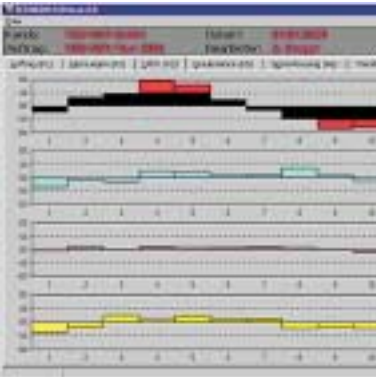


Densitometrie

Verfahren • Kontrollelemente

Messgeräte • Software



TECHKON
The Color Managers

Impressum

Autor: Dr.-Ing. Harald Krzyminski, TECHKON GmbH
Layout/Composing: SK/GraphikDesign, Berlin
Tel./Fax ++49 (0)30-78 71 05 14
E-Mail: SKGraphikDesign@compuserve.de
Druck: Compress Digitaldruck GmbH, Kronberg/Ts.
Tel. ++49 (0)6173-32 19 36
E-Mail: comdigi@aol.com

Copyright © 2002

TECHKON GmbH
Wiesbadener Straße 27
D-61462 Königstein/Ts.
Tel. ++49 (0)6174-92 44 50
Fax ++49 (0)6174-92 44 99
<http://www.techkon.com>
E-Mail: info@techkon.com

Inhalt

Prolog

Grundlagen der Druckqualität

Vierfarbendruck

Mehrfarbendruck

Sonderfarben

Autotypische Farbmischung

Bunt- und Unbuntaufbau

Rasterstrukturen

Grundlagen der Densitometrie

Prinzip der Dichtemessung

Kontrollelemente für den Druck

Kontrollelemente für Druckplatten

Kennwerte der Densitometrie

Volltondichte und Normalfärbung

Flächendeckung • Tonwertzunahme • Druckkontrast

Druckkennlinien

Graubalance und Farbbalance

Farbannahme

Schieben • Doublieren • Passer

Densitometer-Typen

Densitometer mit Statusfiltern

Spektrale Densitometer

Digitale Messgeräte

Index

Prolog

Die Qualität der Druckerzeugnisse wird vor allem an ihren Farben gemessen. Hier stehen die Printmedien im Wettbewerb mit den farbigen Bildern von Video, Film und Fernsehen.

Der Druck von Farben in gleich bleibender und überzeugender Qualität setzt voraus, dass die Bearbeitung der Bilddaten von den Vorstufen bis zum Druckergebnis unter industriellen Bedingungen stattfindet. Die konstante, stets wiederholbare Güte eines Produkts ist wie überall von Messungen abhängig. Densitometrie und Farbmeterik liefern Messwerte, die zur Prozesssteuerung und zur Beurteilung des fertigen gedruckten Produkts erforderlich sind.



Farbige Bilder sind eine besondere Herausforderung an das professionelle Können der Beteiligten. Die Verfahren und Messgeräte der Densitometrie, die hier in den Grundzügen vorgestellt werden, befähigen den Anwender, Druckaufträge auf hohem Niveau zur Zufriedenheit seiner Kunden auszuführen und so im Wettbewerb zu bestehen.

Die Qualität der Produkte ist entscheidend für das Ansehen, den Erfolg und die Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens. TECHKON ist seit vielen Jahren Partner erfolgreicher Unternehmen.

Grundlagen der Druckqualität

Vierfarbendruck

Die vielfältigen Farben und Nuancen gedruckter Bilder entstehen durch den Zusammendruck weniger Basisfarben.

Die größte Verbreitung hat der Vierfarbendruck mit den genormten Skalenfarben Cyan, Magenta, Yellow und Schwarz. In den europäischen Ländern wird mit den Farben der **Euroskala** gedruckt, die sich in ihren Farbwerten von den in Japan und den USA bestehenden Farbsystemen unterscheiden. Auch hier wird Globalisierung angestrebt.

So werden die europäischen Normen schrittweise durch die neue internationale Norm **ISO 2846** abgelöst, die Farbskalen für den Offset- und Zeitungsdruck, den Tief- und Flexodruck und den Siebdruck mit weltweiter Gültigkeit festlegt. Die $L^*a^*b^*$ Farbwerte der neuen Skalenfarben sind ein Kompromiss der in Europa, den USA und Japan handelsüblichen Druckfarben. Die neuen einheitlichen Druckfarben werden in Zukunft in allen Ländern identische Druckerzeugnisse ermöglichen.



Der Vierfarbendruck verbindet Wirtschaftlichkeit mit hoher Druckqualität. Die genormten Basisfarben CMYK sind für alle Druckverfahren verfügbar.

Mehrfarbendruck

Durch zusätzliche Farben können Farbumfang und Sättigung der Skalenfarben CMYK erhöht werden. Häufig beschränkt man sich auf die Mehrfarben Orange und Grün, wie im Fall des **Pantone Hexachrome Verfahrens**.

Ein besonders umfangreiches System ist die **eder MCS Farbskala**, die neben den Basisfarben CMYK die Primärfarben Rot, Grün und Blau und die Zwischenfarben blaues und grünes Cyan, rotes und blaues Magenta sowie grünes und rotes Yellow anbietet. Zur Auswahl kommen immer nur zwei oder maximal drei zusätzliche Farben, die den vom Bildmotiv vorgegebenen Farbeindruck unterstützen.



Im Mehrfarbendruck werden die Basisfarben CMYK durch zusätzliche Farben ergänzt.



Umfangreiche Mehrfarbensysteme stellen bis zu neun zusätzliche Druckfarben zur Auswahl. Mit zwei oder drei ausgewählten Farben wird eine bildbezogene Optimierung des Drucks erreicht.

Die Wirkung der Mehrfarben wird durch besonders reine, hoch konzentrierte Pigmente und gelegentlich auch durch fluoreszierende Bestandteile erhöht. Am Beispiel der **CIE Normfarbtafel** wird die Erweiterung des Farbumfangs durch zwei zusätzliche Farben im Vergleich zum Vierfarbendruck sichtbar. Die Normfarbtafel zeigt aber auch, dass mit keiner Druckfarbe der theoretisch mögliche Farbumfang der Primärfarben Rot, Grün und Blau erreicht werden kann.

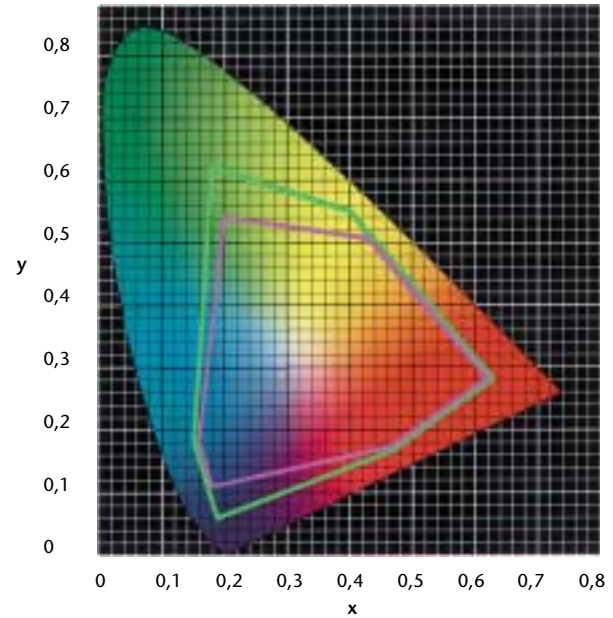
Der Mehrfarbendruck bedeutet höheren Aufwand in der Bearbeitung der Bilddaten und beim Drucken und setzt permanente Praxis voraus.

Die zusätzlichen Farben des Mehrfarbendrucks erweitern den Farbumfang.
Die CIE Normfarbtafel zeigt den theoretischen Farbumfang der Primärfarben Rot, Grün und Blau. Der mit den Farben CMYK erzielbare Ausschnitt kann durch ausgewählte Mehrfarben in die eine oder andere Richtung vergrößert werden.

Sonderfarben

Mit Sonderfarben gelingt es, Farben darzustellen, die außerhalb des Farbumfangs des Vier- oder Mehrfarbendrucks liegen. Aber auch Farbtöne, die mit Skalenfarben erreicht werden könnten, werden häufig als Sonderfarben gedruckt, wenn enge Toleranzen in den Farbwerten gefordert sind, weil mit der vorgemischten fertigen Sonderfarbe stabile Druckergebnisse leichter zu erreichen sind als mit dem Zusammendruck von mehreren Farben.

Das Mischen von Sonderfarben geschieht nach vorgegebenen Mustern, die mit Spektralphotometern farbmetrisch gemessen werden. Eine **Rezeptierungs-Software** berechnet mit Hilfe der Farbwerte des Musters die Rezeptur der Sonderfarbe. Das Rezept gibt an, in welchen Anteilen zwei oder mehrere Grundfarben miteinander gemischt werden müssen.



Viele Hersteller von Druckfarben bieten in Verbindung mit einer Rezeptierungs-Software ein Set von Grundfarben an, aus dem die Druckerei die gewünschten Sonderfarben mischen kann. Gute Rezeptierungs-Programme bieten die Möglichkeit, unter Inkaufnahme von leichten Farbabweichungen **Restfarben** in das Rezept einzubeziehen und aufzubreuchen. Wem das Selbstmischen zu aufwändig ist, kann die Sonderfarbe fertig gemischt vom Farbenhersteller beziehen.

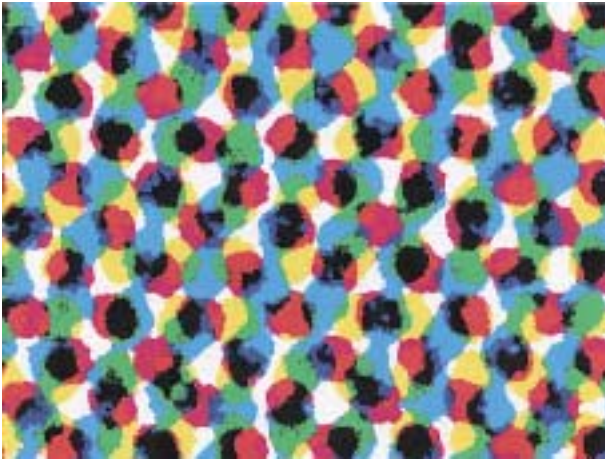
Ein zweiter Weg zur Sonderfarbe zu kommen, besteht in der Auswahl anhand eines Farbfächers des Farbenherstellers. Weite Verbreitung haben die **HKS Farbfächer** von BASF, die für verschiedene Papiersorten verfügbar sind und die **Siegwerk-Pantone** Farbfächer. Der Beschränkung auf eine begrenzte Anzahl von Farben stehen eine schnelle Verfügbarkeit, hohe Farbgenauigkeit und Preisvorteile gegenüber.

Farben außerhalb des Farbumfangs der Euroskala sind durch Sonderfarben darstellbar.

