

## Retina Display

Thomas Engel (Text und Bild)

Retina Display, was ist das? Bei einer Distanz von etwa 4 m beträgt das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges etwa 1 mm. Bei näheren Objekten verkleinert sich die Auflösungsgrösse entsprechend. Die Firma Apple hat den Begriff des «Retina Displays» für Bildschirme eingeführt, deren Auflösung höher ist als das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges bei normaler Lesedistanz. Die Idee dahinter ist simpel: Ist die Auflösung des Displays höher als das Auflösungsvermögen des Auges, so sind keine einzelnen Pixel mehr zu erkennen.

Die Umsetzung scheint jedoch nicht ganz so einfach zu sein. Wo genau liegt das effektive Auflösungsvermögen des menschlichen Auges. Was ist, wenn jemand eine Brille trägt? Was ist mit der Auflösung des Bildschirmes genau gemeint? Wie verändert sich das Auflösungsvermögen des Auges bei veränderter Pupillenöffnung.

Über das effektive Auflösungsvermögen des menschlichen Auges wird seit vielen Jahren gestritten. Die individuellen Unterschiede sind gross, und auch im Laufe des Lebens ändert sich die Sehschärfe ständig. Zudem sieht das Auge nicht überall gleich scharf und das Gehirn setzt das Bild aus vielen scharfen Einzelbildern zusammen.

Ein weiterer wichtiger Punkt betrifft die Art und Anzahl der verwendeten Pixel. Noch vor wenigen Jahren war die Auflösung der Bildschirme sehr bescheiden. Als 1987 der VGA-Standard eingeführt wurde, war dies eine kleine Revolution. Es wurden Mindestbedingungen an den Grafikprozessor gestellt. Diese waren unter anderem 256 kB interner Speicher, abwärts kompatibel mit bisherigen Standards (CGA und EGA), Grafikmodus mit 640×480-Pixel-Auflösung bei 16 Farben oder Grafikmodus mit 320×200 Pixel bei 256 Farben. Von einem Retina Display konnte also noch keine Rede sein.

1990 folgte XGA. Extended Graphics Array hatte bereits eine Auflösung von 1024×768 Pixel, und dies unabhängig von anderen Parametern wie etwa der Farbtiefe. Es gab noch viele weitere Formate wie etwa: WVGA (800×480), PAL (768×576), HD720 (1280×720), WXGA (1280×800), HD 1080 (1920×1200), QSXGA (2560×2048) und unzählige mehr. Zudem gibt es diverse verschiedene Seitenverhältnisse welche heute üblich sind: 5:4, 4:3, 3:2, 5:3, 16:9, 17:9, 16:10 und viele weitere.

Neben der Auflösung und den Seitenverhältnissen gibt es auch in der Farbtiefe der Bildschirme eine grosse Entwicklung. Wie oben im Text beschrieben, konnte der VGA-Standard je nach Auflösung 16 oder 256 Farben darstellen. Um diese Farben darzustellen, besteht jeder einzelne Farbpunkt aus drei Pixeln. Welche Auflösung wird nun bei einem Monitor angegeben? Ist es die effektive Anzahl der einzelnen Farbpunkte oder die Angabe über die vorhandenen einzelnen Pixel. In der heutigen Monitortechnik gilt meistens das additive Farbmischgesetz. Durch Mischung von 100% Rot, 100% Grün und 100% Blau erhält man Weiss (RGB). Werden jeweils 0% der drei Farbwerte benutzt erscheint der Farbpunkt als «Schwarz». Je höher das Kontrastverhältnis ist, desto grösser ist der Unterschied zwischen «Weiss» (100% R, 100% G, 100% B) und «Schwarz» (0% R, 0% G, 0% B).

Im Gegensatz zu den 256 darstellbaren Farben beim VGA-Standard können heutige Monitore 16,7 Millionen Farben darstellen. Jedes einzelne der drei Pixel pro Farbpunkt kann also 256 Farbstufen unterscheiden. Bei drei Farbwerten ergibt das  $256 \times 256 \times 256$  Abstufungen = 16,7 Millionen mögliche Farben. Dies entspricht 8 Bit pro Farbkanal, also einer 24-Bit-Farbtiefe.

Das menschliche Auge kann jedoch einen deutlich höheren Dynamikumfang erkennen. Somit können Bilder mit einem Kontrast über nahezu zehn Grössenordnungen (ein Faktor von  $10^{10}$ ) vom Auge erfasst werden. Wenn also ein Monitorhersteller von «Retina Display» spricht, sollte er meiner Meinung nach nicht nur über die Auflösung, sondern auch über den Dynamikumfang sprechen.



In einem früheren Beitrag habe ich über HDR-Bilder geschrieben. Dabei werden aus einer Belichtungsreihe Bilder mit einer Farbtiefe von bis zu 32 Bit pro Farbkanal am Computer erzeugt. So erzeugte Bilder besitzen einen derart grossen Dynamikumfang, dass dieser etwa dem menschlichen Auge entspricht. Leider gibt es heute keine handelsüblichen Monitore, welche diesen Dynamikumfang darstellen können. Es gibt seit etwa zehn Jahren Prototypen zur Darstellung solcher Bilder. Dabei sind verschiedene Verfahren bekannt.

Ein mögliches Verfahren ist etwa die «doppelte» Darstellung des Bildes. Dabei wird das Bild gedruckt und zur Darstellung des HDR-«Effekts» das selbe Bild nochmals auf das gedruckte Bild projiziert.

Ein weiteres Verfahren wird in einigen Kinos angewendet. Dabei werden mit speziellen Projektoren basierend auf dem «Digital Micromirror Device» die Lichtsignale mithilfe von Tausenden kleinen Spiegeln auf die Leinwand projiziert.

Es gibt auch spezielle HDR-LCD-Monitore, bei welchen zur Kontrasterhöhung der Hintergrund nicht einheitlich beleuchtet wird. Um dies zu erreichen, sind neben den herkömmlichen RGB-Pixel noch LED-Pixel zur Hintergrundbeleuchtung verbaut.

Die neuen Geräte von Apple, welche unter dem Namen Retina Display verkauft werden, haben Auflösungen von 2880×1800, können jedoch «nur» 16,7 Millionen Farben darstellen. Dies ist sicher ausreichend, wird jedoch von einer natürlichen Darstellung gesprochen, sollten auch der Farbumfang und der Kontrast der Natur entsprechen.

*Fortsetzung folgt...*