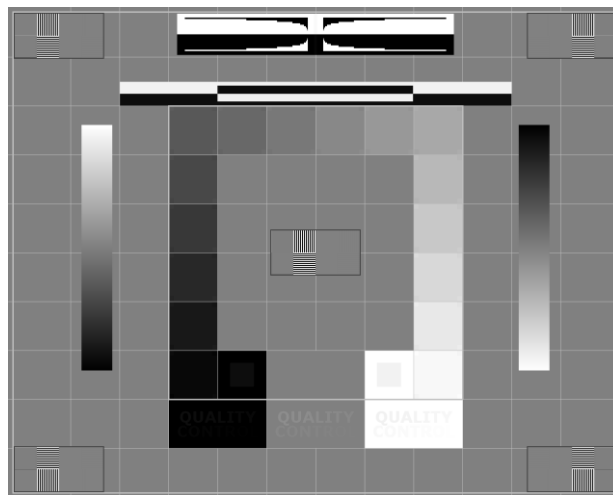


Aanbevelingen Kwaliteitscontrole Diagnostische monitoren



Versie: 2.1 (29-08-2018)

Auteurs: Jurgen Mourik (voorzitter)
Lida Dam

Stuurgroep: Arjen Becht
KlaasJan Renema
Cécile Jeukens
Jurgen Mourik
namens NVKF nascholingskring RNG

Versie 1.0

Jurgen Mourik (voorzitter)
Lida Dam,
Willy Hummel
Sjoerd Niehof

DISCLAIMER

De auteursrechten liggen bij de auteurs genoemd bij elk hoofdstuk en de NVKF. Er mogen geen teksten of tekstdelen worden overgenomen dan na uitdrukkelijke toestemming van deze auteurs en steeds met volledige bronverwijzing naar deze Aanbevelingen.

Dit document geeft een overzicht van tests en controles die beschikbaar zijn om de werking en performance van beeldvormende systemen te controleren. Door de continue evolutie van de techniek verandert het palet aan testen. Het overzicht is daarom niet uitputtend en geschreven op de huidige stand van de techniek.

De gegeven aanbevelingen zijn, om bovengenoemde redenen, beperkt in hun reikwijdte: ze hebben een algemeen karakter en kunnen niet zonder meer worden toegepast in elke situatie. Welke combinatie van testen in de praktijk gebruikt zal worden hangt af van de wijze van gebruik en de specifieke eigenschappen van het te controleren systeem. Dit document beoogt de informatie aan te leveren die de klinisch fysicus ondersteuning biedt bij het, zo nodig in overleg met de gebruikers, zelfstandig opstellen van een verantwoord locatie-specifiek programma voor acceptatie en kwaliteitscontrole. De klinisch fysicus en de instelling zal altijd zelf verantwoordelijk zijn en blijven bij de keuze om deze aanbevelingen geheel of ten dele na te volgen.

De NVKF en de auteurs sluiten iedere aansprakelijkheid in verband met het in deze aanbevelingen gestelde, uit welke hoofde ook, uit.

Inhoudsopgave

1. VERSIEBEHEER.....	4
2. OVERZICHT TESTEN, DOELSTELLING EN FREQUENTIE.....	5
3. INTRODUCTIE EN RANDVOORWAARDEN.....	6
3.1 INTRODUCTIE.....	6
3.2 OVERZICHT RICHTLIJNEN.....	6
3.3 RANDVOORWAARDEN.....	7
3.4 MONITOREN MET 50+ INCH SCHERM.....	8
3.5 KLEURENMONITOREN.....	9
3.6 REFERENTIES.....	9
4. CLASSIFICATIE MONITOREN.....	11
4.1 CATEGORIE 1: MAMMOGRAFIE.....	11
4.2 CATEGORIE 2: DIAGNOSTISCHE MONITOREN.....	11
4.3 CATEGORIE 3: REVIEW MONITOREN.....	11
4.4 CATEGORIE 4: OVERIGE MONITOREN.....	12
4.5 WANNEER WELKE MONITOR?.....	12
5. BESCHRIJVING TESTEN.....	14
5.1. OMGEVINGSLICHT.....	14
5.2 GLOBALE EVALUATIE.....	16
5.3 MINIMALE EN MAXIMALE LUMINANTIE.....	19
5.4 LUMINANTIE RESPONS EVALUATIE (GSDF).....	21
5.5 CONTROLE INTERNE LUMINANTIEMETER.....	24
5.6 NIET-UNIFORMITEIT.....	25
5.7 KLEURUNIFORMITEIT.....	27
5.8 PIXEL FOUT EVALUATIE.....	28
5.9 DISPLAY RESOLUTIE.....	31
5.10 GRIJSWAARDE RESOLUTIE (OPTIONEEL).....	33
5.11 DISPLAY REFLECTIE (OPTIONEEL).....	35
BIJLAGE A: BORGING KLEURKWALITEIT DIAGNOSTISCHE MONITOREN.....	36
A1: KLEURECHTHEID.....	36
A2: KLEURCONTRAST.....	36

1. Versiebeheer

Datum	Onderdeel	Wijziging	Reden
20180815	Alle onderdelen	Revisie n.a.v. bespreking tijdens RNG-nascholing	Gereedmaken ledenraadpleging
20180815	Nieuw	Extra paragraaf voor het controleren van de interne luminantiemeter toegevoegd.	
20160219	GSDF	Extra valkuil toegevoegd bij monitoren met een vaste omgevingslicht correctie	Test kan onterecht falen.
20160219	Randvoorwaarden	Paragraaf toegevoegd mbt grote 50 inch schermen in de interventiekamer. Met dank aan input van Saskia Aarnink en Casper Smit.	Ontbrak in vorige versie
20160219	Introductie en randvoorwaarden	Tekstuele verbeteringen	
20160219	Alle onderdelen	Globale revisie op basis van WAD 2.0. O.a. nieuwe kopjes, overzicht testen.	Uniformering alle WAD protocollen
20141030	Alle onderdelen	Globale revisie	Finaliseren versie 2.0
20140703	Nvt	Omgevingslicht toegevoegd	Verduidelijking
		Classificatie van monitoren naar apart hoofdstuk gebracht en extra categorie mammografie toegevoegd.	Meer onderscheid tussen monitoren
20140512	Alle onderdelen	Globale revisie	Globale revisie
20140130	Alle onderdelen	Globale revisie	Globale revisie
20121112	Globale evaluatie	Vraag 'Worden alle randen correct weergegeven?' verwijderd	Overbodige vraag
20121112	Globale evaluatie	Opmerking toegevoegd dat bij acceptatie de volledige tekst QUALITY CONTROL zichtbaar moet zijn (in een volledig verduisterde ruimte). Met omgevingslicht volstaat het zien van QUALITY CONTR.	Te strenge eisen
20121112	Globale evaluatie	Opmerking toegevoegd: Bij acceptatie dienen de lijnpaarpatronen in alle vier de kwadranten zichtbaar te zijn (in een volledige verduisterde ruimte). Daarna dienen minimaal de lijnpaarpatronen in de helft van de kwadranten zichtbaar te zijn (op basis van ervaring).	Te strenge eisen
20121112	Luminantie respons	Toegevoegd: Kwantitatieve evaluatie II voor monitoren met een ingebouwde luminantie meter	Extra
20121112	Luminantie respons	Opmerking toegevoegd mbt maximale luminantie	Verduidelijking
20121112	Introductie en randvoorwaarden	Toegevoegd: ghosting artefacten (voor volgende versie)	Extra
20121112	Introductie en randvoorwaarden	Toegevoegd: Afregeling (Native white) bij kleurenmonitoren. (voor volgende versie)	Extra

2. Overzicht testen, doelstelling en frequentie

Par	Categorie	Parameter	Acceptatie/ constantheid ¹	Vereist / optioneel	Aanvangs- frequentie	Verantwoord minimum ²
5.1	Nulmeting	Omgevingslicht	A / C	Vereist	1 x per 6 mnd	Jaarlijks
5.2	QC-light	Globale evaluatie	A / C	Vereist	1 x per kwartaal	Halfjaarlijks
5.3	Beeldkwaliteit	Lmax en Lmin	A / C	Vereist	1 x per 6 mnd	Jaarlijks
5.4		Liminantie response evaluatie (GSDF)	A / C	Vereist	1 x per 6 mnd	Jaarlijks
5.5	Verificatie	Controle interne luminantiemeter	A	Vereist	Eenmalig, controle bij twijfel	Nvt
5.6		Niet-uniformiteit	A / C	Vereist	1 x per 6 mnd	Jaarlijks
5.7		Kleuruniformiteit	A / C	Vereist	1 x per 6 mnd	Jaarlijks
5.8		Pixel fout evaluatie	A	Vereist	Eenmalig	Nvt
5.9		Display resolutie	A / C	Vereist	1 x per 6 mnd	Jaarlijks
5.10		Optioneel: Grijswaarde resolutie ³	A	Optioneel	Eenmalig	Nvt
5.11		Optioneel: Display resolutie ⁴	A	Optioneel	Eenmalig	Nvt

Toelichting

- Toelichting 'Doelstelling':
 - A = Acceptatietest
 - C = Constantheidstest
- Toelichting 'Verantwoord minimum': verantwoord vanuit technisch en operationeel oogpunt
Voorbeelden: wekelijks; jaarlijks; groot onderhoud; (her)acceptatie; etc
- Optionele test als toevoeging op de Globale evaluatie
- Optionele test als toevoeging op de Randvoorwaarden

3. Introductie en randvoorwaarden

3.1 Introductie

Dit document beschrijft de acceptatie, constantheid en kwaliteitscontroles die uitgevoerd dienen te worden aan diagnostische en klinische monitoren. Als basis voor deze testen zijn vier richtlijnen gebruikt (AAPM, ACR, DIN, IEC). Daarnaast zijn de leveranciers van diagnostische monitoren gevraagd naar de nut/noodzaak van de in deze normen benoemde testen.

3.1.1 Toepassingsgebied aanbevelingen kwaliteitscontrole diagnostische monitoren

De testen en alle gestelde grenswaarden zijn in eerste instantie van toepassing op nieuwe installaties. Bij aanschaf van nieuwe diagnostische monitoren dient dan ook rekening gehouden te worden met de gestelde grenswaarden en er dienen afspraken gemaakt te worden met de leverancier dat zij zich hier ook aan conformeren.

Voor bestaande installaties kan het een uitdaging zijn om te voldoen aan de gestelde grenswaarden en kan het opleggen hiervan gevolgen hebben voor de levensduur van de monitoren (bv na verhoging van de maximale luminantie). Het is raadzaam om altijd eerst te controleren wat de afspraken zijn met de leverancier. Zo garandeert de leverancier vaak een bepaalde levensduur van de monitor indien deze afgesteld is op een bepaalde maximale luminantie. Door deze maximale luminantie te verhogen kan deze garantie mogelijk vervallen of beperkt worden.

Naast de afspraken die gemaakt zijn met de leverancier, dient ook rekening gehouden te worden met de gebruiker. Elke (grote) verandering zal de gebruiker, in positieve dan wel negatieve zin, merken en het is daarom raadzaam om de gebruiker direct te betrekken bij het (gefaseerd) invoeren van de nieuwe instellingen.

3.2 Overzicht richtlijnen

3.2.1 DIN 6868-157 (2014-11) [1-2]

Eind 2014 is de DIN 6868-157:2014-11 gepubliceerd. DIN 6868-157 beschrijft verschillende kwaliteitstesten voor het evalueren van beeldkwaliteit, waarin CRT schermen niet meer worden behandeld. DIN 6868-157 spreekt over twee soorten monitoren, namelijk de beoordeling/verslaglegging monitoren en review monitoren. In het document worden grenswaarden en frequenties voor het uitvoeren van acceptatie, constantheid en kwaliteitscontroles vermeld. Daarnaast worden duidelijk eisen gesteld per modaliteit aan zowel de monitor als de ruimten waarin de monitoren worden geplaatst. Een overzichtsartikel (in het Duits) met daarin een beschrijving van alle testen kan gevonden worden in [2].

3.2.2 ACR-AAPM-SIIM Technische Standaard (2012) [3]

In 2012 heeft de *American College of Radiology* (ACR) samen met de *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM) en de *Society for Imaging Informatics in Medicine* (SIIM) richtlijnen uitgebracht waarin alle facetten die nodig zijn om medische beelden te verkrijgen, op te slaan en te interpreteren worden beschreven. Eén van de onderdelen van deze technische standaard is een set richtlijnen waaraan diagnostische en klinische monitoren moeten voldoen.

3.2.3 IEC 62563-1 (2009) [4]

Het IEC rapport 62563-1 (2009) beschrijft verschillende kwaliteitstesten voor het evalueren van beeldkwaliteit. De norm is bedoeld als richtlijn voor andere standaarden en richtlijnen. De IEC spreekt niet over primaire en secundaire monitoren, geeft geen grenswaarden en noemt geen frequenties voor het uitvoeren van constantheid en kwaliteitscontroles. Echter, in de bijlage van het rapport worden de grenswaarden behorende bij bepaalde controles voor het uitvoeren van controles wel genoemd.

