



Fachwissen

**HEIDELBERG**

Farbe & Qualität



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Licht und Farbe</b>		<b>4</b>	<b>Farbmetrik</b>	
1.1	Licht ist Farbe	4	4.1	Farbe messen	36
1.2	Farbe sehen	6	4.2	Normfarbwerte	37
1.3	Farbmischung	7	4.3	Normlichtarten	37
1.4	Farbsysteme	10	4.4	Normalbeobachter / Spektralwertfunktionen	38
<b>2</b>	<b>Farbe im Druck</b>		4.5	Auswertung beim Spektralfotometer	39
2.1	Farbschichtdicke	12	4.6	Gleichabständige Farbtondifferenzen	40
2.2	Rastertonwert	13	4.7	Das Lab-Farbmodell	41
2.3	Relativer Druckkontrast	19	4.8	Munsell	47
2.4	Farbbalance / Bildaufbau	19	<b>5</b>	<b>Anwendung der Farbmetrik</b>	
2.5	Farbannahme und Farbreihenfolge	22	5.1	Spektralverfahren	48
2.6	Druckkontrollstreifen	24	5.2	Druckkontrollstreifen	50
<b>3</b>	<b>Densitometrie</b>		5.3	Farbregelung mit Heidelberg	51
3.1	Messprinzip des Auflichtdensitometers	26	5.4	Standardisierung im Druck	55
3.2	Filter im Densitometer	27	5.5	Vorteile der Farbmetrik für den Offsetdruck	58
3.3	Densitometrische Messwerte	29			
3.4	Messung	30			
3.5	Auswertung	32			
3.6	Grenzen der Densitometrie	34			
				<b>Glossar</b>	59

# 1 Licht und Farbe

## 1.1 Licht ist Farbe

Wir leben in einer farbigen Welt. Mit Farbe gestalten wir unseren Lebensraum, um uns darin wohlfühlen. Raum- und Farbgestaltung haben unmittelbaren Einfluss auf unsere Empfindungen und Gefühle. Richtig aufeinander abgestimmte Farben erzeugen eine Harmonie, die uns positiv stimmt.

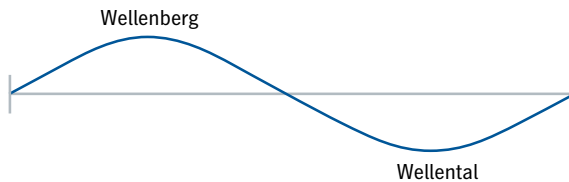
Auch die Druckindustrie setzt Farben ein, um wirkungsvolle Präsentationen zu erzeugen. Dem Kunden sollen immer hochwertigere Drucksachen geliefert werden.

Dies setzt voraus, dass vermehrt Qualitätsstandards geschaffen werden. Um Farben beurteilen zu können, müssen wir sie „sehen“. Dazu benötigen wir Licht.

Die Sonne sendet Licht aus – sie ist ein Selbstleuchter. Im Gegensatz dazu geben die meisten Gegenstände in unserer Umgebung selbst aktiv kein Licht ab. Sie sind so genannte Nichtselbstleuchter. Wir können sie und ihre Farben daher nur sehen, wenn sie von Licht angestrahlt werden.



Licht ist Strahlung, die sich sehr schnell – mit einer Geschwindigkeit von 300.000 Kilometern pro Sekunde – ausbreitet. Licht besteht aus elektromagnetischen Schwingungen, die sich wellenförmig fortpflanzen. Ähnlich zu einer Wasserwelle besteht jede Lichtwelle aus einem Wellenberg und einem Wellental.



Man kann Wellen entweder über ihre Wellenlänge oder aber über die Anzahl ihrer Schwingungen pro Sekunde beschreiben. Wellenlängen werden in bekannten Einheiten wie Kilometer, Meter, Zentimeter, Millimeter oder Nanometer angegeben.

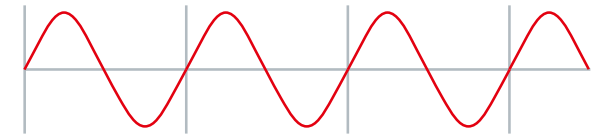
Die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde – die Frequenz – wird in Hertz angegeben.

Verschiedene Wellenlängen haben unterschiedliche Eigenschaften. So werden Röntgenstrahlen in der medizinischen Diagnostik verwendet, während viele Haushalte mit Mikrowellenherden ausgestattet sind. Wieder andere Wellenlängen dienen zur Übermittlung von Telefongesprächen, Rundfunkprogrammen und Fernsehsendungen.

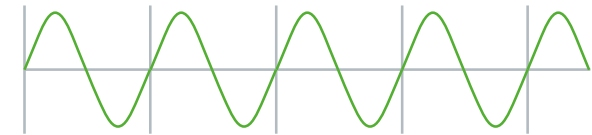
Nur einen ganz kleinen Bereich der elektromagnetischen Wellen nehmen wir als Licht wahr. Der sichtbare Wellenlängenbereich liegt zwischen 380 Nanometer (blaues Licht) und 780 Nanometer (rotes Licht). Mit einem Prisma kann man Licht in seine Farbbestandteile aufspalten. Da weißes Licht aus allen Spektralfarben besteht, sieht man alle Farben des Regenbogens (Abbildung Seite 6).

Die nebenstehende Abbildung zeigt, wie die Wellenlängen von Rot über Grün nach Blau immer kürzer werden.

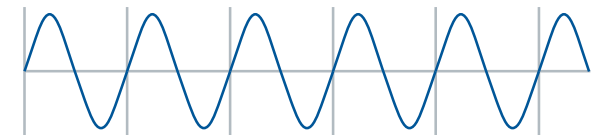
● Rot (ca. 700 nm)

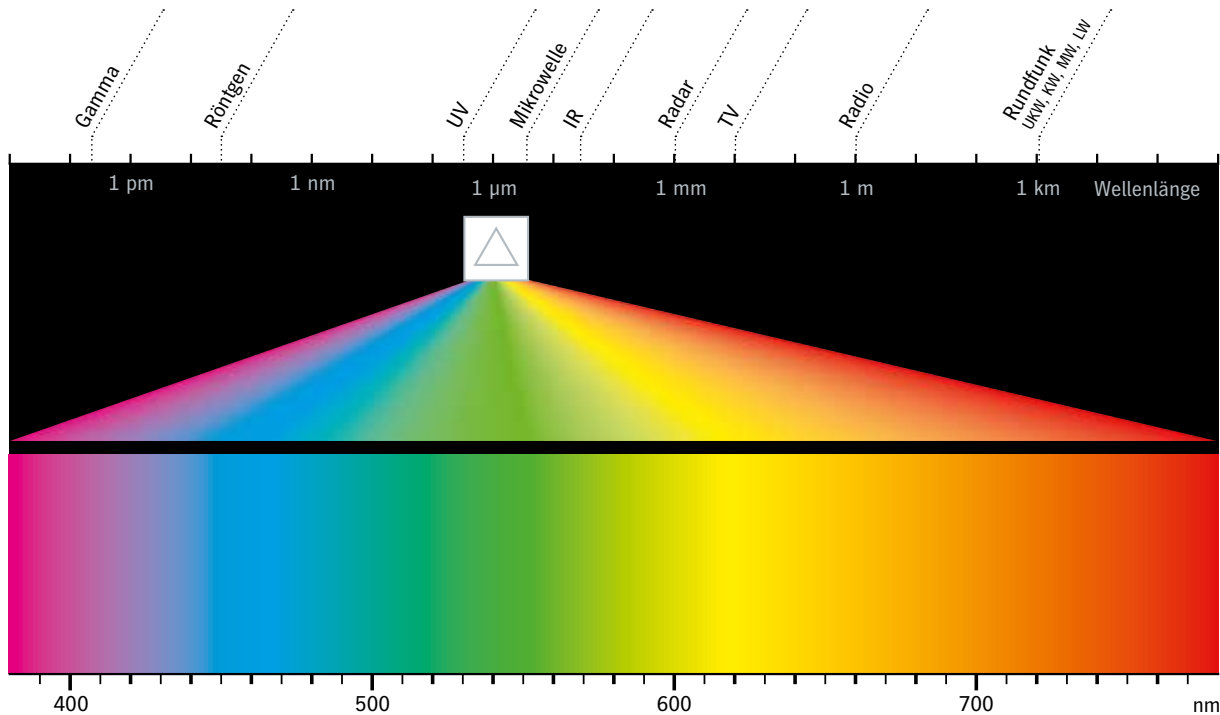


● Grün (ca. 550 nm)



● Blau (ca. 450 nm)





## 1.2 Farbe sehen

Farben werden durch Licht erst „sichtbar“ – aber warum?

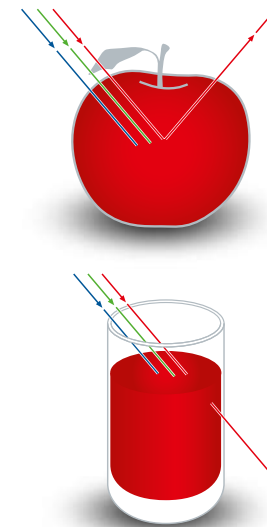
Farbe ist keine Eigenschaft eines Gegenstands wie seine Form. Allerdings haben Körper die Eigenschaft, Licht bestimmter Wellenlängen zu schlucken (zu absorbieren) oder zurückzuwerfen (zu reflektieren). Wir sehen nur die Farben, die den zurückgeworfenen Wellenlängen entsprechen. Wenn weißes Licht auf einen Gegenstand trifft, tritt einer der folgenden Fälle ein:

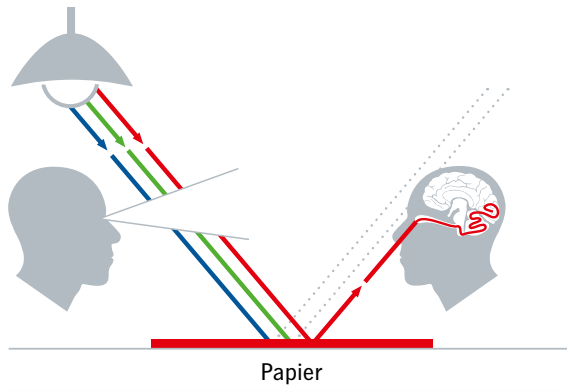
- Alles Licht wird absorbiert. In diesem Fall empfinden wir den Gegenstand als schwarz.
- Alles Licht wird reflektiert. In diesem Fall erscheint der Gegenstand weiß.
- Alles Licht wird durch den Körper hindurchgelassen. In diesem Fall ändert sich die Farbe des Lichts nicht. Der Körper z. B. Glas ist vollständig transparent.
- Ein Teil des Lichts wird absorbiert, der Rest reflektiert. Wir sehen eine Farbe, deren Farbton davon abhängt, welche Wellenlängen reflektiert und welche absorbiert werden. Dies trifft insbesondere bei Drucksachen zu.

- Ein Teil des Lichts wird absorbiert, der Rest hindurchgelassen. Wir sehen eine Farbe, deren Farbton davon abhängt, welche Wellenlängen absorbiert und welche durchgelassen werden. Ein Teil des Lichts wird reflektiert, der Rest hindurchgelassen. Dabei verändert sich sowohl die Farbe des reflektierten als auch des hindurchgelassenen Lichts.

Welcher Fall jeweils eintritt, hängt von den Eigenschaften des beleuchteten Gegenstandes ab.

Das von einem Gegenstand zurückgeworfene oder hindurchgelassene Licht wird von unseren Augen empfangen und in Nervenimpulse umgewandelt, die im Gehirn die Farbempfindung auslösen.





In der Netzhaut des Auges befinden sich lichtempfindliche Zellen. Es gibt zwei Arten von Zellen: Stäbchen und Zapfen. Die Stäbchen unterscheiden hell und dunkel, während die Zapfen auf Farben reagieren. Drei verschiedene Zapfenarten sind jeweils für bestimmte Wellenlängenbereiche empfindlich. Die einen reagieren auf Licht von etwa 400 bis 500 Nanometer und sind damit blauempfindlich. Andere Zapfen „sehen“ vorzugsweise nur im grünen Bereich, während die dritte Zapfenart hauptsächlich für rotes Licht empfindlich ist.

Dieser Aufbau mit unterschiedlichen Zapfen macht das menschliche Auge so empfindlich, dass wir viele Millionen Farben empfinden und unterscheiden können.

### 1.3 Farbmischung

#### 1.3.1 Additive Farbmischung

Bei der additiven Farbmischung wird Licht unterschiedlicher Farben überlagert. Wenn man alle Farben des Spektrums überlagert, entsteht die Farbe Weiß.

Die additiven Grundfarben sind Rot, Grün und Blau. Sie sind so genannte Eindrittelfarben, weil sie jeweils ein Drittel des sichtbaren Spektrums repräsentieren.

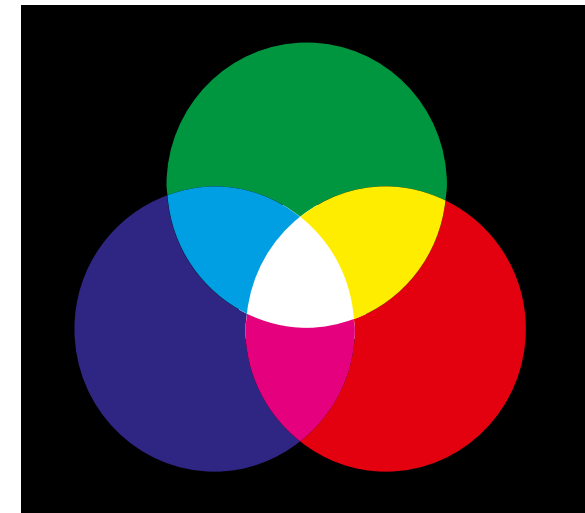
Das Prinzip der additiven Farbmischung lässt sich mit drei Diaprojektoren gut verdeutlichen. Dazu erzeugt jeder Projektor auf einer Leinwand einen Lichtpunkt in einer der drei additiven Grundfarben.

Die additive Farbmischung wird beim Farbfernsehen angewendet.

### Additive Mischfarben

Grün	+	Rot	=	Gelb	
Grün	+	Blau	=	Cyan	
Blau	+	Rot	=	Magenta	
Blau	+	Rot	+	Grün	= Weiß
Kein Licht				= Schwarz	

In den Überlagerungsbereichen der drei Lichtpunkte entstehen folgende Mischfarben:



### 1.3.2 Subtraktive Farbmischung

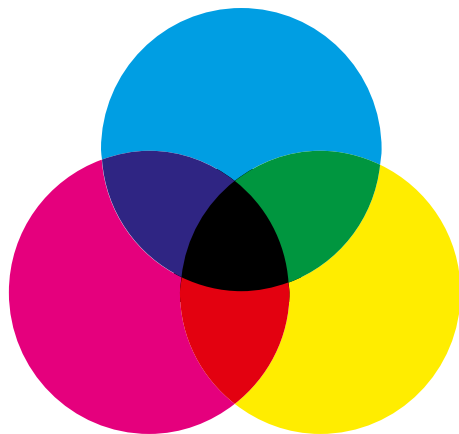
Bei der subtraktiven Farbmischung werden weißem Licht unterschiedliche Farbbestandteile entnommen. Durch Wegnehmen aller Farbbestandteile entsteht Schwarz.

Die subtraktiven Grundfarben sind Cyan, Magenta und Gelb. Sie sind Zweidrittelfarben, weil sie jeweils zwei Drittel des sichtbaren Spektrums repräsentieren.

#### Subtraktive Mischfarben

Cyan	+	Gelb	=	Grün
Gelb	+	Magenta	=	Rot
Magenta	+	Cyan	=	Blau
Cyan	+	Magenta + Gelb	=	Schwarz
Keine Farbe			=	Weiß

Bei der subtraktiven Farbmischung entstehen beim Übereinanderdruck von Cyan, Magenta und Gelb folgende Mischfarben:

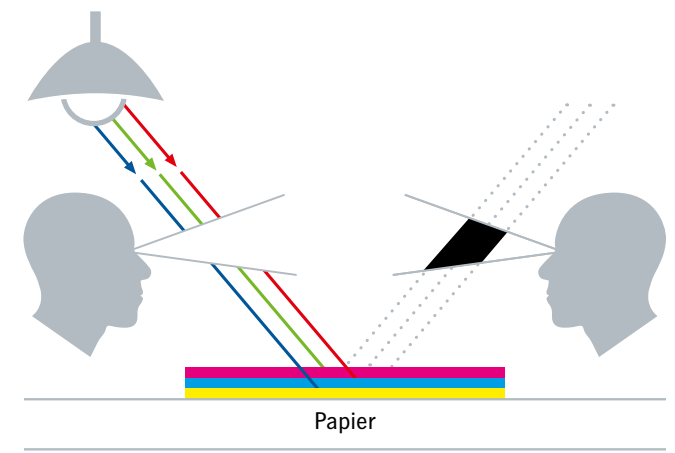
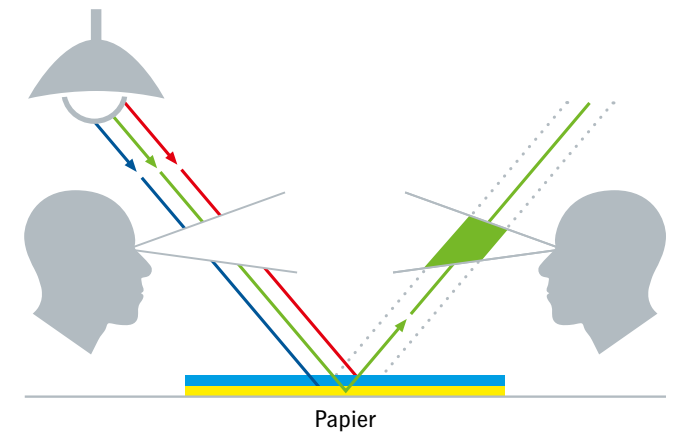
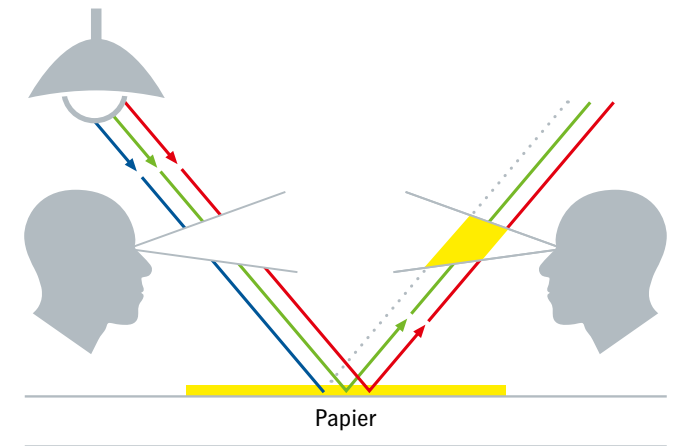


Man kann sie erzeugen, indem man entweder weißem Licht eine additive Grundfarbe entnimmt (zum Beispiel mit einem Filter) oder indem man Licht zweier additiver Grundfarben überlagert.

Druckfarben sind durchscheinende (lasierende) Substanzen, die wie Farbfilter wirken. Welche Farbe erhält man also, wenn man eine Blau absorbierende Substanz auf weißes Papier druckt?

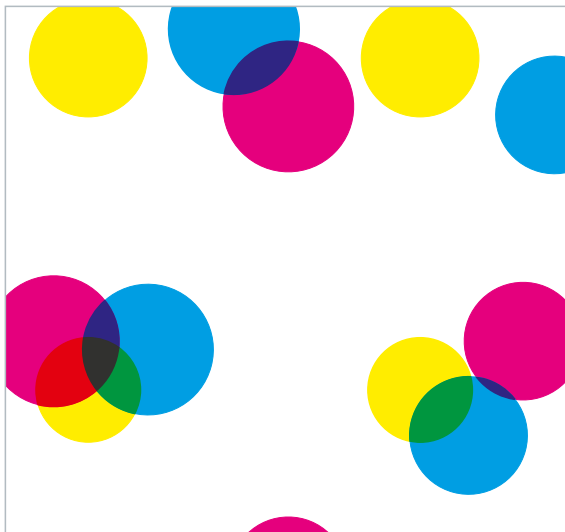
Aus dem weißen Licht wird Blau entfernt; die anderen Bestandteile (Grün und Rot) werden reflektiert. Bei der additiven Überlagerung dieser beiden Farben entsteht Gelb. Dies ist die Farbe, die wir sehen.

Die Druckfarbe hat also aus dem weißen Licht (bestehend aus Rot, Grün und Blau) ein Drittel (Blau) subtrahiert.



Angenommen, zwei lasierende Substanzen werden übereinandergedruckt. Nehmen wir beispielsweise die Druckfarben Gelb und Cyan. Die beiden Substanzen filtern nacheinander den blauen und den roten Anteil aus dem weißen Licht. Als Ergebnis nehmen wir grünes Licht wahr. Die beiden Druckfarben haben aus dem weißen Licht insgesamt zwei Drittel der Farbbestandteile subtrahiert.

Beim Übereinanderdruck von Cyan, Magenta und Gelb wird das gesamte einfallende Licht absorbiert (es gibt also keine Reflexion): Wir sehen Schwarz.



### 1.3.3 Autotypische Farbmischung

Farbige Bilder werden mit den vier Druckfarben Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz gedruckt. Die schwarze Druckfarbe verbessert Schärfe und Tiefenwirkung von Bildern.

Das aus Cyan, Magenta und Gelb subtraktiv gemischte Schwarz ist nämlich wegen der Pigmenteigenschaften der Buntfarben nie wirklich tiefschwarz.

Im klassischen Offsetdruck sind die Rasterpunkte in Abhängigkeit vom gewünschten Farbton unterschiedlich groß (siehe Kap. 2.2). Im Zusammendruck stehen die Punkte der einzelnen Farben zum Teil nebeneinander oder überlagern sich ganz oder teilweise. Betrachten wir die Punkte mit der Lupe (siehe Abbildung), sehen wir Farben, die – mit Ausnahme des Papierweiß – durch subtraktive Farbmischung entstehen. Ohne Lupe und mit normalem Betrachtungsabstand kann unser Auge bei einem gedruckten Bild keine Einzelpunkte mehr unterscheiden. In diesem Fall werden die vorhandenen Farben additiv gemischt.

Das Zusammenspiel von additiver und subtraktiver Farbmischung heißt autotypische Farbmischung.

## 1.4 Farbsysteme

Jeder Mensch nimmt Farben anders wahr. Eine Beschreibung von Farbtönen durch mehrere Personen wird daher zu höchst unterschiedlichen Ergebnissen führen. Drucker benötigen jedoch einheitliche Bewertungsmaßstäbe, um ihre Farben beschreiben zu können. Dazu wurden verschiedene Beurteilungssysteme geschaffen. Einige Farbenhersteller stellen Musterbücher her und geben den Farben Bezeichnungen wie Novavit 4F 434.

Andere verwenden Farbfächer wie HKS und Pantone. Ein weiteres Hilfsmittel ist der Farbkreis. Er kann aus 6, 12, 24 oder mehr Teilen aufgebaut sein.



Alle diese Systeme zeigen die einzelnen Farbtöne anhand von Beispielen und ordnen ihnen Bezeichnungen zu. Sie sind allerdings nie umfassend und für Berechnungen zumeist ungeeignet. Wie wir gesehen haben, hängt unsere Farbempfindung vom Reizzustand der rot-, grün- und blauempfindlichen Rezeptoren unseres Auges ab. Zur eindeutigen Beschreibung aller möglichen Farben sind daher drei Zahlenwerte erforderlich.

Mit einem solchen System ließe sich Grün beispielsweise wie folgt beschreiben:

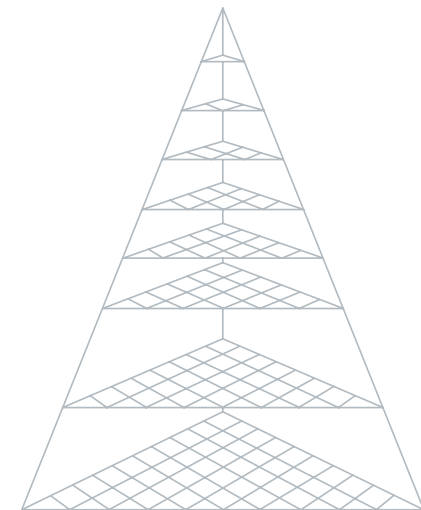
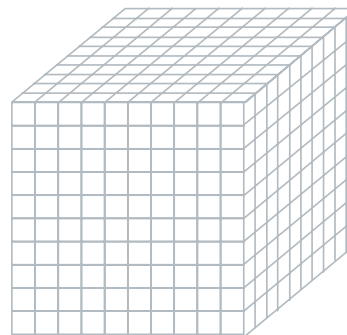
$$\text{Grün} = 0 \times \text{Rot} + 1 \times \text{Grün} + 0 \times \text{Blau}$$

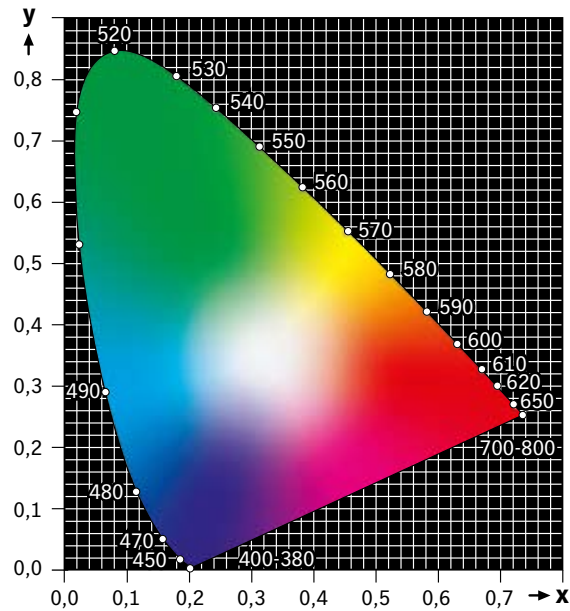
oder noch kürzer:

$$G = 0 \times R + 1 \times G + 0 \times B.$$

Wenn man sich die Grundfarben als Achsen eines Koordinatensystems vorstellt und aufzeichnet, erhält man einen so genannten Farbenraum.

Viele Experten haben sich mit der Farbsystematik auseinandergesetzt und unterschiedliche Vorstellungen darüber entwickelt, wie ein Farbenraum aufgebaut sein soll. Alle von ihnen definierten Farbenräume haben Vor- und Nachteile.





