

FARBMETRIK

Farben sehen und messen: eine Einführung und Übersicht

Kurzportrait TORSO-VERLAG

Der seit 1988 bestehende TORSO-VERLAG in Wertheim präsentiert einen professionellen Meeting Point for Color & Light. Das Portal bietet die Farbreferenzen sowie Anwendersoftware der wichtigsten internationalen Farbsysteme und -Normen, wie sie in vielen Industriezweigen tagtäglich eingesetzt werden. Farbsysteme, wie beispielsweise HKS, Pantone, RAL, NCS oder Munsell bilden hierbei den Kern eines Angebots, das durch ein umfangreiches Zubehörsortiment für Profianwender weiter ergänzt wird. Hochqualitative Farbmessgeräte und Normlichtkabinen für eine präzise Lichtsimulation in unterschiedlichsten Szenarien, runden das Lieferprogramm hierbei ab. Weit reichende Serviceleistungen vor und nach dem Kauf sowie eine schnelle Verfügbarkeit der gesamten Produktpalette, kennzeichnen den TORSO-VERLAG als Kompetenzzentrum für Farbe und Licht in Europa.

Inhalt

1	Farbe	2	4.1.6	MA 68 II	8
2	Farbsehen	2	4.2	Tischgeräte	8
2.1	Licht	2	4.2.1	Color i5	8
2.2	Objekt	3	4.2.2	Color i7	8
2.3	Betrachter	3	4.2.3	Color Eye 7000A	9
2.4	Farbeindruck	3	4.3	Kontaktlose Spektralphotometer	9
2.5	CIELAB-Farbsystem	3	4.3.1	TeleFlash	9
3	Farbmessung	4	4.3.2	VeriColor Spectro	10
3.1	Dreibereichsverfahren	4	4.3.3	VeriColor Solo	10
3.2	Spektralphotometrie	4	4.3.4	VeriColor System	10
3.3	Einsatzgebiete	5	4.4	Entscheidungshilfe	10
3.3.1	Qualitätskontrolle	5	5	Software	11
3.3.2	Produktionsüberwachung	5	5.1	Color Master	11
3.3.3	Wareingangskontrolle	5	5.2	Color i Match	11
3.3.4	Reklamationen	5	5.3	Color iQC	11
4	Farbmessgeräte	5	6	Schulung	12
4.1	Portable Farbmessgeräte	6	7	Formelsammlung	12
4.1.1	962	7	7.1	Normfarbwerte	12
4.1.2	964	7	7.2	Normfarbwertanteile	12
4.1.3	SP62	7	7.3	CIELAB-Farbsystem	13
4.1.4	SP64	7	7.4	Farbabstand Delta E	13
4.1.5	ColorEye XTH	7	7.5	Umrechnungen Lab / LCh	13

1 Farbe

Farbe ist das, was uns ständig umgibt und so beeinflusst und das wir dennoch meist so wenig bewusst beachten. Das liegt wahrscheinlich in der Selbstverständlichkeit begründet, dass alles und jedes Objekt eine Farbe hat.

Sobald Farbe aktiv erfasst wird, ist sofort klar, dass das so selbstverständliche in gleichem Maße schwer fassbar ist. Nicht nur die Tatsache, dass Farbe mit Worten nicht exakt beschreibbar ist, sondern vielmehr das Erlebnis, dass Farbe nichts Fixes ist, lässt erahnen, wie umfassend die Aufgabe ist, Farbe messen zu wollen.

Farbe ist abhängig von

- dem Licht, dem sie ausgesetzt ist
- der Größe der farbigen Fläche
- den Umgebungsfarben bzw. des Hintergrunds
- dem Winkel, aus dem die Farbe betrachtet wird
- der individuelle Empfindlichkeit der Augen des Betrachters

Um Farbe objektiv beurteilen zu können, sind deshalb definierte Bedingungen erforderlich.

Farbe zu beschreiben bedarf es der Ermittlung dreier von einander unabhängiger Eigenschaften:

- Farbton
- Helligkeit
- Sättigung

Der Farbton beschreibt die Zugehörigkeit zu einer der Farbarten Gelb, Orange, Rot, Purpur, Blau oder Grün. Die Helligkeit ist unabhängig von der Farbart und liegt auf einer Skala, die durch die Endpunkte Schwarz und Weiß gebildet wird.

Die Sättigung schließlich ist das Maß für die Intensität der Farbe, also wie farbig eine Farbe ist. Farben mit der Sättigung null sind demnach also Grautöne.

2 Farbsehen

Beim Sehen – oder besser – beim Entstehen von Farbe sind drei Dinge immer vorhanden:

- Licht
- Objekt
- Betrachter

Fehlt auch nur eines aus dieser Reihe, so ist bei Körperfarben kein Farbeindruck möglich.

2.1 Licht

Wir sind ständig umgeben von elektromagnetischen Wellen. Je nach Wellenlänge haben diese unterschiedliche Wirkungen und Funktionen. Jedem geläufig sind sicherlich die Rundfunk- und Fernsehwellen, deren Wellenlängen von ca. einem bis ca. 100 Meter betragen.

Mikrowellen, Röntgen- und Gammastrahlung sind weitere Arten von elektromagnetischen Wellen. Ein nur sehr kleiner Bereich des gesamten Strahlungsspektrums ist das sichtbare Licht. Hier handelt es sich um elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen von 380 bis 780 Nanometer (ein nm ist der millionste Teil eines mm).

Im Regenbogen wird das Spektrum des sichtbaren Lichtes erlebbar: die Aufspaltung in einen von Violett über Grün nach Rot übergehenden Farbverlauf zeigt den sichtbaren Wellenlängenbereich von 380 bis 780 nm.

