

## Messtechniken in der Farbmeterik



## Messtechnik in der Farbmeterik

Bei farbmtrischen Anwendungen wird Farbe objektiv gemessen; dabei soll mit den verwendeten Farbmess-Systemen die visuelle Farbwahrnehmung möglichst genau simuliert werden.

Mit „Farbe“ ist hier immer die Farbvalenz gemeint, d. h. die vom Auge aus einem Farbreiz wahrgenommene Empfindung. Das Ziel der Messung ist nicht der (physikalische, spektrale) Farbreiz, sondern die (wirkende) Farbvalenz.

### Die Messgeräte

In der Farbmessung kommen hauptsächlich 2 Messgerädetypen zur Anwendung: Spektralphotometer und Dreibereichsgeräte.

#### Die Dreibereichsgeräte

Bei der Farbmessung wird das Objekt oder die Probe mit einer Lichtquelle beleuchtet, die auf eine bestimmte Lichtart justiert ist (z. B. D65). Der reflektierte Anteil dieses Lichts wird mit drei Filtern in Rot-, Grün- und Blauanteil zerlegt. Dieser Vorgang ist vergleichbar mit dem menschlichen Sehvorgang. Die drei unterschiedlichen Zapfenarten werden dabei durch die Filterfunktion simuliert. Die so gewonnenen numerischen Daten stellen die absoluten Farbmaßzahlen und den Farbabstand zwischen einem Farbstandard und der damit zu vergleichenden Farbprobe dar.

Dreibereichsgeräte werden hauptsächlich in der Qualitätskontrolle verwendet. Dabei wird geprüft, ob die gemessenen Werte im Rahmen der zulässigen Toleranzen liegen. Der Vorteil der Dreibereichs-Farbmessgeräte liegt in der sehr kurzen Messzeit, der einfachen Anwendung und den relativ geringen Kosten. Gegenüber Spektralphotometern haben diese Geräte Nachteile bei der Erkennung der Metamerie oder der Berechnung von Farbrezepturen. Der Einsatz von Dreibereichsmessgeräten in der Industrie ist stark rückläufig, da mittlerweile auch sehr günstige Spektralphotometer auf dem Markt zu finden sind.



#### Die Spektralphotometer

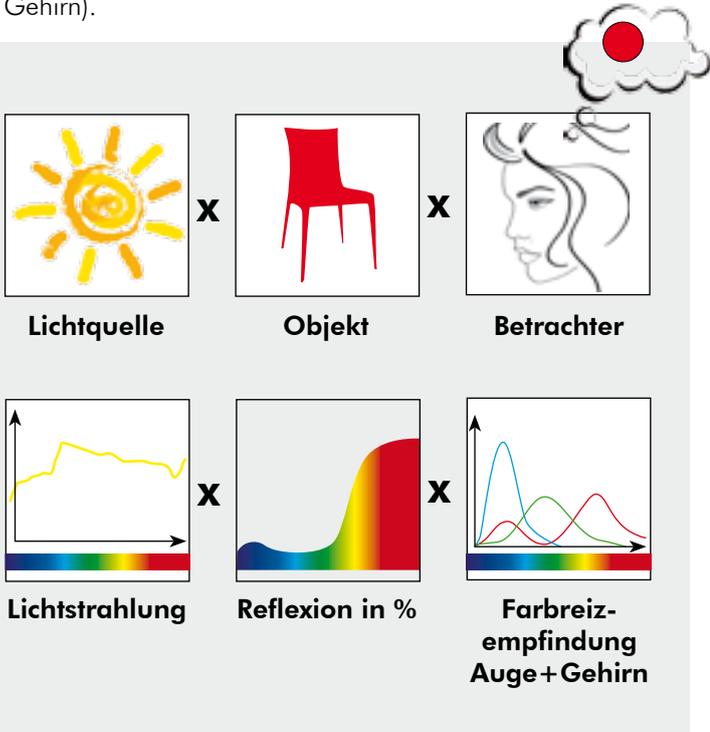
Spektralphotometer analysieren für jede Wellenlänge im sichtbaren Bereich des Spektrums die reflektierte oder durchgelassene Strahlung einer Probe. In kleinen Abständen von 10 bzw. 20 nm messen sie entweder für die Reflexion, oder für die Transmission die photometrischen Eigenschaften der Probe und bestimmen deren Spektralwertkurven. Zum Beispiel: Bei 100% Reflexion ergibt sich ein reines Weiß, bei 0% ein absolutes Schwarz.

