

**Ultra Q handig,  
of houder**

# UltraIQ handig, of houder

De reproduceerbaarheid van echobeelden ten behoeve van kwaliteitsmetingen met UltraIQ.

**Eindhoven, juni 2010**

**Opdrachtgever:**

Cablon Medical B.V.  
Contactpersoon: Wendy Berkers

**Uitvoerende studenten:**

Moniek de Backer, studentnummer: 2098810  
Natascha Barendrecht, studentnummer: 2037398  
Joris van Merrienboer, studentnummer: 2060322  
Anton van de Weijer, studentnummer: 2098374

**Afstudeerproject opleiding MBRT  
Fontys Hogescholen**

---

## Voorwoord

Dit onderzoeksrapport is ons afstudeerproject voor de opleiding Medisch Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT) te Eindhoven. Het onderzoeksrapport is geschreven in opdracht van Cablon Medical B.V.

De aanleiding voor dit onderzoek is een voorgaand afstudeerproject uit 2008 genaamd "De reproduceerbaarheid van UltraIQ" door S. Chow, M. Samimi & G. Van Der Vegte. In dit onderzoek is onder andere onderzocht welke invloed verschillende systeeminstellingen en wisselende uitvoerders hebben op de resultaten die met UltraIQ verkregen worden. Gebleken is dat de reproduceerbaarheid van de kwaliteitscontrole met behulp van UltraIQ, een software programma ontwikkeld om de kwaliteitscontrole van echografiesystemen te automatiseren, niet optimaal is.

We hebben onderzocht of de reproduceerbaarheid van de kwaliteitscontrole uitgevoerd met UltraIQ verbeterd kan worden. Dit hebben we gedaan door op verschillende wijze de echobeelden, ten behoeve van de kwaliteitscontrole, te maken. Door ervoor te zorgen dat de beelden bij iedere kwaliteitscontrole hetzelfde zijn, kan men een objectiever oordeel geven over de kwaliteit van het desbetreffende echosysteem. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de nieuwste versie van UltraIQ. Deze versie is in dit onderzoek tevens onder de loep genomen omdat het hier nog een demoversie betreft.

Om ons project tot een goed einde te brengen, hebben wij ondersteuning gehad van derden. Wij willen daarom een aantal mensen bedanken die ons geholpen hebben om dit project te kunnen realiseren. Mevr. Wendy Berkers (contactpersoon Cablon Medical B.V.) voor de begeleiding en ondersteuning gedurende het gehele project. Mevr. Frederique Emmen (procesbegeleider, MBRT) willen we bedanken voor haar begeleiding gedurende de voorbereiding, ontwikkeling en afronding van ons project. Daarnaast gaat onze dank uit naar Dhr. Lambert Baken (docent, MBRT) voor de ondersteuning van het statistische gedeelte. Tevens willen we de echolaboranten Joost Baselmans, Marion van Herk-Kockx, Tessa Janssen en Gertie Tempelaars- van der Velden bedanken voor het maken van hun beelden.

Daarnaast willen we alle andere mensen die niet zijn vernoemd, maar die zich wel hebben ingezet ten behoeve van het project, hartelijk danken.

Juni 2010

Moniek de Backer  
Natascha Barendrecht  
Joris van Merrienboer  
Anton van de Weijer

## Samenvatting

Controle van de kwaliteit van echosystemen gebruikt voor medische toepassingen wordt steeds belangrijker. Om betrouwbare kwaliteitsmetingen te kunnen doen, dienen de echobeelden die hiervoor nodig zijn, reproduceerbaar te zijn. Cablon Medical B.V. heeft een softwareprogramma op de markt genaamd UltraIQ. Met dit programma is het mogelijk om (semi)automatisch kwaliteitscontroles uit te voeren op echobeelden die van een fantoom gemaakt zijn.

In een eerder onderzoek, "De reproduceerbaarheid van UltraIQ" door S. Chow, M. Samimi & G. Van Der Vegte, is gebleken dat de reproduceerbaarheid van de met UltraIQ uitgevoerde kwaliteitscontroles niet optimaal is. Er is naar voren gekomen dat er grote fluctuaties tussen de verschillende metingen zijn, terwijl de instellingen gelijk zijn gebleven.

Het doel van dit onderzoek is om de reproduceerbaarheid van de gemaakte echobeelden ten behoeve van kwaliteitsmetingen met UltraIQ te vergroten. Er zal onderzocht worden of door middel van een bestaande houder (vast), danwel een zelfontwikkelde houder (los) of door de vaste hand van een ervaren echolaborant de reproduceerbaarheid van echobeelden verbeterd kan worden.

Omdat Cablon Medical B.V. een vernieuwde versie van UltraIQ op de markt wil brengen, zal met een demoversie van dit programma worden gewerkt. In dit onderzoek wordt de gebruiksvriendelijkheid van dit nieuwe programma tevens onderzocht.

Voor de uit te voeren kwaliteitscontroles worden per verschillende persoon/instelling 100 beelden gemaakt van het Gammex 403 GS LE-fantoom. De echobeelden worden gemaakt met een Philips IU22 systeem in combinatie met een C5-1 curved array transducer. De verkregen beelden worden daarna uitgewerkt met UltraIQ. Per volledige meting worden twee beelden gemaakt waarmee de axiale en laterale resolutie, penetratiediepte, grijswaarde en afstandsmetingen gecontroleerd worden.

Er is gebruik gemaakt van een aantal verschillende testen (Levene, One-way-ANOVA en Post-hoc Tukey) in het statistiekprogramma SPSS om conclusies te kunnen trekken uit de verkregen waardes uit UltraIQ. Dit heeft geleid tot de volgende resultaten:

- De vaste houder geeft de beste reproduceerbaarheid van de echobeelden. De losse houder geeft ook beter resultaat ten opzichte van handmatig scannen. Bij het uitvoeren van kwaliteitsmetingen is het belangrijk dat alle metingen door één en dezelfde persoon worden uitgevoerd.
- Een ervaren echografist heeft geen meerwaarde met betrekking tot de reproduceerbaarheid van echobeelden ten behoeve van kwaliteitsmetingen ten opzichte van onervaren studenten.
- De reproduceerbaarheid met behulp van UltraIQ is beter dan visueel.

De nieuwe versie van UltraIQ wordt als eenvoudig in gebruik ervaren. Naast de winst in reproduceerbaarheid is er ook een aanzienlijke tijdswinst te behalen ten opzichte van visuele controle. Wel wordt geadviseerd een aantal punten te verbeteren voordat het programma op de markt gebracht wordt. Er zitten nog scriptfouten in het programma, er is geen werkende handleiding, de trendanalyse is nog niet functioneel en de rapportage verloopt niet optimaal.

# Inhoudsopgave

Voorwoord .....	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding .....	6
2. Kwaliteit .....	7
2.1 Behoeftte aan kwaliteitscontrole.....	7
2.2 Noodzaak kwaliteitscontrole .....	7
2.3 Wetgeving en richtlijnen .....	8
2.4 kwaliteitscontrole ecosystemen .....	8
2.5 Variabelen ecosysteem bij kwaliteitscontrole .....	9
2.6 Visuele kwaliteitscontrole .....	9
2.7 Nulmeting.....	10
2.8 Kwantitatieve kwaliteitscontrole .....	10
3. Fantoom .....	11
3.1 Gammex .....	11
3.2 Artefacten.....	12
4. UltraIQ .....	14
4.1 Mogelijkheden .....	14
4.2 Opbouw van het programma .....	14
4.3 Post-processing echobeeld .....	16
5. Parameters.....	17
5.1 Uniformiteit.....	17
5.2 Grijswaarden (greytargets) .....	18
5.3 Penetratiediepte (depth of penetration).....	19
5.4 Spatiële resolutie .....	20
5.5 Nauwkeurigheid afstandsmetingen .....	22
6. Methode van onderzoek .....	23
6.1 Probleem- en Doelstelling .....	23
6.2 Literatuuronderzoek .....	23
6.3 Onderzoeksgroepen .....	24
6.4 Meetopstelling .....	25
6.5 Beoordeling van de beelden en/of het softwareprogramma .....	26
6.6 hypothese.....	27
6.6.1 Vaste houder versus losse houder versus handmatig.....	27
6.7 Gebruiksvriendelijkheid onderzoek .....	28
7. Resultaten.....	30
7.1 Reproduceerbaarheid .....	30
7.2 Gebruiksvriendelijkheid.....	34
8. Conclusie en aanbevelingen .....	38
8.1 Hoofdvraag: .....	38
8.2 Eindconclusie .....	39
8.3 Aanbevelingen.....	39
9. Discussie.....	41
Begrippenlijst .....	42
Literatuurlijst .....	44

## 1. Inleiding

Kwaliteitscontrole van echosystemen wordt steeds belangrijker. Om betrouwbare kwaliteitsmetingen te kunnen doen, dienen de echobeelden die hiervoor nodig zijn, reproduceerbaar te zijn. Cablon Medical B.V. heeft een softwareprogramma op de markt, genaamd UltraIQ. Met dit programma is het mogelijk om (semi)automatisch kwaliteitscontroles uit te voeren op echobeelden die van een fantoom gemaakt zijn.

In een eerder onderzoek, "De reproduceerbaarheid van UltraIQ" door S. Chow, M. Samimi & G. Van Der Vegte is gebleken dat de reproduceerbaarheid van de met UltraIQ uitgevoerde kwaliteitscontroles niet optimaal is. Er is gebleken dat er grote fluctuaties tussen de verschillende metingen zijn, terwijl de instellingen gelijk blijven.

Deze fluctuaties worden mogelijk veroorzaakt doordat de echobeelden die van het fantoom worden gemaakt niet steeds hetzelfde zijn. Hierdoor zal UltraIQ tot verschillende resultaten komen terwijl er geen verandering in kwaliteit van het echosysteem heeft plaatsgevonden.

Het doel van dit onderzoek is dan ook om de reproduceerbaarheid van de gemaakte echobeelden te vergroten. Een fantoomfabrikant heeft recentelijk een houder op de markt gebracht die dit zou moeten bewerkstelligen. In deze houder, die op het fantoom geschroefd kan worden, kan de transducer vastgeklemd worden om de echobeelden zo constant mogelijk te houden. In het kader van dit onderzoek wordt tevens een eigen houder ontwikkeld met hetzelfde doel. Ook zal gekeken worden of de fluctuatie te relateren is aan de ervaring van de persoon die de echobeelden maakt.

Dit heeft geleid tot de volgende hoofdvraag:

"Kan door middel van een houder of door de vaste hand van een ervaren echolaborant de reproduceerbaarheid van echobeelden ten behoeve van kwaliteitsmetingen met UltraIQ verbeterd worden?"

Omdat Cablon Medical B.V. een vernieuwde versie van UltraIQ op de markt wil brengen zal met een demoversie van dit programma worden gewerkt. De gebruiksvriendelijkheid hiervan zal onder de loep genomen worden. Hierbij zal onder andere gekeken worden naar scriptfouten, lay-out en tijdsduur benodigd voor het uitwerken van de metingen.

In het rapport wordt eerst uitleg gegeven over de kwaliteitsaspecten in de echografie. Vervolgens zal verder ingegaan worden op UltraIQ, het fantoom en de gemeten parameters. De methode van onderzoek zal hierop volgend beschreven worden met daaruit voortvloeiend de verschillende resultaten, conclusies en aanbevelingen. In de bijgevoegde begrippenlijst worden gebruikte begrippen nader verklaard. In de bijlagen staan ter verduidelijking grafieken en tabellen die door middel van statistiek zijn verkregen.

Dit rapport is geschreven voor mensen die interesse hebben in de kwaliteitscontrole van echosystemen. Hieronder vallen onder andere echografisten, klinisch fysici en medewerkers van de medische techniek. Er wordt derhalve van uitgegaan dat bij de lezer de basiskennis van echografie bekend is, deze wordt dan ook niet nader verklaard.

## **2. Kwaliteit**

De eerste stappen op het gebied van systematische kwaliteitscontrole van echosystemen zijn gezet in de jaren '70. Door de snelle ontwikkeling, ingezet door verschillende fabrikanten kwam de vraag naar voren in hoeverre de kwaliteit gehandhaafd kan worden. Dit is belangrijk om patiënten de zekerheid te geven dat ze met een systeem worden onderzocht dat optimaal functioneert. In dit hoofdstuk zal nader ingegaan worden op de verschillende aspecten van kwaliteitscontrole van echosystemen.

### ***2.1 Behoeftte aan kwaliteitscontrole***

Door middel van systematische kwaliteitscontrole kan gecontroleerd worden of het systeem achteruitgang vertoont door specifieke parameters te controleren. Deze parameters dienen te voldoen aan datgene wat de fabrikant opgeeft of wat uit eerdere metingen is verkregen. In de praktijk blijkt dat kwaliteitscontrole van echosystemen nog enigszins controversieel is. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld röntgensystemen waar dit algemeen geaccepteerd is. Er zijn een aantal redenen die door de tegenstanders van kwaliteitscontrole van echosystemen gebruikt worden (Kofler, J.M., 2001):

- Echo wordt beschouwd als niet schadelijk voor de patiënt.
- De huidige echosystemen zijn zeer stabiel.
- Het is niet duidelijk wat er getest moet worden, hoe vaak, wat de verwachte waarden moeten zijn en wat voor apparatuur hier voor gebruikt moet worden.
- Het systematisch testen van echosystemen kost meer tijd en moeite dan het oplevert.
- Er zijn geen wettelijke voorschriften waaraan een kwaliteitssysteem moet voldoen.
- De echografist herkent tijdens het normale scannen als de beeldkwaliteit achteruit gaat.

De bovengenoemde redenen mogen echter niet als excuus gelden om geen kwaliteitsprogramma op te stellen. Door de ontwikkeling van nieuwe technieken kan het zo zijn dat echo een schadelijke uitwerking op de patiënt gaat krijgen. Door een verhoogde power output wordt tegenwoordig vaak gescand met een hoge mechanische en thermische index. Vooral bij echografie in de obstetrie kan dit tot blijvende schade leiden. Goed werkende apparatuur kan er voor zorgen dat scantijden en power output geminimaliseerd worden. Dit kan doordat niet gecompenseerd hoeft te worden voor het verlies aan beeldkwaliteit.

### ***2.2 Noodzaak kwaliteitscontrole***

Het feit dat de huidige echosystemen stabiel zijn betekent niet dat ze niet gevoelig zijn voor soft- en/of hardware storingen. Bepaalde veranderingen in prestaties worden snel door de echografist herkend doordat het scanbeeld duidelijke veranderingen vertoont. De problemen die langzaam na verloop van tijd optreden kunnen echter lang onopgemerkt blijven maar wel van invloed zijn op de beeldkwaliteit. Zo kunnen problemen bijvoorbeeld gecamoufleerd worden door de anatomie van de patiënt of door softwarematige correctie. De echografist zal dus door blijven scannen met een systeem wat niet meer optimaal functioneert. Hierdoor kan informatie die belangrijk is voor de diagnose van de patiënt gemist worden.

Een belangrijke reden voor systematische kwaliteitcontrole van echosystemen is dat achteruitgang van de beeldkwaliteit ontdekt kan worden voordat het invloed heeft op het scannen van patiënten. Het kan tevens de bevestiging geven dat de apparatuur inderdaad goed functioneert. Verder is het zo dat wanneer dit niet het geval is met behulp van kwaliteitscontrole de oorzaak van het probleem makkelijker achterhaald kan worden. Een bijkomend voordeel hierbij is dat de gegevens gedocumenteerd worden. Deze gegevens kunnen gebruikt worden bij bijvoorbeeld de aanschaf van nieuwe apparatuur of bij het afsluiten van onderhoudscontracten.

### **2.3 Wetgeving en richtlijnen**

Op dit moment is in Europa niet wettelijk vastgelegd waar een kwaliteitsprogramma voor echosystemen aan dient te voldoen. De verwachting is wel dat dit op termijn zal gebeuren, mits de verschillende partijen binnen de Europese Unie hier overeenstemming over kunnen bereiken. In de Verenigde Staten is door het American College of Radiology (ACR) een lijst met richtlijnen opgesteld waar een kwaliteitprogramma voor echosystemen aan zou moeten voldoen (Hangiandreou, N.J, et al., 2009). Deze richtlijnen hebben geen wettelijke grondslag maar zijn bedoeld ter ondersteuning van de beroepsbeoefenaar.