2.2 Objekt

Jedes Objekt oder jede Oberfläche hat bestimmte, individuelle Eigenschaften. Diese wirken sich auf die Art und Weise aus, wie einstrahlendes Licht zurückgeworfen oder verschluckt wird. Vom gesamten auftreffenden Licht wird immer ein Teil reflektiert und der Rest absorbiert. Unterschieden wird zwischen

Opaken bzw. undurchsichtigen Objekten:

Licht wird zum Teil absorbiert und zum Teil reflektiert

Transparenten Objekten:

Licht wird zum Teil absorbiert und zum Teil ungestreut hindurch gelassen

Transluzenten Objekten:

Licht wird zum Teil absorbiert, zum Teil ungestreut hindurch gelassen und zum Teil reflektiert.

2.3 Betrachter

In der Netzhaut des menschlichen Auges gibt es zwei Arten von Sehzellen: Stäbchen und Zapfen. Die Stäbchen sind sehr viel lichtempfindlicher als die Zapfen, sie dienen nur dem nachtaktivem und Dämmerungssehen. Die tagaktiven Zapfen dagegen sind auch farbeempfindlich: es gibt drei Arten, die jeweils rot-, blau- und grünempfindlich sind.

Zwar gibt es 18-mal mehr Stäbchen als Zapfen, aber in der so genannten Sehgrube oder Gelbem Fleck, dem für das Sehen wichtigsten Punkt auf der Netzhaut, gibt es nur Zapfen. Das Auge wird unbewusst immer so eingestellt, dass das Bild auf diesen Punkt in der Netzhautmitte fällt. Hier ist die Stelle des schärfsten Sehens und des Farbsehens.

Die aufgenommenen Signale werden über den Sehnerv an das Gehirn weitergeleitet. Die kombinierte Information der drei Zapfenarten ergibt den Farbeindruck. Da die Empfindlichkeiten der Zapfenarten von Mensch zu Mensch unterschiedlich sind, ist auch die Farbsehfähigkeit immer individuell.

Voraussetzung für das Farbsehen ist auch eine gewisse Helligkeit, da die Zapfen erst ab einer Mindesthelligkeit aktiv werden. Das ist auch der Grund dafür, dass man bei Dunkelheit keine Farben mehr wahrnehmen kann.

2.4 Farbeindruck

Farbe entsteht, wenn Licht auf ein Objekt trifft, ein Teil des Lichts reflektiert wird und dieser Teil in das menschliche Auge trifft. Dieses verarbeitet die Lichtinformation individuell und leitet sie ins Gehirn weiter, wo schließlich der Farbeindruck zustande kommt.

2.5 CIELAB-Farbsystem

Seit Albert Henry Munsell im Jahr 1905 sein Farbsystem - das auf messbaren Eigenschaften von Farbe beruht - veröffentlichte, waren Farbwissenschaftler und Techniker bestrebt, möglichst genaue Formeln zur Erfassung des gleichabständigen Farbraums zu finden.

Die Internationale Beleuchtungskommission CIE (Commission International d'Eclairage) hat 1931 ihre ersten wichtigen Empfehlungen herausgegeben, die zur Grundlage der modernen Farbmessung wurden. Festgelegt wurden der farbmetrische 2°-Normalbeobachter, das Normvalenz-System, drei Normlichtarten sowie die Beleuchtungs- und Beobachtungsbedingungen für die Messung von Aufsichtfarben.

1964 wurde der 10°-Normalbeobachter definiert, der für größere Blickwinkel als 4° relevant ist. Das so genannte CIELAB-Farbsystem wurde 1976 definiert als ein Farbraum, der durch die Achsen L^* , a^* und b^* aufgespannt wird. Dabei ist L^* die Hell-Dunkel-Achse, die senkrecht im Raum steht (von $L^*=0$ =Schwarz bis $L^*=100$ =Weiß). Im rechten Winkel dazu liegen die beiden Achsen a^* und b^* , die auch untereinander im rechten Winkel zueinander stehen. a^* ist die Rot-Grün- und b^* die Gelb-Blau-Achse.

Der Abstand zweier Farben in diesem Raum entspricht dem Abstand der Koordinaten beider Punkte. Rechnerisch entspricht das dem räumlichen Pythagoras der drei Differenzstrecken da^* , db^* und dL^* .

Der gleiche Farbraum kann auch durch andere als die oben beschriebenen kartesischen Koordinaten beschreiben werden. Die Verwendung von Zylinderkoordinaten ermöglicht ebenso die Beschreibung jedes einzelnen Punktes im Raum. Die Variable L^* beschreibt dabei die Höhe des Zylinders als Maß für die Helligkeit. h ist der Winkel zwischen der $+a^*$ -Achse, also rot, und eines Farbtons auf dem Farbkreis, der die Zylinderbasis bildet. C ist der horizontale Abstand zwischen der Zylinderachse und der zu beschreibenden Farbe im Farbraum. Ist C gleich null, so handelt es sich um eine Farbe auf der Zylinderachse, die gleichzeitig die Grauachse ist. Je größer C ist, umso gesättigter ist die Farbe.

3 Farbmessung

Die Messung einer Farbe ist prinzipiell nichts anderes als ein standardisiertes Farbsehen. Die beiden Faktoren Licht und Betrachter sind dabei genormt.

Die wichtigsten Lichtarten sind D 65 (Tageslicht mit UV-Anteil), C (Tageslicht ohne UV-Anteil), TL 84 (oder F11 – Leuchtstoffröhre) und A (Glühlampenlicht).