Zwischen Probe und Empfänger befindet sich der sogenannte Monochromator. Er ist dafür verantwortlich, dass die Reflexions- oder Transmissionswerte alle 10 bzw 20 nm im sichtbaren Spektrum erfasst werden können. Aus der so ermittelten spektralen Reflexions-/Transmissionskurve können sämtliche farbmtrischen Daten berechnet werden. Die Daten können dabei wahlweise auf den 2°- oder den 10°-Normalbeobachter und auf alle gängigen Lichtarten (z. B. A, C, D65 oder F11) bezogen werden. Dies ist der große Vorteil gegenüber Dreibereichsgeräten, denn dadurch kann auch der Metamerie-Effekt, bezogen auf zwei beliebige Lichtarten, ermittelt werden.

Für die Farbrezepturberechnung ist das Spektralphotometer unumgänglich, da für die Berechnung eine Spektralwertkurve unbedingt erforderlich ist. Spektralphotometer sind einfach und schnell zu bedienen und werden dank der technischen Entwicklung immer leichter und somit besser portabel. Preislich nähern sie sich mittlerweile den preiswerten Dreibereichsgeräten immer mehr an.

## Die Technologie der Geräte

Beim Entstehen von Farbe sind 3 Dinge immer vorhanden: Licht, Objekt (Probe) und der Betrachter (Auge und Gehirn).



Das Tripel = Lichtquelle – Betrachter – Objekt

In der Farbmessung findet man dieses Tripel bei den Messgeräten wieder. Das Objekt bleibt dasselbe. Die Lichtquelle wird mittels einer Lampe plus etwaiger zusätzlicher Filter realisiert. Ein dispersives System oder eine Ausrüstung mit Monochromator sowie ein damit verbundener Strahlungsempfänger simulieren das Auge und den Betrachter. Mit Hilfe einer Halterung oder eines Probenträgers wird das Objekt exakt platziert. Die Messgeometrie gibt vor, wie die Probe beleuchtet und von dem Messinstrument „beobachtet“ wird. Beim menschlichen Betrachter wird der Farbreiz

durch das Gehirn in eine Farbempfindung umgewandelt. Beim Messgerät übernehmen eine Elektronik mit Signalverarbeitung oder ein Rechner (Microcomputer) die Aufgabe der farbmesstechnischen Berechnungen.

### Die Lichtquelle

Moderne Messinstrumente für die Farbmessung verwenden in der Regel eine von 3 Lichtquellenarten: entweder Halogen-, Xenon- oder LED-Lampen.

### Der Sensor

Das „Auge“ des Farbmessgerätes hängt ab von der Art des Gerätes.

Die Dreibereichsgeräte arbeiten mit Siliziumdetektoren, die mit 3 oder 4 Interferenzfiltern ausgestattet sind. Durch die Kombination ihrer jeweiligen Eigenschaften kann die trichromatische Farbreizempfindung ( $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$ ,  $\bar{z}$ ) des durchschnittlichen menschlichen Betrachters bei Tageslicht in der Regel korrekt simuliert werden.

Die Spektralphotometer verwenden ein dispersives System für reflektiertes oder durchgelassenes Licht (Monochromator), kombiniert mit einem Sensor, der die Analyse im gesamten sichtbaren Spektralbereich ermöglicht.