Visuell wahrnehmbare Farben in einer Helligkeitsebene des CIE-Farbenraumes (Normfarbtafel, genannt „Schuhsohle“)

Die wichtigsten Farbenräume wurden international genormt. Sie werden in den verschiedensten Fertigungsbereichen verwendet, zum Beispiel in der Farben- und Lackindustrie, von Textilfabrikanten, bei der Nahrungsmittelherstellung oder in der Medizin. In der Druckindustrie sind die Farbsysteme XYZ und CIE Lab heute üblich. (Die Abkürzung CIE steht für „Commission Internationale de l’Eclairage“ = Internationale Beleuchtungskommission).

Das XYZ-Farbsystem verwendet für die Farbanteile die Bezeichnungen X, Y und Z anstelle von R, G und B. Aus praktischen Erwägungen ermittelt man daraus üblicherweise die Farbwertanteile x und y und den Hellbezugswert Y. (Der Hellbezugswert dient bei Körperfarben als Helligkeitsmaß). Der Farbort kann mit diesen drei Koordinaten eindeutig beschrieben werden.

Dargestellt wird dieses System oft als zweidimensionale Grafik, in Form einer Schuhsohle. 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. Was in dieser Darstellung nicht berücksichtigt wird, ist die Helligkeit.

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 links, 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.

# 2 Farbe im Druck

Ziel der Qualitätssicherung beim Drucken ist eine richtige und gleichbleibende Farbwiedergabe über die gesamte Auflage. Neben der Druckfarbe und der Farbigkeit des Bedruckstoffes sind die wichtigsten Einflussgrößen dafür die Farbschichtdicke, der Rasterwert, die Farbbalance sowie Farbannahme und Farbreihenfolge.

## 2.1 Farbschichtdicke

Im Offsetdruck beträgt die maximale auftragbare Schichtdicke aus verfahrenstechnischen Gründen etwa 3,5 Mikrometer.

Bei Kunstdruckpapier in Verbindung mit Skalenfarben nach ISO 2846-1 sollten die richtigen Farborte bei Schichtdicken zwischen 0,7 und 1,1 Mikrometer erreicht werden. Durch Verwendung ungeeigneter Lithografien, nicht abgestimmter Bedruckstoffe oder ungeeigneter Druckfarben kann es vorkommen, dass die genormten Eckpunkte der CIE-Normfarbtafel nicht erreicht werden.

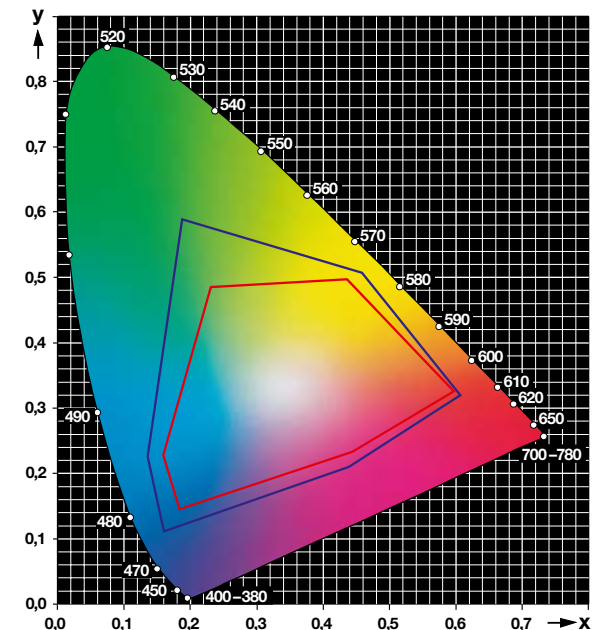
Auch bei nicht optimaler Sättigung verkleinert sich der reproduzierbare Farbumfang. In der nebenstehenden Abbildung zeigt die rot umrandete Fläche einen durch Unterfärbung aller drei Skalenfarben reduzierten Farbumfang. Bei optimaler Sättigung wäre der blau umrandete Bereich erzielbar.

Physikalisch lässt sich der Einfluss der Farbschichtdicke auf die optische Erscheinung wie folgt erklären:

Druckfarben sind nicht deckend, sondern durchscheinend (lasierend). Das Licht dringt in die Druckfarbe ein. Es trifft beim Durchgang durch die Farbe auf Pigmente, die einen mehr oder weniger großen Teil bestimmter Lichtwellenlängen verschlucken (absorbieren).

Je nach Pigmentkonzentration und Farbschichtdicke trifft das Licht auf mehr oder weniger Pigmente; dadurch werden unterschiedlich große Anteile des Lichts absorbiert. Die Lichtstrahlen erreichen schließlich die Bedruckstoffoberfläche und werden von dieser reflektiert (zurückgeworfen). Dabei muss das Licht erneut durch die Farbschicht dringen, bevor es das Auge erreicht.

Eine dicke Farbschicht absorbiert mehr Lichtanteile und reflektiert weniger als eine dünne; der Betrachter sieht daher einen dunkleren und gesättigteren Farbton. Der im Auge ankommende Lichtanteil bildet also die Beurteilungsgrundlage für die jeweilige Farbe.



## 2.2 Rastertonwert

Der Rastertonwert ist neben der Druckfarbe die wichtigste Einflussgröße für die optische Erscheinung einer Farbnuance. Bezogen auf den Film oder die Daten entspricht der Rastertonwert dem bedeckten Anteil einer bestimmten Fläche. Je heller der zu reproduzierende Ton ist, desto kleiner ist der bedeckte Anteil. Zur Wiedergabe verschiedener Farbnuancen verwendet man bei der klassischen Rasterung mit konstanter Rasterweite (auch Rasterfrequenz genannt) Rasterpunkte, deren Größe vom gewünschten Tonwert abhängt.

Bei der frequenzmodulierten Rasterung arbeitet man dagegen mit unterschiedlichen Abständen gleich großer Rasterpunkte. Rastertonwerte werden üblicherweise in Prozent angegeben.

### 2.2.1 Rastertonwertveränderungen

Bei der Übertragung eines Rasterpunktes vom Film über Platte und Gummituch auf den Bedruckstoff kann sich die geometrische Rasterpunktgröße und damit der Rastertonwert durch verschiedene Einflüsse verändern.

Die verfahrensbedingten Rastertonwertveränderungen (siehe Kap. 2.2.3) können in der Vorstufe kompensiert werden.

Nicht im Voraus kalkulierbar sind Rastertonwertveränderungen, die durch Druckschwierigkeiten verursacht werden. Ihnen ist im Druckprozess besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Hier die wichtigsten:

### Weg des Rasterpunktes

Film  
Montage  
Filmkopie

Entwicklung

Druckplatte

Plattenkopie

Feuchtung

Einfärbung

Gummituch

Druck  
Gummituch / Bedruckstoff

Bedruckstoff

Bogentransport

Auslage

### Einflüsse auf den Rasterpunkt

Filmkanten, Klebstoff

Chemikalien, Entwicklungszeit

Material, Abnutzung während des Drucks

Belichtungszeit, Vakuum, Unterstrahlung

Feuchtmittelmenge, pH-Wert,  
Oberflächenspannung, Wasserhärte,  
Temperatur

Farbschichtdicke, Konsistenz, Temperatur

Material, Zustand, Oberfläche

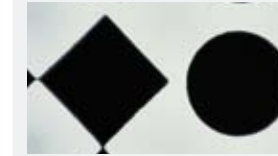
Druckabwicklung

Oberfläche, Papierqualität

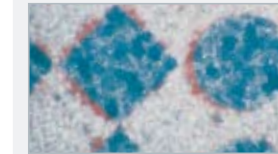
Übergabepasser

Abschmieren

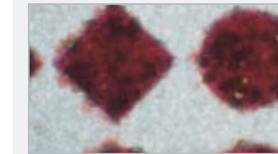
### Aussehen der Rasterpunkte



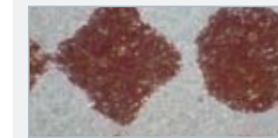
Zwei Rasterpunkte auf dem Film  
(ca. 150-fache Vergrößerung)



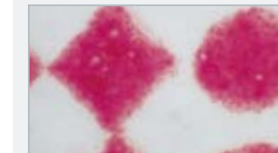
Rasterpunkte auf der Platte



Rasterpunkte auf der Platte nach Einfärbung



Rasterpunkte auf dem Gummituch



Die starke Vergrößerung zeigt das erstklassige Ergebnis auf dem Bedruckstoff deutlich.

### Rasterpunktzunahme / -abnahme

**Vollerwerden** • Unter Vollerwerden versteht man eine Rasterwertzunahme des Druckes gegenüber dem Film oder den Daten, wobei ein Teil der Zunahme verfahrens-, material- und maschinenbedingt vom Drucker relativ unbeeinflussbar ist (mitunter auch als Rasterpunktverbreiterung bezeichnet) und der andere Teil vom Drucker, insbesondere durch die Färbung, manipuliert werden kann.

**Zusetzen** • Zusetzen ist die Verkleinerung der nicht druckenden Stellen in den Tiefen bis zu ihrem völligen Verschwinden. Mitunter kann auch Schieben oder Doublieren für das Zusetzen verantwortlich sein.

**Spitzerwerden** • Als Spitzerwerden bezeichnet man eine Rasterwertabnahme des Druckes gegenüber dem Film oder den Daten. Praxisüblich wird unter Spitzerwerden häufig auch eine Verminderung der Rasterwertzunahme verstanden, obwohl der Druck, bezogen auf den Film bzw. die Daten, immer noch voller ist.

### Rasterpunktdeformation

**Schieben** • Beim Schieben wird die Form eines Rasterpunktes während des Druckvorganges durch Relativbewegungen zwischen Druckplatte und Gummituch und /oder zwischen Gummituch und Druckbogen verändert, z. B. erhält ein Kreispunkt eine ovale Form. Schieben in Druckrichtung nennt man Umfangsschieben und Schieben quer dazu Seitenschieben. Treten beide Schiebearten zugleich auf, so stellt sich als resultierende eine schräge Schieberichtung ein.

**Doublieren** • Vom Doublieren spricht man beim Offsetdruck, wenn neben dem gewollt gedruckten Rasterpunkt ein schattenförmiger, meist in den Abmessungen geringerer und unbeabsichtigter Farbpunkt sitzt. Doublieren entsteht durch nicht deckungsgleiches Rückübertragen von Farbe durch das nachfolgende Gummituch.

### Was der Drucker beachten muss

Vollerwerden kann mittels Kontrollstreifen messtechnisch und visuell überwacht und größtmäßig erfasst werden. Für die rein visuelle Beurteilung eignen sich ganz besonders die Signalstreifen. Zusetzen überwacht man vorteilhaft mittels Rastermeselementen hohen Tonwertes.

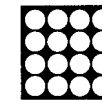


Richtig

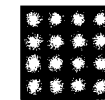


Falsch

Vollerwerden und Zusetzen haben meist als Ursache zu starke Farbführung, zu geringe Wasserführung, zu hohe Druckbeistellung Platte – Gummituch oder ein zu gering gespanntes Gummituch. Mitunter stimmt auch die Einstellung der Farb- und Feuchtauftragwalzen nicht.



Richtig



Falsch



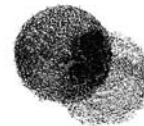
Vollerwerden



Spitzerwerden



Schieben



Doublieren



Abschmieren

Unter normalen Umständen und bei korrekter Plattenkopie fällt ein Druck stets voller als der Film oder die Daten aus. Bei Fehlerscheinungen wie Blindwerden der Platte oder Aufbauen von Farbe auf dem Gummituch kann sich Spitzerwerden einstellen. Gegenmaßnahmen: Gummitücher und Farbwerke häufiger waschen, eventuell Druckfarbe und -reihenfolge wechseln, Auftragwalzen, Druckbeistellung, Abwicklung prüfen.



Schieben wird am auffälligsten von Linienrastern signalisiert. Die parallel zueinander stehenden Linien ermöglichen in vielen Fällen eine Aussage über die Schieberichtung. Umfangsschieben deutet meistens auf Abwicklungsdifferenzen zwischen Platten- und Gummizylinder oder zu hohe Druckspannung hin. Deshalb sollten Abwicklung und Druckspannung genauestens kontrolliert werden. Häufig ist auch ein zu gering gespanntes Gummituch oder eine zu starke Färbung verantwortlich. Seitenschieben tritt selten alleine auf. Hier sollte dann dem Bedruckstoff und dem Gummituch besondere Beachtung geschenkt werden.



Zur Kontrolle des Doublierens dienen die gleichen Elemente wie zur Überwachung des Schiebens. Zusätzlich sind Rasterpunkte mittels Lupe zu untersuchen, da die Linienrasterkontrollelemente allein eine Aussage, ob Schieben oder Doublieren vorliegt, nicht erlauben. Die Ursachen für Doublieren sind vielfältig. In der Regel werden sie beim Bedruckstoff oder in seiner direkten Umgebung zu suchen sein.



Abschmieren tritt an modernen Bogenmaschinen äußerst selten auf. Diejenigen Stellen einer Bogenmaschine, an denen der Bogen auf der frisch bedruckten Seite mechanisch unterstützt wird, kommen am ehesten als Abschmierquellen infrage. Steifer Bedruckstoff erhöht die Abschmiergefahr. Abschmieren kann auch im Stapel und bei Schön- und Widerdruckmaschinen entstehen.



Die Art der Rasterwertveränderung kann anhand mitgedruckter Signalelemente wie dem SLUR-Streifen optisch schnell ermittelt werden. Diese Signalelemente verstärken optisch das Fehlverhalten im Druck.

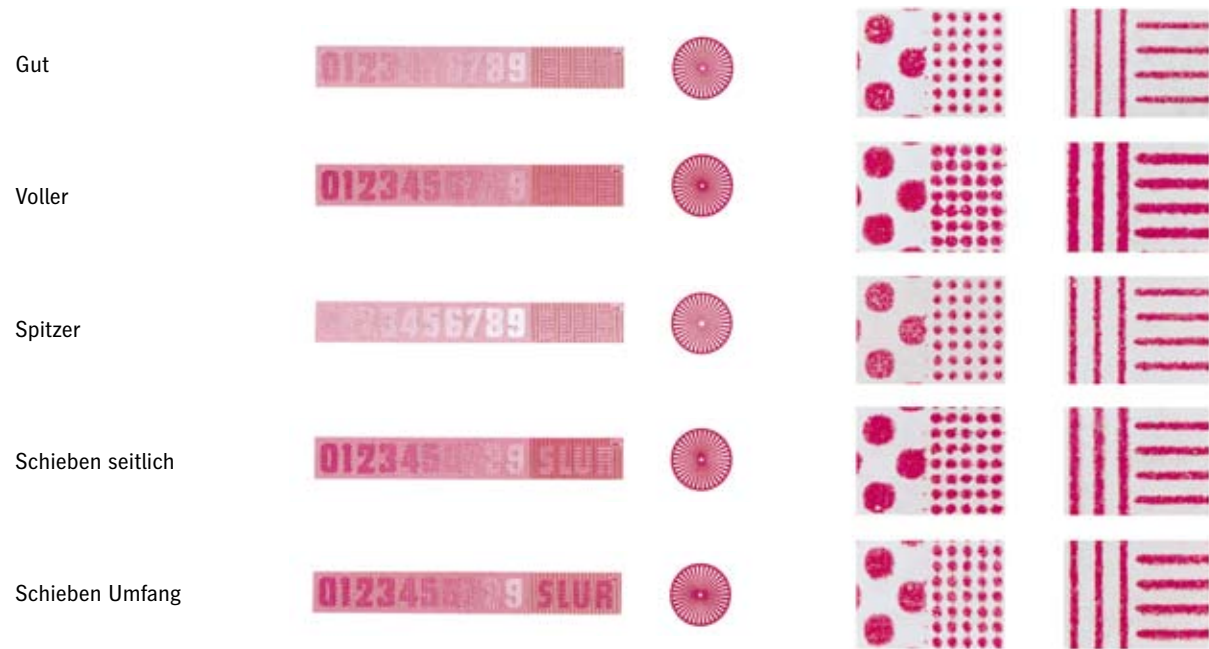
Fehler wie Voller- oder Spitzerwerden, Schieben oder Doublieren wirken sich in feinen Rastern stärker aus als in groben. Feine Rasterpunkte nehmen nämlich jeweils um dieselbe Breite ab oder zu wie grobe Rasterpunkte. Viele kleine Rasterpunkte zusammen haben jedoch die mehrfache Umfangslänge von Grobrasterpunkten im gleichen Tonwert. Beim Druck wird also um feine Rasterpunkte im Verhältnis mehr Farbe abgesetzt als um grobe. Fein gerasterte Stellen erscheinen deshalb dunkler. Diese Tatsache wird von Signal- und Messelementen ausgenutzt.

Als Beispiel soll kurz auf den Aufbau und die Funktion des SLUR-Streifens eingegangen werden (Abbildung diese Seite). In diesem Streifen sind Grobrasterelemente (Umfeld) und Feinrasterelemente (Zahlen) kombiniert.

Gegenüber dem gleichmäßigen Tonwert des Grobrasters zeigen die fein gerasterten Ziffern von 0 nach 9 zunehmend spitzere Tonwerte. Wenn beim Auflagen- druck eines gut gedruckten Bogens die Ziffer 3 und das Grobrasterfeld den gleichen Tonwert zeigen, kann man die Ziffer 3 nicht mehr erkennen. Werden die Raster hingegen beim Druck voller, so nähert sich die nächstgrößere Zahl mit spitzerem Tonwert dem Tonwert des Umfeldes. Je voller man druckt, desto stärker verschiebt sich die Tonwertgleichheit zur höheren Ziffer.

Umgekehrt verhält es sich beim Spitzerwerden. Hier wird gegenüber dem Normaldruck die Ziffer 2, die 1 oder gar die 0 unlesbar. Allerdings lässt sich anhand der Ziffern nur erkennen, ob der Druck voller oder spitzer ist. Die Ursachen müssen mit der Lupe auf der Platte oder im Druck selbst gesucht werden.

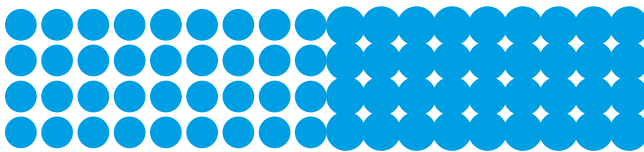
Aus dem SLUR-Teil rechts neben den Ziffern ist primär zu erkennen, ob Schieben oder ein Doublieren vor- liegt. Bei spitzerem oder vollere Druck ist das Wort SLUR nicht besser lesbar als bei gutem Druck, wobei das gesamte Feld jedoch etwas heller oder dunkler erscheint.



Die für das Schieben und Doublieren typische, rich- tungsgebundene Verbreiterung erkennt man leicht am Wort SLUR. Im Falle eines Umfangsschiebens verbrei- tern sich beispielsweise die waagerechten, parallel zum Druckanfang liegenden Linien, aus denen das Wort SLUR gebildet ist. Bei seitlichem Schieben wird die aus senkrechten Linien bestehende Umgebung des Wortes SLUR dunkler.

Die Abbildung oben zeigt die Auswirkungen von Rasterpunktveränderungen auf das Druckergebnis am Beispiel des Vollerwerdens. Werden die Rasterpunkte auch nur einer Farbe größer als gewünscht, so ergibt sich ein anderer Farbton. Das wirkt sich natürlich auch im Zusammendruck aus.

Beim Offsetdruck werden die Rasterpunkte durch das Übertragungsverfahren meist größer; man spricht daher von Tonwertzunahme. Signalstreifen lassen erkennen, ob ein Druckergebnis gut oder schlecht ist; sie geben aber keine absoluten Größen und Fehler an. Für eine Qualitätsbeurteilung der Rastertonwerte mit belegbaren Zahlen wird daher ein objektives Messver- fahren benötigt.



Richtig

Falsch

### 2.2.2 Tonwertzunahme

Die Tonwertzunahme ist die Differenz zwischen den Tonwerten im Rasterfilm bzw. den Daten und den Tonwerten im Druck. Stellvertretend für Film und Daten werden im nachfolgenden Text nur noch Daten genannt. Differenzen entstehen zum einen durch geometrische Rasterpunktveränderungen, zum anderen durch den so genannten Lichtfang (siehe Kap. 3.4.4).

Genau wie der Rasterwert wird auch die Tonwertzunahme (TWZ) in Prozent angegeben (die Berechnungsformeln finden sich im Kap. 3.5). Da die Tonwertzunahme in den verschiedenen Tonwertbereichen unterschiedlich groß ist, sollte bei Angaben über die Tonwertzunahme auch der entsprechende Bezugswert mit angegeben werden.

**Beispiel:** 13 % Tonwertzunahme bei = 40 %. Moderne Messgeräte zeigen die Tonwertzunahme direkt an.

**Achtung:** Die Messgröße Tonwertzunahme  $Z$  gibt den Unterschied zwischen dem Rasterwert im Druck  $FD$  und dem Rasterwert im Film  $FF$  bzw. in den Daten in absoluten Zahlen an. Im obigen Beispiel entsteht folglich im Druck ein 53 %iger Tonwert, wo in den Daten oder auf dem Film 40 % vorhanden sind.

### 2.2.3 Druckkennlinie

Die Abweichung des Rasterwertes im Druck vom Rasterwert in den Daten kann anschaulich und für die Reproduktion direkt verwendbar in einer so genannten Druckkennlinie dargestellt werden.

Zur Ermittlung der Druckkennlinie werden abgestufte Rasterwertfelder und ein Volltonfeld mit allen Farben unter wiederholbaren Bedingungen gedruckt. Anschließend werden die Raster- und Volltonfelder mit einem Densitometer oder Spektralfotometer gemessen. Trägt man die so erhaltenen Werte in einem Diagramm über die entsprechenden Datenwerte ein, erhält man die Druckkennlinie.

Sie ist nur gültig für diejenige Kombination von Druckfarbe, Papier, Druckbeistellung, Gummituch und Druckplatte, für die sie ermittelt wurde. Drückt man die gleiche Arbeit auf einer anderen Maschine, mit anderer Farbe oder auf anderes Papier, so kann sich eine etwas andere Druckkennlinie ergeben.

In der Abbildung auf Seite 18 verläuft die Kennlinie 1 unter einem Winkel von 45 Grad. Sie ist die normalerweise nicht angestrebte Linie, bei der Druck und Daten messtechnisch gleich sind. Kennlinie 2 gibt die

im Druck gemessenen Rasterwert wieder. Der gekennzeichnete Bereich zwischen den beiden Linien ist die Tonwertzunahme.

Für die Ermittlung der Tonwertzunahme im Druck ist der Mitteltonbereich am aussagekräftigsten. Die Druckkennlinie zeigt, dass hier die Tonwertabweichungen am größten sind. Mithilfe der Druckkennlinie 2 kann das CtP-System oder der Filmbelichter so eingestellt werden, dass im Druck (mit der üblichen Tonwertzunahme) die gewünschten Tonwerte erreicht werden.

Wichtig aber ist, dass vorher sichergestellt ist, dass der Belichter so eingestellt wurde, dass die Punktgröße auf der Platte exakt der in den Daten entspricht. Dies gilt auch für Filmbelichter. D. h. ein Tonwert von 50 % in der Datei muss auch 50 % auf der Platte (Film) haben. Diesen Schritt nennt man Linearisierung. Der zweite Schritt besteht dann darin, die Punktgröße gemäß dem Druckversuch anzupassen. Dabei spricht man von einer Prozesskalibrierung. Bei einfachen RIPs sind Linearisierung und Prozesskalibrierung in einer Kurve vereint. Das bedeutet, dass jeder Eingriff an der Linearisierung (z. B. durch neue Platten) auch die Prozesskalibrierung beeinflusst und umgekehrt.

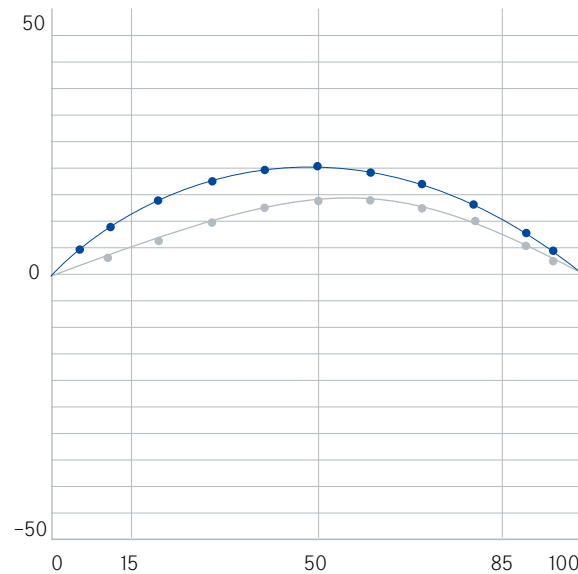
Im Heidelberg Prinect Workflow sind diese beiden Kalibrierungen übersichtlich getrennt voneinander gehalten.

Wenn konventionelle Plattenkopie und CtP nebeneinander verwendet werden, so kann nur eine Anpassung des CtP an die Ergebnisse der konventionellen Plattenkopie erfolgen. Bei der Ablösung der Plattenkopie durch CtP muss unbedingt eine Prozesskalibrierung durchgeführt werden. Eine linear bebilderte Platte wird immer zu einem veränderten Druckergebnis führen. Das liegt daran, dass die Veränderung der Punkte bei der Plattenkopie entfällt (spitzere Punkte bei Positivkopie, vollere Punkte bei Negativkopie).

Die nebenstehende Abbildung zeigt die Abweichung in der TWZ zwischen dem gewünschten Tonwert (hier ISO 12647-2, grau) und dem tatsächlichen Druckergebnis (blau).

Im Calibration Manager von Prinect® MetaDimension® sind alle Tonwerte übersichtlich dargestellt. Aus dem Unterschied zwischen Soll- und Istwert wird die erforderliche Punktgröße auf der Druckplatte berechnet.