3.2.4 AAPM TG 18 (2005) [5]

Het AAPM TG18 rapport beschrijft verschillende kwaliteitstesten voor het evalueren van beeldkwaliteit, waaronder het testen van CRT monitoren. De meeste testen in het AAPM TG18 rapport zijn ook toepasbaar op LCD monitoren. De AAPM definieert primaire en secundaire monitoren en geeft hiervoor verschillende grenswaarden. De AAPM bespreekt geen frequenties voor het uitvoeren van testen.

3.2.5 Overige

Speciale aandacht is ook besteed aan testen die de European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services (EUREF, [6]) adviseert.

3.3 Randvoorwaarden

3.3.1 Testpatronen

Alle normen raden het gebruik van specifieke testpatronen aan om de prestatie van een diagnostische monitor te evalueren. Deze testpatronen maken het mogelijk om meetresultaten en visuele beoordelingen met elkaar te kunnen vergelijken. In dit document wordt alleen verwezen naar de testpatronen die ontwikkeld zijn door de AAPM TG18 werkgroep. In dit document is ervoor gekozen om geen testen van CRT monitoren te beschrijven, aangezien deze niet meer op de afdeling Radiologie voor diagnostiek worden gebruikt. Bij elke test zal aangegeven worden welk TG18 testpatroon er gebruikt dient te worden. Elk testpatroon heeft een naam met de vorm TG18-xyz, waar x, y en z het type en eventuele varianten van het testpatroon beschrijven. Testpatronen kunnen gedownload worden via internet (zoekwoorden Google: TG18 test patterns).

3.3.2 Meenemen van gehele beeldvormende keten

Bij de acceptatie van diagnostische monitoren wordt geadviseerd om de testpatronen via de software van de leverancier te tonen zodat getoetst kan worden of de monitor voldoet aan de gestelde eisen. Aanvullend wordt geadviseerd een zogenaamde ketentest uit te voeren. De TG18-testpatronen dienen hiervoor in PACS geplaatst te worden en deze dienen via de standaard PACS viewer getoond te worden. Door de acceptatiemetingen op deze manier te herhalen wordt de volledige keten voor het tonen van de beelden (videokaart, PACS, aansluiting monitor (analoog/ digitaal)) getest.

3.3.3 Monitoren met 30 inch scherm

In veel ziekenhuizen wordt gebruik gemaakt van minimaal 30" monitoren (3-12MP). Deze monitoren worden vaak niet gebruikt om medische beelden over de gehele monitor te tonen, maar de monitor wordt dan opgesplitst in verschillende delen (view ports). Geadviseerd wordt om alle kwantitatieve testen beschreven in dit document (§5.3, §5.4 en §5.5) voor zowel de gehele monitor alsmede voor de meest gebruikte viewport configuratie (1 bij 2) te herhalen. Deze aanbeveling is niet terug te vinden de benoemde richtlijnen en daarom is het raadzaam (bij aanschaf) deze methodiek met de leverancier te bespreken.

3.3.4 Opstartprocedure

Om een juiste kwaliteitscontrole uit te voeren is de volgende opstartprocedure belangrijk:

- De monitor dient vaak opgewarmd te worden zodat de backlights en elektronica een stabiele temperatuur bereikt hebben. Ga bij uw monitor leverancier na hoe lang de opwarmperiode is. Als basis kan een opwarmtijd van 15 minuten aangehouden worden;
- Stof, vlekken en ander vuil op de monitor kan de beoordeling van de monitor beïnvloeden en dienen daarom verwijderd te worden op de door de fabrikant aangegeven wijze;
- Er moeten dezelfde condities (o.a. verlichting) zijn als onder normale klinische diagnostische omstandigheden;
- Reflecties kunnen leiden tot een verminderd contrast waardoor de beeldkwaliteit afneemt. Voorafgaande aan het gebruik (en kwaliteitscontrole) van de diagnostische monitor dient de ruimte zo ingericht te worden dat speculaire reflectie patronen van hoog contrast objecten (bv patronen van kleren van de kijker) niet gezien worden. Dit kan eventueel getest worden met behulp van de test '[Display reflectie](#)'.

3.3.5 Voorzorgsmaatregelen om inbranden van het LCD paneel te voorkomen

Hoewel gedacht wordt dat inbranden bij de huidige generatie LCD panelen niet meer relevant is, is dit onjuist. Inbranding van LCD monitoren is eigenlijk niets anders dan het ophopen van elektronen op een bepaalde plaats. Door het inbranden zie je bijvoorbeeld de statusbalk van de PACS client terwijl deze niet geopend is. Inbranden, en ook ghosting, is een eigenschap van LCD panelen en er dient daarom altijd rekening mee gehouden te worden. De volgende voorzorgsmaatregelen kunnen genomen worden om het inbranden tot een minimum te beperken:

- Zorg dat alle statische icoontjes en grafische achtergronden van de desktop van de monitor verwijderd zijn.
- Zorg dat na ± 10 minuten zonder activiteit automatisch een **bewegende** screensaver gestart wordt.
- Zorg dat na ± 30 minuten zonder activiteit automatisch de monitor uitschakelt (dit verlengt tevens de levensduur van de monitor).

Tevens kan aan de leverancier gevraagd worden of zij een specifieke test hebben en welke grenswaarden zij daarbij hanteren.

3.3.6 Uitwerkingen werkblad

Als bijlage bij deze aanbevelingen wordt een Excel werkblad geleverd. In dit Excel werkblad kunnen de resultaten van alle reguliere testen genoteerd worden.

3.3.7 Benodigde meetapparatuur en specificaties meetapparatuur

Referentie: IEC 62563-1 2009-12, Medical electrical equipment – Medical image display systems – Part 1: Evaluation methods, pagina 14.

De luminantiemeter dient de volgende specificaties te hebben:

- De range van de luminantiemeter moet tenminste die van de monitor bevatten;
- Nauwkeurigheid: maximaal 10% afwijking;
- Precisie: maximaal 5% variatie (repeatability);
- De kalibratie van de meter dient te herleiden zijn naar een gecertificeerd 'primary standards laboratory';
- De fabrikant van de meter moet een duidelijk kalibratie programma leveren (onderhoudscontract; de meeste leveranciers van luminantie meters adviseren 1 keer per jaar kalibreren);
- Indien gebruik gemaakt wordt van de interne luminantiemeter van het scherm, dan dient bij aanschaf van de schermen overlegd te worden hoe nauwkeurig de interne luminantie meter is en hoe vaak deze gekalibreerd moet worden. Geadviseerd wordt om bij acceptatie de waarden van de interne luminantie meter te vergelijken met de externe luminantie meter zodat het verloop van de interne luminantie meter over de loop van tijd gecontroleerd kan worden. Bij acceptatie dient altijd een gekalibreerde externe meter gebruikt te worden.

De illuminantiemeter dient de volgende specificaties te hebben:

- Range: 1 to 1000 lux;
- Nauwkeurigheid: maximaal 10% afwijking;
- Precisie: maximaal 5% variatie (repeatability);
- De kalibratie van de meter dient te herleiden zijn naar een gecertificeerd 'primary standards laboratory';
- De fabrikant van de meter moet een duidelijk kalibratie programma leveren (onderhoudscontract; de meeste leveranciers van luminantie meters adviseren 1 keer per jaar kalibreren)

3.4 Monitoren met 50+ inch scherm

In steeds meer interventiekamers (radiologie/cardiologie) worden grote 50 inch schermen gebruikt in plaats van meerdere kleinere schermen. Het voordeel van de 50 inch schermen is dat ze vrij in te delen zijn; het nadeel is dat de elke indeling aan de (afgesproken) grenswaarden moet voldoen. Bij aanschaf en acceptatie is het raadzaam om de volgende punten in acht te nemen:

1. Maak afspraken over de te controleren onderdelen en spreek grenswaarden af.
2. Maak afspraken voor welke indeling de schermen worden gecontroleerd.
3. Zorg dat je weet met hoeveel videokaarten de monitor wordt aangestuurd. Per aansturing dient een acceptatietest uitgevoerd te worden (vergelijkbaar met de acceptatie van gecombineerde diagnostische monitoren)
4. Zorg ervoor dat de testbeelden zo dicht mogelijk bij de bron gegenereerd worden (dit is bijvoorbeeld de Image Processing PC). Soms kan een testbeeld rechtstreeks in een monitor opgeroepen worden maar hiermee sla je een groot gedeelte van de beeldvormende keten over waardoor je geen waardevolle acceptatietest uitvoert.

5. Voer de acceptatietesten in beginsel uit bij de “native” indeling waarbij beelden zonder up/down scaling worden weergegeven.
6. Voer de globale evaluatie (§5.2) ook uit op verschillende weergave indelingen om te bepalen of de beeldvormende keten correct omgaat met up/down scaling. Als hier fouten in ontstaan betekent dat niet dat het scherm afgekeurd moet worden, maar wel dat de dialoog met de leverancier opgezocht moet worden om je ervan te vergewissen dat klinische beeldinformatie correct weergegeven wordt.
7. Maak aanvullende röntgenopnamen van bijvoorbeeld een resolutiefantoom en toon dit beeld op verschillende weergave indelingen om te bepalen of ‘klinische beelden’ correct worden weergegeven. Vergelijk de resolutie van de verschillende weergave indelingen met de native indeling zonder up/down scaling.
8. Indien de monitor niet goed omgaat met up- of down scaling, dan wordt geadviseerd om röntgenbeelden altijd tenminste op de native resolutie weer te geven en dat alleen upscaling toegestaan is.
9. Besteedt extra aandacht aan de maximale lichtopbrengst van de 50 inch schermen. Uit ervaring is gebleken dat deze aanzienlijk lager ligt dan de maximale lichtopbrengst bij standaard diagnostische monitoren in de interventiekamers.

3.5 Kleurenmonitoren

Beeldvormende diagnostiek wordt steeds meer gebaseerd op kleur en kleurcontrast. Kleurcontrasten worden gebruikt om bijvoorbeeld de opname van radioactieve tracers in kaart te brengen; te differentiëren tussen benigne en maligne afwijkingen bij MDL-onderzoeken; aankleuring in cellen te classificeren en voor beoordeling van wondhelingsfoto's. De mate van roodheid van een abnormaliteit gevonden gedurende een MDL-onderzoek wordt gebruikt voor de classificatie benigne of maligne. De roodheid van een wondhelingsfoto wordt gebruikt om het helingsproces te beoordelen. Op dit moment is er nog geen standaard voor het kalibreren en testen van kleurenmonitor. Wel zijn er diverse onderzoeken en initiatieven geweest die aangetoond hebben dat een kleurkalibratie meerwaarde heeft. In [bijlage A is een initiatief toegevoegd](#).

3.6 Referenties

- [1] **DIN 6868-157:2014-11**
Sicherung der Bildqualität in röntgendiagnostischen Betrieben - Teil 157: Abnahme- und Konstanzprüfung nach RöV an Bildwiedergabesystemen in ihrer Umgebung
Website: <http://www.beuth.de/de/norm/din-6868-157/216064441>
- [2] **Overzichtsartikel DIN 6868-157**, <https://www.tuev-sued.de/uploads/images/1418914571752123410379/artikel-radiopraxis-04-12-abnahme-und-konstanzpruefung-an-bildwiedergabesystemen.pdf>
- [3] **ACR-AAPM-SIIM (2012)**
Technical Standard for Electronic Practice of Medical Imaging
Website: <http://www.acr.org/~media/AF1480B0F95842E7B163F09F1CE00977.pdf>
- [4] **IEC 62563-1 2009-12**
Medical electrical equipment – Medical image display systems – Part 1: Evaluation methods
Website: <http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum/PK/43605>
- [5] **AAPM report, no. 03 (2005)**
Assesment of display performance for medical imaging systems, American Association of Physicists in Medicine Task Group 18 Imaging Informatics Subcommittee
Website: <http://deckard.mc.duke.edu/~samei/tg18>
- [6] **EUREF (2006)**
European Guidelines for quality assurance in mammography screening and diagnosis, 4th edition, chapter 2B: Digital mammography R. van Engen, K. Young, H. Bosmans, M. Thijssen. Supplement S1 to the European Guidelines; European protocol for the quality

control of the physical and technical aspects of mammography screening 2b digital mammography updates, R. van Engen et. al, European Commission 2012.

Website: <http://www.euref.org/european-guidelines/physico-technical-protocol>

4. Classificatie monitoren

In dit document is ervoor gekozen onderscheid te maken in vier categorieën monitoren op basis van het gebruik. De categorieën zijn gebaseerd op het functioneel gebruik:

Functioneel gebruik	Technisch
1. Mammografie	Primair
2. Diagnostisch	
3. Review	Secundair
4. Overige	

Classificatie LCD monitoren binnen het ziekenhuis.

4.1 Categorie 1: Mammografie

Mammografie monitoren zijn high-end (monochrome) monitoren die primair bedoeld zijn voor het diagnosticeren van digitale mammogrammen. Mammografie monitoren beschikken altijd over een DICOM kalibratie (GSDF) curve en stellen de meest strenge technische eisen aan uniformiteit en luminantie (zie hoofdstuk 5).

Specifieke monitoren zijn er op de markt voor het tonen van tomosynthese beelden. Deze monitoren hebben een hogere maximale luminantie (vaak 1000 cd/m²) dan standaard mammografie monitoren (500 cd/m²). Voor het bekijken van tomosynthese beelden zijn er twee mogelijke probleempunten met name in het bekijken van beelden in cine-mode:

1. Indien de responsietijd van de pixels van de monitor te lang is, krijgen de pixels niet de juiste waarde.
2. Indien beelden sneller worden gestuurd naar de monitor dan deze weergegeven kunnen worden, is er een kans dat 'focal planes' over worden geslagen.

