

Inhalt	Seite
Vorwort	6
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	10
4 Farbarmusterung	11
4.1 Allgemeines	11
4.2 Allgemeine Farbarmusterungsbedingungen	11
4.2.1 Übersicht	11
4.2.2 Farbarmusterungslichtart	11
4.2.3 Geometrische Farbarmusterungsbedingungen	13
4.2.4 Physiologische Farbarmusterungsbedingungen	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 Farbarmstandsformeln	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 Farbarmstandsformel	35
6.4.3 Kategorisierung von Farbarmstandsformeln	36
6.4.4 CMC(<i>l:c</i>)-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 Farbäume	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 Farbtörtern und Beschreibung der Prozesslage	44
7.3	Signifikanz von Farbabständen	54
7.4	Messunsicherheit von Farbabständen	57
8	Toleranz bei der instrumentellen Farbmusterung	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_0 (a)) und Lage von C_0 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 Farbproduktion (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_{krit}^2	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_{Ref}^2	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 $(\Delta L^*; \Delta C_{ab}^*; \Delta H_{ab}^*)$ -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	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 $\chi_{n,(1-\alpha)}^2$ der Chi-Quadrat-Verteilung [11]	47