### Das Objekt (die Messgeometrie)

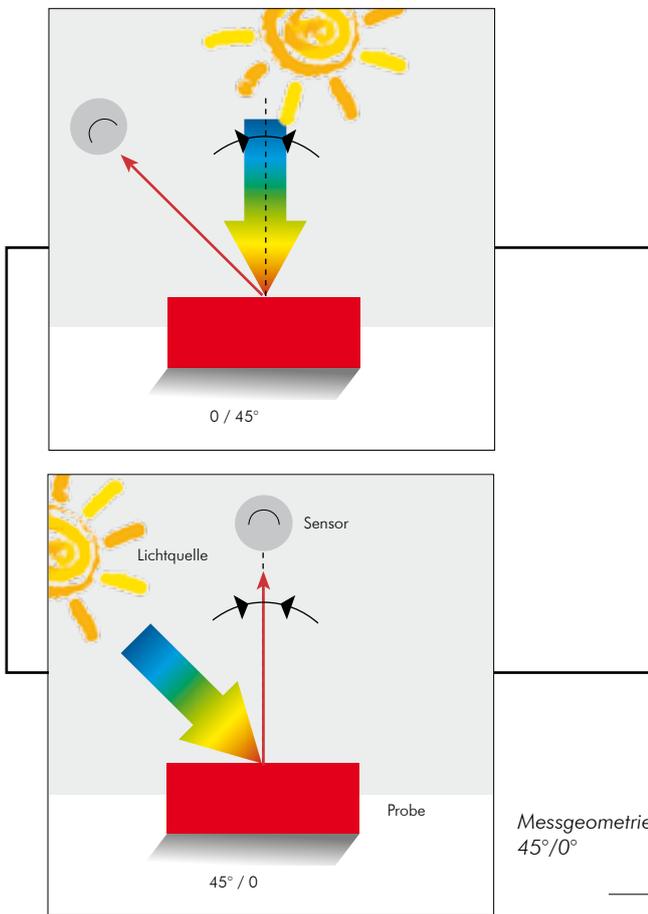
Die Farbe eines Objektes ist abhängig von den Beleuchtungs- und Beobachtungsbedingungen. Je nachdem, aus welchem Winkel ein Objekt betrachtet wird, entsteht ein anderer Farbeindruck. Von daher müssen sowohl der Betrachtungswinkel als auch die Beleuchtungsrichtung bei exakten Farbestimmungen konstant gehalten werden. Bei einem Farbmessgerät bestimmt die Messgeometrie den Winkel (oder Winkelbereich), unter dem die Probe beleuchtet, und den Winkel, unter dem die Probe betrachtet wird.

Bei den Spektralphotometern unterscheidet man drei Messgeometrien:

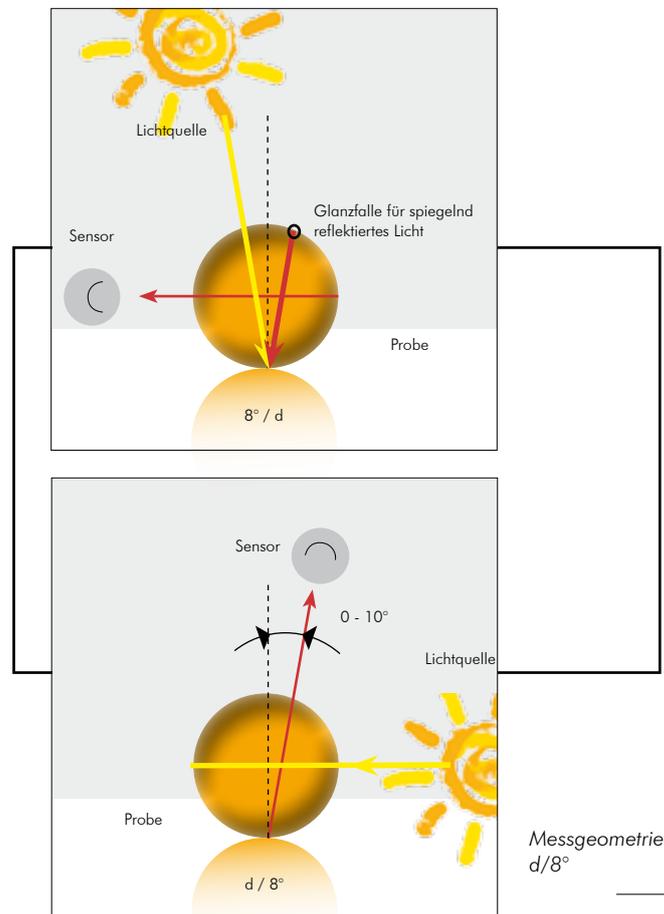
- Kugelgeometrie (diffuse Beleuchtung und gerichtete Beobachtung  $d/8^\circ$  oder gerichtete Beleuchtung und diffuse Beobachtung  $8^\circ/d$ )
- Winkelgeometrie (gerichtete Beleuchtung und Beobachtung unter festen Winkeln)
- Mehrwinkelgeometrie (gerichtete Beleuchtung und Beobachtung unter variablen Winkeln)