Het is onbekend in hoeverre de genoemde problemen in de praktijk voorkomen.

4.2 Categorie 2: Diagnostische monitoren

Diagnostische monitoren zijn high-end monitoren die gebruikt worden voor het stellen van een diagnose op basis van beeldinformatie. Deze categorie monitoren beschikken altijd over een DICOM kalibratie (GSDF) curve en stelt strenge technische eisen aan o.a. de uniformiteit en luminantie van de monitor. Deze monitoren worden met name gebruikt op de radiologie maar kunnen ook elders noodzakelijk zijn.

Primaire en secundaire diagnostische monitoren

Binnen de diagnostische monitoren kan onderscheid worden gemaakt tussen primaire en secundaire monitoren. Op beide type monitoren mag diagnose gepleegd worden, echter aan de secundaire diagnostische monitoren worden minder zware eisen gesteld dan aan de primaire diagnostische monitoren. Deze monitoren kunnen worden gebruikt voor de primaire diagnose als de dichtheid van beeldinformatie lager is (bv minder contrastdiepte / grijswaarden zoals van bijvoorbeeld bij echo beelden).

4.3 Categorie 3: Review monitoren

Monitoren die bedoeld zijn om medische beelden op te bekijken op werkplekken waar geen primaire diagnostische monitor is vereist vallen in de derde categorie (in sommige ziekenhuizen getypeerd als klinische monitoren). Ook worden deze monitoren veel ingezet op plaatsen waar geen primaire diagnose wordt gesteld, maar wel een goede weergave van het beeld is vereist (bv bij longfoto). Overigens kan het voorkomen dat artsen wel degelijk een primaire diagnose stellen op dit type monitoren (zonder verslaglegging), maar dat is een keuze. Een risico van het stellen van een diagnose op een verkeerde monitor is dat er pathologie gezien wordt welke er in werkelijkheid niet is.

Monitoren bij modaliteiten vallen ook in de categorie review monitoren. Omdat dit type monitoren onderdeel uitmaakt van de modaliteit is het tonen van testpatronen vaak een uitdaging. Als testpatronen wel getoond kunnen worden, dan dient afgevraagd te worden of de wijze waarop de testpatronen getoond worden de gehele keten controleert. Verder dient aandacht besteed te worden aan

welke grenswaarden de leverancier hanteert en het effect van (het niet onder controle hebben van) omgevingslicht.

4.4 Categorie 4: Overige monitoren

Onder de groep "overige monitoren" vallen de zogenaamde kantoor-automatiserings monitoren (ook wel 'KA'-monitoren genoemd), welke standaard bij een werkplek worden geleverd en waarvoor geen speciale keuze is gemaakt voor een type monitor. Deze monitor wordt doorgaans gebruikt door specialisten (aanvragers van een diagnostisch onderzoek) die de medische beelden samen met het verslag van de radioloog ontvangen. Overigens kan het voorkomen dat artsen wel degelijk een primaire diagnose stellen op dit type monitoren, maar dat is een keuze. Een risico van het stellen van een diagnose op een verkeerde monitor is dat er pathologie gezien wordt welke er in werkelijkheid niet is.

Voor categorie 4 monitoren kan een selectie van de testen gebruikt worden om de beeldkwaliteit te bepalen, echter ontbreken bij deze groep monitoren grenswaarden. Het uitvoeren van testen kan helpen in de discussie met de arts om te tonen wat de verschillen zijn tussen deze categorie monitoren en de overige categorieën. In dit document wordt deze categorie monitoren niet verder besproken.

4.5 Wanneer welke monitor?

4.5.1 Inleiding

Een veel gestelde vraag is "welke (type) monitor dien ik te gebruiken voor verrichting x". Deze vraag is niet zonder enige voorkennis te beantwoorden. Een van de eerste vragen die gesteld moet worden is of de monitor puur en alleen voor een bepaalde verrichting wordt gebruikt of dat ook andere verrichtingen op de monitoren gediagnosticeerd worden. Stel dat op een monitor zowel CT als skelet beelden bekeken worden. Primair voor alleen CT beelden zou je kunnen voldoen met een diagnostische monitor (categorie 2) met minder zware eisen (diagnostisch secundair). Echter, voor de skelet beelden is een diagnostisch primair scherm nodig en bij de keuze van de monitor zal je dus uitkomen bij een diagnostisch primair scherm (ook al zijn de specificaties en eisen te zwaar voor CT beelden).

Verder moet ermee rekening gehouden worden dat bepaalde pathologie gemist kan worden omdat het beeld te veel geschaald is. Tenslotte moet bij de keuze van het scherm in acht worden genomen dat bij veel onderzoeken ook eerdere onderzoeken getoond worden waardoor er verschillende beelden naast en/of onder elkaar staan. De resolutie van het scherm moet dan voldoende groot zijn om nog details in de verschillende *view ports* te kunnen aanschouwen.

De allerbelangrijkste eigenschap van de monitor is dat de medische beelden 1 op 1 getoond kunnen worden, dat wil zeggen dat 1 beeld pixel moet afgebeeld worden op 1 monitor pixel. Hierbij is wel uitgegaan dat het beeld monitor vullend getoond wordt. Een regel die gebruikt kan worden voor het bepalen van de minimale beeldresolutie van de monitor is:

'de monitor resolutie moet in elke richting groter zijn dan de helft van de resolutie van het beeld'

In de praktijk blijkt het voldoende voor goede diagnostiek om per richting twee beeldpixels op één monitorpixel af te beelden.

Als we deze regel toepassen op mammografie beelden (typische resolutie 4096 x 3328 pixels), dan komen we op een aanbevolen resolutie voor de monitor van 2048 x 1664 pixels, wat overeenkomt met een 5MP monitor (zie tabel 1).

# pixels	Resolutie
2MP	1600 x 1200
3MP	2048 x 1536
4MP	2560 x 1600
5MP	2560 x 2048
6MP	3280 x 2048
8MP	4096 x 2160
10MP	4096 x 2560

Tabel 4: Resolutie van een monitor en aantal pixels

4.5.2 Advies

Als de beeldresolutie van alle type verrichtingen bekeken wordt, dan kan de minimale resolutie voor elke verrichting bepaald worden, zie tabel 2. Bij gemengde diagnostiek moet de resolutie gekozen worden die

voldoende is voor alle type beelden. Tenslotte moet opgemerkt worden dat de minimale resoluties die genoemd worden in tabel 2 er vanuit gaan dat de beelden monitor-vullend bekeken worden. In de huidige praktijk worden de monitoren vaak in minimaal twee delen (view ports) opgedeeld. Als de beelden dan alsnog 1 op 1 getoond moeten worden, dan moet 2 maal de minimale resolutie uit tabel 2 genomen worden. Voor gemengde diagnostiek zou dit dus uitkomen op een 6MP scherm (2x 3MP).

Type verrichting	Beeldresolutie (typische waarden)	Minimale monitor resolutie	Aanbevolen aantal pixels
Mammografie	4096 x 3328	2048 x 1664	5MP ¹
Bucky	3408 x 2776	1704 x 1388	3MP
Doorlichting	1024 x 1024	512 x 512	2MP
Doorlichting, inclusief opnames ²	3072 x 3072	1536 x 1536	3MP
MR / CT / Echo	1024 x 1024 (2x2 viewport)	512 x 512	2MP
Gemengde diagnostiek	3408 x 2776	1704 x 1388	3MP

Tabel 2: Type verrichting, typische beeldresolutie en bijbehorende minimale beeldresolutie

4.5.3 Thuiswerkplek

Voor het inrichten van een thuiswerkplek dient ook altijd gekeken te worden naar het type verrichtingen dat er bekeken wordt en of het gaat om primaire diagnostiek. Om het voorbeeld van hierboven aan te houden: indien er gemengde diagnostiek in de thuissituatie plaatsvindt, dan is dus ook minimaal een 6MP scherm (2x 3MP) nodig. Voor thuiswerkplekken dient verder extra aandacht besteed te worden aan (het onder controle houden van) het omgevingslicht, kwaliteitscontrole en de manier waarop de connectie met het ziekenhuis tot stand komt. Dit laatste is van belang omdat via een virtuele werkplek ('Citrix') data gecomprimeerd wordt waardoor er vertekeningen in het beeld kunnen ontstaan. Voor primaire diagnostiek in een thuissituatie is daarom altijd een VPN-verbinding nodig.

¹ Bij mammografie kan er eventueel gewerkt kan worden op een 3MP monitor alleen past dan de gehele borst niet op het scherm en moet het beeld in deelgebieden beoordeeld worden. Er zijn mammografie systemen waarbij de beelden 5928 pixels bij 4728 pixels groot zijn. Wanneer de beelden in volle resolutie bekeken worden op een 5MP monitor, betekent dit dat er 9 deelbeelden bekeken moeten worden. Op een 3MP monitor zijn dit nog veel meer deelbeelden. In deze gevallen wordt het gebruik van een 3MP monitor afgeraden.

² Type monitor is gebaseerd op de beeldresolutie van opnames, maar de keuze (en meerwaarde) tussen 2MP en 3MP moet door ziekenhuis zelf genomen worden.

5. Beschrijving testen

5.1. Omgevingslicht

5.1.1 Inleiding en rationale

Omgevingslicht kan de performance van de diagnostische monitor sterk beïnvloeden. Zo kan een verandering in omgevingslicht de mogelijkheid van het detecteren van subtiele afwijkingen beïnvloeden. Het is daarom zeer belangrijk om het omgevingslicht in een verslagruimte constant te houden.

De op een oppervlak invallende lichtstroom per oppervlakte-eenheid wordt de verlichtingssterkte (illuminantie) genoemd en heeft als eenheid lux. Omgevingslicht reflecteert op een monitor en resulteert in extra luminantie. Luminantie (L_{amb}) wordt uitgedrukt in candela per vierkante meter, cd/m^2 .

Als er in dit document gesproken wordt over het afstellen van het omgevingslicht in een ruimte, dan wordt hiermee de verlichtingssterkte genoemd (uitgedrukt in lux). In alle andere gevallen wordt luminantie (L_{amb}) bedoeld. Typische aanbevolen waarden voor omgevingslicht van beschrijfruimtes kunnen gevonden worden in tabel 3. Hierin is het advies van de the European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services (EUREF) om voor mammografie 20 lux te gebruiken. Dit is naar aanleiding van de artikelen/discussie over oogvermoeidheid bij donkere ruimten en een praktische benadering.

Ruimte	Illuminantie (lux)
Diagnostische ruimte (röntgen)¹	2-10
Mammografie²	20
Diagnostische ruimte (CT/MR/NG)¹	15-60
Review ruimte¹	200-250
Operatie kamer¹	300-400

Tabel 3 – Typische waarden voor omgevingslicht. Bronnen: 1) AAPM TG18, §3.4.4, pagina 64. 2) EUREF.

Bij de installatie van nieuwe diagnostische monitoren is het noodzakelijk om de luminantie (L_{amb}) te meten omdat deze direct van invloed is op de in te stellen minimale luminantie (L_{min}) van de monitor (zie §5.3). Daarnaast zijn de meest recente diagnostische monitoren uitgerust met een ingebouwde luminantiemeter die het omgevingslicht automatisch kan bepalen om dynamisch L_{min} aan te passen.

Klinische relevantie

Omgevingslicht (L_{amb}) kan de performance van de diagnostische monitor sterk beïnvloeden. Zo kan een verandering in omgevingslicht de mogelijkheid van het detecteren van subtiele afwijkingen beïnvloeden. Het meten van L_{amb} is noodzakelijk voor het juist kunnen afstellen van de diagnostische monitor. Voor een constante perceptie van de grijswaarden wordt aanbevolen om de hoeveelheid omgevingslicht constant te houden.

5.1.2 Frequentie

Deze test is bedoel voor het bepalen van het omgevingslicht. Het omgevingslicht wordt meegenomen in de berekening van de maximale en minimale luminantie en dient zodoende voorafgaande aan die meting bepaald te worden.

5.1.3 Benodigde apparatuur, software, fantomen en bronnen

Type	Omschrijving	Kosten	Opmerking
Apparatuur	Luminantiemeter	€ 1000	Kosten zijn geschat
Apparatuur	Lux (illuminantie) meter	€ 1000	Vaak kan de lichtmeter zowel luminantie als illuminantie meten

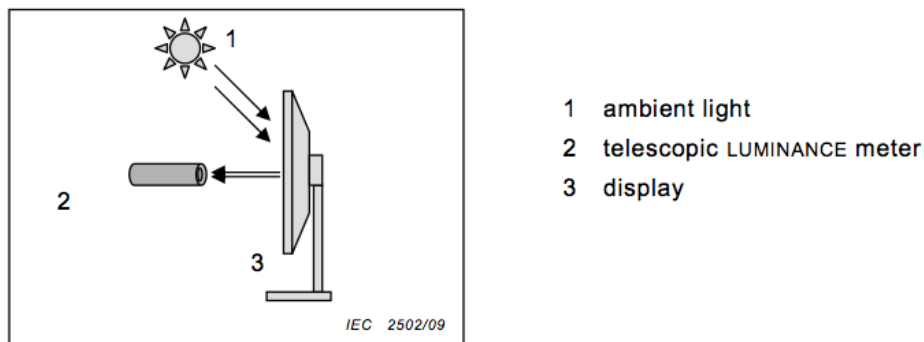
5.1.4 Methode

Het omgevingslicht (L_{amb}) kan op twee manieren bepaald worden. Voor beide methoden geldt dat de verlichtingssterkte ingesteld moet worden zoals klinisch gebruikelijk is.