De richtlijnen van het ACR stellen dat de werking van echosystemen periodiek geëvalueerd dient te worden. Onder periodiek wordt verstaan één keer per kwartaal. Deze controle dient minimaal de volgende testen te omvatten:

- Fysische en mechanische inspectie
- Beelduniformiteit
- Geometrische nauwkeurigheid
- Systeem gevoeligheid
- Spatiële resolutie
- Contrast resolutie
- Betrouwbaarheid beeldscherm echosysteem
- Betrouwbaarheid beeldscherm voor beeldinterpretatie
- Kwalitatieve evaluatie van de Doppler functionaliteit

### **2.4 kwaliteitscontrole echosystemen**

De kwaliteitscontrole van echosystemen kan worden opgedeeld in twee onderdelen. De testen die gedaan dienen te worden met en zonder gebruik te maken van een echofantoom. Zonder fantoom kan een aantal eenvoudige testen worden uitgevoerd die een redelijk percentage van de beeldkwaliteit problemen kan opsporen. In tabel 1 is dit terug te zien.

<i>Controle</i>	<i>Percentage</i>
Fysische en visuele inspectie	6,9
Transducer malfunctie	20,5
Beelduniformiteit	11,1
Penetratie	6,8
Software	17,9
Beeldkwaliteit	7,7
Beeldscherm en opslag	26,5
Doppler	2,6

*Tabel 1: Door kwaliteitscontrole ontdekte problemen 95'-98' (Kruger, R.L., & Lu, P.H.D., 2002)*

Er kan zonder fantoom gekeken worden naar het beeldscherm, de opslagmethode en hoe het systeem aan de buitenkant er uit ziet. Vooral de transducers verdienen extra aandacht omdat ze gezien kunnen worden als de zwakke schakel in de echosysteemketen. De kabels kunnen eenvoudig beschadigd raken, ze kunnen gemakkelijk vallen en de actieve elementen zijn redelijk schadegevoelig. Met de testen zonder fantoom kan echter niet aangetoond worden wanneer problemen met de beeldkwaliteit geïntegreerd zijn in de beelden zelf. Metingen met behulp van een echofantoom kunnen inzicht geven in de huidige beeldkwaliteit en hoe deze naar verloop van tijd veranderd. Meer informatie over het fantoom is terug te vinden in hoofdstuk 3: Het fantoom.

### **2.5 Variabelen echosysteem bij kwaliteitscontrole**

Wanneer men de kwaliteit van een echosysteem wil meten dienen zoveel mogelijk variabelen constant gehouden te worden. Zodat wanneer er een afwijking optreedt dit toe te schrijven is aan de werking van het systeem. Wanneer er teveel variabelen fluctueren, komt de betrouwbaarheid van de meting in het gedrang en mogen er geen conclusies getrokken worden.

Er zijn een aantal factoren die binnen het systeem kunnen veranderen welke invloed hebben op de kwaliteitscontrole. Er zijn meerdere typen transducers (lineair, curved, sector etc.) die ieder meerdere frequenties uit kunnen zenden. De echografist heeft ook de beschikking over meerdere systeeminstellingen die aangepast kunnen worden. Deze systeeminstellingen omvatten onder andere gain, TGC, power output, beelddiepte en plaats van het focus. Hierbij komt kijken dat TGC geen absolute waarde heeft en power output een relatieve meting is. Daarnaast heeft de fabrikant vaak meerdere scanprotocollen op het systeem staan elk met verschillende instellingen.

Alle bovengenoemde parameters hebben op hun eigen manier invloed op het klinische beeld. Er zijn echter geen gestandaardiseerde afspraken tussen de verschillende fabrikanten. Hierdoor zijn echosystemen niet onderling met elkaar te vergelijken. Daar komt bij dat de nieuwste echoapparaten diverse aanvullende functies hebben om de beeldkwaliteit te verbeteren, zoals tissue harmonic imaging. Met bovenstaande in het achterhoofd, is het inderdaad ingewikkeld om een gestandaardiseerde test te ontwikkelen die een eenduidige, reproduceerbare uitkomst geeft over de prestatie van een echosysteem (Kofler, J.M., 2001).

### **2.6 Visuele kwaliteitscontrole**

Goodsitt et al. (1998) rapporteren in opdracht van de American Association of Physicists in Medicine (AAPM) richtlijnen t.b.v. kwaliteitscontrole van echosystemen. In dit rapport wordt beschreven hoe een visuele kwaliteitscontrole met behulp van een echofantoom uit te voeren is. De opzet van een systeem t.b.v. visuele kwaliteitscontrole wordt tevens beschreven in het "Cookbook for ultrasound" (Paige, M., & Schultz, J. B., 1994).

Het is mogelijk om de volgende parameters visueel te controleren.

- Penetratiediepte
- Afstandsmetingen
- Laterale resolutie
- Axiale resolutie
- Beelduniformiteit
- Dode Zone
- Cyste weergave

In het hoofdstuk 5: Parameters, zal nader ingegaan worden op de verschillende parameters.

## **2.7 Nulmeting**

De prestatie van alle echosystemen dient uitvoerig getest te worden op het moment dat deze geleverd worden. Zowel de nieuw aangeschafte transducers en systemen, evenals de apparatuur die tijdelijk beschikbaar wordt gesteld tijdens bijvoorbeeld onderhoud vallen hieronder. Het systeem dient tevens gecontroleerd te worden volgend op de reparatie van het systeem of na een upgrade. Wanneer een ecosysteem wordt geleverd, is maar een beperkt aantal gegevens beschikbaar over de hierboven genoemde parameters. De fabrikant geeft wel aan wat de maximale prestaties zijn van het systeem maar vertelt niet hoe deze verkregen zijn. Het is daarom belangrijk om een basisniveau voor de verschillende parameters vast te stellen. Bij toekomstige kwaliteitscontroles kan aan deze verkregen resultaten gerefereerd worden.

Dit basisniveau dient vastgesteld te worden met dezelfde instellingen als waarmee de daarop volgende metingen worden uitgevoerd. De ideale situatie is wanneer er op het systeem een protocol opgeslagen kan worden met de instellingen ten behoeve van de kwaliteitscontrole.

Als de resultaten van de kwaliteitscontroles een bepaalde grens overschrijden dient er actie ondernomen te worden. Een voorbeeld van deze actieniveaus zijn degene die opgesteld zijn door Goodsitt et al. (1998), zie hiervoor bijlage 1: actieniveaus Goodsitt.

## **2.8 Kwantitatieve kwaliteitscontrole**

Met de komst van steeds meer geavanceerde echoapparatuur is het uitvoeren van visuele kwaliteitscontrole een tijdrovend karwei geworden. Doordat systemen gebruik maken van meerdere transducers die weer op meerdere frequenties kunnen scannen is het aantal uit te voeren metingen sterk gegroeid. Hierop werd voorgesteld om de analyse voortaan met de computer uit te voeren in plaats van visueel. Bij andere beeldvormende technieken was dit al langere tijd gemeengoed. Er was vraag naar een computerprogramma dat met verhoogde nauwkeurigheid, objectiviteit en snelheid een oordeel kan geven over de prestaties van een ecosysteem.

Het uitvoeren van de kwaliteitscontrole met behulp van een computerprogramma (zoals UltraIQ, hoofdstuk 4) heeft een aantal voordelen ten opzicht van het visueel uitvoeren.

Een computer zal altijd objectief en op een eenduidige manier meten. Bij visuele metingen kan de inter-operator-variantie meer invloed hebben. Een computer kan beter onderscheid maken tussen verschillende grijswaarden dan het menselijk oog. Er kunnen bepaalde berekeningen uitgevoerd worden die bij visuele controle niet mogelijk zijn. Denk hierbij onder andere aan het berekenen van de FWHM (Full Width Half Maximum) en het aantal grijswaarden.

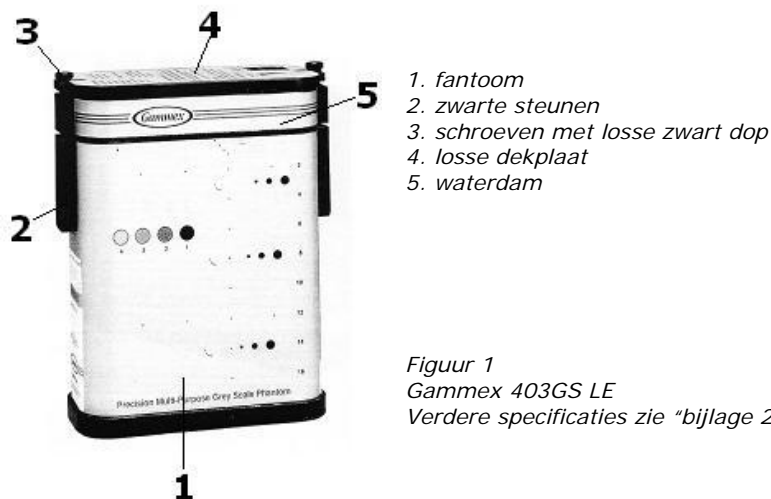
De verkregen resultaten uit eerdere metingen zijn op één plaats beschikbaar. Er kan dus makkelijker vergeleken worden tussen verschillende metingen, onder meer door het uitvoeren van trendanalyses. Wanneer een waarde afwijkt van het ingestelde basisniveau kan het programma hier een waarschuwing voor geven. Het gebruik van een computerprogramma kan ook een aanzienlijke tijdswinst opleveren ten opzichte van visuele controle.

### 3. Fantoom

Vroeger werd de kwaliteit van een echosysteem mede gecontroleerd door het in beeld brengen van kleine lichaamsdelen. Helaas leverde dit geen kwantitatieve en reproduceerbare resultaten op. Daarom zijn er specifieke fantomen ontwikkeld voor kwaliteitscontrole van echosystemen. In dit hoofdstuk zal nader in gegaan worden op het in dit onderzoek gebruikte fantoom. Tevens zullen de aan echografie inherente artefacten, die in het fantoom voorkomen, nader worden verklaard.

#### 3.1 Gammex

Tegenwoordig zijn er echofantomen op de markt. In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van het Gammex 403GS LE-fantoom (fig. 1). Dit is een box van 23 x 8 x 18 cm waarin zich weefselequivalente gel bevindt. Deze gel heeft een voortplantingssnelheid van  $1540 \pm 10$  m/s bij  $22^\circ\text{C}$ , gelijk aan de gemiddelde voortplantingssnelheid in zacht lichaamsweefsel. Tevens bevinden zich verschillende targets in het fantoom, met een andere dichtheid dan de weefselequivalente gel, waardoor er verschil is in akoestische impedantie. Hierdoor zijn verschillende metingen mogelijk.



De volgende targets komen voor in het fantoom:

- 0,1 mm nylon draden (pins), op verschillende plaatsen in het fantoom.
- Echovrije cilinders met verschillende grootte (cysten).
- Cilinders met een verschillende dichtheid. De cilinders vertegenwoordigen elk een andere visuele grijswaarde.

Het fantoom heeft bovenop een echodoorlaatbaar scanoppervlak waar de transducer wordt geplaatst om echobeelden te maken. Voor een goede geleiding wordt er gebruik gemaakt van regulieren echogel. Het is van belang zorgvuldig met het fantoom om te gaan. Bij te veel druk uitoefenen met de transducer kan het scanoppervlak beschadigd raken. De betrouwbaarheid van de metingen kan hierdoor worden beïnvloed. Om het kwetsbare echodoorlaatbare scanoppervlak te beschermen is deze af te sluiten met een dekplaat. Tevens is het van belang het fantoom niet bloot te stellen aan extreme temperaturen.

Bij dit fantoom is het mogelijk de laterale en axiale resolutie, uniformiteit, penetratiediepte, grijswaarden, dode zone, cystemetingen, horizontale- en verticale afstandsnaauwkeurigheid te meten.

### **3.2 Artefacten**

Artefacten in echografische beelden kunnen als volgt omschreven worden: Het weergegeven/afbeelden van zaken/ objecten die niet aanwezig zijn óf het niet (correct) weergegeven/afbeelden van zaken/ objecten die wel aanwezig zijn.

De volgende artefacten komen voor bij het werken met het Gammex 403GS LE-fantoom.

#### *3.3.1 Spiegel*

Een structuur kan zich door het spiegelartefact ergens anders afbeelden dan waar het zich daadwerkelijk bevindt. Doordat een echolijn een sterk reflecterende structuur tegenkomt verandert de richting van de lijn. De echo gaat op dezelfde manier weer terug naar de transducer. Het systeem denkt echter dat alles wat terug ontvangen wordt van die betreffende lijn zich in het verlengde van deze lijn bevindt. Hierdoor ontstaat een spiegelbeeld. (fig.2)

#### *3.3.2 Slagschaduw*

Bij dit artefact zie je een sterk verminderde intensiteit ten opzichte van de omgeving door zeer sterke reflectie. Dit gebeurt bij het scannen van een hyper-echogene structuur. Achter deze structuur beeldt zich dan een echoarme plek af. Dit komt doordat er minder signaal het gebied achter de structuur bereikt. (fig.2)

#### *3.3.3 Versterking*

Dit artefact is eigenlijk het omgekeerde van het artefact slagschaduw. Door minimale reflectie treedt er een versterking van het signaal op achter een hypo-echogeen gebied. (fig.2)

#### *3.3.4 Partial volume*

Partial volume artefact wordt ook wel bundelbreedte-artefact genoemd. Sommige structuren kunnen namelijk gemist worden omdat ze heel klein zijn. De bundelbreedte is dan breder dan de structuur. Ook kunnen structuren groter afgebeeld worden dan dat ze werkelijk zijn. De pins in het fantoom hebben een grootte van 0,1 mm. Deze worden een stuk groter weergegeven door dit artefact. (fig.2)

#### *3.3.5 Speckle*

Bijna altijd is het echobeeld gespikkeld. Dit komt door interferentie van verstrooide echo's met elkaar. Soms doven de echo's elkaar uit en soms versterken ze elkaar. Dit is de reden voor het krijgen van een gestippeld beeld. (fig.2)

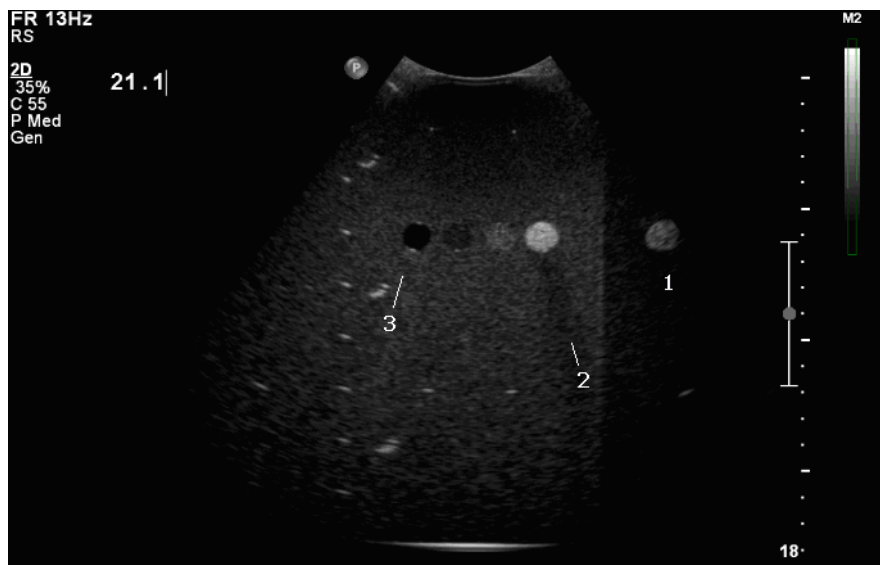
#### *3.3.6 Bedieningsartefact*

Dit artefact treedt op bij te lage versterking van het beeld of bij slecht contact met het fantoom. Er is dan te weinig beeldinhoud en details worden weggelaten. Door middel van een betere instelling van het scanprotocol is dit probleem te verhelpen. Ook is het gebruik van meer gel een goede optie om het contact met het fantoom te optimaliseren.

