepast aan de breedte van de televisie, waarbij er aan de onder- en bovenkant van de foto dus

delen wegvallen. Tot slot kan de 4:3-foto opgerekt worden tot 16:9. Dan worden alle onderdelen (ook mensen) een flink stuk breder weergegeven en dat is vaak ongewenst. Dergelijke 'problemen' doen zich ook voor als we foto's willen afdrukken. Een verhouding van 4:3 past niet in een afdruk van 15 bij 10 cm, maar komt wel overeen met die van een print van 20 bij 15 cm.

Willen we volledige controle over zwarte banden, afgekapte pixels of opgerekt beeld, dan zullen we voor elke specifieke publicatievorm dus ook de beeldverhouding in de hand moeten hebben. Een goed fotobewerkingsprogramma biedt hiervoor diverse gereedschappen. Deze worden in hoofdstuk 2 uitgebreid behandeld.

Afbeelding 01.13

Alle mogelijke verschillen in beeldverhouding van een foto ten opzichte van een weergave-medium.



Rekenvoorbeeld 1

Misschien duizelt het u intussen en helpt een eenvoudig rekenvoorbeeld. We maken een opname met een compactcamera met 12 Mp (4:3) en willen deze foto beeldvullend laten zien (1) op een HD-televisie, (2) in een digitaal fotolijstje zetten van 800 bij 600 pixels en (3) afdrukken op 45 bij 30 cm bij 150 dpi.

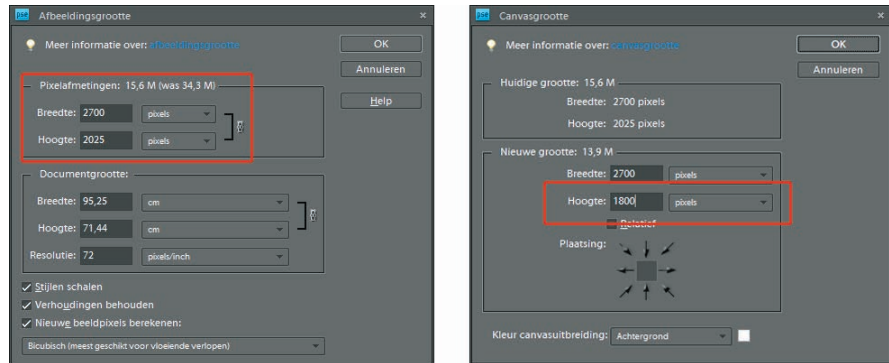
De Full HD-televisie heeft een schermresolutie van 1920 bij 1080 pixels en een verhouding van 16:9. De originele foto van 4000 bij 3000 pixels verkleinen we in bijvoorbeeld Photoshop Elements eerst met de optie Afbeeldingsgrootte tot 1920 bij 1440. De foto is dan nog steeds 4:3 en er zijn te veel pixels in de hoogte. Deze pixels kunnen we verwijderen met de optie Canvasgrootte, waarbij we exact de benodigde 1080 pixels op kunnen geven en ook de plaats waar de pixels moeten verdwijnen.

Aanpassen voor het fotolijstje is eenvoudig, omdat de beeldverhouding daarvan ook 4:3 is. We hoeven nu alleen met de optie Afbeeldingsformaat het aantal pixels te verminderen tot 800 bij 600.

Willen we de kwaliteit van de foto exact laten aansluiten bij de specificaties van een afdruk van 45 bij 30 cm bij 150 dpi, dan moeten we eerst uitrekenen hoeveel pixels we hiervoor nodig hebben. 45 cm is 18 inch en omdat in elke inch 150 pixels moeten passen (150 dpi), hebben we dus $18 \times 150 = 2700$ pixels nodig in de breedte en $12 \times 150 = 1800$ pixels in de hoogte. Nu dit bekend is, kunnen we onze foto met de optie Afbeeldingsformaat verkleinen tot 2700 bij 1800 pixels. Dit is echter een

Afbeelding 01.14

Het aanpassen van afbeeldingsgrootte naar 2700 pixels breed (l) en het wijzigen van de beeldverhouding van 4:3 naar 3:2.



beeldverhouding van 3:2 en onze foto is 4:3. Als we de breedte aanpassen van 4000 naar 2700 pixels dan wordt bij die verhouding de hoogte van de foto 2025 pixels en dat is meer dan 1800. Met de optie Canvasgrootte moeten we deze overbodige 225 pixels nog verwijderen.

