Wer findet die Einser?

Zwischen der Darstellung am Monitor und einem Ausdruck liegen oft Welten, auch bei modernsten TFT-Displays. Deshalb erklärt Heinz-Jürgen Groß von DeltaE. Image Consulting für FineArtPrinter, worauf es bei der Monitorkalibrierung ankommt. Seine für FineArtPrinter erstellten Dateien machen auch ohne Messgerät Optimierungsbedarf deutlich.

Wer bereits am Monitor die Bildwirkung des späteren Ausdrucks beurteilen kann, spart Geld und Zeit und amortisiert die Investition in Monitorkalibrierung schnell wieder. Damit wird der Monitor in das Farbmanagement einbezogen und der Computerbildschirm in einen »digitalen Normlichtkasten« verwandelt. Moderne Profilierungssoftware erlaubt dem Benutzer, Bildschirmparameter wie Weißpunkt, Gamma und Luminanz weitgehend frei zu wählen, was neue Fragen aufwirft. Je professioneller die jeweilige Software ausgestattet ist, desto umfangreicher scheinen die Auswahlmöglichkeiten. Doch warum gibt es keine allgemein gültigen, genormten Vorgaben, welche Einstellungen sind die richtigen? Exakt diese Fragen wollen wir hier beantworten und einen praktischen Leitfaden für die erfolgreiche Monitor-Justage entwickeln inklusive nützlicher Hilfsmittel.
Die Aufgabe: Salopp formuliert, ist das Ziel der Monitorprofilierung die Erfüllung des alten Menschheitstraumes: »What you see is what you get«. Der Bildschirm soll so eingestellt werden, dass er das spätere Druckerzeugnis bestmöglich simuliert. Die »Knöpfchen«, an denen der Anwender des Profilierungstools drehen kann, betreffen folgende Vorgabewerte:

- Helligkeit
- Kontrast
- Weißpunkt
- Gamma

Bevor wir auf diese Parameter genauer eingehen, lassen Sie uns den Ablauf der Monitorprofilierung etwas genauer ansehen.

Erst kalibrieren, dann profilieren
Wenn im täglichen Sprachgebrauch von Monitorprofilen die Rede ist, wird meist übersehen, dass deren Erstellung eigentlich ein zweistufiger Prozess ist. Zunächst wird ein Monitor kalibriert, bevor er mit Aussicht auf Erfolg profiliert werden kann. Was in diesen beiden Arbeitsschritten jeweils geschieht, lässt sich in einem Satz ausdrücken: die Farbwiedergabe-Eigenschaften eines Gerätes werden durch die *Kalibrierung verändert*, und durch die *Profilierung beschrieben*.

1. Kalibrierung
Es ist eine gute Idee, zu Beginn der Kalibrierung einen Blick auf den ausgeschalteten Monitor zu werfen. Ist das Bildfeld sauber? Schmutz und Staub können die Kontrastwiedergabe empfindlich stören. Sind Spiegelungen oder Reflexe sichtbar? Eine Streulichtblende wirkt Wunder; oft hilft auch schon ein leicht geänderter Standort. Beachten Sie bitte, dass die Beurteilung der Bildqualität erst dann Sinn macht, wenn das Gerät »warmgelaufen« ist; das ist in der Regel nach dreißig Minuten der Fall. Verfügt Ihr TFT-Monitor über einen digitalen Eingang, sollten Sie diesen unbedingt nutzen. Die zweimalige Signalwandlung, die bei Verwendung eines Analogkabels zwangsläufig auftritt, führt bisweilen zu streifigen Grauverläufen.
Während der Kalibrierung werden Farbtemperatur, Helligkeit, Kontrast und Graubalance gemessen, mit den Vorgabewerten verglichen und gegebenenfalls angepasst. Wenn möglich, sollten notwendige Korrekturen nicht durch Änderungen auf Betriebssystemebene, sondern durch »Drehen« an der Monitorhardware vorgenommen werden. Man vermeidet so eine Minderung der Bildqualität durch unnötige Dynamikverluste.
Die Graubalance lässt sich mit »Bordmitteln« des Monitors allerdings kaum beeinflussen; bei vielen TFTs gilt dies auch für den Weißpunkt. Dort, wo direkte Geräteeinstellungen nicht zur Verfügung stehen, behilft man sich mit einem kleinen Trick: Die notwendigen Anpassungen werden in Form einer Korrekturtabelle (CLUT: Color Look-Up Table) in einen speziell dafür vorgesehenen Speicherbereich der Grafikkarte geladen.

