DIN/TS 5020:2025-01 (D)

Einführung in die farbmetrische Praxis für das Qualitätsmanagement

Inhalt

Seite

Vorwort . . . 6
Einleitung . . . 8
1 Anwendungsbereich . . . 10
2 Normative Verweisungen . . . 10
3 Begriffe . . . 10
4 Farbabmusterung . . . 11
4.1 Allgemeines . . . 11
4.2 Allgemeine Farbabmusterungsbedingungen . . . 11
4.2.1 Übersicht . . . 11
4.2.2 Farbabmusterungslichtart . . . 11
4.2.3 Geometrische Farbabmusterungsbedingungen . . . 13
4.2.4 Physiologische Farbabmusterungsbedingungen . . . 15
4.3 Zusammenfassung . . . 16
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 . . . 17
5.2.3 Reflexion aus dem Probeninneren . . . 18
5.2.4 Reflexion an der Probenoberfläche . . . 19
5.3 Messgeometrien/Messgeräte-Geometrien . . . 19
5.3.1 Allgemeines . . . 19
5.3.2 Kugelmessgeräte . . . 20
5.3.3 Gerichtete (45°:0°)-Geometrien . . . 21
5.3.4 Mehrwinkel-Geometrien (am Beispiel einer Einstrahlung unter 45°) . . . 22
5.4 Praktische Anwendung . . . 24
5.4.1 Allgemeines . . . 24
5.4.2 Verfahren A, empfohlen für Farbmittelprüfung . . . 24
5.4.3 Verfahren B, empfohlen für Qualitätskontrolle inklusive des Einflusses der Oberflächenbeschaffenheit . . . 25
5.4.4 Entscheidungshilfe für das anzuwendende Verfahren . . . 26
5.5 Besonderheiten . . . 27
5.5.1 Metalleffektpigmente . . . 27
5.5.2 Interferenzpigmente . . . 27
5.5.3 Fluoreszenz . . . 28
5.5.4 Thermochromie . . . 29
5.6 Empfehlung für die optimale Messgeometrie . . . 29
6 Farbabstandsformeln . . . 31
6.1 Allgemeines . . . 31
6.2 CIELAB-System . . . 32
6.3 CIELAB-Formel . . . 32
6.4 Modifikationen der CIELAB-Formel . . . 35
6.4.1 Allgemeines . . . 35
6.4.2 Allgemeine Farbabstandsformel . . . 35
6.4.3 Kategorisierung von Farbabstandsformeln . . . 36
6.4.4 CMC(*l*:*c*)-Formel . . . 36
6.4.5 CIE94-Formel . . . 36
6.4.6 CIEDE2000-Formel . . . 37
6.4.7 Spezielle individuelle Anpassungen . . . 37
6.5 Weitere gängige relevante euklidische Farbräume . . . 38
6.5.1 Allgemeines . . . 38

