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