Methode I – Directe meting

Voor het direct meten van L_{amb} dient er gebruik gemaakt te worden van een luminantiemeter met een telescopische kegel. De monitor dient helemaal uitgeschakeld te worden. Vervolgens dient de luminantiemeter op een afstand van 30 cm loodrecht op de monitor gehouden te worden (zie figuur 1) om L_{amb} te bepalen. Geadviseerd wordt om de meting een aantal keer te herhalen en het gemiddelde te nemen.

Hoewel een directe meting vaak de voorkeur heeft, is het tevens een lastige meting. De meting kan namelijk beïnvloed worden door reflecties van kleding en veranderd omgevingslicht.



Figuur 1 – Meetopstelling om het omgevingslicht (L_{amb}) via de directe methode te bepalen.

Bron: IEC 62563-1 2009-12.

Methode II – Indirecte meting

Bij de indirecte meting wordt niet L_{amb} gemeten, maar de verlichtingssterkte (Lux). L_{amb} kan vervolgens bepaald worden door de verlichtingssterkte te vermenigvuldigen met de reflectie coëfficiënt van het LCD paneel. De reflectie coëfficiënt van het LCD paneel is een karakteristieke eigenschap van het paneel en kan opgevraagd worden bij de leverancier.

Om de verlichtingssterkte te meten dient de monitor uitgezet te worden en de illuminantie (lux) meter met de rug tegen de monitor geplaatst te worden (gevoelige gedeelte van de monitor af). De persoon die de meting uitvoert dient zich niet tussen de lichtbron en de illuminantiemeter te bevinden. Geadviseerd wordt om de meting een aantal keer te herhalen en het gemiddelde te nemen.

5.1.5 Analyse en interpretatie

De meting zelf dient als nulmeting en wordt gebruikt om de monitor af te regelen. Hierbij wordt uitgegaan dat het omgevingslicht gedurende het gebruik constant is. De resultaten van deze test kunnen in het uitwerkingen werkblad ingevuld worden.

5.1.6 Grenswaarden

Het omgevingslicht wordt meegenomen in de berekening van de maximale en minimale luminantie en dient zodoende voorafgaande aan die meting bepaald te worden. Zodoende zijn er geen grenswaarden.

5.1.7 Aanvullende en alternatieve controles

De meting kan via de directe of indirecte methode uitgevoerd worden, zie sectie 5.1.4 voor details.

5.1.8 Valkuilen en kanttekeningen

Zorg dat het omgevingslicht van de verslagruimte constant is en niet door de gebruikers veranderd kan worden. In de praktijk blijkt dit echter lastig uit te voeren. De meting kan beïnvloed worden door reflecties van kleding en veranderd omgevingslicht, houdt hier dus rekening mee.

5.1.9 Referenties

- a. AAPM TG18, §3.4.4
- b. IEC 62563-1 (Edition 1.0, 2009), bijlagen B, pagina 43

5.2 Globale evaluatie

5.2.1 Inleiding en rationale

De globale visuele evaluatie kan gebruikt worden om een algemene indruk te krijgen van de kwaliteit van de monitor. De resultaten kunnen gecorreleerd worden aan meer specifieke testen en kunnen als basis dienen voor de kwaliteitscontrole. Als er afwijkingen gevonden worden dan kan er eventueel een specifieke vervolgtest uitgevoerd worden.

De globale evaluatie is een uitgebreide versie van de huidige QC-light protocol uit 2004.

Klinische relevantie

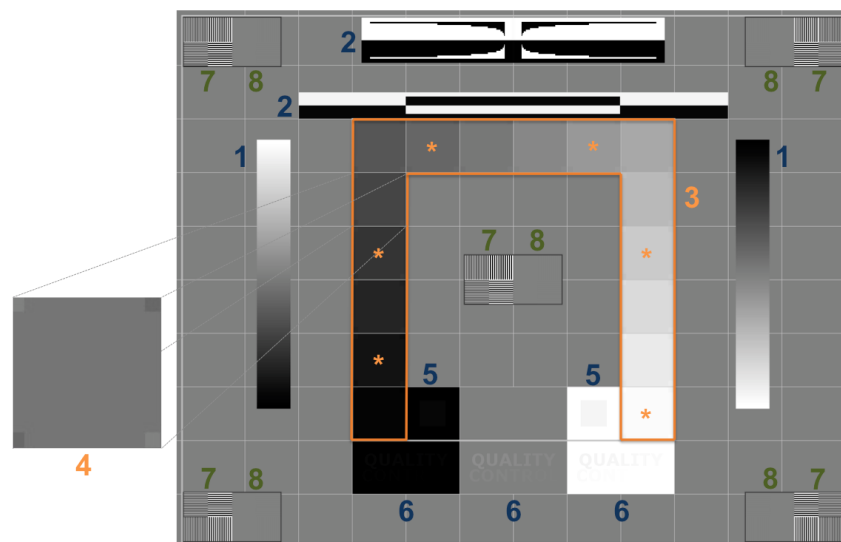
De globale visuele evaluatie kan op een snelle en eenvoudige manier problemen met de monitor naar voren brengen die de klinische interpretatie van medische beelden kan beïnvloeden.

5.2.2 Frequentie

De meting wordt geadviseerd bij acceptatie en kan daarna per kwartaal herhaald worden. Het verantwoord minimum is halfjaarlijks. Indien er periodiek (minimaal halfjaarlijks) automatische controles uitgevoerd worden met de interne luminantiemeter (zie 5.3 en 5.4) dan kan de frequentie naar jaarlijks verlaagd worden. De aanvangsfrequentie is mede gebaseerd op gegevens die de fabrikanten aangeleverd hebben. Verantwoord minimum is mede gebaseerd op de laagste frequentie die één van de fabrikanten adviseert.

5.2.3 Benodigde apparatuur, software, fantomen en bronnen

Type	Omschrijving	Kosten	Opmerking
Fantoom	TG18 OIQ testpatroon	€ 0,00	Als alternatief kan ook het testpatroon TG18 QC gebruikt worden (algemeen test patroon voor CRT monitoren)



Figuur 2 - Onderdelen van het testpatroon TG18-OIQ voor de globale evaluatie.

1. Grijswiggen 2. Zwart-wit, wit-zwart overgangen; 3. Contrastblokken; 4. Contrast blokjes in de hoeken van de contrastblokken; 5. 5% en 95% blokjes; 6. QUALITY CONTROL contrast blokken; 7. Hoog contrast lijnpaaren; 8. Laag contrast lijnpaaren

5.2.4 Methode

Voor de globale evaluatie kan gebruik gemaakt worden van het multifunctionele testpatroon TG18-OIQ. Dit testpatroon is een aangepaste versie van het TG18-QC testpatroon en is speciaal voor LCD monitoren. Het testpatroon dient zo getoond te worden dat één beeld pixel overeenkomt met één display pixel. De kijkafstand dient 30 cm te zijn. Overige instellingen dienen gelijk te zijn aan de normale klinische instellingen. Indien testpatroon TG18-OIQ niet beschikbaar is kan het testpatroon TG18-QC ook gebruikt worden voor de globale evaluatie.

5.2.5 Analyse en interpretatie

Bij deze test dient er naar alle onderstaande onderdelen gekeken worden. De resultaten van deze test kan in het uitwerkingen werkblad ingevuld worden.

Algemene beeldkwaliteit en artefacten

Uitvoering	Aanvullende tests / opmerkingen
Staat het testpatroon gecentreerd in het midden van het actieve gedeelte van de monitor?	
Is het gehele testpatroon vrij van afwijkende patronen, flikkeringen, trillingen, ruis, afwijkingen in uniformiteit en artefacten?	
Gaan de grijswiggen staploos over van wit naar zwart? Zie figuur 2, onderdeel 1.	
Zijn de harde zwart-naar-wit en wit-naar-zwart overgangen duidelijk? Zie figuur 2, onderdeel 2.	

Helderheid, reflectie, ruis en glare

Uitvoering	Aanvullende tests / opmerkingen
Zijn alle 16 contrastblokken afzonderlijk zichtbaar? Zie figuur 2, onderdeel 3.	
Luminantie response: Zijn alle kleine vierkantjes (figuur 2, onderdeel 4) in de hoeken van de 16 contrastblokken (figuur 2, onderdeel 3) zichtbaar? Doe dit in ieder geval voor de 97, 78, 59, 41, 22% en 9% contrastblokken (zie * in figuur 2, onderdeel 3).	
Zijn de 5% blokje en 95% blokjes met dezelfde contrastperceptie zichtbaar? Zie figuur 2, onderdeel 5.	
Is de volledige tekst QUALITY CONTROL zichtbaar in het witte, grijze en zwarte vlak? Zie figuur 2, onderdeel 6.	<u>Mammografie en diagnostisch:</u> minimaal zichtbaar tot en met 'CONTRO' <u>Review:</u> minimaal zichtbaar tot en met 'CONTR'

Resolutie

Uitvoering	Aanvullende tests / opmerkingen
Zijn de hoog contrast lijnpaarpatronen in de 4 hoeken en in het centrum van het testpatroon afzonderlijk zichtbaar? Zie figuur 2, onderdeel 7.	
Worden de hoog contrast lijnpaarpatronen in de 4 hoeken en in het centrum van het testpatroon flikkervrij weergegeven? Zie figuur 2, onderdeel 7.	
Zijn de laag contrast lijnpaarpatronen in de 4 hoeken en in het centrum van het testpatroon afzonderlijk zichtbaar? Zie figuur 2, onderdeel 8.	Bij acceptatie dienen de lijnpaarpatronen in alle vier de kwadranten zichtbaar te zijn. Daarna dienen minimaal de

	lijnpaarpatronen in de helft van de kwadranten zichtbaar te zijn (op basis van ervaring).
Worden de laag contrast lijnpaarpatronen in de 4 hoeken en in het centrum van het testpatroon flikkervrij weergegeven? Zie figuur 2, onderdeel 8.	Grijswaarden resolutie

5.2.6 Grenswaarden

Type Monitor	Grenswaarden
Mammografie	Aan alle onderstaande voorwaarden moet voldaan worden
Diagnostisch	Aan alle onderstaande voorwaarden moet voldaan worden
Review	Aan alle onderstaande voorwaarden moet voldaan worden

5.2.7 Aanvullende en alternatieve controles

Bij afwijkingen in de laag contrast lijnpaarpatronen kan de grijswaarde resolutie bepaalt worden volgens de methode beschreven in §5.9.

5.2.8 Valkuilen en kanttekeningen

Zorg dat de [opstartprocedure](#) gevolgd is en aan de [randvoorwaarden](#) is voldaan.

5.2.9 Referenties

- a. IEC 62563-1 (Edition 1.0, 2009), § 7.3.2, pagina 16
- b. DIN 6868-157

5.3 Minimale en maximale luminantie

5.3.1 Inleiding en rationale

De waargenomen contrast karakteristieken van een beeld zijn afhankelijk van de omgevingsluminantie (L_{amb} , of reflectiecoëfficiënt), maximum luminantie (L_{max}) en de minimale luminantie (L_{min}). De waarde van L_{min} is van belang aangezien de contrast responsie van het oog zwak is in de lagere grijstinten. Naast de minimale luminantie vanuit het beeld krijgt het oog ook te maken met reflecties van licht uit de omgeving op de monitor (L_{amb}). De minimale luminantie (L'_{min}) waarbij de component van het omgevingslicht in ogenschouw wordt genomen is $L'_{min} = L_{min} + L_{amb}$. Op een zelfde manier kan L'_{max} berekend worden. De luminantieratio (LR) is gedefinieerd als L'_{max} / L'_{min} .

Bij het gebruik van meerdere monitoren naast elkaar is het van belang dat het bereik van alle monitoren nagenoeg gelijk is.

Klinische relevantie

Het oog neemt helderheid op een niet-lineaire manier waar, zo is de contrast responsie zwak in de lage grijstinten. Hierdoor kunnen contrast verschillen onderbelicht worden. Daarnaast zorgt een te hoge maximale luminantie voor een overprikkeld oog. Een lage omgevingsluminantie zorgt voor een erg donkere ruimte en slaperigheid voor de beoordelaar.

5.3.2 Frequentie

De meting wordt geadviseerd bij acceptatie en kan daarna halfjaarlijks herhaald worden. Het verantwoord minimum is jaarlijks. Aanvangsfrequentie is mede gebaseerd op gegevens die de fabrikanten aangeleverd hebben. Verantwoord minimum is mede gebaseerd op de laagste frequentie die één van de fabrikanten adviseert.

5.3.3 Benodigde apparatuur, software, fantomen en bronnen

Type	Omschrijving	Kosten	Opmerking
Apparatuur	Luminantiemeter monochroom	€ 1000,-	Kosten zijn geschat
Fantom	TG18-LN12-1, TG18-LN12-18	€ 0,00	

5.3.4 Methode

Voor het controleren van de minimale en maximale luminantie kunnen TG18-LN12-1 en TG18-LN12-18 test patronen gebruikt worden. De testpatronen bestaan uit een uniforme achtergrond met in het midden een groot vierkant. Met behulp van een luminantiemeter kan de lichtopbrengst van de twee testpatronen worden gemeten.