Rekenvoorbeeld 2

Hoe groot is het maximale afdrukformaat van een foto van 4200 bij 2800 pixels (circa 12 Mp, 3:2)? Bij een afdrukresolutie van 50 dpi wordt de breedte van de poster $4200 / 50 = 84$ inch = 213 cm. De hoogte wordt 142 cm. De kijkaafstand van een dergelijke afdruk van 2,1 bij 1,4 meter is ongeveer 5 meter en het beeld zal vanaf die afstand scherp ogen. Voorwaarde is wel dat de aangeleverde foto perfect genomen is, dus volledig scherp en goed belicht.

In het algemeen kan resolutie worden uitgelegd als de mate van het detail waarmee een beeld wordt opgenomen of weergegeven. Er worden verschillende eenheden

Afbeelding 01.15

Schematisch overzicht van de verschillende in- en uitvoerapparaten van digitaal beeld en de bijbehorende aanduiding voor resolutie.

OPNAME-RESOLUTIE	WEERGAVE-RESOLUTIE
• SENSOR-RESOLUTIE ► Digitale camera ► Opgegeven in Mp, megapixels. Dit is het product van de pixels in de hoogte en de pixels in de breedte van de sensor. ► 18 Mp: 5184x3456 px 	• SCHERM-RESOLUTIE ► Televisie, beamer, monitor ► fotolijst, smartphone, tablet ► Opgegeven in het aantal pixels in de hoogte en in de breedte ► Full HD: 1920x1080 px ► Smartphone: 960x640 px 
• SCAN-RESOLUTIE ► Foto- en/of filmscanner ► Opgegeven in ppi, pixels per inch. Deze waarde vermenigvuldigd met de grootte van het scan-object geeft het pixelformaat. ► 2400 ppi van dia: 3402x2268 px 	• AFDruk-RESOLUTIE ► Inkjet- en laserprinter, krant ► Opgegeven in dpi, dots per inch. Deze waarde vermenigvuldigd met het afdrukformaat geeft pixelformaat nodig voor foto. ► 300 dpi, 15x10 cm: 1800x1200 px 

gebruikt voor de kwantificering van de resolutie, waarbij of alleen het aantal pixels wordt aangeduid (camera's en beeldschermen) of het aantal pixels per inch (scanner of printer).

KLEUR

Dankzij het principe van digitale beeldvorming van de heer Bayer hebben pixels dus een RGB-kleur. Dit is de basis voor de kleuren van een foto. Er zijn natuurlijk allerlei parameters die de kleuren van een opname beïnvloeden, zoals witbalans, verzadiging, kleurtoon en contrast. Voor een hoge kleurnauwkeurigheid is het van belang dat deze parameters bij opname al goed zijn ingesteld. We kunnen het zelfs nog achteraf doen als we in RAW hebben gefotografeerd.

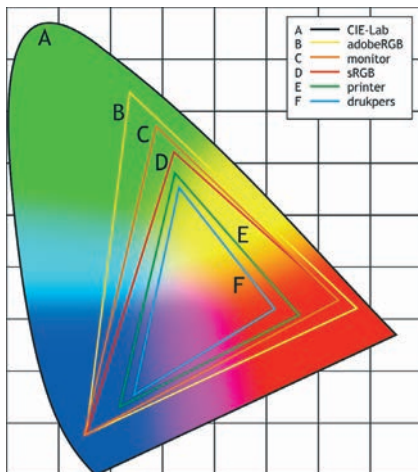
Maar hoe we de kleurinstellingen ook doen en die kleuren beleven, uiteindelijk moet het opgenomen beeld worden getoond op een beeldscherm of een afdruk. Omdat elk apparaat dezelfde RGB-waarde op een andere manier weergeeft – zet maar eens twee monitoren of televisies met hetzelfde beeld naast elkaar – moeten de RGB-waarden van de foto in een zogeheten kleurruimte geplaatst worden. Vanuit deze kleurruimte kan met een beeldscherm- of printprofiel een kleur op de juiste manier vertaald worden naar een beeldscherm of printer. Op deze manier wordt bijvoorbeeld de kleur rood ook echt als rood weergegeven en niet iets geleer of blauwer.

KLEURRUIMTE

Voor digitale fotografie kunnen twee verschillende kleurruimten worden gebruikt: sRGB en AdobeRGB. Bij veel camera's, vooral van het type compact, wordt automatisch de kleurruimte sRGB toegevoegd aan de foto. De fabrikant gaat ervan uit dat de foto's op een gewoon lcd-scherm worden getoond en dat een afdruk gebeurt op een relatief eenvoudige printer of een afdrukcentrale op internet. Voor al deze weergavemogelijkheden is sRGB het meest geschikt.