6.5.2 DIN99-Farbraum . . . 38
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 . . . 41
6.7 Einflussfaktoren für die Größe von Toleranzwerten . . . 42
7 Ermittlung der Unsicherheit bei der Farbprüfung . . . 42
7.1 Allgemeines . . . 42
7.2 Messunsicherheit bei der Farbmessung . . . 42
7.2.1 Allgemeines . . . 42
7.2.2 Messunsicherheit . . . 42
7.2.3 Farbabstand . . . 44
7.2.4 Streuung von Farbörtern und Beschreibung der Prozesslage . . . 44
7.3 Signifikanz von Farbabständen . . . 54
7.4 Messunsicherheit von Farbabständen . . . 57
8 Toleranz bei der instrumentellen Farbabmusterung . . . 58
8.1 Allgemeines . . . 58
8.2 Toleranzvereinbarungen . . . 58
8.3 Angabe von Farbtoleranzen . . . 59
8.3.1 Allgemeines und grundlegende Fälle . . . 59
8.3.2 Farbstandards . . . 64
8.3.3 Prozessfähigkeit der Probenherstellung (Messunsicherheit) . . . 65
8.4 Ermittlung der Grenzen der Akzeptierbarkeit . . . 65
8.4.1 Mustersammlungen und ihre Bewertung . . . 65
8.4.2 Ermittlung der Toleranzgrenze . . . 65
9 Prüfung der Farbe von Farbmitteln . . . 66
9.1 Vorbemerkungen über optische Kenngrößen . . . 66
9.1.1 Allgemeines . . . 66
9.1.2 Notwendigkeit von Eingangsprüfungen . . . 68
9.1.3 Toleranzen der optischen Kenngrößen . . . 69
9.1.4 Zeitliche Stabilität des Bezugs . . . 69
9.1.5 Relative Farbstärke und Restfarbabstand . . . 69
9.2 Prüfungen, Messungen und deren Probleme . . . 70
9.2.1 Allgemeines (Messung, Auswertung) . . . 70
9.2.2 Mess- und Prüfunsicherheit in der Anwendung . . . 70
9.2.3 Bestimmung des Restfarbabstandes . . . 70
9.2.4 Einfluss der Farbstärke auf die Farbabweichung des Endproduktes . . . 70
9.3 Prüfung von Farbstoffen . . . 71
9.3.1 Allgemeines . . . 71
9.3.2 Bestimmung der relativen Farbstärke . . . 71
9.3.3 Probe . . . 71
9.4 Prüfung von Pigmenten . . . 72
9.4.1 Allgemeines . . . 72
9.4.2 Anforderungen an die koloristisch zu messenden Proben . . . 72
9.4.3 Vollton- und Purton-Systeme . . . 72
9.4.4 Schwarzpigmente (DIN 55985-2 oder DIN 55979) . . . 73
9.4.5 Weißabmischungen von Pigmenten in Lacken, Dispersionsfarben und Kunststoffen . . . 74
9.4.6 Bewertung von Pigmenten bei Bewitterungsprüfungen . . . 75
9.4.7 Prüfung von Metalleffekt- und Interferenzpigmenten . . . 75
10 Anwendungsspezifische Themen . . . 75
10.1 Lacke und Dispersionsfarben . . . 75
10.1.1 Allgemeines . . . 75
10.1.2 Einflussfaktoren auf die Probenbeschaffenheit . . . 75
10.1.3 Herstellung und Prüfung der Proben unter Laborbedingungen . . . 77
10.1.4 Festlegung des Bezugs (Referenz, Standard, Vorlage, Typ) . . . 78
10.1.5 Prüfung und Toleranzvereinbarung . . . 79

10.1.6 Besonderheiten bei Pulverlacken . . . 80
10.2 Druckfarben . . . 80
10.2.1 Allgemeines . . . 80
10.2.2 Pigmente in Druckfarben . . . 81
10.2.3 Dicke der Druckfarbenschicht . . . 81
10.2.4 Herstellung von Druckproben . . . 81
10.2.5 Bedruckstoffe (Druckträger, Substrat, Untergrund) . . . 82
10.2.6 Farbmessung von Drucken und deren Auswertung . . . 84
10.3 Eingefärbte Kunststoffe . . . 84
10.3.1 Allgemeines . . . 84
10.3.2 Proben . . . 84
10.3.3 Farbmessung . . . 86
10.4 Textilien . . . 87
10.4.1 Allgemeines . . . 87
10.4.2 Akzeptierbarkeitsprüfung . . . 87
10.4.3 Spezielle messtechnische Hinweise . . . 89
Literaturhinweise . . . 93

