

## Über das Phänomen der Metamerie



Dipl.-Ing. Andreas Kraushaar

Dieser Sonderdruck soll den Praktiker mit einem Phänomen vertraut machen, das grundlegend für die Farbwiedergabe ist, leider aber nicht immer korrekt verstanden wird. Die Rede ist von Metamerie. Hierbei handelt es sich keineswegs um ein neues Phänomen. So schreibt beispielsweise das von der Druckfarbenfabrik Michael Huber München herausgegebene Magazin „Das Drucklabor“ im Jahr 1968:

*„Man denke z. B. nur daran, wie enttäuscht jemand sein könnte, der bei Tage bezaubernde Farbkombinationen zusammenstellt, um dann im Neonlicht festzustellen, dass er scheinbar farbenblind war.“*

### Metamerie

Der Begriff „Metamerie“ kommt aus dem Griechischen und bedeutet „bedingt gleich“. Wenn beispielsweise ein gelb gefärbtes Papier zusammen mit einem weißen Bedruckstoff bei gelblichem Licht betrachtet wird, so erscheinen beide Proben annähernd gleich. Die Erscheinung, dass die Papiere bei der Betrachtung mit einer Beleuchtung gleich und unter einer anderen Beleuchtung verschieden aussehen, bezeichnet man als Metamerie. Man spricht dabei von metameren Proben. Diese Erscheinung rührt, physikalisch gesprochen, daher, dass die Projektion des hoch-dimensionalen Funktionenraumes der kontinuierlichen Spektren auf einen dreidimensionalen Farbenraum [Menschen besitzen drei verschiedene Farbsinneszellen] nicht verlustfrei erfolgen kann. Spektral unterschiedliche Farbreize können beim Menschen den gleichen Farbeindruck

hervorrufen. Man unterscheidet grundsätzlich die Lichtartmetamerie und die Beobachtermetamerie.

### Lichtartmetamerie

Zwei Proben, die unter einer Beleuchtung [z. B. D50 Normlicht] gleich aussehen, führen bei Beleuchtungswechsel [z. B. zu „warmem“ Bürolicht] zu einem Farbunterschied. Die Abbildung 1 zeigt, wie verschiedenartig typische Lichtarten sein können; dies führt je nach Reflexionscharakteristik der Vorlage zu unterschiedlichen Farbreizen und somit zu unterschiedlichen Farbeindrücken.

### Definition Reflexionsfaktor

Die Begriffe „Spektrum“, „Spektralfunktion“ bzw. „Spektralkurve“ werden heutzutage gleichbedeutend gebraucht. Hiermit ist nichts anderes als der in ISO 13655 definierte Reflexionsfaktor gemeint, der für

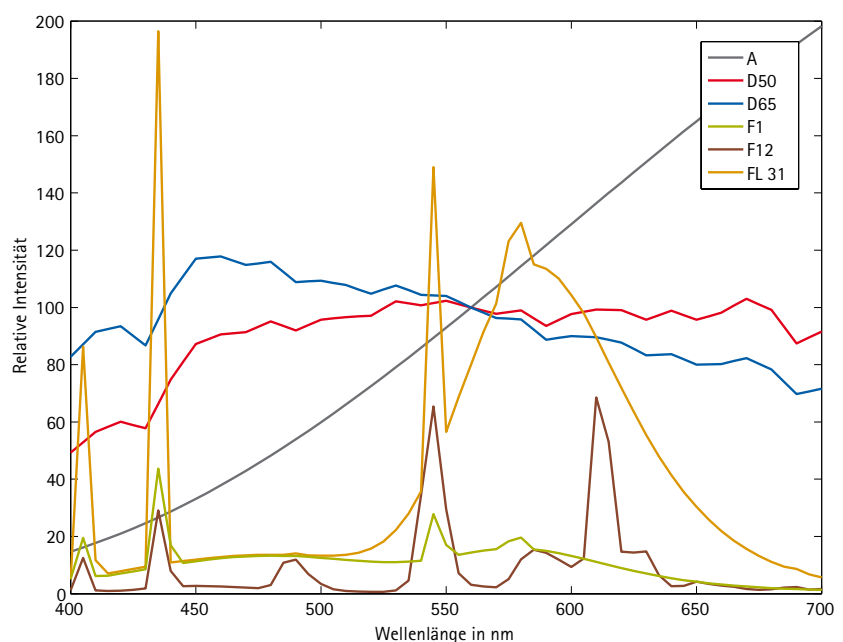


Abb. 1: Standardisierte Lichtarten der CIE.

