

Kleurbeoordelen in de Praktijk

DEEL 2 Kleurmeting en beoordeling

**Een praktische gids voor professionals in
productie en kwaliteitscontrole**

1e druk
Mark Kotterink

Kleurbeoordelen in de Praktijk

DEEL 2

Kleurmeting en beoordeling

Een praktische gids voor professionals in
productie en kwaliteitscontrole

Colofon

Ontwikkeling en productie

Stichting Nederlands Kleur Instituut
Uitgeverij SNKI
Van Allenstraat 110
1562 TN Krommenie

Email: info@nederlandskleurinstituut.nl
www.nederlandskleurinstituut.nl

Auteur: Mark Kotterink
1e druk, juni 2025
ISBN: 978-94-93058-18-7
NUR: 656, additioneel: 100, 157

Dit boek is Deel 2 Kleurmeting en beoordeling van de driedelige reeks "Kleurbeoordelen in de Praktijk"

De complete reeks bestaat uit:

- Deel 1: Theoretische Grondslagen (ISBN: 978-94-93058-11-8)
- Deel 2: Kleurmeting en beoordeling (ISBN: 978-94-93058-18-7)
- Deel 3: Sectorspecifieke Toepassingen (ISBN: 978-94-93058-12-5)

Trefwoorden: Kleurbeoordeling, Kleurkwaliteit, Colorimetrie, Visuele waarneming, Kleurmanagement, Kwaliteitscontrole, Industriële toepassingen, Spectrofotometrie, Kleurconstantie, Lichtbronnen, Kleurverschil, Economische impact, Kleurharmonie, Textiel, Coatings, Kunststoffen, Grafische industrie, Voedingsindustrie, Kleurstandaardisatie, Metamerisme

© Copyright 2025 Nederlandse Kleurenschool. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Ondanks alle aan de samenstelling van dit boek bestede zorg kan noch de uitgever noch de auteur aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die het gevolg is van enige fout in deze uitgave.

Voorwoord

Nu deel 1 van deze reeks de theoretische grondslagen heeft gelegd, richt dit tweede deel zich op wat voor veel professionals de dagelijkse praktijk vormt: de concrete methoden en technieken voor het meten en beoordelen van kleur.

In mijn jarenlange consultancypraktijk zie ik een terugkerend patroon: organisaties investeren in geavanceerde meetapparatuur, maar worstelen met de interpretatie van de resultaten en de vertaling naar betrouwbare kwaliteitsbeslissingen. De meeste kleuruitdagingen ontstaan niet door technische beperkingen, maar door inconsistente processen: variabele beoordelingsomstandigheden, onduidelijke tolerantiespecificaties, en gebrekkige correlatie tussen visuele en instrumentele methoden.

Dit tweede deel biedt een praktische gids voor het opzetten van robuuste beoordelingsprotocollen, de juiste inzet van meetinstrumenten, en het definiëren van zinvolle toleranties. Het bouwt voort op de conceptuele basis uit deel 1 en transformeert deze kennis naar toepasbare werkwijzen die direct in uw dagelijkse processen kunnen worden geïntegreerd.

Bijzondere aandacht gaat uit naar de relatie tussen menselijke beoordeling en instrumentele meting – een cruciaal spanningsveld in de praktijk. Te vaak ontstaat er een kloof tussen wat mensen waarnemen en wat instrumenten registreren. Het overbruggen van die kloof vereist niet alleen technisch inzicht maar ook procesmatig denken en een goed begrip van perceptuele aspecten.

Dit deel vormt de brug tussen de theoretische kennis uit deel 1 en de sectorspecifieke toepassingen die in deel 3 aan bod komen. Het biedt de concrete handvatten om betrouwbare kleurbeoordeling te implementeren, ongeacht uw specifieke industrie of toepassing.

— Mark Kotterink

Krommenie, juni 2025

Overzicht driedelige reeks

Deel 1: Theoretische Grondslagen

Fundamenten van kleurwaarneming en kleursystematiek (Hoofdstuk 1-7)

Deel 2: Meting en Beoordeling (dit deel)

Beoordelingsmethoden en instrumentele technieken (Hoofdstuk 8-16)

Deel 3: Sectorspecifieke Toepassingen

Implementatie en innovatie in verschillende industrieën (Hoofdstuk 17-22)