Methode:

1. Display het gewenste testpatroon;
2. Plaats de luminantiemeter tegen de monitor op de positie van het testpatroon;
3. Wacht totdat de luminantiewaarde stabiel is en noteer deze waarde;
4. Herhaal de meting voor alle testpatronen.

Geadviseerd wordt om de luminatie response te meten zowel voor de gehele monitor alsmede in de situatie dat de monitor in twee delen is opgesplitst (bijvoorbeeld bij 6MP monitor, links nieuw, rechts oud onderzoek). De meetresultaten kunnen ingevuld worden in het meetformulier.

5.3.5 Analyse en interpretatie

De resultaten van deze test kunnen in het uitwerkingen werkblad ingevuld worden.

5.3.6 Grenswaarden

Grenswaarden worden in onderstaande tabel weergegeven. De grenswaarden zijn mede gebaseerd op een maximale verlichtingssterkte in de radiologie bejijkruimte van 20 lux. Met een typische

reflectiecoëfficiënt van 0.01 resulteert dit in een L_{amb} van 0.2 cd/m². Om de maximale L'_{min} van 1 te bereiken (diagnostisch primair), moet dus een L_{min} van maximaal 0.8 cd/m² worden ingesteld.

Er dient rekening gehouden te worden met de maximale luminantie waarvoor de leverancier zijn garantie afgeeft. Wordt de monitor hoger dan deze waarde afgeregeld, dan zal de garantie vervallen of beperkt worden. Overleg dit altijd met de leverancier.

Type Monitor	Min L_{max} (cd/m ²)	Max L'_{min} (cd/m ²)	Min LR-ratio
Mammografie	420	1.2	350
Diagnostisch	400	1	350
Review	180	0.8	225

5.3.7 Aanvullende en alternatieve controles

L_{min} en L_{max} kunnen ook (automatisch) periodiek gemeten worden door de interne luminantiemeter van het scherm. Geadviseerd wordt om dan jaarlijks deze waarden te controleren met behulp van een externe luminantiemeter.

5.3.8 Valkuilen en kanttekeningen

Zorg dat de [opstartprocedure](#) gevolgd is en aan de [randvoorwaarden](#) is voldaan.

5.3.9 Referenties

- ACR, pagina 7
- AAPM TG18, § 4.3.4.2.1, pagina 85.

5.4 Luminantie respons evaluatie (GSDF)

5.4.1 Inleiding en rationale

Het menselijk visuele systeem neemt helderheid op een niet-lineaire manier waar. Idealiter zou de luminantie response van een monitor overeenkomen met deze niet-lineaire respons, zodat de beeld grijswaarden op de display overeenkomen met de waargenomen luminantie verschillen. Een benadering hiervan is gemaakt met behulp van de DICOM grayscale standard display function (GSDF), waarbij als basis het model van Barten wordt gebruikt. Een diagnostische monitor dient de mogelijkheid te hebben om de luminantie response te kalibreren naar de GSDF curve. Deze kalibratie komt erg precies en is in niet mogelijk om op locatie uit te voeren, daarom zal in de praktijk een op de GSDF curve afgekeurde monitor moeten worden teruggestuurd naar de leverancier.

Let op: indien een monitor wordt aangestuurd door twee videosignalen (zoals een 6MP in feite bestaat uit 2 x 3MP monitoren) dient deze als twee monitoren te worden beschouwd.

Klinische relevantie

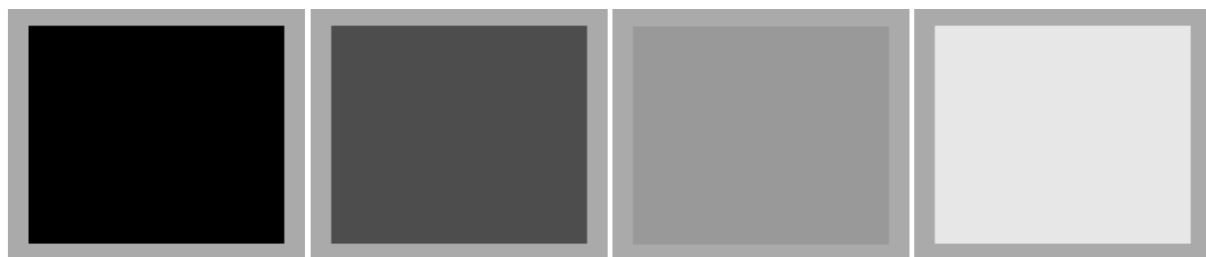
Zoals in de inleiding genoemd neemt het menselijk visuele systeem helderheid op een niet-lineaire manier waar. Als de monitor niet aan de GSDF curve voldoet en het beeld dus niet (benaderd) overeen komt met de niet-lineaire respons van het oog, heeft het oog problemen om de luminantiestappen in het donkere gebied te onderscheiden.

5.4.2 Frequentie

De meting wordt geadviseerd bij acceptatie en kan daarna halfjaarlijks herhaald worden. Het verantwoord minimum is jaarlijks. Aanvangsfrequentie is mede gebaseerd op gegevens die de fabrikanten aangeleverd hebben. Verantwoord minimum is mede gebaseerd op de laagste frequentie die één van de fabrikanten adviseert.

5.4.3 Benodigde apparatuur, software, fantomen en bronnen

Type	Omschrijving	Kosten	Opmerking
Apparatuur	Luminantiemeter monochroom	€ 1000,-	Kosten zijn geschat
Fantom	TG18-LN12-1 tm 18	€ 0,00	



Figuur 3 – Enkele TG18-LN12 testpatronen. De helderheid van het vierkant verschilt per testpatroon (n.b. in het originele testpatroon is de uniforme achtergrond veel groter). Van links naar rechts: TG18-LN12-1, TG18-LN12-5, TG18-LN12-10 en TG18-LN12-16.

5.4.4 Methode

Kwantitatieve evaluatie I

Voor het controleren van de luminantie respons kunnen de 18 TG18-LN testpatronen gebruikt worden. De testpatronen bestaan uit een uniforme achtergrond met in het midden een groot vierkant. De helderheid van dit vierkant verschilt voor de 18 testpatronen, met de laagste helderheid voor testpatroon TG18-LN-1 en de hoogste helderheid voor testpatroon TG18-LN-18. Hierboven zijn een aantal TG18-LN testpatronen afgebeeld. Met behulp van een luminantiemeter kan de lichtopbrengst van de testpatronen worden gemeten.

Methode:

1. Display het gewenste testpatroon;

2. Plaats de luminantiemeter tegen het monitor op de positie van het testpatroon;
3. Wacht totdat de luminantiewaarde stabiel is en noteer deze waarde;
4. Herhaal de meting voor alle testpatronen.

Geadviseerd wordt om de luminatie respons te meten zowel voor de gehele monitor alsmede in de situatie dat de monitor in twee delen is opgesplitst (bijvoorbeeld bij 6MP monitor, links nieuw, recht oud onderzoek). De meetresultaten kunnen ingevuld worden in het uitwerkingen werkblad waarna de contrast respons curve gegenereerd wordt. Deze kan worden vergeleken met de Bartens curve waarbij de grenswaarden weergegeven zijn, zodat in een oogopslag gezien kan worden of de gemeten contrast respons curve hier binnen valt. Daarnaast wordt de maximale afwijking van de gemeten curve met de Bartens curve bepaald.

Kwantitatieve evaluatie II

Indien de monitor beschikt over een ingebouwde luminantiemeter, dan kan deze worden gebruikt. De ingebouwde luminantie meter is zo gekalibreerd dat hij de luminantie response aan de rand van het scherm meet en dit correleert aan het midden van monitor. Overleg met de leverancier of de ingebouwde luminantiemeter periodiek gekalibreerd moet worden. Geadviseerd wordt om jaarlijks de ingebouwde luminantiemeter te controleren met een gekalibreerde externe luminantiemeter (zie 5.5).

5.4.5 Analyse en interpretatie

Bij het niet slagen van deze test dient er altijd goed naar de grafiek gekeken worden. Indien een enkel punt (aanzienlijk) afwijkt, dan is dat vaak het gevolg van een meetfout. Aangeraden wordt om de meting in dat geval te herhalen. Indien de test wederom niet slaagt dient er contact opgenomen te worden met de leverancier van de monitoren. De resultaten van deze test kunnen in het uitwerkingen werkblad ingevuld worden.

5.4.6 Grenswaarden

Type Monitor	Grenswaarden
Mammografie	de maximale luminantie respons mag voor elk van de test patronen maximaal 10% van de GSDF afwijken
Diagnostisch	de maximale luminantie respons mag voor elk van de test patronen maximaal 10% van de GSDF afwijken
Review	de maximale luminantie respons mag voor elk van de test patronen maximaal 20% van de GSDF afwijken

Vooraf het verschil tussen TG18-LN12-1 en TG18-LN12-2 laat bij veel monitoren een afwijking zien. Dit komt of omdat de monitor niet goed is afgeregeld of omdat de meting niet gecorrigeerd wordt voor L_{amb} .

Onderbouwing drempelwaarde

AAPM On-line report No.03, Assessment of display performance for medical imaging systems (2005), H4.3 Luminance Response, pagina 78-89.

5.4.7 Aanvullende en alternatieve controles

De alternatieve controles worden in de methode sectie beschreven.

5.4.8 Valkuilen en kanttekeningen

Bij monitoren die corrigeren voor een vaste waarde van het omgevingslicht kan de gemeten GSDF (met externe lichtsensor) afwijken³. Dit komt omdat er bij de externe metingen geen rekening gehouden wordt met de omgevingslicht correctie. Dit kan eenvoudig opgelost worden: kalibreer de monitor zonder omgevingslicht correctie en meet vervolgens de GSDF. Een alternatief is om de metingen te corrigeren met de L_{amb} waarde. Let op dat na het succesvol slagen van de test de monitor opnieuw gekalibreerd wordt met de omgevingslicht correctie aan.

Zorg dat de [opstartprocedure](#) gevolgd is en aan de [randvoorwaarden](#) is voldaan.

³ Dit is in ieder geval bij Barco Neo en Coronis monitoren het geval.

Controleer voorafgaande aan de meting of de monitor in de DICOM calibratie modes staat.

5.4.9 Referenties

- a. ACR, pagina 8.
- b. AAPM TG18, § 4.3, pagina 78-87

5.5 Controle interne luminantiemeter

5.5.1 Inleiding en rationale

De meeste diagnostische monitoren beschikken tegenwoordig over een ingebouwde luminantiemeter. Deze luminantiemeter kan gebruikt worden om L_{min} en L_{max} en de luminantie respons te bepalen. De ingebouwde luminantiemeter bevindt zich aan de rand van het scherm en is zo gekalibreerd dat hij de luminantie response aan de rand van het scherm meet en dit correleert aan het midden van monitor. De leveranciers garanderen dat de ingebouwde luminantiemeter voor een bepaald aantal jaar niet gekalibreerd hoeft te worden.

5.5.2 Frequentie

Bij acceptatie wordt geadviseerd een nulmeting te doen. Indien er aanwijzingen voor zijn dan kan de meting herhaald worden en vergeleken worden met de nulmeting. De frequentie is een advies vanuit de NVKF en is niet terug te vinden in de richtlijnen.

5.5.3 Benodigde apparatuur, software, fantomen en bronnen

Zie paragraaf 5.3 en 5.4.

5.5.4 Methode

Bij acceptatie wordt aanbevolen om L_{min} en L_{max} en de luminantie respons met zowel de ingebouwde als de externe luminantiemeter te meten en de afwijking hierin te documenteren. Indien er aanwijzingen voor zijn, dan kan een constantheidsmeting uitgevoerd worden door opnieuw L_{min} en L_{max} te meten en de afwijking te vergelijken met de nulmeting. Aanvullend kan op een vergelijkbare manier (een deel van) de luminantie respons vergeleken worden.

5.5.5 Analyse en interpretatie

Bepaal L_{min} en L_{max} en de luminantie respons met behulp van de interne luminantiemeter volgens de instructies van de leverancier. Herhaal vervolgens beide metingen met een gekalibreerde externe luminantiemeter.

Voor L_{min} en L_{max} dient (afzonderlijk) het percentuele verschil tussen de interne en externe luminantiemeter uitgerekend te worden. Voor de luminantie respons dient een tweezijdige T-Test uitgevoerd te worden.

5.5.6 Grenswaarden

Parameter	Grenswaarde
L_{min}	10%
L_{max}	10%
Luminantie respons	$P > 0.95$

Onderbouwing drempelwaarde

De grenswaarden zijn niet empirisch vastgesteld.

5.5.7 Aanvullende en alternatieve controles

Bij Eizo kan de interne luminantiemeter gecorreleerd worden aan een externe luminantiemeter. Echter, dit kan alleen met een door Eizo geleverde externe luminantiemeter.

5.5.8 Valkuilen en kanttekeningen

Besprek eventueel bij aanschaf de methode waarop de interne luminantiemeter wordt gecontroleerd en de grenswaarden die worden gehanteerd. Zie voor overige valkuilen en kanttekeningen de paragrafen 5.3.8 en 5.4.8.