Bei sehr hochwertigen Bildschirmen wird die CLUT im Monitor selbst abgelegt; die Anzahl der Stützstellen für die Gradationskurven ist dann meist deutlich höher. Die in der Grafikkarte gespeicherten CLUTs werden gewöhnlich mit acht Bit pro Kanal, also 256 Abstufungen codiert. Bei den neuen, »hardwarekalibrierbaren« TFTs sorgen 1.024, bisweilen sogar 4.096 Abstufungen für deutlich homogenere Verläufe. Allerdings sind nur wenige Kalibrierlösungen in der Lage, die Monitor-CLUT direkt anzusprechen.
Der Bildschirm ist nun neu eingestellt; die Grobkorrekturen wurden durch Änderungen der Monitor-Settings erreicht, die Feinjustage bewerkstelligt die CLUT. Die vorgenommenen Korrekturen wirken systemweit – also in allen Anwendungen. Ein ursprünglich zu blauer Weißpunkt ist jetzt neutral, ein zu flau eingestellter Monitor deutlich kontrastreicher. Mit Farbmanagement hat das allerdings noch nichts zu tun, denn bislang stimmen ja lediglich die Neutralität der Grauachse sowie die Helligkeit und Farbtemperatur des Weißpunktes. Was jetzt noch fehlt, ist die Beschreibung des Monitorgamuts.

2. Profilierung
Wo liegen die Farborte für maximales Blau, Grün und Rot, mit welchen RGB-Werten muss man den Monitor ansteuern, damit eine definierte Farbe so genau wie möglich wiedergegeben wird? Um diese Fragen beantworten zu können, erfolgt nach der Kalibrierung die farbliche Charakterisierung, in deren Verlauf eine Vielzahl von RGB-Werten unterschiedlicher Helligkeit und Sättigung zur Anzeige gebracht und farbmetrisch vermessen wird.
Auf Basis dieser Messwerte wird ein Farbkatalog erstellt, in dem aufgelistet wird, wie digitale Farbwerte in reale Farbempfindungen umgesetzt werden. Es entsteht eine tabellarische Gegenüberstellung von »gesendeten« RGB-Werten und messtechnischen Größen, die die menschliche Wahrnehmung der jeweiligen Farbe beschreiben. Dieses Zahlenwerk wird nebst CLUT schließlich als ICC-Profil gespeichert.
Beim Systemstart öffnet das Betriebssystem das Standard-Monitorprofil; die dort gespeicherte Monitorfarbtabelle steht damit allen Farbmanagement tauglichen Programmen zur Verfügung.
Die Korrekturtabellen für die Grafikkarte bzw. die Monitorhardware werden momentan nur von Macintosh-Betriebssystemen automatisch geladen; unter Windows erledigen dies kleine Hilfsprogramme, die vom jeweiligen Tool-Hersteller in die Autostart-Gruppe kopiert wurden.
Vorsicht: Hier lauert eine mögliche Fehlerquelle! Wer einst mit Adobe Gamma experimentiert und danach das Messgerät von Hersteller A getestet hatte, bevor er sich jetzt für Hersteller B entscheiden konnte, hat möglicherweise drei verschiedene Gamma-Loader an Bord, die jetzt beim Systemstart »um die Wette laden«. Achten Sie also darauf, nicht mehr benötigte Helferlein am automatischen Start zu hindern. Nach erfolgter Profilierung sollte das Bild auf dem Monitor exakt so aussehen wie der auf dem Schreibtisch liegende Proof. Das ist allerdings schon deswegen schwierig, weil der Bildschirm ein Selbstleuchter ist, während der Print lediglich das Licht reflektiert, mit dem man ihn beleuchtet.

Konstantes Umgebungslicht
Mit zunehmendem Unterschied zwischen dem *Monitorweißpunkt* und dem des Umgebungslichtes verschlechtert sich naturgemäß die Übereinstimmung zwischen Bildschirm und Druck; diese Tatsache wird gerne übersehen und führt in der Praxis zu »unpassenden« Bildkorrekturen. Für wirklich farbkritische Arbeiten ist deshalb einfallendes Tageslicht eher hinderlich, da es bezüglich Helligkeit und Farbe ständigen Schwankungen unterliegt. Idealerweise sorgt man demnach für eine möglichst konstante, reflexfreie, nicht zu helle Umgebungsbeleuchtung, die dem Industriestandard D50 möglichst nahe kommt. Sind diese Arbeitsbedingungen erfüllbar, ist ein Monitorweißpunkt von 5.000 K ein guter Startwert.