Autotypische Farbmischung

Die Skalenfarben sind durchscheinend und führen, wenn sie als Rasterpunkte gedruckt werden, zur **autotypischen Farbmischung**. Sie ist ein Sonderfall der bekannten **subtraktiven** und **additiven Farbmischung**. Die Rasterpunkte der Druckfarben bewirken auf dem weißen Papier subtraktive Farben, die in Vergrößerung sichtbar werden. Ohne Vergrößerung betrachtet, vermischen sich die einzelnen Farbelemente additiv zu einem einheitlichen Farbton. Der Wechsel von der subtraktiven Farbmischung der Rasterelemente auf dem Bedruckstoff zur additiven Farbmischung beim Betrachten des gedruckten Bildes ist der wirksame physikalische Mechanismus der autotypischen Farbmischung.

Durch den teilweisen Übereinanderdruck der durchscheinenden Rasterpunkte der bunten Druckfarben Cyan, Magenta und Yellow entstehen die Farben Rot, Grün und Blau. Dieser Sachverhalt ergibt sich aus dem Mischungsgesetz der **Sekundärfarben CMY** und der **Primärfarben RGB**.



Die autotypische Farbmischung des Rasterdrucks ist ein Sonderfall der additiven und subtraktiven Farbmischung. Die Farbanteile der nebeneinander und übereinander gedruckten Rasterelemente bestimmen zusammen mit den unbedruckten Stellen das sichtbare Ergebnis.

Auf dem Bedruckstoff entstehen so neben dem unbedruckten Papierweiß die Farbelemente CMY und RGB und zusätzlich Schwarz von der Druckfarbe K. Sofern der Druck nicht unbunt aufgebaut ist, bilden sich außerdem graue Elemente aus dem teilweisen Übereinanderdruck von drei Buntfarben. Die Gesamtheit dieser acht oder neun Farbelemente führt in der additiven Farbmischung zum sichtbaren Druckergebnis.

Aus der Mischung der Sekundärfarben CMY entstehen die Primärfarben RGB und Grau bis Schwarz.

● Magenta	+	● Yellow	>>	● Rot	
● Cyan	+	● Yellow	>>	● Grün	
● Cyan	+	● Magenta	>>	● Blau	
● Cyan	+	● Magenta	+	● Yellow >>	● Grau bis Schwarz

Bunt- und Unbuntaufbau

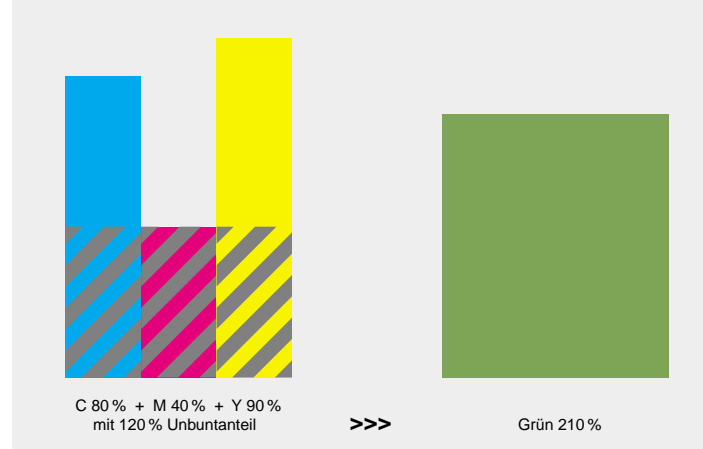
Der Zusammendruck der bunten Skalenfarben CMY ergibt graue bis schwarze Farbtöne. Allerdings kann dieser **Buntaufbau** kein tiefes Schwarz erzeugen und führt außerdem zu einem hohen Verbrauch der teuren bunten Druckfarben. Deshalb ist man bemüht, nicht nur das reine Schwarz und die Grautöne, sondern auch den **Unbuntanteil** der dunkleren Farben mit der schwarzen Skalenfarbe K zu drucken.

Mit **UCR**, dem **Under Color Removal** Verfahren, wird erreicht, dass der Unbuntanteil von CMY teilweise durch die schwarze Skalenfarbe ersetzt wird. Die Weichenstellung dafür erfolgt bei der Bearbeitung der Bilddaten in der Vorstufe.

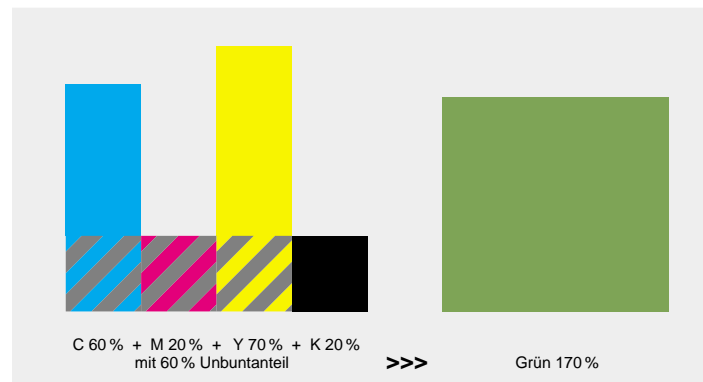
Der vollkommene **Unbuntaufbau** mit **GCR (Grey Component Replacement)** vermeidet den Zusammendruck von drei bunten Druckfarben gänzlich. Nur noch zwei Buntfarben, entweder C+M, C+Y oder M+Y, und Schwarz sind am Druck einer Farbe beteiligt.

Das Beispiel der Farbe Grün zeigt, wie der hohe Verbrauch von CMY des Buntaufbaus schrittweise gesenkt wird. Die Flächendeckung der beteiligten Druckfarben wird von 210% auf 170% und 130% reduziert.

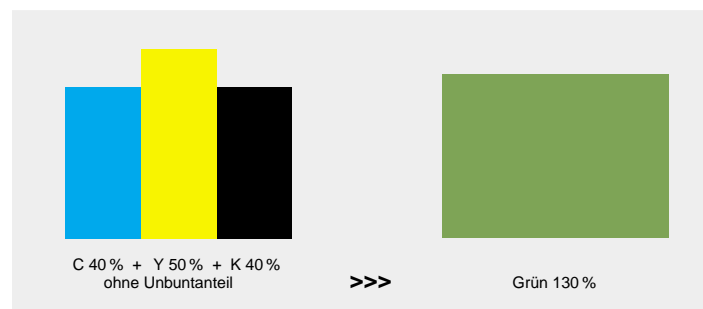
Die Vorteile von UCR und GCR bestehen nicht allein in einem geringeren Farbenverbrauch und einem wirtschaftlicheren Trocknungsprozess. Die Praxis hat gezeigt, dass der unbunte Druck in wesentlich engeren Toleranzen steuerbar ist als der bunt aufgebaute Druck.



Der **Buntaufbau** der Farbe Grün führt zu einem hohen Verbrauch an Druckfarbe und einer hohen Flächendeckung mit großem Unbuntanteil.



Der teilweise **Unbuntaufbau** mit **UCR** reduziert den Verbrauch an Druckfarbe, die Flächendeckung und den Unbuntanteil.



Mit dem vollkommenen **Unbuntaufbau GCR** werden Farbenverbrauch und resultierende Flächendeckung auf das mögliche Minimum reduziert.

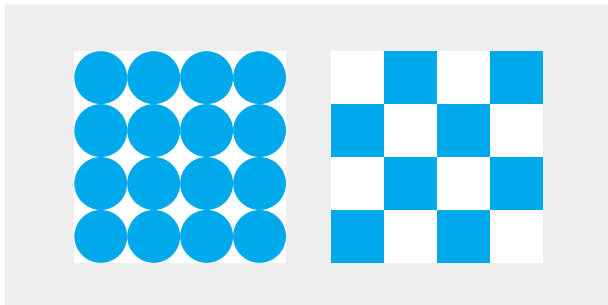
Rasterstrukturen

Die Bemühungen, die Druckqualität durch eine besondere Gestaltung der Rasterpunkte zu verbessern sind endlos.

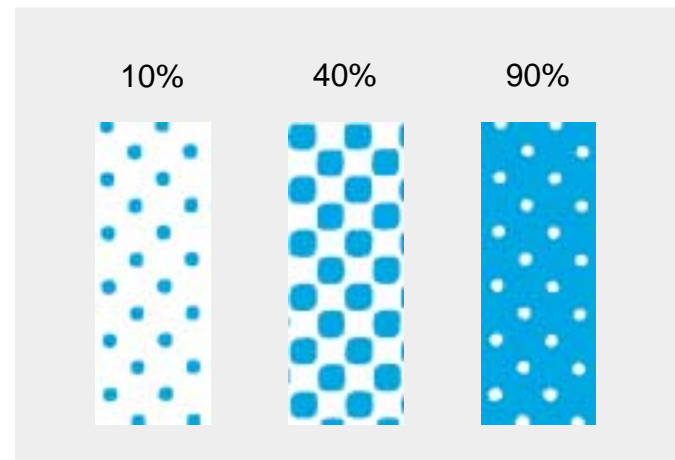
Das jüngste Ergebnis auf diesem Gebiet sind die **frequenzmodulierten Raster**, die immer ohne Moiré gedruckt werden können und deshalb eine willkommene Ergänzung der **amplitudenmodulierten Raster** darstellen.

Die weitaus meisten Druckerzeugnisse werden mit amplitudenmodulierten Rastern hergestellt. Die verschiedenen Tonwerte entstehen durch unterschiedlich große Rasterpunkte. Damit sind Flächendeckungen von null bis 100% darstellbar. Der Abstand der Rasterpunkte bleibt dabei immer gleich.

Der mit **Rasterfrequenz** bezeichnete Abstand wird in Linien pro Zentimeter angegeben. Hochwertiger Akzidenzdruck wird vorwiegend mit 60 L/cm, in Sonderfällen aber auch bis 120 L/cm ausgeführt. Im Zeitungsdruck sind 24 bis 40 L/cm gebräuchlich und im großformatigen Siebdruck reichen die Werte herab bis 10 L/cm.



Der Punktschluss von runden und quadratischen Rastern erfolgt auf einmal an vier Stellen.



Die Rasterelemente der konventionellen amplitudenmodulierten Raster haben gleichbleibende Abstände und variable Größen. Kleine Rasterpunkte ergeben helle Töne, große die dunkleren Töne.

Runde Rasterpunkte werden für Druckkontrollstreifen eingesetzt, sind aber für Druckerzeugnisse ebenso selten wie quadratische Raster. Beide haben die Eigenschaft, dass sie bei einer bestimmten Flächendeckung an vier Stellen aneinander stoßen. Dieser unvermittelte **Punktschluss** an mehreren Stellen bewirkt eine sprunghafte unerwünschte Veränderung des sichtbaren Rastertons.

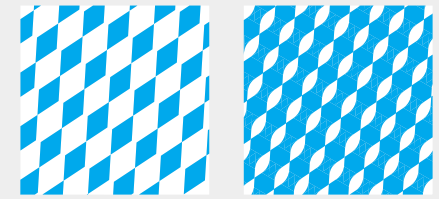
Die Spitzen der quadratischen Rasterpunkte berühren sich bei einer geometrischen Flächendeckung von 50%, was mit der Lupe gut kontrolliert werden kann. Diese Möglichkeit erlaubt es, die visuell wirksame Flächendeckung in ihren geometrischen Anteil und den durch Lichtfang verursachten Anteil zu trennen. Daraus kann der **Yule-Nielsen-Faktor** abgeleitet werden, der für die densitometrische Messung der rein geometrischen Flächendeckung erforderlich ist.

