E DIN/TR 5020:2022-09 (D)

Einführung in die farbmetrische Praxis für das Qualitätsmanagement

Inhalt

Seite

Vorwort 7

Einleitung 8

1 Anwendungsbereich 10

2 Normative Verweisungen 10

3 Begriffe 11

4 Farbabmusterung 11
4.1 Einleitung 11
4.2 Allgemeine Farbabmusterungsbedingungen 11
4.2.1 Übersicht 11
4.2.2 Farbabmusterungslichtart 12
4.2.3 Geometrische Farbabmusterungsbedingungen 14
4.2.4 Physiologische Farbabmusterungsbedingungen 15
4.3 Zusammenfassung 17

5 Mess- und Auswertetechnik 17
5.1 Allgemeines 17
5.2 Probeneigenschaften 17
5.2.1 Allgemeines 17
5.2.2 Begrifflichkeiten in Bezug auf Probeneigenschaften und Erläuterungen 18
5.2.3 Reflexion aus dem Probeninneren 19
5.2.4 Reflexion an der Probenoberfläche 19
5.3 Messgeometrien/Messgeräte-Geometrien 20
5.3.1 Allgemeines 20
5.3.2 Kugelmessgeräte 20
5.3.3 Gerichtete (45°:0°)-Geometrien 21
5.3.4 Mehrwinkel-Geometrien (am Beispiel einer Einstrahlung unter 45°) 23
5.4 Praktische Anwendung 24
5.4.1 Allgemeines 24
5.5 Besonderheiten 27
5.5.1 Metalleffektpigmente 27
5.5.2 Interferenzpigmente 27
5.5.3 Fluoreszenz 28
5.5.4 Thermochromie 28
5.6 Empfehlung für die optimale Messgeometrie 29

6 Farbabstandsformeln 31
6.1 Allgemeines 31
6.2 CIELAB-System 31
6.3 CIELAB-Formel 32
6.4 Modifikationen der CIELAB-Formel 34
6.4.1 Allgemeines 34
6.4.2 Allgemeine Farbabstandsformel 35
6.4.3 Kategorisierung von Farbabstandsformeln 35
6.4.4 CMC(*l*:*c*)-Formel 35
6.4.5 CIE94-Formel 36
6.4.6 CIEDE2000-Formel 36
6.5 Weitere gängige relevante euklidische Farbräume 37

6.5.1 Allgemeines ... 37
6.5.2 DIN99-Farbraum ... 37
6.5.3 DIN99o-Farbraum ... 38
6.6 Erweiterungen für den Mehrwinkel-Fall ... 38
6.6.1 Allgemeines ... 38
6.6.2 DIN 6175-2:2001-03 ... 38
6.6.3 DIN 6175:2019-07 ... 40

7 Ermittlung der Unsicherheit bei der Farbprüfung ... 41
7.1 Einleitung ... 41
7.2 Mess- und Prüfunsicherheit bei der Farbmessung ... 41
7.2.1 Mess- und Prüfunsicherheit ... 41
7.2.2 Farbabstand ... 42
7.2.3 Streuung von Farbörtern und Beschreibung der Prozesslage ... 42
7.3 Signifikanz von Farbabständen ... 51
7.4 Messunsicherheit von Farbabständen ... 54
7.5 Zusammenfassung und Ausblick ... 55

8 Toleranz bei der instrumentellen Farbabmusterung ... 55
8.1 Allgemeines ... 55
8.2 Toleranzvereinbarungen ... 55
8.3 Angabe von Farbtoleranzen ... 56
8.3.1 Allgemeines ... 56
8.3.2 Farbstandards ... 61
8.3.3 Prozessfähigkeit der Probenherstellung (Prüfstreuung) ... 62
8.4 Ermittlung der Grenzen der Akzeptierbarkeit ... 63
8.4.1 Mustersammlungen und ihre Bewertung ... 63
8.4.2 Ermittlung der Toleranzgrenze ... 63

