



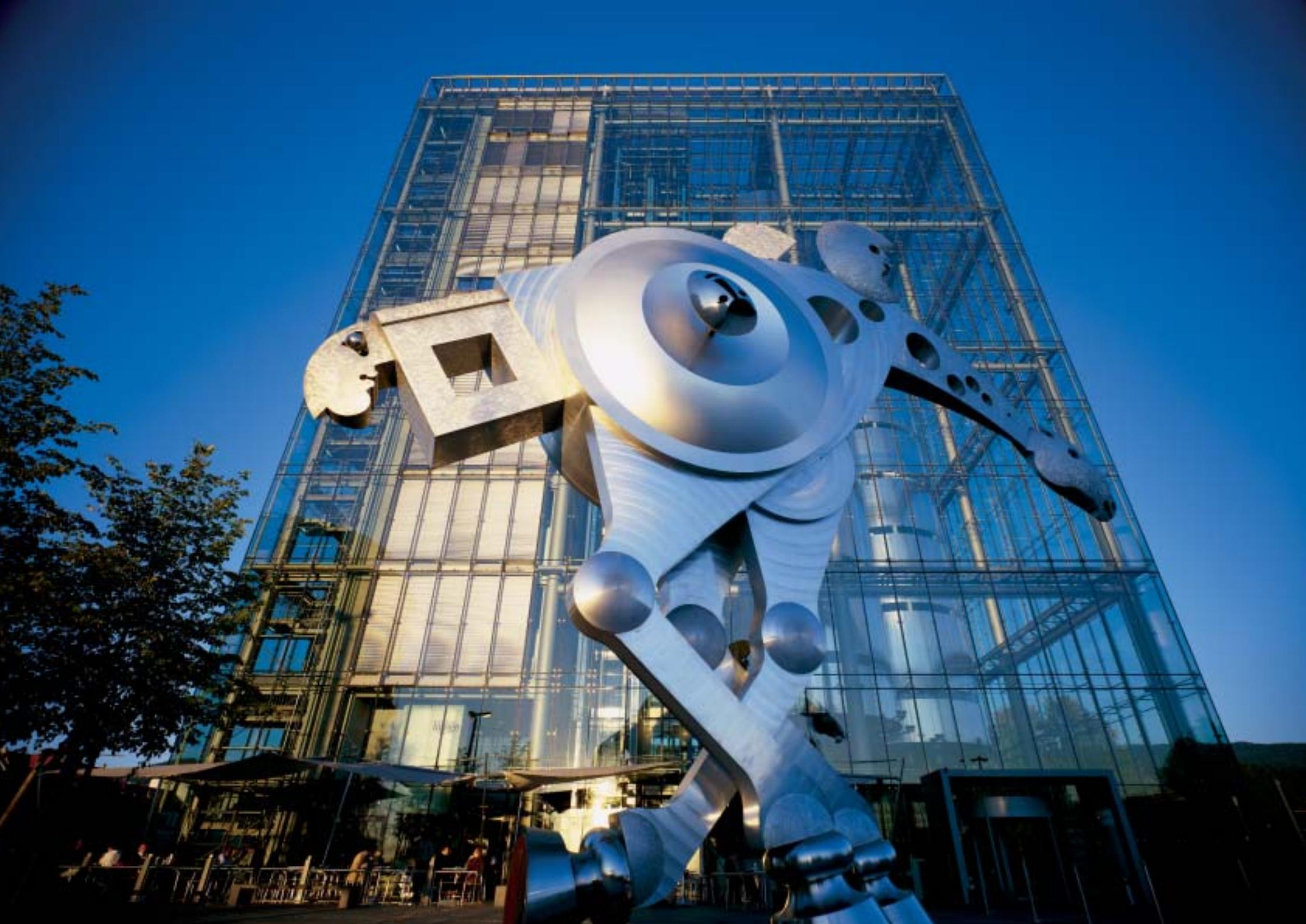
Fachwissen

08 • 2003

Heidelberger Druckmaschinen AG

Color Management

HEIDELBERG



Inhalt

Einleitung/Vorwort:				Anhang:								
Color Management		4	4	Profilierung		21	Farbraumdefinition		38	Begriffserklärung		42
Die Farbenlehre des Drucks				Geräteabstimmung im Workflow			Theoretischer Hintergrund			Definitionen und Erläuterungen		
Herausforderung Druckalltag		4		Beispiel Scanner		22	Das CIE-Normfarbsystem		38	Additive Farben		42
1	Farbentstehung	5		Kalibrierung alternativer Datenlieferanten		24	Der Lab-Farbraum der CIE		39	CMM (Color Matching Module)		42
Wie wir sehen, was wir sehen				Umgang mit schwierigen Augen		26	Gamut Mapping im Lab-Farbraum		40	Delta E (ΔE)		42
Das Farbensehen unserer Augen				Quelldaten		27	Empfindungsgemäße Farbbedienung		41	Farbauszug		42
Die Wellenlängen der Farben		7		Kalibrierung von Monitoren		27				Farb-Profile		42
Unser subjektives Farbempfinden		8		Schwierige Farbbereiche für Monitordarstellungen		28				Farbraum		42
2	Farbmessung	9		Profilierung von Ausgabegeräten		29				Farbraumtransformation (Gamut Mapping)		43
Die digitale Messbarkeit der Farben				Einflussfaktoren außerhalb des Color Managements		30				Farbraumtransformationsabsicht (Rendering Intent)		43
Farben werden gemessen		12		5 Reproduktion		31				Gamma-Kurve		43
Von der Ermessensangelegenheit zur Messbarkeit		12		Vom Proof zur perfekten Farbwiedergabe						Gradationskurve		43
Das XYZ-Farbsystem		13		Problemfarben		33				Graustufen		42
Das Lab-Farbmodell		14		Wie wird ein Proof farbverbindlich		34				ICC (International Color Consortium)		44
3	Farträume	15		6 Ausblick		35				ICM (Image Color Management)		44
Arbeiten mit verschiedenen Farträumen				Die Zukunft eines weltweiten Farbstandards						Kalibrierung		44
Dolmetscher und Simulator		17		Die Grenzen der Standards		36				Kontraktproof		44
Von Farbraum zu Farbraum		18		Die Zukunft des Color Managements		36				Moiré		44
Von Transformation über Umrechnung zur Anpassung		19								Softproof		44
Color Management in Betriebssystemen		20								WYSIWYG		44

Color Management • Die Farbenlehre des Drucks

Seit den ersten Tagen des Drucks stellt der Umgang mit Farben uns immer wieder vor neue Herausforderungen. Es gilt, das Farbwissen der jeweiligen Zeit zu managen, d. h. es zu sammeln, zu organisieren und zu beurteilen, um es in die sich wandelnden Arbeitsprozesse einbringen zu können.

Mit jeder neuen Technologie entwickelte und erweiterte sich das Spektrum der Möglichkeiten. Mit der Vielzahl an Entwicklungen potenzierten sich aber auch die Möglichkeiten in der Farbdarstellung. Immer wieder wurde die Notwendigkeit zur Standardisierung erkannt, wurden Initiativen ergriffen und Prozesse vereinheitlicht. Die Heidelberger Druckmaschinen AG

gilt auf dem Gebiet des Color Managements weltweit als Vorreiter, wenn es um die Entwicklung effizienter Lösungen für die Druckindustrie geht.

Diese Ausgabe der Heidelberg® Edition Fachwissen möchte Sie in das Thema Color Management einführen. Ob mit umfangreichem Wissen ausgestattet oder als Laie, der sich erstmals mit dieser Thematik beschäftigt, wir bieten Ihnen interessante Einblicke in die Welt der Farben. Nach dem Motto „Man sieht nur, was man weiß“, erhalten Sie hier, leicht verständlich aufbereitet, den aktuellen Stand der betroffenen wissenschaftlichen Disziplinen und der daraus resultierenden Möglichkeiten für unsere Industrie.

Herausforderung Druckalltag

Wie häufig wir mit Farben und den damit verbundenen Schwierigkeiten im alltäglichen Arbeiten konfrontiert werden, lässt sich anhand des folgenden kleinen Fragenkatalogs leicht verdeutlichen:

- Scannen Sie alle Vorlagen, die Sie verwenden, selbst und immer mit dem gleichen Scanner?
- Sehen alle Bilder auf dem Monitor immer exakt so aus wie der Druck?
- Treffen Ihre Proofs immer das Druckergebnis?
- Arbeiten Sie bei der Erstellung von Druckvorlagen immer mit dem gleichen Belichter?
- Ist das einzige von Ihnen genutzte Ausgabeverfahren der Offsetdruck?
- Arbeiten Sie immer mit der gleichen Druckerei zusammen?

Sollten Sie all diese Fragen mit einem eindeutigen Ja beantworten, gehören Sie zu den wenigen Menschen, für die das Color Management nur theoretisch von Interesse ist. Für alle anderen gilt: „Willkommen in der Praxis!“. Vergleichen Sie bitte einmal kurz die drei Abbildungen auf dieser Seite. Hier sehen Sie zwei Farbdarstellungen eines Originals ohne Color Management. Die Unterschiede sind offensichtlich. Genauso wie die schnelle Erkenntnis, dass ein Arbeiten mit Farben auf diesem Niveau nur selten zu befriedigenden Ergebnissen führen wird. Worin die Ursachen für Abweichungen liegen, wie man sie in den Griff bekommen kann und wie Sie zukünftig Ihr individuelles Color Management verbessern können, darüber mehr in den folgenden Kapiteln.

Original



Monitorbild ohne Color Management



Druckergebnis ohne Color Management





[Farbentstehung](#)

[Farbmessung](#)

[Farträume](#)

[Profilierung](#)

[Reproduktion](#)

[Ausblick](#)

[Anhang](#)

Farbentstehung • Wie wir sehen, was wir sehen

Den besten Einstieg in das Thema Color Management erhält man, indem man sich verdeutlicht, wie Farben grundsätzlich entstehen und wie wir Menschen sie wahrnehmen. Betrachten Sie hierfür einmal kurz die Abbildung 1 auf dieser Seite. Hier sehen Sie sofort ein grünes Quadrat. Aber warum können Sie dieses Quadrat sehen? Und warum ist es grün? Bei der Beantwortung dieser Fragen helfen uns die Kenntnisse der Biologie und Physik.

Um die Farbe eines Objektes wahrzunehmen, benötigen wir:

Abb. 1: Sie erkennen hier sofort ein grünes Quadrat. Doch damit Sie Form und Farbe überhaupt sehen können, müssen zahlreiche Voraussetzungen erfüllt sein.



- zunächst das Objekt bzw. eine Form,
- Licht, das auf dieses Objekt auftrifft und reflektiert wird,
- unsere Augen.

Das Farbensehen unserer Augen

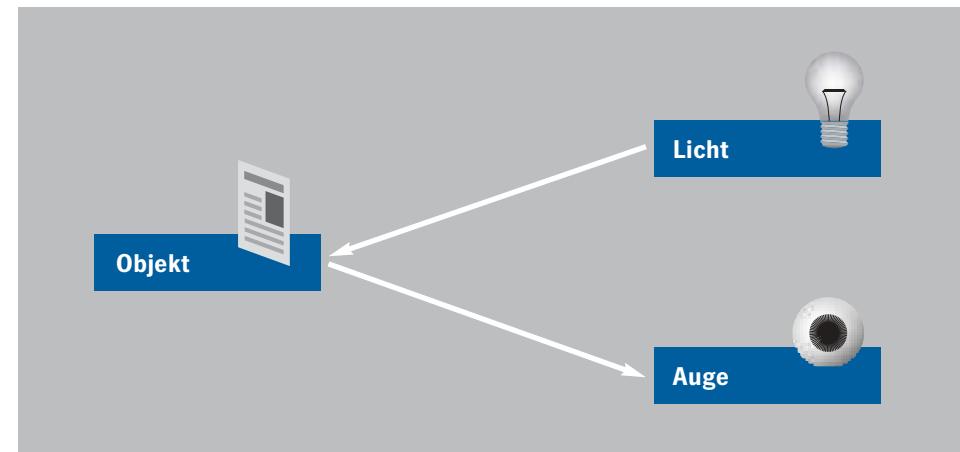
Das Licht trifft auf das Quadrat und wird von ihm reflektiert. Das reflektierte Licht trifft anschließend auf unsere Augen und löst in den Sehzellen unserer Netzhaut einen Reiz aus.

Diese Sehzellen bestehen aus Stäbchen und Zapfen. Mit Hilfe der Stäbchen unterscheiden wir Hell und Dunkel.

So können wir vornehmlich dank der Aktivität der Stäbchen bei schwachem Licht (Dämmerung) sehen und Grautöne unterscheiden. Bei guter Beleuchtung, wie bei normalem Tageslicht, sehen wir nur mit Hilfe der Zapfen. Und genau diese sind für die Unterscheidung von Farben zuständig. Wissenschaftliche Erkenntnisse untermauern die Theorie, wonach es im Auge drei Arten von Farbempfängern gibt, die sich im sogenannten gelben Fleck, im Zentrum des Auges, konzentrieren. Die Lichtempfindlichkeit der Zapfen beruht

auf einer chemischen Reaktion des Sehfarbstoffes. Drei Arten von Sehfarbstoffen sind im Auge nachgewiesen worden, nämlich für Rot, Grün und Blau. Eine Farbempfindung kommt durch verschiedene Erregung der drei Zapfenarten zustande. Von unserem Quadrat in Abb. 1 bzw. durch das von ihm reflektierte Licht werden im Wesentlichen die grünempfindlichen Zapfen angesprochen. Sobald diese einen Impuls an unser Gehirn weitergeben, sehen wir ein grünes Quadrat.

Abb. 2: Unser Auge empfängt Lichtwellen, die von Objekten reflektiert werden.



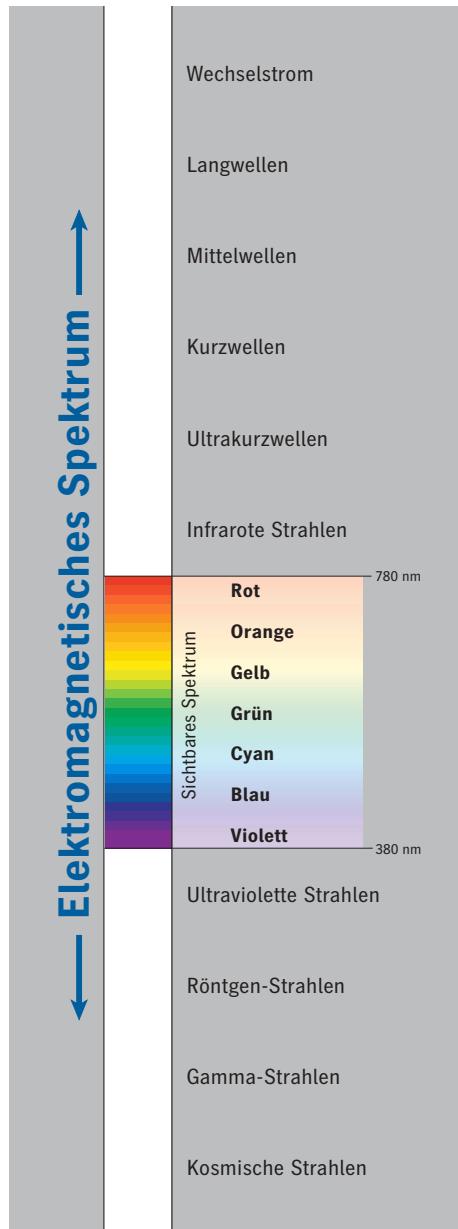


Abb. 3: Innerhalb des gesamten elektromagnetischen Spektrums ist nur ein begrenzter Bereich für uns sichtbar, der hier stark gespreizt dargestellt ist.

Die Wellenlängen der Farben

Die Physik hilft uns, folgende Fragen zu beantworten:

- Wie funktioniert die Übertragung von Lichtsignalen?
- Wovon werden die Zapfen gereizt?
- Und warum nur die für Grün?

Farbiges Licht wird in Form von elektromagnetischen Wellen übertragen. Jede spektralreine Farbe hat ihre eigene Wellenlänge. Reale Farben sind in aller Regel Mischungen aus einer großen Zahl von Wellenlängen. Die verschiedenen Zapfen sprechen genau auf diese unterschiedlichen Wellenlängen an. Das begrenzte Wahrnehmungsspektrum der einzelnen Zapfenarten ermöglicht uns einerseits eine Unterscheidung von Farben, bedingt

andererseits aber auch, dass wir eine Vielzahl von Wellen nicht sehen können. Welche Wellenlängen bzw. Strahlenlängen hierzu gehören, zeigt Abbildung 3.

Das Spektrum entsteht, wenn man weißes Licht durch Dispersion in einem Prisma zerlegt. Auf einer Fläche hinter dem Prisma zeigen sich die Grundfarben des Lichts. Die Hauptbereiche Rot, Grün, Blau entsprechen der Farbempfindlichkeit unserer Augen. Wo die Strahlen einer neutralen, also weißen Lichtquelle auf Druckprodukte treffen, werden je nach Körperfarbe die Lichtfarben teilweise reflektiert und teilweise absorbiert. In unserem Beispiel werden also Rot und Blau absorbiert, während das Grün reflektiert und so von unserem Auge auch interpretiert wird.

Farbwahrnehmung:

- Reflektiertes Licht löst in unseren Sehzellen einen Reiz aus
- Zapfen sind verantwortlich für die Farbunterscheidungen
- Farbiges Licht wird von elektromagnetischen Wellen übertragen
- Die Wellenlänge entscheidet über die Art der Farbempfindung

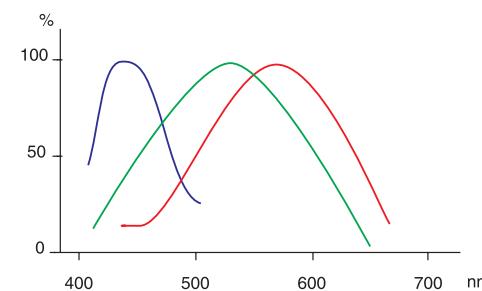


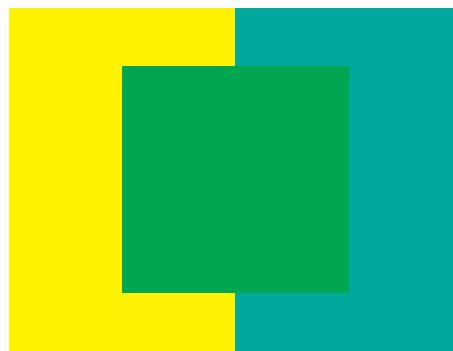
Abb. 4: Das Wahrnehmungsspektrum unserer Zapfen lässt sich sehr gut in Bezug von Wellenlänge zur Intensität darstellen.

Unser subjektives Farbempfinden

Farbe ist nicht gleich Farbempfinden. Wir können davon ausgehen, dass Menschen physikalisch vollkommen identische Farben grundsätzlich unterschiedlich wahrnehmen. Hierfür können gleich mehrere Ursachen angeführt werden. Die wohl wichtigste ist in der Unterschiedlichkeit der spektralen Empfindlichkeit unserer Augen zu finden. Sie weicht von Mensch zu Mensch zwar nur geringfügig ab, was in Grenzfällen jedoch zu offensichtlichen Irritationen führen kann. So ruft die Farbe Türkis vollkommen unterschiedliche Wahrnehmungen hervor. Die einen sehen in ihr eher ein Grün, während andere fest davon überzeugt sind, dass es sich eher um eine Art Blau handelt.