Inhoud

Voorwoord	4
Inleiding	12
Deel III: Professionele kleurbeoordeling in de praktijk	14
Hoofdstuk 8: Praktische Kleurbeoordelingen	15
8.1 Inleiding tot Kleurbeoordeling.....	16
8.2 Kleurverschilbeoordeling	16
8.3 Kleurverandering (Color Fastness)	19
8.4 Kleurechtheidsbeoordeling	21
8.5 Metamerisme-beoordeling	24
8.6 Harmonie en esthetische beoordeling	26
Hoofdstuk 9: Beoordelingsprotocollen.....	31
9.1 Inleiding tot Beoordelingsprotocollen	32
9.2 ASTM, ISO en DIN standaarden voor kleurbeoordeling.....	33
9.3 Visuele beoordelingsmethoden.....	35
9.4 Grijsschalen en hun toepassing.....	38
9.5 Referentiesystemen en standaarden.....	41
Hoofdstuk 10: Optimale Beoordelingsomstandigheden	47
10.1 Inleiding tot Optimalisatie van Beoordelings-omstandigheden.....	48
10.2 Verlichting: typen, intensiteit, geometrie	48
10.3 Omgevingsfactoren: ruimte, achtergrond, interfererende kleuren	52
10.4 Monstervoorbereiding en -presentatie	56
10.5 Menselijke factoren: selectie en training van beoordelaars	60
Hoofdstuk 11: Betrouwbare Visuele Beoordeling	67
11.1 Onvermijdelijke fouten volgens McLaren's studies	68
11.2 Consensus versus individuele beoordeling.....	70

11.3 Kwantificering van foutpercentages	73
11.4 Ervaring en beoordelingsfouten	75
Deel IV: Instrumentele kleurbeoordeling	81
Hoofdstuk 12: Instrumentele kleurmeting en -	
specificatie	83
12.1 Inleiding tot Instrumentele Kleurmeting.....	84
12.2 Spectrofotometers en colorimeters: werkingsprincipes en toepassingen	85
12.2.1 Principes van spectrofotometrie.....	85
12.2.2 Principes van colorimetrie	86
12.2.3 Vergelijking en toepassingsgebieden	87
12.3 Meetgeometrie en meetomstandigheden	88
12.3.1 Standaard meetgeometrieën (45°/0° en d/8°).....	88
12.3.2 Speciale geometrieën voor complexe materialen.....	89
12.3.3 Invloed van omgevingsfactoren.....	90
12.3.4 Monstervoorbereiding en -positionering.....	90
12.4 Kalibratie en onderhoud van meetinstrumenten.....	91
12.4.1 Kalibratieniveaus en -procedures	91
12.4.2 Kalibratiematerialen en -standaarden.....	92
12.4.3 Onderhoudsprocedures en -frequentie	92
12.4.4 Documentatie en verificatie	93
12.5 Interlaboratoriumvergelijkingen en meetprecisie	94
12.5.1 Structuur en implementatie	94
12.5.2 Statistische analyse en interpretatie.....	95
12.5.3 Harmonisatie en verbeteringsstrategieën	96
12.5.4 Economische impact van meetprecisie	97
12.6 Kleurspecificatie voor productiebeheer	97
12.6.1 Kleurruimtemodellen voor industriële toepassingen	97
12.6.2 Standaarddefiniëring en -beheer	97
12.6.3 Toleranties en acceptatiecriteria.....	98

12.6.4 Integratie in productiesystemen	99
Hoofdstuk 13: Instrumentele kleurmeting in de praktijk	107
13.1 Van visueel naar instrumenteel: wanneer en waarom?.....	108
13.2 Kleurmeetinstrumenten kiezen en gebruiken	111
13.3 Praktische meetprocedures voor verschillende materialen	115
13.3.1 Textiel en vezelmaterialen	115
13.3.2 Coatings, verflagen en gelakte oppervlakken.....	117
13.3.3 Kunststoffen en polymeren.....	117
13.3.4 Voedingsproducten en natuurlijke materialen	118
13.4 Dagelijkse kalibratie en kwaliteitscontrole van instrumenten.....	120
Hoofdstuk 14: Kleurverschillen en Toleranties	129
14.1 Historische ontwikkeling: van ΔE^*_{ab} naar CIEDE2000.....	130
14.2 CMC, BFD, DIN99 en andere formules	133
14.3 Het concept van tolerantie-ellipsen	137
14.4 MacAdam ellipsen en uniformiteit van kleurruimtes	141
14.5 Industriespecifieke acceptatiecriteria	145
Hoofdstuk 15: Kleurindexen in kwaliteitscontrole	153
15.1 Witheid en witheidsindexen.....	155
15.1.1 Perceptuele fundamenteën van witheid	155
15.1.2 Primaire witheidsindexen	156
15.1.3 Applicatiespecifieke witheidsindexen.....	157
15.1.4 Praktische overwegingen bij witmetingen	158
15.2 Yellowness indexen	159
15.2.1 Primaire yellowness indexen	159
15.2.2 Geavanceerde yellowness evaluatiemethoden.....	160
15.2.3 Yellowness en materiaalveroudering	161
15.2.4 Toepassingen en limieten	162
15.3 Kleurtoon index en kleurtoonhoek.....	163