Der Anwendungsbereich bestimmt, welche Messgeometrie zum Einsatz kommt.





Messgeometrie  
45°/0°



Messgeometrie  
d/8°

**Messgeräte mit der Winkelgeometrie (45°/0°)** beleuchten die Probe gerichtet unter einem Winkel von 45° und messen das von der Probe in eine Richtung zurückgeworfene Licht unter 0° (oder umgekehrt bei 0°/45°).

Die Mess-Systeme mit dieser Messgeometrie beobachten die Probe unter ähnlichen Bedingungen wie die der natürlichen Betrachtung durch einen Menschen. Das bedeutet: Messungen mit der Winkelgeometrie (45°/0° oder 0°/45°) erfolgen immer unter Ausschluss des Glanzes und führen somit zu einer besseren Übereinstimmung mit dem visuellen Eindruck unseres Auges. Diese Geometrie wird überwiegend für die Farbkontrolle von Endprodukten verwendet.

### Schlussfolgerung

Im letzten Jahrzehnt wurden signifikante Fortschritte in der Entwicklung und Herstellung von Farbmess-Systemen erzielt. Im Vergleich zu den früheren Geräten ermöglichen die modernen Systeme von heute zuverlässigere Messungen mit höherer Wiederholgenauigkeit und Präzision. Darüber hinaus sind sie kleiner, leichter und schneller. Sie bieten mehr Analysemöglichkeiten für verschiedene Proben, mehr Flexibilität bei der Datenverarbeitung, sind einfacher zu bedienen und oftmals auch kostengünstiger als früher.

Neueste Farbmess-technologien erlauben die Kommunikation mit digitalen Standards, d. h. die Präzision dieser Messgeräte ist so hoch, dass nahezu keine relevante Abweichung von Gerät zu Gerät feststellbar ist.

**Messgeräte mit der Kugelgeometrie (d/8°)** beleuchten die Probe diffus und messen das von der Probe in eine Richtung zurückgeworfene Licht unter einem Winkel von 8° zur Proben-Senkrechten.

Die spiegelnd reflektierte Lichtkomponente (Glanzlicht) wird systematisch in die Messung einbezogen. Das bedeutet: Es wird in der Einstellung SCI ausschließlich die Farbe des Objektes erfasst. Einflüsse durch Glanz oder Textur werden integriert. Die Ergebnisse sind also unabhängig vom Glanzgrad bzw. der Oberflächenbeschaffenheit einer Probe. Darüber hinaus verfügen Messgeräte mit der d/8°-Geometrie in der Regel über eine sogenannte Glanzfalle, wodurch die Beleuchtung der Probe unter 8° vermieden und so der Glanz eliminiert wird. So erlauben diese Geräte Messungen unter Ausschluss der spiegelnd reflektierten Lichtkomponente (SCE = specular component excluded = ohne Glanz) oder mit Einbeziehung dieser Komponente (SCI = specular component included = mit Glanz). Die Messung mit Glanzfalle hat sich jedoch nur bei hochglänzenden Proben bewährt. Die meisten Geräte mit d/8°-Geometrie ermöglichen auch Messungen der Transmission von transparenten oder lichtdurchlässigen Proben. Für die Farbzeitberechnung wird heute fast ausschließlich die d/8°-Geometrie verwendet.



