

**DIN 6172**

ICS 17.180.20

Einsprüche bis 2014-02-11  
Vorgesehen als Ersatz für  
DIN 6172:1993-03

**Entwurf****Metamerie-Index von Probenpaaren bei Lichtartwechsel**

Special metamerism-index for pairs of samples at change in illuminant

Indice de métamérisme de paires d'échantillon au changement d'illuminant

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-10-11 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter [www.entwuerfe.din.de](http://www.entwuerfe.din.de) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [fnf@din.de](mailto:fnf@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/stellungnahme](http://www.din.de/stellungnahme) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Farbe (FNF) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 25 Seiten

Normenausschuss Farbe (FNF) im DIN

**Inhalt**

Seite

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Vorwort .....</b>                                                                  | <b>3</b>  |
| <b>Einleitung.....</b>                                                                | <b>4</b>  |
| <b>1     Anwendungsbereich .....</b>                                                  | <b>5</b>  |
| <b>2     Normative Verweisungen .....</b>                                             | <b>5</b>  |
| <b>3     Begriffe .....</b>                                                           | <b>6</b>  |
| <b>4     Symbole und Abkürzungen .....</b>                                            | <b>7</b>  |
| <b>5     Bezugslichtart .....</b>                                                     | <b>7</b>  |
| <b>6     Testlichtart.....</b>                                                        | <b>8</b>  |
| <b>7     Farbmaßzahlen <math>L^*</math>, <math>a^*</math>, <math>b^*</math> .....</b> | <b>8</b>  |
| <b>8     Metamerie-Index.....</b>                                                     | <b>8</b>  |
| <b>8.1   Korrekturmethode .....</b>                                                   | <b>8</b>  |
| <b>8.2   Spezieller Metamerie-Index.....</b>                                          | <b>9</b>  |
| <b>8.3   Spektrale Korrektur .....</b>                                                | <b>9</b>  |
| <b>8.4   Handlungsanweisung.....</b>                                                  | <b>11</b> |
| <b>Anhang A (informativ) Additive Korrektur .....</b>                                 | <b>12</b> |
| <b>Anhang B (informativ) Multiplikative Korrektur .....</b>                           | <b>13</b> |
| <b>Anhang C (informativ) Rechenbeispiele .....</b>                                    | <b>14</b> |
| <b>Literaturhinweise .....</b>                                                        | <b>25</b> |

## Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Gemeinschaftsausschuss NA 025-00-02 GA „Farbmetrik“ im Normenausschuss Farbe (FNF) im DIN erarbeitet.

## Änderungen

Gegenüber DIN 6172:1993-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normative Verweisungen aktualisiert;
- b) Berücksichtigung der Ausgleichskorrektur zur Kompensation des Restfarbabstands unter Referenzbedingungen mittels paramererer Dekomposition.

## Einleitung

Bei dem Phänomen der Metamerie von Probenpaaren werden drei verschiedene Ausprägungen unterschieden:

- a) *Lichtart-Metamerie* liegt vor, wenn die beiden Körperfarben eines Probenpaares nur unter bestimmten Lichtart als gleich wahrgenommen werden (z. B. unter der Lichtart D65), während sie sich unter einer veränderten Lichtart (z. B. Lichtart A) unterscheiden.
- b) *Beobachter-Metamerie* liegt vor, wenn die Körperfarben eines Probenpaares durch einen Beobachter als gleich wahrgenommen werden, während ein anderer Beobachter unter der gleichen Lichtart und gleichen Umfeldbedingungen eine Farbdifferenz wahrnimmt.

ANMERKUNG Die Ursache der Beobachter-Metamerie liegt in Unterschieden der Verläufe von Spektralwertfunktionen verschiedener Beobachter.

- c) *Feldgrößen-Metamerie* liegt vor, wenn die beiden Körperfarben eines Probenpaares für eine Größe eines Beobachtungsfeldes auf der Netzhaut (z. B. definiert durch den 2° Normbeobachter) als gleich wahrgenommen werden, während sie sich für ein verändertes Beobachtungsfeld auf der Netzhaut (z. B. 10°) unterscheiden.