15.3.1 Fundamentele tintmetrieken.....	163
15.3.2 Kleurtoon evaluatie in specifieke industrieën.....	164
15.3.3 Kleurtoon sterkte en -toleranties	164
15.3.4 Praktische kleurtoonbeoordeling en -controle.....	165
15.4 Brightness en luminance.....	166
15.4.1 Definities en fundamenteen.....	166
15.4.2 Brightness-indexen in specifieke industrieën	168
15.4.3 Luminance-metingen en -standaarden	168
15.4.4 Praktische toepassingen en acceptatiecriteria	169
15.4.5 Relatie met andere optische eigenschappen	170
15.5 Glans en DOI (Distinctness of Image)	171
15.5.1 Fundamenten van glansmeting	171
15.5.2 Distinctness of Image (DOI) en gerelateerde metrieken	172
15.5.3 Instrumentatie en meetstandaarden.....	173
15.5.4 Praktische toepassingen in kwaliteitscontrole	174
15.5.5 Uitdagingen en oplossingen	175
15.6 Metamerisme indexen	176
15.6.1 Fundamenten van metamerisme.....	177
15.6.2 Metamerisme-indexen en -berekeningen.....	178
15.6.3 Toepassingsspecifieke metamerismecontrole.....	179
15.6.4 Beperking en voorspelling van metamerisme.....	180
15.6.5 Metamerisme en nieuwe verlichtingstechnologieën	182
Hoofdstuk 16: Visueel-Instrumentele Correlatie	191
16.1 Performance metrics voor kleurverschilformules.....	193
16.1.1 Primaire performance metrics	193
16.1.2 Vergelijkende evaluaties van formules	194
16.1.3 Parametrische factors.....	196
16.1.4 Materiaalspecifieke evaluatie	197
16.2 Pass/fail-beslissingen: visueel versus instrumenteel	197

16.2.1 Fundamenten van pass/fail-criteria.....	198
16.2.2 Visual versus instrumentele besluitvorming	199
16.2.3 Concordantie-analyse.....	200
16.2.5 Praktische implementatie.....	203
16.3 Statistiek in de evaluatie van instrumentele prestaties	204
16.3.1 Experimenteel ontwerp voor correlatiestudies.....	204
16.3.2 Statistische analysetechnieken.....	205
16.3.3 Analyse van variatiebronnen	207
16.3.4 Statistische vergelijking van formules.....	208
16.3.5 Geavanceerde statistische modellering.....	208
16.3.6 Praktische implementatie van statistiek.....	209
16.4 Uitdagingen en beperkingen van instrumentele benaderingen.....	210
16.4.1 Inherente beperkingen van colorimetrische metingen	210
16.4.2 Materiaalspecifieke uitdagingen	211
16.4.3 Perceptuele fenomenen die niet gevangen worden door instrumenten	213
16.4.4 Praktische operationele beperkingen	214
16.4.5 Strategieën voor het omgaan met instrumentele beperkingen.....	215
Appendices.....	221
Appendix A: Standaard Testmethodes en Protocollen	223
A.1 ISO Standaarden voor kleurbeoordeling.....	223
A.1.1 Fundamentele colorimetrische standaarden	223
A.1.2 Applicatie-specifieke ISO standaarden	224
A.1.3 ISO Standaarden voor instrumentele specificatie en kalibratie	225
A.2 ASTM Testmethodes	226
A.2.1 Fundamentele colorimetrische ASTM-standaarden	226
A.2.2 Meetgeometrie en instrumentele specificaties	227
A.2.3 Applicatie-specifieke ASTM-standaarden	228
A.3 DIN en andere nationale/regionale standaarden.....	229