Ein weiterer Einflussfaktor ist unsere Psyche. Die Stimmung, in der man sich befindet, kann unser Farb-

Abb. 5: Auch die Farbumgebung hat wesentlichen Einfluss auf unsere Wahrnehmung. Je nach Umgebung wirkt das Grün leuchtender oder matter.



empfinden entscheidend beeinträchtigen. Ist man gerade abgespannt, kann einem ein grau tapziert Raum sehr viel dunkler und grauer vorkommen, als dies noch bei ausgeglichener oder sogar positiver Gemütslage der Fall war. Des Weiteren tragen äußere Umstände dazu bei, unser Farbempfinden zu beeinflussen. Die Art der Lichtquelle ist hier von großer Bedeutung. Es ist ein leicht nachvollziehbarer Unterschied, ob wir ein weißes Blatt Papier bei Tageslicht, im Licht einer Glühlampe oder bei Kerzenschein betrachten. Denn das bei Tageslicht strahlend weiße Papier wirkt bei Kerzenschein eher gelblich. Ein Eindruck, der sich allerdings nach kurzer Zeit wieder relativiert, da sich unsere Augen schnell an geänderte Lichtverhältnisse gewöhnen. Nach nur wenigen Sekunden wirkt das Blatt Papier dann ebenso weiß wie zuvor bei

Tageslicht. Diese Anpassungsfähigkeit, genannt Adaption, ist von großem Vorteil, wenn wir dunkle Räume betreten und uns schnell orientieren müssen. Doch was sich in unserer Evolution als wertvoll durchgesetzt hat, ist bei der Beurteilung von Farben eher hinderlich, denn unsere Sehorgane entwickeln ein manipuliertes Bild, und damit sind wir gezwungen, optische Einschränkungen in Kauf zu nehmen. Neben der Beleuchtung kann auch das Format wesentlichen Einfluss auf unsere Farbwahrnehmung haben. Auf dieser Seite

sehen Sie, dass ein größeres Quadrat mit dem gleichen Grün leuchtender und kraftvoller wirkt als ein kleineres Quadrat.

Einflussfaktoren subjektiver Wahrnehmung:

- Spektrale Farbempfindlichkeit
- Mentale Verfassung
- Lichtquelle
- Farbliche Umgebung
- Räumliche Umgebung

Abb. 6: Auch die Größe der Farbfläche kann unsere Wahrnehmung entscheidend verändern. Vergleichen Sie selbst. Im großen Quadrat wirkt das Grün leuchtender und kraftvoller als im kleinen Quadrat.





Farbentstehung

Farbmessung

Farträume

Profilierung

Reproduktion

Ausblick

Anhang

Farbmessung • Die digitale Messbarkeit der Farben

Mit der stetig wachsenden Zahl an Ein- und Ausgabegeräten und der parallel großen Verbreitung von Grafik- und DTP-Systemen haben sich die Rahmenbedingungen für die Be- und Verarbeitung von Farben grundsätzlich gewandelt. Zahlreiche Prozesse sind heute unvergleichlich leichter und schneller zu handhaben, als dies noch vor zehn Jahren der Fall war. So kann heute nahezu jeder an seinem Computer Farbgrafiken erstellen oder Bilder bearbeiten. Doch geht die Vielfalt der Technologien und Systeme häufig zu Lasten der Trans-

parenz und Konformität. Nicht wenige Laien sind überrascht von den starken Farbabweichungen, die sich allein schon zwischen Monitor und Farbdrucker ergeben.

Wie sehr das Potenzial an Abweichungen zwischen Entwurf und endgültigem Erzeugnis anwachsen kann, wird offensichtlich, wenn man den Werdegang eines Dokuments einmal genauer betrachtet. Während noch vor wenigen Jahren Entwurf und Druckvorbereitung überwiegend in einer Hand lagen, haben sich heute die Wege diversifiziert. So

entwickelt ein Grafiker sein Konzept und sucht sich dafür in der Regel die passenden Vorlagen zusammen. Diese kann er z.B. selbst scannen bzw. extern scannen lassen, oder er bedient sich digitaler Aufnahmen, die er sich beispielsweise von einer Fotodatenbank im Internet runterlädt. Die Daten unterschiedlichsten Ursprungsbettet er in sein Konzept ein, wobei er sich vor allem auf deren Darstellung und Wirkung am Monitor konzentriert. Mit Hilfe eines herkömmlichen Farbdruckers wird dann ein erster Ausdruck vorgenommen.

Ist das Ergebnis zufriedenstellend, werden die Entwürfe dem Kunden vorgelegt und nach erfolgreicher Präsentation für die Produktion freigegeben. Daraufhin gilt es, die Daten für die weitere Produktion weiterzuleiten. Die empfangende Stelle, wie z.B. ein Repro-Studio oder die Vorstufe einer Druckerei, bereitet diese auf und leitet sie wiederum weiter zur Druckplattenproduktion. Schließlich erfolgt in der letzten Station der hier skizzierten Prozesskette der Druck. Im schlechtesten und wahrscheinlichsten Fall waren weder die

Bis zur eigentlichen Reproduktion haben die digitalen Farbdaten einen weiten Weg hinter sich.



beteiligten Geräte aufeinander abgestimmt, noch lagen Informationen vor, wie die endgültige Farbdarstellung aussehen soll.

Die Öffnung der ehemals geschlossenen Systeme hat zu einer nahezu unüberschaubaren Vielfalt sowohl bei den Hardware- als auch bei den Softwarekomponenten geführt. Damit offene Systeme überhaupt funktionieren können, müssen alle betroffenen Eingabegeräte mit allen Ausgabegeräten kommunizieren können. So selbstverständlich dies klingt, in Sachen



In der professionellen Fotografie ist die Lichtwertmessung ein wesentlicher Bestandteil, denn die Lichtwerte nehmen Einfluss auf die Farbwiedergabe bzw. Farbwirkung.

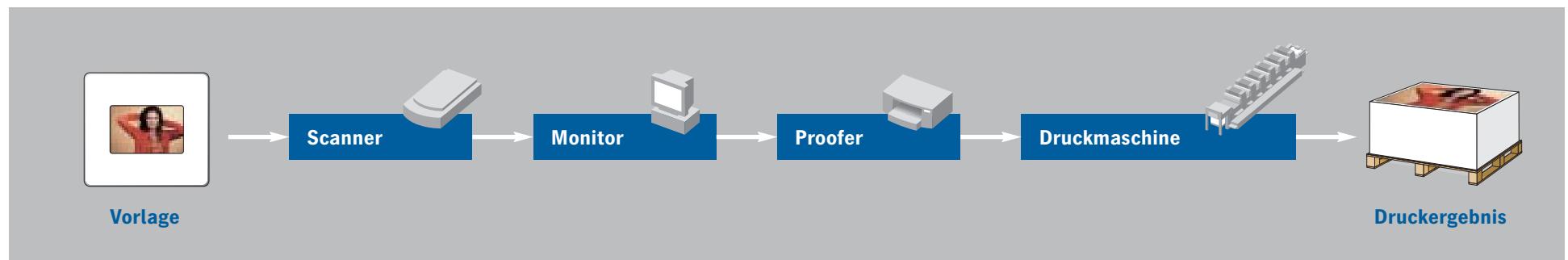
verlässlicher Farbreproduktionen stellt es Anbieter und Nutzer vor steigende Herausforderungen. Denn heutige Workflows mit ihrer nahezu grenzenlosen Vielfalt an Eingabe- und Ausgabegeräten sowie die dazu gehörenden Software-Lösungen bieten eine Vielzahl von potenziellen Fehlerquellen.

Das Arbeiten in offenen Systemen führt zu einer Vielfalt von Daten- und somit auch an Fehlerquellen.

Potenzielle Fehlerquellen bzw. Schwachstellen sind:

- Vielzahl von Geräten
- Unterschiedlichste Software
- Mangelhafte Kommunikation

Abb. 7: Der digitale Weg der Farbreproduktion in der vereinfachten Workflow-Darstellung





Zur objektiven Farbmessung werden Spektralfotometer eingesetzt.

Farben werden gemessen

Wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, kann unser individuelles Farbempfinden sehr unterschiedlich sein und zudem von äußeren Umständen beeinflusst werden. Wie können wir dennoch Farben so exakt beschreiben, dass jeglicher Irrtum ausgeschlossen werden kann? Die Bezeichnung „Knallrot“ beispielsweise wäre äußerst verhängnisvoll, wenn es um den Entwurf eines Logos ginge oder um das

Erreichen eines ganz bestimmten Farbtöns beim Druck. In der Praxis ist hier nicht nur mehr Präzision gefordert, sie ist auch relativ einfach zu erzeugen.

Um Farben objektiver miteinander vergleichen zu können, bietet es sich an, die Rahmenbedingungen zu vereinheitlichen. Dies erreicht man z. B. mit Hilfe eines Leuchtkastens oder Leuchtisches. Hier werden Ihre Vorlagen unter standardisierten Bedingungen betrachtet und beurteilt. In Druckereien

verwendet man in der Regel eine Lichtquelle gemäß der DIN ISO Norm 13655 mit der Lichtart D50, was einer Farbtemperatur von 5000 K (Kelvin) entspricht. Fotografen bevorzugen oft eine Lichtquelle mit einer Farbtemperatur von 6500 K, was dem mittleren Tageslicht entspricht. Der Vorteil von Leuchttischen und Leuchtkästen ist, dass einmal festgelegte Betrachtungsbedingungen konstant beibehalten werden können. Das heißt, hier hat man dann wirklich von äußeren Einflüssen unabhängige Bedingungen und kann einen objektiven Farbvergleich durchführen.

Darüber hinaus können Farben gemessen werden. Dabei könnten Sie beispielsweise ermitteln, ob das Weiß dieser Seite wirklich genau dem der gegenüberliegenden Seite entspricht. Für eine solche Messung benötigen Sie allerdings ein Spezialgerät, ein so genanntes Spektralfotometer. Auch beim Arbeiten mit einem Spektralfotometer wird das Objekt von einer immer gleich bleibenden Lichtquelle beleuchtet. Die Messbedingungen sind also wie bei einem Leuchttisch standardisiert. Dieses Gerät nimmt auch kleinste Farbunterschiede wahr, die dem menschlichen Auge nicht auffallen.

Folgendes Beispiel aus dem Alltag verdeutlicht, wie wichtig eine vollkommen identische Farbwiedergabe

sein kann: Um kleinere Schäden am Lack eines Fahrzeugs zu beseitigen, bedient man sich in der Regel eines Lackstiftes. Erfahrungsgemäß weiß man, dass nahezu jeder Hersteller für seine Fahrzeuge einen eigenen Farbton entwickelt hat. Will man nun eine Ausbesserung vornehmen, tut man dies am besten mit einem Ausbesserungsstift, der vom Hersteller stammt. Sollten sich nach vollzogener Arbeit auch nur kleinste Farbabweichungen einstellen, wird dies meist mit Ärger quittiert. Da kein Hersteller sich den Zorn seiner Kunden leisten kann, ist gerade die Industrie ein Vorreiter, wenn es um die Entwicklung und Optimierung präziser Farbmessmethoden geht.

Von der Ermessensangelegenheit zur Messbarkeit

Das Messgerät wird mit der Abtastfläche auf die zu messende Farbfläche gerichtet. Das vom Objekt reflektierte Licht, welches auf die Abtastfläche auftrifft, wird von dort über ein Prisma geleitet und in seine spektralen Bestandteile zerlegt. Diese werden von einem speziellen Sensor abgetastet. Bei hochwertigen Geräten sind die spektralen Abstände zwischen den einzelnen Abtastungen sehr gering. Dies ist wichtig, da zum Beispiel beim Monitor das Rot-Signal nur sehr schmalbandig ist. Wären die Abstände zwischen den einzelnen Abtastungen

zu groß, könnte das Rot-Signal aufgrund seiner spektralen Zusammensetzung nur sehr ungenau gemessen werden. Nach der Abtastung erfolgt die Umrechnung der Messwerte in die wirklichen Farbwerte. Einige Geräte zeigen diese Werte auf einem Display an, andere übertragen einzelne Werte oder ganze Messreihen direkt an die angeschlossenen Computer. Die einzelnen Farbwerte können anschließend in anschaulichen Farbsystemen geordnet werden. Eine Vorreiterrolle bei dieser Erstellung von Farbsystemen nimmt die CIE ein, die Commission Internationale de l'Eclairage.

1931 wurde von ihr das XYZ-Farbsystem entwickelt, welches auch Normfarbsystem genannt wird.

Das XYZ-Farbsystem

Dargestellt wird dieses System oft als zweidimensionale Grafik, die mehr oder minder der Form eines Segels oder einer Schuhsohle entspricht. Auf der x-Achse des Koordinatenkreuzes werden die Rot-Anteile einer Farbe übertragen, auf der y-Achse die Grün-Anteile. So kann jeder Farbe ein ganz bestimmter Punkt innerhalb des Koordinatenkreuzes zugeordnet werden. Hier sehen Sie, wie

die Farben zum Inneren der Schuhsohle gegen Grau tendieren, dass also ihre spektrale Reinheit nach innen abnimmt. Was in dieser Darstellung nicht berücksichtigt wird, ist die Helligkeit. Würde man auch diese miteinbeziehen, erhielte man einen Körper, der ungefähr einem Berg mit einer Spitze über dem Weißpunkt entspräche. Ein Problem dieses Farbsystems ist jedoch die Nichtübereinstimmung der messbaren Abstände zwischen den einzelnen Farben mit den empfundenen Farbunterschieden. So sieht man z. B. in der Darstellung nach Abb. 9, dass zwischen Grün und Gelb-

grün erst nach einer größeren Strecke ein Unterschied sichtbar wird, während zwischen Blau und Rot nur eine sehr kleine Distanz liegt. Eine ausführliche Abhandlung zur Herleitung von Farbraumen finden Sie im Anhang im Kapitel Farbraumdefinition.

Abb. 8: Der Ablauf einer Farbmessung mit einem Spektralfotometer

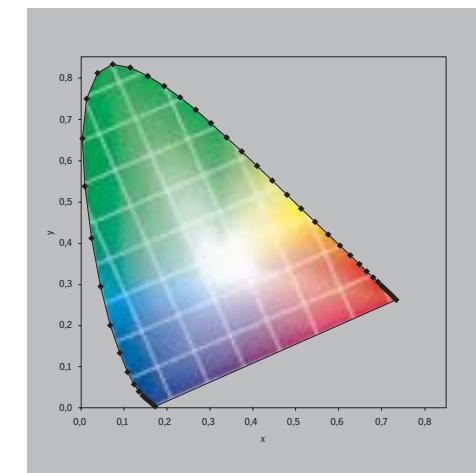
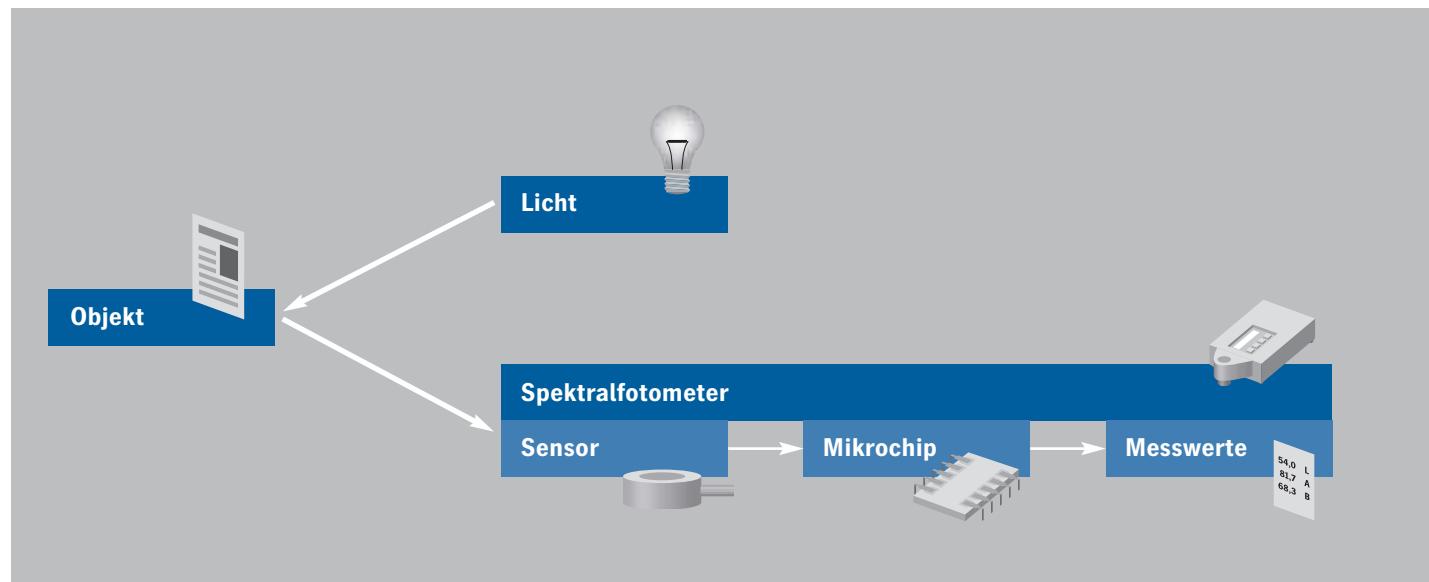


Abb. 9: Da das Normfarbsystem Helligkeit nicht berücksichtigt, wird zwischen Grün und Gelbgrün erst nach einer größeren Strecke ein Unterschied sichtbar, während zwischen Blau und Rot nur eine kleine Distanz liegt.

Das Lab-Farbmodell

Das Problem der mangelhaften realen Darstellung unserer Farbempfindung wurde 1976 mit der Entwicklung des Lab-Farbmodells von der CIE gelöst. Entstanden ist hier ein dreidimensionaler Farbraum, in dem entsprechende Farbunterschiede, die vom Menschen als gleich groß empfunden werden,

auch jeweils messbar gleich große Abstände haben. Dies bedeutet, dass jede Farbe exakt durch ihren spezifischen a- und b-Wert und die Angabe der Helligkeit L zu benennen ist. Das wirklich Bedeutende an diesem Farbraum ist aber, wie auch beim Normfarbsystem, die Geräteunabhängigkeit und damit die Objektivität. Also völlig

unabhängig vom Wetter, von Ihrer heiteren oder eher düsteren Stimmung und vom Fabrikat Ihrer Digitalkamera oder Ihres Proofgerätes bezeichnet die gleiche Kombination von a, b und L immer exakt die gleiche Farbe. Und das gilt natürlich auch für die Druckmaschine.

Objektive Farbbeurteilung

Technische Hilfsmittel:

- Leuchtkasten / Leuchttisch
- Spektralfotometer

Farbraummodelle / CIE-Farbsysteme:

- XYZ-Normfarbsystem
- Lab-Farbraum

Abb. 10: Die a-Achse erstreckt sich von Grün (-a) nach Rot (+a), die b-Achse von Blau (-b) nach Gelb (+b). Die Helligkeit (L) nimmt in diesem dreidimensionalen Körper von unten nach oben zu.