De kleurruimte AdobeRGB kan door de gebruikers veelal alleen op meer geavanceerde camera's worden ingesteld, zoals spiegelreflexcamera's en afgeleiden daarvan. Deze kleurruimte kan kleuren meer verzadigd weergeven dan sRGB, maar wordt nauwelijks ondersteund door consumentgerichte apparaten en diensten. Ze vindt vooral haar toepassing in (semi)professionele werkomgevingen met beeldschermen met een groot kleurbereik en fotoprinters die tot twaalf verschillende kleurcartridges bevatten. Zouden we AdobeRGB gebruiken op een systeem dat deze helderheid en verzadiging van kleuren niet kan weergeven, zoals in een webbrowser op een 'eenvoudige' monitor (onder de 500 euro) of voor een online afdrukcentrale, dan worden de kleuren juist minder verzadigd (flets) weergegeven.

sRGB is voor veel consumenten dus de veiligste kleurruimte voor een goede kleurweergave op de meest gangbare media. Pas als u werkt in een systeem met geprofi-



Afbeelding 01.16

Eenvoudige grafische weergave van de verschillende kleurruimten.

leerde apparaten met software die kleurbeheer ondersteunt, en aanlevert naar een fotoprinter of drukwerk, is het zinvol in AdobeRGB op te nemen.

LET OP

Bij normaal gebruik van een digitale camera zijn de foto's die worden genomen voorzien van een kleurprofiel sRGB of AdobeRGB. Worden de foto's echter bewerkt in software die een dergelijk profiel niet herkent, dan gaat bij het opslaan van het bewerkte bestand het kleurprofiel verloren. Ook bij montage van meerdere foto's tot een panorama kan dat het geval zijn. Heeft een foto geen gekoppeld kleurprofiel, dan kan nauwkeurige kleurweergave een probleem zijn. Photoshop (Elements of CS) ondersteunt wel het werken met kleurprofielen en we kunnen hierin zien of een kleurprofiel gekoppeld is en ook tussen kleurprofielen wisselen, dus bijvoorbeeld van AdobeRGB naar sRGB.

TIP

Fotografeert u in RAW, dan kunt u bij de omzetting van die bestanden de kleurruimte nog achteraf kiezen en daarmee afstemmen op het publicatiemedium.

KLEURDIEPTE

Hoeveel kleuren geregistreerd en weergegeven worden, is voor een groot deel afhankelijk van de kleurruimte die aan de RGB-waarden wordt toegekend. Daarin zijn voor elk kleurkanaal, ongeacht de grootte van de kleurruimte, 256 gradaties tussen wit en de volle kleur beschikbaar. Die 256 is de uitkomst van 2 tot de macht 8 (2^8) en dat is het aantal combinaties dat met nullen en enen op de acht posities (bits) van een byte mogelijk zijn. Zo wordt 1 beschreven met 00000001 en bijvoorbeeld 20 met 00010100. Kleur wordt dus digitaal beschreven door acht bits en dit wordt ook wel de kleurdiepte genoemd. Er is echter ook een systeem waarbij zestien bits beschikbaar zijn. Dat betekent per kleurkanaal 65536 (!) in plaats van 256 kleurnuances. Een normale digitale foto wordt opgeslagen als 8 bits bestand. Nemen we op in RAW, dan kunnen we in de RAW-converter aangeven dat het bestand na omzetting 16 bits moet zijn.

Gevoelsmatig is 'meer ook beter' en zou het idee kunnen ontstaan voortaan altijd in 16 bits te werken voor de allerhoogste kwaliteit. Daar kleven echter bezwaren aan. Ten eerste zijn de bestanden die opgeslagen moeten worden twee keer zo groot als de 8 bits versie. Een TIFF-bestand zonder compressie van een digitale foto van 12 Mp wordt dan 72 MB! Bovendien kan een 16 bits bestand niet met die kleurdiepte als JPEG worden opgeslagen en tevens door slechts weinig programma's worden ver-

werkt. Veel bewerkingsopties zijn vaak niet beschikbaar voor deze kleurdiepte. Wellicht de belangrijkste reden om 16 bits kleurdiepte met enige terughoudendheid te gebruiken, is dat we de theoretische verschillen in de praktijk meestal niet terugzien. Als we heel ver moeten inzoomen in een hooglicht of schaduw om ergens een pixel te ontdekken die net even wat beter zou zijn dan in de 8 bits uitvoering, moeten we ons afvragen of het al die moeite waard geweest is. Zeker voor de beginnende fotograaf is een kleurdiepte van 16 bits een stap te ver. 16 bits heeft wel waarde bij montages en extreme correcties van hoogcontrastbeelden bedoeld voor grootformaat afdrukken. Na montage of correctie moet dergelijk beeld toch nog worden teruggezet naar 8 bits om gepubliceerd te kunnen worden.