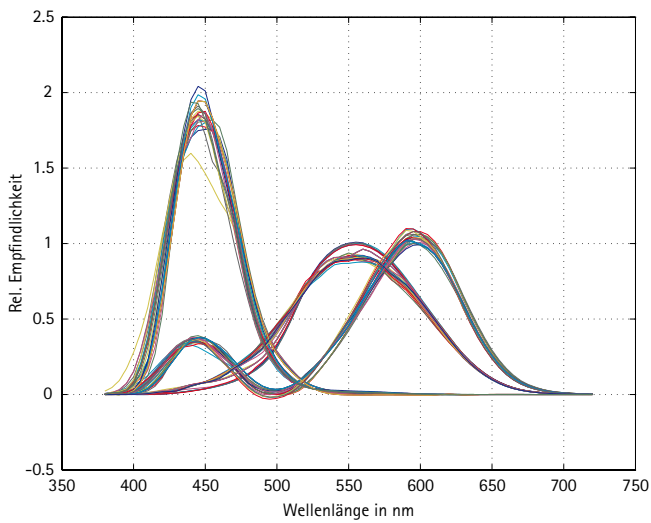


Abb. 2: Satz von 24 repräsentativen Beobachtern nach Hill.

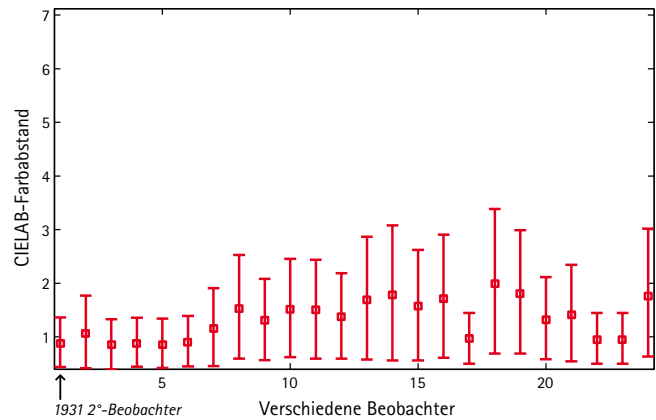


Abb. 3: Darstellung des Farbabstands zwischen Offset- und Prüfdruck für 24 verschiedene Beobachter [Mittelwert und Standardabweichung].

jede Wellenlänge ermittelt wird. Es handelt sich dabei um das: „Verhältnis der in die Richtungen innerhalb eines gegebenen Raumwinkels reflektierten Strahlungsleistung zu der Strahlungsleistung, die in die gleichen Richtungen durch ein vollkommen mattweißes, in gleicher Weise bestrahltes Medium reflektiert wird.“

**Beobachtermetamerie**

Die Beobachtermetamerie kennzeichnet den Fall, in dem ein Beobachter zwei Farben als identisch wahrnimmt, während ein anderer Beobachter einen Farbunterschied sieht. Die spektralen Empfindlichkeiten der Zapfenarten der Netzhaut menschlicher Beobachter und somit auch die daraus abgeleiteten Normspektralwertkurven schwanken zum Teil erheblich von Person zu Person [1]. Dazu ist von Hill [2] aus veröffentlichten Messungen von spektralen Empfindlichkeiten des primären Farbensehens menschlicher Beobachter ein Satz von 24 typischen Spektralwertkurven zusammengestellt worden, siehe Abb. 2. Sie enthalten sowohl den 2°- als auch den 10°-Normalbeobachter. Der Begriff Beobachtermetamerie beschränkt sich nicht nur auf menschliche Beobachter, sondern bezieht beispielsweise auch Bildaufnahmegeräte wie z. B. Digitalkameras oder Scanner ein.