Der genormte Betrachter ist entweder der so genannte 2° -Normalbeobachter oder der 10° -Normbeobachter. Ersterer wurde 1931 von der CIE an Hand von visuellen Abmusterungen ermittelt. Definiert wird er über die drei Empfindlichkeitskurven der Zapfenarten. Der 2° -Beobachter bezieht sich auf die Betrachtung sehr kleiner Proben bis zu einem Zentimeter bei einem Betrachtungsabstand von 25 Zentimetern. Dabei wird die Probe komplett im Gelben Fleck auf der Netzhaut abgebildet.

Bei größeren Proben spielen auch die Bereiche außerhalb des Gelben Flecks eine Rolle. Hier befinden sich mit zunehmender Entfernung vom Gelben Fleck immer weniger Zapfen und zusätzlich noch die helligkeitsempfindlichen Stäbchen. Da die meisten Proben größer als 1 cm sind, wurde 1964 von der CIE der 10° -Beobachter eingeführt.

Die Empfindlichkeitskurven der Normalbeobachter werden als Normspektralwertkurven bzw. -funktionen bezeichnet. Diese beinhalten zwei wellenlängenabhängige Faktoren: die Strahlungsintensität der Lichtquelle und der Reflektionsfaktor der Probe. Werden diese eliminiert, so ergeben sich die Normfarbwerte X , Y und Z .

Bei der Angabe dieser farbmessischen Daten muss in jedem Fall immer angegeben werden, auf welche Lichtart und welchen Beobachter die Ergebnisse zu beziehen sind.

3.1 Dreibereichsverfahren

Bei der Farbmessung wird eine Lichtquelle verwendet, die auf eine bestimmte Lichtart justiert ist, z. B. D 65. Damit wird das Objekt oder die Probe beleuchtet. Der reflektierte Anteil dieses Lichts wird mit drei Filtern in Rot-, Grün- und Blauanteil zerlegt. Dieser Vorgang ist vergleichbar mit dem menschlichen Sehvorgang, bei dem die drei unterschiedlichen Zapfenarten die Filterfunktion übernehmen.

So arbeitende Messgeräte haben gegenüber den Spektralphotometern Nachteile z. B. bei der Erkennung der Metamerie oder der Berechnung von Farbrezepturen.

3.2 Spektralphotometrie

Spektralphotometer zeichnen sich dadurch aus, dass sie im sichtbaren Bereich des Spektrums von mindestens 400 bis 700 nm mindestens alle 20 nm, also an 16 Stellen, messen. Stand der heutigen Technik sind Spektralphotometer, die mindestens alle 10 nm messen.

Die Lichtquelle wird mittels eines Monochromators in definierte Wellenlängen zerlegt. Der Monochromator befindet sich normalerweise zwischen Probe und Empfänger. Aus der so ermittelten individuellen spektralen Reflexionskurve können sämtliche farbmessischen Daten berechnet werden. Dabei können die Daten wahlweise auf den 2° - oder den 10° -Beobachter bezogen werden und auf alle gängigen Lichtarten, denn

deren Informationen sind in der Software hinterlegt. Dadurch kann auch der Metamerie-Index, bezogen auf zwei beliebige Lichtarten, ermittelt werden.

3.3 Einsatzgebiete

3.3.1 Qualitätskontrolle

Die Kontrolle der Farbe mittels Farbmessgeräten ist – im Gegensatz zur visuellen Kontrolle durch Mitarbeiter – nicht abhängig vom individuellem Sehvermögen, Alter oder gesundheitlicher Konstitution. Zudem arbeitet ein Farbmessgerät mit gleich bleibender Genauigkeit, die so selbst Mitarbeitern mit viel Erfahrung niemals möglich ist.

3.3.2 Produktionsüberwachung

Durch kontinuierliche Farbmessung werden kostenintensive Reklamationsprozesse vermieden, da Abweichungen frühzeitig bemerkt und abgestellt werden können. Kontaktlose Messverfahren ermöglichen eine Farbüberwachung ohne zeitliche Verzögerung.

3.3.3 Wareneingangskontrolle

Zugesicherte Farbeigenschaften von Waren können mittels transportabler Handmessgeräte sogar schon vor dem Entladen kontrolliert werden.

3.3.4 Reklamationen

Besonders im Baubereich kommt es häufig vor, dass Farbabweichungen erst dann vom Kunden beanstandet werden, wenn die farbigen Bauelemente bereits eingebaut sind. Mit portablen Farbmessgeräten lässt sich vor Ort schnell klären, ob die Reklamation berechtigt ist.

4 Farbmessgeräte

Für die unterschiedlichen, teils branchenspezifischen Anforderungen werden jeweils individuell abgestimmte Farbmessgeräte angeboten.

Die nachfolgend aufgeführten Farbmessgeräte erlauben – soweit nicht anders angegeben – sowohl eine Absolut- wie auch eine Differenzmessung für verschiedene farbmtrische Systeme:

- CIE XYZ
- CIE xyY
- CIELAB
- Hunter
- CIELCH
- CMC

Darüber hinaus können Weiß- und Gelbgrad nach ASTM E313-98 und der Metamerie-Index nach DIN 6172 bestimmt werden.

Alle beschriebenen Farbmessgeräte können an einen Computer mit Windows Betriebssystem angeschlossen und über diesen gesteuert werden. Der Anschluss erfolgt entweder über die serielle Schnittstelle oder über einen USB-Anschluss, je nach Möglichkeit oder Bevorzugung des Benutzers.