TIP

Voordat u uw foto's gaat publiceren, zult u ze waarschijnlijk eerst op de monitor van uw computer beoordelen, selecteren en eventueel bewerken. Het is daarbij van belang dat met een zekere nauwkeurigheid helderheid, contrast en kleuren worden weergegeven. U hoeft daarvoor niet per se een heel duur beeldscherm aan te schaffen, maar het is meestal wel aan te bevelen uw bestaande monitor te kalibreren, zodat rood ook echt rood zal zijn en grijsinten geen kleurweem bevatten. Met een eenvoudige colorimeter, zoals de Pantone Huey of Spyder3Express, is deze handeling in een kwartiertje uitgevoerd en weet u zeker dat u uw foto's niet door een roze bril ziet. Als u deze kalibratie elke maand doet, zal de kleurnauwkeurigheid van het beeldscherm altijd 95% of hoger zijn. Ook televisies en beamers zijn te kalibreren, maar dan met meer geavanceerde meetapparatuur.

Afbeelding 01.17

Aan de slag met een colorimeter voor het kalibreren van een beeldscherm (l) of het maken van een speciaal printerprofiel (r).



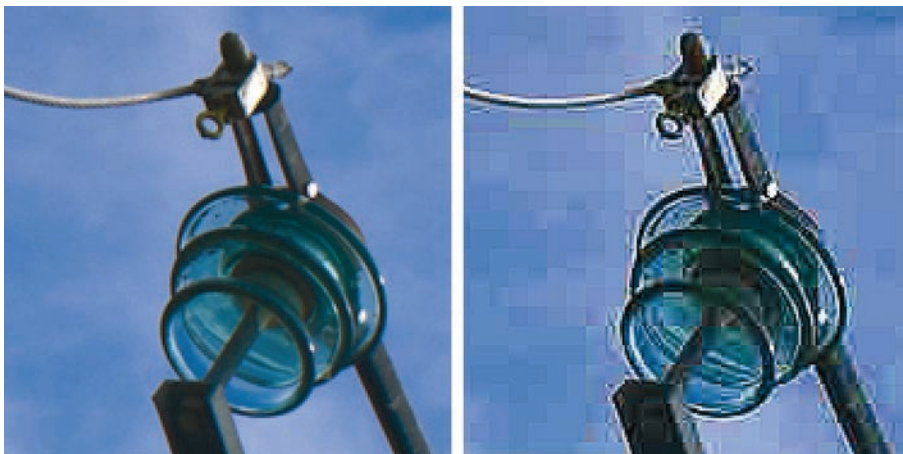
BESTANDSTYPEN

In het beschreven beeldvormingstraject moet na de beschrijving van het detail door de pixels en de toekenning van kleur de foto uiteindelijk worden opgeslagen als een bestand dat we kunnen kopiëren naar een locatie op de computer om van daaruit te verzenden naar een printer of als e-mailbijlage.

JPEG

Zouden we een digitale foto opslaan op basis van alle pixels afzonderlijk met allemaal hun eigen RGB-kleur, dan zou een opname van 4000 bij 3000 pixels 36 megabyte groot zijn. Dit getal ontstaat omdat voor de aanduiding van de plaats van elke pixel één byte nodig is en voor beschrijving van de RGB-kleur nog eens drie bytes. Zo wordt het bijbehorende rekensommetje $(4000 \times 3000) \times 1 \times 3 = 36.000.000 = 36 \text{ MB}$. Dat is een groot bestand en het vergt snelle dataverwerking in de camera en een groot geheugenkaartje.