Helligkeit und Kontrast
In der Videotechnik haben die Begriffe »Helligkeit« und »Kontrast« eine deutlich andere Bedeutung, als fotografisch denkende Menschen erwarten würden. Erhöht man also bei einem Röhrenmonitor die

»Helligkeit«, wird tatsächlich die Differenzierung in den tiefen Schatten beeinflusst; diese Einstellung wirkt sich vornehmlich auf den Schwarzpunkt aus. Bitte beachten Sie, dass andererseits bei TFTs die Verbesserung durch Anhebung der Helligkeit oft ausbleibt; kehren Sie in solchen Fällen zur Werkseinstellung zurück.
Dahingegen verändert man mit dem »Kontrast« primär die Helligkeit von «Weiß«. Wird bei gleich bleibendem Schwarzpunkt die Luminanz des Weißpunktes angehoben, ändert sich nicht nur der Kontrast, sondern auch die allgemeine Bildhelligkeit steigt merklich.

Luminanz beim TFT begrenzen

Wenn das Monitorbild nicht zum Print passt, kann das eine häufig nicht bedachte Ursache haben: Die Monitordarstellung ist zu hell und zu kontrastreich. Dieses Problem war zu Zeiten der Röhrengeräte praktisch unbekannt; auch sehr hochwertige Geräte bringen es selten auf eine Luminanz über 130 cd/m^2. Das sieht bei Flachbildschirmen ganz anders aus; Werte von 250 cd/m^2 sind mittlerweile Standard. Nutzt man den Kontrastumfang dieser Geräte aus, werden Bilder in einer enormen Leuchtkraft und Brillanz dargestellt. Das sieht toll aus, lässt sich aber nicht zu Papier bringen. Die Folge einer solchen Einstellung sind Prints, die als »zu dunkel« reklamiert werden.
Die praktische Erfahrung zeigt, dass eine optimale Übereinstimmung des Monitorbildes mit dem Helligkeitseindruck unter Normlicht betrachteter Prints bei einer Monitor-Luminanz zwischen 100 bis maximal 130 cd/m^2 erreicht wird. Eine Begrenzung der maximalen Luminanz ist bei der Profilierung von Flachbildschirmen daher dringend angeraten. Eine korrekte Einstellung des Monitorkontrasts vorausgesetzt, können Sie die Güte der Lichter- und Schattendifferenzierung Ihres aktuellen Monitorprofils mit unserem Testbild »Einser« überprüfen.
Die Ziffer, die Sie gerade noch vom jeweiligen Hintergrund unterscheiden können, ist ein unmittelbares Indiz für die »aufgelöste« Helligkeitsdifferenz.
Ein Luminanzproblem auf der anderen Seite der Skala findet sich oft bei Röhrenmonitoren mit mehr als 2.000 Betriebsstunden; wenn die maximale Luminanz weniger als 85 cd/m^2 beträgt, kann sich das Auge nicht mehr vollständig auf den Monitorweißpunkt adaptieren; ein auf 5.000 K profilierter Bildschirm erscheint dann zu warm; ein baldiger Austausch scheint angeraten.

Gamma individuell festlegen

Definitionsgemäß wird ein Pixel umso heller dargestellt, je höher sein RGB-Wert ist; die Relation von RGB-Wert und Monitorhelligkeit ist aber nicht trivial. Es hat sich in der Praxis als unvorteilhaft erwiesen, wenn die Monitorhelligkeit mit ansteigendem RGB-Wert linear zunimmt; die Schatten sind dann zu steil, die Lichter zu flach, und das Bild erscheint allgemein zu hell. Ein empfindungsgemäß angenehmer Gradationsverlauf stellt sich dann ein, wenn die Monitorhelligkeit in einer leicht durchhängenden Kurve dem RGB-Wert folgt. Eine Maßzahl für den Grad der Kurvendurchbiegung ist der Gammawert. Hinter dieser Größe verbirgt sich der Exponent einer mathematischen Funktion. Ein höherer Wert sorgt für eine stärkere Durchbiegung der Kurve; Schatten werden flacher, Mitteltöne dunkler und Lichter steiler. Bewährt haben sich Werte zwischen 1,8 und 2,2; die viel zitierte Regel: »1,8 beim Mac, 2,2 beim PC« ist allerdings unsinnig und hat eher historischen Hintergrund.
Während ein höheres Monitorgamma das Schreibtisch-Hintergrundbild Ihres Windows-PCs dunkler aussehen lässt, ändert sich die Helligkeit der Bilddarstellung in farbmanagementfähigen Anwendungen wie z.B. Photoshop nicht. Das Farbmanagement sorgt in diesem Fall dafür, dass die in den Bilddaten enthaltene Helligkeitsinformation – gewonnen aus Pixelwert und Quellprofil des Bildes – korrekt angezeigt wird.
Dennoch gibt es einen Grund, ein wenig mit diesem Parameter zu experimentieren: Je besser der eingestellte Wert zum hardwaremäßigen Helligkeitsverlauf des Monitors passt, umso geringer ist die Gefahr einer unschönen Streifenbildung in Grauverläufen. Die Homogenität der Grauachse können Sie leicht anhand unseres Testbildes »Graubalance« beurteilen; die Skalierung am Bildrand hilft Ihnen bei der Lokalisierung eventueller »Problemzonen«. (Bildbeispiele)
Ein neuer, bislang nur von einem Software-Hersteller beschrittener Weg ist die so genannte