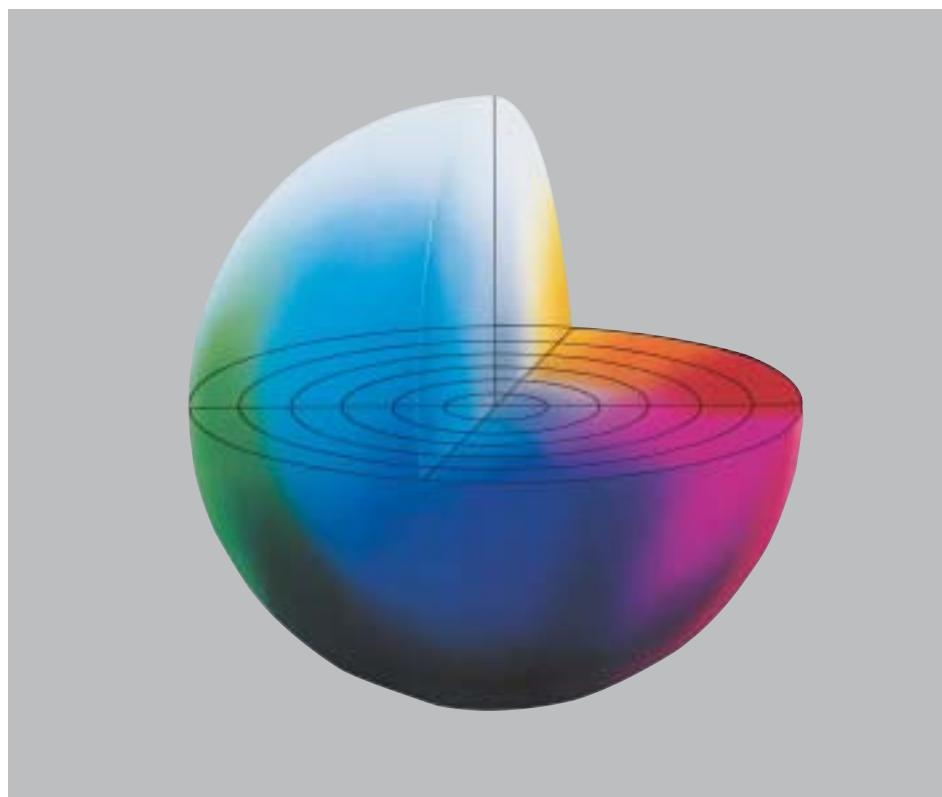
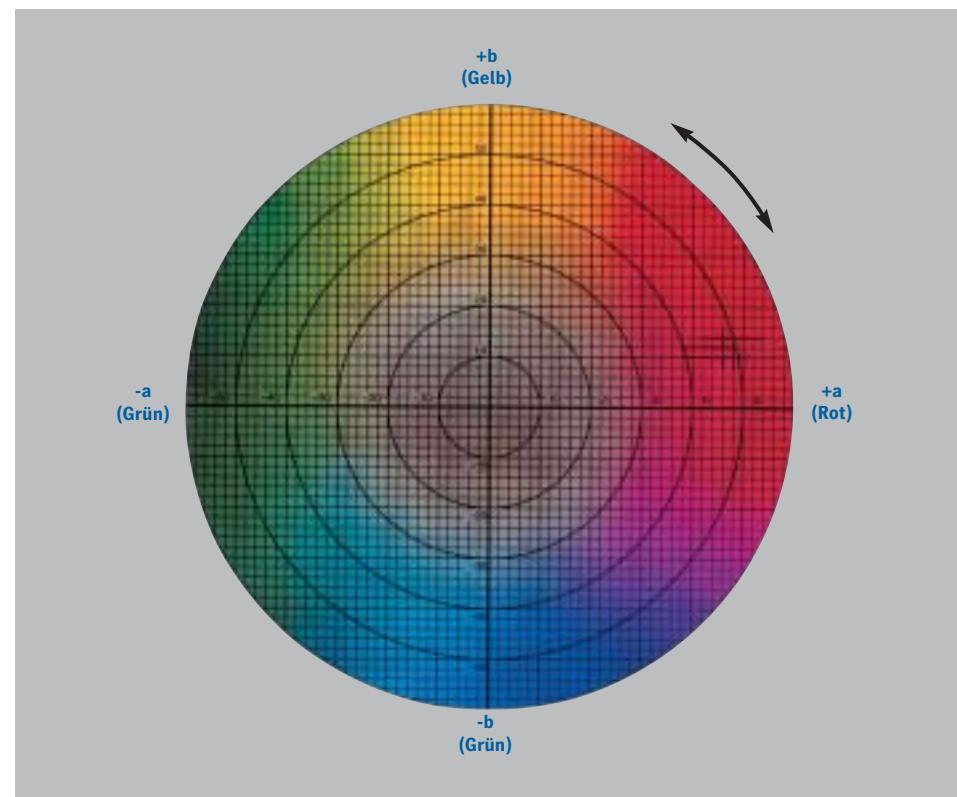
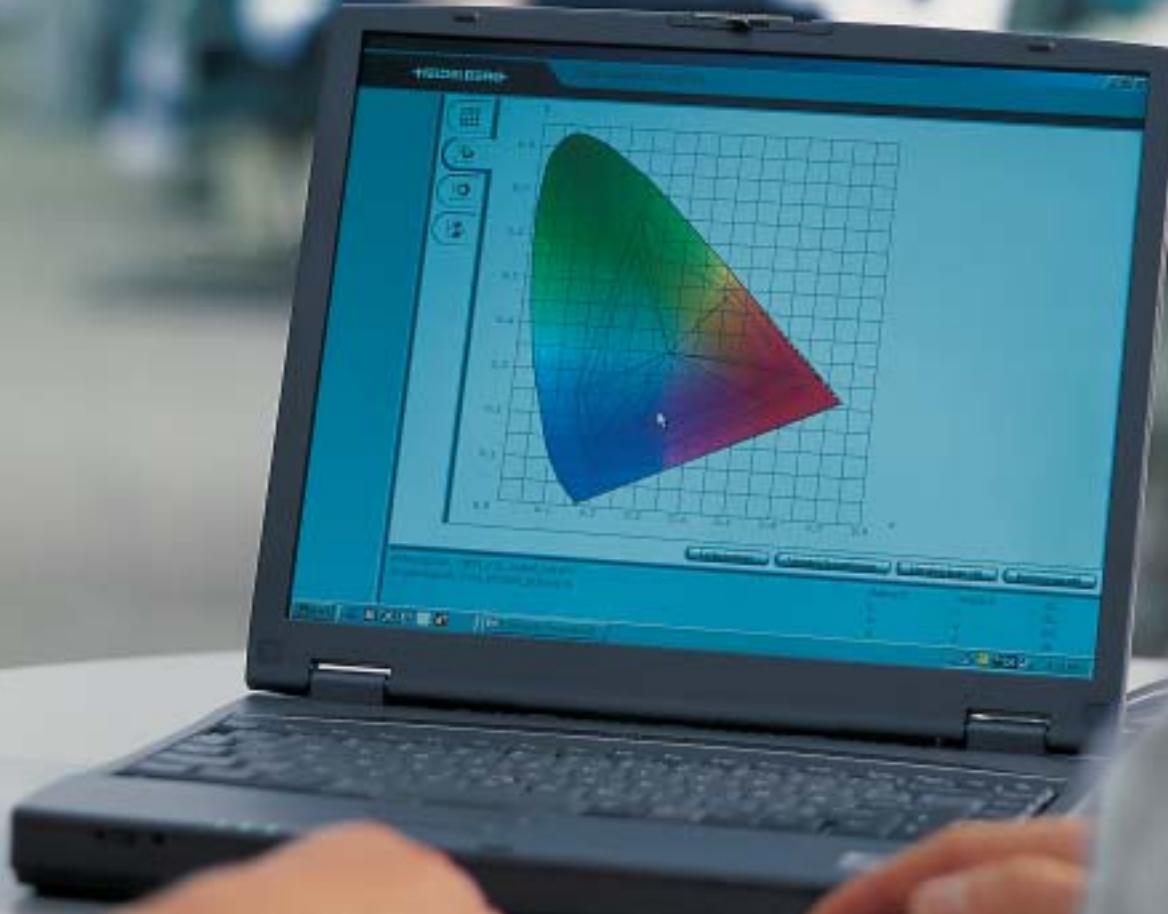


Abb. 11: Bei einem horizontalen Schnitt durch den Körper erhalten Sie eine Ebene, auf der alle Werte gleicher Helligkeit festgehalten sind.





[Farbentstehung](#)

[Farbmessung](#)

Farträume

[Profilierung](#)

[Reproduktion](#)

[Ausblick](#)

[Anhang](#)

Farträume • Arbeiten mit verschiedenen Farträumen

Das Arbeiten in offenen Systemen verschafft uns enorme Vorteile hinsichtlich einer flexiblen Prozessgestaltung. Doch je flexibler wir uns einrichten, desto größer sind auch die Herausforderungen für das Arbeiten mit Farben und Farträumen. Eine kurze Betrachtung einer herkömmlichen Arbeitssituation verdeutlicht dies: Scanner, Monitore und Digitalkameras stellen alle Farben auf einer RGB-Basis dar. Sie bauen diese aus Rot, Grün und Blau auf. Im Vierfarbdruck und bei vielen Farbdruckern wird auf CMYK-Basis gearbeitet. Farldrucker, die zur Herstellung von Prüfdrucken (Proofs) verwendet werden, arbeiten heute fast ausschließlich auf dem 6-Farben-System CMYK + helles Magenta und helles Cyan. Trotz der Nutzung dieser zusätzlichen Hilfsfarben spricht man auch hier von einem 4-Farbprozess. Die Zerlegung der Farben Cyan und Magenta in hell und dunkel obliegt ausschließlich der Druckersteuerung.

Die RGB- und CMYK-Farträume allein stellen uns noch nicht vor große Probleme. Berücksichtigt man jedoch, dass weder für den RGB-Farbraum noch für CMYK ein einheitlicher Standard gilt, wird deutlich, dass wir von



Bis zum endgültigen Druckerzeugnis ist es ein weiter Weg. Er führt über viele Zwischenschritte, wie dem hier gezeigten Proof. Bei jedem Schritt, der von einem Farbraum zum nächsten führt, sorgt ein professionelles Color Management für eine optimale Farbwiedergabe bei den jeweiligen Ausgabegeräten.

einer großen Vielzahl an Farträumen sprechen, die aufeinander abgestimmt werden müssen. Der mangelnde Standard erklärt auch, warum die Scan-Ergebnisse zweier verschiedener Scanner so unterschiedlich ausfallen können, wie auch die Wiedergabe auf zwei Monitoren unterschiedlichen Bautyps völlig anders ausfallen kann. Und das, obwohl die Hardware-Elemente Farben auf den jeweils gleichen Farbraum-Berechnungsgrundlagen darstellen.

Noch offensichtlicher wird dies, wenn wir unsere Daten von einem in den anderen Farbraum transformieren müssen, wie dies beim Druck der Fall ist. Hier kann es sehr schnell passieren, dass ein gedrucktes Bild dunkler und weniger bunt wirkt, als dies zuvor noch beim Scan und erst recht auf dem Monitor der Fall war. Und als wären dies nicht schon genug Probleme, vor die uns das Arbeiten mit offenen Systemen stellt, kommt noch ein wei-

terer Aspekt hinzu: Selbst innerhalb der gleichen Druckverfahren sind erhebliche Abweichungen möglich.

Es gilt daher festzuhalten: In Sachen Farben ist es so, als würde jedes Gerät seine eigene Sprache sprechen. Dennoch müssen alle Systeme gemeinsam an einer Aufgabe arbeiten. Für diese gemeinsamen Arbeiten muss daher ein Dolmetscher gefunden werden. Dieser Dolmetscher heißt Color Management.

Dolmetscher und Simulator

Die vorrangige Aufgabe von Color Management besteht darin, die Farträume aller betroffenen Geräte exakt aufeinander abzustimmen. Dank einer fehlerfreien Kommunikation sollte es möglich sein, jederzeit wiederholbare und vor allem vorhersehbare Farbreproduktionen zu gewährleisten. Damit soll für Farben die gleiche Verlässlichkeit gegeben werden, wie sie mittlerweile bei Schriften selbstverständlich geworden ist. So sieht der Schriftschnitt Helvetica überall auf der Welt gleich aus, unabhängig davon, ob Sie in Italien, in den USA oder in China drucken lassen.

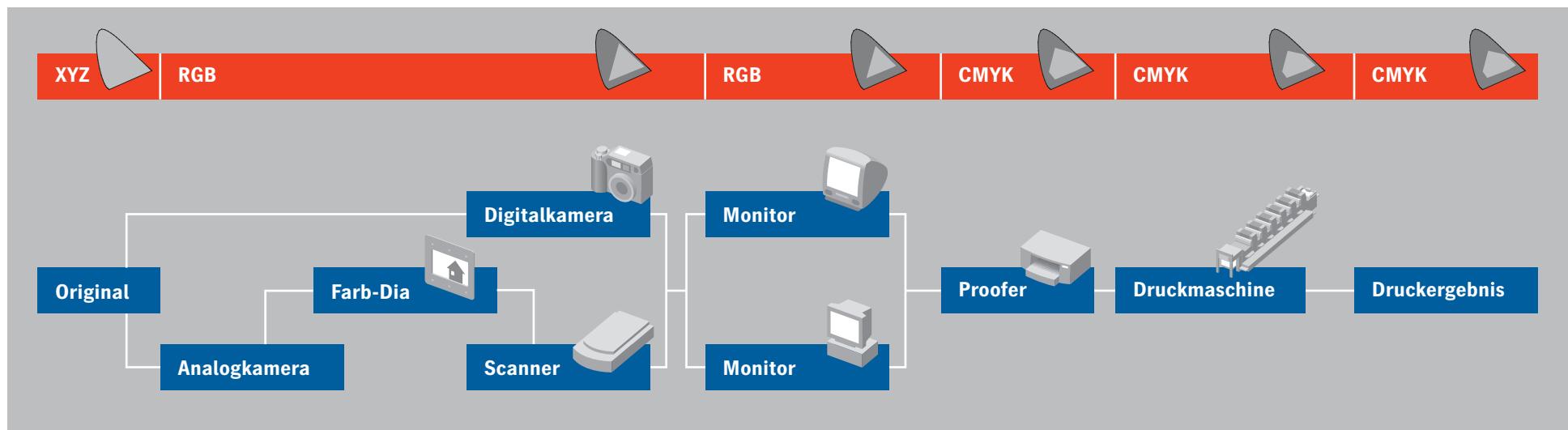
Die zweite wichtige Aufgabe eines Color Management-Systems besteht darin, einen Ausgabeprozess auf einem anderen Ausgabegerät zu simulieren. Diese Fähigkeit ermöglicht uns, im Rahmen eines „Softproofs“ ein Bild auf dem Monitor zu erzeugen, welches möglichst genau den Farbeindruck des Bildes wiedergibt, der später im Druck zu sehen sein wird. Darüber hinaus ist gewünscht, einen Proof mit Hilfe eines Ausdrucks auf einem Farbdrucker anzufertigen, der auch weitgehend exakt das Bild des späteren Drucks zeigt. Der Farbdrucker wird also dank Color Management in die Lage versetzt, eine Druckmaschine zu simulieren.

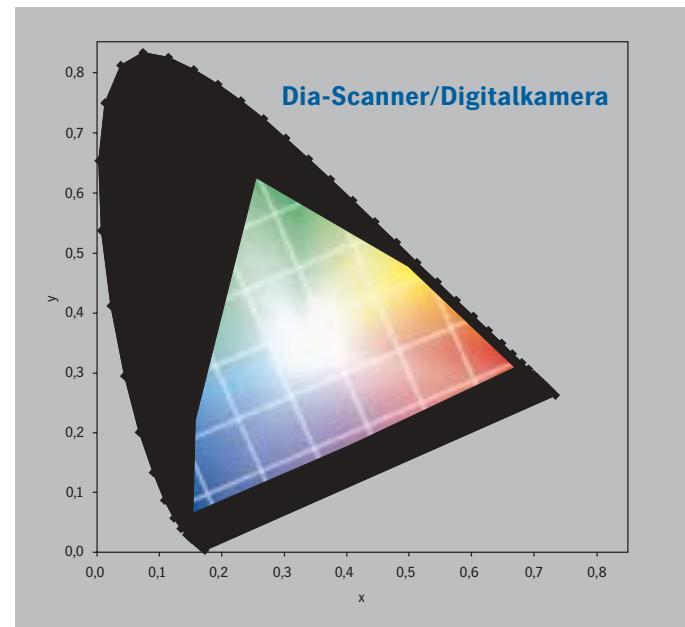
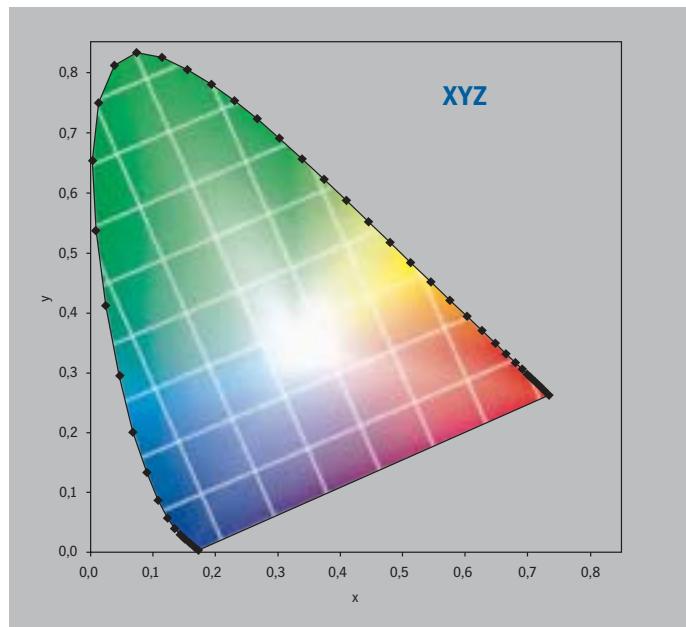
Um dies zu gewährleisten, müssen Standards definiert werden, die den gesamten Produktionsprozess umfassen, unabhängig davon, welche und wie viele Geräte von diesem Produktionsprozess betroffen sind. Die Grafik zeigt als Beispiel die Prozesskette für den Offsetdruck, die in diesem Fall standardisiert werden muss.

Ist diese Standardisierung gegeben, haben Sie die Gewissheit, dass der Druck eines Fotos genauso aussieht wie das Monitorbild. Dies würde ebenfalls für den Ausdruck am Farbdrucker gelten. Das hieße weiter, dass Sie sich keine Sorgen darüber machen müssten, ob das Bild später im Offsetdruck genauso

aussieht wie Ihr Farbausdruck. Und das würde des Weiteren bedeuten, dass Sie die gleiche Gewissheit der verlässlichen Farbreproduktion hätten, wenn Ihr Bild diese Prozesskette ein paar Wochen später mit völlig anderen Geräten durchlaufen würde. Das Ziel ist also, für heute gängige offene Systeme die gleiche Harmonie der Farbreproduktion zu erreichen, die bei geschlossenen Systemen schon seit langem vorliegt.

Abb. 12: Jede Technologie hat ihren eigenen, gerätespezifischen Farbraum. In einer typischen Prozesskette müssen die Daten in verschiedene Farträume konvertiert werden, ehe eine Reproduktion in CMYK erfolgen kann.





Von Farbraum zu Farbraum

Jedes Gerät einer Prozesskette arbeitet innerhalb seines eigenen Farbraums. Scannet man ein Bild, bewegt man sich im Farbraum des Scanners, zumeist RGB. Sieht man sich das Bild anschließend auf dem Monitor an, so liegen zwar immer noch RGB-Daten vor, jedoch weichen diese von den Daten des Scanners ab. Geben Sie das Bild auf dem Farbdrucker wieder aus, befinden Sie sich im CMYK-Farbraum des Druckers. Die zentrale Frage des Color Managements lautet nun: Wie kommen wir von Scanner-RGB- über Monitor-RGB- zu Drucker-CMYK-Daten, ohne den Farbeindruck der Vorlage zu verlieren?

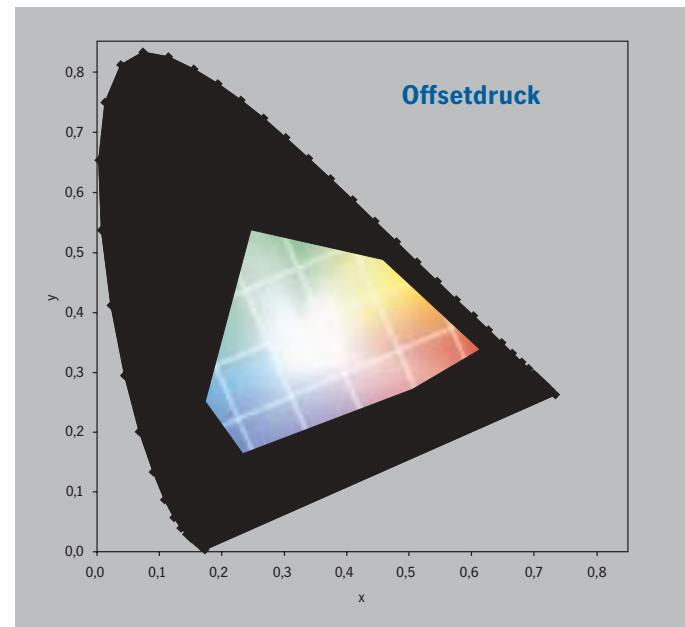
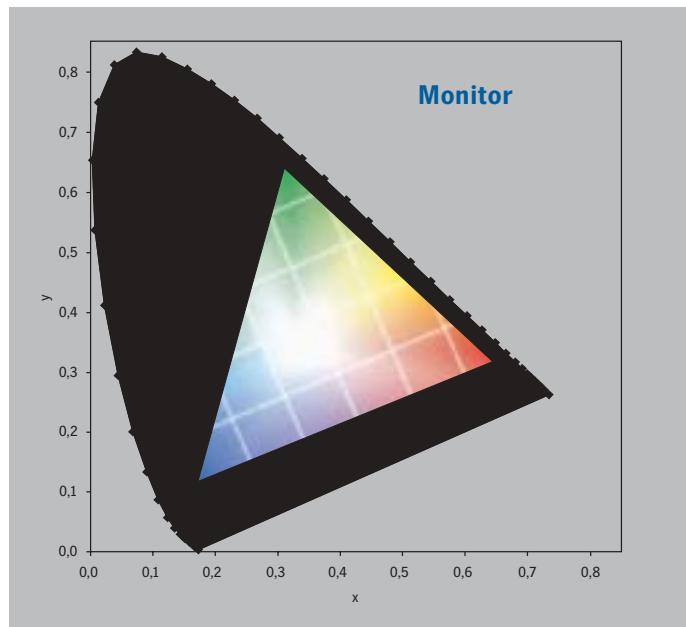


Abb. 13: Vergleicht man einzelne Farträume miteinander, so wird deutlich, weshalb es immer wieder zu Abweichungen kommt, sobald man ohne Farbanpassung versucht, Farben zu reproduzieren.