JPEG is een bestandstype dat werkt met zogeheten compressie. Wordt een foto opgeslagen met de compressiemethode van JPEG, dan is het bestand ongeveer tien keer zo klein en dus circa 3,6 MB groot. Dit is mogelijk doordat bij JPEG-compressie niet wordt gekeken naar de individuele pixel, maar naar groepen pixels. Hebben deze nagenoeg dezelfde kleuren, zoals in een lucht, dan vraagt dat minder opslagruimte. Bij deze methode gaat wel enige kwaliteit verloren, maar als u uw camera in de hoogste JPEG-kwaliteit zet (SHQ, Super Fine geeft minste compressie), dan is daarvan meestal niets te zien. Pas bij sterke vergrotingen en forse bewerking van een JPEG kunnen lelijke kleurrandjes zichtbaar worden rond scherpe overgangen en kunnen kleurvlakken ontstaan. Dergelijke soort compressiefouten worden ook wel JPEG-artefacten of pixelverstoringen genoemd.



Afbeelding 01.18

Voorbeeld van lelijke kleurrandjes en -vlakken door JPEG-compressie.

Behalve dat JPEG-compressie de bestanden behoorlijk kan verkleinen met slechts een gering kwaliteitsverlies, heeft ze als ander voordeel dat ze direct toegepast kan worden in print, maar ook op internet. Alle browsers ondersteunen dit bestandstype, dus u kunt uw JPEG-foto's direct uploaden naar uw webgalerie of Flickr, waar de JPEG's automatisch getoond zullen worden.

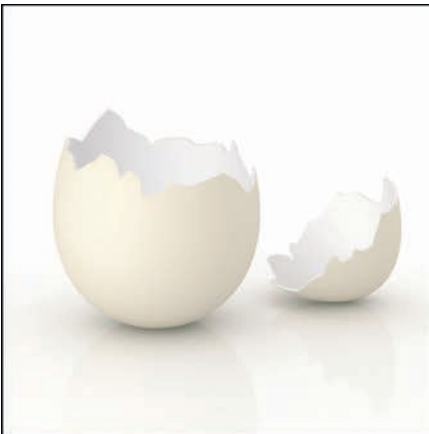
LET OP

Als u naar de bestandsgrootte kijkt in Windows Verkenner of Finder, dan zult u zien dat ondanks het feit dat alle foto's 4000 bij 3000 pixels zijn, het aantal MB's behoorlijk kan verschillen en niet per se de genoemde 3,6 MB is. Reden hiervoor is dat de hoeveelheid detail in het gefotografeerde onderwerp en het rendement van de JPEG-compressie verschillend zijn. Een foto van een conifeerhaag (veel fijn detail) is 5 MB groot, terwijl een opname van een wit ei op een wit vel papier (weinig detail) maar 2 MB hoeft te zijn. Ook de hoeveelheid ruis beïnvloedt de bestandsgrootte, aangezien de ruiskorrels door de JPEG-compressie als detail worden behandeld. Bij hogere ISO worden de JPEG-bestanden dus ook groter. Bij onscherpte wordt het detail minder en de bestandsgrootte van zo'n onscherpe foto zal dus beduidend kleiner zijn dan van een scherpe versie.

Afbeelding 01.19

Vershil in JPEG-bestandsgrootte van een foto van 3600 bij 2700 pixels als gevolg van het onderwerp en de scherpste.

V.l.n.r. 0,8 MB – 6,7 MB – 1,9 MB.



RAW

Een foto opslaan als JPEG heeft voordelen, maar naast het kwaliteitsverlies door compressie is er nog een ander nadeel. Een JPEG-foto is eigenlijk een soort polaroid. Het gehele beeldvormingstraject, zoals belichting, kleuren en verscherping, is er al op toegepast. Hoewel we in een fotobewerkingsprogramma veel denken te kunnen corrigeren, zijn de marges zeer beperkt. Is een foute witbalans ingesteld, dan wordt het knap lastig dit in een JPEG aan te passen. Daarom is het ook mogelijk foto's op te slaan als RAW-bestand. Deze 'ruwe' opname bevat alleen de helderheidswaarden zoals die gemeten zijn door de fotocellen op de sensor. De gehele interpolatie en beeldvorming moet nog op de computer worden uitgevoerd in een speciale converter, bijvoorbeeld Adobe Photoshop Lightroom. Het is daarin nog mogelijk de juiste witbalans te kiezen, de belichting en de kleuren flink te corrigeren, snel te switchen tussen kleur en zwart-wit en om de bewerkte foto eventueel op te slaan als TIFF. Dit laatste is een bestandstype dat wel iets comprimeert, maar dan zonder kwaliteitsverlies. Ideaal dus voor sterke vergrotingen. Een ander voordeel van RAW is dat alle aanpassingen altijd te herstellen zijn; het origineel gaat nooit verloren.