Het omgekeerde (teveel beeldinhoud) kan ook mogelijk zijn. Het is dan aan te raden de totale versterking van het gehele beeld (gain) omlaag te draaien. De helderheid van de monitor is aan te passen zodat je de gewenste helderheid krijgt. (fig.3)

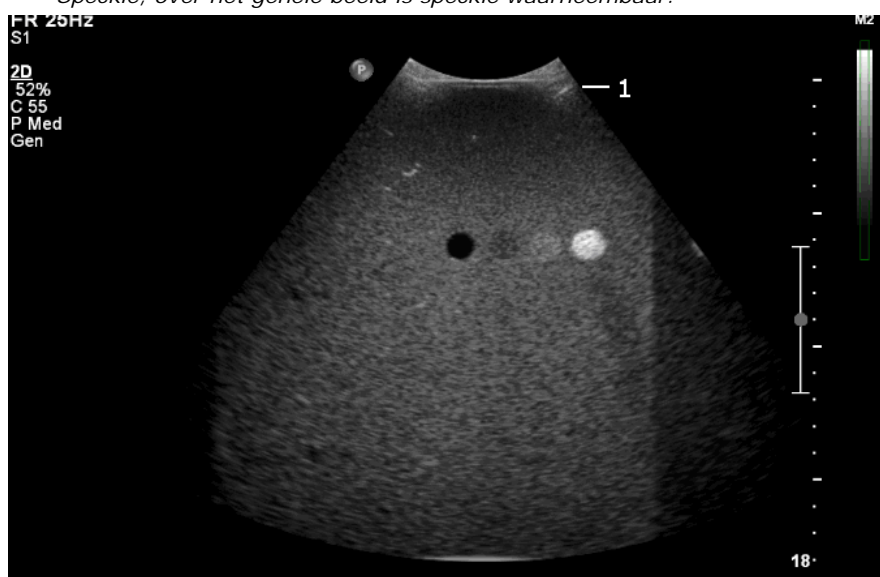
### 3.3.7 Reverberatie

Men spreekt van reverberatie als een herhalingsecho zich afbeeldt. Deze herhalingsecho is afnemend in sterkte. De echo van één puls komt terug naar de transducer. Deze echo wordt geregistreerd maar een deel kaatst weer terug. Deze echo komt ook weer terug. Doordat deze echo pas later ontvangen wordt denkt het systeem dat de echo van een dieper gelegen structuur komt. De tweede ontvangen echo beeldt zich dan ook onder de eerste echo af. Na de tweede echo kan dit nog enkele malen vaker gebeuren. Dit artefact treedt op bij sterk reflecterende weefselovergangen. Dit komt bijvoorbeeld voor bij slecht contact van de transducer met het contactoppervlak. De echo weerkaatst tussen de transducer en de gel/omgevingsluchtlaag. Dit artefact wordt veelvuldig waargenomen aan de zijkant van een echobeeld. De oorzaak hiervan is te veel of te weinig gel. (fig. 3)



Figuur. 2: Artefacten in echobeeld van Gammex 403GS LE-fantoom.

- Spiegel (1)
- Slagschaduw (2)
- Versterking (3)
- Partial volume, de pins worden vergroot weergegeven.
- Speckle, over het gehele beeld is speckle waarneembaar.



Figuur. 3: Artefacten in echobeeld van Gammex 403GS LE-fantoom.

- Reverberatie (1), aan de zijkanten, vlak onder het scanoppervlak.
- Bedieningsartefact, het beeld is te licht ingesteld. Hierdoor zijn de pins niet meer zichtbaar.

## 4. UltraIQ

Met de komst van geavanceerde echoapparatuur is het uitvoeren van visuele kwaliteitscontrole een tijdrovend en meer gecompliceerd karwei geworden. Hieruit is de vraag gekomen naar computerprogramma's die deze taak kunnen vereenvoudigen. In dit hoofdstuk zal nader ingegaan worden op het in dit onderzoek gebruikte programma genaamd UltraIQ.

### 4.1 Mogelijkheden

Cablon Medical B.V. heeft een software programma ontwikkeld om de kwaliteitscontrole van echografiesystemen te automatiseren, genaamd UltraIQ. Dit software programma voor echografie is geschikt om parameters, die van invloed zijn op de beeldkwaliteit, objectief te controleren.

De te meten parameters zijn:

- Axiale resolutie
- Laterale resolutie
- Dode zone
- Penetratie diepte
- Grijswaarden
- Cyste metingen
- Afstandmetingen

UltraIQ is te gebruiken in combinatie met elk universeel echografiefantoom en elke transducer-systeemcombinatie. De resultaten worden in de database van UltraIQ opgeslagen.

De voordelen die UltraIQ op de website noemt ten opzichte van visuele beoordeling:

- Binnen korte tijd worden de beelden geanalyseerd.
- De gegevens worden direct gedocumenteerd in het programma, passende bij de juiste echosysteem combinatie. Het documenteren van de gegevens kost zo minder tijd.
- De meetgegevens evenals het gedigitaliseerde echobeeld zijn op een later tijdstip per direct gezamenlijk opvraagbaar.
- Voldoet aan de QA-accreditatie en documentatie behoeften

In het onderzoek wordt gebruik gemaakt van een demoversie van de nieuwste versie van UltraIQ. Dit is een verbeterde versie van het programma dat nu al op de markt is. De grootste aanpassing naar aanleiding van de vorige versie is dat de lay-out is aangepast, er makkelijker te werken is met DICOM- beelden en er gemiddelde berekeningen kunnen worden gemaakt. De benodigde tijd voor het uitwerken van de beelden is gereduceerd, door een vermindering van het aantal te doorlopen stappen.

### 4.2 Opbouw van het programma

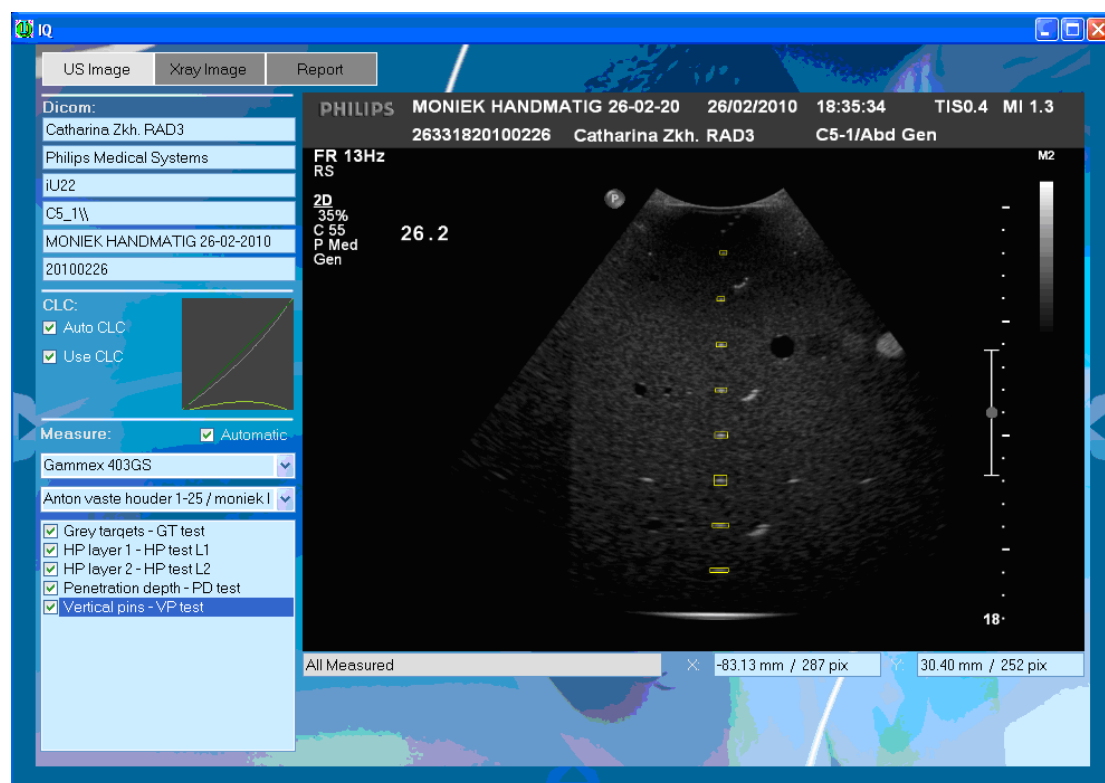
Het programma is voor de gebruiker volgens een vaste volgorde opgebouwd.

In het linker paneel worden de juiste specifieke gegevens ingevuld. Hier wordt ingevoerd: het ziekenhuis, de machine en de transducer. Daarna moet het juiste fantoom gekozen worden. Hierbij staan alle gegevens vermeld die het fantoom bevat. Bij het profiel staat welke metingen er gedaan moeten worden. Bij de sessie worden gegevens gekoppeld aan de meting die uitgevoerd wordt. Elke sessie kan verschillende specifieke informatie bevatten. Bijvoorbeeld de datum en uitvoerder.

Deze gegevens komen later bij de resultaten te staan. Het is dus mogelijk meerdere echosysteem combinaties te gebruiken in hetzelfde programma.

In het rechter paneel worden de echoplaatjes ingeladen. De beelden die ingeladen zijn, komen onder elkaar te staan. Via dit menu kan het juiste plaatje voor de kwaliteitscontrole geselecteerd worden.

In het standaard beeld (fig.4) wordt de meting gestart. Alle gegevens die hiervoor ingeladen zijn, staan hier vermeld. Zoals het plaatje met de gegevens, de CLC curve, het fantoom, de sessie en de geselecteerde metingen die uitgevoerd kunnen gaan worden. In het onderzoek wordt volgens een vaste volgorde gewerkt.



Figuur 4: Lay-out UltraIQ, dit is het standaard beeld. Rechts, links en onder zijn andere menu's te openen.

In het onderste paneel zijn de resultaten te zien. Van elke meting worden hier de resultaten getoond. Door de gegevens op te slaan, kan het report geopend worden.

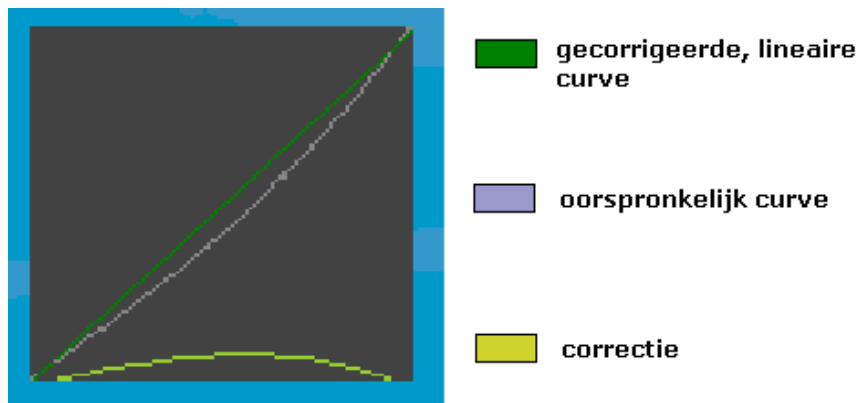
Boven in het beeld kan het report opgevraagd worden. Alle voorgaande resultaten zijn hier opgeslagen. Van elke voorgaande kwaliteitscontroles worden de gegevens getoond, zodat deze eenvoudig op te zoeken zijn in de lijst. Ook is het mogelijk de gegevens te exporteren in CSV, textfile of PDF.

### 4.3 Post-processing echobeeld

Door een echosysteem wordt een echoplaatje, door middel van een pre-processing, gecorrigeerd. Dit zorgt ervoor dat de dB's (decibels) in het midden gebied over een groter aantal grijswaarden wordt verdeeld. De meeste structuren die met echo bekeken worden, vallen in dit gebied. Door deze automatische pre-processing is het verschil in grijswaarden tussen deze structuren groter, waardoor ze beter te onderscheiden zijn van elkaar.

Om iets te kunnen zeggen over de verhouding grijswaarden tot dB's, moet men volgens bepaalde fysici deze pre-processing corrigeren (Thijssen, J.M., Weijers, G. & Korte de, C.L., 2007). De meningen van fysici over de noodzaak voor deze correctie zijn verdeeld, daarom is in UltraIQ de mogelijkheid om deze correctie zelf in- of uit te schakelen.

De oorspronkelijke curve wordt bij inschakeling gecorrigeerd door middel van de CLC (Contrast Linear Compensation) curve (fig.5). Hierdoor ontstaat een lineaire curve, zodat de grijswaarden gekoppeld zijn aan de dB's.



Figuur 5: CLC curve, UltraIQ

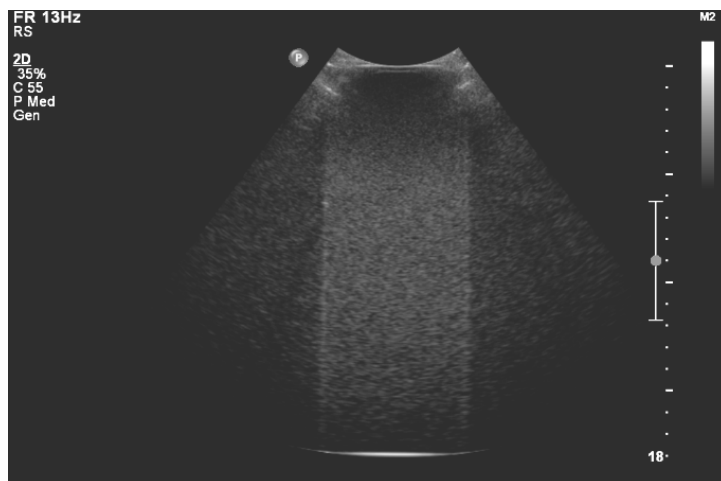
## 5. Parameters

Binnen de kwaliteitscontrole van echosystemen is het helaas niet mogelijk om één parameter te meten en dan een compleet beeld te hebben van de kwaliteit van het systeem. Er zijn meerdere parameters die gemeten dienen te worden om de verschillende beeldaspecten te kunnen controleren. In dit hoofdstuk worden enkel de parameters besproken die in het uitgevoerde onderzoek gemeten zijn.

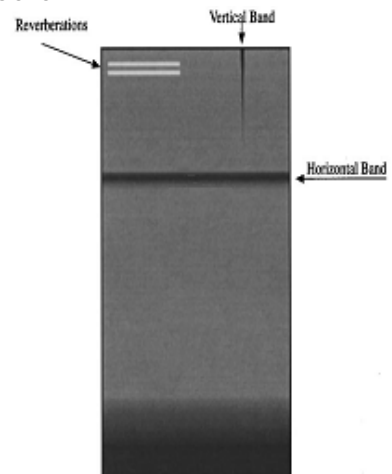
### 5.1 Uniformiteit

Onder uniformiteit verstaat men eenvormigheid, eentonigheid en gelijkvormigheid van het echobeeld. J.M.Kofler (2001) zegt: "Een uniformiteitstest is misschien wel de meest nuttige fantoomtest. Afwijkingen zijn met behulp van deze test direct zichtbaar als onregelmatigheid. Het is een snelle en simpele test. En er bestaat geen twijfel over de nuttige waarde voor in de praktijk." Kwaliteit van echobeelden hangt sterk af van de uniformiteit van het systeem.

Non-uniformiteit is in de dagelijkse praktijk een probleem, omdat kleine variaties in weefsel hierdoor gemist kunnen worden. Als een homogeen weefselspecifiek fantoom gescand wordt, moet een homogeen echobeeld verkregen worden (fig.6). Het is van belang artefacten en daadwerkelijke uniformiteitproblemen in het echosysteem van elkaar te onderscheiden. Dit is mogelijk door kwaliteitscontrole met behulp van een fantoom uit te voeren.



Figuur 6: Uniformiteitstest plaatje.