## Kapitel 13

# Die Vorbereitung und Präsentation der Proben für die Farbmessung

## Allgemeines

Das Tripel Lichtquelle – Betrachter – Objekt findet sich in der spektralphotometrischen Analyse wieder. Dabei ist das Messinstrument gleichzeitig Lichtquelle und Betrachter. Die Qualität der farbmesstechnischen Ergebnisse hängt aber nicht nur vom Messgerät ab, sondern auch von der Beschaffenheit und der Vorbereitung der zu messenden Probe.

Die heutigen Messgeräte sind hochpräzise Instrumente, welche sehr genaue und immer wieder reproduzierbare Ergebnisse liefern. Ein Messgerät lässt sich nicht täuschen, so wie das häufig beim menschlichen Betrachter passieren kann. Aber: Trotz hoher Genauigkeit der Messgeräte kann die Farbmessung durch Faktoren wie Temperatur, Feuchtigkeit und ungenügende Probenvorbereitung negativ beeinflusst werden. Um Fehlmessungen zu vermeiden, sollten daher alle Faktoren überwacht und ein wiederholbares Verfahren zur Vorbereitung repräsentativer Proben festgelegt werden.

### **Der erste Schritt ist folglich die Festlegung reproduzierbarer und präziser Methoden für die Vorbereitung und Präsentation der Proben.**

Das Verfahren der Probenvorbereitung muss benutzerunabhängig sein, d. h. es muss jederzeit identische Proben liefern, unabhängig davon, welcher Techniker das Verfahren anwendet.

Die Wiederholbarkeit des Verfahrens muss systematisch und regelmäßig überprüft werden. So wird sichergestellt, dass man optimale Ergebnisse erhält. Zudem tragen diese Tests zur Verbesserung der Methoden für die Probenvorbereitung bei.

Die ideale Probe für die Farbmessung ist flach und weist eine gleichmäßige Farbe und Struktur auf. In der Praxis erfüllen jedoch nicht alle Proben diese Anforderungen. Also versucht man, durch die Vorbereitung und die Präsentation der Probe ein Höchstmaß an Fehlern auszuschalten.

Die Eigenschaften von Proben können auch durch bestimmte äußere Bedingungen beeinflusst werden, die sich wiederum negativ auf das Ergebnis der Farbmessung auswirken können. Solche Bedingungen können sein:

### ■ **Verunreinigungen auf der Oberfläche der Probe ...**

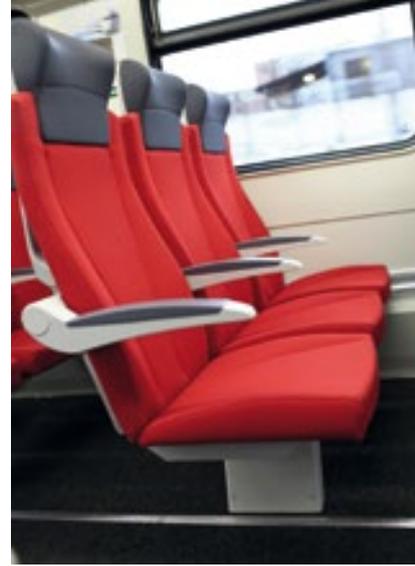
Es ist selbstverständlich, dass die Probenoberfläche frei von jeder Verschmutzung sein muss, um reproduzierbare Farbmessungen durchführen zu können.

Häufig reichen schon Fingerabdrücke (z. B. auf glänzenden Oberflächen) aus, um ein Ergebnis unbrauchbar werden zu lassen. Deshalb müssen die Proben von Staub und fetthaltigen Überzügen gereinigt werden, um negative Einflüsse auf die Messergebnisse zu eliminieren.

### ■ **Temperatur und Feuchtigkeit ...**

Am häufigsten beeinflussen Temperatur und Feuchtigkeit die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse. Daher müssen diese beiden Faktoren bei den Messungen kontrolliert werden. Einige Pigmente und Farbstoffe (z. B. gelb, orange und rot) sind thermochromatisch. [Sind solche Farbmittel in der Formulierung enthalten, muss bei der Messung eine definierte Temperatur sichergestellt sein.](#)

Weiterhin beeinflusst die Luftfeuchtigkeit bei rauen Oberflächen (z. B. matte Anstrichstoffe oder Textilien) die Ergebnisse der Farbmessungen. [Die Messung sollte in einem klimatisierten Raum erfolgen](#), wobei die Proben durch die Benutzung eines Klimaschranks schnell und präzise konditioniert werden können.