- Nominal = Tonwerte in den Daten
- Prozess = Gewünschte Zielwerte im Druck (hier ISO 12647-2)
- Messung = Tatsächliche Werte im Druck
- Kalibrierung = Korrigierte Tonwerte auf der Druckplatte

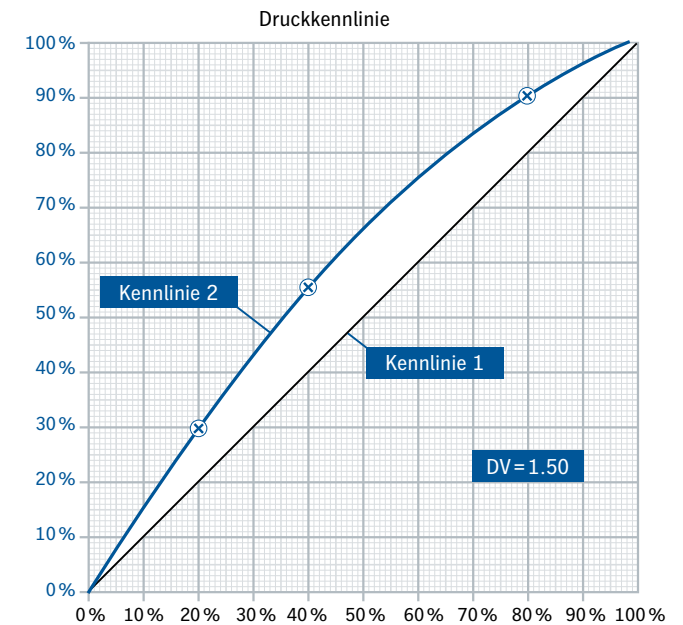
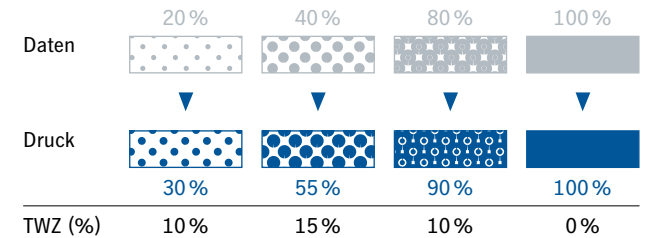


Tonwertabweichung zwischen Soll- (grau) und Istwert (blau).

Nominal %	Prozess %	Messung %	Kalibr. %
0,0	0,0	0,0	0,0
5,0	6,72	9,83	3,4
10,0	13,37	19,35	6,79
20,0	26,69	34,25	14,74
30,0	40,01	47,44	24,23
40,0	53,0	59,39	34,58
50,0	64,3	71,35	44,03
60,0	74,19	81,31	52,62
70,0	83,4	88,15	62,67
80,0	90,7	93,48	74,51
90,0	95,68	97,05	84,54
95,0	97,9	99,38	89,62
100,0	100,0	100,0	100,0

Darstellung der Tonwerte im Calibration Manager.

In der Praxis kommt es durch Schwankungen im Prozess jedoch immer zu kleineren Abweichungen. Aus diesem Grund werden für die Tonwertzunahme Toleranzen angegeben. Um die Druckqualität so konstant wie möglich zu halten, ist eine ständige Kontrolle der Tonwerte in einem Druckkontrollstreifen und mit den Mini Spots® von Heidelberg unerlässlich.



Kennlinie 1: Tonwert in den Daten, Kennlinie 2: Tonwert im Druck

### 2.3 Relativer Druckkontrast

Als Alternative zur Tonwertzunahme wird zuweilen der relative Druckkontrast  $K_{rel}$  (%) – insbesondere zur Kontrolle des Rasters im Dreiviertelton – ermittelt.

Ein Druck soll möglichst kontrastreich sein. Dazu müssen die Volltöne eine hohe Farbdichte haben, der Raster aber so offen wie möglich gedruckt sein (optimale Tonwertdifferenz). Bei einer Steigerung der Farbführung und der damit verbundenen Zunahme der Rasterpunktfarbdichte wird der Kontrast stärker. Dieses Vorgehen ist allerdings nur bis zu einer bestimmten Grenze sinnvoll; danach neigen die Rasterpunkte zum Vollerwerden und damit – besonders in den Tiefen – zum Zugehen. Dadurch verringert sich der Anteil des Papierweiß – der Kontrast nimmt wieder ab.

Steht kein Messgerät mit direkter Anzeige des Kontrastwertes zur Verfügung, so kann der relative Druckkontrast durch Berechnung oder mit der FOGRA-Netztafel ermittelt werden. (Die Berechnungsformeln finden sich in Kap. 3.5.3). Wird im Fortdruck der Kontrastwert trotz konstanter Volltondichte schlechter, so kann dies ein Zeichen dafür sein, dass die Gummitücher gewaschen werden müssen. Bei korrekter Volltondichte können anhand des Kontrastwertes verschiedene Faktoren beurteilt werden, die einen Einfluss auf das Druckergebnis haben, beispielsweise:

- Abwicklung und Druckbeistellung
- Gummitücher und Unterlagen
- Feuchtung
- Druckfarben und Zusätze

In der Norm ISO 12647-2 wird der relative Druckkontrast nicht mehr angegeben. Stattdessen werden Werte für die Volltonfärbung und die Tonwertzunahme der Einzelfarben genannt. Daraus resultiert folglich auch der relative Druckkontrast. Weicht man aber von diesem Standard ab, z. B. durch den Einsatz eines FM-Rasters, ist der relative Druckkontrast nach wie vor eine wichtige Größe.

### 2.4 Farbbalance / Bildaufbau

Wie bereits erläutert, werden Farbtöne im Vierfarbendruck durch bestimmte Anteile von Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz wiedergegeben. Sobald sich diese Anteile verändern, tritt eine Farbabweichung auf. Um dies zu vermeiden, müssen die Farbanteile in der für den gewünschten Farbton erforderlichen Balance gehalten werden.

Verändert sich nur der schwarze Anteil, so wird der Farbton heller oder dunkler, was vom Menschen als wenig störend empfunden wird. Gleiches gilt, wenn sich die Buntfarben ihren Anteilen entsprechend in gleicher Richtung verändern. Kritisch reagieren wir hingegen auf Farbtonänderungen. Sie entstehen bei ungleichmäßiger oder im schlimmsten Fall gegenläufiger Veränderung der einzelnen Buntfarben. Solche Änderungen der Farbbalance sind an Graufeldelementen am deutlichsten zu erkennen. Oft spricht man daher auch von der Graubalance.

Wie stark sich die im Druckprozess unvermeidlichen Schwankungen der einzelnen Druckfarben auswirken, hängt entscheidend von dem in der Vorstufe gewählten Bildaufbauprinzip ab. Die druckrelevanten Fragen dabei sind:

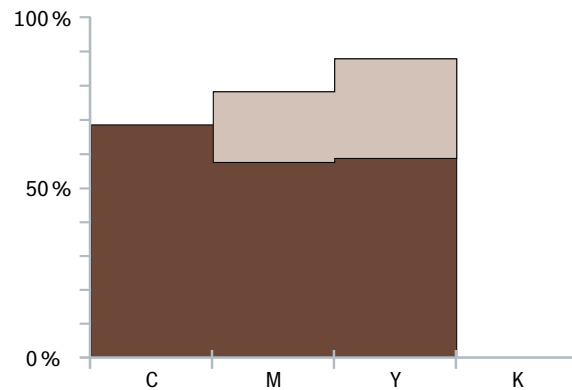
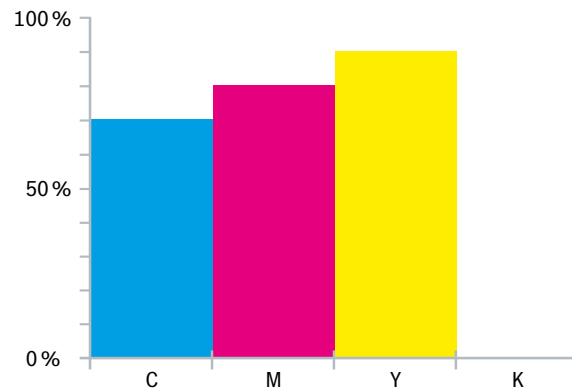
- Aus welchen Druckfarben bestehen die Graubereiche?
- Womit erfolgt das Abdunkeln farbiger Bildbereiche?
- Wie werden die Schatten- und Tiefenzeichnung erzeugt?

**Kurzum:** Woraus bestehen die Grau- bzw. Unbuntanteile und welche maximale Flächendeckungssumme resultiert daraus?

**Zur Erinnerung:** Grau- bzw. Unbuntwerte können entweder aus Cyan, Magenta und Gelb oder mit der Druckfarbe Schwarz erzeugt werden. Auch eine Kombination ist möglich.

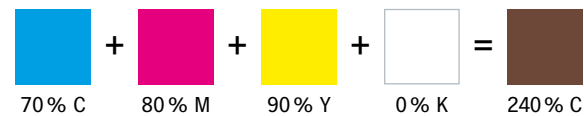
### 2.4.1 Buntaufbau

Beim Buntaufbau entstehen prinzipiell alle Unbuntwerte aus Teilmengen der bunten Druckfarben Cyan (C), Magenta (M) und Gelb (Y), d. h. alle grauen Bildbereiche, alle Tertiärtöne und die Tiefenzeichnung enthalten die drei bunten Druckfarben. Schwarz (K) wird nur zur Unterstützung der Bildtiefen und zur Verbesserung der Tiefenzeichnung eingesetzt (Skelettschwarz).



Das in der Abbildung gezeigte Braun wurde im Buntaufbau aus 70 % Cyan, 80 % Magenta, 90 % Gelb und 0 % Schwarz aufgebaut. Insgesamt beträgt die Flächendeckung also 240 %.

Die Wirkung der Farbanteile ist nebenstehend veranschaulicht. Das Braun setzt sich aus einem unbunten, grauen, und einem bunten Anteil zusammen. Nach ISO 12647-2 sollten 70 % Cyan, 60 % Magenta und 60 % Gelb im Übereinanderdruck Grau ergeben. Nur die verbleibenden 20 % Magenta und 30 % Gelb bilden den hellen Braunanteil. Dieser wird durch den grauen Anteil zu Dunkelbraun.

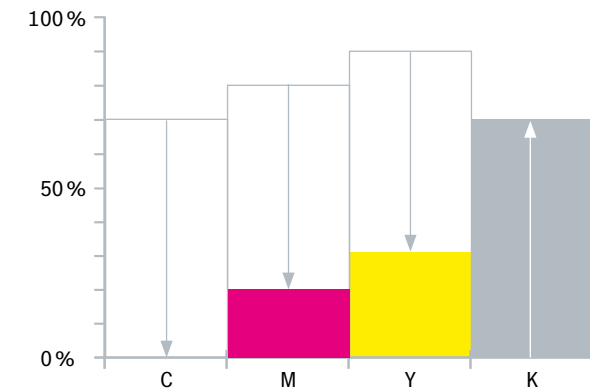


Der Buntaufbau führt zu hohen Flächendeckungssummen, die theoretisch 400 % betragen können. Derartige Flächendeckungssummen lassen in der Praxis keine vernünftige Farbbalance mehr zu. Besonders die neutralen Grautöne neigen in so einem Fall zu Farbstichen in unterschiedliche Richtungen. Aber auch die Farbannahme, das Trocknungsverhalten, der Puderverbrauch und sogar die Weiterverarbeitung werden negativ beeinflusst.

### 2.4.2 Unbuntaufbau

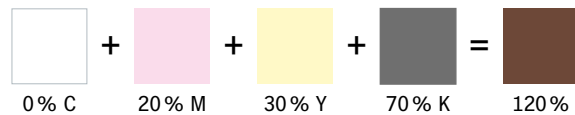
Im Gegensatz zum Buntaufbau werden beim Unbuntaufbau mehrfarbiger Druckbilder prinzipiell alle Unbuntanteile durch die Druckfarbe Schwarz erzeugt. Neutrale Töne bestehen daher nur aus der Druckfarbe Schwarz, und auch das Abdunkeln bunter Töne sowie die Tiefenzeichnung erfolgen durch Schwarz. Alle Farbtöne entstehen aus maximal zwei bunten Druckfarben plus Schwarz. Die Farbbalance wird stabiler. Das Braun aus Kap. 2.4.1 setzt sich beim Unbuntaufbau theoretisch wie folgt zusammen: 0 % C + 20 % M + 30 % Y + 70 % K. Die Abbildung zeigt, dass sich beim bloßen Ersetzen des CMY-Unbunts durch Schwarz aber keine Farbgleichheit ergibt.

Ursache hierfür sind hauptsächlich die Unzulänglichkeiten realer Druckfarben. Farbähnlichkeit ergibt sich nur bei Änderung des Bunt- und Modifikation des Schwarzanteiles, z. B. auf 62 % M, 80 % Y und 67 % K. Der Unbuntaufbau entspricht 100 % GCR (Kap. 2.4.6).



### 2.4.3 Unbuntaufbau mit Buntfarben-addition (UCA)

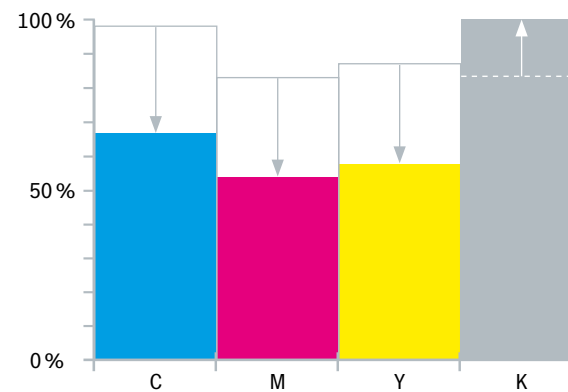
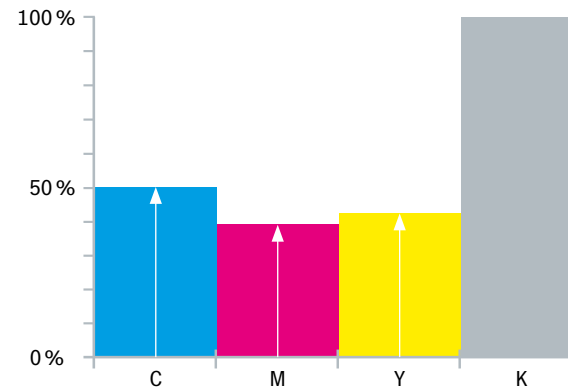
Die Druckfarbe Schwarz allein ergibt mitunter im dunklen Bereich der Grauchse nur eine ungenügende Bildtiefe. In solchen Fällen werden dieser Bereich abgeschwächt und die angrenzenden Farbbereiche durch Hinzufügen eines Unbuntanteiles aus C + M + Y unterstützt. UCA (englisch „Under Color Addition“) ist insbesondere von der Bedruckstoff-Druckfarbe-Kombination abhängig. Im Deutschen wird als Abkürzung auch BA verwendet. Die nebenstehende Abbildung veranschaulicht eine Buntfarbenaddition in der neutralen Bildtiefe.



### 2.4.4 Buntaufbau mit Unterfarben-reduzierung (UCR)

Die höchsten Flächendeckungssummen ergeben sich beim Buntaufbau im Bereich der neutralen Dreivierteltöne bis Schwarz. Diesem Nachteil wirkt die Unterfarbenreduzierung (abgekürzt UCR für englisch „Under Color Removal“) entgegen. Der Anteil des aus C + M + Y gebildeten Unbunts wird in dem neutralen Tiefenbereich abgeschwächt und in den angrenzenden Farbbereichen reduziert, der Anteil der Druckfarbe Schwarz angehoben. Im nebenstehenden Beispiel wird die Ausgangsflächendeckung von 98% Cyan + 86% Magenta + 87% Gelb + 84% Schwarz = 355% auf 68% Cyan + 56% Magenta + 57% Gelb + 96% Schwarz = 277% um 78% durch UCR reduziert.

Dies wirkt sich positiv auf das Farbannahmeverhalten, die Trocknung und die Farbbalance aus.



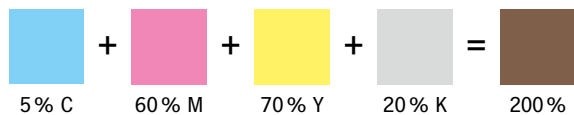
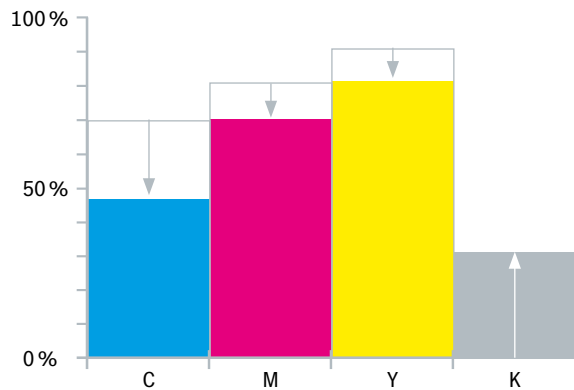
### 2.4.5 Buntaufbau mit Graustabilisierung

Bunt aufgebaute Grautöne sind im Druckprozess schwierig in Balance zu halten. Es kommt leicht zu Farbstichen. Dem wirkt die Graustabilisierung entgegen. Unbuntanteile aus C + M + Y werden entlang der gesamten Grauchse und abgeschwächt in den angrenzenden Farbbereichen, also nicht wie bei UCR nur am dunklen Ende der Grauchse, teilweise oder völlig durch entsprechende Schwarzanteile ersetzt. In der Praxis wird auch von „langem Schwarz“ gesprochen.

### 2.4.6 Buntaufbau mit Graukomponenten-reduzierung (GCR)

Bei der Graukomponentenreduzierung (abgekürzt GCR für englisch „Gray Component Replacement“) werden sowohl im neutralen als auch im farbigen Bildbereich sich zu Grau neutralisierende Anteile von C + M + Y durch die unbunte Druckfarbe Schwarz ersetzt. GCR ermöglicht daher alle Zwischenstufen zwischen bunt und unbunt aufgebauten Bildern in allen Bildbereichen, ist also nicht wie UCR, UCA oder Graustabilisierung auf die Graubereiche begrenzt. Die Graukomponentenreduzierung wird mitunter auch als Komplementärfarbenreduktion bezeichnet.

Das Braun aus Kap. 2.4.1 und 2.4.3 könnte beispielsweise mit GCR theoretisch wie folgt aufgebaut sein: Genau wie beim Unbuntaufbau (Kap. 2.4.2) ergibt sich auch hier in der Praxis keine Farbgleichheit, wenn ohne Änderung des Buntanteiles nur ein Teil des CMY-Unbunts durch Schwarz ersetzt wird. Farbähnlichkeit wird z. B. wie folgt erzielt: 49% C + 70% M + 80% Y + 30% K.



### 2.4.7 Fünf-, Sechs- und Siebenfarbendruck

Der moderne Vierfarbendruck wird auch hohen Qualitätsansprüchen in der Bildwiedergabe gerecht. Dennoch können manche Bildvorlagen und höchste Qualitätsansprüche die Verwendung spezieller Farbseparationen erforderlich machen. Der reproduzierbare Farbumfang kann durch den Einsatz weiterer Farben (neben den vier Grundfarben) oder spezieller Skalenfarben erweitert werden. In der vorstehenden Abbildung sind die gemessenen Werte eines Siebenfarbendrucks in die CIE-Normfarbtafel eingetragen.

Das innen liegende Sechseck zeigt den Farbumfang der Skalenfarben Cyan, Magenta und Gelb (gemessene Werte). Das umgebende Zwölfeck zeigt den erweiterten Farbumfang, der mit den zusätzlichen Farben Grün (G), Rot (R) und Blau (B) erreicht worden ist.

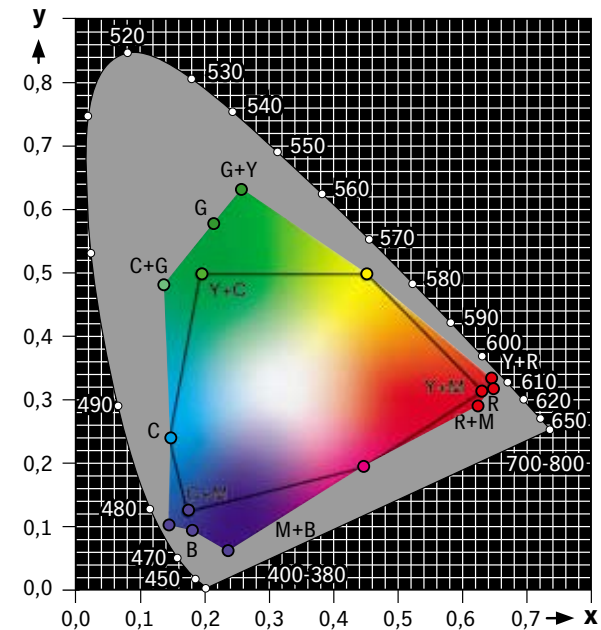
## 2.5 Farbannahme und Farbreihenfolge

### 2.5.1 Farbannahme

Eine weitere Einflussgröße für die Farbtonwiedergabe ist das Farbannahmeverhalten (Trapping). Es sagt aus, wie gut die Farbe auf einer bereits vorgedruckten Farbe im Vergleich zum Druck auf den reinen Bedruckstoff angenommen wird. Dabei muss zwischen dem Druck nass auf trocken und dem Druck nass in nass unterschieden werden.

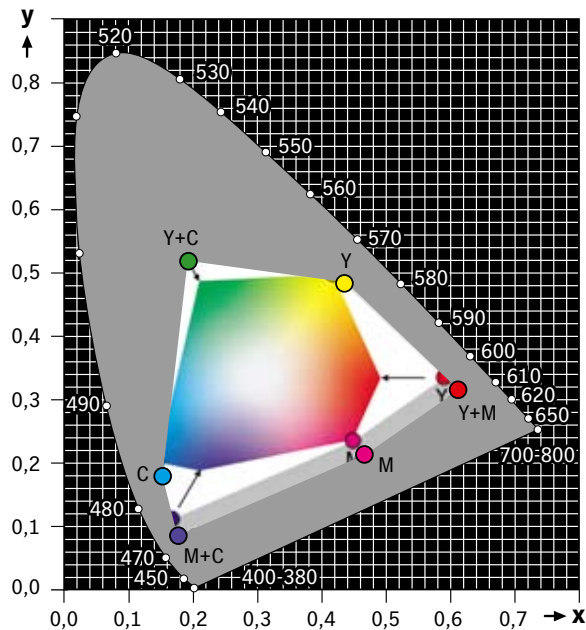
Vom Druck nass auf trocken spricht man, wenn eine Druckfarbe direkt auf den Bedruckstoff oder auf eine bereits getrocknete Farbe gedruckt wird. Wird die Folgefarbe dagegen auf eine noch nasse Farbe aufgebracht, spricht man vom Nass-in-nass-Druck. Es hat sich eingebürgert, beim Druck auf Mehrfarbenmaschinen generell vom Nass-in-nass-Druck zu sprechen.

Erreicht man beim Drucken eine gleichmäßig gedeckte Fläche und liegt der Farbton am gewünschten Farbort, spricht man von einem guten Farbannahmeverhalten.



Lässt sich hingegen der gewünschte Farbton nicht erreichen, ist das Farbannahmeverhalten gestört. Das kann für alle Mischfarben zutreffen. Die Folge: Der Farbumfang verkleinert sich, bestimmte Farbtöne werden nicht mehr wiedergegeben.

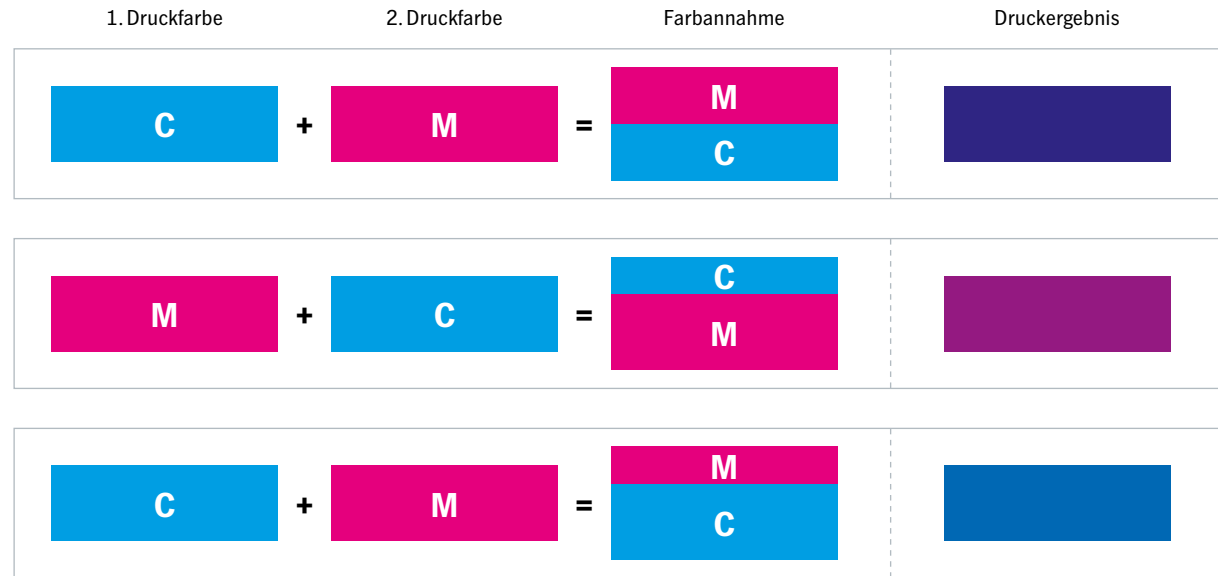
Wird bei einem Farbsatz mit den richtigen Farbschichtdicken gedruckt und liegen die Farborte der Grundfarben Cyan, Magenta und Gelb am Sollfarbort, kann es dennoch vorkommen, dass die Soll-Farborte der Mischfarben Rot, Grün und Blau durch Störungen im Zusammendruck nicht erreicht werden können.



In der obigen CIE-Normfarbtafel sind die Auswirkungen eines gestörten Farbannahmeverhaltens oder einer ungünstigen Farbreihenfolge auf das Druckergebnis dargestellt. Der weiße Bereich veranschaulicht den Umfang der Tonwertverringering infolge der Farbannahmestörungen.

### 2.5.2 Farbreihenfolge

Die schematische Darstellung veranschaulicht drei verschiedene Übereinanderdrucke der Farben Cyan und Magenta. Beispiel 1 zeigt den Druck auf einer Einfarbenmaschine. Zunächst wurde das Cyan auf das weiße Papier gedruckt. Anschließend wurde das Magenta auf das trockene Cyan gedruckt. Das Ergebnis ist ein gesättigtes Blau.



Beispiele für den unterschiedlichen Übereinanderdruck von zwei Druckfarben.

Das zweite Beispiel entstand auf einer Mehrfarbenmaschine. Zunächst wurde Magenta auf das trockene Papier (nass auf trocken) gedruckt, danach Cyan auf das noch feuchte Magenta (nass in Nass). Während Magenta vom Papier gut angenommen wurde, war das Farbannahmeverhalten von Cyan (bedingt durch die Farbspaltung im Zusammendruck) weniger gut. Insgesamt erhält man ein rotstichiges Blau.

Im dritten Beispiel wurde ebenfalls Nass in Nass gedruckt, allerdings mit umgekehrter Farbreihenfolge (Magenta auf Cyan). Der Rotstich wird vermieden.

