

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.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
8.5 Metamerisme-beoordeling.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
8.6 Harmonie en esthetische beoordeling	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Hoofdstuk 9: Beoordelingsprotocollen ..	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
9.1 Inleiding tot Beoordelingsprotocollen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
9.2 ASTM, ISO en DIN standaarden voor kleurbeoordeling ...	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
9.3 Visuele beoordelingsmethoden	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
9.4 Grijsschalen en hun toepassing	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
9.5 Referentiesystemen en standaarden ...	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Hoofdstuk 10: Optimale Beoordelingsomstandigheden	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
10.1 Inleiding tot Optimalisatie van Beoordelings-omstandigheden	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
10.2 Verlichting: typen, intensiteit, geometrie	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
10.3 Omgevingsfactoren: ruimte, achtergrond, interfererende kleuren ..	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

10.4 Monstervoorbereiding en -presentatie **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

10.5 Menselijke factoren: selectie en training van beoordelaars **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Hoofdstuk 11: Betrouwbare Visuele Beoordeling.... Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

11.1 Onvermijdelijke fouten volgens McLaren's studies.. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

11.2 Consensus versus individuele beoordeling **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

11.3 Kwantificering van foutpercentages .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

11.4 Ervaring en beoordelingsfouten **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Deel IV: Instrumentele kleurbeoordeling..... Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Hoofdstuk 12: Instrumentele kleurmeting en -specificatieFout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

12.1 Inleiding tot Instrumentele Kleurmeting **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

12.2 Spectrofotometers en colorimeters: werkingsprincipes en toepassingen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

12.2.1 Principes van spectrofotometrie . **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

12.2.2 Principes van colorimetrie **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

12.2.3 Vergelijking en toepassingsgebieden..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

12.3 Meetgeometrie en meetomstandigheden **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

12.3.1 Standaard meetgeometrieën ($45^\circ/0^\circ$ en $d/8^\circ$) **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

12.3.2 Speciale geometrieën voor complexe materialen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

12.3.3 Invloed van omgevingsfactoren .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

- 12.3.4 Monstervoorbereiding en -positionering **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- 12.4 Kalibratie en onderhoud van meetinstrumenten ... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 12.4.1 Kalibratieniveaus en -procedures **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 12.4.2 Kalibratiematerialen en -standaarden..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 12.4.3 Onderhoudsprocedures en -frequentie **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 12.4.4 Documentatie en verificatie **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- 12.5 Interlaboratoriumvergelijkingen en meetprecisie .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 12.5.1 Structuur en implementatie **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 12.5.2 Statistische analyse en interpretatie **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 12.5.3 Harmonisatie en verbeteringsstrategieën **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 12.5.4 Economische impact van meetprecisie **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- 12.6 Kleurspecificatie voor productiebeheer **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 12.6.1 Kleurruimtemodellen voor industriële toepassingen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 12.6.2 Standaarddefiniëring en -beheer **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 12.6.3 Toleranties en acceptatiecriteria **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 12.6.4 Integratie in productiesystemen . **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Hoofdstuk 13: Instrumentele kleurmeting in de praktijk.. Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

- 13.1 Van visueel naar instrumenteel: wanneer en waarom? .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

13.2 Kleurmeetinstrumenten kiezen en gebruiken **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

13.3 Praktische meetprocedures voor verschillende materialen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

13.3.1 Textiel en vezelmaterialen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

13.3.2 Coatings, verflagen en gelakte oppervlakken ... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

13.3.3 Kunststoffen en polymeren **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

13.3.4 Voedingsproducten en natuurlijke materialen . **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

13.4 Dagelijkse kalibratie en kwaliteitscontrole van instrumenten **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Hoofdstuk 14: Kleurverschillen en Toleranties Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

14.1 Historische ontwikkeling: van ΔE^*_{ab} naar CIEDE2000 ... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

14.2 CMC, BFD, DIN99 en andere formules **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

14.3 Het concept van tolerantie-ellipsen ... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

14.4 MacAdam ellipsen en uniformiteit van kleurruimtes **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

14.5 Industriespecifieke acceptatiecriteria **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Hoofdstuk 15: Kleurindexen in kwaliteitscontrole .. Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