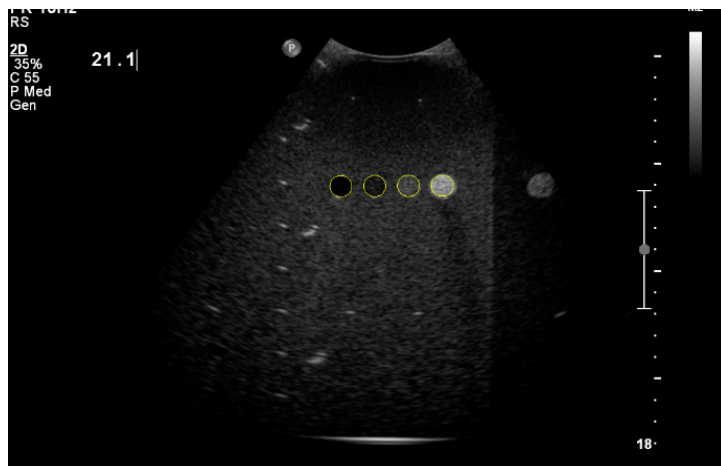


Figuur 7: Non-uniformiteit (Paige, M., & Schultz, J. B., 1994).

Voor de uniformiteitstest wordt een gebied in het fantoom gekozen waar geen objecten gelegen zijn. Er wordt gelet op eventueel zichtbare horizontale en/of verticale banden. Dit is om uit te sluiten of een piëzo-electrisch element defect is (verticale lijnen). Ook kan er een probleem zijn gelegen in het elektrische circuit (horizontale lijnen) (fig.7). Het is alleen mogelijk om visueel een uniformiteitcontrole uit te voeren.

## 5.2 Grijswaarden (greytargets)

Onder greytargets verstaat men de cilinders die afgebeeld worden als bollen met verschillende intensiteit. In het fantoom zitten cilinders met verschillende vastgelegde decibellen. Door een lineaire post-processing-schaal te gebruiken, worden de verschillen in dB gekoppeld aan de bijbehorende grijswaarde.



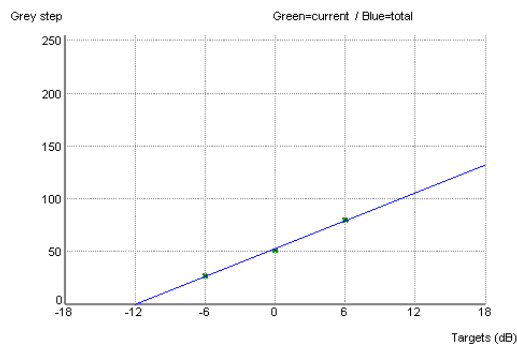
Figuur 8: Meting greytargets in UltraIQ

Visueel zijn de grijswaarden niet gemakkelijk te meten. Door een grijscurvelijst met verschillende waarden naast de greytargets te houden kan gekeken worden welke range van grijswaarden bij het desbetreffende target hoort. Deze meetmethode is echter niet heel accuraat en kan leiden tot meetfouten. UltraIQ maakt gebruik van de greytargets in het fantoom. Er zitten 4 cilinders in het fantoom. Bol 2 (GT2) heeft een vaste waarde van -6 dB, bol 3 (GT3) heeft een vaste waarde van 6 dB. De achtergrond (BG) wordt, nadat deze lineair getrokken is, gelijkgesteld aan 0 dB. Bol 1 en 4 zijn hoog en laagtargets zonder vastgestelde dB-waarde. Door UltraIQ wordt om elke bol een ROI (Region Of Interest) getekend (fig.8). De gemiddelde grijswaarde in deze hoeveelheid pixels wordt berekend. Hieruit kan een grafiek getekend worden. De helling, het aantal grijswaarden per decibel, wordt gegeven (fig.9). Deze wordt berekend met behulp van de volgende formule en uitgaande van het aantal grey steps:  $(GT3 - GT2) / 12 = \text{grey steps/dB}$ . De waarde die hier uit voorkomt kan gebruikt worden voor het berekenen van de dynamic range.

### Grey targets results.

Target	Grey step	STD
GT1	0	1
GT2	27	10
BG	51	12
GT3	80	13
GT4	163	15

Grey steps/dB = 4.42 Average: 4.42

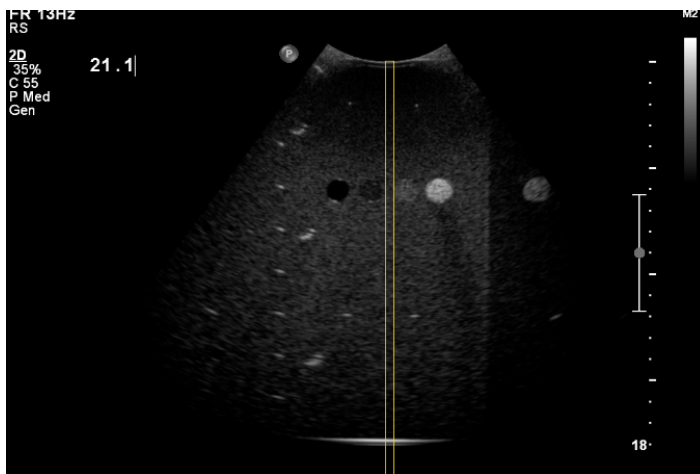


Figuur 9: Resultaat meting greytargets in UltraIQ.

### 5.3 Penetratiediepte (depth of penetration)

Onder penetratiediepte verstaat men de gevoeligheid van het echosysteem. Dit wordt bepaald door het zwakste echosignaal dat een echoapparaat kan meten en in beeld kan brengen. Met andere woorden, "hoe diep kan er in de patiënt gekeken worden?" Hoe groter de penetratiediepte, hoe dieper het bereik is waar een structuur kan worden afgebeeld.

De maximale penetratiediepte wordt bepaald door de frequentie van de transducer en de output power. De penetratiediepte wordt ook beïnvloed door instellingen op het apparaat zoals gain, TGC, focus, display format (aantal scanlijnen) en signaal-ruis-ratio van het systeem. Het is dan ook belangrijk deze gelijk te houden tijdens de kwaliteitsmetingen. Verandering in de verkregen waarden, bij gelijk blijvende instellingen, betekent achteruitgang van het systeem. De oorzaak hiervan ligt meestal in een defecte transducer, kabel of in een storing in het zend- en ontvangststelsel.



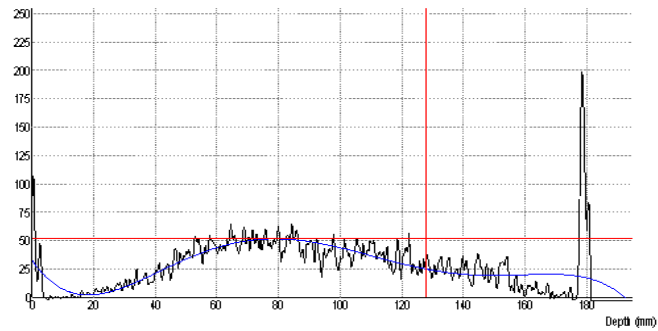
Figuur 10: Meting penetratiediepte in UltraIQ.

Visueel wordt de penetratiediepte bepaald door de diepte waarop speckle in het plaatje niet langer zichtbaar is, alleen nog de achtergrondruis. Om deze overgang te bepalen dient een live beeld gebruikt te worden. Door de transducer te bewegen kan de overgang binnen een bepaalde bandbreedte bepaald worden. Het door Goodsitt et al. (1998) geadviseerde actieniveau voor visuele metingen bedraagt 6 mm.

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van statische beelden. Daarom wordt de visuele penetratiediepte niet meegenomen. De bepaling van de penetratiediepte door UltraIQ wordt gedaan aan de hand van meting van de grijswaarden uitgezet tegen de diepte. Hiervoor wordt een gebied in het fantoom gekozen waar geen punten of draden gelegen zijn (fig. 10). Van elke horizontale lijn pixels in dit gebied worden de grijswaarden berekend. De gemiddelde grijswaarde van die rij pixels komt in de grafiek te staan (fig. 11). Door al deze punten wordt een lijn getrokken. Deze lijn kun je door de line exponent in te stellen meer of minder "smoother". Er zal dan meer of minder rekening gehouden worden met de extreme waarden. De hoogste waarde op deze lijn wordt bepaald. Waar deze -6 dB gedaald is wordt de bijhorende diepte afgelezen. Deze -6dB waarde wordt verkregen door zes keer de grey steps/dB waarde te nemen (fig. 9). Dit is de penetratiediepte volgens UltraIQ.

#### Penetration depth results.

Penetration depth = 127.81 Average: 127.81

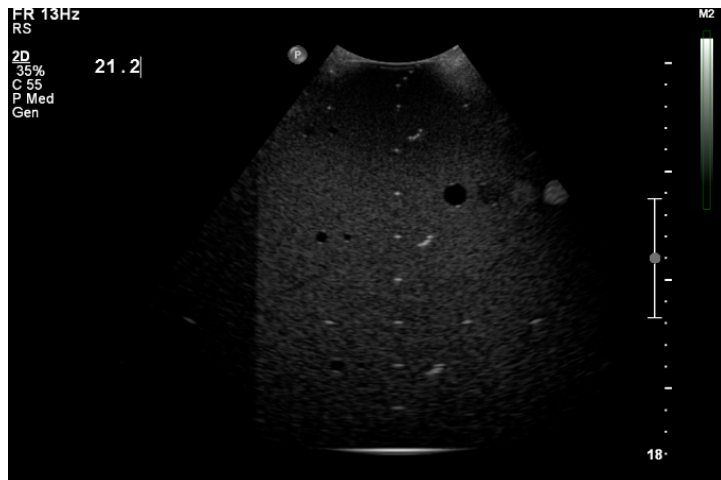


Figuur 11: Resultaat meting penetratiediepte in UltraIQ

### 5.4 Spatiële resolutie

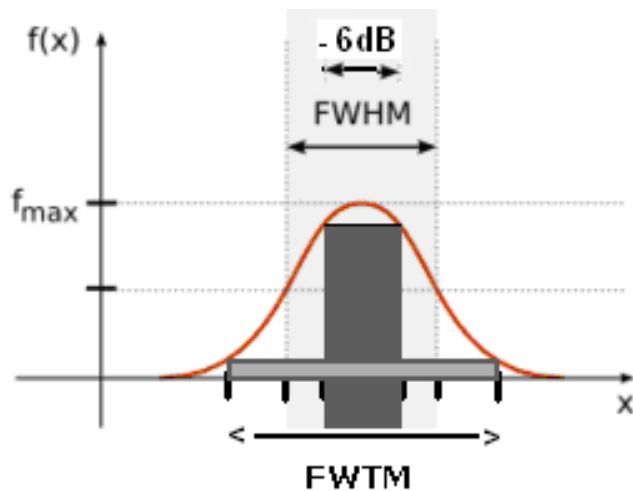
Onder spatiële resolutie verstaat men het vermogen om details, die in contrast van elkaar verschillen, gescheiden van elkaar af te beelden. De spatiële resolutie is onder te verdelen in de axiale resolutie en de laterale resolutie. De resolutie bepaalt voor een groot deel de beeldkwaliteit en is daarom in de kwaliteitsmeting absoluut van belang.

In het onderzoek wordt gewerkt met het gammexfantom waarin 0,1 mm nylon draden zijn geplaatst. Voor een juiste en betrouwbare afbeelding van de pins is het belangrijk dat de draden loodrecht getroffen worden en dat de beeldinstelling juist is (fig. 12). Door bijvoorbeeld een verkeerd gebruik van de gain kunnen punten wegvallen in het beeld. Paige, M., & Schultz, J. B. (1994) raden aan op meerdere niveaus een meting uit te voeren: op verschillende diepten in het beeld (near, mid en far) en op verschillende breedtes in het beeld (rechts, midden en links).



Figuur 12: Verticale en horizontale pins.

In UltraIQ worden de axiale en laterale resolutie van elk punt gegeven door de full width at half maximum (FWHM), de full width at tenth maximum (FWTM) en de -6dB width. Allen gegeven in mm (fig.13)



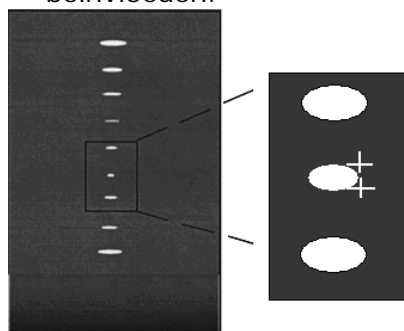
Figuur 13: FWHM. FWTM en  $-6\text{dB}$  width.

#### 5.4.1 Axiale resolutie

De axiale resolutie is het vermogen om structuren die achter elkaar liggen, gescheiden van elkaar weer te kunnen geven (fig.14).

De axiale resolutie is afhankelijk van een aantal factoren:

- De frequentie. Hoe hoger de frequentie, hoe korter de golflengte en hoe beter de axiale resolutie.
- Instelling van de gain
- Problemen in het elektrische circuit. Bij problemen in het elektrische circuit kunnen er horizontale lijnen ontstaan, die de axiale resolutie nadelig beïnvloeden.



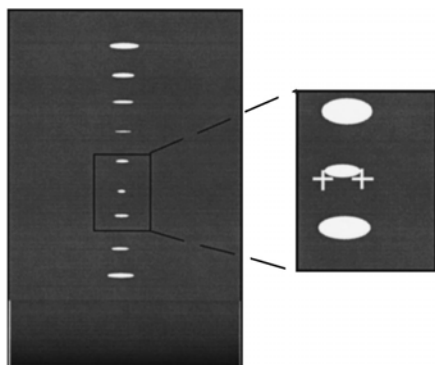
Figuur 14: Visuele meting van de axiale resolutie (Goodsitt, M.M., Kofler, J.M., Carson, P.L., Witt, S. & Hykes, D.L., 1998).

#### 5.4.2 Laterale resolutie

De laterale resolutie is het vermogen om structuren die loodrecht op de bundelas liggen, gescheiden van elkaar weer te kunnen geven (fig.15).

De laterale resolutie is afhankelijk van een aantal factoren:

- Het focus van de transducer. Het focus optimaliseert de resolutie van de punten binnen de focus.
- Het aantal scanlijnen. Hoe groter het aantal scanlijnen, hoe beter de laterale resolutie.
- Defect aan een piëzo-electrisch element. Bij problemen in het piëzo-electrisch element kunnen er verticale lijnen ontstaan, die de laterale resolutie nadelig beïnvloeden.
- De bundelbreedte. Wanneer structuren kleiner zijn dan de bundelbreedte worden deze afgebeeld met een breedte gelijk aan de bundel.



Figuur 15: Visuele meting van de laterale resolutie (Goodsitt, M.M., Kofler, J.M., Carson, P.L., Witt, S. & Hykes, D.L., 1998).

### 5.5 Nauwkeurigheid afstandsmetingen

De afstandsmetingen zijn onder te verdelen in de horizontale afstandsmeting en de verticale afstandsmeting. In de praktijk wordt de afstandsmeting gebruikt om de grootte of diameter van een structuur te meten.

Kwaliteitsmeting vindt plaats door de gemeten afstand in het fantoom, uitgedrukt in mm, te vergelijken met de vastgestelde en gekalibreerde waarde van het fantoom.

#### 5.5.1 Verticale afstandsmeting

De verticale afstandsmeting wordt berekend door de afstand tussen de punten in het axiale vlak op te meten. In het onderzoek wordt gewerkt met het gammexfantoom waarin 0,1 mm nylon punten in het axiale vlak zijn geplaatst, op 20 mm van elkaar.

Goodsitt et al. (1998) zeggen hierover: "Fouten in metingen in het axiale vlak komen minder vaak voor dan fouten in metingen in het horizontale vlak. De fouten in het axiale vlak worden veroorzaakt door afwijkingen in het interne tijdschakel systeem van het echoapparaat. Ook kan de fout gelegen zijn in een defect fantoom, waarbij de geluidssnelheid in het fantoom niet (meer) overeenkomt met 1540 m/s, gelijk aan de snelheid in lichaamspecifiek weefsel. Er dient ook rekening gehouden te worden met het feit dat de sensitiviteit van een fantoom fluctueert met de temperatuur".