L*-Kalibrierung. Die Monitorhelligkeit folgt dabei nicht mehr einer Gradationskurve, ein Gammawert wird nicht mehr angegeben. Grundidee bei dieser Technik ist die proportionale, lineare Zuordnung von RGB-Werten und der Luminanzkomponente des L*a*b*-Farbmodells. Dieser Ansatz eignet sich besonders für hardwarekalibrierbare Monitore, bei denen die CLUT in zehn Bit Genauigkeit im Monitor selbst abgelegt wird.

Checkliste für Ihre Kalibrierung

Bei genauerem Hinsehen erweist sich die Monitorprofilierung als durchaus komplexes Thema, dem aber angesichts seiner Bedeutung für den gesamten Arbeitsablauf in der digitalen Bildproduktion eine hohe Aufmerksamkeit zusteht. Sicherlich beleuchtet auch dieser Artikel nicht alle Aspekte der Monitorprofilierung; vielleicht konnten wir aber Ihre Aufmerksamkeit auf bislang weniger bekannte Details lenken.

Die nachstehende Checkliste möge Ihnen jedenfalls den praktischen Umgang mit den Informationen dieses Beitrags erleichtern.

- Überprüfen Sie Ihren Bildschirm auf Sauberkeit und Reflexfreiheit. Wenn notwendig, reinigen Sie ihn und montieren Sie gegebenenfalls eine Streulichthaube.
- Warten Sie mit den nachfolgenden Schritten mindestens dreißig Minuten, damit sich die Bildwiedergabe stabilisieren kann.
- Passen Sie die Monitorhelligkeit an. Wenn möglich, benutzen Sie dafür Ihr Messgerät.
- Regeln Sie den Kontrast Ihres Monitors; achten Sie darauf, dass eine maximale Monitorhelligkeit von 130 cd/m^2 nicht überschritten wird, wenn Sie den Bildschirm zur Beurteilung von Ausdrucken verwenden möchten. Für Webanwendungen empfiehlt sich die Erstellung eines separaten Profils.
- Für das Monitorgamma hat sich 2,2 als guter Startwert erwiesen; bei Problemen mit streifigen Grauverläufen lohnt das Experimentieren mit diesem Parameter.
- Wählen Sie den Weißpunkt. 5.000 K ist die Standardempfehlung; beurteilen Sie Druck-Erzeugnisse möglichst unter Normlicht.
- Starten Sie Ihre Software; kalibrieren und profilieren Sie Ihren Monitor.
- Überprüfen Sie die Graubalance und achten Sie auf Bandingprobleme; die Datei »Balance.jpg« hilft bei der Beurteilung.
- Überprüfen Sie die Farbwiedergabe anhand eines profiliert ausgegebenen Prints. Verwenden Sie möglichst ein Motiv, das Ihre Aufgabenstellung möglichst gut repräsentiert, und stellen Sie sicher, dass der verwendete Referenzprint auf einem gewissenhaft profilierten System erstellt wurde.
- Passen Sie – wenn nötig – Vorgabewerte wie Gamma, Luminanz und Weißpunkt an, und erstellen Sie ein neues Profil. Änderungen des Weißpunktes um 100 Kelvin sind noch gut sichtbar; leider lassen nicht alle Kalibrierlösungen solch feine Korrekturschritte zu.
- Denken Sie daran, Ihr Profil in regelmäßigen Abständen zu überprüfen.

ZWÖLF PUNKTE ZUR ERFOLGREICHEN MONITORPROFILIERUNG			
	Arbeitsschritt	Tool	Startwert
1)	Sauberkeit und Reflexfreiheit überprüfen		
2)	Monitor 30 Minuten »warmlaufen« lassen		
3)	Helligkeit anpassen		
4)	Kontrast anpassen		110 cd/m²
5)	Gamma auswählen		2,2
6)	Weißpunkt einstellen		5.000 K
7)	Kalibrieren / Profilieren		
8)	Graubalance / Banding überprüfen	Balance.jpg	
9)	Lichter- und Schattendifferenzierung überprüfen	Einser.jpg	
10)	Farbwiedergabe überprüfen	Referenzprint	
11)	Vorgabewerte modifizieren		
12)	Regelmäßige Überprüfung		