Der plötzliche Punktschluss der runden und quadratischen Raster wird durch elliptische oder rautenförmige Rasterelemente auf zwei Prozentwerte verteilt. Zuerst berühren sich die Spitzen der Rasterpunkte in der Längsachse und dann in einem zweiten Schritt quer dazu. Der so aufgeteilte Punktschluss vermeidet visuell wahrnehmbare Tonwertsprünge.

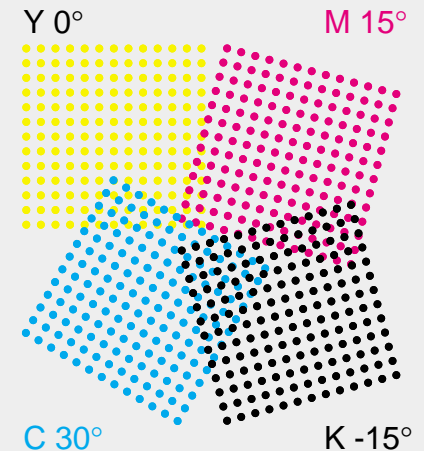
Zusätzlich können die Prozentwerte des Zusammenfließens in Längs- und Querrichtung durch eine mehr oder weniger gedrungene Form der Ellipsen oder Rauten beeinflusst werden. Der Aufbau elektronisch generierter Raster aus kleinen aneinander gesetzten Pixeln erlaubt es, nahezu beliebige Rasterformen zu erzeugen.

Die geometrisch regelmäßigen Formen amplitudenmodulierter Raster sind anfällig für **Moiré**. Diese störenden, im Druckbild sichtbaren Strukturen entstehen durch Interferenz der Rasterpunkte und werden beim Druck von gleichmäßigen Mustern zusätzlich verstärkt. Moiré wird weitgehend unterdrückt, wenn die Raster der Druckfarben in verschiedenen Winkeln zueinander gedruckt werden. Bevorzugt werden Abstände der **Rasterwinkel** von 15° bei einem senkrechten Verlauf der Rasterelemente von Y.

Die frequenzmodulierten Rasterelemente sind statistisch unregelmäßig geformt und zwischen 20 und $40\mu\text{m}$ klein. Die verschiedenen Flächendeckungen entstehen durch variable Abstände der Punkte. Durch die stochastische Form und Verteilung der Rasterelemente kann kein Moiré entstehen. Winkelung und Punktschluss sind undefiniert.



Die gebräuchlichen elliptischen oder rautenförmigen Raster bewirken den erwünschten zweifachen Punktschluss. Mit zunehmender Größe berühren sich die Rasterpunkte zuerst in der Längsachse und später an den Seiten.



Abstand, Form und Winkelung der konventionellen Raster sind eindeutig definiert. Die Winkelung der Farben im Druck ist verschieden, um der Entstehung von Moiré entgegen zu wirken.

Die Rasterelemente der frequenzmodulierten Raster haben veränderliche Abstände und annähernd gleiche Größe. Ihre Form ist immer klein und unregelmäßig.

10%

40%

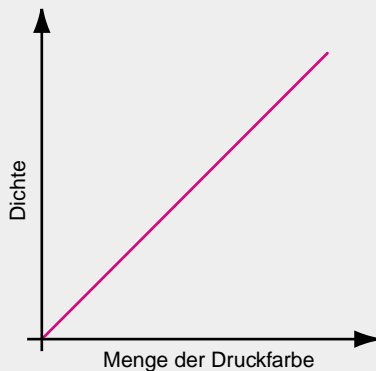
90%



Grundlagen der Densitometrie

Prinzip der Dichtemessung

Die Basis der Densitometrie besteht in der Linearität zwischen **Farbmenge** und **optischer Dichte**. Die Dichtemessung ist das einzige verfügbare schnelle Verfahren zur Bestimmung der gedruckten Farbmenge und zwar unabhängig davon, ob die Farbe als geschlossene Farbschicht oder auf Rasterpunkte verteilt vorliegt. Dichtewerte sind für den geschulten Drucker leicht interpretierbar und sind die ideale Steuergröße für die Farbführung der Druckwerke.

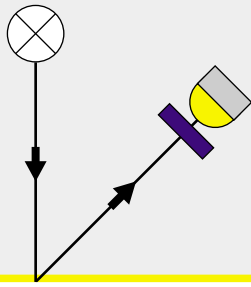


Zwischen Dichte und gedruckter Farbmenge besteht ein linearer Zusammenhang. Die Messung mit Farbauflichtdensitometern ist damit das einzige direkte Verfahren für die Steuerung der Farbführung in den Druckwerken.

Die Dichtemessung erfolgt nach dem bekannten Prinzip der **Remissionsmessung** von **Körperfarben**. Der Messlichtstrahl durchdringt die Farbschicht und wird an der Grenzfläche zwischen Farbschicht und Bedruckstoff reflektiert. Das reflektierte Licht durchdringt die Farbschicht nochmals und wird von einem Photoelement empfangen, das ein zur Lichtstärke proportionales elektrisches Signal erzeugt.

Beim zweifachen Durchdringen der Farbschicht wird das ursprünglich weiße Messlicht durch Absorption gefärbt und geschwächt. Das so modulierte reflektierte Licht enthält die notwendige Information über Art und Menge der gedruckten Farbe, die zur Bestimmung des Dichtewerts gebraucht wird.

Hinter dem einfachen Prinzip verbirgt sich ein komplexer Prozess, der hohe Anforderungen an die Messtechnik der Densitometer stellt. Auch die physikalischen Vorgänge sind komplex. Das betrifft vor allem die Absorption und Streuung des Messlichts in der mit Pigmenten durchsetzten Farbschicht und die Reflexion an der strukturierten Grenzfläche zum Papier.



Die Remission des unbedruckten Papiers wird bei der Kalibration mit $R = 1$ (100 %) festgelegt. Die Druckfarbe vermindert den Remissionswert entsprechend der Farbschichtdicke auf $R < 1$. Den gewünschten linearen Dichtewert erhält man nach der Gleichung $D = \lg 1/R$.

Die Dichtemessung arbeitet nach einem einfachen Prinzip, wonach das Messlicht die Farbschicht zweifach durchdringt. Das durch die Farbe abgeschwächte und gefärbte Licht trifft auf das Photoelement mit dem vorgeschalteten Filter.

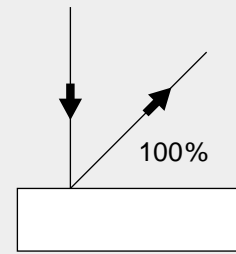
Erst durch die Normen **DIN 16536** und **ISO 5** wurden die messtechnischen Details so weit standardisiert, dass die Densitometer verschiedener Hersteller und Bauart vergleichbare Werte liefern. Die Normung betraf vor allem auch die Farbfilter, die den Photoelementen vorangestellt werden, damit nur der für die Druckfarbe charakteristische Bereich des Spektrums zur Auswertung kommt.

Der Dichtewert D wird nach der Gleichung

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

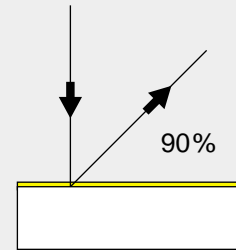
aus dem Remissionswert R berechnet. Nach dieser Funktion ergeben hohe Remissionswerte niedrige Dichtewerte und umgekehrt. Die Dichte wird in der Regel auf die Ausgangsdichte $D = 0$ des Bedruckstoffs bezogen, indem sein Remissionswert mit $R = 1$ festgelegt wird, was einer Remission von 100 % entspricht. Deshalb wird mit dem Densitometer auf einem neuen Bedruckstoff als Erstes die so genannte **Papierweiß-Messung** durchgeführt und die Ausgangsdichte auf $D = 0$ gestellt.

Mit der Zunahme der gedruckten Farbmenge sinkt die Remission und die Dichte steigt an. So führt zum Beispiel die restliche Remission von 50 % zu einer Dichte von $D = 0,30$ und die von einem Prozent zur Dichte $D = 2,00$.



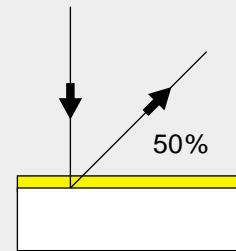
$$R = 1$$

$$D = \lg \frac{1}{1} = 0$$



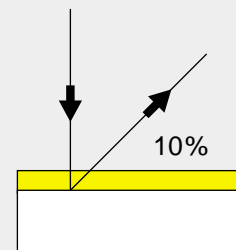
$$R = 0,9$$

$$D = \lg \frac{1}{0,9} = 0,045$$



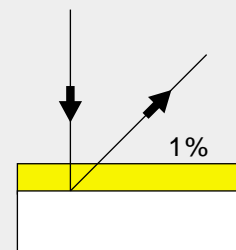
$$R = 0,5$$

$$D = \lg \frac{1}{0,5} = 0,30$$



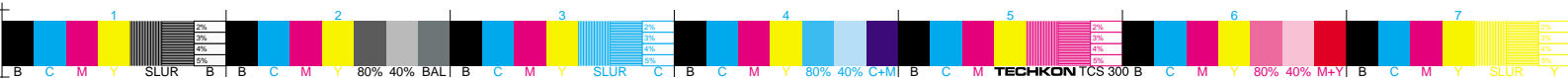
$$R = 0,1$$

$$D = \lg \frac{1}{0,1} = 1,00$$



$$R = 0,01$$

$$D = \lg \frac{1}{0,01} = 2,00$$



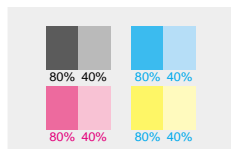
Kontrollelemente für den Druck

Druckkontrollstreifen sind die gebräuchlichen Kontrollmittel für den vier- und mehrfarbigen Rasterdruck. Ursprünglich für den Offsetdruck entwickelt, werden sie heute für alle Druckverfahren eingesetzt. Im Offsetdruck werden sie über die ganze Bogenbreite mitgedruckt, weil die Offsetdruckwerke in Farbzonen unterteilt sind, deren Farbführung einzeln gesteuert werden muss. Durch die individuelle Einstellung jeder **Farbzone** wird die optimale Farbmenge für das zu druckende Bild an jeder Stelle bereitgestellt. Die Kontrollstreifen bestehen deshalb aus aneinander gereihten Segmenten, deren Länge mit der Breite einer Farbzone übereinstimmt. In jedem **Segment** befindet sich ein Satz von Kontrollfeldern.

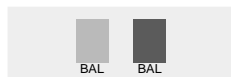
Die typischen Kontrollfelder sind:



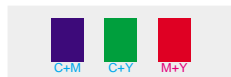
Volltonfelder zur Messung der Volltondichte.



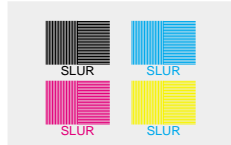
Rasterfelder mit vorzugsweise 40 % und 80 % zur Messung von Flächendeckung, Tonwertzunahme und Druckkontrast.