Es können nicht nur Farbstandards gespeichert werden, sondern zu diesen jeweils individuelle Pass/Fail-Toleranzen. Dies ist ein besonders hervorzuhebender Punkt, da es keine allgemein gültigen Farbtoleranzen gibt.

Die jeweils akzeptable Toleranzgröße hängt von verschiedenen Faktoren ab. Diese sind z. B. Farbe, Material, Oberflächenbeschaffenheit, aber auch solche wie Einsatzgebiet des farbigen Produkts oder Kunden-

anforderungen. Jedem, der Farbmesstechnik in der Qualitätskontrolle einsetzt, sei empfohlen, nach visuellen Gesichtspunkten und unter Berücksichtigung seiner eigenen individuellen Anforderungen Pass/Fail-Muster zu bestimmen. Erst danach sollten die Muster gemessen werden. Die sich so ergebenden Farbabstände zum Urmuster bilden die Toleranzen, die im Messgerät hinterlegt werden.

Farbmessung erlaubt eine gleich bleibende Qualität durch objektive Prüfung, auch durch unterschiedliche Mitarbeiter.

Der Hauptunterschied zwischen den verschiedenen Geräten ist die Messgeometrie. Einerseits gibt es die Geräte, die die Probe mit diffusem Licht beleuchten und das reflektierte Licht unter einem Winkel von 8° messen und andererseits die, die einen gerichteten Lichtstrahl unter 0° , also senkrecht, auf die Probe bringen und das unter 45° reflektierte Licht messen.

Die $d/8^\circ$ -Messgeometrie ist vor allem in der Farben- und Lackbranche am weitesten verbreitet. Diese Messmethode ist besonders dann im Vorteil, wenn es darum geht, Muster unterschiedlicher Oberflächenbeschaffenheit (z. B. Glanzgrad) hinsichtlich des Farbtons zu vergleichen ohne dass die Oberflächeneffekte das Ergebnis der Farbmessung verschieben.

Die $0^\circ/45^\circ$ -Messgeometrie eignet sich besonders für hochglänzende Oberflächen, für matte Textilmuster und wenn es darauf ankommt, visuell optimale Abstimmungen zu erreichen.

Nachfolgend werden portable Farbmessgeräte, Tischgeräte und kontaktlos messende Spektralphotometer vorgestellt.

4.1 Portable Farbmessgeräte

Die portablen und robusten Messgeräte von X-Rite sind so konzipiert, dass sie sehr bequem und doch sicher in der Hand liegen. Die Steuerung erfolgt über das Display, in dem das gut strukturierte Menü eine einfache Bedienung ermöglicht. Und sollten Sie sich dennoch einmal "verlaufen": mit dem so genannten Panic Button gelangt der Benutzer mit einem Knopfdruck direkt wieder an den Ausgangspunkt zurück – von jedem Menüstandort aus.

Die Sprache des Menüs ist vom Benutzer individuell wählbar: Deutsch, Englisch, Französisch, Spanisch und viele weitere Sprachen sind bereits vorinstalliert.

Als Lichtquelle dient eine gasgefüllte Wolframlampe. Die Messdaten können auf alle gängigen Lichtarten bezogen ausgegeben werden: Glühlampenlicht A, Lichtart C, Tageslicht D50, D65 (CIE Normlicht) und D 75, Leuchtstoffröhrenlicht F2, F7, F11 (TL84) und F12.

Gemessen wird in 10 nm Schritten im Bereich von 400 bis 700 nm.

Die Messungen können als Einzelmessungen durchgeführt werden oder aber auch als Mehrfachmessungen, aus denen dann der Mittelwert berechnet wird. Dies ist besonders dann wichtig, wenn die Proben eine – meist produktionsbedingte – Schwankungsbreite aufweisen. Bis zu 99 Messungen können so gemittelt werden, was bei großen Oberflächen durchaus sinnvoll sein kann.

Die Farbdifferenz kann wahlweise in Zahlengrößen oder als wörtliche Beschreibung angezeigt werden. Im Bedienermenü können diese Varianten individuell eingestellt werden, nicht benötigte Angaben werden ausgeblendet.

Neben der Messung der farbmtrischen Daten werden auch weitere wichtige Kennzahlen ermittelt, die bei der Qualitätsprüfung in der Kunststoff-, Textil- und Lackindustrie Standard sind: Opazität und Farbstärke (visuell, chromatisch, Dreibereichswert) sowie die 555 Farbsortierung.

Das Display kann so umgestellt werden, dass das Gerät wahlweise mit der rechten oder der linken Hand bedient werden kann. Das kommt nicht nur den ergonomischen Anforderungen von Linkshändern entgegen, sondern ist zudem auch dann sehr praktisch, wenn man gleichzeitig Notizen machen muss oder die Probenentnahme in der Produktion nur von einer bestimmten Seite aus erfolgen kann.

4.1.1 962

Das tragbare Farbmessgerät 962 mit einer $0^\circ/45^\circ$ -Messgeometrie ist leicht und sehr kompakt. Es speichert bis zu 1024 Farbstandards mit Pass/Fail-Toleranzen und zusätzlich 2000 Proben. Die Übereinstimmung mit anderen Geräten ist sehr gut, mit dem 964 sogar excellent.

Angepasst an unterschiedliche Probengrößen wird das 962 wahlweise mit einer 4, 8 oder 16 mm Blende ausgeliefert.

Durch die Möglichkeit, das Gerät im Akkubetrieb verwenden zu können, ist das 962 ideal für den Einsatz in der Produktion oder beim Kunden vor Ort.