ANMERKUNG Die Ursache der Feldgrößen-Metamerie ist an die in einer Beobachtungssituation vorhandenen und wirksamen Spektralfunktionen eines Beobachters gebunden. Diese verändern sich mit der Größe des Beobachtungsfeldes auf der Netzhaut. Eine Änderung kann auch entstehen, wenn z. B. das Probenpaar aus unterschiedlicher Entfernung betrachtet wird.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt einen Formalismus zur Berechnung der Lichtart-Metamerie von Uni-Farben fest. Dieser kann ohne Anpassungen in der Metrik nicht auf Effektfarben angewendet werden.

Die vorliegende Norm behandelt nur das Phänomen der Metamerie bei Lichtartwechsel, das in der praktischen Anwendung die größte Bedeutung hat. Insbesondere werden Empfehlungen formuliert, welche Korrekturmaßnahmen für den Fall nicht exakt gleicher Farböber eines Probenpaares unter Referenzbedingungen zu ergreifen sind.

Bei der Reproduktion von Farben wird der Metamerie-Index als Qualitätsmaß verwendet, um Toleranzen für Farbunterschiede zwischen einer Farbvorgabe und einer Farbnachstellung bei unterschiedlichen Beleuchtungsbedingungen festzulegen.

Die Quantifizierung der Lichtart-Metamerie von Probenpaaren wird formal auf eine Farbdifferenzbewertung zurückgeführt, bei der Toleranzen herangezogen werden können, die bei der Bewertung reiner Restfarbdifferenzen üblich sind. Zudem sollten die Farbdifferenzen den in den jeweiligen Normen der Farbdifferenzformeln empfohlenen Anwendungsbereich (bei CIELAB sollte  $\Delta E^* < 5$  erfüllt sein) nicht übersteigen.

**ANMERKUNG** In der Literatur wird manchmal auch der Begriff der *Geometrischen Metamerie* für den Fall verwendet, dass zwei Farben unter einer bestimmten Abmusterungsgeometrie und gewähltem Standard-Beobachter und Standard-Lichtart Paar gleich erscheinen, aber bei veränderter Beobachtungsgeometrie als zwei verschiedene Farben wahrgenommen werden. Von der Verwendung dieses Begriffes wird abgeraten, da das beschriebene Phänomen von völlig anderer Qualität als die oben beschriebenen genuinen Metamerie-Phänomene ist und nicht von einer reinen Farbdifferenz unterschieden werden kann.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 5033-1, *Farbmessung — Teil 1: Grundbegriffe der Farbmessung*

DIN 5033-7, *Farbmessung — Teil 7: Messbedingungen für Körperfarben*

DIN 6169-1, *Farbwiedergabe — Teil 1: Allgemeine Begriffe*

DIN EN ISO 11664-4, *Farbmessung — Teil 4: CIE 1976 L\*a\*b\* Farbenraum*

CIE 15:2004, *Colorimetry*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 5033-1, DIN 6169-1, CIE 15:2004 und die folgenden Begriffe.

#### 3.1

##### **Metamerie**

Auftreten gleich aussehender Farben von einem Farbenpaar, also von Farben mit gleichen Farbvalenzen, deren spektrale Farbreizfunktionen sich unterscheiden

Anmerkung 1 zum Begriff: Unterschiedliche Farbreizfunktionen einer Farbe können z. B. durch eine Änderung der Lichtart hervorgerufen werden, unter der eine Oberflächenfarbe betrachtet wird. In der mathematischen Beschreibung ist Metamerie zweier Farben durch die Eigenschaft der zwei Farbreizfunktionen begründet, einerseits identische „fundamentale“ Anteile zu enthalten, andererseits sich aber durch ihre „Residuen“, d. h. nicht sichtbaren metameren Schwarzanteile in der Farbreizfunktion zu unterscheiden.

#### 3.2

##### **Paramerie**

Eigenschaft eines Probenpaares mit spektralen Farbreizfunktionen, die im sichtbaren Spektralbereich sowohl unterschiedliche fundamentale Farbreizfunktionen als auch verschiedene Residuen bzw. Schwarzanteile besitzen

Anmerkung 1 zum Begriff: Paramere Objekte sind dadurch gekennzeichnet, dass sie unter Beleuchtung mit einer gegebenen Standard Lichtart Farbreize unterschiedlicher spektraler Leistungsverteilungsfunktion reflektieren, die unter den gewählten Beobachtungsbedingungen *näherungsweise* denselben Farbeindruck hervorrufen.