■ **Druck, Dicke, Spannung, mechanischer Faktor ...**

Eine präzise Probenvorbereitung für die Messung von Pulvern, z. B. Calciumkarbonat, ist besonders wichtig, weil Feuchtigkeit und Druck bei der Pressung von Tabletten einen besonders hohen Einfluss auf das Ergebnis haben. Pulvertabletten sind stark hygroskopisch, d. h. sie reagieren extrem auf Feuchtigkeit. Daher sollte, wann immer möglich, das Endprodukt gemessen und Pulvermessungen vermieden werden.

**Empfohlene Vorgehensweise für die Probenvorbereitung und die Farbmessung**

1. Auswahl repräsentativer Proben
2. Wahl einer Vorbereitungsmethode, deren Wiederholgenauigkeit und Reproduzierbarkeit erwiesen ist
3. Einsatz eines wiederholbaren und zuverlässigen Verfahrens für die Präsentation der Proben
4. Verwendung von Mittelwerten für die Messung von uneinheitlichen Oberflächen
5. Definition eines Qualitätssicherungsverfahrens und die Sicherstellung, dass das vereinbarte Messverfahren von allen Beteiligten in der Lieferkette streng befolgt wird
6. Erstellung von aussagekräftigen Protokollen, die auch das angewandte Verfahren beschreiben

## Schlusswort

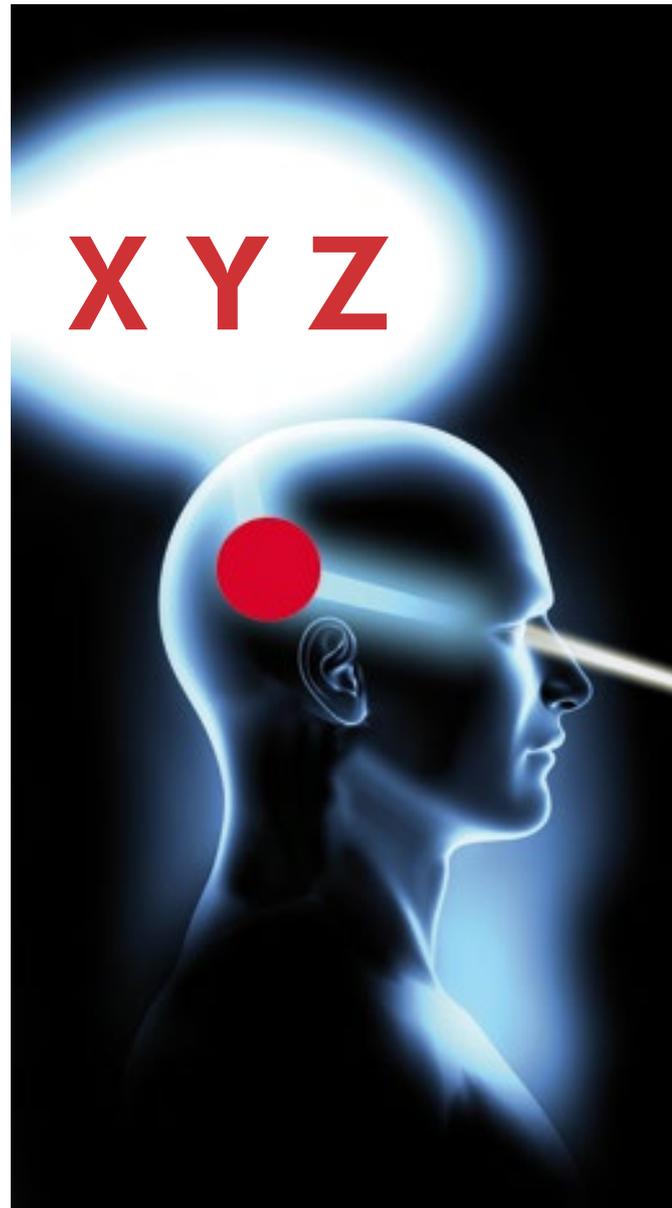
In allen farbgebenden Industrien sind Qualität und Schnelligkeit wesentliche Erfolgsfaktoren. Die Käufer von Fahrzeugen, Bekleidung, Elektronik oder Hausgeräten erwarten nicht nur gute Funktionalitäten, sondern auch ein ansprechendes Design. Dabei ist die Farbharmonie ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal.