4.1.2 964

Das Farbmessgerät 964 ist ebenfalls ein $0^\circ/45^\circ$ -Gerät mit dem gleichen handlichen Gehäuse wie das 962. Standardmäßig wird es mit drei leicht austauschbaren Messblenden in den Größen 6.5, 9 und 21.5 mm geliefert.

Die gegenüber dem 962 noch bessere Geräteübereinstimmung und Messwiederholbarkeit macht das 964 zu einem Gerät, das auch die Kunden zufrieden stellt, die höchste Ansprüche auch bei maximaler Mobilität stellen.

Als optionales Zubehör sind unter anderem ein Pellethalter sowie ein Ständer erhältlich. Mit letzterem wird aus dem portablen Farbmessgerät ein Tischgerät, das zum Beispiel bei Reihmessungen mit großer Probenzahl sehr komfortabel ist.

4.1.3 SP62

Die Farbmessgeräte der SP-Serie haben eine $d/8^\circ$ -Messgeometrie. Die Ulbrichtkugel zur Erzeugung der diffusen Beleuchtung besteht aus Spectralon[®], einem sehr beständigen, hoch reflektierendem Material. Ablösen oder Vergilben der Kugelwandbeschichtung gehören der Vergangenheit an. Damit sind die Geräte der SP-Serie nicht nur für ihren portablen Einsatz bestens gerüstet, sondern auch für die verschärften Bedingungen der Qualitätskontrolle an Produktionsstandorten.

Das SP62 ist mit einer 6.5, 13 oder 20 mm Blende lieferbar (SP62 SX, X oder LX).

Die Messungen erfolgen gleichzeitig mit und ohne Glanzeinschluss. So kann der Einfluss von Oberflächenstruktur und Glanzgrad auf den Farbort bestimmt werden.

4.1.4 SP64

Das SP64 wird nach Wahl des Kunden mit einer Wechseloptik und zwei Blenden mit 4 und 8 mm geliefert (SP64 X) oder mit einer Festoptik mit 14 mm Blende (SP64 LX).

Gegenüber dem SP62 ist die Messgenauigkeit noch einmal deutlich erhöht.

Besonders hervorzuheben ist die hohe Geräteübereinstimmung, die es ermöglicht, einheitliche Qualitätsstandards an verschiedenen Produktionsstandorten zu realisieren. Auch nachträglich erworbene Geräte können an die bereits vorhandenen angeglichen werden.

4.1.5 ColorEye XTH

Das Color Eye XTH ist ein besonders kleines und leichtes Spektrometer mit Kugelgeometrie, es wiegt deutlich unter einem Kilogramm. Dadurch ist es besonders zu empfehlen, wenn an schwer zugänglichen Stellen gemessen werden muss. Wenn die zu messende Oberflächen nicht eben, sondern gebogen ist, so stellt das für das Color Eye XTH kein Problem dar. Der Messfuß kann abgenommen werden und die einzigartige Messtechnologie erfasst die Farbdaten von dreidimensionalen Oberflächen. Für den automatisierten Einsatz kann dieses Gerät auch auf Roboter in Produktionsstraßen montiert werden. In diesem Zusammenhang ist auch die hohe Messgeschwindigkeit von einer Sekunde erwähnenswert, die fast doppelt so schnell ist wie die

anderer tragbarer Farbmessgeräte. Dies ist durch die eingebaute Xenon-Blitzlampe realisierbar. Der Messbereich reicht von 360 bis 750 nm, es stehen zwei Blendengrößen zur Verfügung: 5 und 10 mm.

4.1.6 MA 68 II

Für die Kontrolle von Metallic- und Perlglanzfarben ist das portable Mehrwinkel-Spektralphotometer MA 68 II das perfekte Messgerät. Die Beleuchtung der Probe erfolgt unter 45°, die Messungen erfolgen unter 15°, 25°, 45°, 75° und 110°. Damit ist eine umfassende und genaue Bewertung von winkelabhängigen Farbtonwechseln gewährleistet. Die Messwerte werden bei netzunabhängigem Akkubetrieb im großzügig ausgelegten Messwertspeicher abgelegt und können bei Anschluss an einen Drucker über die serielle Schnittstelle direkt in Berichtsform ausgedruckt werden oder in die X-Rite Color Master Metallix Software zur Qualitätskontrolle unter Windows geladen werden.

Die für dieses Gerät entwickelte DRS-Technologie (Dynamic Rotational Sampling) bietet gegenüber dem Vorgängermodell eine deutlich höhere Auflösung und Genauigkeit bei simultaner Messung unter allen fünf Winkeln. Durch den Wegfall mechanischer Bauteile ist ein robustes optisches System entstanden, das eine hohe Zuverlässigkeit bietet.

4.2 Tischgeräte

Die höchstmögliche Genauigkeit, Reproduzierbarkeit der Messungen und Anpassung verschiedener Geräte untereinander wird bei den Tischmessgeräten erreicht. Deshalb sollten diese Geräte immer die erste Wahl sein, wenn auf mobile Flexibilität verzichtet werden kann.

Neben den bei den portablen Geräten beschriebenen Leistungen ermöglichen die Tischmessgeräte auch Transmissionsmessungen, die vor allem für die Kunststoffindustrie unentbehrlich sind.

Die im folgenden beschriebenen Tischmessgeräte sind Kugelspektrophotometer mit einer d/8°-Messgeometrie und einer Xenon-Blitzlampe als Lichtquelle. Bei einem Messbereich von 360 bis 750 nm kann der UV-Anteil über einen kalibrierbaren Filter gesteuert werden.