Von Transformation über Umrechnung zur Anpassung

Bei der Farbraumtransformation werden zuerst die Daten des Eingabegerätes (Scanner, Digitalkamera) in einen neutralen Farbraum, den Kommunikationsfarbraum, umgerechnet. In unserem Fall ist das meistens der Lab-Farbraum. Diese Umrechnung geschieht dadurch, dass jedem Farbton eine exakt beschriebene Position mit den dazugehörigen Maßzahlen zugewiesen wird. Im nächsten Schritt erfolgt dann die Umrechnung vom neutralen Farbraum in den Farbraum des Ausgabegerätes (Farbdrucker, Monitor, Druckprozess). So wird ein ganz bestimmtes Rot aus einer Vorlage gemessen, um ihm anschließend ein entsprechendes Rot aus dem L*a*b*-Raum zuzuordnen.

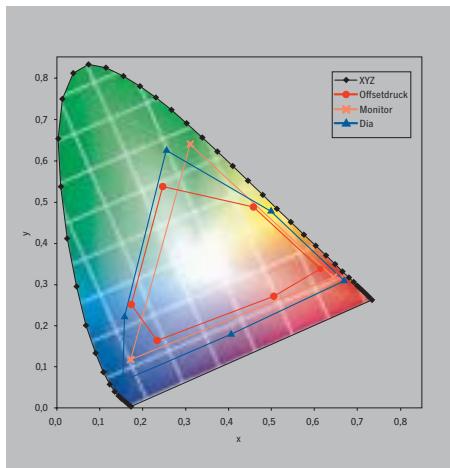


Abb. 14: Die Farträume haben unterschiedliche Ausmaße.

Anschließend wird das L*a*b*-Rot in das dazugehörige Rot des Ausgabegerätes umgerechnet. Es wird im Rahmen der Transformation kein Problem geben, wenn es darum geht, den Farbraum des Eingabegerätes in den Kommunikationsfarbraum zu überführen, denn der Kommunikationsfarbraum ist allumfassend. Er ist also in jedem Fall größer als der des Eingabemediums. Schwierigkeiten können allerdings bei der Umrechnung des Kommunikationsfarbraums in den Farbraum des Ausgabegerätes auftreten. So sind beispielsweise Monitore nicht in der Lage, alle Farben darzustellen, die der Mensch sehen kann. Und sie können andere Farben darstellen, als ein Farbdrucker erzeugen kann. Was macht man nun mit den Farben, die per Scanner eingelesen werden können, die ein Farbdrucker aber nicht drucken kann? Einfach alle diese Farben pauschal auf Schwarz zu setzen, würde wahrscheinlich nicht gerade dazu beitragen, den Farbeindruck der Vorlage zu erhalten. Stattdessen muss hier möglichst geschickt eine Farbanpassung vorgenommen werden. Diesen Vorgang nennt man Farbraumfangsanpassung (engl.: Gamut Mapping). Hierbei werden die Farträume von der Eingabe über Zwischenschritte bis zur endgültigen Ausgabe so aufeinander abgestimmt, dass die nicht darstellbaren Farben sinnvoll durch eine darstellbare Farbe ersetzt werden.

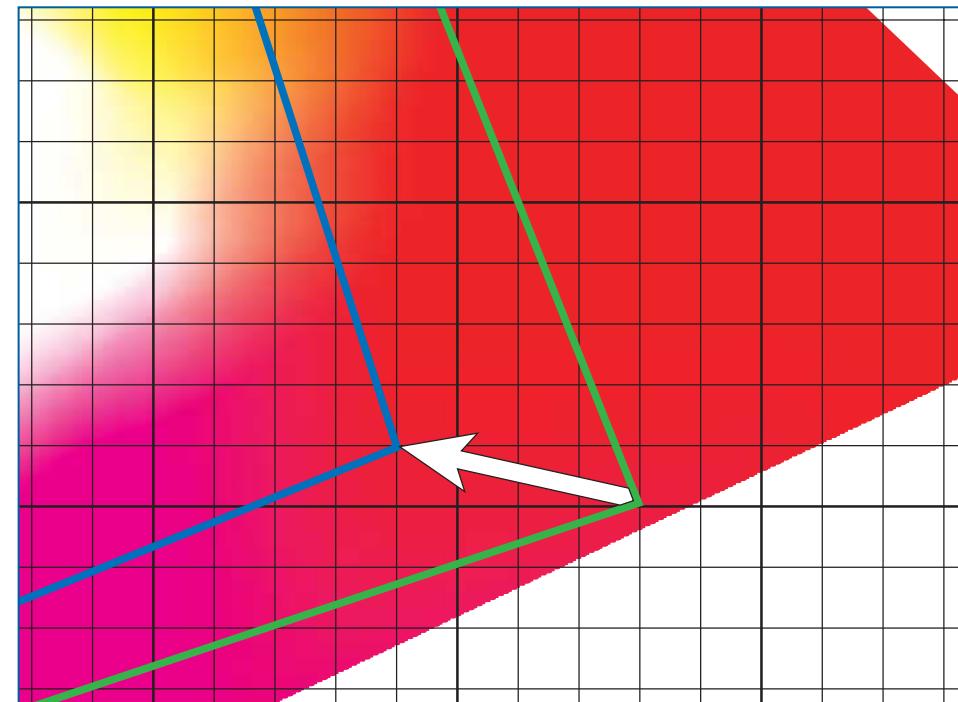


Abb. 15: „Color Gamut“ ist die englische Bezeichnung für Farbraumumfang. Beim sogenannten Gamut Mapping erfolgt eine Anpassung der Farträume.

Der größere Eingabefarbraum wird dabei zusammengezogen, bis er sich mit dem kleineren Ausgabefarbraum deckt. Falls also genau unser Beispiel-Rot von Ihrem Drucker nicht zu drucken ist, wird im Rahmen des Gamut Mapping aus den Rottönen, die der Drucker darstellen kann, das Rot ausgesucht, welches dem der Vorlage am ähnlichsten ist. Wichtig ist hierbei, dass der Gesamteinindruck der Vorlage, also das Verhältnis der Farben zueinander, stets erhalten

bleibt. Damit wird klar, dass der Satz „Color Management bedeutet eine exakte Farb-Reproduktion des Originals“ so nicht stimmen kann, da der Farbraum eines Originals in der Regel größer ist als seine Wiedergabe im vierfarbigen Offsetdruck (vgl. Abb. 13).

* = Bezug auf Werte gemäß DIN ISO 12647-1:
Schwarze Unterlage, Lichtart D50, 2°-Normal-
beobachter, Geometrie 0/45 oder 45/0

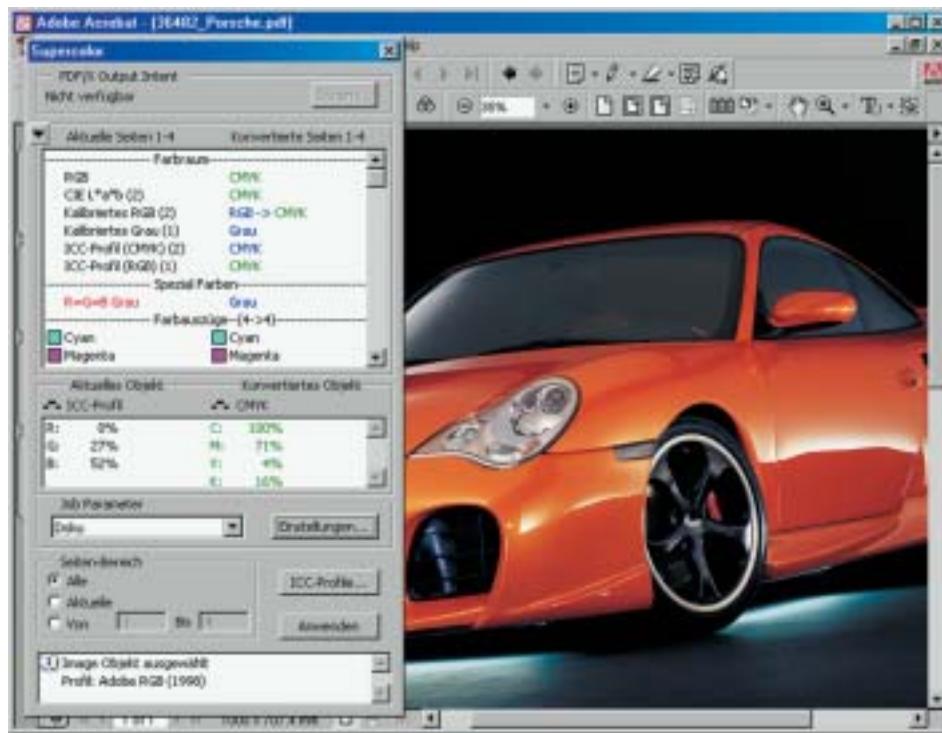


Abb. 16: Supercolor von Heidelberg ist eine Entwicklung, die professionelles Color Management unterstützt und besonders im Bereich Prepress hilft, Fehler zu vermeiden.

Color Management in Betriebssystemen

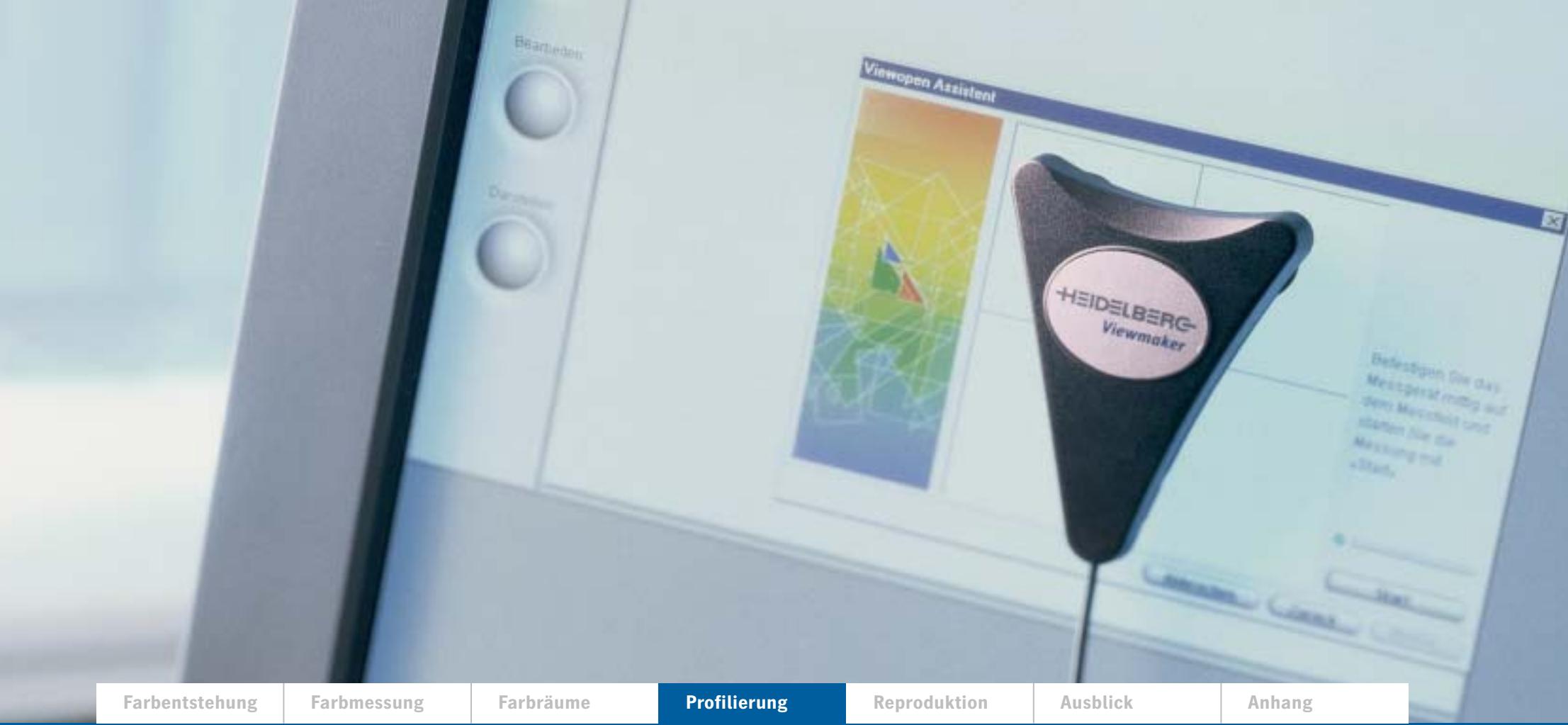
Der effizienteste Ansatz besteht darin, das Color Management-System in das Betriebssystem des Rechners einzubinden. Hier können alle Farben im Rechner neutral und unabhängig vom jeweiligen Ein- oder Ausgabemedium behandelt werden. Alle am System beteiligten Hard- und Softwarekomponenten können auf das Color Management zugreifen, da sowieso alle mit dem Betriebssystem des Rechners zusammenarbeiten.

Auf Initiative der FOGRA (Forschungsgesellschaft Druck e. V.), haben einige Hersteller von Geräten und Software aus dem Farbgrafikbereich im April 1993 die Bildung eines Komitees beschlossen, welches die Festlegung und Standardisierung von verschiedenen plattformübergreifenden Gerätiprofilen für die Farbraumtransformation zum Ziel hat. Bei diesem Komitee handelt es sich um das ICC, das International Color Consortium. Die im Frühjahr 1995 auf

den Markt gebrachte Systemerweiterung ColorSync® 2.0 von Apple® war die erste Implementierung eines Color Management-Systems in ein Betriebssystem, basierend auf der Technologie von Linotype-Hell® / Heidelberg. Später fand die gleiche Technologie auch bei den Microsoft Windows Betriebssystemen Anwendung. Unter Windows 98, SE, 2000 und XP findet man das so genannte Color Matching Module unter dem Begriff ICM im Betriebssystem.

Anforderungen an ein Color Management-System:

- Einfach und ohne große Vorkenntnisse zu bedienen
- Schnell in der Verarbeitung großer Datenmengen
- Kompatibel mit einer Vielzahl unterschiedlicher Programme
- Flexibel im Einsatz unterschiedlichster Computerumgebungen



Farbentstehung

Farbmessung

Farträume

Profilierung

Reproduktion

Ausblick

Anhang

Profilierung • Geräteabstimmung im Workflow



Die wichtigsten Voraussetzungen für das Funktionieren eines Color Management-Systems sind einerseits die Bekanntheit der Farträume aller Systemkomponenten und andererseits deren genaue Abstimmung. Der übliche Ablauf hierbei ist:

1. Kalibrierung: Die Erzeugung eines definierten Grundzustandes.
2. Charakterisierung: Die Erfassung der farblichen Eigenschaften eines Gerätes mit Hilfe einer geeigneten Vorlage (z.B. ISO-Vorlage, siehe S. 23).
3. Profilierung: Die Erzeugung eines Gerätprofils aus den Charakterisierungsdaten für den kalibrierten Zustand des Gerätes.

Ein modernes digitales Workflowsystem lässt sich hierbei mit einer teuren Stereo-Anlage vergleichen. Auch hier nützt es wenig, sich einfach nur die teuersten Einzelkomponenten zu kaufen, in der Hoffnung, die beste Klangqualität zu erzeugen. Stattdessen muss gewährleistet sein, dass alle Komponenten optimal

Bereits vor dem ersten Scan sollte dem Operator klar sein, welche Anforderungen im weiteren Bearbeitungsverlauf gestellt werden und für welche Art der Farb-reproduktion die Daten bestimmt sind.

aufeinander abgestimmt sind. Ebenso verhält es sich im Zusammenspiel von Scanner, Monitor und Drucker. Die Voraussetzung für diese Abstimmung ist die Farbcharakterisierung eines Gerätes. Diese Charakterisierung liefert uns ein so genanntes Gerätprofil.

Oft wird ein solches Profil vom Hersteller mitgeliefert. Hierbei gilt es zu beachten, dass es sich in der Regel um Durchschnittswerte handelt und dass sich die farblichen Eigenschaften eines Gerätes im Laufe der Zeit ändern können. So neigen beispielsweise ältere Farbkopierer dazu, schon im Verlauf nur eines Tages in ihrer Farbdarstellung abzuweichen. Über längere Zeiträume gilt dies auch für Scanner oder Farbdrucker. Beim Offsetdruck kommen zudem unterschiedliche Bedruckstoffe und Farben hinzu. In jedem Fall ist es wichtig, dass Anwender mit Hilfe eines Tools selbst die Kalibrierung und Charakterisierung ihrer Geräte vornehmen können, um anschließend ein neues Gerätprofil zu erstellen.

Beispiel Scanner

Für die Profilgenerierung werden über den gesamten Farbraum des Scanners verteilt einzelne Farborte festgelegt.

Abb. 17: Die standardisierte ISO-Vorlage dient bei der Kalibrierung von Scannern als Abstimmhilfe. Die Farbwerte der einzelnen Felder sind festgelegt. Das Porträtfoto wird in der Regel bei der Kalibrierung nicht berücksichtigt, ist aber nützlich für die Kontrolle der schwierig darzustellenden Hauttöne.



Diese sollten so bemessen sein, dass die Distanz zwischen Nachbarorten nicht allzu groß und visuell in gleichen Abständen erfolgt. Ist dies der Fall, können bei Bedarf einfach Zwischenwerte errechnet werden. Die Farborte müssen nicht selbst gesucht werden, sondern sind auf einer Testvorlage vorgegeben. Diese Testvorlagen gehören üblicherweise zur Grundausrüstung eines Scanner Profilierungsprogramms (s. Abb. 17). Die Anzahl der Farborte legt die Genauigkeit des späteren Profils fest. Es ist möglich, ein einfaches Profil schon auf Basis einer 3x3-Matrix zu erstellen. Das heißt, es wird dann mit nur neun Stützpunkten für die Bestimmung des gesamten Farbraums gearbeitet. Hier erhält man verständlicherweise nur relativ ungenaue Werte und hat viel Spielraum für Interpretationen. Dies muss aber nicht zwangsläufig schlecht sein. Arbeitet man in einem System mit einfachen Komponenten, kann die Erstellung eines Profils auf diese Weise durchaus ausreichend sein. Andere Profile werden auf Basis einer 32x32x32-Matrix erstellt und sind aufgrund der vorliegenden 32.768 Stützpunkte natürlich weitaus präziser.

Es gibt standardisierte Vorlagen für die Farbcharakterisierung. Definiert wurden diese Vorlagen von einem ISO-Gremium. ISO steht für International Organization for Standardization und

ist eine internationale Normungsorganisation, der auch Deutschland zuarbeitet. Das für uns in diesem Zusammenhang wichtige Untergremium nennt sich TC130 (Technical Committee 130) und beschäftigt sich mit der Festlegung von Standards im Zusammenhang mit Farbgrafikanwendungen. Es gibt zwei Vorlagen für die Scannerkalibrierung, die in der Norm ISO 12641 definiert sind. Die Vorlagen sind auch unter ihrem alten Namen IT8.7/1 (Durchsicht) und IT8.7/2 (Aufsicht) bekannt.

Wird die ISO-Vorlage gescannt, erhält man die gerätespezifischen Farbwerte der einzelnen Felder (Ist-Werte). Gleichzeitig liegen die ursprünglichen Farbwerte noch einmal als geräteunabhängige Werte (zum Beispiel als $L^*a^*b^*$ -Werte) auf einem Datenträger vor (Soll-Werte). Die vom Scanner gelieferten Ist-Werte werden dann mit den digital vorliegenden Soll-Werten verglichen. Die Abweichung zwischen Soll- und Ist-Werten liefert uns genau die Informationen über den Farbraum und -charakter des Scanners, die wir benötigen. Im Zuge der Gerätecharakterisierung wird aus dem Soll-Ist-Vergleich eine Umsetzungstabelle (Color-Look-up-Table) gebildet. Diese Tabelle für die Farbfelder der Vorlage allein ist aber noch nicht ausreichend.