5.5.9 Referenties

Geen.

5.6 Niet-uniformiteit

5.6.1 Inleiding en rationale

Bij de luminantie respons evaluatie wordt gekeken naar de luminantie op één punt op de display. Om de luminantie karakteristieken van de hele display te bepalen moet de luminantie op verschillende plaatsen op de monitor worden bepaald.

Klinische relevantie

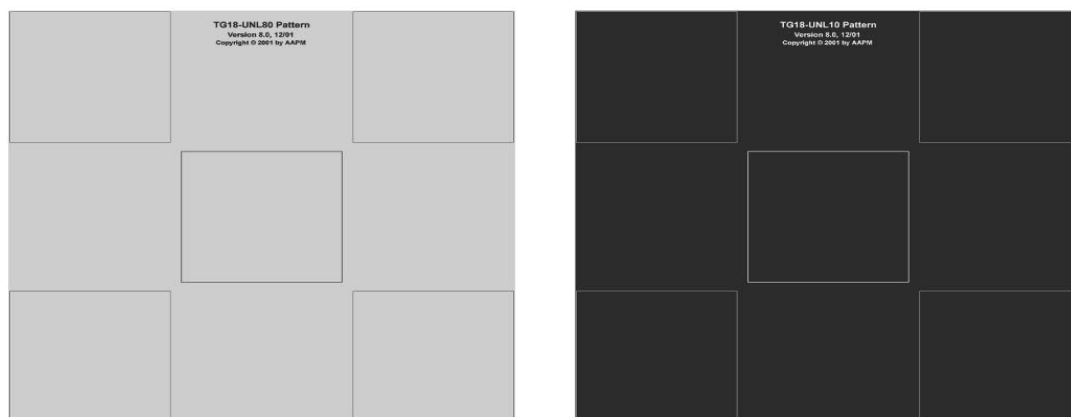
Technisch geïntroduceerde contrast verschillen kunnen lijken op pathologie en kunnen leiden tot een onjuiste diagnose.

5.6.2 Frequentie

De meting wordt geadviseerd bij acceptatie en kan daarna halfjaarlijks herhaald worden. Het verantwoord minimum is jaarlijks. Aanvangsfrequentie is mede gebaseerd op gegevens die de fabrikanten aangeleverd hebben. Verantwoord minimum is mede gebaseerd op de laagste frequentie die één van de fabrikanten adviseert.

5.6.3 Benodigde apparatuur, software, fantomen en bronnen

Type	Omschrijving	Kosten	Opmerking
Apparatuur	Luminantiemeter	€ 1000	Kosten zijn geschat
Fantoom	TG18-UNL10	€ 0,00	
Fantoom	TG18-UNL80	€ 0,00	



Figuur 4 – TG18-UNL80 en TG18-UNL10 testpatroon met elk vijf vlakken.

5.6.4 Methode

Voor het controleren van de niet-uniformiteit kunnen de TG18-UNL10 en TG18-UNL80 testpatronen gebruikt worden. De testpatronen bestaan uit een uniforme achtergrond met vier vlakken in de hoeken en één vlak in het midden. In figuur 4 zijn de testpatronen afgebeeld.

Met behulp van een luminantiemeter kan per testpatroon de helderheid van de vijf vlakken worden gemeten. Geadviseerd wordt om de niet-uniformiteit te meten zowel voor de gehele monitor alsmede in de situatie dat de monitor in twee delen is opgesplitst (bijvoorbeeld bij 6MP monitor, links nieuw, recht oud onderzoek).

5.6.5 Analyse en interpretatie

De resultaten van deze test kunnen in het uitwerkingen werkblad ingevuld worden. Bij afwijkingen altijd opnieuw meten. Bij herhaald falen van de test dient actie ondernomen te worden.

5.6.6 Grenswaarden

Type Monitor	Grenswaarden
Mammografie	$\leq 15\%$
Diagnostisch	$\leq 20\%$
Review	$\leq 25\%$

Onderbouwing drempelwaarde

AAPM TG18, § 4.3, pagina 78-87

5.6.7 Aanvullende en alternatieve controles

Er zijn geen aanvullende of alternatieve controles.

5.6.8 Valkuilen en kanttekeningen

Afwijkingen in het donkere gebied (UNL10) zijn minder erg dan afwijkingen in het lichte gebied (UNL80). Dit komt omdat het oog minder gevoelig is voor variaties in het donkere gebied. Zorg dat de [opstartprocedure](#) gevolgd is en aan de [randvoorwaarden](#) is voldaan.

5.6.9 Referenties

- AAPM TG18, § 4.3, pagina 78-87
- IEC 62563-1, § 7.3.5, pagina 19
- DIN 6868-157 DRAFT version, § 8.3.7, pagina 21

5.7 Kleuruniformiteit

5.7.1 Inleiding en rationale

De kleuruniformiteit (display chromaticity) van een diagnostische monitor verwijst naar intrinsieke grootte en uniformiteit van de kleurtint wanneer er een zwart-wit beeld getoond wordt.

Bij kleurenmonitoren wordt de kleurtint of uniformiteit beïnvloed door de balans van de drie primaire kleuren die een grijswaarde beeld vormen. Bij LCD schermen wordt de kleurtint bepaald door het spectrum van de achtergrondverlichting. Daarnaast wordt de kleurtint ook beïnvloed door de kijkhoek.

Klinische relevantie

De kleurtint wordt meestal gezien als een voorkeursinstelling. Echter, het kan soms een bron van afleiding zijn, met name in een opstelling met meerdere monitoren waar de kleurtint tussen de schermen afwijkt.

5.7.2 Frequentie

De meting wordt geadviseerd bij acceptatie en kan daarna halfjaarlijks herhaald worden. Het verantwoord minimum is jaarlijks. Aanvangsfrequentie is mede gebaseerd op gegevens die de fabrikanten aangeleverd hebben. Verantwoord minimum is mede gebaseerd op de laagste frequentie die één van de fabrikanten adviseerde.

5.7.3 Benodigde apparatuur, software, fantomen en bronnen

Type	Omschrijving	Kosten	Opmerking
Fantom	TG-UN80	€ 0,00	

5.7.4 Methode

Het testpatroon TG18 UN80 dient op de monitor getoond te worden en er moet gekeken worden of er waarneembare kleurverschillen zijn tussen verschillende gebieden van de monitor en (indien van toepassing) tussen verschillende monitoren.

5.7.5 Analyse en interpretatie

Het betreft een visuele test. De resultaten van deze test kunnen in het uitwerkingen werkblad ingevuld worden.

5.7.6 Grenswaarden

Type Monitor	Grenswaarden
Mammografie	Er mogen geen waarneembare kleurverschillen zijn tussen de verschillende gebieden van de monitor en onder verschillende kijkhoeken.
Diagnostisch	
Review	

5.7.7 Aanvullende en alternatieve controles

Er zijn geen aanvullende of alternatieve controles.

5.7.8 Valkuilen en kanttekeningen

Zorg dat de [opstartprocedure](#) gevolgd is en aan de [randvoorwaarden](#) is voldaan.

5.7.9 Referenties

IEC 62563 (Edition 1.0, 2009), § 7.3.6, pagina 19

5.8 Pixel fout evaluatie

5.8.1 Inleiding en rationale

Een LCD monitor is opgebouwd uit miljoenen pixels. Elke pixel bestaat weer uit verschillende sub-pixel delen (bij een kleurenmonitor bestaat elke pixel bijvoorbeeld uit een rood, groen en blauw sub-pixel deel). Elk sub-pixel deel kan het licht doorzenden of blokkeren. Een foute of dode pixel refereert naar het feit dat de pixel de juiste kleur niet meer kan weergeven.

De IEC definieert de volgende fout categorieën:

- **Categorie A: sub-pixel fout**
Een sub-pixel (deel van een grijswaarde pixel of 1 van de basis sub-pixel delen van een kleuren pixel) blijft aan staan. Ook wel 'on pixels' genoemd.
- **Categorie B: sub-pixel fout**
Een sub-pixel staat altijd uit. Ook wel 'off pixels' genoemd.
- **Categorie C: abnormale sub-pixel die niet in categorie A of B valt**
Dit zijn sub-pixels die in een tussen-fase bevinden, knipperen of opeens van status veranderen. Dit worden ook wel 'temporal pixels' genoemd: pixels die niet gerelateerd zijn aan het aangeboden beeld.
- **Categorie D: cluster van foute pixels (categorie A, B en/of C)**
Een cluster is gedefinieerd als twee of meer foute pixels binnen een blok van 5 bij 5 pixels.

Klinische relevantie

Een foute pixel kan potentieel de diagnose beïnvloeden.

5.8.2 Frequentie

De meting wordt geadviseerd bij acceptatie en daarna alleen op indicatie. Aanvangsfrequentie is mede gebaseerd op gegevens die de fabrikanten aangeleverd hebben. Verantwoord minimum is mede gebaseerd op de laagste frequentie die één van de fabrikanten adviseert.

5.8.3 Benodigde apparatuur, software, fantomen en bronnen

Type	Omschrijving	Kosten	Opmerking
Fantom	TG18-UN10	€ 0,00	
Fantom	TG18-UN80	€ 0,00	
Software	Online	€ 0,00	

5.8.4 Methode

De fout categorie, het aantal en de plaats van de dode pixels dient per diagnostische monitor visueel bepaald te worden.

De IEC raadt het gebruik van de testpatronen TG18-UN10 en TG18-UN80 aan, zie onderstaande tabel. In de tabel staat ook aangeven hoe de foute pixels geïdentificeerd kunnen worden.

Fout categorie	Testpatroon	Aandachtspunt / identificatie
Categorie A	TG18-UN10	Let op heldere pixels
Categorie B	TG18-UN80	Let op donkere pixels
Categorie C	TG18 UN10 en UN80	Gebruik de twee testbeelden na elkaar en let op pixels die in beide beelden zichtbaar zijn (grijs) of opeens veranderen of flikkeren
Categorie D	TG18 UN10 en UN80	Let op 2 of meer foute pixels binnen een blok van 5 x 5 pixels

Voor kleurenmonitoren kan er daarnaast gebruik gemaakt worden van een volledig rode, groene en blauwe achtergrond zodat geïdentificeerd kan worden welk deel van de basis sub-pixel delen van een kleuren pixel kapot is. Een volledig witte, zwarte, rode, groene of blauwe achtergrond kan bewerkstelligd worden door eventuele icoontjes op de desktop weg te halen en de achtergrond van de desktop te veranderen naar rood, groen of blauw. Er bestaan ook gratis (online) tools die de monitor tijdelijk op wit, zwart, rood, groen of blauw kunnen zetten.

5.8.5 Analyse en interpretatie

DIN 6868-157 DRAFT

In de DIN 6868-157 wordt een formule gebruikt om het maximaal toegestane aantal dode pixels voor een bepaalde type monitor te bepalen. Per monitor dient er een pixel fout factor (PFF) berekend te worden:

$$PFF = \frac{(\text{aantal horizontale pixels van monitor}) \times (\text{aantal verticale pixels van monitor})}{1048581}$$

Deze formule geldt alleen voor monitoren met minimaal 1024x1024 pixels. Het maximale toegestane aantal dode pixels per categorie kan vervolgens berekend worden door een vast getal (afhankelijk van de categorie) te vermenigvuldigen met deze pixel fout factor (PFF).

5.8.6 Grenswaarden

De IEC en DIN geven ieder verschillende grenswaarden.

IEC 62563-1

De IEC geeft geen directe grenswaarden. Wel wordt in bijlage A van IEC 62563-1 (Sample test report, pagina 30) gesproken over de volgende grenswaarden:

Fout categorie	Maximaal aantal dode pixels
Categorie A	<= 1
Categorie B	<= 1
Categorie C	<= 2
Categorie D	Niet meerdere in hetzelfde cluster

DIN 6868-157

De DIN 6868-157 hanteert de volgende grenswaarden:

Fout categorie	Maximaal aantal dode pixels
Categorie A	1 x PFF
Categorie B	5 x PFF
Categorie C	5 x PFF
Categorie D	1 x PFF

De DIN 6868-157 geeft tevens als randvoorwaarde dat alleen fout pixels geteld moeten worden die in het relevante diagnostische gebied van de monitor vallen. Er wordt niet aangegeven wat het relevante diagnostische gebied van een monitor precies is, dit dient door de gebruiker te worden bepaald.

Geadviseerd wordt om ook altijd nadrukkelijk bij de leverancier van de monitoren na te gaan wat de grenswaarden zijn die zij gebruiken.

Onderbouwing grenswaarden

Het is onduidelijk waar deze grenswaarden op zijn gebaseerd.

5.8.7 Aanvullende en alternatieve controles

Er zijn geen aanvullende of alternatieve controles.

5.8.8 Valkuilen en kanttekeningen

Zorg dat de [opstartprocedure](#) gevolgd is en aan de [randvoorwaarden](#) is voldaan.

5.8.9 Referenties

- a. IEC 62563-1 (Edition 1.0, 2009), § 7.3.7, pagina 19
- b. DIN 6868-157 DRAFT, § 8.2.6, pagina 19

5.9 Display resolutie

5.9.1 Inleiding en rationale

Deze test is bedoeld om de beeldresolutie visueel te controleren.