Für den Vierfarbendruck schreibt die Norm ISO 12647-2 die Farbreihenfolge Schwarz-Cyan-Magenta-Gelb vor.

Um in Sonderfällen die Auswirkungen von Farbannahmeschwierigkeiten zu verringern, sollten Vorlage und Druckplatten vor dem Einspannen kritisch überprüft werden. Es kann beispielsweise bei Tonflächen von Vorteil sein, die leichtere Form vor der schwereren zu drucken.

Dies gilt insbesondere für den Übereinanderdruck von Rastern und Flächen. Zunächst sollte der Raster auf das weiße Papier und darüber die Farbfläche gedruckt werden.

## 2.6 Druckkontrollstreifen

Zur messtechnischen Qualitätserfassung werden Druckkontrollstreifen mit gedruckt. Ihre Anordnung auf dem Druckbogen erfolgt normalerweise entweder an der Bogenvorderkante, Bogenhinterkante oder in der Mitte. Die mittige Position wird bevorzugt bei Wendemaschinen und ausgeschossenen Bogen verwendet.

Druckkontrollstreifen werden von der Fogra und verschiedenen Herstellern in digitaler Form angeboten. Heidelberg bietet seit vielen Jahren sein DIPCO (Digital Print Control Elements) Paket an. Neben herkömmlichen Druckkontrollstreifen, befinden sich im DIPCO-Paket auch die so genannten Mini Spots zur Farb- und Prozesskontrolle. Alle DIPCO-Streifen sind neben der manuellen Montage auch für die automatische Montage als „Farbmarke“ in der Prinect Signa Station vorgesehen.

Werden die Druckkontrollelemente zur automatischen Prozesskalibrierung der Druckplatten im CtP verwendet, muss die Position immer dieselbe sein! Andernfalls kann es zu falschen Messergebnissen und damit zu Fehlbelichtungen kommen.

Welcher Druckkontrollstreifen verwendet wird, hängt in erster Linie von der Farbigkeit des Auftrages ab. Standardstreifen beginnen ab 4 Farben. Werden weniger Farben gedruckt, bleiben die restlichen Felder leer. Ein weiteres Kriterium ist das eingesetzte Farbmessgerät. So hängt die Größe der Messfelder vom Durchmesser der Messblende ab. Die Messblende kann aber nicht beliebig klein gewählt werden, sondern muss auch die Tonwerte der Rastertonfelder verlässlich erfassen. Gemäß ISO 12647 soll die Messblende dem 15-fachen der Rasterfeinheit entsprechen, mindestens dem 10-fachen. D. h.  $80 \text{ L/cm} = 0,125 \text{ mm}$  Linienfeinheit. Die minimale Größe der Messblende ist demzufolge  $0,125 \times 15 = 1,875 \text{ mm}$ .

Alle Druckkontrollstreifen bestehen aus mehreren unterschiedlichen Messfeldern, die nachfolgend beschrieben werden.

### 2.6.1 Volltonelemente

Mit Volltonelementen wird die Gleichmäßigkeit der Färbung kontrolliert. Zweckmäßigerweise verwendet man ein Volltonelement pro Druckfarbe im Abstand der Farbkastenzonenbreite (bei Heidelberg 32,5 Millimeter). Volltonelemente können so für eine automatische Volltonregelung verwendet werden.



### 2.6.2 Volltonübereinanderdruckelemente

Diese Elemente dienen zur visuellen und messtechnischen Beurteilung des Farbnahmeverhaltens.



### 2.6.3 Farbbalancelemente

Man unterscheidet Vollton- und Rasterfarbbalanceelemente.

Bei Volltonelementen soll sich nach dem Übereinanderdruck der Farben Cyan, Magenta und Gelb ein näherungsweise neutrales Schwarz ergeben. Zum Vergleich wird neben das Übereinanderdruckelement ein schwarzes Volltonelement gedruckt.



Die Rasterelemente von Cyan, Magenta und Gelb ergeben bei richtiger Farbschichtdicke, Standardfarbreihenfolge und normaler Tonwertzunahme im Zusammendruck ein annähernd neutrales Grau.

Farbbalanceelemente werden zur visuellen Kontrolle und auch für eine automatische Graubalancefarbrege- lung der Farben Cyan, Magenta und Gelb verwendet.



Im standardisierten Druckprozess gemäß ISO 12647-2 muss die Graubalance primär durch das angewendete ICC-Farbprofil bei der Separation erreicht werden.

### 2.6.4 Rasterelemente

Rasterelemente enthalten je nach Hersteller unterschiedliche Rasterwertwerte.

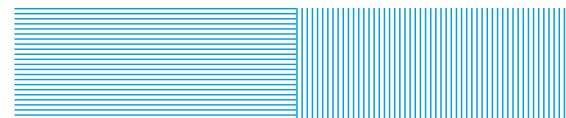
Aus den Messwerten der Raster- und Volltonelemente werden Tonwertzunahme und relativer Druckkontrast berechnet.



Zur Kontrolle im Druck werden heute überwiegend die FOGRA-Druckkontrollstreifen mit 40% - und 80% -Messfeldern eingesetzt.

### 2.6.5 Schiebe- und Doublerelemente

Linienraster unterschiedlicher Winkelung dienen der visuellen und messtechnischen Kontrolle von Schiebe- und Doubliefehlern (siehe Kap. 2.2.1).



### 2.6.6 Plattenkopieelemente

Plattenkopieelemente dienen zur visuellen Kontrolle der Plattenkopie. Die gezeigten Kontrollelemente haben Mikrolinien und -spalten sowie Spitzpunkte.

0,5%	99.5	4μ
1%	99%	6μ
2%	98%	8μ
3%	97%	11

0,5%	1%	6μ
		8μ
2%	3%	11
		13
4%	5%	16

# 3 Densitometrie

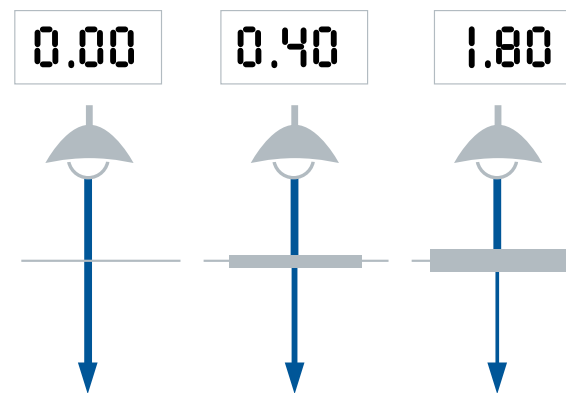
Densitometrie ist eine Methode zur Kontrolle des Druckprozesses bezüglich Volltondichte und Tonwerten. Sie funktioniert zuverlässig für Schwarz-Weiß-Arbeiten und mit den Prozessfarben Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz.

Entsprechend dem Verwendungszweck unterscheidet man zwei Arten von Densitometern:

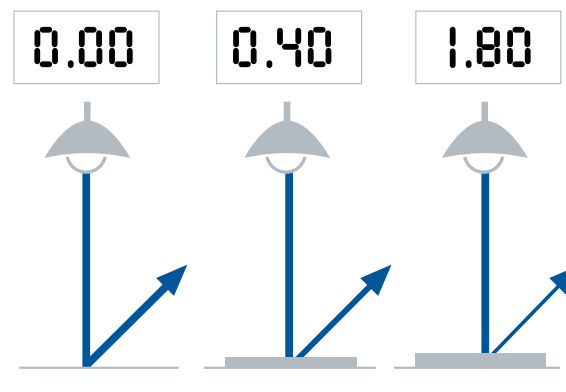
- Das Durchlichtdensitometer wird in der Reproduktion zur messtechnischen Erfassung der Filmschwärzung eingesetzt (Durchsichtsvorlagen).
- Für die messtechnische Beurteilung von Drucken (Aufsichtsvorlagen) werden Auflichtdensitometer verwendet.

Im Folgenden soll auf die Technik der Auflichtdensitometrie näher eingegangen werden.

Durchlichtdensitometer



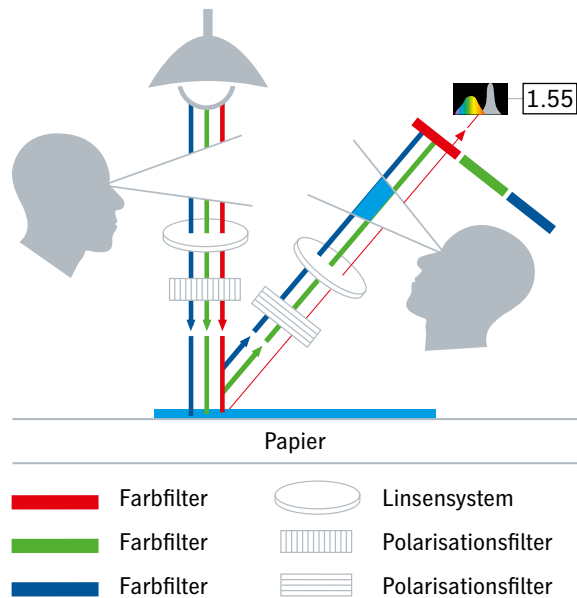
Auflichtdensitometer



### 3.1 Messprinzip des Auflichtdensitometers

Bei der Auflichtdensitometrie wird die zu messende Druckfarbe von einer Lichtquelle beleuchtet. Der Lichtstrahl durchdringt die durchscheinende (lasierende) Farbschicht und wird dabei abgeschwächt. Der verbleibende Rest des Lichts wird von der Papierunterlage gestreut. Von diesem Streulicht durchläuft ein Teil nochmals die Farbschicht und wird weiter abgeschwächt. Der jetzt noch verbleibende Rest erreicht schließlich das Messgerät, welches das Licht in elektrische Energie umwandelt. Das Ergebnis der Auflichtdensitometrie wird in Dichteeinheiten angegeben.

Bei der Messung werden zur Bündelung des Lichts Linsensysteme eingesetzt. Polarisationsfilter dienen zur Unterdrückung des Nassglanzes (siehe Kap. 3.2.2); bei der Messung bunter Farben werden Farbfilter vorgeschaltet (siehe Kap. 3.2.1).



Die Abbildung oben zeigt das Prinzip am Beispiel einer bunten Druckfarbe. Das aufgestrahlte weiße Licht besteht im Idealfall aus gleichen Anteilen von Rot, Grün und Blau. Die aufgedruckte Farbe enthält Pigmente, die Rot absorbieren und Grün und Blau reflektieren, weshalb wir sie cyanfarbig nennen. Mit dem Densitometer wollen wir im Absorptionsbereich der jeweiligen Farbe messen, weil Dichte und Farbschichtdicke hier gut korreliert sind. Im Beispiel wird daher ein Rotfilter verwendet, der Blau und Grün sperrt und nur Rot durchlässt.

Die Farbdichte einer Druckfarbe ist in erster Linie abhängig von der Pigmentart, ihrer Konzentration und der Farbschichtdicke. Für eine gegebene Druckfarbe ist die Farbdichte zwar ein Maß für die Schichtdicke, sagt aber nichts über den Farbton aus.

### 3.2 Filter im Densitometer

#### 3.2.1 Farbfilter und Helligkeitsfilter

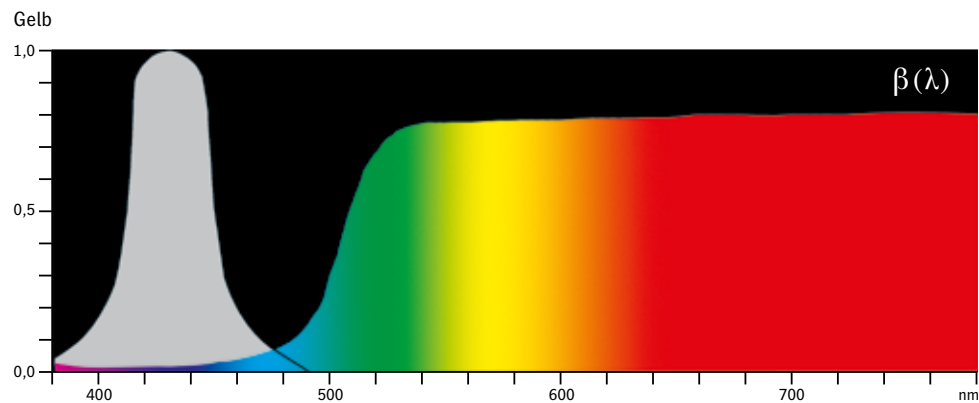
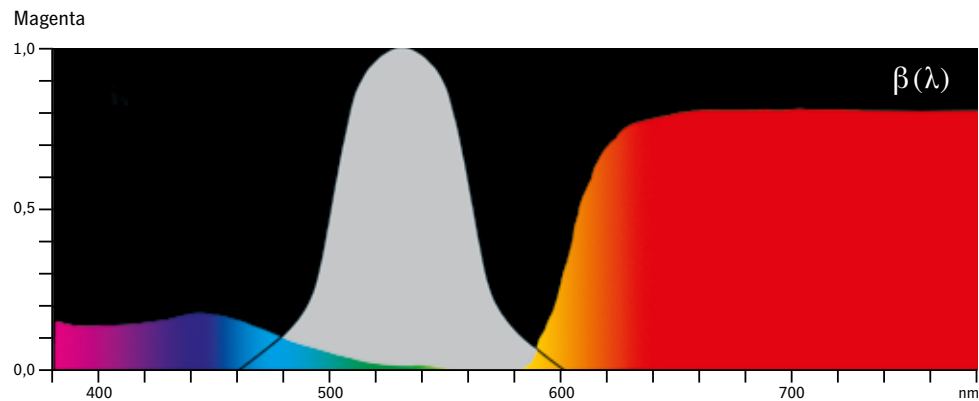
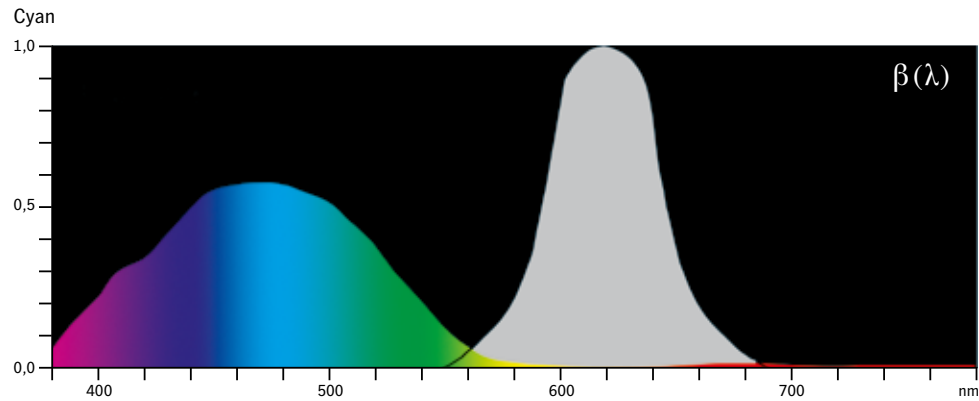
Die Farbfilter in einem Densitometer sind auf das Absorptionsverhalten von Cyan, Magenta und Gelb abgestimmt.

In einschlägigen Normen wie DIN16536 und ISO /ANSI 5/3 sind die spektralen Durchlassbereiche und die Lage der Durchlassmaxima dementsprechend festgelegt. Von den dort definierten schmal- und breitbandigen Farbfiltern (bei ANSI mit Status A und T bezeichnet) sollten die schmalbandigen (DIN NB) bevorzugt verwendet werden.

Die Farbfilter sind stets gegenfarbig zu den zu messenden Druckfarben zu wählen. Schwarz wird mit einem Filter bewertet, das dem spektralen Hellempfindlichkeitsgrad des menschlichen Auges angepasst ist. Sonderfarben werden mit dem Filter gemessen, der den höchsten Messwert ergibt.

Die drei Abbildungen (Abb. auf der nächsten Seite) zeigen die Reflexionskurven der Druckfarben Cyan, Magenta und Gelb mit ihren jeweiligen Farbfiltern nach DIN16536.

Druckfarbe	Filterfarbe
Cyan	Rot
Magenta	Grün
Gelb	Blau



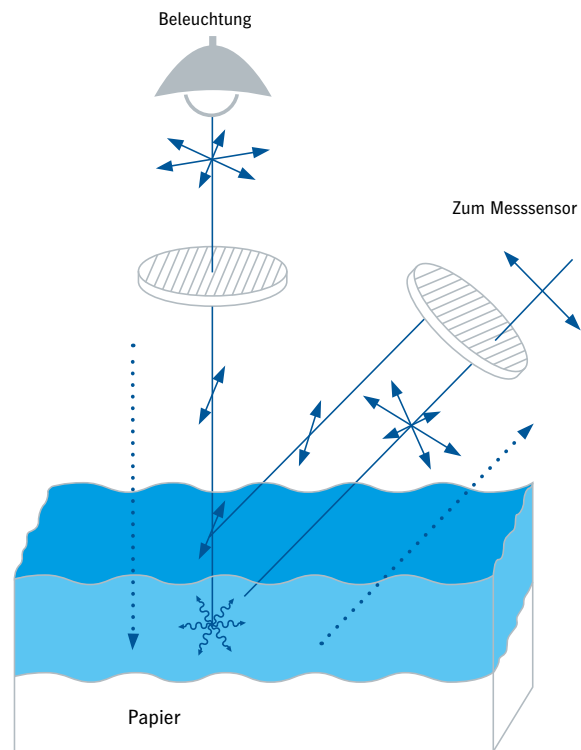
### 3.2.2 Polarisationsfilter

Werden Druckbogen frisch aus der Auslage gezogen und gemessen, so ist die Druckfarbe noch nass und hat eine glänzende Oberfläche. Beim Trocknen dringt die Farbe in das Papier ein (Wegschlagen) und verliert ihren Glanz. Dadurch ändert sich nicht nur der Farbton der Farbe, sondern auch der Dichtewert. Will der Drucker seine nassen Bogen densitometrisch mit den generell trockenen Sollwerten vergleichen, so ist das nur eingeschränkt möglich.

Als Abhilfe werden zwei gekreuzte Linearpolarisationsfilter in den Strahlengang gesetzt. Polarisationsfilter lassen von den in allen Richtungen schwingenden Lichtwellen jeweils nur eine Schwingungsrichtung durch. Die durch den ersten Polarisationsfilter ausgerichteten Lichtstrahlen werden von der Farboberfläche teilweise spiegelnd reflektiert. Dabei ändert sich ihre Schwingungsrichtung nicht. Der zweite Polarisationsfilter ist gegenüber dem ersten um  $90^\circ$  gedreht, sodass diese reflektierten Lichtwellen nicht durchgelassen werden.

Wenn Lichtstrahlen jedoch in die Farbschicht eindringen und von dort oder erst vom Bedruckstoff zurückgeworfen werden, verlieren sie ihre einheitliche Schwingungsausrichtung (Polarisation). Sie werden daher vom zweiten Polarisationsfilter teilweise durchgelassen und können gemessen werden.

Durch das Abblocken der von der nassen Farbe reflektierten Glanzanteile des Lichts erreicht man also, dass die densitometrischen Messwerte an nassen und trockenen Farben annähernd gleich sind.



- ~> Streuungsrichtung
- ↔ Schwingungsrichtung
- ↔ Arbeitsweise von Polfiltern

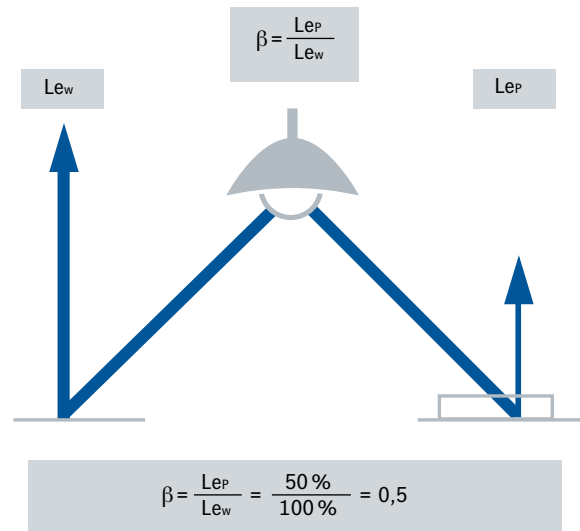
### 3.3 Densitometrische Messwerte

Densitometer zeigen als Messergebnis die Farbdichte  $D$  an. Sie ist das logarithmische Verhältnis der Lichtabsorption durch ein Vergleichsweiß zur Lichtabsorption der Farbschicht.

Der Farbdichtewert errechnet sich nach folgender Formel:

$$D = \lg \frac{1}{\beta}$$

Der Reflexionsgrad (auch Beta-Wert genannt) wird wie folgt berechnet:



Dabei ist  $Le_P$  die Reflexion der gemessenen Druckfarbe und  $Le_W$  die Reflexion des Referenzweiß.

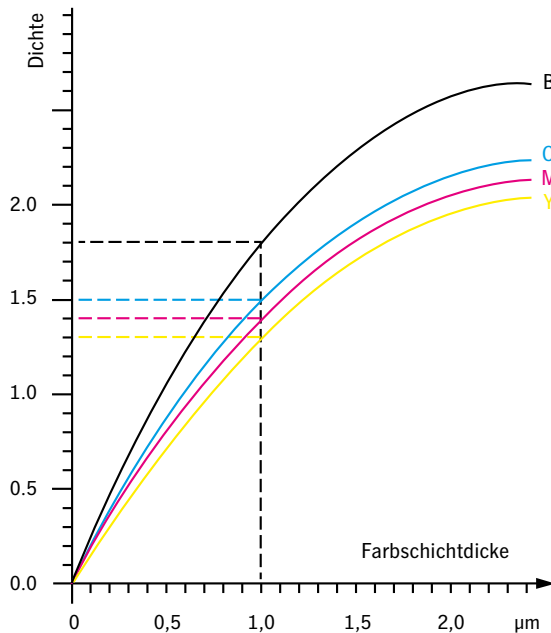
Der Reflexionsgrad  $\beta$  gibt das Verhältnis zwischen den Lichtreflexionen einer zu messenden Probe (Druckfarbe) und einem Weiß (Referenzwert) an.

Mit obigem  $\beta$ -Wert ergibt sich folgende Farbdichte:

$$D = \lg \frac{1}{\beta} = \lg \frac{1}{0,5} = \lg 2 = 0.30$$

Das Diagramm unten zeigt den Zusammenhang von Farbschichtdicke und Dichte für die vier Skalenfarben im Offsetdruck.

Die gestrichelte senkrechte Linie kennzeichnet die im Offsetdruck übliche Farbschichtdicke von etwa einem Mikrometer. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass die Dichtekurven erst bei wesentlich höheren Werten abflachen. Ab diesen Schichtdicken ist kaum noch eine Erhöhung der Farbdichte zu verzeichnen; selbst bei einer Messung in der gefüllten Farbdose ergäbe sich kein höherer Wert. Allerdings sind diese Farbschichtdicken für den Skalendruck nicht mehr von Bedeutung.



Zwischen der Farbschichtdicke und der Farbdichte besteht ein enger Zusammenhang. In der Darstellung erkennt man, dass mit zunehmender Farbschicht die Reflexion abnimmt und der Dichtewert größer wird.

Die Formeln zur Berechnung finden Sie auf Seite 31.

### 3.4 Messung

#### 3.4.1 Kalibrierung auf Papierweiß

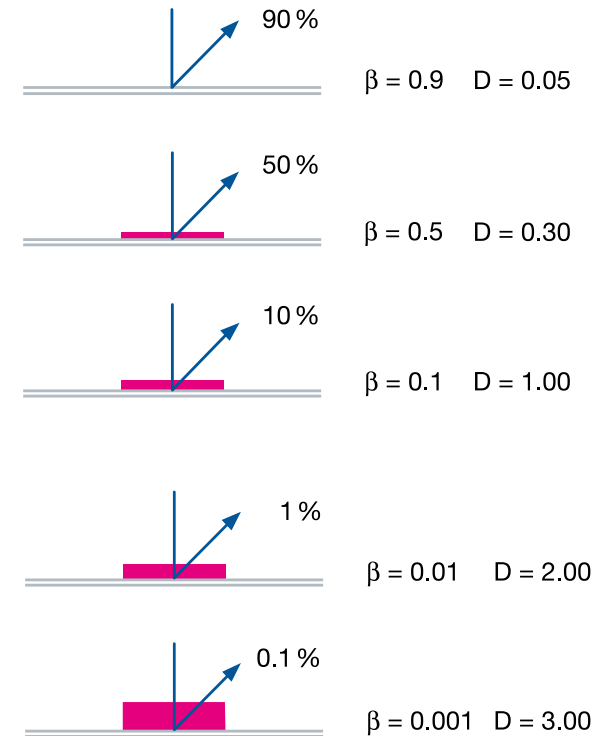
Densitometer werden vor der Messung auf das jeweilige Papierweiß (Bezugsweiß) kalibriert, um Einflüsse der Papierfärbung und -oberfläche bei der Bewertung der aufgedruckten Farbschichtdicke auszuschließen.

Hierzu wird die Dichte des Papierweiß bezogen auf „Absolutweiß“ gemessen und dieser Wert auf Null gesetzt (Anzeige  $D = 0.00$ ). Eine Ausnahme von dieser Regel besteht in Nordamerika: Hier existiert eine Vorschrift, die den Abgleich des Densitometers auf Absolutweiß vorschreibt.

#### 3.4.2 Volltondichte

Die Messwerte einer Volltonfläche nennt man Volltondichte, abgekürzt DV. Sie wird auf einem Druckkontrollstreifen gemessen, der quer zur Druckrichtung auf dem Druckbogen mitgedruckt wird und neben anderen Kontrollfeldern Volltonfelder für alle vier Skalenfarben (und erforderlichenfalls für die Sonderfarben) hat.

Mithilfe der Volltondichte kann eine gleichmäßige Farbschichtdicke über die Bogenbreite und die gesamte Auflage hinweg kontrolliert und (mit gewissen Toleranzen) eingehalten werden.



#### 3.4.3 Rasterdichte

Die Rasterdichte wird in den Rasterelementen des Druckkontrollstreifens gemessen. Dabei wird eine Kombination aus Rasterpunkten und Papierweiß erfasst. Man spricht auch von einer integralen Messung.