Graubalancefelder mit dem angenäherten Tonwert von 40 % und 80 % K zur Kontrolle der Farbbalance.



Übereinanderdruckfelder von C+M, C+Y und M+Y zur Messung der Farbannahme.



Slurfelder zur Messung von Schieben und Doublieren.

Zur Kontrolle der Registerhaltigkeit sind weiterhin **Passkreuze** der übereinander gedruckten Farben CMYK angeordnet. Gelegentlich vorgesehene **Spitzpunktfelder** zeigen an, mit welcher Punktgröße die Wiedergabe im Druck beginnt.

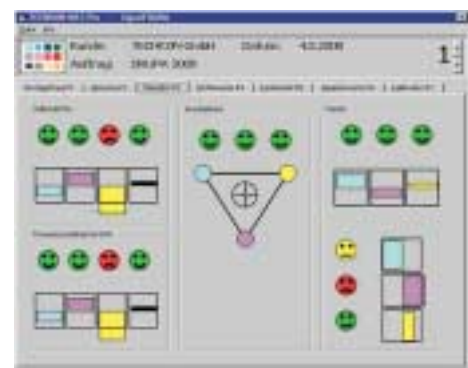


Die Breite der Farbzonen der verschiedenen Druckmaschinen liegt zwischen 30 und 40 mm. Für die besonders gängigen Breiten von 30, 32.5 und 40 mm sind genau passende Kontrollstreifen erhältlich. In den schmalen Segmenten kann nur eine begrenzte Zahl der 4 bis 6 mm, gelegentlich auch nur 3 mm breiten Messfelder untergebracht werden. Deshalb enthält nicht jedes Segment immer alle Kontrollfelder. Die weniger wichtigen werden abwechselnd auf mehrere Segmente verteilt.

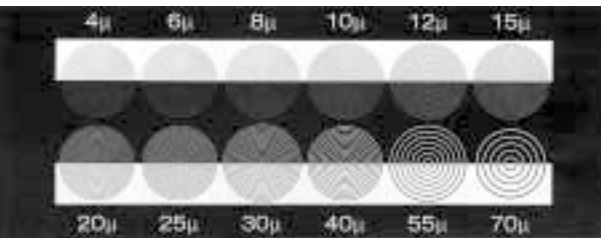
Die Kontrollstreifen sind auf Filmen für die klassische Filmmontage und digital als EPS-Dateien für die Direktbelichtung von Filmen und Druckplatten verfügbar.

Druckbögen werden nach dem Druck beschnitten, wodurch die Kontrollstreifen am Rand verschwinden. Das ist im Zeitungsdruck nicht der Fall. Deshalb wurde mit dem **Ugra/FOGRA MiniTarget** ein Kontrollelement entwickelt, das wenig Platz benötigt und im Druckspiegel nicht stört.

Das nur 7 x 10 Millimeter große MiniTarget enthält Kontrollfelder und Linien für densitometrische und farbmetrische Auswertungen und zur Registerkontrolle. Die Messung erfolgt nach einem neuen Gerätekonzept. Die **TECHKON MiniTarget Camera MTC 920** erfasst mit ihrem CMOS-Matrixsensor mit einer einzigen Messung sämtliche Kontrollelemente und überträgt die Bilddaten an einen PC. Dort werden mit der Software **TECHKON MTC Pro** die Messungen ausgewertet und dargestellt. Das aus Kontrollelementen, Messgerät und Software gebildete System ist geeignet, die Qualität von Bildern und Anzeigen in den Zeitungen zu verbessern und an verschiedenen Druckorten gleichwertige Ergebnisse zu sichern.



Das für den Zeitungsdruck entwickelte Mini-Target enthält verschiedene Kontrollelemente auf einer sehr kleinen Fläche. Das TECHKON MTC 920 erfasst sämtliche Kontrollelemente mit nur einer Messung. Eine übersichtliche, schnell erfassbare Darstellung der Ergebnisse ist von besonderer Bedeutung.



Ausschnitt aus dem Ugra-Offset Testkeil 1982 mit positiven und negativen Mikrolinien.

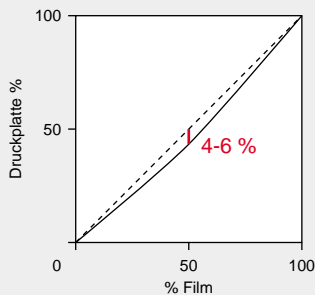
Kontrollelemente für Druckplatten

Bei der klassischen **Plattenkopie** werden die gerasterten Bilder im Kontakt vom Film auf die Druckplatte übertragen. Der Kopiervorgang wird über die Belichtungsdauer gesteuert und anhand von einbelichteten **Mikrolinien** visuell überprüft. Die zwischen 4 und 70 μm dünnen Linien zeigen an, ob die Druckplatte innerhalb ihres Standardbereichs belichtet wurde. Das seit Jahren hierfür benutzte Kontrollmittel ist der Ugra-Offset Testkeil 1982.

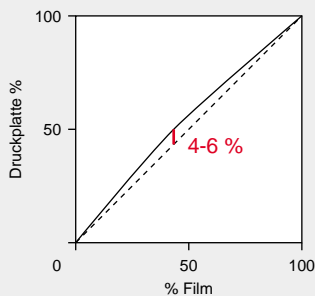
Die Belichtung der Druckplatten im Kopierrahmen erfolgt allerdings nicht ohne Veränderung der Tonwerte. Die Rasterpunkte der **Positivplatten** sind etwas kleiner als die ursprünglichen Rasterpunkte auf dem Positivfilm. Dadurch entsteht bei der Kopie eines Stufenkeils eine durchhängende Kopierkennlinie, die unterhalb der 45°-Linie verläuft. Dagegen werden die Rasterpunkte eines Negativfilms auf der **Negativplatte** etwas größer und führen zu einer nach oben gewölbten Kopierkennlinie.

Die Veränderung der Punktgröße wird von der Überstrahlung des Kopierlichts an den Rändern der geschwärzten Stellen des Films verursacht. Positivplatten haben im Mittelton eine Tonwertabnahme von 4 bis 6 %, Negativplatten eine vergleichbare Tonwertzunahme.

Die Aufnahme der **Kopierkennlinie** mit dem Densitometer gehört nicht zu den Prüfungen in der täglichen Praxis. Es genügt die Kontrolle der Mikrolinien, um davon ausgehen zu können, dass die Kopierkennlinie im üblichen Rahmen liegt. Trotzdem ist die Kopierkennlinie von grundlegender Bedeutung für die Druckqualität, weil die endgültige Tonwertübertragung im Druck von den Ausgangswerten auf der Druckplatte mitbestimmt wird.



Kopierkennlinie der Positivplatte



Kopierkennlinie der Negativplatte

Mit der direkten Belichtung der Druckplatten im **Computer-to-Plate Verfahren** wird kein Film mehr benötigt, dessen korrekte Belichtung mit einem Durchlichtdensitometer leicht überprüft werden könnte. Anhand von einbelichteten Stufenkeilen können Intensität und Linearität der Filmbelichter eingestellt werden. CTP bedeutet, dass anstelle des Filmbelichters der Plattenbelichter justiert werden muss, und zwar anhand von Tonwertkennlinien, die auf der Druckplatte gemessen werden müssen.

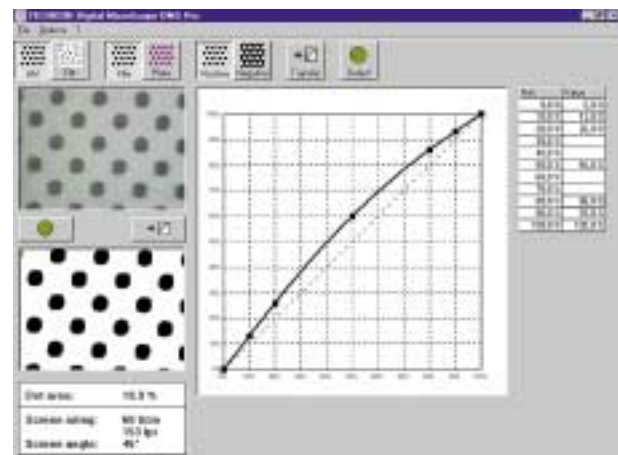
CTP bietet dafür zwei Möglichkeiten. Erstens kann eine **Tonwertkennlinie** erzeugt werden, die den Kopierkennlinien der Positiv- oder Negativplatte entspricht. Zweitens ist es aber ebenso möglich, die ideale 45°-Kennlinie zu erzeugen.

Unabhängig von der gewählten Charakteristik ist es notwendig, zur Einstellung und Kontrolle des Plattenbelichters die Prozentwerte eines einbelichteten Stufenkeils zu messen. Die Messung mit einem Auflichtdensitometer hat den Vorteil, dass für die Kontrolle von Druckplatte und Druck dasselbe Gerät verwendbar ist. Nachteilig ist, dass die rein geometrische Flächendeckung, die hier allein gefragt ist, mit einem Korrekturfaktor, dem Yule-Nielsen-Faktor gemessen werden muss.

Geräte mit Bildsensoren, wie das **TECHKON Digital Microscope DMS 910**, bieten auf der Basis einer digitalen Bildanalyse eine umfassende Auswertung von amplituden- und frequenzmodulierten Rastern auf beliebigen Druckplatten. In Verbindung mit einer PC-Software misst das DMS 910 die Rasterprozentwerte, die Rasterfrequenz und die Winkelung. Die Darstellung der Raster im Bild hilft bei der Beurteilung von Punktformen und Punktschluss.



Durch CTP sind Messungen auf der direkt belichteten Druckplatte zur Notwendigkeit geworden. Digitale Messgeräte ermöglichen neue Messverfahren und die Darstellung der Rasterstrukturen.



Mit der PC-Software TECHKON DMS Pro werden beliebige Druckplattentypen und Rasterstrukturen analysiert.

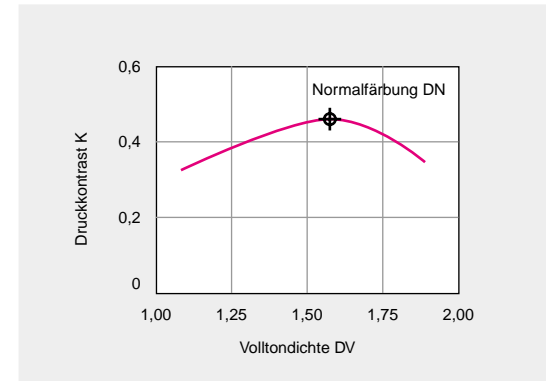
Kennwerte der Densitometrie

Volltondichte und Normalfärbung

Die Volltondichte wird in den Volltonfeldern der Druckkontrollstreifen gemessen. Anhand der Messwerte wird die Farbführung in den Farbzonen der Druckwerke gesteuert und die vom Druckbild abhängige Farbmenge bereitgestellt. Die optimale Farbführung liegt vor, wenn in allen Volltonfeldern des Druckbogens die gleiche Dichte gemessen wird.