Klinische relevantie

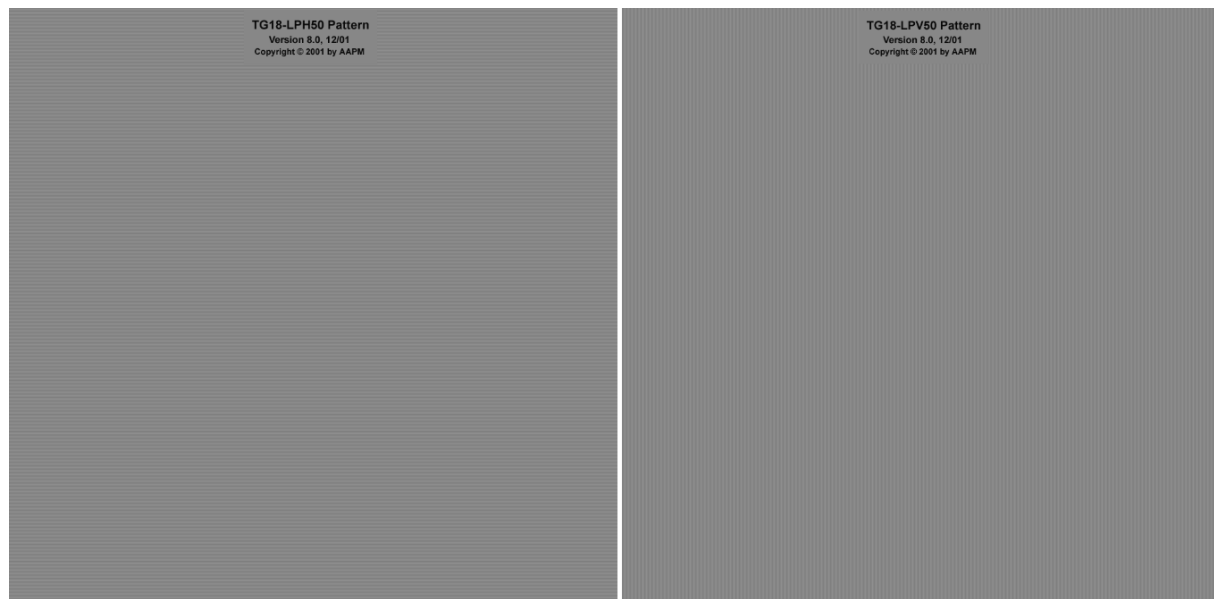
De hoge resolutie van de displays is bedoeld om kleine pathologische details in de opname te kunnen waarnemen en is afgestemd op de maximale resolutie van de modaliteiten. Indien de resolutie van de monitor onvoldoende is kunnen kleine pathologische details gemist worden.

5.9.2 Frequentie

De meting wordt geadviseerd bij acceptatie en kan daarna halfjaarlijks herhaald worden. Het verantwoord minimum is jaarlijks. Aanvangsfrequentie is mede gebaseerd op gegevens die de fabrikanten aangeleverd hebben. Verantwoord minimum is mede gebaseerd op de laagste frequentie die één van de fabrikanten adviseert.

5.9.3 Benodigde apparatuur, software, fantomen en bronnen

Type	Omschrijving	Kosten	Opmerking
Fantom	TG18-LPH10	€ 0,00	
Fantom	TG18-LPH50	€ 0,00	
Fantom	TG18-LPH89	€ 0,00	
Fantom	TG18-LPV10	€ 0,00	
Fantom	TG18-LPV50	€ 0,00	
Fantom	TG18-LPV89	€ 0,00	



Figuur 5 - Het TG18-LPH50 (links) en TG18-LPV50 (rechts) testpatroon

5.9.4 Methode

Voor deze test kan gebruik gemaakt worden van zes TG18-LP testpatronen. De zes testpatronen bestaan uit dunne (1 pixel dikke) horizontale (TG18-LPH) of verticale (TG18-LPV) lijnen. De lijnen hebben een 12% positief contrast tegen drie achtergrond grijswaarden, namelijk 10%, 50% en 89% van de maximale pixel waarden (verticaal: TG18-LPV10, TG18-LPV50 en TG18-LPV89; horizontaal: TG18-LPH10, TG18-LPH50 en TG18-LPH89). De lijnpatronen in alle zes de fantomen dienen zichtbaar te zijn. Indien de horizontale of verticale lijnen niet zichtbaar zijn, dan kan de kijkafstand gevarieerd worden. Start altijd bij de normale klinische kijkafstand (~ 30 cm).

5.9.5 Analyse en interpretatie

De resultaten van deze test kunnen in het uitwerkingen werkblad ingevuld worden.

5.9.6 Grenswaarden

Type Monitor	Grenswaarden
Mammografie	De lijnpatronen in alle zes de fantomen dienen zichtbaar te zijn
Diagnostisch	De lijnpatronen in alle zes de fantomen dienen zichtbaar te zijn
Review	Geen grenswaarden gedefinieerd

5.9.7 Aanvullende en alternatieve controles

Er zijn geen aanvullende of alternatieve controles.

5.9.8 Valkuilen en kanttekeningen

Zorg dat de [opstartprocedure](#) gevolgd is en aan de [randvoorwaarden](#) is voldaan.

5.9.9 Referenties

- a. AAPM TG18, § 3.2.3.3, pagina 54
- b. [DIN 6868-157 DRAFT versie, Anhang C, pagina 32](#)
- c. EUREF

5.10 Grijswaarde resolutie (optioneel)

5.10.1 Inleiding en rationale

Als bij de globale evaluatie een afwijking gezien wordt, dan kan met behulp van deze test de bit-diepte van de monitor worden gecontroleerd.

Klinische relevantie

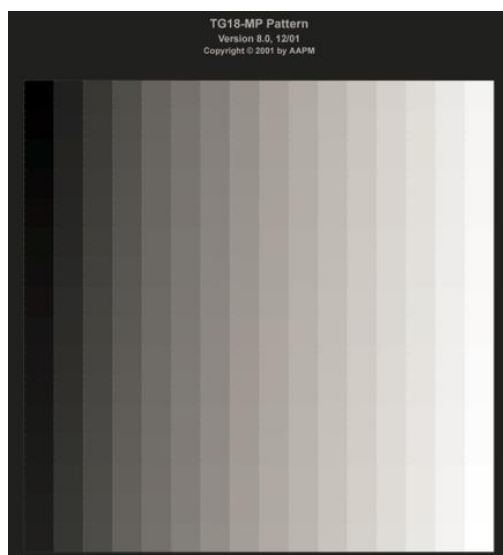
Indien de bit-diepte van de monitor afwijkt, dan is dat een indicatie voor een potentieel verlies van de hoge en lage grijswaarden wat kan resulteren in het missen van bepaalde pathologische details.

5.10.2 Frequentie

Deze test is optioneel en dient alleen uitgevoerd te worden als daar indicaties voor zijn.

5.10.3 Benodigde apparatuur, software, fantomen en bronnen

Type	Omschrijving	Kosten	Opmerking
Fantoom	TG18-MP	€ 0,00	



Figuur 6 - Het TG18-MP testpatroon kan gebruikt worden voor de visuele evaluatie van de bit-diepte van de monitor

5.10.4 Methode

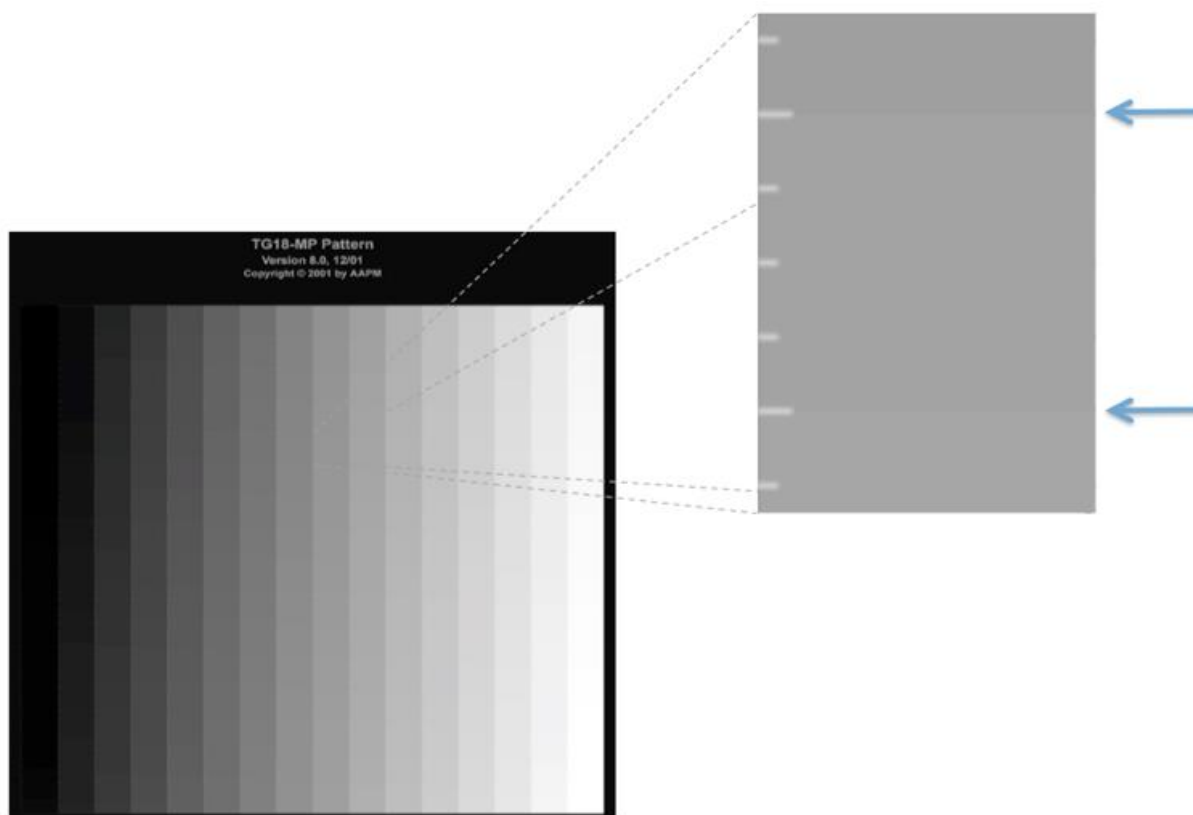
Voor deze test kan gebruik gemaakt worden van testpatroon TG18-MP. Het testpatroon bestaat alleen in de 12 bit versie. De IEC raad aan om de zoom op 200% te zetten. De achtergrond heeft een waarde van 256. Het testpatroon bestaat verder uit 16 verticale balken die elke 1/16 deel tonen van een 12-bit pixel waarde range (tussen 0 en 4095).

Elke verticale balk bevat kleine horizontale markers die een diepte van 8 (lange streepjes) en 10 bit (korte streepjes) aangeven (zie figuur 6).

Het testpatroon moet visueel nauwkeurig bestudeerd worden waarbij er gelet moet worden op horizontale contourlijnen (figuur 7, blauwe pijlen). Indien horizontale contourlijnen zichtbaar zijn, dan moet er gekeken worden naar de positie ten opzichte van de lange/grote horizontale markers. Als de horizontale contourlijn precies op 8-bit marker valt dan betekent dit dat de monitor een bit-diepte heeft van 8 bit. Indien de contourlijn niet precies op de 8-bit marker valt, dan moet er gekeken worden hoever de contourlijn afwijkt. Hiervoor dient de afstand tussen twee horizontale contourlijnen opgemeten te worden.

Indien de afstand tussen twee contourlijnen groter is dan de afstand tussen twee 8-bit markers, dan heeft de monitor een resolutie die lager is dan 8-bit.

Als de grijswaarde overgangen niet precies samenvallen met de horizontale 8-bit markers en de afstand tot de 8-bit marker beperkt is, dan is dat een indicatie voor een potentieel verlies van de hoge en lage grijswaarden.



Figuur 7 - Het TG18-MP testpatroon bevat horizontale markers. De lange markers geven een bit diepte van 8 weer. Bij het bestuderen van het testpatroon moet gelet worden op horizontale contourlijnen (blauwe pijlen). Zie tekst voor meer detail.

5.10.5 Analyse en interpretatie

Dit is een aanvullende visuele test.

5.10.6 Grenswaarden

Type Monitor	Grenswaarden
Mammografie	De afstand tussen twee contourlijnen dient kleiner te zijn dan de afstand tussen twee 8-bit markers.
Diagnostisch	
Review	

5.10.7 Aanvullende en alternatieve controles

Er zijn geen aanvullende of alternatieve controles.

5.10.8 Valkuilen en kanttekeningen

Zorg dat de [opstartprocedure](#) gevolgd is en aan de [randvoorwaarden](#) is voldaan.

5.10.9 Referenties

IEC 62563-1, § 7.3.3, pagina 17.

5.11 Display reflectie (optioneel)

5.11.1 Inleiding en rationale

Display reflecties worden veroorzaakt door spiegelingen van objecten en licht op en in de monitor. De reflectie karakteristieken van medische monitoren kunnen worden geëvalueerd, zodat de maximale hoeveelheid omgevingslicht kan worden bepaald.

Klinische relevantie

Reflecties op de monitor kunnen leiden tot een verminderd contrast, waardoor de beeldkwaliteit afneemt.

Bij een proefplaatsing van verschillende diagnostische monitoren kan een verschil in speculaire reflectie eventueel van invloed zijn op de keuze.