A.3.1 Duitse DIN standaarden	229
A.3.2 Britse Standaarden (BS)	230
A.3.3 CIE Technische rapporten en standaarden	231
A.3.4 Japanse Industriële Standaarden (JIS)	232
A.4 Sectorspecifieke standaarden en protocollen	233
A.4.1 Grafische kunsten en printing	233
A.4.2 Textiel en kleding	234
A.4.3 Automotive en transportation.....	235
A.4.4 Voedsel en verpakking	236
A.4.5 Medical en pharmaceutical	237
A.4.6 Architectuur en bouw	237
Appendix B: Verklarende Woordenlijst van Terminologie ...	239
B.1 Algemene kleurterminologie	239
B.4 Meertalige termenlijst (Engels, Duits, Frans, Nederlands).....	248
Appendix C: Praktische Referentietabellen en	
Bronverwijzingen.....	251
C.1 Praktische Lichtbronreferenties.....	251
C.1.1 Veelgebruikte Standaard Lichtbronnen en Hun Toepassingen	251
C.2 Praktische Kleurverschilrichtlijnen.....	252
C.2.1 Vergelijking van kleurverschildrempels in verschillende industrieën	252
C.2.2 Praktische interpretatie van kleurverschilwaarden	252
C.3 Overzicht van Kleurverschilformules.....	253
C.4 Whiteness en Yellowness Indices	254
C.5 Belangrijke Bronnen voor Technische Colorimetrische Data.....	255

Inleiding

Betrouwbare kleurmeting en -beoordeling zijn geen academische concepten, maar essentiële praktijkvaardigheden. Het systematisch evalueren van kleur vormt de basis voor kwaliteitscontrole, productontwikkeling en consistente merkbeleving. In een wereld waarin consumenten en bedrijven steeds hogere eisen stellen aan visuele nauwkeurigheid, zijn effectieve meetmethoden en beoordelingstechnieken onmisbaar geworden.

In dit tweede deel van onze reeks richten we ons op de praktische methoden en instrumenten die nodig zijn om kleur objectief te meten en te beoordelen. De negen hoofdstukken in dit deel bouwen logisch op elkaar voort:

We beginnen met visuele beoordelingstechnieken en verkennen hoe deze systematisch en betrouwbaar kunnen worden toegepast. Vervolgens onderzoeken we de verschillende instrumenten voor kleurmeting, van eenvoudige colorimeters tot geavanceerde spectrofotometers. Daarna duiken we in de wereld van effect-materialen en multi-angle meting, gevolgd door methoden voor data-interpretatie en kleurverschilberekening.

In het midden van dit deel behandelen we het definiëren van toleranties en de correlatie tussen instrumentele metingen en visuele beoordeling. De laatste hoofdstukken richten zich op de integratie van kleurmeting in kwaliteitsprocessen, kalibratie van meetapparatuur, en strategieën voor succesvolle implementatie van kleurbeoordelingssystemen.

Dit tweede deel bouwt voort op de theoretische basis uit het eerste deel van deze reeks:

Deel 1 (Theoretische Grondslagen) behandelde de fundamentele principes van kleurwaarneming, het economische belang van kleurkwaliteit, en de taal om over kleur te communiceren.

Deel 3 (Sector specifieke Toepassingen) zal dieper ingaan op de implementatie van deze kennis en technieken in specifieke industrieën zoals textiel, coatings, kunststoffen en voeding, en kijkt vooruit naar nieuwe technologieën.

Door alle delen heen combineren we wetenschappelijke nauwkeurigheid met praktische toepasbaarheid, zodat je direct ziet hoe de meetmethoden en beoordelingstechnieken in verschillende sectoren worden toegepast. Met de

kennis uit dit tweede deel ben je in staat om betrouwbare meetsystemen op te zetten, consistente beoordelingsprocessen te implementeren, en de kloof tussen visuele waarneming en instrumentele metingen te overbruggen.

Sectie III: Professionele kleurbeoordeling in de praktijk

Hoofdstuk 8: Praktische Kleurbeoordelingen

Wat u moet weten

Kleurverschilbeoordeling vormt het fundament van industriële kwaliteitscontrole. Het wordt toegepast in vrijwel alle productiefasen waar kleur een kritische parameter is.

De meest effectieve aanpak in productieomgevingen combineert instrumentele metingen als primaire acceptatiecriteria met aanvullende visuele beoordeling voor grensgevallen.

Metamerisme is het verschijnsel waarbij kleuren identiek lijken onder één lichtbron maar verschillen onder een andere. Dit fenomeen stelt unieke uitdagingen voor kwaliteitscontrole.