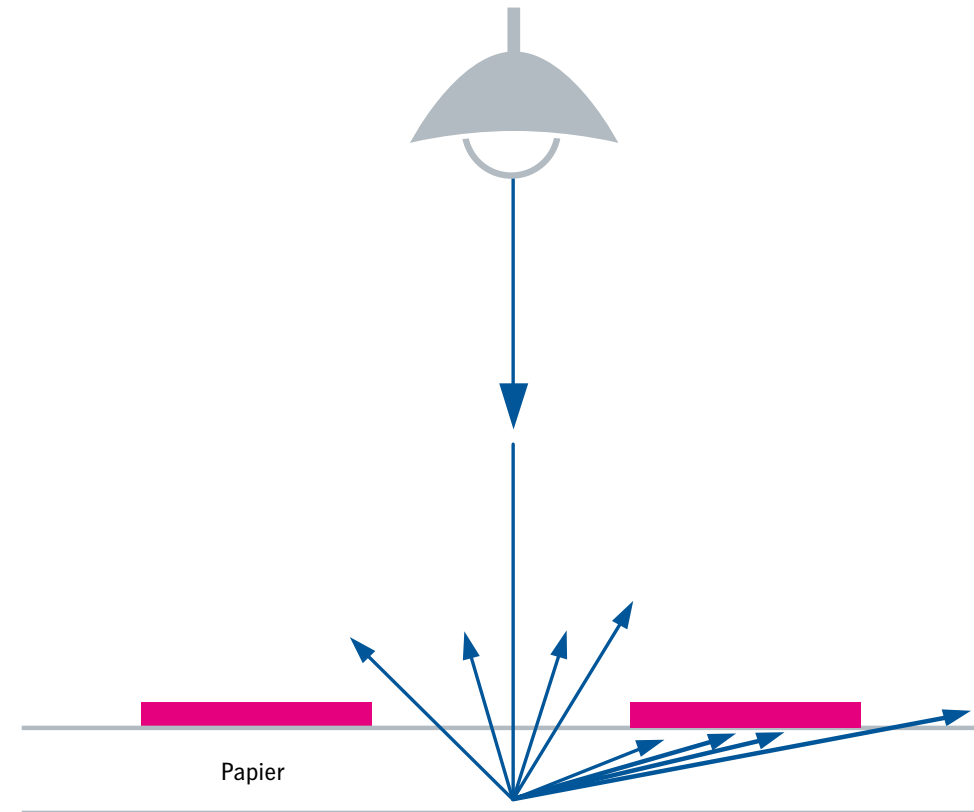
Messgröße ist die Rasterdichte DR. Der Messwert liegt umso höher, je größer der Anteil der Rasterpunkte an der Messfläche und je größer die Schichtdicke der Farbe ist.

### 3.4.4 Optisch wirksame Flächendeckung (Rastertonwert)

Bei der densitometrischen Messung von Rastern wird nicht die geometrische Flächendeckung (der flächenmäßige Anteil von Rasterpunkten im Messfeld) gemessen, sondern die „optisch wirksame Flächendeckung“.

Der Unterschied zwischen geometrischer und optisch wirksamer Flächendeckung beruht darauf, dass sowohl bei der visuellen Betrachtung als auch bei der densitometrischen Messung ein Teil des aufgestrahlten Lichts an den unbedruckten Stellen zwischen den Rasterpunkten in das Papier eindringt, bei der Reflexion aber teilweise unter die Punkte gerät und dort absorbiert wird.

Diesen Effekt nennt man „Lichtfang“. Er bewirkt, dass die Rasterpunkte optisch größer erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind. Die optisch wirksame Flächendeckung setzt sich also aus der geometrischen Flächendeckung und der optischen Flächenzunahme zusammen.



### 3.5 Auswertung

Mit den Messwerten von Vollton und Raster können Rastertonwert, Tonwertzunahme und Kontrast errechnet werden. Voraussetzung ist allerdings die vorausgegangene Kalibrierung des Densitometers auf Papierweiß.

#### 3.5.1 Rastertonwert

Aus den Messwerten DV und DR lässt sich der Rastertonwert im Druck FD nach der Formel von Murray-Davies ermitteln:

$$F_D (\%) = \frac{1-10^{-DR}}{1-10^{-DV}} \cdot 100$$

#### 3.5.2 Tonwertzunahme

Die Tonwertzunahme TWZ ergibt sich aus der Differenz des gemessenen Rastertonwertes im Druck FD und des bekannten Rastertonwertes im Film FF bzw. in den Daten.

$$TWZ (\%) = F_D - F_F$$

#### 3.5.3 Relativer Druckkontrast

Der relative Druckkontrast wird ebenfalls aus den Messwerten der Farbdichte im Vollton DV und der Farbdichte im Raster DR errechnet. Der DR-Wert wird hierbei bevorzugt im Dreiviertelton gemessen.

$$K_{rel.} (\%) = \frac{DV - DR}{DV} \cdot 100$$

#### 3.5.4 Farbannahme

Die Farbannahme wird aus den Farbdichten von ein-, zwei- und dreifarbigem Volltonübereinanderdruckfeldern bei Beachtung der Farbreihenfolge errechnet.

Die nach den folgenden Formeln berechnete Farbannahme sagt aus, zu wie viel Prozent eine Farbe auf einer anderen liegt, wobei als Vergleich die allein auf das Papier gedruckte Farbe dient, deren Farbannahme gleich 100 % gesetzt wird.

##### 3.5.4.1 Zweifarbiges Übereinanderdruck

Dabei sind

- D1+2 die Farbdichte des Übereinanderdrucks beider Farben,
- D1 die Farbdichte der zuerst gedruckten Farbe und
- D2 die Farbdichte der zuletzt gedruckten Farbe.

Achtung: Alle Farbdichten müssen mit dem zur zweiten Farbe gegenfarbigen Farbfilter gemessen werden.

##### 3.5.4.2 Dreifarbiges Übereinanderdruck

Dabei sind

- D1+2+3 die Farbdichte des Übereinanderdrucks aller drei Farben und
- D3 die Farbdichte der zuletzt gedruckten Farbe.

**Achtung:** Alle Farbdichten müssen mit dem zur dritten Farbe gegenfarbigen Filter gemessen werden.

Die genannten Formeln werden auch von allen Heidelberg Farbmess- und Regelsystemen verwendet. Daneben gibt es noch andere Berechnungsmethoden zur Bestimmung der Farbannahme. Alle Methoden sind umstritten, weshalb die ermittelten Werte nicht zu streng gesehen werden sollten. Für einen Vergleich von Auflage zu Auflage (und insbesondere innerhalb einer Auflage) sind sie jedoch aussagefähig. Je höher der FA-Wert ist, desto besser ist das Farbannahmeverhalten.

$$F_{\frac{2}{1}} (\%) = \frac{D_{1+2} - D_1}{D_2} \cdot 100$$

$$F_{\frac{3}{1}} (\%) = \frac{D_{1+2+3} - D_{1+2}}{D_3} \cdot 100$$

- x = geeignet für Standardfarben
- = geeignet für Sonderfarben
- (-) = eingeschränkte Eignung

Sonderfarben rezeptieren

**Farbe stellen (einrichten)**

nach Standards

nach Druckkontrollstreifen

nach farbmtrischen Werten (L\*a\*b\*)

nach Proof

nach beliebigen Mustern

nach Bilddaten

Farbeignung erkennen

Farbe abstimmen

**Fortdruck regeln**

nach Volltonfeld

nach Einfarbenrasterfeld

nach Mehrfarbenrasterfeld

im Bild

Farbverschmutzung erkennen

Bedruckstoffänderung erkennen

**Messwerte**

Volltondichte

Rastertonwert/-zunahme

Farbannahme relativ

Farbannahme absolut

Metamerieindex

empfindungsgemäß

**Densitometer**

x (•)

x (•)

x (•)

x (•)

x (•)

x (•)

x (•)

**Spektralfotometer**

•

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

x •

### 3.6 Grenzen der Densitometrie

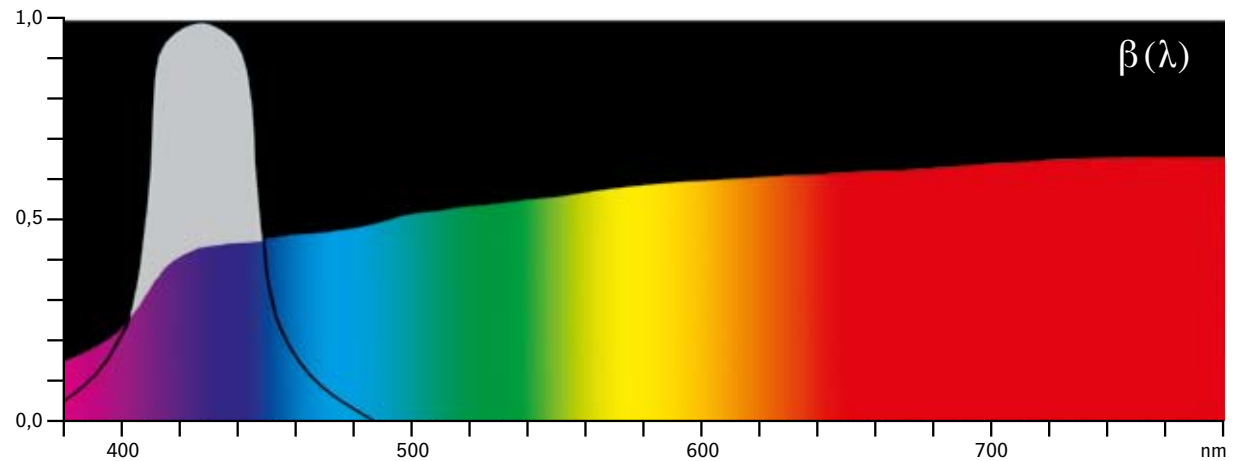
Densitometer arbeiten ähnlich der Farbauszugtechnik mit speziellen, auf die vier Skalenfarben abgestimmten Filtern. Sie liefern ein relatives Maß für die Farbschichtdicke, geben aber kein Maß, das der menschlichen Farbempfindung entspricht.

Diese Tatsache beschränkt ihren Einsatzbereich. Die Tabelle auf Seite 33 gibt ihre typischen Einsatzgebiete im Vergleich zu den Spektralfotometern an.

Eine wesentliche Einschränkung der Densitometrie ist, dass gleiche Farbdichten nicht zwingend denselben optischen Eindruck hervorrufen. Dies ist immer dann der Fall, wenn sich die zu vergleichenden Farbsubstanzen unterscheiden. Dies ist der Grund dafür, dass von Proofs, Andrucken auf anderem Papier und /oder mit anderer Farbe als im Auflagedruck oder sonstigen Mustern keine Sollwerte für das Einstellen von Druckfarbe auf Papier abgenommen werden können.

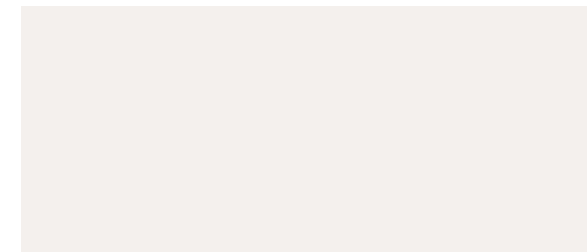
Ähnlich wichtig ist die Beschränkung auf die drei Farbfilter Rot, Grün und Blau. Sobald Farbsätze aus mehr als den vier Skalenfarben aufgebaut sind, treten Probleme beim Messen der Zusatzfarben auf. Für diese sind keine Filter definiert, welche im Absorptionsbereich dieser Farbe wirken, was zu wenig aussagefähigen Farbdichte- und Tonwertzunahmewerten führt.

Kritisch ist der Einsatz von Densitometern auch bei der Farbregelung nach Mehrfarbenrasterfeldern (beispielsweise Graufeldern). Beim Messen eines Graufeldes mit den drei Farbfiltern ergeben sich andere Farbdichten als bei Messung der jeweiligen Farbe allein.

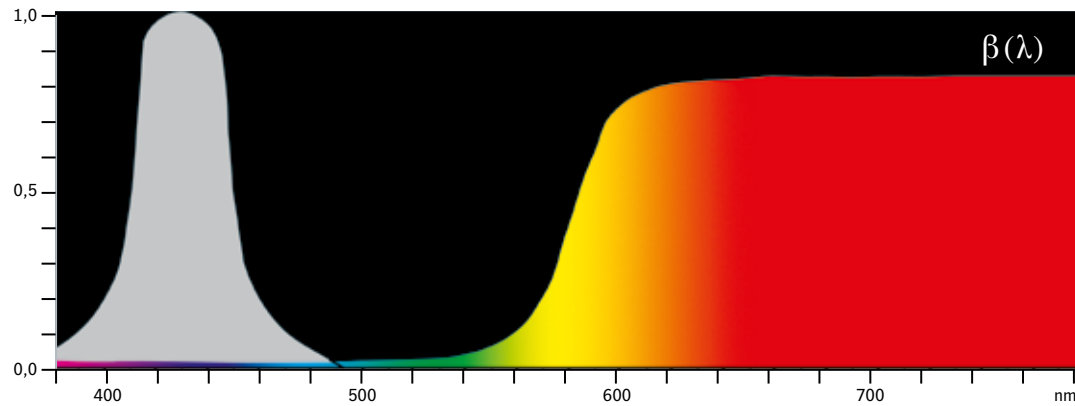


Jede der drei Druckfarben steuert einen mehr oder weniger großen Anteil zu allen Farbdichten bei. Grund dafür ist, dass die Skalenfarben keine hundertprozentigen Zweidrittelfarben sind und deshalb auch in anderen Wellenlängenbereichen Licht absorbieren. Sinnvoll sind Densitometer zur Auflagenüberwachung eines Vierfarbendrucks. In allen anderen Fällen sind Densitometer nur beschränkt geeignet.

Der abgebildete Farbton (Pantone Warm Gray 1) hat – wie im darüber befindlichen Schema zu sehen – eine relativ hohe Remission, die im blauen Bereich (380 bis 500 Nanometer) leicht abfällt. Dementsprechend wird mit einem Blaufilter der höchste Dichtewert gemessen (0.27).

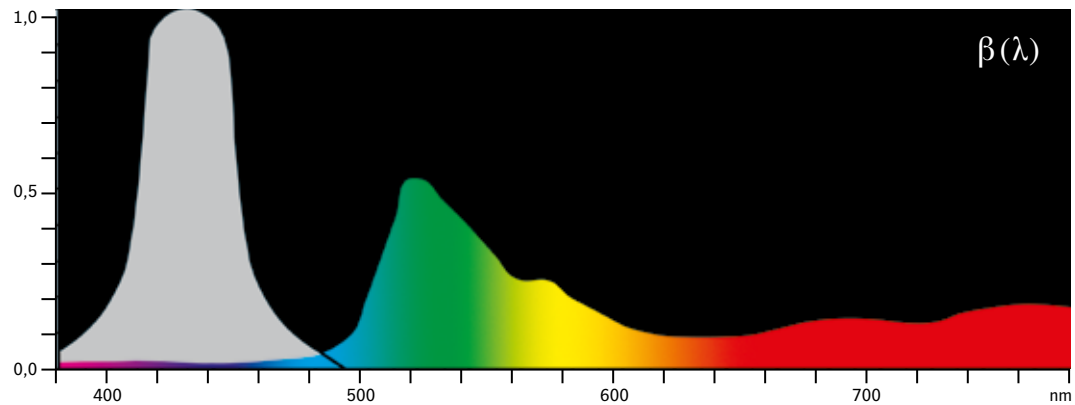


Farbmuster Pantone Warm Gray 1



Farbmuster HKS 8

Dichte (Blaufilter) = 1.60  
 $L^* = 62,0$   
 $a^* = 61,4$   
 $b^* = 72,4$



Farbmuster HKS 65

Dichte (Blaufilter) = 1.60  
 $L^* = 58,7$   
 $a^* = -58,8$   
 $b^* = 59,7$

Die im zweiten und dritten Beispiel gezeigten Sonderfarben HKS 8 und HKS 65 sind im Farbton grundverschieden. Das zeigen auch die beiden Remissionskurven. Bei beiden Farben ist die Absorption im blauen Bereich (380 bis 500 Nanometer) am größten, sodass wiederum mit dem Blaufilter der höchste Dichtewert (jeweils 1.60) gemessen wird. Mit demselben Farbfiler gemessene gleiche Dichtewerte bedeuten also keineswegs gleiche Farbtöne!

Aussagen über das Aussehen der Farbe kann nur die Farbmessung in Verbindung mit der Farbmatrik machen.

# 4 Farbmeterik

Wie im Kapitel „Farbsysteme“ erläutert, sind zur eindeutigen Kennzeichnung einer Farbe drei Maßzahlen erforderlich. Die Farbmeterik beschreibt, wie diese Zahlen ermittelt werden und wie sie zusammenhängen.

## 4.1 Farbe messen

Zur Farbmessung werden Spektralfotometer verwendet.

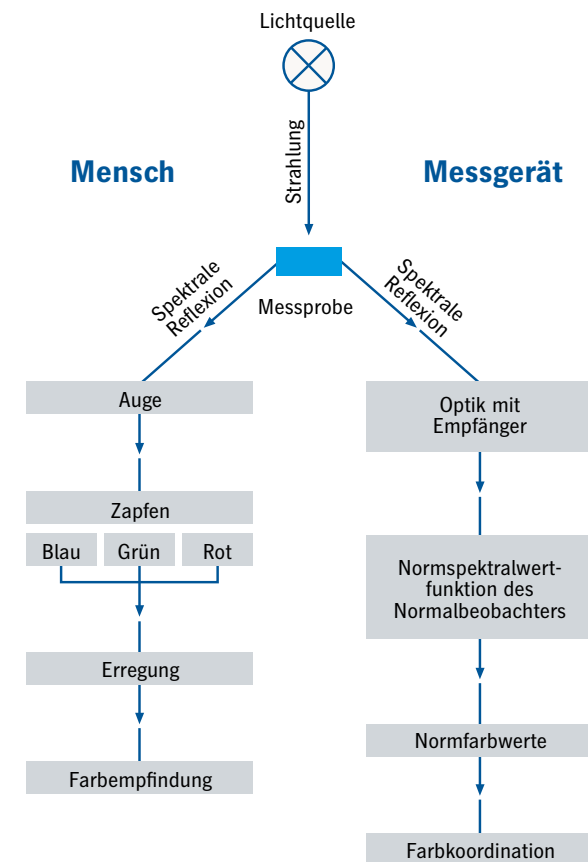
Der prinzipielle Aufbau von Farbmessgeräten lehnt sich an das Seh- und Empfindungsmodell des Menschen an (siehe Abbildung).

Die Farbe (Probe) wird von einer Lichtquelle (Strahlung) beleuchtet. Ein Teil des Lichts wird von der Probe absorbiert, der Rest wird reflektiert. Das reflektierte Licht wird von unseren Augen aufgenommen. Dort werden die rot-, grün- und blauempfindlichen Zapfen (Farbrezeptoren) gereizt.

Diese Erregung löst über den Sehnerv in unserem Gehirn das entsprechende Farbempfinden aus.

Dieser natürliche Vorgang wird im Messgerät nachvollzogen.

Beim Messvorgang wird Licht auf die gedruckte Probe gesendet. Das reflektierte Licht gelangt durch eine Optik auf einen Sensor. Dieser misst für jede Farbe das empfangene Licht und leitet die Werte an einen Rechner weiter. Dort werden sie mit Funktionen gewichtet, die den Bewertungsfunktionen der drei Zapfenarten im menschlichen Auge nachempfunden und von der CIE für den Normalbeobachter festgelegt wurden. Als Ergebnis erhält man die Normfarbwerte X, Y und Z. Diese werden abschließend in Koordinaten der Normfarbtafel oder anderer Farbenräume (beispielsweise CIELab oder CIELUV) umgerechnet.



## 4.2 Normfarbwerte

Bei der Farbmessung setzt die Ermittlung der Normfarbwerte aus gemessenen Reflexionen genormte Bedingungen voraus. Drei Bedingungen sind bei der Messung von Körperfarben variabel und müssen vom Anwender eingestellt werden: der Weißbezug, die Lichtart und der Beobachter.

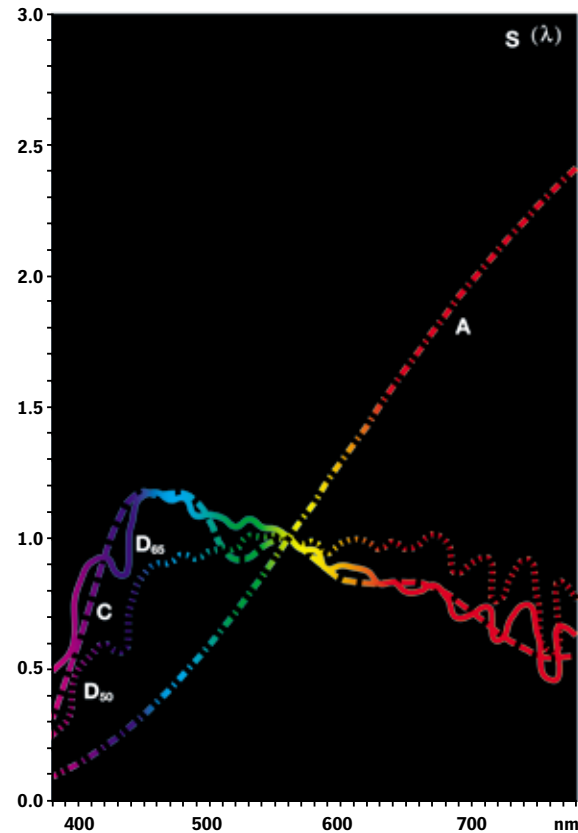
Normalerweise werden farbmessische Werte auf „Absolutweiß“ bezogen. Die Kalibrierung erfolgt auf den Weißstandard des Messgerätes (zumeist eine Keramikfläche), der seinerseits auf ein Absolutweiß kalibriert ist.

## 4.3 Normlichtarten

Ohne Licht gibt es keine Farbe. Das bedeutet aber auch, dass die Art des Lichts unseren Eindruck von der Farbe mitbestimmt. Die Farbe des Lichts ist durch seine spektrale Zusammensetzung festgelegt.

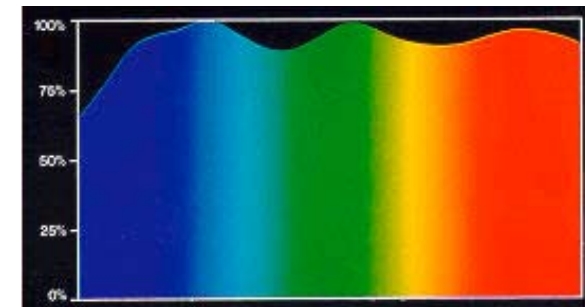
Bei natürlichem Sonnenlicht beeinflussen das Wetter sowie Jahres- und Tageszeit die spektrale Zusammensetzung. Fotografen und Filmemacher müssen oft lange warten, bis die Lichtverhältnisse ihren Vorstellungen entsprechen.

Bei künstlichem Lampenlicht gibt es ebenfalls Unterschiede in der spektralen Zusammensetzung. Einige Lampen senden rötliches Licht aus, während andere eher grünlich oder bläulich leuchten.



Entsprechend den Lichtverhältnissen verändert sich die spektrale Reflexion und damit die Farbempfindung. Normfarbwerte müssen sich daher auf Normlicht beziehen.

Bei der Normung wurde die Strahlungsverteilung (Intensität) für verschiedene Lichtarten im Bereich von 380 bis 780 Nanometer festgelegt. In der linken Abbildung sind die spektralen Verteilungen für die genormten Lichtarten A, C, D50 und D65 dargestellt.



Die Normlichtart 50 ähnelt dem durchschnittlichen Tageslicht und hat im blauen Bereich die höchste Strahlungsintensität. Die Abbildung oben zeigt die Lichtart D50.

#### 4.4 Normalbeobachter / Spektralwertfunktionen

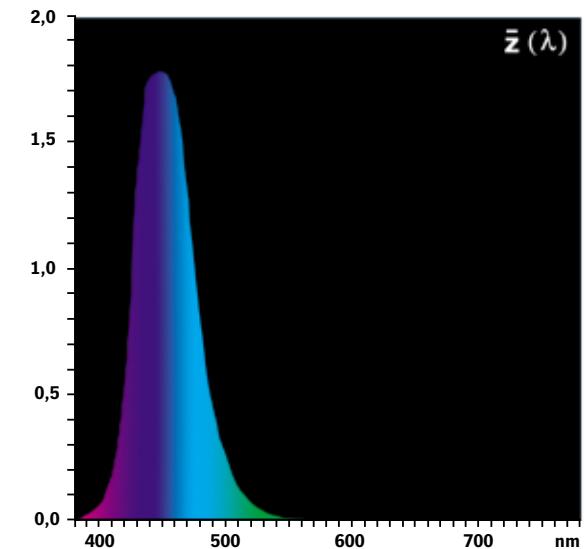
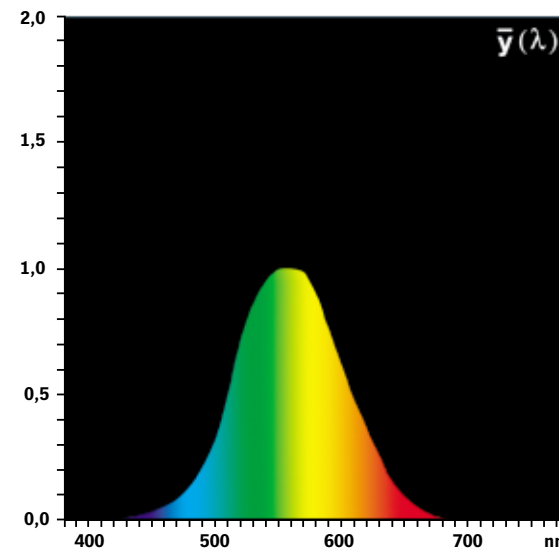
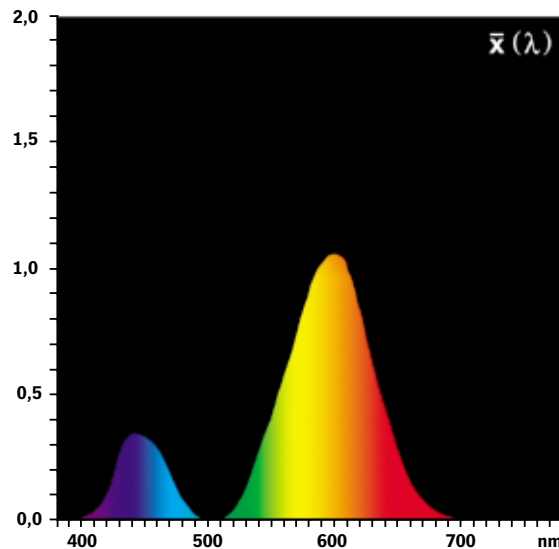
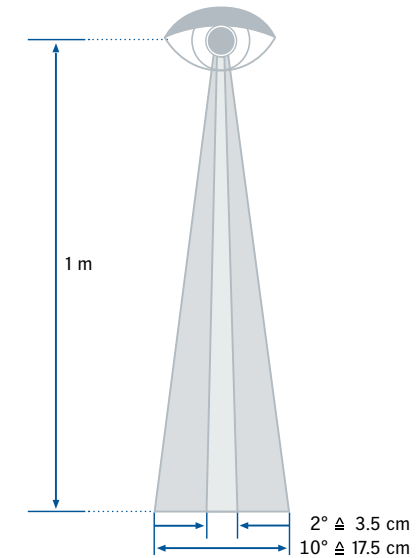
Jeder Mensch verfügt in der Netzhaut über drei Zapfenarten, die sich in ihrer spektralen Empfindlichkeit unterscheiden. Bei farbnormalsichtigen Personen ist das durch die spezielle Empfindlichkeit der Zapfen gegebene Farbempfinden annähernd gleich. Daher werden Farben nur in Ausnahmefällen unterschiedlich empfunden. Was für den einen beispielsweise noch bläuliches Grün ist, findet ein anderer bereits als grünliches Blau.