Wir sollten davon ausgehen dürfen, dass ein Scanner mehr Farben darstellen

kann, als Farbfelder auf der Vorlage enthalten sind. Daher findet im zweiten Teil der Charakterisierung die Interpolation statt. Hier kommen mathematische Algorithmen zum Zuge, die für die Berechnung von nicht auf der Vorlage abgebildeten Zwischentönen zuständig sind. Mit Hilfe der Umsetzungstabelle und der Rechenalgorithmen wird dann bei allen Vorgängen, die mit Farben zu tun haben, die Farbraumtransformation von Farbraum A nach Farbraum B vorgenommen. Das macht auch deutlich, dass die Qualität eines Color

Nach intensivem Gebrauch können sichtbare Veränderungen in der Farbwiedergabe auftreten.
Spätestens dann ist eine erneute Kalibrierung des Scanners gefordert.



Management Systems stark von der Qualität der Algorithmen abhängig ist. Sie müssen schnell und zuverlässig arbeiten.

Das erstellte Geräteprofil kann direkt auf dem Rechner gespeichert oder als digitale Datei weitergegeben werden, so dass man immer aus dem Scan-Programm heraus darauf zugreifen kann. Es ist aber auch möglich, das Profil in einer TIFF-Datei (also direkt bei den Bilddaten) zu hinterlegen. In diesem Fall spricht man in der Fachsprache von einem „Embedded Profile“, also einem eingebetteten Profil. Der Vorteil

dieser Methode ist, dass entsprechende Programme, wie z.B. Adobe Photoshop, anhand des eingebetteten Profils das Bild wieder in den Ursprungsfarbraum zurück rechnen können. Würde man mit vielen einzelnen Profilen arbeiten, könnte dies oftmals eine große Anzahl von einzelnen Farbraumtransformationen zur Folge haben. Beim Softproof auf dem Monitor werden zum Beispiel die Eingabedaten zunächst in die CMYK-Daten des endgültigen Ausgabegerätes umgewandelt und anschließend in die Monitor-RGB-Daten überführt. Dann erst ist der Monitor in der Lage, das Bild so darzustellen, wie es im Druck erscheinen würde.

Kalibrierung alternativer Datenlieferanten

Während vor einigen Jahren noch der Scanner das einzige Gerät zur Herstellung digitaler Bilddaten war, das in einen Color Management-Prozess inte-

griert werden konnte, so ist das Spektrum heute wesentlich größer. Neben dem Scanner etabliert sich mehr und mehr die Foto- oder Videokamera als Lieferant digitaler Bilddaten. Vom Prinzip her arbeiten Flachbettscanner und Digitalkameras gleich. Von einem Objekt reflektiertes Licht wird mittels eines optischen Systems auf einen CCD-Chip projiziert und dort in die Grundfarben Rot, Grün und Blau zerlegt. Die Kamera oder der Scanner fügt daraus ein digitales Bild zusammen und stellt es einem Weiterverarbeitungsprogramm zur Verfügung oder speichert es zunächst auf ein integriertes Speichermedium (Memory Card). Der Vorteil des Scanners besteht darin, dass er immer mit einer konstanten Lichtquelle arbeitet. Abgetastet werden lediglich fotografische Materialien oder auch Drucke und Zeichnungen. Dadurch lässt sich sein Abtastfarbraum sehr genau festlegen.

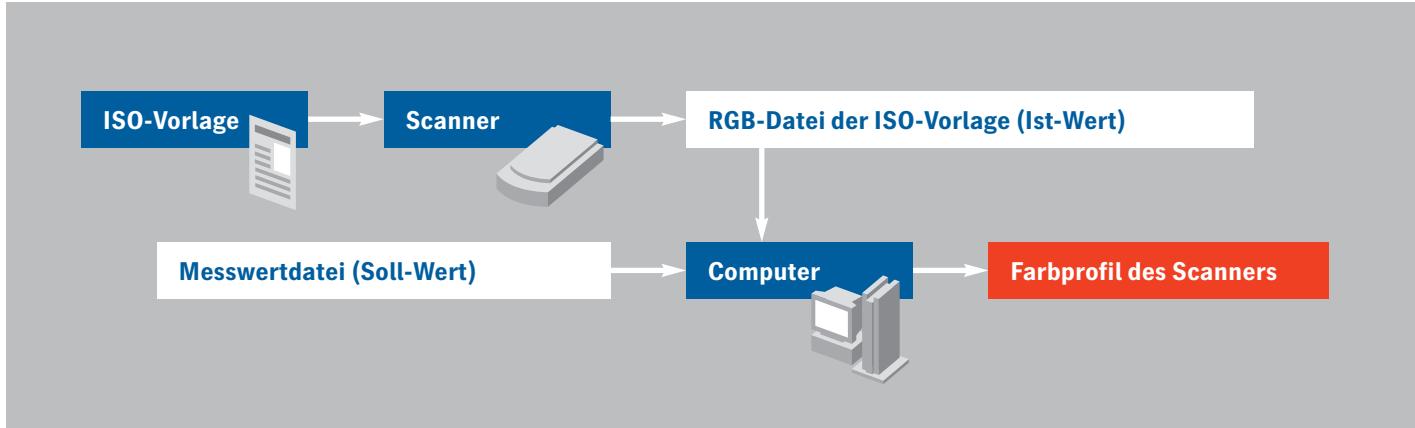


Abb. 18: Die vom Scanner generierten Werte der standardisierten ISO-Vorlage ergeben den Ist-Wert, der mit dem geräteunabhängigen Sollwert abgeglichen wird. Die sich hierbei ergebenden Abweichungen werden im Profil des Scanners erfasst.

Bei der Digitalfotografie ist das ungleich schwerer. Eine Kalibrierung wie beim Scannen ist hier praktisch nicht möglich. Zu groß sind die unterschiedlichen Lichtbedingungen unter denen die Digitalfotos entstehen. Auch das Reflektionsverhalten der verschiedenen zu fotografierenden Objekte schwankt zu stark, um eine verlässliche Kalibrierung durchzuführen. Lediglich unter Studiobedingungen und bei Serienaufnahmen ähnlicher Objekte kann ein ICC-Profil erstellt werden. Dazu wird eine genormte Farbtafel unter den Bedingungen

abfotografiert wie später die Foto-Objekte selber. Aus praktischen Gründen geschieht dies aber jedoch so gut wie nie. Stattdessen verwenden Fotografen lieber spezielle, meist einfachere Testvorlagen, anhand derer sie die Qualität einer Digitalfotografie beurteilen. Viele Hersteller von Digitalkameras liefern in ihrer Software auch ICC-Profile mit. Besonders bei den professionellen Geräten ist dies der Fall.

Eine dritte Möglichkeit zur Herstellung digitaler Farbdaten stellt die große Gruppe der Grafikprogramme dar. Hier

kann vom einfachen Logo mit Schrift bis zur aufwändigen 3D-Grafik so gut wie alles erzeugt werden. Oft so echt, dass es von einem Foto kaum noch zu unterscheiden ist. Während man sich früher damit begnügte, Color Management nur auf Fotos und Dias beim Scannen anzuwenden, ist es heute selbstverständlich, dass alle farbigen Objekte einer Druckvorlage farbverbindlich dargestellt, geprooft und gedruckt werden sollen. Dazu ist es wichtig, dass alle Programme, in denen Farben angelegt und beurteilt werden, die Fähigkeit zum

Color Management haben. Dasselbe gilt natürlich erst recht für Scan- und Bildbearbeitungsprogramme. Sie müssen über die Fähigkeiten verfügen, angelieferte Daten mit dem dazugehörigen ICC-Profil zu öffnen und im gewünschten Ausgabe-Farbraum darzustellen. In den meisten Fällen wird man für den Ausgabe-Farbraum ein Profil des Offset-Druckprozesses wählen.

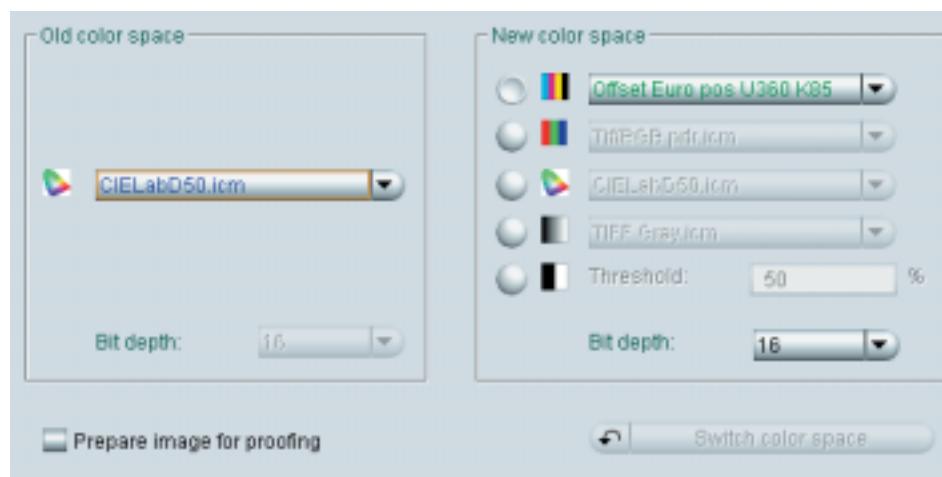


Abb. 19: Color Management-Tools unterstützen heute nicht nur die Transformation von Farbraum zu Farbraum, sie können dabei auch alle ihnen zur Verfügung stehenden Geräteprofile berücksichtigen.

Umgang mit schwierigen Quelldaten

Durch die dezentrale Erstellung der digitalen Druckdaten ist es in der Druckerei leider nur selten möglich, die originäre Herkunft der Farbdaten zu bestimmen. Eine ideale Situation wäre erreicht, wenn alle Daten mit den dazugehörigen Profilen geliefert würden. Das wird aber wahrscheinlich noch lange ein Traum für den Drucker bleiben. Vielmehr wird die Anzahl der verwendeten Farbräume immer größer. Nicht selten finden wir heute in einem Dokument gleichzeitig Bilder in einem RGB-Farbraum von Digitalkameras, Grafiken, die in CMYK angelegt sind, Sonderfarben, von denen keiner weiß, ob sie auch als Sonderfarbe gedruckt werden oder in die Skalenfarben CMYK

aufgeteilt werden sollen, und letztendlich Bilder mit Profilen, die gar nicht zum Bild passen. Nur eines haben alle Daten gemein, sie passen mit Sicherheit nicht mit dem Farbraum des Offset Druckprozesses zusammen. Während man CMYK-Daten, die bereits schon an einen Offsetdruck angepasst wurden, noch relativ gut an den neuen Druckprozess anpassen kann, ist man bei RGB- und Lab-Daten chancenlos. In fast allen Fällen wird das Druckergebnis sehr stark vom Farbeindruck der Vorlage abweichen. Überwiegend mit negativer Tendenz.

Für die Druckerei wäre es sicher am einfachsten, die Daten zur druckgerechten Aufbereitung an den Erzeuger zurück zu senden. Das verbietet sich

aber meistens aus zwei einfachen Gründen. Erstens ist unter dem heutigen Termindruck für ein solches Vorhaben gar keine Zeit mehr und zweitens wird der Datenerzeuger oft gar nicht verstehen, was der Drucker von ihm will. Bei ihm auf dem Monitor sah das Blau doch so schön leuchtend aus. Dem Drucker wird also nichts anderes übrig bleiben, als zunächst alle Daten in einen geräteunabhängigen Farbraum wie Lab zu wandeln. Wenn ihm die richtigen Profile nicht zur Verfügung stehen, kann er nur nach der „Best Guess“ Methode arbeiten. Er probiert verschiedene Profile aus und das, was am besten aussieht, verwendet er für die Farbraumtransformation. Danach wandelt er die Daten mittels seines Druckmaschinenprofils in den endgültigen Druckfarbraum um. Damit wird dann auch anschließend der Proof gemacht. Ist der Auftraggeber nicht zufrieden, muss in der Vorstufe entsprechend nachgearbeitet werden. All dies sind Prozesse, die den Druckauftrag unnötig verteuern, hätte man nur bessere Daten geliefert.

Wie kann man diesem Szenario vorbeugen? Dazu ist eine intensive und gute Zusammenarbeit zwischen Druckerei und Auftraggeber hilfreich. Wichtig ist, dass der Auftraggeber dem Drucker erklärt, mit welchen Methoden er seine Digitaldaten erstellt und ob er dabei schon Color Management einsetzt. Dann

kann ihm der Drucker seine ICC-Profile zur Verfügung stellen, die der Auftraggeber zur Kontrolle und zum etwaigen Proofen bei sich benutzen kann. Umgekehrt kann der Auftraggeber Profile, mit denen er seine Daten erstellt, an den Drucker übergeben, der sie dann zur Rückwandlung in den ursprünglichen Farbraum verwenden kann.

Deshalb beginnt Color Management stets mit dem gewünschten Ergebnis und arbeitet sich bis zur Datenaufbereitung vor. Es arbeitet sozusagen von hinten nach vorne. Ein Scannerprofil allein nützt zur Betrachtung am Monitor nichts. Genauso wenig wie ein Monitorprofil allein nicht ausreicht. Was will man denn bei der Farbretusche und Gestaltung am Monitor sehen? Doch das, was später tatsächlich auch gedruckt werden kann. Und das wiederum lässt sich nur mit Hilfe des Profils der Druckmaschine darstellen.



Kalibrierung von Monitoren

In der Bildbearbeitung werden in der Regel sämtliche Veränderungen und Korrekturen anhand des Monitorbildes vorgenommen. Ein Ausdruck wird erst angefertigt, wenn einem das Monitorbild zusagt. Das macht deutlich, wie wichtig es ist, dass der Monitor ein zuverlässiges Kontrollbild zeigt. Es wäre schlecht, wenn man aufgrund des Monitorbildes annehmen müsste, dass in der Vorlage ein mächtiger Rotstich vorhanden ist, man diesen anhand des Monitorbildes korrigiert, die Daten ausgibt und dann feststellt, dass das Bild eigentlich recht nett ist, nur dass jetzt ein Grünstich vorhanden ist, weil man einen nicht vorhandenen Rotstich korrigiert hat. Um dies zu vermeiden, muss der Monitor kalibriert sein, denn nur dann erhält man wirklich zuverlässige Abbildungen.

Die Kalibrierung geht im Prinzip genauso vorstatten wie die eines Scanners oder die eines Druckers. Sollte der Hersteller keine Monitorprofile mitliefern oder sollten Sie den Verdacht haben, dass sich Ihr Monitor mit der Zeit verstellt hat, beginnen Sie auch diesen Kalibriervorgang wieder mit der Profilgenerierung. Hierfür benötigt

Am Monitor entworfen und später keine bösen Überraschungen beim Druckerzeugnis. Die Kalibrierung hat hier maßgeblichen Anteil.



Das Colorimeter für die Kalibrierung von Monitoren kommt ohne eigene Lichtquelle aus und ist daher deutlich kleiner als ein Spektralfotometer.

man zunächst ein spezielles Gerät, das einem Spektralfotometer sehr ähnlich ist, aber nicht über eine integrierte Lichtquelle verfügt. Braucht es auch nicht, da das Licht ja schon vom Monitor selbst erzeugt wird.

Das Gerät wird am Monitor befestigt. Von einer Kalibriersoftware werden auf dem Monitor nacheinander unterschiedliche Farben erzeugt, die gemessen werden. Diese Farbfelder tauchen alle an der gleichen Stelle auf, so dass Sie das Gerät also nicht jedesmal für eine neue Farbe umständlich abnehmen und wieder befestigen müssen. Genau wie beim Scanner werden auch hier die gemessenen Farben mit den vorliegenden Soll-Werten verglichen. Anschließend wird aus den Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Werten das Geräteprofil bestimmt. Die Qualität des Profils hängt, wie bei allen anderen Profilen auch,

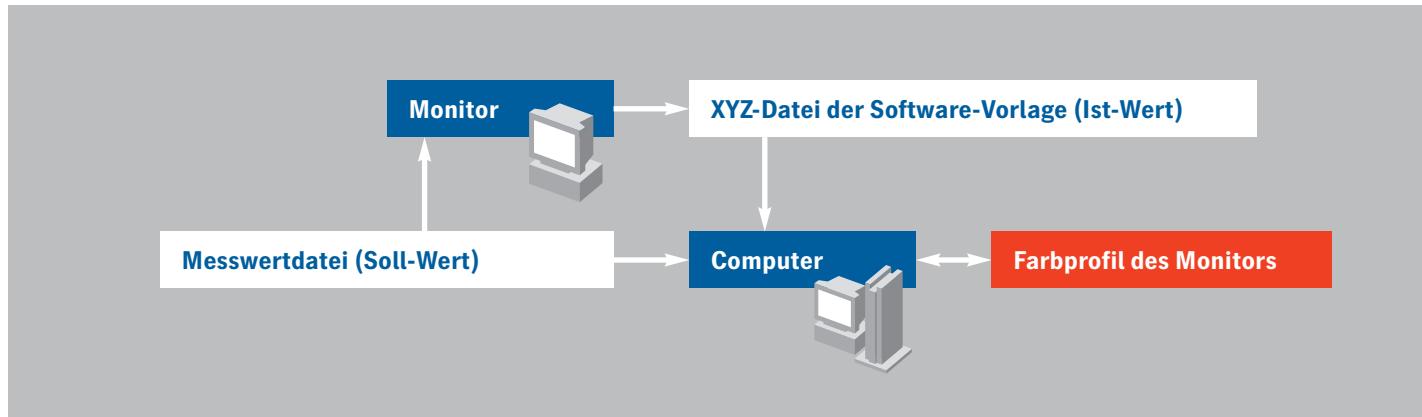


Abb. 20: Wie schon beim Scanner, so erfolgt auch beim Monitor ein Abgleich von Soll- und Ist-Werten, um das Profil zu erstellen.

von der Anzahl der Farborte und natürlich von der Qualität des Messgerätes und der verwendeten Software ab. Die Generierung eines qualitativ ausreichenden Profils ist allerdings beim

Abb. 20: ICC-Profilen können für alle Geräte erstellt werden. Damit sie den aktuellen Gerät Zustand beschreiben, müssen die Geräte regelmäßig kalibriert werden.



Monitor dahingehend einfacher als bei einem Scanner, da hier weitaus weniger Farborte ausreichen. Für ein einfaches Monitorprofil werden oft nur die drei Grundfarben Rot, Grün und Blau und ein Graukeil abgetastet. Insgesamt sind das dann nur sechs bis acht Farborte. Dies lässt natürlich Spielraum, ist für den semiprofessionellen Gebrauch allerdings ausreichend. Auch höherwertige Profile werden beim Monitor nur mit Hilfe von vergleichsweise wenigen Stützpunkten generiert. Das erzeugte Profil kann dann wieder in einer Color Management-Applikation genutzt werden, wo es bei der Farbraumtransformation von zum Beispiel Lab nach Monitor-RGB berücksichtigt wird.

Schwierige Farbbereiche für Monitor-Darstellungen

Grundsätzlich betrachtet ist der Farbraum des Monitors größer als der eines Druckers oder als der des Offsetdrucks. Er ist also insgesamt gesehen in der Lage, mehr unterschiedliche Farben darzustellen. Es gibt allerdings Farbbereiche, in denen sogar ein relativ einfacher Farbdrucker stärker als der Monitor ist. Hierbei handelt es sich um die Bereiche Cyan und Yellow. Diese Farbbereiche stellen für alle Drucker Primärfarben dar, da sie auf CMYK-Basis arbeiten. Für einen auf RGB-Basis arbeitenden Monitor handelt es sich hierbei allerdings um Sekundärfarben. Er muss sie erst aus Rot, Grün und Blau

zusammensetzen. Natürlich haben daher die Drucker einen Heimvorteil in diesen Farbbereichen. Es kann also schwierig werden, ein helles Cyan auch genauso auf dem Monitor darzustellen.

Dieser Umstand muss beim Softproof berücksichtigt werden, bei dem ja gerade der farbliche Eindruck eines gedruckten Bildes auf dem Monitor simuliert werden soll. In diesem Fall ist es zum einen von der Qualität des Monitors, zum anderen von der Qualität der Color Management-Applikation abhängig, wie gut die Farbraumanpassung vorgenommen wird und wie zuverlässig somit der Softproof auf dem Monitor ist.