Een gelaagde benadering deelt materialen in op basis van verwachte blootstellingsintensiteit. Dit maakt kosteneffectieve materiaalselectie mogelijk terwijl adequate prestaties voor specifieke toepassingen gewaarborgd blijven.

Door harmonie en esthetiek te benaderen als meetbare kwaliteitsattributen, kunnen managers een cultuur van esthetische excellentie ontwikkelen die direct bijdraagt aan productdifferentiatie en marktwaarde.

Zakelijke impact

Optimale toleranties balanceren tussen technische mogelijkheden en marktbehoeften. Te strikte toleranties resulteren in onnodige afkeur en verhoogde kosten, terwijl te ruime toleranties leiden tot kwaliteitsproblemen en klantontevredenheid.

De documentatie van kleurverandering geschiedt typisch op een schaal van 1-5 (of 1-8 voor lichtstabiliteit), waarbij hogere waarden superieure prestaties indiceren. Een effectieve benadering voor grootschalige productieomgevingen is een gelaagd controleprogramma waarbij componenten worden geclassificeerd in risiconiveaus, elk met aangepaste controle-eisen. Consensusbeoordelingen reduceren subjectiviteit via multidisciplinaire beoordelingspanels, gedefinieerde criteria en scoringssystemen, en periodieke kalibratie van het panel via referentiemonsters met vooraf vastgestelde beoordelingsniveaus.

8.1 Inleiding tot Kleurbeoordeling

Effectieve kleurbeoordeling vormt de basis voor kwaliteitscontrole en productontwikkeling in diverse industrieën. In dit hoofdstuk onderzoeken we de verschillende methoden van kleurbeoordeling die worden toegepast in professionele productieomgevingen, met focus op praktische implementatie en industriële relevantie.

Kleurbeoordelingen variëren van strikt technische en kwantitatieve benaderingen tot meer holistische en kwalitatieve evaluaties. Elk type beoordeling dient specifieke doelen binnen de productlevenscyclus en vereist aangepaste procedures, apparatuur en expertise. De keuze voor bepaalde beoordelingsmethoden wordt bepaald door factoren zoals productcategorie, kwaliteitsniveau, productieproces en eindgebruikerscontext.

Door inzicht te ontwikkelen in deze verschillende beoordelingsmethoden kunnen productie- en kwaliteitsmanagers geïnformeerde beslissingen nemen over welke technieken toe te passen in hun specifieke situatie. Dit leidt tot effectievere kwaliteitscontrole, verminderde kosten en verbeterde klanttevredenheid.

In dit hoofdstuk behandelen we vijf kerngebieden van kleurbeoordeling: kleurverschilbeoordeling, kleurverandering, kleurechtheidsbeoordeling, metamerisme-beoordeling, en harmonie en esthetische beoordeling. Voor elk gebied beschrijven we de fundamentele principes, praktische toepassingen en implementatiestrategieën die relevant zijn voor productie- en kwaliteitsmanagement.

8.2 Kleurverschilbeoordeling

Kleurverschilbeoordeling vormt het fundament van industriële kwaliteitscontrole en wordt toegepast in vrijwel alle productiefasen waar kleur een kritische parameter vertegenwoordigt. De centrale vraag in deze beoordeling betreft de mate waarin een productmonster afwijkt van de vastgestelde standaard.

In de praktische toepassing manifesteert kleurverschilbeoordeling zich in drie verschillende contexten. In de productontwikkelingsfase dient deze primair voor het verfijnen van ontwerpspecificaties en toleranties. Bij lopende

productie fungeert kleurverschilbeoordeling als instrument voor zowel het bewaken van productconsistentie als het identificeren van procesafwijkingen. In de context van leveranciersbeoordeling functioneert het als essentiële kwaliteitscontrole binnen de aanvoerketen.

Visuele kleurverschilbeoordeling wordt uitgevoerd in gestandaardiseerde beoordelingscabines conform ISO 3664^[^5], waarbij specifieke elementen essentieel zijn voor valide beoordelingen. De standaardisatie van lichtbronnen omvat traditioneel een combinatie van D65 (daglicht), TL84 (fluorescerende winkerverlichting) en A (gloeilamp/huishoudelijk). Met de wijdverspreide adoptie van LED-verlichting in zowel commerciële als huishoudelijke toepassingen worden moderne beoordelingsprotocollen steeds vaker uitgebreid met gestandaardiseerde LED-lichtbronnen zoals LED-B1 (koel wit), LED-BH1 (warm wit) en LED-RGB1 (conform CIE 015:2018).