An einem Beispiel soll die große Bedeutung der Beobachtermetamerie verdeutlicht werden. Hierzu wurde ein Digitalprüfdruck mit Hilfe der ECI2002-Testtafel sehr genau an einen Offsetdruck angepasst. Mit einem Rechenprogramm wurden die Farbunterschiede zwischen dem Original [hier Offsetdruck] und der Reproduktion [hier Prüfdruck] separat für die 24 Beobachter unter der Lichtart D50 bestimmt. Die dargestellte Statistik lässt zu erkennen, dass für den ersten Beobachter eine sehr gute Übereinstimmung erzielt wird. Dies ist nicht weiter verwunderlich, denn es handelt sich hierbei um den in der

Druckindustrie vorgeschriebenen „1931 2°-Normalbeobachter“, für den die Reproduktion nach ICC [International Color Consortium] definitionsgemäß durchgeführt wurde. Die Analyse der weiteren Beobachter zeigt eine deutliche Schwankungsbreite, wobei die Mittelwerte der verschiedenen Beobachter um mehr als das Doppelte voneinander abweichen [siehe Abb. 3]. Dies kann zur Erklärung des Effektes bei der Farbmusterung herangezogen werden, dass es immer wieder Beobachter gibt, die eine größere Farbabweichung als andere sehen.

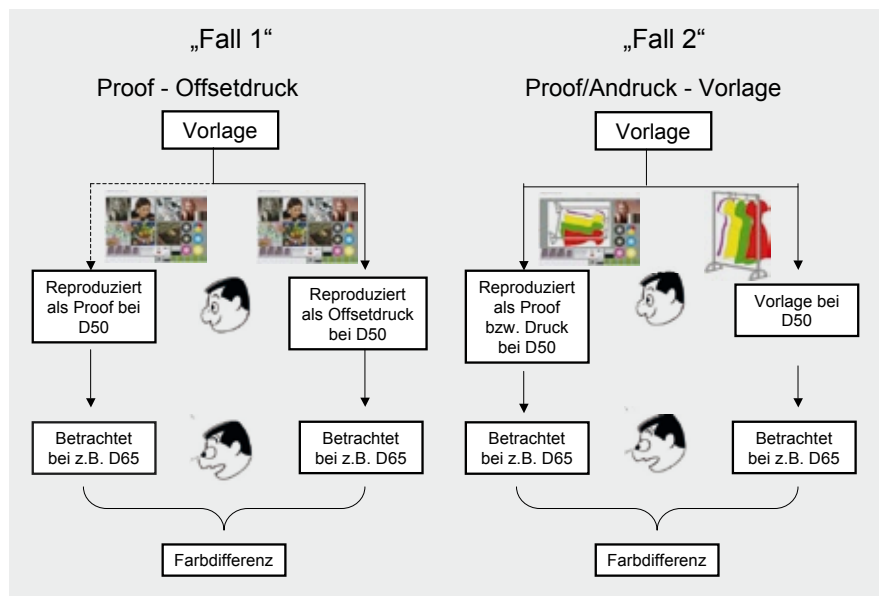


Abb. 4: Auftreten von metameren Farbabweichungen in der drucktechnischen Reproduktion.

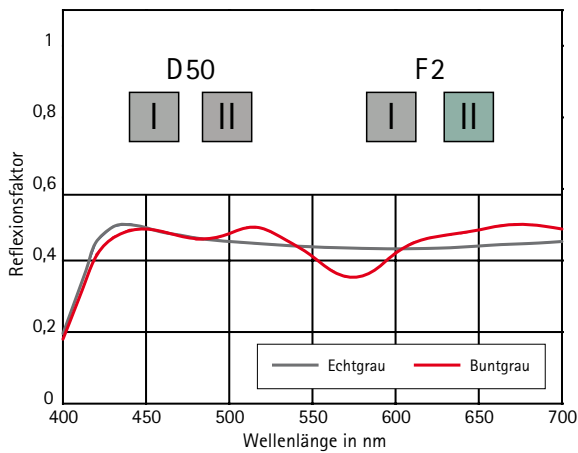


Abb. 5: Reflexionsspektren eines metameren Probenpaares [echtgraue und buntgraue Druckfarbe]. Farbgleichheit bei D50 und Farbunterschied bei Bürobeleuchtung „F2“ [Leuchtstofflampe].