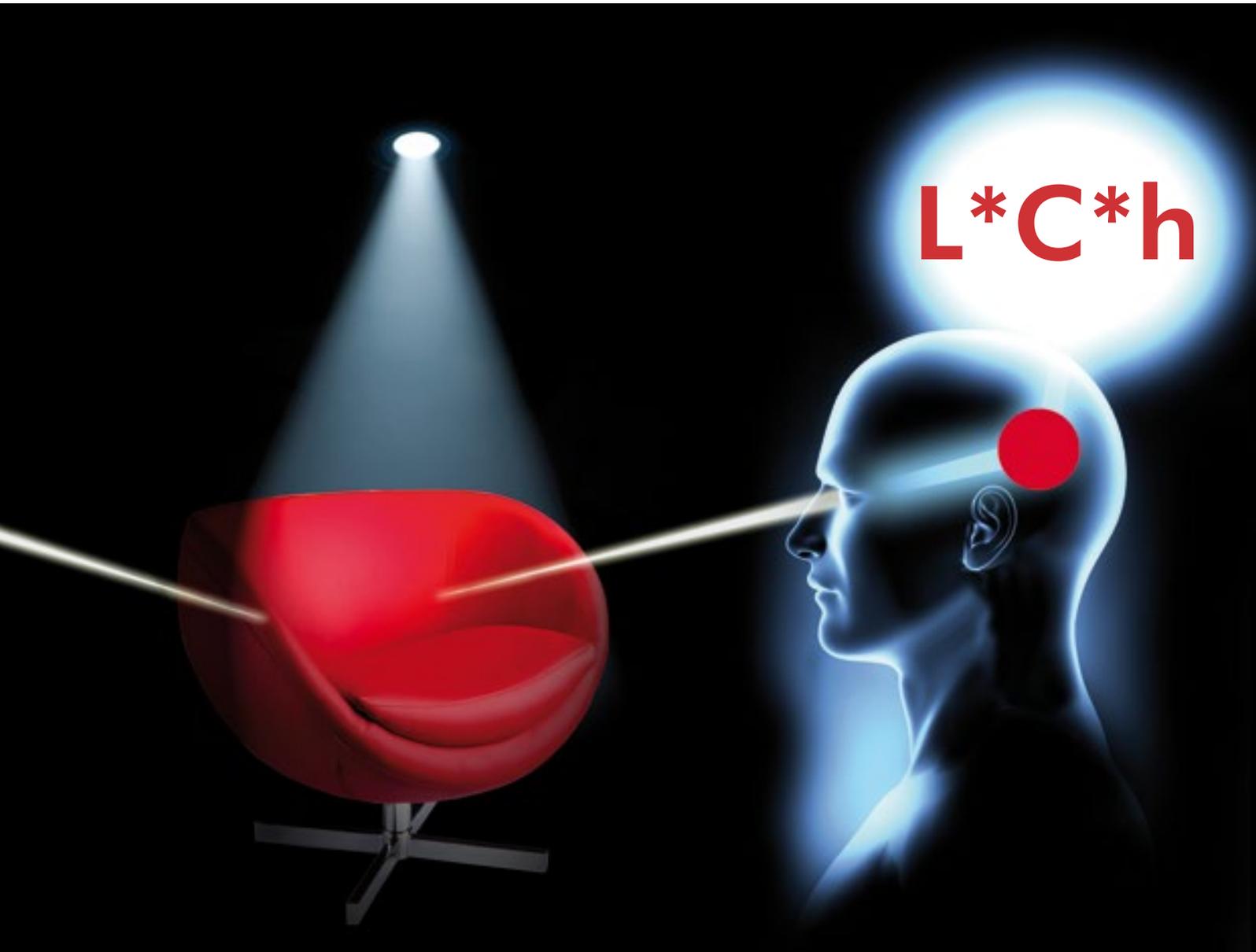
Jeder Hersteller farbiger Güter ist Teil einer Lieferkette, unabhängig davon, wie groß diese auch sein mag. Gerade während der letzten 10 Jahre wurde die Produktion von Gütern immer globaler. Die Zulieferer liegen nicht länger in unmittelbarer Umgebung des Herstellers, sondern dort, wo die Produktion am effizientesten ist. Die Komponenten müssen überall denselben hohen Qualitätsansprüchen genügen, unabhängig von der Produktionsstätte und vom Ort der Produktion. Daher ist eine lückenlose Farbqualitätssicherung nach vereinbarten Maßstäben unabdingbar für eine hohe Farbqualität.