Für die Farbmeterik muss, um die individuellen Unterschiede im Farbempfinden auszugleichen, ein durchschnittlich empfindender Mensch definiert werden, der „Normalbeobachter“. Dazu wurde im Jahre 1931 eine Testreihe mit farbnormalsichtigen Personen durchgeführt.

Daraus wurden die Normspektralwertfunktionen  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  und  $\bar{z}$  abgeleitet, die von der CIE festgelegt und durch nationale und internationale Normen wie DIN 5033 und ISO 12647 verbindlich wurden.

Untersucht wurde jeweils ein Gesichtsfeld von 2 Grad. Unter „Gesichtsfeld“ im Sinne der farbmeterischen Normen versteht man den Sehwinkel, unter dem eine Farbfläche gesehen wird (siehe Abbildung rechts). Betrachtet man beispielsweise eine Fläche mit einem Durchmesser von 3,5 Zentimetern aus einer Entfernung von einem Meter, nimmt sie genau einen Sehwinkel von 2 Grad ein.

Im Jahre 1964 wurde der gleiche Test für einen Sehwinkel von 10 Grad wiederholt, und die Ergebnisse wurden ebenfalls genormt. So entstand der „Normalbeobachter 10 Grad“, der aber in der Druckindustrie nicht angewendet wird.



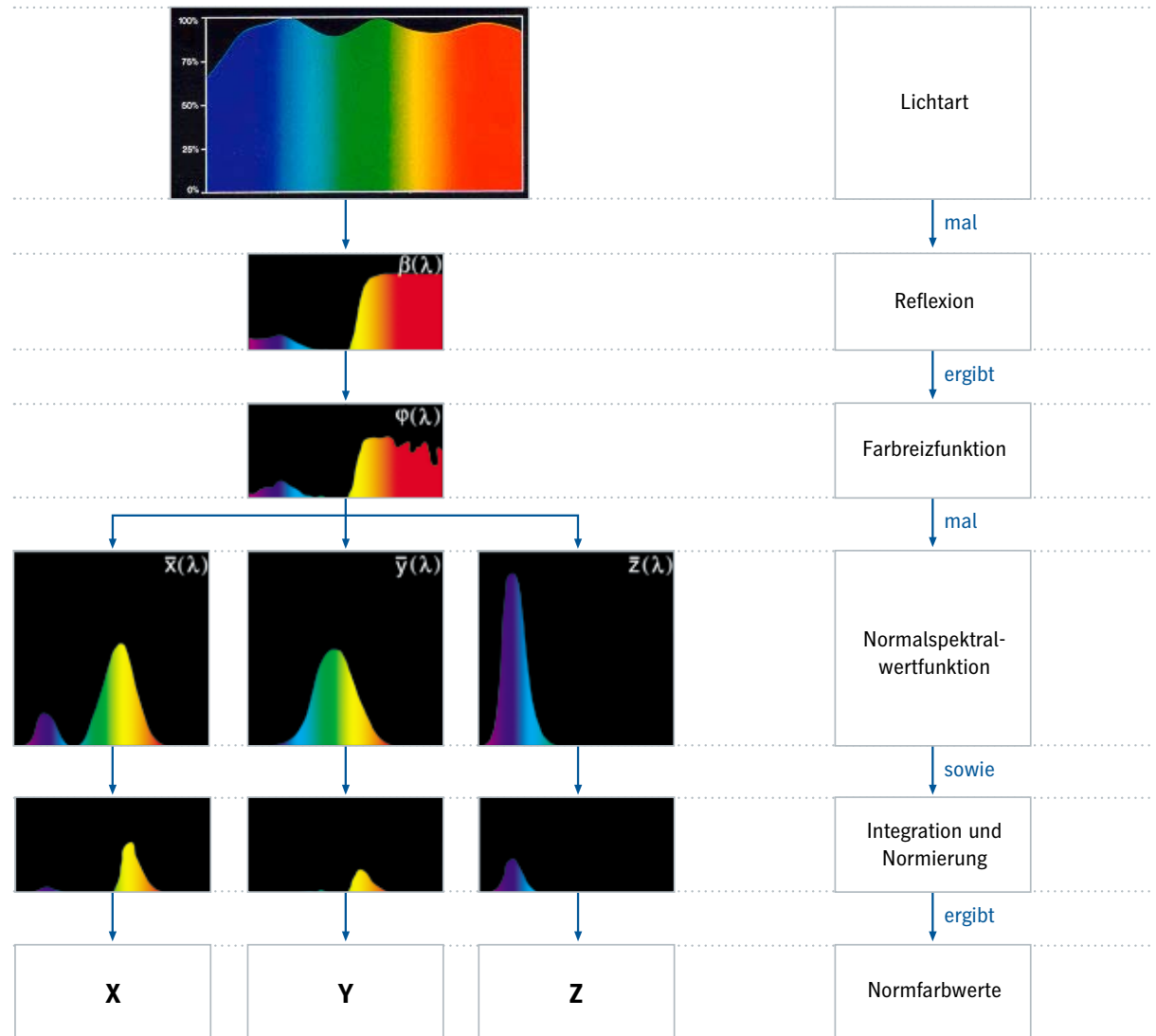
#### 4.5 Auswertung beim Spektralfotometer

Die Normfarbwerte errechnen sich aus dem Spektrum der Lichtart  $S(\lambda)$ , dem gemessenen spektralen Reflexionsgrad der Farbe  $\beta(\lambda)$  sowie den genormten Normspektralwertfunktionen  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$  und  $\bar{z}(\lambda)$  des Normalbeobachters.

Das in Klammern stehende Lambda ( $\lambda$ ) zeigt, dass die Berechnung abhängig von der Wellenlänge  $\lambda$  des Lichts durchgeführt wird. Dazu wird im ersten Rechenschritt für jede Wellenlänge  $\lambda$  (also für jede Spektralfarbe einer Lichtart) die Strahlungsfunktion der Normlichtart  $S(\lambda)$  mit den für die Farbe gemessenen Reflexionswerten  $\beta(\lambda)$  multipliziert. Das Ergebnis ist eine neue Kurve, die Farbreizfunktion  $\psi(\lambda)$ .

Im zweiten Schritt werden die Werte der Farbreizfunktion mit denen der Normspektralwertfunktionen  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$  und  $\bar{z}(\lambda)$  multipliziert. Daraus entstehen drei neue Kurven.

Aus den Flächen unter diesen Kurven werden durch Integration und Multiplikation mit einem Normierungsfaktor schließlich die Normfarbwerte X, Y und Z errechnet, mit denen sich die gemessene Farbe exakt beschreiben lässt.



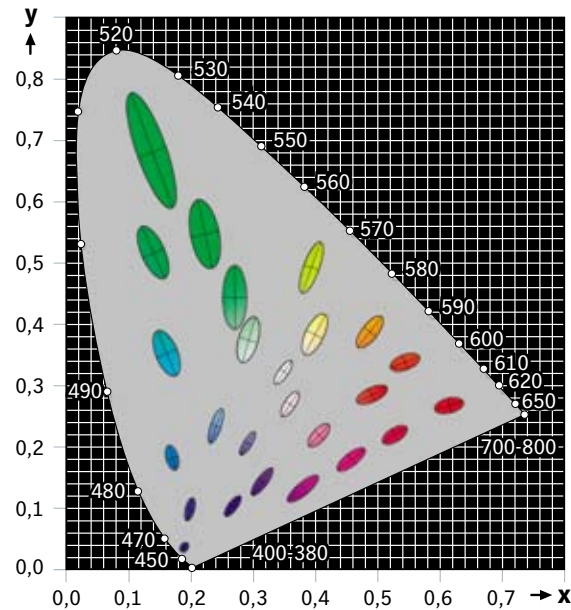
#### 4.6 Gleichabständige Farbtendifferenzen

Im Kapitel 1.4 „Farbsysteme“ wurde bereits der CIE-Farbenraum erklärt. Dieser Farbenraum hat jedoch einen gewichtigen Nachteil: Zahlenmäßig gleich große Farbabstände werden bei unterschiedlichen Farbtönen vom Menschen nicht als gleich groß empfunden.

Der Amerikaner MacAdam hat diese Tatsache in langen Testreihen untersucht, größtmäßig erfasst und dargestellt. Die Abbildung zeigt die so genannten MacAdam-Ellipsen in zehnfacher Vergrößerung. Da der CIE-Farbenraum dreidimensional ist, handelt es sich in Wirklichkeit um Ellipsoide, also ellipsenförmige räumliche Körper. Die Größe der Ellipsoide ist ein Maß für die Erkennbarkeitsschwelle von Farbabweichungen (vom jeweiligen Ellipsoidmittelpunkt aus gesehen und für den jeweiligen Farbton).

Für die praktische Anwendung bei der Bewertung von Farbabständen ist dieses System daher unbrauchbar. Es würde bedeuten, dass die zu akzeptierenden Toleranzen für jeden Farbton unterschiedlich wären. Für zuverlässige und aussagekräftige Farbabstandsbeurteilung benötigt man daher einen Farbenraum, in dem gleich empfundene Farbabstände auch zahlenmäßig gleich groß sind. Zwei solche Systeme sind CIELab und CIELUV; sie wurden durch mathematische Transformation aus dem CIE-Farbenraum entwickelt.

Die unterschiedlich großen MacAdam-Ellipsoide wurden durch diese Transformation auf annähernd gleich große Kugeln abgebildet. Auf diese Weise werden zahlenmäßig gleich große Farbabstände bei allen Farben vom Menschen auch annähernd als gleich groß empfunden.



#### 4.7. 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.

Üblicherweise wird der CIELab Farbraum als Kugel mit 3 Achsen dargestellt. Diese Achsen sind wie folgt definiert:

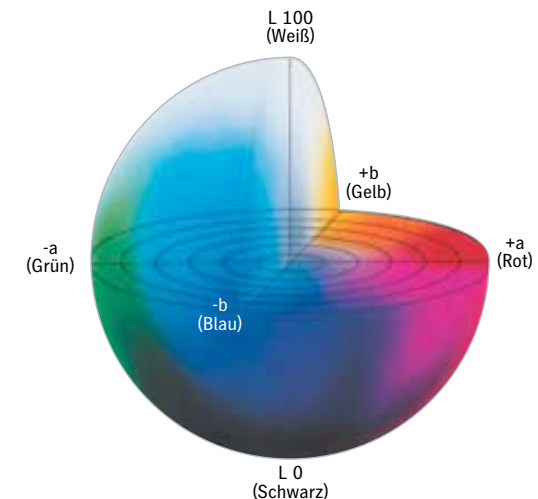
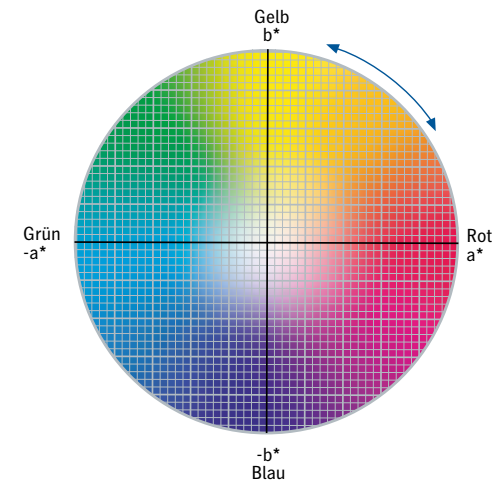
- L = Helligkeitsachse
- a = Rot-Grün Achse
- b = Blau-Gelb Achse

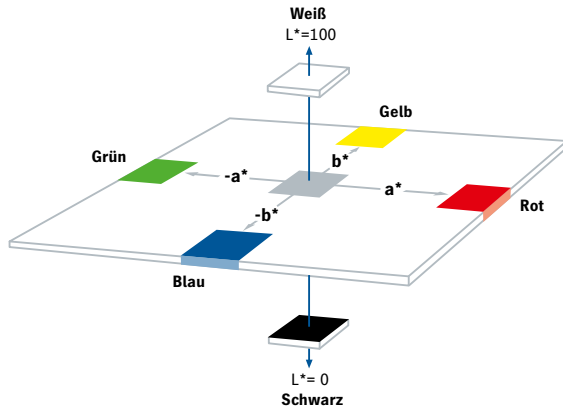
Der L-Wert bewegt sich immer zwischen 0 und 100. Dabei steht 0 für absolut schwarz und 100 für absolut weiß.

Die a + b Werte haben ihren 0 Wert in der Achsenmitte, also genau im farbneutralen Bereich. Je weiter die a und b Werte von 0 abweichen, desto bunter bzw. stärker gesättigt ist die Farbe.

Zur Gewährleistung einer eindeutigen Farbempfindung, sofern diese bei verschiedenen Menschen möglich ist, wurde ein Normalbeobachter und die Normlichtart D 50 (5000 Kelvin) definiert. Der Normalbeobachter betrachtet eine Farbprobe entweder unter einem Winkel von 10° oder 2°. Für die Druckindustrie ist nur der 2° Beobachter definiert. Den Bezug der Farbwerte auf den Normalbeobachter erkennt man an der Kennzeichnung  $L^*a^*b^*$ .

Die farbmetrische Beschreibung von Druckfarben mit CIEL\*a\*b\* Werten hat sich inzwischen durchgesetzt. Für die Prozessfarben Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz sind die Farborte in der Norm ISO 2846 festgelegt. Diese Norm definiert allerdings nur die Druckfarbe selbst unter bestimmten Druckbedingungen. Sie ist in erster Linie für die Druckfarbenhersteller maßgebend. Den zu erreichenden Farbraum im Bogenoffsetdruck definiert hingegen die Norm ISO 12647-2, basierend auf den Normdruckfarben nach ISO 2846-1.





#### 4.7.1 Der CIELab Farbabstand

Der Unterschied zwischen zwei Farben wird im  $L^*a^*b^*$ -Farbraum in  $\Delta E$  ausgedrückt. Dabei entspricht  $\Delta E^*$  1 dem kleinsten vom menschlichen Auge wahrnehmbaren Farbunterschied. Die Berechnung des Farbabstandes  $\Delta E^*$  erfolgt nach folgender Formel:

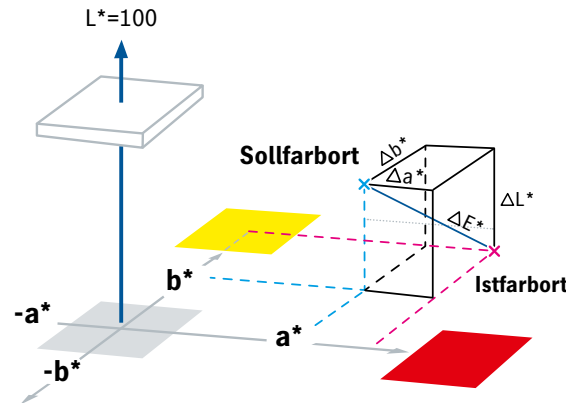
$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

Die Werte  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  und  $\Delta b^*$  sind jeweils die Differenzen zwischen Ist- und Sollwert. Sie entsprechen den Abständen der auf den 3 Achsen projizierten Farborte.

Beispiel	vorgegebener Sollfarbort	gemessener Istfarbort
$L^*$	70,0	75,3
$a^*$	55,0	51,2
$b^*$	54,0	48,4

$L^* = 75,3$  bedeutet, dass es sich um eine helle Farbe handelt, deren Position mit  $a^* = 51,2$  und  $b^* = 48,4$  zwischen Gelb und Rot liegt. Im vorliegenden Beispiel handelt es sich also um ein helles Gelbrot oder Orange.

Der vorgegebene Sollfarbort und gemessene Istfarbort weichen voneinander ab.



Nachfolgend ein Beispiel zur Berechnung des Farbabstandes zwischen Soll- und Istwert

Die Berechnung ergibt:

$$\Delta L^* = 75,3 - 70,0 = 5,3$$

$$\Delta a^* = 51,2 - 55,0 = -3,8$$

$$\Delta b^* = 48,4 - 54,0 = -5,6$$

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{5,3^2 + (-3,8)^2 + (-5,6)^2} = 8,6$$

Entsprechend ihrer Sichtbarkeit können Farbschwankungen wie folgt eingestuft werden:

- $\Delta E$  zwischen 0 und 1 normaler Weise nicht sichtbare Abweichung
- $\Delta E$  zwischen 1 und 2 sehr kleine Abweichung; nur von einem geschulten Auge erkennbar
- $\Delta E$  zwischen 2 und 3,5 mittlere Abweichung; auch von einem ungeschulten Auge erkennbar
- $\Delta E$  zwischen 3,5 und 5 deutliche Abweichung
- $\Delta E$  über 5 starke Abweichung

### Farbmetrische Werte von Bogenoffset Druckfarben gemäß ISO2846-1

Farbe	CIELab Werte			Toleranzen			
	L*	a*	b*	$\Delta E^*_{ab}$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	L*
Gelb	91,0	-5,1	95,0	4,0	-	-	-
Magenta	50,0	76,0	-3,0	4,0	-	-	-
Cyan	57,0	-39,2	-46,0	4,0	-	-	-
Schwarz	18,0	0,8	0,0	-	1,5	3,0	$\leq 18,0$

### Farbmetrische Volltonwerte im Bogenoffsetdruck gemäß ISO12647-2:2004 Amd1:2007 für den Auflagedruck, gemessen auf schwarzer Unterlage

Papierklasse	1+2	3	4	5
	L*/a*/b*	L*/a*/b*	L*/a*/b*	L*/a*/b*
Schwarz	16/0/0	20/0/0	31/1/1	31/1/2
Cyan	54/-36/-49	55/-36/-44	58/-25/-43	59/-27/-36
Magenta	46/72/-5	46/70/-3	54/58/-2	52/57/2
Gelb	87/-6/90	84/-5/88	86/-4/75	86/-3/77
Rot (informativ)	46/67/47	45/62/39	52/53/25	51/55/34
Grün (informativ)	49/-66/24	47/-60/25	53/-42/13	49/-44/16
Blau (informativ)	24/16/-45	24/18/-41	37/8/-30	33/12/-29

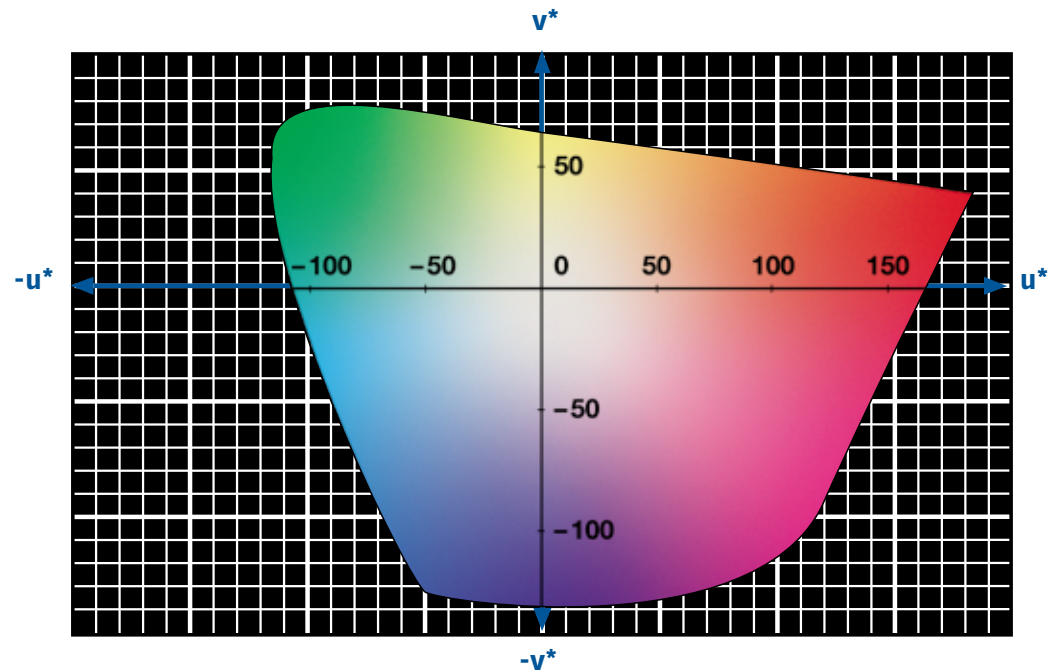
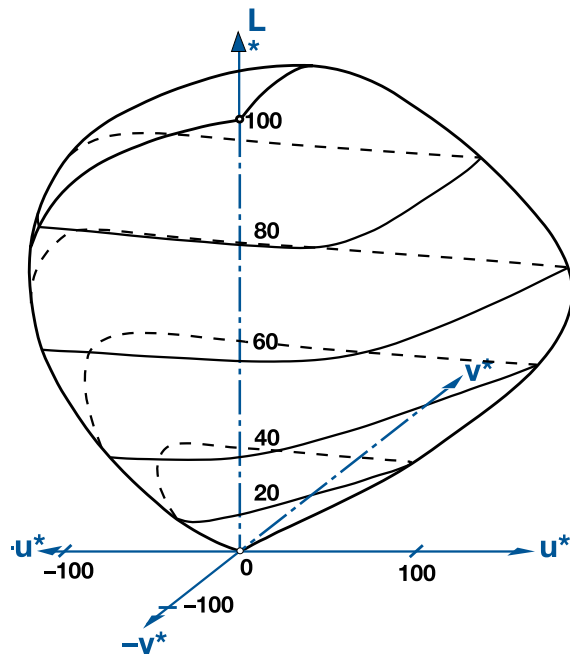
#### 4.7.2 CIELUV

Auch der CIELUV-Farbenraum wurde durch Transformation aus dem CIE-Farbenraum hergeleitet. Die drei Koordinatenachsen werden mit  $L^*$ ,  $u^*$  und  $v^*$  bezeichnet.

Da CIELUV-Farbenraum und CIELab-Farbenraum durch unterschiedliche Transformationen entstehen, unterscheiden sie sich auch in ihrer Form. Beide werden für Körperfarben verwendet.

Die Abbildung zeigt einen Schnitt durch den CIELUV-Farbenraum für Körperfarben bei einer Helligkeit von  $L^* = 50$ . Der grüne Bereich ist im CIELUV-Farbenraum weiter nach innen verlagert als im CIELab-Farbenraum; zudem ist der blaue Bereich vergrößert.

Der CIELUV-Farbenraum wird häufig für die Lichtfarbenermittlung von Farbbildschirmen (beispielsweise von Scannern oder Computern) eingesetzt. Sein Vorteil liegt in der Linearität der Transformation, sodass alle Gesetzmäßigkeiten des CIE-Farbenraumes unverändert gelten. (Dies ist beim CIELab-Farbenraum nicht der Fall.)



### 4.7.3 CIELCH

Man spricht vom CIELCH, wenn im CIELab- oder CIELUV-Farbenraum anstelle der kartesischen Koordinaten  $a^*$ ,  $b^*$  bzw.  $u^*$ ,  $v^*$  die Polarkoordinaten  $C$  (Entfernung vom Zentrum) und  $h$  (Winkel) verwendet werden. Es handelt sich also nicht um einen zusätzlichen Farbenraum.

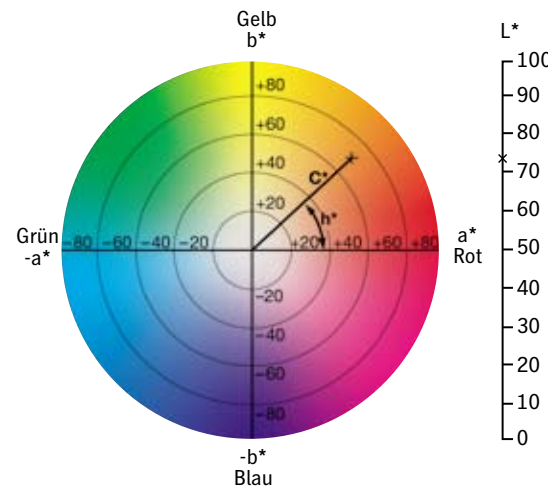
Bei CIELUV ist die Berechnung entsprechend.

**Istfarbort:**  $L^* = 75,3$   
 $C^* = 70,5$   
 $h^* = 43,4^\circ$

Die Helligkeit  $L^*$  bleibt unverändert bestehen.

Die Buntheit  $C^*_{ab}$  wird errechnet nach  $C^*_{ab} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ .

Der Bunttonwinkel  $h^*_{ab}$  ergibt sich aus  $h^*_{ab} = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$ .



### 4.7.4 CMC

CMC, eine auf dem CIELab-Farbenraum basierende Farbabstandsbewertung, wurde 1988 in Großbritannien vom Farbmesskomitee der Gesellschaft der Färber und Maler („The Colour Measurement Committee of the Society of Dyers and Colourists“ [CMC]) entwickelt. Sie beschreibt nicht (wie CIELab oder CIELUV) die Wahrnehmung von Farbabweichungen, sondern ihre Akzeptanz durch den Betrachter.