Metamere Farbabweichungen treten nur auf, wenn die zu vergleichenden Farben mit verschiedenen farbgebenden Mitteln hergestellt wurden. In der Druckindustrie gibt es verschiedene Fälle, wo dies zutrifft. Die größten metameren Farbabweichungen treten erfahrungsgemäß dann auf, wenn Farben aus nicht-fotografischen Vorlagen zu reproduzieren sind [3]. Als Beispiel seien hier Kunstgemälde und textile Stoff- oder Lackmuster genannt. Je nach Vorlagentyp können zwei verschiedene Anwendungsfälle ausgemacht werden, siehe Abb. 4.

Typische Pigmente von Druckfarben konventioneller Druckverfahren finden Verwendung in dem „Anwendungsfall 1“, indem der Kunde den fertigen Druck nur mit dem zuvor erstellten und freigegebenen Prüfdruck vergleicht. Die Aufgabe für ein Prüfdrucksystem ist es folglich, den Offsetdruck, der an dieser Stelle stellvertretend für den Fortdruck mit Hilfe konventioneller Druckverfahren steht, so farbgetreu wie möglich nachzustellen.

Der zweite Fall spiegelt die metameren Abweichungen zwischen der eigentlichen Vorlage, z. B. einem Foto, einem Stoff- oder sonstigen Textilmuster, und dem Prüfdruck wider. Sie repräsentieren die leider immer noch nicht vermeidbaren Praxisfälle, bei denen z. B. Stoffmuster an der Druckmaschine abgemustert werden.

### Berechnung von Metamerieeffekten – der Metamerieindex

Um metamere Abweichungen beim Vergleich zweier Farbmuster analytisch feststellen zu können, benötigt man die Spektren beider Muster. Mit den beiden spektralen Reflexionsfaktoren kann dann mit einem Rechenprogramm festgestellt werden, ob eine Vorlage und deren Reproduktion bei einer bestimmten Lichtart [z. B. D50] identisch sind oder nicht. Das Rechenprogramm kann jede beliebige Lichtart und jeden beliebigen Beobachter berücksichtigen. Ein typisches metameres Probenpaar ist in Abb. 5 dargestellt. Die graue Linie kennzeichnet ein Echtgrau im Offsetdruck, während die rote Linie dem bunt auf-

gebauten Grau eines Prüfdrucksystems entspricht. Die Größe der metameren Farbweichung, sprich der Farbabweichung zwischen der Referenzlichtart [D50 / 2°] und der zu testenden Lichtart, wird Metamerieindex genannt. Demzufolge ist es unbedingt notwendig, bei der Angabe eines Metamerieindex sowohl die Lichtarten als auch die verwendete Farbabweichungsformel anzugeben.

### Paramere Probenpaare

In der Praxis kann es vorkommen, dass eine Vorlage und deren Reproduktion bereits bei der gewählten Lichtart nicht absolut identisch sind, so dass sich bei Lichtartwechsel die bereits ursprünglich vorhandene Farbabweichung zur metameren Farbabweichung hinzuaddiert. Ein solches Probenpaar wird „paramer“ genannt. Um die metamere Farbabweichung in Reinform zu erhalten, müssen die parameren Farbfehler für die Referenzlichtart durch ein Korrekturverfahren rechnerisch eliminiert werden. Die CIE definiert in [4] ein additives, ein multiplikatives und ein erweitertes Verfahren.

### Farbkonstanz

Eine oft mit der Metamerie verwechselte Erscheinung ist die Farbkonstanz bzw. deren Mangel [Farbinkonstanz oder Farbinkonsistenz]. Hierbei handelt es sich um die Eigenschaft einer Körperfarbe, unter verschiedenen Lichtarten eine gleichbleibende Farbwahrnehmung zu zeigen.