15.1 Witheid en witheidsindexen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

15.1.1 Perceptuele fundamenteën van witheid **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

15.1.2 Primaire witheidsindexen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

15.1.3 Applicatiespecifieke witheidsindexen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

- 15.1.4 Praktische overwegingen bij witmetingen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- 15.2 Yellowness indexen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.2.1 Primaire yellowness indexen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.2.2 Geavanceerde yellowness evaluatiemethoden . **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.2.3 Yellowness en materiaalveroudering **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.2.4 Toepassingen en limieten **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- 15.3 Kleurtoon index en kleurtoonhoek ... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.3.1 Fundamentele tintmetrieke **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.3.2 Kleurtoon evaluatie in specifieke industrieën .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.3.3 Kleurtoon sterkte en -toleranties **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.3.4 Praktische kleurtoonbeoordeling en -controle **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- 15.4 Brightness en luminance **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.4.1 Definities en fundamentele **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.4.2 Brightness-indexen in specifieke industrieën .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.4.3 Luminance-metingen en -standaarden **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.4.4 Praktische toepassingen en acceptatiecriteria . **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.4.5 Relatie met andere optische eigenschappen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- 15.5 Glans en DOI (Distinctness of Image) **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.5.1 Fundamentele van glansmeting .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.5.2 Distinctness of Image (DOI) en gerelateerde metrieke **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.5.3 Instrumentatie en meetstandaarden..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

- 15.5.4 Praktische toepassingen in kwaliteitscontrole . **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- 15.5.5 Uitdagingen en oplossingen**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- 15.6 Metamerisme indexen**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.6.1 Fundamenten van metamerisme **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.6.2 Metamerisme-indexen en -berekeningen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.6.3 Toepassings specifieke metamerismec ontrole .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.6.4 Beperking en voorspelling van metamerisme .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 15.6.5 Metamerisme en nieuwe verlichtingstechnologieën **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Hoofdstuk 16: Visueel-Instrumentele Correlatie..... Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

- 16.1 Performance metrics voor kleurverschilformules .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 16.1.1 Primaire performance metrics ...**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 16.1.2 Vergelijkende evaluaties van formules **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 16.1.3 Parametrische factors**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 16.1.4 Materiaalspecifieke evaluatie**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- 16.2 Pass/fail-beslissingen: visueel versus instrumenteel **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 16.2.1 Fundamenten van pass/fail-criteria **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 16.2.2 Visueel versus instrumentele besluitvorming **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 16.2.3 Concordantie-analyse**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - 16.2.5 Praktische implementatie**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.3 Statistiek in de evaluatie van instrumentele prestaties... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.3.1 Experimenteel ontwerp voor correlatiestudies **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.3.2 Statistische analysetechnieken ...**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.3.3 Analyse van variatiebronnen**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.3.4 Statistische vergelijking van formules **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.3.5 Geavanceerde statistische modellering **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.3.6 Praktische implementatie van statistiek **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.4 Uitdagingen en beperkingen van instrumentele benaderingen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.4.1 Inherente beperkingen van colorimetrische metingen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.4.2 Materiaalspecifieke uitdagingen .**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.4.3 Perceptuele fenomenen die niet gevangen worden door instrumenten**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.4.4 Praktische operationele beperkingen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

16.4.5 Strategieën voor het omgaan met instrumentele beperkingen .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Appendices **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Appendix A: Standaard Testmethodes en Protocollen

..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

A.1 ISO Standaarden voor kleurbeoordeling **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

A.1.1 Fundamentele colorimetrische standaarden **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

A.1.2 Applicatie-specifieke ISO standaarden **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

- A.1.3 ISO Standaarden voor instrumentele specificatie en kalibratie .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- A.2 ASTM Testmethodes.....**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.2.1 Fundamentele colorimetrische ASTM-standaarden .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.2.2 Meetgeometrie en instrumentele specificaties.. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.2.3 Applicatie-specifieke ASTM-standaarden..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- A.3 DIN en andere nationale/regionale standaarden **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.3.1 Duitse DIN standaarden**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.3.2 Britse Standaarden (BS).....**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.3.3 CIE Technische rapporten en standaarden **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.3.4 Japanse Industriële Standaarden (JIS) **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- A.4 Sectorspecifieke standaarden en protocollen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.4.1 Grafische kunsten en printing**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.4.2 Textiel en kleding**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.4.3 Automotive en transportation**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.4.4 Voedsel en verpakking**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.4.5 Medical en pharmaceutical**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
 - A.4.6 Architectuur en bouw**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Appendix B: Verklarende Woordenlijst van Terminologie. Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

