

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(<i>l:c</i>)-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 Farbbörtern im CIELAB-Farbenraum und im Differenzkoordinatensystem mit mittlerem Farbbort (rotes Kreuz) im Koordinatenursprung	43
Bild 20 — Streuung von Farbbörtern 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 Farbbörter 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 Farbbörter einer Messreihe mit zwei Ausreißern A und B	49
Bild 23 — Fließschema der Ausreißerprüfung (hier mit der Beta-Verteilung) und Festlegung der Prozessgrenze T_{krit2}	50
Bild 24 — Farbkoordinaten der Referenz und der Messreihe einer Probe mit dem Konfidenzellipsoid	52
Bild 25 — Lassen sich die mittleren Farbbörter 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_{Ref2}	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 $(\Delta L; \Delta C_{ab}^*; \Delta H_{ab}^*)$ -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	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 Farbbort der durch Wiederholungsmessung auf einem typischen Farbmuster ermittelten Farbbörter	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 $\chi^2_{n, 1-\alpha/2}$ der Chi-Quadrat-Verteilung [18]	46