## Ausblick

In allen Märkten geht der Trend eindeutig in Richtung digitaler Kommunikation der Farbstandards. Die Verwendung von physikalischen Mustern ist teuer und riskant. Als Folge dessen müssen Spektralphotometer der neuen Generation verwendet werden, da nur diese die notwendige Geräteübereinstimmung aufweisen.

Eine umfassende Farbqualitätssicherung reduziert Kosten und erhöht 'speed-to-market' und damit die Wettbewerbsfähigkeit.





Farbmessung bedeutet  
Kommunikation

## Referenzenliste

- Farbe sehen, Corinna Watschke, 01.2009 [[www.planet-wissen.de](http://www.planet-wissen.de)],
- Farbmanagement in der Digitalfotografie (ISBN 3-8266-1645-6), 2006, Redline GmbH, Heidelberg
- Beschreibung und Ordnung von Farben, Farbmeterik, Farbmodelle, DMA Digital Media for Artists – Archiv 2006-2011, Kunstuniversität Linz, Gerhard Funk
- Messen – Kontrollieren – Rezeptieren, Dr. Ludwig Gall [[www.farbmeterik-gall.de](http://www.farbmeterik-gall.de)]
- Farbabstandsformeln, 2012, Fogra Forschungsgesellschaft Druck e.V. [[www.fogra.org](http://www.fogra.org)]
- Wikipedia, diverse Artikel über Farbe und Farbmessung [<http://de.wikipedia.org/wiki/Farbe>]
- Verschiedene Darstellungen von Farbmodellen und Farbräumen [[http://www.chemie-schule.de/chemieWiki\\_120](http://www.chemie-schule.de/chemieWiki_120)]
- Praktische Farbmessung, Anni Berger-Schunn, 2. überarbeitete Auflage, 1994, Muster-Schmidt Verlag, Göttingen – Zürich
- Farbabstandsformeln in der Praxis, SIP 01.2011
- Schläpfer, K.: Farbmeterik in der grafischen Industrie, 3. Aufl. St. Gallen; UGRA 2002 (Tabelle S. 48)

Publikationsdaten:

### **Herausgeber:**

Datacolor, Inc. 5 Princess Road, Lawrenceville, NJ 08648, USA

Telefon: 1-800-982-6497 | Fax: 609-895-7472 | [marketing@datacolor.com](mailto:marketing@datacolor.com) | [www.datacolor.com](http://www.datacolor.com)

### **Text:**

Gabriele Hiller, Hiller Direct Marketing, Stühren 41, 27211 Bassum, Deutschland

[www.hiller-direct-marketing.de](http://www.hiller-direct-marketing.de)

August 2019

© Copyright Datacolor. Alle Rechte vorbehalten.

### **EUROPE**

Datacolor AG Europe  
6343 Rotkreuz  
Telefon: +41 44.835.3800

### **AMERICA**

Datacolor Headquarters  
Lawrenceville, NJ  
Telefon: +1 609.924.2189

### **ASIA**

Datacolor Asia Pacific Limited  
Hong Kong  
Telefon: +852 24208283