4.2.1 Color i5

Das Color i5 entspricht den Anforderungen, die große Labors an ein Messgerät stellen, das nicht nur hochpräzise, sondern auch sehr flexibel ist. Durch eine spezielle Dreistrahltechnologie werden mehrere Messvorgänge parallel durchgeführt: eine Messung mit und eine ohne Glanzeinschluss sowie die des Referenzkanals. Dadurch liegen mit einem Messvorgang nicht nur alle relevanten farbmessrischen Daten vor, sondern darüber hinaus auch der korrelierende 60°-Glanzgrad der Probe.

Je nach Art der Probe, der räumlichen Gegebenheiten oder der Vorliebe des Benutzers kann das Color i5 horizontal oder vertikal aufgestellt werden. Ein Standfuß für die vertikale Positionierung ist als optionales Zubehör erhältlich.

Das Color i5 ist in einer zweiten Variante auch mit einer eingebauten Videokamera lieferbar. Damit kann die Position der eingelegten Probe über den angeschlossenen Computermonitor überwacht werden. Noch komfortabler ist der zusätzlich auf das Messgerät montierbare TFT-Monitor, durch den nicht nur die Messsicherheit sondern auch die Arbeitsgeschwindigkeit nochmals erhöht werden kann.

Mit anderen, auch älteren, Labormessgeräten ist das Color i5 kompatibel: das integrierte Profil ermöglicht mit Hilfe der ebenfalls von X-Rite angebotenen Software NetProfiler den Datenaustausch zwischen Geräten unterschiedlicher Generationen und Hersteller. Damit können Farbdaten auf den X-Rite CE7000A oder auf den Datacolor SF600 Standard gebracht und so weltweit verglichen werden, ohne dass ein Austausch von Farbmustern erforderlich wird.

4.2.2 Color i7

Das Color i7 ist ein Referenzgerät, das eine fehlerlose Messung unabhängig von Opazität, Material oder Oberflächenbeschaffenheit der Probe möglich macht. Durch das integrierte NetProfiler System erfolgt eine

Selbstdiagnose und eine automatische Konfiguration – Voraussetzung für präziseste Messleistungen. Dazu trägt auch bei, dass das Color i7 standardmäßig mit einer internen Videokamera zur Probenbeobachtung geliefert wird.

Höchste Geräteübereinstimmung und nahezu 100 %ige Wiederholbarkeit der Messungen zeichnen das Color i7 als Referenzgerät erster Klasse aus. Es arbeitet wie das Color i5 ebenfalls mit einer Dreistrahltechnologie und liefert ebenfalls alle farbmtrischen Daten und den Glanzgrad der Probe in einem Messvorgang.

Die NetProfiler Technologie vereinfacht die Kommunikation mit Kunden und Lieferanten und der schnelle Datenaustausch verringert Produktentwicklungszeiten, ein früherer Markteintritt wird so möglich.

4.2.3 Color Eye 7000A

Das Color Eye 7000A ist das Referenzspektralphotometer für die Kunststoff-, Farben-, Druckfarben- und Textilindustrie. Messgenauigkeit, Wiederholgenauigkeit und Geräteübereinstimmung sind unübertroffen – und das bei einer Messzeit von unter einer Sekunde. Für diese Leistung sorgt die Zweistrahltechnik mit zwei Spektralanalysatoren, die automatisch regelmäßig überprüft werden und so maximale Langzeitstabilität gewährleisten.

Ein Sensorbildschirm zeigt jederzeit den aktuellen Gerätestatus an und ermöglicht eine einfache Konfiguration. Die Xenon-Impulslichtquelle benötigt keine Aufwärmzeit und hat als Kaltlichtlampe eine sehr hohe Lebensdauer.

Für optimale Ergebnisse sorgt auch die 25,4 mm große Blende. Aber auch kleinere Proben können mit den weiteren Blenden mit 15 mm Durchmesser und in den Größen 7,5 x 10 mm sowie 3 x 8 mm gemessen werden. Die jeweils verwendete Blende wird vom Gerät selbstverständlich automatisch erkannt und es erfolgt eine Fokussierung durch manuelle Anpassung des Linsenabstands. Bei transluzenten Proben kann so durch die Wahl der Blende die Fokussierung klein gehalten werden, um Streueffekte gezielt zu minimieren.

4.3 Kontaktlose Spektralphotometer

Kontaktlos arbeitende Spektralphotometer ermöglichen eine kontinuierliche Qualitätskontrolle im laufenden Produktionsprozess. Die Geschwindigkeit mit der die Messungen erfolgen ist groß genug, dass die meisten Prozesse durch die Messungen nicht verlangsamt werden.

Die breite Angebotspalette bietet für jede Situation das passende Messgerät. Die teilweise sehr kleinen Sensorköpfe sind äußerst flexibel in alle Richtungen justierbar.

Die Einsatzbereiche reichen von Schüttgütern, Textilien, Bodenbeläge, Teppiche über Coil Coating zu vielem mehr.

Kontaktlose Spektralphotometer in der Produktion ersparen große Mengen Ausschuss, da jede Abweichung im Farbton sofort erkannt wird.

4.3.1 TeleFlash

Das TeleFlash ist ein Spektralphotometer, das auf einer großen Messfläche im Bereich 400 bis 700 nm die Farbe auch strukturierter, nasser, rauer oder körniger Oberflächen misst. Mit einer einzigen Messung wird ein Mittelwert über die gesamte Messfläche gebildet. Dadurch ist es in sehr vielen Bereichen sinnvoll einsetzbar, ausgenommen der Papierindustrie, da hier der Bereich von 340-400 nm wichtig ist.