- B.1 Algemene kleurterminologie**Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
- B.4 Meertalige termenlijst (Engels, Duits, Frans, Nederlands) **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Appendix C: Praktische Referentietabellen en Bronverwijzingen..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

C.1 Praktische Lichtbronreferenties **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

C.1.1 Veelgebruikte Standaard Lichtbronnen en Hun Toepassingen ... **Fout!
Bladwijzer niet gedefinieerd.**

C.2 Praktische Kleurverschilrichtlijnen **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

C.2.1 Vergelijking van kleurverschilrempels in verschillende industrieën
..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

C.2.2 Praktische interpretatie van kleurverschilwaarden .. **Fout! Bladwijzer
niet gedefinieerd.**

C.3 Overzicht van Kleurverschilformules **Fout! Bladwijzer niet
gedefinieerd.**

C.4 Whiteness en Yellowness Indices **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

C.5 Belangrijke Bronnen voor Technische Colorimetrische Data **Fout!
Bladwijzer niet gedefinieerd.**

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 marktwaaarde.

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^[45], waarbij specifieke elementen essentieel zijn voor valide beoordelingen. De standaardisatie van lichtbronnen omvat traditioneel een combinatie van D65 (daglicht), TL84 (fluorescerende winkelverlichting) 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).

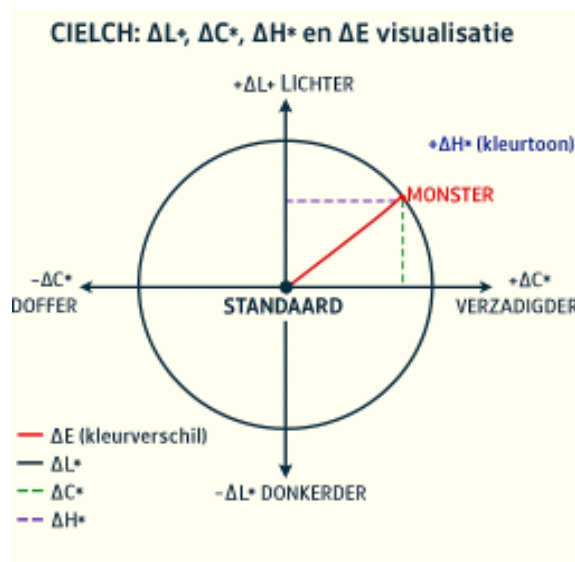
Dit is essentieel geworden omdat producten steeds vaker worden bekeken onder LED-verlichting, die spectrale eigenschappen heeft die significant verschillen van traditionele lichtbronnen en daardoor metamerisme-effecten anders kunnen weergeven.

"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^[41]. 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.

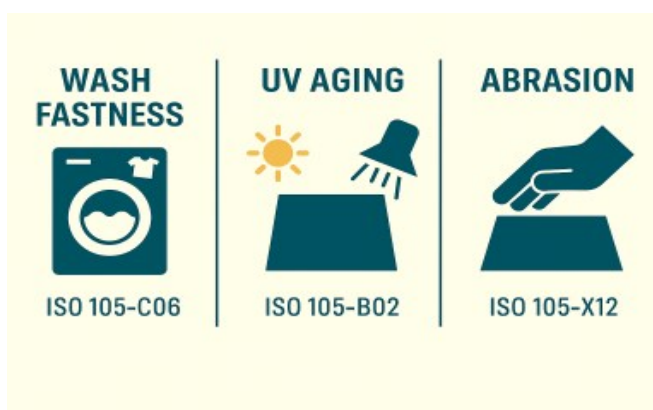
In praktische toepassingen worden producten blootgesteld aan meerdere degradatiefactoren waarvan de relevantie varieert per toepassing. Lichtblootstelling is van primair belang voor exterieurproducten, signalisatie en buitentextiel, waarbij UV-stabiliteit wordt getest via versnelde veroudering volgens 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.



STICHTING
NEDERLANDS
KLEUR
INSTITUUT