Profilierung von Ausgabegeräten

Es gibt verschiedene Verfahren für die Anfertigung von Farbausdrucken: Tintenstrahl-, Farblaser- und Thermosublimationsverfahren sind nur einige Beispiele. Vergleicht man die Technologien, Ausgabequalität und die Kosten für die Anschaffung und Betrieb der Geräte miteinander, so erkennt man deutliche Unterschiede. Wir wollen hier vor allem auf den Tintenstrahldrucker und hier wiederum auf das Bubble-Jet-Verfahren eingehen, da es am häufigsten zum Einsatz kommt. Tintenstrahldrucker arbeiten entweder auf CMY- oder auf CMYK-Basis. Bei den CMY-Geräten wird Schwarz durch 100%igen Übereinanderdruck der drei anderen Prozessfarben erzeugt. Problematisch ist nur, dass dieses Schwarz meist nicht schwarz, sondern eher grünlich-bräunlich ist. Es lohnt also in jedem Fall die Investition in einen Drucker, der auf CMYK-Basis arbeitet, also Schwarz als eigene Extra-Farbe verwendet.

Wie funktioniert nun ein Tintenstrahldrucker? Für die Basisfarben (siehe S. 16) gibt es je einen Druckkopf. Diese Druckköpfe sind hintereinander auf einem Schlitten befestigt. Beim Drucken fährt dieser Schlitten senkrecht zur Vorschubrichtung des Papiers hin und her, so dass die Farbe aufgetragen werden kann. Die Farben befinden sich als flüssige Tinte in den Druckköpfen. Für das Drucken wird die Tinte in der

Tintenstrahldüse erhitzt. Aufgrund dieser Erhitzung bildet sich eine kleine Blase, die in der Düse einen hohen Druck erzeugt. Wird dieser zu groß, sucht sich die Tinte den vorgegebenen Ausweg. In Form eines Tropfens wird die Tinte aus der Düse geschleudert. Die Geschwindigkeit kann hierbei bis zu 700 km/h betragen. Auf diese Weise werden pro Sekunde mehrere tausend Tropfen freigesetzt und als Druckpunkte auf das Papier gebracht. Der einzelne Druckpunkt stellt die kleinste Einheit des Drucks dar. Er ist unser Bildpunkt. Ist eine ganze Zeile bedruckt worden, wird das Papier weiter geschoben, und der Prozess beginnt aufs Neue.

Bei der Beurteilung von Farben anhand eines Ausdruckes mit einem Tintenstrahldrucker kommt es meistens zu den folgenden Problemen:

- Durch zuviel Tinte auf dem Papier verlaufen die Farben
- Die Abbildung ist zu bunt, da ohne Color Management der gesamte Farbraum des Gerätes ausgenutzt wird
- Durch schlechte Justage der Druckköpfe kommt es zur Streifenbildung

Die Qualität des Ausdrucks hängt eng mit der Qualität des Gamut Mapping zusammen, d. h. wie gut die Transformation des Eingabefarbraums in den Ausgabefarbraum funktioniert. Wichtige Voraussetzung für eine optimale Transformation ist die Profilierung des Farb-

druckers. Auch hierfür gibt es spezielle Tools. Sie bestehen zunächst aus einer Testvorlage, die nicht als Bild, sondern als digitaler Datensatz vorliegt. Des Weiteren aus einer Profilierungssoftware, die Soll- und Ist-Werte zusammenbringt. Die als Datensatz vorliegende Testvorlage wird als Druckdatei an den Drucker übermittelt und ausgedruckt. Anschließend werden die einzelnen Farbfelder dieses Ausdrucks mit einem Spektralfotometer ausgemessen.

Einflussfaktoren außerhalb des Color Managements

Gerade beim Tintenstrahldrucker wird deutlich, dass nicht alle Farbabweichungen auf das Color Management zurückzuführen sind, bzw. ausschließlich durch dieses behoben werden

können. Einen großen Einfluss auf das Druckergebnis haben neben klimatischen Bedingungen auch Farben sowie das zum Einsatz kommende Papier. Die einzelnen Farben sind flüssig. Technisch gesehen geht der Farbdrucker hierauf ein, indem er sich bemüht, nicht alle Farben gleichzeitig zu drucken, sondern wartet, bis eine Schicht getrocknet ist. Dies gelingt allerdings manchmal nicht ganz, so dass ein leichtes ineinanderlaufen der Farben nicht verhindert werden kann. Das zeigt sich dann vor allem an scharfen Kanten im Bild. Wenn zwei farblich völlig verschiedene Bereiche aufeinandertreffen, sieht man daher leider oft Verläufe. Wie stark diese Effekte werden können, hängt hauptsächlich vom verwendeten Papier ab. Bevor man mit einer Profilerstellung beginnt,

sollte sichergestellt sein, dass der Drucker korrekt auf das zu verwendende Papier eingestellt und kalibriert ist. Meistens sind Herstellervorgaben im Gerät hinterlegt oder können im Druckertreiber angewählt werden. Hochwertige Drucker verfügen auch über eine selbsttätige Kalibrierung. Diese sollte vor einer Profilierung immer durchgeführt werden. Damit wird eine Wiederholbarkeit der Ergebnisse gewährleistet.

Das Standard-Recycling-Papier zeichnet sich durch hohe Saugfähigkeit aus. Die aufgetragenen Tinten werden wie von einem Löschpapier aufgesaugt. Dadurch wird wiederum eine Farbabgrenzung erschwert, was wiederum dazu führt, dass die Farben blasser wirken. Es geht also viel der Farbbrillanz verloren.

Abb. 22: Anhand der Abweichungen zur Testdatei kann ein Geräteprofil erstellt werden, das für alle weiteren Farbraumtransformationen genutzt werden sollte, an deren Ende die Produktion mit Hilfe des zuvor profilierten Gerätes steht.

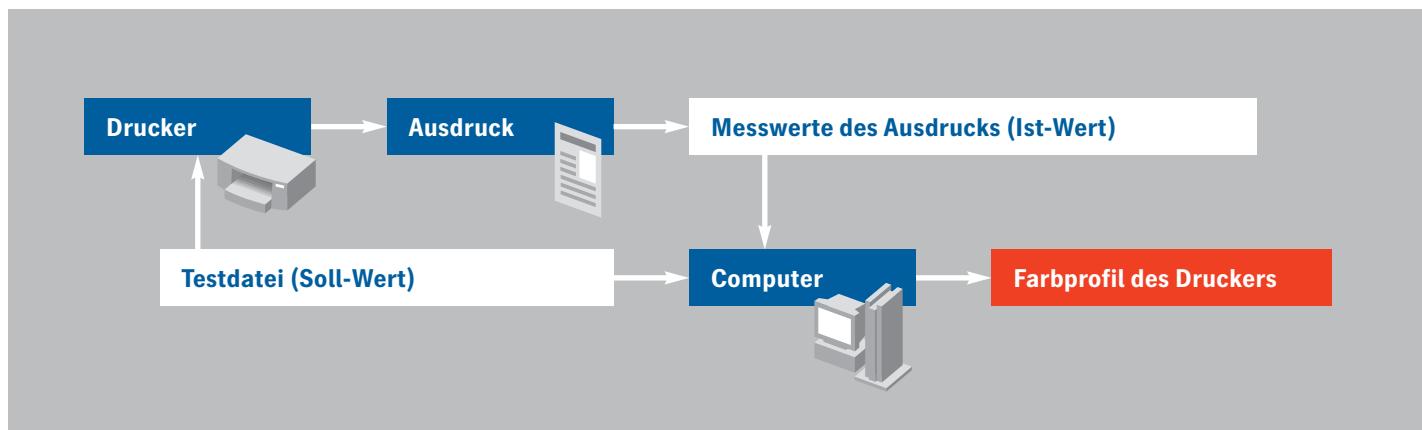


Abb. 21: Typischer Testdruck zum Abgleich von Ist-Werten des Ausdrucks mit den gewünschten Soll-Werten einer Testdatei.

Ausdrucke mittleren Standards können schon mit einem normalen, weißen, gestrichenen Schreibmaschinenpapier erreicht werden. Die beste Qualität erzielt man allerdings mit Spezialpapieren. Für die Kalibrierung bedeutet diese Abhängigkeit vom Trägermaterial, dass Sie für jedes Papier, das Sie verwenden, ein eigenes Druckerprofil erstellen müssen. Das heißt, Sie müssen den eben beschriebenen Vorgang der Ausgabe der Testvorlage und des Vermessens für jede Papiersorte einzeln ausführen. Sie werden mit Sicherheit Unterschiede in den Daten feststellen.



Farbentstehung

Farbmessung

Farträume

Profilierung

Reproduktion

Ausblick

Anhang

Reproduktion • Vom Proof zur perfekten Farbwiedergabe



Ein Proof soll das Ergebnis eines späteren Druckprozesses verlässlich abbilden. Anhand dieses Ausdrucks werden letzte Korrekturen und Abstimmungen vorgenommen bzw. kann die Richtigkeit aller Darstellungen verbindlich festgestellt werden. Was benötigt man für die Erstellung eines solchen Proofs? Zuerst einen Farbdrucker, der in der Lage ist, den gesamten Farbraum des Druckprozesses darzustellen. Dazu benutzt man meist handelsübliche Tintenstrahldrucker, wie sie auch für andere Zwecke im Einsatz sind. Diese haben gegenüber den speziellen, ausgesuchten Proofdruckern, wie sie von bekannten Herstellern angeboten werden, den Vorteil, dass sie relativ preiswert in der Anschaffung und meist auch im Unterhalt sind. Allerdings bedingt die Erzielung farbverbindlicher Proofs mit diesen Geräten auch erhöhte Sorgfalt und eine exakte Kalibrierung. Man muss sich bewusst sein, dass gerade die Geräte im großformatigen Bereich ursprünglich nicht für das Herstellen von Proofs entwickelt und konzipiert wurden. Ihr

Mit Hilfe des Proofs lassen sich die späteren Druckfarben leicht ablesen, indem man sie mit der Farbskala abgleicht.

überwiegender Einsatz erfolgt bei Architekten, Displayherstellern, Siebdruckereien, Messebauern, Werbestudios etc.. Um solche Drucker zu Proofgeräten zu machen, bedarf es weiterer technischer Schritte, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll. Festzuhalten bleibt jedoch: Geeignete Geräte stehen in allen Formatklassen zur Verfügung. Die Qualität der Ausgabe wird ständig verbessert. Immer höhere Auflösungen und feinere Tropfengröße der aufge-

spritzten Tinte garantieren eine immer bessere Ausgabequalität.

Die zweite wichtige Komponente zum erfolgreichen Proofen ist der RIP, also der Raster Image Prozessor, der dazu dient, aus digitalen Vorlagen (Pixel und Vektoren) druckbare Rasterbitmaps für Ausgabegeräte zu generieren. Dieser RIP muss über die Fähigkeit verfügen, mit ICC-Farbprofilen arbeiten zu können. Weiterhin muss er in der Lage sein, die Daten, die von der Vorstufe zur

Herstellung der Druckplatten erzeugt wurden, genau so zu verarbeiten, wie es der RIP am Platten- und Filmbelichter tun wird. Vorzugsweise sollte es ein und der gleiche RIP sein. Ein zum Proofen geeigneter RIP muss mindestens über folgende Komponenten verfügen:

- CMM = Color Matching Module
- Eingabemöglichkeit für ein Druckmaschinenprofil
- Eingabemöglichkeit für ein Prooferprofil

Die perfekte Farbwiedergabe - das Ergebnis eines mehrstufigen Color Management-Prozesses, der sich von der Druckvorstufe bis zum finalen Druck erstreckt.



Problemfarben

Die Reproduktion mancher Farben wird uns auch in Zukunft vor große Herausforderungen stellen. So ist das hier abgebildete Blau im linken Quadrat als zusätzliche Sonderfarbe gedruckt. Versucht man, es auf Basis eines normalen Vierfarbdrucks zu erstellen, wird man niemals genau diesen Farnton treffen können, da er außerhalb des CMYK-Farbraums liegt. Hier ist lediglich eine maximale Annäherung möglich.

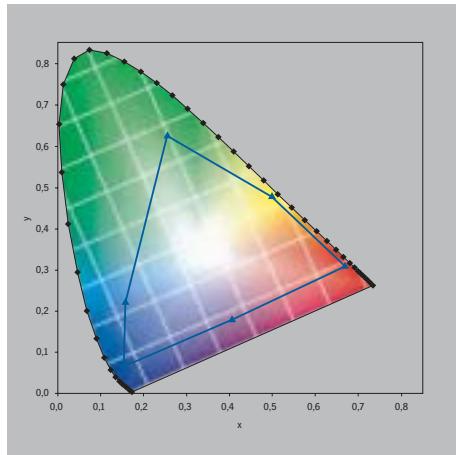
Abb. 23: Links die Sonderfarbe Heidelberg Blau, rechts ihr Näherungswert in CMYK mit Cyan 100%, Magenta 50%, Yellow 0% und Black 20%.



Wie wird ein Proof farbverbindlich?

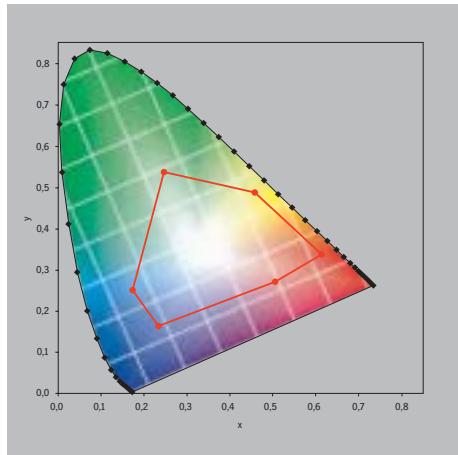
Wenn man eine Druckdatei in dem in Abb. 24 dargestellten Farbraum ausgeben würde, wäre das Ergebnis zwar schön anzusehen, jedoch unbrauchbar, denn der Proof-Ausdruck weist Farben auf, bzw. kann solche darstellen, die außerhalb des späteren Farbraums des

Abb. 24: Prooferfarbraum



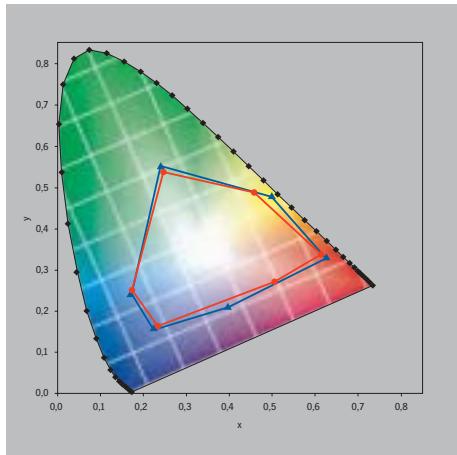
Offsetdrucks liegen. In Abb. 25 sehen wir den typischen Farbraum für den Offsetdruck. Sie sehen sofort, er ist wesentlich kleiner. Ein mit Color Management ausgestatteter RIP wird in diesem Fall mittels der entsprechenden Profile und dem Color Matching Module eine Farbraumtransformation durchführen,

Abb. 25: Druckfarbraum



bei der der Farbraum des Druckers so exakt wie möglich an den Farbraum des Offsetdrucks angepasst wird. Das Ergebnis zeigt Abb. 26: Die beiden Farbraüme sind annähernd deckungsgleich. Mit einer solchen Anpassung erreicht man sehr kleine Abweichungen im Bereich von 2 Delta E (ΔE ist ein Maß

Abb. 26: Vergleich eines an den Druckprozess angepassten Farbraums des Proofers mit dem Farbraum des Druckprozesses. Die Ergebnisse von Proof und Offsetdruck sind jetzt nahezu identisch.



für den Unterschied zwischen zwei Farben, wobei im Mittel 1 ΔE vom Auge unterschieden werden kann). Ein in der Praxis sehr gutes Ergebnis. Möchte man die Farbraumanpassung noch weiter optimieren, müssten die Profile weiter bearbeitet werden.

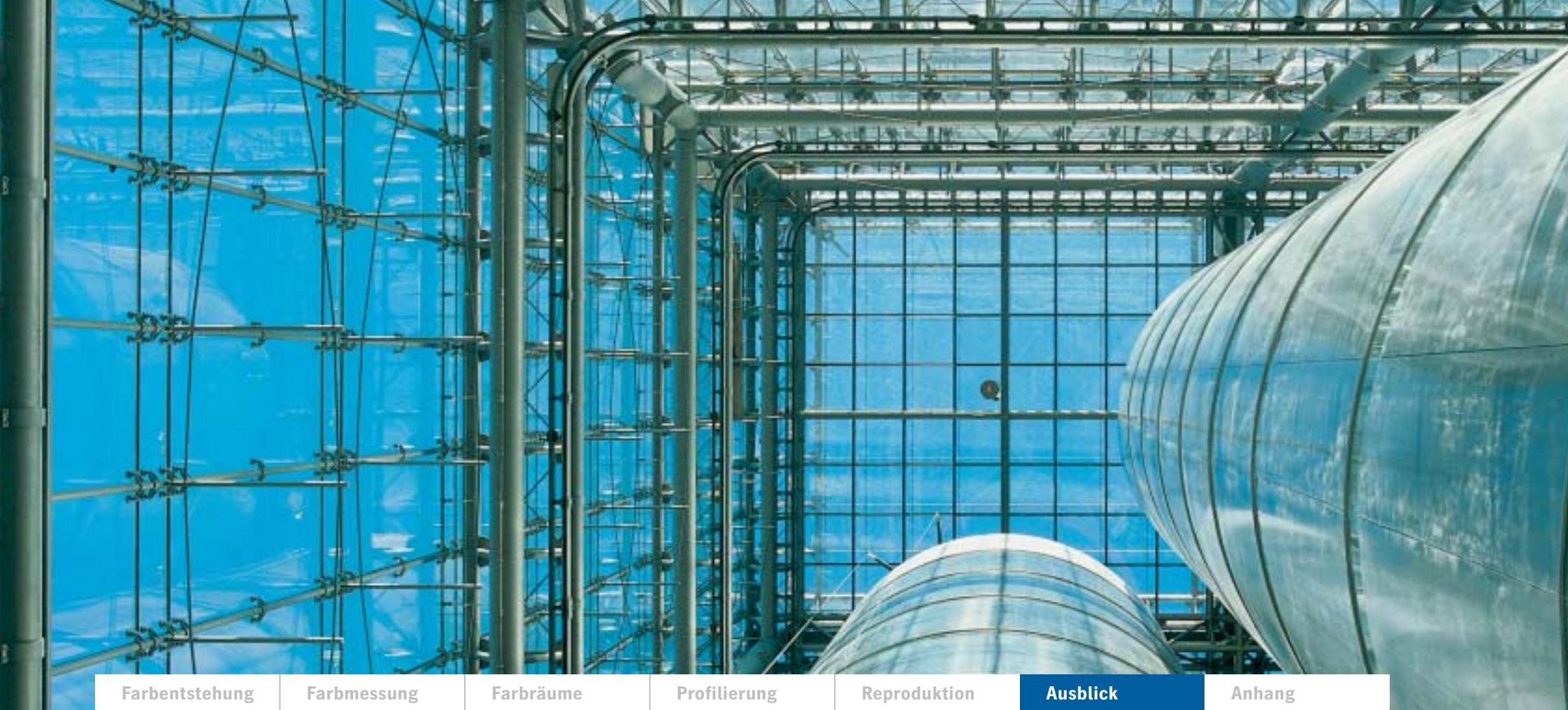
Allgemeine Proof-Voraussetzungen

Proofgeräte:

- Vollständige CMYK-Farbraumabdeckung
- Konstante Farbwiedergabe
- Hohe Auflösung
- Feine Tropfengröße

RIP - Raster Image Processor:

- ICC-fähig
- CMM = Color Matching Module
- Eingabemöglichkeit für Druckprozessprofil
- Eingabemöglichkeit für Prooferprofil



Farbentstehung

Farbmessung

Farträume

Profilierung

Reproduktion

Ausblick

Anhang

Ausblick • Die Zukunft eines weltweiten Standards

Die Reproduktion von Farben wird auch in absehbarer Zukunft Druckereien vor große Herausforderungen stellen. Digitale Bilder, direkt von der Digitalkamera zur Bearbeitung an den Rechner weitergeleitet, werden genauso schwer wiederzugeben sein, wie am Computer entwickelte Farbgrafiken. In beiden Fällen werden meist Farben verwendet, die nicht oder nur sehr schwierig auf Basis der vier Prozessfarben anzumischen sind. Viele der satten Blau- und Grüntöne, die man auf dem Monitor noch sehen kann, sind im Druck auf CMYK-Basis kaum darstellbar. Diesen Umstand können wir auch durch das beste Color Management-System mit den besten Farbraumtransformationen nicht verändern. Also entweder meidet man solche Farben oder nimmt Kosten für den Druck einer Sonderfarbe in Kauf.