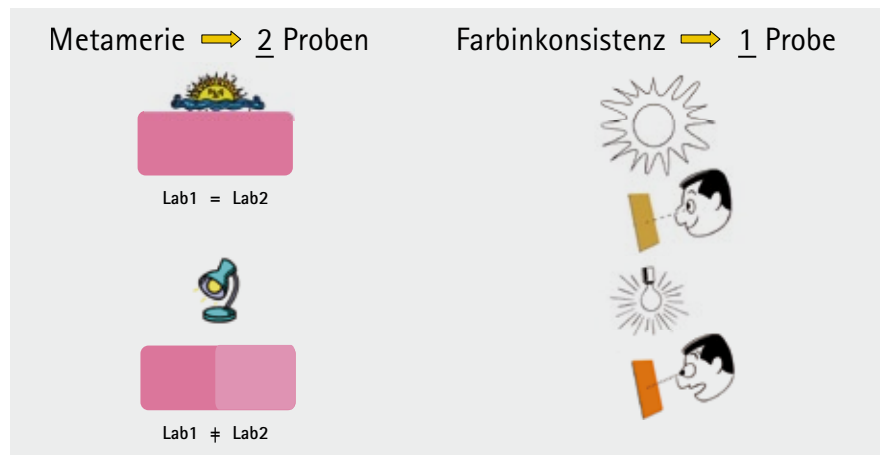


Abb. 6: Schematischen Gegenüberstellung einer Metamerie und einer mangelhaften Farbkonstanz [Farbinkonsistenz].

mung hervorzurufen. Ein Beispiel soll das verdeutlichen: Eine nur durch die Druckfarbe Schwarz zusammengesetzte Fläche [Echtgrau] wird mit einem Digitalprüfdruck im Buntaufbau, d.h. mit den Buntfarben Cyan, Magenta und Gelb, reproduziert und anschließend unter D50 betrachtet. Betrachtet man nun den bunt aufgebauten Druck alleine unter verschiedenen Lichtarten, wird man feststellen, dass dieser seine Farberscheinung je nach Lichtart deutlich ändern kann. Die Echtgraufläche dagegen zeigt eine überwiegend neutrale Farbanmutung; sie ist wesentlich farbkonstanter. Metamerie und Farbkonsistenz sind in Abb. 6 schematisch erläutert.

Die hier vorgestellten Phänomene und Herausforderungen sind Gegenstand vergangener und aktueller Forschungsschwerpunkte der Fogra. So wurde beispielsweise eine Arbeit zum multispektralen Druck – die drucktechnische Reproduktion mit mehr als vier Druckfarben und dem Ziel, die Metamerie zu reduzieren – abgeschlossen. Ferner arbeitet die Fogra an Methoden, die es dem Praktiker ermöglichen, Prüfdrucke zu erstellen, die – bei messtechnischer Übereinstimmung – visuell besser an den Druck angepasst sind.

#### Literatur

- [1] WYSZECKI, G.; STILES, W. S.: *Color Science, Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*  
2te Aufl. New York: Wiley, 2000, S. 278 ff. – ISBN: 0-471-02106-7
- [2] BOOSMANN, T.; HILL, B.: *Estimation of Control Values for a 6-Primary Display Considering Different Observers*  
In: 2nd European Conference on Colour in Graphics, Imaging and Vision CGIV, Aachen, 2004, Dokumentation, S. 242-247
- [3] SCHLÄPFER, K.: *Ursachen, Messung und Behandlung von metameren Farbabweichungen zwischen Vorlage, Proof und Druck*  
In: Deutscher Drucker [1983], Nr. 21, S. 44
- [4] Norm CIE 15.3:2004 *Colorimetry*  
Berlin: Beuth-Verlag



25./26. Februar 2010

## Colour Management Symposium

in München

Wissenschaft trifft Farbe

Seien Sie dabei!

Weitere Informationen:

» [www.fogra.org](http://www.fogra.org)



Vorstandsvorsitzender:

Stefan Aumüller

Verantwortlich für den Inhalt:

Dr. Eduard Neufeld

Redaktion:

Rainer Pietzsch

Bildnachweis:

visualtouch bei [www.photocase.com](http://www.photocase.com) [Seite 4]

Anschrift für den Verleger, Druck und alle Verantwortlichen:

**Fogra Forschungsgesellschaft Druck e. V.**

Streitfeldstraße 19, D-81673 München

Tel. +49 89. 431 82 - 0

Fax +49 89. 431 82 - 100

[info@fogra.org](mailto:info@fogra.org)

[www.fogra.org](http://www.fogra.org)