#### 3.3

##### **Farbabstand**

$\Delta E^*$

Größe des empfindungsgemäßen Unterschiedes zwischen zwei Farben

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Farbabstand ist  $\Delta E^*_{ab}$  im CIELAB-Farbenraum (DIN 6174) oder  $\Delta E^*_{uv}$  im CIELUV-Farbenraum (CIE 15:2004). Für kleine Farbabstände zwischen  $0 < \Delta E^*_{ab} < 5$  wird in der industriellen Praxis die Anwendung des Farbenraumes DIN 99 (DIN 6176) empfohlen, da der CIE-Farbenraum für kleine Farbstände nicht gleichabständig ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Da Differenzen in valenzmetrischen Farbmaßsystemen nicht oder nur angenähert der Farbunterschiedsempfindung entsprechen, sind zurzeit verschiedene Formeln in Gebrauch, um aus valenzmetrischen Normfarbwerten Farbabstände berechnen zu können (Farbabstandsformeln). DIN 6174 und DIN 6176 empfehlen bestimmte Farbabstandsgleichungen.

[QUELLE: DIN 5033-1:2009-05, 3.25, modifiziert – Symbol  $\Delta E^*$  wurde ergänzt]

#### 3.4

##### **Bezugslichtart**

Lichtart, bei der der Farbabstand zwischen den beiden zu prüfenden Proben auf Null korrigiert wird

#### 3.5

##### **Testlichtart**

Lichtart, bei der der Farbabstand zwischen den beiden zu prüfenden Proben bewertet wird

#### 3.6

##### **Metamerie-Index für Lichtartwechsel**

$M_t$

Farbabstand  $\Delta E^*$ , den die beiden Proben unter der Testlichtart zeigen, wenn unter der Bezugslichtart  $\Delta E^*=0$  gilt

**3.7****Ausgleichskorrektur**

Verfahren, um einen Farbabstand des Probenpaares unter der Bezugslichtart rechnerisch zu null zu machen

**4 Symbole und Abkürzungen**

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Formelzeichen nach Tabelle 1.

**Tabelle 1 — Formelzeichen**

| Symbol                               | Benennung                                                                                                            |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $X, Y, Z$                            | Normfarbwerte einer gemessenen Körperfarbe                                                                           |
| $X_n, Y_n, Z_n$                      | Normfarbwerte der beleuchtenden Lichtart                                                                             |
| $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$          | Normspektralwertfunktionen                                                                                           |
| $L^*, a^*, b^*$                      | Basiskoordinaten des CIELAB Systems                                                                                  |
| $\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$ | Differenzen zwischen Basiskoordinaten des CIELAB Systems                                                             |
| $M_t$                                | Metamerie-Index für Lichtartwechsel                                                                                  |
| $N, N_f, N_r$                        | Vektor der radiometrischen Funktion einer Probe mit zugehörigem fundamentalen Farbreiz (f) und metameren Schwarz (r) |
| $\rho$                               | Komponenten des Vektors einer radiometrischen Funktion                                                               |
| $\lambda$                            | Wellenlänge                                                                                                          |
| $\phi$                               | relative spektrale Verteilungsfunktion einer Lichtart                                                                |
| $T$                                  | Vektor der Normfarbwerte                                                                                             |
| $w$                                  | Integrationsgewichte zur Berechnung der Normfarbwerte                                                                |
| $A$                                  | Matrix der Integrationsgewichte $w$ für die Berechnung der Normfarbwerte                                             |
| $R$                                  | Projektionsmatrix                                                                                                    |
| $I$                                  | Einheitsmatrix                                                                                                       |
| Index spl                            | Probe                                                                                                                |
| Index std                            | Standard                                                                                                             |
| Index t                              | Testlichtart                                                                                                         |
| Index corr                           | korrigierter Wert                                                                                                    |
| Index f                              | fundamentaler Farbreiz                                                                                               |
| Index r                              | metameres Schwarz (Residuum) oder Referenzlichtart                                                                   |
| Index T                              | transponierte Matrix                                                                                                 |

**5 Bezugslichtart**

Als Bezugslichtart wird die Normlichtart D65 nach DIN 5033-7 benutzt. In Sonderfällen benötigte andere Bezugslichtarten müssen angegeben werden.