#### 5.5.2 Horizontale afstandsmeting

De horizontale afstandsmeting wordt berekend door de afstand tussen de punten in het horizontale vlak op te meten. In het onderzoek wordt gewerkt met het gammexfantoom waarin 0,1mm nylon punten in het laterale vlak zijn geplaatst, op 30 mm van elkaar.

Goodsitt et al. (1998) zeggen hierover: "Horizontale verschillen in metingen kunnen worden veroorzaakt door fouten in het transducer- scan- mechanisme, en zijn dus van wezenlijk belang voor real-time transducers".

## **6. Methode van onderzoek**

In dit hoofdstuk wordt stapsgewijs beschreven hoe het onderzoek is uitgevoerd. Allereerst komt de probleem- en doelstelling aan bod. Hierna wordt verslag gedaan hoe het literatuuronderzoek is aangepakt. Vervolgens worden de onderzoeksgroepen beschreven, gevolgd door de meetopstelling. De volgende stap in het onderzoek die beschreven wordt is de beoordeling van de verkregen echobeelden. Hierna worden de hypothesen opgesomd. Als afsluiting wordt het gebruiksvriendelijkheid onderzoek uiteen gezet.

### ***6.1 Probleem- en Doelstelling***

#### *6.1.1 Probleemstelling*

Kan door middel van een houder of door de vaste hand van een ervaren laborant de reproduceerbaarheid van echobeelden ten behoeve van kwaliteitsmetingen met UltraIQ verbeterd worden?

#### *6.1.2 Doelstelling*

Om een betrouwbare kwaliteitsmeting te doen waarbij de kwaliteit in de tijd gevolgd kan worden, zijn reproduceerbare beelden vereist. Het doel van dit onderzoek is om zo reproduceerbaar mogelijke echobeelden te kunnen vervaardigen ten behoeve van UltraIQ.

Het onderzoek bestaat naast het literatuuronderzoek uit twee delen.

- **Reproduceerbaarheid.**

Ten eerste wordt onderzocht of door middel van verschillende soorten houders of de vaste hand van een ervaren echografist, de reproduceerbaarheid van de echobeelden voor kwaliteitscontrole verbeterd kan worden. Er worden beelden gemaakt met een losse houder, een vaste houder en zonder houder (handmatig). Ook worden visuele metingen met UltraIQ vergeleken. Tevens wordt de vergelijking gemaakt tussen ervaren echolaboranten en studenten die relatief onervaren zijn in het maken van echobeelden.

- **Gebruiksvriendelijkheid.**

Ten tweede wordt gekeken naar de gebruiksvriendelijkheid van de gammex-houder, de losse houder en het programma UltraIQ. Omdat er een nieuwe versie van UltraIQ is ontwikkeld zal deze in opdracht van Cablon Medical B.V. uitgebreid getest worden.

### ***6.2 Literatuuronderzoek***

Voorafgaand aan het uitgevoerde onderzoek is er eerst een literatuurstudie verricht. Deze studie is verricht volgend op de centrale vraagstelling. Hiervoor is gebruik gemaakt van de mediatheek van de Fontys Paramedische Hogeschool en de bibliotheken van het Catharina ziekenhuis, de universiteit van Gent en de universiteit van Wageningen. Er is gezocht naar literatuur die betrekking heeft op kwaliteitscontrole in de echografie in de breedste zin van het woord. Verder zijn (medische) zoekmachines en databanken op internet gebruikt, zoals Google, Fontys FELIX, Science Direct en Springerlink. De artikelen die hieruit verkregen zijn staan in de literatuurlijst. De relevante informatie is verwerkt in het report.

### 6.3 Onderzoeksgroepen

Er worden een aantal onderzoeksgroepen met elkaar vergeleken in het onderzoek. Allen met het doel te kijken hoe de reproduceerbaarheid van de echobeelden voor kwaliteitscontrole verbeterd kan worden. In tabel 2 is een overzicht te zien van de te maken beelden tijdens dit onderzoek. Per volledige kwaliteitsmeting dienen twee beelden gemaakt te worden.

	Vier studenten vaste houder	Vier studenten losse houder	Vier studenten handmatig	Vier ervaren laboranten handmatig	Totaal
Aantal kwaliteitsmetingen	50x4	50x4	50x4	50x4	800
Aantal beelden	400	400	400	400	1600

Tabel 2: Overzicht gemaakte echobeelden.

#### 6.3.1 Vaste houder

Er is gebruik gemaakt van de Gammex 419 Transducer Guide (fig.16). De fabrikant (Gammex-RMI) stelt dat de transducer steeds op exact dezelfde wijze op het fantoom gezet kan worden, door de markers die op de houder aanwezig zijn. Hierdoor zullen de echobeelden vrijwel identiek zijn, waardoor kwaliteitscontrole beter uitgevoerd kan worden. De houder past op alle gangbare modellen fantomen van Gammex.

De houder wordt op het fantoom vastgeschroefd. Met behulp van stelschroeven wordt de transducer tussen de gelpads van de houder geklemd. Hierdoor is geen beweging meer mogelijk. Door de schroeven weer los te draaien kan de houder in de lengterichting op het fantoom verplaatst worden.



Figuur 16: Vaste houder (Gammex 419 TG)



Figuur 17: Onderaanzicht losse houder

#### 6.3.2 Losse houder

De studenten hebben zelf een houder gefabriceerd (fig.17). De houder is speciaal gefabriceerd voor deze fantoom-transducer combinatie. De houder bestaat uit twee blokken hout, bekleed met een rubberachtig materiaal om de transducer bescherming te bieden. Met behulp van vleugelmoeren kan de transducer vastgeklemd worden. Aan de onderzijde van de houder zitten hoekplaatjes om de houder op het fantoom te klemmen. Hier zit een kleine speling op.

Het doel is om de transducer zo stabiel mogelijk op het fantoom te plaatsen, zodat identieke beelden gemaakt kunnen worden.

### *6.3.3 Handmatig (zonder houder)*

Door de studenten worden ook beelden gemaakt zonder houder. Een kleine beweging met de transducer kan al een heel ander beeld opleveren. Goed inzicht en een stabiele hand moeten ervoor zorgen dat de beelden zo identiek mogelijk aan elkaar zijn.

### *6.3.4 Ervaren echografisten*

In het onderzoek wordt gebruik gemaakt van een viertal ervaren echografisten. Dit zijn mensen met minimaal twee jaar echo-ervaring. Zij zullen een bepaald aantal onderzoeken per jaar moeten verrichten om bekwaam te blijven volgens de veiligheidsrichtlijn van de NVMBR (2009). Dit komt neer op ongeveer 16 uur per week echografiewerkzaamheden. Net als bij de studenten zal een goed inzicht en een stabiele hand belangrijk zijn bij het maken van de beelden.

Kwaliteitscontrole wordt nu vaak uitgevoerd door laboranten en/of fysici. Het is dus de vraag of het een vereiste is echo-ervaring te hebben om een goed kwaliteitsonderzoek uit te kunnen voeren met behulp van echografie.

## **6.4 Meetopstelling**

Voor de kwaliteitscontrole worden beelden gemaakt van het Gammex 403 GS LE-fantoom. De echo-beelden worden gemaakt met een Philips IU22 systeem in combinatie met een C5-1 curved array transducer.

Het doel van het meten van de objecten in het fantoom is om de kwaliteit van het echosysteem te beoordelen. Voor een betrouwbare trendanalyse in de loop van de tijd dienen reproduceerbare echo-beelden vervaardigd te worden. Alle omstandigheden dienen daarom telkens gelijk te blijven.

Het dagelijks opzetten van de meetopstelling wordt door twee onderzoekers, aan de hand van een protocol, uitgevoerd. De externe factoren die van invloed kunnen zijn op de resultaten, worden zo verkleind en gecontroleerd. Het opzetten van de meetopstelling bestaat uit het opstarten van het echoapparaat en het fantoom uitpakken. Het echosysteem en de transducer worden gecontroleerd op serienummer. Er wordt gekeken of er geen beschadigingen zijn aan het systeem. De lichtsterkte is door regelmatige controle met een luxmeter (1 meter vanaf het scherm) constant gehouden, dit is vooral van belang bij de visuele metingen. In de onderzoekskamer was echter door de aanwezige spotjes geen homogene belichting in de gehele kamer. Er is daarom getracht om het echosysteem bij alle verrichte metingen op nagenoeg dezelfde plaats te positioneren. Ook is de temperatuur vrijwel constant gehouden met een gemiddelde temperatuur van 22.3 graden met een standaarddeviatie van 0.42. Een constantere temperatuur is niet haalbaar gebleken in de klinische setting. De beelduniformiteit wordt getest door het plaatsen van de transducer op een plaats op het fantoom waar geen targets zitten.

De totale tijd om de meetopstelling gereed te maken bedraagt ongeveer 5 minuten. In een checklist worden dag, datum, uitvoerder en controleur genoteerd. Ook de geplande sessie (vast, los, handmatig of ervaren) wordt hierbij ingevuld. Alle controles worden afgevinkt als deze voldoende beoordeeld zijn. Zo niet wordt hier actie op ondernomen. Daarnaast wordt 3 keer tijdens een sessie een tijdsmeting gedaan met als doel inzicht te krijgen in de tijdsduur benodigd voor de verschillende meetmethoden.

Om betere kwaliteit te kunnen leveren en fouten te voorkomen worden alle uitgevoerde acties gecontroleerd door een tweede persoon.

#### *6.4.1 Kwaliteitsmeting*

In dit onderzoek bestaat één kwaliteitsmeting van het Gammex 403 GS LE-fantoom uit twee beelden. Één beeld van de greytargets, te gebruiken voor grijswaarden en penetratiediepte en één beeld van de verticale en horizontale pins, te gebruiken voor de spatiale resolutie en de nauwkeurigheid van afstandmetingen.

Om de beelden zo identiek mogelijk aan elkaar te maken, zijn een aantal eisen gesteld.

Deze staan beschreven in bijlage 3 "Eisen aan echobeelden voor UltraIQ".

Per sessie worden 50 kwaliteitsmetingen (100 beelden) gedaan. De beelden worden allen gemaakt alsof er een nieuwe kwaliteitscontrole plaatsvindt. Dit houdt in dat een beeld van greytargets gevolgd wordt door een beeld van horizontale en verticale pins alvorens weer naar greytargets te schuiven. Hetzelfde beeldje wordt dus niet 50 keer achter elkaar gemaakt. De transducer wordt, elke keer na het maken van de twee beeldjes van één kwaliteitscontrole, uit de houder genomen als of er een nieuwe kwaliteitscontrole plaats vindt.

#### *6.4.2 Systeeminstelling*

Er wordt gewerkt met een C5-1 curved array transducer. Deze transducer wordt in de praktijk het meest gebruikt. Als basis instelling is gebruik gemaakt van het abdomen general protocol. Dit protocol wordt in de praktijk het meest gebruikt. De handmatig gekozen instellingen zijn zo gekozen dat de softwarematige invloeden tot een minimum worden beperkt. Uiteraard zijn deze instellingen zo gekozen dat het visuele beeld zo veel mogelijk geoptimaliseerd is door de keuze. In bijlage 4 systeeminstelling, is het gebruikte protocol terug te vinden.

### **6.5 Beoordeling van de beelden en/of het softwareprogramma**

Wanneer de beelden vervaardigd zijn, worden hierop metingen verricht. Hetzij visueel op het echosysteem, dan wel met behulp van het programma UltraIQ. Hoe dit is gedaan, staat in deze paragraaf beschreven.

#### *6.5.1 UltraIQ metingen*

Deze metingen worden semi-automatisch softwarematig verricht door een demoversie van de tweede versie van het programma UltraIQ van Cablon Medical B.V. Dit programma is geïnstalleerd op een Fujitsu Siemens Laptop.

De beelden worden van het echosysteem op DVD gebrand om ze te kunnen exporteren naar de laptop. Op de laptop worden ze geïmporteerd in UltraIQ. Er is gekozen voor deze wijze van exporteren omdat de beelden zo in DICOM format blijven staan.

Iedere onderzoeker werkt zijn eigen beelden uit met behulp van UltraIQ. De resultaten worden door UltraIQ in een eigen database (report) opgeslagen. Ieder report krijgt een unieke naam, zodat ze op een later tijdstip teruggevonden kunnen worden. De verkregen waarden worden naar een Excel document overgezet. Dit gebeurt door twee personen om het maken van fouten tot een minimum te reduceren. De extreme waarden zijn visueel gecontroleerd en verbeterd. De waarden van de afwijkende beelden zijn verwijderd. (zie bijlage 5: uitgefilterde beelden)

#### *6.5.2 Statistische verwerking resultaten UltraIQ*

Er is gebruik gemaakt van een aantal testen in het statistiekprogramma SPSS om conclusies te kunnen trekken uit de verkregen getallen.

Allereerst is er gekeken naar de descriptives (beschrijvende statistiek): gemiddelde waarden, de standaarddeviatie en het minimum en het maximum.

De volgende stap bij grote verschillen in de descriptives is de Levene's test. Deze geeft aan of een gevonden verschil in variantie significant is of dat deze berust op toeval. Als deze test laat zien dat er een niet significante afwijking (significantie van hoger dan 0.05) is dan mag er gebruik gemaakt worden van de 'One-way-ANOVA' test.

In dit onderzoek is sprake van meerdere onafhankelijke variabelen die met elkaar worden vergeleken, dit is de reden dat er voor de keuze voor de 'One-way-ANOVA' test. Deze test laat zien of alle verschillende groepen door elkaar vervangbaar zijn. Dit is het geval als de significantie hoger is dan 0.05.

Mocht uit deze test blijken dat tussen alle verschillende settings een significante afwijking van kleiner dan 0.05 zich voordoet, dan wordt tevens gekeken naar de Post-hoc Tukey test. Hier zijn de afzonderlijke settings met elkaar te vergelijken. Hier is dan ook te zien of verschillende manier van beelden maken onderling door elkaar vervangbaar zijn. Dit is het geval als de waarde hoger is dan 0.05; de overeenkomst lijkt dan niet op toeval te berusten.

### *6.5.3 Visuele metingen*

De visuele metingen worden direct op het echoapparaat zelf gedaan. Hierbij is het belangrijk dat de lichtsterkte in de ruimte en beeldkwaliteit altijd gelijk zijn. Om een goede vergelijking met UltraIQ te maken, worden dezelfde beelden gebruikt. Er is gekozen de handmatige beelden te gebruiken. De combinatie handmatig beelden maken en deze visueel controleren wordt nu wereldwijd gebruikt in de praktijk.

Een kwaliteitscontrole van alle punten, visueel gemeten, is erg tijdrovend. Daarom is gekozen de volgende punten te meten:

- Axiale en laterale resolutie, pin 1, 4 en 7 in de verticale rij.
- Horizontale afstandsmeting, bovenste horizontale rij pins tussen 1 - 2 en 2 - 3. De onderste rij pins tussen 1 - 2, 2 - 3 en 3 - 4.
- Verticale afstandsmeting, verticale rij pins tussen 1-2, 4-5 en 7-8.

De grijswaarden zijn visueel niet eenvoudig kwantitatief te meten.

De penetratiediepte is visueel niet te meten op een statisch beeld. Hiervoor is een bewegend beeld noodzakelijk.

De beschikbare markers in het systeem zijn te groot om de kleine pins te kunnen meten. Daarom is een zoomfactor 8 gebruikt voor de metingen.

De gemeten afstanden worden genoteerd in een Excel bestand. De handmatig verkregen beelden worden zowel door UltraIQ als visueel beoordeeld. Voor de resolutie wordt er vergeleken tussen de FWHM gevonden met behulp van UltraIQ en de visueel gemeten waarden. De afstand wordt gemeten tussen twee punten. Het verschil in meetmethode wijkt erg af. Daarom is er bij deze vergelijking niet gekozen met SPSS te werken.

## **6.6 hypothese**

Voorafgaand aan het uitwerken van de beelden zijn er hypothesen opgesteld. Deze worden in deze paragraaf per deelvraag verwoord.