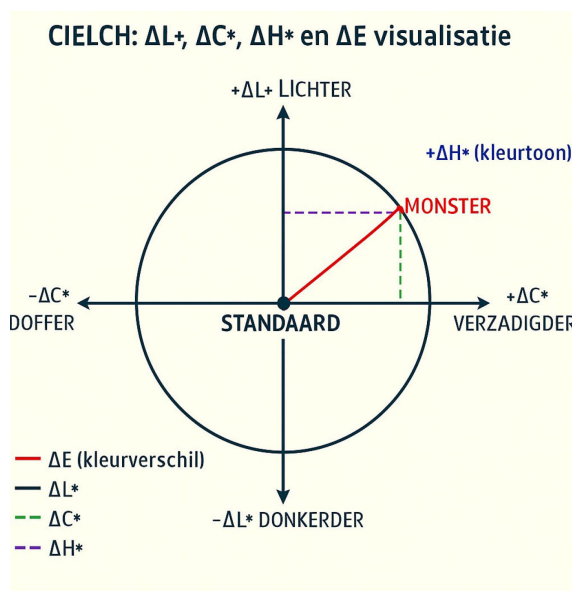
Dit is essentieel geworden omdat producten steeds vaker worden bekeken onder LED-verlichting, die spectrale eigenschappen heeft die significant verschillen van traditionele lichtbronnen en daardoor metamerisme-effecten anders kunnen weergeven.

"Visuele kleurverschilbeoordeling wordt uitgevoerd in gestandaardiseerde beoordelingscabines conform ISO 3664, waarbij specifieke elementen essentieel zijn voor valide beoordelingen."

De omgevingscondities dienen neutraal te zijn, met grijze wanden en werkoppervlakken om afleidende contrasteffecten te minimaliseren. De beoordelingsgeometrie vereist een consistente positionering van monsters ten opzichte van lichtbron en waarnemer.

De menselijke factor introduceert onvermijdelijk variabiliteit in visuele beoordelingen. Deze variabiliteit kan worden gereduceerd door implementatie van gestandaardiseerde trainingsprogramma's, periodieke kalibratiesessies en het gebruik van gestandaardiseerde grijsschalen conform ISO 105-A02^[^1]. Deze schalen categoriseren kleurverschillen op een schaal van 1 tot 5, waarbij 5 correspondeert met geen waarneembaar verschil en 1 met een significant verschil.

Instrumentele kleurverschilbeoordeling biedt objectiviteit en precisie door middel van spectrofotometrische metingen. Deze methodiek omvat doorgaans een primaire ΔE -berekening (CIEDE2000 conform ISO 11664-6^[3]) die het totale kleurverschil kwantificeert. Complementaire componentanalyse ontleedt verschillen in specifieke attributen: ΔL^* (lichtheidsverschil), ΔC^* (chromaverschil) en ΔH^* (kleurtoonverschil). De verschillende componenten van kleurverschil worden in figuur 1 geïllustreerd. Voor materialen met angulaire afhankelijkheid, zoals parelmoer of metallic afwerkingen, is multi-angle meting essentieel.



Figuur 1 Visualisatie van CIELCH-kleurruimte met kleurverschilcomponenten: het verschil tussen standaard en monster wordt uitgesplitst in ΔL (lichtheid), ΔC^ (verzadiging), ΔH^* (kleurtoon) en de totale ΔE*

De meest robuuste benadering in productiescenario's combineert instrumentele metingen als primaire acceptatiecriteria met aanvullende visuele beoordeling voor monsters in grensgebieden. Deze hybride methodiek benut zowel de objectiviteit van instrumentele data als het contextuele inzicht van menselijke visuele beoordeling.

Een cruciale component in effectief kleurverschilbeheer is de bepaling van realistische toleranties. Optimale toleranties balanceren tussen technische mogelijkheden en marktbehoeften. Te strikte toleranties resulteren in

onnodige afkeur en verhoogde kosten, terwijl te ruime toleranties leiden tot kwaliteitsproblemen en klantontevredenheid. Een systematische tolerantiebepaling omvat de vaststelling van perceptuele drempels, evaluatie van inherente procesvariabiliteit en beoordeling van gebruikscontext, met name wanneer componenten naast elkaar worden toegepast.

"Een cruciale component in effectief kleurverschilbeheer is de bepaling van realistische toleranties. Optimale toleranties balanceren tussen technische mogelijkheden en marktbehoeften."