## 6 Testlichtart

Die Auswahl der Testlichtart hängt von der Anwendung ab. Sind die Testlichtarten nicht speziell vorgegeben, sind bevorzugt die Normlichtart A nach DIN 5033-7 und/oder Lichtarten vom Typ einer Leuchtstofflampe wie z. B. F11 nach DIN 5033-7 zu wählen. Die benutzte Testlichtart ist als Index zu  $M$  anzugeben, z. B.  $M_A$  oder  $M_{F11}$ .

Bei der Berechnung der Normfarbwerte  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  unter den gewählten Testlichtarten müssen die in DIN 5033-7 (für A, D65, F11 und F2) jeweils angegebenen Wellenlängen eingehalten werden. In den Fällen, in denen Messwerte für diese Wellenlängen fehlen, müssen sie durch interpolierte und extrapolierte Werte ergänzt werden.

ANMERKUNG Es ist vorgesehen, DIN 5033-7 um ein geeignetes Interpolations- und Extrapolationsverfahren zu ergänzen.

## 7 Farbmaßzahlen $L^*$ , $a^*$ , $b^*$

Der Metamerie-Index  $M_t$  basiert auf den Farbmaßzahlen  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  der zu vergleichenden Proben 1 und 2.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  wird nach DIN EN ISO 11664-4 aus den Normfarbwerten  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  der Proben für den 10°-Normbeobachter für die Bezugslichtart und die ausgewählte Testlichtart berechnet. Bei der Berechnung von  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  unter den Testlichtarten sind die jeweiligen Normfarbwerte  $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $Z_n$  der vollkommen mattenweißen Fläche zu verwenden (siehe CIE 15:2004); die Zahlenwerte gelten nur für den 10°-Normbeobachter. Für die Normlichtarten A und D65 bzw. für die Lichtartempfehlung F11 gelten die Normfarbwerte  $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $Z_n$  der vollkommen mattenweißen Fläche nach Tabelle 2.

**Tabelle 2 — Normfarbwerte für die in der Praxis oft verwendeten Normlichtarten D65 und A sowie Lichtart F11 und die beiden Normbeobachter nach CIE 15:2004**

| Norm-<br>farbwerte | 2°-Normbeobachter |        |        | 10°-Normbeobachter |        |        |
|--------------------|-------------------|--------|--------|--------------------|--------|--------|
|                    | Lichtart          |        |        |                    |        |        |
|                    | D65               | A      | F11    | D65                | A      | F11    |
| $X_n$              | 95,04             | 109,85 | 100,96 | 94,81              | 111,14 | 103,86 |
| $Y_n$              | 100,00            | 100,00 | 100,00 | 100,00             | 100,00 | 100,00 |
| $Z_n$              | 108,88            | 35,58  | 64,35  | 107,32             | 35,20  | 65,61  |

Bei fluoreszierenden Proben muss die bei der Messung wirksame Lichtart möglichst gut an diejenige Lichtart angepasst sein, für die die Normfarbwerte ermittelt werden sollen.

ANMERKUNG Im Gegensatz zu nichtfluoreszierenden Proben ist die Berechnung von Metamerie-Indizes bei fluoreszierenden Proben fehlerhaft, wenn die Proben nur unter einer Beleuchtung gemessen werden.

## 8 Metamerie-Index

### 8.1 Korrekturmethoden

Unter der Korrektur wird allgemein ein Prozess verstanden, in dem in geeigneter Weise der Defekt einer Restfarbendifferenz einer Probe bei der Nachstellung eines Standards unter Bezugsbedingungen behoben wird. Drei verschiedene Korrekturmethoden sind in der einschlägigen Fachliteratur [1 bis 8] vorgeschlagen worden. Bei den ersten beiden Vorschlägen (additive und multiplikative Korrektur – siehe Anhänge A und B) werden