### *6.6.1 Vaste houder versus losse houder versus handmatig*

Er wordt verwacht dat de reproduceerbaarheid van echobeelden wordt vergroot door het gebruik van een houder ten opzichte van handmatig scannen.

Doordat de vaste houder steeds op exact dezelfde plaats op het fantoom vastgeschroefd wordt, is geen enkele beweging mogelijk. De houder heeft een gelpad waardoor de transducer goed gefixeerd kan worden. Deze instellingen blijven bij elk beeld gelijk. Hierdoor zal de reproduceerbaarheid van echobeelden erg groot zijn. Tevens zal de inter-operator variabiliteit hierdoor klein zijn, oftewel de kwaliteitscontrole zal minder afhankelijk zijn van de uitvoerder.

De losse houder ligt los op het fantoom, en wordt alleen aan de lange zijden tegen het fantoom aangeklemd. De rubberen mat op de losse houder is gevoeliger voor beweging, dan de gelpad van de vaste houder. Door het gebruik van een losse houder zullen bepaalde bewegingen met de transducer niet meer mogelijk zijn. De reproduceerbaarheid zal niet zo groot zijn als bij de vaste houder.

Met handmatig scannen zal de student zelf op zoek moeten gaan naar de juiste plek op het fantoom. Het zal moeilijk zijn deze actie op een identieke wijze te herhalen. Hierdoor zullen de handmatig gemaakte echobeelden niet altijd identiek zijn, waardoor de reproduceerbaarheid van echobeelden minder groot is dan bij het gebruik van een houder. Tevens zal de inter-operator variabiliteit hierdoor groot zijn, omdat je afhankelijk bent van de uitvoerder.

#### *6.6.2 Ervaren echografist versus studenten*

Er wordt verwacht dat de reproduceerbaarheid van echobeelden wordt vergroot door het scannen door een ervaren echografist ten opzichte van een onervaren student. De echografist(e) zal door de opgedane ervaring meer identieke echobeelden produceren, wat de reproduceerbaarheid van UltraIQ verbetert. De druk op het fantoom, tilt en draaiing zullen door de ervaring, zoveel mogelijk gelijk zijn. De studenten zullen door de geringe echo ervaring meer moeite hebben met het maken van identieke beelden.

#### *6.6.3 Visueel versus UltraIQ*

Er wordt verwacht dat de reproduceerbaarheid van kwaliteitsmetingen wordt vergroot door het gebruik van UltraIQ ten opzichte van de visuele beoordeling. UltraIQ maakt gebruik van de 256 grijswaarden waarin een echobeeld verdeeld is. Elke lijn in het echobeeld kan berekend worden zodat een profiel zichtbaar wordt, uitgezet tegen de grijswaarden. Met behulp van de FWHM, TWHM en -6dB waarde, worden afstanden berekend. De reproduceerbaarheid van eenzelfde echobeeld met gebruik van UltraIQ zal 100% zijn. Als de student handmatig het beeld gaat bekijken, zal dit niet zo nauwkeurig zijn. Ten eerste kan het oog niet zo veel grijswaarden waarnemen. Ook zit er veel variatie in het plaatsen van de marker. Voor het oog zijn de grenzen vaak vaag waar te nemen, waardoor er geen duidelijke scheidingslijn aan te geven is. Hierdoor is de reproduceerbaarheid bij de visuele beoordeling niet zo groot als de reproduceerbaarheid bij UltraIQ.

### **6.7 Gebruiksvriendelijkheid onderzoek**

De gebruiksvriendelijkheid van de gammex-houder, de losse houder en het programma UltraIQ wordt getest. Na een korte gebruikersinstructie hebben de studenten een gestructureerd document opgesteld, waar alle (on)gemakken te noteren zijn.

De gebruiksvriendelijkheid van UltraIQ wordt drie maal, tijdens het uitwerken van de beelden, beoordeeld. De punten die worden beoordeeld zijn de volgende:

- De bediening is logisch. Termen, menu's, pictogrammen en knoppen komen overeen met de functie die een gebruiker ervan verwacht; het navigeren door het programma is logisch.
- De bediening is consequent: Eenzelfde term, menu, knop of pictogram heeft in alle gevallen een gelijke betekenis.

- De lay-out is overzichtelijk: Het lettertype is goed leesbaar en het kleurgebruik is ondersteunend. Bedieningsknoppen staan op dezelfde plaats.
- Er is geen sprake van overbodige, onnodige gebruikershandelingen: Het aantal muisklikken is tot een minimum beperkt, het programma onthoudt en kopieert eerder ingevoerde waarden, zodat dubbel invoeren van informatie niet nodig is.
- De laadtijd van het binnenhalen van echobeelden in het programma is acceptabel.
- Het programma helpt voorkomen dat de gebruiker een fout maakt.
- Er is een duidelijk en efficiënt werkend hulpprogramma.
- De bediening is eenvoudig te leren.
- Er is geen sprake van scriptfouten.
- Het report is duidelijke en overzichtelijk.
- De tijd die nodig is voor het tot stand komen van een volledige meting: De tijdsmeting wordt 3 maal per sessie gedaan. Bij meting 10, 25 en 40.

De gebruiksvriendelijkheid van de twee houders en het fantoom wordt, tijdens het gebruik ervan, beoordeeld. Er wordt opgeschreven wat wel en niet handig is in gebruik, wat er verbeterd kan worden. Bij de houders wordt gekeken wat de verschillen zijn ten opzichte van elkaar.

## 7. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van achtereenvolgens het reproduceerbaarheidsonderzoek en het gebruiksvriendelijkheidsonderzoek. Er is voor gekozen om hier de resultaten te verwoorden in plaats van cijfermatig weer te geven. Overzichtelijke cijfermatige weergave is gezien de diversiteit aan metingen en uitkomsten niet mogelijk. Om te bepalen welke manier van scannen de beste reproduceerbaarheid oplevert is de in hoofdstuk 6.5.2 beschreven statistische methode gehanteerd. De statistische uitkomsten vindt u in de bijlagen. Hier vloeien onderstaande resultaten uit voort.

### 7.1 *Reproduceerbaarheid*

In deze paragraaf worden de resultaten van de verschillende onderzoeken naar reproduceerbaarheid per parameter besproken.

De meetresultaten waarin de houders en handmatig scannen met elkaar worden vergeleken zijn in te zien in bijlage 6: statische uitkomsten SPSS. Bij de totale vergelijkingen van de houders en hand is ook gebruik gemaakt van boxplots, zie hiervoor bijlage 7: boxplot UltraIQ meetwaarden.

De beschreven resultaten van de vergelijking tussen visuele en UltraIQ-beoordeling zijn afgeleid van de uitwerkingen met behulp van Excel, zie hiervoor bijlage 8: Uitkomsten vergelijking visueel versus UltraIQ Excel.

#### 7.1.1 *Vaste houder versus losse houder versus handmatig*

##### Intra-operator vergelijkingen

Bij de intra-operator vergelijkingen worden de verschillende manieren van scannen uitgevoerd door één persoon met elkaar vergeleken.

Penetratiediepte: De standaarddeviatie is bij beide houders kleiner dan bij handmatige beelden. Hieruit blijkt dat gebruik van een houder de reproduceerbaarheid van de beelden verbetert. Het maakt niet uit welke houder hiervoor wordt gebruikt.

Grey/dB: Het gebruik van de vaste houder verbetert de reproduceerbaarheid van de beelden. Bij de vaste houder wordt een hoger gemiddelde verkregen ten opzichte van de hand en losse houder.

Laterale resolutie: Wanneer de metingen uitgevoerd zouden worden door één persoon geeft de vaste houder 8 van de 12 keer de beste reproduceerbaarheid als het gaat om de laterale resolutie.

Axiale resolutie: Wanneer de metingen uitgevoerd zouden worden door één persoon geeft de vaste houder hiervoor het beste resultaat t.a.v. de reproduceerbaarheid.

Horizontale afstandsmeting: Er is weinig verschil met betrekking tot de gekozen methode om de reproduceerbaarheid te verbeteren. Wel is het zo dat de hand en de vaste houder beter presteren dan de losse houder.

Verticale afstandsmeting: Er is weinig verschil met betrekking tot de gekozen methode om de reproduceerbaarheid te verbeteren. Wel is het zo dat de houders beter presteren dan beelden met de hand.

### Inter-operator vergelijkingen

Bij de inter-operator vergelijkingen worden de verschillende manieren van scannen door verschillende onderzoekers met elkaar vergeleken. Zo worden bijvoorbeeld de handmetingen van alle onderzoekers met elkaar vergeleken.

Penetratiediepte: Het uitvoeren van de kwaliteitscontrole is met betrekking tot penetratiediepte bij de vaste houder en met de hand afhankelijk van de persoon die deze uitvoert. Bij de losse houder treedt er geen inter-operator variabiliteit op.

Grey/dB: Het uitvoeren van de kwaliteitscontrole is met betrekking tot grey/dB bij de vaste houder afhankelijk van de persoon die deze uitvoert. Bij de beelden met de hand treedt er geen inter-operator variabiliteit op. Dit lijkt ook het geval te zijn bij de losse houder.

Laterale resolutie: Het uitvoeren van de kwaliteitscontrole is met betrekking tot de laterale resolutie afhankelijk van de persoon die deze uitvoert. Wel is het zo dat de verschillen in absolute zin niet groot zijn.

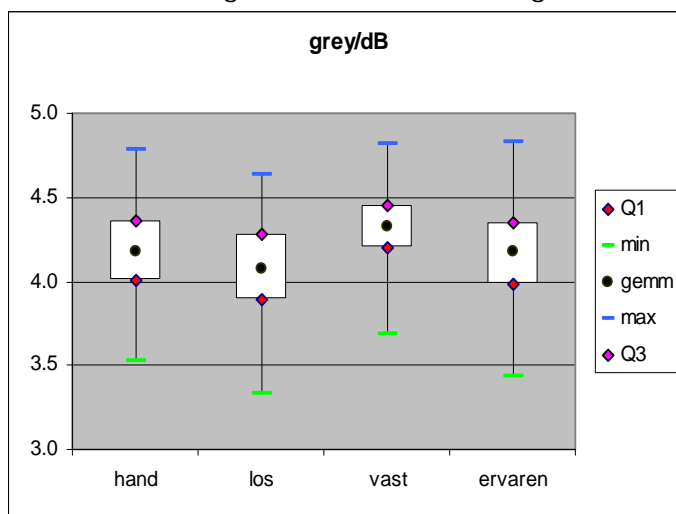
Axiale resolutie: Het uitvoeren van de kwaliteitscontrole is met betrekking tot de axiale resolutie afhankelijk van de persoon die deze uitvoert. Wel is het zo dat de verschillen in absolute zin niet groot zijn.

Horizontale afstandsmeting: Het uitvoeren van de kwaliteitscontrole is met betrekking tot horizontale afstandsmeting lijkt niet afhankelijk te zijn van de persoon die deze uitvoert.

Verticale afstandsmeting: Het uitvoeren van de kwaliteitscontrole is met betrekking tot verticale afstandsmeting lijkt niet afhankelijk te zijn van de persoon die deze uitvoert.

### Totalen vergelijkingen

Bij deze vergelijking worden alle meetwaarden, gemaakt met dezelfde meetmethode (hand, vast, los), van de verschillende onderzoekers als één groep gezien. Hier worden dus alle handmetingen uitgevoerd door de verschillende onderzoekers vergeleken met alle metingen met de losse en vaste houder.



*Figuur 18: Voorbeeld van een Boxplot. Het betreft de boxplot van de totalen vergelijkingen van het aantal greysteps/dB*

Penetratiediepte: De losse houder biedt voor de penetratiediepte de beste reproduceerbaarheid van de echobeelden

Grey/dB: De vaste houder biedt voor de grey/dB de beste reproduceerbaarheid van de echobeelden (fig.18)

Laterale resolutie: Een houder biedt voor de laterale resolutie de beste reproduceerbaarheid van de echobeelden. Dit kan zowel met de vaste als met de losse houder zijn.

Axiale resolutie: De vaste houder biedt voor de axiale resolutie de beste reproduceerbaarheid van de echobeelden.

Horizontale afstandsmeting: Er is voor de verschillende horizontale afstandsmetingen geen beste methode van het maken van beelden aangetoond.

Verticale afstandsmeting: De vaste houder geeft voor de verticale afstandsmetingen de beste reproduceerbaarheid van de echobeelden. In de diepte wordt dit verschil groter.

### *7.1.2 Ervaren echografisten versus studenten*

Bij deze vergelijking worden de handmetingen van alle onderzoekers samen vergeleken met de metingen van alle ervaren echografisten samen.

Penetratiediepte: De ervaren echografist heeft met betrekking tot de penetratiediepte meerwaarden ten opzichte van de onervaren studenten.

Grey/dB: De ervaren echografist heeft met betrekking tot de grey/dB minimale meerwaarde ten opzichte van de onervaren studenten.

Laterale resolutie: De ervaren echografist heeft met betrekking tot de laterale resolutie geen meerwaarden ten opzichte van de onervaren studenten. De onervaren studenten hebben een betere reproduceerbaarheid.

Axiale resolutie: De ervaren echografist heeft met betrekking tot de axiale resolutie geen meerwaarden ten opzichte van de onervaren studenten. De onervaren studenten hebben een betere reproduceerbaarheid.

Horizontale afstandsmeting: De ervaren echografist heeft met betrekking tot de horizontale afstandsmetingen geen meerwaarde ten opzichte van de onervaren student.

Verticale afstandsmeting: De ervaren echografist heeft met betrekking tot de verticale afstandsmeting geen meerwaarde ten opzichte van de onervaren studenten. De onervaren studenten hebben zelfs beter reproduceerbare beelden.

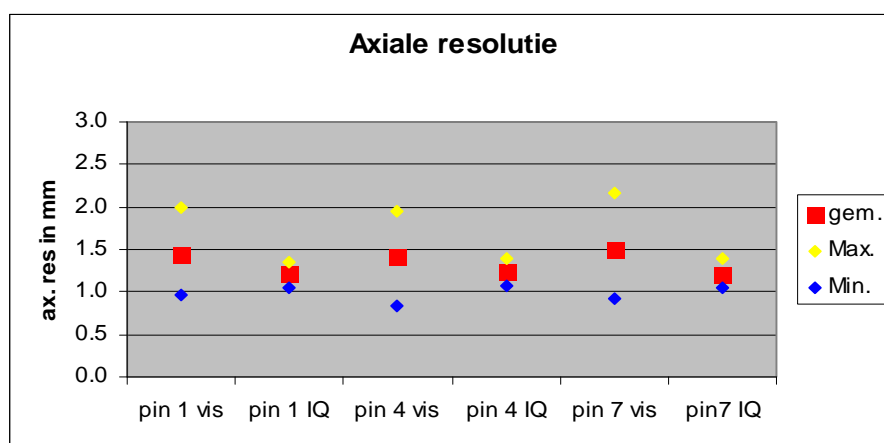
### *7.1.3 Resultaten Visueel versus UltraIQ*

Deze uitkomsten zijn afgeleid van de uitwerkingen met behulp van Excel. Het verschil in meetmethode wijkt namelijk erg af van voorgaande vergelijkingen, waardoor er is gekozen niet met SPSS te werken.

Allereerst is er gekeken of UltraIQ 100% reproduceerbaar is. Bij het herhaaldelijk uitvoeren van een kwaliteitscontrole van exact hetzelfde beeldje door UltraIQ worden op bijna alle parameters exact dezelfde uitkomsten verkregen. De penetratiediepte is hier echter een uitzondering op. Deze kan een millimeter van elkaar verschillen per uitwerking.

Laterale resolutie: Bij visuele analyse is de laterale resolutie een stuk groter dan bij metingen door UltraIQ. De spreiding in waarden verkregen met UltraIQ is kleiner dan bij visuele metingen. Dit is te zien door het verschil tussen het maximum en minimum en de standaarddeviatie. Het verschil wordt ook groter als de pin dieper gelegen ligt.