8.3 Kleurverandering (Color Fastness)

Kleurverandering, ook aangeduid als kleurbestendigheid (of *color fastness*), betreft de weerstand van een product tegen kleurverandering gedurende de levenscyclus. Hoewel frequent geassocieerd met textiel, is kleurveranderingsbeoordeling relevant voor diverse industrieën waar producten worden blootgesteld aan omgevingsfactoren.

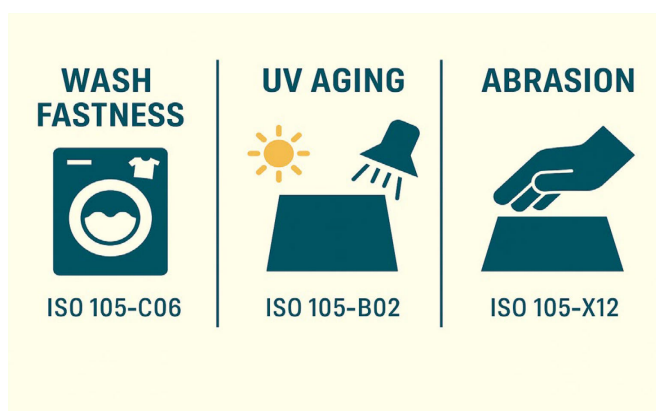
In praktische toepassingen worden producten blootgesteld aan meerdere degradatiefactoren waarvan de relevantie varieert per toepassing. Lichtblootstelling is van primair belang voor exterieurproducten, signalisatie en buitentextiel, waarbij UV-stabiliteit wordt getest via versnelde veroudering volgens ISO 105-B02^[4]. Atmosferische factoren omvatten hitte, vocht, luchtvervuiling en ozon, die vaak synergetisch degradatie versnellen.

Mechanische stress in de vorm van wrijving, vouwen en abrasie is significant voor textiel en flexibele materialen, getest conform ISO 105-X12. Wasbestendigheid is cruciaal voor consumententextiel en reinigbare oppervlakken, terwijl chemische resistentie tegen zweet, cosmetica en voedingsstoffen relevant is voor diverse productcategorieën.

De methodologie voor kleurveranderingsbeoordeling volgt typisch een driedelige benadering. Versnelde tests worden uitgevoerd onder gecontroleerde, vaak verhoogde omstandigheden die werkelijke gebruiksomstandigheden simuleren in verkorte tijdsduur.

Deze omvatten gestandaardiseerde protocollen zoals lichtstabiliteitstest, wrijvingsbestendigheid, wasbestendigheid en atmosferische blootstellingstests.

Natuurlijke verouderingstests, waarbij monsters worden blootgesteld aan werkelijke gebruiksomstandigheden gedurende langere perioden, bieden de meest realistische prestatie-indicaties. eelvoorkomende kleurechtheidstesten zijn schematisch weergegeven in figuur 2. Correlatieanalyse, waarbij versnelde testresultaten worden gekalibreerd tegen natuurlijke verouderingsdata, is essentieel omdat versnelde tests zelden perfect werkelijke omstandigheden simuleren.



Figuur 2 Kleurvastheidstesten volgens ISO-normen
Visualisatie van veelgebruikte testmethoden voor kleurechtheid:
wasbehandeling (ISO 105-C06), UV-veroudering (ISO 105-B02)
en slijtvastheid (ISO 105-X12). Deze gestandaardiseerde
procedures simuleren typische belastingen in de praktijk.

De documentatie van kleurverandering geschiedt typisch op een schaal van 1-5 (of 1-8 voor lichtstabiliteit), waarbij hogere waarden superieure prestaties indiceren. Deze beoordelingen worden uitgevoerd via visuele vergelijking met grijsschalen volgens ISO 105-A02^[^1], zoals weergegeven in figuur 3, of instrumentele meting van kleurverandering, uitgedrukt als ΔE -waarden tussen pre- en post-blootstellingsmonsters.

Voor effectieve implementatie in productiebeheer is de ontwikkeling van toepassingsspecifieke prestatiecriteria essentieel. Deze criteria correleren met de verwachte gebruiksomstandigheden van het eindproduct.

Een gelaagde benadering categoriseert materiaalprestaties in verschillende niveaus gebaseerd op verwachte blootstellingsintensiteit, wat kosteneffectieve materiaalselectie faciliteert terwijl adequate prestaties voor specifieke toepassingen worden verzekerd.