9 Prüfung der Farbe von Farbmitteln ... 64
9.1 Vorbemerkungen über optische Kenngrößen ... 64
9.1.1 Allgemeines ... 64
9.1.2 Notwendigkeit von Eingangsprüfungen ... 66
9.1.3 Toleranzen der optischen Kenngrößen ... 67
9.1.4 Zeitliche Stabilität des Bezugs ... 67
9.1.5 Relative Farbstärke und Restfarbabstand ... 67
9.2 Prüfungen, Messungen und deren Probleme ... 68
9.2.1 Allgemeines (Messung, Auswertung) ... 68
9.2.2 Mess- und Prüfunsicherheit in der Anwendung ... 68
9.2.3 Bestimmung des Restfarbabstandes ... 68
9.2.4 Einfluss der Farbstärke auf die Farbabweichung des Endproduktes ... 69
9.3 Prüfung von Farbstoffen ... 69
9.3.1 Allgemeines ... 69
9.3.2 Bestimmung der relativen Farbstärke ... 69
9.3.3 Probe ... 69
9.4 Prüfung von Pigmenten ... 70
9.4.1 Allgemeines ... 70
9.4.2 Anforderungen an die koloristisch zu messenden Proben ... 70
9.4.3 Vollton- und Purton-Systeme ... 71
9.4.4 Schwarzpigmente (nach DIN 55985-2 oder DIN 55979) ... 71
9.4.5 Weißabmischungen von Pigmenten in Lacken, Dispersionsfarben und Kunststoffen ... 73
9.4.6 Bewertung von Pigmenten bei Bewitterungsprüfungen ... 73
9.4.7 Prüfung von Metalleffekt- und Interferenzpigmenten ... 73

10 Anwendungsspezifische Themen ... 74
10.1 Lacke und Dispersionsfarben ... 74
10.1.1 Allgemeines ... 74
10.1.2 Einflussfaktoren auf die Probenbeschaffenheit ... 74
10.1.3 Herstellung und Prüfung der Proben unter Laborbedingungen ... 76
10.1.4 Festlegung des Bezugs (Referenz, Standard, Vorlage, Typ) ... 76

10.1.5 Prüfung und Toleranzvereinbarung ... 78
10.1.6 Besonderheiten bei Pulverlacken ... 78
10.2 Druckfarben ... 79
10.2.1 Allgemeines ... 79
10.2.2 Pigmente in Druckfarben ... 79
10.2.3 Dicke der Druckfarbenschicht ... 80
10.2.4 Herstellung von Druckproben ... 80
10.2.5 Bedruckstoffe (Druckträger, Substrat, Untergrund) ... 81
10.2.6 Farbmessung von Drucken und deren Auswertung ... 83
10.3 Eingefärbte Kunststoffe ... 83
10.3.1 Allgemeines ... 83
10.3.2 Proben ... 84
10.4 Textilien ... 86
10.4.1 Allgemeines ... 86
10.4.2 Akzeptierbarkeitsprüfung ... 87
10.4.3 Spezielle messtechnische Hinweise ... 88

Literaturhinweise ... 93

Bilder

Bild 1 — 0°:45° Beobachtung ... 14

Bild 2 — Unterschiedliche Augenhöhen verursachen unterschiedliche Beobachtungswinkel und müssen ausgeglichen werden ... 15

Bild 3 — Diffus: 8° Geometrie, Glanzeinschluss (di:8°) ... 20

Bild 4 — Diffus: 8° Geometrie, Glanzausschluss (de:8°) ... 21

Bild 5 — Diffus: 0° Geometrie (d:0°) ... 21

Bild 6 — 45°a:0° annular Geometrie (45°a:0°) ... 22

Bild 7 — 45°c:0°zirkular-Geometrie (45°c:0°) ... 22

Bild 8 — 45°x:0° einseitig gerichtete Geometrie (45°x:0°) ... 23

Bild 9 — Übliche Geometrien zur Charakterisierung von Proben mit Oberflächen- oder Metalleffekten ... 23

Bild 10 — Übliche Geometrien zur Charakterisierung von Proben mit Interferenz- oder Beugungseffekten ... 24

Bild 11 — CIELAB-Farbsystem ... 32

Bild 12 — Aufspaltung des Farbabstandes zwischen P und B nach Δa^*, Δb^* im CIELAB-System ... 33