Axiale resolutie: De axiale resolutie is bij visuele metingen groter dan gemeten met UltraIQ (fig.19). De spreiding in waarden gevonden met UltraIQ is kleiner dan visueel gemeten (tabel 3). Dit betekent dat de reproduceerbaarheid met behulp van UltraIQ beter is dan visueel analyse met betrekking tot de axiale resolutie



Figuur 19: Voorbeeld grafiek van de axiale resolutie, visueel versus UltraIQ.

Axiale resolutie	pin 1 vis	pin 1 IQ	pin 4 vis	pin 4 IQ	pin 7 vis	pin 7 IQ
<b>gem.</b>	1.43	1.22	1.41	1.25	1.49	1.49
<b>std.</b>	0.30	0.07	0.29	0.07	0.30	0.07
<b>Max.</b>	2.00	1.36	1.96	1.40	2.17	1.40
<b>Min.</b>	0.96	1.04	0.84	1.08	0.92	1.08

Tabel 3: Resultaten visueel versus UltraIQ, van de axiale resolutie.

Horizontale afstand: De horizontale afstand tussen pin 1 en 2 van de bovenste rij is bij visuele analyse wat groter dan bij UltraIQ. Ook de spreiding is bij visuele analyse groter.

De horizontale afstand tussen pin 2 en 3 van de bovenste rij is nagenoeg gelijk.

Ook de spreiding van de twee meetmethoden is hier zo goed als gelijk.

De horizontale afstand in de onderste rij is tussen alle pins praktisch gelijk.

De spreiding tussen punt 1 en 2 in de onderste rij is bij visuele metingen groter.

De spreiding in de onderste rij tussen punt 2 en 3 en tussen punt 3 en 4 is nagenoeg gelijk bij metingen met de twee methoden.

Verticale afstand: De verticale afstand visueel gemeten is ongeveer gelijk als de verticale afstand verkregen met UltraIQ. De spreiding is bij visuele analyse groter dan bij metingen m.b.v. UltraIQ.

## **7.2 Gebruiksvriendelijkheid**

In deze paragraaf worden de resultaten besproken van het onderzoek dat is uitgevoerd naar het gebruiksgemak van de houders en de gebruiksvriendelijkheid van het softwareprogramma UltraIQ.

### *7.2.1 De losse en vaste houder (Gammex 419-TG transducerhouder)*

#### Vaste houder

De vaste houder van Gammex wordt op het fantoom vastgezet. Hierbij bestaat het gevaar dat met de schroevendraaier uitgeschoten wordt en het scanvlak beschadigd raakt.

De houder is niet erg gebruiksvriendelijk, tijdens het meten moeten de schroeven vast en los gedraaid worden om de transducer te verplaatsen. Door de harde randen en stugge materialen is dit niet prettig werken.

De gel loopt aan de zijkanten van het fantoom af. Door het te rijkelijk bijvullen van de gel bestaat de kans op reverberatie-artefacten in beeld.

De tijd voor het verrichten van één kwaliteitsmeting met behulp van de vaste houder bedraagt gemiddeld 188 seconden.

#### Losse houder

Er is een kleine speling aanwezig bij het plaatsen van de houder op het fantoom.

De houder is slecht te reinigen en de gel loopt aan de kopse kanten van het fantoom af. De houder is gemaakt voor tijdelijk gebruik waardoor het geen slijtvaste materialen bezit. Na herhaaldelijke metingen is het effect hiervan duidelijk zichtbaar.

De tijd voor het verrichten van één kwaliteitsmeting met behulp van de losse houder bedraagt gemiddeld 41 seconden.

#### Verschil in houders

De losse houder werkt veel sneller dan de vaste houder, vooral tussen de 2 verschillende beeldjes in. Dit komt doordat de schroeven gemakkelijk en snel los te draaien zijn. Je kunt eenvoudig bij de gel om deze te verdelen omdat de losse houder gemakkelijk van het fantoom loskomt.

De tijd voor één kwaliteitsmeting met de hand bedraagt 40 seconden.

Kwaliteitsmetingen met de losse houder is hieraan nagenoeg gelijk.

Kwaliteitsmetingen met de vaste houder nemen beduidend meer tijd in beslag.

De losse houder is specifiek voor deze fantoom-transducer-combinatie. Voor een andere transducer is deze houder niet geschikt. Dit in tegenstelling tot de vaste houder.

### *7.2.2 Gebruiksvriendelijkheid UltraIQ (demo)versie 2*

UltraIQ is per categorie beoordeeld. De feedback die gegeven wordt, staat niet op volgorde van belangrijkheid. Er staan ook individuele opmerkingen tussen die niet de mening van de gehele groep reflecteren.

#### Bediening

De bediening is logisch en eenvoudig te leren. Termen, menu's, pictogrammen en knoppen komen overeen met de functie die een gebruiker ervan verwacht. De stappen die doorlopen moeten worden staan in een logische volgorde. De bediening is consequent; eenzelfde term, menu, knop of pictogram heeft in alle gevallen een gelijke betekenis.

Het is jammer dat de meetopdrachten niet naar wens geordend kunnen worden. Zo zou het in dit onderzoek prettig geweest zijn als de DOP onder de Grey Target gezet zou kunnen worden. Dan staan ze in volgorde van uitvoering.

### Lay-out

Het lettertype is goed leesbaar en de kleuren blauw die gebruikt worden zijn rustig voor het oog. Het kleurgebruik is ondersteunend, de kleur rood verschijnt wanneer een waarde niet gemeten kan worden, groen verschijnt als metingen gedaan zijn. Het is prettig dat de te meten parameter gekozen kan worden door op de tekst te klikken. Als de meting verricht is, wordt het hokje voor de tekst groen afgevinkt. Het is ook aangenaam dat onder het echobeeld aangegeven wordt waar het programma mee bezig is, bijvoorbeeld: scanning, measuring, all measured. Bij het zoeken naar de horizontale en verticale pinnen zijn de kaders zichtbaar, dit wordt als prettig ervaren, zodat dit gecontroleerd kan worden. De slidepanels maken het werken overzichtelijk. Het is fijn dat de beelden in het rechterscherm zichtbaar zijn, en dat deze met één muisklik in te laden zijn.

Punten die minder prettig zijn in gebruik:

- Het is niet prettig dat de scrollbar van het report-menu zo dicht tegen de rechter zijkant zit, waardoor het rechter menu regelmatig onbedoeld wordt geopend door de slidepanels. Het is aan te bevelen dat er met de scroller van de muis kan worden gewerkt.
- De slidepanels komen soms te snel ongewenst in en verdwijnen soms zeer traag. Dit gebeurt vooral met het linker menu, waarbij het rechter menu soms geopend dient te worden om weer in het middenscherf te kunnen komen. Een extra vertraging voordat het slidepanel wordt geactiveerd is wenselijk om bovenstaande te voorkomen.
- Bij het aanklikken welke parameter gemeten dient te worden, komt er soms een pop-up in beeld. Deze blijft lang op een vervelende plaats staan, zodat het onderliggende niet meer leesbaar is.
- Bij een errormelding komen 3 lichtrode keuzevakjes in beeld, waarvan de inhoud niet leesbaar is doordat er witte tekst in een wit vakje staat. (continue, save, quit).
- Tijdens het scrollen in het report komt het vaak voor dat je met de muis per ongeluk buiten het reportscherf komt. Op het moment dat je dan over het UltraIQ hoofdscherf komt verschijnt deze ongewenst op de voorgrond. Het is lastig om het report weer opnieuw te moeten selecteren, omdat het naar de achtergrond verdwenen is.
- Bij het inladen van beelden, blijft het pictogram van de map waaruit je ze haalt onnodig in het scherm hangen.

### Gebruikershandelingen

Er is geen sprake van overbodige, onnodige gebruikershandelingen. Het aantal muisklikken is door het gebruik van slidepanels tot een minimum beperkt.

Punten die minder gebruiksvriendelijk zijn:

- Het is vervelend dat het nulpunt van het echobeeld niet vastgelegd kan worden in het geheugen van UltraIQ. Het nulpunt steeds identiek vastleggen met de muis is lastig en tijdrovend. Het zou al een verbetering zijn als dit met behulp van het toetsenbord ingevoerd zou kunnen worden bij de coördinaten. Of dat de coördinaten van het nulpunt weergegeven worden in het scherm nadat het nulpunt is geplaatst.
- Het klikken met de muis kan nog gereduceerd worden door binnen het programma aan te kunnen geven welke metingen standaard uitgevoerd moeten worden. Als het juiste systeem, fantoom en sessie gekozen zijn, wordt automatisch GT en DOP op het eerste plaatjes gestart en op het tweede plaatje de VP en HP. Hierdoor voorkom je dat er per ongeluk een verkeerde (of een dubbele) meting wordt gestart, wat als gevolg heeft dat je moeilijk uit deze fout komt.

- Wanneer een nieuwe set beelden ingeladen wordt komt het voor dat het eerste beeld in de rij niet gelijk verschijnt als er op geklikt wordt. Een ander beeld dient eerst geselecteerd te worden voordat het mogelijk is om het eerste beeld te selecteren.

#### Laadtijd van de beelden

De laadtijd van het binnenhalen van echobeelden in het programma is acceptabel. Het is wel zo hoe meer reports in het geheugen staan, hoe trager het programma lijkt te worden. Het opslaan van de resultaten neemt steeds meer tijd in beslag, waardoor het langer duurt voordat een nieuw beeld ingeladen kan worden.

#### Foutgevoeligheid

Het programma helpt niet voorkomen dat de gebruiker een fout maakt. Wanneer vergeten wordt het nulpunt van het echobeeld in te geven, kun je dit niet alsnog doen. Het programma geeft dan een foutmelding en sluit vaak het hele programma af.

Wat tevens fijn zou zijn is als de DOP-balk zichtbaar blijft wanneer deze geplaatst is. Het is dan mogelijk om te controleren of deze goed geplaatst is.

Dit geldt ook voor het nulpunt van het echobeeld. Als dit zichtbaar blijft, is het mogelijk fouten te controleren.

Het zou prettig zijn als de echobeelden met geplaatste punten ook opgeslagen kunnen worden, zodat je deze terug kan kijken bij afwijkende resultaten.

#### Hulpprogramma

Er is geen duidelijk en efficiënt werkend hulpprogramma. Ons onderzoek is uitgevoerd met een demoversie van UltraIQ2. Deze heeft geen hulpprogramma. Ook een handleiding is nog niet voorhanden.

#### Scriptfouten

Er is sprake van scriptfouten. Er kunnen niet meer dan 8 sessies aangemaakt worden, dit is vervelend. Er verschijnt zelfs een errormelding in beeld "unhandled exeption has occurred in your application", en het programma moet afgesloten worden. Bij navraag blijkt dit een bug in het programma te zijn.

#### Het report

Het op zich zelfstaand report is duidelijk en overzichtelijk.

Punten die minder aangenaam zijn in het gebruik:

- Nu is alleen overdracht naar een tekstbestand mogelijk. Voor verdere analyse (en ook voor dit onderzoek) is een Excel-bestand noodzakelijk. Wanneer het tekstbestand wordt gekopieerd naar een Excel-bestand vallen waarden weg en staan de waarden niet onder juist kopje, ook worden enkele waarden weergegeven in datum (pindistance wordt weergegeven als 1 febr., 2 maart etc...). De manier van exporteren naar Excel maakt het ook moeilijk om verschillende reports met elkaar te vergelijken.
- De functiekноп voor een trendanalyse binnen de demoversie ontbreekt. Dit is een waardevolle verrijking van het programma en mag in een volgende versie volgens ons niet ontbreken.
- De echobeelden die horen bij de resultaten zijn niet oproepbaar. Bij afwijkende waarden in het report is het niet mogelijk om het echobeeld op zichtbare afwijkingen te controleren. Als er twijfel bestaat of het nulpunt of de DOP-balk goed gezet zijn is dit ook niet meer te controleren.
- Het zou prettig zijn als de grafiek van de penetratiediepte ook in het report komt te staan.
- Het laatst uitgevoerde report staat onderaan, het zou handiger zijn de volgorde aan te passen, zodat de laatste meting bovenaan komt te staan.

- Metingen die verwijderd worden met de **X** in het onderste menu (save panel) komen wel in het report te staan. Hierdoor komen foutieve metingen en resultaten in het report. Dit is niet wenselijk, gezien hier foutieve conclusies aan getrokken kunnen worden.

#### Tijdsduur

Het analyseren van een kwaliteitsmeting m.b.v. UltraIQ bedraagt 100 seconden. De tijd start bij het opstarten van UltraIQ en eindigt wanneer het report met resultaten van alle 6 de parameters in beeld verschijnt. Het overzetten van 50 echo-beelden vanaf het echosysteem naar de computer d.m.v. een cd bedraagt 192 seconden.

Het visueel analyseren van een kwaliteitsmeting bedraagt 308 seconden. Dit is een tijdsmeting vanaf het beginnen van de beelden maken met de hand tot het noteren van de verkregen waarden in Excel. Voor een eerlijke vergelijking wordt de tijd van het maken van de beelden hier van afgehaald. Er blijven dan nog 268 seconden over voor de visuele analyse.

## 8. Conclusie en aanbevelingen

Uit de resultaten zijn conclusies getrokken, die in dit hoofdstuk per deelvraag beschreven worden. Het uitgevoerde onderzoek kent zijn beperkingen door tijds- en onderzoeksgrenzen, vandaar dat aansluitend in dit hoofdstuk aanbevelingen worden gedaan voor nader onderzoek.

### **8.1 Hoofdvraag:**

Kan door middel van een houder of door de vaste hand van een ervaren laborant de reproduceerbaarheid van echobeelden ten behoeve van kwaliteitsmetingen met UltraIQ verbeterd worden?

*8.1.1 Deelvraag: Kan door middel van een vaste of losse houder de reproduceerbaarheid van echobeelden ten behoeve van kwaliteitsmetingen met UltraIQ verbeterd worden?*

De reproduceerbaarheid van echobeelden wordt vergroot door het gebruik van een houder ten opzichte van handmatig scannen.

Als er wordt gekeken naar de intra-operator vergelijkingen dan wordt geconcludeerd dat de vaste houder op alle parameters de beste reproduceerbaarheid oplevert. Het gebruik van een losse houder geeft ook al voordeel ten opzichte van handmatig scannen.

Als er wordt gekeken naar de inter-operator vergelijkingen dan wordt geconcludeerd dat het bij alle meetmethodes belangrijk is dat deze door één en dezelfde persoon worden uitgevoerd.

Als er gekeken wordt naar de totalen vergelijking dan is dan blijkt dat bij 5 van de 6 parameters de vaste houder de beste reproduceerbaarheid van de echobeelden oplevert. Het gebruik van de losse houder geeft in 3 van de 6 parameters de beste reproduceerbaarheid. Bij handmatig scannen geeft 1 van de 6 parameters het beste resultaat.

*8.1.2 Deelvraag: Kan door middel van de vaste hand van een ervaren echografist ten opzichte van een onervaren student de reproduceerbaarheid van echobeelden ten behoeve van kwaliteitsmetingen met UltraIQ verbeterd worden?*

De resultaten laten zien dat de ervaren echografist bij 2 van de 6 parameters (penetratiediepte en Greysteps per dB) de beste reproduceerbaarheid heeft. In 3 van de 6 parameters (laterale en horizontale resolutie en de verticale afstandsmeting) hebben de onervaren studenten de beste reproduceerbaarheid. Het is dus niet noodzakelijk klinische echo-ervaring te hebben. Een gedegen training en/ of opleiding voor kwaliteitscontrole van echosystemen lijkt meer van invloed te zijn.

*8.1.3 Deelvraag: Geeft UltraIQ betere reproduceerbare analyses van de echobeelden t.b.v. kwaliteitsmetingen ten opzichte van visuele beoordeling?*

UltraIQ geeft op alle parameters de beste reproduceerbaarheid. De spreiding van de meetresultaten verkregen met UltraIQ is kleiner dan bij visuele beoordeling. De resolutie is visueel groter dan bij UltraIQ. De afstandsmetingen zijn visueel ongeveer gelijk aan de meetresultaten van UltraIQ.