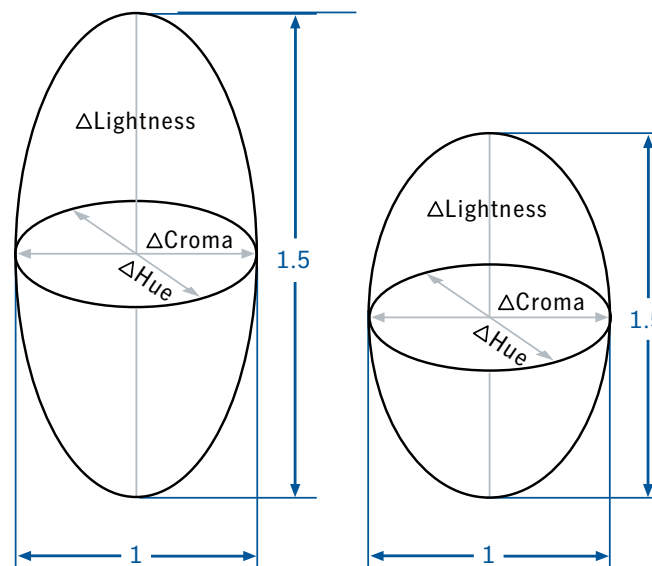
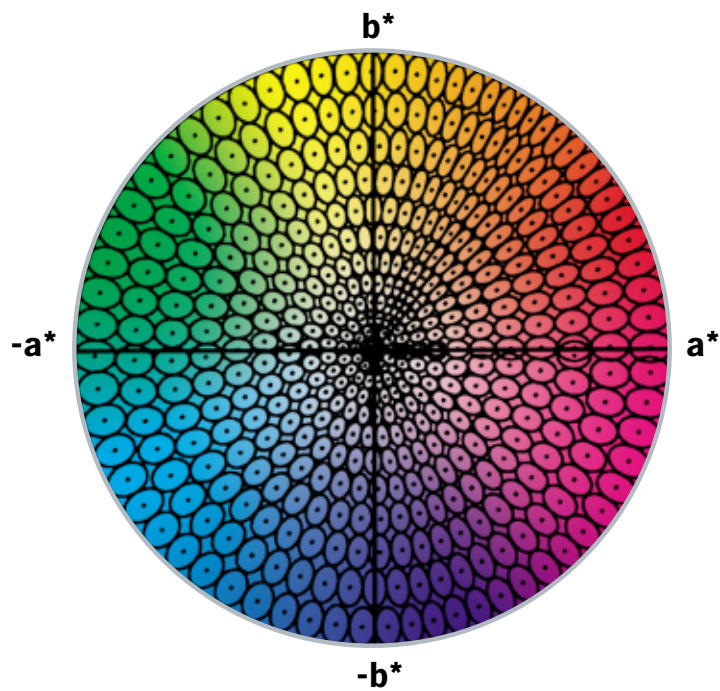
Im Allgemeinen werden nämlich Farbschwankungen nahe der Helligkeitsachse als viel störender empfunden als in gesättigten Farben. Ebenso werden Schwankungen in der Buntheit (Sättigung) viel eher toleriert als im Bunttonwinkel.

Die Abbildung auf Seite 46 verdeutlicht das Prinzip der CMC-Farbabstandsbewertung im CIELab-Farbenraum. Jede Ellipse zeigt die Farborte mit konstantem Farbabstand nach der CMC-Formel, bezogen auf den Kreismittelpunkt (Sollfarbort).

Man erkennt deutlich, dass die Ellipsen (die Toleranzbereiche im CMC-Farbenraum) im Unbuntbereich kleiner sind als im Bereich hoher Sättigung. Zudem sind sie so geformt, dass die zulässigen Abweichungen im Bunttonwinkel kleiner sind als in der Buntheit. Sie ermöglichen zudem eine individuelle Anpassung für die Bewertung von Helligkeits- und Farbtonabweichungen. Diese Anpassung erfolgt durch zwei Gewichtungsfaktoren l und c. (l ist dabei der Gewichtungsfaktor für die Helligkeit; der Gewichtungsfaktor c für den Farbton ist in der Regel gleich 1).

Die Textilindustrie arbeitet häufig mit einem Verhältnis der Gewichtungsfaktoren  $l : c = 2 : 1$ ; dies bedeutet, dass Helligkeitsabweichungen um den Faktor zwei eher akzeptiert werden als Farbtonabweichungen.

Dieses Verhältnis kann der jeweiligen Anwendung angepasst werden. Dies hat aber zur Folge, dass die Werte für Farbabstände nur in Verbindung mit den Gewichtungsfaktoren aussagekräftig und vergleichbar sind.



Lightness = Helligkeit  
 Croma = Buntheit  
 Hue = Bunttonwinkel

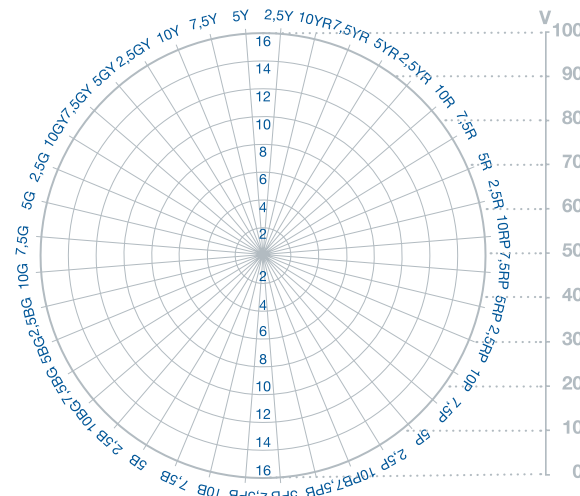
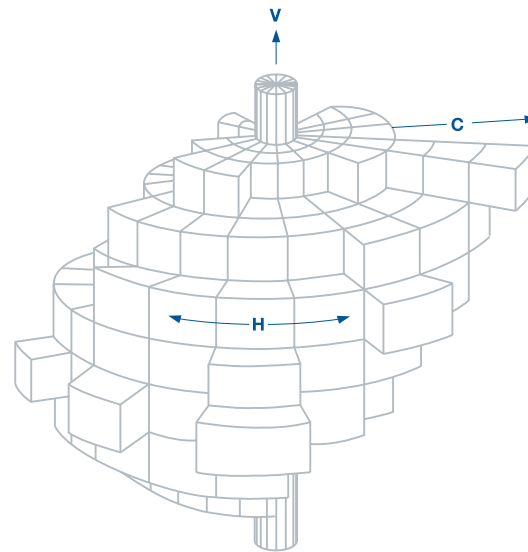
#### 4.8 Munsell

Munsell entwickelte schon 1905 ein empfindungsgemäß gleichabständiges Farbenordnungssystem. In diesem sind die Farben nach Farbton (Hue), Helligkeit (Value) und Buntheit (Croma) geordnet. Basisfarbtöne sind Rot, Gelb, Grün, Blau und Purpur. 1915 wurde es als „Munsell Book of Color“ für 40 Farbtöne, Lichtart C sowie glänzende und matte Muster veröffentlicht.

Die fünf Basisfarbtöne sind ihrerseits in bis zu 100 geradzahlige Farbtöne unterteilt, von denen jeder 16 Buntheits- und 10 Helligkeitsstufen aufweist. Die Abbildung zeigt einen Querschnitt durch den Farbkörper für 40 Farbtöne. Da bei verschiedenen Farben und Helligkeitsstufen nicht alle Felder belegt sind, ergibt sich ein unregelmäßiger Farbkörper.

Die Munsell-Koordinaten sind nicht in CIE-Koordinaten umrechenbar.

Weitere Farbordnungssysteme sind die DIN-Farbenkarte (DIN 6164), das „Natural Colour System“ NCS, das OSA-System (der Optical Society of America) und das RAL-Designsystem (RAL-DS).



# 5 Anwendungen der Farbmeterik

## 5.1 Spektralverfahren

Beim Spektralverfahren wird das sichtbare Spektrum zum Beispiel von 380 bis 730 Nanometer gemessen. Dabei wird das von einer Druckfarbe reflektierte Licht durch ein Beugungsgitter oder andere Techniken in seine spektralen Bestandteile zerlegt und von einer Vielzahl von Sensoren erfasst.

Aus den gemessenen Remissionen werden die Normfarbwerte X, Y und Z errechnet. Dazu sind im Rechner die Normspektralwertfunktionen x, y und z abgespeichert. Da diese Funktionen nicht durch Glasfilter nachgebildet werden müssen, ist die Absolutgenauigkeit von Spektralfotometern sehr hoch.

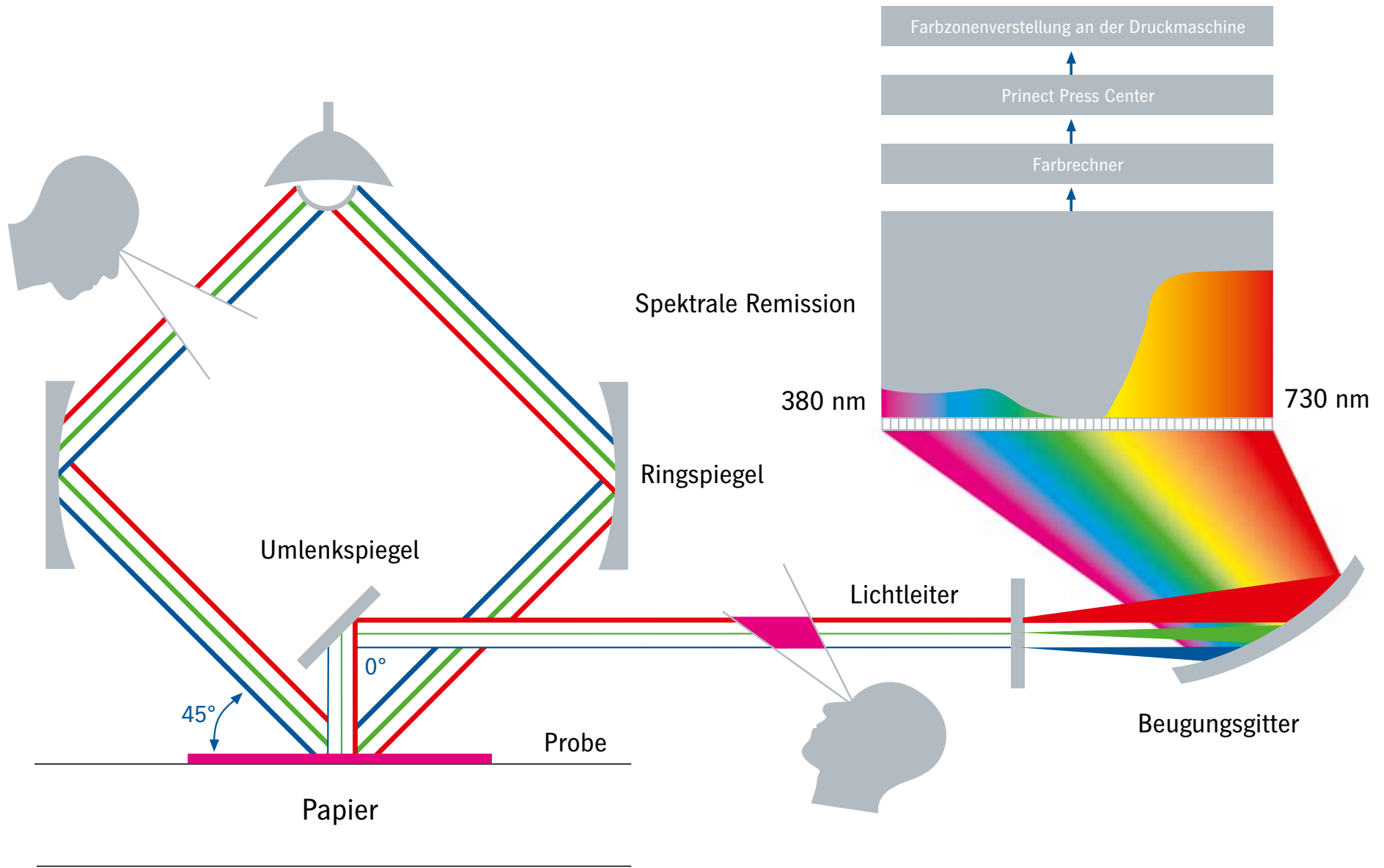
Ein wichtiger Vorteil des Spektralverfahrens – neben der hohen Absolutgenauigkeit – ist die Tatsache, dass Spektralfotometer die Normfarbwerte prinzipiell für alle genormten Lichtarten und Beobachter ausgeben können, sofern die entsprechenden Werte gespeichert sind. Sie können zudem Farbdichten für beliebige Filternormen berechnen.

Farbenfabriken müssen sich bei Farbanreibungen exakt nach Vorgaben richten. Dies ist sehr wichtig bei den genormten Farben (ISO 2846-1), aber auch bei HKS-Farben und allen Sonderanreibungen. Dazu wird das Muster mit dem Spektralfotometer gemessen und das Mischungsverhältnis für die Druckfarbe über ein entsprechendes Rezepturprogramm berechnet.

Das Messprinzip eines Spektralfotometers ist in dem Schema auf der rechten Seite dargestellt.

Zunächst wird das beleuchtende Licht unter einem Einfallswinkel von  $45^\circ$  auf die gedruckte Probe geleitet. Das unter einem Winkel von  $0^\circ$  reflektierte Licht wird über einen Umlenkspiegel und einen Lichtleiter (Glasfaserkabel) aus dem Messkopf in das Spektralfotometer weitergeleitet. Dort wird es mit Hilfe eines Beugungsgitters (ähnlich wie mit einem Prisma) in seine Spektralfarben zerlegt.

Fotodioden messen die Strahlungsverteilung im gesamten sichtbaren Spektrum (zwischen 380 und 730 Nanometer) und leiten die Ergebnisse an einen Computer weiter. Dort werden die Messwerte farbmetrisch bewertet und als Lab-Werte ausgegeben. Nach einem Vergleich der gemessenen Werte mit zuvor eingegebenen Sollwerten errechnet das Messsystem relative Nachführempfehlungen für die jeweiligen Farben und übergibt diese an die Druckmaschinensteuerung Prinect Press Center®. Dort werden die Daten in absolute Verstellempfehlungen der einzelnen Farbzonenmotoren umgerechnet und an diese übertragen.



## 5.2 Druckkontrollstreifen

Passend zu allen farbrelevanten Prinect Produkten bietet Heidelberg auch eine Bibliothek digitaler Druckkontrollelemente (Dipco – Digital Print Control Elements) an. Dieses umfassende Paket enthält alle erforderlichen digitalen Elemente, um die in den einzelnen Prozessschritten erzielten Ergebnisse, beginnend von der Druckvorstufe bis zum Druck, beherrschen und prüfen zu können. Welcher Druckkontrollstreifen verwendet wird, hängt in erster Linie von der Farblichkeit des jeweiligen Auftrages ab. In den Prinect Farbmesssystemen sind alle verwendbaren Streifen hinterlegt. Sie werden entweder vom Drucker manuell oder im Prinect Farbworkflow mit Prinect Image Control automatisch ausgewählt. Prinect Inpress Control identifiziert den Typ und die Lage des Druckkontrollstreifens auf dem Bogen vollautomatisch über Synchronisationsmarken. Bei Prinect® Axis Control® genügt die Angabe, wo der Streifen ungefähr auf dem Bogen liegt. Die ermittelten Messergebnisse jedes einzelnen Elementes des Druckkontrollstreifen werden mit gespeicherten Sollwerten der Farbmesssysteme verglichen. Aus dem Soll-Ist-Vergleich berechnen die Prinect Farbmesssysteme anschließend die notwendigen Verstellempfehlungen für die einzelnen Farbzonen in den jeweiligen Druckwerken.

Hinweis zur Montage der Druckkontrollstreifen

- Keine schräge Montage auf dem Druckbogen, Montage parallel zur Papierkante

- Ausgehend von der Bogenmitte den Druckkontrollstreifen montieren
- Durchgängige Montage – keine abgesetzten Messfelder / Perioden
- Richtige Auswahl in Bezug auf den Druckjob (nur Skalenfarben, Skalenfarben mit Sonderfarben, nur Sonderfarben)
- Richtige Auswahl in Bezug auf das anschließende Messen und Regeln mit Farbmesssystemen
  - Vollton- / Graufeldregelung
  - nur Volltonregelung
- Richtige Auswahl in Bezug auf die zu bewertenden Tonwertfelder

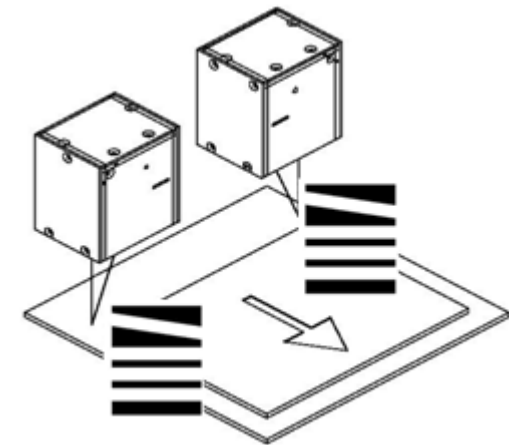
Für eine normgerechte Tonwertmessung und zur besseren Anpassung der Druckkennlinie immer Streifen mit 40 % und 80 % Tonwertfeldern verwenden.

- Druckkontrollstreifen in der Höhe + Breite nicht verkleinern oder vergrößern
- Platzierung in Bezug auf die Maschinengreifer beachten
- Druckbogen-, Vorderkanten-, Hinterkanten- oder Mittenplatzierung (S/W-Druck)
- Beim Einsatz von Prinect Farbmesssystemen den Druckkontrollstreifen nicht direkt an das Drucksujet platzieren (ca. 1mm Abstand zum Sujet, bei Prinect Inpress Control 0,5 mm)

Beim Einsatz von Prinect® Axis Control® links und rechts neben dem Messstreifen 5 mm Papierweiß freilassen und das erste und letzte Messfeld darf nicht angeschnitten und muss ein Volltonfeld sein.

Beim Prinect Inpress Control ist unbedingt darauf zu achten, dass sich die Synchronisationsmarken im druckbaren Bereich befinden!

Die Messfeldgröße der einzelnen Elemente des Druckkontrollstreifens beträgt in der Höhe entweder 4 mm oder 6 mm und in der Breite 3,25 bzw. 5 mm. In direktem Bezug auf die Farbzonbreite aller Speedmaster® Maschinen (32,5 mm) bedeutet dies, dass sich innerhalb von zwei Farbzonen entweder 13 oder 20 einzelne Messfelder befinden.



Spezielle Sensoren im Registermesskopf des Prinect Inpress Control erkennen vollautomatisch den Druckkontrollstreifen



### 5.3 Farbregelung mit Heidelberg

#### 5.3.1 Farbmess- und -regelsysteme von Heidelberg

Grundsätzlich bietet Heidelberg ausschließlich Geräte auf Basis der spektralen Messung und farbmetrischen Regelung an. Die ermittelten Färbungsdifferenzen werden online an das Steuerpult der Maschine übertragen und dort in Verstellschritte der Farbzonen umgerechnet. Der Bediener entscheidet, ob die notwendige Verstellung der Farbzonen an der Druckmaschine automatisch nach Beendigung des Messvorgangs ausgeführt werden soll oder ob die Freigabe manuell per Knopfdruck geschehen soll.

Alle Geräte können im Druckkontrollstreifen Volltonflächen, Rastertöne, Schieben und Dublieren messen und anzeigen. Alle erforderlichen Druckkontrollstreifen sind im Lieferumfang enthalten (DIPCO).

**Prinect Axis Control** • In das Steuerpult der Druckmaschine integriertes Messgerät mit motorischer Verföhrung des Messkopfes in X- und Y-Richtung. Absolute Planlage des Druckbogens auch bei starker Grammaturn durch Vakuumanfangung. Bedienung über den Touch-Monitor des Prinect Press Center.



Prinect Axis Control

**Prinect Image Control** • Stalalone Messgerät zum Anschluss an bis zu 4 Heidelberg Druckmaschinen. Absolute Planlage des Druckbogens auch bei starker Grammaturn durch Vakuumanfangung. Bedienung über eigenen Touch-Monitor. Graufeldregelung, Messung und Regelung des gesamten Druckbildes, Color Management, Prozesskontrolle, Mini Spot Workflow, Nutzenübernahme im Druckbogen oder von separater Vorlage, integrierte Farbdatenbank mit den L\*a\*b\*-Werten von Pantone und HKS.



Prinect Image Control

**Prinect Inpress Control** • In die Druckmaschine integriertes Messgerät. Automatisches Erkennen des Druckkontrollstreifens. Messung in allen Geschwindigkeitsbereichen. Zusätzliches Beistellpult mit Handspektrometer zum Messen von Papierweiß und Farbmustern.



Prinect Inpress Control

### 5.3.2 Farbmetrische Regelungsarten

Mit den Heidelberg Farbmess- und -regelsystemen kann unter 3 Farbregearten gewählt werden:

- farbmetrisch nach Vollton
- farbmetrisch nach Graufeld \*
- farbmetrisch im Bild \*\*

Bei der farbmetrischen Regelung unterscheidet man ursprünglich zwei Regelungsarten: zum einen die Volltonregelung in einem Druckkontrollstreifen (für Prozess- und Sonderfarben), zum anderen die Graufeldregelung, welche ein autotypisch aufgebautes Graufeld (CMY) sowie die einzelnen Volltöne und Rasterfelder der Buntfarben erfasst.

Heidelberg hat eine dritte Regelungsart – die Bildmessung – hinzugefügt. Heidelberg Prinect Image Control ist weltweit das erste Gerät, das im Sujet, also über den gesamten Druckbogen, messen kann und auf Basis der Bilddaten die Farbzonen regelt. Damit wird gemessen, was später verkauft wird.

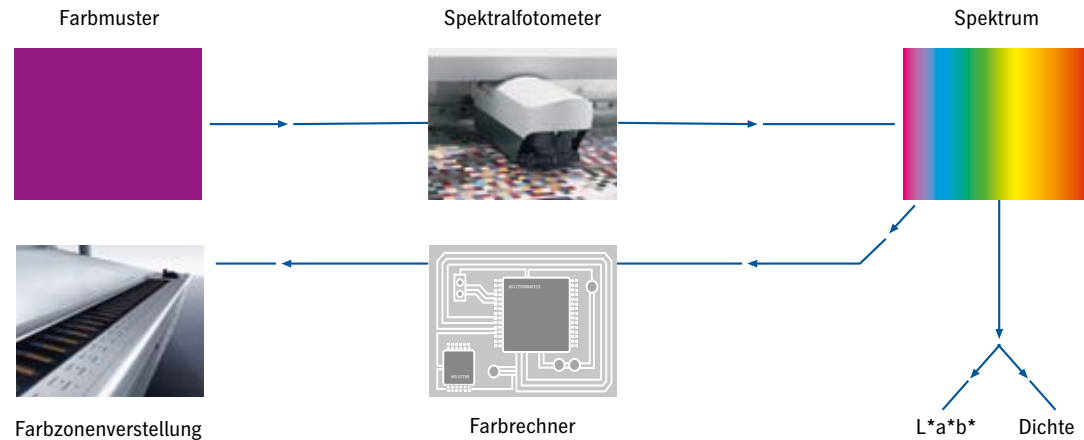
Allen drei Regelungsarten liegt ein farbmetrischer Sollwert zugrunde. Durch diese Regelung wird erreicht, dass das Druckergebnis optimal an den Sollwert herangeführt wird: Die farbliche Übereinstimmung zwischen Auflage und Sollbogen ist somit das Maß aller Dinge. Der farbmetrische Ansatz bei den Farbmesssystemen von Heidelberg besagt, dass man sich einer Messtechnik bedient, welche der Wirkungsweise des menschlichen Auges und dessen Empfindung von Farbe nachgebildet ist, und dass dabei die empfundene Färbungsdifferenz zwischen einem Auflagebogen und dem OK-Bogen regelungstechnisch minimiert wird.

\* Nicht bei Prinect Inpress Control

\*\* Nur bei Prinect Image Control

### 5.3.3 Voraussetzungen für Messen und Regeln an der Druckmaschine

Bevor auf die Funktionsweise der Messgeräte eingegangen wird, sollen zunächst die wichtigsten Voraussetzungen beschrieben werden, die für ein verlässliches Messen und Regeln notwendig sind. Im Vordergrund stehen dabei die Farbvoreinstellung und der Farbeinlauf. Die Farbvoreinstellung wird im Wesentlichen von den Flächendeckungswerten auf der Druckform, also vom zu druckenden Motiv, und von den Materialparametern – das sind Kennlinien, die im Steuerstand der Druckmaschine hinterlegt sind – bestimmt. Idealerweise werden für die Ermittlung der Flächendeckungswerte CIP4-PPF-Daten aus der Druckvorstufe verwendet, die online oder mit einem Speichermedium an die Druckmaschine übertragen werden. Ziel der Farbvoreinstellung ist, dass die Färbung bei Druckbeginn schon möglichst nahe am gewünschten Sollwert liegt. Dazu werden pro Farbwerk in jeder Zone entsprechend dem zu erwartenden Farbverbrauch die Farbzoneneröffnungen und die Farbstreifenbreiten (Duktorhub) eingestellt. Die Farbvoreinstellung übersetzt dabei anhand der Kennlinien die Flächendeckungswerte in Farbzoneneröffnungen. Ein oftmals unterschätzter Faktor ist der so genannte Farbeinlauf. Bei diesem wird, noch bevor der erste Bogen gedruckt wird, die Menge an Druckfarbe in das Farbwerk gebracht, die sich später im Fortdruck bei stabilem Farbwerk einstellen soll. Denn es gilt grundsätzlich: Was man vorher gut einstellt, muss man später nicht nachregeln. Bei Druckbeginn bestimmen die oben beschriebenen Prozessschritte die voreingestellte Färbung und somit den Startpunkt einer Farbmessung und Regelung.



### 5.3.4 Arbeitsweise der Heidelberg Farbmess- und -regelsysteme

Prinzipiell verwendet Heidelberg für alle Farbmesssysteme Spektralfotometer, unabhängig davon, ob Farbdichte oder  $L^*a^*b^*$ -Werte ausgegeben werden. Die gemessenen Spektren werden an den geräteinternen Rechner übergeben, wo aus den Spektren die gewünschten Werte berechnet werden. Diese Farbwerte bilden die Grundlage der farbmétrischen Regelung, d. h. die Verstellempfehlungen für die Farbzoneneöffnungen werden mittels eines Farbmodells direkt berechnet, welches die Färbungsänderung einer Farbe bei Änderung der Schichtdicke modelliert.

Für eine Regelung ist es notwendig, dass die Spektralwerte im Messgerät als Sollwerte hinterlegt sind. Werkseitig sind in den Prinect Farbmessgeräten die Sollwerte für die Pantone und HKS-Sonderfarben hinterlegt.