Die Grenzen der Standards

Ein großes Problem für die exakte Wiederholbarkeit eines Druckergebnisses stellt die Vielzahl unterschiedlicher Komponenten dar, die einen Einfluss auf das Druckergebnis haben, bis heute jedoch nicht vereinheitlicht wurden. So gibt es keinen Standard für den Farbraum CMYK. In Japan werden meist die

nach dem JIS-Standard definierten Toyo-Inks verwendet, in den USA herrscht der Swop-Standard, in Europa und insbesondere in Deutschland wird nach ISO-Standard gearbeitet (Prozess-Standard-Offsetdruck des BVDM). Erst die beginnende weltweite Standardisierung wird eine Verbesserung bringen. Auch für einzelne Regionen sind die Farben nicht wirklich standardisiert. Wechselt der Drucker den Lieferanten für seine Druckfarben, kann dies zu einer Veränderung der Ergebnisse führen.

Kritiker moderner Color Management-Systeme merken oft an, dass die Standardisierung einer Gleichmacherei um jeden Preis gleichkomme. Selbstverständlich ist es nicht leicht, einzelne Errungenschaften mit vermeintlichen Qualitätsvorteilen zugunsten eines Standards aufzugeben. Doch leider handelt es sich bei den Argumenten der Standard-Gegner um Idealvorstellungen, die mit den realen, offenen Systemumgebungen nichts mehr gemeinsam haben. Zudem klammern sie gern den wichtigsten Aspekt unseres wirtschaftlichen Handelns aus, nämlich Effizienz. Die wiederum basiert auf Material-, Zeit- und damit Kosten-einsparungen einer reibungslosen Kommunikation. Einer Kommunikation, die

beim Druck von Farben nicht nach dem Prinzip „Trial and Error“ arbeitet, sondern die Idee von WYSIWYG, What you see is what you get, entlang der gesamten Prozesskette realisiert.

Hinzu kommt im Zeitalter des globalisierten Arbeitens die regionale Unabhängigkeit, die eine verbreitete Standardisierung mit sich bringt. Die interkontinentale Datenübertragung stellt schon heute kein Problem mehr dar. Also warum nicht mit Grafikern aus Japan und den USA zusammenarbeiten, die Daten im eigenen Land zu einem Dokument zusammenfügen und das Ganze letztendlich in Europa drucken lassen?

Das wichtigste ist aber, dass beim konsequenten Einsatz von Color Management gute Ergebnisse nicht mehr vom Zufall abhängig sind. Bilddaten werden zu jeder Zeit und mit jedem Gerät und von jedem Bediener zuverlässig reproduzierbar. Es wird eine erhöhte Produktionssicherheit erreicht, die sogar an Montagen und zwischen Weihnachten und Neujahr vorhanden ist.

Die Zukunft des Color Managements

Wir können uns jede Menge Hoffnung machen, dass eine Verlässlichkeit in

der Reproduktion von Farben keine Illusion bleibt. Die bestehenden Color Management-Systeme werden weiter verbessert werden, sowohl in der Qualität der Farbraumtransformation als auch in der Bedienerfreundlichkeit. Color Management wird dann endlich für jeden transparent und einsetzbar. Natürlich werden diese Veränderungen von Verbesserungen auf der Hardware-Seite begleitet. Schon heute sind Farbkopierer erhältlich, die Luftfeuchtigkeits- und Temperaturschwankungen bemerken und sich darauf einstellen, um immer die optimalen Ergebnisse zu erzielen. Andere Geräte wie Scanner oder Belichter werden farbstabiler werden, so dass sie seltener kalibriert werden müssen. Standards werden sich weiter durchsetzen. Es werden sehr viel mehr Applikationen zur Verfügung stehen, die in der Lage sind, ICC-Profile zu generieren oder sie zu nutzen. So werden wir wohl tatsächlich dahin kommen, dass Farbinformationen genauso verlässlich und einfach zu transportieren sind wie heute schon Schriften. Dann sind einer weltweiten Zusammenarbeit bei der Reproduktion von Farbdarstellungen keine Grenzen mehr gesetzt.



Farbentstehung

Farbmessung

Farträume

Profilierung

Reproduktion

Ausblick

Anhang

Farbraumdefinition • Theoretischer Hintergrund

Das CIE-Normfarbsystem

Die Schaffung eines gemeinsamen Farbstandards, der die wichtigsten Farbkörper umfasst und eine Verständigung über Farben ermöglicht, ist für die Entwicklung eines Farbreproduktionsystems von elementarer Bedeutung. Einen solchen Standard stellt das Normfarbsystem der CIE dar. Die CIE-Farbnormung geht von imaginären Grundfarben mit der Bezeichnung XYZ aus, welche physikalisch nicht realisierbar sind. Sie wurden rein rechnerisch erzeugt und sind daher unabhängig von einem gerätebezogenen Farbkörper wie z. B. RGB oder CMYK. Diese virtuellen Grundfarben wurden jedoch so ausgewählt, dass die Gesamtheit aller vom menschlichen Auge erfassbaren Farben innerhalb dieses Farbraums liegt.

Das XYZ-System basiert auf den Empfindlichkeitskurven der drei Farbrezeptoren im Auge. Da diese bei jedem Menschen leicht unterschiedlich sind, hat die CIE einen so genannten Normalbeobachter definiert, dessen Augenempfindlichkeit etwa dem Durchschnitt der Bevölkerung entspricht. Auf diese Weise ist die farbmetrische Erfassung von Farben objektiviert.

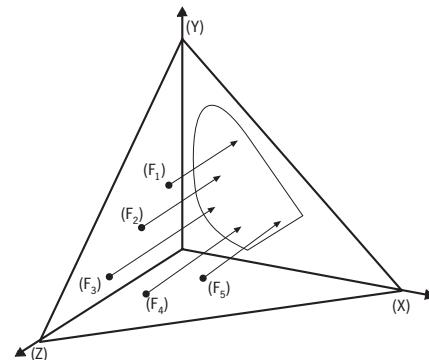


Abb. 27: Von der dreidimensionalen Darstellung des CIE-Bezugssystems

Die drei Grundfarben des CIE-XYZ-Bezugssystems bedingen zunächst eine räumliche Darstellung mit den Koordinaten (X), (Y) und (Z), wie in Abb. 27 dargestellt. Hier lässt sich ein Farbartendreieck zeichnen. Um zu einer zweidimensionalen Grafik, also der Schuhsohle zu gelangen, wird dieses Farbartendreieck in die Ebene der Rot-Grün-Fläche projiziert. Das hat jedoch nur Sinn, wenn gleichzeitig eine entsprechende Normierung vorgenommen wird, die es gestattet, den verlorengegangenen Wert (Z) aus der neuen flächigen Darstellung herauszulesen. Diese Normierung geschieht durch die Einführung der sogenannten Normfarbwertanteile x, y und z.

Man setzt:

$$x = \frac{X}{(X + Y + Z)} \text{ („Rotanteil“)}$$

$$y = \frac{Y}{(X + Y + Z)} \text{ („Grünanteil“)}$$

$$z = \frac{Z}{(X + Y + Z)} \text{ („Blauanteil“)}$$

Für sie gilt:

$$x + y + z = 1$$

So kann der Wert z zu einer beliebigen Farbe durch die Subtraktion der Normfarbwertanteile x und y von 1 gewonnen werden:

$$1 - x - y = z$$

Eine Farbe ist durch die Angabe ihrer Farbart (mit x und y) noch nicht eindeutig definiert. Es muss zusätzlich ein so genannter Helligkeitsbeiwert angegeben werden. Die Augenempfindlichkeitskurve für das Grünempfinden ist im XYZ-System so normiert, dass sie gleichzeitig die Hellempfindung widerspiegelt. Sie ist somit identisch mit der sogenannten V (λ)-Kurve. Eine Farbe ist dann vollkommen beschrieben, wenn

sie neben den Werten x und y auch den Helligkeitsbeiwert Y enthält. Im Normfarbdreieck zeigt das zwischen Nullpunkt, x = 1 und y = 1, aufgespannte rechtwinklige Farbartendreieck die Grenzen dieses Bezugssystems. Farbarten außerhalb des Dreiecks sind nicht denkbar. Der geschlossene Kurvenzug stellt die Lage der Spektralfarben dar (Vgl. Abb. 28). Farben zwischen Dreieck und dem Spektralfarbenzug sind zwar definierbar, jedoch virtuell, d. h. physikalisch nicht zu realisieren.

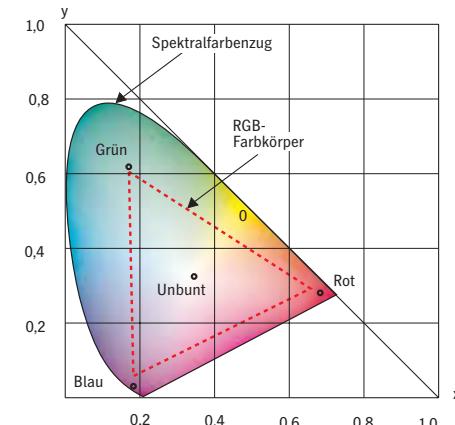


Abb. 28: Die Grundfarben RGB eines Reproduktionsgerätes bilden ein Dreieck innerhalb der Schuhsohle. Solch ein Dreieck repräsentiert dann einen relativ kleinen Farbkörper mit dem Unbuntpunkt etwa in der Mitte.

Mit der Einführung der CIE-Normfarbtafel ist die Farbbestimmung aus einer qualitativ beschreibenden in eine quantitativ, zahlenmäßig erfassbare Darstellung überführt worden. Neben der gewonnenen Messbarkeit verfügt das CIE-Normfarbsystem auch über den Vorteil einer einfachen Darstellung von Ergebnissen der additiven Farbmischung: Die Resultate liegen immer auf geraden Linien zwischen den Ausgangsfarben. Außerdem gestattet die CIE-Normung beliebige Farbtransformationen von einem Farbkörper in einen anderen, so z. B. die Umsetzung einer ganz bestimmten Farbe aus dem RGB-Farbkörper des Monitors in den CMYK-Farbkörper eines Druckverfahrens. Diesen Vorteilen stehen jedoch die Nachteile des Normfarbsystems gegenüber:

- die schwierige Einbeziehung der Helligkeit in die Darstellung
- die Diskrepanz zwischen empfundenen Farbunterschieden und den Farbabständen im System

Der Lab-Farbraum der CIE

Das Farbensehen besteht nicht allein in einem Zusammenfügen von Farbwerten im Auge. Die Netzhaut registriert zwar drei Farbreize, die sich im Wesentlichen auf rote, grüne und blaue Lichtstrahlen beziehen, jedoch entstehen im Verlauf einer weiteren Verarbeitungsstufe drei Empfindungen:

eine Rot/Grün-Empfindung

- eine Gelb/Blau-Empfindung
- eine Helligkeitsempfindung

Daraus lässt sich ein sogenanntes Gegenfarbensystem entwickeln, das vom Gegensatz dreier Urfarbenpaare ausgeht wie es Abb. 29 zeigt.

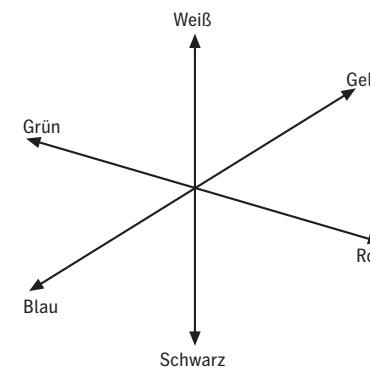


Abb. 29: Gegenfarbensystem. Es basiert auf der Gegensätzlichkeit dreier Urfarbenpaare.

Wir wissen aus eigener Erfahrung, dass Rot empfindungsgemäß nie Anteile von Grün, und wiederum Blau keine Anteile von Gelb und Weiß keine von Schwarz enthalten kann. Gefragt nach den Grundfarben, geben Menschen, meist nicht die drei Grundfarben Rot, Grün und Blau, sondern deren vier, nämlich Rot, Grün, Blau und Gelb an. Betrachtet man Farben wie Schwarz, Grau oder Weiß, so werden diese überhaupt nur widerstrebend als Farben anerkannt.

Sie scheinen von gänzlich anderer Empfindungsqualität zu sein. Die fehlende Farbigkeit in einem Schwarzweißfilm etwa auf dem Bildschirm wird von uns nach kurzer Umstellung vollkommen akzeptiert. Daraus lässt sich folgern, dass in einem empfindungsgemäß korrekt entworfenen Bezugssystem die unbunte Helligkeitsinformation und die Farbinformation nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ deutlich getrennt sein sollten. Genau dies leistet das 1976 von der CIE entwickelte Lab-Farbsystem, welches zwar auf den XYZ-Grundfarben basiert, aber gleichermaßen das oben beschriebene Gegenfarbenmodell einbezieht. Der Bunton und die Buntheit werden durch die Koordinaten a^* und b^* definiert, die

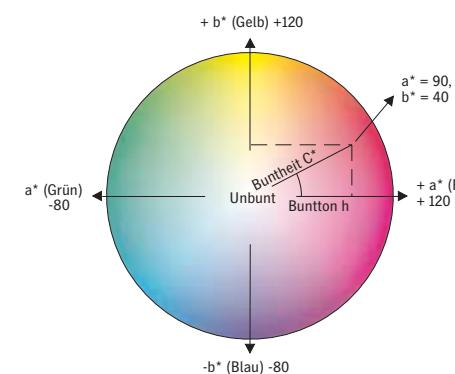


Abb. 30: Definition von Bunton und Buntheit durch Koordinaten a^* und b^* .

positive oder auch negative Werte annehmen können. Wie das Normfarbdreieck stellt dieses Farbsystem alle denkbaren Farben dar. Aus a^* und b^* lassen sich Zahlenwerte für den Bunton und die Buntheit ableiten:

- Bunton (Hue): $h = \arctan(b^*/a^*)$. Dies entspricht dem Winkel zwischen Farbvektor und der a^+ -Achse.
- Buntheit (Chroma): $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$. Dies entspricht der Entfernung des Farbortes vom als gleichhell empfundenen Grau des Farbkörpers.
- Die dritte Eigenschaft, die Helligkeit, wird durch eine Helligkeitsskala mit der Bezeichnung L^* mit Skalenwerten von 0 (Schwarz) bis 100 (Weiß) senkrecht dargestellt.

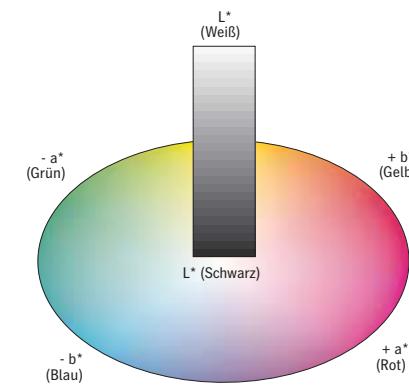


Abb. 31: Erfassung der Helligkeit mithilfe eines zusätzlichen Skalenwertes.

Aus Gründen der Erkennbarkeit wurde auf die vollständige Darstellung der unterschiedlichen Helligkeiten des Spektralfarbenzugs verzichtet. Das Modell ist nach oben hin durch einen horizontalen Schnitt begrenzt worden. Auf dem äußeren Mantel dieses idealen Farbkörpers liegen alle Farben höchster Buntheit, wobei deutlich sichtbar wird, dass je dunkler die Farben werden, diese auch an Buntheit verlieren. Das erscheint logisch, bedenkt man, dass bei Erreichen des minimalen Helligkeitswertes jede Farbe zu Schwarz wird und damit der Buntheitswert Null vorliegt.

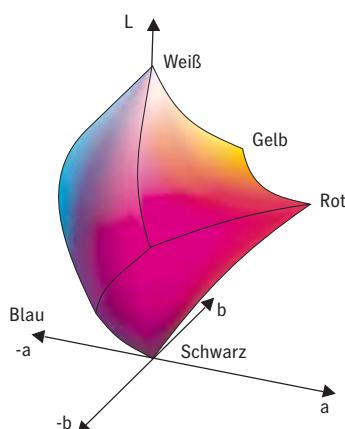


Abb. 32: Ein Farbkörper, der auf realen Farben basiert, könnte in etwa die hier dargestellte Form haben.

Man sieht hier zweierlei:

- die Buntheit der Farben nimmt sowohl mit zunehmender, als auch mit abnehmender Helligkeit ab, bis hin zu Null beim Erreichen von Weiß bzw. Schwarz.
- Im Gegensatz zum CIE-Farbendreieck sind hier die Verbindungslinien zwischen den Eckfarben nicht geradlinig. Der Grund liegt in der empfindungsgemäßen Gleichabständigkeit der Farben in diesem Farbraum. Diese ist durch eine nichtlineare Transformation der XYZ-Werte in Lab-Werte erreicht worden.

Die prinzipiellen Formeln für die Transformation von XYZ nach Lab lauten (für nicht zu kleine X, Y, Z):

$$\begin{aligned}L^* &= 116 Y^{1/3} - 16 \\a^* &= 500 (X^{1/3} - Y^{1/3}) \\b^* &= 200 (Y^{1/3} - Z^{1/3}),\end{aligned}$$

wobei X, Y und Z auf 1 normiert sind.

Gamut Mapping im Lab-Farbraum

Zu den Vorteilen des Lab-Farbraums zählen vor allem die Geräteunabhängigkeit in der Farbdarstellung und die mögliche empfindungsgemäße Farbeinstellung bei der Bedienung eines Reprosystems. Der Lab-Farbraum ist, ebenso wie der XYZ-Farbraum, imstande, alle realen Farbkörper als Untermengen

darzustellen. Angenommen, ein Reprogerät basiert auf dem RGB-Farbraum. Für den Druck müssen die RGB-Farbwerte in CMYK-Farbwerte umgerechnet werden. Beide Farträume sind weder in ihrer Größe noch in ihrer Lage gleich. Aus der Tatsache, dass das Reprosystem RGB zum Bezugssystem hat, folgt nun, dass Farben des CMYK-Farbraums, die in RGB nicht darstellbar sind, auch in CMYK nicht gedruckt werden können, obwohl der CMYK-Farbraum dies nicht verbietet. RGB wird also zur Beschränkung für CMYK. Dies gilt z. B. für ein dunkles und buntes Cyan, das am RGB-Monitor nicht darstellbar ist, und unter diesen Umständen zur nichtreproduzierbaren Farbe wird. Um dies grafisch zu veranschaulichen, kann ein Schnitt, wie in Abb. 33 gezeigt, durch einen stilisierten Farbkörper gemacht werden.

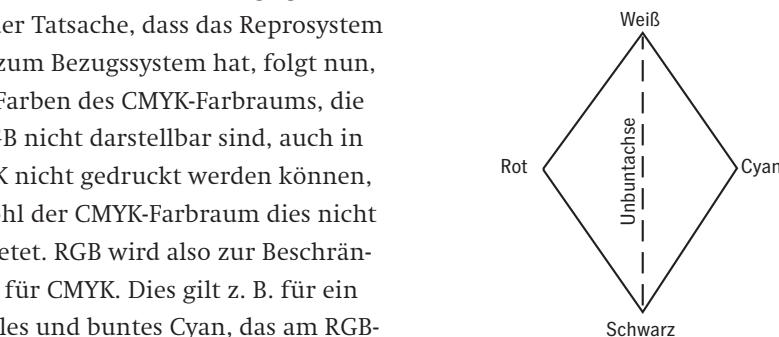


Abb. 34: Querschnitt durch den Farbkörper zur Betrachtung der Cyan-Rot-Fläche

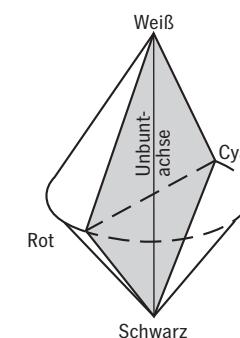
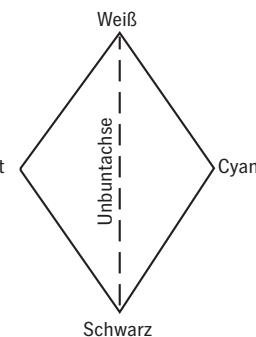


Abb. 33: Schnitt durch einen stilisierten Farbkörper

So kann z. B. die Cyan-Rot-Fläche betrachtet werden.