Die Höhe der Volltondichte hängt vor allem vom Bedruckstoff ab, wie die Richtwerte für die Papierklassen 1 bis 3 zeigen. Die Variationsbreite der Werte für die Sorte 3 ist in der sehr unterschiedlichen Qualität dieser Papiere begründet. Im Zeitungsdruck werden für die farbigen Seiten häufig die besseren Qualitäten genommen.

Die optimale, von der Kombination Druckfarbe und Bedruckstoff abhängige Volltondichte ist identisch mit der in der Norm **DIN 16527-3** definierten Normalfärbung. Sie wird mit dem höchstmöglichen Druckkontrast erreicht.



Die Normalfärbung DN ist die optimale Volltondichte eines Drucks. Sie liegt im Scheitelpunkt des höchsten Druckkontrasts.

Die **Normalfärbung** wird durch Druckversuche bestimmt, wobei man die Volltondichte in Stufen erhöht und mit dem Densitometer Dichte und Druckkontrast misst. Sobald der **Druckkontrast** ab einer bestimmten Dichte wieder abnimmt, ist die Normalfärbung gerade überschritten.

Der Aufwand solcher Versuche lohnt sich immer dann, wenn verschiedene Druckfarben und Papierqualitäten vor dem Kauf oder vor einem großen Druckauftrag zur Auswahl stehen oder wenn Hausstandards festzulegen sind.

Papierklasse	Volltondichte im Offsetdruck*			
	C	M	Y	K
1 (glänzend gestrichene Papiere)	1.60	1.55	1.50	1.90
2 (matt gestrichene Papiere)	1.55	1.50	1.40	1.80
3 (ungestrichene Papiere)	1.00-1.40	1.00-1.40	0.90-1.25	1.20-1.60

*gültig für DIN E und Polarisationsfilter

Flächendeckung

Die mit dem Densitometer gemessene **wirksame Flächendeckung** besteht aus einem geometrischen und optischen Anteil.

$$FD_{\text{wirksam}} = FD_{\text{geometrisch}} + FD_{\text{optisch}}$$

Die **geometrische Flächendeckung** entspricht der mit Rasterpunkten bedeckten Fläche. Die **optische Flächendeckung** wird durch den mit Lichtfang bezeichneten Effekt verursacht.

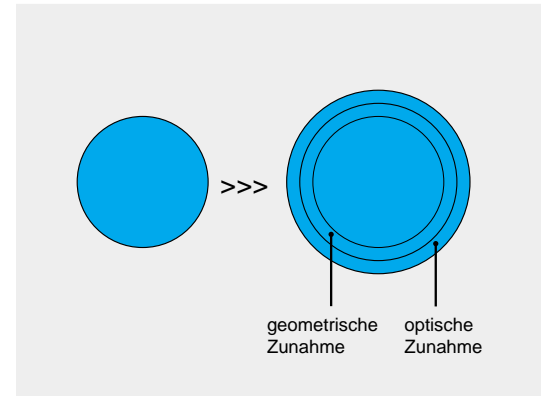
Der **Lichtfang** besteht darin, dass Messlicht am Rand der Rasterpunkte in das unbedruckte Papier eindringt und dabei diffus gestreut wird. Ein Teil des diffusen Lichts gerät unter die Rasterpunkte und wird eingefangen, wodurch das vom Papier reflektierte Licht um diesen Anteil reduziert wird. Das Ergebnis ist, dass die Rasterpunkte in ihrer Summe dunkler und damit größer wirken, als es ihrer geometrischen Größe zukommt.

Unser visueller Eindruck entspricht der wirksamen Flächendeckung. Der wahrgenommene Rasterton und der Messwert des Densitometers stimmen weitgehend überein, wodurch die visuelle und messtechnische Kontrolle von Tonwerten wesentlich erleichtert wird.

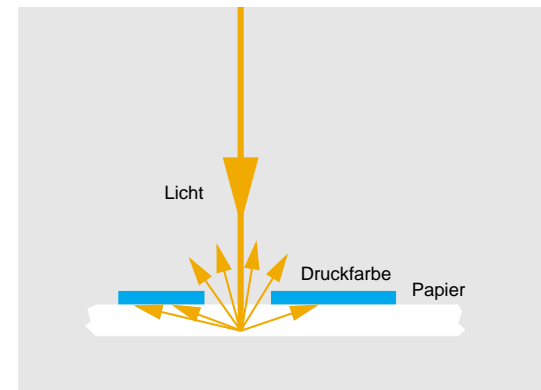
Die wirksame Flächendeckung im Druck wird als Prozentwert aus der Rasterdichte DR und der Volltondichte DV nach der **Murray-Davies-Formel** berechnet.

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

Die Bestimmung der Flächendeckung besteht damit immer aus der Messung eines Volltonfeldes und eines Rasterfeldes.



Die Rasterpunkte der Druckform erfahren beim Druck eine geometrische und eine optische Zunahme. Beide zusammen führen zur wirksamen Flächendeckung, die wir visuell wahrnehmen und mit dem Densitometer messen.



Der Lichtfang verursacht den optischen Anteil der Tonwertzunahme. Neben den Rasterpunkten einfallendes Licht wird gestreut und gelangt teilweise unter die Rasterpunkte. So entsteht eine zusätzliche Absorption von Licht, die das gedruckte Bild dunkler erscheinen lässt.

Auf Druckplatten ist nur die geometrische Flächendeckung gefragt, weil allein die geometrische Größe der Raster die übertragbare Farbmenge bestimmt. Zur Berechnung der geometrischen Flächendeckung wird die Murray-Davies Formel mit dem **Yule-Nielsen-Faktor n** korrigiert.

$$FD_{\text{geometrisch}} = \frac{1 - 10^{-\frac{DR}{n}}}{1 - 10^{-\frac{DV}{n}}} \cdot 100 (\%)$$

Der Faktor n hängt von der Oberfläche der Druckplatte ab und liegt in der Regel zwischen 1 und 3. Ihn zu bestimmen gelingt nicht immer mit der gewünschten Genauigkeit. Moderne Densitometer bieten einen Messmodus an, mit dem an einem Messfeld mit bekannter geometrischer Flächendeckung der Faktor n ermittelt werden kann. Am besten sind dafür quadratische Raster mit einer geometrischen Flächendeckung von 50 % geeignet, die mit der Lupe festgestellt werden kann.

Tonwertzunahme

Die **Tonwertzunahme TZ** erhält man, wenn von der wirksamen Flächendeckung FD des Drucks der Rasterprozentwert RF des Kopierfilms subtrahiert wird. TZ ist hierbei die Summe der Tonwertveränderungen von Plattenkopie und Druck. Im Fall der direkten Belichtung von Druckplatten wird die Tonwertzunahme auf den digitalen Rasterprozentwert RF im Datenfile des RIP bezogen.

$$TZ = FD - RF (\%)$$

Zur Messung von Flächendeckung und Tonwertzunahme im Mittelton und in der Tiefe enthalten die Druckkontrollstreifen Rasterfelder mit RF-Werten von vorzugsweise 40 % und 80 %.

Druckkontrast

Der **Druckkontrast K** gehört neben Tonwertzunahme und Volltondichte zu den Standardwerten der Prozesskontrolle an der laufenden Maschine. Der vom Densitometer angezeigte Druckkontrast K wird aus der Volltondichte DV und der Rasterdichte DR eines Rasterfelds mit einem RF-Wert von vorzugsweise 80 % berechnet.

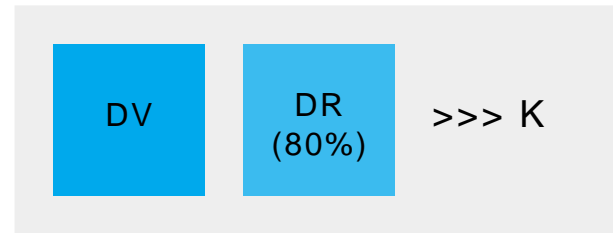
$$K = \frac{DV - DR}{DV}$$

Der Druckkontrast wird kleiner, wenn die Rasterdichte sich der Volltondichte nähert und die dunklen Rastertöne nicht mehr aufgelöst werden.

Das allmähliche Verschmutzen des Gummituchs beim Drucken lässt den Druckkontrast abnehmen und vermindert die Druckqualität. Festgelegte Grenzwerte für den unteren Druckkontrast zeigen an, wann die Gummitücher gewaschen werden müssen, wofür in modernen Druckmaschinen besondere Waschanlagen installiert sind.

Die Standardwerte des Druckkontrasts hängen vom Druckverfahren, der Papiersorte und der Einstellung der Druckmaschine ab. Grundsätzlich ist ein hoher Druckkontrast immer ein Zeichen für gute Druckqualität.

Für die Kennwerte der Densitometrie sind zuerst für den Offsetdruck und später auch für andere Druckverfahren Richtwerte festgelegt worden. Sie in möglichst engen Toleranzen einzuhalten, ist das Ziel der Prozesssteuerung.



Der Druckkontrast zwischen dem Volltonfeld und dem 80 % Rasterfeld ist ein weiteres wichtiges Maß für die Druckqualität.

		DV	TZ 40%	Tol±	TZ 80%	Tol±	K 80	Tol±
Papierklasse 1	C	1,60	14%	3%	8%	2%	0,47	0,03
	M	1,55	14%	3%	8%	2%	0,46	0,04
	Y	1,50	14%	3%	8%	2%	0,45	0,04
	K	1,90	16%	3%	10%	2%	0,50	0,04
Papierklasse 2	C	1,55	15%	3%	10%	2%	0,42	0,04
	M	1,50	15%	3%	10%	2%	0,41	0,04
	Y	1,40	15%	3%	10%	2%	0,38	0,05
	K	1,80	17%	3%	12%	2%	0,43	0,06
Papierklasse 3	C	1,20	16%	3%	12%	2%	0,28	0,05
	M	1,20	16%	3%	12%	2%	0,28	0,05
	Y	1,10	16%	3%	12%	2%	0,26	0,05
	K	1,40	18%	3%	15%	2%	0,25	0,07

Richtwerte für den Offsetdruck, gültig für Positivplatten

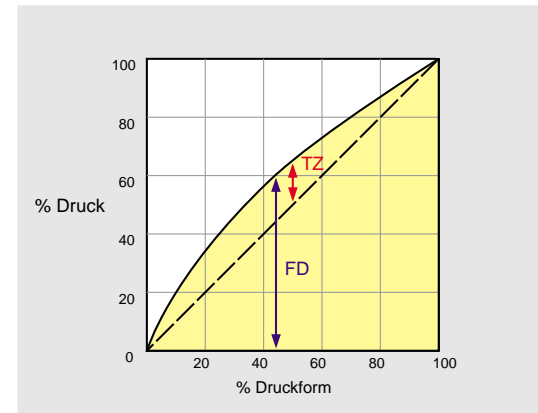
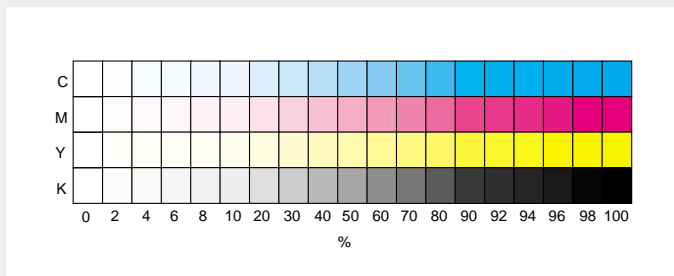
Densitometrische Richtwerte garantieren eine gleich bleibende Druckqualität. Für besonders hohe Ansprüche werden häufig engere Toleranzen festgelegt.