Een nadeel van RAW is dat de bestanden groter zijn. Vaak zijn ze net zo groot als het aantal pixels op de sensor, dus van een camera met 12 Mp zijn de RAW-bestanden ongeveer 12 MB. Dat is drie keer groter dan een overeenkomstige JPEG en dit vraagt meer snelheid van de camera en een hogere capaciteit van opslagmedia. Ook moet elk RAW-bestand door de converter worden verwerkt en dat vraagt meer tijd dan met de kant-en-klare JPEG's.

TIP

Elk cameramodel heeft zijn eigen specifieke RAW-bestandsindeling en die moet door de converter worden ondersteund. Er bestaat ook een algemeen gestandaardiseerd RAW-type en dat is DNG (Digital NeGative). Er zijn enkele cameramerken die dit bestandstype direct kunnen opslaan. Voor alle andere cameramodellen bestaat een gratis DNG-converter van Adobe (www.adobe.com/nl/products/dng/), waarmee de eigen RAW is om te kunnen zetten naar het universele DNG.

OVERIG

Naast JPEG en RAW zijn er nog veel andere bestandstypen om een digitale foto mee te beschrijven. Nadat we een JPEG- of RAW-foto hebben geopend en eventueel bewerkt in een fotobewerkingsprogramma, kunnen we ze bijvoorbeeld opslaan als TIFF, PNG, BMP of GIF. In de tabel vindt u een beknopt overzicht van de belangrijkste kenmerken van deze bestandstypen.

	JPEG	TIFF	PNG	BMP	GIF
Toepassing	Drukwerk, print en internet	Drukwerk en high-end print	Internet en print	Print	Internet
Voordelen	Sterke compressie mogelijk, dus kleine bestanden. Universeel compatibel voor schermweergave, ook mobiele media. CMYK.	Wel compressie (beperkt), maar geen kwaliteitsverlies. Sluit maskers in. Ook 16 bits en CMYK.	Wel compressie (beperkt), maar geen kwaliteitsverlies. Ondersteunt transparantie. Te gebruiken in webbrowser. Ook 16 bits.	Meest universele (oudste) bestandstype voor print. Geen compressie, dus maximale kwaliteit.	Ondersteunt transparantie in browser en office-applicaties. Animatie voor internet. Beperkte compressie.
Nadelen	Kwaliteitsverlies door compressie. Geen transparantie. Alleen 8 bits.	Nog steeds relatief grote bestanden. Niet geschikt voor internet en mobiele media.	Bestanden toch nog redelijk groot ten opzichte van JPEG. Geen CMYK.	Slechts 8 bits. Geen CMYK. Niet voor internet geschikt. In principe geen compressie. Geen transparantie. Grote bestanden.	Slechts 256 kleuren.

Behalve de genoemde fotobestandstypen heeft elk fotobewerkingsprogramma ook zijn eigen 'native' bestandstype (PSD, PSP, CPT). Hierin blijven alle lagen, selecties en tekst na opslaan bewerkbaar. Dergelijke bestanden wordt echter niet herkend door andere software en zijn niet geschikt voor internet.

SAMENVATTING

Fotocellen, pixels, interpolatie, resolutie. Het is zware kost en u wilde alleen maar een mooie foto. Tel daar alle rekensommetjes in dit hoofdstuk bij op en u voelt wellicht de neiging het begrip van de beeldvorming van een digitale foto aan u voorbij te laten gaan. Toch is het belangrijk iets van de achtergrond te weten als u uw foto's op de hoogste kwaliteit wilt laten zien aan uw publiek. Want daarom maakt u toch foto's? U hoeft gelukkig niet alles ineens te begrijpen en te onthouden. Sla dit hoofdstuk later nog eens op en laat ook de praktijk een goede leerschool zijn. Wilt u een algemene basis voor een optimale fotokwaliteit, zet de camera dan op JPEG in de hoogste resolutie (L) en kies de hoogste kwaliteit (Super Fine). Gebruik standaardinstellingen voor witbalans, verzadiging, contrast en verscherping en kies sRGB als u voornamelijk publiceert op consumentenniveau. Als u dan de belichting en scherpstelling van de camera goed hebt geregeld, komt er een onberispelijk plaatje uit iedere moderne compact-, systeem- of spiegelreflexcamera, dat geschikt is voor de mooiste weergave op een beeldscherm of afdruk in een fotoboek of op canvas.