#### *8.1.4 Deelvraag: Zijn de verschillende houders en het softwareprogramma UltraIQ gebruiksvriendelijk?*

Voor de reproduceerbaarheid van echobeelden is de vaste houder zeker aan te raden. Wel is deze houder nog aan te passen wat betreft de gebruiksvriendelijkheid. Eén van de grootste nadelen is de lange tijd die het maken van echobeelden inneemt met de vaste houder. De losse houder daarentegen werkt even snel als handmatig scannen. Het nadeel van deze houder is dat hij alleen voor deze transducer-fantoom combinatie geschikt is en geen slijtvaste materialen bezit. Ook wordt de reproduceerbaarheid van echobeelden in mindere mate vergroot door een losse houder.

Het programma UltraIQ is eenvoudig in gebruik. Er is gebruik gemaakt van demoversie 2, hier zitten nog wel een aantal scriptfouten in, beschreven in hoofdstuk 7.2.2. Deze scriptfouten hebben geen invloed op de uitkomsten van het onderzoek, maar waren wel storend tijdens het gebruik. UltraIQ neemt, vooral bij het uitwerken van meerdere kwaliteitscontroles, minder tijd in beslag ten opzichte van visuele beoordeling.

### **8.2 Eindconclusie**

De vaste houder geeft de beste reproduceerbaarheid van de echobeelden. De losse houder geeft ook voordeel ten opzichte van handmatig scannen. Bij het uitvoeren van kwaliteitsmetingen is het belangrijk dat alle metingen door één en dezelfde persoon worden uitgevoerd voor de beste reproduceerbaarheid.

Een ervaren echografist heeft geen meerwaarde met betrekking tot de reproduceerbaarheid van echobeelden ten behoeve van kwaliteitsmetingen ten opzichte van onervaren studenten. Het lijkt dus niet noodzakelijk klinische echo-ervaring te hebben. Een gedegen training en/of opleiding voor kwaliteitscontrole lijkt meer van invloed te zijn.

De reproduceerbaarheid met behulp van UltraIQ is beter dan visueel.

Hoewel de vaste houder de beste reproduceerbaarheid oplevert, is aan de gebruiksvriendelijkheid nog wel wat te verbeteren. Vooral de lange tijd benodigd voor het maken van de beelden met de vaste houder kan een groot struikelblok zijn om de houder te gebruiken.

UltraIQ is eenvoudig in gebruik. Naast de winst in reproduceerbaarheid is er ook een aanzienlijke tijdswinst te behalen m.b.v. het softwareprogramma.

### **8.3 Aanbevelingen**

Naar aanleiding van dit onderzoek zijn er nog een aantal vervolgonderzoeken aan te bevelen:

- De studenten zijn in het onderzoek beschouwd als niet ervaren. Zij hebben echter door het maken van de beelden met de verschillende houders wel ervaring opgedaan in het maken van de echobeelden t.b.v. de kwaliteitscontroles. De ervaren echografisten hadden deze ervaring niet. De vraag is of de ervaren echografisten met dezelfde voorbereiding beter gepresteerd zouden hebben. Een vervolgonderzoek zou uit kunnen wijzen of de reproduceerbaarheid nog te verhogen is. Hier zou ook een groep opgenomen kunnen worden die zowel ervaring mist met kwaliteitscontrole als met echografie.

- In het onderzoek is gebleken dat meting van de penetratiediepte met behulp van UltraIQ niet reproduceerbaar is. Uit onderzoek is gebleken dat de meting onder andere afhankelijk is van de bandbreedte van de balk die handmatig in het echobeeld gezet wordt. Onderzoek met betrekking tot een betere analyse van deze parameter met behulp van UltraIQ wordt aanbevolen.
- Uit het onderzoek is gekomen dat het werken met de Gammex 419 Transducer Guide (vaste houder) de best reproduceerbare beelden oplevert. Aanbevolen wordt deze houder verder te ontwikkelen, aangezien het gebruikersgemak nog niet optimaal is. Een andere manier van vastzetten op het fantoom heeft hoge prioriteit. Dit geschiedt nu met behulp van een schroevendraaier die schade kan aanrichten aan het scanoppervlak van het fantoom. Ook neemt dit het grootste gedeelte van de tijd voor het gereed maken van de opstelling in beslag.
- Uit het onderzoek is gebleken dat de reproduceerbaarheid van de echobeelden wordt vergroot door het gebruik van een transducerhouder op het fantoom. Vervolgonderzoek kan uitwijzen of dit ook geldt voor andere transducers en fantomen.

## 9. Discussie

Tijdens dit onderzoek zijn er keuzes gemaakt. Soms zijn er beslissingen genomen in het kader van onderzoeksgrenzen, soms in het kader van tijdsplanning.

Het onderzoek kan leiden tot de volgende discussies:

- De systeeminstellingen zijn zoveel mogelijk afgeleid van de klinische setting. Er zijn echter softwarematige correcties uitgeschakeld. De vraag is of dit juist is of dat deze bewerkingen wel meegenomen hadden moeten worden. In de praktijk wordt d.m.v. de TGC het beeld in de diepte versterkt. Voor een minder foutgevoelige meetopstelling is er gekozen om de TGC in het midden in de klikstand te plaatsen. Dit wijkt dus af van de klinische situatie.
- UltraIQ geeft bij de resolutiemeting de -6dB-breedte. In dit onderzoek is er voor gekozen om deze waarde buiten beschouwing te laten. De onderzoekers zijn van mening dat de reproduceerbaarheid minder wordt door het gebruik van de -6dB-waarde. De waarde is namelijk afhankelijk van het voorafgaande (beeld van de greytargets) echobeeld.
- In de demoversie werkt de exportfunctie niet naar behoren. In dit onderzoek zijn de meetwaarden handmatig overgenomen in een Excel-bestand. Dit brengt de nodige foutgevoeligheid met zich mee. Het overnemen van de meetwaarden is iedere keer door twee personen uitgevoerd. Ook is de hele lijst gecontroleerd op afwijkende waarden.
- De meetwaarden zijn gefilterd. Er zijn beelden gemaakt met een verkeerde instelling. Een kleine fout in de instelling heeft geleid tot een zeer afwijkende waarde. Dit geldt in het bijzonder voor de penetratiediepte. De waarden die behoren bij deze echobeelden zijn verwijderd.
- Het fantoom dat gebruikt is, is een gelfantoom. Dit houdt in dat de positie van de targets in het fantoom kunnen fluctueren gedurende de tijd. Hierdoor kunnen de gemeten waarden niet goed vergeleken worden met de specificaties van het fantoom. Mogelijk kunnen er andere resultaten verkregen worden indien gebruik wordt gemaakt van een rubberfantoom.
- De losse houder is gemaakt zonder uitgebreid onderzoek naar het maken van een houder. De houder is voor tijdelijk gebruik en niet geoptimaliseerd. De onderzoekers hebben getracht de houder te maken met het doel om tegen minimale kosten een vergelijkbaar product neer te zetten.

## Begrippenlijst

- Akoestische impedantie: Weefsel specifieke eigenschap uitgedrukt in  $\text{kg/m}^2\text{s}$ . Hoe groter de dichtheid van een weefsel of hoe groter de voortplantingssnelheid in een weefsel hoe groter de akoestische impedantie is.
- CSV-bestand: Comma Separated Values, koma gescheiden bestand. In dit bestand worden waarden in principe gescheiden door komma's, en regels door het nieuwe-regelteken. Dit soort bestanden wordt vaak gebruikt om de inhoud op te slaan van logboeken, firewalls of tabellen met daarin de gegevens van transacties.
- dB: decibel, een logaritmische schaal om verhoudingen aan te duiden. Vooral verhoudingen van vermogens worden uitgedrukt in dB. Een verdubbeling van de geluidsintensiteit komt overeen met een stijging van het geluidsniveau met 6dB. In dit onderzoek wordt de achtergrond gelijk gesteld aan 0dB hierdoor is er ook een bol van -6dB. Dit betekent dat in deze bol de geluidsintensiteit is gehalveerd ten opzichte van de achtergrond.
- DICOM: Digital imaging and communications in medicine. Het is de open standaard voor digitale medische beelden. Het gaat hierbij om dat de beelden op een bepaalde manier worden weggeschreven. Op deze manier zijn beelden op meerdere locaties te openen met gekoppeld aan de gegevens van de betreffende patiënt. In de DICOM bestanden in dit onderzoek worden de echobeelden in Bitmap weergegeven.
- DOP: depth of penetration. De waarde in UltraIQ, waar het echosignaal -6dB is afgenomen ten opzichte van de achtergrondruis. Dus eigenlijk het -6dB punt.
- Dynamic Range: Het vermogen van het systeem om de beschikbare signalen te registreren: de range van de waardevolle echo's. uitgedrukt in decibel.
- FWHM: Full Width at Half Maximum. De halfwaardebreedte is de breedte van een piek in een spectrum op zijn halve hoogte.
- FWTM: Full Width at Tenth Maximum. De breedte van een piek in een spectrum op een tiende van de maximale hoogte.
- Gain: Ultrageluiden die worden teruggekaatst door het weefsel zijn zeer zwak in vergelijking met de signalen die initieel worden verzonden. De gain-knop biedt de mogelijkheid om de ontvangen, teruggekaatste signalen te versterken zodat een duidelijker echobeeld op de monitor verkregen wordt. Met aanpassing van de gain worden alle teruggekaatste geluidsgolven versterkt.
- Intensiteit geluidspuls: De geluidsintensiteit is de hoeveelheid energie die per seconde door een oppervlakte van  $1 \text{ m}^2$  gaat. Met de eenheid  $\text{W/m}^2$ .
- Inter-operator vergelijking: Vergelijking tussen verschillende groepen of personen.
- Intra-operator vergelijking: Vergelijking tussen resultaten van één persoon.
- Luxmeter: Apparaat voor het meten van lichtsterkte veelal uitgedrukt in lux.

- Mechanische Index (MI):  $MI = p(Z_{sp}) / (f_c)^{1/2}$  De piekwaarde van de expansiedruk op een diepte  $Z_{sp}$ , gedeeld door de center frequentie van de probe.
- NVMBR: Nederlandse Vereniging Medische Beeldvorming en Radiotherapie, beroepsvereniging voor MBB'ers.
- Obstetrie: Verloskunde.
- PDF: Portable Document Format. PDF is een universele bestandsindeling waarmee lettertypen, afbeeldingen en lay-out van elk willekeurig brondocument behouden blijven, ongeacht het programma of het platform waarmee het document werd gemaakt.
- Power output: De hoeveelheid echografische energie die per tijdseenheid wordt uitgezonden (Watt per seconde).
- Significant: Een statistisch begrip dat betekent dat de kans dat een bepaald verschijnsel bepaald verschijnsel voorkomt groter is dan het toeval normaal gesproken wil.
- Standaarddeviatie: Maat die aangeeft hoeveel je waarden afwijken van het gemiddelde. Bij een normale verdeling geldt dat binnen 1 standaarddeviatie 68 % van de waarden vallen. Binnen 2 standaarddeviaties vallen 95% van de waarden.
- TGC: Met de TGC kan een selectie worden gemaakt zodat weefselstructuren die gelijk reflecteren maar op verschillende diepte liggen, gelijk worden versterkt. Hiermee worden deze structuren dan weergegeven met eenzelfde helderheid op de monitor.
- Thermische Index (TI):  $TI = W_{01} / W_{deg}$  Ofwel het vermogen uitgezonden door een probe van 1 cm breed, gedeeld door het vermogen waarbij een temperatuurverhoging van  $1^\circ$  ontstaat.
- Tissue Harmonic Imaging: Een preprocessing methode voor de echografie die zorgt voor scherpere en gedetailleerdere beelden van een echobeeld.
- Variantie: Maat die aangeeft hoe de waarden rond het gemiddelde verdeeld liggen. Bij een kleine variantie liggen de waarden rond het gemiddelde.

## Literatuurlijst

- Auteur onbekend. (z.j.). *Quality control for ultrasound*. Gammex RMI.
- Baarda, D.B., de Goede, M.P.M. & van Dijkum, C.J. (2007) *Basisboek statistiek met SPSS*. Groningen/Houten: Wolters-Noordhoff.
- Cablon Medical B.V.. (z.j.) *Brochure UltraIQ*.  
[http://www.cablon.nl/CMSDL/UltraIQ\\_4.pdf](http://www.cablon.nl/CMSDL/UltraIQ_4.pdf)
- Chow, S., Samimi M. & Van Der Vegte, G. (2008). *De reproduceerbaarheid van UltraIQ*. Eindhoven.
- Dam, T., Lip, R. & Weissman, F. (2003). *Techniek in de radiologie*. Maarsen: Elsevier.
- Gammex-RMI. (z.j.) *Brochure Gammex 419 TG*. <http://www.gammex.com/n-portfolio/detail.asp?id=264&category=Ultrasound&name=+Precision+Ultrasound+Transducer+Guide%2C+Gammex+419%2DTG>
- Goodsitt, M.M., Kofler, J.M., Carson, P.L., Witt, S. & Hykes, D.L. (1998). *Real-time B-mode ultrasound quality control test procedures*. Med. Phys., (25)
- Gorny, K.R., Tradup, D.J. & Hangiandreou N.J. (2005). *Implementation and validation of three automated methods for measuring ultrasound maximum depth of penetration: application to ultrasound quality control*. Minnesota.
- Grit, R. (2008). *Project management*. Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers.
- Hangiandreou, N.J, et al. (2009) *ACR Technical standard for diagnostic medical physics performance monitoring of real time ultrasound equipment*. Reston
- Hofer, M. (1996). *Inleiding echografie praktisch werkboek voor beginners*. Houten/Diegem: Bohn Stafleu Van Loghum.
- Hoogland, W., & Dik, R. (2002). *Rapport over rapporteren*. Groningen/ Houten: Wolters-Noordhoff.
- Kofler, J.M. (2001). *Quality Assurance of Ultrasound Imagers: Procedures, Expectations, and Philosophies*. AAPM 43rd Annual Meeting.
- Kremkau, F.W. (2006). *Diagnostic Ultrasound Principles and Instruments*. St. Louis: Saunders Elsevier.
- Kruger, R.L., & Lu, P.H.D. (2002) *Hands-On Ultrasound Physics and Quality Control Workshop*. Marshfield
- Massink, H.T. (2008). *Achtergronden bij echodiagnostiek*.  
<http://www.echoclinic.nl/download.php?view.210>
- Nederhoed, P. (2007). *Helder rapporteren. Een handleiding voor het opzetten en schrijven van rapporten, scripties, nota's en artikelen*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.

- NVMBR. (2009). *Veiligheidsrichtlijn echografisch onderzoek. Gamma nieuws, jaargang 5 (nummer 8/9), bijlage.*
- Oost, H. (2002). *Een onderzoek rapporteren.* Baarn: HBuitgevers.
- Paige, M., & Schultz, J. B. (1994). *The QA Cookbook for Ultrasound.* Gammex RMI.
- Palmer, P.E.S. (1995). *Manual of diagnostic Ultrasound.* Geneva: World Health Organization.
- Pennock, H., (z.j) *Checklist usability softwareprogramma's.*  
<http://ergo-balans.nl/usabilitychecklijst.html>
- Stampel, H.A.M. (2007). *Direct aan de slag met SPSS.* Groningen/ Houten: Wolters-Noordhoff.
- Szabo, T.L. (2004). *Diagnostic Ultrasound Imaging: inside out.* London: Elsevier.
- Thijssen, J.M., Weijers, G. & Korte de, C.L. (2007). *Objective performance testing and quality Assurance of medical ultrasound equipment.* Elsevier
- Üstüner, K.F. & Holley, G.L. (z.j.). *ultrasound imaging system performance assesment.* Siemens Medical Solutions USA, Inc.
- Verschuren, P. & Doorewaard, H. (2000). *Het ontwerpen van een onderzoek.* Utrecht: Uitgeverij LEMMA B.V..
- Wassenaar, D. (1985). *Ultrasound Basic Training Course.* Philips Medical Systems.
- Zagzebski, J.A. (z.j.). *performance testing of medical ultrasound equipment.* University of Winconsin, Madison, WI.