Druckkennlinien

Die auf einem **Stufenkeil** gemessene Druckkennlinie zeigt die Flächendeckung und die Tonwertzunahme des gesamten Rasterumfangs und gibt Aufschluss über die Charakteristik und den Zustand der Druckmaschine.

Moderne Densitometer verfügen über eine besondere Messfunktion, die das Messen der Stufenkeile erleichtert und die Druckkennlinien graphisch darstellt.

Druckkennlinien werden in regelmäßigen zeitlichen Abständen zur Kontrolle und Optimierung der Druckwerke aufgenommen. Ziel der Optimierung ist ein möglichst flacher Verlauf der Druckkennlinie und eine gleich hohe Tonwertzunahme für die Buntfarben als Voraussetzung für eine ausgewogene **Farbbalance**.



Druckkennlinien zeigen den Verlauf von Flächendeckung FD und Tonwertzunahme TZ.

Stufenkeile dienen zur Aufnahme der Druckkennlinien. Eng gestufte Messfelder im niedrigen und hohen Prozentbereich erleichtern die Beurteilung des Tonwertumfangs.

Weiterhin ist an der Druckkennlinie der erzielte **Rasterumfang** ablesbar, der in den hellen und dunklen Bereichen häufig eingeschränkt ist. So beginnt die Tonwertskala oft erst bei 2 bis 4 Prozent, während hohe Prozentwerte nicht mehr aufgelöst und als Volltöne gedruckt werden. Zur Prüfung des Rasterumfangs sind Stufenkeile erforderlich, deren Messfelder im niedrigen und hohen Prozentbereich eng gestuft sind.

Druckkennlinien ermöglichen die Beurteilung der Druckparameter. Das sind neben Farbe und Bedruckstoff das Gummituch, die Druckplatte, das Feuchtmittel und die Einstellung der Druckwerke. Stufenkeile sind ein fester Bestandteil von **Testformen**, die das volle Druckformat erfassen und vor allem auch bei der Abnahme von Druckmaschinen eine wichtige Rolle spielen.

Feinkorrekturen der Druckkennlinien sind bereits in der Vorstufe durch Gradationsanpassungen möglich. Damit kann die Übereinstimmung der Druckwerke weiter verbessert werden. So berechnet das **TECHKON QS Pro Programm** aus den Abweichungen der aufgenommenen Druckkennlinien Korrekturen für die Belichtung der Filme oder Druckplatten und erreicht damit eine bestmögliche Anpassung der Druckwerke.

Graubalance und Farbbalance

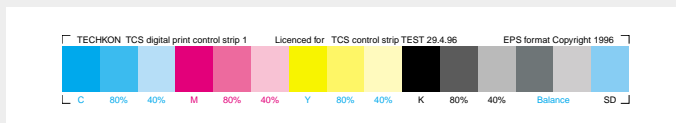
Für die Graubalancefelder der Druckkontrollstreifen werden Tonwerte gewählt, die den Tonwerten der gerasterten K-Felder entsprechen. Das ermöglicht den visuellen Vergleich der **Graubalance** mit der schwarzen Druckfarbe. Ein neutrales Grau auf weißem Papier erhält man nur, wenn die Buntfarben CMY in unterschiedlichen Prozentwerten gerastert sind, zum Beispiel in diesen typischen Stufungen.

Mitteltonfeld:	C 28 %	M 20 %	Y 19 %
Tiefenttonfeld:	C 74 %	M 60 %	Y 58 %.

Viele Densitometer bieten zur Auswertung der Graubalancefelder eine besondere Funktion an, mit der die CMYK-Dichten simultan gemessen und gemeinsam angezeigt werden. Bei neutralem Grau sind die Teilfarbdichten gleich hoch. Farbstiche ergeben Abweichungen der Werte. So kann ein roter Farbstich durch zu viel Magenta oder durch zu wenig Cyan verursacht sein. Die Messung der Graubalance informiert damit über Größe, Richtung und Ursache des Farbstichs und über die notwendige Korrektur der Farbführung.

Im Fortdruck können die separaten Messungen von CMY zum Teil durch eine einzige Graufeldmessung ersetzt werden, wodurch die Kontrolle der Farbführung leichter und schneller wird. Die Interpretation der Messwerte wird zusätzlich vereinfacht, wenn das Densitometer nicht auf dem Papierweiß, sondern auf dem Graubalancefeld des OK-Bogens genullt wird. Dann werden vom Messgerät unmittelbar die Differenzen zu den Sollwerten angezeigt.

Messungen der **Farbbalance** werden im Druckbild vorgenommen und zwar immer dann, wenn der Farbton eines Musters beim Einrichten und im Fortdruck nachgestellt und eingehalten werden soll. Ein typischer Anwendungsfall ist der Druck von Etiketten im Nutzen, deren Farbe an jeder Stelle des Druckbogens mit dem Muster übereinstimmen muss. Die Messung erfolgt analog zur Graubalancemessung. Zur Anzeige kommen die Teilfarbdichten von CMYK. Auch hier ist es praktisch, das Densitometer auf der Sollfarbe zu kalibrieren, damit die Dichtedifferenz direkt angezeigt wird.



Graubalancefelder sind ein wichtiger Bestandteil der Druckkontrollstreifen. Ihre Messwerte erleichtern die Kontrolle der Farbführung.



Messungen der Farbbalance sind von großem Nutzen, wenn mit dem Zusammen-druck von Skalenfarben ein bestimmter Farbton eingehalten werden soll. Eine typische Anwendung ist der Etikettendruck.

Farbannahme

Beim Übereinanderdruck der Farben im mehrfarbigen Rasterdruck entsteht das Phänomen der Farbannahme. Es besteht darin, dass beim Drucken der zweiten Farbe weniger Farbe und in veränderter Struktur auf den Druckbogen übertragen wird, als wenn die Farbe auf noch unbedrucktes Papier trifft. Die auf unbedrucktes Papier übertragbare Farbmenge wird gleich 100 % gesetzt. Die Farbannahme kann beim Nass-in-Nass-Druck 70 % und weniger betragen.

Die mit dem Densitometer auf den Volltonfeldern und Übereinanderdruckfeldern des Druckkontrollstreifens gemessene Farbannahme ist kein absolutes Maß, sondern hängt entscheidend von der Charakteristik des Farbfilters ab, mit dem die Messungen ausgeführt werden. Grundsätzlich werden die Messungen mit dem Filter der zweitgedruckten Farbe vorgenommen, wobei nacheinander drei Messungen in fester Reihenfolge durchgeführt werden, wie das Beispiel von C+M zeigt.

- Messung der Dichte D1 von Cyan
 - Messung der Dichte D2 von Magenta
 - Messung der Dichte D12 vom Übereinanderdruck C+M
- Filter für alle Messungen: Magenta.

Die Wahl des richtigen Filters und die Berechnung der Farbannahme erfolgen bei allen TECHKON Densitometern automatisch.

Entscheidend für die Beurteilung der Farbannahme ist nicht die absolute Höhe des gemessenen Prozentwertes, sondern seine Veränderungen. Die Bestimmung der Farbannahme ist immer dann sinnvoll, wenn das Feuchtmittel, das Gummituch, der Anpressdruck, die Druckfarbe oder der Bedruckstoff verändert werden. Der Vergleich mit vorher ausgeführten Messungen zeigt dann, ob durch die Veränderung die Farbannahme besser oder schlechter geworden ist. Änderungen der Farbannahme beeinflussen die Farbgebung im Druck und sind deshalb sorgfältig zu beobachten.



Die Farbannahme in den übereinander gedruckten Volltonfeldern ist ein besonderes Qualitätskriterium für den Nass-in-Nass-Druck

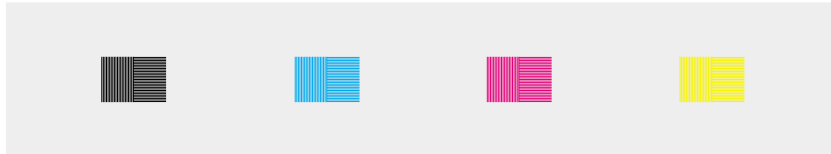
Schieben • Doublieren • Passer

Abweichungen vom fehlerfreien, konturengleichen Übereinanderdruck der Teilfarben verursachen Farbschwankungen, Verluste an Bildschärfe und störende Strukturen in Form von Rosetten und Moiré.

Schieben entsteht durch eine Relativbewegung des Druckbogens zwischen Gummituch und Druckzylinder in Druckrichtung. Verursacht wird das Schieben durch zu hohe Zugkräfte beim Ablösen des Druckbogens vom Gummituch und fehlerhafte Druckbeistellung. An den **SLUR-Feldern** des Druckkontrollstreifens werden durch Schieben die waagerechten Linien verbreitert.

Doublieren ist ein Phänomen des mehrfarbigen Nass-in-Nass-Drucks. Die in einem Druckwerk erzeugten Rasterpunkte verursachen eine teilweise Rückübertragung ihrer Farbe auf das Gummiband des folgenden Druckwerks. Als Ergebnis druckt dieses Druckwerk mit zwei Farben, mit seiner regulären Farbe und der rückübertragenen Farbe. Doublieren entsteht, wenn die rückübertragene Farbe nicht punktgenau auf die zuerst gedruckten Rasterpunkte trifft. Dabei entstehen doppelte Rasterpunkte, die sich teilweise überdecken oder auch frei nebeneinander stehen können.

Die Linien der SLUR-Felder können durch Doublieren in allen Richtungen breiter werden. Dichtedifferenzen von $D = 0,05$ zwischen den senkrechten und waagerechten SLUR-Feldern einer Farbe werden allgemein für tolerierbar gehalten. Bevorzugt werden Linienfelder mit 48 L/cm und einer nominellen Flächendeckung von 60 % verwendet.

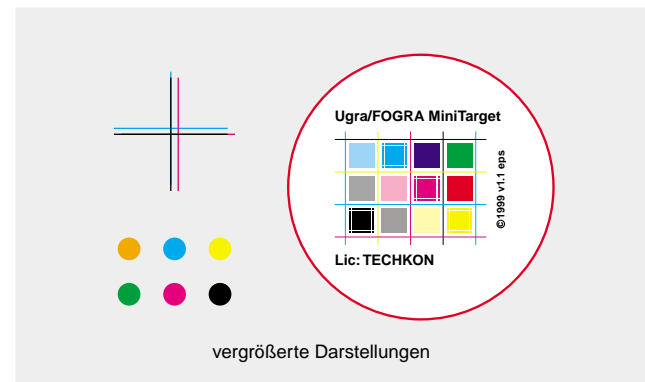


Die Linien der SLUR-Felder der Druckkontrollstreifen werden durch Schieben und Doublieren breiter. Die damit verbundene Zunahme der Dichte und Dichtedifferenz zwischen den senkrechten und waagerechten Linienfeldern erlaubt die messtechnische Kontrolle der Abweichungen.