Trotz des Mindestabstands zum Material von 42 cm wird durch den Doppelmonochromator eine sehr hohe Messgenauigkeit erreicht, ohne relevanten Einfluss des Umgebungslichts. Als Lichtquelle dient eine Xenon Ringblitzlampe.

Als Software wird das Programm X-Rite Color Master empfohlen.

4.3.2 VeriColor Spectro

Das VeriColor Spectro ist speziell für den Einsatz in Produktionsbetrieben konzipiert, wo es auch Flüssigkeiten und Staubbelastungen ausgesetzt sein kann ohne Schaden zu nehmen oder in seiner Funktionsweise beeinträchtigt zu sein. Es ist außerdem unempfindlich gegenüber Stößen und Vibrationen.

Auf Basis von Messungen in 10 nm Schritten im Bereich von 400 – 700 nm liefert dieses kontaktlose Spektralphotometer absolute Werte für L^* , a^* und b^* .

4.3.3 VeriColor Solo

VeriColor Solo ist ein Sensorkopf zur berührungslosen Farberkennung. Es arbeitet mit hochwertigsten LED-Leuchten, die in ihrer Zusammenstellung eine Vollspektrum-Beleuchtung ergeben. Dadurch werden nicht nur kleine Farbunterschiede erkannt, sondern auch Metamerien.

Die Messungen erfolgen unabhängig vom Umgebungslicht, Unregelmäßigkeiten und Biegungen der Oberfläche beeinträchtigen die Messungen ebenfalls nicht.

Die Messergebnisse lassen sich durch die übersichtlichen grafischen Darstellungen der mitgelieferten Software leicht beurteilen. Gleichzeitig gibt es eine Protokolldatei, mit der die Messwerte angezeigt und verwaltet werden.

Bis zu 30 Farben können als aktive Standards gleichzeitig gespeichert werden. Damit können die Farbpaletten der meisten Produkte erfasst werden. Darüber hinaus ist eine Änderung der Standards jederzeit problemlos möglich.

4.3.4 VeriColor System

Das VeriColor System besteht aus der VeriColor Station (Hub) und ein bis sechs Sensorköpfen. Die Messköpfe haben entweder eine Blende von 6 oder 12 mm. An einem Hub können beide Varianten gemischt verwendet werden.

Gemessen werden Absolutwerte oder Differenzen zu den bis zu 50 gespeicherten Standards. Die Messergebnisse können über die zugehörige Software bequem verwaltet und für eine Berichterstellung verwendet werden. Durch einen maximal möglichen Messabstand von 1,50 m ist das System äußerst flexibel.

Der Einsatzbereich umfasst fast alle Materialien: Vinyl, Textil, Lebensmittelfarbstoffe, Film, Glas und Pulver, unabhängig ob mit strukturierter, fein gemusterter oder glänzender Oberfläche.

Die automatisierte Online-Farbmessung ist optimal für den Einsatz in der Produktion und trägt wesentlich dazu bei, Qualitätsstandards einzuhalten ohne zeitliche Verzögerungen in Kauf nehmen zu müssen.

4.4 Entscheidungshilfe

Um Ihnen einen Gesamtüberblick über alle hier beschriebenen Geräte zu geben, haben wir für Sie eine Zusammenstellung aller technischen Daten und Preise ausgearbeitet. Diese können Sie unter www.farbkarten-shop.de downloaden.

Die wichtigsten Fragen, die Sie für eine Entscheidungsfindung beantworten sollten, sind folgende:

- Portables Gerät, Labor-Tischgerät oder kontaktloses Farbmessgerät?
- Welche Messgeometrie ist für meine Proben optimal?
- Wie wichtig ist der Abgleich mit anderen Farbmessgeräten?
- Benötige ich ein Referenzgerät zur Ermittlung exakter Absolutwerte?

Mit Ihren Antworten und unserer Produktübersicht als Checkliste finden Sie schnell und sicher das für Ihre Zwecke optimale Farbmessgerät.

5 Software

Das beste Farbmessgerät ist ohne komfortable Software nur eine halbe Sache. Deshalb gibt es auch hier ein Angebot, das für verschiedene Anwendungen optimiert ist.

5.1 Color Master

Die Software XRiteColor Master ist für die Farbmessung, Farbkontrolle und Farbrezeptierung konzipiert. Dabei ist ihre Anwendung nicht auf X-Rite Geräte beschränkt, sondern sie ist universell für viele Farbmessgeräte unterschiedlicher Hersteller einsetzbar – unabhängig von Hersteller oder Messgeometrie.

Die Kontrolle von Farben erfolgt schnell und präzise, Produktionsabläufe können so beschleunigt werden. Das Programm kann dafür vom Anwender selbst an individuelle Arbeitsweisen und Anforderungen angepasst werden.

Die Erstellung von mehreren Rezepturen pro Farbton ist genauso möglich wie das Verwerten von Restfarben zur Abfallvermeidung und Rohstoffeinsparung.

Eine Besonderheit der Software ist die Möglichkeit einen Toleranzwarnpegel einzustellen. Das bedeutet, dass bei einem vom Anwender selbst festgelegten %-Wert bereits ein Warnhinweis erscheint, bevor die Toleranzgrenze zu 100% erreicht wird. So wird ein Abdriften der Messwerte bereits frühzeitig erkannt und ein Gegensteuern ermöglicht.