KLEURKWALITEIT ONDER CONTROLE - Wetenschap en praktijk van kleurbeoordeling in de industrie

In een markt waar visuele consistentie direct samenhangt met merkwaarde en klantbeleving, is kleurbeoordeling uitgegroeid tot een strategische vaardigheid.

Dit boek biedt een complete routekaart voor het begrijpen, toepassen en verbeteren van kleurbeoordelingsprocessen in uiteenlopende industrieën. Gebaseerd op zowel wetenschappelijke inzichten als jarenlange praktijkervaring, brengt dit werk theorie en dagelijkse praktijk samen. Van de natuurkundige basis en menselijke waarneming tot moderne meetmethoden en sectorspecifieke toepassingen – alles komt aan bod.

Deze driedelige reeks helpt u onder andere om:

- De theoretische grondslagen van kleur te begrijpen (behandeld in deel 1).
- In dit tweede deel meetinstrumenten effectief in te zetten: van colorimeters en spectrofotometers tot multi-angle apparatuur.
- In dit tweede deel robuuste beoordelingsprotocollen op te stellen: voor consistente resultaten door verschillende beoordelaars.
- In dit tweede deel Toleranties te definiëren: met praktijkgerichte methodes voor verschillende toepassingen en materialen.
- Sectorspecifiek toe te passen: in textiel, coatings, kunststoffen, drukwerk en voeding (volgt in deel 3).

Of u nu werkt als kwaliteitsmanager, productontwikkelaar, inkoper of technisch specialist – dit tweede deel biedt de praktische methoden en technieken om betrouwbare kleurbeoordeling te implementeren in uw dagelijkse werkprocessen.

Mark Kotterink is kleurenspecialist en consultant in kleurbeoordeling, toegepaste kleurtechniek en colormetrie. Met ruim twintig jaar ervaring helpt hij bedrijven hun kleurprocessen te optimaliseren, en verzorgt hij trainingen voor professionals in productie, ontwerp en kwaliteitscontrole.



8.4 Kleurechtheidsbeoordeling

Kleurechtheidsbeoordeling evalueert de stabiliteit van kleur bij blootstelling aan diverse omgevingsfactoren en omvat niet enkel verandering in de originele kleur maar ook effecten zoals vlekken, uitbloeden, migratie en kleuroverdracht naar aangrenzende materialen. Deze beoordeling is zowel een functie van materiaalkenmerken als procesparameters, waarbij optimale processen de prestaties van marginale materialen kunnen verbeteren maar fundamentele materiaalbeperkingen niet kunnen elimineren.

Praktische beoordeling van kleurechtheid omvat drie hoofddimensies. Kleurverandering in het oorspronkelijke materiaal wordt beoordeeld door vergelijking van behandelde versus onbehandelde monsters, typisch via een procedure waarbij testmonsters worden voorbereid met consistente dimensies, onderworpen aan gestandaardiseerde provocaties conform ISO 105-protocollen, en geëvalueerd op een schaal van 1-5 volgens ISO 105-A02^[*1]. Een matrixbenadering, waarbij producten worden geëvalueerd tegen toepassingsrelevante provocaties, optimaliseert testefficiëntie.

Kleuroverdracht naar andere materialen manifesteert zich als directe overdracht (contactvlekken) of indirecte overdracht via een medium zoals water of oplosmiddelen. Voor textiel worden gestandaardiseerde witte getuige-stoffen gebruikt in kleurverlies- en vlektests, beoordeeld op een schaal van 1-5 volgens ISO 105-A03. De combinatie van een beoordeling voor originele kleurverandering en een voor kleuroverdracht biedt een comprehensieve evaluatie.

De dimensie van structurele integriteit in relatie tot kleurverlies adresseert situaties waarin kleurverandering indicatief is voor onderliggende structurele degradatie. Microscopisch onderzoek gecombineerd met mechanische tests kan bepalen of kleurverlies voorspellende waarde heeft voor structureel falen.

Verschillende industrieën hanteren specifieke kleurechtheidseisen gebaseerd op sectorspecifieke gebruiksscenario's. De textielindustrie focust op wasvastheid, zweetvastheid, wrijfechtheid en lichtechtheid, terwijl de grafische industrie prioriteit geeft aan lichtvastheid, watervastheid en chemische resistentie (ISO 2836). De automobiel- en luchtvaartindustrie vereist lange-termijn kleur- en glansretentie onder extreme condities.