Passer und Passgenauigkeit bedeuten, dass die Bilder der Teilfarben konturengau übereinander gedruckt werden. Anhand von Passkreuzen der übereinander gedruckten Farben können Registerabweichungen nach Richtung und Größe bestimmt und an der Druckmaschine korrigiert werden. Lupen sind einfache und bewährte Hilfsmittel für die Kontrolle der Passkreuze.

Digitale Messgeräte bieten neue Möglichkeiten der Registerkontrolle. Ihre Bildsensoren können die Verschiebungen von Passkreuzen und die Abstände nebeneinander angeordneter Registerelemente messen.

Das Ugra/FOGRA MiniTarget verfügt über ein Netz von feinen Linien, deren Abstände durch Bildanalyse mit der **TECHKON MiniTarget Camera** längs und quer zur Druckrichtung gemessen werden. Die im Gegensatz zu den Passkreuzen nicht übereinander gedruckten Linien ermöglichen eine besonders genaue Messung des Registers der Druckfarben zueinander.

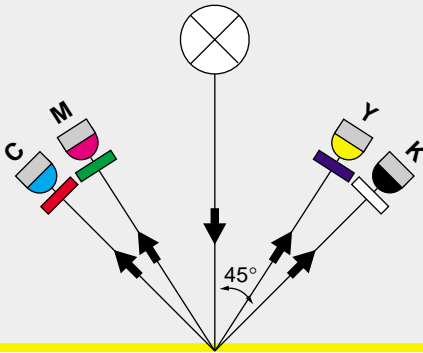


Abweichungen vom deckungsgleichen Über-einanderdruck der Teilfarben sind an Passkreuzen, Registerlinien und anderen Register-elementen ablesbar.

Densitometer- Typen

Densitometer mit Statusfiltern

Densitometer dieses Typs besitzen Farbfilter, mit denen die Druckfarben CMYK getrennt erfasst werden. Hinter jedem der insgesamt vier Filter ist ein Photoelement angeordnet, wodurch für jede Druckfarbe ein Messkanal zur Verfügung steht. Die Signale der Photoelemente werden elektronisch aufbereitet und in densitometrische Kennwerte umgesetzt.



Mit Messfiltern versehene Densitometer werden vorwiegend für den Vierfarbendruck eingesetzt. Vier Photoelemente erfassen getrennt das von den Druckfarben CMYK reflektierte Licht. Vor den Photoelementen für CMY sind genormte komplementäre Farbfilter angeordnet.

Das von der Probe reflektierte Messlicht wird simultan von allen vier Photoelementen empfangen. Zur Auswertung kommt das Signal des Photoelements mit dem höchsten Dichtewert. Die Signale der übrigen Photoelemente können zur Messung der Grau- und Farbbalance und der Nebendichten genutzt werden. Für Sonderfarben sind diese Densitometer nur mit Einschränkungen geeignet, weil ihre Filter vor allem für die Skalenfarben CMYK optimiert sind.

Die Druckfarben verursachen durch Absorption eine Abnahme der Remission des unbedruckten Papiers in einem für sie typischen Wellenlängenbereich. Die Remissionskurven der Buntfarben CMY haben Bereiche mit hoher und niedriger Remission.

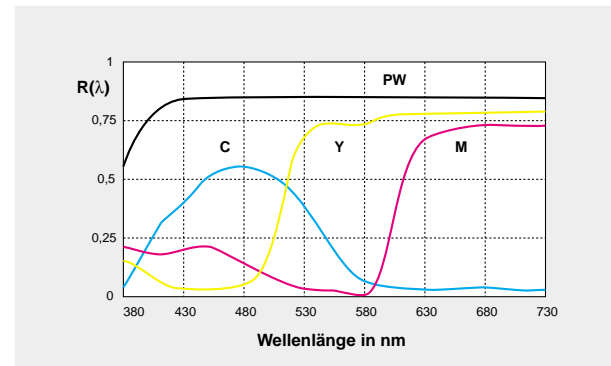
Die Dichte wird im niedrigen Remissionsbereich bestimmt, weil hier ausgeprägte, gut messbare Veränderungen der Remission stattfinden. Deshalb wird die Dichte von Cyan mit einem Rotfilter bei einer Wellenlänge von 600 nm gemessen. Analog wird Magenta mit einem Grünfilter bei 530 nm gemessen und Yellow mit einem Blaufilter bei 430 nm. Damit werden die Buntfarben CMY jeweils mit komplementären Farbfiltern erfasst.

- Cyan mit einem Rotfilter
- Magenta mit einem Grünfilter
- Yellow mit einem Blaufilter.

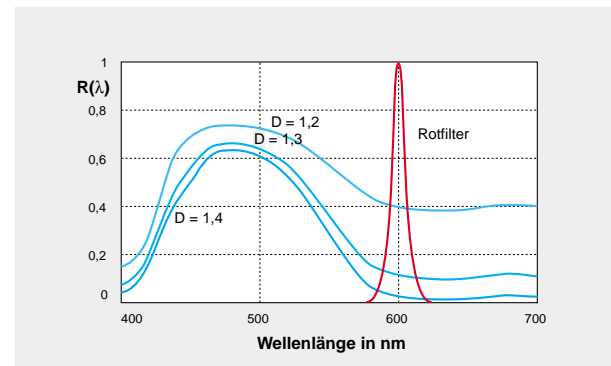
Die Dichte von Schwarz könnte prinzipiell mit einem beliebigen Filter bestimmt werden, weil Schwarz die Remission annähernd gleichmäßig im gesamten Spektralbereich vermindert.

Um definierte Messbedingungen zu erzielen, wurde eine Filtercharakteristik gewählt, die der visuellen Grauempfindlichkeit entspricht und mit $V(\lambda)$ bezeichnet wird.

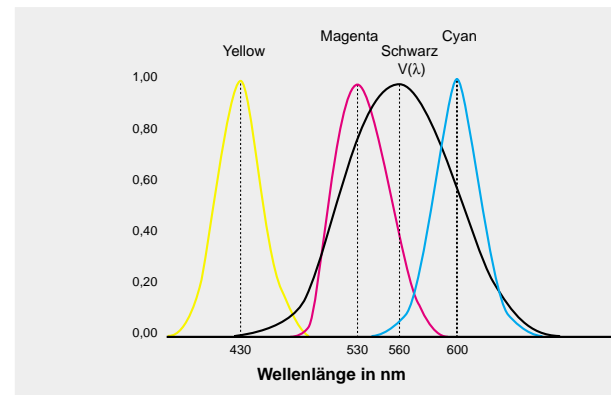
Die Charakteristik der Filter ist in den Normen **DIN 16 536-2** und **ISO 5-3** festgelegt. In Europa werden Filter nach **Status DIN E** verwendet. In den USA und zum Teil in England sind mit Rücksicht auf den SWOP Farbstandard **ISO T Filter** gebräuchlich. Status DIN E und ISO T unterscheiden sich nur im Blaufilter. Mit ISO T werden aufgrund eines breiteren Blaufilters niedrigere Dichten für Y gemessen als mit DIN E.



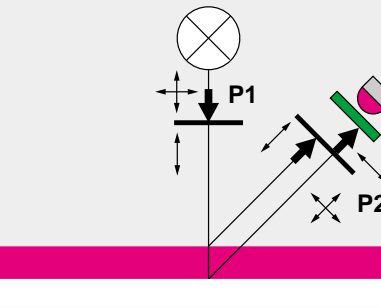
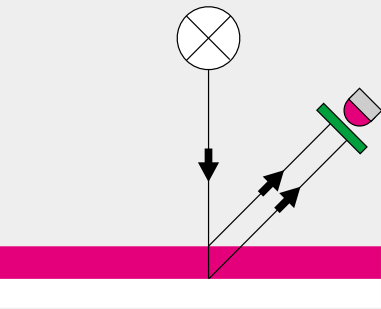
Die spektralen Remissionskurven der Druckfarben CMY und des unbedruckten weißen Papiers (PW).



Remissionskurven von Cyan für verschiedene Farbdichten. Die Dichte wird mit einem Rotfilter im Bereich der größten Veränderungen gemessen.



Charakteristik der Messfilter für Status DIN E.



Weiterhin haben **Polarisationsfilter** einen wesentlichen Einfluss auf die Höhe der gemessenen Dichte. Polarisationsfilter bewirken, dass an der Oberfläche reflektiertes Glanzlicht von der Messung ausgeschlossen wird und nur das modulierte Messlicht zur Auswertung kommt, das die Farbschicht zweimal durchlaufen hat.

Mit Polarisationsfiltern werden unabhängig vom Glanz Dichtewerte gemessen, die genau der gedruckten Farbmenge entsprechen. Vor allem bewirken Polarisationsfilter, dass auf dem frischen nassglänzenden und dem getrockneten matten Druck der Dichtewert unverändert bleibt.

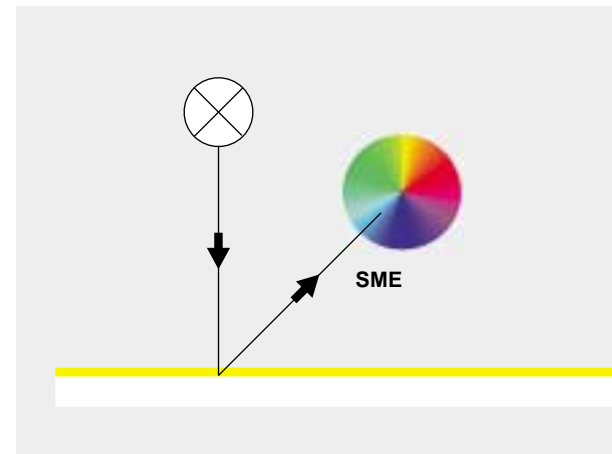
Die Glanzunterdrückung kommt durch zwei um 90° gegeneinander verdrehte lineare Polarisationsfilter zustande. Das erste Polfilter P1 polarisiert das Messlicht, bevor es auf die Farbschicht trifft. Das zweite Polfilter P2 sitzt vor den Photoelementen und sperrt das polarisiert gebliebene, an der Oberfläche reflektierte Glanzlicht. Das modulierte Licht ist bei seinem zweifachen Durchgang durch die Farbschicht wieder unpolarisiertes Licht geworden und kann das zweite Polarisationsfilter mit einer zu ihm parallelen Komponente passieren.

Durch Glanzlicht werden zu niedrige Dichtewerte vorgetäuscht. Zwei um 90° gekreuzte Polarisationsfilter verhindern, dass Glanzlicht auf das Photoelement trifft und in die Messung eingeht.

Spektrale Densitometer

Spektral messende Densitometer arbeiten nach dem Prinzip der Spektralphotometer. Die eigentliche Messung besteht in der Aufnahme der vollständigen Remissionskurve mit einem spektralen Messelement.

Die Remissionskurve ist die alles umfassende Information über eine Farbe, aus der sämtliche farbmessenden und densitometrischen Kennwerte und die spektrale Dichtekurve abgeleitet werden können.