Bild 13 —Aufspaltung des Farbabstandes zwischen P und B nach ΔC^*_{ab}, ΔH^*_{ab} im CIELAB-System ... 34

Bild 14 — Typen von Farbabstandsformeln ... 35

Bild 15 — Exemplarische Orientierung und Größe der Toleranzellipsoide im CIELAB-Farbraum ... 36

Bild 16 — Bereich chromatischer Farben im Helligkeit über Chroma Diagramm ... 39

Bild 17 — Verschmierfunktion σ in Abhängigkeit vom Chromawert relativ zu C_o (links) und Lage von C_o im Helligkeit über Chroma Diagramm (rechts) 39

Bild 18 — Messergebnis, Messabweichung und Messunsicherheit (nach DIN 1319-1) 42

Bild 19 — Streuung von Farbörtern im CIELAB-Farbenraum und im Differenzkoordinatensystem mit mittlerem Farbort (rotes Kreuz) im Koordinatenursprung 43

Bild 20 — Streuung von Farbörtern um den Mittelwert einer Farbreproduktion (blaue und rote Punkte) in Differenzkoordinaten 48

Bild 21 — Histogramme der mit Gleichung (45)(45)(27) normalisierten Mahalanobis-Distanzen vor (oben links) und nach der Elimination von Ausreißern (oben rechts) sowie den entsprechenden QQ-Plots der normalisierten empirischen Mahalanobis-Distanzen der Farbörter aus Bild 19 über den theoretischen Quantilen der F-Verteilung vor (links unten) und nach der Elimination der Ausreißer (rechts unten) 49

Bild 22 — Zweidimensionale Projektion der Farbörter einer Messreihe mit zwei Ausreißern A und B 49

Bild 23 — Fließschema der Ausreißerprüfung (hier mit der Beta-Verteilung) und Festlegung der Prozessgrenze Tkrit2 50

Bild 24 — Farbkoordinaten der Referenz und der Messreihe einer Probe mit dem Konfidenzellipsoid 52

Bild 25 — Lassen sich die mittleren Farbörter von Probe und Referenz beide nur mit einer Messunsicherheit ermitteln, dann addiert man die Kovarianzmatrizen und ermittelt damit die quadratische Mahalanobis-Distanz zur Referenz TRef2. 53

Bild 26 — Die Ausdehnung des Konfidenzellipsoids der Probe in Richtung der Referenz entspricht der Messunsicherheit des Farbabstandes 54

Bild 27 — Form von Toleranzräumen für ein brillantes (obere Reihe) und ein pastelliges Rot (unter Reihe) 57

Bild 28 — Toleranzräume in zwei Farbsystemen, Fall b) 58

Bild 29 — Ellipsoidischer Toleranzraum mit konstantem ΔE_{CMC} im (ΔL; ΔCab^*; ΔHab^*)-Differenzkoordinatensystem (links) und der identische kugelförmige Toleranzraum in ($\Delta L/(l \cdot S_L)$, $\Delta Cab^*/(c \cdot S_C)$, $\Delta Hab^*/S_H$)-Koordinaten 59

Bild 30 — Helligkeit L^* und Schwarzzahl M_Y (Black value) in Abhängigkeit vom Normfarbwert Y..... 60

Bild 31 — Absoluter Beitrag des Bunttons dargestellt im CIE a*b*-Farbkoordinatensystem 60

Bild 32 — Verteilung der Farbabstände zum mittleren Farbort der durch Wiederholungsmessung auf einem typischen Farbmuster ermittelten Farbörter 61

Bild 33 — Beispielhafte Darstellung des Bruchteils der n. i. O.-Bewertungen über dem zugehörigen Farbabstand aufgetragen 64

Bild 34 —Schema Verarbeitungsschritte für Farbmittel 65

Tabellen

Tabelle 1 — Auswahlkriterien für die Messgeometrie in Abhängigkeit von den Eigenschaften des Probeninneren (I) **29**

Tabelle 2 — Auswahlkriterien für die Messgeometrie in Abhängigkeit von der Probenart und der Oberflächenbeschaffenheit (II) **30**

Tabelle 3 — Quantile $\chi n, 1 - \alpha 2$ der Chi-Quadrat-Verteilung [18] **46**