Bilder

Bild 1 — Schematische Darstellung der 0°:45° Beobachtung . . . 14
Bild 2 — Unterschiedliche Augenhöhen verursachen unterschiedliche Beobachtungswinkel und müssen ausgeglichen werden . . . 15
Bild 3 — Schematische Darstellung der diffus: 8° Geometrie, Glanzeinschluss (di:8°) . . . 20
Bild 4 — Schematische Darstellung der diffus: 8° Geometrie, Glanzausschluss (de:8°) . . . 20
Bild 5 — Schematische Darstellung der diffus: 0° Geometrie (d:0°) . . . 21
Bild 6 — Schematische Darstellung der 45°a:0° annular Geometrie (45°a:0°) . . . 21
Bild 7 — Schematische Darstellung der 45°c:0° zirkular-Geometrie (45°c:0°) . . . 22
Bild 8 — Schematische Darstellung der 45°x:0° einseitig gerichteten Geometrie (45°x:0°) . . . 22
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 Probe und Bezug nach ΔC^*_{ab}, ΔH^*_{ab} im CIELAB-System . . . 35
Bild 14 — Typen von Farbabstandsformeln . . . 36
Bild 15 — Exemplarische Orientierung und Größe der Toleranzellipsoide im CIELAB-Farbraum . . . 37
Bild 16 — Bereich chromatischer Farben im Helligkeit über Buntheit Diagramm . . . 39
Bild 17 — Verschmierfunktion σ in Abhängigkeit vom Chromawert relativ zu C_O (a)) und Lage von C_O im Helligkeit über Buntheit Diagramm (b)) . . . 40
Bild 18 — Messergebnis, Messabweichung und Messunsicherheit (nach DIN 1319-1) . . . 43
Bild 19 — Streuung von Farbörtern im CIELAB-Farbraum und im Differenzkoordinatensystem mit mittlerem Farbort (rotes Kreuz) im Koordinatenursprung . . . 45
Bild 20 — Streuung von Farbörtern um den Mittelwert einer Farbreproduktion (blaue und rote Punkte) in Differenzkoordinaten . . . 50
Bild 21 — Histogramme der mit Gleichung (27) normalisierten Mahalanobis-Distanzen vor (oben links) und nach der Elimination von Ausreißern (oben rechts) sowie den entsprechenden QQ-Plots von normalisierten empirischen Farbörtern einer Messreihe [15] über den theoretischen Quantilen der F-Verteilung vor (links unten) und nach der Elimination der Ausreißer (rechts unten) . . . 51
Bild 22 — Zweidimensionale Projektion der Farbörter einer Messreihe mit zwei Ausreißern A und B . . . 52

Bild 23 — Fließschema der Ausreißerprüfung (hier mit der Beta-Verteilung) und Ermittlung der kritischen Mahalanobis-Distanz T^2_{krit} 53
Bild 24 — Farbkoordinaten der Referenz und der Messreihe einer Probe mit dem Konfidenzellipsoid 55
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 T^2_{Ref} 56
Bild 26 — Die Ausdehnung des Konfidenzellipsoids der Probe in Richtung der Referenz entspricht der Messunsicherheit des Farbabstandes 57
Bild 27 — Form von Toleranzräumen für ein brillantes (obere Reihe) und ein pastelliges Rot (untere Reihe) 60
Bild 28 — Toleranzräume in zwei Farbsystemen, Fall b) 61
Bild 29 — Ellipsoidischer Toleranzraum mit konstantem ΔE_{CMC} im (ΔL^*; ΔC^*_{ab}; ΔH^*_{ab})-Differenzkoordinatensystem (links) und der identische kugelförmige Toleranzraum in ($\Delta L^*/(l \cdot S_L)$, $\Delta C^*_{ab}/(c \cdot S_C)$, $\Delta H^*_{ab}/S_H$)-Koordinaten 62
Bild 30 — Helligkeit L^* und Schwarzzahl M_Y (Black value) in Abhängigkeit vom Normfarbwert Y 63
Bild 31 — Verteilung der Farbabstände zum mittleren Farbort der durch Wiederholungsmessung auf einem typischen Farbmuster ermittelten Farbörter 64
Bild 32 — Beispielhafte Darstellung des Bruchteils der n. i. O.-Bewertungen über dem zugehörigen Farbabstand aufgetragen 66
Bild 33 — Schema Verarbeitungsschritte für Farbmittel 67

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 $\chi^2_{n,(1-\alpha)}$ der Chi-Quadrat-Verteilung [11] 47