Die Problematik ist einfacher darstellbar, wenn nur eine Fläche (in diesem Fall die Cyan-Fläche) betrachtet wird.

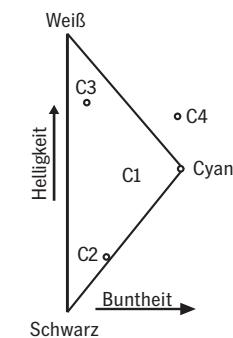


Abb. 35: Modellanschnitt der Cyan-Fläche

Die eingezeichneten Farben zeigen hierbei:

- C1 das maximal bunte Cyan.
- C2 ein Cyan, das bezogen auf diesen Helligkeitswert die höchstmögliche Buntheit hat.
- C3 ein helles, unbuntes Cyan.
- C4 ein Cyan, das außerhalb des Farbraums liegt.

In der Abbildung haben alle Farben den gleichen Bunton, nämlich Cyan. Außerdem sind alle Farben, bis auf das außerhalb liegende C4, reproduzierbar. Bezieht man die druckbaren Farben in diese Grafik mit ein, sieht man, dass die beiden Farträume nicht deckungsgleich sind.

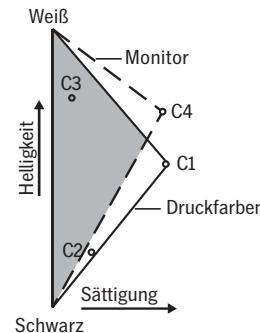


Abb. 36: Farbraumabweichung von Monitor und Druckfarben am Beispiel Cyan

Die Tatsache, dass sich beide Farbkörper durchdringen, bedeutet, dass nur die Farben innerhalb der farblich markierten gemeinsamen Schnittmenge sowohl

dem Monitor wie auch im Druck identisch wiedergegeben werden. In einem gerätebezogenen Bezugssystem wie RGB oder CMYK können zwangsläufig Farben, die außerhalb ihres Bezugssystems liegen, nicht reproduziert werden, auch dann nicht, wenn sie im Zielfarbkörper vorhanden sind. Hier zeigt sich der Vorteil übergreifender Bezugssysteme wie zum Beispiel der XYZ- oder der Lab-Farbraum, die keine Einschränkungen dieser Art kennen. Mit Hilfe des Gamut Mapping können hier die Farbkörper aneinander angepasst werden, so dass der gesamte Farbumfang des Zielfarbkörpers ausgenutzt werden kann.

Empfindungsgemäße Farbbedienung

Soll ein Farbdia, das neben sehr dunklen, unbunten Tonwertbereichen auch leuchtende Farben beinhaltet, reproduziert werden, möchte man sicher, unter gleichzeitiger Beibehaltung der bunten Farben, die dunklen Bildstellen aufhellen. Um zu veranschaulichen, was dann passiert, betrachten wir eine Kombination bestehend aus einigen stark bunten Farben und einem Graukeil. Abb. 37 soll eine Vorlage repräsentieren.

Die Tonwerte des Graukeils sind so dunkel, dass eine Aufhellung notwendig erscheint. In einem konventionellen CMYK- oder RGB-Reprosystem wird man hierfür die Gradationsfunktion verwen-

den. Dadurch werden alle Farbkanäle gleichermaßen beeinflusst (Vgl. Abb. 38). Durch die korrigierte Gradation sind die Tonwerte des Graukeils jetzt besser zu unterscheiden, die bunten Farben jedoch hell und unbunter. Um die Buntheit der ursprünglichen Farben zu erhalten, müsste man jede einzelne Farbe aufwendig nachkorrigieren. Mit einem Lab-Editor lässt sich dieser Nachteil vermeiden. Hier werden die unbunten Farben unabhängig von den bunten behandelt (Vgl. Abb 39). Eine Nachkorrektur wird dadurch überflüssig. Größere Sicherheit und ein reduzierter Zeitaufwand beim Editieren sind das Ergebnis.

Ein ähnlicher Vorteil zeigt sich bei überbelichteten Vorlagen. Die Farben sind dann in der Regel zu blass und müssen in ihrem Buntheitsgrad verbessert werden. Hierfür reicht eine bloße Gradationsveränderung nicht aus, denn die zu blassen Farben werden nur dunkler und verlieren dadurch an Buntheit. Auf konventionellem Wege ist dann jede einzelne Farbe nachzuarbeiten. Helligkeit und Buntheit müssen angepasst werden, was zeitraubend und qualitativ nicht optimal ist.

Beim Arbeiten im Lab-Farbraum kann nun aufgrund der Trennung von Helligkeit und Buntheit die Buntheit aller Farben in einer einzigen Bearbeitungsstufe angehoben werden. Ein Lab-Editor verfügt zu diesem Zweck über

die Bearbeitungsfunktion des Buntheitsverlaufs. Schon diese kurzen Erklärungen zeigen, welche Vorteile sich durch ein Arbeiten im Lab-Farbraum ergeben. Weitere Vorteile des Lab-Farbraums zeigen sich im Rahmen der Bildbearbeitung. So wird durch die Trennung von Helligkeit und Buntheit auch die Qualität der Schärfefilter stark verbessert, und es lassen sich weitaus bessere Farbkorrekturen durchführen, was eine deutliche Qualitätssteigerung der Bilddaten zur Folge hat.

Abb. 37: Vorlage aus Graukeil und Buntfarben (Farben verschmutzt, Tonwerte zu dunkel)

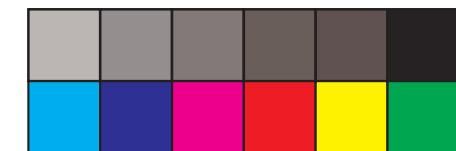
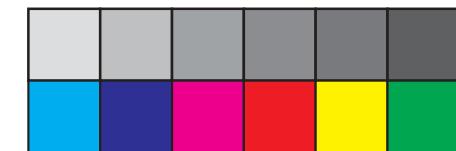


Abb. 38: Überbelichtete Vorlage (Farbsättigung fehlt)



Abb. 39: In einem Lab-Editor korrigierter Buntheitsverlauf.



Begriffserklärung • Definitionen und Erläuterungen

Additive Farben

Auf Rot, Grün und Blau basierende Lichtfarben, die in gleichanteiliger Mischung bei jeweils maximalem Farbwert weißes Licht ergeben; je nach Farbanteil und -intensität lassen sich aus den Grundfarben nahezu alle Farben mischen; technologische Basis für Geräte wie Scanner, Digitalkameras, Monitore usw..

CMM (Color Matching Module)

Hierbei handelt es sich um ein Rechenmodul, das die Farbraumtransformation ausführt und anhand der Profile die Position der Farben im Farbraum festgelegt. Das CMM ist zwar nur der „Rechenknecht“, aber sein Aufbau ist sehr wichtig für die Qualität des Color Managements. Das CMM kann Bestandteil des Betriebssystems oder in ein Anwendungsprogramm integriert sein. So verfügen alle wesentlichen Applikationen im Bereich des Color Managements über ein CMM. In den Betriebssystemen Microsoft Windows 98, ME 2000 und XP sowie in Apple Macintosh Betriebssystemen findet man das CMM unter den Begriffen ICM (Windows) oder ColorSync (Apple). In modernen Proofsystemen ist ebenfalls ein CMM zu finden, um die Verrechnung des

Druckmaschinenprofils mit durchzuführen.

Delta E (ΔE)

Der griechische Buchstabe Delta (Δ) steht allgemein für den Begriff Differenz. ΔE bezeichnet also die Differenz zwischen zwei Zahlenwerten. Den Buchstaben verwendet man für den Abstand der Farben im CIE Farbraum. Ein ΔE ist der kleinste, für das menschliche Auge erkennbare Farbabstand. Davon ausgehend, dass die CIE den Wert $\Delta E 1$ als den Wert festgesetzt hat, den ein Normalbeobachter als kleinste Farbabweichung überhaupt nur sehen kann, kann man logischerweise Werte, die kleiner als 1 sind, vernachlässigen. Trotzdem wissen wir, dass die Farbwahrnehmung subjektiven Eindrücken und Einflüssen ausgesetzt ist.

Selbstverständlich wird es auch Menschen geben, die kleinere Abweichungen als $\Delta E 1$ erkennen können. Als pragmatische Faustformel für die meisten Anwendungen hat sich folgende Aussage bewährt:

zwischen

0 und 1 normalerweise nicht sichtbare Abweichung

1 und 2 sehr kleine Abweichung, nur von einem geschulten Auge erkennbar

2 und 3,5 mittlere Abweichung, auch von einem ungeschulten Auge erkennbar

3,5 und 5 deutliche Abweichung
über 6 starke Abweichung

Farbauszug

Bezeichnung für die Aufteilung eines Bildes oder einer ganzen Druckform in die druckbaren Grundfarben eines Mehrfarbendrucksystems. Dabei wird für jede Grundfarbe ein Farbauszug erstellt.

Farb-Profile

Das Profil ist zum einen ein Fingerabdruck des jeweiligen Farbraums, der vorher vermessen wurde, und zum anderen ist es die Anleitung für die durchzuführende Farbraumtransformation. Es gibt verschiedene Arten von Profilen. Dabei unterscheidet man nach zwei Hauptgruppen. Geräteabhängige Profile wie zum Beispiel Drucker-, Scanner und Monitorprofile. Sie beschreiben jeweils den Farbraum, den das Gerät darstellen kann. Bei den Druckprofilen ist weniger ein Gerät, als vielmehr die

verwendete Kombination aus Farbe und Papier entscheidend. Dies wird besonders klar, wenn man sich überlegt, wie viele dieser Kombinationen man mit einer Druckmaschine drucken kann. Die zweite Gruppe sind die geräteunabhängigen Profile. Dabei handelt es sich um Profile, die einen frei definierten Farbraum beschreiben. Das kann zum Beispiel der gesamte Lab-Farbraum sein, aber auch ein Farbraum, wie man ihn für verschiedene Anwendungen festlegt. Beispiele sind hier der sRGB-Farbraum oder die Farbräume ECI-RGB, Adobe-RGB oder NTSC (amerikanisch-japanischer Fernsehstandard).

Farbraum

Beschreibung einer darstellbaren Anzahl von Farben in einem geometrischen Koordinatensystem, d. h. für jede Farbe gibt es eine genaue Beschreibung ihrer Lage im Farbraum. Präzise Abbildungen von Farbräumen sind immer dreidimensional, also in Form räumlicher Körper. Am gebräuchlichsten sind die Farbräume Lab und XYZ. Diese Farbräume wurden 1931 (XYZ) und 1976 (Lab) von der Comission International de l'Eclairage (CIE) normiert. Sie stellen alle Farben dar, die das normalsichtige menschliche

Auge wahrnehmen kann. Größere Farbräume hätten keinen Sinn, da sie für uns als Betrachter keine Vorteile aufweisen würden. Lediglich die Umrechnungsprozesse wären langwieriger.

Farbraumtransformation (Gamut Mapping)

Darunter versteht man die Überführung eines Farbbereiches in einen anderen. Das kann z. B. von RGB nach CMYK sein, von Lab nach RGB oder auch von einem CMYK-Farbraum in einen anderen CMYK-Farbraum. Letztere findet zum Beispiel immer beim Proofen statt, wobei der Farbraum des Proofers an den Farbraum der Druckmaschine angepasst wird. Bei der Farbraumtransformation gibt es die Möglichkeiten, entweder direkt von einem in den anderen Farbraum zu transformieren, oder einen Zwischenschritt über einen unabhängigen Farbraum wie Lab zu wählen. Die letzte Möglichkeit kommt der Tatsache entgegen, dass unterschiedliche Farbräume auch unterschiedliche Farbraumumfänge haben und deswegen im Allgemeinen eine Anpassung durchgeführt werden muss.

Farbraumtransformationsabsicht (Rendering Intent)

Wie man Farben von einem Quellfarbraum in einen Zielfarbraum transformieren will, muss der CMM mittels

eines Rendering Intents mitgeteilt werden. Je nachdem was gewünscht ist, stehen die folgenden vier Absichten zur Auswahl:

1. Wahrnehmungsgemäß (Perceptual)

Diesen Intent wählt man immer dann, wenn man eine Farbraumtransformation wünscht, bei der das Ziel optisch möglichst nahe mit der Quelle übereinstimmen soll, Ziel- und Quellfarbraum aber unterschiedlich sind, zum Beispiel, wenn ein Scanner-RGB in ein Druckmaschinen-CMYK transformiert werden muss. Bei dieser Methode werden die Farben, die nicht im Zielraum abgebildet werden können, an den Rand des Zielfarbraums gelegt und die anderen Farben relativ dazu im Farbraum positioniert. Ziel ist es, eine möglichst genaue Darstellung zu erzielen, die vom menschlichen Auge hinterher als nahezu identisch mit dem Quellfarbraum wahrgenommen wird. Perceptual wird auch in manchen Applikationen als „fotografisch“ angegeben.

2. Relativ-farbmetrisch (Relative Colorimetric)

Dieser Intent bewirkt eine 1:1 Transformation vom Quell- in den Zielfarbraum. Dazu ist es notwendig, dass der Zielfarbraum mindestens den gleichen Farbumfang wie der Quellfarbraum hat. Besser ist es, wenn der Zielfarbraum größer ist. Werden Druckfarben

relativ farbmetrisch transformiert, so findet die Grundfarbe des Bedruckstoffes (Papier) keine Berücksichtigung. Soll also beispielsweise das Ergebnis eines Zeitungsdrucks auf einem Proofgerät mit sehr weißem Papier wiedergegeben werden, so werden zwar die Farbtöne als solche richtig wiedergegeben, wirken aber zu rein, da die Verschmutzung der Farben durch das graue Zeitungspapier unberücksichtigt bleibt. Eine farbmetrische Farbraumtransformation ist nur sinnvoll bei gleichartigen Farbräumen, wie z. B. CMYK zu CMYK.

3. Absolut-farbmetrisch (Absolute Colorimetric)

Das ist der Intent, den man immer zum Proofen verwenden sollte. Er arbeitet im Prinzip genauso wie der relativ-farbmetrische, berücksichtigt aber auch die Farbe des Bedruckstoffes. Um beim obigen Beispiel mit der Zeitung zu bleiben, würde mit dem absolut-farbmetrischen Verfahren der Druck auf dem Proof ganz korrekt wiedergegeben. Das Grau des Zeitungspapiers würde auf dem weißen Proofpapier dargestellt. Deshalb findet man oft im Color Management-Teil eines RIPs den Begriff „Proof“ oder „Proofwiedergabe“, anstatt „Absolut Colormetrisch“.

4. Sättigungserhaltend (Saturation)

Mit dieser Art der Farbraumtransformation erreicht man, dass Farben großer Buntheit möglichst bunt wiedergegeben werden. Dazu können die Farbtöne, die im Inneren des Farbraums liegen, weiter nach außen gezogen werden. Der Einsatz des Intents ist nur dann sinnvoll, wenn keine exakte Farbwiedergabe gewünscht ist. Daher findet er in der grafischen Welt nur selten Anwendung. Anders sieht es bei Büroanwendungen aus. Hier wird oft eine stärkere Buntheit gewünscht, speziell wenn der Quellfarbraum aus dem CMYK der Druckfarben besteht.

Gamma-Kurve

Gamma-Kurven sind nichtlineare Transferfunktionen zur Umsetzung von Signalen in besser an die Wiedergabeeigenschaften eines Gerätes angepasste Werte. Gamma-Kurven werden auch zur Dynamikanpassung verwendet, um eine gleichmäßige Wiedergabe von Farbwerten zu erreichen.

Gradationskurve

Hiermit ist der typische Verlauf der Graustufen (Halbtöne) bei reproduzierten (digitalisierten) Bildern gemeint.

Graustufen

Damit werden die Abstufungen von Grauwerten zwischen Schwarz und Weiß

beschrieben. Die Anzahl Graustufen eines 8-Bit-Graustufenbildes beträgt 256 (inklusive Schwarz und Weiß).

ICC (International Color Consortium)

Dies ist eine unabhängige Vereinigung von Herstellern, Anwendern und Beratern rund um das Color Management. Ziel dieses Konsortiums ist die weltweite Normierung, Standardisierung und Verbreitung von Color Management-Produkten. So legt das ICC z. B. fest, was in einem Farbprofil stehen muss oder darf, damit ein herstellerübergreifender Einsatz möglich ist. Dadurch werden Alleingänge verhindert und der Anwender hat die Sicherheit, dass sein Color Management mit unterschiedlichen Produkten und Anwendungen funktioniert.

ICM (Image Color Management)

Das Windows Pendant zu Apples ColorSync., dem Betriebssystembestandteil, das für die Berechnung der Farbraumtransformationen (mit der CMM und den ICC-Profilen) zuständig ist.

Kalibrierung

Zur korrekten Reproduktion von Bildern sollten alle Geräte wie Monitor, Farbdrucker, Proofer und Belichtungseinheit aufeinander abgestimmt werden, so dass die numerisch festgelegten Werte für CMYK übereinstimmend dargestellt

werden können. Dies gilt im weitesten Sinne auch für den Offsetdruckprozess. Hier müssen Belichter linearisiert und Färbungskennlinien der Druckmaschinen an die reale Farbabnahme angepasst werden.

Kontraktproof

Farb- oder druckverbindlicher Prüfdruck. Farbverbindlich bedeutet: die Simulation der Farbwiedergabe (90 bis nahe 100 %) unter Anwendung eines Color Management-Systems, wobei nach Möglichkeit der Bedruckstoff einbezogen werden sollte. Druckverbindlich bedeutet: die Simulation von Raster, Passer, Über- und Unterfüllung des zu erwartenden Fortdrucks im Maßstab 1:1 auf dem Auflagenbedruckstoff.

Moiré

Interferenzmuster in gerasterten Bildern, welches entsteht, wenn ein bereits gerastertes Bild nochmals eingescannt wird. Ein Objektmoiré entsteht, wenn die Vorlage eine feine Struktur aufweist, wie Stoff oder Lautsprecherboxen. Diese Probleme entstehen überwiegend beim Einsatz konventioneller, also autotypischer Rasterverfahren. Die geometrischen Strukturen der Rasterpunkte überlagern sich dabei ungünstig mit den geometrischen Formen des Bildes.

Softproof

Eine farbliche Simulation eines anderen Ausgabeverfahrens (z. B. eines Druckprozesses) an einem kalibrierten und profilierten Bildschirm.

WYSIWYG

What you see is what you get / Was Du siehst ist, was du bekommst. Damit ist gemeint, dass die Bildschirmsimulation identisch ist mit dem späteren Druckerzeugnis.

Heidelberger Druckmaschinen AG

Kurfürsten-Anlage 52-60

69115 Heidelberg

Deutschland

Telefon +49-62 21-92-00

Telefax +49-62 21-92-69 99

www.heidelberg.com

Impressum

Drucklegung: 10/03

Autoren: Dr. Günter Bestmann, Bernd Utter, Kerstin Höhn

Fotos: Heidelberger Druckmaschinen AG

Druckplatten: CTP

Druck: Speedmaster

Finishing: Stahlfolder, Stitchmaster

Umschlag: etabind, gesetzlich geschützt

Forts: Heidelberg Gothic, Heidelberg Antiqua

Gedruckt in der Bundesrepublik Deutschland

Copyright © Heidelberger Druckmaschinen AG, 2003

Unverbindliche Preisempfehlung: 28,50 €

Marken

Heidelberg, das Heidelberg Logo und Linotype-Hell sind eingetragene

Marken der Heidelberger Druckmaschinen AG in Deutschland und

anderen Ländern. Apple und Color Sync. sind eingetragene Marken

der Apple Computer Incorporated. Weitere hier verwendete Kenn-

zeichnungen sind Marken ihrer jeweiligen Eigentümer.

Technische und sonstige Änderungen vorbehalten.