Spektrale Densitometer analysieren das Spektrum des reflektierten Messlichts und sind so für jede Art von Druckfarbe geeignet. Das spektrale Messelement SME kann aus einem Gitterdiodenmodul oder einem Filterdiodenmodul bestehen.

Densitometer dieser Art sind aufgrund ihres spektralen Messprinzips für Skalenfarben und Sonderfarben universell anwendbar.

Die **Dichtekurve $D(\lambda)$** ist die reziproke logarithmische Funktion und das Spiegelbild der **Remissionskurve $R(\lambda)$** . Hohe Remissionswerte ergeben niedrige Dichtewerte und umgekehrt. Aus der Dichtekurve ist an jeder Stelle des sichtbaren Spektrums der Dichtewert einer Farbe ablesbar.

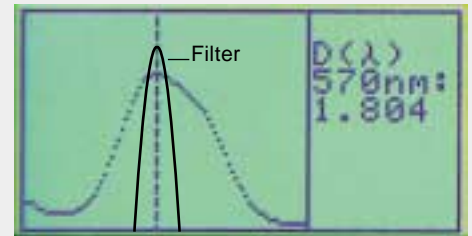
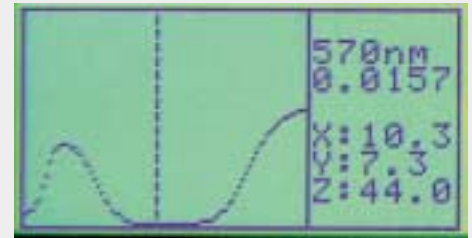
Das spektrale Messelement moderner Geräte ist meistens ein **Gitterdiodenmodul** oder ein **Filterdiodenmodul**. Das Gitterdiodenmodul besteht aus der festen Verbindung eines optischen Gitters mit einer Diodenzeile. Das Gitter bewirkt die spektrale Zerlegung des reflektierten Messlichts und verteilt es auf die Diodenzeile. Die verstärkten und digitalisierten Signale der Photodioden der Zeile formen die Remissionskurve. Im Fall des Filterdiodenmoduls entsteht die Remissionskurve aus den Signalen von aneinander gereihten Dioden, deren Fenster aus schmalbandigen Filtern bestehen.

Spektrale Densitometer haben den spezifischen Vorteil, dass an beliebigen Stellen der Remissionskurve oder der Dichtekurve diskrete Dichtewerte berechnet werden können. Der Berechnung werden virtuelle, mathematisch definierte Filter zugrunde gelegt, deren Charakteristik frei gewählt werden kann.

Spektrale Densitometer bieten nicht nur die Wahl zwischen den genormten Statusfiltern für CMYK. Auch für alle Sonderfarben und für die zusätzlichen Farben des Mehrfarbendrucks können die jeweils optimalen Messfilter bestimmt und angewendet werden.

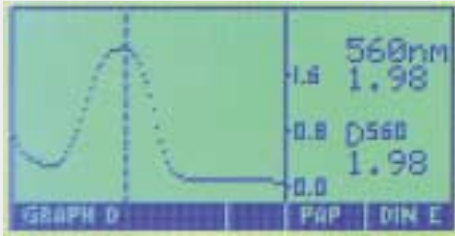


SME



- **Volltondichte**
- **Rasterdichte**
- **Flächendeckung**
- **Tonwertzunahme**
- **Druckkontrast**
- **Druckkennlinie**

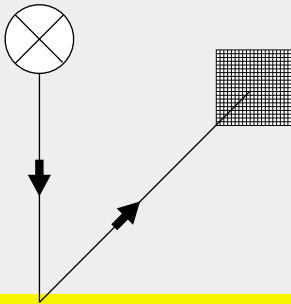
Aus der vom spektralen Messelement SME aufgenommenen Remissionskurve wird die Dichtekurve abgeleitet. Die densitometrischen Kennwerte werden mit mathematisch simulierten Filtern bestimmt.



Die im Display des TECHKON Spektral-Densitometers SD 620 dargestellte Dichtekurve einer violetten Sonderfarbe hat ihr Maximum bei einer Wellenlänge von 560 nm. Das am besten geeignete Filter wird vom Gerät automatisch gewählt.

Diese optimalen Filter für Sonderfarben und Mehrfarben messen an der Stelle des Dichtemaximums der Dichtekurve, wodurch man die bestmögliche Auswertung erhält. Neben der Volltondichte werden für den Rasterdruck dieser Farben die Flächendeckung, die Tonwertzunahme und der Druckkontrast bestimmt.

Einige spektrale Densitometer können zusätzlich farbmimetrische Größen wie die Lab-Werte und deren Differenzwerte anzeigen. Automatische Funktionen und der Anschluss an einen Computer ergänzen die Leistung dieser für die Qualitätskontrolle universell einsetzbaren Messgeräte.



Messgeräte mit Bildsensoren analysieren das Messfeld punktwise. Sie können farbmimetrische und densitometrische Kennwerte und darüber hinaus Strukturen, Flächenanteile und Linienabstände bestimmen. Ein wichtiges Anwendungsgebiet der digitalen Messgeräte sind Messungen auf Druckplatten und die Auswertung von kleinen gedruckten Kontrollelementen.

Digitale Messgeräte

Messgeräte dieses Typs arbeiten wie digitale Kameras mit einem aus vielen kleinen Photoelementen bestehenden **Matrixsensor**. Die Fähigkeit solcher Sensoren zur Aufnahme von digitalen, aus Pixeln zusammengesetzten Bildern eröffnet für die graphische Messtechnik neue Möglichkeiten. So können mehrere nebeneinander stehende kleine Kontrollfelder mit einer One-Shot-Messung gemeinsam erfasst und getrennt nach farbmimetrischen und densitometrischen Kennwerten analysiert werden.

Das führt, wie das für den Zeitungsdruck konzipierte **Ugra/FOGRA MiniTarget** zeigt, nicht nur zu einer besonders effizienten Auswertung, sondern ermöglicht platzsparende, im Druckbild unauffällige Kontrollelemente.

Besonders eindrucksvoll und nützlich ist die Analyse und bildliche Darstellung von Rasterstrukturen, die vor allem in Verbindung mit der direkten Belichtung von Druckplatten eingesetzt wird. Die hohe Auflösung der CMOS-Matrixsensoren erlaubt es auch, Linien und deren Abstände für die Registerkontrolle und für die Bewertung von Mikrolinien auf Druckplatten zu erfassen.

Das für die Messung auf Druckplatten konzipierte **TECHKON Digital MicroScope DMS 910** und die **TECHKON MiniTarget Camera MTC 920** zur Auswertung des Ugra/FOGRA MiniTargets sind Beispiele dieser neuen Generation von Messgeräten. Ein optischer Sucher ermöglicht die genaue Positionierung der Geräte auch auf besonders kleinen Messfeldern, die rundum beleuchtet und durch ein optisches System auf dem Matrixsensor abgebildet werden.

Die Auswertung der Pixel erfordert erhebliche Rechenleistung, weshalb beide Geräte über eine schnelle USB-Schnittstelle mit einem Computer verbunden sind, auf dessen Bildschirm die kleinen Messfelder, die Linien und vor allem auch die Rasterstrukturen farbig und in starker Vergrößerung dargestellt werden. Ein wesentlicher Teil der Messsysteme sind deshalb die **TECHKON Software DMS Pro** und **MTC Pro** für die Auswertung von Druckplatten und des MiniTargets.



Die Auflösung der Messfläche in Bildpunkte und deren Farb- und Strukturanalyse erschließen für die graphische Qualitätssicherung neue Anwendungen.

Index

Bunt- und Unbuntaufbau	10, 11
CIE Normfarbtafel	8, 9
CTP/Computer-to-Plate	19
Densitometer	14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 24-26, 28, 30-32
Dichte/Volltondichte	14, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 25-32
Dichtekurve/Remissionskurve	29, 30, 31, 32
Digital MicroScope	19, 33
Digitale Messgeräte	19, 27, 32
Doublieren	16, 27
Druckkennlinie	24, 31
Druckkontrast	16, 20, 22, 23, 31
Druckkontrollstreifen	12, 16, 17, 20, 22, 25, 26, 27
Euroskala	7, 9
Farbannahme	16, 26
Farbfächer	9
Farbmenge	14, 15, 16, 20, 22, 26, 30
Farbmischung	9, 10
Farbumfang	8, 9
Farbzone/Sequenz	16, 17, 20
Filter/Statusfilter	15, 26, 28, 29, 31, 32
Filterdiodenmodul/Gitterdiodenmodul	30, 31
Flächendeckung	11, 12, 13, 16, 19, 21, 22, 24, 27, 31-33
GCR/Grey Component Replacement	11
Graubalance/Farbbalance	16, 24, 25, 28
Kontrollelemente	16, 17, 18, 32, 33
Kopierkennlinie	18
Lichtfang	12, 21
Matrixsensor	17, 32, 33
Mehrfarbendruck	8, 9, 16, 31, 32

MiniTarget-System	17, 27, 32, 33
Moiré	12, 13, 26
Murray-Davies-Formel	21, 22
Norm/DIN/ISO	7, 15, 20, 29
Normalfärbung	20
Papierweiß-Messung	15
Passer/Register	16, 17, 27, 33
Polarisationsfilter	20, 30
Primärfarben	8, 9, 10
Punktschluss	12, 13, 19
Raster/Strukturen/Frequenz/Winkel	10, 12, 13, 18, 19, 21, 22, 23, 27, 32, 33
Rasterumfang	24
Remissionsmessung	14, 29
Restfarben	9
Rezeptierungs-Software	9
Richtwerte	20, 23
Sekundärfarben	10
Skalenfarben	7, 8, 9, 10, 11, 25, 28, 29, 31
Schieben/Doublieren/SLUR	16, 26, 27
Software/MTC Pro/DMS Pro/QS Pro	17, 19, 24, 33
Sonderfarben	9, 28, 31, 32
Spektral-Densitometer	30, 31, 32
Spitzpunktfeld	16
Stufenkeil	18, 19, 24
Testform	24
Tonwertzunahme	16, 18, 21, 22, 24, 31, 32
UCR/Under Color Removal	11
Vierfarbendruck	7, 8, 9, 16, 28
Yule-Nielsen-Formel/Yule-Nielsen-Faktor	12, 19, 22

www.techkon.com

Besuchen Sie uns auch im Internet unter **www.techkon.com**. Auf unseren Internetseiten zeigen sich unsere Produkte von ihrer besten Seite. Außerdem finden Sie interessante Neuigkeiten von TECHKON, Programme zum Herunterladen und technische Hintergrundinformationen.



Wir beraten Sie **gerne** zu allen
Anwendungsfragen.

Nehmen Sie **Kontakt**
mit uns auf !

TECHKON GmbH
Wiesbadener Straße 27
D-61462 Königstein/Germany
Tel. ++49-(0)6174-92 44 50
Fax ++49-(0)6174-92 44 99
E-Mail: info@techkon.com
<http://www.techkon.com>

Technische Änderungen vorbehalten.
© TECHKON GmbH, 2002