Für Skalenfarben (4C), hochpigmentierte und sonstige Farben sind keine Spektralwerte hinterlegt. Grund hierfür sind einerseits die Vielzahl der in der Praxis verwendeten Farbsorten sowie andererseits die sich oftmals deutlich voneinander unterscheidenden Skalenfarben. Somit muss für die letztgenannten Farben der Spektralwert anhand eines Druckmusters (Vollton) vom Drucker eingemessen werden. Daraus resultiert der neue Sollfarbort. Dieser Vorgang ist in der Praxis in wenigen Minuten erledigt und bietet den Vorteil, dass jetzt Sollwerte erzeugt werden, die mit der in der Druckerei verwendeten Farbe auch real erreichbar sind. Auch ist eine Qualitätskontrolle von Farbtonabweichungen möglich, beispielsweise bei unterschiedlichen Farbchargen.

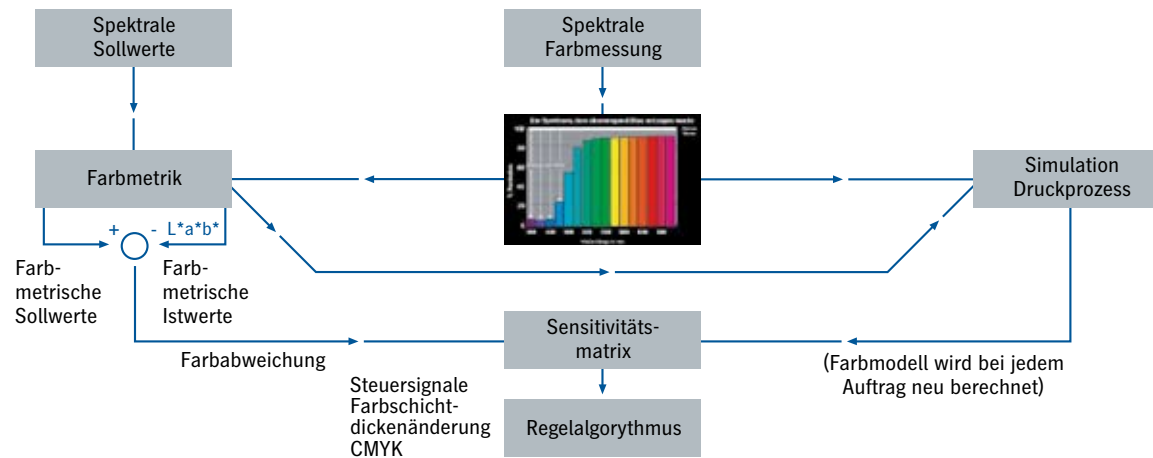
### 5.3.5 Sollwertermittlung anhand eines praktischen Beispiels

Eine Druckerei möchte gemäß dem Standard ISO 12647-2 drucken. In diesem Standard sind neben der Tonwertzunahme auch die farbmétrischen Sollwerte als  $CIE-L^*a^*b^*$ -Werte angegeben, welche die Basis für die Sollfärbung im Druck sind. Aufgrund verschiedener Einflussfaktoren können die  $CIE-L^*a^*b^*$ -Werte nie 100-prozentig erreicht werden, weshalb auch Toleranzen für die einzelnen Prozessfarben und für den Auflagedruck angegeben sind. Für den Drucker ist es wichtig zu wissen, wie weit er bestmöglichst mit seiner verwendeten Druckfarbe an den Sollwert herankommt.

Für die Ermittlung des Zielwertes (= Auflagenstandard) gibt es zwei praktische Wege:

1. Erstellung einer Färbungsreihe von Unter- zu Überfärbung und anschließendes Ausmessen der Druckbogen. Der Druckbogen, der die geringste  $\Delta E$ -Abweichung zum Sollwert aufweist und innerhalb der zulässigen Toleranz liegt, ist als Standard für das Messsystem geeignet.
2. Laborandruck auf Auflagenpapier durch den Farblieferanten anfertigen lassen. Diesen Andruckstreifen als Standard in das Messsystem einlesen.

## Umrechnung der Färbungsabweichungen in Verstellempfehlungen der Farbzonen und Regeln im Druck



### 5.3.6 Messen und Regeln im Druck

Nach erfolgter Festlegung der Zielwerte kann mit der Auflagenmessung begonnen werden. Der erste Abzug liefert auch die ersten Istwerte, die nicht allzu weit vom Zielwert entfernt sein sollten. Aufgabe der Regelung ist es nun, die Farbzoneneröffnungen, d. h. die Schichtdicken der Farbe, so anzupassen, dass die Zielfärbung möglichst schnell erreicht wird.

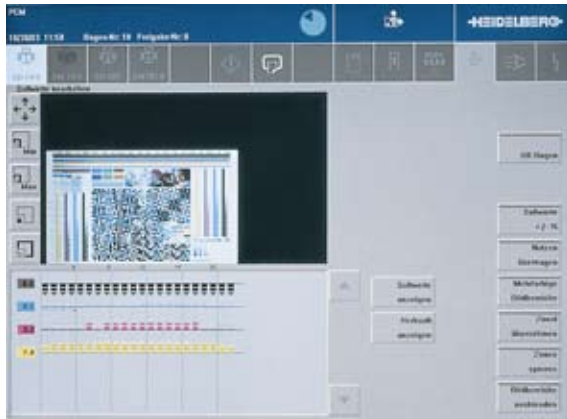
Diesem auf den ersten Blick einfachen Mechanismus liegt ein Farbmodell zugrunde, welches das Färbungsverhalten der verwendeten Druckfarbe bei Änderung der Schichtdicke beschreibt. Die Farbmessung allein sagt lediglich, wo man sich aktuell im Farbraum befindet (Istwert) und wo man hin soll (Soll- / Zielwert), sie sagt aber nicht, wie das geschehen soll. Das ist

allerdings auch nicht Aufgabe der Farbmessung, sondern des Farbmodells, das der Regelung zugrunde liegt. Es kann berechnen, wie sich die Färbung verändert, wenn z. B. die Schichtdicke der Farbe um 5 % erhöht wird. Wenn man die Schichtdicke auf dem Papier verändert, ändert sich natürlich auch der optische Eindruck. Stellt man sich eine Färbungsreihe von ganz wenig Farbe bis zur vollen Sättigung im CIE- $L^*a^*b^*$ -Farbraum vor, so entsteht eine Linie, die nicht nur in der Helligkeit variiert, sondern auch in ihrer Lage auf der a- und b-Ebene. Diese Linie nennt man Färbungslinie. Bei der Regelung des Volltons sind die erreichbaren Farborte durch die Pigmentierung und das verwendete Papier festgelegt. Das Farbmodell kann berechnen, bei welcher Schichtdicke die optimale Annäherung an den Sollwert zustande kommt und wo dieser Zielort im Farbraum liegt.

### 5.3.7 Wie die Farbmessung hilft

In der Praxis bedeutet das, dass der Drucker auf einen Blick sieht, ob er sein gewünschtes Färbungsergebnis erzielen kann oder nicht. Sind alle Parameter innerhalb des Druckprozesses optimal aufeinander abgestimmt, kann man davon ausgehen, dass er es erreicht. Ändern sich die Druckbedingungen z. B. durch Verschwärzlichen der Buntfarben im Auflagenruck, so kann es zu signifikanten Farbtonabweichungen kommen. Hier hilft die Farbmessung als Indikator, ob auch unter diesen Bedingungen das gewünschte Färbungsergebnis weiterhin im Rahmen der Toleranz zu erreichen ist oder ob Eingriffe wie das Waschen der Farbwalzen notwendig werden. Ebenso zeigt das Farbmesssystem bei Verwendung einer anderen Druckfarbe, schon beim ersten Abzug an, ob die erreichbare Färbung innerhalb der Toleranz ist oder nicht. Dies kann dann passieren, wenn unter Verwendung eines einmal hinterlegten Sollwertes mit einem anderen Farbtyp (Hersteller) gearbeitet wird. Es kann auch vorkommen, dass unterschiedliche Farbchargen vom selben Typ zwar immer denselben CIE- $L^*a^*b^*$ -Wert erreichen, jedoch bei unterschiedlichen Dichten. Würde man nur nach Solldichten drucken, könnte der optische Eindruck hinterher trotzdem ein anderer sein. Das ist unter anderem der Grund, warum man im ISO-Standard auf die Angabe von Solldichten verzichtet.

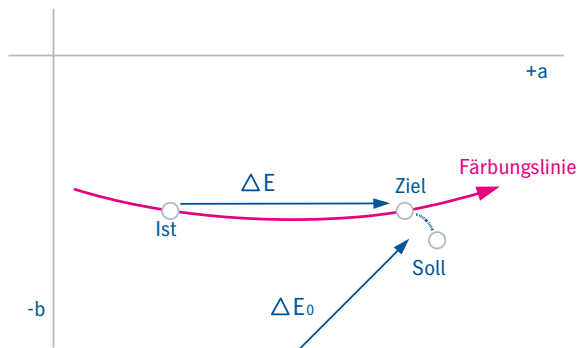
## Darstellung der Messung am Prinect Image Control



Der Drucker sieht auf einen Blick, wo Farbe geregelt werden muss.



Die schwarze Linie zeigt die Sollfärbung. Die Balken zeigen die Unter- bzw. Überfärbung pro Farbzone an.



Beispiel einer Färbungslinie im CIELab-Farbraum.

## 5.3.8 Zusammenfassung

Der große Vorteil der farbmimetrischen Regelung besteht darin, das Druckergebnis immer möglichst nahe an den gewünschten optischen Farbeindruck der Vorlage heranzuführen. Als Resultat wird immer zweierlei angezeigt: den noch auszuregelnden Farbabstand  $\Delta E$  bis zum Zielfarbart als bestmögliche Annäherung an den Sollwert und den nicht ausregelbaren Farbabstand  $\Delta E_0$ , der immer als Färbungsdifferenz zwischen Soll- und Istwert verbleibt. Die farbmimetrische Bewertung entspricht dem Empfinden des menschlichen Auges, mit dem zusätzlichen Vorteil, von subjektiven Einflüssen und variierenden Umfeldeinflüssen unabhängig zu sein und stattdessen objektive Ergebnisse zu liefern. Die Messdaten lassen sich abspeichern und protokollieren und können als Qualitätszertifikat verwendet werden. Die Messergebnisse können zudem mit der Heidelberg Software Quality Monitor automatisch ausgewertet werden.

## 5.4 Standardisierung im Druck

Grundlage der Standardisierung sind die nachfolgend beschriebenen Standards der grafischen Industrie.

### 5.4.1 ISO-konforme Druckfarben

Die 1975 in der DIN 16539 definierte Europaskala wurde weiterentwickelt. 1996 gelang es, unter Berücksichtigung der Vorstellungen der amerikanischen SWOP und der japanischen TOYO, in der ISO 2846 eine gemeinsame Normskala zu beschreiben. Im Teil 1 dieser Norm werden die Toleranzen für farbmimetrische Eigenschaften und Transparenzen für Skalendruckfarben für den Vierfarbbogen- und Rollenoffsetdruck definiert, die beim Andruck auf Prüfdruckpapier (APCO-Papier) mit einer festgelegten Bezugsschichtdicke erreicht werden müssen.

Die in dieser Norm enthaltenen Farbwerte sind für die Farbhersteller, nicht aber für die Druckereien verbindlich.

### 5.4.2 ISO 12647-2 und ProzessStandard Offsetdruck (PSO)

Der Bundesverband Druck hat 1981 seine erste Veröffentlichung zur Standardisierung des Bogenoffsetdrucks herausgegeben. Die seither gewonnenen praktischen Erfahrungen und wissenschaftlichen Erkenntnisse sind maßgeblich in die Ausarbeitung der internationalen Norm ISO 12647-2 „Prozesskontrolle für die Herstellung von Raster-Farbausätzen, Andruck, Prüfdruck und Auflagendruck im Offsetdruck“ eingeflossen. Die ISO 12647-2 wird regelmäßig überarbeitet und an neue Erkenntnisse und Verfahrenstechniken angepasst. Die folgenden Angaben beruhen auf der bei Drucklegung dieser Broschüre gültigen Fassung ISO 12647-2:2004 Amd1:2007. 2003 hat der Bundesverband Druck und Medien (bvdM) zusammen mit der Fogra unter dem Namen „ProzessStandard Offsetdruck (PSO)“ erstmals eine Verfahrensweise zur Erreichung und Überprüfung der Standards nach ISO 12647-2 erstellt. Die 2. Auflage ist von 2008 und kann in gedruckter Form beim bvdM bestellt werden. Neben den Werten aus der ISO-Norm ist der PSO um weitere Empfehlungen und Kontrollmittel ergänzt. Am bekanntesten ist der Fogra Medienkeil zur Kontrolle der Prüfdruckqualität und die Fogra Druckkontrollstreifen. Der PSO selbst ist aber keine Norm.

## ProzessStandard Offsetdruck des Bundesverbands Druck und Medien (bvdM), Parameter der Druckvorstufe für den Bogenoffsetdruck

Rasterfrequenz	60 L / cm		
Rasterwinkel	Nennwinkeldifferenz zwischen C, M, B = 60° (Kettenpunkt), = 30° (Kreis- oder Quadratpunkt) Y = 15° von einer anderen Farbe, dominante Farbe auf 45° oder 135°.		
Rasterpunktform	Kontrollstreifen: Kreispunkt, Sujet: Kettenpunkt mit 1. Punktschluss ≥ 40 %, 2. Punktschluss ≤ 60 %		
Flächendeckungssumme	≤ 340 %		
Graubalance	Cyan	Magenta	Yellow
Viertelton	25 %	18 %	18 %
Mittelton	50 %	40 %	40 %
Dreiviertelton	75 %	64 %	64 %

## Soll-Tonwertzunahmen für die 5 Papiertypen

Tonwertfelder (%)	Tonwertzunahmen (%) mit Toleranzen für die Papiertypen 1–5		
	PT 1+2	PT 3	PT 4+5
40	09 - <b>13</b> - 17	12 - <b>16</b> - 20	15 - <b>19</b> - 23
50	10 - <b>14</b> - 18	13 - <b>17</b> - 21	16 - <b>20</b> - 24
70	10 - <b>13</b> - 16	12 - <b>15</b> - 18	13 - <b>16</b> - 19
75	09 - <b>12</b> - 15	10 - <b>13</b> - 16	11 - <b>14</b> - 17
80	08 - <b>11</b> - 14	08 - <b>11</b> - 14	09 - <b>12</b> - 15

## Medienstandard Druck 2007, CIELab-Farbwerte der Vollton-Eckfarben für den Bogen-, Rollen- und Endlos-Offsetdruck auf 5 Papiertypen

Papiertyp	1/2	3	4	5	
	L*/a*/b*	L*/a*/b*	L*/a*/b*	L*/a*/b*	
<b>Messung auf schwarzer Unterlage</b>					
Schwarz	16/0/0	20/0/0	31/1/1	31/1/2	
Cyan	54/-36/-49	55/-36/-44	58/-25/-43	59/-27/-36	
Magenta	46/72/-5	46/70/-3	54/58/-2	52/57/2	
Gelb	87/-6/90	84/-5/88	86/-4/75	86/-3/77	
Rot	46/67/47	45/65/46	52/55/30	51/55/34	
Grün	49/-66/24	48/-64/31	52/-46/16	49/-44/16	
Blau	24/16/-45	21/22/-46	36/12/-32	33/12/-29	
<b>Messung auf Bedruckstoffunterlage</b>					
Schwarz	16/0/0	20/0/0	31/1/1	31/1/3	
Cyan	55/-37/-50	58/-38/-44	60/-26/-44	60/-28/-36	
Magenta	48/74/-3	49/75/0	56/61/-1	54/60/4	
Gelb	91/-5/93	89/-4/94	89/-4/78	89/-3/81	
Rot	47/68/48	49/70/51	54/58/32	53/58/37	
Grün	50/-65/27	51/-67/33	53/-47/17	50/-46/17	
Blau	24/22/-46	22/23/-47	37/13/-33	34/12/-29	
<b>Papiertypen</b>					
	1	2	3	4	5
	115 g/m <sup>2</sup>	115 g/m <sup>2</sup>	65 g/m <sup>2</sup>	115 g/m <sup>2</sup>	115 g/m <sup>2</sup>
	glänzend gestrichen Bilderdruck	matt gestrichen Bilderdruck	LWC Rollenoffset	ungestrichen weiß Offset	ungestrichen gelblich Offset

Die Farbwerte für Grün und Blau bei den Papiertypen 1/2 sind auf der Basis zahlreicher Testdrucke in Europa und den USA entstanden und in die Charakterisierungsdaten (Fogra39) eingeflossen. Sie weichen von den nicht-normativen Werten der ISO 12647-2:2004 | Amd1:2007 im Toleranzrahmen ab.

## Medienstandard Druck Vorgaben und Toleranzen für den digitalen Prüfdruck

	ΔE
Mittleres ΔE für alle L*a*b*-Farb- abstände der Farbfelder	4
Maximales ΔE für alle L*a*b*-Farb- abstände der Farbfelder	10
Toleranz für die Primärfarben	5
Maximale Abweichung des Bedruckstoffes	3

### 5.4.3 Der MedienStandard Druck

1997 ist auf Initiative des bvdm erstmals der Medien-Standard Druck erschienen. Neben den technischen Richtlinien für digitale Daten zum Druck, die auf der ISO 12647 basieren, definiert er die Vorgaben und Toleranzen für den digitalen Kontraktproof. Damit gibt es für Agenturen, Druckvorstufen und Druckereien ein Regelwerk, auf dessen Grundlage eine verbesserte Kommunikation und ein optimierter Arbeitsfluss möglich sind. 2007 wurde der MedienStandard Druck in seiner fünften, überarbeiteten Ausgabe herausgegeben. Er legt im Wesentlichen die folgenden Bedingungen fest:

- Der Proof muss eine der fünf im PSO charakterisierten Referenzdruckbedingungen simulieren.
- Auf dem Prüfdruck muss eine Kommentarzeile ausgegeben werden, die den Dateinamen, das Ausgabedatum und die verwendeten Color-Management-Einstellungen ausweist.
- Es muss ein UGRA/FOGRA-Medienkeil vorhanden sein.
- Messbedingungen sind für die messtechnische Auswertung festgelegt.

### 5.5. Vorteile der Farbmeterik für den Offsetdruck

Abschließend ein Überblick über die wesentlichen Vorteile der Farbmeterik für den Offsetdruck:

- Die Messwerte stimmen weitestgehend mit dem visuellen Empfinden überein.
- Die Farbmeterik ist eine verfahrensneutrale Farbbewertung, die durchgängig von der Vorstufe über die verschiedensten Proofs bis hin zur Qualitätskontrolle im Warenausgang einsetzbar ist.
- Farbmeterische Sollwerte sind auch als Zahlen übertragbar. Eine Ankopplung an die Vorstufe ist möglich.
- Farbmeterische Sollwerte können von Mustern übernommen werden.
- Farbmeterik ist die einzige Möglichkeit zur objektiven Abstimmung.
- Die Farbmeterik ermöglicht die bildrelevante Farbregelung (beispielsweise anhand von Graufeldern) ohne farbspezifische Kalibrierung und ohne gespeicherte Umrechnungstabellen.
- Alle Farben, auch sehr helle Sonderfarben, lassen sich mit der Farbmeterik korrekt und sicher regeln.

- Tonwertzunahmen werden auch bei Sonderfarben durch spektrale Messung exakt erfasst.
- Die Fortdruckregelung ist sicherer, da Bedruckstoffänderungen, Farbverschmutzungen und Metamerie erfassbar sind.
- Auch Rasterdruck mit mehr als vier Farben kann korrekt geregelt werden.
- Die Druckqualität kann besser charakterisiert und belegt werden. Es gibt ein farbtunabhängiges Maß für Farbabweichungen  $\Delta E$ .
- Die Druckindustrie passt sich dem in allen farbgebenden Industrien gängigen Farbmessprinzip an.
- Die Densitometrie z. B. zur Ermittlung von Tonwertzunahmen ist Bestandteil der spektralen Farbmessung.
- Auch Bildstellen können mit Vorlagen messtechnisch verglichen werden.

# Glossar

## **Color Management**

Verfahren / System zur Abstimmung einzelner Geräte und Maschinen, die am Workflow der Farbbildbearbeitung bis zum fertigen Druckerzeugnis beteiligt sind. Dient zur Gewährleistung der richtigen Farbwiedergabe von der Eingabe bis zur Ausgabe z. B. über Druckmaschinen.

## **Densitometer**

Dichtemessgerät. Beim Druck werden so genannte Auflichtdensitometer eingesetzt. Zur Dichtebestimmung wird das Ergebnis einer Weißmessung ins Verhältnis gesetzt zur Messung der gewünschten Farbfläche. > [Dichte](#)

## **Dichte**

Lichtundurchlässigkeit einer Farbschicht. Rechnerisch ist dies das Verhältnis zwischen einer Messung auf unbedrucktem Papier und einer Messung auf bedrucktem Papier.

## **Druckkennlinie**

Die grafische Darstellung des Zusammenhanges zwischen den Tonwerten der Druckvorstufenprodukte,

meist Rasterdaten (Tonwerte) der Daten und den zugehörigen Tonwerten im Druck. > [Tonwertzunahme](#)

## **Farbabfall**

Bezeichnung der sinkenden Farbschichtdicke in Umfangsrichtung beim Offsetdruck.

## **Farbabstand $\Delta E$**

$\Delta E$  beschreibt den Farbabstand zwischen zwei Farben, errechenbar als Abstand der L\*a\*b\*-Werte zwischen zwei Farben.

## **Farbschichtdicke / Farbniveau**

Physikalisch die Mächtigkeit des Farbauftrags. Die Farbschichtdicke bestimmt wesentlich den Dichtewert einer Farbfläche.

## **Flächendeckung**

Verhältnis der Flächendeckung (mit Bildelementen bedeckte Teilfläche) zur Gesamtfläche. Der Flächendeckungsgrad wird meist in Prozent angegeben. Man unterscheidet im Druck zwischen dem aus optischen Messungen bestimmten wirksamen Flächendeckungsgrad und dem aus Flächenmessungen bestimmten geometrischen Flächendeckungsgrad.

## **Istwert**

Der tatsächliche Messwert einer Probe. > [Sollwert](#)

## **Metamere Farben**

Farben mit unterschiedlichen Spektren, die unter einer bestimmten Lichtart gleich und unter anderen Lichtarten unterschiedlich aussehen. Man spricht hier auch von Metamerie.

## **Mini Spots®**

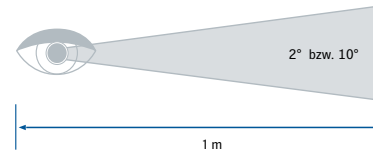
Kleine Druckkontrollelemente, die aufgrund des geringen Flächenbedarfs an beliebigen Stellen auf normalen Produktionsaufträgen platziert werden. Mit dem Quality Monitor werden im Anschluss die Messwerte ausgewertet und ggf. Prozess- oder Profilanpassungen mit Hilfe des Calibration Tool bzw. des Profile Tool aus der Prinect Color Toolbox vorgenommen.

## **Nanometer (nm)**

Längeneinheit, 1 nm = 0,000001 mm. Zum Beispiel: Feines Haar hat einen Durchmesser von 0,020 mm, der tausendste Teil von 0,020 mm sind 0,000020 mm, also 20 nm.

### Normalbeobachter

In einer Testreihe wurde ermittelt, welche Farbempfindung der durchschnittliche Normalbeobachter mit einer bestimmten Farbfläche verbindet. Der 2°-Versuchsaufbau spiegelt eine typische Lesesituation von Büchern oder Zeitschriften wider. Der 10°-Versuchsaufbau simuliert das Betrachten einer Plakatwand.



### Polarisationsfilter

Der Polarisationsfilter kann bei der Dichtemessung vorgeschaltet werden. Bei Verwendung von Polarisationsfiltern wird der Glanzanteil des Lichts herausgefiltert. Damit ist die Messung weitestgehend unabhängig vom Trocknungszustand der Probe. Ein Nachteil ist allerdings, dass sich unter Anwendung des Polarisationsfilters der Dichtewert der Probe erhöht.

### Sollwert

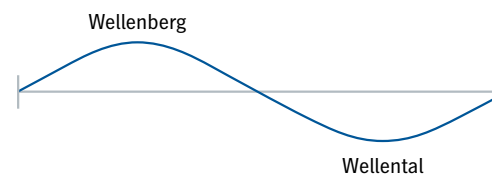
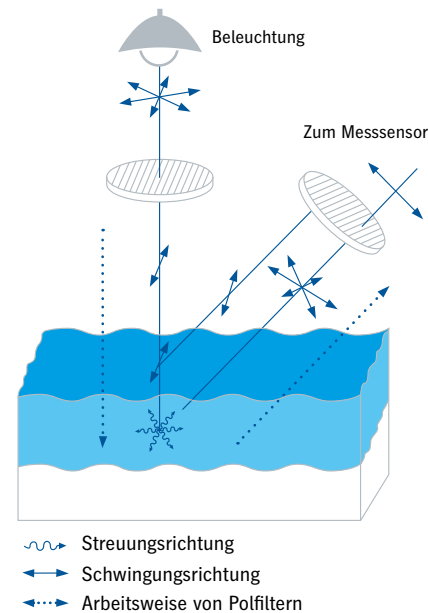
Richtwert einer Messprobe. Ziel jeder Regelung ist es, eine möglichst kleine Differenz zwischen Sollwert und Istwert zu erreichen. > [Istwert](#)

### Tonwertzunahme

Auf Papier gedruckte Rasterpunkte werden aufgrund optischer und mechanischer Verfahrensgegebenheiten größer gegenüber dem in den Daten definierten Wert. Gemessen wird die Differenz zwischen optisch wirksamer Flächendeckung und der Flächendeckung der Daten. > [Flächendeckung](#)

### Wellenlänge

Die physikalische Länge einer Wellenperiode.





**Impressum**

Drucklegung: 09/08  
Fotos: Heidelberger Druckmaschinen AG  
Druckplatten: CtP  
Druck: Speedmaster  
Finishing: Stahlfolder, Stichmaster  
Fonts: HeidelbergGothicMI  
Gedruckt in der Bundesrepublik Deutschland  
Copyright © Heidelberger Druckmaschinen AG, 2008

**Marken**

Heidelberg, das Heidelberg Logo, Prinect, Axis Control, MetaDimension, Mini Spots, Prinect Press Center, Signa Station und Speedmaster sind eingetragene Marken der Firma Heidelberger Druckmaschinen AG in Deutschland und anderen Ländern.  
Weitere hier verwendete Kennzeichnungen sind Marken ihrer jeweiligen Eigentümer.

**Technische und sonstige Änderungen vorbehalten.**

**Heidelberger Druckmaschinen AG**

Kurfuersten-Anlage 52 – 60  
69115 Heidelberg  
Germany  
Phone +49 6221 92 – 00  
Fax +49 6221 92 – 6999  
[www.heidelberg.com](http://www.heidelberg.com)