Sehr nützlich ist auch der automatische Export der Messdaten in einen Excel-Bericht. Dabei können Inhalt und Layout vom Anwender individuell konfiguriert werden. Die Ausgabe als pdf-Datei ist ohne zusätzliche Software mit dem integrierten pdf-Generator möglich. Darüber hinaus können die Daten auch in andere Dateiformate überführt werden, z. B. zur Datenübergabe an Kunden oder Lieferanten, die mit anderen Systemen arbeiten. Hierfür ist auch das integrierte ColorMail konzipiert, mit dem Farbdaten einfach durch Drag and Drop per E-Mail versendet werden können. Der Empfänger kann auf die gleiche Weise die Daten direkt in seine Datenbank zur Weiterverarbeitung übernehmen.

Systemanforderungen

Betriebssystem Windows 2000 oder XP Professional, ab Sommer 2008 auch Vista
192 MB RAM, 450 MHz Prozessor, 75 MB Festplattenspeicher, CD-ROM Laufwerk
Microsoft Excel 97 oder höher

5.2 Color i Match

Color i Match ist mehr als nur die Software zum Spektrophotometer, sondern ist das Bindeglied zwischen verschiedenen Farbmesssystemen, Kunden und Lieferanten. Durch die Kompatibilität mit den meisten gängigen Datenformaten ist die Kommunikation mit Design-, Labor- und QA-Anwendungen gewährleistet.

Color i Match speichert verschiedene Parameter kundenspezifisch, so dass die Rezepturen mit den jeweils von den Kunden bevorzugten Bedingungen erstellt werden.

Farbproben können mit Color i Match Professional elektronisch simuliert werden: Die Probe wird auch auf dem Bildschirm nahezu exakt simuliert, inklusive der Oberflächenstrukturen. Ein zusätzliches teures Simulationsprogramm ist nicht mehr notwendig.

5.3 Color iQC

Die Software Color iQC wurde speziell für die Farbkontrolle von Textilien und Bekleidung entwickelt.

Mit dem NetProfiler können Messungen verschiedener Spektralphotometer einheitlich durchgeführt werden, auch wenn die Messgeräte von unterschiedlichen Herstellern stammen. Die erhaltenen Messwerte werden mit NetProfiler absolut vergleichbar.

Diverse Maschinenbedingungen wie zum Beispiel Zeit, Temperatur oder Feuchtigkeit können von Color iQC identifiziert und protokolliert werden. Deren Einfluss auf die Farbe kann dann kompensiert werden, so dass die Farbvorgaben immer eingehalten werden.

Für Color i Match und Color iQC gibt es eine Manager-Version, die Einsicht in die Farbmessung in Labor und Produktion vom Büro aus ermöglicht, ohne das komplette System haben zu müssen.

6 Schulung

Der Schulungsbedarf hängt stark von den schon vorhandenen Kenntnissen über Farbmeterik und Farbmessgeräte ab. Es muss auch nicht zwangsläufig der zukünftige Bediener der Geräte geschult werden. Besonders bei den tragbaren Geräten, die häufig in der Qualitätskontrolle in der Produktion zum Einsatz kommen, ist es oft sinnvoller, dass sich nur eine geeignete Person mit der Materie vertraut macht, die dann individuell einfache Messprozeduren für die Mitarbeiter in der Produktion vorbereiten kann.

Um dem individuellen Bedarf entgegenzukommen, bieten wir Schulungen in verschiedenen Modulen, abgestimmt auf Ihre Vorkenntnisse und die Einsatzbereiche des Farbmessgerätes. Die Schulungen finden beim TORSO-VERLAG in Wertheim, dem Meeting Point for Color and Light, statt. Wenn mehrere Personen aus Ihrem Unternehmen geschult werden sollen, kann auch ein Seminar vor Ort organisiert werden.

7 Formelsammlung

Damit Sie die wichtigsten Formeln aus der Farbmeterik immer griffbereit haben, finden Sie diese hier in zusammengefasster Form.

7.1 Normfarbwerte

$$X = F \cdot \sum S(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda)$$

$$Y = F \cdot \sum S(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda)$$

$$Z = F \cdot \sum S(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda)$$

mit $F = \frac{100}{\sum S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda)}$ als Normierungsfaktor im Vergleich zu Idealweiß (100)

$S(\lambda)$ = Strahlungsintensität der Lampe

$R(\lambda)$ = Reflexionsfaktor der Probe

7.2 Normfarbwertanteile

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

7.3 CIELAB-Farbsystem

$$L^* = 116Y^* - 16$$

$$a^* = 500(X^* - Y^*)$$

$$b^* = 200(Y^* - Z^*)$$

mit $X^* = \sqrt[3]{X / X_n}$ für $X / X_n > 0,008856$ und

$$X^* = 7,787(X / X_n) + 0,138 \text{ für } X / X_n \leq 0,008856$$

und entsprechenden Formeln für Y^* und Z^* .

X_n, Y_n, Z_n = Werte für Normalweiß gemäß DIN 6174:

Beobachter	2°-Normalbeobachter			10°-Normalbeobachter		
	D 65	C	A	D 65	C	A
X_n	95,05	98,07	109,85	94,81	97,28	111,14
Y_n	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Z_n	108,90	118,22	35,58	107,34	116,14	35,20

7.4 Farbabstand Delta E

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

mit ΔL^* = Differenz zwischen L^* des Standards und L^* des Prüfobjekts

mit Δa^* = Differenz zwischen a^* des Standards und a^* des Prüfobjekts

mit Δb^* = Differenz zwischen b^* des Standards und b^* des Prüfobjekts

7.5 Umrechnungen Lab / LCh

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$h_{ab} = \arctan(b^* / a^*)$$

$$a^* = \cos \cdot h_{ab}$$

$$b^* = \sin \cdot h_{ab}$$