5.11.2 Frequentie

Deze test is optioneel en dient alleen uitgevoerd te worden als daar indicaties voor zijn.

5.11.3 Benodigde apparatuur, software, fantomen en bronnen

Geen

5.11.4 Methode

De display dient uitgezet te worden. Stel het omgevingslicht vervolgens in zoals dit standaard wordt gedaan (bij het verslaan van beelden door een radioloog). Bekijk de display op een afstand van 30-60 cm en een hoek van ongeveer 15°. Vervolgens dient er bepaald te worden of er speculaire reflectie patronen van hoog contrast objecten (bv patronen van kleren van de kijker) zichtbaar zijn.

Het niet slagen van deze test kan het gevolg zijn van het niet voldoen aan de [randvoorwaarden](#).

5.11.5 Analyse en interpretatie

Dit is een aanvullende visuele test.

5.11.6 Grenswaarden

Type Monitor	Grenswaarden
Mammografie Diagnostisch Review	Speculaire reflectie patronen van hoog contrast objecten (bv patronen van kleren van de kijker) mogen niet gezien worden.

5.11.7 Aanvullende en alternatieve controles

Er zijn geen aanvullende of alternatieve controles.

5.11.7 Valkuilen en kanttekeningen

Zorg dat de [opstartprocedure](#) gevolgd is en aan de [randvoorwaarden](#) is voldaan.

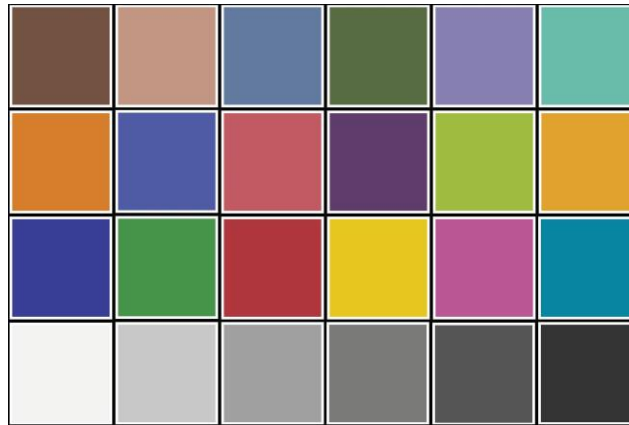
5.11.9 Referenties

AAPM TG18, § 4.2.3, pagina 73.

Bijlage A: Borging kleurkwaliteit diagnostische monitoren

A1: Kleurechtheid

Het verschil in kleurechtheid van beeldschermen kan, zeker wanneer deze in dezelfde ruimte aanwezig zijn of naast elkaar staan, een bron van afleiding zijn. Dit kan voorkomen worden door monitoren op kleur perceptief gelijk af te regelen met als uitgangspunt de DICOM kalibratie. Deze praktische aanpak is een voorbeeld van hoe de kleurechtheid op dit moment in het MCL wordt geborgd. Een kalibratie kaart welke gebaseerd is op de X-rite colorchecker wordt gebruikt om de kleurperceptie tussen de monitoren gelijk af te stellen, zie Figuur A1.

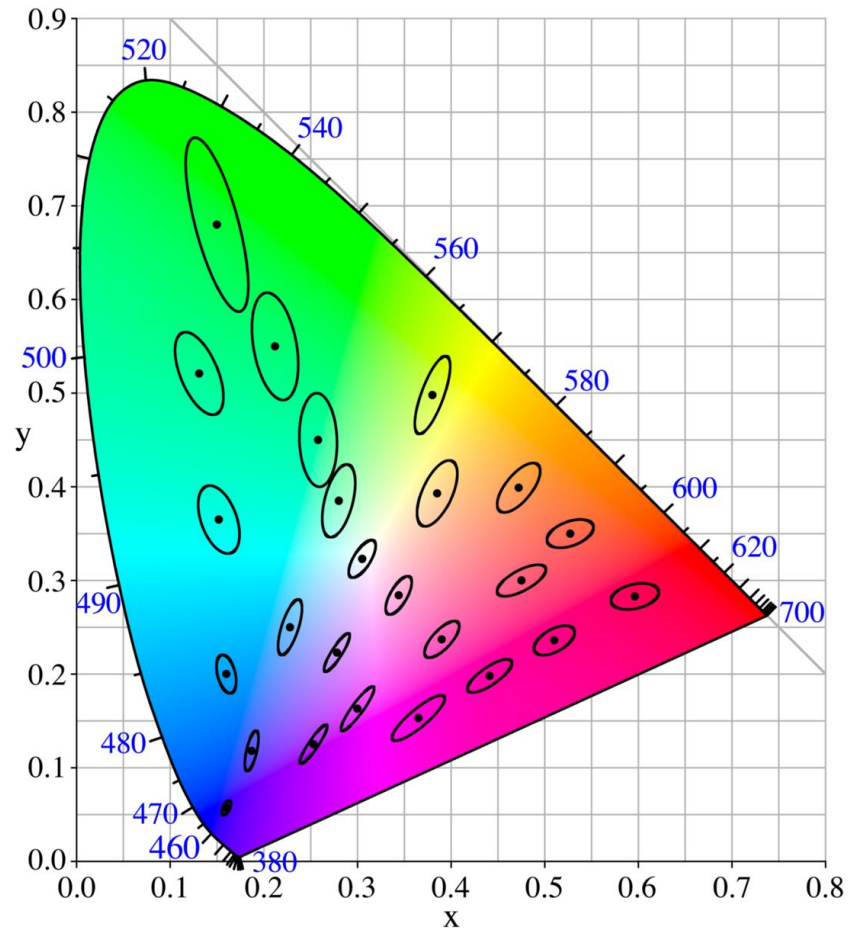


Figuur A1: Kleurkaart gebruikt in het MCL voor uniforme kleurafstelling tussen monitoren.

A2: Kleurcontrast

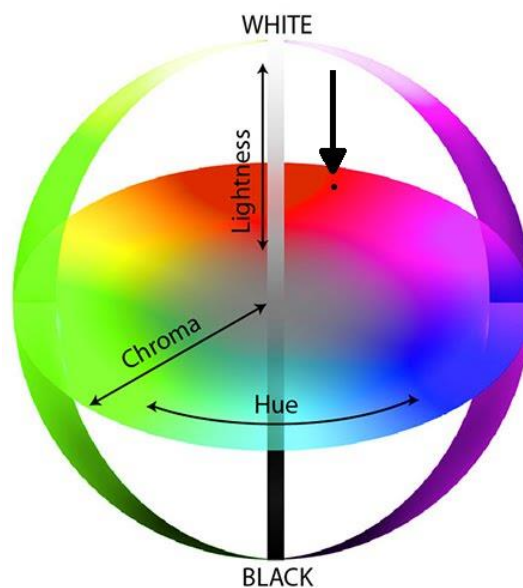
Het onderscheiden van kleurcontrasten is afhankelijk van de afstelling van de beeldschermen die gebruikt worden voor diagnose. Ook de software-applicatie beïnvloed de visualisatie van kleurcontrast. Dit kan potentieel grote gevolgen hebben op de medische besluitvorming.

Analoog aan de grijswaarden is de responsie van het visuele systeem van de mens niet lineair. De responsie is golflengte afhankelijk. De zichtbare kleuren kunnen worden weergegeven in een fysische kleurruimte. De coördinaten in deze kleurruimte (x,y) zijn opgebouwd uit de responsies van de kegels van het menselijk oog (X, Y, Z). Met behulp van MacAdams ellipsen kan visueel worden aangetoond dat het onderscheidbaar vermogen van de mens in de kleuren rood en blauw beter is dan in de kleur groen. Alle punten in de CIE 1931 kleurruimte binnen een MacAddams ellips worden als één kleur gezien door de gemiddelde mens, zie figuur A2.



Figuur A2: CIE 1931 kleurruimte met daarin de MacAddams ellipsen.

Dit resulteert in niet-lineaire perceptie wanneer er RGB overgangen worden aangeboden met gelijke stapgrootte. In de CIE 1976 kleurruimte is de perceptie van het menselijk oog meegenomen waardoor elke stap in deze kleurruimte lineair is ten opzichte van de responsie van het menselijk oog. Kleurruimtes worden vaak weergegeven als een twee-dimensionale ruimte. De kleurruimte is echter een drie dimensionale bol waarbij de derde dimensie de luminantie betreft, zie figuur A3.



Figuur A3: CIE Lab kleurruimte.

Binnen deze kleurruimte is een maat voor een just noticeable difference (JND) op te stellen waarbij compensatie van de luminantie, Chroma, Hue en de blauw-ultraviolet overgang is opgenomen ten opzichte van de perceptie van het menselijk oog. Deze maat wordt de CIEDE2000 genoemd en wordt gegeven door:

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}}$$

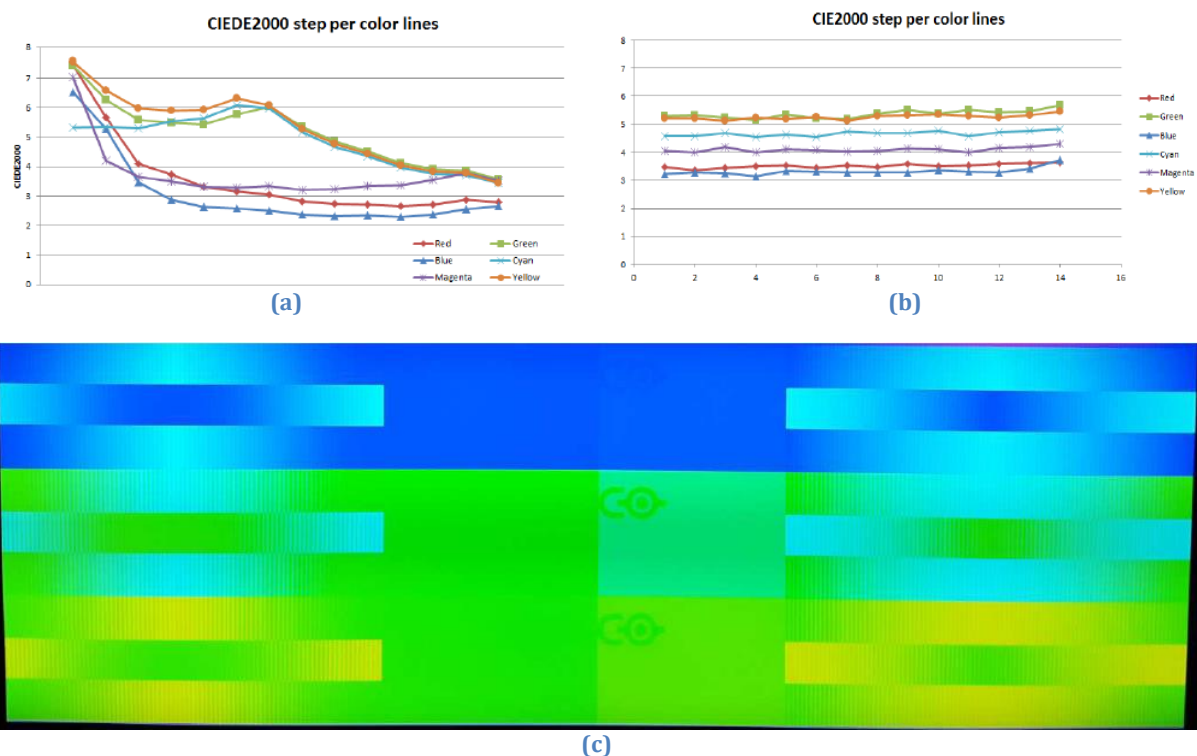
Door eenzelfde testset op te stellen voor de primaire en secundaire kleuren als voor de grijswaarden in de GSDF is het mogelijk om een uitbreiding op de GSDF te creëren namelijk de CSDF (Barco – Tom Kimpe). De uitbreiding betreft het meten van de primaire (rood, groen en blauw) en de secundaire (cyaan, magenta en geel) kleuren. Het streven bij deze meting is dat de afstand tussen contrastovergangen van een ieder van deze kleuren constant blijft en groter is dan 2,3 opdat het menselijk oog in staat zijn de kleuren te kunnen onderscheiden.

De testpatronen die worden gekozen voor de metingen zijn gebaseerd op de geometrie en contrastverhoudingen zoals gedicteerd door de DICOM standaard (part 14, annex D1.1 pagina 33).

Een voorbeeld van een monitor ongekalibreerd en gekalibreerd is te zien in figuur A4. In dit figuur is duidelijk te zien dat er meer informatie uit de afbeelding is te halen na kalibratie.

De test die uit te voeren is, is echter alleen een verificatie test gelijk aan de controle van de DICOM curve. Leveranciers zullen een handvat moeten ontwikkelen om de monitor te kalibreren. Hier moet echter ook rekening worden gehouden met het feit dat applicaties en/of grafische kaarten vaak een andere kleurruimte hanteren dan het beeldscherm.

Wanneer er tot kalibratie wordt overgegaan dient het uitgangspunt de borging van de GSDF te zijn waarna de kleurkalibratie kan worden gestart.



Figuur A4: Links ongekalibreerd en rechts gekalibreerd. Bron: Color Standard display Function (CSDF): A proposed extension of DICOM GSDF - Tom Kimpe - Barco - 57th annual meeting & Exhibition AAPM 2015.